

เอกสารวิชาการฉบับที่ ๒/๒๕๖๖



Technical Paper No. 2/2023

การพัฒนาไส้กรอกปลาดุกโปรตีนสูงเพื่อสุขภาพ
Development of High Protein Sausage from Walking Catfish
for Healthy Food

จารุวรรณ วิชัยพรหม
พิสิฐ วงศ์สง่าศรี

Jaruwan Vichaiprom
Pisit Wongsangasri

กองวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมสัตว์น้ำ
กรมประมง
กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

Fisheries Industrial Technology Research
and Development Division
Department of Fisheries
Ministry of Agriculture and Cooperatives

เอกสารวิชาการฉบับที่ ๒/๒๕๖๖



Technical Paper No. 2/2023

การพัฒนาไส้กรอกปลาตากโปรตีนสูงเพื่อสุขภาพ
Development of High Protein Sausage from Walking Catfish
for Healthy Food

จารุวรรณ วิชัยพรหม
พิสิฐ วงศ์สง่าศรี

Jaruwan Vichaiprom
Pisit Wongsangasri

กองวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมสัตว์น้ำ
กรมประมง
๒๕๖๖

Fisheries Industrial Technology Research
and Development Division
Department of Fisheries
2023

รหัสทะเบียนวิจัย ๖๔ ๑ ๐๗๐๓ ๖๔๐๗๘ ๐๑

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	1
Abstract	2
คำนำ	3
วัตถุประสงค์	6
วิธีการดำเนินการ	6
ผลการทดลองและวิจารณ์ผล	10
สรุปผลการทดลอง	21
เอกสารอ้างอิง	21
ภาคผนวก	25

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1 อัตราส่วนระหว่างปริมาณเนื้อปลาสดและเวย์โปรตีนไอโซเลต	8
2 คุณภาพทางเคมีของไส้กรอกทางการค้า	10
3 คุณภาพทางเนื้อสัมผัสของไส้กรอกทางการค้า	11
4 ส่วนผสมของไส้กรอกปลาสดสูตรควบคุม (CT)	12
5 ร้อยละของปริมาณของเหลวทั้งหมดที่แยกได้และลักษณะทางเนื้อสัมผัสของไส้กรอกปลาสดที่แปรรูปอัตราส่วนของเนื้อปลาและเวย์โปรตีนไอโซเลต (WPI) ในปริมาณต่าง ๆ	14
6 ลักษณะทางประชากรศาสตร์ของกลุ่มผู้ทดสอบ จำนวน 100 คน	15
7 ทักษะการรับรู้ของกลุ่มผู้ทดสอบต่อผลิตภัณฑ์ไส้กรอกปลา จำนวน 100 คน	16
8 ความคิดเห็นเกี่ยวกับทิศทางการพัฒนาของตัวอย่างผลิตภัณฑ์ไส้กรอกปลาสดโปรตีนสูง	17
9 คุณค่าทางโภชนาการของไส้กรอกปลาสดโปรตีนสูง สูตร W3	18
10 กรดอะมิโนในไส้กรอกปลาสดโปรตีนสูง สูตร W3	19
11 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางจุลชีววิทยาของไส้กรอกปลาสดโปรตีนสูง	19

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1 วิธีการผลิตไส้กรอกปลาสดโปรตีนสูง	8
2 ตัวอย่างไส้กรอกทางการค้า	11
3 ไส้กรอกปลาสดสูตรต้นแบบและสูตรควบคุม (CT)	13
4 ไส้กรอกปลาสดโปรตีนสูง สูตร W3	15
5 ตัวอย่างบรรจุภัณฑ์ไส้กรอกปลาสดโปรตีนสูงเพื่อสุขภาพ	20
6 การเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดในไส้กรอกปลาสดโปรตีนสูงเพื่อสุขภาพ	21

การพัฒนาไส้กรอกปลาตุ๋กโปรตีนสูงเพื่อสุขภาพ

จารุวรรณ วิชัยพรหม* และพิสิฐ วงศ์สง่าศรี
กองวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมสัตว์น้ำ

บทคัดย่อ

จากการสำรวจไส้กรอกทางการค้า พบว่า ไส้กรอกปลา 3 ยี่ห้อ มีโปรตีนอยู่ในช่วง ร้อยละ 9.09-14.00 ซึ่งมีไส้กรอกปลาบางยี่ห้อที่มีปริมาณโปรตีนต่ำกว่าค่ามาตรฐานของไส้กรอกปลา (มผช. 143/2555) ส่วนไส้กรอกไก่โปรตีนสูง 2 ยี่ห้อ มีโปรตีนร้อยละ 18.18 และ 28.75 ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงใช้เวย์โปรตีนไอโซเลตในการพัฒนาสูตรไส้กรอกปลาตุ๋กโปรตีนสูง โดยแปรอัตราส่วนระหว่างเนื้อปลาคอดต่อเวย์โปรตีนไอโซเลตโดยน้ำหนัก จำนวน 4 สูตร ได้แก่ 520:0 (สูตรควบคุม; W1), 500:20 (W2), 490:30 (W3) และ 480:40 (W4) เมื่อพิจารณาความคงตัวของอิมัลชันด้วยร้อยละของปริมาณของเหลวที่แยกได้ (%TEF) และลักษณะทางเนื้อสัมผัสด้วยเครื่องวัดเนื้อสัมผัส พบว่า ไส้กรอกปลาสูตร W2, W3 และ W4 มีค่าร้อยละของปริมาณของเหลวที่แยกได้ (%TEF) ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับสูตร W1 พบว่า ไส้กรอกสูตร W3 มีค่าร้อยละของปริมาณของเหลวที่แยกได้ (%TEF) ไม่แตกต่างจาก W1 และมีลักษณะทางเนื้อสัมผัสอยู่ในช่วงของไส้กรอกทางการค้า จึงนำไส้กรอกสูตร W3 มาทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านความชอบร่วมกับวิธีการวัดระดับความพอดี (Just About Right) พบว่า กลุ่มผู้ทดสอบที่ออกกำลังกาย จำนวน 100 คน ให้คะแนนคุณลักษณะที่อยู่ในระดับพอดี ด้านรสเค็ม ความแข็ง กลิ่นเครื่องเทศ และความฉ่ำน้ำ เท่ากับ 7.82, 7.81, 7.55 และ 7.36 ตามลำดับ โดยไส้กรอกสูตร W3 มีคุณค่าทางโภชนาการซึ่งประกอบด้วย โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต เถ้า และความชื้น ร้อยละ 20.71, 4.96, 5.01, 4.17, 2.33 และ 66.99 ตามลำดับ นอกจากนี้ ไส้กรอกสูตร W3 มีกรดอะมิโนแบบสายโซ่กิ่งก้าน (Branched-Chain amino acids; BCAAs) ที่เหมาะสมสำหรับกลุ่มผู้ที่ออกกำลังกาย ประกอบด้วย วาลีน (Valine), ลิวซีน (Leucine) และไอโซลิวซีน (Isoleucine) เท่ากับ 1,188.43, 1,855.01 และ 972.92 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม ตามลำดับ จากนั้นนำไปศึกษาคุณภาพทางจุลชีววิทยา พบว่า ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์เป็นไปตามมาตรฐานของไส้กรอกปลา (มผช. 143/2555) และมีอายุการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5.0 ± 2.0 องศาเซลเซียส ในถุงพอลิเอไมด์ (PA) นาน 14 วัน โดยต้นทุนในการผลิตไส้กรอกปลาตุ๋กโปรตีนสูงน้ำหนัก 100 กรัม เท่ากับ 21.87 บาท

คำสำคัญ: ไส้กรอกปลา, ไส้กรอกปลาโปรตีนสูง, เวย์โปรตีน, เวย์โปรตีนไอโซเลต, ปลาตุ๋ก

Development of High Protein Sausage from Walking Catfish for Healthy Food

Jaruwan Vichai-prom* and Pisit Wongsangasri

Fisheries Industrial Technology Research and Development Division, Department of Fisheries

Abstract

A survey of commercial sausages was conducted. It was found that three fish sausages had 9.09-14.00% protein and some sausages had lower protein content than the Thai Community Product Standard (Ministry of Industry) for fish sausages (TISI 134/2555). Two high protein sausages had 18.18 and 28.75% protein. Therefore, this research aims to add whey protein isolate to develop formula of high protein sausage by varying weight ratios of minced fish to whey protein isolate into 4 levels: 520:0 (control; W1), 500:20 (W2), 490:30 (W3) and 480:40 (W4). The emulsion stability was evaluated by the percentage of total expressible fluid (%TEF) and the texture profiles were measured using texture analyzer. It was found that sausages W2, W3 and W4 has insignificantly different percentage of total expressible fluid (%TEF) ($p>0.05$). When compared to the control (W1), it was shown that the sausages W3 had similar percentages of total expressible fluid (%TEF) and texture profile values were also within the range of those of commercial sausages. Therefore, the sausage W3 was chosen to evaluate its sensory quality by the hedonic scale and Just about right (JAR). The group of 100 participants who were athletes tested the sensory attributes of saltiness, firmness, spiciness and juiciness with scores of 7.82, 7.81, 7.55 and 7.36 respectively. The nutritional values were also analyzed including protein, fat, carbohydrate, fiber and moisture, which were 20.71%, 4.96%, 5.01%, 4.17%, 2.33%, and 66.99% respectively. In addition, branched-chain amino acids (BCAAs) which are suited for athletes include valine, leucine and isoleucine at amounts of 1,188.43, 1,855.01 and 972.92 milligrams per 100 grams, respectively. The microbiological analysis was conformed to Thai Community Product Standard (Ministry of Industry) of fish sausages (TISI 134/2555) and its shelf life in polyamide (PA) bags at a temperature of 5.0 ± 2.0 degrees Celsius was 14 days. The capital cost of the 100 grams of high protein walking catfish sausage is 21.87 baht.

Key words: fish sausage, high protein fish sausage, whey protein, whey protein isolate, walking catfish

*Corresponding author: 50 Kaset-klang Chatuchak, Bangkok 10900 Tel: 0-2940-6130-45 ext. 4408
e-mail: jrwwon@gmail.com

คำนำ

ไส้กรอกเป็นผลิตภัณฑ์แปรรูปที่มีส่วนประกอบหลักจากเนื้อสัตว์ เช่น หมู ไก่ หรือปลา จัดเป็นแหล่งของโปรตีนที่ได้รับความนิยมอย่างมาก เนื่องจากรับประทานง่าย สะดวก รวดเร็ว อิ่มท้อง และมีรูปแบบหลากหลาย (กนิฐพร, 2565; สยามรัฐออนไลน์, 2562; เสาวภาคย์ และศรีวิกรณ์, 2550) ไส้กรอกปลาเป็นผลิตภัณฑ์ที่ทำจากเนื้อปลา ไขมัน เครื่องเทศ และสมุนไพร บดหรือสับผสมให้เข้ากันและนวดจนเหนียวที่อุณหภูมิต่ำ บรรจุในไส้ ออจรมคว้นหรือไม้ก็ได้ และนำมาต้มจนสุก มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนเรื่อง ไส้กรอกปลา (มผช.143/2555) กำหนดให้ไส้กรอกปลาต้องมีโปรตีนไม่น้อยกว่าร้อยละ 13 โดยน้ำหนัก และไขมันต้องไม่เกิน ร้อยละ 10 โดยน้ำหนัก (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2555) กระบวนการผลิตไส้กรอกเป็นการนำเนื้อสัตว์มาบดละเอียดรวมกับส่วนผสมต่าง ๆ จนโครงสร้างของโปรตีนในเนื้อสัตว์เกิดการเปลี่ยนแปลงเป็นมวลเหนียวที่เรียกว่า อิมัลชัน โดยมีไขมันสัตว์หรือน้ำมันเป็นองค์ประกอบทำให้เกิดเป็นอิมัลชันประเภทไขมันในน้ำ (Oil in water emulsion) ที่มีเม็ดไขมันกระจายอยู่ในน้ำและรวมตัวกันด้วยอิมัลซิไฟเออร์ (ถาวร, 2561) ในการผลิตไส้กรอกมีความจำเป็นต้องควบคุมคุณภาพและสัดส่วนของวัตถุดิบควบคู่ไปกับการควบคุมกระบวนการผลิตเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพดี (Abdolghafour and Saghir, 2014)

วัตถุดิบในการผลิตไส้กรอกปลา มีความสำคัญต่อคุณภาพและลักษณะของเนื้อสัมผัสของไส้กรอกปลา ได้แก่ เนื้อปลา, ไขมันหรือน้ำมัน, เกลือ, น้ำและน้ำแข็ง, เครื่องเทศ, ไส้บรรจุ และวัตถุเจือปนอาหาร เช่น ตัวประสาน อิมัลซิไฟเออร์ สารตัวเติม และสารประกอบฟอสเฟต ดังนี้

เนื้อปลา โดยทั่วไปเนื้อปลาส่วนที่บริโภคได้ประกอบด้วยโปรตีน ร้อยละ 15-24 โดยปริมาณโปรตีนขึ้นอยู่กับชนิด เพศ อายุ ฤดูกาล และสิ่งแวดล้อมของปลา (จิราพร, 2558) ในการผลิตไส้กรอกปลานิยมนำเนื้อปลาหลายชนิดมาผสมกัน มักใช้เนื้อปลาทะเลที่มีความเหนียวเป็นวัตถุดิบหลัก เช่น ปลาอินทรี ปลาหางเหลือง ปลากระโทงแทง ปลาทรายแดง ปลาข้างเหยียบ ปลาดาบขาว ปลาลิ้นหมา ปลาน้ำดอกไม้ และปลาช่อนทะเล หรือปลาน้ำจืด เช่น ปลายี่สก ปลานวลจันทร์ ปลาดุก และ ปลานิล (สมฤทัย, 2560) ข้อดีของเนื้อปลา คือ ประกอบด้วยโปรตีนที่ย่อยง่ายและสารอาหารที่จำเป็นต่อร่างกายของมนุษย์ (สุนทร, 2560) โครงสร้างโปรตีนในเนื้อปลา (Myofibril protein) มีทั้งที่เป็นก้อนกลมและสายยาวอยู่ในโมเลกุลเดียวกัน ประกอบด้วย Actin และ Myosin ที่สามารถละลายได้ด้วยเกลือมีความสำคัญต่อการอุ้มน้ำของเนื้อสัตว์และการเกิดเจลของโปรตีนในผลิตภัณฑ์ไส้กรอก

