

ผลของอิมัลชันน้ำมันถั่วเหลืองต่อคุณภาพ ของไส้กรอกปลาทูน่าทองแถบ (*Katsuwonus pelamis*)

The Effects of Soybean Oil Emulsion

on Qualities of Skipjack Tuna (*Katsuwonus pelamis*) Sausage

วรรณชยา สรศักดิ์ชัยสิงห์, ประภาศรี เทพรักษา* และสุธีรา วัฒนกุล

ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

ศูนย์รังสิต ตำบลคลองหนึ่ง อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี 12120

Wanchaya Sornsakchaising, Prapasri Theprugsa* and Suteera Vatthanakul

Department of Food Science and Technology, Faculty of Science and Technology, Thammasat University,

Rangsit Centre, Klong Nueng, Klong Luang, Pathumthani 12120

บทคัดย่อ

น้ำมันถั่วเหลืองเป็นน้ำมันพืชที่มีกรดไขมันอิ่มตัวต่ำและปราศจากคอเลสเตอรอล เมื่อนำมาเป็นส่วนผสมในการผลิตไส้กรอกจึงส่งผลดีต่อสุขภาพมากกว่าการใช้ไขมันสัตว์ แต่อย่างไรก็ตาม น้ำมันถั่วเหลืองมีจุดหลอมเหลวต่ำจึงทำให้เกิดปัญหาในการนำมาใช้ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงศึกษาวิธีการเตรียมน้ำมันถั่วเหลืองที่เหมาะสมสำหรับนำไปใช้ในกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ไส้กรอกปลาทูน่า 5 วิธี คือ (1) การแช่เยือกแข็งที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส (2) การเตรียมพรีอิมัลชันน้ำมันถั่วเหลืองผสมกับโปรตีนถั่วเหลืองสกัด (soy protein isolated, SPI) (3) การเตรียมพรีอิมัลชันน้ำมันถั่วเหลืองผสมกับ SPI ร่วมกับเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนส (microbial transglutaminase, MTG) (4) การเตรียมพรีอิมัลชันน้ำมันถั่วเหลืองผสมกับโซเดียมเคซิเนต (sodium caseinate, SC) และ (5) การเตรียมพรีอิมัลชันน้ำมันถั่วเหลืองผสมกับ SC ร่วมกับ MTG โดยประเมินผลคุณภาพผลิตภัณฑ์ไส้กรอกปลาทูน่าจากความคงตัวของอิมัลชัน ค่าสี การเสียน้ำหนักหลังการปรุงสุก การเสียน้ำหนักหลังการเก็บรักษา และลักษณะเนื้อสัมผัส ผลการศึกษาพบว่า การเตรียมพรีอิมัลชันน้ำมันถั่วเหลืองที่มีส่วนผสมของ โซเดียมเคซิเนตและเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนส เป็นวิธีการเตรียมน้ำมันถั่วเหลืองที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการนำไปใช้ในกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ไส้กรอกปลาทูน่าทองแถบ ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่มีความคงตัวของอิมัลชันที่ดี การเสียน้ำหนักหลังปรุงสุกและหลังการเก็บรักษาต่ำ รวมทั้งมีลักษณะเนื้อสัมผัสที่ดีกว่าวิธีการเตรียมน้ำมันถั่วเหลืองด้วยการแช่เยือกแข็งที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส

คำสำคัญ : น้ำมันถั่วเหลือง, ปลาทูน่า, ไส้กรอกปลา, อิมัลชันน้ำมันพืช

Abstract

Soybean oil is a vegetable oil which has low proportions of saturated fatty acid and no cholesterol. It has been used as an ingredient in the production of emulsion sausage that healthier than animal fats. However, soybean oil has low melting point which a problem of using it. The purpose of this research was to study the appropriate preparation method of soybean oil for using in the production of tuna emulsion sausage which includes five methods such as (1) Frozen at -18°C (2) Pre-emulsion of soybean oil by mixing with soy bean isolated (3) Pre-emulsion of soybean oil by mixing with soy bean isolated and microbial transglutaminase (4) Pre-emulsion of soybean oil by mixing water with sodium caseinate (5) Pre-emulsion of soybean oil by mixing water with sodium caseinate and microbial transglutaminase. The final product was evaluated by emulsion stability, color measurement, cooking loss, storage loss and texture profile analysis. The result was found that pre-emulsion of soybean oil by mixing water with sodium caseinate and microbial transglutaminase was the best method for using in the production of skipjack tuna emulsion sausage. This sausage has good emulsion stability and low cooking loss and storage loss. Moreover, it has greater texture than the frozen soybean oil at -18°C .

Key words: soybean oil, tuna, fish sausage, oil emulsion

1. บทนำ

ผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเป็นอาหารที่สะดวกในการบริโภคจึงสามารถตอบสนองความต้องการที่เร่งรีบของผู้บริโภคในภาวะสังคมปัจจุบันได้เป็นอย่างดี อัตราการบริโภคไส้กรอกของคนไทยเติบโตสูงขึ้นและมีแนวโน้มขยายตัวอย่างต่อเนื่องทุกปีดังจะเห็นได้จากตลาดการบริโภคไส้กรอกของไทยในปี พ.ศ. 2549 มีมูลค่าสูงถึง 5,000 ล้านบาท [1] และเพิ่มมากขึ้นถึง 14,000 ล้านบาทภายในระยะเวลาเพียง 3 ปี [2] ในขณะที่แนวโน้มการเติบโตตลาดอาหารมุสลิมของไทยมีอัตราเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องเช่นกัน แต่การส่งออกสินค้าอาหารฮาลาลของประเทศไทยมีส่วนแบ่งตลาดมูลค่าเพียง 330 ล้านดอลลาร์สหรัฐ หรือเพียงร้อยละ 0.057 ของมูลค่าตลาดอาหารฮาลาลโลกเท่านั้น ดังนั้นการเพิ่มโอกาสแก่ผู้ประกอบการชาว

ไทยด้วยการรुकืบไปยังตลาดอาหารฮาลาลในตลาดต่างประเทศจึงนับเป็นก้าวอย่างที่ดีของวงการอุตสาหกรรมอาหารของประเทศ [3]

ปลาทูนาท้องแถบ มีชื่อสามัญ Skipjack Tuna และมีชื่อวิทยาศาสตร์ *Katsuwonus pelamis* เป็นปลาทะเลที่อยู่ในวงศ์ Scombridae และใน Subfamily Scombrinae เป็นปลาที่มีขนาดเล็ก ลำตัวกลม อาศัยอยู่ในแหล่งน้ำที่มีอุณหภูมิ 15-25 องศาเซลเซียส ปลาทูนาท้องแถบเป็นสายพันธุ์ที่มีอยู่อย่างมากมายและจำหน่ายมากเป็นอันดับแรก ปลาทูน่าเป็นปลาที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง จัดเป็นสัตว์น้ำประเภท oily fish [4] แต่มีปริมาณโปรตีนสูงมาก นอกจากนี้ยังมีกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัว ซึ่งร่างกายคนเราไม่สามารถสร้างเองได้ แต่มีความจำเป็นต่อชีวิตโดยเฉพาะ

