

ผลของโปรตีนสกัดจากถั่วเหลืองและโซเดียมเคซีเนตในการทดแทนฟอสเฟต ต่อคุณลักษณะทางกายภาพและทางประสาทสัมผัสของไส้กรอกหมูผสมไก่

Effect of Soy Protein Isolate and Sodium Caseinate Used as Phosphate Replacer on Physical and Sensory Characteristics of Pork/Chicken Sausage

นฤมล จอมมาก¹ สวรรักษ์ จันทรเทพวิมากุล² และ ปัทมา ระตะนะอาพร³

^{1,2} ภาควิชาวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

³ ภาควิชาผลิตภัณฑ์ประมง คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

บทคัดย่อ

ฟอสเฟตเป็นสารเติมแต่งอาหารที่นิยมใช้ในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเพื่อลดการสูญเสียน้ำหนักหลังสุก เพิ่มความสามารถในการอุ้มน้ำและปรับปรุงเนื้อสัมผัส อย่างไรก็ตามการใช้ฟอสเฟตในปริมาณมากเกินไปอาจส่งผลเสียต่อสุขภาพของผู้บริโภคได้ วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้คือเพื่อศึกษาผลของโปรตีนสกัดจากถั่วเหลือง (SPI) และโซเดียมเคซีเนต (SC) ในการทดแทนฟอสเฟตต่อคุณลักษณะทางกายภาพและทางประสาทสัมผัสของไส้กรอกหมูผสมไก่ ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าการทดแทนฟอสเฟตด้วย SPI ปริมาณ 2% หรือ SC ปริมาณ 1% ช่วยปรับปรุงการอุ้มน้ำเช่นเดียวกับฟอสเฟตปริมาณ 0.3% โดย SPI ปริมาณ 2% สามารถลดการสูญเสียน้ำหนักหลังการทำสุกได้มากกว่าตัวอย่างอื่นเมื่อเทียบกันระหว่างตัวอย่างที่ใช้สารทดแทน ($p < 0.05$) ขณะที่ผลนี้ไม่แตกต่างกันระหว่าง SC ปริมาณ 1% และ 2% ($p \geq 0.05$) ดังนั้นไส้กรอกที่เติม SPI ปริมาณ 2% และ SC ปริมาณ 1% จึงถูกเลือกไปศึกษาค่าสี ลักษณะเนื้อสัมผัส และคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส พบว่าสารทั้งสองชนิดที่ปริมาณดังกล่าวสามารถเพิ่มความสว่างและปรับปรุงเนื้อสัมผัสซึ่งบ่งชี้ความแข็งแรงภายในโครงสร้างของไส้กรอกในทิศทางเดียวกับฟอสเฟต ($p \geq 0.05$) แต่ไส้กรอกที่เติม SPI ปริมาณ 2% ได้คะแนนความชอบด้านความชุ่มฉ่ำและความชอบโดยรวมสูงกว่าไส้กรอกที่เติม SC ปริมาณ 1% ซึ่งผลเป็นทำนองเดียวกับฟอสเฟต สรุปได้ว่า SPI ปริมาณ 2% และ SC ปริมาณ 1% มีความเป็นไปได้ที่จะใช้ทดแทนฟอสเฟต เนื่องจากมีแนวโน้มช่วยรักษาความสามารถในการอุ้มน้ำ โดยการใช้ SPI ปริมาณ 2% มีประสิทธิภาพเหนือกว่า SC ปริมาณ 1% ในด้านการลดการสูญเสียน้ำหนักหลังการทำสุกและปรับปรุงคุณภาพทางประสาทสัมผัส

คำสำคัญ: ฟอสเฟต โปรตีนถั่วเหลืองสกัด โซเดียมเคซีเนต ไส้กรอก

Abstract

Phosphate is commonly food additive used in sausage for reducing cooking losses, improving the water holding capacity and texture property. However, an excessive use of phosphate might affect the customer's health. The aim of this study was to determine the effect of soy protein isolate (SPI) and sodium caseinate (SC) replacing phosphate on physical and sensory characteristics of pork/chicken sausage. The result showed that replacement of phosphate with SPI at concentrations of 2% or SC at concentration of 1% resulted in improving water holding capacity, which were similar to addition of 0.3% phosphates. The 2% SPI could significantly reduce cooking loss compared with other samples among the replacers ($p < 0.05$), while there was no difference between the 1% and 2% SC ($p \geq 0.05$). Therefore, the sausage with 2% SPI and 1% SC were collected to study for color values, texture profile and sensory characteristics. Both replacers at those levels could increase lightness and improve textural properties of sausage indicated the strengthen structure similar to those of phosphate sample ($p \geq 0.05$). But the sausage added with 2% SPI had sensory liking scores greater than those with 1% SC for juiciness and overall liking. The results were same as those with phosphate. In conclusion, 2% SPI and 1% SC are likely to use in replacing for phosphate because they could maintain water holding capacity while the use

¹ อาจารย์, ดร., ภาควิชาวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ Email: naruemon.j@mail.rmutk.ac.th

² อาจารย์, ดร., ภาควิชาวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

³ รองศาสตราจารย์, ดร., ภาควิชาผลิตภัณฑ์ประมง คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

of 2% SPI was more effective in terms of reducing cooking loss and improving sensory quality of the sausage than that of 1% SC.

Keyword: Sausage, Phosphate, Soy protein isolate, Sodium caseinate

1. บทนำ

ไส้กรอกเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการแปรรูปเนื้อสัตว์ สามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภท ตามลักษณะของไส้กรอก ประเภทแรกคือไส้กรอกบดหยาบ ได้จากการใช้เนื้อสัตว์ที่บดแบบหยาบผสมกับเครื่องปรุงเครื่องเทศแล้วบรรจุใส่ อาจจะมีรมควันหรือไม่รมควันก็ได้ เมื่อนำมาบริโภคจะต้องทำให้สุกก่อน ตัวอย่างของไส้กรอกชนิดนี้ ได้แก่ ไส้กรอกเนื้อหมูสด ไส้กรอกเนื้อวัวสด กุนเชียงและไส้กรอกอีสาน เป็นต้น ส่วนอีกประเภทหนึ่งคือไส้กรอกบดละเอียดเป็นไส้กรอกที่ต้องทำให้เนื้อสัตว์ ไขมัน และน้ำรวมเป็นเนื้อเดียวกันเป็นอิมัลชัน (Emulsion) มีการปรุงรสด้วยเครื่องเทศและเครื่องปรุงรสต่างๆ ได้แก่ ไส้กรอกเวียนนา (Vienna sausage) โบโลญา (Bologna) และแฟรงค์เฟอเตอร์ (Frankfurter) เป็นต้น [1] ในการผลิตผลิตภัณฑ์ไส้กรอกทั่วไปผู้ผลิตนิยมใช้ฟอสเฟตเป็นส่วนผสมเพื่อช่วยเพิ่มความสามารถในการอุ้มน้ำ ทำให้ผลิตภัณฑ์ไส้กรอกไม่สูญเสียน้ำหนักมากหลังการปรุงสุก [2] ฟอสเฟตเป็นวัตถุปรุงแต่งที่นิยมเติมในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเพื่อเพิ่มความสามารถในการอุ้มน้ำ ทำให้ผลิตภัณฑ์มีความชุ่มฉ่ำและช่วยลดการสูญเสียน้ำหนักหลังปรุงสุก อีกทั้งช่วยให้เนื้อผลิตภัณฑ์ไส้กรอกไม่สูญเสียรสชาติและประสาทสัมผัสที่ดีขึ้น ได้แก่ ความนุ่ม ความฉ่ำน้ำ สี กลิ่น และรส [3], [4] แต่การเติมฟอสเฟตในปริมาณมากเกินไปอาจเกิดผลเสียต่อสุขภาพของผู้บริโภคได้ เนื่องจากฟอสเฟตที่มากเกินไปจะส่งผลให้ความเข้มข้นของฮอโรโมนพาราไทรอยด์ในเซลล์เพิ่มขึ้นและขัดขวางการดูดซึมแร่ธาตุแคลเซียมและแมกนีเซียมเข้าสู่กระดูกทำให้กระดูกมีความหนาแน่นลดลงและเพิ่มความเสี่ยงในการเป็นโรคกระดูกพรุน [4] จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งในการศึกษาวิจัยและค้นคว้าหาสารธรรมชาติเพื่อทดแทนสารประกอบกลุ่มฟอสเฟตเพื่อให้ผลิตภัณฑ์มีความปลอดภัย สารทดแทนฟอสเฟตที่มีการศึกษาและนำมาใช้ในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ ได้แก่ โปรตีนสกัดจากถั่วเหลืองและ

