

การใช้สารทดแทนฟอสเฟตต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์ ไก่ยอพร้อมรับประทานที่บรรจุในรีทอร์ทเพาซ์

Use of Phosphate Replacer in Ready-to-Eat Kai Yor (Thai Chicken Sausage) Packed in Retort Pouch

กรรวิ พิสันเทียะ และประภาศรี เทพรักษา*

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต ตำบลคลองหนึ่ง อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี 12120

Kornrawee Phisantia and Prapasri Theprugs*

Department of Food Science and Technology, Faculty of Science and Technology,
Thammasat University, Rangsit Centre, Khlong Nueng, Khlong Luang, Pathum Thani 12120

บทคัดย่อ

ฟอสเฟตเป็นวัตถุปรุงแต่งที่นิยมเติมในผลิตภัณฑ์ไก่ยอเพื่อเพิ่มความสามารถในการอุ้มน้ำ ทำให้ผลิตภัณฑ์มีความชุ่มน้ำและช่วยลดการสูญเสียน้ำหนักหลังปรุงสุก แต่การเติมฟอสเฟตในปริมาณมากเกินไปส่งผลเสียต่อสุขภาพของผู้บริโภคได้ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้ศึกษาการลดปริมาณฟอสเฟตในผลิตภัณฑ์ไก่ยอที่ผ่านการให้ความร้อนระดับสเตอริไลซ์ โดยการใช้สารทดแทนฟอสเฟตที่เป็นสารปรับปรุงสมบัติเชิงหน้าที่ ได้แก่ โปรตีนสกัดจากถั่วเหลือง (soy protein isolate, SPI) และโปรตีนสกัดจากถั่วลันเตา (pea protein isolate, PPI) โดยลดปริมาณฟอสเฟตลงจากเดิมร้อยละ 0.2 (สูตรควบคุม) เหลือร้อยละ 0.1 โดยน้ำหนักรวม และแปรปริมาณการเติมสารทดแทนฟอสเฟตเป็น 4 ระดับ คือ ร้อยละ 0, 2, 4 และ 6 โดยน้ำหนักรวม ประเมินผลคุณภาพผลิตภัณฑ์ไก่ยอจากความคงตัวของอิมัลชัน การแทรกผ่านความร้อน การสูญเสียน้ำหนักหลังผ่านการให้ความร้อนในเครื่องฆ่าเชื้อ ค่าพีเอช ค่าสี ลักษณะเนื้อสัมผัส และคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัส ผลการศึกษาพบว่าผลิตภัณฑ์ไก่ยอทุกสูตรซึ่งผ่านการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 124 องศาเซลเซียส นาน 3 นาที มีค่า F_0 อยู่ระหว่าง 8.73 ถึง 9.61 นาที โดยการเติม SPI และ PPI ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีความคงตัวของอิมัลชัน ค่าสีแดง (a^*) และค่าสีเหลือง (b^*) เพิ่มขึ้น ในขณะที่การสูญเสียน้ำหนักหลังผ่านการให้ความร้อนในเครื่องฆ่าเชื้อลดลงเมื่อเทียบกับสูตรควบคุม ($p < 0.05$) ส่วนค่าพีเอช ค่าความสว่าง (L^*) และลักษณะสัมผัสทุกด้านไม่แตกต่างจากสูตรควบคุม ($p \geq 0.05$) ซึ่งไก่ยอสูตรลดฟอสเฟตที่เติม SPI จะมีค่าสีแดง (a^*) และค่าสีเหลือง (b^*) สูงกว่าสูตรที่เติม PPI โดยผลิตภัณฑ์ไก่ยอสูตรลดฟอสเฟตที่เติม SPI ร้อยละ 4 โดยน้ำหนักมีคะแนนความชอบรวมมากที่สุด

คำสำคัญ : ไก่ยอ; สารทดแทนฟอสเฟต; โปรตีนสกัดจากถั่วเหลือง; โปรตีนสกัดจากถั่วลันเตา; รีทอร์ทเพาซ์

Abstract

Phosphate is commonly food additive used in Kai Yor mainly for improving the water holding capacity (WHC) and reducing cooking losses. However, an excessive use of phosphate might affect the customer's health. The purpose of this study was to use soy protein isolates (SPI) and pea protein isolates (PPI) as phosphate replacer in sterilized Kai Yor. The reduced phosphate samples were conducted by reducing phosphate to 0.1 % (w/w) and varying phosphate replacer content at 4 levels (0, 2, 4 and 6 % w/w). The control sample contained 0.2 % of phosphate. The qualities of the product were evaluated by measuring emulsion stability, heat penetration test, sterilizing weight loss, pH, color, texture, and sensory property. The results showed that all products with thermally processed for 3 min at 124 °C had F_0 values of 8.73-9.61 min. Moreover, the incorporation of SPI and PPI resulted in the increase in emulsion stability, redness (a^*) and yellowness (b^*), while sterilization weight loss decreased as compared to control sample ($p < 0.05$). Also, redness and yellowness of SPI added sample were higher than PPI added sample. However, there were no significant difference ($p \geq 0.05$) in pH lightness (L^*) and textural property between Kai Yor added phosphate replacer and control sample. The highest overall acceptance score was found in Kai Yor formulated with 4 % of SPI.

Keywords: Kai Yor; phosphate replacer; soy protein isolates; pea protein isolates; retort pouch

1. บทนำ

ไก่อยจัดอยู่ในกลุ่มผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ลดขนาดประเภทเดียวกับไส้กรอกบดละเอียด หรือไส้กรอกอิมัลชัน (emulsion sausage) การผลิตผลิตภัณฑ์ไก่อยทั่วไป ผู้ผลิตนิยมใช้ฟอสเฟตเป็นส่วนผสมเพื่อช่วยเพิ่มความสามารถในการอุ้มน้ำ ทำให้ผลิตภัณฑ์ไก่อยไม่สูญเสียน้ำหนักมากหลังปรุงสุก ทำให้ผลิตภัณฑ์ไก่อยมีความนุ่มและชุ่มน้ำ [1] แต่การบริโภคฟอสเฟตในปริมาณมากส่งผลเสียต่อสุขภาพของผู้บริโภค ส่งผลให้ความเข้มข้นของฮอร์โมนพาราไทรอยด์ในเซลล์เพิ่มขึ้น และขัดขวางการดูดซึมแคลเซียมและแมกนีเซียมเข้าสู่กระดูก ส่งผลให้กระดูกมีความหนาแน่นลดลง จึงเพิ่มความเสี่ยงต่อการเป็นโรคกระดูกพรุน [2] นอกจากนี้ไก่อยยังเป็นผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการให้ความร้อนในระดับพาสเจอร์ไรส์ เพื่อทำลายจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค

แต่ยังคงมีจุลินทรีย์บางชนิดที่ทำให้อาหารเสื่อมเสียคงอยู่ ผลิตภัณฑ์ไก่อยจึงจำเป็นต้องเก็บรักษาโดยการแช่เย็น ซึ่งสามารถเก็บรักษาได้เพียง 15-20 วัน ส่งผลให้เกิดปัญหากับผู้ผลิตที่ต้องมีการควบคุมอุณหภูมิในระหว่างการเก็บรักษา การขนส่ง และจัดจำหน่าย

การค้นคว้าข้อมูลงานวิจัยในช่วง 10 ปี ย้อนหลังพบว่าโปรตีนสกัดจากพืช เช่น โปรตีนสกัดจากถั่วเหลือง (soy protein isolates, SPI) มีสมบัติที่ดีในการตรึงจับน้ำและไขมัน ช่วยเพิ่มความสามารถในการอุ้มน้ำ ลดการสูญเสียน้ำหนักของผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์อิมัลชันหลังผ่านการปรุงสุกและระหว่างเก็บรักษา รวมถึงช่วยคงลักษณะเนื้อสัมผัสที่ดีของผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์อิมัลชันได้ [3-5] โดย Muguruma และคณะ [6] ได้ศึกษาการใช้โปรตีนสกัดจากถั่วเหลืองเป็นสารทดแทนฟอสเฟตในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกไก่ที่ผ่านการให้ความร้อนระดับพาส-