โอเมก้า 3 อย่างไรก็ตาม การนำเนื้อปลามาผลิตไส้กรอกยังไม่แพร่หลาย โดยพบว่าปลาที่นิยมใช้มีเพียงไม่กี่ชนิด ได้แก่ ปลาตาหวาน [5] ปลาโอโลก [6] และปลาคอก [7] แต่ยังไม่พบข้อมูลใดที่มีการใช้ปลาทูน่าในการผลิตผลิตภัณฑ์ไส้กรอก ดังนั้นการผลิตไส้กรอกปลาทูน่าจึงเป็นอีกแนวทางหนึ่งในการเพิ่มศักยภาพให้แก่ผู้ประกอบการแปรรูปปลาทูน่าเพื่อการส่งออกโดยสามารถขยายช่องทางการตลาดไปยังตลาดต่างประเทศและตลาดอาหารฮาลาลซึ่งเป็นกลุ่มที่มีความต้องการเฉพาะและมีกำลังซื้อสูงมาก

น้ำมันพืชเป็นไขมันชนิดหนึ่งที่นิยมนำมาใช้เป็นส่วนผสมในการผลิตผลิตภัณฑ์ไส้กรอกปลาเนื่องจากปราศจากคอเลสเตอรอลและมีปริมาณไขมันไม่อิ่มตัวสูง ซึ่งการนำน้ำมันพืชมาใช้จะช่วยลดปริมาณคอเลสเตอรอลในผลิตภัณฑ์จึงส่งผลดีต่อสุขภาพของผู้บริโภค และทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้สามารถจำหน่ายในตลาดอาหารฮาลาลได้ แต่อย่างไรก็ตามด้วยคุณสมบัติของน้ำมันพืชที่มีจุดหลอมเหลวต่ำ เป็นของเหลวที่อุณหภูมิห้องเมื่อนำไปใส่ในกระบวนการผลิตไส้กรอกจะทำให้ผลิตภัณฑ์มีเนื้อสัมผัสที่ไม่ดี ดังนั้นจึงมีการคิดแปลงหรือเปลี่ยนคุณสมบัติทางกายภาพของน้ำมันพืชเพื่อลดปัญหาที่เกิดขึ้น [8] ในปี พ.ศ. 2548 ฉัตรชัยและพงศธรได้ทดลองผลิตไส้กรอกอิมัลชันปลาโอผสมซูริมิ (อัตราส่วน 2:3) สูตรลดไขมัน โดยผสมน้ำมันถั่วเหลืองและ โปรตีนถั่วเหลืองสกัด (isolated soy protein) อัตราส่วน 1:1 ปริมาตรร้อยละ 8 โดยน้ำหนักเนื้อปลา พบว่าผลิตภัณฑ์สูตรดังกล่าวมีคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสทุกด้านสูงกว่าสูตรที่ใช้โปรตีนถั่วเหลืองสกัดเพียงอย่างเดียว [6] โดยผลิตภัณฑ์สูตรลดไขมันดังกล่าวมีค่าพลังงานลดลงร้อยละ 35 จากสูตรควบคุมที่ใช้น้ำมันถั่วเหลืองเพียง

อย่างเดียว นอกจากนี้ในปี ค.ศ. 2007 Jiménez และคณะได้กล่าวไว้ว่าการเตรียมน้ำมันพืชให้เป็นอิมัลชันแบบ oil-in-water ที่มีความคงตัว เป็นวิธีที่นิยมใช้กันอย่างกว้างขวาง ซึ่งจะมีประสิทธิภาพดีกว่าการเตรียมน้ำมันด้วยวิธีอื่น ๆ เช่น การทำบริสุทธิ์ กระบวนการอินเทอร์เอสเทอริไฟด์ ในปี ค.ศ. 2010 Jiménez และคณะได้ผสม น้ำมันเมล็ดองุ่น : น้ำมันอุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส : โปรตีนสกัดจากถั่วเหลือง อัตราส่วน 10: 8 : 1 และใช้ทดแทนมันหมูแข็งในส่วนผสมของไส้กรอก โดยพบว่าไส้กรอกมีค่าการเสียน้ำหนักหลังปรุงสุกลดลงและค่าความคงตัวของอิมัลชันเพิ่มขึ้น [10]

ขณะที่ข้อมูลจากบริษัท ซี พี ทูน่า จำกัด ซึ่งเป็นผู้ประกอบการที่สนับสนุนปลาทูน่าในงานวิจัยมีการระบุไว้ว่ามีการใช้ไขมันถั่วเหลืองแซ่เอ็กแข็งที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส ในกระบวนการผลิตไส้กรอกปลาทูน่า แต่พบปัญหาด้านเนื้อสัมผัส กล่าวคือผลิตภัณฑ์ไส้กรอกที่ได้ขาดความแน่นเนื้อ และในขั้นตอนของการนำน้ำมันถั่วเหลืองแซ่เอ็กแข็ง -18 องศาเซลเซียส มาผสมในกระบวนการผลิตนั้นต้องกระทำโดยทันที เพื่อไม่ให้น้ำมันหลอมละลายกลับมาเป็นของเหลวซึ่งวิธีการเช่นนี้ก่อให้เกิดความยุ่งยากในขั้นตอนการปฏิบัติงานจริง

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้ริเริ่มขึ้นเพื่อศึกษาวิธีการเตรียมน้ำมันถั่วเหลืองที่เหมาะสมสำหรับนำไปใช้ในกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ไส้กรอกปลาทูน่า โดยไม่ใช้ส่วนผสมที่ขัดต่อข้อกำหนดของอาหารฮาลาล เพื่อให้ได้เป็นผลิตภัณฑ์ปลาทูน่าที่มีคุณภาพเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค และสามารถผลิตจำหน่ายให้กับผู้บริโภคอาหารฮาลาลและผู้บริโภคที่รักสุขภาพได้อีกด้วย

