



รายงานวิจัย

สมบัติทางกายภาพเคมีของไส้กรอกไก่อิมัลชันที่เติมสารกลุ่มไฮโดรคอลลอยด์
ในการทดแทนสารประกอบฟอสเฟตบางส่วน
PHYSICOCHEMICAL PROPERTIES OF CHICKEN EMULSION SAUSAGES
ADDED WITH HYDROCOLLOIDS TO PARTLY REPLACE
POLYPHOSPHATES



ผู้วิจัย

ดร. นฤมล จอมมาก

ดร. สวรรักษ์ จันทรเทพธิมากุล

รศ. ดร. ปัทมา ระตะนະอาหาร

โครงการวิจัยทุนสนับสนุนงานวิจัยมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

งบประมาณเงินรายได้ ปี พ.ศ. 2563

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

สมบัติทางกายภาพเคมีของไส้กรอกไก่อิมัลชันที่เติมสารกลุ่มไฮโดรคอลลอยด์
ในการทดแทนสารประกอบฟอสเฟตบางส่วน
PHYSICOCHEMICAL PROPERTIES OF CHICKEN EMULSION SAUSAGES
ADDED WITH HYDROCOLLOIDS TO PARTLY REPLACE
POLYPHOSPHATES



ดร. นฤมล จอมมาก
ดร. สวรรักษ์ จันทรเทพธิมากุล
รศ. ดร. ปัทมา ระตะนະอาพร

โครงการวิจัยทุนสนับสนุนงานวิจัยมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ
งบประมาณเงินรายได้ ปี พ.ศ. 2563
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยเรื่อง “สมบัติทางกายภาพเคมีของไส้กรอกไก่อิมัลชันที่เติมสารกลุ่มไฮโดรคอลลอยด์ในการทดแทนสารประกอบฟอสเฟตบางส่วน” สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี โดยได้รับการสนับสนุนจากงบประมาณอุดหนุนงานวิจัย จากงบประมาณเงินรายได้ ประจำปีงบประมาณ 2563 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ ซึ่งผู้วิจัยต้องขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้ และขอขอบคุณสาขาวิชาเทคโนโลยีและการจัดการความปลอดภัยของอาหาร ภาควิชาวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ ที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่อุปกรณ์และเครื่องมือในการวิจัยซึ่งทำให้งานวิจัยนี้ดำเนินการได้และสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

อนึ่งคณะผู้จัดทำหวังเป็นอย่างยิ่งว่ารายงานวิจัยฉบับนี้จะมีประโยชน์ต่อผู้ที่ได้ศึกษาและผู้ที่เกี่ยวข้อง ซึ่งหากโครงการงานเล่มนี้มีข้อผิดพลาดประการใด คณะผู้จัดทำต้องขออภัยมา ณ ที่นี้

คณะผู้วิจัย



บทคัดย่อ

ฟอสเฟตเป็นวัตถุดิบที่นิยมเติมในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเพื่อเพิ่มความสามารถในการอุ้มน้ำ ทำให้ผลิตภัณฑ์มีความชุ่มฉ่ำและช่วยลดการสูญเสียน้ำหนักหลังปรุงสุก แต่การเติมฟอสเฟตในปริมาณมากเกินไปอาจส่งผลเสียต่อสุขภาพของผู้บริโภคได้ การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของสารกลุ่มไฮโดรคอลลอยด์ในการทดแทนสารประกอบฟอสเฟตบางส่วนในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกไก่อิมัลชัน ขั้นแรกเป็นการกำหนดสูตรพื้นฐาน (สูตรเติมฟอสเฟต) ของไส้กรอกไก่อิมัลชัน โดยนำสูตรที่ได้รับการประเมินคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสอยู่ในระดับพอดีทุกด้านจากผู้ทดสอบชิมมาใช้ ในการศึกษาประสิทธิภาพของสารกลุ่มไฮโดรคอลลอยด์ 2 ชนิด ได้แก่ ซีเอ็มซี (CMC) และบุก (KJ) และทดแทนฟอสเฟตในปริมาณ ร้อยละ 0 50 และ 100 ของปริมาณฟอสเฟตที่เติมปกติ เปรียบเทียบกับสูตรควบคุมที่ไม่เติมฟอสเฟต (CT) และสูตรฟอสเฟตร้อยละ 0.3 (PP0.3) จากผลการประเมินคุณลักษณะทางกายภาพเคมีแสดงให้เห็นว่าการใช้สารไฮโดรคอลลอยด์ทดแทนฟอสเฟตร้อยละ 50 ของปริมาณฟอสเฟตที่เติม ได้แก่ สูตรฟอสเฟตร้อยละ 0.15 และซีเอ็มซีร้อยละ 0.15 (PP0.15+CMC0.15) และสูตรฟอสเฟตร้อยละ 0.15 และบุกร้อยละ 0.15 (PP0.15+KJ0.15) มีผลช่วยรักษาความคงตัวของอิมัลชันไส้กรอกโดยการป้องกันการสูญเสียของของเหลว (TEF) ลดปริมาณการสูญเสียน้ำหนักหลังทำให้สุก (CL) และปรับปรุงเนื้อสัมผัสด้านความแข็งและความยืดหยุ่น เมื่อมีการทดแทนฟอสเฟตทั้งหมดในสูตรบุกร้อยละ 0.3 (KJ0.3) และซีเอ็มซีร้อยละ 0.3 (CMC0.3) จะส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีค่าความสว่าง (L^*) ต่ำ ส่วนค่าสีแดง (a^*) และ สีเหลือง (b^*) มีทิศทางเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย ($p \geq 0.05$) และเมื่อทดสอบความชอบของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ไส้กรอกที่มีการทดแทนฟอสเฟตบางส่วนด้วยซีเอ็มซีและบุกที่ปริมาณทดแทนร้อยละ 50 ของปริมาณฟอสเฟตเทียบกับสูตรฟอสเฟต (PP0.3) พบว่า คุณลักษณะทางประสาทสัมผัสทุกด้านของไส้กรอกทุกสูตรไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \geq 0.05$) จากการศึกษาครั้งนี้ชี้ให้เห็นว่าสารไฮโดรคอลลอยด์ทั้งซีเอ็มซีและบุก มีประสิทธิภาพที่จะนำไปใช้เพื่อทดแทนฟอสเฟตในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกไก่อิมัลชันได้ในปริมาณการทดแทนเท่ากับร้อยละ 50 ของปริมาณฟอสเฟต ซึ่งการนำไปใช้จะมีผลต่อการปรับปรุงคุณลักษณะทางด้านกายภาพเคมีโดยที่ไม่ส่งผลกระทบทางลบต่อคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์

คำสำคัญ: ไส้กรอก ฟอสเฟต พรีอิมัลซิฟายด์ คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส ผงบุก

Abstract

Phosphate is a commonly additive used in sausages due to its capacity in improving water holding results in increasing juiciness and reducing cooked loss of the products. But the excessive amount of phosphate in the diet influences the risk of the consumer. The objective of this study was to determine the effect of substituting phosphate with hydrocolloids on emulsion chicken sausage. Firstly, a formulation of emulsion chicken sausage in the present of phosphate with optimal levels of intensity for all sensory attributes was used to as the fundamental formula. In this study, hydrocolloids (carboxymethyl cellulose, CMC and konjac, KJ) were used as substitute to phosphate (0.3 percent by weight) in emulsion chicken sausage at different levels of substitution (0, 50 and 100%) compared with the treatment without phosphate (CT) and with 0.3% phosphate (PP0.3). For physicochemical properties, the result showed that 50% substitution of phosphate with hydrocolloids, 0.15% PP and 0.15% CMC (PP0.15+CMC0.15) and 0.15% PP and 0.15% KJ (PP0.15+KJ0.15), resulted in emulsion stability by reducing a total of expressible fluid (TEF) and improving their hardness and springiness. The 100% phosphate substitution with KJ (KJ0.3) and CMC (CMC0.3) resulted in slight lower lightness (L^*) value compared with the others, while redness (a^*) and yellowness (b^*) values tended to increase slightly ($p \geq 0.05$). The sensory evaluation of sausages with 50% phosphate substitutions (PP0.15+CMC0.15 and PP0.15+KJ0.15) and with 0.3% PP were conducted on preference score in different attributes. The study showed that there was no significant difference ($p \geq 0.05$) among all of the treatments. This project demonstrated that the use of CMC and KJ in substitution to phosphate at 50% probably could improve physicochemical qualities and did not negative effect on any sensory attributes of the product.

Keywords: Sausage, Phosphate, Pre-emulsified, Carboxymethyl cellulose, Konjac

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อ	ข
Abstract	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญภาพ	ช
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 แผนการดำเนินงาน	3
1.4 ขอบเขต	4
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	4
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	5
2.1 ผลิตภัณฑ์ไส้กรอก	5
2.2 ไส้กรอกไก่อิมัลชัน	7
2.3 สารไฮโดรคอลลอยด์และการประยุกต์ใช้ในอาหาร	14
บทที่ 3 วิธีดำเนินงาน	17
3.1 วัตถุดิบ	17
3.2 เครื่องมือและอุปกรณ์	17
3.3 วิธีการดำเนินงาน	18
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	25
4.1 การกำหนดสูตรพื้นฐานของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกไก่อิมัลชัน	25
4.2 ผลการศึกษาชนิดและปริมาณสารกลุ่มไฮโดรคอลลอยด์ในการทดแทนการใช้ สารฟอสเฟตต่อคุณภาพทางกายภาพเคมีและทางประสาทสัมผัสของ ผลิตภัณฑ์ไส้กรอกไก่อิมัลชัน	28
บทที่ 5 บทสรุป	41
5.1 สรุปผล	41
5.2 ข้อเสนอแนะ	42

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บรรณานุกรม	43
ภาคผนวก	49
ภาคผนวก ก	50
ภาคผนวก ข	51
ภาคผนวก ค	52
ภาคผนวก ง	57
ภาคผนวก จ	58



สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
3.1 ส่วนผสมของไส้กรอกไก่อิมัลชันที่เติมฟอสเฟต (สูตรอ้างอิง)	19
4.1 ผลทดสอบความพอดี (Just about right) ของสูตรไส้กรอกไก่อิมัลชัน (สูตรอ้างอิง)	26
4.2 ส่วนผสมของไส้กรอกไก่อิมัลชันที่เติมฟอสเฟต (สูตรพื้นฐาน)	27
4.3 ผลทดสอบความพอดี (Just about right) ของสูตรไส้กรอกไก่อิมัลชัน (สูตรพื้นฐาน)	30
4.4 ส่วนผสมของไส้กรอกไก่อิมัลชันสูตรไม่เติมฟอสเฟต สูตรเติมฟอสเฟต (สูตรพื้นฐาน) และสูตรที่เติมสารกลุ่มไฮโดรคอลลอยด์ทดแทนสารประกอบฟอสเฟต	29
4.5 ค่าลักษณะเนื้อสัมผัส (TPA) ของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกไก่อิมัลชัน	36
4.6 ค่าสีในระบบ CIE (L^* a^* และ b^*) ของไส้กรอกไก่อิมัลชัน	38
4.7 คะแนนความชอบทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ไส้กรอกไก่อิมัลชัน	39



สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 ใส่เทียมคอลลาเจน	13
2.2 ใส่เทียมเซลลูโลส	13
2.3 ใส่เทียมพลาสติก	14
2.4 ใส่หมู (ใส่ธรรมชาติ)	14
3.1 ขั้นตอนการผลิตไส้กรอกไก่อิมัลชัน	20
3.2 กราฟแสดงผลการวิเคราะห์เนื้อสัมผัส (Texture profile analysis)	23
4.1 ตัวอย่างไส้กรอกไก่อิมัลชันสูตรพื้นฐานที่เติมฟอสเฟตก่อน (ก) และหลัง (ข) การให้ความร้อนโดยวิธีการอบก่อนและนำไปต้ม	27
4.2 ร้อยละปริมาณของเหลวทั้งหมดที่แยกได้ (%TEF) จากอิมัลชันของไส้กรอกดิบสูตรต่างๆ	31
4.3 ไส้กรอกไก่อิมัลชันหลังทำให้สุก สูตรควบคุมที่ไม่เติมฟอสเฟต (ก) สูตรเติมฟอสเฟต ร้อยละ 0.3 (ข) สูตรเติมฟอสเฟตร้อยละ 0.15 และซีเอ็มซีร้อยละ 0.15 (ค) สูตรเติม ซีเอ็มซีร้อยละ 0.3 (ง) สูตรเติมฟอสเฟตร้อยละ 0.15 และบุกร้อยละ 0.15 (จ) และสูตร เติมนุกร้อยละ 0.3 (ฉ)	32
4.4 ร้อยละของการสูญเสียน้ำหนักหลังทำให้สุก (%CL) ของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกไก่อิมัลชัน สูตรต่าง ๆ	33
4.5 ปริมาณความชื้น (ก) และปริมาณไขมันทั้งหมด (ข) ของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกไก่อิมัลชัน สูตรต่าง ๆ	35

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ไส้กรอกอิมัลชัน (Emulsion sausage) เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการแปรรูปเนื้อสัตว์จัดอยู่ในกลุ่มของผลิตภัณฑ์เนื้อลดขนาดประเภทบดละเอียด ซึ่งได้จากเนื้อสัตว์ที่ถูกบดด้วยเครื่องบดและสับละเอียดจนโครงสร้างในระดับเส้นใยกล้ามเนื้อเปลี่ยนแปลง โดยมีโปรตีนไมโอซินละลายออกมาจากเส้นใยกล้ามเนื้อ และทำให้ส่วนผสมแปรเปลี่ยนเป็นมวลเหนียวซึ่งเป็นลักษณะของส่วนผสมที่เรียกว่าอิมัลชัน (เยาวลักษณะ, 2536) ในอดีตนั้นส่วนผสมของไส้กรอกถูกบรรจุในลำไส้หรือกระเพาะอาหารของสัตว์เพื่อทำให้มีรูปร่างเป็นรูปทรงกระบอกแต่เมื่อมีการผลิตไส้สังเคราะห์ขึ้นเพื่อใช้แทนไส้จากสัตว์ก็มักจะทำให้ไส้กรอกมีลักษณะทรงกระบอกคล้ายไส้กรอกจากธรรมชาติ ปัจจุบันไส้ (Casing) ที่ใช้ในการทำไส้กรอก แบ่งได้เป็นไส้เทียม (Artificial casing) และไส้ธรรมชาติ (Natural casing) ไส้เทียมนิยมใช้ในโรงงานขนาดใหญ่เนื่องจากการผลิตได้ปริมาณมาก ราคาถูก มีเส้นผ่านศูนย์กลางให้เลือกได้ตามต้องการ ขนาดสม่ำเสมอ เก็บรักษาได้ง่าย มีอยู่ 2 แบบคือ ไส้เทียมที่รับประทานได้ (Edible artificial casing) ทำจากสัตว์ส่วนคอเรียมของลำไส้ โดยสกัดด้วยสารละลายต่างและล้างด้วยน้ำสะอาด จากนั้นนำไปทำปฏิกิริยากับกรดให้เกิดการพองตัวและเหลวขึ้นเป็นเนื้อเดียวกัน จึงนำเข้าแบบผ่านเบสทำให้แห้งใช้มากกับไส้ที่มีขนาดเล็ก เรียกว่าไส้คอลลาเจน และไส้เทียมที่รับประทานไม่ได้ (Inedible artificial casing) ทำจากเซลลูโลสที่สกัดได้มาจากเมล็ดฝ้ายและจากพลาสติก ส่วนไส้ธรรมชาติได้มาจากไส้หมู ไส้แกะ ไส้วัว ไส้ประเภทนี้จะมีขนาดไม่สม่ำเสมอ เปื่อยง่าย ฉีกขาดง่าย เก็บรักษายาก ราคาแพง แต่ไส้กรอกที่ใช้ไส้ประเภทนี้จะมีรสชาติอร่อย กรอบ และเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการ (อัจฉรา, 2550)

ในการผลิตผลิตภัณฑ์ไส้กรอกทั่วไปผู้ผลิตนิยมใช้สารประกอบฟอสเฟตเป็นส่วนผสมเพื่อช่วยเพิ่มความสามารถในการอุ้มน้ำของผลิตภัณฑ์ ทำให้ผลิตภัณฑ์ไส้กรอกไม่สูญเสียน้ำหนักมากหลังการปรุงสุก (เยาวลักษณะ, 2536) อีกทั้งช่วยให้เนื้อมีคุณภาพทางเนื้อสัมผัสและประสาทสัมผัสที่ดีขึ้น ได้แก่ ความนุ่ม ความชุ่มฉ่ำ สี กลิ่น และรสชาติ (Gonçalves *et al.*, 2008; Long *et al.*, 2011) ฟอสเฟตที่ใช้เป็นวัตถุเจือปนในอุตสาหกรรมอาหาร คือ ฟอสเฟตอินทรีย์ ซึ่งการบริโภคอาหารที่มีส่วนผสมของสารประกอบฟอสเฟตอินทรีย์นั้นจะถูกดูดซึมในลำไส้ได้เกือบทั้งหมด ทำให้ปริมาณฟอสเฟตที่ถูกดูดซับในอาหารที่ผ่านการแปรรูปมีปริมาณสูงกว่าในอาหารที่พบตามธรรมชาติ ซึ่งจะถูกรูดซึมเพียงแค่ประมาณร้อยละ 40–60 ส่งผลให้ความเข้มข้นของฮอร์โมนพาราไทรอยด์ใน

เซรั่มเพิ่มสูงขึ้น และขัดขวางการดูดซึมแคลเซียมและแมกนีเซียมเข้าสู่กระดูก ส่งผลให้กระดูกมีความหนาแน่นลดลงจึงเพิ่มความเสี่ยงต่อการเป็นโรคกระดูกพรุน (Long *et al.*, 2011) และการใช้สารฟอสเฟตยังมีข้อจำกัดในการใช้หากเติมมากเกินไปจะทำให้มีรสชาติคล้ายสบู่ ตามข้อแนะนำตามพระราชบัญญัติอาหารกระทรวงสาธารณสุขจึงได้กำหนดให้ใช้สารฟอสเฟตได้ไม่เกินร้อยละ 0.3 ในไส้กรอกที่มีเกลือในปริมาณร้อยละ 2–2.5 (ชัยณรงค์, 2529) นอกจากนี้ ผลเสียของการบริโภคอาหารที่ปริมาณฟอสเฟตมากเกินไปยังก่อให้เกิดการสะสมแคลเซียมที่บริเวณผนังหลอดเลือดส่งผลให้หลอดเลือดเกิดความเสียหาย และมีผลต่อกระบวนการเมแทบอลิซึมโดยก่อให้เกิดอันตรายโดยเฉพาะต่อผู้ป่วยที่มีภาวะไตวายเรื้อรัง (อุปถัมภ์, 2551; Ritz *et al.*, 2012)

ในงานวิจัยนี้จึงมีแนวคิดที่จะศึกษาสมบัติทางกายเคมีของไส้กรอกที่มีการใช้สารกลุ่มไฮโดรคอลลอยด์ ทั้งนี้เพื่อเป็นแนวทางสำหรับการหลีกเลี่ยงและลดปริมาณการใช้สารประกอบฟอสเฟตในอาหาร โดยการใช้สารกลุ่มไฮโดรคอลลอยด์ทดแทนการใช้สารเติมแต่งอาหารกลุ่มฟอสเฟต ทั้งนี้เพื่อเพิ่มทางเลือกในการบริโภคสำหรับผู้บริโภคที่มีความต้องการหลีกเลี่ยงจากการบริโภคผลิตภัณฑ์อาหารที่มีส่วนประกอบของสารประกอบฟอสเฟต และเป็นการรองรับการป้องกันการกีดกันทางการค้าสำหรับประเทศคู่ค้าที่ไม่ยอมรับการใช้สารฟอสเฟตในกลุ่มผลิตภัณฑ์อาหาร

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อศึกษาสูตรพื้นฐานและกรรมวิธีการผลิตผลิตภัณฑ์ไส้กรอกไก่อิมัลชันที่มีการเติมสารฟอสเฟต

1.2.2 เพื่อศึกษาชนิดและปริมาณของสารกลุ่มไฮโดรคอลลอยด์ที่มีประสิทธิภาพในการทดแทนสารประกอบฟอสเฟตบางส่วนในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกไก่อิมัลชัน

1.2.3 เพื่อศึกษาคุณภาพทางกายภาพเคมีและคุณภาพทางประสาทสัมผัสของไส้กรอกไก่อิมัลชันที่มีการใช้สารกลุ่มไฮโดรคอลลอยด์

1.3 แผนการดำเนินงาน

กิจกรรม	ระยะเวลา											
	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.
	62	62	62	63	63	63	63	63	63	63	63	63
1. หาข้อมูล และจัดเตรียมวัตถุดิบ อุปกรณ์และเครื่องมือที่จำเป็นสำหรับการวิจัย	×	×										
2. ศึกษาสูตรพื้นฐานและกรรมวิธีการผลิตไส้กรอกไก่อิมัลชันที่มีการเติมสารฟอสเฟต			×	×								
3. ศึกษาชนิดและปริมาณสารกลุ่มไฮโดรคอลลอยด์ที่มีประสิทธิภาพในการทดแทนการใช้สารฟอสเฟตในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกไก่อิมัลชัน					×	×						
4. ศึกษาคุณภาพทางกายภาพเคมีของไส้กรอกไก่อิมัลชันที่ใช้สารเติมแต่งอาหารชนิดที่คัดเลือกได้จากกลุ่มไฮโดรคอลลอยด์ที่ศึกษาเพื่อใช้ทดแทนฟอสเฟต							×	×	×			
5. ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของไส้กรอกด้วยการทดสอบความชอบต่อผลิตภัณฑ์ไส้กรอกไก่อิมัลชันที่ใช้สารเติมแต่งอาหารกลุ่มไฮโดรคอลลอยด์										×		
6. วิเคราะห์ผล สรุป และจัดทำและส่งรายงานเล่มสมบูรณ์											×	×

1.4 ขอบเขต

1.4.1 ศึกษาสูตรพื้นฐานและกรรมวิธีผลิตไส้กรอกไก่อิมัลชัน

1.4.2 ศึกษาชนิดและปริมาณที่เหมาะสมของสารกลุ่มไฮโดรคอลลอยด์ในการทดแทนสารประกอบฟอสเฟตในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกไก่อิมัลชัน

1.4.3 ศึกษาคุณภาพทางกายภาพเคมีและคุณภาพทางประสาทสัมผัสของไส้กรอกไก่อิมัลชันที่ทดแทนสารประกอบฟอสเฟตบางส่วนโดยสารกลุ่มไฮโดรคอลลอยด์ด้วยชนิดและปริมาณที่เหมาะสม โดยตรวจวัดความคงตัวของอิมัลชันไส้กรอก ค่าการสูญเสียน้ำหนัก ลักษณะโครงสร้างเนื้อสัมผัส ค่าสัณฐานวิทยาปริมาณความชื้น และประเมินลักษณะทางประสาทสัมผัสด้วยแบบทดสอบความชอบที่มีต่อผลิตภัณฑ์

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 ทราบชนิดและปริมาณของสารกลุ่มไฮโดรคอลลอยด์ที่มีแนวโน้มนำมาทดแทนสารประกอบฟอสเฟตได้

1.5.2 ได้สูตรไส้กรอกไก่อิมัลชันที่เติมสารกลุ่มไฮโดรคอลลอยด์

1.5.3 ได้รับข้อมูลลักษณะทางกายภาพและทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกไก่อิมัลชันที่ใส่สารกลุ่มไฮโดรคอลลอยด์ในการทดแทนสารประกอบฟอสเฟต