โซเดียมเคซีเนต เป็นต้น ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของโปรตีนสกัดจากถั่วเหลืองและโซเดียมเคซีเนตต่อคุณลักษณะทางกายภาพและทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมูผสมไก่ เพื่อเป็นแนวทางการใช้สารทางเลือกสำหรับทดแทนการใช้สารกลุ่มฟอสเฟตในผลิตภัณฑ์จากเนื้อสัตว์ โดยใช้ในระดับ 1% และ 2% โดยน้ำหนักรวมของผลิตภัณฑ์ ทั้งนี้เป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ไส้กรอกที่กำหนดให้ใช้สารดังกล่าวได้ไม่เกิน 2% โดยน้ำหนัก [5]

2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ไส้กรอกอิมัลชันเป็นผลิตภัณฑ์ที่จัดอยู่ในกลุ่มของผลิตภัณฑ์ลดขนาดบดละเอียดอิมัลชันซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์จากเนื้อสัตว์ที่ถูกบดด้วยเครื่องบดและสับละเอียดจนโครงสร้างในระดับเส้นใยกล้ามเนื้อเปลี่ยนแปลง โดยมีโปรตีนไมโอซินละลายออกมาจากเส้นใยกล้ามเนื้อ และทำให้ส่วนผสมแปรเปลี่ยนเป็นมวลเหนียว ซึ่งเป็นลักษณะของส่วนผสมที่เรียกว่าอิมัลชัน [2]

2.1 สารประกอบฟอสเฟต (Phosphate compounds)

สารฟอสเฟตเป็นสารเจือปนอาหารที่นิยมใช้ในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ มีหน้าที่สำคัญคือเพิ่มความแข็งแรงของอิมัลชันเนื้อสัตว์ นอกจากนี้ยังช่วยป้องกันไม่ให้เกิดการสูญเสียส่วนของเหลวในเนื้อมากเกินไปในช่วงการทำให้สุก และยังช่วยเพิ่มความสามารถในการอุ้มน้ำของผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้น โดยช่วยทำให้โปรตีนแอกโตไมโอซินสามารถแยกตัวออกจากกันเป็นแอกตินและไมโอซินเข้าไปจับหุ้มห่อไขมันไว้ และเกิดการจับตัวกันเป็นโครงร่างแหทำให้เกิดเป็นระบบอิมัลชันที่มีความคงตัว [2], [6] เมื่อมีการให้ความร้อน น้ำและไขมันไม่ไหลออกมาจากโครงร่างจึงทำให้การสูญเสียน้ำหนักภายหลังการต้มสุกลดน้อยลง รวมทั้งความแน่นเนื้อและการเกาะตัวกันจึงเพิ่มขึ้นด้วย ซึ่งชนิดของสารประกอบฟอสเฟตที่นิยมใช้เพื่อทำให้การสูญเสีย

น้ำหนักภายหลังการให้ความร้อนลดลง ช่วยให้ความสามารถในการอุ้มน้ำเพิ่มขึ้น และปรับปรุงเนื้อสัมผัสได้แก่ โซเดียมไตรโพลีฟอสเฟตและโซเดียมเตตระโพสเฟต แต่การใช้สารประกอบฟอสเฟตมีข้อจำกัดการใช้ต้องไม่เกิน 0.3% ตามพระราชบัญญัติอาหาร และการใช้ในปริมาณที่มากเกินไปจะทำให้ผลิตภัณฑ์มีรสชาติคล้ายสบู่ มีรสชาติฝาดทำให้ไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค และอาจส่งผลเสียต่อสุขภาพของผู้บริโภค จึงเป็นข้อจำกัดทำให้ไม่สามารถใช้ในปริมาณที่สูงได้ [7]

2.2 โปรตีนสกัดจากถั่วเหลือง (Soy protein isolate หรือ SPI)

โปรตีนสกัดจากถั่วเหลือง มีสมบัติเชิงหน้าที่คล้ายกับโปรตีนจากนมและไข่แต่มีราคาถูกกว่ามาก ผู้ผลิตนิยมเติมโปรตีนสกัดจากถั่วเหลือง เพื่อเพิ่มปริมาณโปรตีนในผลิตภัณฑ์ ลดต้นทุนในการผลิตโดยเติมโปรตีนสกัดจากถั่วเหลืองทดแทนเนื้อแดงในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ลดขนาดชนิดบดละเอียด นอกจากนี้ยังมีสมบัติเป็นอิมัลซิฟายเออร์ที่ดีเนื่องจากในโมเลกุลประกอบด้วยส่วนที่ชอบน้ำ (hydrophilic) และไม่ชอบน้ำ (hydrophobic) จึงสามารถจับน้ำและไขมันให้คงตัวอยู่ในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ได้ ดังนั้นจึงเหมาะที่จะใช้ในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์แปรรูปต่าง ๆ ในการปรับปรุงลักษณะเนื้อสัมผัส ทำให้มีความชุ่มฉ่ำมากขึ้น รวมถึงช่วยลดการสูญเสียน้ำหนักหลังผ่านการทำให้สุกและระหว่างการเก็บรักษา [8], [9]

2.3 โซเดียมเคซีเนต (Sodium caseinate หรือ SC)

โซเดียมเคซีเนตเป็นส่วนที่ได้จากการตกตะกอนโปรตีนในน้ำนม มีสมบัติเป็นอิมัลซิฟายเออร์ สามารถจับกับน้ำและไขมันได้ดี จึงช่วยให้อิมัลชันมีความคงตัวและช่วยเพิ่มคุณสมบัติด้านการจับกับน้ำของแบคทีเรีย และสามารถเกิดเจลร่วมกับโปรตีนที่จะทำให้เกิดเป็นโครงสร้างแบบร่างแหตาข่ายหลังการให้ความร้อนได้ [10] โซเดียมเคซีเนตจึงสามารถใช้ในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์แปรรูปได้ดี นอกจากนี้ยังมีความคงตัวสูงระหว่างการแช่แข็งและการละลาย โดยอาจเติมโซเดียมเคซีเนตลงไปโดยตรงหรือเติมในรูปของอิมัลชันของไขมัน (fat emulsion) ก็ได้ [8], [11]