2. อุปกรณ์และวิธีการ

2.1 วัตถุดิบ

2.1.1 เนื้อปลาทูน่าห้องแช่แข็ง (*Katsuwonus pelamis*) แช่เยือกแข็ง ได้รับความอนุเคราะห์จาก บริษัท ซี พี ทูน่า จำกัด อำเภอกระทุ่มแบน จังหวัดสมุทรสาคร วิธีการเตรียมเนื้อปลาทูน่าก่อนนำมาใช้ คือ นำเนื้อปลาทูน่ามาวางไว้ที่อุณหภูมิห้องเพื่อละลายน้ำแข็งเป็นเวลา 2 ชั่วโมง จากนั้นนำเนื้อปลาทูน่ามาล้างเลือดออกให้หมดด้วยน้ำเกลือความเข้มข้นร้อยละ 0.3 เป็นเวลา 10 นาที ตามวิธีของฉัตรชัยและพงศธร [6] เพื่อลดกลิ่นคาวและเพื่อเพิ่มปริมาณโปรตีนไมโอซิน แล้วล้างซ้ำครั้งที่ 2 ด้วยน้ำเย็นธรรมดาเพื่อลดกลิ่นคาวอีกครั้ง ประมาณ 10 นาที จากนั้นนำเนื้อปลาทูน่ามาผ่านหน้าแปลนขนาด 2 มิลลิเมตร และนำไปลดอุณหภูมิให้ต่ำกว่า 4 องศาเซลเซียส ก่อนนำมาสับผสม

2.1.2 น้ำมันถั่วเหลือง ผลิตโดยบริษัท ทรานกรผลิตภัณฑ์น้ำมันพืช จำกัด

2.1.3 โซเดียมเคซีน (Protein 90.0 %, Moisture 5.0 %, Fat 0.8 %, Ash 4.0 %, Glutamic acid 22.3 g/16 g N และ Lysine 8.3 g/16 g N) และ โปรตีนสกัดจากถั่วเหลือง (Protein \geq 90 %, Moisture \leq 7.0 %, Fat \leq 1.0 %, Ash \leq 6.0 %, Glutamic acid 19.1 g/100 g Protein และ Lysine 6.3 g/100 g Protein) ได้รับความอนุเคราะห์จากบริษัท ฟู้ดอินกรีเดียนท์เทคโนโลยี จำกัด

2.1.4 เอนไซม์ทรานส์กลูตามินส Activa TG (optimum temperature 50-55 °C) ผลิตโดยบริษัท อายิโนะโมะโต๊ะ โค อินค์ ประเทศญี่ปุ่น และนำเข้าโดยบริษัท อายิโนะโมะโต๊ะ (ประเทศไทย) จำกัด

2.2 วิธีการทดลอง

ขั้นตอนและวิธีดำเนินการวิจัย ดังนี้

2.2.1 สูตรการผลิตไส้กรอกปลาทูน่า (ดัดแปลงจากฉัตรชัยและพงศธร, 2548) มีส่วนผสม ได้แก่ เนื้อปลาทูน่า 44.65 % ซูริมิปลาทรายแดง (เกรด SA) 22.32 % น้ำมันถั่วเหลือง 8.00 % น้ำแข็ง 18.40 % เกลือป่น 1.25 % แป้งมันสำปะหลัง 2.70 % ไนโตรเจน 0.30 % ฟอสเฟต 0.40 % และเครื่องเทศ 2.00 %

2.2.2 ขั้นตอนการผลิตไส้กรอกปลาทูน่า (ดัดแปลงจากวิธีของฉัตรชัยและพงศธร, 2548) (รูปที่ 1)

2.2.3 การเตรียมน้ำมันถั่วเหลืองแช่เยือกแข็ง (ตัวอย่างควบคุม) นำน้ำมันถั่วเหลืองไปแช่เยือกแข็งที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง (ตามวิธีที่ใช้ในอุตสาหกรรม) และนำไปสับผสมโดยตรงกับเนื้อปลา ซึ่งใช้ปริมาณน้ำมันถั่วเหลืองแช่เยือกแข็ง 8 % โดยน้ำหนักส่วนผสมทั้งหมด

2.2.4 การเตรียมพรีอิมัลชัน (pre-emulsion) น้ำมันถั่วเหลือง

(1) น้ำมันถั่วเหลือง + SPI โดยนำน้ำร้อนอุณหภูมิ 60-65 องศาเซลเซียส ผสมกับโปรตีนถั่วเหลืองสกัดจนกลายเป็นเนื้อเดียวกันด้วยเครื่องสับผสม ยี่ห้อ Panasonic รุ่น MK-5087M เป็นเวลา 2 นาที พักไว้ประมาณ 1 นาที จากนั้นเติมน้ำมันถั่วเหลืองผสมเป็นเวลา 3 นาที [10] โดยใช้อัตราส่วน น้ำมันถั่วเหลือง : น้ำร้อน : โปรตีนถั่วเหลืองสกัด เป็น 10:8:1 แล้วจึงนำมาเติมในการผลิตไส้กรอกปริมาณ 8 % โดยน้ำหนักส่วนผสมทั้งหมด

(2) น้ำมันถั่วเหลือง + SPI + MTG โดยนำน้ำร้อนอุณหภูมิ 60-65 องศาเซลเซียส ผสมกับโปรตีนถั่วเหลืองสกัดจนกลายเป็นเนื้อเดียวกันด้วยเครื่องสับผสม ยี่ห้อ Panasonic รุ่น MK-5087M เป็นเวลา 2 นาที พักไว้ประมาณ 1 นาที จนกระทั่ง

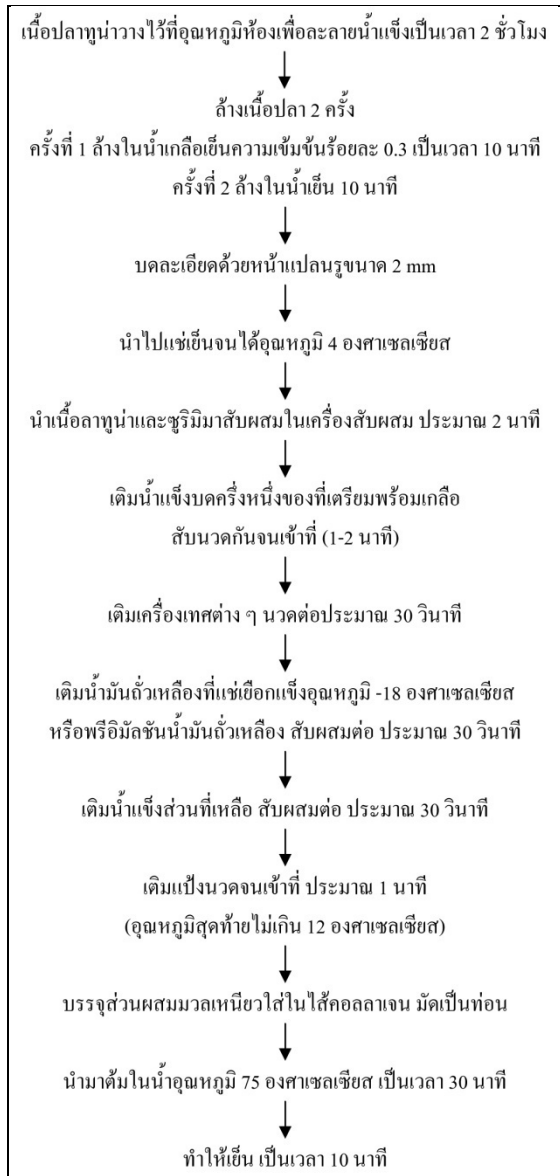
ส่วนผสมมีอุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส จากนั้นจึงเติม เอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนส ผสมต่อเป็นเวลา 2 นาที จากนั้นเติมน้ำมันถั่วเหลืองผสมเป็นเวลา 3 นาที [10] โดยใช้อัตราส่วน น้ำมันถั่วเหลือง : น้ำร้อน : โปรตีน ถั่วเหลืองสกัด : เอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนส เป็น 10:8:1:0.07 แล้วจึงนำมาเติมในการผลิตไส้กรอก ปริมาณ 8 % โดยน้ำหนักส่วนผสมทั้งหมด