เจอไรซ์ พบว่าผลิตภัณฑ์ไส้กรอกไก่ที่เติมสารผสมระหว่างโปรตีนสกัดจากถั่วเหลือง โปรตีนเคซีน และเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสร้อยละ 3 ร่วมกับการใช้ฟอสเฟตร้อยละ 0.05 และผลิตภัณฑ์ไส้กรอกไก่ที่เติมสารผสมระหว่างโปรตีนสกัดจากถั่วเหลือง โปรตีนสกัดจากน้ำเวย์และเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสร้อยละ 3 ร่วมกับการใช้ฟอสเฟตร้อยละ 0.05 มีลักษณะเนื้อสัมผัสด้านความแข็งที่ดีขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ไส้กรอกไก่ที่มีการใช้ฟอสเฟตร้อยละ 0.2 รวมถึงประเทศในแถบยุโรปและออสเตรเลียมีความสนใจที่จะใช้โปรตีนสกัดจากพืชชนิดอื่นด้วย เช่น โปรตีนสกัดจากถั่วลันเตา (pea protein isolates, PPI) ซึ่งเป็นพืชที่ไม่ผ่านการดัดแปลงพันธุกรรมและไม่เป็นสารก่อภูมิแพ้ โดยเมื่อละลายน้ำแล้วสามารถเกิดเจลที่ดีได้ รวมถึงมีสมบัติที่ดีในการตรึงจับน้ำและไขมัน [4] นอกจากนี้จากข้อมูลข้างต้นยังไม่พบงานวิจัยใดที่ใช้โปรตีนสกัดจากถั่วเหลืองและโปรตีนสกัดจากถั่วลันเตาเป็นสารทดแทนฟอสเฟตในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์อิมัลชันที่ผ่านการให้ความร้อนระดับสเตอริไลซ์ ซึ่งสามารถทำลายจุลินทรีย์ก่อโรคและจุลินทรีย์ที่ทำให้อาหารเสื่อมเสียได้ทั้งหมด จึงช่วยให้ผลิตภัณฑ์อาหารที่ผ่านการให้ความร้อนระดับสเตอริไลซ์สามารถเก็บรักษาได้นาน 4-12 เดือน โดยไม่ต้องแช่เย็น นอกจากนี้การให้ความร้อนระดับสเตอริไลซ์จำเป็นต้องใช้บรรจุภัณฑ์ที่สามารถทนต่อความร้อนและความดันสูง ซึ่งพบว่าบรรจุภัณฑ์ชนิดรีทอร์ทเพาซ์ที่ผลิตจากฟิล์มพลาสติกหลายชนิด หรือฟิล์มพลาสติกผสมอะลูมิเนียมฟอยล์จำนวนหลายชั้นมาเชื่อมปะติดกัน (laminated) สามารถคงทนต่อกระบวนการแปรรูปด้วยความร้อนระดับสเตอริไลซ์ได้ดี แต่จากการทดลองเบื้องต้น พบว่า ผลิตภัณฑ์ไก่อ่มีการสูญเสียของเหลว (drip loss) ปริมาณมาก หลังผ่านการให้ความร้อนระดับสเตอริไลซ์ ซึ่งเป็นลักษณะที่ไม่ดีและไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงศึกษาการใช้สารธรรมชาติทดแทนฟอสเฟตในผลิตภัณฑ์ไก่อ่ที่ผ่านการให้ความร้อนระดับสเตอริไลซ์ ร่วมกับการบรรจุไก่อ่ในบรรจุภัณฑ์แบบรีทอร์ทเพาซ์ ซึ่งผลิตภัณฑ์ไก่อ่ที่ได้มีความปลอดภัยจากการใช้สารเคมี รวมถึงมีคุณภาพทางด้านสี ลักษณะปรากฏ และเนื้อสัมผัสเป็นไปตามที่ผู้บริโภคต้องการ นอกจากนี้ยังสามารถเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องได้ และผู้บริโภคสามารถรับประทานผลิตภัณฑ์ไก่อ่ได้ทันทีโดยไม่ต้องให้ความร้อนซ้ำในการปรุงสุก ซึ่งตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคที่ต้องการความสะดวกสบายในการดำรงชีวิต รวมถึงช่วยลดปัญหาการเก็บรักษา การขนส่ง และการจัดจำหน่ายให้กับผู้ผลิต

2. อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

2.1 วัตถุดิบ

2.1.1 เนื้ออกไก่ จากตลาดในจังหวัดปทุมธานี นำมาล้างน้ำให้สะอาด ตัดแต่งไขมันและพังผืดที่มองเห็นได้ด้วยตาเปล่าออก หั่นเป็นชิ้นเล็ก ๆ และบดละเอียดด้วยเครื่องบดเนื้อผ่านหน้าแปลนขนาด 2 มิลลิเมตร บดซ้ำสองครั้ง แล้วบรรจุในถุงพลาสติกชนิดโพลีเอทิลีน (polyethylene, PE) และนำไปแช่เยือกแข็งให้มีอุณหภูมิ 0 ถึง 1 องศาเซลเซียส

2.1.2 หนังกไก่ (สำหรับไก่อ่สูตรควบคุม) จากตลาดในจังหวัดปทุมธานี นำมาล้างน้ำให้สะอาด หั่นเป็นชิ้นเล็ก ๆ และบดละเอียดด้วยเครื่องบดเนื้อผ่านหน้าแปลนขนาด 2 มิลลิเมตร บดซ้ำสองครั้ง แล้วบรรจุในถุงพลาสติกชนิด PE และนำไปแช่เยือกแข็งให้มีอุณหภูมิ 0 ถึง 1 องศาเซลเซียส

2.1.3 หนังกไก่ผสมสารทดแทนฟอสเฟต (สำหรับไก่อ่สูตรลดฟอสเฟต) นำหนังกไก่อ่มาล้างน้ำให้สะอาด หั่นเป็นชิ้นเล็ก ๆ และบดละเอียดด้วยเครื่องบดเนื้อผ่านหน้าแปลนขนาด 2 มิลลิเมตร บดซ้ำสองครั้ง หลังจากนั้นสับผสมรวมกับสารทดแทนฟอสเฟตตาม

ปริมาณที่ระบุไว้ในข้อที่ 2.2.2 ด้วยเครื่องสับผสมยี่ห้อ Panasonic รุ่น MK-5087M เป็นเวลา 2 นาที แล้วบรรจุส่วนผสมที่ได้ในถุงพลาสติกชนิด PE และนำไปแช่เยือกแข็งให้มีอุณหภูมิ 0 ถึง 1 องศาเซลเซียส

2.1.4 สารทดแทนฟอสเฟต ได้แก่ โปรตีนสกัดจากถั่วเหลือง (SPI) จากบริษัทเคมีภัณฑ์ คอร์ปอเรชั่น จำกัด และโปรตีนสกัดจากถั่วลิสง (PPI) จาก บริษัท Emsland Asia Food Innovation Corp. Co., Ltd.

2.1.5 เครื่องปรุงรสและเครื่องเทศ ได้แก่ น้ำปลา พริกไทย เกลือ ผงชูรส น้ำตาล กระเทียม และหอมแดง

2.1.6 วัตถุดิบอาหาร ได้แก่ โซเดียมไตรโพลีฟอสเฟต (STPP) จาก บริษัทเคมีภัณฑ์ คอร์ปอเรชั่น จำกัด