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การบริโภคฟอสเฟตปริมาณสูงเกินไปส่งผลต่อระบบการทำงานของร่างกายผู้บริโภค โดยเกิดภาวะฟอสเฟตในเลือดสูง (Hyperphosphatemia) คือภาวะที่มีระดับฟอสเฟตในซีรัมมากกว่า 5 mg/dL [12] ซึ่งจะไปกระตุ้นต่อมพาราไทรอยด์ให้หลั่งฮอร์โมนพาราไทรอยด์ (Parathyroid hormone) ซึ่งฮอร์โมนพาราไทรอยด์จะไปสลายแคลเซียมออกจากกระดูกเพื่อมาจับฟอสเฟตในเลือดที่มากเกินไปเพื่อให้ระดับฟอสเฟตในเลือดกลับมาอยู่ในระดับปกติคือช่วง 2.7-4.9 mg/dL [13] เมื่อเกิดภาวะฟอสเฟตในเลือดสูงจึงส่งผลให้เกิดอาการคันตามผิวหนัง มีก้อนแคลเซียมเกาะตามเนื้อเยื่อ กระดูกบางและภาวะต่อมพาราไทรอยด์โต (Hyperparathyroidism) และโรคหลอดเลือดแข็งในที่สุด โดยเฉพาะอย่างยิ่งสำหรับผู้ที่เป็โรคไตเรื้อรังที่ได้รับการบำบัดทดแทนไตด้วยการฟอกเลือดด้วยเครื่องล้างไต มักมีภาวะฟอสฟอรัสในเลือดสูงเนื่องจากการทำงานของไตลดลง จึงไม่สามารถกำจัดฟอสเฟตออกจากร่างกายได้ นอกจากนี้แล้วฟอสฟอรัสที่สะสมมากขึ้นอยู่กัพฤติกรรมกรรมการบริโภคจากอาหารด้วย [14]

Youssef และ Barbut [15] ได้ศึกษาผลของโปรตีนสกัดจากถั่วเหลืองต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์อิมัลชันที่ผ่านการให้ความร้อนระดับพาสเจอร์ไรซ์ พบว่าการเติมโปรตีนสกัดจากถั่วเหลือง ปริมาณ 1.5% โดยน้ำหนักรวม จะทำให้ผลิตภัณฑ์มีค่าความสว่างมากขึ้น ในขณะที่มีค่าสีแดง ค่าการสูญเสียน้ำหนักหลังการให้ความร้อน และค่าความแข็ง (ความแน่นเนื้อ) ต่ำกว่าผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์อิมัลชันที่ไม่มีการเติม เนื่องมาจากโปรตีนสกัดจากถั่วเหลืองที่เติมลงในผลิตภัณฑ์ไปรบกวนโครงสร้างเจลของเนื้อสัตว์ ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีเนื้อสัมผัสนุ่มลง และจากการศึกษาของ Akesson [16] ผลของการเติมโปรตีนสกัดจากถั่วเหลือง ปริมาณ 1% ถึง 2% โดยน้ำหนักรวมต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมูลดไขมันที่ผ่านการให้ความร้อนระดับพาสเจอร์ไรซ์ พบว่าการเติมโปรตีนสกัดจากถั่วเหลือง ปริมาณ 2% โดยน้ำหนักรวม ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีความชุ่มน้ำและค่าสีเหลืองสูง ในขณะที่ค่าสีแดง ค่าการ

ปริมาณส่วนผสม (กรัม)	ตัวอย่าง					
	ควบคุม	PP*	SPI		SC	
			1%	2%	1%	2%
เนื้อหมู			54.42			
เนื้อไก่			15.24			
น้ำแข็ง			18			
น้ำมันถั่วเหลือง			5			
มันหมูแข็งบด			6.2			
เกลือป่น			0.6			
น้ำตาล			0.12			
พริกไทยป่น			0.12			
กระเทียมป่น			0.12			
ลูกผักชีป่น			0.12			
ลูกจันทน์ป่น			0.03			
อบเชยป่น			0.03			
ฟอสเฟต**	-	0.3	-	-	-	-
โปรตีนสกัดจากถั่วเหลือง	-	-	1.0	2.0	-	-
โซเดียมเคซีเนต	-	-	-	-	1.0	2.0
น้ำหนักรวม	100	100.3	101	102	101	102

สูญเสียน้ำหนัก และปริมาณของเหลวที่ไหลออกจากผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหลังการให้ความร้อนมีค่าต่ำกว่าผลิตภัณฑ์ที่ไม่มีการเติมโปรตีนสกัดจากถั่วเหลือง และเมื่อพิจารณาผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่าผลิตภัณฑ์ที่เติมโปรตีนสกัดจากถั่วเหลือง ปริมาณ 2% โดยน้ำหนักรวม มีคะแนนความเข้มทางด้านสี ความชุ่มฉ่ำ และความแน่นเนื้อมากกว่าผลิตภัณฑ์ที่ไม่มีการเติมโปรตีนสกัดจากถั่วเหลือง

Zhang และคณะ [17] ศึกษาผลของการใช้โซเดียมเคซีเนตในการผลิตไส้กรอก โดยเติมในรูปของอิมัลชันที่ประกอบด้วย โซเดียมเคซีเนต ไขมันไก่ และน้ำ ในอัตราส่วน 1:9:8 แล้วจึงนำอิมัลชันที่ได้ไปผสมกับส่วนผสมอื่น ๆ ได้แก่ เนื้อหมูปราศจากไขมัน เกลือ สตาร์ช ไขมันหมู ฟอสเฟต เครื่องเทศ และน้ำแข็ง เมื่อตรวจวิเคราะห์ตัวอย่างโดยวิธีส่องกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราด (Scanning electron microscopic method) พบว่ามีฟิล์มบาง ๆ ของโซเดียมเคซีเนต (ความหนา 1 มิลลิ

ไมครอน) หุ้มล้อมรอบอนุภาคเม็ดไขมันไว้ จึงทำให้ความคงตัวของระบบไขมัน-โปรตีน-น้ำ สูงขึ้น

3. วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 การเตรียมไส้กรอกหมูผสมไก่

ส่วนผสมของไส้กรอกหมูผสมไก่สูตรไม่เติมฟอสเฟต สูตรฟอสเฟต และสูตรเติมสารทดแทนฟอสเฟต 2 ชนิด ได้แก่ โปรตีนสกัดจากถั่วเหลือง (SPI) และโซเดียมเคซีเนต (SC) ในปริมาณ 2 ระดับ (1% และ 2%) โดยน้ำหนักรวม (w/w) แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ส่วนผสมของไส้กรอกหมูผสมไก่สูตรควบคุม สูตรเติมฟอสเฟต และสูตรเติมสารทดแทนฟอสเฟต

หมายเหตุ * หมายถึง ไส้กรอกสูตรเติมฟอสเฟต ดัดแปลงจาก วิชชุดา [18],
****** หมายถึง ฟอสเฟตผสมระหว่างโซเดียมไตรโพลีฟอสเฟตและเตตระโซเดียมไพโรฟอสเฟต อัตราส่วน 1:1