(3) น้ำมันถั่วเหลือง + SC โดยนำน้ำ ผสมกับโซเดียมเคซิเนตจนกลายเป็นเนื้อเดียวกันด้วย เครื่องตีผสม ยี่ห้อ Panasonic รุ่น MK-5087M เป็น เวลา 2 นาที จากนั้นเติมน้ำมันถั่วเหลืองผสมเป็นเวลา 3 นาที [10] โดยใช้อัตราส่วน น้ำมันถั่วเหลือง : น้ำ ร้อน : โซเดียมเคซิเนต เป็น 10:8:1 แล้วจึงนำมาเติม ในการผลิตไส้กรอกปริมาณ 8 % โดยน้ำหนัก ส่วนผสมทั้งหมด

(4) น้ำมันถั่วเหลือง + SC + MTG โดยนำน้ำผสมกับโซเดียมเคซิเนตจนกลายเป็นเนื้อ เดียวกันด้วยเครื่องตีผสมยี่ห้อ Panasonic รุ่น MK- 5087M เป็นเวลา 2 นาที จากนั้นจึงเติมเอนไซม์ ทรานส์กลูตามิเนส ผสมต่อเป็นเวลา 2 นาที จากนั้น เติมน้ำมันถั่วเหลืองผสมเป็นเวลา 3 นาที [10] โดยใช้อัตราส่วน น้ำมันถั่วเหลือง : น้ำร้อน : โซเดียมเคซิ เนต : เอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนส เป็น 10:8:1:0.07 แล้วจึงนำมาเติมในการผลิตไส้กรอกปริมาณ 8 % โดยน้ำหนักส่วนผสมทั้งหมด

พรีอิมัลชันน้ำมันถั่วเหลืองทั้ง 4 สูตร จะถูกเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ซึ่งพรีอิมัลชันที่ได้จะมีลักษณะ เป็นของเหลวข้นก่อนนำไปใช้ผสมในกระบวนการ ผลิตไส้กรอกปลาตามขั้นตอนในรูปที่ 1

2.2.5 การประเมินคุณภาพพรีอิมัลชัน (pre-emulsion) น้ำมันถั่วเหลือง ประเมินคุณภาพด้วย



รูปที่ 1 กระบวนการผลิตไส้กรอกปลาทูน่า

การวัดค่า creaming index ของพรีอิมัลชันน้ำมันถั่ว เหลืองที่เตรียมได้จาก โดยนำส่วนผสมพรีอิมัลชัน น้ำมันถั่วเหลืองปริมาณ 25 มิลลิลิตร บรรจุใส่ใน หลอดทดลองแก้ว ปิดฝาให้แน่น นำไปเก็บรักษาที่ อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 37 วัน เพื่อให้เกิด การแยกชั้น จากนั้นจึงวัดความสูงของส่วนผสมมวล

เหนียว (emulsion) และส่วนที่เป็นน้ำ (serum) ด้วยเวอร์เนียร์ เพื่อคำนวณค่า creaming index ดังนี้ [11]

$$\text{Creaming index} = \frac{\text{ความสูงของส่วนที่เป็นน้ำ}}{\text{ความสูงของส่วนผสมมวลเหนียว}} \times 100$$

2.2.6 การประเมินคุณภาพไส้กรอกอิมัลชัน (ก่อนปรุงสุก) ประเมินด้วยการวัดค่าความคงตัวของอิมัลชัน (emulsion stability) โดยชั่งน้ำหนักส่วนผสมไส้กรอกก่อนปรุงสุกปริมาณ 25 กรัม ใส่ในหลอดปั่นเหวี่ยง [บันทึกน้ำหนักอย่างละเอียด (W_1)] ปั่นเหวี่ยงที่ 3,600 xg ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 1 นาที ด้วยเครื่องปั่นเหวี่ยง ยี่ห้อ TOMY รุ่น MX-305 High Speed แยกของเหลวออกตัวอย่างที่เหลือในหลอดนำไปให้ความร้อนในอ่างควบคุมอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที แล้วจึงนำมาปั่นเหวี่ยงที่ 3600 xg ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 นาที แยกส่วนของเหลวออก นำส่วนของแข็งและหลอดปั่นเหวี่ยงไปชั่งน้ำหนัก (W_2) [12] โดยปริมาณของเหลวทั้งหมดที่แยกได้ (TEF) = $W_1 - W_2$ และร้อยละของปริมาณของเหลวทั้งหมดที่แยกได้ (% TEF) = $(TEF \div W_1) \times 100$

2.2.7 การประเมินคุณภาพไส้กรอกอิมัลชัน (หลังปรุงสุก) ประเมินด้วยการวัดค่าสี ($L^* a^* b^*$) ด้วยเครื่องวิเคราะห์ค่าสี ยี่ห้อ Minolta รุ่น CR300 การวัดค่าการเสียน้ำหนักหลังการปรุงสุก โดยการชั่งน้ำหนักตัวอย่างก่อนและหลังการปรุงสุก เพื่อคำนวณความแตกต่างของน้ำหนักหลังการปรุงสุก ซึ่งค่าการเสียน้ำหนักหลังการปรุงสุกแสดงเป็นร้อยละของน้ำหนักเริ่มต้น [12] ค่าการเสียน้ำหนักหลังการเก็บรักษา โดยวิเคราะห์จากน้ำหนักของไส้กรอกก่อนปรุงสุกและหลังจากการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง [13] และการวัด

ลักษณะเนื้อสัมผัสโดยใช้เครื่องวัดลักษณะเนื้อสัมผัสอาหาร (texture analyzer) ยี่ห้อ SMS รุ่น TA-XT2i ด้วยวิธี TPA วัดค่าความแข็ง (hardness) ค่าความยืดหยุ่น (springiness) ค่าการยึดเกาะ (cohesiveness) ค่าความเหนียว (gumminess) ค่าแรงการเคี้ยว (chewiness) โดยใช้หัววัด cylinder P50 และใช้หัววัด Warner-Bratzler Blade (HDP/BS) วัดค่าความแน่นเนื้อ (firmness) [12]

