

การผลิตลูกชิ้นปลาเสริมผงกระดูกจากปลาแซลมอน

Production of Fish Ball Fortified with Fish Bone Powder from Salmon

สิตา เบญจไพบงษ์, นิชกานต์ พุทธิเสาวภาคย์,

ภัทธิรา สุตเลิศ และวารังคณา สมพงษ์*

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต ตำบลคลองหนึ่ง อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี 12120

Sita Bhenjapaipong, Nichakan Puttisaowapak,

Phatthira Sutloet and Warangkana Sompongse*

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

Thammasat University, Rangsit Centre, Khlong Nueng, Khlong Luang, Pathum Thani 12120

บทคัดย่อ

อุตสาหกรรมการผลิตอาหารทะเลแปรรูปก่อให้เกิดเศษเหลือทิ้งเป็นจำนวนมาก โดยเฉพาะกระดูกปลา ซึ่งกระดูกปลาแซลมอนเป็นหนึ่งในเศษเหลือทิ้งดังกล่าว งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ในการศึกษาการผลิตผงกระดูกจากปลาแซลมอน เพื่อใช้ในการปรับปรุงลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ลูกชิ้นปลา โดยศึกษาวิธีการเตรียมกระดูกปลาแซลมอน 2 สายพันธุ์ ได้แก่ Pink salmon (*Oncorhynchus gorbuscha*) และ Atlantic salmon (*Salmo salar*) ใช้หม้อให้ความร้อนภายใต้ความดัน แปรอุณหภูมิที่ใช้ในการนึ่งภายใต้ความดัน 3 ระดับ ได้แก่ 120, 130 และ 140 °C และเวลา 3 ระดับ ได้แก่ 30, 60 และ 90 นาที พบว่าอุณหภูมิและเวลาในการนึ่งไม่มีผลต่อค่าความแน่นเนื้อของกระดูกปลา Pink salmon อย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) แต่ส่งผลต่อกระดูกปลา Atlantic salmon โดยการนึ่งกระดูกปลาที่อุณหภูมิ 140 °C 60 นาที ส่งผลให้กระดูกปลามีค่าความแน่นเนื้อต่ำและมีปริมาณโปรตีนอยู่ในระดับปานกลาง จึงเลือกสภาวะนี้ไปศึกษาสภาวะการอบแห้งที่เหมาะสม โดยแปรอุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้ง 3 ระดับ ได้แก่ 50, 60 และ 70 °C และเวลา 3 ระดับ ได้แก่ 90, 120 และ 150 นาที พบว่าการอบแห้งที่อุณหภูมิ 70 °C ส่งผลให้มีปริมาณผลผลิตและค่าความขาวสูงที่สุด ส่วนการอบแห้งที่เวลา 120 และ 150 นาที ส่งผลให้มีค่าปริมาณน้ำอิสระน้อยที่สุดและไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$) จึงเลือกการอบแห้งที่อุณหภูมิ 70 °C 120 นาที นำไปศึกษาปริมาณผงกระดูกปลาแซลมอนที่เหมาะสมในการผลิตผลิตภัณฑ์ลูกชิ้นจากซูริมิปลาทรายแดง แปรปริมาณผงกระดูกปลา 4 ระดับ ได้แก่ ร้อยละ 0, 1, 3 และ 5 โดยน้ำหนักซูริมิ พบว่าการเติมผงกระดูกปลาร้อยละ 3 ส่งผลให้ลูกชิ้นปลามีค่าความแข็งแรงของเจลมากขึ้นและค่าการสูญเสียน้ำหนักลดลง ค่า hardness และ chewiness เพิ่มขึ้น

ส่วนค่า cohesiveness ลดลง เมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างที่ไม่มีการเติมผงกระดูกปลา โดยได้รับคะแนนจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านรสชาติและความชอบโดยรวมสูงสุด

คำสำคัญ : กระดูกปลาแซลมอน; ผงกระดูกปลา; ซูริมิปลาทรายแดง; ลูกชิ้นปลา

Abstract

Processed seafood industries produce a large amount of waste, especially fish bones, which the salmon bone is one of them. This research aims to produce fish bone powder from salmon for improving the texture and nutritional value of fish ball products. The optimum condition for preparing fish bone was performed from two salmon species, including Pink salmon (*Oncorhynchus gorbuscha*) and Atlantic salmon (*Salmo salar*). Heating under pressure by pressure cooker at different temperatures (120, 130, and 140 °C) and time (30, 60, and 90 minutes) was investigated. Temperature and time did not affect the firmness of Pink salmon fish bone ($p > 0.05$), but those involved in the Atlantic salmon fish bone. Heating at 140 °C for 60 minutes resulted in low firmness and a moderate amount of protein. Therefore, this condition was selected to study appropriate drying conditions. The drying temperature was categorized into three different levels, which were 50, 60, and 70 °C, and the drying times were 90, 120, and 150 minutes. Drying at 70 °C resulted in the highest yield and whiteness. The lowest water activity was obtained from drying at 120 and 150 minutes, and these two conditions had no significant difference ($p > 0.05$). Therefore, drying at 70 °C for 120 minutes was selected. The optimum amount of fish bone powder in fish ball production from threadfin bream (*Nemipterus hexodon*) surimi was studied at different levels (0, 1, 3, and 5 % of surimi weight). It was found that the gel strength of fish ball increased as fish bone increased, while expressible water decreased as fish bone increased up to 3 %. Hardness and chewiness were increased, while cohesiveness was reduced compared with those of the control. The fish ball with 3 % fish bone powder showed the highest sensory scores in taste and overall liking.