ไขมัน หรือน้ำมัน ในไส้กรอกมีปริมาณไขมันจากสัตว์ ร้อยละ 20-30 โดยไขมันที่นิยมใช้ในการผลิตไส้กรอก ได้แก่ ไขมันหมูและไขมันวัว ไขมันในไส้กรอกช่วยให้ผลิตภัณฑ์มีเนื้อสัมผัสที่มีความนุ่มชุ่มฉ่ำ และสีที่ดียิ่งขึ้น แต่หากเก็บเป็นเวลานาน ไขมันอาจเกิดการออกซิเดชันทำให้เกิดกลิ่นหืนได้ (วิรัชชนม์ และคณะ, 2554) ปัจจุบันมีการใช้น้ำมันพืชทดแทนไขมันสัตว์ เพื่อประโยชน์ทางด้านสุขภาพ และลดการหืนของไขมัน (ประดิษฐ์, 2556) จากงานวิจัยของวิษชุดา (2546) ได้ทดลองใช้น้ำมันพืชแทนไขมันสัตว์ในการผลิตไส้กรอกแฟร้งค์เฟอร์เตอร์ พบว่า สีของผลิตภัณฑ์สุดท้ายไม่แตกต่างกัน ผู้บริโภคให้การยอมรับด้านความชุ่มฉ่ำและความแน่นเนื้อ ไม่แตกต่างจากสูตรควบคุมที่ใช้ไขมันสัตว์

เกลือ นิยมใช้เกลือสินเธาว์ในการผลิตไส้กรอก เกลือทำหน้าที่ให้รสชาติ ช่วยสกัดโปรตีนจากกล้ามเนื้อสัตว์ ซึ่งโปรตีนเหล่านี้จะช่วยประสานไขมันและน้ำไม่ให้แยกจากกัน ทำให้เนื้อสัมผัสของไส้กรอกมีความแน่นเนื้อและช่วยยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดการเน่าเสียได้ (ประดิษฐ์, 2556)

น้ำและน้ำแข็ง เป็นส่วนผสมที่สำคัญอย่างยิ่งที่ต้องเติมลงในไส้กรอก เนื่องจากมีผลต่อเนื้อสัมผัสของไส้กรอกทำให้ไส้กรอกมีความอ่อนนุ่ม ชุ่มฉ่ำ และช่วยในการกระจายตัวของส่วนประกอบอื่น ๆ

เครื่องเทศ ช่วยเติมแต่งด้านกลิ่นรส และรสชาติของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกให้ดีขึ้น

ไส้บรรจุ (Casing) ทำหน้าที่เป็นภาชนะบรรจุให้ผลิตภัณฑ์ไส้กรอกคงรูป และกำหนดขนาดของไส้กรอกตามไส้ที่ใช้บรรจุ ไส้ที่ใช้ในการผลิตไส้กรอกแบ่งออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่ 1) ไส้ธรรมชาติ ทำจากลำไส้ของสุกร โค แกะ หรือกระบือ ข้อดีของไส้ชนิดนี้ คือ เมื่อนำไปรมควันทำให้ควันไฟซึมเข้าได้ง่ายทำให้เนื้อของไส้กรอกมีกลิ่นหอม และ หดตัวได้ แต่มีข้อเสีย คือ ไม่ป้องกันความชื้น ขนาดไม่สม่ำเสมอ เปื่อย ฉีกขาดง่าย เก็บรักษายาก และราคาสูง (ประดิษฐ์, 2556) 2) ไส้เทียม เป็นที่นิยมมากกว่าไส้ธรรมชาติ เนื่องจากราคาถูก มีขนาดที่หลากหลาย สม่ำเสมอ และเก็บรักษาง่าย แบ่งออกเป็น 2 แบบ คือ 2.1) ไส้เทียมที่รับประทานได้ เช่น ไส้คอลลาเจน ทำจากหนังสัตว์ เหมาะสำหรับทำไส้กรอกรมควัน และ หดตัวได้ดี เมื่อนำมาต้ม 2.2) ไส้เทียมที่รับประทานไม่ได้ เช่น ไส้เซลลูโลสผลิตจากฝ้าย มีคุณสมบัติคล้ายไส้คอลลาเจน ไส้พลาสติก ผลิตจากวัสดุจำพวก Polyvinylidene Chloride (PVDC) หรือ Cryovac ซึ่งมีสมบัติในการป้องกันก๊าซและน้ำผ่านเข้าออก โดยไส้ประเภทนี้ต้องลอกไส้ออกก่อนรับประทาน

วัตถุเจือปนอาหาร เช่น ตัวประสาน (Binder) อิมัลซิไฟเออร์ (Emulsifier) และ สารตัวเติม (Filler) เป็นส่วนผสมที่ใช้เพื่อเพิ่มความคงตัวในผลิตภัณฑ์ไส้กรอก เพิ่มความสามารถในการอุ้มน้ำ ลดการหดตัวของผลิตภัณฑ์ระหว่างการให้ความร้อน และช่วยปรับปรุงรสชาติ โดยทำหน้าที่ในการจับโมเลกุลของน้ำและไขมัน นอกจากช่วยในการปรับปรุงเนื้อสัมผัสแล้ว ยังมีสมบัติอื่น ๆ ที่แตกต่างกันออกไป การเลือกใช้ตัวประสาน และอิมัลซิไฟเออร์ควรคำนึงถึงคุณสมบัติ และลักษณะสุดท้ายที่ต้องการของไส้กรอก ได้แก่ ปริมาณโปรตีน ความสามารถในการละลาย กลิ่น และรสชาติ ความสามารถในการจับกับน้ำและไขมัน ความยากง่ายในการเก็บรักษา สี และราคา (Lukin, 2020) สารที่นิยมใช้ในอุตสาหกรรมการแปรรูปเนื้อสัตว์ เช่น โปรตีนจากถั่วเหลือง (Soy protein) และโปรตีนนม (Whey protein) ส่วนสารตัวเติมเป็นสารช่วยให้เนื้อสัตว์จับกับไขมัน และนิยมใช้แบ่งเป็นส่วนผสมในการผลิต หรืออาจเติมเพื่อทดแทนเนื้อสัตว์ (วรจกณา, 2542) สารประกอบฟอสเฟส นิยมนำมาช่วยในการปรับปรุงเนื้อสัมผัส มีคุณสมบัติเพิ่มการอุ้มน้ำของโปรตีนในเนื้อสัตว์ ลดการสูญเสียเนื้อระหว่างการเก็บรักษา ทำให้อิมัลชันมีความเสถียร แต่หากมีการใช้สารประกอบฟอสเฟตมากเกินไป อาจก่อให้เกิดผลเสียทำให้เนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์มีความแข็ง เปลี่ยนแปลงกลิ่นรส และการบริโภคอาหารที่มีฟอสฟอรัสสูงและแคลเซียมต่ำเป็นเวลานาน ส่งผลให้ฟอสฟอรัสในเลือดสูง และแคลเซียมต่ำ ร่างกายจะเพิ่มการสลายแคลเซียมในกระดูก ทำให้มีความเสี่ยงในการเกิดโรคกระดูกพรุน (เสาวภาคย์ และศรีวิกรณ์, 2550) นอกจากนี้ ไส้กรอกเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีปริมาณไขมันอิ่มตัวสูง ซึ่งโดยทั่วไปไส้กรอกอิมัลชันจะมีไขมันสูงถึงร้อยละ 25-30 หากรับประทานต่อเนื่องเป็นระยะเวลานานอาจทำให้ผู้บริโภคมีโอกาสเสี่ยงต่อสุขภาพ เช่น โรคอ้วน โรคหัวใจ และหลอดเลือด (อภิรดา และคณะ, 2564)

ปัจจุบันผู้บริโภคหันมาใส่ใจเรื่องสุขภาพมากขึ้น โดยเลือกรับประทานอาหารที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย เช่น อาหารไขมันต่ำ โซเดียมต่ำ หรือพลังงานต่ำ ไส้กรอกปลาจึงเป็นอาหารทางเลือกหนึ่งสำหรับผู้รักสุขภาพเนื่องจากมีโปรตีนสูงและย่อยง่าย โดยอาจมีการเติมสารที่มีส่วนช่วยเสริมสุขภาพ เช่น แครทีนอยด์ ไขมันไม่อิ่มตัว และใยอาหาร (Jochen *et al.*, 2010) การบริโภคอาหารที่มีโปรตีนส่งผลดีต่อร่างกาย เนื่องจากโปรตีนมีส่วนช่วยในการสร้างกล้ามเนื้อ สร้างภูมิคุ้มกัน แต่ควรรับประทานในปริมาณที่เหมาะสม โดยทั่วไปปริมาณโปรตีนที่แนะนำให้คนในวัยผู้ใหญ่รับประทานเฉลี่ย 50 กรัมต่อวัน (กระทรวงสาธารณสุข, 2541) ส่วนอาหารโปรตีนสูง ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 182 พ.ศ. 2541 เรื่อง ฉลากโภชนาการ “อาหารที่มีการกล่าวอ้างทางโภชนาการ” หากต้องการกล่าวว่าโปรตีนสูง อาหารนั้น

ต้องมีสารอาหาร อยู่ในปริมาณตั้งแต่ร้อยละ 20 ขึ้นไป โดยสำนักโภชนาการระบุของปริมาณสารอาหาร ที่แนะนำให้บริโภคต่อวันสำหรับคนไทย อายุตั้งแต่ 6 ปีขึ้นไป (Thai Recommended Daily Intakes, Thai RDI) ซึ่งสำหรับผลิตภัณฑ์ไส้กรอก มีหนึ่งหน่วยบริโภคอ้างอิง เท่ากับ 55 กรัม

อาหารเสริมโปรตีนและโปรตีนสูงเป็นอาหารที่กำลังได้รับความนิยมอย่างมาก โดยมีการใช้วัตถุดิบ ที่มีปริมาณโปรตีนสูงเป็นโปรตีนเสริม เช่น โปรตีนจากไข่ขาว โปรตีนจากถั่วเหลือง และโปรตีนจากนม (กษแก้ว และชวกร, 2559) เวย์โปรตีน (Whey proteins) เป็นผลพลอยได้จากกระบวนการผลิตเนยแข็งจากนม (Lukin, 2020) ผลิตจากส่วนของเหลวที่เหลืออยู่หลังจากการกำจัดไขมัน และ เคซีน ออกจากนมในระหว่างการผลิต เนยแข็ง หรือกรด และเรนเนทเคซีน มีลักษณะเป็นผงสีขาวครีม มีรสจืดเล็กน้อย สามารถดูดซึมเข้าสู่ร่างกาย ได้อย่างรวดเร็ว นิยมใช้ในกลุ่มผู้ที่ออกกำลังกาย และผู้ที่ต้องการเสริมกล้ามเนื้อ (Priyadarshi, 2013) นอกจากนี้ โปรตีนนมมีความสามารถในการจับตัวกับน้ำ และไขมัน ซึ่งมีศักยภาพในการปรับปรุงเนื้อสัมผัส ในผลิตภัณฑ์เนื้อแปรรูปไขมันต่ำ (Abdolghafour and Saghir, 2014) การเติมผงโปรตีนจากนมปริมาณต่ำ ลงในเนื้อสัตว์แปรรูป ส่งผลให้ความยืดหยุ่นของผลิตภัณฑ์เปลี่ยนแปลงไป แต่หากมีการใส่ในปริมาณมากขึ้น อาจส่งผลให้เกิดคราบสีขาวและเนื้อสัมผัสแข็ง สำหรับการเติมโปรตีนจากนมแบบของเหลว (Liquid whey) จะช่วยเพิ่มความคงตัวของอิมัลชัน อีกทั้งส่งผลให้ปริมาณเถ้า และค่า pH เพิ่มขึ้น (Baard *et al.*, 1992) ผลิตภัณฑ์เวย์ที่ใช้ในอุตสาหกรรมเนื้อสัตว์ ได้แก่ เวย์โปรตีนเข้มข้น (Whey Protein Concentrate: WPC โปรตีนร้อยละ 34-80), เวย์โปรตีนไอโซเลต (Whey Protein Isolate: WPI โปรตีนมากกว่าร้อยละ 90), เวย์ที่ลดปริมาณแลคโตส, เวย์ปราศจากแร่ธาตุ และแลคโตส โดยเฉพาะการผลิตผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์แปรรูป เช่น ไส้กรอกแฟรงค์เฟิร์ตเตอร์, ไส้กรอกอิตาลี (Mortadella), เนื้อบรรจุกระป๋อง (Luncheon meat) หรือซูริมิ (O'Regan *et al.*, 2009; Youssef and Barbut, 2011) เวย์โปรตีนไอโซเลตได้จากการนำเวย์โปรตีนไปผ่าน วิธีโครมาโตกราฟีแบบแลกเปลี่ยนไอออน โดยมีปริมาณโปรตีนสูง ร้อยละ 90-95 มีปริมาณแลคโตสและไขมันต่ำ เวย์โปรตีนไอโซเลตจัดเป็นสารปรุงแต่งอาหารในกลุ่มที่ไม่ใช่เนื้อสัตว์ (Non-meat additive) นอกจากนี้ เวย์โปรตีนไอโซเลตจะเป็นส่วนผสมในการเพิ่มปริมาณโปรตีนในอาหารแล้ว ยังมีหน้าที่อื่น ๆ อีก เช่น ช่วยในการยืดเกาะที่ดีในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์แปรรูป ปรับปรุงคุณภาพทางประสาทสัมผัส และลดการสูญเสีย น้ำ ระหว่างการให้ความร้อนเพิ่มความสามารถในการจับกับน้ำ และเพิ่มความคงตัวของอิมัลชัน (Lukin, 2020; Kang *et al.*, 2021)