1.5.4 ทราบแนวทางการนำสารกลุ่มไฮโดรคอลลอยด์ไปใช้ในผลิตภัณฑ์กลุ่มไส้กรอกอิมัลชัน

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ผลิตภัณฑ์ไส้กรอก

ไส้กรอกเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการแปรรูปเนื้อสัตว์สามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภท ตามลักษณะของไส้กรอก ประเภทแรกคือ ไส้กรอกบดหยาบ ซึ่งเป็นไส้กรอกที่ได้จากการใช้เนื้อสัตว์ที่บดแบบหยาบผสมกับเครื่องปรุง เครื่องเทศ แล้วบรรจุใส่ อาจจะมีรมควันหรือไม่รมควันก็ได้ เมื่อนำมาบริโภคจะต้องทำให้สุกก่อน ตัวอย่างของไส้กรอกชนิดนี้ได้แก่ ไส้กรอกเนื้อหมูสด ไส้กรอกเนื้อวัวสด กุนเชียง และไส้กรอกอีสาน เป็นต้น ส่วนอีกประเภทหนึ่งคือ ไส้กรอกบดละเอียด เป็นไส้กรอกที่ต้องทำให้เนื้อสัตว์ไขมัน และน้ำรวมเป็นเนื้อเดียวกันเป็นอิมัลชัน (Emulsion) มีการปรุงรสด้วยเครื่องเทศและเครื่องปรุงรสต่าง ๆ ไส้กรอกประเภทนี้ได้แก่ ไส้กรอกเวียนนา (Vienna sausage) โบโลญา (Bologna) และแฟรงค์เฟอเตอร์ (Frankfurter) เป็นต้น (อรรถกร, 2547) ไส้กรอกอิมัลชันเป็นผลิตภัณฑ์ที่จัดอยู่ในกลุ่มของผลิตภัณฑ์ลดขนาดบดละเอียดอิมัลชัน (Emulsion) ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์จากเนื้อสัตว์ที่ถูกบดด้วยเครื่องบดและสับละเอียดจนโครงสร้างในระดับเส้นใยกล้ามเนื้อเปลี่ยนแปลง โดยมีโปรตีนไมโอซินละลายออกมาจากเส้นใยกล้ามเนื้อ และทำให้ส่วนผสมแปรเปลี่ยนเป็นมวลเหนียว ซึ่งเป็นลักษณะของส่วนผสมที่เรียกว่า อิมัลชัน (เยวาลักษณ์, 2536) ซึ่งไส้กรอกทั่วไปยังสามารถแบ่งออกเป็นประเภทได้ดังนี้

2.1.1 ไส้กรอกสด (Fresh sausage)

ทำจากเนื้อสดโดยเฉพาะอย่างยิ่งเนื้อหมูบด และผสมเครื่องปรุงแล้วบรรจุในไส้เก็บไว้ในตู้เย็น ก่อนรับประทานก็นำมาทำให้สุกก่อน รสชาติ เนื้อสัมผัสความนุ่มและสีของไส้กรอกชนิดนี้เกี่ยวข้องกับโดยตรงกับอัตราส่วนของไขมันและเนื้อแดง ตัวอย่างไส้กรอกสดมีดังนี้

2.1.1.1 ไส้กรอกหมูสด (Fresh pork sausage) ผลิตจากเนื้อหมูสดหรือเนื้อหมูแช่แข็งหรือได้จากทั้งสองอย่างมารวมกัน รวมทั้ง เนื้อหมูที่ผ่านการเอากระดูกออก (Deboned pork) แต่ไม่รวมผลพลอยได้จากเนื้อหมู ผลิตภัณฑ์จะต้องมีไขมันไม่เกินร้อยละ 50 และสามารถเติมน้ำหรือน้ำแข็งได้ถึงร้อยละ 3

2.1.1.2 ไส้กรอกอาหารเช้า (Breakfast sausage) ทำจากเนื้อหมูหรือเนื้อโคสดหรือจาก ผลพลอยได้จากเนื้อสัตว์ก็ได้ และอาจเติมสารที่ช่วยการรวมตัวได้ถึงร้อยละ 3 ของผลผลิตที่ได้ ไขมันไม่เกินร้อยละ 50 และเติมน้ำเกลือหรือน้ำแข็งได้ถึงร้อยละ 3

2.1.1.3 บราตเวอร์สต์ (Bratwurst) ทำจากเนื้อลูกโคหรือเนื้อหมูมีการใช้ผิวหรือน้ำมันในการปรุงรส นิยมลวกก่อนจำหน่าย

2.1.2 ไส้กรอกรมควัน (Smoked sausage)

ไส้กรอกชนิดนี้มีลักษณะคล้ายไส้กรอกสด แต่ผ่านการรมควันจึงทำให้สีและรสชาติแตกต่างไปจากไส้กรอกสด เช่น ไส้กรอกหมูสดรมควัน (Fresh smoked pork sausage) เป็นต้น เมื่อรับประทานต้องทำให้สุกก่อน ไส้กรอกชนิดนี้สามารถเก็บรักษาได้นานกว่าไส้กรอกสดธรรมดาได้ 1-2 วัน แต่อย่างไรก็ตาม ควรเก็บไว้ในที่เย็น

2.1.3 ไส้กรอกสุก (Cooked sausage)

ไส้กรอกสุกทำจากเนื้อชนิดเดียวหรือหลายชนิดรวมกัน ไม่ว่าจะเป็นเนื้อโค เนื้อหมู หรือเนื้อสัตว์ปีก และอาจรมควันหรือไม่ก็ได้ ไส้กรอกชนิดนี้ถูกทำให้สุกพร้อมที่จะรับประทานได้ทันที โดยสามารถแบ่งไส้กรอกสุกได้หลายชนิด ในกลุ่มแฟรงเฟอ์เตอร์และไส้กรอกตับและไส้กรอกเลือด

2.1.3.1 กลุ่มแฟรงเฟอ์เตอร์ (Frankfurter) ไส้กรอกที่จัดอยู่ในกลุ่มแฟรงเฟอ์เตอร์ ได้แก่ แฟรงเฟอ์เตอร์ (Frankfurter) แนกเวอร์สต์ (Knackwurst) โบโลญา และอื่น ๆ ที่คล้ายแฟรงเฟอ์เตอร์ ทำจากเนื้อหมูและเนื้อโคผสมกัน และหมักด้วยส่วนผสมและ เครื่องเทศแล้วบรรจุในไส้แกะหากบรรจุในไส้พลาสติก เรียกว่าเวียนนา (Vienna) แต่บรรจุในไส้หมู เรียกว่า แนกเวอร์สต์ ไส้กรอกในกลุ่มนี้เป็นที่นิยมบริโภคมากและเป็นที่รู้จักกันดี

2.1.3.2 กลุ่มไส้กรอกตับและไส้กรอกเลือด ไส้กรอกตับ (Liver sausage) ทำจากการบดมันหมูแข็ง ตับหมูมีการเติมเจลาติน ปรุงรสด้วยหัวหอมและเครื่องเทศ แล้วจึงบรรจุในไส้และทำให้สุก ไส้กรอกตับมีรสชาติดีและมีคุณค่าทางโภชนาการสูง ส่วนไส้กรอกเลือด (Blood sausage) ทำจากมันหมูแข็งต้มสุก หั่นเป็นชิ้นสี่เหลี่ยมและเนื้อบดละเอียด ผสมกับเจลาติน เลือดโค และเครื่องเทศ แล้วจึงบรรจุในไส้และทำให้สุก

2.1.4 ไส้กรอกแห้งและไส้กรอกกึ่งแห้ง (Dry and semi-dry sausage)

ผลิตจากการหมักเนื้อด้วยเชื้อตามธรรมชาติหรือเชื้อบริสุทธิ์ที่เติมลงไป หลังจากการผสมเนื้อที่ผ่านการบดกับส่วนผสม เช่น เกลือ เครื่องเทศ และเชื้อบริสุทธิ์แล้วจะเก็บไว้ที่อุณหภูมิต่ำจนกระทั่งมีปริมาณกรดตามที่ต้องการจึงบรรจุในไส้และทำให้แห้งในอากาศ ผลิตภัณฑ์บางชนิดจะผ่านการรมควันเพียงเล็กน้อยมาก่อน

2.1.4.1 ไส้กรอกแห้ง เป็นไส้กรอกที่ผ่านการรมควันเล็กน้อยหรืออาจไม่ผ่านเลย แต่จะทำให้แห้งในอากาศ มีผลผลิตประมาณร้อยละ 60-70 ของน้ำหนักเดิม ไส้กรอกแห้งมีลักษณะแห้งแน่นและราคาแพงกว่าไส้กรอกกึ่งแห้ง เช่น ซาลามิ (Salami)

2.1.4.2 ไส้กรอกกึ่งแห้ง เป็นไส้กรอกที่ถูกทำให้สุกด้วยความร้อนจากการรมควัน เพื่อให้เกิดกลิ่นรสไปด้วยจะได้ผลผลิตที่มีน้ำหนักประมาณร้อยละ 70–80 ของน้ำหนักเดิม เนื่องจากการหมักโดยแบคทีเรียและมีความชื้นมากกว่าไส้กรอกแห้งจึงทำให้ไส้กรอกมีลักษณะที่ค่อนข้างนุ่ม ได้แก่ ทูริงเจอร์ (Thuringer) และซัมเมอร์ (Summer sausage)

2.1.5 ผลิตภัณฑ์ที่คล้ายไส้กรอก

เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการหมักเนื้อที่ได้จากการบดแต่มีบางขั้นตอนที่ไม่เหมือน การทำไส้กรอกคือไม่บรรจุในไส้ เช่น ลันเชียนมีท มีทโลฟ และเบอร์เกอร์ เป็นต้น ลันเชียนมีท (Luncheon meat) เป็นผลิตภัณฑ์เนื้อมัดละเอียดหรือสับให้เข้ากันแล้วบรรจุกระป๋องแล้วจึงนำไป ผ่านกระบวนการให้ความร้อน เมื่อจะรับประทานก็สามารถเปิดกระป๋องรับประทานได้ทันที มีทโลฟ (Meat loaves) ทำจากเนื้อบดที่ผสมเครื่องปรุงต่างๆ เช่น หอมหัวใหญ่ ไข่ เครื่องเทศ แป้งและนมผง บรรจุในแบบ หรือพิมพ์หรือกระป๋อง และผ่านการอบให้สุก (สัญญาชัย, 2543)

2.2 ไส้กรอกอิมัลชัน

อิมัลชัน (Emulsion) หมายถึง ระบบที่ประกอบด้วยของเหลวตั้งแต่ 2 ชนิดขึ้นไป ซึ่งปกติ ไม่ผสมเป็นเนื้อเดียวกัน เช่น น้ำกับน้ำมัน ผสมรวมเป็นเนื้อเดียวกันโดยไม่แยกชั้น โดยของเหลว ส่วนหนึ่งแตกตัวเป็นหยดเล็กๆ เรียกว่า วัฏภาคภายในหรือส่วนที่กระจายตัวซึ่งจะกระจายตัวแทรก อยู่ในของเหลวอีกชนิดหนึ่งเรียกว่า วัฏภาคนอกหรือส่วนที่ต่อเนื่อง อิมัลชันแบ่งเป็น 2 ประเภท หลัก คือ อิมัลชันชนิดน้ำมันในน้ำ (Oil-in-water emulsion, O/W) มีน้ำมันเป็นวัฏภาคภายในและ มีน้ำเป็นวัฏภาคนอก เช่น นำนม ช็อกโกแลตหรือวิธีทดสอบอิมัลชันประเภทนี้ คือ สามารถทำให้ เจือจางได้ด้วยการเติมน้ำ มีค่าการนำไฟฟ้าสูงกว่า ผสมได้กับสีชนิดละลายน้ำ และอิมัลชัน ชนิดน้ำในน้ำมัน (Water-in-oil emulsion, O/W) มีน้ำเป็นวัฏภาคภายในและน้ำมันเป็นวัฏภาค ภายนอก เช่น เนย มายองเนส น้ำสลัด และไส้กรอก ช็อกโกแลตหรือวิธีทดสอบอิมัลชันประเภทนี้คือ สามารถทำให้เจือจางได้ด้วยการเติมน้ำมันมีค่าการนำไฟฟ้าต่ำกว่า ผสมได้กับสีชนิดที่ละลายน้ำมัน

กลไกการเกิดอิมัลชัน เกิดจากการทำให้ของเหลวแตกตัวกระจายเป็นหยดขนาดเล็กๆ ช่วยเพิ่มพื้นที่ผิวสัมผัสระหว่างของเหลว 2 ชนิด สามารถทำได้ด้วยการใช้แรงกล เช่น การผสมด้วย เครื่องผสมการโฮโมจิไนซ์ด้วยเครื่องโฮโมจิไนซ์ และการทำให้อิมัลชันคงตัวเพื่อไม่ให้แยกชั้นเมื่อตั้ง ทิ้งไว้สามารถกระทำด้วยการลดแรงตึงผิวของของเหลวทั้ง 2 ส่วน โดยการเติมสารอิมัลชันซีไฟเออร์ การไม่คงตัวของอิมัลชันอาจเกิดจากการรวมตัวของวัฏภาคภายในซึ่งมีสาเหตุมาจากหลายประการ เช่น ความร้อนในนํานมทำลายฟิล์มโปรตีนที่ห่อหุ้มวัฏภาคภายในทำให้ครีมแยกชั้น

ปัจจัยที่มีผลต่อความคงตัวของอิมัลชัน มีโปรตีนหลายชนิดที่นิยมใช้ในอิมัลชันชนิด น้ำมันในน้ำ (Oli-in-water emulsion, O/W) เช่น โปรตีนนม ได้แก่ เคซีน เคซิเนต โปรตีนเวย์

โปรตีนจากไข่ ได้แก่ โปรตีนไข่แดงและโปรตีนไข่ขาว โปรตีนจากสัตว์ ได้แก่ พลาสมาและเจลาติน และโปรตีนจากพืช ได้แก่ โปรตีนถั่วเหลือง โปรตีนที่มีคุณสมบัติในการเป็นอิมัลซิไฟเออร์ที่ดีและให้ความคงตัวแก่อิมัลชันในระหว่างการเก็บรักษา ได้แก่ ฟอสโฟลิพิดและลิโปโปรตีนในไข่แดง ได้แก่ ลิโปโวลีลิน และลิโวทีน โปรตีนเคซีนเคซีนเนต โปรตีนเวย์ โปรตีนไข่ขาว แต่โปรตีนจากถั่วเหลืองไม่นิยมใช้ในอาหารที่ต้องการคุณสมบัติของสารอิมัลซิไฟเออร์ เนื่องจากมีความสามารถในการทำให้เกิดเป็นอิมัลชันต่ำ แต่สามารถทำให้เกิดเจลในวัฏภาคของน้ำเท่านั้น ชนิดของผลิตภัณฑ์อิมัลชัน เช่น ใสกรอกเวียนนา ใสกรอกโบลน่า หมูยอ ลูกชิ้น ใสกรอกเทียม และใสกรอกแฮม เป็นต้น (ปาริฉัตร, 2545)

2.2.1 น้ำมันพรีอิมัลซิฟายด์

การเตรียมน้ำมันพืชที่เป็นส่วนประกอบให้เป็นน้ำมันพรีอิมัลชันแบบ oil-in-water เมื่อนำไปผลิตใสกรอกจะมีความคงตัวของอิมัลชันมากกว่าการผลิตใสกรอกโดยใช้น้ำมันพืชโดยตรง จึงได้มีการนำน้ำมันพืช น้ำ และสารไฮโดรคอลลอยด์ ซึ่งเป็นโปรตีนหรือคาร์โบไฮเดรตมาผสมกันทำเป็นครีมก่อนนำไปใช้เป็นส่วนผสมในการผลิตใสกรอก ซึ่งเรียกน้ำมันนี้ว่า น้ำมันพรีอิมัลซิฟายด์ แต่ยังคงพบปัญหาการแยกชั้นของน้ำมันพืชในการผลิตอยู่บ่อยครั้ง อาจเนื่องมาจากการเตรียมน้ำมันพรีอิมัลชันนั้นมีการใช้อิมัลซิไฟเออร์ที่ไม่มีเสถียรภาพ ดังนั้นในการผลิตผลิตภัณฑ์ใสกรอกโดยทั่วไปมักใช้โปรตีนสกัดจากถั่วเหลืองเป็นส่วนผสม เพราะนอกจากจะเพิ่มปริมาณโปรตีนแล้ว โปรตีนยังทำหน้าที่เป็นอิมัลซิไฟเออร์ และทำให้ผลิตภัณฑ์ใสกรอกมีเนื้อสัมผัสที่แน่นขึ้นอีกด้วย แต่ข้อจำกัดของการใช้โปรตีนสกัดจากถั่วเหลือง ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะมีกลิ่นและรสของถั่วเหลือง ซึ่งไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค นอกจากนี้การเตรียมน้ำมันพืชเป็นพรีอิมัลชันก่อนนำไปผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ใสกรอกยังสามารถลดการใช้ปริมาณน้ำมันพืชในผลิตภัณฑ์ได้อีกด้วย วิธีดังกล่าวเป็นการทดแทนปริมาณของน้ำมันพืชในผลิตภัณฑ์ใสกรอกได้อีกทางหนึ่ง (จิรวรรณ และ จิราพร, 2560)

2.2.2 ส่วนผสมของใสกรอกอิมัลชัน

ลักษณะที่สำคัญของใสกรอกอิมัลชัน คือ ต้องมีเนื้อสัมผัสที่เป็นเนื้อเดียวกัน มีความยืดหยุ่น และชุ่มฉ่ำ การผลิตใสกรอกให้มีสมบัติต่าง ๆ ดังกล่าวนี้นจำเป็นต้องใช้ส่วนผสมที่มีคุณภาพดี และใช้ในสัดส่วนที่เหมาะสมส่วนผสมของใสกรอกอิมัลชัน (ดารณี, 2544; อรรถกร, 2547)

2.2.2.1 เนื้อสัตว์

หมายถึง เนื้อจากกล้ามเนื้อโครงร่าง (Skeletal muscle) ของโค กระบือ สุกรหรือไก่ที่ปราศจากกลิ่นไม่พึงประสงค์สิ่งแปลกปลอม และเหมาะสมสำหรับเป็นอาหารบริโภคได้ในการทำใสกรอก หน้าที่ของเนื้อสัตว์ในผลิตภัณฑ์ใสกรอก มีดังนี้

1) เนื้อสัตว์จะช่วยให้ลักษณะเนื้อสัมผัส (Texture) เนื่องจากโปรตีนจะจับเป็นก้อน (Coagulate) เมื่อถูกความร้อนเป็นลักษณะกึ่งแข็ง (Semi-solid) และโปรตีนจะทำหน้าที่

ห่อหุ้มไขมันและตรึงน้ำในส่วนผสมไม่ให้แยกออกจากกันทั้งก่อนและหลังการให้ความร้อน ซึ่งเป็นลักษณะเนื้อที่สำคัญของไส้กรอกบางชนิด

2) เนื้อสัตว์จะมีโปรตีนประมาณร้อยละ 18–20 และจัดเป็นโปรตีนที่มีคุณภาพสูง เนื่องจากประกอบด้วยกรดอะมิโนที่เป็นต่อร่างกายครบถ้วน

3) โปรตีนของเนื้อสัตว์มีไมโอโกลบิน (Myoglobin) ซึ่งเป็นสารให้สีแดง ในเนื้อสัตว์จะเป็นตัวให้สีที่สำคัญของไส้กรอก

2.2.2.2 ไขมัน (Fat) ไขมันที่ใช้ในการผลิตไส้กรอก สามารถใช้ไขมันพืชและสัตว์การใช้ไขมันจะช่วยให้ไส้กรอกมีลักษณะ กลิ่น สี โดยทำให้ไส้กรอกมีความนุ่ม ความฉ่ำและรสชาติที่ดี ซึ่ง ไขมันจัดเป็นส่วนผสมที่ช่วยลดต้นทุนการผลิต สำหรับไขมันที่ได้จากส่วนนอกและส่วนหลังของสัตว์ ถือว่าเป็นไขมันส่วนที่ดีที่สุดในการทำผลิตภัณฑ์ไส้กรอก (โชคชัย, 2554)

2.2.2.3 น้ำแข็ง

น้ำแข็งใช้เพื่อควบคุมอุณหภูมิในระหว่างการสับนวด ทำให้เกล็ดและส่วนผสมอื่นๆ ละลายและกระจายตัวได้ดี น้ำแข็งจัดเป็นองค์ประกอบที่สำคัญช่วยให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีลักษณะเนื้อดีชุ่มฉ่ำและนุ่ม ทำให้อิมัลชันคงตัวดีช่วยให้่ายต่อการบรรจุ และน้ำแข็งจะช่วยทดแทนการสูญเสียไอน้ำระหว่างการผลิตและการให้ความร้อน (เยาวลักษณ์, 2536)

2.2.2.4 สารประกอบฟอสเฟต (Phosphate compounds)

จัดเป็นวัตถุเจือปนในอาหารที่ได้รับการรับรองว่ามีความปลอดภัย (GRAS; Generally recognized as safe) นิยมนำมาใช้ในอุตสาหกรรมอาหารหลายชนิด เช่น เนื้อสัตว์ สัตว์น้ำ ผลิตภัณฑ์นม ผลิตภัณฑ์ขนมอบ (Molins, 1991) การใช้สารฟอสเฟตสามารถช่วยความสามารถในการอุ้มน้ำของผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้น เนื่องจากสารฟอสเฟตช่วยในการสกัดโปรตีนไมโอพบริลาออกมาได้มาก ไมโอพบริลาเป็นเส้นใยโครงสร้างของกล้ามเนื้อประกอบด้วยแอกตินและไมโอซินจับตัวกัน เรียกว่า แอกโตไมโอซินรวมตัวกันเป็นจำนวนมาก ฟอสเฟตจะช่วยให้โปรตีนแอกโตไมโอซินสามารถแยกตัวออกจากกันเป็นแอกตินและไมโอซินเข้าไปจับหุ้มหัดไขมันไว้และเกิดการจับตัวกันเป็นโครงร่างแหทำให้เกิดเป็นระบบอิมัลชันที่มีความคงตัว (Theno *et al.*, 1978) ในระหว่างโครงร่างแหจะมีช่องว่างให้น้ำแทรกอยู่ได้ทำให้น้ำและไขมันไม่เกิดการไหลออกมาจากโครงร่าง เมื่อมีการให้ความร้อน น้ำ และไขมันไม่ไหลออกมาจากโครงร่าง จึงทำให้การสูญเสียไอน้ำหนักภายหลังการต้มสุกลดน้อยลง รวมทั้งความแน่นเนื้อและการเกาะตัวกันจึงเพิ่มขึ้นด้วย (อรรถกร และ มาลัยวรรณ, 2547)

Sheard *et al.* (1999) พบว่าการใช้สารฟอสเฟตทำให้การสูญเสียไอน้ำหนักภายหลังการต้มสุกลดลง ส่วนโพลีฟอสเฟตเป็นสารฟอสเฟตที่จะช่วยให้ความสามารถในการอุ้มน้ำ

เพิ่มมากขึ้น ทำให้สามารถเพิ่มน้ำเข้าไปในส่วนผสมได้มากขึ้น ความชุ่มน้ำของไส้กรอกเพิ่มมากขึ้น ซึ่งตามพระราชบัญญัติอาหารกระทรวงสาธารณสุขกำหนดให้ใช้สารฟอสเฟตได้ไม่เกินร้อยละ 0.3

1) หน้าที่ของฟอสเฟตที่มีต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ มี 4 ประการ คือ

1.1) การเพิ่มความสามารถในการอุ้มน้ำ ความนุ่ม และชุ่มน้ำ ฟอสเฟตที่เติมลงในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์จะช่วยเพิ่มความสามารถในการอุ้มน้ำ และช่วยลดการสูญเสียน้ำหนักหลังการปรุงสุก ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์มีความนุ่ม และชุ่มน้ำ เนื่องจากจากฟอสเฟตช่วยเพิ่มค่าพีเอชของเนื้อสัตว์ ส่งผลให้เส้นใยโปรตีนมีประจุลบมากขึ้น จึงทำให้เส้นใยโปรตีนเกิดการพองตัว ปริมาณน้ำมากขึ้น รวมถึงฟอสเฟตที่เติมลงในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ช่วยเพิ่มความสามารถในการอุ้มน้ำของโปรตีนไมโอไฟบริลลาร์ โดยทำให้โปรตีนไมโอซินและแอคตินมีประจุเป็นลบมากขึ้น จึงทำให้เกิดแรงผลักทางประจุระหว่างโมเลกุลโปรตีน ส่งผลให้ช่องว่างระหว่างโมเลกุลโปรตีนไมโอซินและแอคตินขยายกว้างมากขึ้น ดังนั้นสามารถกักเก็บน้ำไว้ในช่องว่างระหว่างโมเลกุลของโปรตีนได้มากขึ้น (เยาวลักษณ์, 2536; Long *et al.*, 2011; Petracci *et al.*, 2013)