Keywords: Salmon bone; fish bone powder; threadfin bream surimi; fish ball

1. บทนำ

เนื้อปลาเป็นแหล่งของโปรตีนที่สำคัญต่อการเจริญเติบโตของมนุษย์และนิยมนำมาบริโภค ทำให้อุตสาหกรรมการแปรรูปผลิตภัณฑ์จากเนื้อปลายังคงมีการเติบโตอย่างต่อเนื่อง โดยมีรูปแบบการรับประทานเป็นอาหารสดหรือนำเนื้อปลาสดมาผ่านการแปรรูป

เป็นผลิตภัณฑ์ในลักษณะและรูปแบบที่หลากหลาย ซึ่งข้อมูลของสำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม [1] พบว่า ในปี พ.ศ. 2561 การจำหน่ายผลิตปลาและผลิตภัณฑ์จากเนื้อปลาสดมีมูลค่าสูงถึง 456,619 พันล้านบาท อย่างไรก็ตาม การแปรรูปผลิตภัณฑ์จากปลาก่อให้เกิดเศษเหลือทิ้งจำนวนมาก โดยเฉพาะกระดูกปลา รวมทั้ง

การแปรรูปผลิตภัณฑ์เนื้อปลาแชลมอนแลในประเทศไทยทำให้เกิดกระดูกปลาเป็นเศษเหลือทิ้งร้อยละ 3.1-8.6 ซึ่งยังไม่มีนำมาใช้ประโยชน์ เป็นปัญหาในการกำจัดทิ้ง และทำให้เกิดผลต่อสิ่งแวดล้อม [2] จึงมีความพยายามจะนำกระดูกปลาเหล่านี้มาใช้ให้เกิดประโยชน์ เนื่องจากกระดูกปลาเป็นแหล่งแคลเซียมที่มีราคาถูก และดูดซึมในร่างกายมนุษย์ได้ดี [3] นอกจากนี้ยังพบว่า ผงกระดูกปลาที่มีขนาดเล็กระดับนาโนมีความสามารถในการกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ endogenous transglutaminase (TGase) ในกล้ามเนื้อปลา ดังนั้นจึงช่วยปรับปรุงลักษณะเนื้อสัมผัสของเจลซูริมิจากปลา Alaska pollock [4] และ Pacific whiting [5]

ผลิตภัณฑ์ลูกชิ้นปลาเป็นอาหารที่ได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายจากการที่รับประทานง่ายและคุณค่าทางโภชนาการสูง เป็นผลิตภัณฑ์ที่ใช้เนื้อปลาลบหรือซูริมิเป็นส่วนผสมหลักในการแปรรูป โดยลักษณะคุณภาพที่ดีของลูกชิ้นปลาควรมีสีขาว ไม่มีกลิ่นคาวปลา มีความนุ่มและมีเนื้อสัมผัสที่ยืดหยุ่น (elastic) ซึ่งการจะเกิดลักษณะเช่นนี้ได้ขึ้นขึ้นอยู่กับปัจจัยต่าง ๆ ได้แก่ ชนิดของปลา ความสดของปลา กระบวนการผลิตและการควบคุมปริมาณความชื้น และสารเติมแต่ง [6] ทั้งนี้จึงมีงานวิจัยที่ศึกษาการเติมสารปรุงแต่งชนิดต่าง ๆ เพื่อปรับปรุงลักษณะเนื้อสัมผัสให้เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค เช่น แป้ง โปรตีนที่ไม่ใช่โปรตีนจากเนื้อสัตว์ เส้นใยอาหาร รวมถึงผงกระดูกปลา อย่างไรก็ตาม ยังมีงานวิจัยจำนวนน้อยที่ศึกษาการเติมผงกระดูกปลาในผลิตภัณฑ์ลูกชิ้นปลาเพื่อคาดหวังให้เกิดการปรับปรุงเนื้อสัมผัสจากความสามารถในการกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ TGase ในกล้ามเนื้อปลา [4,5] ซึ่งเป็นปัจจัยที่ผู้บริโภคให้ความสำคัญ

งานวิจัยนี้จึงมีจุดประสงค์เพื่อศึกษาสถานะในการเตรียมผงกระดูกจากปลาแชลมอนและการนำไปใช้ในการปรับปรุงลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิต

ภัณฑ์ลูกชิ้นปลา นอกจากจะเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับเศษเหลือทิ้งแล้วยังช่วยลดปริมาณเศษเหลือทิ้งจากอุตสาหกรรมอาหารทะเลแปรรูปได้อีกด้วย

2. อุปกรณ์และวิธีการ

2.1 วัตถุดิบ

กระดูกปลาแชลมอนแช่เยือกแข็ง 2 ชนิด ได้แก่ Pink salmon (*Oncorhynchus gorbusha*) และ Atlantic salmon (*Salmo salar*) ได้รับจากบริษัท ไทยยูเนี่ยน โฟรเซ่น โปรดักส์ จำกัด (มหาชน) จังหวัดสมุทรสาคร เก็บรักษาที่อุณหภูมิ $-18 \pm 2^{\circ}\text{C}$ จนกว่าจะนำมาใช้