2.2.8 การวางแผนการทดลองและวิเคราะห์ข้อมูล วางแผนการทดลองแบบ completely randomized design (CRD) ทำการทดลอง 3 ซ้ำ วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติด้วยวิธี ANOVA (analysis of variance) วิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's new multiple range test และวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ

3. ผลการวิจัยและวิจารณ์

จากผลการประเมินคุณภาพพรีอิมัลชันน้ำมันถั่วเหลืองที่เตรียมได้ทั้ง 4 วิธี ด้วยการวัดค่า creaming index ก่อนนำไปผสมในกระบวนการผลิตไส้กรอกปลาทูน่า พบว่าพรีอิมัลชันน้ำมันถั่วเหลืองทั้ง 4 วิธี มีค่า creaming index เท่ากับ 0 หรือไม่เกิดการแยกชั้นเลย พรีอิมัลชันน้ำมันถั่วเหลืองทั้ง 4 ชนิด นี้มีความคงตัวดี สามารถนำไปใช้ในกระบวนการผลิตไส้กรอกปลาทูน่าต่อไปได้

สำหรับการวิเคราะห์คุณภาพไส้กรอกอิมัลชัน (ก่อนปรุงสุก) ด้วยการประเมินค่าความคงตัวของอิมัลชันของไส้กรอกปลาทูน่าห้องแล็บที่ใช้น้ำมันถั่วเหลืองแช่เยือกแข็ง (ตัวอย่างควบคุม) และพรีอิมัลชันน้ำมันถั่วเหลืองสูตรต่าง ๆ ซึ่งพิจารณาจากปริมาณของเหลวทั้งหมดที่แยกได้ (ตารางที่ 1) พบว่าไส้กรอกที่ใช้

น้ำมันถั่วเหลืองแช่เยือกแข็งมีปริมาณของเหลวทั้งหมดที่แยกได้มากที่สุด แสดงว่าไส้กรอกปลาทูน่าสูตรควบคุมมีความคงตัวอิมัลชันน้อยที่สุด ในขณะที่การใช้พรีอิมัลชันน้ำมันถั่วเหลืองที่มีส่วนผสมของโปรตีนถั่วเหลืองสกัด ส่งผลให้ไส้กรอกมีความคงตัวของอิมัลชันเพิ่มขึ้น ซึ่งเห็นได้จากปริมาณของเหลวที่แยกได้นั้นน้อยกว่าสูตรที่ใช้ไขมันถั่วเหลืองแช่เยือกแข็งอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ส่วนไส้กรอกที่ใช้พรีอิมัลชันน้ำมันถั่วเหลืองอีก 3 ชนิด ได้แก่ น้ำมันถั่วเหลือง + SPI + MTG น้ำมันถั่วเหลือง + SC และ

น้ำมันถั่วเหลือง + SC + MTG นั้น มีปริมาณของเหลวทั้งหมดที่แยกได้ต่ำกว่าหรือมีความคงตัวของอิมัลชันดีกว่าไส้กรอกสูตรควบคุม แต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) อย่างไรก็ตาม ปริมาณของเหลวที่แยกได้น้อยกว่าตัวอย่างที่ใช้ไขมันถั่วเหลืองแช่เยือกแข็ง แสดงว่าส่วนผสมไส้กรอกมีความคงตัวของอิมัลชันที่ดีกว่าสูตรควบคุม จากข้อมูลดังกล่าว จึงอาจกล่าวได้ว่าการใช้พรีอิมัลชันน้ำมันถั่วเหลืองทำให้ไส้กรอกอิมัลชันมีความคงตัวของอิมัลชันที่ดีกว่าการใช้น้ำมันถั่วเหลืองแช่เยือกแข็ง

ตารางที่ 1 ปริมาณของเหลวทั้งหมดที่แยกได้ของไส้กรอกปลาทูน่าท้องแถบที่ใช้ไขมันถั่วเหลืองและพรีอิมัลชันน้ำมันถั่วเหลืองสูตรต่าง ๆ

วิธีการเตรียมไขมันถั่วเหลือง	ปริมาณของเหลวทั้งหมดที่แยกได้ \pm ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (% TEF)
น้ำมันถั่วเหลืองแช่เยือกแข็ง (ตัวอย่างควบคุม)	1.27 ^a \pm 0.30
น้ำมันถั่วเหลือง + SPI	0.94 ^b \pm 0.25
น้ำมันถั่วเหลือง + SPI + MTG	0.99 ^{ab} \pm 0.27
น้ำมันถั่วเหลือง + SC	1.17 ^{ab} \pm 0.17
น้ำมันถั่วเหลือง + SC + MTG	1.01 ^{ab} \pm 0.44

^{a,b} ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันจากแถวตั้งเดียวกัน แตกต่างกัน ($p \leq 0.05$)

เมื่อพิจารณาการเสียน้ำหนักหลังปรุงสุกและหลังการเก็บรักษา ระหว่างไส้กรอกที่ใช้ไขมันถั่วเหลืองแช่เยือกแข็ง (ตัวอย่างควบคุม) และพรีอิมัลชันน้ำมันถั่วเหลืองทั้ง 4 วิธี (ตารางที่ 2) พบว่าการเตรียมไขมันถั่วเหลืองมีผลต่อค่าการเสียน้ำหนักหลังปรุงสุกและการเสียน้ำหนักหลังการเก็บรักษาอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยไส้กรอกที่ใช้พรีอิมัลชันน้ำมันถั่วเหลืองมีค่าการเสียน้ำหนักหลังการปรุงสุกมากกว่าไส้กรอกที่ใช้ไขมันถั่วเหลืองแช่เยือกแข็ง ทั้งนี้เนื่องจากการใช้น้ำมันถั่วเหลืองแช่เยือกแข็งที่อุณหภูมิ-18

องศาเซลเซียส ทำให้อุณหภูมิสุดท้ายของส่วนผสมไส้กรอกหลังการสับผสมมีอุณหภูมิต่ำ (4-6 องศาเซลเซียส) ในขณะที่การใช้พรีอิมัลชันน้ำมันถั่วเหลืองทำให้อุณหภูมิสุดท้ายของส่วนผสมไส้กรอกสูงถึง 10-15 องศาเซลเซียส ดังนั้นการใช้น้ำมันถั่วเหลืองแช่เยือกแข็งจึงช่วยลดอุณหภูมิระบบและทำให้โปรตีนไมโอซินถูกสกัดจากเนื้อปลาออกมาในระบบอิมัลชันได้ดี โดยโปรตีนไมโอซินที่สกัดออกมานี้จะทำหน้าที่เป็นอิมัลซิไฟเออร์เชื่อมประสานไขมันและน้ำใน