1.2) การเพิ่มรสชาติของผลิตภัณฑ์ เนื่องจากฟอสเฟตทำให้โมเลกุลเนื้อสัตว์เรียงตัวเป็นตาข่าย จึงสามารถกักเก็บของเหลวที่หากลั่นรสไว้ได้ รวมถึงสามารถกันไม่ให้เลือดและของเหลวในเนื้อไหลออกมา ผลิตภัณฑ์จึงมีรสชาติดีขึ้น (เยาวลักษณ์, 2536)

1.3) ช่วยให้เนื้อยึดเกาะกันดี เนื่องจากฟอสเฟตสามารถช่วยสกัดโปรตีนไมโอซินออกมาเชื่อมชิ้นเนื้อและช่วยดึงโมเลกุลโปรตีนที่ละลายน้ำได้มารวมกัน ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์มีความเหนียวและยืดหยุ่นมากขึ้น (เยาวลักษณ์, 2536)

1.4) ช่วยให้สีของผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์มีความคงทน เนื่องจากฟอสเฟตทำหน้าที่ควบคุมค่าพีเอชของผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ให้อยู่ในช่วง 6.0 ถึง 6.6 จึงทำให้เนื้อมีสีแดงคงทนดีขึ้น ส่งผลให้การใช้ในเตาและเกลือแอสคอร์เบตมีความคงตัวมากขึ้น (เยาวลักษณ์, 2536)

2) ชนิดของสารประกอบฟอสเฟตที่ใช้เนื้อผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์

2.1) โซเดียมไตรโพลีฟอสเฟต (Sodium tripolyphosphate หรือ STPP) เป็นสารในกลุ่มฟอสเฟตที่นิยมใช้ในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ หน้าที่สำคัญคือเพิ่มความแข็งแรงของ Meat emulsion นอกจากนี้ยังช่วยป้องกันการไม่ให้สูญเสียส่วนของของเหลวในเนื้อมากเกินไป ในช่วงการทำให้สุก โซเดียมไตรโพลีฟอสเฟตเป็น Alkaline phosphate salt เมื่อเติมลงไปในผลิตภัณฑ์เนื้อจะทำให้ค่า pH เพิ่มขึ้นเล็กน้อยโดยจะทำปฏิกิริยากับแอคโตไมโอซินทำให้แตกตัวเป็นแอคตินและไมโอซิน ช่วยในการอุ้มน้ำของเนื้อได้ อีกทั้งจะช่วยลดปฏิกิริยาการเหม็นหืน (เยาวลักษณ์, 2536) นอกจากนี้มีการใช้สารพวก ไตรโพลีฟอสเฟตร่วมกับสารประกอบฟอสเฟตอื่นที่ออกฤทธิ์เป็นต่าง เนื่องจากมีปฏิกิริยาเสริมร่วม (Synergistic) ทำให้มีผลต่อความสามารถในการจับน้ำของเนื้อเพิ่มมากขึ้น สารประกอบฟอสเฟตชนิดต่างๆที่ใช้ในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ ได้แก่ Sodium

tripolyphosphate, Sodium hexametaphosphate, Sodium acid pyrophosphate, Sodium pyrophosphate และ Sodium phosphate เป็นต้น

2.2.2.5 สารปรุงแต่ง

1) เครื่องเทศ เครื่องเทศใช้เป็นสารให้กลิ่นรสและยังช่วยชูรสได้ นอกจากนี้เครื่องเทศบางชนิด ยังช่วยยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ได้ด้วย อย่างไรก็ตามเมื่อใช้เครื่องเทศในปริมาณปกติในการปรุงอาหาร จะไม่มีฤทธิ์ป้องกันจุลินทรีย์อย่างเห็นได้ชัด แต่อาจช่วยเสริมฤทธิ์สารอื่น ป้องกันการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ในอาหารได้ ฤทธิ์ดังกล่าวอาจมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับชนิด ความสด และลักษณะทางกายภาพของเครื่องเทศ เครื่องเทศที่นิยมใช้ในผลิตภัณฑ์ไส้กรอก ได้แก่ พริกไทย (Pepper) ลูกจันทน์ (Nutmeg) ดอกจันทน์ (Mace) เมล็ดผักชี (Coriander) กระเทียม (Garlic) เป็นต้น (ชัยณรงค์, 2529; หน่วยผลิตภัณฑ์สัตว์เคี้ยวเอื้องใหม่, 2554)

2) เกลือ ในทางวิทยาศาสตร์จะหมายถึง สารประกอบที่เกิดจากอนุมูลของกรดรวมตัวกับอนุมูลของด่าง ซึ่งในธรรมชาติมีอยู่มากมาย เช่น โพแทสเซียมคลอไรด์ โซเดียมคลอไรด์ และแมกนีเซียมซัลเฟต เป็นต้น แต่เกลือที่มนุษย์ใช้ในการถนอมอาหารมาแต่โบราณคือเกลือโซเดียมคลอไรด์หรือที่รู้จักกันทั่วไปในชื่อเกลือแกง (Cooking salt, table salt) สูตรเคมี คือ NaCl มีสีขาวลักษณะเป็นผลึกลูกบาศก์ มีคุณสมบัติในการดูดความชื้น (Hygroscopic) และจะดูดความชื้นได้มากขึ้นถ้าเกลือนั้นไม่บริสุทธิ์ (อรพิน, 2548)

3) น้ำตาล เป็นอาหารที่จัดอยู่ในกลุ่มของคาร์โบไฮเดรตชนิดที่โมเลกุลไม่ซับซ้อนจัดเป็นอาหารให้พลังงานชนิดว่างเปล่า คือ ให้พลังงานแต่ไม่มีคุณค่าทางโภชนาการ น้ำตาล 1 กรัม ให้พลังงาน 4 กิโลแคลอรี โดยทั่วไปน้ำตาลจะให้รสหวานที่คุ้นเคยกันดี ได้แก่ น้ำตาลทราย น้ำตาลมะพร้าว น้ำตาลอ้อย เป็นต้น (นิรนาม, 2558)

2.2.3 ขั้นตอนการผลิตไส้กรอกอิมัลชัน

เยาลักษณ์ (2532) ได้อธิบายขั้นตอนการผลิตไส้กรอกอิมัลชัน ดังนี้

2.2.3.1 การหมักเนื้อ

หันเนื้อให้เป็นรูปทรงลูกเต๋ารูปร่าง 1x1x1 ลูกบาศก์นี้ หมักโดยใช้เกลือป่นและผงเพรกคลุกให้เข้ากัน บรรจุลงในภาชนะปิดฝา เก็บในห้องเย็นเป็นเวลา 24 ชั่วโมง

2.2.3.2 การบดเนื้อและมันแข็ง

บดเนื้อผ่านรูตะแกรงขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1/8 นิ้ว เพื่อเพิ่มพื้นผิวสัมผัสของเนื้อและให้ง่ายต่อการสกัดโปรตีนที่ละลายในเกลือ บดเนื้อและมันแข็งแยกกัน แล้วนำเนื้อบดและมันแข็งบดวางในภาชนะกันตื้น เพื่อแช่เยือกแข็งก่อนการสับผสม เป็นการลดอุณหภูมิระหว่างผสมเพื่อให้เกิดอิมัลชันที่ดี

2.2.3.3 การสับผสม

นำเนื้อหมักบดแช่เยือกแข็งใส่ในเครื่องสับผสมที่หล่อเย็น แล้วเดินเครื่องสับผสม เติมเครื่องปรุงรส ส่วนผสมอื่น ๆ และน้ำแข็งบดละเอียด ควบคุมอุณหภูมิของเนื้อสับให้ไม่เกิน 4 องศาเซลเซียส แล้วเติมมันหมูแช่เยือกแข็งและเครื่องเทศลงไป สับผสมจนส่วนผสมเหนียวเป็นอิมัลชัน ควบคุมอุณหภูมิของส่วนผสมให้ไม่เกิน 16 องศาเซลเซียส จะได้ส่วนผสมที่จับกันเป็นก้อน (Batter) ได้โดยไม่เหลวและ อิมัลชันในไส้กรอกเป็นอิมัลชันประเภทน้ำมันในน้ำ (Oil in water emulsion) โดยมีเม็ดไขมันเป็นส่วนที่กระจาย (Discontinuous phase) และน้ำเป็นส่วนต่อเนื่อง (Continuous phase) ปกติ น้ำกับไขมันไม่รวมกัน จึงต้องมีตัวช่วยในการรวมตัว (Emulsifier) ได้แก่ โปรตีนไมโอซินที่ละลายได้ในเกลือทำหน้าที่ห่อหุ้มเม็ดไขมันไว้ โดยโปรตีนที่ทำหน้าที่นี้ได้จากการที่เนื้อแดงถูกตัดด้วยใบมีดในเครื่องสับผสม ทำให้มีขนาดเล็กและมีเกลือทำหน้าที่สกัดโปรตีนเมื่อผสมไขมันหรืออิมัลชันของไขมันที่เตรียมไว้ลงไป โปรตีนที่ละลายออกมาจะมาห่อหุ้มไขมันไว้ทำให้เกิดเป็นส่วนผสมที่มีความคงตัว (Colloidal suspension emulsion) การสับผสมเป็นเวลานานทำให้เกิดความร้อน จากการเสียดสีของเนื้อสัตว์และเครื่องมือ ซึ่งอาจทำให้เม็ดไขมันแตกตัวได้ ดังนั้นจึงต้องเติมน้ำแข็งลงไปเพื่อควบคุมอุณหภูมิของส่วนผสมให้เย็นตลอดเวลา

บางครั้งการผสมไขมันในขั้นตอนการสับผสมอาจเตรียมขั้นตอนในลักษณะของพรีอิมัลชัน ซึ่งเตรียมโดยเติมโปรตีนถั่วเหลืองลงในเครื่องผสมอาหาร เติมน้ำอุ่น ผสมโปรตีนให้กระจายตัวและดูดซับน้ำไว้ และปั่นผสม ต่อจากนั้นเติมน้ำมันลงในส่วนผสมโดยค่อยๆ เติมนทีละน้อยจนหมด พร้อมปั่นผสมตลอดเวลาด้วยความเร็วสูง เพื่อให้ไขมันกระจายตัวและคงตัวได้ดีในส่วนผสม จากนั้นเก็บน้ำมันพรีอิมัลชันที่ในถุงสุญญากาศและเก็บที่อุณหภูมิไม่เกิน 4 องศาเซลเซียส ก่อนนำออกมาใช้ (ถาวร, 2561)

2.2.3.4 การบรรจุไส้

นำส่วนผสมที่เป็นอิมัลชันแล้วลงบรรจุในกระบอกบรรจุไส้ (Stuffer) นำไส้สวมเข้ากับปลายกระบอกกรวย เดินเครื่อง ระวังอย่าให้เกิดโพรงอากาศขณะบรรจุ จากนั้นนำมาผูกมัดเป็นท่อน ๆ

2.2.3.5 การทำให้สุก

ต้มไส้กรอกในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที เพื่อทำลายจุลินทรีย์บางส่วนที่เหลืออยู่ซึ่งเป็นเหตุทำให้ไส้กรอกเน่าเสีย และเพื่อทำให้ผิวนอกของไส้กรอกตึงเรียบ นำมารับประทาน บางครั้งอาจมีการอบด้วยลมร้อนก่อนแล้วจึงนำไปต้มในน้ำร้อน จากนั้นนำมาทำให้เย็นในน้ำผสมน้ำแข็งเป็นเวลา 10 นาที เพื่อลดความร้อนที่สะสมในชั้นไส้กรอก และทำให้นเนื้อภายในหดตัวอย่างรวดเร็วช่วยให้ลอกเปลือกได้ง่ายขึ้นน้ำที่ไข่แช่เย็นต้องสะอาดปราศจาก

จุลินทรีย์ และโลหะหนักเจือปน จากนั้นตัดไส้กรอกเป็นท่อน ๆ บรรจุในภาชนะเก็บรักษา และเก็บไว้ในที่เย็น เพื่อรอการบริโภคหรือจำหน่ายต่อไป

2.2.3.6 ไส้บรรจุไส้กรอก

ไส้ที่ใช้ในการทำไส้กรอกแบ่งได้ 2 ประเภท คือไส้เทียม (Artificial casing) และไส้ธรรมชาติ (Natural casing) ไส้เทียมนิยมใช้ในโรงงานขนาดใหญ่เนื่องจากการผลิตได้ปริมาณมาก ราคาถูก มีเส้นผ่าศูนย์กลางให้เลือกได้ตามต้องการ ขนาดสม่ำเสมอ เก็บรักษาได้ง่าย มีอยู่ 2 แบบ คือ ไส้เทียมที่รับประทานได้ (Edible artificial casing) ทำจากส่วนโอเลียมของลำไส้สัตว์ เช่น ไส้คอลลาเจน (ภาพที่ 2.1) ซึ่งทำมาจากไส้หมู โดยสกัดด้วยสารละลายต่างและล้างด้วยน้ำสะอาด จากนั้นนำไปทำปฏิกิริยากับกรดให้เกิดการพองตัวและเหลวขึ้นเป็นเนื้อเดียวกัน จึงนำเข้าแบบผ่านเบสทำให้แห้ง ส่วนมากใช้กับไส้ที่มีขนาดเล็ก ส่วนไส้เทียมที่ทานไม่ได้ (Inedible artificial casing) ทำจากเซลลูโลสที่สกัดได้มากจากเมล็ดฝ้าย และทำจากพลาสติก ไส้เซลลูโลสและไส้พลาสติก แสดงดังภาพที่ 2.2 และ 2.3 ตามลำดับ ส่วนไส้ธรรมชาติได้มาจาก ไส้หมู ไส้แกะ และไส้วัว ไส้ประเภทนี้จะมีขนาดไม่สม่ำเสมอ เปื่อยง่าย ฉีกขาดง่าย เก็บรักษายาก ราคาแพง แต่ไส้กรอกที่ใช้ไส้ประเภทนี้จะมีรสชาติอร่อยกรอบและเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการ แสดงดังภาพที่ 2.4 (เยาวลักษณ์, 2536)



ภาพที่ 2.1 ไส้เทียมคอลลาเจน

ที่มา: Lucky Casing Company Limited (2019)



ภาพที่ 2.2 ไส้เทียมเซลลูโลส

ที่มา: Botthailand Company Limited (2019)



ภาพที่ 2.3 ใส้เทียมพลาสติก

ที่มา: Qingdao Touran Company Limited (2020)



ภาพที่ 2.4 ใส้หมู (ใส้ธรรมชาติ)

ที่มา: Botthailand company limited (2019)

2.3 สารไฮโดรคอลลอยด์และการประยุกต์ใช้ในอาหาร

สารไฮโดรคอลลอยด์ หมายถึง สารประกอบที่สามารถละลายหรือกระจายในน้ำร้อนหรือน้ำเย็น และให้สารละลายที่มีลักษณะข้นหนืด สารบางชนิดมีคุณสมบัติให้ความหนืด รักษาความคงตัว ช่วยให้น้ำ และน้ำมันเข้ากันได้ดีหรือจับน้ำและช่วยให้สารแขวนลอยได้ดีอีกด้วย ส่วนในอุตสาหกรรมอาหารได้นำไฮโดรคอลลอยด์มาใช้ประโยชน์เพื่อปรับปรุงคุณภาพของอาหารตามสมบัติของไฮโดรคอลลอยด์แต่ละชนิด ซึ่งจะทำหน้าที่ได้แตกต่างกันขึ้นอยู่กับชนิดของไฮโดรคอลลอยด์ ที่นิยมใช้กันมาก คือ กลุ่มที่ทำหน้าที่เป็นสารเพิ่มความคงตัว สารเพิ่มความหนืด อิมัลซิไฟอิงเอเจนต์ และสารที่ทำให้เกิดฟิล์ม การทำหน้าที่ดังกล่าวของไฮโดรคอลลอยด์จะสัมพันธ์กับความหนืดของสารละลายที่ใช้ ซึ่งจะแปรผันตามความเข้มข้นของสารละลาย ไฮโดรคอลลอยด์ที่ใช้ด้วยปริมาณการใช้ไฮโดรคอลลอยด์ในหน้าที่ดังกล่าวรวมกันประมาณร้อยละ 65 ของไฮโดรคอลลอยด์ที่นำมาใช้ประโยชน์ทั้งหมดสำหรับหน้าที่อื่น ๆ ใช้เพียงเล็กน้อยเท่านั้น (Nitiya, 2006)

2.3.1 กุลูโคแมนแนนหรือบุก

บุกกูลูโคแมนแนน (Konjac glucomannan) เป็นสารประเภทคาร์โบไฮเดรตโมเลกุลใหญ่ จัดเป็นพอลิแซคคาไรด์ตามธรรมชาติจากพืช มีลักษณะคุณสมบัติพิเศษที่มีประโยชน์มาก ในการประยุกต์ใช้ด้านอาหาร รวมถึงใช้เป็นส่วนผสมในอาหารประเภทผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ ซึ่งเป็นสารเติม

แต่งอาหารในประเศยุโรป (E-425) และเป็นสารที่ได้รับการรับรองโดย FDA ว่าเป็น Generally recognized as safe (GRAS) บุกถือเป็นส่วนผสมที่มีแคลอรีต่ำ เป็นเส้นใยอาหารที่ไม่สามารถย่อยได้ เมื่อผสมบุกกับสารไฮโดรคอลลอยด์อื่นๆ จะทำให้ได้เจลที่ยืดหยุ่นและมีความแข็งแรงดี (Jiménez Colmenero *et al.*, 2010) บุกส่งผลให้ค่าความสามารถในการอุ้มน้ำมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เมื่อเพิ่มปริมาณของบุก เนื่องจากคุณลักษณะทางกายภาพของบุกที่ช่วยในการกักเก็บน้ำ (Verbeken *et al.*, 2005) และความแข็งแรงของเจลที่เพิ่มขึ้นของไส้กรอกปลา บุกทำให้ความสามารถในการกักเก็บน้ำของเจลโปรตีนดีขึ้น ส่งผลให้ความสามารถในการอุ้มน้ำสูงขึ้นด้วย ซึ่งสอดคล้องกับร้อยละปริมาณของเหลวทั้งหมดที่แยกได้ (Percent total expressible fluid: %TEF) และร้อยละปริมาณไขมันในของเหลวที่แยกได้ (Percent fat expressed: %Fat) นั้นมีค่าลดลงเมื่อมีปริมาณบุกเพิ่มขึ้น (นิธิยา, 2549)

2.3.2 คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสหรือซีเอ็มซี

คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส (Carboxymethyl cellulose) หรือซีเอ็มซี (CMC) เป็นไฮโดรคอลลอยด์ (Hydrocolloid) ที่เป็นพอลิเมอร์ชนิดชอบน้ำ (Hydrophilic) ประเภทคาร์โบไฮเดรตซึ่งเป็นอนุพันธ์ของเซลลูโลส ไฮโดรคอลลอยด์ชนิดนี้เป็นไฮโดรคอลลอยด์ที่ดัดแปรจากสารธรรมชาติ (Modified natural hydrocolloids) เกิดจากการแปรหรือปรับปรุงคุณสมบัติของเซลลูโลส ซึ่งเป็นส่วนประกอบของผนังเซลล์พืชโดยการแทนที่โครงสร้างเดิมด้วยหมู่เมธิล และหมู่คาร์บอกซีเมทิล (กฤษณา, 2547; ดุษฎี และ นื่องนุช, 2555)

2.3.3 โปรตีนถั่วเหลืองสกัด

เป็นโปรตีนสกัดจากถั่วเหลือง (Soy isolate protein) เป็นโปรตีนที่สกัดได้จากพืช (Plant extract protein) ประกอบด้วยโปรตีนถึงร้อยละ 90 โปรตีนสกัดจากถั่วเหลือง มีการนำไปใช้เป็นส่วนผสมในอาหารหลายชนิดเพื่อเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการและเพื่อการใช้ประโยชน์เชิงหน้าที่ของโปรตีน (Functional properties of protein) ซึ่งในผลิตภัณฑ์ไส้กรอก โปรตีนถั่วเหลืองจัดว่าเป็นไบน์เดอร์ (Binder) หรือเป็นส่วนผสมในไส้กรอกชนิดหนึ่ง เพื่อช่วยปรับปรุงเนื้อของไส้กรอก ซึ่งจะช่วยในการจับและยึดเกาะน้ำเพื่อให้เกิดอิมัลชันกับไขมันลดการสูญเสียความชื้นขณะทำให้สุก ช่วยไม่ให้ผลิตภัณฑ์สูญเสียน้ำหนักและมีลักษณะเนื้อ สี และรสชาติดีขึ้น (Petracci *et al.*, 2013) Serdaroglu and Ozsumer (2003) ได้ศึกษาผลการเติมโปรตีนจากถั่วเหลืองต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเนื้อวัวที่ผ่านการให้ความร้อนระดับพาสเจอร์ไรส์ พบว่าการเติมโปรตีนจากถั่วเหลืองปริมาณร้อยละ 4 โดยน้ำหนักรวม จะไม่ส่งผลต่อค่า pH ของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเนื้อวัว รวมถึงทำให้ผลิตภัณฑ์มีความคงตัวของอิมัลชันมากขึ้น และมีการสูญเสียน้ำหนักหลังการให้ความร้อนต่ำกว่าผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเนื้อวัวที่ไม่มีการเติมโปรตีนถั่วเหลือง

2.3.4 การประยุกต์ใช้สารกลุ่มไฮโดรคอลลอยด์ในอาหาร

เสาวภาคย์ และ ศรีวิกรณ์ (2550) ศึกษาการทดแทนสารประกอบไตรโพลีฟอสเฟตในการผลิตไส้กรอกหมูแบบอิมัลชันด้วยไฮโดรคอลลอยด์ 5 ชนิด ได้แก่ CMC3285 CMC3295 คาร์ราจีแนน กัวร์กัม และแซนแทนกัม ปริมาณร้อยละ 0.05 ของส่วนผสมทั้งหมด การประเมินคุณภาพทางด้านสี (L^* , a^* , b^*) เนื้อสัมผัส (ความแข็ง การเกาะตัว การคั่นตัว แรงที่ใช้ในการเคี้ยว และพลังงานที่ใช้ในการเคี้ยว) และการยอมรับทางประสาทสัมผัส (ด้านสี กลิ่นรส ความชุ่มฉ่ำ ความแน่นเนื้อ และการยอมรับโดยรวม) พบว่าสามารถใช้ CMC3295 ทดแทนสารประกอบฟอสเฟตในการผลิตไส้กรอกหมูแบบอิมัลชันได้ เมื่อพิจารณาคุณภาพด้านสี เนื้อสัมผัส และการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์

วรรณชยา และคณะ (2556) ศึกษาวิธีการเตรียมน้ำมันถั่วเหลืองที่เหมาะสม สำหรับนำไปใช้ในกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ไส้กรอกปลาทูน่า 5 วิธีคือ (1) การแช่เยือกแข็งที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส (2) การเตรียมพรีอิมัลชันน้ำมันถั่วเหลืองผสมกับโปรตีนถั่วเหลืองสกัด (Soy protein isolated, SPI) (3) การเตรียมพรีอิมัลชันน้ำมันถั่วเหลืองผสมกับ SPI ร่วมกับ เอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนส (microbial transglutaminase, MTG) (4) การเตรียมพรีอิมัลชันน้ำมันถั่วเหลืองผสมกับโซเดียมเคซิเนต (Sodium caseinate, SC) และ (5) การเตรียมพรีอิมัลชันน้ำมันถั่วเหลืองผสมกับ SC ร่วมกับ MTG โดยประเมินผลคุณภาพผลิตภัณฑ์ไส้กรอกปลาทูน่าจากความคงตัวของอิมัลชัน ค่าสี การสูญเสียน้ำหนักหลังการปรุงสุกการสูญเสียน้ำหนักหลังการเก็บรักษา และลักษณะเนื้อสัมผัส ผลการศึกษาพบว่าวิธีการเตรียมพรีอิมัลชันน้ำมันถั่วเหลืองที่มีส่วนผสมของโซเดียมเคซิเนตและเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนส เป็นวิธีการเตรียมน้ำมันถั่วเหลืองที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการนำไปใช้ในกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ไส้กรอกปลาทูน่าท้องแถบ ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่มีความคงตัวของอิมัลชันที่ดีการสูญเสียน้ำหนักหลังปรุงสุกและหลังการเก็บรักษาดำ รวมทั้งมีลักษณะเนื้อสัมผัสที่ดีกว่าวิธีการเตรียมน้ำมันถั่วเหลืองด้วยการแช่เยือกแข็งที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส

บทที่ 3

วิธีการดำเนินงาน

3.1 วัตถุดิบ

- 3.1.1 เนื้อไก่ส่วนนอก จากห้างสรรพสินค้าแมคโคร สาขาสาทร จังหวัดกรุงเทพมหานคร
- 3.1.2 น้ำแข็ง
- 3.1.3 น้ำตาล ตรามิตรผล
- 3.1.4 เกลือ ตราปรงทิพย์
- 3.1.5 พริกไทยขาวป่น ตราไร่ทิพย์
- 3.1.6 ผงกระเทียม ตรามือที่ 1
- 3.1.7 ลูกจันทน์เทศป่น ตราแม่คอร์กมิก
- 3.1.8 ผงปาปริก้า ตราเอลเอว็อน
- 3.1.9 น้ำมันถั่วเหลือง ตราอรุณ
- 3.1.10 โซเดียมไตรโพลีฟอสเฟต (Sodium tripolyphosphate) เกรดอาหาร จากบริษัท กรุงเทพมหานคร จำกัด
- 3.1.11 เตตระโซเดียมไพโรฟอสเฟต (Tetra sodium pyrophosphate) เกรดวิเคราะห์ จากบริษัท ชิกม่าเคมีคอล จำกัด
- 3.1.12 ผงบุก (Konjac Powder) เกรดอาหาร จากบริษัท กรุงเทพมหานคร จำกัด
- 3.1.13 คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสหรือซีเอ็มซี (Carboxymethyl cellulose) เกรดอาหาร จากบริษัท เคมีภัณฑ์ คอร์ปอเรชั่น จำกัด
- 3.1.14 โปรตีนถั่วเหลืองสกัด (Soy protein isolate) เกรดอาหาร จากบริษัท กรุงเทพมหานคร จำกัด
- 3.1.15 ไม้คอตลาเจน ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 21 มิลลิเมตร จากบริษัท พีทีเคโกลูชันแอนด์ซัพพลายส์ จำกัด

3.2 เครื่องมือและอุปกรณ์

- 3.2.1 วัสดุอุปกรณ์สำหรับการผลิตไส้กรอกไก่อิมัลชัน
 - 3.2.1.1 เครื่องปั่น (Hand blender) รุ่น MSM6S90B ยี่ห้อ Bosch ประเทศสาธารณรัฐสโลเวเนีย

- 3.2.1.2 เครื่องสับผสม (Blender) รุ่น MCM3200W ยี่ห้อ Bosch ประเทศสาธารณรัฐ
สโลเวเนีย
- 3.2.1.3 เครื่องวัดอุณหภูมิ (Digital Thermometer) รุ่น TFX 410 ยี่ห้อ Ebro ประเทศ
เยอรมนี
- 3.2.1.4 ตู้อบลมร้อน (Hot Air Oven) รุ่น RE53 ยี่ห้อ Binder ประเทศเยอรมนี
- 3.2.1.5 เครื่องบรรจุใส่ไส้กรอก รุ่น BR058 ยี่ห้อ Voice ประเทศไทย
- 3.2.1.6 เครื่องชั่งตวงวัด 2 ตำแหน่ง รุ่น KD-200 ยี่ห้อ Tanita ประเทศญี่ปุ่น
- 3.2.1.7 เครื่องบรรจุสุญญากาศ
- 3.2.2 วัสดุอุปกรณ์สำหรับการวิเคราะห์ทางกายภาพและทางเคมี
 - 3.2.2.1 เครื่องปั่นเหวี่ยง (Refrigerated Centrifuge) รุ่น Mikro 22R ยี่ห้อ Hettich
ประเทศเยอรมนี
 - 3.2.2.2 เครื่องวัดสี (Colorimeter) รุ่น Color Quest XE ยี่ห้อ Hunter lab ประเทศ
สหรัฐอเมริกา
 - 3.2.2.3 เครื่องวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัส (Texture Analyzer) รุ่น TA.XT Plus
ยี่ห้อ Stable Micro System ประเทศอังกฤษ
 - 3.2.2.4 ตู้อบลมร้อนควบคุมอุณหภูมิ (Hot Air Oven) รุ่น XU490 ยี่ห้อ France
Etuves ประเทศฝรั่งเศส
 - 3.2.2.5 เครื่องชั่งตวงวัด 4 ตำแหน่ง (Analytical Balance) รุ่น AL204 ยี่ห้อ
Mettler Toledo ประเทศเยอรมนี
 - 3.2.2.6 เครื่องชั่งตวงวัด 2 ตำแหน่ง รุ่น KD-200 ยี่ห้อ Tanita ประเทศญี่ปุ่น
 - 3.2.2.7 ถ้วยหาความชื้น (Moisture Can)
- 3.2.3 วัสดุอุปกรณ์สำหรับการทดสอบทางประสาทสัมผัส
 - 3.2.3.1 ถ้วยชิมพลาสติก
 - 3.2.3.2 แก้วน้ำพลาสติก
 - 3.2.3.3 ไม้จิ้มฟัน
 - 3.2.3.4 แบบประเมินความพอดีของสูตรและแบบประเมินความชอบทางประสาทสัมผัส

3.3 วิธีการดำเนินงาน

3.3.1 การศึกษาสูตรพื้นฐานของไส้กรอกไก่อิมัลชัน

ทำการศึกษาสูตรและกระบวนการผลิตไส้กรอกไก่อิมัลชันจากสูตรอ้างอิง เพื่อใช้กำหนด
เป็นสูตรพื้นฐานที่เหมาะสมสำหรับตลอดการศึกษานี้ จากการประเมินทางประสาทสัมผัสด้วยการ

ทดสอบความพอดี (Just about right) ของสูตร โดยพิจารณาสูตรที่ได้รับผลการประเมินในคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสอยู่ในระดับพอดีทุกด้านผู้ทดสอบส่วนใหญ่ ซึ่งส่วนผสมของสูตรกระบวนการผลิต และการทดสอบเป็นดังนี้

3.3.1.1 สูตรอ้างอิง

สูตรอ้างอิงของไส้กรอกไก่อิมัลชัน (สูตรใช้ฟอสเฟต) ที่ใช้ในการศึกษาและกำหนดสูตรพื้นฐานที่เหมาะสมสำหรับงานวิจัยนี้ ประกอบด้วยส่วนผสมแสดงดังตารางที่ 3.1 (ดัดแปลงจากถาวร, 2561) ซึ่งเป็นสูตรที่ใช้วิธีการเติมไขมันในรูปของน้ำมันพรีอิมัลซิฟายด์และมีวิธีการเตรียมดังแสดงในขั้นตอนข้อ 3.3.1.2

ตารางที่ 3.1 ส่วนผสมของไส้กรอกไก่อิมัลชันที่เติมฟอสเฟต (สูตรอ้างอิง)

ส่วนผสม	ปริมาณ (ร้อยละ)
เนื้อไก่ส่วนอก	67.7
น้ำแข็ง	9.5
พรีอิมัลซิฟายด์	17
เกลือ	1.2
น้ำตาล	1
พริกไทยขาวป่น	1
ผงกระเทียม	1.1
ลูกจันทน์เทศป่น	0.5
ผงปาปริก้า	0.7
โซเดียมไตรโพลีฟอสเฟตผสมเตตระโซเดียมไพโรฟอสเฟต (1:1)	0.3
รวมทั้งหมด	100

ที่มา: ดัดแปลงจาก ถาวร (2561)

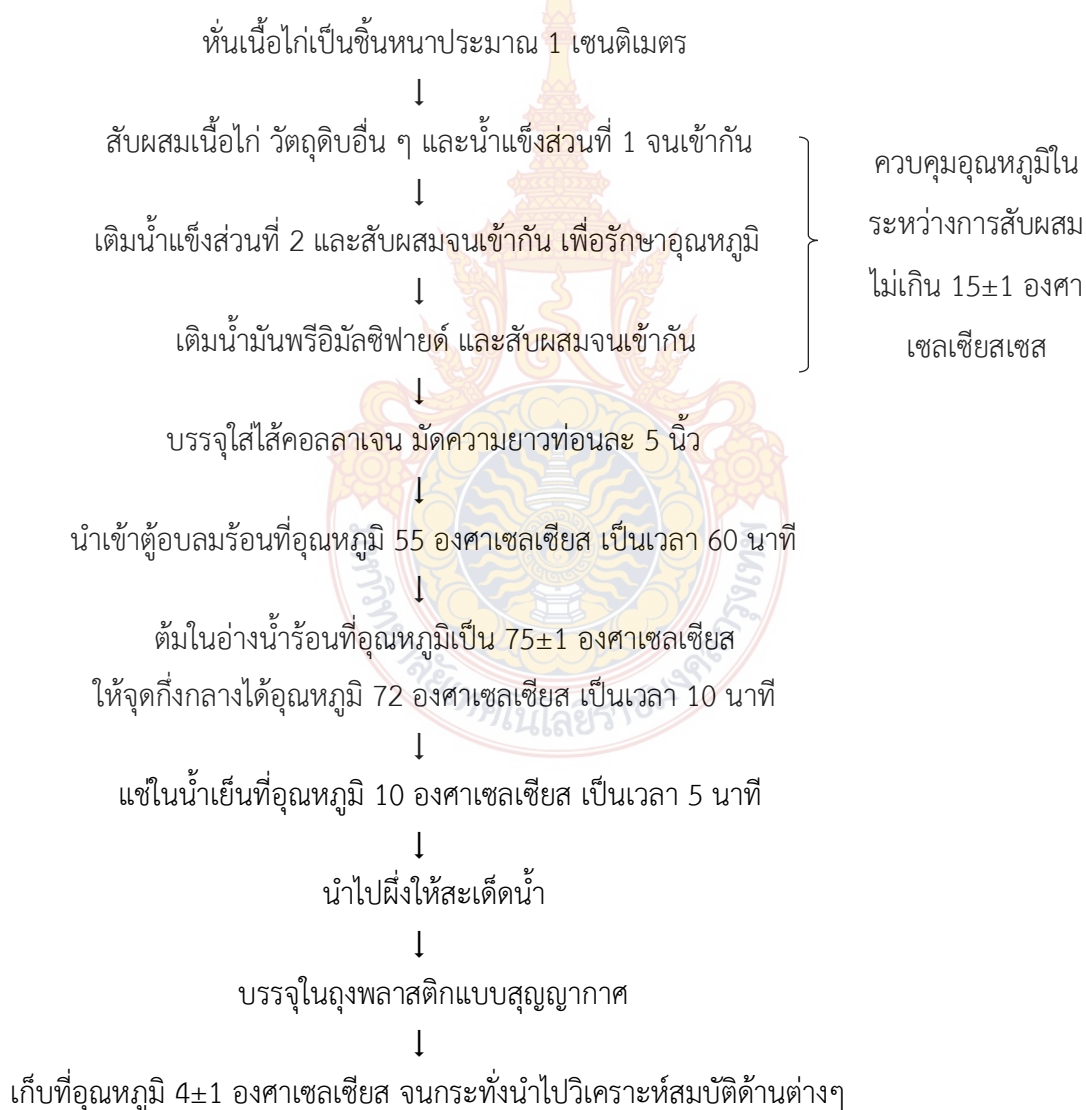
3.3.1.2 การเตรียมน้ำมันพรีอิมัลซิฟายด์

ทำการเตรียมน้ำมันพรีอิมัลซิฟายด์ ซึ่งประกอบด้วยโปรตีนถั่วเหลืองสกัด 88.90 กรัม น้ำมันถั่วเหลือง 400 กรัม และน้ำอุ่น 400 กรัม โดยเติมโปรตีนถั่วเหลืองและน้ำอุ่นที่มีอุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส คนให้เข้ากันเพื่อให้โปรตีนกระจายตัวและดูดซับน้ำไว้ ใส่ลงในเครื่องปั่นผสม แล้วเติมน้ำมันลงในส่วนผสมโดยค่อยๆ เติมทีละน้อยจนหมด พร้อมปั่นผสมตลอดเวลาด้วย

ความเร็วสูง นาน 5 นาที เพื่อให้ไขมันกระจายตัวและคงตัวในส่วนผสม จากนั้นเก็บน้ำมันพรีอิมัลซิฟายด์ที่อุณหภูมิไม่เกิน 4 องศาเซลเซียส ก่อนนำออกมาใช้งาน (ถาวร, 2561)

3.3.1.3 กรรมวิธีผลิตไส้กรอกไก่อิมัลชัน

หลังจากเตรียมส่วนผสมและน้ำมันพรีอิมัลซิฟายด์ในขั้นตอนข้อ 3.3.1.1 และ 3.3.1.2 ทำการสับผสมเนื้อไก่และส่วนผสมอื่นๆ ปั่นรวมกันเป็นเวลา 5 นาที จึงเติมน้ำมันพรีอิมัลซิฟายด์ลงในส่วนผสมและปั่นจนเป็นเนื้อเดียวกัน ตามขั้นตอนการผลิตไส้กรอกไก่อิมัลชัน (ภาพที่ 3.1)



ภาพที่ 3.1 ขั้นตอนการผลิตไส้กรอกไก่อิมัลชัน

ที่มา: ดัดแปลงจาก ถาวร (2561)

3.3.1.4 การทดสอบความพอดีของสูตรพื้นฐาน

ทำการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้วยการทดสอบความพอดี (Just about right) ของสูตรไส้กรอกไก่อิมัลชัน (สูตรใช้ฟอสเฟต) ใช้ผู้ทดสอบทั้งหมด 30 คน ประเมินในด้านสี กลิ่น รสเค็ม รสหวาน และความแน่นเนื้อ โดยเกณฑ์ที่ใช้พิจารณาเพื่อกำหนดเป็น สูตรพื้นฐานจะต้องได้รับคะแนนจากผู้ทดสอบส่วนใหญ่อยู่ในระดับพอดีทุกด้าน เพื่อนำสูตรพื้นฐานที่ได้ไปใช้ในการศึกษาผลของชนิดและปริมาณของสารไฮโดรคอลลอยด์ในการทดแทนฟอสเฟตในขั้นตอนต่อไป

3.3.2 ศึกษาผลของชนิดและปริมาณสารกลุ่มไฮโดรคอลลอยด์ที่มีประสิทธิภาพในการทดแทนการใช้สารฟอสเฟตในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกไก่อิมัลชัน

ทำการผลิตผลิตภัณฑ์ไส้กรอกไก่อิมัลชันโดยใช้สูตรพื้นฐานที่ได้รับจากข้อ 3.3.1 โดยทดแทนสารฟอสเฟต (ร้อยละ 0.3, PP0.3) ด้วยสารกลุ่มไฮโดรคอลลอยด์ 2 ชนิด ที่ระดับปริมาณทดแทน 3 ระดับ (ร้อยละ 0 50 และ 100) ได้แก่ ผงบุก (KJ): PP0.3, PP0.15+KJ0.15 และ KJ0.3 และคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสหรือซีเอ็มซี (CMC): PP0.3, PP0.15+CMC0.15 และ CMC0.3 แล้วทำการศึกษาคูณภาพทางกายภาพเคมีและทางประสาทสัมผัสของไส้กรอกไก่อิมัลชัน ดังนี้

3.3.2.1 การวิเคราะห์ความสามารถในการรักษาความคงตัวของอิมัลชันไส้กรอก (Emulsion stability)

วิเคราะห์ตามวิธีดัดแปลงจาก Hung *et al.* (1997) โดยชั่งเบตเตอร์หรืออิมัลชันของไส้กรอกดิบ ปริมาณ 25 กรัม ใส่ในหลอดเหวี่ยงแยก และทำการเหวี่ยงแยกด้วยความเร็ว 5,900 RPM นาน 10 นาที จากนั้นนำตัวอย่างมาให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส โดยใช้อ่างควบคุมอุณหภูมิ นาน 30 นาที แล้วนำไปเหวี่ยงแยกด้วยความเร็ว 5,900 RPM นาน 10 นาที แยกของเหลวที่ได้จากการเหวี่ยงแยก ทำการทดสอบทั้งหมด 3 ครั้งคำนวณปริมาณของเหลวทั้งหมดที่แยกได้ ตามสูตรดังนี้

$$\text{ปริมาณของเหลวทั้งหมดที่แยกได้ (TEF)} = W_1 - W_2 \quad (1)$$

ร้อยละของปริมาณของเหลวทั้งหมดที่แยกได้ (%TEF)

$$= (\text{TEF}/W_1) \times 100 \quad (2)$$

โดยที่ W_1 = น้ำหนักหลอดเหวี่ยงแยกและตัวอย่างเริ่มต้น

W_2 = น้ำหนักหลอดเหวี่ยงแยกและตัวอย่างหลังจากแยกของเหลว

3.3.2.2 การสูญเสียน้ำหนักหลังทำให้สุก (Cooking loss)

วิเคราะห์ตามวิธีดัดแปลงจาก Crehan *et al.* (2000) โดยชั่งน้ำหนักเนื้อบดผสมที่บรรจุใส่ก่อนการทำสุกด้วยการอบที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส นาน 60 นาที และนำไปต้มในหม้อต้มน้ำที่ควบคุมอุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส นาน 10 นาที ทำให้เย็นอย่างรวดเร็วเป็นเวลา 10 นาที ทิ้งให้สะเด็ดน้ำ ชั่งน้ำหนักตัวอย่างภายหลังการทำสุก ทำการทดสอบทั้งหมด 3 ครั้ง คำนวณร้อยละการสูญเสียน้ำหนักภายหลังการทำสุก ดังนี้

$$\text{ร้อยละการสูญเสียน้ำหนักภายหลังทำให้สุก} = ((W_1 - W_2)/W_1) \times 100 \quad (3)$$

โดยที่ W_1 = น้ำหนักตัวอย่างก่อนการทำสุก

W_2 = น้ำหนักตัวอย่างหลังการทำสุก

3.3.2.3 การวิเคราะห์ปริมาณความชื้น (Moisture content) และปริมาณไขมัน (Crude fat content)

ทำการวิเคราะห์ปริมาณความชื้นของตัวอย่างไส้กรอกไก่อิมัลชันทั้งหมด 3 ซ้ำ ตามวิธีของ AOAC (2016) 952.08 ดังภาคผนวก ก และส่งตรวจวิเคราะห์ปริมาณไขมัน ตามวิธีของ AOAC (2016) 948.15, 945.16

3.3.2.4 การวิเคราะห์ลักษณะโครงสร้างเนื้อสัมผัส ด้วยวิธี Texture profile analysis (TPA)

ทำการเตรียมตัวอย่างโดยหั่นแท่งไส้กรอกสุกตามแนวขวาง หนา 2 เซนติเมตร นำไปทดสอบด้วยเครื่องวัดเนื้อสัมผัส (Texture analyzer) กำหนดหัววัดชนิดทรงกระบอก เส้นผ่านศูนย์กลาง 50 มิลลิเมตร (P50) ระยะการกดเท่ากับ 8 มิลลิเมตร และความเร็วการเคลื่อนที่ของหัววัดก่อนกด (Pre-test speed) 2 มิลลิเมตร/วินาที ความเร็วขณะกด (Test speed) 2 มิลลิเมตร/มิลลิเมตร และความเร็วหลังกด (Post-test speed) 4 มิลลิเมตร/วินาที (ดัดแปลงจาก Ordonez *et al.*, 2001) ทำการทดสอบจำนวน 5 ซีน ต่อ 1 ซ้ำ ทั้งหมด 3 ซ้ำ แล้วคำนวณค่าทดสอบจากกราฟแสดงผลการวิเคราะห์เนื้อสัมผัส (ภาพที่ 3.2) ได้แก่

1) ค่าความแข็ง (Hardness) คำนวณจากค่าแรงสูงสุด (กรัม) จากกราฟ TPA ที่เกิดขึ้นในการกดตัวอย่างครั้งที่ 1

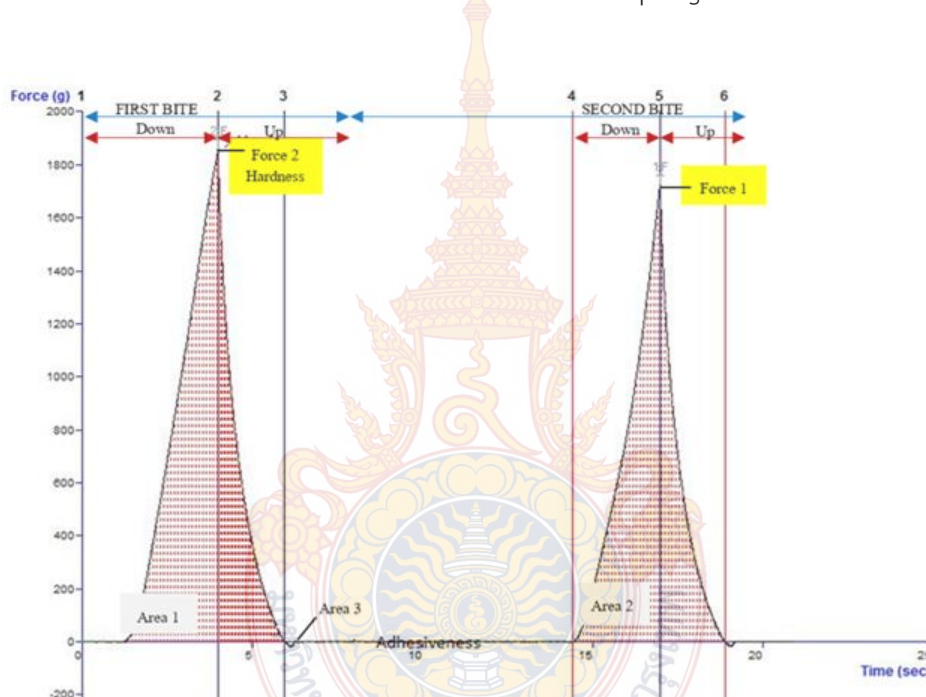
2) ค่าความยืดหยุ่น (Springiness) คำนวณจากระยะทางที่ได้จากการกดตัวอย่างครั้งที่ 2 จนถึงพิก (peak) ที่สอง โดยคิดให้อยู่ในรูปร้อยละ ดังสมการที่ (1)

$$\text{springiness} = \frac{\text{distance between anchor 4 and 5}}{\text{distance between anchor 1 and 2}} \quad (4)$$

3) ค่าการยึดเกาะ (Cohesiveness) คำนวณดังสมการที่ (2) และค่าแรงที่ใช้ในการเคี้ยว (Chewiness) คำนวณดังสมการที่ (3)

$$\text{cohesiveness} = \frac{\text{area 2}}{\text{area 1}} \quad (5)$$

$$\text{chewiness} = \text{cohesiveness} \times \text{springiness} \quad (6)$$



ภาพที่ 3.2 กราฟแสดงผลการวิเคราะห์เนื้อสัมผัส (Texture profile analysis)

3.3.2.5 การวิเคราะห์ค่าสี

ทำการวิเคราะห์โดยหั่นแบ่งไส้กรอกสุกตามแนวขวาง หนา 2 เซนติเมตร นำไปวัดค่าสีในระบบ CIE (L^* , a^* และ b^*) ด้วยเครื่องวัดค่าสี (Hunter lab) บันทึกค่าสีเป็นค่าเฉลี่ยจากการวัด 3 จุดบนหน้าตัดของตัวอย่าง ทำการทดสอบจำนวน 5 ซ้ำ ต่อ 1 ซ้ำ ทั้งหมด 3 ซ้ำ

3.3.2.6 การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

เตรียมตัวอย่างทดสอบโดยหั่นไส้กรอกสุกเป็นชิ้นขนาดความหนา 2 เซนติเมตร อุ่นก่อนบรรจุลงในถ้วยพลาสติกที่มีรหัสกำกับตัวอย่างโดยใช้เลขสุ่ม 3 หลัก จากนั้นเสิร์ฟตัวอย่างให้ผู้ทดสอบทำการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของไส้กรอกอิมัลชันที่ใช้สารเติมแต่งอาหารชนิดที่คัดเลือกได้จากกลุ่มไฮโดรคอลลอยด์ที่ศึกษาโดยใช้แบบทดสอบความชอบด้วยวิธี 9-point hedonic scale คะแนนตั้งแต่ 1-9 คะแนน (1 = ไม่ชอบมากที่สุด