2.2 วิธีการทดลอง

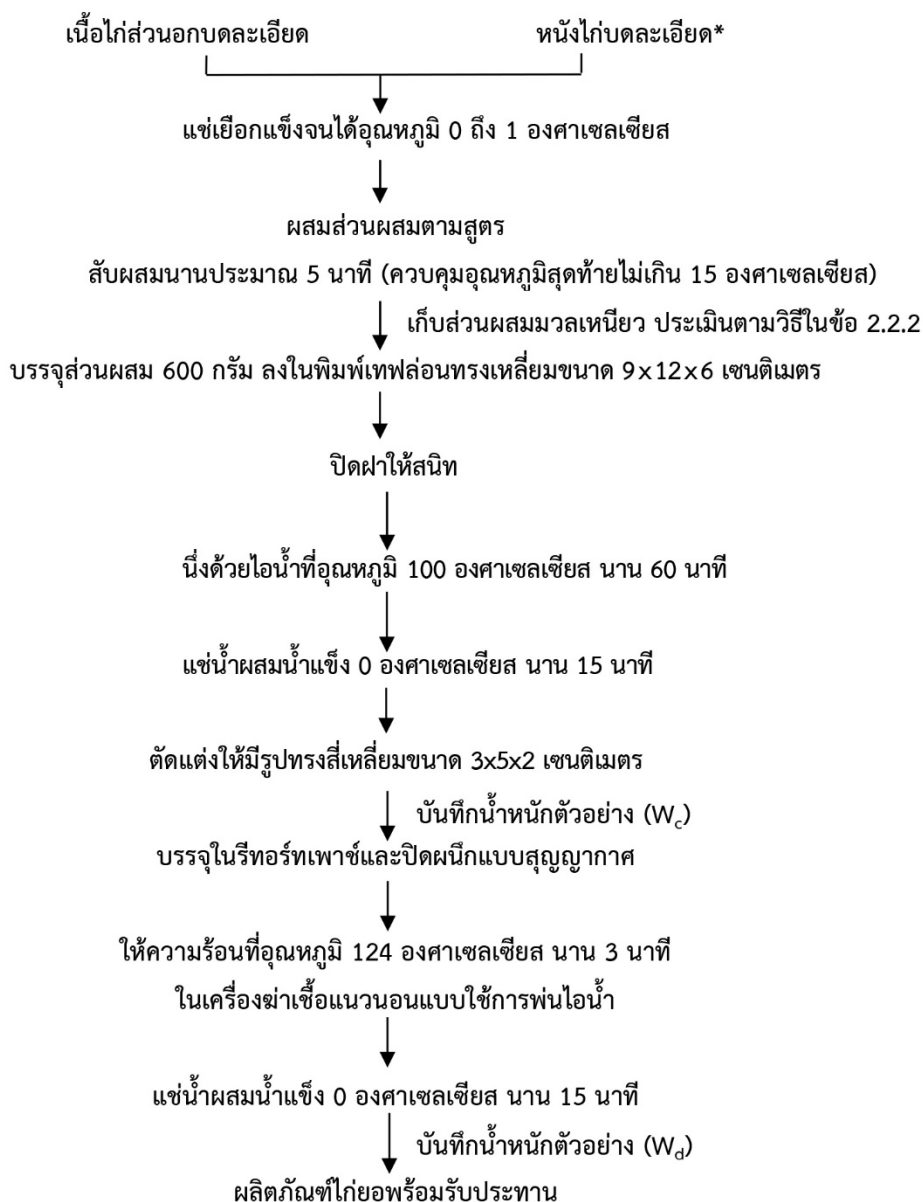
ขั้นตอนและวิธีดำเนินการวิจัย ดังนี้

2.2.1 การผลิตไก่ยอสูตรควบคุมและสูตรลดฟอสเฟต ส่วนผสมของไก่ยอทั้ง 2 สูตร แสดงในตารางที่ 1 โดยไก่ยอสูตรลดฟอสเฟตใช้สารทดแทนฟอสเฟต 2 ชนิด ได้แก่ SPI และ PPI โดยแต่ละชนิดแบ่งเป็น 4 ระดับ ได้แก่ ร้อยละ 2.4 และ 6 โดยน้ำหนักรวม ขั้นตอนการผลิตไก่ยอดังรูปที่ 1

ตารางที่ 1 ตารางการผลิตไก่ยอสูตรควบคุมและสูตรลดฟอสเฟต

ส่วนผสม (ร้อยละ)	สูตร						
	ควบคุม	SPI			PPI		
		2*	4**	6***	2*	4**	6***
เนื้ออกไก่	69.25	67.96	66.65	65.39	67.96	66.65	65.39
หนังไก่	18.20	17.86	17.52	17.19	17.86	17.52	17.19
น้ำแข็ง	6.80	6.67	6.54	6.42	6.67	6.54	6.42
เกลือ	1.05	1.03	1.01	0.99	1.03	1.01	0.99
น้ำตาล	1.20	1.18	1.15	1.13	1.18	1.15	1.13
พริกไทย	1.50	1.47	1.44	1.42	1.47	1.44	1.42
ผงชูรส	0.30	0.29	0.29	0.28	0.29	0.29	0.28
น้ำปลา	0.50	0.49	0.48	0.47	0.49	0.48	0.47
หอมแดง	0.50	0.49	0.48	0.47	0.49	0.48	0.47
กระเทียม	0.50	0.49	0.48	0.47	0.49	0.48	0.47
โซเดียมไตรโพลีฟอสเฟต (STPP)	0.20	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
สารทดแทนฟอสเฟต SPI	0.00	2.00	4.00	6.00	-	-	-
สารทดแทนฟอสเฟต PPI	0.00	-	-	-	2.00	4.00	6.00

*ไก่ยอสูตรลดฟอสเฟตที่เติมสารทดแทนฟอสเฟต SPI หรือ PPI ปริมาณร้อยละ 2.00 โดยน้ำหนักรวม; **ไก่ยอสูตรลดฟอสเฟตที่เติมสารทดแทนฟอสเฟต SPI หรือ PPI ปริมาณร้อยละ 4.00 โดยน้ำหนักรวม; ***ไก่ยอสูตรลดฟอสเฟตที่เติมสารทดแทนฟอสเฟต SPI หรือ PPI ปริมาณร้อยละ 6.00 โดยน้ำหนักรวม



*หนังไก่บดละเอียดสำหรับไก่ยอสูตรควบคุม ใช้วิธีการเตรียมหนังไก่ตามข้อ 2.1.2 และหนังไก่บดละเอียดสำหรับไก่ยอสูตรลดฟอสเฟต ใช้วิธีการเตรียมหนังไก่ตามข้อ 2.1.3

รูปที่ 1 ขั้นตอนการผลิตไก่ยอพร้อมรับประทานที่บรรจุในรีทอร์ทเพาซ์

2.2.2 การประเมินความคงตัวของอิมัลชัน (emulsion stability) ทำโดยชั่งน้ำหนักส่วนผสมที่เป็นมวลเหนียวปริมาณ 25 กรัม (W_d) ใส่ในหลอดเซนตริ-

ฟิวจ์และนำไปหมุนเหวี่ยงที่ $3,600 \times g$ ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 นาที ด้วยเครื่องหมุนเหวี่ยงยี่ห้อ TOMY รุ่น MX-305 High Speed แยกส่วน

ของเหลวออก ตัวอย่างที่เหลือในหลอดเซนตริฟิวจ์นำไปให้ความร้อนในอ่างควบคุมอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที แล้วจึงนำมาหมุนเหวี่ยงที่ $3,600 \times g$ ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 นาที แยกส่วนของเหลวออก นำตะกอนที่เป็นของแข็งและหลอดเซนตริฟิวจ์ไปชั่งน้ำหนัก (W_b) แล้วคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ของเหลวทั้งหมดที่แยกได้ (total expressible fluid, %TEF) จากสูตร $[(W_a - W_b) \div W_a] \times 100$ [7] โดยไถ่ยกแต่ละสูตรจะวัดค่า %TEF จำนวน 2 หลอดต่อ 1 ซ้ำ

2.2.3 การทดสอบการแทรกผ่านความร้อนของผลิตภัณฑ์ไถ่ยกที่บรรจุในรีทอร์ทเพาซ์ (heat penetration test) ทำโดยบันทึกอุณหภูมิเครื่องฆ่าเชื้อแนวนอนแบบใช้การพ่นไอน้ำ (Owner Food Machinery รุ่น PP500) และอุณหภูมิของผลิตภัณฑ์ไถ่ยกที่บรรจุในรีทอร์ทเพาซ์ บริเวณตำแหน่งที่ร้อนซ้ำที่สุด โดยติดตามผลทุก 1 นาที จนสิ้นสุดกระบวนการให้ความร้อนและทำให้เย็น แล้วคำนวณค่า F_0 ของผลิตภัณฑ์ไถ่ยกตามวิธี General method

2.2.4 การประเมินคุณภาพไถ่ยกหลังผ่านการให้ความร้อนระดับสเตอริไลซ์

(1) การวัดค่าการสูญเสียน้ำหนักของผลิตภัณฑ์ไถ่ยกหลังการให้ความร้อนในเครื่องฆ่าเชื้อ โดยการชั่งน้ำหนักตัวอย่างก่อน (W_c) และหลังการให้ความร้อนในเครื่องฆ่าเชื้อ (W_d) เพื่อคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของน้ำหนักหลังการให้ความร้อนในเครื่องฆ่าเชื้อ (sterilization weight loss, %SWL) จากสูตร $[(W_c - W_d) \div W_c] \times 100$ โดยไถ่ยกแต่ละสูตรจะวัดค่า %SWL จำนวน 3 ซ้ำต่อ 1 ซ้ำ

(2) การวัดค่าพีเอช ด้วยเครื่องวัดค่าพีเอช [8] โดยไถ่ยกแต่ละสูตรทำการวัดค่าพีเอชจำนวน 2 ครั้งต่อ 1 ซ้ำ