อาหารเสริมโปรตีนและโปรตีนสูงเหมาะสำหรับผู้ที่ต้องการโปรตีนปริมาณมาก เช่น ผู้ที่ออกกำลังกาย ผู้ที่ต้องการสร้างกล้ามเนื้อ และกลุ่มผู้สูงอายุที่มีปัญหาจากการบริโภค อย่างไรก็ตาม รูปแบบอาหารเสริมโปรตีน และโปรตีนสูงที่จำหน่ายในท้องตลาด มีความหลากหลายน้อย เช่น นมเสริมโปรตีน เครื่องดื่มผลไม้ผสม ออกไก่ปั่น ผลิตภัณฑ์โปรตีนผง ชงดื่ม และโปรตีนเสริมชนิดแท่ง (Protein bar) เพื่อสร้างความหลากหลาย ของรูปแบบผลิตภัณฑ์ และง่ายในการบริโภค ไส้กรอกปลาโปรตีนสูงจึงเป็นอีกหนึ่งทางเลือกที่เหมาะสม สำหรับนำไปพัฒนาผลิตภัณฑ์

ปลาถูกจัดอยู่ในกลุ่มปลาหนังน้ำจืดในสกุล *Clarias* วงศ์ *Clariidae* เลี้ยงง่าย โตเร็ว มีความสามารถในการต้านทานโรค เนื่องจากมีความอดทนต่อสภาพแวดล้อมได้ดี องค์ประกอบทางเคมีของปลาดุกประกอบด้วย โปรตีน ไขมัน เถ้า และความชื้น ร้อยละ 19.1, 5.2, 1.1 และ 74.5 ตามลำดับ โดยไขมันในปลาดุกประกอบด้วย กรดไขมันไม่อิ่มตัวที่ไม่มีคลอเรสเตอรอล (ประดิษฐ์, 2556) และมีปริมาณของไขมันที่น้อยกว่าเนื้อสัตว์ชนิดอื่น เนื้อปลาดุกสามารถนำมาแปรรูปได้หลายรูปแบบ จึงเป็นปลาน้ำจืดที่เกษตรกรนิยมเลี้ยงกันมากในประเทศไทย โดยเฉพาะปลาดุกลูกผสม “บี กอญหรืออูยเทศ” (*Clarias macrocephalus* x *Clarias gariepinus*) (กรมประมง, 2550) แต่ด้วยลักษณะของการบริโภคผลิตภัณฑ์ปลาดุกปัจจุบัน ขนาดปลาที่ตลาดต้องการ

มีขนาดไม่ใหญ่มาก ส่งผลให้ปลาที่มีขนาดใหญ่เกินขนาดที่ตลาดต้องการไม่สามารถจับปลาขายได้ ทำให้เกษตรกรที่เพาะเลี้ยงปลาดุกปลาที่ตกค้างบ่อ (ไทยรัฐออนไลน์, 2563) ดังนั้น ปลาดุกที่โตเกินขนาดความต้องการของผู้บริโภคนี้จึงเหมาะแก่การนำมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์เพื่อเพิ่มมูลค่าและเกิดการใช้ประโยชน์ที่สอดคล้องกับความต้องการของตลาด

การพัฒนาไส้กรอกปลาดุกโปรตีนสูง ด้วยการเสริมโปรตีนจากเวย์โปรตีนไอโซเลตจึงเป็นผลิตภัณฑ์ที่ตอบโจทย์กับผู้บริโภค ดังนั้นงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของปริมาณโปรตีนเสริมที่มีต่อคุณภาพของไส้กรอกปลาดุกโปรตีนสูงเพื่อสุขภาพ และทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคในกลุ่มผู้ที่ออกกำลังกาย ตลอดจนศึกษาอายุการเก็บรักษาไส้กรอกปลาดุกโปรตีนสูงเพื่อสุขภาพ

วัตถุประสงค์

1. เพื่อพัฒนาสูตรการผลิตไส้กรอกปลาดุกโปรตีนสูงที่เหมาะสมสำหรับกลุ่มผู้บริโภคที่ต้องการเสริมโปรตีน
2. เพื่อศึกษาอายุการเก็บรักษาไส้กรอกปลาดุกโปรตีนสูง

วิธีดำเนินการ

1. วัสดุ อุปกรณ์ และเครื่องมือ

1.1 วัตถุดิบ

1.1.1 ปลาดุก (*Clarias macrocephalus* x *Clarias gariepinus*) ขนาดตัวละ 1-1.5 กิโลกรัม จากตลาดอมรพันธ์ กรุงเทพฯ บรรจุในถังฉนวนบรรจุน้ำแข็ง ขนส่งมายังกองวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมสัตว์น้ำ กรมประมง

1.1.2 น้ำมันรำข้าว ยี่ห้อ คิง

1.1.3 เวย์โปรตีนไอโซเลต ยี่ห้อ แมทเทล

1.1.4 ผงลูกจันทน์เทศป่น

1.1.5 พริกไทยขาวป่น

1.1.6 เกลือ

1.1.7 ผงชูรส

1.2 สารเคมี และอาหารเลี้ยงเชื้อ

1.2.1 กรดซัลฟูริก (H_2SO_4) ยี่ห้อ Sigma-Aldrich

1.2.2 กรดบอริก (H_3BO_3) ยี่ห้อ Ajax Finechem

1.2.3 กรดไฮโดรคลอริก (HCl) ยี่ห้อ Ajax Finechem

1.2.4 คอปเปอร์ซัลเฟต ($CuSO_4$) ยี่ห้อ Ajax Finechem

1.2.5 โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ยี่ห้อ Ajax Finechem

1.2.6 เมทิลเรด (Methyl Red sodium salt) ยี่ห้อ Sigma-Aldrich

1.2.7 เมทิลีนบลู (Methylene Blue) ยี่ห้อ Sigma-Aldrich

1.2.8 เอทิลแอลกอฮอล์ ยี่ห้อ Ajax Finechem

1.2.9 แอนไฮไดรส์โซเดียมซัลเฟต (Anhydrous Na_2SO_4) ยี่ห้อ Sigma-Aldrich

1.2.10 เฮกเซน ยี่ห้อ Ajax Finechem

- 1.2.11 Baird-Parker Agar Base ยี่ห้อ Oxoid
- 1.2.12 Bismuth Sulphite Agar ยี่ห้อ Oxoid
- 1.2.13 Brilliant Green Agar ยี่ห้อ Oxoid
- 1.2.14 E.C. Broth ยี่ห้อ Oxoid
- 1.2.15 EMB Agar ยี่ห้อ Oxoid
- 1.2.16 Lauryl Tryptose Broth ยี่ห้อ Oxoid
- 1.2.17 Nutrient Agar ยี่ห้อ Oxoid
- 1.2.18 Modified Semi-solid Rappaport Vassiliadis ยี่ห้อ Oxoid
- 1.2.19 Plate Count Agar ยี่ห้อ Oxoid
- 1.2.20 Selenite Cystine Broth ยี่ห้อ Oxoid
- 1.2.21 Tetrathionate Broth Base ยี่ห้อ Oxoid
- 1.2.22 Oxytetracycline Glucose Yeast Extract Agar ยี่ห้อ Oxoid
- 1.2.23 X.L.D. Medium Agar ยี่ห้อ Oxoid
- 1.3 อุปกรณ์เครื่องมือ
 - 1.3.1 เครื่องชั่งสารทศนิยม 2 ตำแหน่ง ยี่ห้อ Sartorius รุ่น CP3202S
 - 1.3.2 เครื่องชั่งสารทศนิยม 4 ตำแหน่ง ยี่ห้อ Sartorius รุ่น LA2305
 - 1.3.3 เครื่องบดเนื้อปลา ยี่ห้อ TALSA รุ่น 22
 - 1.3.4 เครื่องอัดไส้
 - 1.3.5 ตู้บลมร้อน
 - 1.3.6 เครื่องบรรจุสุญญากาศ ยี่ห้อ SAMMIC รุ่น V-420T
 - 1.3.7 เครื่องวัดเนื้อสัมผัส Texture analyser ยี่ห้อ Stable Micro Systems รุ่น TA-XT2i
 - 1.3.8 ถุงไนลอน (Nylon/PA) ขนาด 8 × 11 นิ้ว
 - 1.3.9 ไส้คอลลาเจน ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.5 เซนติเมตร ยี่ห้อ Nippi เบอร์ 200
 - 1.3.10 เครื่องปั้นเหวี่ยง ยี่ห้อ Tomy รุ่น Suprema 21

2. วิธีดำเนินงาน

2.1 สํารวจคุณภาพไส้กรอกทางการค้า

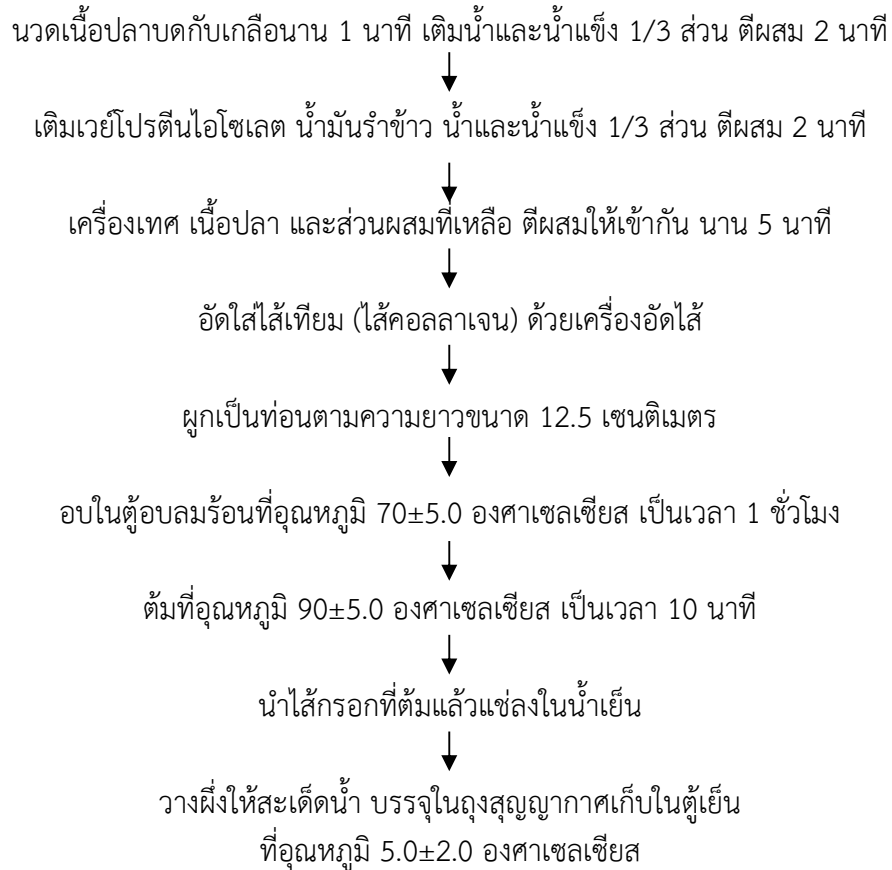
สํารวจตัวอย่างไส้กรอกทางการค้า จำนวน 5 ยี่ห้อ เพื่อใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาไส้กรอกปลาโปรตีนสูง โดยสํารวจไส้กรอกปลาและไส้กรอกโปรตีนสูง มาวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัส (Texture Profile Analysis; TPA) ของไส้กรอก (ดัดแปลงจากวิธีของ สุนทรี, 2550) ด้านค่าความแข็ง (Hardness) ค่าความยืดหยุ่น (Springiness) ค่าความเหนียว (Gumminess) ค่าแรงที่ใช้ในการเคี้ยว (Chewiness) และค่าแรงเฉือน (Shear force) (ภาคผนวกที่ 1)

2.2 ศึกษาการพัฒนาสูตรการผลิตไส้กรอกปลาจากโปรตีนสูงที่เหมาะสม

นำปลาดุกสด ขนาด 1-1.5 กิโลกรัมต่อตัว มาตัดหัว ควักไส้ แลเอาเฉพาะเนื้อปลา มาบดด้วยเครื่องบดเนื้อปลา รูตะแกรงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.3 เซนติเมตร จำนวน 2 ครั้ง นำเนื้อปลาบดปริมาณ 500 กรัม บรรจุลงในน้ำแข็งเพื่อใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตไส้กรอกปลาในขั้นตอนต่อไป

ผลิตไส้กรอกปลาจากดัดแปลงจากวิธีของอัมรินา (2554) ดังภาพที่ 1 เตรียมไส้กรอกปลา 4 สูตร โดยแปรอัตราส่วนระหว่างเนื้อปลาบดต่อเวย์โปรตีนไอโซเลตโดยน้ำหนัก 4 ระดับ ได้แก่ 520:0

(สูตรควบคุม, W1), 500:20 (W2), 490:30 (W3) และ 480:40 (W4) ดังตารางที่ 1 โดย W1, W2, W3 และ W4 มีปริมาณโปรตีนในไส้กรอกปลาตุ๋นที่ได้จากการคำนวณ ร้อยละ 16.84, 19.11, 20.25 และ 21.38 ตามลำดับ ขั้นตอนในการผลิตไส้กรอกปลาตุ๋น ดังนี้