ถึง 9 = ชอบมากที่สุด) ในคุณลักษณะต่าง ๆ คือลักษณะปรากฏ สี กลิ่น เครื่องเทศ กลิ่นรส รสชาติ ความแน่นเนื้อ ความฉ่ำ และความชอบโดยรวม โดยใช้ผู้ทดสอบชิมที่ไม่ผ่านการฝึกฝน จำนวนอย่างน้อย 26 คน

3.3.3 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ประเมินคุณภาพทางกายภาพเคมีโดยใช้การวางแผนการทดลองแบบ Complete Randomize Design (CRD) และคุณภาพทางประสาทสัมผัสใช้การวางแผนการทดลองแบบ Randomize Complete Block Design (RCBD) แล้ววิเคราะห์ผลทางสถิติโดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance, ANOVA) โดยเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95



บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

4.1 การกำหนดสูตรพื้นฐานของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกไก่อิมัลชัน

4.1.1 ผลการศึกษาสูตรไส้กรอกไก่อิมัลชัน

ในเบื้องต้นผู้วิจัยได้ทำการผลิตไส้กรอกไก่อิมัลชันจากสูตรอ้างอิงที่มีการเติมฟอสเฟตเพื่อใช้เป็นสูตรพื้นฐานที่เหมาะสมสำหรับนำไปศึกษาผลของสารทดแทนฟอสเฟต โดยมีส่วนผสมประกอบด้วย เนื้อไก่ส่วนอก น้ำมันพรีอิมัลซิฟายด์ น้ำแข็ง เกลือ น้ำตาล พริกไทยขาวป่น ผงกระเทียม ลูกจันทน์เทศป่น ผงปาปริก้า และสารประกอบฟอสเฟต เท่ากับร้อยละ 67.7, 17, 9.5, 1.2, 1, 1, 1.1, 0.5, 0.7 และ 0.3 ตามลำดับ แสดงดังตารางที่ 3.1 จากนั้นนำผลิตภัณฑ์ไส้กรอกไก่อิมัลชันมาทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส โดยพิจารณาความเหมาะสมของสูตรด้วยวิธีทดสอบความพอดี (Just about right) และทำการประเมินความเหมาะสมของคุณลักษณะด้านต่างๆ ได้แก่ คุณลักษณะด้านสี กลิ่นเครื่องเทศ ความเผ็ด รสเค็ม รสหวาน และความแน่นเนื้อ ซึ่งในที่นี้กำหนดให้สูตรสูตรพื้นฐานที่เหมาะสมจะต้องมีผลการประเมินคุณลักษณะทุกด้านอยู่ในระดับพอดี จากผู้ทดสอบจำนวนร้อยละ 50 ขึ้นไป ของผู้ทดสอบทั้งหมด

ผลการทดสอบความพอดีของสูตรไส้กรอกที่ผลิตขึ้นจากสูตรอ้างอิงดังแสดงในตารางที่ 3.1 พบว่า คุณลักษณะของไส้กรอกด้านสีผลิตภัณฑ์ ความเผ็ด รสเค็ม และความแน่นเนื้อ ทั้ง 4 ด้าน มีจำนวนผู้ทดสอบส่วนใหญ่ (ร้อยละ 50-80) ของผู้ทดสอบทั้งหมด 30 คน ที่ให้คะแนนอยู่ในระดับพอดี ขณะที่คุณลักษณะด้านกลิ่นเครื่องเทศอยู่ในระดับพอดีและเข้มข้นไปเล็กน้อย ในสัดส่วนเท่ากันคือร้อยละ 43.33 และด้านรสหวาน มีคะแนนอยู่ในระดับพอดีและอ่อนเกินไปเล็กน้อย ในสัดส่วนเท่ากันคือ ร้อยละ 43.33 จากผลการพิจารณาระดับคะแนนการทดสอบความพอดี แสดงให้เห็นว่าสูตรยังไม่อยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสม (ตารางที่ 4.1)

ตารางที่ 4.1 ผลทดสอบความพอดี (Just about right) ของสูตรใส่กรอกไก่อิมัลชัน (สูตรอ้างอิง)

คุณลักษณะ	อ่อน เกินไปมาก	อ่อนเกินไป เล็กน้อย	พอดี	เข้มเกินไป เล็กน้อย	เข้มเกินไป มาก	จำนวน ผู้ทดสอบ
สีผลิตภัณฑ์	0	4	24	2	0	30 คน
ร้อยละ	0	13.34	80	6.66	0	100
กลิ่นเครื่องเทศ	0	3	13	13	1	30 คน
ร้อยละ	0	10	43.33	43.33	3.34	100
ความเผ็ด	4	10	15	1	0	30 คน
ร้อยละ	13.33	33.33	50	3.34	0	100
รสเค็ม	2	5	17	6	0	30 คน
ร้อยละ	6.66	16.67	56.67	20	0	100
รสหวาน	4	13	13	0	0	30 คน
ร้อยละ	13.34	43.33	43.33	0	0	100
ความแน่นเนื้อ	0	0	19	11	0	30 คน
ร้อยละ	0	0	63.33	36.67	0	100

หมายเหตุ จำนวนผู้ทดสอบทั้งหมด 30 คน

จากผลการศึกษานี้ทางผู้วิจัยจึงพิจารณาปรับสูตรอ้างอิงโดยลดกลิ่นเครื่องเทศของผลิตภัณฑ์ในส่วนปริมาณจันทน์เทศปนจากร้อยละ 0.5 เป็นร้อยละ 0.4 (ลดลงอีกร้อยละ 0.1) และเพิ่มปริมาณน้ำตาลในสูตรเล็กน้อย (ร้อยละ 0.1) ดังตารางที่ 4.2

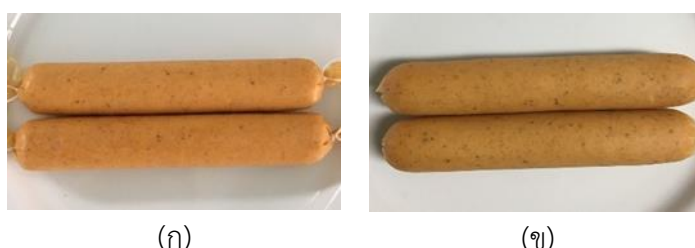
4.1.2 ผลการปรับปรุงสูตรอ้างอิงและกำหนดสูตรพื้นฐานที่เหมาะสม

ผู้วิจัยทำการปรับสูตรอ้างอิงด้วยการปรับลดกลิ่นเครื่องเทศลงเล็กน้อย โดยการลดปริมาณลูกจันทน์เทศปน จากร้อยละ 0.5 เป็นร้อยละ 0.4 และเพิ่มปริมาณน้ำตาลจากร้อยละ 1.0 เป็นร้อยละ 1.1 ของน้ำหนักส่วนผสมทั้งหมดดังตารางที่ 4.2 แล้วนำผลิตภัณฑ์ใส่กรอกสูตรปรับปรุงนี้ไปทดสอบความพอดีอีกครั้ง

ตารางที่ 4.2 ส่วนผสมของไส้กรอกไก่อิมัลชันที่เติมฟอสเฟต (สูตรพื้นฐาน)

ส่วนผสม	ปริมาณ (ร้อยละ)
เนื้อไก่ส่วนอก	66.8
น้ำแข็ง	9.5
น้ำมันพริอิมัลซิฟายด์	18
เกลือ	1.2
น้ำตาล	1.1
พริกไทยขาวป่น	1
ผงกระเทียม	1
ลูกจันทน์เทศป่น	0.4
ผงปาปริก้า	0.7
โซเดียมไตรโพลีฟอสเฟตผสมเตตระโซเดียมไพโรฟอสเฟต (1:1)	0.3
รวมทั้งหมด	100

ผลการทดสอบความพอดีของสูตรไส้กรอกที่ผ่านการปรับปรุง โดยใช้ผู้ทดสอบทั้งหมด 30 คน ประเมินคุณลักษณะด้านสี กลิ่นเครื่องเทศ ความเผ็ด รสเค็ม รสหวาน และความแน่นเนื้อ พบว่าความเหมาะสมของสูตรอยู่ในระดับความพอดีตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้แล้วทุกด้าน โดยมีจำนวนผู้ทดสอบ ร้อยละ 50 ของจำนวนผู้ทดสอบทั้งหมดที่เห็นว่าคุณลักษณะด้านความแน่นเนื้ออยู่ในระดับพอดี และมีจำนวนผู้ทดสอบถึงร้อยละ 83-100 ที่มีความเห็นว่าคุณลักษณะด้านอื่นๆ อยู่ในระดับพอดี เช่นเดียวกัน (ตารางที่ 4.3) ซึ่งลักษณะของตัวอย่างไส้กรอกไก่อิมัลชันที่ผลิตขึ้นโดยใช้สูตรพื้นฐานแสดงดังภาพที่ 4.1



(ก)

(ข)

ภาพที่ 4.1 ตัวอย่างไส้กรอกไก่อิมัลชันสูตรพื้นฐานที่เติมฟอสเฟตก่อน (ก) และหลัง (ข) การให้ความร้อนโดยวิธีการอบก่อนและนำไปต้ม

ตารางที่ 4.3 ผลทดสอบความพอดี (Just about right) ของสูตรไส้กรอกไก่อิมัลชัน (สูตรพื้นฐาน)

คุณลักษณะ	อ่อน เกินไปมาก	อ่อนเกินไป เล็กน้อย	พอดี	เข้มเกินไป เล็กน้อย	เข้มเกินไป มาก	จำนวน ผู้ทดสอบ
สีผลิตภัณฑ์	0	0	26	4	0	30 คน
ร้อยละ	0	0	86.67	13.33	0	100
กลิ่นเครื่องเทศ	0	0	26	4	0	30 คน
ร้อยละ	0	0	86.67	13.33	0	100
ความเผ็ด	0	0	25	5	0	30 คน
ร้อยละ	0	0	83.33	16.67	0	100
รสเค็ม	0	0	26	4	0	30 คน
ร้อยละ	0	0	86.76	13.33	0	100
รสหวาน	0	0	30	0	0	30 คน
ร้อยละ	0	0	100	0	0	100
ความแน่นเนื้อ	1	14	15	0	0	30 คน
ร้อยละ	3.33	46.67	50	0	0	100

หมายเหตุ จำนวนผู้ทดสอบทั้งหมด 30 คน

จากผลการศึกษาและปรับปรุงความเหมาะสมของสูตรในขั้นตอนนี้ ทำให้คณะผู้จัดทำสามารถกำหนดสูตรผลิตภัณฑ์ไส้กรอกไก่อิมัลชันที่เป็นสูตรพื้นฐานที่เหมาะสมได้ ประกอบด้วยส่วนผสมดังนี้ เนื้อไก่ส่วนอก น้ำมันพริกอิมัลชัน น้ำแข็ง เกลือ น้ำตาล ผงเครื่องเทศต่างๆ และสารฟอสเฟต ร้อยละ 66.8, 18, 9.5, 1.2, 1.1, 3.1 และ 0.3 ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 4.2 และผู้วิจัยได้เลือกใช้สูตรนี้สำหรับการศึกษาผลของชนิดและปริมาณสารกลุ่มไฮโดรคอลลอยด์ที่ผลต่อคุณภาพด้านต่างๆ ของไส้กรอกไก่อิมัลชัน ในลำดับถัดไป

4.2 ผลของชนิดและปริมาณสารกลุ่มไฮโดรคอลลอยด์ในการทดแทนการใช้สารฟอสเฟตต่อ

คุณภาพทางกายภาพเคมีและทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกไก่อิมัลชัน

หลังจากได้สูตรพื้นฐานที่เหมาะสมจึงทำการศึกษาผลของชนิดและปริมาณสารกลุ่มไฮโดรคอลลอยด์ที่มีประสิทธิภาพในการทดแทนการใช้สารฟอสเฟตในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกไก่อิมัลชัน โดยทำการผลิตไส้กรอกไก่อิมัลชันตามสูตรพื้นฐาน (ตารางที่ 4.2) แต่ทดแทนการใช้สารฟอสเฟตบางส่วน

ด้วยสารกลุ่มไฮโดรคอลลอยด์ ซึ่งสูตรทั้งหมดที่ใช้ในการศึกษานี้ ได้แก่ สูตรฟอสเฟตร้อยละ 0.15 และ ซีเอ็มซีร้อยละ 0.15 (PP0.15+CMC0.15) สูตรซีเอ็มซีร้อยละ 0.3 (CMC0.3) สูตรฟอสเฟตร้อยละ 0.15 และบุกร้อยละ 0.15 (PP0.15+KJ0.15) และสูตรบุกร้อยละ 0.3 (KJ0.3) เปรียบเทียบกับ สูตรควบคุมที่ไม่เติมฟอสเฟต (CT) และสูตรฟอสเฟตร้อยละ 0.3 (PP0.3) แสดงดังตารางที่ 4.4 แล้วนำตัวอย่างไปทดสอบคุณภาพทางกายภาพและเคมี และประเมินความชอบของผู้บริโภคต่อ ผลิตภัณฑ์

ตารางที่ 4.4 ส่วนผสมของไส้กรอกไก่อิมัลชันสูตรไม่เติมฟอสเฟต สูตรเติมฟอสเฟต (สูตรพื้นฐาน) และสูตรที่เติมสารกลุ่มไฮโดรคอลลอยด์ทดแทนสารประกอบฟอสเฟต

ส่วนผสม (ร้อยละ)	สูตร**					
	CT	PP0.3	PP0.15+ CMC0.15	CMC0.3	PP0.15+ KJ0.15	KJ0.3
เนื้อไก่ส่วนนอก	66.8	66.8	66.8	66.8	66.8	66.8
น้ำแข็ง	9.5	9.5	9.5	9.5	9.5	9.5
น้ำมันพรีอิมัลซิฟายด์	18	18	18	18	18	18
เกลือ	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
น้ำตาล	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
พริกไทยขาวป่น	1	1	1	1	1	1
ผงกระเทียม	1	1	1	1	1	1
ลูกจันทน์เทศป่น	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
ผงปาปริก้า	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7
MixPP*	–	0.3	0.15	–	0.15	–
CMC	–	–	0.15	0.3	–	–
KJ	–	–	–	–	0.15	0.3

หมายเหตุ *MixPP หมายถึงโซเดียมไตรโพลีฟอสเฟตผสมเตตระโซเดียมไพโรฟอสเฟต (1:1)

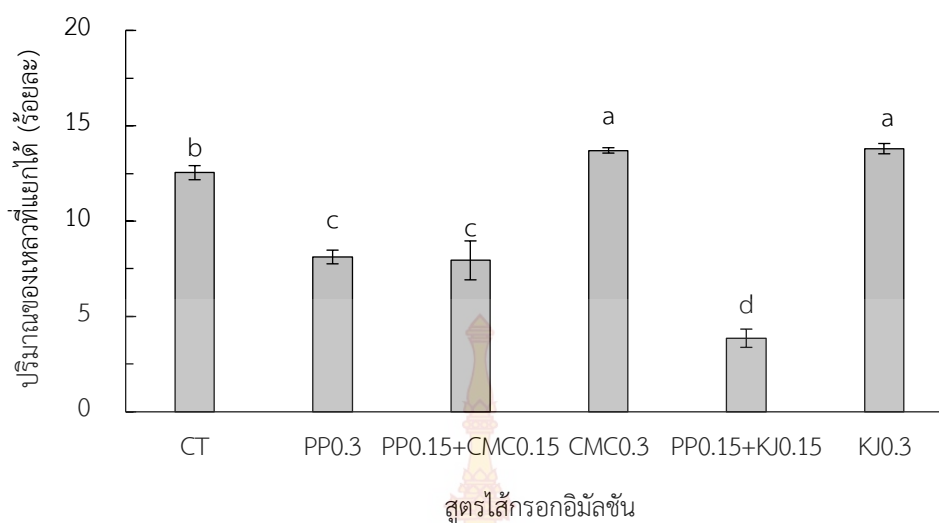
**CT หมายถึงสูตรไม่เติมสารฟอสเฟต, PP0.3 หมายถึงสูตรเติมฟอสเฟตร้อยละ 0.3, PP0.15+CMC0.15 หมายถึงสูตรเติมฟอสเฟตร้อยละ 0.15 และซีเอ็มซีร้อยละ 0.15, CMC0.3 หมายถึงสูตรเติมซีเอ็มซีร้อยละ 0.3, PP0.15+KJ0.15 หมายถึงสูตรเติมฟอสเฟตร้อยละ 0.15 และบุกร้อยละ 0.15, KJ หมายถึงสูตรเติมบุกร้อยละ 0.3

4.2.1 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพเคมี

หลังจากผลิตไส้กรอกไก่อิมัลชันทั้ง 6 สูตรตามตารางที่ 4.6 ได้แก่ สูตรไม่เติมฟอสเฟต สูตรเติมฟอสเฟต และสูตรเติมสารกลุ่มไฮโดรคอลลอยด์ทดแทนฟอสเฟตอีกทั้งหมด 4 สูตร จากนั้นทำการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพเคมี ได้แก่ การวิเคราะห์ความคงตัวของอิมัลชัน การสูญเสีย น้ำหนักหลังทำให้สุก ปริมาณความชื้น ปริมาณไขมันทั้งหมด ลักษณะโครงสร้างเนื้อสัมผัส และค่าสีในระบบ CIE (L^* a^* และ b^*)

4.2.1.1 ความสามารถในการรักษาความคงตัวของอิมัลชันไส้กรอก

ผลการวิเคราะห์ความคงตัวของอิมัลชันของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกไก่อิมัลชัน โดยการคำนวณหาร้อยละปริมาณของเหลวทั้งหมดที่แยกได้ (%TEF) จากส่วนผสมที่เป็นอิมัลชันของไส้กรอกดิบ หรือแบตเตอรี่ (Batter) พบว่าอิมัลชันไส้กรอกสูตรฟอสเฟต (PP0.3) มี %TEF น้อยกว่า สูตรไม่เติมฟอสเฟต (CT) อย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) แสดงให้เห็นว่าฟอสเฟตสามารถช่วยลดการสูญเสียของของเหลวในผลิตภัณฑ์หลังให้ความร้อนได้ เนื่องจากสารฟอสเฟตจะช่วยเพิ่มความสามารถในการอุ้มน้ำเพิ่มขึ้น โดยทำให้สัคตโปรตีนไมโอไฟบริลออกมาได้มาก ซึ่งไมโอซินจับตัวกันเรียกว่า แอ็กโตไมโอซิน ฟอสเฟตที่ใส่ลงไปจะทำให้โปรตีนแอ็กโตไมโอซินสามารถแยกตัวออกจากกันเป็นแอ็กติน และไมโอซิน เนื่องจากเกิดแรงผลักกันภายในโมเลกุลของโปรตีนเกิดเป็นช่องว่างทำให้ตริงน้ำอิสระได้มากขึ้นและจะเข้าไปจับหุ้มไขมัน แล้วเกิดการจับตัวกันเป็นโครงสร้างร่างแหทำให้เกิดเป็นระบบอิมัลชันที่มีความคงตัว (Hamm, 1971; Theno *et al.*, 1978) น้ำและไขมันจึงไม่เกิดการไหลออกมาจากโครงสร้างเมื่อมีการให้ความร้อน ขณะเดียวกันสูตรที่ทดแทนฟอสเฟตบางส่วนด้วยซีเอ็มซี (CMC) หรือบุก (KJ) ได้แก่ สูตร PP0.15+CMC0.15 และสูตร PP0.15+KJ0.15 โดยมี %TEF เท่ากับร้อยละ 7.93 และ 3.85 ตามลำดับ ผลการวิเคราะห์ %TEF นี้เป็นทำนองเดียวกับสูตร PP (ร้อยละ 8.12) แสดงให้เห็นถึงความสามารถของสารทั้ง 2 ชนิด ในการรักษาความคงตัวของอิมัลชันได้ดี เมื่อใช้ในปริมาณการทดแทน ร้อยละ 50 ของปริมาณฟอสเฟต (ภาพที่ 4.2)



ภาพที่ 4.2 ร้อยละปริมาณของเหลวทั้งหมดที่แยกได้ (%TEF) จากอิมัลชันของไส้กรอกดิบสูตรต่างๆ

หมายเหตุ CT หมายถึงสูตรไม่เติมสารฟอสเฟต, PP0.3 หมายถึงสูตรเติมฟอสเฟต,

PP0.15+CMC0.15 หมายถึงสูตรเติมฟอสเฟตร้อยละ 0.15 และซีเอ็มซีร้อยละ 0.15,

CMC0.3 หมายถึงสูตรเติมซีเอ็มซีร้อยละ 0.3, PP0.15+KJ0.15 หมายถึงสูตรเติมฟอสเฟต ร้อยละ 0.15 และบุกร้อยละ 0.15, KJ หมายถึงสูตรเติมบุกร้อยละ 0.3

ตัวอักษรภาษาอังกฤษ (a, b, c, d) ที่แตกต่างกัน หมายถึงค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกัน

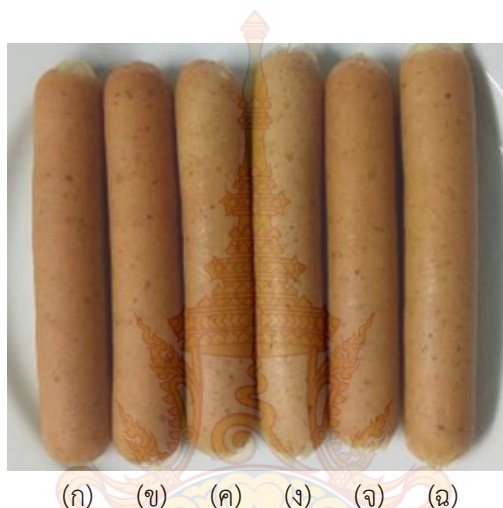
อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

จากผลการวิเคราะห์ไส้กรอกไก่อิมัลชันที่ได้มีความคงตัวอิมัลชันสูงขึ้น สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Theno *et al.* (1978) รายงานว่าโปรตีนสามารถหุ้มเม็ดไขมันไว้ไม่ให้ เกิดการรวมตัวกันรวมทั้งน้ำที่แทรกตัวอยู่ในโครงสร้างไม่มารวมตัวกัน จึงทำให้เกิดเป็นระบบ อิมัลชันที่มีความคงตัวสูง และความสามารถในการอุ้มน้ำมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มปริมาณเจลบุก เนื่องจากคุณลักษณะทางกายภาพของเจลบุกที่ช่วยในการกักเก็บน้ำ Verbeken *et.al.* (2005) และ นิธิยา (2549) รายงานว่าความแข็งแรงของเจลที่เพิ่มขึ้นของไส้กรอกปลา บุกทำให้ความสามารถในการ กักเก็บน้ำของเจลโปรตีนดีขึ้น ส่งผลให้ความสามารถในการอุ้มน้ำสูงขึ้นด้วย ซึ่งสอดคล้องกับร้อยละ ปริมาณของเหลวทั้งหมดที่แยกได้ (Percent total expressible fluid: %TEF) และร้อยละปริมาณ ไขมันในของเหลวที่แยกได้ (Percent fat expressed: %Fat) นั้นมีค่าลดลงเมื่อมีปริมาณบุกเพิ่มขึ้น ทำนองเดียวกันซีเอ็มซีเป็นไฮโดรคอลลอยด์ที่มีความสามารถหรือสมบัติการดูดซับน้ำ (Water holding capacity; WHC) ดังนั้นการเติมซีเอ็มซีจะไปเพิ่มการจับน้ำและกักเก็บน้ำไว้ในโครงสร้าง

ทำให้ผลิตภัณฑ์มีความยืดหยุ่น (Rattanapanon, 2004; Su *et al.*, 2010; Jarnsuwan and Thongngam, 2011)

4.2.1.2 ร้อยละการสูญเสียน้ำหนักหลังทำให้สุก (Cooking loss)