3.1.1 เตรียมเนื้อหมูผสมไก่ โดยนำสันในหมูและอกไก่มาล้างด้วยน้ำสะอาด ลอกพังผืดที่มองเห็นได้ด้วยตาเปล่าออก หั่นเป็นชิ้นเล็กๆ บดละเอียดครั้งแรกด้วยเครื่องบดเนื้อผ่านหน้าแปลนขนาด 5 มิลลิเมตร แล้วผสมสันในหมูและอกไก่บดที่ได้ตามสัดส่วนที่กำหนดในสูตรดังตารางที่ 1 จากนั้นนำมาบดรวมกันอีกสองครั้ง และนำไปแช่เย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ก่อนใช้งาน

3.1.2 เตรียมมันหมูแข็งบดโดยนำมันหมูแข็งมาล้างด้วยน้ำสะอาด หั่นเป็นชิ้นเล็กๆ และบดละเอียดด้วยเครื่องบดเนื้อเช่นเดียวกับเนื้อบด บดจำนวน 1 ครั้ง แล้วบรรจุลงภาชนะโดยการเกลี่ยให้เป็นแผ่นบาง ๆ นำไปแช่แข็งที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส จนกระทั่งนำออกมาใช้งาน

3.1.3 ทำการผลิตไส้กรอกโดยมีการควบคุมอุณหภูมิขณะผสมส่วนผสมทั้งหมดไม่เกิน 18 องศาเซลเซียส ภายในเครื่องผสมอาหาร (รุ่น 5KSM150CZ ยี่ห้อ Kitchen Aid, ประเทศสหรัฐอเมริกา) โดยนำเนื้อสันในหมูและอกไก่บดละเอียด นวดผสมกับเกลือบริโภค เป็นเวลา 8 นาที แล้วเติมน้ำแข็ง 1 ใน 3 ส่วนของที่ใช้ทั้งหมด นวดผสมเป็นเวลา

3 นาที จากนั้นเติมสารฟอสเฟตหรือสารทดแทน หรือไม่เติมสารใดๆ สำหรับชุดควบคุม นวดผสมต่อเป็นเวลา 2 นาที แล้วจึงเติมน้ำแข็งส่วนที่ 2 และส่วนผสมเครื่องปรุงที่เหลือ ยกเว้นมันหมูบดแช่แข็ง นวดผสมเป็นเวลา 3 นาทีสุดท้ายเติมมันหมูบด และน้ำแข็งส่วนสุดท้าย ปั่นด้วยเครื่องปั่นมือถือ (รุ่น MSM6S90B ยี่ห้อ Bosch, ประเทศสาธารณรัฐสโลเวเนีย) ที่ความเร็วระดับสูง และค่อยๆ เติมน้ำมันถั่วเหลืองลงไปในขณะที่ปั่นเป็นเวลา 4 นาที นำอิมัลชันของไส้กรอก (Batter) ที่ได้ไปแช่เย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1-2 ชั่วโมง แล้วนำมาบรรจุใส่ไส้เทียมคอลลาลาเจน มัดความยาวท่อนละ 5 นิ้ว นำไปต้มสองครั้งที่อุณหภูมิ 60 และ 75 องศาเซลเซียส เป็นเวลาอุณหภูมิละ 15 นาที หลังการต้มสุกนำไปแช่ในน้ำเย็นประมาณ 5 นาที ผึ่งให้สะเด็ดน้ำบนตะแกรงที่สะอาด แล้วจึงนำไปวิเคราะห์คุณลักษณะด้านต่าง ๆ ของไส้กรอกหมูผสมไก่

3.2 การวิเคราะห์คุณลักษณะทางกายภาพและทางประสาทสัมผัสของไส้กรอกหมูผสมไก่

3.2.1 วิเคราะห์ค่าความสามารถในการอุ้มน้ำ (Water holding capacity; WHC) ของไส้กรอกหมูผสมไก่ ตามวิธีดัดแปลงจาก Thorarinsdottir และคณะ [19] โดยชั่งน้ำหนักตัวอย่างไส้กรอก 1.5 กรัม บนกระดาษกรองที่ทราบน้ำหนัก จากนั้นนำไปเหวี่ยงด้วยความเร็ว 1,500 รอบ/นาที ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที โดยใช้เครื่องปั่นเหวี่ยง (รุ่น Mikro 22R ยี่ห้อ Hettich, ประเทศเยอรมนี) แล้วนำกระดาษกรองหลังเหวี่ยงมาชั่งน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น ทำการทดสอบทั้งหมด 3 ซ้ำ และคำนวณค่าความสามารถในการอุ้มน้ำ ดังสมการที่ 1

$$WHC (\%) = ((M_2 - M_1) / M_3) \times 100 \quad (1)$$

โดย M_1 คือ น้ำหนักกระดาษกรอง (กรัม) เริ่มต้น

M_2 คือ น้ำหนักกระดาษกรอง (กรัม) หลังปั่นเหวี่ยง

M_3 คือ น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม) เริ่มต้น

3.2.2 วิเคราะห์ค่าการสูญเสียน้ำหนักหลังการทำสุก (Cooking loss; CL) ของไส้กรอกหมูผสมไก่ ตามวิธีดัดแปลงจาก Porcella [20] โดยชั่งน้ำหนักรวมของ

ตัวอย่างไส้กรอกที่บรรจุไส้ก่อนการทำสุก (W_1) และชั่งน้ำหนักรวมของตัวอย่างภายหลังการทำสุก (W_2) เพื่อใช้คำนวณค่าการสูญเสียน้ำหนักหลังการทำสุก ดังสมการที่ 2 ทำการทดสอบทั้งหมด 3 ซ้ำ

$$CL (\%) = ((W_1 - W_2) / W_1) \times 100 \quad (2)$$

โดย W_1 คือ น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม) ก่อนการทำสุก

W_2 คือ น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม) หลังการทำสุก

3.2.3 วิเคราะห์ค่าสี โดยทำการวัดค่าสี ในระบบ CIE ด้วยเครื่องวิเคราะห์ค่าสี รุ่น Color Quest XE ยี่ห้อ Hunter Lab (ประเทศสหรัฐอเมริกา) เตรียมตัวอย่างทดสอบโดยตัดตัวอย่างไส้กรอกหมูผสมไก่ความหนา 0.5 เซนติเมตร ตั้งค่าการใช้เครื่องในโหมด RSEX (Reflectance Specular Excluded) แล้ววิเคราะห์ค่าสี ได้แก่ ค่าความสว่าง (L) ค่าสีแดง (a^*) และค่าสีเหลือง (b^*) ทำการทดสอบทั้งหมด 3 ซ้ำ

3.2.4 วิเคราะห์ลักษณะโครงสร้างเนื้อสัมผัส (Texture profile analysis; TPA) โดยทำการเตรียมตัวอย่างไส้กรอกหมูผสมไก่ หั่นเป็นชิ้นหนา 1.5 เซนติเมตร นำไปทดสอบลักษณะเนื้อสัมผัสด้วยเครื่องวิเคราะห์เนื้อสัมผัส (Texture analyzer) รุ่น TA.XT Plus ยี่ห้อ Stable Micro System (ประเทศอังกฤษ) โดยใช้หัววัดทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 50 มิลลิเมตร (P/50) กำหนดให้หัววัดกดลงบนตัวอย่างจำนวน 2 ครั้ง ด้วยความเร็วก่อนกด 2 มิลลิเมตร/วินาที ความเร็วขณะกด 1 มิลลิเมตร/วินาที และให้หัววัดเคลื่อนที่กลับด้วยความเร็ว 10 มิลลิเมตร/วินาที ซึ่งดัดแปลงจาก Ordonez และคณะ [21] แต่ละสูตรทำการทดสอบทั้งหมด 3 ซ้ำ แล้วคำนวณค่าทดสอบ ได้แก่ ความแข็ง (hardness) ความยืดหยุ่น (springiness) การยึดเกาะ (cohesiveness) และแรงที่ใช้ในการเคี้ยว (chewiness)