ภาพที่ 1 วิธีการผลิตไส้กรอกปลาตุ๋นโปรตีนสูง

ตารางที่ 1 อัตราส่วนระหว่างปริมาณเนื้อปลากับเวย์โปรตีนไฮโดรไลเสต

ส่วนผสม (กรัม)	สูตรควบคุม (W1)	สูตร 500:20 (W2)	สูตร 490:30 (W3)	สูตร 480:40 (W4)
เนื้อปลาทูอูยเทศ	520	500	490	480
เวย์โปรตีนไฮโดรไลเสต	0	20	30	40

จากนั้นนำไส้กรอกปลาตุ๋นทั้ง 4 สูตร มาวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ ดังนี้

1) วิเคราะห์ความคงตัวของอิมัลชัน (Emulsion stability) ตามวิธีของวรรณชยา (2556)

นำตัวอย่างอิมัลชันของไส้กรอกปลาตุ๋นปริมาณ 25 กรัม ไปปั่นเหวี่ยงที่ 3,600 g ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 นาที จากนั้นนำตัวอย่างไปให้ความร้อนในอ่างควบคุมอุณหภูมิที่ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที แล้วนำไปปั่นเหวี่ยงอีกครั้งที่ 3,600 g ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 นาที นำของแข็งที่ได้ไปชั่งน้ำหนัก และบันทึกผล คำนวณค่าปริมาณของเหลวทั้งหมดที่แยกออกมา (Total Expressible Fluid, TEF) และร้อยละของปริมาณของเหลวทั้งหมดที่แยกได้ (% TEF) ตามสมการ (1) และ (2)

$$TEF = (\text{น้ำหนักตัวอย่าง}) - (\text{น้ำหนักของแข็งหลังปั่นเหวี่ยง}) \quad (1)$$

$$\% TEF = \left(\frac{TEF}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง}} \right) \times 100 \quad (2)$$

2) วิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัสของไส้กรอกปลาตุ๋นโปรตีนสูงด้วยวิธีเดียวกับการทดลองในข้อ 2.1 (ภาคผนวกที่ 1)

2.3 การทดสอบทางประสาทสัมผัสของไส้กรอกปลาตุ๋นโปรตีนสูงด้วยวิธีการให้คะแนนความชอบ ร่วมกับวิธีวัดระดับความพอดี (Just About Right, JAR)

เลือกไส้กรอกปลาตุ๋นโปรตีนสูงที่พัฒนาได้จากข้อ 2.2 โดยเลือกจากปริมาณโปรตีน และค่าเนื้อสัมผัสอยู่ในช่วงของไส้กรอกทางการค้า มาทดสอบทางประสาทสัมผัส โดยผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝน จำนวน 100 คน มาทดสอบความชอบโดยให้คะแนนความชอบ แบบ 9-Point Hedonic scale (9=ชอบมากที่สุด ถึง 1=ไม่ชอบมากที่สุด) และวัดระดับความพอดี ในคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส ด้านรสเค็ม ความแข็ง กลิ่นเครื่องเทศ และความฉ่ำน้ำ วิเคราะห์ข้อมูลร่วมกัน 2 วิธีคือ การวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยที่ลดลง (Mean Drop) และการวิเคราะห์ค่าพินอลตีทั้งหมด (Total Penalty) (ASTM, 2009) มีรายละเอียดดังภาคผนวกที่ 2 โดยวิเคราะห์คุณลักษณะที่ผู้ทดสอบให้คะแนนในระดับที่ไม่พอดี เพื่อนำไปปรับปรุงสูตร (Stone, 2012)

2.4 ศึกษาคุณค่าทางอาหาร และคุณภาพทางจุลชีววิทยาของไส้กรอกปลาตุ๋นโปรตีนสูง

นำไส้กรอกปลาตุ๋นโปรตีนสูงที่เลือกจากข้อ 2.2 มาวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการ ได้แก่ ปริมาณโปรตีน ไขมัน ความชื้น และ a_w โดยบริษัทห้องปฏิบัติการกลาง (ประเทศไทย) จำกัด กรุงเทพฯ และวิเคราะห์คุณภาพทางจุลชีววิทยาตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ไส้กรอกปลา (มผช. 143/2555) ได้แก่ *Salmonella* spp. (ISO, 2020), *Escherichia coli* (BAM, 2020), Total viable count (BAM, 2001), *Vibrio cholera* (BAM, 2004), *Staphylococcus aureus* (BAM, 2016), Yeast & mold (BAM, 2001), *Clostridium perfringens* (BAM, 2001) และ *Bacillus cereus* (BAM, 2012)

2.5 การคำนวณต้นทุนการผลิต และต้นแบบบรรจุภัณฑ์

คำนวณต้นทุนในการทำเนื้อปลาตุ๋น และการผลิตไส้กรอกปลาตุ๋นโปรตีนสูง โดยคิดจากผลิตภัณฑ์ที่ได้น้ำหนัก 100 กรัม แล้วนำมาออกแบบบรรจุภัณฑ์ของไส้กรอกปลาตุ๋นโปรตีนสูงตามข้อกำหนดของประกาศกระทรวงสาธารณสุข (2557) เรื่องการแสดงฉลากของอาหารในภาชนะบรรจุ

2.6 ศึกษาอายุการเก็บรักษาของไส้กรอกปลาตุ๋นโปรตีนสูง

นำไส้กรอกปลาตุ๋นโปรตีนสูงที่เลือกจากข้อ 2.2 บรรจุในถุงชนิดพอลิเอไมด์ (PA) โดยบรรจุไส้กรอกถุงละ 100 กรัม นำไปเก็บในตู้ควบคุมอุณหภูมิ ที่อุณหภูมิ 5.0 ± 2.0 องศาเซลเซียส โดยวิเคราะห์หาปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (BAM, 2001) ตามมาตรฐานของไส้กรอกปลา (มผช. 143/2555) กำหนดให้ไส้กรอกปลามีจำนวนจุลินทรีย์ที่มีชีวิตทั้งหมด (Total viable count) ที่ยอมรับได้ในตัวอย่างที่ตรวจสอบต้องไม่เกิน 1×10^6 CFU/g จึงใช้จำนวนจุลินทรีย์ที่มีชีวิตทั้งหมดเป็นดัชนีกำหนดอายุการเก็บรักษาไส้กรอกปลาตุ๋นโปรตีนสูง โดยสุ่มตัวอย่างมาวิเคราะห์ทุก 7 วัน เป็นเวลา 21 วัน

2.7 วางแผนการทดลองและวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วางแผนการทดลองแบบสุ่มบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design: RCBD) ทำการทดลอง 3 ซ้ำ นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ หาค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน Duncan's New Multiple Range Test (DRMT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ผลการทดลองและวิจารณ์ผล

1. ผลสำรวจคุณภาพไส้กรอกทางการค้า

จากการสำรวจไส้กรอกทางการค้า จำนวน 5 ยี่ห้อ โดยเป็นไส้กรอกปลา 3 ยี่ห้อ และไส้กรอกไก่โปรตีนสูง 2 ยี่ห้อ แสดงดังภาพที่ 2 พบว่า ไส้กรอกมีลักษณะเป็นแท่งยาว เนื้อเนียนเป็นเนื้อเดียวกัน วัตถุดิบในการผลิตไส้กรอกมีทั้งเนื้อไก่และเนื้อปลา ซึ่งเนื้อสัตว์แต่ละชนิดจะส่งผลให้เนื้อสัมผัสของไส้กรอกแตกต่างกัน ไส้กรอกยี่ห้อที่ 1-3 เป็นไส้กรอกปลา มีสีน้ำตาลเนื่องจากการรมควัน ไส้กรอกมีปริมาณเนื้อปลา ร้อยละ 45-60 ส่งผลให้ร้อยละปริมาณโปรตีนและไขมัน แตกต่างกัน อยู่ในช่วง ร้อยละ 9.09-14.00 และ 7.00-23.55 ตามลำดับ (ตารางที่ 3) ซึ่งมีไส้กรอกปลา 2 ยี่ห้อ มีค่าโปรตีนต่ำกว่ามาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช. 143/2555) ที่กำหนดให้ไส้กรอกปลาต้องมีโปรตีนไม่น้อยกว่าร้อยละ 13 โดยน้ำหนักและไขมันต้องไม่เกินร้อยละ 10 โดยน้ำหนัก (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2555) ในขณะที่ยี่ห้อที่ 4 และ 5 เป็นไส้กรอกไก่โปรตีนสูง มีสีค่อนข้างขาว เมื่อนำไส้กรอกมาศึกษาส่วนประกอบในสูตร พบว่า ไส้กรอกมีปริมาณเนื้อไก่ ร้อยละ 90-95 ตรวจพบปริมาณโปรตีนและไขมัน ร้อยละ 18.18, 28.75 และ 0.91, 2.50 ตามลำดับ (ตารางที่ 2)

จากการสำรวจคุณภาพไส้กรอกทางการค้า พบว่า ไส้กรอกบางยี่ห้อมีการใช้ไขมันจากสัตว์ เช่น ไขมันหมู ไขมันไก่ และไขมันปลา เป็นต้น โดยการเติมไขมันในไส้กรอกช่วยให้ผลิตภัณฑ์มีเนื้อสัมผัสที่มีความนุ่ม ชุ่มฉ่ำ และสีที่ดีขึ้น การใช้น้ำมันรำข้าวทดแทนไขมันไก่ส่งผลให้ความคงตัวของอิมัลชัน และลักษณะทางเนื้อสัมผัสด้านความแข็งและค่าแรงที่ใช้ในการเคี้ยวไม่แตกต่างจากสูตรควบคุม (ขนิษฐาธิชา และประภาศรี, 2558) นอกจากนี้ การเติมเวย์โปรตีนสามารถทดแทนการใช้ไขมันสัตว์ในสูตรและยังเป็นการเพิ่มปริมาณโปรตีนในผลิตภัณฑ์ไส้กรอก (Ozturk-Kerimoglu *et al.*, 2021) ดังนั้น การเติมเวย์โปรตีนไอโซเลตที่มีปริมาณโปรตีนร้อยละ 90 ในส่วนผสมจึงเป็นการช่วยเพิ่มปริมาณโปรตีนในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกปลา ส่วนประกอบในสูตรของไส้กรอกทางการค้าส่งผลให้เนื้อสัมผัสของแต่ละตัวอย่างมีความแตกต่างกัน

ตารางที่ 2 คุณภาพทางเคมีของไส้กรอกทางการค้า

คุณภาพทางเคมี	ไส้กรอกปลา			ไส้กรอกไก่โปรตีนสูง	
	ยี่ห้อที่ 1	ยี่ห้อที่ 2	ยี่ห้อที่ 3	ยี่ห้อที่ 4	ยี่ห้อที่ 5
โปรตีน (ร้อยละ)	12.94	9.09	14.00	28.75	18.18
ไขมัน (ร้อยละ)	23.55	14.54	7.00	2.50	0.91



ยี่ห้อที่ 1



ยี่ห้อที่ 2



ยี่ห้อที่ 3



ยี่ห้อที่ 4



ยี่ห้อที่ 5

ภาพที่ 2 ตัวอย่างไส้กรอกทางการค้า

ตารางที่ 3 คุณภาพทางเนื้อสัมผัสของไส้กรอกทางการค้า

คุณภาพทางกายภาพ	ยี่ห้อที่ 1	ยี่ห้อที่ 2	ยี่ห้อที่ 3	ยี่ห้อที่ 4	ยี่ห้อที่ 5
ค่าความแข็ง (กรัม)	886.05±72.45	2,055.63±88.29	2,153.18±133.56	2,460.10±151.73	3,679.68±143.80
ค่าความยืดหยุ่น (วินาที)	0.82±0.02	0.91±0.02	0.89±0.01	0.86±0.01	0.83±0.01
ค่าความเหนียว (กรัม)	958.09±69.94	2,584.29±114.47	2,260.01±106.91	2,352.15±151.56	3,555.73±82.49
ค่าแรงที่ใช้ในการเคี้ยว (กรัมต่อวินาที)	782.43±52.65	2,354.26±123.40	2,001.99±98.91	2,032.87±112.07	2,945.10±84.06
ค่าแรงเคี้ยว (กรัม)	620.70±26.64	717.57±51.79	544.78±42.91	951.72±30.31	1,000.56±86.33

เมื่อนำตัวอย่างไส้กรอกทางการค้าทั้ง 5 ตัวอย่าง มาวิเคราะห์คุณภาพทางเนื้อสัมผัส (Texture Profile Analyzer: TPA) ด้วยเครื่องวัดเนื้อสัมผัส แสดงผลในตารางที่ 3 โดยมีค่าความแข็ง (Hardness) อยู่ระหว่าง 886.05-3,679.68 กรัม ค่าความยืดหยุ่น (Springiness) 0.82-0.91 วินาที ค่าความเหนียว (Gumminess) 958.09-3,555.73 กรัม ค่าแรงที่ใช้ในการเคี้ยว (Chewiness) 782.43-2,945.10 กรัมต่อวินาที และค่าแรงเฉือน (Shear force) 544.78-1,000.56 กรัม ซึ่งจะใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกต่อไป