ซูริมิแช่เยือกแข็งจากปลาทรายแดง (*Nemipterus hexodon*) เกรด FA จากบริษัท อันทามัน ซูริมิ อินดัสทรีส์ จำกัด จังหวัดสมุทรสาคร เก็บรักษาที่อุณหภูมิ $-18 \pm 2^{\circ}\text{C}$ จนกว่าจะนำมาใช้

2.2 สภาวะที่เหมาะสมในการเตรียมกระดูกปลาแชลมอน

2.2.1 การเตรียมกระดูกปลาแชลมอน

เตรียมกระดูกปลาแชลมอนโดยแปรรูปชนิดของปลาแชลมอน 2 ชนิด ได้แก่ Pink salmon และ Atlantic salmon นำกระดูกปลาแช่เยือกแข็งมาตั้งทิ้งไว้ให้ละลายในท้องแช่เย็นที่อุณหภูมิ $4 \pm 2^{\circ}\text{C}$ ขำคั้นก่อนนำไปล้างน้ำ จากนั้นนึ่งกระดูกปลาด้วยไอน้ำในหม้อให้ความร้อนภายใต้ความดัน (KUH-3762, Kuhn Rikon, CH) แปรอุณหภูมิที่ใช้ในการนึ่งภายใต้ความดัน 3 ระดับ ได้แก่ 120, 130 และ 140°C และเวลา 3 ระดับ ได้แก่ 30, 60 และ 90 นาที

2.2.2 การวัดค่าความแน่นเนื้อ (firmness)

นำกระดูกปลาแชลมอนที่ผ่านการนึ่งแล้วมาซบให้แห้ง เลือกกระดูกปลาที่มีขนาดใกล้เคียงกัน แล้วเรียงกระดูกปลาลงในบีกเกอร์ขนาด 250 มิลลิลิตร โดยเรียงกระดูกปลาให้มีความสูงประมาณ

35 มิลลิเมตร ใช้เครื่องวัดลักษณะเนื้อสัมผัส (TA-XT2i, Stable Micro System, UK) วัดค่าแรงสูงสุด (กรัม) ที่กดให้กระดุกปลาเสียรูปร่างโดยใช้หัววัด cylinder probe acrylic (P/10) รายงานเป็นค่าความแน่นเนื้อ

2.2.3 การวัดปริมาณโปรตีน

นำกระดุกปลาแชลมอนที่ผ่านการนึ่งแล้วไปบดหยาบเพื่อเพิ่มพื้นที่ผิวให้กับกระดุกปลา จากนั้นอบแห้งด้วยเครื่องอบลมร้อน (CD-1, PML, TH) ที่อุณหภูมิ 60 °C เป็นเวลา 120 นาที แล้วนำกระดุกปลาที่ผ่านการอบแห้งแล้วไปบดด้วยเครื่องบดของแห้ง (EM-11, SHARP, MY) จากนั้นร่อนผ่านตะแกรงขนาด 60 mesh จะได้ผงกระดุกปลา นำผงกระดุกปลาที่ได้ไปวัดปริมาณโปรตีนตามวิธี AOAC [7]

2.3 สถานะที่เหมาะสมในการอบแห้งกระดุกปลาแชลมอน

นำกระดุกปลาแชลมอนที่ผ่านการเตรียมด้วยสถานะที่เหมาะสมจากข้อ 2.2 ไปอบแห้ง โดยแปรอุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้ง 3 ระดับ ได้แก่ 50, 60 และ 70 °C และเวลา 3 ระดับ ได้แก่ 90, 120 และ 150 นาที จากนั้นนำไปบดและร่อนผ่านตะแกรงขนาด 60 mesh แล้วนำไปวิเคราะห์ ดังต่อไปนี้

2.3.1 ปริมาณผลผลิต (% yield)

ร้อยละปริมาณผลผลิตคำนวณจากสูตร ปริมาณผลผลิต (ร้อยละ) = (น้ำหนักผงกระดุกปลาหลังบดละเอียด ÷ น้ำหนักกระดุกปลาที่ร่อนผ่านตะแกรงขนาด 60 mesh) × 100

2.3.2 การวัดปริมาณน้ำอิสระ (a_w)

นำผงกระดุกปลาแชลมอนไปวัดปริมาณน้ำอิสระ โดยใช้เครื่องวัดปริมาณน้ำอิสระ (CX2, AQUA LAB, UK)

2.3.3 การวัดค่าความขาว (whiteness)

นำผงกระดุกปลาแชลมอนไปวัดค่าสี (L^* , a^* , b^*) โดยใช้เครื่องวัดสีตามระบบ Hunter lab

ใช้แหล่งกำเนิดแสงมาตรฐาน D65 มุมตกกระทบ 10° และคำนวณค่าความขาวโดยใช้สูตร

$$\text{ความขาว} = L^* - 36^*$$

2.3.4 การวิเคราะห์การกระจายขนาด

นำผงกระดุกปลาที่ได้รับการคัดเลือกไปวิเคราะห์การกระจายขนาดด้วยเครื่อง laser scattering particle size distribution analyzer (Partica LA-960, Horiba, JP)