3.2.5 ทดสอบทางประสาทสัมผัส โดยทำการประเมินความชอบทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมูผสมไก่สูตรเติมสารทดแทนฟอสเฟตที่ได้จากการคัดเลือกในการศึกษาข้างต้นและให้สูตรที่ไม่เติมฟอสเฟตเป็นชุดควบคุม เตรียมตัวอย่างทดสอบโดยหั่นใส่

กรอกหมูผสมไก่เป็นชิ้นตามขวาง หน้า 2 เซนติเมตร ใส่ลงในถ้วยพลาสติกที่มีรหัสกำกับตัวอย่างโดยใช้เลขสุ่ม 3 หลัก แล้วเสิร์ฟตัวอย่างให้ผู้บริโภคเพื่อให้คะแนนความชอบในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ ความแน่นเนื้อ ความชุ่มฉ่ำ และความชอบโดยรวม โดยใช้แบบทดสอบความชอบ 9 คะแนน (9 point hedonic scale) กำหนดให้คะแนน 1 คือ ไม่ชอบมากที่สุด และ 9 คือ ชอบมากที่สุด และใช้ผู้บริโภคทั่วไปที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 30 คน

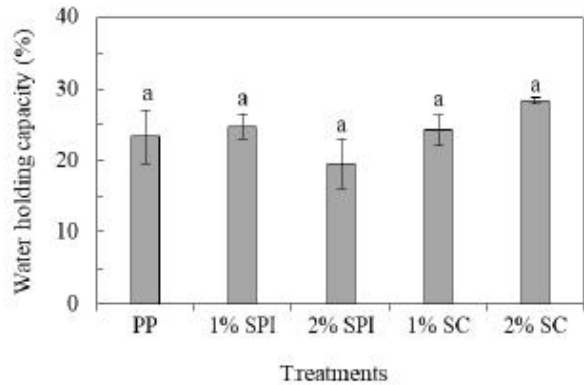
3.3 การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยวิธีทางสถิติ

สำหรับการประเมินคุณภาพทางกายภาพใช้การวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Complete randomize design) ส่วนการทดสอบทางประสาทสัมผัสใช้การวางแผนการทดลองแบบสุ่มภายในบล็อกสมบูรณ์ (Randomize complete block design) แล้ววิเคราะห์ผลทางสถิติด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป ด้วยวิธีวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

4. ผลการวิจัย

ในการศึกษาผลของโปรตีนสกัดจากถั่วเหลือง (SPI) และโซเดียมเคซีเนต (SC) ที่ระดับปริมาณ 1% และ 2% โดยน้ำหนักรวมของผลิตภัณฑ์ ในการเป็นสารทดแทนฟอสเฟต (PP) ในไส้กรอกหมูผสมไก่ ผู้วิจัยได้นำผลิตภัณฑ์ที่มีการทดแทนสารฟอสเฟตไปวิเคราะห์คุณลักษณะด้านกายภาพและคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส ทั้งนี้เพื่อประเมินความเป็นไปได้ที่จะใช้ทดแทนฟอสเฟตในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมูผสมไก่

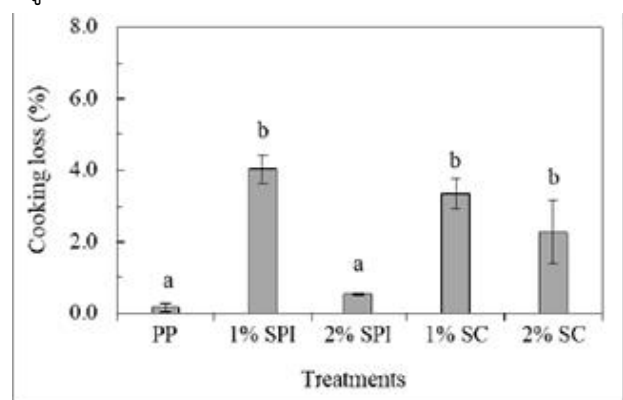
ผลการวิเคราะห์ค่าความสามารถในการอุ้มน้ำของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมูผสมไก่ จากการคำนวณเป็นร้อยละของการอุ้มน้ำของผลิตภัณฑ์ (รูปที่ 1) พบว่าไส้กรอกทุกตัวอย่างมีค่าความสามารถในการอุ้มน้ำไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$)



รูปที่ 1 ค่าความสามารถในการอุ้มน้ำ (Water holding capacity) ของไส้กรอกหมูผสมไก่

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษ (a) เหมือนกัน หมายถึงค่าเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$)

ผลการวิเคราะห์ค่าการสูญเสียน้ำหนักหลังการทำสุก (Cooking loss) แสดงดังรูปที่ 2 พบว่าการใช้ฟอสเฟตทำให้ไส้กรอกหมูผสมไก่มีปริมาณการสูญเสียน้ำหนักหลังการทำสุกต่ำที่สุด ($p < 0.05$) โดยมีค่าการสูญเสียน้ำหนักต่ำกว่า 1% และผลเป็นทำนองเดียวกับไส้กรอกที่เติม SPI ปริมาณ 2% ขณะที่การเติม SC ปริมาณ 1% และ 2% มีค่าการสูญเสียน้ำหนักหลังการทำสุกสูงกว่าไส้กรอกที่เติมฟอสเฟต แต่ค่าการสูญเสียน้ำหนักหลังการทำสุกอยู่ในระดับต่ำ โดยอยู่ในช่วง 3–4%



รูปที่ 2 ค่าการสูญเสียน้ำหนักหลังการทำสุก (Cooking loss) ของไส้กรอกหมูผสมไก่

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษ (a,b) ที่ต่างกัน หมายถึงค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

จากผลการศึกษาค่าความสามารถในการอุ้มน้ำและการสูญเสียน้ำหนักหลังการทำสุก แสดงให้เห็นว่าการเติม SPI ปริมาณ 2% ของไส้กรอกหมูผสมไก่ สามารถปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ได้ทำนองเดียวกับฟอสเฟต ส่วนการเติม SC ที่ปริมาณ 1% และ 2% แม้มีประสิทธิภาพต่ำกว่า SPI แต่ผลแสดงแนวโน้มที่จะช่วยปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ได้ทำนองเดียวกัน อย่างไรก็ตามการเพิ่มปริมาณ SC มากขึ้นเป็น 2 เท่า จาก 1% เป็น 2% ประสิทธิภาพของสารเพิ่มขึ้นอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) ดังนั้นในการศึกษาถัดไปผู้วิจัยจึงได้ทำการศึกษาผลของการเติม SPI ที่ปริมาณ 2% และ SC ที่ปริมาณ 1% ต่อคุณลักษณะด้านสี ลักษณะโครงสร้างเนื้อสัมผัส และคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมูผสมไก่ โดยศึกษาเปรียบเทียบกับตัวอย่างที่ไม่มีการเติมฟอสเฟต (ตัวอย่างควบคุม) และตัวอย่างที่มีการเติมฟอสเฟต