(3) การวัดค่าสี (L^* , a^* , b^*) ด้วยเครื่อง

วิเคราะห์ค่าสี ยี่ห้อ Hunter Lab รุ่น CX2687 โดยไถ่ยกแต่ละสูตรทำการวัดค่าสีจำนวน 3 ซ้ำต่อ 1 ซ้ำ

(4) การวัดค่าลักษณะเนื้อสัมผัสโดยใช้เครื่องวัดลักษณะเนื้อสัมผัสอาหาร (texture analysis) ยี่ห้อ Stable Micro System รุ่น TA-XT2i ด้วยวิธี TPA โดยหั่นตัวอย่างให้มีขนาด $15 \times 15 \times 15$ มิลลิเมตร วัดค่า hardness springiness cohesiveness adhesiveness และ chewiness โดยใช้หัววัดทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 50 มิลลิเมตร ดัดแปลงจาก [9] โดยไถ่ยกแต่ละสูตรจะวัดค่าลักษณะเนื้อสัมผัสจำนวน 9 ซ้ำต่อ 1 ซ้ำ

(5) การทดสอบความชอบทางประสาทสัมผัสในด้านต่าง ๆ โดยใช้ผู้บริโภครวบรวมจำนวน 50 คน ด้วยวิธี 9-points Hedonic scale โดยกำหนดให้คะแนน 1 คือ ไม่ชอบมากที่สุด คะแนน 9 คือ ชอบมากที่สุด

2.2.5 การวางแผนการทดลองและวิเคราะห์ข้อมูล การประเมินความคงตัวของอิมัลชัน และการประเมินคุณภาพไถ่ยกหลังผ่านการให้ความร้อนระดับสเตอริไลซ์ ได้แก่ ค่าการสูญเสียน้ำหนักของผลิตภัณฑ์ไถ่ยกหลังการให้ความร้อนในเครื่องฆ่าเชื้อ ค่าพีเอช ค่าลักษณะเนื้อสัมผัสและค่าสี วางแผนการทดลองแบบ factorial in CRD แบบ 2×4 โดยมีปัจจัยที่ศึกษาจำนวน 2 ปัจจัย คือ ชนิดสารทดแทนฟอสเฟต 2 ชนิด ได้แก่ SPI และ PPI และปริมาณสารทดแทนฟอสเฟต 4 ระดับ ได้แก่ ร้อยละ 0, 2, 4 และ 6 โดยน้ำหนักรวมทำการทดลอง 2 ซ้ำ และการทดสอบความชอบทางประสาทสัมผัสในด้านต่างๆ วางแผนการทดลองแบบ randomized completely block design (RCBD) วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติด้วยวิธี analysis of variance (ANOVA) วิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's new multiple range test และวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วยโปรแกรม

statistical package for the social sciences (IBM SPSS version 20.0 for windows) โดยใช้ระดับนัยสำคัญที่ 0.05

3. ผลการวิจัยและวิจารณ์

การแทรกผ่านความร้อนของผลิตภัณฑ์ไก่ยอพร้อมรับประทานที่บรรจุในรีโอร์ทเพาซ์ แสดงในตารางที่ 2 พบว่า ผลิตภัณฑ์ไก่ยอทุกสูตรมีค่า F_0 อยู่ระหว่าง 8.73 ถึง 9.61 นาที ซึ่งสอดคล้องกับประกาศกระทรวงสาธารณสุข ที่ระบุว่าผลิตภัณฑ์อาหารทุกชนิดที่บรรจุในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิทจะต้องฆ่าเชื้อด้วยความร้อนที่อุณหภูมิและเวลาที่กำหนด โดยให้ค่า F_0 ไม่ต่ำกว่า 3 นาที ซึ่งเพียงพอในการทำลายสปอร์ของ *Clostridium botulinum* [10] นอกจากนี้จากผลการวิจัยพบว่าไก่ยอสูตรควบคุมมีค่า F_0 มากกว่าไก่ยอสูตรลดฟอสเฟต แสดงว่าไก่ยอสูตรควบคุมมีการถ่ายเทความร้อนช้ากว่าไก่ยอสูตรลดฟอสเฟต โดยการถ่ายเทความร้อนของไก่ยอในขณะที่ให้ความร้อนในเครื่องฆ่าเชื้อจะอยู่ในสภาวะ unsteady-state ซึ่งสามารถอธิบายได้ด้วยสมการของ Fourier ที่พบว่า การถ่ายเทความร้อนในอาหารแปรผกผันกับความหนาแน่น (density) และค่าความจุความร้อน (specific heat) ของอาหาร โดยอาหารที่มีความหนาแน่นมากและค่าความจุความร้อนสูง จะมีการถ่ายเทความร้อนช้า [11] เมื่อพิจารณาที่ส่วนผสมของผลิตภัณฑ์ไก่ยอสูตรควบคุมเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ไก่ยอสูตรลดฟอสเฟตตามตารางที่ 1 พบว่าผลิตภัณฑ์ไก่ยอสูตรควบคุมมีปริมาณส่วนผสมโดยเฉพาะน้ำแข็งซึ่งมีค่าความจุความร้อนสูงสุดเมื่อเทียบกับส่วนผสมอื่น ๆ มากกว่าผลิตภัณฑ์ไก่ยอสูตรลดฟอสเฟต ดังนั้นผลิตภัณฑ์ไก่ยอสูตรควบคุมจึงมีค่าความจุความร้อนมากกว่าผลิตภัณฑ์ไก่ยอสูตรลดฟอสเฟต ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ไก่ยอสูตรควบคุมมีการถ่ายเทความร้อนช้า

กว่าผลิตภัณฑ์ไก่ยอสูตรลดฟอสเฟต และเมื่อพิจารณาเฉพาะผลิตภัณฑ์ไก่ยอสูตรลดฟอสเฟต จะเห็นได้ว่าการเติม SPI หรือ PPI ที่ปริมาณเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 2 เป็นร้อยละ 4 และ 6 ตามลำดับ ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ไก่ยอมีค่า F_0 มากขึ้น เนื่องจาก SPI หรือ PPI ที่เติมในผลิตภัณฑ์ไก่ยอสามารถเกิดการรวมตัวกันเป็นกลุ่มก้อน (non-meat protein island) และสามารถเกิดการกระจายตัวภายในโครงสร้างร่างแหของโปรตีนเนื้อสัตว์ได้ [12]

ตารางที่ 2 ค่า F_0 ของผลิตภัณฑ์ไก่ยอพร้อมรับประทานที่บรรจุในรีโอร์ทเพาซ์

สารทดแทนฟอสเฟต		ค่า F_0 (นาที)
ชนิด	ปริมาณ (ร้อยละโดยน้ำหนักรวม)	
SPI	0	9.61
	2	8.73
	4	9.15
	6	9.51
PPI	0	9.61
	2	8.96
	4	9.30
	6	9.07

ไก่ยอสูตรที่เติมสารทดแทนฟอสเฟต SPI หรือ PPI ปริมาณร้อยละ 0 โดยน้ำหนักรวม คือ ไก่ยอสูตรควบคุม

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติด้วยวิธี ANOVA ของค่าพีเอช ความคงตัวของอิมัลชันและค่าการสูญเสียน้ำหนักหลังการให้ความร้อนในเครื่องฆ่าเชื้อของผลิตภัณฑ์ไก่ยอที่บรรจุในรีโอร์ทเพาซ์ ดังตารางที่ 3 พบว่าชนิดของสารทดแทนฟอสเฟตและปัจจัยร่วมระหว่างชนิดกับปริมาณสารทดแทนฟอสเฟต

ไม่มีผลต่อค่าพีเอช ความคงตัวของอิมัลชัน และค่าการสูญเสียน้ำหนักหลังการให้ความร้อนในเครื่องฆ่าเชื้อของผลิตภัณฑ์ไถ่เยื่อ ส่วนปริมาณสารทดแทนฟอสเฟต

ที่เติมไม่มีผลต่อค่าพีเอชแต่มีผลต่อความคงตัวของอิมัลชันของและค่าการสูญเสียน้ำหนักหลังการให้ความร้อนในเครื่องฆ่าเชื้อของผลิตภัณฑ์ไถ่เยื่อ

ตารางที่ 3 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติด้วยวิธี ANOVA ของค่าพีเอช ความคงตัวของอิมัลชันและการสูญเสียน้ำหนักหลังการให้ความร้อนในเครื่องฆ่าเชื้อของผลิตภัณฑ์ไถ่เยื่อพร้อมรับประทาน

sources of variation	df	p value ($p < 0.05$)		
		ค่าพีเอช	ความคงตัวของอิมัลชัน	ค่าการสูญเสียน้ำหนักหลังการให้ความร้อนในเครื่องฆ่าเชื้อ
ชนิดสารทดแทนฟอสเฟต (A)	1	0.503	0.519	0.588
ปริมาณสารทดแทนฟอสเฟต (B)	3	0.475	0.021 ^x	0.000 ^y
A×B	3	0.927	0.543	0.811