2.3.5 การวัดปริมาณโปรตีน

นำผงกระดุกปลาแชลมอนที่ได้รับการคัดเลือกไปวัดปริมาณโปรตีนตามวิธี AOAC [7]

2.4 ปริมาณผงกระดุกปลาแชลมอนที่เหมาะสมในผลิตภัณฑ์ลูกชิ้นปลา

2.4.1 การผลิตลูกชิ้นปลา

นำซูริมีมาละลายที่อุณหภูมิ 4 ± 2 °C หั่นเป็นลูกเต๋ารูขนาด $1 \times 1 \times 1$ เซนติเมตร สับผสมซูริมีกับเกลี๋ยร้อยละ 2.5 โดยน้ำหนักซูริมี แล้วเติมผงกระดุกปลาแชลมอน โดยแปรปริมาณผงกระดุกได้แก่ ร้อยละ 0, 1, 3 และ 5 โดยน้ำหนักซูริมี ปริมาณความชื้นโดยการเติมน้ำแข็งให้ได้ปริมาณความชื้นของลูกชิ้นร้อยละ 80 ใช้เวลาในการสับผสมทั้งหมด 4 นาที จากนั้นอัดส่วนผสมมวลเหนียวใส่ไส้เซลลูโลสขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.5 เซนติเมตร แล้วนำไปต้มที่อุณหภูมิ 40 °C เป็นเวลา 30 นาที ตามด้วยต้มที่อุณหภูมิ 90 °C เป็นเวลา 20 นาที จากนั้นนำไปทำให้เย็นในอ่างน้ำผสมน้ำแข็งจนตัวอย่างมีอุณหภูมิใจกลาง 4 ± 2 °C แล้วนำไปเก็บรักษาในห้องแช่เย็นอุณหภูมิ 4 ± 2 °C ข้ามคืนเพื่อนำไปวิเคราะห์ผลต่อไป

2.4.2 การวัดค่าความแข็งแรงของเจล

ตัดตัวอย่างลูกชิ้นปลาให้มีความยาว 2.5 เซนติเมตร โดยใช้เครื่องวัดลักษณะเนื้อสัมผัส หัววัด spherical plunger probe (P/5s) วัดค่าแรงสูงสุดที่ทำให้เจลเสียรูปร่าง (กรัม) และระยะทางที่

ทำให้เจลเสียรูปร่าง (เซนติเมตร) รายงานค่าความแข็งแรงของเจล ตามวิธีการของ ศุภิสรา และคณะ [8]

2.4.3 การวัดค่าทางลักษณะเนื้อสัมผัส

ตัดตัวอย่างลูกชิ้นปลาให้มีความยาว

2.5 เซนติเมตร วิเคราะห์ค่าทางลักษณะเนื้อสัมผัส โดยใช้วิธี texture profile analysis (TPA) โดยใช้เครื่องวัดลักษณะเนื้อสัมผัส หัววัด cylinder P/50 รายงานค่า hardness, springiness, cohesiveness, chewiness และ gumminess ตามวิธีการของ ศุภิสรา และคณะ [8]

2.4.4 การวัดค่าร้อยละการสูญเสียน้ำหนัก (% expressible water)

ตัดตัวอย่างให้มีขนาด 0.5×1.0×0.5

เซนติเมตร แล้ววางตัวอย่างระหว่างกระดาษกรอง Whatman® No. 4 โดยวางกระดาษกรองด้านล่าง 3 ชั้น ด้านบน 2 ชั้น แล้วใช้ตุ้มน้ำหนักมาตรฐาน 5 กิโลกรัม ทับเป็นเวลา 2 นาที จากนั้นชั่งน้ำหนักโดยเครื่องทศนิยม 4 ตำแหน่ง แล้วคำนวณค่าร้อยละการสูญเสียน้ำหนักโดยใช้สูตร การสูญเสียน้ำหนัก (ร้อยละ) = [(น้ำหนักลูกชิ้นก่อนทับ - น้ำหนักลูกชิ้นหลังทับ) ÷ น้ำหนักลูกชิ้นก่อนทับ] × 100

2.4.5 การวัดค่าความขาว

ตัดตัวอย่างให้มีความยาว 2.5 เซนติเมตร นำตัวอย่างวางบนเครื่องวัดสีและอ่านค่าสี (L^* , a^* , b^*) คำนวณค่าความขาวโดยใช้สูตร

$$\text{ความขาว} = 100 - [(100 - L^*)^2 + a^{*2} + b^{*2}]^{1/2}$$

2.4.6 การทดสอบทางประสาทสัมผัส

อุ่นตัวอย่างที่อุณหภูมิ 70 °C แล้วทิ้งให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง จากนั้นตัดตัวอย่างให้มีความหนา 1 เซนติเมตร เสิร์ฟพร้อมน้ำเปล่า ให้ผู้ทดสอบทั่วไป 30 คน ประเมินความชอบด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่นรส รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ด้วยวิธีการ 9-hedonic scale โดย 9 คือ ชอบมากที่สุด และ 1 คือ ไม่ชอบมากที่สุด