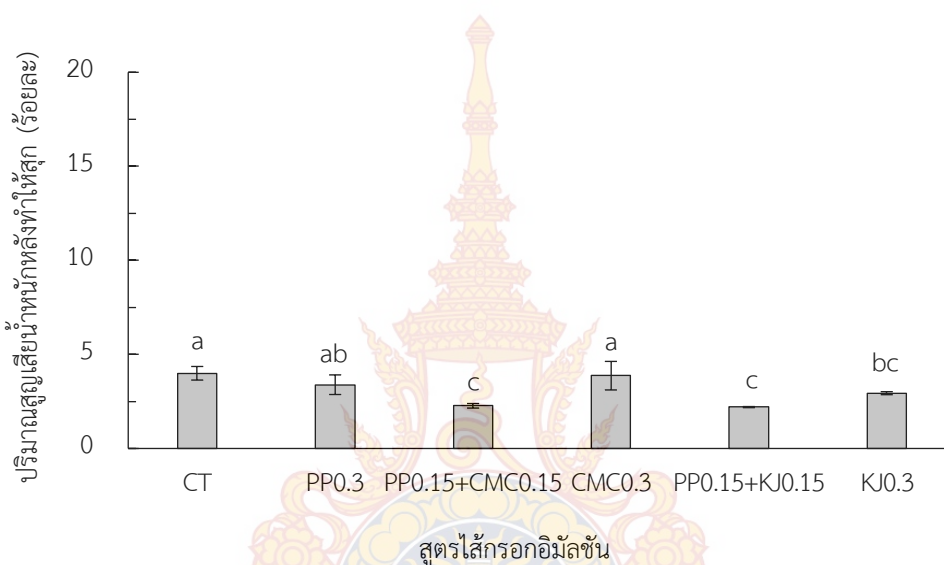
ในส่วนของการทดสอบตั้งแต่ขั้นตอนนี้เป็นต้นไปจะทำการวิเคราะห์โดยใช้ตัวอย่างไส้กรอกสุกทั้งหมด แสดงดังภาพที่ 4.3



ภาพที่ 4.3 ไส้กรอกไก่อิมัลชันหลังทำให้สุก สูตรควบคุมที่ไม่เติมฟอสเฟต (ก) สูตรเติมฟอสเฟต ร้อยละ 0.3 (ข) สูตรเติมฟอสเฟตร้อยละ 0.15 และซีเอ็มซีร้อยละ 0.15 (ค) สูตรเติม ซีเอ็มซีร้อยละ 0.3 (ง) สูตรเติมฟอสเฟตร้อยละ 0.15 และบุกร้อยละ 0.15 (จ) และสูตร เติมนุกร้อยละ 0.3 (ฉ)

ผลการวิเคราะห์การสูญเสียน้ำหนักหลังการให้ความร้อน (Cooking loss) ของไส้กรอกอิมัลชันทั้ง 6 สูตร แสดงดังภาพที่ 4.4 ซึ่งได้จากการคำนวณหาร้อยละของการสูญเสีย น้ำหนักหลังทำให้สุก (%CL) ของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกไก่อิมัลชัน (ตารางผนวก ข1) พบว่าไส้กรอกไก่ อิมัลชันสูตรไม่เติมฟอสเฟตมีค่า %CL เท่ากับ ร้อยละ 4.00 และสูตร PP ร้อยละ 0.3 มีค่า %CL เท่ากับร้อยละ 3.39 ไม่แตกต่างจากสูตร CMC ร้อยละ 0.3 ($p \geq 0.05$) ขณะที่สูตรที่มีการทดแทน ฟอสเฟต ได้แก่ สูตร PP0.15+CMC0.15 และสูตร PP0.15+KJ0.15 มีค่า CL ต่ำ เมื่อเทียบกับสูตร ควบคุมและสูตรที่เติมฟอสเฟตในปริมาณปกติ ($p < 0.05$) โดยมีค่า %CL เท่ากับร้อยละ 2.27 และ 2.20 ตามลำดับ (ภาพที่ 4.4) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Jimenez-Colmenero (2007) และ Gao *et al.* (2013) ที่รายงานว่าค่าการสูญเสียระหว่างทำให้สุกที่ลดลง ส่วนหนึ่งนี้อาจเป็นผลมาจาก โปรตีนถั่วเหลืองสกัดที่ใช้เตรียมน้ำมันพรีอิมัลซิฟายด์ช่วยทำให้โมเลกุลของน้ำและอนุภาคไขมันหรือ

น้ำมันในระบบอิมัลชันของเนื้อสัตว์ยึดเกาะกันได้ดีขึ้นจึงทำให้การสูญเสียในระหว่างการทำให้อสุกของผลิตภัณฑ์ลดลง ส่วนผลของไฮโดรคอลลอยด์เป็นทำนองเดียวกับ อติศักดิ์ (2542) ที่ได้ศึกษาแป้งบุกที่เป็นสารโพรคอลลอยด์ที่มีสมบัติในการเพิ่มความหนืดและการเกิดเจล โดยการสับส่วนผสมทั้งหมดและไถยอลดไขมันด้วยแป้งบุก มีผลทำให้ความหนืดของส่วนผสมมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น แต่ไม่มีผลต่อร้อยละการสูญเสียน้ำหนักหลังการทำสุก



ภาพที่ 4.4 ร้อยละของการสูญเสียน้ำหนักหลังทำให้สุก (%CL) ของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอิมัลชันสูตรต่างๆ

หมายเหตุ CT หมายถึงสูตรไม่เติมสารฟอสเฟต, PP0.3 หมายถึงสูตรเติมฟอสเฟตร้อยละ 0.3, PP0.15+CMC0.15 หมายถึงสูตรเติมฟอสเฟตร้อยละ 0.15 และซีเอ็มซีร้อยละ 0.15, CMC0.3 หมายถึงสูตรเติมซีเอ็มซีร้อยละ 0.3, PP0.15+KJ0.15 หมายถึงสูตรเติมฟอสเฟตร้อยละ 0.15 และบุกร้อยละ 0.15, KJ หมายถึงสูตรเติมบุกร้อยละ 0.3 ตัวอักษรภาษาอังกฤษ (a, b, c) ที่แตกต่างกัน หมายถึงค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

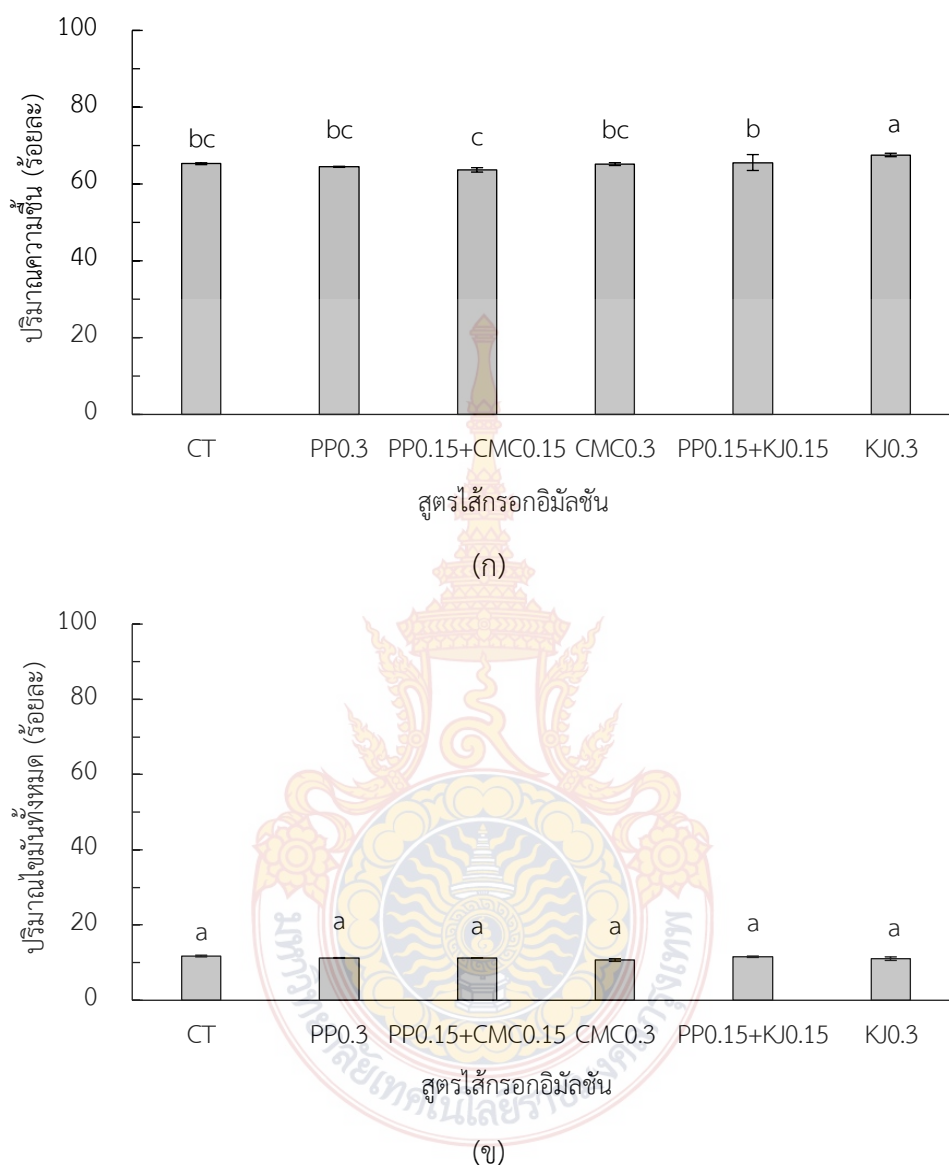
4.2.1.3 การวิเคราะห์ปริมาณความชื้นและปริมาณไขมันทั้งหมด

ผลการวิเคราะห์ปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกไก่อิมัลชันทั้ง 6 สูตร (ตารางผนวก ข1) โดยใช้ตัวอย่างไส้กรอกไก่อิมัลชันที่ทำให้สุกแล้วนำมาหาความชื้นและไขมันในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกไก่อิมัลชัน ผลแสดงดังภาพที่ 4.5 พบว่าผลิตภัณฑ์ไส้กรอกไก่อิมัลชันสูตร KJ0.3 มีค่าความชื้นมากที่สุด ($p < 0.05$) โดยมีค่าความชื้น ร้อยละ 67.60 ขณะที่สูตรอื่นๆ เมื่อ

เปรียบเทียบปริมาณความชื้นกับสูตรเติมฟอสเฟต (PP0.3) พบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \geq 0.05$) โดยมีค่าความชื้นอยู่ระหว่างร้อยละ 63.69–65.60 (ภาพที่ 4 (ก)) ส่วนปริมาณไขมันในผลิตภัณฑ์ไส้กรอก พบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \geq 0.05$) โดยมีค่าอยู่ในระดับต่ำระหว่างร้อยละ 10.70–11.76 (ภาพที่ 4.5 (ข)) ทั้งนี้สูตรอ้างอิงที่นำมาใช้ในงานวิจัยนี้เป็นสูตรลดไขมันเพื่อสนับสนุนแนวคิดทางด้านสุขภาพของผู้บริโภคและความปลอดภัยของอาหาร

จากผลการวิเคราะห์แสดงให้เห็นว่าเมื่อเพิ่มปริมาณสารกลุ่มไฮโดรคอลลอยด์ทั้ง 2 ชนิด มีแนวโน้มว่าความชื้นในผลิตภัณฑ์จะสูงขึ้นโดยเฉพาะผลการใช้บุกกลูโคแมน เนื่องจากเมื่อนำมาละลายในน้ำอุณหภูมิของกลูโคแมนจะดูดซับน้ำเอาไว้แล้วเกิดการพองตัว โดยสามารถดูดซับน้ำได้ถึง 100–200 เท่า ถ้ากลูโคแมนมีความบริสุทธิ์สูงจะละลายและเกิดการพองตัวได้มาก ซึ่งได้สารละลายมีความเข้มข้นหนืดมีลักษณะแบบซูโดพลาสติก (Pseudoplastic) และการดูดซับน้ำเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูงและเวลานานขึ้น (จิราภรณ์, 2543)

ผลการศึกษานี้สอดคล้องกับปริมาณความชื้นในไส้กรอกหมักแห้ง ในงานวิจัยของ Ruiz-Capillas *et al.* (2012) ซึ่งรายงานว่า การเพิ่มปริมาณเจลบุกทดแทนไขมันแข็งของหมูในไส้กรอกหมักแห้งส่งผลให้ปริมาณไขมันลดลงแต่ปริมาณความชื้น โปรตีนและเถ้าเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามผู้วิจัยจำเป็นต้องพิจารณาถึงน้ำหนักที่มีการสูญเสียไปในระหว่างกระบวนการให้ความร้อนซึ่งเกิดขึ้นในปริมาณมากสำหรับผลิตภัณฑ์ไส้กรอกสูตรที่เพิ่มปริมาณไฮโดรคอลลอยด์ (ภาพที่ 4.4) รวมทั้งการคำนึงถึงลักษณะโครงสร้างเนื้อสัมผัสและค่าสีของผลิตภัณฑ์ที่ได้ด้วย ซึ่งได้ทำการศึกษาในขั้นตอนต่อไป



ภาพที่ 4.5 ปริมาณความชื้น (ก) และปริมาณไขมันทั้งหมด (ข) ของผลิตภัณฑ์ใส่กรอกไก่อิมัลชันสูตรต่าง ๆ

หมายเหตุ CT หมายถึงสูตรไม่เติมสารฟอสเฟต, PP0.3 หมายถึงสูตรเติมฟอสเฟตร้อยละ 0.3, PP0.15+CMC0.15 หมายถึงสูตรเติมฟอสเฟตร้อยละ 0.15 และซีเอ็มซีร้อยละ 0.15, CMC0.3 หมายถึงสูตรเติมซีเอ็มซีร้อยละ 0.3, PP0.15+KJ0.15 หมายถึงสูตรเติมฟอสเฟตร้อยละ 0.15 และบุกร้อยละ 0.15, KJ หมายถึงสูตรเติมบุกร้อยละ 0.3 ตัวอักษรภาษาอังกฤษ (a, b, c) ที่แตกต่างกัน หมายถึงค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

4.2.1.4 การวิเคราะห์ลักษณะโครงสร้างเนื้อสัมผัส

ผลการศึกษาลักษณะเนื้อสัมผัสโดยวิธี Texture profile analysis (TPA) ของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกไก่อิมัลชัน แสดงในตารางที่ 4.5 พบว่าไส้กรอกไก่อิมัลชันสูตรไม่เติมฟอสเฟต (CT) มีค่าความแข็ง (Hardness) สูงสุด รองลงมาคือสูตรเติมฟอสเฟต (PP0.3) เท่ากับ 3492.48 กรัม โดยสูตรอื่น ๆ มีค่าความแข็งไม่ต่างจากสูตรฟอสเฟต ($p \geq 0.05$) ยกเว้นสูตร KJ0.3 ที่มีความแข็งต่ำกว่าสูตรฟอสเฟต ($p < 0.05$) ส่วนค่าการยึดเกาะ (Cohesiveness) ของไส้กรอกไก่อิมัลชัน พบว่าไส้กรอกสูตรที่ใช้ CMC ทดแทนฟอสเฟต ทั้ง 2 ระดับ มีค่าการยึดเกาะไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \geq 0.05$) แต่สูตรที่ใช้ KJ ทดแทนฟอสเฟต ทั้ง 2 ระดับ พบว่ามีค่าการยึดเกาะของผลิตภัณฑ์ต่ำกว่าอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) เมื่อเทียบกับสูตรเติมฟอสเฟตปริมาณปกติ (PP0.3) ขณะที่ค่าความเหนียว (Chewiness) หรือความคงทนต่อการบดเคี้ยวของไส้กรอกสูตรที่ใช้สารทดแทนฟอสเฟตทั้ง 4 สูตร มีค่าต่ำกว่าสูตรฟอสเฟตอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) แต่เมื่อพิจารณาค่าความยืดหยุ่น (Springiness) พบว่าทุกสูตรไม่มีความแตกต่างกัน ($p \geq 0.05$)

ตารางที่ 4.5 ค่าลักษณะเนื้อสัมผัส (TPA) ของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกไก่อิมัลชัน

สูตร	อัตราส่วน ทดแทน ฟอสเฟต	Hardness (g)	Springiness ^{ns}	Cohesiveness (g.s)	Chewiness (g)
CT	0:0	3902.71±169.54 ^a	0.91±0.05	0.76±0.07 ^a	2768.74±255.08 ^a
PP0.3	100:0	3492.48±375.43 ^{ab}	0.89±0.07	0.74±0.07 ^{ab}	2314.80±575.44 ^a
PP0.15+CMC0.15	50:50	3013.72±222.97 ^{bc}	0.87±0.05	0.66±0.05 ^{bc}	1733.20±113.94 ^b
CMC0.3	0:100	3080.95±187.76 ^{bc}	0.85±0.02	0.60±0.04 ^c	1593.21±150.41 ^b
PP0.15+KJ0.15	50:50	3062.42±411.50 ^{bc}	0.88±0.03	0.61±0.03 ^c	1644.63±259.05 ^b
KJ0.3	0:100	2753.51±280.40 ^c	0.85±0.05	0.65±0.05 ^{bc}	1513.17±166.25 ^b

หมายเหตุ CT หมายถึงสูตรไม่เติมสารฟอสเฟต, PP0.3 หมายถึงสูตรเติมฟอสเฟตร้อยละ 0.3, PP0.15+CMC0.15 หมายถึงสูตรเติมฟอสเฟตร้อยละ 0.15 และซีเอ็มซีร้อยละ 0.15, CMC0.3 หมายถึงสูตรเติมซีเอ็มซีร้อยละ 0.3, PP0.15+KJ0.15 หมายถึงสูตรเติมฟอสเฟตร้อยละ 0.15 และบุกร้อยละ 0.15, KJ หมายถึงสูตรเติมบุกร้อยละ 0.3 ตัวอักษรภาษาอังกฤษ (a, b, c) ที่แตกต่างกันในแนวนอน หมายถึงค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ns หมายถึง ค่าเฉลี่ยที่แสดงในแนวนอน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$)

จากผลการทดสอบลักษณะเนื้อสัมผัสของไส้กรอกไก่อิมัลชันเหล่านี้แสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพของสารไฮโดรคอลลอยด์ทั้ง 2 ชนิด ในการปรับปรุงเนื้อสัมผัสโดยเฉพาะในด้านความแข็งและความยืดหยุ่นของไส้กรอก โดยมีแนวโน้มว่าการใช้ไฮโดรคอลลอยด์ทดแทนส่วนของสารพอสเฟตผสมในปริมาณร้อยละ 50 จะส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ไส้กรอกไก่อิมัลชันมีคุณภาพด้านเนื้อสัมผัสใกล้เคียงการใช้พอสเฟตมากกว่า

ผลการศึกษานี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ Gimeno *et al.* (2004) และ Suet *et al.* (2010) รายงานว่าการเติม CMC จะช่วยปรับปรุงด้านเนื้อสัมผัส ด้านความแข็งแรงของผลิตภัณฑ์ได้ เนื่องจากสารให้ความคงตัวมีสมบัติในเรื่องเนื้อสัมผัสและการอุ้มน้ำที่สามารถกักเก็บน้ำไว้ในโครงสร้าง และทำนองเดียวกับการเติมแป้งบุก โดยแป้งบุกสามารถช่วยเพิ่มเส้นใยในอาหารให้มากขึ้นได้ แต่ยังคงคุณภาพด้านประสาทสัมผัสไม่ให้เกิดเปลี่ยนแปลงไป (อดิศักดิ์, 2538)

4.2.1.5 การวิเคราะห์ค่าสีในระบบ CIE (L^* , a^* และ b^*)

ผลการศึกษาค่าสีในระบบ CIE ซึ่งได้แก่ ค่าความสว่าง (L^*) ค่าสีแดง (a^*) และค่าสีเหลือง (b^*) ของไส้กรอกไก่อิมัลชัน พบว่าผลิตภัณฑ์ไส้กรอกไก่อิมัลชันทุกสูตรมีสีออกน้ำตาลอมส้มและในบรรดาสูตรที่มีการใช้สารไฮโดรคอลลอยด์ทดแทนพอสเฟต สูตร KJ0.3 มีค่าความสว่าง (L^*) ต่ำที่สุดเท่ากับ 65.50 รองลงมาคือสูตร CMC0.3 และสูตร PP0.15+KJ0.15 ($p < 0.05$) ขณะที่ไส้กรอกไก่อิมัลชันสูตรพอสเฟตและสูตรอื่นๆ มีค่าความสว่างอยู่ในช่วง 70.63–71.39 ส่วนผลการวิเคราะห์ค่าสีแดง (a^*) ของไส้กรอกไก่อิมัลชัน พบว่าทุกสูตรมีค่าสีแดงอยู่ระหว่าง 12.74–15.27 และพบว่าสูตร PP0.15+CMC0.15 มีค่าสีแดง ($a^* = 12.80$) ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับค่าสีแดงของสูตร PP0.3 ($a^* = 12.74$) และมีแนวโน้มว่าเมื่อเพิ่มปริมาณสารไฮโดรคอลลอยด์ ค่าสีแดง (a^*) จะมีทิศทางเพิ่มขึ้น ส่วนผลการวิเคราะห์ค่าสีเหลือง (b^*) พบว่าทุกสูตรมีค่าอยู่ในช่วง 28.55–32.66 และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น หากเพิ่มปริมาณของสารไฮโดรคอลลอยด์เช่นเดียวกับผลของค่าสีแดง ค่าสีเหลืองสูงที่สุด ($p > 0.05$) แสดงดังตารางที่ 4.6 ซึ่งผลการศึกษาสอดคล้องกับงานวิจัยของ Oabum and Keetoon (1994) ที่มีรายงานว่า การเติมเจลาตินมีแนวโน้มที่จะลดค่าความสว่างของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมู

ตารางที่ 4.6 ค่าสีในระบบ CIE (L^* , a^* และ b^*) ของไส้กรอกไก่อิมัลชัน

สูตร	อัตราส่วน ทดแทนฟอสเฟต	ค่าความสว่าง (L^*)	ค่าสีแดง (a^*)	ค่าสีเหลือง (b^*)
CT	0:0	70.63±0.71 ^{ab}	13.22±0.24 ^{bc}	29.24±0.79 ^{cd}
PP0.3	100:0	70.86±0.07 ^a	12.74±0.11 ^c	27.78±0.50 ^e
PP0.15+CMC0.15	50:50	71.39±0.56 ^a	12.80±0.49 ^c	28.55±0.55 ^e
CMC0.3	0:100	68.92±0.35 ^c	13.65±0.34 ^b	30.90±1.02 ^b
PP0.15+KJ0.15	50:50	69.76±0.36 ^c	13.56±0.17 ^b	29.96±0.75 ^{bc}
KJ0.3	0:100	65.50±0.74 ^d	15.27±0.61 ^a	32.66±0.22 ^a

หมายเหตุ CT หมายถึงสูตรไม่เติมสารฟอสเฟต, PP0.3 หมายถึงสูตรเติมฟอสเฟตร้อยละ 0.3, PP0.15+CMC0.15 หมายถึงสูตรเติมฟอสเฟตร้อยละ 0.15 และซีเอ็มซีร้อยละ 0.15, CMC0.3 หมายถึงสูตรเติมซีเอ็มซีร้อยละ 0.3, PP0.15+KJ0.15 หมายถึงสูตรเติมฟอสเฟตร้อยละ 0.15 และบูกร้อยละ 0.15, KJ หมายถึงสูตรเติมบูกร้อยละ 0.3 ตัวอักษรภาษาอังกฤษ (a, b, c, d) ที่แตกต่างกันในแนวตั้ง หมายถึงค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

จากผลการศึกษาคุณภาพทางกายภาพเคมีของไส้กรอกไก่อิมัลชันสูตรทดแทนฟอสเฟตด้วย CMC และ KJ โดยรวมแสดงให้เห็นว่าการใช้สารไฮโดรคอลลอยด์ทั้ง 2 ชนิด ในอัตราส่วนทดแทนเท่ากับร้อยละ 50 ของปริมาณฟอสเฟตที่เติมลงในไส้กรอกไก่อิมัลชัน มีประสิทธิภาพใกล้เคียงกับการใช้ฟอสเฟตในปริมาณปกติ (ร้อยละ 0.3) ดังนั้นคณะผู้จัดทำจึงเลือกเฉพาะผลิตภัณฑ์ไส้กรอกไก่อิมัลชันสูตร PP0.15+CMC0.15 และสูตร PP0.15+KJ0.15 ไปทดสอบความชอบทางประสาทสัมผัส เพื่อทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค แสดงในขั้นตอนถัดไป