^{x,y} ตัวเลขที่มีอักษรกำกับแสดงว่าปัจจัยที่ศึกษามีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ($p < 0.05$)

ตารางที่ 4 ค่าพีเอช เฟอร์เซ็นต์ของเหลวทั้งหมดที่แยกได้ (%TEF) และค่าการสูญเสียน้ำหนักหลังการให้ความร้อนในเครื่องฆ่าเชื้อ (%SWL) ของผลิตภัณฑ์ไถ่เยื่อพร้อมรับประทานที่บรรจุในรีทอร์ทเพาซ์

ค่าคุณภาพ	ชนิดสารทดแทนฟอสเฟต	ปริมาณสารทดแทนฟอสเฟต (% โดยน้ำหนักรวม)				เฉลี่ย
		0	2	4	6	
พีเอช ^{ns}	SPI	6.44±0.18	6.35±0.06	6.32±0.04	6.42±0.07	6.38±0.09
	PPI	6.44±0.18	6.36±0.06	6.40±0.06	6.47±0.04	6.42±0.09
	เฉลี่ย	6.44±0.18	6.36±0.05	6.36±0.06	6.44±0.05	
%TEF	SPI	12.93±1.56	10.12±0.22	5.99±0.40	4.06±0.26	8.28±3.78
	PPI	12.93±1.56	10.75±0.73	6.21±1.03	3.95±0.78	8.46±3.91
	เฉลี่ย	12.93±1.56 ^a	10.44±0.57 ^b	6.10±0.65 ^c	4.00±0.48 ^d	
%SWL	SPI	6.70±0.37	6.42±0.20	4.68±0.27	3.31±0.67	5.28±1.50
	PPI	6.70±0.37	6.40±0.57	4.22±0.38	3.33±0.18	5.16±1.56
	เฉลี่ย	6.70±0.37 ^a	6.41±0.35 ^a	4.45±0.38 ^b	3.32±0.40 ^c	

^{ns} ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \geq 0.05$); ^{a,b,c} อักษรกำกับภายใต้ปัจจัยที่ศึกษาเดียวกันแตกต่างกันแสดงว่าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$)

การวัดค่าพีเอชของผลิตภัณฑ์ไถ่เยื่อดังตารางที่ 4 พบว่าผลิตภัณฑ์ทุกสูตรมีค่าพีเอชไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \geq 0.05$) โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 6.32

ถึง 6.47 แสดงว่าการลดปริมาณฟอสเฟตลงเหลือร้อยละ 0.1 โดยน้ำหนักรวม และการเติมสารทดแทนฟอสเฟตทั้งสองชนิดนี้ไม่ส่งผลต่อค่าพีเอชของระบบ

อิมัลชัน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Serdaroğlu และ Özşümer [12] Pietrasik และ Duda [13] ที่พบว่า การเติมโปรตีนถั่วเหลืองไม่มีผลต่อค่าพีเอชของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอิมัลชัน และงานวิจัยของ Pietrasik และ Janz [14] ที่พบว่า การเติมแป้งถั่วลันเตาไม่มีผลต่อค่าพีเอชของผลิตภัณฑ์โบโลน่าไขมันต่ำ

สำหรับการประเมินคุณภาพผลิตภัณฑ์ไก่อย ก่อนปรุงสุก โดยการวัดความคงตัวอิมัลชันของส่วนที่เป็นมวลเหนียวดังตารางที่ 4 พบว่าผลิตภัณฑ์ไก่อยสูตรลดฟอสเฟตที่เติม SPI หรือ PPI มีเปอร์เซ็นต์ปริมาณของเหลวทั้งหมดที่แยกได้น้อยกว่าสูตรควบคุม โดยการเติม SPI หรือ PPI ที่ปริมาณเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 2 เป็น 4 และ 6 โดยน้ำหนักรวม จะทำให้ปริมาณของเหลวทั้งหมดที่แยกได้ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) แสดงถึงผลิตภัณฑ์ที่มีความคงตัวของอิมัลชันมากขึ้น ซึ่งการเติม SPI หรือ PPI ร้อยละ 6 โดยน้ำหนักรวม จะทำให้เปอร์เซ็นต์ปริมาณของเหลวทั้งหมดที่แยกได้มีค่าน้อยที่สุด แสดงว่าส่วนผสมอิมัลชันของผลิตภัณฑ์ไก่อยมีความคงตัวมาก ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Serdaroğlu และ Özşümer [12] ที่พบว่า การเติมโปรตีนถั่วเหลืองในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอิมัลชันจะทำให้ปริมาณของเหลวทั้งหมดที่แยกได้ลดลง เมื่อเทียบกับผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอิมัลชันที่ไม่มีการเติมโปรตีนถั่วเหลือง รวมถึงการเติมโปรตีนถั่วเหลืองที่ปริมาณเพิ่มขึ้นจะทำให้ปริมาณของเหลวทั้งหมดที่แยกได้ลดลงด้วย ส่งผลให้ส่วนผสมอิมัลชันของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอิมัลชันมีความคงตัวมากขึ้น

สำหรับการประเมินคุณภาพไก่อยพร้อมรับประทานในรีทอร์ทเพาซ์หลังการให้ความร้อนในเครื่องฆ่าเชื้อ โดยการวัดค่าการสูญเสียน้ำหนักหลังการ

ให้ความร้อนดังตารางที่ 4 พบว่าผลิตภัณฑ์ไก่อยสูตรลดฟอสเฟตที่เติมสารทดแทนฟอสเฟตชนิด SPI หรือ PPI มีค่าการสูญเสียน้ำหนักหลังการให้ความร้อนน้อยกว่าสูตรควบคุม แต่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \geq 0.05$) ระหว่างไก่อยสูตรลดฟอสเฟตที่เติมสารทดแทนฟอสเฟตชนิด SPI หรือ PPI ร้อยละ 2 โดยน้ำหนักรวมกับสูตรควบคุม นอกจากนี้การเติมสารทดแทนฟอสเฟตทั้งสองชนิดที่ปริมาณเพิ่มขึ้นจะทำให้ค่าการสูญเสียน้ำหนักหลังการให้ความร้อนของผลิตภัณฑ์ลดลงด้วย โดยการเติมสารทดแทนฟอสเฟตชนิด SPI หรือ PPI ร้อยละ 6 โดยน้ำหนักรวม มีค่าการสูญเสียน้ำหนักหลังการให้ความร้อนน้อยที่สุด ซึ่งมีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกับผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์อิมัลชันที่ผ่านการให้ความร้อนระดับพาสเจอร์ไรซ์ของงานวิจัย Akesowan [3] Youssef และ Barbut [15] Gao และคณะ [16] ที่พบว่า การเติมโปรตีนสกัดจากถั่วเหลืองจะทำให้ค่าการสูญเสียน้ำหนักหลังการให้ความร้อนของผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์อิมัลชันลดลง เมื่อเทียบกับผลิตภัณฑ์ที่ไม่มีการเติมโปรตีนสกัดจากถั่วเหลือง รวมถึงการเติมโปรตีนสกัดจากถั่วเหลืองที่ปริมาณเพิ่มขึ้นจะทำให้ค่าการสูญเสียน้ำหนักหลังการให้ความร้อนของผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์อิมัลชันลดลงด้วย และงานวิจัยของ Pietrasik และ Janz [14] ที่พบว่า การเติมแป้งถั่วลันเตาจะทำให้ค่าการสูญเสียน้ำหนักหลังการให้ความร้อนของผลิตภัณฑ์โบโลน่าไขมันต่ำลดลง เมื่อเทียบกับผลิตภัณฑ์ที่ไม่มีการเติมแป้งถั่วลันเตา รวมถึงการเติมแป้งถั่วลันเตาที่ปริมาณเพิ่มขึ้นจะทำให้ค่าการสูญเสียน้ำหนักหลังการให้ความร้อนของผลิตภัณฑ์โบโลน่าไขมันต่ำลดลงด้วย เนื่องจากโปรตีนสกัดจากถั่วเหลืองและโปรตีนสกัดจากถั่วลันเตามี