2. ผลการศึกษาการพัฒนาสูตรการผลิตไส้กรอกปลาตุ๋นโปรตีนสูงที่เหมาะสม

การเตรียมเนื้อปลาสดจากปลาทู เนื้อปลาที่ได้มีร้อยละผลผลิตของเนื้อปลาสด ร้อยละ 30.17 ± 2.73 จากการทดลองเบื้องต้นด้วยสูตรของ Amaral *et al.*, (2015) (สูตรต้นแบบ) ที่มีส่วนผสมของ เนื้อสัตว์ น้ำ น้ำมันรำข้าว เกลือ กระเทียม และเครื่องเทศ ร้อยละ 70, 10, 10, 1.5, 0.3 และ 0.2 ตามลำดับ พบว่า เนื้อไส้กรอกค่อนข้างและ มีน้ำมันซึมออกมา เนื่องจากในปลาทูมีปริมาณไขมันสูง ถึงแม้ว่าการเติมไขมันส่งผลให้ไส้กรอกยืดหยุ่นหรือนุ่มขึ้น แต่หากเติมมากเกินไปส่งผลทำให้ความยืดหยุ่นลดลง เนื่องจากโปรตีนไมโอซินที่ละลายได้ในน้ำเกลือไม่เพียงพอสำหรับการห่อหุ้มเม็ดไขมัน ทำให้เนื้อสัมผัสและไขมันแยกออกมา (ปราณีตา และคณะ, 2543) จึงปรับลดปริมาณน้ำมันในสูตร เพื่อใช้เป็นสูตรควบคุม (CT) ดังแสดงในภาพที่ 3 พบว่า ส่งผลให้ไส้กรอกมีเนื้อสัมผัสที่ยืดหยุ่นมากขึ้นและไม่มีน้ำมันออกมาจากเนื้อไส้กรอก จึงนำสูตรที่พัฒนาได้มาใช้เป็นสูตรควบคุม (CT) เพื่อนำไปพัฒนาสูตรไส้กรอกปลาตุ๋นโปรตีนสูงที่มีส่วนผสมแสดงดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ส่วนผสมของไส้กรอกปลาตุ๋นสูตรควบคุม (CT)

ส่วนผสม	สูตรควบคุม (CT)
เนื้อปลาทูสด	520
น้ำมันรำข้าว	20
น้ำเย็น	30
น้ำแข็ง	30
เกลือ	8
น้ำตาลทรายขาว	2.4
ลูกจันทร์ป่น	0.4
พริกไทยป่น	4.4
ผงชูรส	2.2



สูตรต้นแบบ



สูตรควบคุม (CT)

ภาพที่ 3 ไส้กรอกปลาสูตรต้นแบบและสูตรควบคุม (CT)

การแปรอัตราส่วนของเนื้อปลาและเวย์โปรตีนไฮโดรไลส 4 ระดับ ได้แก่ 520:0 (W1), 500:20 (W2), 490:30 (W3) และ 480:40 (W4) แสดงในตารางที่ 1 พบว่า เมื่อปริมาณเวย์โปรตีนไฮโดรไลสเพิ่มขึ้น ค่าร้อยละของปริมาณของเหลวทั้งหมดที่แยกได้ (% TEF) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น โดยค่า % TEF จากสูตร W1, W2 และ W3 มีค่าเท่ากับ 1.09, 1.49 และ 1.79 ตามลำดับ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Kang *et al.* (2021) ได้ศึกษาการเติมนมผงในไส้กรอกอกไก่ส่งผลต่อการผลิตไส้กรอกและเพิ่มความสามารถในละลายโปรตีน เมื่อปริมาณโปรตีนที่ละลายในเกลือที่สกัดได้เพิ่มขึ้นเกิดร่างแหของไมโอซินมากขึ้นระหว่างโปรตีนจากเนื้อสัตว์และหยดไขมันที่เป็นองค์ประกอบหลักของไส้กรอกอิมัลชัน ในขณะที่ สูตร W1 และ W4 มีค่าเท่ากับ 1.09 และ 2.18 ตามลำดับ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq 0.05$) แสดงให้เห็นว่า สูตร W4 มีการใช้เวย์โปรตีนไฮโดรไลสทดแทนเนื้อปลาในอัตราส่วน 480:40 ส่งผลให้ค่าความคงตัวของอิมัลชัน (Emulsion stability) ในไส้กรอกลดลงจากคุณสมบัติการมีหัวของเวย์โปรตีนทำให้สามารถจับกับโมเลกุลของน้ำและรวมกับน้ำได้ดีกว่า (Abdolghafour and Saghir, 2014) แต่การเติมเวย์โปรตีนไฮโดรไลสปริมาณมากเกินไป ส่งผลให้อิมัลชันไม่เสถียร เนื่องจากเวย์โปรตีนไฮโดรไลสไปแย่งจับน้ำกับไขมันในระบบในอิมัลชัน (Santana *et al.*, 2013)

การวิเคราะห์คุณภาพทางเนื้อสัมผัส Texture Profile Analyzer (TPA) ด้วยเครื่องวัดเนื้อสัมผัส แสดงในตารางที่ 5 พบว่า อัตราส่วนของเนื้อปลาและเวย์โปรตีนไฮโดรไลสในปริมาณต่างกัน ส่งผลต่อเนื้อสัมผัสของไส้กรอก โดยค่าความแข็ง (hardness) ของไส้กรอก สูตร W1, W2, W3 และ W4 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq 0.05$) โดยการเพิ่มอัตราส่วนเวย์โปรตีนไฮโดรไลสทดแทนเนื้อปลาในไส้กรอกส่งผลให้ค่าความแข็งมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น อย่างไรก็ตาม สูตร W4 มีค่าความแข็งลดลงอย่างมาก แต่ค่าความยืดหยุ่น (Springiness) มีค่าความยืดหยุ่นสูงที่สุด แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq 0.05$) ในขณะที่สูตร W3 มีค่าความเหนียว (Gumminess) ค่าแรงที่ใช้ในการเคี้ยว (Chewiness) และ ค่าแรงเฉือน (Shear force) สูงที่สุด

ดังนั้นจากผลการศึกษา พบว่า การเติมเวย์โปรตีนไฮโดรไลสมากเกินไปในสูตร W4 (480:40) ส่งผลให้เนื้อไส้กรอกมีความร่วน ไม่เกาะกัน อัตราส่วนของเนื้อปลาและเวย์โปรตีนไฮโดรไลสในไส้กรอกสูตร W2 และ W3 มีความเหมาะสมมากกว่า เนื่องจากไส้กรอกทั้งสองสูตรมีเนื้อสัมผัสใกล้เคียงกัน และมีคุณภาพทางเนื้อสัมผัสใกล้เคียงกับไส้กรอกไก่ทางการค้า จึงเลือกสูตรที่มีโปรตีนสูงที่สุด คือ W3 อัตราส่วนของเนื้อปลาและเวย์โปรตีนไฮโดรไลส เท่ากับ 490:30 ไปทดสอบทางประสาทสัมผัสต่อไป

ตารางที่ 5 ร้อยละของปริมาณของเหลวทั้งหมดที่แยกได้และลักษณะทางเนื้อสัมผัสของไส้กรอกปลาตุ๋นที่แปรอัตราส่วนโดยน้ำหนักของเนื้อปลาและเวย์โปรตีนไฮโซเลต (WPI) ในปริมาณต่าง ๆ

รายการทดสอบ	สูตร W1	สูตร W2	สูตร W3	สูตร W4
%TEF	1.09±0.43 ^b	1.49±0.28 ^{ab}	1.76±0.64 ^{ab}	2.19±0.44 ^a
ค่าความแข็ง (กรัม)	2,367.23±319.83 ^c	2,838.31±571.38 ^b	3,293.57±565.42 ^a	1,078.38±226.58 ^d
ค่าความยืดหยุ่น (วินาที)	0.84±0.02 ^b	0.83±0.01 ^b	0.83±0.01 ^b	0.86±0.01 ^a
ค่าความเหนียว (กรัม)	1,663.85±585.91 ^b	1,834.11±769.33 ^{ab}	2,047.19±449.14 ^a	520.77±132.86 ^c
ค่าแรงที่ใช้ในการเคี้ยว (กรัมต่อวินาที)	1,404.59±500.69 ^b	1,534.79±631.05 ^{ab}	1,710.29±358.49 ^a	449.15±115.59 ^c
ค่าแรงเคี้ยว (กรัม)	543.90±67.95 ^c	614.99±90.34 ^b	684.29±71.56 ^a	288.98±33.39 ^d

หมายเหตุ: ^{a, b, ...} ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

3. ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของไส้กรอกปลาตุ๋กโปรตีนสูง ด้วยวิธีการให้คะแนนความชอบร่วมกับวิธีวัดระดับความพอใจ (JAR)

จากการศึกษาในหัวข้อ 2.2 จึงเลือกไส้กรอกปลาตุ๋กโปรตีนสูง สูตร W3 (ภาพที่ 4) มาทดสอบทางประสาทสัมผัสด้วยวิธีการให้คะแนนความชอบร่วมกับวิธีวัดระดับความพอใจ (JAR) โดยทดสอบกลุ่มผู้ทดสอบที่ออกกำลังกาย ณ ศูนย์ฟิตเนส คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จำนวน 100 คน แบ่งเป็น เพศชาย 67 คน และเพศหญิง 33 คน ช่วงอายุระหว่าง 21-30 ปี มากที่สุด ร้อยละ 56 รองลงมาคืออายุน้อยกว่า 21 ปี ร้อยละ 16 ช่วงอายุ 31-40 ปี ร้อยละ 13 ช่วงอายุ 41-50 ปี ร้อยละ 11 และอายุ 50 ปีขึ้นไป น้อยที่สุด คือ ร้อยละ 4 ระดับการศึกษาส่วนใหญ่อยู่ในระดับปริญญาตรี ร้อยละ 74 (ตารางที่ 6)



ภาพที่ 4 ไส้กรอกปลาตุ๋กโปรตีนสูง สูตร W3

ตารางที่ 6 ลักษณะทางประชากรศาสตร์ของกลุ่มผู้ทดสอบ จำนวน 100 คน

ลักษณะทางประชากรศาสตร์	ความถี่ (ร้อยละ)
เพศ: ชาย	67
หญิง	33
อายุ: น้อยกว่า 21 ปี	16
21 – 30 ปี	56
31 – 40 ปี	13
40 – 50 ปี	11
50 ปีขึ้นไป	4
ระดับการศึกษา: ต่ำกว่าปริญญาตรี	9
ปริญญาตรี	74
ปริญญาโท	12
ปริญญาเอก	4

เมื่อสำรวจทัศนคติของกลุ่มทดสอบต่อผลิตภัณฑ์ไส้กรอกปลาโปรตีนสูง พบว่า ผู้ทดสอบส่วนใหญ่รับประทานไส้กรอก 1-2 ครั้งต่อเดือน เท่ากับ ร้อยละ 49 โดยเลือกรับประทานไส้กรอกจากรสชาติ ร้อยละ 76 ราคาถูก ร้อยละ 28 และคุณค่าทางโภชนาการ เช่น โปรตีน ร้อยละ 27 และมีผู้ทดสอบร้อยละ 42 ที่ไม่เคยรับประทานไส้กรอกปลา และ ร้อยละ 78 เคยรับประทานอาหารโปรตีนสูง รวมถึงสนใจที่จะรับประทานไส้กรอกปลาโปรตีนสูง ร้อยละ 93 (ตารางที่ 7)

ตารางที่ 7 ทัศนคติของกลุ่มทดสอบต่อผลิตภัณฑ์ไส้กรอกปลา จำนวน 100 คน

ทัศนคติของกลุ่มทดสอบต่อผลิตภัณฑ์ไส้กรอกปลา	ความถี่ (ร้อยละ)
ท่านรับประทานไส้กรอกบ่อยเพียงใด	
- ไม่เคยรับประทาน	-
- น้อยกว่า 1 ครั้งต่อเดือน	24
- 1-2 ครั้งต่อเดือน	49
- 3-4 ครั้งต่อเดือน	12
- มากกว่า 4 ครั้งต่อเดือน	15
ท่านรับประทานไส้กรอกปลาน้อยเพียงใด	
- ไม่เคยรับประทาน	42
- น้อยกว่า 1 ครั้งต่อเดือน	40
- 1-2 ครั้งต่อเดือน	11
- 3-4 ครั้งต่อเดือน	3
- มากกว่า 4 ครั้งต่อเดือน	4
ท่านเคยรับประทานอาหารโปรตีนสูงหรือไม่	
- เคย	78
- ไม่เคย	22
ท่านสนใจรับประทานไส้กรอกโปรตีนสูงหรือไม่	
- สนใจ	93
- ไม่สนใจ	7

นำไส้กรอกปลาตุ๋นโปรตีนสูงสูตร W3 มาทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสความชอบร่วมกับวิธีการระดับวัดความพอดี (Just About Right: JAR) แล้วนำมาวิเคราะห์แบบพินอลตี (Penalty analysis) (ASTM, 2009) โดยใช้เกณฑ์การพิจารณาความถี่ที่อยู่ในระดับพอดีมากกว่าหรือเท่ากับร้อยละ 65 ไม่ต้องปรับปรุงลักษณะดังกล่าว แต่หากค่าไม่ถึงร้อยละ 65 ให้พิจารณาจากร้อยละของคำตอบของระดับที่ไม่พอดี ที่มีค่าตั้งแต่ร้อยละ 20 ขึ้นไป ให้นำมาคำนวณหาค่าเฉลี่ยที่ลดลง (Mean drop value) และค่าพินอลตีทั้งหมด (Total penalty) (Stone, 2012) ได้ค่าแสดงในตารางที่ 8 พบว่า ด้านรสเค็มให้คะแนนเท่ากับ 7.82 (ขอบปานกลาง) โดยสัดส่วนผู้ทดสอบที่ให้คะแนนพอดี ร้อยละ 72 จึงไม่ต้องปรับปรุงคุณลักษณะดังกล่าว ด้านความแข็งให้คะแนนเท่ากับ 7.81 (ขอบปานกลาง) สัดส่วนคะแนนที่อยู่ในระดับพอดี ร้อยละ 63 จึงพิจารณาจากร้อยละของคำตอบของระดับที่ไม่พอดี ที่คุณลักษณะความแข็งที่เข้มไป ซึ่งมีค่าร้อยละของคำตอบของระดับที่ไม่พอดีมากกว่าร้อยละ 20 เมื่อคำนวณค่า Mean drop เท่ากับ 1.03 มีผลต่อความชอบปานกลาง และค่า Total penalty เท่ากับ 0.24 ซึ่งต่ำกว่าค่าที่ต้องเผื่อระวัง จึงไม่ต้องปรับปรุงคุณลักษณะด้านความแข็ง