ผลการวิเคราะห์ค่าสี ได้แก่ ค่าความสว่าง (L^*) ค่าสีแดง (a^*) และค่าสีเหลือง (b^*) ของไส้กรอกหมูผสมไก่ทั้ง 4 ตัวอย่าง แสดงดังตารางที่ 2 พบว่าสีของไส้กรอกที่เติมฟอสเฟตมีค่าความสว่างต่ำที่สุดเท่ากับ 63.10 ($p < 0.05$) ส่วนไส้กรอกที่เติม SPI ปริมาณ 2%, ที่เติม SC ปริมาณ 1% และที่ไม่เติมฟอสเฟต มีค่าความสว่างอยู่ระหว่าง 66.66 ถึง 67.21 ขณะที่ไส้กรอกที่เติม SC ปริมาณ 1% นั้นมีผลทำให้ค่าสีแดงและค่าสีเหลืองสูงกว่าตัวอย่างอื่น

ตารางที่ 3 ลักษณะโครงสร้างเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมูผสมไก่

ตัวอย่าง	ลักษณะโครงสร้างเนื้อสัมผัส			
	ความแข็ง (กรัม)	ความยืดหยุ่น (วินาที)	การยึดเกาะ	แรงที่ใช้ในการเคี้ยว (กรัม.วินาที)
ควบคุม	2,076.89±345.23 ^a	0.84±0.02 ^a	0.35± 0.05 ^a	616.78± 177.13 ^a
ฟอสเฟต	2,839.73±531.40 ^b	0.85±0.01 ^a	0.44±0.04 ^b	1,076.57±276.64 ^b
2% SPI	2,358.60±239.03 ^a	0.86±0.02 ^a	0.38±0.03 ^a	768.99±49.44 ^a
1% SC	2,267.22±244.05 ^a	0.85±0.03 ^a	0.36±0.02 ^a	688.61±80.54 ^a

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษ (^{a,b}) ที่ต่างกันในแต่ละแถว หมายถึงค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

ตารางที่ 2 ค่าสีของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมูผสมไก่

ตัวอย่าง	ค่าสี		
	ความสว่าง	สีแดง (a^*)	สีเหลือง (b^*)
ควบคุม	66.66±0.82 ^b	12.29±1.31 ^a	25.75±2.02 ^a
PP	63.10±0.57 ^a	13.61±1.04 ^{bc}	25.89±1.90 ^a
2% SPI	66.98±0.50 ^b	13.15±0.31 ^b	24.72±0.62 ^a
1% SC	67.21±0.45 ^b	14.04±0.43 ^c	27.89±0.67 ^b

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษ (^{a,b,c}) ที่ต่างกันในแต่ละแถว หมายถึงค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

ผลการวิเคราะห์ลักษณะโครงสร้างเนื้อสัมผัสของไส้กรอกทั้ง 4 ตัวอย่าง มีค่าความยืดหยุ่นของผลิตภัณฑ์ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) แต่ไส้กรอกที่มีการเติมฟอสเฟตจะมีคุณลักษณะด้านความแข็ง การยึดเกาะ และแรงที่ใช้ในการเคี้ยวหรือความเหนียวของไส้กรอกที่ดีกว่าตัวอย่างอื่น โดยมีค่าทดสอบแต่ละคุณลักษณะสูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) อย่างไรก็ตามจากผลการวิเคราะห์ค่าความแข็ง ค่าการยึดเกาะ และแรงที่ใช้ในการเคี้ยวของไส้กรอกที่มีการเติม SPI ปริมาณ 2% หรือ SC ปริมาณ 1% แสดงให้เห็นว่าผลของสารทดแทนฟอสเฟตทั้งสองชนิดมีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกับการใช้ฟอสเฟตมากกว่าการไม่เติมสารฟอสเฟต ($p \geq 0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 4 คะแนนทดสอบความชอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมูผสมไก่

คุณลักษณะ	ตัวอย่าง			
	ควบคุม	ฟอสเฟต	2% SPI	1% SC
ลักษณะปรากฏ	6.27±1.53 ^b	6.77±1.30 ^{ab}	7.40±0.89 ^a	7.10±0.96 ^a
สี	6.67±1.49 ^a	7.07±1.17 ^a	7.27±1.08 ^a	7.10±0.96 ^a
กลิ่นเครื่องเทศ	5.90±1.95 ^a	6.47±1.50 ^a	6.53±1.20 ^a	6.13±1.31 ^a
กลิ่นรส	5.87±1.57 ^a	6.30±1.51 ^a	6.37±1.27 ^a	6.10±1.16 ^a
รสชาติ	5.97±1.65 ^a	6.13±1.57 ^a	6.17±1.32 ^a	5.53±1.28 ^a
ความแน่นเนื้อ	5.17±1.98 ^a	5.90±2.17 ^a	5.73±1.23 ^a	5.30±1.29 ^a
ความชุ่มฉ่ำ	4.60±1.73 ^b	5.70±1.91 ^a	5.77±1.07 ^a	4.93±0.91 ^b
ความชอบโดยรวม	5.47±1.68 ^b	6.63±1.56 ^a	6.67±1.12 ^a	5.67±0.96 ^b

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษ (a,b) ที่ต่างกันในแนวนอน หมายถึงค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

ส่วนผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมูผสมไก่ แสดงดังตารางที่ 4 พบว่าไส้กรอกทุกตัวอย่างมีคะแนนความชอบในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่นเครื่องเทศ กลิ่นรส รสชาติ และความแน่นเนื้อไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) ขณะที่ไส้กรอกที่เติม SPI ปริมาณ 2% ได้รับคะแนนความชอบด้านความชุ่มฉ่ำและความชอบโดยรวมเป็นทำนองเดียวกันกับสูตรฟอสเฟต ส่วนไส้กรอกที่เติม SC ปริมาณ 1% ได้รับคะแนนความชอบด้านความชุ่มฉ่ำและความชอบโดยรวมต่ำกว่าทั้งสองสูตรข้างต้น ($p < 0.05$) ซึ่งเป็นทำนองเดียวกับไส้กรอกที่ไม่มีการเติมฟอสเฟต อย่างไรก็ตามจากผลคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏของไส้กรอกที่เติม SPI หรือ SC ที่ระดับปริมาณดังกล่าว มีค่าที่สูง โดยมีคะแนนในช่วง 7 ถึง 8 ซึ่งหมายถึงชอบระดับปานกลางจนถึงชอบมาก

5. อภิปรายผลและสรุป

จากผลการศึกษาคุณลักษณะทางกายภาพและทางประสาทสัมผัสของไส้กรอกหมูผสมไก่ แสดงให้เห็นว่าการใช้สารทดแทนฟอสเฟต ได้แก่ โปรตีนสกัดจากถั่วเหลือง (SPI) และโซเดียมเคซีเนต (SC) มีผลในการช่วยรักษาความสามารถในการอุ้มน้ำและสามารถป้องกันการสูญเสีย น้ำหนักหลังการทำสุกของไส้กรอกได้ เนื่องจาก SPI และ SC เป็นสารประกอบโปรตีนที่มีสมบัติเป็นอิมัลซิฟายเออร์