2.5 การวางแผนการทดลองและการวิเคราะห์

ข้อมูลทางสถิติ

วางแผนการทดลองแบบ randomized complete block design (RCBD) โดยการทดลองที่ 2.2 จัดสิ่งทดลองแบบ factorial 2×3×3 และการทดลองที่ 2.3 จัดสิ่งทดลองแบบ factorial 3×3 โดยทดลองอย่างน้อย 2 ซ้ำ วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลโดยใช้ analysis of variance (ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความแตกต่างด้วยวิธี Duncan's new multiple range test และวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ

3. ผลการวิจัยและวิจารณ์

3.1 สภาวะที่เหมาะสมในการเตรียมกระดูกปลาแซลมอน

3.1.1 ค่าความแน่นเนื้อ (firmness)

การศึกษาสภาวะในการเตรียมกระดูกปลา โดยแปรชนิดของปลาแซลมอน 2 ชนิด ได้แก่ Pink salmon และ Atlantic salmon อุณหภูมิที่ใช้ในการนึ่งภายใต้ความดัน 3 ระดับ ได้แก่ 120, 130 และ 140 °C และเวลาใช้ในการนึ่งภายใต้ความดัน 3 ระดับ ได้แก่ 30, 60 และ 90 นาที พบว่าอุณหภูมิและเวลาที่ต่างกันในการนึ่งภายใต้ความดันไม่มีผลต่อค่าความแน่นเนื้อของกระดูกปลา Pink salmon ($p > 0.05$) เนื่องจาก Pink salmon มีกระดูกขนาดเล็กและผ่านการให้ความร้อนมาแล้ว (pre-cooking) หนึ่งครั้ง จึงมีเมือกและคราบเลือดติดที่กระดูก เมื่อนำกระดูกมานึ่งอีกครั้ง ความร้อนจะทำให้เมือกและเลือดที่ติดที่กระดูกอยู่เกิดการหลอมละลายและเคลือบที่ผิวกระดูกส่วนใหญ่ จึงทำให้กระดูกเหนียวขึ้น แต่พบว่าอุณหภูมิและเวลาส่งผลต่อค่าความแน่นเนื้อของกระดูกปลา Atlantic salmon ($p \leq 0.05$) โดยเมื่ออุณหภูมิและเวลาเพิ่มขึ้นส่งผลให้ค่าความแน่นเนื้อลดลง ดังแสดงใน

รูปที่ 1 เนื่องจากความร้อนทำให้โครงสร้างของกระดูกปลาอ่อนตัวลง สอดคล้องกับผลการทดลองของ เอกชัย [9] ที่พบว่าเมื่อเพิ่มอุณหภูมิและเวลาในการนึ่งกระดูกปลาพูน่าภายใต้ความดันจะทำให้ค่าแรงต้านของกระดูกลดลง นอกจากนี้ยังพบว่าพื้นผิวของกระดูกเกิดรูและรอยแตกเป็นจำนวนมาก

3.1.2 ปริมาณโปรตีน

การเพิ่มอุณหภูมิและเวลาในการนึ่งภายใต้ความดัน ส่งผลให้ปริมาณโปรตีนของกระดูก

ปลาทั้ง 2 ชนิด ลดลง เนื่องจากความร้อนทำให้โปรตีนเกิดการเสียสภาพ ดังแสดงในรูปที่ 2

การนึ่งกระดูกปลา Atlantic salmon ที่อุณหภูมิ 140 °C เป็นเวลา 60 นาที เป็นสภาวะที่ทำให้กระดูกปลามีค่าความแน่นเนื้อต่ำ ทำให้สามารถนำไปทำแห้งและบดเป็นผงกระดูกได้ง่าย นอกจากนี้ยังมีปริมาณโปรตีนอยู่ในระดับปานกลาง จึงเป็นสภาวะที่เหมาะสมในการเตรียมกระดูกปลาและนำไปศึกษาสภาวะในการอบแห้งต่อไป

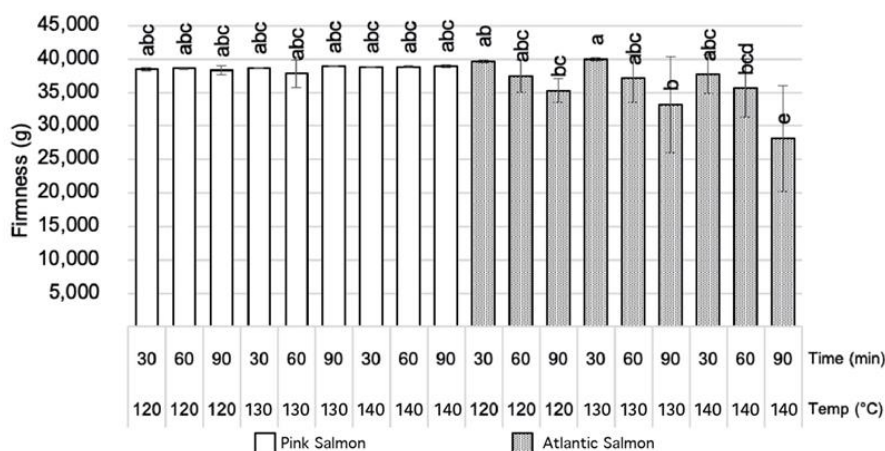


Figure 1 Firmness (g) of both salmon fish bone heated with different steaming temperatures and times.