ด้านกลิ่นเครื่องเทศอยู่ในระดับพอดี ร้อยละ 64 และให้คะแนนเท่ากับ 7.55 (ชอบปานกลาง) ความถี่ในระดับพอดีน้อยกว่าร้อยละ 65 จึงพิจารณาจากลักษณะความไม่พอดี ที่คุณลักษณะกลิ่นเครื่องเทศที่อ่อนไป มีค่า Mean drop เท่ากับ 0.59 มีผลต่อความชอบน้อยมาก และค่า Total penalty เท่ากับ 0.15 ซึ่งต่ำกว่าค่าที่ต้องเฝ้าระวัง ด้านความฉ่ำน้ำอยู่ในระดับพอดี ร้อยละ 56 และให้คะแนนเท่ากับ 7.36 (ชอบปานกลาง) ความถี่ในระดับพอดีน้อยกว่าร้อยละ 65 จึงพิจารณาจากร้อยละของคำตอบของระดับที่ไม่พอดี ที่คุณลักษณะความฉ่ำน้ำที่อ่อนไป เมื่อคำนวณค่า Mean drop เท่ากับ 0.58 มีผลต่อความชอบน้อยมาก และค่า Total penalty เท่ากับ 0.23 ซึ่งต่ำกว่าค่าที่ต้องเฝ้าระวัง จึงไม่ต้องปรับปรุงคุณลักษณะด้านความฉ่ำน้ำจากผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสแสดงให้เห็นว่า ไส้กรอกปลาตุ๋กโปรตีนสูง สูตร W3 มีคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสที่เหมาะสม ไม่จำเป็นต้องปรับปรุงสูตรในทุกคุณลักษณะ

ตารางที่ 8 ความคิดเห็นเกี่ยวกับทิศทางความพอดีของตัวอย่างผลิตภัณฑ์ไส้กรอกปลาตุ๋กโปรตีนสูง

คุณลักษณะ	ระดับความพอดี	ร้อยละของผู้ทดสอบ	คะแนนความชอบเฉลี่ย	Mean Drop	Total Penalty
รสเค็ม	อ่อนไป	17	7.00		
	พอดี	72	7.82		
	เข้มไป	11	6.00		
ความแข็ง	อ่อนไป	14	6.28		
	พอดี	63	7.81		
	เข้มไป	23	6.78	1.03**	0.24
กลิ่นเครื่องเทศ	อ่อนไป	26	6	0.59*	0.15
	พอดี	64	7.55		
	เข้มไป	10	5.5		
ความฉ่ำน้ำ	อ่อนไป	39	6.78	0.58*	0.23
	พอดี	56	7.36		
	เข้มไป	5	6		
หมายเหตุ	ค่า Mean Drop	*	มีผลน้อยมาก (Very slightly concerning)		
		**	มีผลปานกลาง (Concerning)		

4. ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี และคุณภาพทางจุลชีววิทยาของไส้กรอกปลาตุ๋กโปรตีนสูง

ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีของไส้กรอกปลาตุ๋กโปรตีนสูง พบว่า ไส้กรอกปลาตุ๋กโปรตีนสูง สูตร W3 มีองค์ประกอบของโปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต เกลือ และความชื้น ร้อยละ 20.71, 4.96, 5.01, 4.17, 2.33 และ 66.99 ตามลำดับ (ตารางที่ 9) ซึ่งเป็นไปตามข้อกำหนดของมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช.143/2555) ที่กำหนดให้ไส้กรอกปลาต้องมีโปรตีนไม่น้อยกว่าร้อยละ 13 โดยน้ำหนัก และไขมันต้องไม่เกินร้อยละ 10 โดยน้ำหนัก (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2555) และเป็นไส้กรอกโปรตีนสูง

ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 182 เรื่องฉลากโภชนาการ (กระทรวงสาธารณสุข, 2541) เมื่อเทียบกับไส้กรอกไก่โปรตีนสูงทางการค้าที่มีค่าเฉลี่ยโปรตีน และไขมัน อยู่ในช่วง ร้อยละ 18.18, 28.75 และ 0.91, 2.50 ตามลำดับ (ตารางที่ 3)

ตารางที่ 9 คุณค่าทางโภชนาการของไส้กรอกปลาตุ๋นโปรตีนสูง สูตร W3

รายการทดสอบ	คุณค่าทางอาหารของ ไส้กรอกปลาตุ๋นโปรตีนสูง (ต่อ 100 กรัม)	คุณค่าทางอาหารของ ไส้กรอกปลาตุ๋นโปรตีนสูง (ต่อหนึ่งหน่วยบริโภค)
พลังงานทั้งหมด (กิโลแคลอรี)	147.52	70
พลังงานจากไขมัน (กิโลแคลอรี)	44.64	20
ไขมันทั้งหมด (กรัม)	4.96	2.5
ไขมันอิ่มตัว (กรัม)	1.41	0.5
โคเลสเตอรอล (มิลลิกรัม)	82.24	40
โปรตีน (กรัม)	20.71	10
คาร์โบไฮเดรต (กรัม)	5.01	3
ใยอาหาร (กรัม)	4.17	2
น้ำตาล (กรัม)	ไม่พบ	0
โซเดียม (มิลลิกรัม)	656.01	330
วิตามินเอ (ไมโครกรัม)	ไม่พบ	0.00
วิตามินบี 1 (มิลลิกรัม)	ไม่พบ	0.00
วิตามินบี 2 (มิลลิกรัม)	0.033	0.02
แคลเซียม (มิลลิกรัม)	86.29	43.14
เหล็ก (มิลลิกรัม)	0.56	0.28
ถั่ว (กรัม)	2.33	-
ความชื้น (กรัม)	66.99	-

หมายเหตุ ผลการทดสอบจากห้องปฏิบัติการกลาง (ประเทศไทย) จำกัด กรุงเทพมหานคร

เมื่อนำมาวิเคราะห์องค์ประกอบของกรดอะมิโนในไส้กรอกปลาตุ๋นโปรตีนสูง สูตร W3 ประกอบด้วยกรดอะมิโนที่จำเป็นต่อร่างกาย และกรดอะมิโน BCAAs ที่เหมาะกับกลุ่มผู้ที่ออกกำลังกาย ประกอบด้วย วาลีน (Valine) ลิวซีน (Leucine) และ ไอโซลิวซีน (Isoleucine) ซึ่งพบปริมาณ 1,188.43, 1,855.01 และ 972.92 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม ตามลำดับ (ตารางที่ 10) โดยหากร่างกายได้รับกรดอะมิโน BCAAs ก่อนออกกำลังกายจะสะสมในกล้ามเนื้อ ทำให้กรดอะมิโน BCAAs ในกระแสเลือดเพิ่มขึ้นระหว่างและหลังออกกำลังกาย ส่งผลให้ลดการสลายไทโรซีน (Tyrosine) และเฟนิลอะลานีน (Phenylalanine) ที่สะสมในกล้ามเนื้อ ช่วยลดการสลายเส้นใยกล้ามเนื้อและลดการบาดเจ็บจากการออกกำลังกาย (กรทิพย์ และคณะ, 2559)

ตารางที่ 10 กรดอะมิโนในไส้กรอกปลาตุ๋นโปรตีนสูง สูตร W3

Amino profile	มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม
Aspartic acid	2,337.48
Threonine	1,206.57
Serine	911.84
Glutamic acid	3,549.39
Glycine	884.80
Alanine	1,085.57
Cystine	<200
Valine	1,188.34
Methionine	592.26
Isoleucine	972.92
Leucine	1,855.01
Tyrosine	701.71
Phenylalanine	820.74

หมายเหตุ ผลการทดสอบจากห้องปฏิบัติการกลาง (ประเทศไทย) จำกัด กรุงเทพมหานคร

ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางจุลชีววิทยาของไส้กรอกปลาตุ๋นสูง ตรวจไม่พบ *Salmonella* spp. และ *V. cholerae* ส่วน *E. coli* น้อยกว่า 3.0 MPN/g, Total viable count น้อยกว่า 250 EAPC/g, *S. aureus* น้อยกว่า 3.0 CFU/g ส่วน Yeast and mold, *C. perfringens* และ *B. cereus* น้อยกว่า 10 CFU/g (ตารางที่ 11) ซึ่งอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานไส้กรอกปลา (มพข. 143/2555) และมีความปลอดภัยต่อการบริโภค

ตารางที่ 11 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางจุลชีววิทยาของไส้กรอกปลาตุ๋นสูง

การทดสอบทางจุลชีววิทยา	ผลการทดสอบ	มาตรฐาน มพข. 143/2555
<i>Salmonella</i> spp. (/25g)	ไม่พบ	ไม่พบ
<i>E. coli</i> (MPN/g)	น้อยกว่า 3.0	น้อยกว่า 3.0
Total viable count (EAPC/g)	น้อยกว่า 250	น้อยกว่า 10^6
<i>V. cholerae</i> (MPN/g)	ไม่พบ	ไม่พบ
<i>S. aureus</i> (CFU/g)	น้อยกว่า 3.0	น้อยกว่า 100
Yeast and mold (CFU/g)	น้อยกว่า 10	น้อยกว่า 100
<i>C. perfringens</i> (CFU/g)	น้อยกว่า 10	น้อยกว่า 100
<i>B. cereus</i> (CFU/g)	น้อยกว่า 10	น้อยกว่า 100

5. การคำนวณต้นทุนการผลิต และต้นแบบบรรจุภัณฑ์

ต้นทุนปลาดุก 1,000 กรัม ราคา 65 บาท เมื่อนำปลาดุกมาตัดหัว ควักไส้ แลเอาเฉพาะเนื้อปลาบดด้วยเครื่องบดเนื้อ จะได้ร้อยละผลผลิตของเนื้อปลาบด เท่ากับ ร้อยละ 30.17 ± 2.73 หรือประมาณ 300 กรัม ดังนั้นการเตรียมเนื้อปลาบด 500 กรัม จะมีต้นทุนเท่ากับ 108.33 บาท

ต้นทุนการผลิตไส้กรอกปลาดุกโปรตีนสูงเพื่อสุขภาพ สูตรไส้กรอกปลาดุกโปรตีนสูงเพื่อสุขภาพ สูตร W3 ประกอบด้วย เนื้อปลาดุกบด ร้อยละ 79.37, เวย์โปรตีนไฮโซเลต ร้อยละ 4.86, น้ำมันรำข้าว ร้อยละ 3.24, น้ำและน้ำแข็ง ร้อยละ 9.72, เกลือ ร้อยละ 1.30, น้ำตาลทรายขาว ร้อยละ 0.39, ผงชูรส ร้อยละ 0.36, ลูกจันทร์ป่น ร้อยละ 0.06 และพริกไทยป่น ร้อยละ 0.71 (เฉพาะค่าวัตถุดิบ) รวมต้นทุนในการผลิตไส้กรอกปลาดุกโปรตีนสูง 1 สูตร ได้ผลิตภัณฑ์ไส้กรอกประมาณ 600 กรัม มีต้นทุนเท่ากับ 131.25 บาท ดังนั้นหากบรรจุขายในปริมาณ 100 กรัม จะมีต้นทุนถูละ 21.87 บาท โดยในงานวิจัยนี้ได้ออกแบบบรรจุภัณฑ์กล่องกระดาษ ขนาด กว้าง 9 เซนติเมตร ยาว 16 เซนติเมตร และสูง 2.5 เซนติเมตร ต้นทุนกล่องละ 45 บาท แต่หากจัดพิมพ์ในปริมาณมาก จะสามารถลดต้นทุนในการพิมพ์กล่องได้

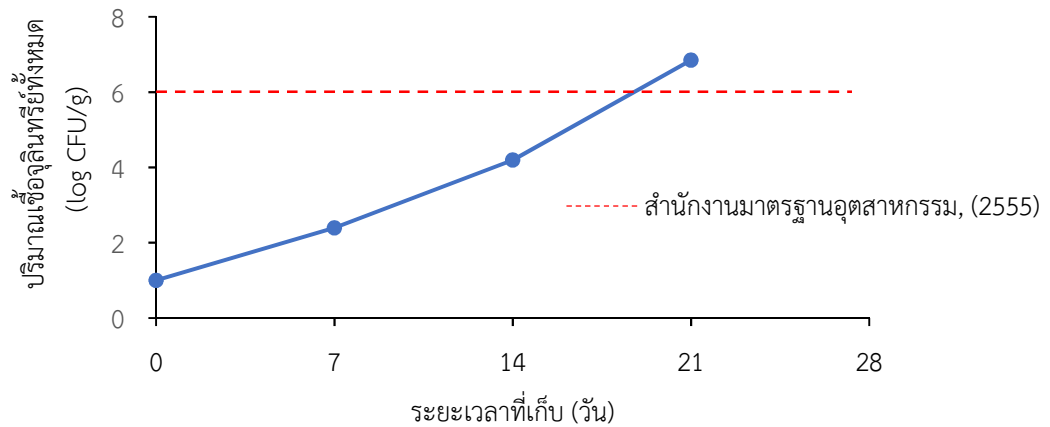


ภาพที่ 5 ตัวอย่างบรรจุภัณฑ์ไส้กรอกปลาดุกโปรตีนสูงเพื่อสุขภาพ

6. ศึกษาอายุการเก็บรักษาของไส้กรอกปลาดุกโปรตีนสูง

เมื่อนำไส้กรอกปลาดุกโปรตีนสูง สูตร W3 มาศึกษาอายุการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5.0 ± 2.0 องศาเซลเซียส ในถุงพอลิเอไมด์ (Polyamide, PA) เป็นเวลา 21 วัน ผลการวิเคราะห์ทางจุลชีววิทยาในระหว่างการเก็บรักษา ระหว่างวันที่ 0-14 พบว่า จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด อยู่ในช่วง น้อยกว่า 250 ถึง 1.6×10^4 CFU/g และเมื่อเก็บนาน 21 วัน พบจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด เท่ากับ 7.1×10^6 CFU/g ซึ่งเกินกว่าปริมาณจุลินทรีย์

ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช.143/2555) ดังนั้น ใ้กรอกปลาสามารถเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5.0 ± 2.0 องศาเซลเซียส นาน 14 วัน โดยใ้กรอกปลาโปรตีนสูงยังคงมีคุณภาพที่ดี เหมาะสม และปลอดภัยต่อการบริโภค



ภาพที่ 6 การเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดในใ้กรอกปลาโปรตีนสูงเพื่อสุขภาพ

สรุปผลการทดลอง

1. ใ้กรอกทางการค้าที่สุ่มมา 5 ยี่ห้อ พบว่า คุณภาพทางเคมีของใ้กรอกปลา 3 ยี่ห้อ มีปริมาณโปรตีนอยู่ในช่วง ร้อยละ 9.09-12.94 ปริมาณไขมันอยู่ในช่วง ร้อยละ 7.00-23.55 และใ้กรอกโปรตีนสูง 2 ยี่ห้อ มีปริมาณโปรตีนอยู่ในช่วง ร้อยละ 18.18 และ 28.75 ตามลำดับ ปริมาณไขมันอยู่ในช่วง ร้อยละ 0.91 และ 2.50 ตามลำดับ
2. สูตรการผลิตใ้กรอกปลาโปรตีนสูงที่เหมาะสม คือ สูตรที่มีอัตราส่วนระหว่างปริมาณเนื้อปลาสดและเวย์โปรตีนไฮโซเลต เท่ากับ 490:30 (สูตร W3) มีค่าร้อยละของปริมาณของเหลวทั้งหมดที่แยกได้ (% TEF) ไม่แตกต่างกับสูตรควบคุม
3. ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสความชอบร่วมกับวิธีการวัดระดับมาตราพอดี (JAR) พบว่า กลุ่มผู้ทดสอบที่ออกกำลังกาย จำนวน 100 คน ให้ความยอมรับในใ้กรอกปลาโปรตีนสูง สูตร W3 โดยให้คะแนนคุณลักษณะที่อยู่ในระดับพอดี ด้านรสเค็ม ความแข็ง กลิ่นเครื่องเทศ และความฉ่ำน้ำ เท่ากับ 7.82, 7.81, 7.55 และ 7.36 ตามลำดับ และไม่มีคุณลักษณะใดที่ต้องปรับปรุง
4. ใ้กรอกปลาโปรตีนสูง สูตร W3 มีคุณภาพทางเคมีของโปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต เถ้า และ ความชื้น ร้อยละ 20.71, 4.96, 5.01, 4.17, 2.33 และ 66.99 ตามลำดับ และคุณภาพทางจุลชีววิทยาเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนเรื่องใ้กรอกปลา (มผช.143/2555) และเมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 5.0 ± 2.0 องศาเซลเซียส ในถุงพอลิเอไมด์ (Polyamide, PA) สามารถเก็บรักษาได้เป็นเวลา 14 วัน โดยผลิตภัณฑ์ใ้กรอกปลาโปรตีนสูง ปริมาณ 100 กรัม มีราคาต้นทุนเท่ากับ 21.87 บาท

เอกสารอ้างอิง

- กชแก้ว สุริยะ และ ชวกร วรสุวรรณรักษ์. 2559. การพัฒนาผลิตภัณฑ์โปรตีนบาร์จากข้าวกล้อง และเวย์โปรตีนต่อคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของผลิตภัณฑ์. แหล่งที่มา [http:// www.agro.cmu.ac.th.](http://www.agro.cmu.ac.th/), 22 มีนาคม 2560.
- กนิษฐพร วังใน. 2565. กินไส้กรอกอย่างสบายใจ ปลอดภัยไม่กลัวอ้วน. แหล่งที่มา <http://mgronline.com/qol/detail/9650000013858>. 2 พฤศจิกายน 2565.
- กรณ์ทิพย์ ลิ้มบรรณรัตน์, สุภาภรณ์ ศิลาเลิศเดชกุล, สุปรานีวี ขวัญบุญจันทร์. 2556. ผลของการเสริมกรดอะมิโนชนิดบรานซ์เซนต์อรรถระดับครีเอทีนไคเนส ภายหลังออกกำลังกายหนักสลับเบา. ธรรมชาติศาสตร์ เวชสาร 13 (2): 226-236.
- กรมประมง. 2550. การเพาะเลี้ยงปลาดุกก็ง่าย. ฝ่ายเผยแพร่ ส่วนเผยแพร่การประมง สำนักพัฒนาและถ่ายทอดเทคโนโลยีการประมง. 44 หน้า.
- กระทรวงสาธารณสุข. 2541. ประกาศสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา เรื่อง คำชี้แจงประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 182) เรื่อง ฉลากโภชนาการ. 23 พฤษภาคม 2559.
- กระทรวงสาธารณสุข. 2557. ประกาศสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา เรื่อง คำชี้แจงประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 367) พ.ศ.2557 เรื่อง การแสดงฉลากของอาหารในภาชนะบรรจุ (ฉบับที่ 2). 23 พฤษภาคม 2559.
- ชนิษฐ์นิศา ศักดิ์สมบูรณ์ และ ประภาศรี เทพรักษา. 2558. การพัฒนาผลิตภัณฑ์ไก่ยอโดยใช้น้ำมันรำข้าวแช่เยือกแข็งทดแทนมันไก่. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 23 (5): 797-804.
- จิราพร รุ่งเลิศเกรียงไกร. 2558. องค์ประกอบของสัตว์น้ำ: โปรตีน. ใน: คณาจารย์ภาควิชาผลิตภัณฑ์ประมง คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีผลิตภัณฑ์ประมง. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. หน้า 25-39.
- ถาวร จันทรโชติ. 2561. ผลของการเติมคาร์โบไฮเดรตต่อคุณสมบัติทางกายภาพ-เคมี และประสาทสัมผัสของไส้กรอกไก่. วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ 28 (3): 605-616.
- ไทยรัฐออนไลน์. 2563. โควิดระบาด ทำปลาดุกโอเวอร์ไซส์ เกษตรกรขายไม่ได้เปลืองอาหาร วอนรัฐหาตลาด. แหล่งที่มา <https://www.thairath.co.th/news/local/north/1896265>. 3 กุมภาพันธ์ 2564.
- ประดิษฐ์ คำหนองไผ่. 2556. การผลิตไส้กรอกปลาดุกเพื่อสุขภาพ. สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี. 18 หน้า.
- ปราณีตา เชื้อโพธิ์หัก, นงนุช รักสกุลไทย และ วันชัย วรวัฒนเมธิกุล. 2543. การพัฒนาผลิตภัณฑ์ไส้กรอกปลาและอายุการเก็บรักษา. อาหาร 30 (4): 261-273.
- วรรณชยา ศรศักดิ์ชัยสิงห์, ประภาศรี เทพรักษา และ สุธีรา วัฒนกุล. 2556. ผลของอิมัลชันน้ำมันถั่วเหลืองต่อคุณภาพของไส้กรอกปลาทูน่าท้องแถบ (*Katsuwonus pelamis*). วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 21 (4): 317-328.

- วริศชนม์ นิลนนท์, อุไรวรรณ ฉิมสุต และวิกันยา ประทุมยศ. 2554. การพัฒนาผลิตภัณฑ์ไส้กรอกปลาตากแห้งเทศ โดยใช้เจลลูกสำรองทดแทนไขมัน. วารสารวิจัยรำไพพรรณี 5 (3): 111-116.
- วรางคณา สมพงษ์. 2542. การใช้แป้งในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกปลา. อาหาร 29 (4): 242-249.
- วิชุดา สังข์แก้ว. 2546. การใช้น้ำมันพืชทดแทนไขมันหมูในไส้กรอกแฟรงค์เฟิร์ตเตอร์. วารสารหอการค้าไทย 23 (2): 36-52.
- วิวัฒน์ หวังเจริญ. 2556. การวิเคราะห์แบบพินอลติ (ค่าเฉลี่ยที่ลดลง) ในการประเมินด้านประสาทสัมผัส. อาหาร 43 (4): 20-23.
- สยามรัฐออนไลน์. 2562. ไส้กรอก ทานง่าย ปลอดภัย ได้โปรตีน. 22 เมษายน 65. แหล่งที่มา <https://siamrath.co.th/n/75788>. 2 พฤศจิกายน 2565.
- สมฤทัย สุจริตธรรม. 2560. การทดแทนน้ำมันถั่วเหลืองโดยใช้น้ำมันพรีอิมัลซิฟายด์ และผลต่อคุณภาพทางเคมี และกายภาพของไส้กรอกปลา. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 127 หน้า.
- สุนทร พักเพื่อง. 2560. ผลของชนิดปลาทะเลต่อลักษณะคุณภาพของไส้กรอกปลาเวียดนาม. วารสาร วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี 19 (3): 173-181.
- สุนทรี สุวรรณสิขณ. 2550. การใช้สตาร์ชมันสำปะหลังร่วมกับเคซีเนต โปรตีนถั่วเหลืองและการจีแนเป็น สารทดแทนไขมันในไส้กรอกแฟรงค์เฟิร์ตเตอร์ไขมันต่ำ. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 15 (2): 8-21.
- สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2555. มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน เรื่อง ไส้กรอกปลา. มผช 143/2555. 10 หน้า.
- เสาวภาคย์ วัฒนพาหุ และ ศรีวิกรณ์ ดิษฐอุดมโพธิ์. 2550. ผลของการใช้ไฮโดรคอลลอยด์ทดแทนไตรโพลีฟอสเฟต ต่อคุณสมบัติทางกายภาพและประสาทสัมผัสของไส้กรอกหมูอิมัลชัน. วารสารวิทยาศาสตร์ มศว. 23 (1): 47-56.
- อภिरดา พรปณณวิญญ์, เบญจวรรณ เชื้อนเพชร และ กรรณิการ์ พุ่งเจริญศักดิ์. 2564. การพัฒนาผลิตภัณฑ์ ไส้กรอกไก่อิมัลชันลดไขมันโดยใช้คาร์ราจีแนและโปรตีนสกัดจากถั่วเหลือง. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มรย. 6 (2): 126-136.
- อัมรินา แวมง. 2554. การเตรียมน้ำมันพรีอิมัลซิฟายด์จากโปรตีนถั่วเหลืองไฮโดรไลเซต และประยุกต์ใช้ใน ไส้กรอกไก่อิมัลชัน. วิทยานิพนธ์ ระดับปริญญาโท มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. 92 หน้า.
- Abdolghafour, B. and A. Saghir. 2014. Development in Sausage Production and Practices-A Review. *J. Meat Sci. Tech.* 2 (3): 40-50.
- Amaral, D.S., A. Cardelle-Cobas, B. Nascimento, M.J. Monteiro, M.S. Madruga and M. Pintado. 2015. Development of a Low Fat Fresh Pork Sausage Based on Chitosan with Health Claims: Impact on the Quality, Functionality and Shelf-Life. *Food Funct.* 6: 2768-2778.

- ASTM. 2009. Just-About-Right (JAR) Scale: Design, Usage, Benefits and Risk, ASTM International Manual Series. 112 pp.
- AOAC. 2019. Official Methods of Analysis of AOAC International 21th ed. AOAC International, USA.
- Baard, SP., T. Naes, J. Mielnik, G. Skrede, S. Holland and O. Eide. 1992. Dairy Ingredients Effects on Sausage Properties Studied by Principle Component Analysis. *J. Food Sci.* 57: 822-828.
- BAM (FDA's Bacteriological Analytical Manual). 2001a. BAM Chapter 3: Aerobic Plate Count.
- BAM (FDA's Bacteriological Analytical Manual). 2001b. BAM Chapter 16: *Clostridium perfringens*.
- BAM (FDA's Bacteriological Analytical Manual). 2001c. BAM Chapter 18: Yeast and mold.
- BAM (FDA's Bacteriological Analytical Manual). 2004. BAM Chapter 9: *Vibrio*.
- BAM (FDA's Bacteriological Analytical Manual). 2012. BAM Chapter 14: *Bacillus cereus*.
- BAM (FDA's Bacteriological Analytical Manual). 2016. BAM Chapter 12: *Staphylococcus aureus*.
- BAM (FDA's Bacteriological Analytical Manual). 2020. BAM Chapter 4A: Diarrheagenic *Escherichia coli*.
- ISO. 2020. Microbiology of the food chain -- Horizontal method for the detection, enumeration and serotyping of Salmonella: Part 1 Detection of *Salmonella* spp., International Standard ISO 6579-1.
- Jochen, W., G. Monika, S. Valerie and S. Hanna. 2010. Advances in Ingredient and Processing System for Meat and Meat products. *Meat Sci.* 86: 196-213.
- Kang, K., S. Lee, and H. Kim. 2021. Quality Properties of Whole Milk Powder on Chicken Breast Emulsion-type Sausage. *J Anim Sci Technol.* 63(2): 405-416.
- Lukin, A. 2020. Applicability of Demineralized Milk Whey Powder in Cooked Sausage Production. *Songklanakarin J. Sci. Technol.* 42(2): 255-262.
- O'Regan, J., M. P. Ennis and D. M. Mulvihill. 2009. Chapter 13: Milk Proteins. Handbook of Hydrocolloids (2nd). Woodhead Publishing Limited. pp. 319-364.
- Ozturk-Kerimoglu, B., M. Urgan-Ozturk, M. Serdaroglu and N. Koca. 2021. Chemical, Technological, Instrumental, Microstructural, Oxidative and Sensory Properties of Emulsified Sausages Formulated with Microparticulated Whey Protein to Substitute Animal Fat. *Meat Sci.* 184: 108672.