สมบัติเป็นอิมัลซิไฟเออร์จึงสามารถตรึงจับน้ำและไขมันให้คงตัวอยู่ในระบบอิมัลชันเนื้อสัตว์ได้ [4,12-16] ดังนั้นการเติมโปรตีนสกัดจากถั่วเหลืองและโปรตีนสกัดจากถั่วลิ้นเตาจึงสามารถลดการสูญเสียไขมันหลังการให้ความร้อนในเครื่องฆ่าเชื้อของผลิตภัณฑ์ไก่ยอดฟอสเฟตที่บรรจุในรีโพรทเทปได้

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติด้วยวิธี ANOVA ของค่าสี (L^* , a^* , b^*) ดังตารางที่ 5 พบว่าปัจจัยร่วมระหว่างชนิดกับปริมาณสารทดแทนฟอสเฟตไม่มีผลต่อค่าสี (L^* , a^* , b^*) รวมถึงชนิดของสารทดแทนฟอสเฟตและปริมาณที่เติมไม่มีผลต่อค่าความสว่าง (L^*) ของผลิตภัณฑ์ไก่ยอด แต่ชนิดของสารทดแทนฟอสเฟตและปริมาณที่เติมมีผลต่อค่าสีแดง (a^*) และค่าสีเหลือง (b^*) ของผลิตภัณฑ์

สำหรับการประเมินคุณภาพทางด้านค่าสีของผลิตภัณฑ์ไก่ยอดดังตารางที่ 6 พบว่าไก่ยอดทุกสูตรมีความสว่างไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \geq 0.05$) ซึ่งมีความอยู่ระหว่าง 63.03 ถึง 65.34 แต่ไก่ยอดสูตรลดฟอสเฟตที่เติม SPI หรือ PPI มีค่าสีแดงและค่าสีเหลืองมากกว่าสูตรควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) โดยการเติมสารทดแทนฟอสเฟตทั้งสองชนิดที่ปริมาณเพิ่มขึ้นจะส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีค่าสีแดงและค่าสีเหลืองเพิ่มขึ้น ($p < 0.05$) แต่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \geq 0.05$) ระหว่างไก่ยอดสูตรลดฟอสเฟตที่เติมสารทดแทนฟอสเฟตร้อยละ 4 กับ 6 โดยน้ำหนักรวม ซึ่งมีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกันกับผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอิมัลชันที่ผ่านการให้ความร้อนระดับพาสเจอร์ไรซ์ของงานวิจัย Akesowan [3] ที่พบว่าการเติม SPI ไม่มีผลต่อค่าความสว่างแต่มีผลต่อค่าสีเหลืองของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมูไขมันต่ำ โดยผลิตภัณฑ์ไส้กรอก

หมูไขมันต่ำที่เติม SPI จะมีค่าสีเหลืองมากกว่าสูตรควบคุมที่ไม่มีการเติม SPI รวมถึงการเติม SPI ที่ปริมาณเพิ่มขึ้นจะส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมูไขมันต่ำมีค่าสีเหลืองเพิ่มขึ้นด้วย และงานวิจัยของ Dzudie และคณะ [17] ที่พบว่าการเติมแป้งถั่วลิ้นเตามีผลต่อค่าสีเหลืองของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเนื้อวัว โดยผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเนื้อวัวที่เติมแป้งถั่วลิ้นเตาจะมีค่าสีเหลืองมากกว่าสูตรควบคุมที่ไม่มีการเติมแป้งถั่วลิ้นเตา รวมถึงการเติมแป้งถั่วลิ้นเตาที่ปริมาณเพิ่มขึ้นจะส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเนื้อวัวมีค่าสีเหลืองเพิ่มขึ้นด้วย นอกจากนี้ชนิดของสารทดแทนฟอสเฟตที่เติมก็มีผลต่อค่าสีแดงและค่าสีเหลืองของผลิตภัณฑ์ไก่ยอดตามตารางที่ 6 พบว่าผลิตภัณฑ์ไก่ยอดสูตรลดฟอสเฟตที่เติม SPI จะมีค่าสีแดงและค่าสีเหลืองมากกว่าผลิตภัณฑ์ไก่ยอดสูตรลดฟอสเฟตที่เติม PPI เมื่อพิจารณาในระดับการเติมที่เท่ากัน ($p < 0.05$) แสดงว่า ผลิตภัณฑ์ไก่ยอดสูตรลดฟอสเฟตที่เติม SPI มีโอกาสในการเกิดรงควัตถุสีน้ำตาลหรือเมลานอยดิน (melanoidins) จากปฏิกิริยาเมลลาร์ด (Maillard reaction) ได้มากกว่าไก่ยอดสูตรลดฟอสเฟตที่เติม PPI โดยปฏิกิริยาเมลลาร์ดเกิดจากการทำปฏิกิริยาระหว่างน้ำตาลกับกรดอะมิโนในผลิตภัณฑ์ไก่ยอด ซึ่งไลซีน (lysine) อาร์จินีน (arginine) และซิสเทอีน (cysteine) เป็นกรดอะมิโนที่สำคัญในการเกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ด [18] จากการศึกษาพบว่าถั่วเหลืองมีปริมาณไลซีนและอาร์จินีนเท่ากับ 6.38 และ 7.23 กรัมต่อโปรตีน 100 กรัม ตามลำดับ [19] ในขณะที่ถั่วลิ้นเตามีปริมาณไลซีนและอาร์จินีนเท่ากับ 6.29 และ 7.00 กรัมต่อโปรตีน 100 กรัม ตามลำดับ (ข้อมูลจากบริษัท Emsland Asia Food Innovation Corp. Co., Ltd) จะเห็นได้ว่าถั่วเหลืองมีปริมาณกรดอะมิโนที่

สำคัญในการเกิดปฏิกิริยาเมลาร์ดมากกว่าถั่วลันเตา ดังนั้นผลิตภัณฑ์ไถ่ย่อยสูตรลดฟอสเฟตที่เติม SPI จึงมี โอกาสในการเกิดเมลานอยดินได้มากกว่าผลิตภัณฑ์ไถ่

ย่อยสูตรลดฟอสเฟตที่เติม PPI ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ไถ่ย่อย สูตรลดฟอสเฟตที่เติม SPI มีค่าสีแดงและค่าสีเหลือง มากกว่าผลิตภัณฑ์ไถ่ย่อยสูตรลดฟอสเฟตที่เติม PPI

ตารางที่ 5 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติด้วยวิธี ANOVA ของค่าสี (L^* , a^* , b^*) ผลิตภัณฑ์ไถ่ย่อยพร้อม รับประทาน

sources of variation	df	p value ($p < 0.05$)		
		L^*	a^*	b^*
ชนิดสารทดแทนฟอสเฟต (A)	1	0.545	0.014 ^x	0.025 ^y
ปริมาณสารทดแทนฟอสเฟต (B)	3	0.065	0.000 ^x	0.001 ^y
A x B	3	0.674	0.147	0.340

^{x,y} ตัวเลขที่มีอักษรกำกับแสดงว่าปัจจัยที่ศึกษาที่มีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ($p < 0.05$)

ตารางที่ 6 ค่าสี (L^* , a^* , b^*) ผลิตภัณฑ์ไถ่ย่อยพร้อมรับประทานที่บรรจุในรีทอร์ทเพาซ์

ค่าคุณภาพ	ชนิดสาร ทดแทน ฟอสเฟต	ปริมาณสารทดแทนฟอสเฟต (% โดยน้ำหนักรวม)				เฉลี่ย
		0	2	4	6	
ค่าความ สว่าง (L^*) ^{ns}	SPI	65.34±0.16	65.27±0.26	64.80±0.90	63.38±0.53	64.70±0.94
	PPI	65.34±0.16	63.98±0.86	65.19±2.39	63.03±0.42	64.38±1.40
	เฉลี่ย	65.34±0.16	64.62±0.91	65.00±1.49	63.20±0.44	
ค่าสีแดง (a^*)	SPI	1.57±0.02	1.77±0.15	2.28±0.12	2.47±0.04	2.02±0.40 ^a
	PPI	1.57±0.02	1.70±0.18	2.08±0.07	2.11±0.06	1.86±0.26 ^b
	เฉลี่ย	1.57±0.02 ^a	1.73±0.14 ^b	2.18±0.14 ^c	2.29±0.21 ^c	
ค่าสีเหลือง (b^*)	SPI	15.80±0.13	16.54±0.08	17.35±0.46	17.56±0.02	16.81±0.77 ^a
	PPI	15.80±0.13	16.06±0.64	16.95±0.08	16.66±0.39	16.37±0.57 ^b
	เฉลี่ย	15.80±0.13 ^a	16.30±0.46 ^a	17.15±0.35 ^b	17.11±0.56 ^b	