4.2.2 ผลการประเมินความชอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกไก่อิมัลชันที่ทดแทนสารฟอสเฟตบางส่วนด้วยสารกลุ่มไฮโดรคอลลอยด์

หลังจากการพิจารณาคุณภาพด้านกายภาพเคมีของไส้กรอกไก่อิมัลชัน ผู้วิจัยได้นำสูตรที่ใช้สารกลุ่มไฮโดรคอลลอยด์ที่มีประสิทธิภาพในการทดแทนฟอสเฟต แล้วนำมาศึกษาการยอมรับทางประสาทสัมผัสโดยใช้วิธี 9-point hedonic scale กำหนดระดับคะแนนตั้งแต่ 1-9 คะแนน (1 = ไม่ชอบมากที่สุด ถึง 9 = ชอบมากที่สุด) ซึ่งได้แก่ สูตร PP0.15+CMC0.15 และสูตร PP0.15+KJ0.15 โดยทำการทดลองเปรียบเทียบกับสูตรควบคุมที่เติมฟอสเฟต

ในการทดสอบความชอบต่อผลิตภัณฑ์ไส้กรอกไก่อิมัลชันด้านต่างๆ ได้แก่ ลักษณะปรากฏ สี กลิ่นเครื่องเทศ กลิ่นรส รสชาติ ความแน่นเนื้อ ความฉ่ำ และความชอบโดยรวม โดยวิธี 9-point hedonic scale จากจำนวนผู้ทดสอบทั้งหมด 26 คน พบว่าไส้กรอกไก่อิมัลชันสูตรที่มีการทดแทนสารฟอสเฟตในปริมาณการทดแทนร้อยละ 50 ได้แก่ สูตรเติมฟอสเฟตร้อยละ 0.15 และซีเอ็มซีร้อยละ 0.15 (PP0.15+CMC0.15) และสูตรเติมฟอสเฟตร้อยละ 0.15 และบุกร้อยละ 0.15 (PP0.15+KJ0.15) เมื่อเปรียบเทียบกับสูตรฟอสเฟตร้อยละ 0.3 (PP0.3) ได้รับคะแนนความชอบในคุณลักษณะทุกด้านไม่แตกต่างกัน ($p \geq 0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 4.7 แสดงให้เห็นว่าการทดแทนฟอสเฟตด้วยสารกลุ่มไฮโดรคอลลอยด์สามารถลดการใช้ฟอสเฟตในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกไก่อิมัลชันโดยไม่ส่งผลต่อการยอมรับของผู้บริโภค

ตารางที่ 4.7 คะแนนความชอบทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ไส้กรอกไก่อิมัลชัน

คุณลักษณะ	สูตร		
	PP0.3	PP0.15+CMC0.15	PP0.15+KJ0.15
ลักษณะปรากฏ ^{ns}	7.24±1.23	7.36±0.91	7.37±0.95
สี ^{ns}	7.00±1.35	7.20±0.96	7.20±1.00
กลิ่นเครื่องเทศ ^{ns}	6.52±1.23	6.68±0.99	6.40±1.50
กลิ่นรส ^{ns}	6.36±1.29	6.44±1.04	6.20±1.22
รสชาติ ^{ns}	6.80±1.35	6.88±1.20	6.52±1.45
ความแน่นเนื้อ ^{ns}	6.92±1.08	6.20±1.55	6.72±1.49
ความฉ่ำ ^{ns}	6.16±1.18	6.16±1.25	6.76±1.20
ความชอบโดยรวม ^{ns}	7.04±1.02	6.76±1.13	6.96±0.98

หมายเหตุ PP0.3 หมายถึงสูตรเติมฟอสเฟตร้อยละ 0.3,

PP0.15+CMC0.15 หมายถึงสูตรเติมฟอสเฟตร้อยละ 0.15 และซีเอ็มซีร้อยละ 0.15,

PP0.15+KJ0.15 หมายถึงสูตรเติมฟอสเฟตร้อยละ 0.15 และบุกร้อยละ 0.15

ns หมายถึง ค่าเฉลี่ยที่แสดงในแนวนอนไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \geq 0.05$)

ผลการศึกษาที่สอดคล้องกับงานวิจัยของ เสาวภาคย์ และ ศรีวิกรณ์ (2550) ซึ่งรายงานว่าเมื่อเปรียบเทียบการยอมรับทางประสาทสัมผัสของไส้กรอกหมูแบบอิมัลชันที่เติมสารประกอบฟอสเฟต (สูตรควบคุม) กับไส้กรอกหมูที่เติมไฮโดรคอลลอยด์ทดแทนสารประกอบฟอสเฟต พบว่า

ไส้กรอกหมูที่เติมไฮโดรคอลลอยด์ สูตร CMC3295 และกัวร์กัม ได้รับคะแนนความชอบโดยรวม ไม่แตกต่างจากสูตรควบคุม ดังนั้นจึงสามารถเติม CMC3295 เพื่อทดแทนสารประกอบฟอสเฟตในการผลิตไส้กรอกหมูได้โดยไม่มีผลต่อการยอมรับทางประสาทสัมผัสทุกด้านของผลิตภัณฑ์



บทที่ 5

บทสรุป

5.1 สรุปผล

5.1.1 สูตรของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกไก่อิมัลชันที่ใช้เป็นสูตรพื้นฐานหรือสูตรที่มีการเติมฟอสเฟตร้อยละ 0.3 (PP0.3) สำหรับการศึกษาประสิทธิภาพของสารกลุ่มไฮโดรคอลลอยด์ในการทดแทนสารฟอสเฟตในไส้กรอกไก่อิมัลชัน ประกอบด้วย เนื้อไก่ส่วนนอก น้ำมันพรีอิมัลซิฟายด์ น้ำแข็ง เกลือ น้ำตาล พริกไทยขาวป่น ผงกระเทียม ลูกจันทน์เทศป่น ผงปาปริก้าและสารฟอสเฟตผสม เท่ากับ ร้อยละ 66.8, 18, 9.5, 1.2, 1.1, 1, 1, 0.4, 0.7 และ 0.3 ตามลำดับ

5.1.2 จากการศึกษาประสิทธิภาพในการทดแทนฟอสเฟตบางส่วนของสารกลุ่มไฮโดรคอลลอยด์ ได้แก่ ซีเอ็มซี (CMC) และ บุก (KJ) ที่ระดับการทดแทนร้อยละ 0 50 และ 100 ของปริมาณฟอสเฟตที่มีต่อคุณลักษณะทางกายภาพเคมีของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกไก่อิมัลชัน แสดงให้เห็นว่าการใช้สารไฮโดรคอลลอยด์ในการทดแทนฟอสเฟตร้อยละ 50 ของปริมาณฟอสเฟตที่เติมปกติร้อยละ 0.3 ได้แก่ การใช้ฟอสเฟตร้อยละ 0.15 และซีเอ็มซีร้อยละ 0.15 (PP0.15+CMC0.15) และการใช้ฟอสเฟตร้อยละ 0.15 และบุกร้อยละ 0.15 (PP0.15+KJ0.15) มีผลช่วยป้องกันการสูญเสียของของเหลว (TEF) หลังกระบวนการให้ความร้อน ลดปริมาณการสูญเสียน้ำหนักหลังทำให้สุก (CL) และปรับปรุงเนื้อสัมผัส โดยเฉพาะในด้านความแข็งและความยืดหยุ่นของผลิตภัณฑ์ ส่วนการทดแทนฟอสเฟตทั้งหมดในสูตร KJ0.3 และ CMC0.3 จะส่งผลให้มีค่าความสว่าง (L^*) ค่าสีแดง (a^*) และ สีเหลือง (b^*) มีทิศทางเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย ($p \geq 0.05$) ขณะที่ความชื้นมีทิศทางตรงข้ามกับค่าความสว่างโดยผลิตภัณฑ์สูตร KJ0.3 มีปริมาณความชื้นสูงสุดเมื่อเทียบกับสูตรอื่น ($p < 0.05$) และเมื่อศึกษาคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ไส้กรอก ระดับปริมาณทดแทนร้อยละ 50 ของปริมาณฟอสเฟตที่เติม จากการทดสอบความชอบของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ทั้งสองเมื่อเทียบกับสูตรฟอสเฟต (PP0.3) พบว่า คุณลักษณะทางประสาทสัมผัสทุกด้านของไส้กรอกทุกสูตรไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \geq 0.05$) และมีความเป็นไปได้ที่จะนำไปใช้เพื่อทดแทนฟอสเฟตในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกไก่อิมัลชันได้ในปริมาณการทดแทนเท่ากับร้อยละ 50 ของปริมาณฟอสเฟต ซึ่งการนำไปใช้จะมีผลต่อการปรับปรุงคุณลักษณะทางด้านกายภาพเคมีโดยที่ไม่ส่งผลกระทบทางลบต่อคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 อาจมีการศึกษาประสิทธิภาพของสารชนิดอื่นหรือประสิทธิภาพการใช้ร่วมกันเพื่อให้สามารถทดแทนการใช้ฟอสเฟตได้ทั้งหมด

5.2.2 เป็นไปได้ควรมีการศึกษาปัจจัยอื่นเพิ่มเติม นอกเหนือจากชนิดและปริมาณสารทดแทน เช่น ระยะเวลาในการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์



บรรณานุกรม

- กฤษณา ศิริเลิศมกุล. (2547). **เซลลูโลสจากเปลือกทุเรียน**. [ออนไลน์]. สืบค้นจาก:
<http://www.material.chula.ac.th/RADIO47/September/radio9-4.htm> (สืบค้นเมื่อ 30 กุมภาพันธ์ 2563).
- กฤษณเวช ทรงธนศักดิ์ และ วิทวัส จิรัฐพงศ์. (2554). การศึกษาปริมาณเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และ ลิกนิน จากของเหลือทิ้งจากพืชเพื่อใช้ในการผลิตแผ่นฟิล์มพลาสติกชีวภาพ. **การประชุมวิชาการนานาชาติวิศวกรรมเคมีและเคมีประยุกต์แห่งประเทศไทยครั้งที่ 21**. วันที่ 10-11 พฤศจิกายน 2554, อำเภอหาดใหญ่จังหวัดสงขลา.
- จิรวรรณ มณีโรจน์ และ จิราพร รุ่งเลิศเกรียงไกร. (2560). **ไส้กรอกปลาอิมัลชัน**. คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
- จิราภรณ์ สอนจิตร. (2543). กลูโคแมนแนน โยอาหารจากบุก. *แม่โจ้ปริทัศน์*. 5(1), 79-84.
- ชัยณรงค์ คันทพนิต. (2529). **วิทยาศาสตร์เนื้อสัตว์**. (พิมพ์ครั้งที่ 1). สำนักพิมพ์ไทยวัฒนาพานิช อรรถกรมุนิกานนท์
- โชคชัย ช่วยณรงค์. (2544). **การจัดการการเลี้ยงไก่ไข่และเปิดไข่ในเอกสารการสอนชุดวิชาการจัดการการผลิตสุกรและสัตว์ปีกหน่วยที่ 10** (พิมพ์ครั้งที่ 1). นนทบุรี: สาขาวิชาส่งเสริมการเกษตรและสหกรณ์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.
- ณัฐิกา ศิลาสาย ัญญฎาภรณ์ ศิริเลิศ สุภค โตเจริญทรัพย์ และ ชลธิรา สารวงษ์. (2562). ผลของคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสต่อสมบัติทางเคมีกายภาพของแป้งผสมและคุณสมบัติของเส้นก๋วยเตี๋ยว. **วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา**. 24(3), 1029-1042
- ดวงกมล ตั้งสฤติพร ดวงสุตา เตโชติรส น้อมจิตต์ และ ชมกฤษณ์ เพื่อนพิภพ. (2560). **การพัฒนาผลิตภัณฑ์หมูยอเห็ด (ทดแทนไขมันสัตว์) ทอดกรอบ**. คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
- ดุขฎิ ฤตภาพ และ นื่องนุช เจริญกุล. (2555). บทที่ 4 สมบัติทางเคมีของคาร์โบไฮเดรต-ไฮโดรคอลลอยด์และการประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรม. เทคโนโลยีของคาร์โบไฮเดรต Carbohydrate Technology สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวเคมีมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. [ออนไลน์]. สืบค้นจาก:
<http://eu.lib.kmutt.ac.th/elearning/Courseware/BCT611/chapter4.html> (สืบค้นเมื่อ 30 กุมภาพันธ์ 2563).

คารณี วโรตมวิจิตร. (2544). **การลดไขมันในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกแฟรงคเฟอร์เตอร์โดยใช้สาร**

ทดแทนไขมันจำพวกคาร์โบไฮเดรต. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์).

ถาวร จันทโชติ. (2561). ผลของการเติมคาร์โบไฮเดรตต่อคุณสมบัติทางกายภาพเคมี และประสาทสัมผัสของไส้กรอกไก่ไขมันต่ำ. **วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.** 28(3), 605-616

นิตานารถ กระแสร์ชล พรนภา น้อยพันธ์ พิรภัทร ชะอุ่มเครือ สุมาลี เสือเถื่อน เอมมิกา นวลใย และอรรถพล วิเศษลา. (2557). **ผลของเจลบุกและอนุหภูมิการเซตตัวต่อคุณภาพของไส้กรอกปลาสดไขมันที่ทำจากซูริมิ.** คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

หน่วยผลิตภัณฑ์สัตว์เชียงใหม่. (2544). **เอกสารประกอบการฝึกอบรมเทคโนโลยีเนื้อสัตว์.** กองส่งเสริมการปศุสัตว์.

นิธิยา รัตนพนธ์. (2549). **เคมีอาหาร.** (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.

นิรนาม. ม.ป.ป. (2558). **น้ำตาล.** แหล่งที่มา <http://frynn.com>.

ปาริฉัตร หงสประภาส. (2545). **เคมีกายภาพของอาหาร.** สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
เยาวลักษณ์ สุพันธ์พิศิษฐ์. (2532). **เทคโนโลยีเนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์.** สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าคุณทหารลาดกระบัง. กรุงเทพฯ. 292 น.

เยาวลักษณ์ สุพันธ์พิศิษฐ์. (2536). **เนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์.** ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าคุณทหารลาดกระบัง.

วรรณชยา ศรศักดิ์ชัยสิงห์ ประภาศรี เทพรักษา และสุธีรา วัฒนกุล. (2556). ผลของอิมัลชันน้ำมันถั่วเหลืองต่อคุณภาพของไส้กรอกปลาทูน่าทองแถบ (*Katsuwonus pelamis*). **วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.** 21(4), 317-328

ศิริลดา ไกรลมสม. (2558). การพัฒนาผลิตภัณฑ์ไส้กรอกกะเพราไก่ลดไขมัน โดยใช้แป้งบุกร่วมกับแซนแทนกัม. **วารสารเกษตร** 31(1), 77-87

สัญญา จตุรสิทธิ. (2543). **เทคโนโลยีเนื้อสัตว์.** ภาควิชาสัตวศาสตร์. คณะเกษตรศาสตร์. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. (2550). **มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม เรื่องไส้กรอกไส้กรอกแฟรงก์เฟอร์เตอร์.** มอก. 2299-2549

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. (2550). **มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม เรื่องไส้กรอกเวียดนาม.** มอก. 2300-2549

เสาวภาคย์ วัฒนพาหุ และศิริกรณ ดิษฐอุดมโพธิ์. (2550). ผลของการใช้ไฮโดรคอลลอยด์ทดแทนไตรพอลิฟอสเฟตต่อคุณสมบัติทางกายภาพและประสาทสัมผัสของไส้กรอกหมูแบบอิมัลชัน.

วารสารวิทยาศาสตร์ มศว. 23(1), 47-56

สุนทรย์ พักเพื่อง. (2560). ผลของชนิดปลาทะเลต่อลักษณะคุณภาพของไส้กรอกปลาเวียนนา.

วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, 19(3), 173-181

เสนห บัวสนธิ จันทรเพ็ญ บุตรใส และ สิริวรรณ สุขนิคม. (2556). **การพัฒนาผลิตภัณฑ์จากปลานิล**

โดยการแปรรูปเป็นโบลีน่าปลา. คณะเทคโนโลยีการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ

อรรถกร มุณีกันนท และ มาลัยวรรณ อารยะสกุล. (2547). **บทบาทของฟอสเฟตและสตาร์ชตัด**

แปรในการผลิตไส้กรอกที่ทำจากเนื้อหมูที่ผ่านการแช่แข็ง. ในการประชุมการประชุมทาง

วิชาการของ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 42, 3-6 กุมภาพันธ์ 2547,

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ

อรรถกร มุณีกันนท. (2547). **บทบาทของสารฟอสเฟตและสตาร์ชตัดแปรต่อคุณภาพของไส้กรอก**

ไขมันต่ำจากเนื้อหมูที่เก็บรักษาโดยการแช่เยือกแข็ง. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโท,

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์).

อรพิน ชัยประสพ. (2548). **การถนอมอาหาร**. กรุงเทพมหานคร: ภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร

มหาวิทยาลัยรามคำแหง.

อุปลัมภ์ ศุภสินธุ์. (2551). ฟอสฟอรัส. **วารสารมูลนิธิโรคไตแห่งประเทศไทย**, 22(43), 27-31

อัจฉรา ควรประเสริฐ. (2550). **การประยุกต์ใช้ข้าวจากเบ็ด: กรณีการศึกษาการพัฒนาฟิล์มบริโภคน**

ได้และผลิตภัณฑ์อาหาร. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าคุณทหาร

ลาดกระบัง.

อดิศักดิ์ เอกโสวรรณ. (2542). **การปรับปรุงกระบวนการผลิตหมูยอและไก่ทอดไขมันด้วยแป้งบุก**.

วารสารสถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร, 29(1), 37-50

AOAC. (2016). Official Method of Analysis of AOAC International. (17th ed).

Washington D.C., USA: The Association of Official Analytical Chemists.

Botthailand Company Limited (2019). **ไส้เทียมเซลลูโลส** [ออนไลน์]. สืบค้นจาก:

<http://www.botthailand.com> (สืบค้นเมื่อ 24 มีนาคม 2562)

Botthailand Company Limited (2019). **ไส้หมู (ไส้ธรรมชาติ)** [ออนไลน์]. สืบค้นจาก:

<https://www.botthailand.com> (สืบค้นเมื่อ 26 พฤศจิกายน 2562)

Crehan, C. M., Hughes, E., Troy, D. J. and Buckley, D. J. (2000). Effects of fat level and

maltodextrin on the functional properties of frankfurters formulated with 5,

12 and 30% fat. **Meat Science**, 55, 463-469.

- Gao, L, Y.P. Huang, and X.C. Gao. (2013). Influence of pre-emulsified sunflower oil used for pork back fat replacement in Sika Deer (*Cervus Nippon Hortulorum*) frankfurter. **Food Science Technology**. 19, 773-780.
- Gimeno, E., Moraru, C.I., & Kokini, J.L. (2004). Effect of Xanthan Gum and CMC on the Structure and Texture of Corn Flour Pellets Expanded by Microwave Heating. **Cereal Chemistry**, 81(1), 100-107.
- Gonçalves A. A. and J. L. D. Ribeiro. (2008). Do phosphates improve the seafood quality? Reality and legislation. Panam. **Journal of Aquatic Science**. 3(3), 237-247.
- Hughes, E., Cofrades, S., and Troy, D. J. (1997). Effects of fat level, oat fiber and carrageenan on frankfurters formulated with 5, 12 and 30% fat, **Meat Science**, 45(3), 273-281.
- Jarnsuwan, S., & Thongngam, M. (2011). Effects of Hydrocolloids on Microstructure and Textural Characteristic of Instant Noodles. In **Proceeding in the Asean Food Conference**, (pp. 632-635). Bangkok: Bitec.
- Jimenez-Colmenero, F. (2007). Healthier lipid formulation approaches in meat-based functional foods. Technological options for replacement of meat fats by nonmeat fats. **Trends of Food Science and Technology**. 18, 567-578.
- Leng gao, Yang-Ping huang and Xiao-Chen gao. (2013). Influence of Pre-emulsified Sunflower Oil used for Pork Backfat Replacement in Sika Deer (*Cervus Nippon Hortulorum*) Frankfurter. **Food Science and Technology**. 19(5), 773-780
- Lucky Casing Company Limited (2019). ใส่เทียมคอลลาเจน. [ออนไลน์]. สืบค้นจาก: <https://www.luckycasings.com> (สืบค้นเมื่อ 26 พฤศจิกายน 2562)
- Molins, R.A., Pickett, C.B., Mantle, T.J., Mannervik, B., & Molins, R.A. (1991). Phosphates in food. Boca Raton, Florida: CRC Press
- Nithiya, R. (2006). Food Chemistry. 2nd Edition. Bangkok: Publishing Odeon Store.
- Ordonez, M., Rovira, J. and Jaime, I. (2001). The relationship between the composition and texture of conventional and low-fat frankfurters, **International Journal of Food Science and Technology**, 36, 749-758.
- Osun, W.N. and Keeton, J.T. (1994). Konjac flour gel as fat substitute in low-fat pre rigor fresh pork sausage. **Journal of Food Science**. 59(3), 484-489

- Petracci, M., Bianchi, M., Mudalal, S. and Cavani, C., (2013). Functional ingredients for poultry meat product, **Trends in Food Science and Technology**, 33, 27-39.
- Pietrasik, Z. and Jarmoluk A. (2003). Effect of sodium caseinate and K-carrageenan on binding and textural properties of pork muscle gels enhanced by microbial transglutaminase addition, **Food Research International**, 36, 285–294.
- Qingdao Touran Company Limited. (2020). ใส่เทียมพลาสติก <https://touran.diytrade.com> (สืบค้นเมื่อ 4 พฤษภาคม 2563)
- Rattanapanon, N. (2004). **Food Chemistry**. Bangkok: Odean Store Publisher. (in Thai)
- Ritz E., K. Hahn, M. Ketteler, M. K. Kuhlmann and J. Mann. (2012). Phosphate Additives in Food a Health Risk. Dtsch. **Deutsches Arzteblatt International**. 109(4), 49-55.
- Ruiz-Capillas, C., M. Triki, A.M. Herrero, L. Rodriguez-Salas, and F. Jiménez-Colmenero. (2012). Konjac gel as pork backfat replacer in dry fermented sausages: Processing and quality characteristics. **Meat Science**. 92, 144-150.
- Serdaroglu M. and Ozsumer MS. (2003). Effects of soy protein, whey powder and wheat gluten on quality characteristics of cooked beef sausages formulated with 5, 10 and 20% fat. **Electronic Journal of Polish Agricultural Universities**. 6(2)
- Sheard, P. R., Nute, G. R., Richardson, R. I., Perry, A. and Taylor, A. A. (1999). Injection of water and polyphosphate into pork to improve juiciness and tenderness after cooking, **Meat Science**, 51, 371-376.
- Su, J., Huang, Z., Yuan, X., Wang, X., & Li, M. (2010). Structure and properties of carboxymethyl cellulose/soy protein isolate blend edible films crosslinked by Maillard reactions. **Carbohydrate Polymers**, 79(1), 145–153.
- Theno, D.M., Siegel, D.G., and Schmidt, G.R. (1978). Meat massaging: Effects of salt and phosphate on the ultrastructure of cured porcine muscle. **Journal of Food Science**, 43, 488-492.
- Thorarinsdottir, K.A., S.Arason, S.G., Bogason and Kristbergsson, K. (2001). Effects of phosphate on yield, quality, and water-holding capacity in the processing of salted cod (*Gadus morhua*). **Journal of Food Science**, 66, 821-826.

Udabage, P., Puvanenthiran, A., Yoo, J. A. and Versteeg C. (2011). Modified water solubility of milk protein concentrate powders through the application of static high pressure treatment, **Journal of Dairy Research**, 79(1), 76-83

Verbeken, D., N. Neirinck, P. Van Der Meeren, and K. Dewettinck. (2005). Influence of k-carrageenan on the thermal gelation of salt-soluble meat proteins. **Meat Science**, 70(1), 161-166.