- Priyadashi. 2013. Comparative Study of the Effects of Three Food Proteins on the Cooking Quality of Pork Sausages. Ph.D Thesis, The university of Georgia. 127 pp.
- Santana, P. , N. Huda and T. A. Yang. 2015. Physicochemical Properties and Sensory Characteristics of Sausage Formulated with Surimi Powder. *J Food Sci Technol.* 52(3): 1507-1515.
- Stone, H. 2012. Sensory Evaluation Practice. 4th ed. Elsevier/Academic Press, Amsterdam.
- Youssef, M. K., & 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(1): 54-60.

ภาคผนวก

ภาคผนวกที่ 1 วิธีวิเคราะห์ค่าลักษณะทางเนื้อสัมผัส (ดัดแปลงวิธีของสุนทรี, 2550)

- วิเคราะห์ค่า Texture profile analyzer (TPA)

เตรียมตัวอย่าง: นำไส้กรอกที่ผ่านการต้ม นาน 1 นาที มาตัดปลายหัวท้ายออก ตัดเป็นท่อนยาว 0.5 นิ้ว ตัดแต่งเอาเนื้อด้านนอกของไส้กรอกออกโดยใช้ตุ้ดตุ้ (ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 1.68 เซนติเมตร) นำเนื้อส่วนกลางมาศึกษาค่า TPA curve โดยใช้ หัวกดเส้นผ่านศูนย์กลาง 35 มิลลิเมตร Cylinder probe และกำหนดค่า ดังนี้

Pre-test speed 1 มิลลิเมตรต่อวินาที

Post-test speed 1 มิลลิเมตรต่อวินาที

Distance 8 มิลลิเมตร

ทำการวัดตัวอย่างละ 5 ซ้ำ บันทึกค่าความแข็ง (Hardness) ค่าการยืดหยุ่น (Springiness) ความเหนียว (Gumminess) และ ค่าแรงที่ใช้ในการเคี้ยว (Chewiness)

- วิเคราะห์ค่า Shear force

เตรียมตัวอย่าง: นำไส้กรอกที่ผ่านการต้ม นาน 1 นาที มาตัดปลายหัวท้ายออก ตัดเป็นท่อนยาว 2 นิ้ว ตัดแต่งเอาเนื้อด้านนอกของไส้กรอกออกโดยใช้ตุ้ดตุ้ (ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 1.68 เซนติเมตร) นำเนื้อส่วนกลางมาศึกษาค่า Shear force โดยใช้ Warner-Bratzler blade โดยกำหนดค่า ดังนี้

Pre-test speed 1.5 มิลลิเมตรต่อวินาที

Test speed 1.5 มิลลิเมตรต่อวินาที

Post-test speed 10 มิลลิเมตรต่อวินาที

Distance 50 มิลลิเมตร

ทำการวัดตัวอย่างละ 5 ซ้ำ บันทึกค่า Maximum peak force

ภาคผนวกที่ 2 การวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยที่ลดลง (Mean Drop) และ การวิเคราะห์ค่าพินอลตีทั้งหมด (Total Penalty)

การวิเคราะห์ค่า Mean Drop หรือ Penalty เพื่อศึกษาผลของความไม่พอดี (น้อยเกินไปและมากเกินไป) ของคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสต่อการลดลงของคะแนนความชอบโดยรวม โดยมีระดับความพอดี 3 ระดับ คือ อ่อนเกินไป พอดี และเข้มเกินไป จากนั้น คำนวณคะแนนความชอบโดยรวมเฉลี่ยของระดับอ่อนเกินไป พอดี และเข้มเกินไป แล้วนำไปคำนวณค่า Mean Drop จากสมการ (3) และค่า Total Penalty จากสมการ (4)

Mean Drop = ความชอบโดยรวมของค่าเฉลี่ยระดับที่พอดี – ค่าเฉลี่ยความชอบโดยรวมของระดับไม่พอดี (3)

Total Penalty = Mean Drop × ร้อยละของคำตอบของระดับที่ไม่พอดี (4)

เกณฑ์การพิจารณาความถี่ที่อยู่ในระดับพอดีมากกว่าหรือเท่ากับร้อยละ 65 แสดงว่าคุณลักษณะนั้นไม่จำเป็นต้องปรับปรุง ผู้บริโภคพอใจแล้ว คุณลักษณะที่ได้ค่าความถี่น้อยกว่า ร้อยละ 65 จะนำมาคำนวณค่า Mean drop และ Total penalty ตามสมการที่ (3) และ (4) อย่างไรก็ตาม หากร้อยละของคำตอบของระดับที่ไม่พอดี (อ่อนเกินไปหรือเข้มเกินไป) มีค่าน้อยกว่า ร้อยละ 20 จะไม่นำคะแนนความชอบโดยรวมเฉลี่ยมาวิเคราะห์ค่า Mean Drop เพราะข้อมูลมีจำนวนน้อยซึ่งมีผลต่อคะแนนความชอบโดยรวมน้อย หากร้อยละของคำตอบของระดับที่ไม่พอดีมีค่ามากกว่า ร้อยละ 20 จะนำคะแนนความชอบโดยรวมเฉลี่ยมาวิเคราะห์ค่า Mean Drop และ Total penalty จากนั้นจะนำไปสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า Mean drop (แกน y) กับร้อยละของคำตอบของระดับที่ไม่พอดี (แกน x) เพื่อให้ทราบคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสที่มีผลต่อการลดลงของคะแนนความชอบโดยรวม และ ทราบทิศทางในการปรับปรุงผลิตภัณฑ์ในคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสนั้น ๆ โดยคุณลักษณะที่มีค่า Mean Drop และ ร้อยละของคำตอบของระดับที่ไม่พอดี (น้อยเกินไปหรือมากเกินไป) ที่มีค่าสูงซึ่งอยู่ด้านขวาบนของกราฟควรได้รับการปรับปรุงให้เพิ่มขึ้น หรือ ลดลงเป็นอันดับแรก (Stone, 2012) ซึ่งค่า Mean Drop และ ค่า Total Penalty มีความหมาย ดังนี้

ค่า	ช่วงคะแนน	ความหมาย
Mean Drop	0.0 ถึง - 0.99	มีผลน้อยมาก (Very slightly concerning)
	-1.0 ถึง -1.49	มีผลน้อย (Slightly concerning)
	-1.5 ถึง -1.99	มีผลน้อย (Concerning)
	-2.0 หรือมากกว่า	มีผลมาก (Very concerning)
Total Penalty	> 0.5	มีผลกระทบสูง (High impact)
	> 0.25	ควรจับตามอง / ใ้เฝ้าระวัง (Noteworthy)

ที่มา: วิวัฒน์, 2556

ภาคผนวกที่ 3 แบบทดสอบความชอบ (Hedonic 9-point scale) ร่วมกับทดสอบความพอดี (Just about right) เพื่อให้ระดับความพอดีต่อผลิตภัณฑ์

วันที่ เวลาเริ่ม..... เวลาสิ้นสุด

โครงการวิจัย เรื่อง การพัฒนาผลิตภัณฑ์ไส้กรอกปลาตุ๋นโปรตีนสูงเพื่อสุขภาพ

แบบสอบถามนี้เป็นส่วนหนึ่งของโครงการวิจัย เรื่อง การพัฒนาไส้กรอกปลาตุ๋นโปรตีนสูงเพื่อสุขภาพ ของกองวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมสัตว์น้ำ กรมประมง จัดทำขึ้นเพื่อรวบรวมข้อมูลการบริโภคไส้กรอกและทดสอบความชอบและความพอดีเพื่อการปรับปรุงคุณภาพไส้กรอกปลาตุ๋นโปรตีนสูง โดยรวบรวมข้อมูลผู้ที่เคยทานไส้กรอกและ/หรือไส้กรอกโปรตีนสูง ที่มีอายุ 18 ปีขึ้นไป ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ถึงมีนาคม 2565 ข้อมูลจะถูกเก็บเป็นความลับ เพื่อทำการวิเคราะห์ผลการศึกษาและใช้ประโยชน์เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่ได้นำไปแสวงหาผลประโยชน์ทางการค้า ทั้งนี้ เมื่อสิ้นสุดแบบสอบถามผู้วิจัยถือว่าท่านยินยอมว่าท่านเข้าใจเงื่อนไขต่าง ๆ และยินยอมให้ใช้ข้อมูลของท่านเป็นส่วนหนึ่งในการวิจัยครั้งนี้ ขอความยินยอมตอบแบบสอบถาม() ยินยอม () ไม่ยินยอม

ส่วนที่ 1 ข้อมูลของผู้เข้าร่วมสนทนา

- เพศ () ชาย () หญิง
- อายุ
() น้อยกว่า 21 ปี () 21-30 ปี () 31-40 ปี
() 41-50 ปี () 50 ปีขึ้นไป
- ระดับการศึกษา
() ต่ำกว่าปริญญาตรี () ปริญญาตรี
() ปริญญาโท () ปริญญาเอก

ส่วนที่ 2 คำถามในการสนทนา

- ข้อมูลการบริโภคไส้กรอก
 - ท่านรับประทานบ่อยเพียงใด
() น้อยกว่า 1 ครั้งต่อเดือน () 1-2 ครั้งต่อเดือน
() 3-4 ครั้งต่อเดือน () มากกว่า 4 ครั้งต่อเดือน
 - สาเหตุที่ท่านเลือกท่านรับประทานไส้กรอกเพราะปัจจัยใด (เลือกได้มากกว่า 1 ข้อ)
() รสชาติ () ราคาถูก
() คุณค่าทางอาหาร เช่น โปรตีน () ประโยชน์ด้านสุขภาพ
() อื่นๆ
- ท่านรับประทานไส้กรอกปลาน้อยเพียงใด
() น้อยกว่า 1 ครั้งต่อเดือน () 1-2 ครั้งต่อเดือน
() 3-4 ครั้งต่อเดือน () มากกว่า 4 ครั้งต่อเดือน
() ไม่เคยรับประทาน
- ท่านเคยรับประทานอาหารโปรตีนสูงหรือไม่ () เคย () ไม่เคย
- ท่านสนใจรับประทานไส้กรอกโปรตีนสูงหรือไม่ () สนใจ () ไม่สนใจ

แบบทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส

คำชี้แจง กรุณาชิมตัวอย่างไส้กรอกปลาตุ๋นโปรตีนสูง แล้วให้คะแนน 1 ถึง 9 ลงในช่อง การทดสอบความชอบ (Hedonic 9-point scale) และทำเครื่องหมาย X ลงในช่องการทดสอบความพอดี (Just about right) เพื่อให้ระดับความพอดีต่อผลิตภัณฑ์

รหัส ตัวอย่าง	ลักษณะ	การทดสอบความชอบ 9=ชอบมากที่สุด, 8=ชอบมาก, 7=ชอบปานกลาง, 6=ชอบ เล็กน้อย, 5=เฉยๆ, 4=ไม่ชอบเล็กน้อย, 3=ไม่ชอบ ปานกลาง, 2=ไม่ชอบมาก และ 1 ไม่ชอบ มากที่สุด	การทดสอบความพอดี		
			อ่อนไป	พอดี	เข้มไป
	รสเค็ม				
	กลิ่นเครื่องเทศ				
	ความแข็ง				
	ความฉ่ำน้ำ (Juiciness)				

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

.....

ภาคผนวกที่ 4 ต้นทุนการผลิตไส้กรอกปลาตุ๋กโปรตีนสูงเพื่อสุขภาพ

ปลาตุ๋ก 1000 กรัม ราคา 65 บาท เมื่อนำมานำปลาตุ๋กมาตัดหัว ควักไส้ แล้วเอาเฉพาะเนื้อปลาตุ๋กด้วยเครื่องบดเนื้อ จะได้ร้อยละผลผลิตของเนื้อปลาตุ๋ก เท่ากับ ร้อยละ 30.17±2.73 หรือประมาณ 300 กรัม ดังนั้นการเตรียมเนื้อปลาตุ๋ก 500 กรัม จะมีต้นทุนเท่ากับ 108.33 บาท

ต้นทุนการผลิตไส้กรอกปลาตุ๋กโปรตีนสูงเพื่อสุขภาพ สูตรไส้กรอกปลาตุ๋กโปรตีนสูงเพื่อสุขภาพ สูตร W3 ประกอบด้วย เนื้อปลาตุ๋กบด ร้อยละ 79.37 เวย์โปรตีนไฮโซเลต ร้อยละ 4.86 น้ำมันรำข้าว ร้อยละ 3.24 น้ำและน้ำแข็ง ร้อยละ 9.72 เกลือ ร้อยละ 1.30 น้ำตาลทรายขาว ร้อยละ 0.39 ผงชูรส ร้อยละ 0.36 ลูกจันทร์ป่น ร้อยละ 0.06 และพริกไทยป่น ร้อยละ 0.71 (เฉพาะค่าวัตถุดิบ) รวมต้นทุนในการผลิตไส้กรอก 1 สูตร ได้ผลิตภัณฑ์ไส้กรอกประมาณ 600 กรัม มีต้นทุนเท่ากับ 131.25 บาท ดังนั้นหากบรรจุขายในปริมาณ 100 กรัม จะมีต้นทุนเท่ากับร้อยละ 21.87 บาท

ส่วนผสม	ปริมาณส่วนผสม (กรัม)	ราคา (บาท)
เนื้อปลาตุ๋กอุยเทศ	490	107.8
เวย์โปรตีนไฮโซเลต	30	16.50
น้ำมันรำข้าว	20	1.6
น้ำเย็น	30	0.60
น้ำแข็ง	30	0.60
เกลือ	8	0.08
น้ำตาลทรายขาว	2.4	0.07
ลูกจันทร์ป่น	0.4	1.53
พริกไทยป่น	4.4	0.97
ผงชูรส	2.2	1.50