^{ns} ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \geq 0.05$); ^{a,b,c} อักษรกำกับภายใต้ปัจจัยที่ศึกษาเดียวกันแตกต่างกันแสดง ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$)

ผลการวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัสตั้งตารางที่ 7 พบว่าชนิดของสารทดแทนฟอสเฟต ปริมาณที่เติม และปัจจัยร่วมระหว่างชนิดกับปริมาณสารทดแทน

ฟอสเฟตไม่มีผลต่อค่าลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ ไถ่ย่อย รวมถึงพบว่าไถ่ย่อยสูตรลดฟอสเฟตทุกสูตรมีค่า ลักษณะเนื้อสัมผัสทุกด้านไม่แตกต่างกับไถ่ย่อยสูตร

ควบคุม ($p \geq 0.05$) ดังตารางที่ 8 ซึ่งสอดคล้องกับผล การทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ไถ่ใน ด้านเนื้อสัมผัส ด้วยวิธี 9-points hedonic scale ใน

ตารางที่ 9 ที่พบว่าไถ่ยอสูตรลดฟอสเฟตทุกสูตรมี คะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัสไม่แตกต่างกับไถ่ยอ สูตรควบคุม ($p \geq 0.05$) ซึ่งเป็นผลมาจากการให้ความ

ตารางที่ 7 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติด้วยวิธี ANOVA ของค่าลักษณะเนื้อสัมผัสผลิตภัณฑ์ไถ่ยอพร้อม รับประทาน

sources of variation	df	p value ($p < 0.05$)				
		hardness	springiness	cohesiveness	adhesiveness	chewiness
ชนิดสารทดแทนฟอสเฟต (A)	1	0.495	0.316	0.313	0.921	0.563
ปริมาณที่เติม (B)	3	0.249	0.256	0.050	0.403	0.205
A×B	3	0.882	0.562	0.452	0.920	0.843

ตารางที่ 8 ลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ไถ่ยอพร้อมรับประทานที่บรรจุในรีทอร์ทแพคเกจ

ค่าคุณภาพ	ชนิดสารทดแทน ฟอสเฟต	ปริมาณสารทดแทนฟอสเฟต (% โดยน้ำหนักรวม)				เฉลี่ย
		0	2	4	6	
Hardness ^{ns} (Kg _f)	SPI	1.94±0.34	1.68±0.24	1.61±0.42	2.04±0.17	1.82±0.30
	PPI	1.94±0.34	1.66±0.28	1.52±0.14	1.76±0.09	1.72±0.24
	เฉลี่ย	1.94±0.34	1.67±0.22	1.57±0.26	1.90±0.20	
Springiness ^{ns}	SPI	0.92±0.00	0.92±0.02	0.91±0.02	0.93±0.00	0.92±0.02
	PPI	0.92±0.00	0.92±0.02	0.93±0.01	0.94±0.00	0.93±0.01
	เฉลี่ย	0.92±0.00	0.92±0.02	0.92±0.02	0.94±0.00	
Cohesiveness ^{ns}	SPI	0.79±0.01	0.80±0.01	0.79±0.02	0.81±0.01	0.80±0.01
	PPI	0.79±0.01	0.80±0.01	0.81±0.01	0.81±0.00	0.80±0.01
	เฉลี่ย	0.79±0.01	0.80±0.01	0.80±0.02	0.81±0.01	
Adhesiveness ^{ns} (Kg _f s)	SPI	-0.01±0.00	-0.01±0.00	-0.01±0.00	-0.01±0.00	-0.01±0.00
	PPI	-0.01±0.00	-0.01±0.00	-0.01±0.01	-0.01±0.00	-0.01±0.00
	เฉลี่ย	-0.01±0.00	-0.01±0.00	-0.01±0.01	-0.01±0.00	
Chewiness ^{ns} (Kg _f)	SPI	1.39±0.23	1.24±0.22	1.16±0.31	1.54±0.10	1.33±0.23
	PPI	1.39±0.23	1.22±0.17	1.15±0.10	1.33±0.06	1.28±0.15
	เฉลี่ย	1.39±0.23	1.23±0.16	1.15±0.19	1.44±0.14	

^{ns}ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \geq 0.05$)

ตารางที่ 9 ผลการประเมินทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ไก่ยอพร้อมรับประทานที่บรรจุในรีทอร์ทแพซ

สารทดแทนฟอสเฟต		ค่าเฉลี่ย $\pm$ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน				
ชนิด	ปริมาณ (ร้อยละ)	สี	เนื้อสัมผัส	ความชุ่มน้ำ	กลิ่นรส	ความชอบรวม
สูตรควบคุม	0	6.28 $\pm$ 1.21 ^a	5.46 $\pm$ 1.49 ^{abc}	5.42 $\pm$ 1.53 ^a	6.46 $\pm$ 1.16 ^a	6.12 $\pm$ 1.29 ^{ab}
SPI	2	6.20 $\pm$ 1.09 ^a	5.72 $\pm$ 1.43 ^{ab}	5.62 $\pm$ 1.42 ^{ab}	6.26 $\pm$ 1.34 ^{ab}	6.12 $\pm$ 1.06 ^{ab}
SPI	4	6.20 $\pm$ 1.28 ^a	5.94 $\pm$ 1.56 ^a	6.04 $\pm$ 1.55 ^b	6.24 $\pm$ 1.56 ^{ab}	6.30 $\pm$ 1.37 ^a
SPI	6	6.22 $\pm$ 1.13 ^a	5.34 $\pm$ 1.77 ^{bc}	5.30 $\pm$ 1.46 ^a	5.84 $\pm$ 1.53 ^b	5.64 $\pm$ 1.51 ^{bc}
PPI	2	6.36 $\pm$ 1.06 ^a	5.26 $\pm$ 1.65 ^{bc}	5.64 $\pm$ 1.52 ^{ab}	5.80 $\pm$ 1.99 ^b	5.74 $\pm$ 1.63 ^{bc}
PPI	4	6.10 $\pm$ 1.23 ^{ab}	5.42 $\pm$ 1.80 ^{abc}	5.54 $\pm$ 1.51 ^{ab}	5.16 $\pm$ 1.81 ^c	5.46 $\pm$ 1.64 ^c
PPI	6	5.86 $\pm$ 1.13 ^b	4.92 $\pm$ 1.91 ^c	4.60 $\pm$ 1.65 ^c	4.20 $\pm$ 2.08 ^d	4.34 $\pm$ 1.90 ^d

^{a,b,c} ในแนวตั้งเดียวกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$)

ร้อนผลิตภัณฑ์ไก่ยอสูตรควบคุม และผลิตภัณฑ์ไก่ยอสูตรลดฟอสเฟตทุกสูตรในการศึกษานี้เป็นการให้ความร้อนที่ระดับสูงมากถึง 124 องศาเซลเซียส ซึ่งจะทำลายโครงสร้างพันธะไฮโดรเจนและพันธะไดซัลไฟด์ในระบบอิมัลชันเนื้อสัตว์ ส่งผลให้โครงสร้างร่างแหในระบบอิมัลชันเนื้อสัตว์ไม่เสถียร รวมถึงการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 124 องศาเซลเซียส เป็นการให้ความร้อนที่อุณหภูมิสูงกว่าค่า T_d (denaturation temperature) ของโปรตีนไมโอซิน โปรตีนสกัดจากถั่วเหลืองและโปรตีนสกัดจากถั่วลิ้นเตา [18] ส่งผลให้โครงสร้างร่างแหในระบบอิมัลชันเนื้อสัตว์เกิดความเสียหาย จึงส่งผลผลิตภัณฑ์ไก่ยอสูตรควบคุมและสูตรลดฟอสเฟตที่ผ่านการให้ความร้อนระดับสเตอริไลซ์จึงมีค่าลักษณะเนื้อสัมผัสไม่แตกต่างกัน ($p \geq 0.05$)

ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ไก่ยอพร้อมรับประทานที่บรรจุในรีทอร์ทแพซ ด้านสี เนื้อสัมผัส ความชุ่มน้ำ กลิ่นรส และความชอบรวม ด้วยวิธี 9-points hedonic scale แสดงในตารางที่ 9 เมื่อพิจารณาระดับการเติมสารทดแทนฟอสเฟตที่เท่ากัน พบว่า ผลิตภัณฑ์ไก่ยอสูตรลดฟอสเฟตที่เติม