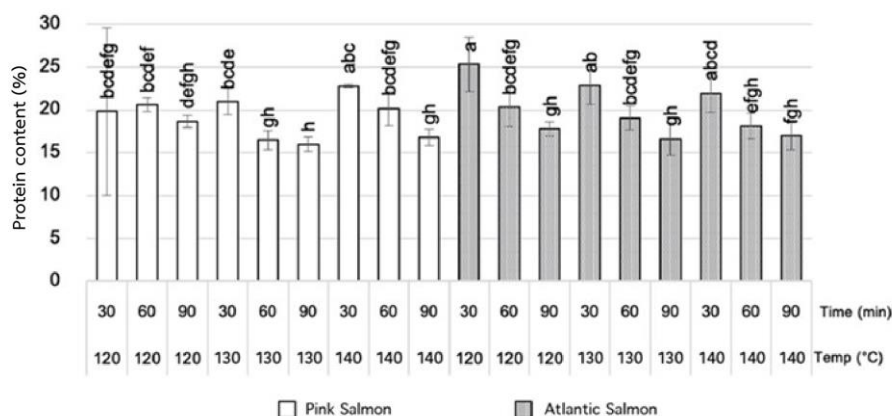


Figure 2 Protein content (%) of both salmon fish bone heated with different steaming temperatures and times.

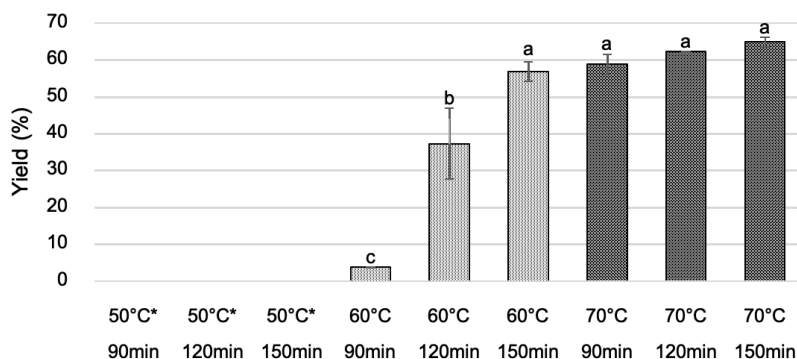


Figure 3 Yield (%) of Atlantic salmon fish bone heated with different drying temperatures and times. [* No fish bone powder passing through a sieve of 60 mesh; a, b, c Different letters on each bar indicate significant differences ($p \leq 0.05$)]

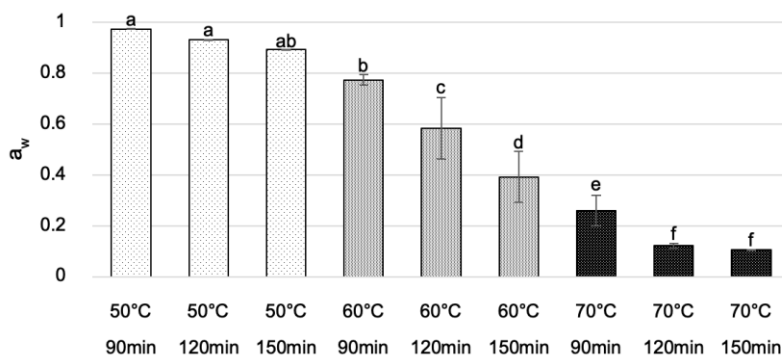


Figure 4 Water activity (a_w) of Atlantic salmon fish bone heated with different drying temperatures and times.

3.2 สภาวะที่เหมาะสมในการอบแห้งกระดูกปลาแซลมอน

3.2.1 ปริมาณผลผลิต ปริมาณน้ำอิสระ และค่าความขาว

การศึกษาสภาวะในการอบแห้งกระดูกปลา โดยแปรอุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้ง 3 ระดับ ได้แก่ 50, 60 และ 70 °C และเวลาใช้ในการอบแห้ง 3 ระดับ ได้แก่ 90, 120 และ 150 นาที เมื่อนำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าอิทธิพลร่วมระหว่างอุณหภูมิและเวลามีผลต่อปริมาณผลผลิตและปริมาณน้ำอิสระอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยเมื่ออุณหภูมิและเวลา

เพิ่มขึ้นจะทำให้ปริมาณผลผลิตเพิ่มขึ้น (รูปที่ 3) และปริมาณน้ำอิสระลดลง (รูปที่ 4) แต่ไม่มีผลต่อค่าความขาวอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

เมื่อพิจารณาอิทธิพลของอุณหภูมิ พบว่าอุณหภูมิมีผลต่อปริมาณผลผลิต ปริมาณน้ำอิสระ และค่าความขาวอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยเมื่ออุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้นจะทำให้ปริมาณผลผลิตและค่าความขาวเพิ่มสูงขึ้น (ตารางที่ 1) แต่ปริมาณน้ำอิสระลดลง

เมื่อพิจารณาอิทธิพลของเวลา พบว่าเวลามีผลต่อปริมาณผลผลิตและปริมาณน้ำอิสระอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) เมื่อเพิ่มระยะเวลาที่ใช้ในการ