โครงสร้างส่วนผสมไส้กรอกไว้ได้ดี เมื่อนำไปปรุงสุก จึงไม่มีเกิดการสูญเสีย น้ำ [15]

นอกจากนี้ หากพิจารณาเฉพาะการเติมพรีอิมัลชันน้ำมันถั่วเหลืองทั้ง 4 วิธี (ตารางที่ 2) พบว่าไส้กรอกปลาพูน่าสูตรที่ใช้พรีอิมัลชันน้ำมันถั่วเหลือง + SC + MTG มีค่าการเสียน้ำหนักหลังปรุงสุกและการเสียน้ำหนักหลังการเก็บรักษาน้อยกว่าการใช้พรีอิมัล

ชันน้ำมันถั่วเหลืองชนิดอื่น ๆ แสดงว่าโซเดียมเคซิเนต (SC) และเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนส (MTG) ช่วยในการรักษาโครงสร้างของระบบอิมัลชัน ทั้งนี้เนื่องจากเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสสามารถสร้าง cross-link ระหว่างกรดอะมิโน glutamic acid หรือ lysine [16] ที่พบในโซเดียมเคซิเนตและเนื้อปลาดังนั้นจึงทำให้ gel metric มีความคงตัว

ตารางที่ 2 ค่าการเสียน้ำหนักหลังปรุงสุกและการเสียน้ำหนักหลังการเก็บรักษาของไส้กรอกปลาพูน่าห้องแล็บที่ใช้ น้ำมันถั่วเหลืองและพรีอิมัลชันน้ำมันถั่วเหลืองสูตรต่าง ๆ

วิธีการเตรียมน้ำมันถั่วเหลือง	ค่าเฉลี่ย \pm ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	
	การเสียน้ำหนักหลังปรุงสุก (% w/w)	การเสียน้ำหนักหลังการเก็บรักษา (% w/w)
น้ำมันถั่วเหลืองแช่เยือกแข็ง (ตัวอย่างควบคุม)	0.78 ^b \pm 0.41	1.57 ^c \pm 0.23
น้ำมันถั่วเหลือง + SPI	1.33 ^a \pm 0.58	2.58 ^b \pm 0.21
น้ำมันถั่วเหลือง + SPI + MTG	1.29 ^{ab} \pm 0.15	2.32 ^b \pm 0.12
น้ำมันถั่วเหลือง + SC	1.54 ^a \pm 0.92	3.24 ^a \pm 0.48
น้ำมันถั่วเหลือง + SC + MTG	1.29 ^{ab} \pm 0.16	1.80 ^c \pm 0.10

^{a,b,c} ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันจากแถวตั้งเดียวกัน แตกต่างกัน ($p \leq 0.05$)

อย่างไรก็ตาม ปริมาณของเหลวที่แยกได้จากส่วนผสมไม่เป็นไปในทิศทางเดียวกับการเสียน้ำหนักหลังปรุงสุกและหลังการเก็บรักษา กล่าวคือ การใช้ น้ำมันถั่วเหลืองแช่เยือกแข็งมีปริมาณของเหลวทั้งหมดที่แยกได้มากกว่าพรีอิมัลชันน้ำมันถั่วเหลืองทั้ง 4 วิธี ในขณะที่การใช้พรีอิมัลชันน้ำมันถั่วเหลืองทั้ง 4 วิธี กลับมีค่าการเสียน้ำหนักหลังปรุงสุกและหลังการเก็บรักษาสูงกว่าการใช้ น้ำมันถั่วเหลืองแช่เยือกแข็ง (ตารางที่ 2) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากขั้นตอนการประเมินปริมาณของเหลวทั้งหมดที่แยกได้ตามตารางที่ 1 นั้น ส่วนผสมจะถูกปั่นเหวี่ยงเพื่อแยกของเหลวออกทั้งก่อนและหลังการปรุงสุกที่อุณหภูมิ

70 องศาเซลเซียส ดังนั้นของเหลวจึงยังไม่ถูกตรึงอยู่ในระบบอิมัลชัน และถูกแยกออกจากโครงสร้างผลิตภัณฑ์ได้มาก ปริมาณของเหลวทั้งหมดที่แยกได้ของตัวอย่างที่ใช้ น้ำมันถั่วเหลืองแช่เยือกแข็งจึงสูงกว่าตัวอย่างที่ใช้พรีอิมัลชันน้ำมันถั่วเหลืองที่มีความคงตัวแล้ว

การวิเคราะห์ค่าสี (ตารางที่ 3) พบว่าการใช้น้ำมันถั่วเหลืองแช่เยือกแข็งและพรีอิมัลชันน้ำมันถั่วเหลืองสูตรต่าง ๆ มีค่าความสว่าง (L*) และค่าสีแดง (a*) ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) แต่มีผลต่อค่าสีเหลือง (b*) อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ซึ่งไส้กรอกปลาพูน่าที่ใช้พรีอิมัลชันน้ำมันถั่วเหลือง

+ SPI + MTG มีค่าสีเหลืองแตกต่างจากการใช้น้ำมันถั่วเหลืองแช่เยือกแข็งอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ในขณะที่สูตรอื่น ๆ มีค่าสีเหลืองแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ทั้งนี้เนื่องจากลักษณะของพรีอิมัลชันน้ำมันถั่วเหลือง + SPI + MTG ที่เตรียมได้ก่อนนำไปใช้ในกระบวนการผลิตไส้กรอกนั้นมีสีเหลืองมากกว่าพรีอิมัลชันน้ำมันถั่วเหลืองสูตรอื่น ๆ ซึ่งมาจากโปรตีนถั่วเหลืองสกัดที่มีสีเหลืองเข้มจึงส่งผลให้พรีอิมัลชันน้ำมันถั่วเหลืองที่เตรียมได้มีสีเหลือง รวมทั้ง

เอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสทำหน้าที่เชื่อมพันธะ ϵ -(γ -glutamyl)-lysine ซึ่งอาจทำให้พรีอิมัลชันน้ำมันถั่วเหลืองที่เตรียมได้มีการเกาะตัวกันมากจึงส่งผลให้การหักเหของแสงสีเหลืองเกิดขึ้นได้ดี ค่าสีเหลืองจึงสูงกว่าสูตรที่ไม่เติมเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนส ขณะที่การใช้น้ำมันถั่วเหลืองแช่เยือกแข็งทำให้ผลิตภัณฑ์มีค่าสีเหลืองต่ำกว่าสูตรอื่น ๆ เพราะน้ำมันถั่วเหลืองที่ผ่านการแช่เยือกแข็งมีลักษณะเป็นไข สีเหลืองอ่อน

ตารางที่ 3 ค่าสีของไส้กรอกปลาทูน่าท้องแถบที่ใช้น้ำมันถั่วเหลืองและพรีอิมัลชันน้ำมันถั่วเหลืองสูตรต่าง ๆ