ภาคผนวก



ภาคผนวก ก

การวิเคราะห์ปริมาณความชื้น

1. การวิเคราะห์ปริมาณหาความชื้น (AOAC, 2016 952.08)

1.1 อุปกรณ์

- 1) ตู้อบลมร้อน (Hot Air Oven)
- 2) ขวดชั่งหาความชื้น (Weighing Bottle)
- 3) โถดูดความชื้น (Desiccator)
- 4) เครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง

2. วิธีการ

- 2.1 หาน้ำหนักที่คงที่ของขวดชั่งหาความชื้น โดยนำเข้าตู้อบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส นาน 2-4 ชั่วโมง ทำให้เย็นในโถดูดความชื้น ชั่งน้ำหนักแล้วนำเข้าตู้อบใหม่ ดำเนินการเหมือนครั้งแรกจนได้ น้ำหนักคงที่
- 2.2 ชั่งตัวอย่างประมาณ 2 กรัม ใส่ลงในขวดชั่งที่ทราบน้ำหนักที่แน่นอนแล้ว
- 2.3 เกลี่ยตัวอย่างแผ่ออกอย่างสม่ำเสมอให้มีเนื้อที่มากที่สุดเท่าที่จะทำได้
- 2.4 นำเข้าตู้อบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส นาน 2-4 ชั่วโมง ทำให้เย็นในโถดูดความชื้น ชั่งน้ำหนัก แล้วนำเข้าตู้อบใหม่ดำเนินการเหมือนครั้งแรกจนได้น้ำหนักคงที่
- 2.5 นำผลที่ได้ไปคำนวณปริมาณความชื้นดังนี้

3. การคำนวณ

$$\text{ปริมาณความชื้น (ร้อยละ)} = \frac{(M_1 - M_2)}{M_1} \times 100$$

เมื่อ M_1 คือ น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ

M_2 คือ น้ำหนักตัวอย่างหลังอบ

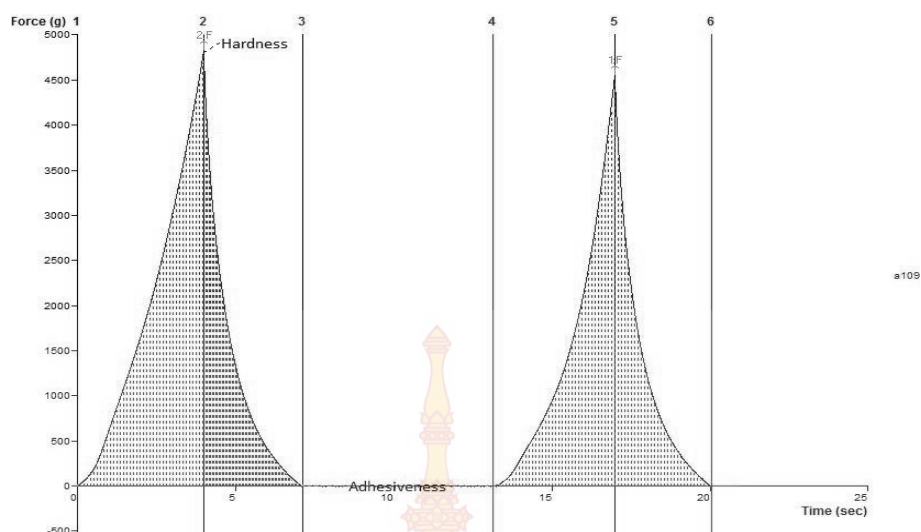
ภาคผนวก ข

ข้อมูลการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีและกายภาพ

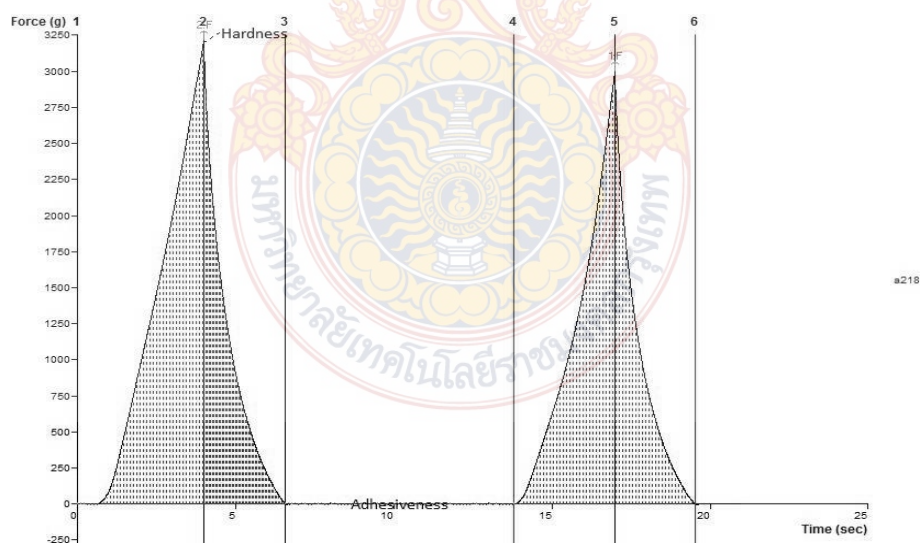
ตารางผนวก ข1 ร้อยละของของเหลวที่แยกได้ (%TEF) ร้อยละปริมาณที่สูญเสียไอน้ำหนักหลังทำให้สุก (Cooking loss) ปริมาณความชื้น (Moisture content) และปริมาณไขมันทั้งหมด (Crude fat) ของไส้กรอกไก่อิมัลชัน

สูตร	อัตราส่วน ทดแทน ฟอสเฟต	%TEF	%Cooking loss	%Moisture	%Crude fat
CT	0:0	12.54±0.37 ^b	4.00±0.36 ^a	65.29±0.24 ^{bc}	11.76±0.23 ^a
PP0.3	100:0	8.12±0.36 ^c	3.39±0.52 ^{ab}	64.48±0.14 ^{bc}	11.27±0.08 ^a
PP0.15+CMC0.15	50:50	7.93±1.02 ^c	2.27±0.76 ^c	63.69±0.57 ^c	11.24±0.02 ^a
CMC0.3	0:100	13.7±0.14 ^a	3.87±0.12 ^a	65.19±0.38 ^{bc}	10.70±0.37 ^a
PP0.15+KJ0.15	50:50	3.85±0.48 ^d	2.20±0.03 ^c	65.60±2.07 ^b	11.57±0.18 ^a
KJ0.3	0:100	13.79±0.27 ^a	2.94±0.08 ^{bc}	67.60±0.45 ^a	11.06±0.47 ^a

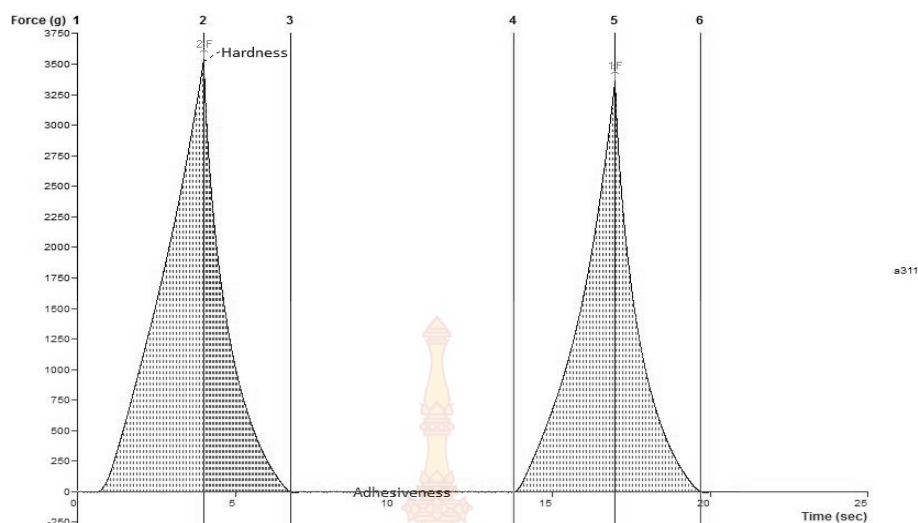
หมายเหตุ CT หมายถึงสูตรไม่เติมสารฟอสเฟต, PP0.3 หมายถึงสูตรเติมฟอสเฟตร้อยละ 0.3, PP0.15+CMC0.15 หมายถึงสูตรเติมฟอสเฟตร้อยละ 0.15 และซีเอ็มซีร้อยละ 0.15, CMC0.3 หมายถึงสูตรเติมซีเอ็มซีร้อยละ 0.3, PP0.15+KJ0.15 หมายถึงสูตรเติมฟอสเฟตร้อยละ 0.15 และบุกร้อยละ 0.15, KJ หมายถึงสูตรเติมบุกร้อยละ 0.3 ตัวอักษรภาษาอังกฤษ (a, b, c) ที่แตกต่างกันในแนวนอน หมายถึงค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)



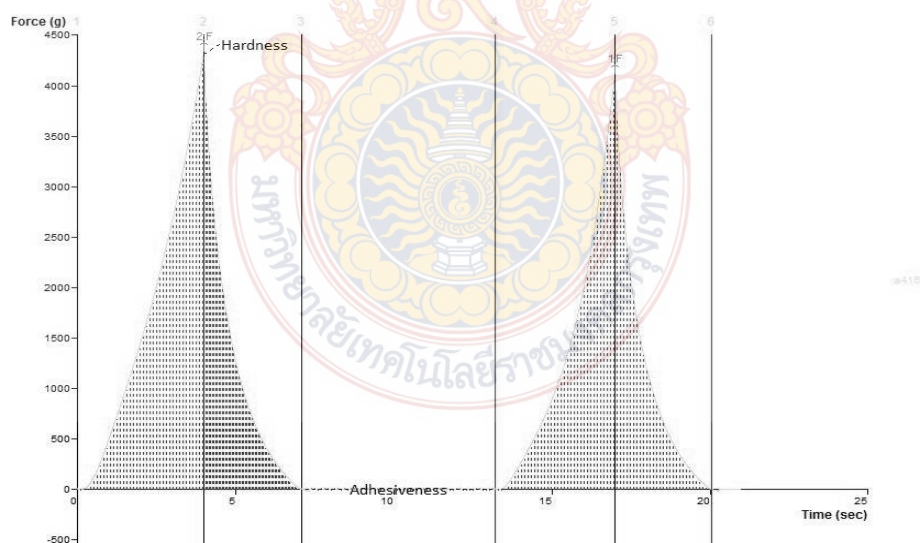
ภาพผนวก ข1 กราฟผลการทดสอบเนื้อสัมผัส (Texture profile analysis) ของตัวอย่างไส้กรอกไก่
อิมัลชันสูตร ไม่เติมฟอสเฟต (CT)



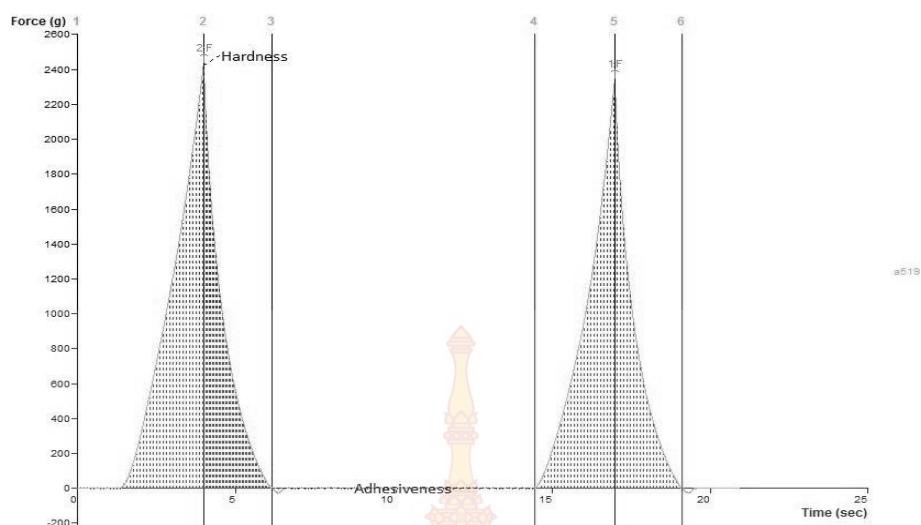
ภาพผนวก ข2 กราฟผลการทดสอบเนื้อสัมผัส (Texture profile analysis) ของตัวอย่างไส้กรอกไก่
อิมัลชันสูตร ฟอสเฟตร้อยละ 0.3 (PP0.3)



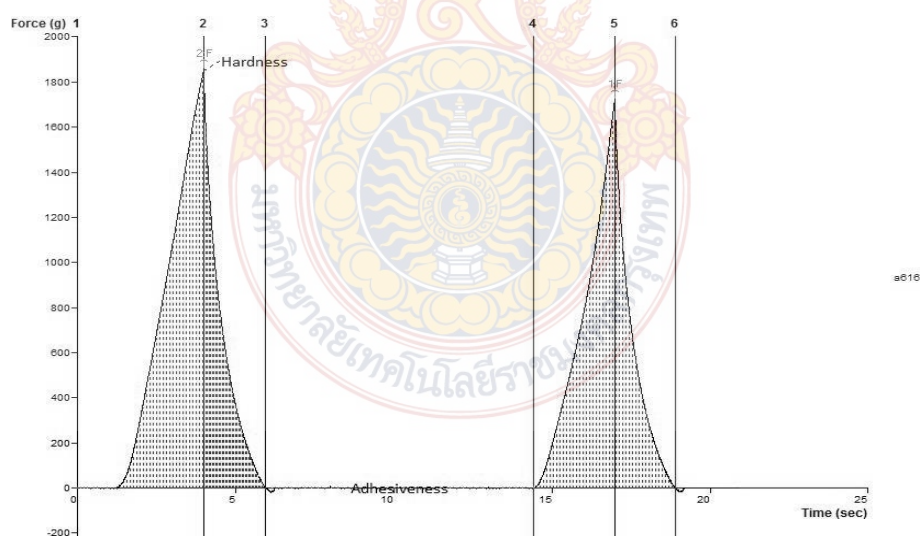
ภาพผนวก ข3 กราฟผลการทดสอบเนื้อสัมผัส (Texture profile analysis) ของตัวอย่างไส้กรอกไก่
อิมัลชันสูตร ฟอสเฟตร้อยละ 0.15 และซีเอ็มซีร้อยละ 0.15 (PP0.15+CMC0.15)



ภาพผนวก ข4 กราฟผลการทดสอบเนื้อสัมผัส (Texture profile analysis) ของตัวอย่างไส้กรอก
ไก่อิมัลชันสูตร ซีเอ็มซีร้อยละ 0.3 (CMC0.3)



ภาพผนวก ข5 กราฟผลการทดสอบเนื้อสัมผัส (Texture profile analysis) ของตัวอย่างไส้กรอกไก่
อิมัลชันสูตรฟอสเฟตร้อยละ 0.15 และผงบุกร้อยละ 0.15 (PP0.15+KJ0.15)



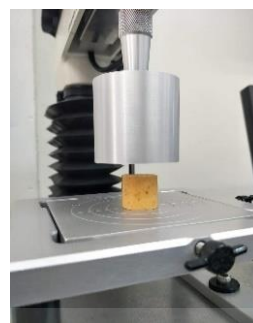
ภาพผนวก ข6 กราฟผลการทดสอบเนื้อสัมผัส (Texture profile analysis) ของตัวอย่างไส้กรอกไก่
อิมัลชันสูตร ผงบุกร้อยละ 0.3 (KJ0.3)



(ก)



(ข)

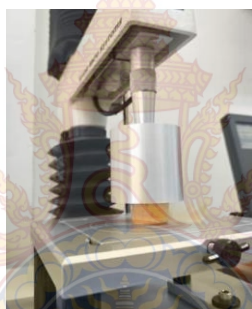


(ค)

ภาพผนวก ข7 ตัวอย่างไส้กรอกไก่อิมัลชันสูตรไม่เติมฟอสเฟต (CT) ก่อนกดครั้งที่ 1 (ก) ขณะกด (ข) และหลังกดครั้งที่ 2 (ค)



(ก)

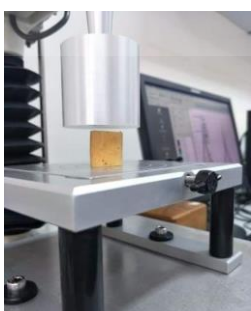


(ข)

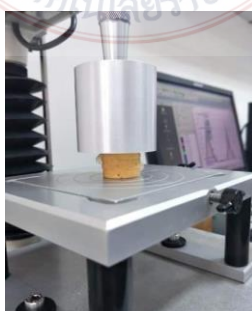


(ค)

ภาพผนวก ข8 ตัวอย่างไส้กรอกไก่อิมัลชันสูตรฟอสเฟตร้อยละ 0.3 (PP0.3) ก่อนกดครั้งที่ 1 (ก) ขณะกด (ข) และหลังกดครั้งที่ 2 (ค)



(ก)

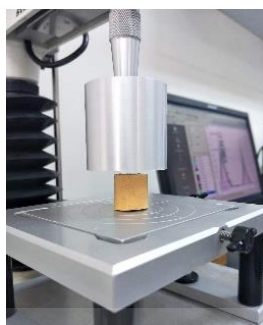


(ข)

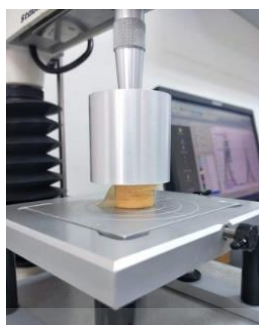


(ค)

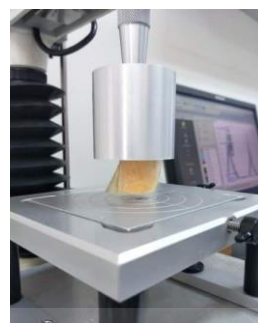
ภาพผนวก ข9 ตัวอย่างไส้กรอกไก่อิมัลชันสูตรฟอสเฟตร้อยละ 0.15 และซีเอ็มซีร้อยละ 0.15 (PP0.15+CMC0.15) ก่อนกดครั้งที่ 1 (ก) ขณะกด (ข) และหลังกดครั้งที่ 2 (ค)



(ก)



(ข)

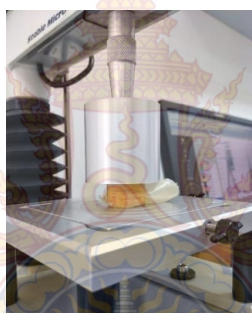


(ค)

ภาพผนวก ข10 ตัวอย่างไส้กรอกไก่อิมัลชันสูตรซีเอ็มซีร้อยละ 0.3 (CMC0.3) ก่อนกดครั้งที่ 1 (ก) ขณะกด (ข) และหลังกดครั้งที่ 2 (ค)



(ก)

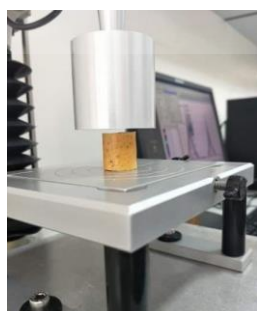


(ข)

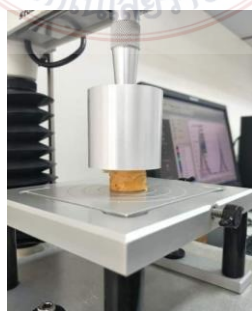


(ค)

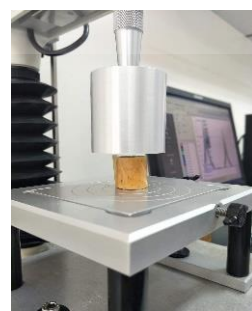
ภาพผนวก ข11 ตัวอย่างไส้กรอกไก่อิมัลชันสูตรฟอสเฟตร้อยละ 0.15 และบุกร้อยละ 0.15 (PP0.15+KJ0.15) ก่อนกดครั้งที่ 1 (ก) ขณะกด (ข) และหลังกดครั้งที่ 2 (ค)



(ก)



(ข)



(ค)

ภาพผนวก ข12 ตัวอย่างไส้กรอกไก่อิมัลชันสูตรบุกร้อยละ 0.3 (KJ0.3) ก่อนกดครั้งที่ 1 (ก) ขณะกด (ข) และหลังกดครั้งที่ 2 (ค)

ภาคผนวก ค

แบบทดสอบความเหมาะสมของคุณลักษณะผลิตภัณฑ์

แบบทดสอบความพอดี (Just About Right)

ผลิตภัณฑ์.....ใส่กรอกไก่อิมัลชัน..... วันที่.....ชุดที่.....
 ชื่อผู้ทดสอบ..... สาขา.....

คำแนะนำ : กรุณาชิมตัวอย่างพร้อมเติมเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องสี่เหลี่ยมที่ตรงกับความรู้สึกของท่าน

คุณลักษณะ	อ่อนเกินไปมาก	อ่อนเกินไปเล็กน้อย	พอดี	เข้มเกินไปเล็กน้อย	เข้มเกินไปมาก
สีผลิตภัณฑ์					
กลิ่นเครื่องเทศ					
ความเผ็ด					
รสเค็ม					
รสหวาน					
ความแน่นเนื้อ (อ่อน = นิ่ม, พอดี = แน่น, เข้ม = แข็ง)					

ข้อเสนอแนะ.....

ภาคผนวก ง
แบบทดสอบความชอบต่อผลิตภัณฑ์

แบบทดสอบความชอบ (Hedonic Scaling Test)

ผลิตภัณฑ์.....ไส้กรอกไก่อิมัลชัน.....

วันที่.....

ชุดที่ชื่อผู้ทดสอบ.....

สาขา.....

คำแนะนำ : กรุณาชิมตัวอย่างต่อไปนี้ ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสแล้วให้คะแนนความชอบ

ระดับคะแนน 9 Point Hedonic Scale

9 = ชอบมากที่สุด

4 = ไม่ชอบเล็กน้อย

8 = ชอบมาก

3 = ไม่ชอบปานกลาง

7 = ชอบปานกลาง

2 = ไม่ชอบมาก

6 = ชอบเล็กน้อย

1 = ไม่ชอบมากที่สุด

5 = บอกไม่ได้ว่าชอบหรือไม่ชอบ

คุณลักษณะ	รหัสนี้.....	รหัสนี้.....	รหัสนี้.....
1. ลักษณะปรากฏ			
2. สี			
3. กลิ่นเครื่องเทศ			
4. กลิ่นรส			
5. รสชาติ			
6. ความแน่นเนื้อ			
7. ความฉ่ำ			
8. ความชอบโดยรวม			

ข้อเสนอแนะ.....

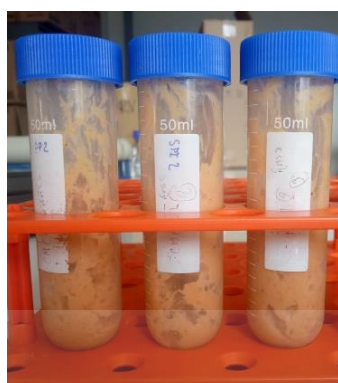
.....

ภาคผนวก จ

ภาพประกอบการวิจัย



ภาพผนวก จ1 ขั้นตอนการผลิตตัวอย่างไส้กรอกไก่อิมัลชัน



(ก)



(ข)

ภาพผนวก จ2 ตัวอย่างแบคทีเรียใส่กรอกก่อน (ก) และหลัง (ข) นำไปให้ความร้อนและปั่นเหวี่ยงด้วยเครื่องเซนตริฟิวจ์ในขั้นตอนการวิเคราะห์ความคงตัวอิมัลชันของแบคทีเรีย



ภาพผนวก จ3 ของเหลวทั้งหมดที่แยกได้ (TEF) จากอิมัลชันของแบคทีเรีย



ภาพผนวก จ4 การหาปริมาณความชื้น (Moisture content) จากใส่กรอกไก่อิมัลชันหลังทำให้สุก



ภาพผนวก จ5 ไส้กรอกไก่อิมัลชันหลังทำให้สุกและหั่นชิ้นสำหรับวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัสและ
ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส สูตร CT สูตร PP0.3 สูตร PP0.15+CMC0.15
สูตร CMC0.3 สูตร PP0.15+KJ0.15 และสูตร KJ0.3 (จากซ้ายไปขวา)