อบแห้งจะส่งผลให้ปริมาณผลผลิตเพิ่มขึ้นและปริมาณน้ำอิสระลดลง เนื่องจากเมื่อใช้อุณหภูมิและเวลาในการอบแห้งเพิ่มขึ้น ทำให้น้ำที่อยู่ภายในกระดูกกระเทยออกมาได้มากขึ้น เมื่อค่าปริมาณน้ำอิสระของกระดูกลดลงจะทำให้กระดูกมีลักษณะแห้งและบดได้ละเอียดขึ้น เมื่อนุภาคกระดูกมีขนาดเล็กจึงทำให้ร่อนผ่านตะแกรงขนาด 60 mesh ได้มากขึ้น ปริมาณผลผลิตจึงเพิ่มขึ้น มีการกระเจิงของแสงมากขึ้น ทำให้ค่า L^* สูงขึ้น เมื่อนำไปคำนวณค่าความขาว กระดูกที่บดได้ละเอียดจึงมีค่าความขาวสูงกว่า การอบแห้งที่อุณหภูมิ 70 °C ส่งผลให้มีค่าความขาวสูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ส่วนปริมาณน้ำอิสระ พบว่าการอบแห้งที่อุณหภูมิ 70 °C เป็นเวลา 120 และ 150 นาที ทำให้กระดูกปลามีค่าปริมาณน้ำอิสระไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ดังนั้นการอบแห้งที่อุณหภูมิ 70 °C เป็นเวลา 120 นาที จึงเป็นสภาวะที่เหมาะสมและใช้ศึกษาขั้นต่อไป

3.2.2 การกระจายขนาดและปริมาณโปรตีน

การวิเคราะห์การกระจายขนาดของอนุภาคผงกระดูกปลาที่ผ่านการอบแห้งที่อุณหภูมิ 70 °C เป็นเวลา 120 นาที พบอนุภาค 2 ขนาด ที่มีปริมาณมากที่สุด ได้แก่ อนุภาคขนาด 13.25 ไมโครเมตร ร้อยละ 2.11 และอนุภาคขนาด 152.45 ไมโครเมตร ร้อยละ 16.75 (รูปที่ 5) และผงกระดูกปลามีปริมาณโปรตีนร้อยละ 21.55 ± 0.31 โดยน้ำหนัก

3.3 ปริมาณผงกระดูกปลาแหลมอนที่เหมาะสมในผลิตภัณฑ์ลูกชิ้นปลา

3.3.1 ค่าความแข็งแรงของเจล

การวัดค่าความแข็งแรงของเจล เป็นการทดสอบตัวอย่างโดยใช้แรงเจาะทะลุ (penetration force) เพื่อวิเคราะห์โครงสร้างภายในของเจลลูกชิ้นปลาว่ามีโครงสร้างร่างแหเจลที่แข็งแรงมากน้อย

เพียงใด โดยการวัดค่าแรงสูงสุดที่ทำให้เจลเสียรูปร่าง (กรัม) และระยะทางที่ทำให้เจลเสียรูปร่าง (เซนติเมตร) (ข้อมูลไม่ได้แสดง) รายงานค่าความแข็งแรงของเจล (กรัม.เซนติเมตร) ซึ่งเป็นผลคูณของค่าแรงสูงสุดที่ทำให้เจลเสียรูปร่างและระยะทางที่ทำให้เจลเสียรูปร่างจากการแปรปริมาณผงกระดูกปลาที่ใช้เติมในลูกชิ้น 4 ระดับ ได้แก่ ร้อยละ 0, 1, 3 และ 5 พบว่าการเติมผงกระดูกปลาในปริมาณที่ต่างกันส่งผลต่อค่าความแข็งแรงของเจลอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$, ตารางที่ 2) โดยเมื่อเติมผงกระดูกปลาเพิ่มขึ้น อนุภาคผงกระดูกปลาเข้าไปเสริมในช่องว่างระหว่างโครงสร้างตาข่ายของเจลโปรตีน ทำให้เจลมีความแน่นมากขึ้น ค่าแรงสูงสุดที่ทำให้เจลเสียรูปร่างจึงเพิ่มขึ้น ทำให้ค่าความแข็งแรงของเจลเพิ่มขึ้น คล้ายกับที่มีรายงานผลการศึกษาการเติมผงสมุนไพร [8] เมื่อไฟเบอร์ในผงสมุนไพรดูดน้ำ ทำให้โครงสร้างเจลลูกชิ้นปลามีความแน่น จึงทำให้มีค่าความแข็งแรงของเจลเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ยังพบว่าลูกชิ้นที่เติมผงกระดูกปลาร้อยละ 3 โดยน้ำหนักซูรีมีมีค่าความแข็งแรงของเจลสูงกว่าตัวอย่างควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

Table 1 Whiteness of Atlantic salmon fish bone based on the influence of drying temperature.

Drying temperatures (°C)	Whiteness
50	N/A
60	33.32 ± 6.70^b
70	52.13 ± 9.76^a

N/A = No fish bone powder passing through a sieve of 60 mesh; ^{a,b} Different superscripts in the same column indicate significant differences ($p \leq 0.05$)

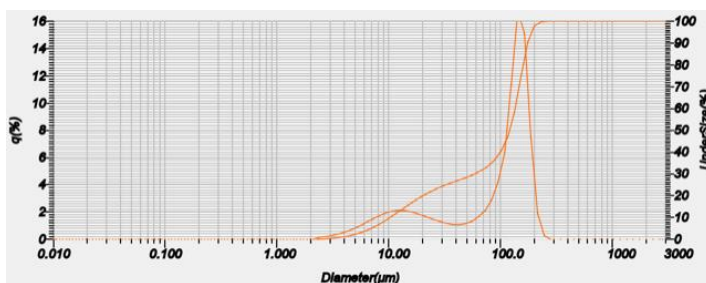


Figure 5 The distribution of particle sizes of Atlantic salmon fish bone powder drying at 70 °C for 120 min.