SPI มีคะแนนความชอบรวมมากกว่าผลิตภัณฑ์ไก่ยอสูตรลดฟอสเฟตที่เติม PPI เนื่องจาก PPI มีกลิ่นรสเหม็นเขียวมาก ส่งผลให้ผู้ทดสอบสามารถรับรู้กลิ่นรสของถั่วลิ้นเตาได้ชัดเจน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยที่พบว่า PPI จะมีกลิ่นรสแรงกว่า SPI [4] โดยผลิตภัณฑ์ไก่ยอสูตรลดฟอสเฟตที่เติม SPI ร้อยละ 4 โดยน้ำหนัก รวม มีคะแนนความชอบในทุกด้านสูงที่สุดยกเว้นด้านสี และกลิ่นรสโดยมีคะแนนอยู่ในระดับชอบเล็กน้อย รวมถึงพบว่าไก่ยอสูตรลดฟอสเฟตที่เติม SPI ร้อยละ 4 โดยน้ำหนัก รวมมีคะแนนความชอบด้านความชุ่มน้ำ มากกว่าผลิตภัณฑ์ไก่ยอสูตรควบคุม ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Akesowan [3] ที่พบว่า การเติม SPI ร้อยละ 2 โดยน้ำหนัก รวม ทำให้ผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมูไขมันดำมีคะแนนความชอบด้านความชุ่มน้ำมากขึ้น เมื่อเทียบกับผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมูไขมันดำที่ไม่มีกราดเติม SPI และการเพิ่มปริมาณ SPI เป็นร้อยละ 6 โดยน้ำหนัก รวม ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ไก่ยอสูตรลดฟอสเฟตมีคะแนนความชอบทุกด้านลดลง ยกเว้นด้านสีและกลิ่นรสที่มีคะแนนความชอบไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \geq 0.05$) กับผลิตภัณฑ์ไก่ยอสูตรลดฟอสเฟตที่เติม

SPI ร้อยละ 4 โดยน้ำหนักรวม เนื่องจากการใส่ SPI ในปริมาณมากเกินไปทำให้ผู้ทดสอบสามารถรับรู้กลิ่นรสของถั่วเหลืองได้มากขึ้น จึงส่งผลให้มีคะแนนความชอบด้านกลิ่นรสลดลง รวมถึงไคยอสูตรลดฟอสเฟตมีความชุ่มน้ำลดลง มีเนื้อสัมผัสที่แข็งและร่วนมากขึ้น ส่งผลให้คะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัส ความชุ่มน้ำ และความชอบรวมลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) เมื่อเทียบกับไคยอสูตรลดฟอสเฟตที่เติม SPI ร้อยละ 4 โดยน้ำหนักรวม

4. สรุป

สูตรที่เหมาะสมที่สุดในการผลิตผลิตภัณฑ์ไคยอลดฟอสเฟตร่วมรับประทานที่บรรจุในรีทอร์ทเพาซ์ คือ การเติม SPI ร้อยละ 4 โดยน้ำหนักรวม ผลิตภัณฑ์ไคยอที่ได้มีความคงตัวของอิมัลชันสูงเมื่อเปรียบเทียบกับสูตรควบคุมและมีการสูญเสียน้ำหนักหลังการให้ความร้อนในเครื่องฆ่าเชื้อต่ำกว่าสูตรควบคุม นอกจากนี้ยังมีลักษณะเนื้อสัมผัส สี ความชุ่มน้ำ และกลิ่นรส ที่ผู้บริโภคยอมรับ โดยผู้บริโภคให้คะแนนความชอบรวมของผลิตภัณฑ์ในระดับชอบเล็กน้อย

5. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณทุนสนับสนุนการวิจัยจากกองทุนวิจัยมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ภายใต้ “ทุนวิจัยเพื่อพัฒนาสิ่งประดิษฐ์ ตามเลขที่สัญญาฉบับที่ สป 2/2560”

ขอขอบคุณ บริษัท Emsland Asia Food Innovation Corp. Co., Ltd. ที่ให้ความอนุเคราะห์โปรตีนสกัดจากถั่วลิสง

6. รายการอ้างอิง

[1] เยาวลักษณ์ สุรพันธุ์พิศิษฐ์, 2536, เทคโนโลยีเนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์, พิมพ์ครั้งที่ 2, สหมิตรออฟเซต, กรุงเทพฯ, 133 น.

- [2] Long, N.H.B.S., Gal, R. and Bunka, F., 2011, Use of phosphates in meat products, *Afr. J. Biotechnol.* 10: 19874-19882.
- [3] Akewan, A., 2008, Effect of soy protein isolate on quality of light pork sausages containing konjac flour, *Afr. J. Biotechnol.* 7: 4586-4590.
- [4] Petracci, M., Bianchi, M., Mudalal, S. and Cavani, C., 2013, Functional ingredients for poultry meat products, *Trends in Food Sci. Technol.* 33: 27-39.
- [5] Pocella, M.I., Sanchez, G., Vaudagna, S.R., Zanelli, M.L., Descalzo, A.M., Meichtri, L.H., Gallinger, M.M. and Lasta, J.A., 2001, Soy protein isolate added to vacuum-packaged chorizos: effect on drip loss, quality characteristics and stability during refrigerated storage, *Meat Sci.* 57: 437-443.
- [6] Muguruma, M., Tsuruoka, K., Katayama, K., Erwanto, Y., Kawahara, S., Yamauchi, K., Sathe, S.K. and Soeda, T., 2003, Soybean and milk proteins modified by transglutaminase improves chicken sausage texture even at reduced levels of phosphate, *Meat Sci.* 63: 191-197.
- [7] วรณชยา ศรศักดิ์ชัยสิงห์, ประกาศรี เทพรักษา และสุธีรา วัฒนกุล, 2556, ผลของอิมัลชันน้ำมันถั่วเหลืองต่อคุณภาพของไส้กรอกปลาทูน่าทองแถบ (*Katsuwonus pelamis*), *ว.วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี* 21: 317-328.
- [8] Agnihotri, M.K. and Pal, U.K., 1997, Effect of tetra sodium pyrophosphate (TSPP) on quality of chevon sausages, *Ind. J. Animal*

- Sci. 67: 1000-1003.
- [9] Colmenero, F.J., Herrero, A., Pintado, T., Sllas, M.T. and Capillas, C.R, 2010, Influence of emulsified olive oil stabilizing system used for pork backfat replacement in frankfurters, Food Res. Int. 43: 2068-2076.
- [10] กระทรวงสาธารณสุข, 2556, ประกาศกระทรวงสาธารณสุข พระราชบัญญัติอาหาร ฉบับที่ 355 (พ.ศ. 2556), กระทรวงสาธารณสุข, นนทบุรี.
- [11] American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, 2006, Thermal properties of foods, pp. 9.1-9.31, In American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, 2006 ASHRAE Handbook Refrigeration SI edition, American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc., United States.
- [12] Youssef, M.K. and Barbut, S., 2011, Effects of two types of soy protein isolates, native and preheated whey protein isolates on emulsified meat batters prepared at different protein levels, Meat Sci. 87: 54-60.
- [13] Serdaroğlu M. and Özşümer M.S., 2003, Effects of soy protein, whey powder and wheat gluten on quality Characteristics of cooked beef sausages formulated with 5, 10 and 20 % fat, Elect. J. Polish Agric. Univer. 6(2).
- [14] Pietrasik, Z. and Duda, Z., 2000, Effect of fat content and soy protein/carrageenan mix on the quality characteristics of comminuted, scalded sausage, Meat Sci. 56: 181-188.
- [15] Pietrasik, Z. and Janz, J.A.M., 2010, Utilization of pea flour, starch-rich and fiber-rich fractions in low fat bologna, Food Res. Int. 43: 602-608.
- [16] Gao, X.Q., Kang, Z.L., Zhang, W.G., Li, Y.P. and Zhou, G.H., 2015, Combination of K-carrageenan and soy protein isolate effects on functional properties of chopped low-fat pork batters during heat-induced gelation, Food Bioproc. Technol. 8: 1524-1531.
- [17] Dzudie, T., Scher, J. and Hardy, J., 2002, Common bean flour as an extender in beef sausages, J. Food Eng. 52: 143-147.
- [18] Damodaran, S., Parkin, K.L. and Fennema, O.R., 2008, Fennema's Food Chemistry, 4th Ed, Taylor & Francis Group, New York, 1160 p.
- [19] Berk, Z., Technology of production of edible flours and protein products from soybeans, Available source: <http://www.fao.org/docrep/t0532e/t0532e02.htm#1.6> .2, April 18, 2017.