วิธีการเตรียมน้ำมันถั่วเหลือง	ค่าเฉลี่ย \pm ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน		
	ความสว่าง (L*) ^{ns}	สีแดง (a*) ^{ns}	สีเหลือง (b*)
น้ำมันถั่วเหลืองแช่เยือกแข็ง (ตัวอย่างควบคุม)	67.49 \pm 3.08	0.68 \pm 0.43	14.16 ^b \pm 0.69
น้ำมันถั่วเหลือง + SPI	66.29 \pm 2.90	0.73 \pm 0.28	14.51 ^{ab} \pm 0.85
น้ำมันถั่วเหลือง + SPI + MTG	67.04 \pm 2.59	0.77 \pm 0.27	14.72 ^a \pm 0.59
น้ำมันถั่วเหลือง + SC	66.14 \pm 3.00	0.73 \pm 0.40	14.28 ^{ab} \pm 0.55
น้ำมันถั่วเหลือง + SC + MTG	67.20 \pm 2.58	0.68 \pm 0.20	14.58 ^{ab} \pm 0.50

^{ab}ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันจากแถวตั้งเดียวกัน แตกต่างกัน ($p \leq 0.05$)

^{ns}ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

การวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัสของไส้กรอกปลาทูน่าท้องแถบ พบว่าวิธีการเตรียมน้ำมันถั่วเหลืองมีผลต่อค่าความแข็ง ค่าความยืดหยุ่น ค่าการยึดเกาะ ค่าความเหนียว ค่าแรงการเคี้ยว และค่าความแน่นเนื้ออย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

การใช้พรีอิมัลชันน้ำมันถั่วเหลืองที่มีส่วนผสมของโซเดียมเคซิเนตและเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนส ทำให้ไส้กรอกปลาทูน่ามีค่าลักษณะเนื้อสัมผัสในทุก ๆ ด้านสูงกว่าสูตรควบคุมและสูตรอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) (ตารางที่ 4 และ 5) เนื่องจากโซเดียมเคซิเนตและโปรตีนสกัดจากถั่วเหลืองมี

ปริมาณกรดอะมิโน 2 ชนิด คือ กลูตามีนและไลซีนแตกต่างกันตามรายละเอียดของวัตถุดิบ จะพบว่าโซเดียมเคซิเนตมีปริมาณกรดอะมิโนทั้งสองชนิดมากกว่าโปรตีนถั่วเหลืองสกัด ซึ่งเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสจะเข้าไปทำปฏิกิริยากับกรดอะมิโนทั้ง 2 ชนิด ดังนั้นจึงทำให้การเกิด cross-link กับโปรตีนเกิดขึ้นได้มากกว่า ส่งผลให้พรีอิมัลชันมีเสถียรภาพคงทนต่อความร้อนมากขึ้น ซึ่งปฏิกิริยาชนิดนี้ส่งผลให้ระบบอิมัลชันที่เตรียมจากเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสมีความหนืดและความยืดหยุ่นมากกว่าระบบอิมัลชันที่เตรียมจากโซเดียมเคซิเนตและโปรตีนถั่ว

เหลืองสกัด [17] นอกจากนี้เอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสจะทำให้เกิดพันธะ ϵ -(γ -glutamyl)-lysine ซึ่งเกิดจากหมู่ γ -carbonyl amide เป็นตัวให้หมู่ acyl กับสารที่เป็นตัวรับซึ่งได้แก่ amine ปฏิกิริยาของกรดอะมิโน lysine โดยพันธะที่เกิดขึ้นนี้ส่งผลให้เกิดความแข็งแรงของเจลขึ้นในไส้กรอก [18] สอดคล้องกับลักษณะของพรีอิมัลชันน้ำมันถั่วเหลืองที่เตรียมได้ก่อนนำไปสับผสม เมื่อพิจารณาจากการสังเกตด้วยตา

เปล่าแล้วพบว่าพรีอิมัลชันที่มีส่วนผสมของเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสนั้นจะมีลักษณะเป็นเจลคงรูป ในขณะที่พรีอิมัลชันน้ำมันถั่วเหลืองที่มีส่วนผสมของโปรตีนถั่วเหลืองสกัดหรือโซเดียมเคซีนเพียงอย่างเดียวจะมีลักษณะเป็นของเหลวที่ข้นหนืด ซึ่งจะเห็นว่าไส้กรอกที่มีการใช้พรีอิมัลชันชนิดนี้มีค่า hardness ต่ำกว่าการใช้ น้ำมันถั่วเหลืองแช่เยือกแข็ง

ตารางที่ 4 ค่าลักษณะเนื้อสัมผัสของไส้กรอกปลาทูน่าห้องแช่ที่ใช้ น้ำมันถั่วเหลืองและพรีอิมัลชันน้ำมันถั่วเหลืองสูตรต่าง ๆ

วิธีการเตรียมน้ำมันถั่วเหลือง	ค่าเฉลี่ย \pm ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน		
	Hardness (g)	Springiness	Cohesiveness
น้ำมันถั่วเหลืองแช่เยือกแข็ง (ตัวอย่างควบคุม)	3464.66 ^b \pm 187.66	0.86 ^b \pm 0.02	0.39 ^b \pm 0.02
น้ำมันถั่วเหลือง + SPI	2954.10 ^d \pm 176.11	0.87 ^b \pm 0.03	0.34 ^c \pm 0.03
น้ำมันถั่วเหลือง + SPI + MTG	3599.99 ^{ab} \pm 104.59	0.86 ^b \pm 0.02	0.33 ^c \pm 0.02
น้ำมันถั่วเหลือง + SC	3178.11 ^c \pm 52.70	0.88 ^b \pm 0.01	0.41 ^b \pm 0.01
น้ำมันถั่วเหลือง + SC + MTG	3704.19 ^a \pm 94.94	0.91 ^a \pm 0.01	0.62 ^a \pm 0.01

^{a,b,c,d} ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันจากแถวตั้งเดียวกัน แตกต่างกัน ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 5 ค่าลักษณะเนื้อสัมผัสของไส้กรอกปลาทูน่าห้องแช่ที่ใช้ น้ำมันถั่วเหลืองและพรีอิมัลชันน้ำมันถั่วเหลืองสูตรต่าง ๆ

วิธีการเตรียมน้ำมันถั่วเหลือง	ค่าเฉลี่ย \pm ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน		
	Gumminess (g)	Chewiness (g)	Firmness (kg)
น้ำมันถั่วเหลืองแช่เยือกแข็ง (ตัวอย่างควบคุม)	2103.66 ^b \pm 42.23	1883.39 ^b \pm 50.89	1.17 ^b \pm 0.03
น้ำมันถั่วเหลือง + SPI	2207.13 ^d \pm 48.42	1392.00 ^d \pm 87.61	1.14 ^b \pm 0.01
น้ำมันถั่วเหลือง + SPI + MTG	1682.78 ^c \pm 50.67	2196.27 ^a \pm 104.42	1.07 ^b \pm 0.03
น้ำมันถั่วเหลือง + SC	1773.01 ^c \pm 76.67	1598.11 ^b \pm 48.20	1.09 ^b \pm 0.01
น้ำมันถั่วเหลือง + SC + MTG	2441.80 ^a \pm 99.50	2078.94 ^a \pm 107.01	1.34 ^a \pm 0.01