สามารถจับกับน้ำและไขมันได้ดี ทำให้อิมัลชันมีความคงตัว และช่วยเพิ่มคุณสมบัติด้านการจับกับน้ำของแบคทีเรีย และสามารถเกิดเจลร่วมกับโปรตีนที่จะทำให้เกิดเป็นโครงสร้างแบบร่างแหตาข่ายที่แข็งแรงภายหลังการให้ความร้อนได้ ซึ่งสอดคล้องกับ Akesson [16] ที่พบว่าการเติม SPI ปริมาณ 2% เป็นปริมาณที่ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมู ไขมันต่ำมีการสูญเสีย น้ำหนักหลังให้ความร้อนต่ำกว่าผลิตภัณฑ์ที่ไม่มีการเติม SPI ขณะที่โซเดียมเคซีเนตที่เติมลงไปสามารถเข้าจับกับโปรตีนและไขมัน แล้วเกิดเป็นอิมัลชันของโปรตีนและไขมันที่มีความคงตัวสูงซึ่งมีการหุ้มล้อมรอบน้ำเอาไว้ และเมื่อนำไปให้ความร้อนหรือทำให้ไส้กรอกสุก ไขมันจะถูกตรึงไว้ภายในโดยล้อมรอบด้วยโครงสร้างที่เป็นโปรตีนและเสริมสร้างความแข็งแรงด้วยโซเดียมเคซีเนตที่แทรกอยู่ระหว่างโครงสร้างดังกล่าว [22] ในด้านคุณสมบัติทางเคมีหากมีการตรวจวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์ เป็นไปได้ว่าการใส่หรือไม่ใส่สารประกอบฟอสเฟตซึ่งเป็นสารอนินทรีย์นั้นไม่มีผลทำให้ปริมาณโปรตีนและไขมันของผลิตภัณฑ์แตกต่างกัน แต่การใส่ฟอสเฟตอาจทำให้ปริมาณไขมันมากขึ้น และอาจแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญกับปริมาณไขมันในผลิตภัณฑ์ที่ไม่มีการใส่ฟอสเฟตเช่นเดียวกับการรายงานก่อนหน้านี้ในผลิตภัณฑ์ลูกชิ้นหมูที่มีการใช้สารฟอสเฟตปริมาณเท่ากันคือ 0.3% ของน้ำหนักผลิตภัณฑ์ [23] และจากงานวิจัยนี้จะเห็นว่ามี

การทดแทนฟอสเฟตปริมาณ 0.3% ด้วยสารกลุ่มโปรตีนที่ได้มาจากพืชและสัตว์ ได้แก่ โปรตีนสกัดจากถั่วเหลืองและโซเดียมเคซีเนต ตามลำดับ ในปริมาณสูงสุด 2% ของน้ำหนักผลิตภัณฑ์ เป็นไปได้ว่าปริมาณโปรตีนในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอาจจะเพิ่มสูงขึ้นเล็กน้อย และอาจจะเป็นทำนองเดียวกับรายงานก่อนหน้าเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ไส้กรอกแฟรงค์เพเตอร์ที่มีการเติมสตาร์ชมันสำปะหลังร่วมกับโปรตีนสกัดจากถั่วเหลืองหรือโซเดียมเคซีเนต ซึ่งผลการวิเคราะห์ทางเคมีแสดงให้เห็นว่าไส้กรอกมีปริมาณโปรตีนที่สูงขึ้นเล็กน้อยเมื่อเทียบกับไส้กรอกที่เติมสตาร์ชมันสำปะหลังเพียงอย่างเดียว แต่ไม่ส่งผลกระทบต่อปริมาณไขมัน [24] ทั้งนี้เนื่องจากทั้งโปรตีนสกัดจากถั่วเหลืองหรือโซเดียมเคซีเนตเป็นสารประกอบกลุ่มโปรตีนสูงนั่นเอง

จากผลการศึกษาค่าสีของไส้กรอกหมูผสมไก่ที่เติมสารทดแทนฟอสเฟตทั้งสองชนิดที่มีแนวโน้มว่าค่าสีแดงจะมากกว่าตัวอย่างควบคุมที่ไม่มีการเติมฟอสเฟต สอดคล้องกับงานวิจัยของกรรวิ และ ประภาศรี [25] ที่พบว่า SPI มีผลต่อค่าสีแดง โดยทำให้ค่าสีแดงของผลิตภัณฑ์ไก่อ้อมสีแดงเพิ่มขึ้นจากสูตรที่ไม่เติมฟอสเฟต ส่วน Akesowan [16] ที่พบว่า การเติม SPI มีผลทำให้ผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมูไขมันต่ำมีค่าสีเหลืองมากกว่าสูตรควบคุมที่ไม่มีการเติม SPI รวมถึงการเติม SPI ที่ปริมาณเพิ่มขึ้นจะส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมูไขมันต่ำมีค่าสีเหลืองเพิ่มขึ้นด้วย นอกจากนี้ชนิดของสารทดแทนฟอสเฟตที่เติมก็มีผลต่อค่าสีแดงและค่าสีเหลืองของผลิตภัณฑ์ได้ด้วย

ส่วนผลการศึกษาลักษณะโครงสร้างเนื้อสัมผัสด้านความแข็ง ความยืดหยุ่น การยึดเกาะ และแรงที่ใช้ในการเคี้ยว ซึ่งเป็นลักษณะที่บ่งชี้ถึงความแน่นเนื้อและความแข็งแรงของโครงสร้างภายในไส้กรอก จากงานวิจัยนี้การเติม SPI และ SC จะช่วยปรับปรุงคุณลักษณะเนื้อสัมผัสเหล่านี้ของไส้กรอกได้ดีกว่าการไม่เติมฟอสเฟต โดยอิมัลชันของไส้กรอกที่เติมโปรตีนจากถั่วเหลืองจะมีความสามารถในการจับกับน้ำได้ดีผลิตภัณฑ์ที่ได้จึงมีความแข็งและความยืดหยุ่น ทั้งนี้เนื่องมาจากโปรตีนถั่วเหลืองสามารถเกิดเป็นเจลและอุมน้ำไว้ภายในโครงสร้างเจลนั้น [26] และผลจากการเติมสารเติมแต่งอาหารชนิด SPI ปริมาณ 2% เพื่อทดแทน

ฟอสเฟตในการศึกษานี้ มีแนวโน้มทำให้คะแนนความชอบของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมูผสมไก่เพิ่มขึ้นมากกว่าชุดควบคุมที่ไม่เติมฟอสเฟต ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Akesowan [16] จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสสรายงานว่าผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมูไขมันต่ำที่เติม SPI ปริมาณ 2% ได้รับคะแนนความชอบทางประสาทสัมผัสด้านสี ความชุ่มฉ่ำ และความแน่นเนื้อมากกว่าผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมูไขมันต่ำที่ไม่มีการเติม SPI อย่างไรก็ตามทั้ง SPI และ SC เป็นสารประกอบกลุ่มโปรตีนที่มีคุณสมบัติช่วยในการจับและยึดเกาะน้ำ ลดการสูญเสียความชื้นขณะทำให้สุก [9] ดังนั้นนอกจากช่วยไม่ให้เกิดผลิตภัณฑ์สูญเสียน้ำหนักแล้ว ยังทำให้ผลิตภัณฑ์มีลักษณะเนื้อสัมผัส สี และกลิ่นดีขึ้นด้วย รวมทั้งเป็นการหลีกเลี่ยงมิให้มีการบริโภคสารฟอสเฟตในปริมาณมากเกินไป จนกระทั่งส่งผลเสียต่อสุขภาพของผู้บริโภคได้