^{a,b,c,d} ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันจากแถวตั้งเดียวกัน แตกต่างกัน ($p \leq 0.05$)

4. สรุป

วิธีการเตรียมน้ำมันถั่วเหลืองที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการนำไปใช้ในกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ใส่กรอกปลาทูน่าห้องแล็บคือการเตรียมพรีอิมัลชันน้ำมันถั่วเหลืองที่มีส่วนผสมของโซเดียมเคซิเนตและเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนส (น้ำมันถั่วเหลือง + SC + MTG) โดยผลิตภัณฑ์ที่ได้มีความคงตัวของอิมัลชันที่ดี การเสียน้ำหนักหลังปรุงสุกและหลังการเก็บรักษาต่ำ อีกทั้งการใช้พรีอิมัลชันน้ำมันถั่วเหลืองชนิดนี้ยังทำให้ผลิตภัณฑ์ใส่กรอกมีค่าลักษณะเนื้อสัมผัสในทุก ๆ ด้าน ได้แก่ ความแข็ง ความยืดหยุ่น การยึดเกาะและความแน่นเนื้อสูงที่สุด

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ บริษัท ซี พี ทูน่า จำกัด ที่ให้ความอนุเคราะห์เนื้อปลาทูน่าห้องแล็บตลอดการวิจัย บริษัท ฟู้ดอินกรีเดียนท์เทคโนโลยี จำกัด ที่ให้ความอนุเคราะห์โซเดียมเคซิเนตและโปรตีนสกัดจากถั่วเหลือง และบริษัท อายิโนะโมะโต๊ะ (ประเทศไทย) จำกัด ที่ให้ความอนุเคราะห์เอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนส Activa TG

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] ประชาชาติธุรกิจ, 2549, “ซีพีเอฟ-อีซีส์” ส่งสินค้าใหม่บุกตลาดใส่กรอก, แหล่งที่มา : http://www.tistr-foodprocess.net/frozen/news_frozen/news_frozen4.htm, 27 เมษายน 2553.
- [2] ไทยโพสต์, 2549, “ซีพี” อัดเงิน 100 ล้านเปิดศึกใส่กรอก, แหล่งที่มา : <http://www.thaipost.net/news/170209/420>, 27 เมษายน 2553.
- [3] กรมส่งเสริมการส่งออก, 2551, สรุปภาวะการค้าระหว่างประเทศไทย-ตะวันออกกลางปี 2551

(ม.ค. - ธ.ค.), แหล่งที่มา : <http://www.depthai.go.th/DEP/DOC/52/52000523.doc>, 27 เมษายน 2553.

- [4] Roos, B., Sneddon, A. and Macdonald, H., 2012, Fish as a dietary source of healthy long chain n-3 polyunsaturated fatty acids (LC n-3 PUFA) and vitamin D, Food and Health Innovation Service, 16 p.
- [5] ปรินญา จันทรัตน์, 2545, การผลิตใส่กรอกปลาอิมัลชันจากปลาตาหวานและปลาปากคม, วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, สงขลา.
- [6] ฉัตรชัย บุญรัตน์มงคล และพงศธร ล้อสุวรรณ, 2548, ผลิตภัณฑ์ใส่กรอกอิมัลชันปลาโอ, ปัญหาพิเศษ, คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, ปทุมธานี.
- [7] Panpipat, W. and Yongsawatdikul, J., 2008, Stability of potassium iodide and omega-3 fatty acids in fortified freshwater fish emulsion sausage, LWT 41: 483-492.
- [8] Javidipour, I. and Vural, H., 2002, Effects of incorporation of interesterified plant oils on quality and fatty acid composition of Turkish-type salami, Nahrung 46: 404-407.
- [9] Jiménez-Colmenero, F., 2007, Healthier lipid formulation approaches in meat-based functional foods: Technological options for replacement of meat fats by non-meat fats, Trends Food Sci. Technol. 18: 567-578.
- [10] Jiménez-Colmenero, F., Herrero, A., Pintado, T., Solas, M.T. and Ruiz-Capillas, C., 2010, Influence of emulsified olive on stabilizing

- system used for pork backfat replacement in frankfurters, *Food Res. Int.* 43: 2068-2076.
- [11] Wong, Y., Li, D., Wang, L.J., and Adhikari, B., 2011, The effect of addition of flaxseed gum on the emulsion properties of soybean protein isolate (SPI), *J. Food Eng.* 104: 56-62.
- [12] Luruena-Martinez, M.A., Quintana, V.I. and Revilla, I., 2004, Effect of locust bean/xanthan gum addition and replacement of pork back fat with olive oil on the quality characteristics of low-fat frankfurters, *Meat Sci.* 68: 383-389.
- [13] López-López, I., Cofrades, S. and Jiménez-Colmenero, F., 2009, Low fat frankfurters enriched with n-3 PUFA and edible seaweed: Effects of olive oil and chill storage on physicochemical sensory and microbial characteristics, *Meat Sci.* 83: 148-154.
- [14] Choi, Y.S., Choi, J.H., Han, D.J., Kim, H.Y., Lee, M.A., Kim, W.H., Lee, W.J., Chung, H.J. and Kim, C.J., 2010, Optimization of replacing pork back fat with vegetable oils and rice bran fiber on the quality of reduced-fat frankfurters, *Meat Sci.* 84: 212-218.
- [15] เขียวลักษณ์ สุรพันธ์พิศิษฐ์, 2536, เทคโนโลยีเนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์, พิมพ์ครั้งที่ 2, โรงพิมพ์สหมิตรออฟเซต, กรุงเทพฯ.
- [16] Kurth, L. and Rogers, P.J., 1984, Transglutaminase catalyzed cross-linking of myosin to soy protein, casein and gluten, *J. Food Sci.* 49: 573-576.
- [17] Muguruma, M., Tsuruoka, K., Katayama, K., Ermanto, Y., Kawahara, S. and Yamauchi, K., 2003, Soybean and milk proteins modified by transglutaminase improve chicken sausage texture even at reduced levels of phosphate, *Meat Sci.* 63: 191-197.
- [18] จักรี ทองเรือง, 2544, ชูริมิ, บริษัท เท็กซ์ แอนด์ เจอร์นัลส์ ฟู้ดเคมิคอล จำกัด, กรุงเทพฯ.