ดังนั้นสรุปได้ว่าผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมูผสมไก่ที่ผลิตขึ้นโดยใช้ SPI ที่ระดับปริมาณ 2% หรือ SC ที่ระดับปริมาณ 1% มีความเป็นไปได้ในการนำไปใช้ทดแทนสารฟอสเฟต เนื่องจากมีแนวโน้มช่วยรักษาความสามารถในการอุมน้ำ โดยที่การใช้ SPI ปริมาณ 2% จะมีประสิทธิภาพเหนือกว่าการใช้ SC ปริมาณ 1% ในด้านการป้องกันการสูญเสียน้ำหนักหลังการทำให้สุกและคุณภาพทางประสาทสัมผัส

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] อรรถกร มุนิกานนท์, “บทบาทของสารฟอสเฟตและสตาร์ชตัดแปรต่อคุณภาพของไส้กรอกไขมันต่ำจากเนื้อหมูที่เก็บรักษา โดยการแช่เยือกแข็ง”, วิทยานิพนธ์ วท.ม. (วิทยาศาสตร์การอาหาร), กรุงเทพฯ, 2546.
- [2] เขียวลักษณ์ สุรพันธ์พิศิษฐ์, เนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์พิมพ์ครั้งที่ 2, โรงพิมพ์สหมิตรออฟเซต, กรุงเทพฯ, 2536.
- [3] A.A. Gonçalves, and J.L.D. Ribeiro, “Do phosphates improve the seafood quality? Reality and legislation,” *Pan-American*

- Journal of Aquatic Sciences*, vol. 3, no. 3, pp. 237-247, August, 2008.
- [4] N.H. Long, R. Gal, and F. Bunka, "Use of phosphates in meat products", *African Journal of Biotechnology*, vol. 10, no. 86, pp. 19874-19882, 2011.
- [5] สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, กรุงเทพมหานคร: มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม: ไส้กรอกเวียนนา (มอก. 2300-2549), 2549.
- [6] D.M. Theno, D.G. Siegel, and G.R. Schmidt, "Meat massaging: Effects of salt and phosphate on the ultrastructure of cured porcine muscle", *Journal of Food Science*, vol. 43, no. 2, pp. 488-492, 1978.
- [7] อรรถกร มุณีภานนท์ และมาลัยวรรณ อารยะสกุล, "บทบาทของฟอสเฟตและสตาแรชดัดแปรในการผลิตไส้กรอกที่ทำจากเนื้อหมูที่ผ่านการแช่แข็ง", ใน *การประชุมทางวิชาการ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 42*: 2547, น. 354-361.
- [8] R. Marsili, "Protein power: Functionality and versatility", *Food Product Design*, pp. 67-80, Sept., 1993.
- [9] M. Petracci, M. Bianchi, S. Mudalal and C. Cavani, "Functional ingredients for poultry meat products," *Trends in Food Science & Technology*, vol. 33, no. 1, pp. 27-39, 2013.
- [10] Y. Su, J. Bowers and J. Zayas, "Physical characteristics and microstructure of reduced-fat frankfurters as affected by Salt and emulsified fats stabilized with nonmeat proteins," *Journal of Food Science*, vol. 65, no. 1, pp. 123-128, 2000.
- [11] R. Salavatulina, A. Belousov, E. Ovsianikova, and B. Garian, "Use of sodium caseinate in sausage production", *Myasnaya Industriya SSSR*. vol. 2, 24-29, 1975.
- [12] อุบลรัตน์ ศุภสินธุ์, "Phosphate disorder,". ใน *Essential Nephrology*. พิมพ์ครั้งที่ 1, โรงพิมพ์นำอักษรการพิมพ์, กรุงเทพฯ, 2557.
- [13] สมาคมโรคไตแห่งประเทศไทย, *ข้อแนะนำเวชปฏิบัติทางการแพทย์ด้วยเครื่องไตเทียม พ.ศ.2557*. พิมพ์ครั้งที่ 1, โรงพิมพ์เดือนตุลา, กรุงเทพฯ, 2557.
- [14] ญัฐพล เลหาเจริญยศ, "อาหารและฟอสฟอรัส," [Online]. Available: <https://sriphat.med.cmu.ac.th/th/knowledge-63>. [Accessed: 20 พฤศจิกายน 2563].
- [15] M. Youssef and S. Barbut, "Effects of two types of soy protein isolates, native and preheated whey protein isolates on emulsified meat batters prepared at different protein levels," *Meat Science*, vol. 87, no. 1, pp. 54-60, 2011.
- [16] A. Akesowan, "Effect of soy protein isolate on quality of light pork sausages containing konjac flour", *African Journal of Biotechnology*, vol. 7, no. 24, pp. 4586-4590, 2008.
- [17] Z. Zhang, X. Wang, J. Yu, S. Chen, H. Ge, and L. Jiang, "Freeze-thaw stability of oil-in-water emulsions stabilized by soy protein isolate-dextran conjugates", *LWT - Food Science and Technology*, vol. 78, pp. 241-249, 2017.
- [18] วิชชุดา สังข์แก้ว, "การใช้น้ำมันพืชทดแทนไขมันหมูในไส้กรอกแฟรงค์เฟิร์ตเตอร์", *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี*, ปีที่ 23, ฉบับที่ 2, หน้า 36-52, 2546.
- [19] K. Thorarinsdottir, S. Arason, S. Bogason and K. Kristbergsson, "Effects of phosphate on yield, quality, and water-holding capacity in the processing of salted cod (*Gadus*

- morhua*,” *Journal of Food Science*, vol. 66, no. 6, pp. 821-826, 2001.
- [20] M.I. Porcella, G. Sanchez, S.R. Vaudagna, M.L. Zanelli, A.M. Descalzo, L.H. Meichtri, M.M. Gallinger, and J.A. Lasta, “Soy protein isolate added to vacuum-packaged chorizos: effect on drip loss, quality characteristics and stability during refrigerated storage”, *Meat Science*, vol. 57, no. 4, pp. 437-443, 2001.
- [21] M. Ordonez, J. Rovira and I. Jaime, “The relationship between the composition and texture of conventional and low-fat frankfurters,” *International Journal of Food Science and Technology*, vol. 36, no. 7, pp. 749-758, 2001.
- [22] A. Atughonu, J. Zayas, T. Herald, and L. Harbers, “Thermo-rheological properties and cooking yield of sausage-type products as affected by levels of fat and added-water”, *Journal of Food Quality*, vol. 21, no. 2, pp. 129-143, 1998.
- [23] C.K. Yeung, and S.C. Huang, “Effects of food proteins on sensory and physico-chemical properties of emulsified pork meatball”, *Journal of Food and Nutrition Research*, vol. 6, no.1, pp. 8-12, 2018.
- [24] สุนทรี สุวรรณสิขณน์, “การใช้สตาร์ชมันสำปะหลังร่วมกับโซเดียมเคซีเนต โปรตีนถั่วเหลือง และคาร์ราจีแนนเป็นสารทดแทนไขมันในไส้กรอกแพนรงค์เฟอเตอร์ไขมันต่ำ”, *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี*, ปีที่ 15, ฉบับที่ 2, หน้า 8-21, พฤษภาคม-สิงหาคม, 2550.
- [25] กรรวิ พิสันเทียะ และประภาศรี เทพรักษา, “การใช้สารทดแทนฟอสเฟตต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์ไก่ยอพร้อมรับประทานที่บรรจุในรีทอร์ทแพคเกจจิ้ง”, *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี*, ปีที่ 26, ฉบับที่ 1, หน้า 121-135, มกราคม – กุมภาพันธ์, 2561.
- [26] J. Endres, *Soy protein products*. Champaign, Ill.: AOCS Press, 2001.