Table 2 Gel strength, expressible water and whiteness of fish ball containing fish bone powder.

Fish bone powder content (% by weight of surimi)	Gel strength (g.cm)	Expressible water (%)	Whiteness ^{ns}
0	94.71±6.97 ^c	34.29±2.17 ^a	34.42±0.38
1	99.98±11.03 ^c	26.47±2.92 ^c	34.59±0.40
3	127.43±7.06 ^b	28.55±1.90 ^b	34.54±0.68
5	161.27±16.10 ^a	34.27±1.19 ^a	35.00±0.69

^{a, b, c} Different superscripts in the same column indicate significant differences ($p \leq 0.05$); ^{ns} No significant differences ($p > 0.05$)

Table 3 Texture Profile Analysis (TPA) results of fish ball containing fish bone powder.

Fish bone powder content (% by weight of surimi)	Hardness (g)	Cohesiveness	Chewiness (g)
0	1806.80±196.33 ^c	0.77±0.03 ^a	1301.70±87.51 ^c
1	1869.94±138.05 ^c	0.75±0.01 ^b	1308.32±87.26 ^c
3	2084.94±156.63 ^b	0.75±0.01 ^b	1424.03±91.62 ^b
5	2516.31±271.01 ^a	0.75±0.02 ^b	1705.43±151.98 ^a

^{a, b, c} Different superscripts in the same column indicate significant differences ($p \leq 0.05$)

3.3.2 ค่าทางลักษณะเนื้อสัมผัส

การวัดค่าทางลักษณะเนื้อสัมผัส (ตารางที่ 3) เป็นการทดสอบตัวอย่างโดยใช้แรงกด (compressive force) และเลียนแบบการเคี้ยวของฟัน

พบว่า การเติมผงกระดูกปลาในปริมาณที่ต่างกันมีผลต่อค่า hardness, cohesiveness และ chewiness ของลูกชิ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) เมื่อเติมผงกระดูกในปริมาณที่เพิ่มขึ้น ทำให้ค่า hardness และ chewiness

ของลูกชิ้นเพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับค่าความแข็งแรงของเจล เนื่องจากผงกระดูกปลาที่เติมลงไปทำหน้าที่เป็นเพียงสารเติมเต็ม (filler) ในโครงสร้างของโปรตีนเท่านั้น ทำให้โครงสร้างเจลมีความแน่นมากขึ้น แต่ไม่ได้ช่วยในการเกิดโครงสร้างตาข่ายของโปรตีนสำหรับค่า cohesiveness หรือการเกาะติดกัน [10] พบว่าลูกชิ้นที่เติมผงกระดูกปลามีค่า cohesiveness น้อยกว่าสูตรควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) จากการที่ผงกระดูกปลาที่เติมลงไปทำหน้าที่เป็นเพียงสารเติมเต็มตามที่กล่าวมา และยังเข้าไปขัดขวางการจับตัวกันของโครงสร้างเจลบางส่วน จึงทำให้ค่า cohesiveness ลดลง สอดคล้องกับรายงานการเติมผงสมุนไพรในเจลลูกชิ้นปลา [8] อย่างไรก็ตาม ปริมาณผงกระดูกปลาไม่มีผลต่อค่า springiness และ gumminess อย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) (ไม่แสดงข้อมูล)

3.3.3 ค่าร้อยละการสูญเสียน้ำหนัก

การเติมผงกระดูกปลาในปริมาณที่ต่างกันมีผลต่อค่าการสูญเสียน้ำหนักของลูกชิ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$, ตารางที่ 2) โดยเมื่อเติมผงกระดูกปลาเพิ่มขึ้นจะทำให้ค่าการสูญเสียน้ำหนักลดลงจนถึงร้อยละ 3 จากนั้นมีค่าเพิ่มขึ้น เนื่องจากผงกระดูกที่เติมอาจมีปริมาณมากเกินไป จึงไปขัดขวางการจับตัวกันของโครงสร้างเจลของโปรตีน ทำให้ความสามารถในการอุ้มน้ำของเจลลดลง [8]

3.3.4 ค่าความขาว

ตารางที่ 2 พบว่าการเติมผงกระดูกปลาในปริมาณที่ต่างกันไม่ส่งผลต่อค่าความขาวของลูกชิ้นอย่างมีนัยสำคัญ เนื่องจากผงกระดูกมีสีขาวเมื่อเติมในลูกชิ้นปลาที่มีสีขาว ค่าความขาวจึงไม่เปลี่ยนแปลง

3.3.5 การทดสอบทางประสาทสัมผัส

การทดสอบทางประสาทสัมผัส (ตารางที่ 4) พบว่าการเติมผงกระดูกปลาในปริมาณที่ต่างกันส่งผลต่อคะแนนด้านรสชาติและความชอบโดยรวมของลูกชิ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) แต่ไม่มีผลต่อคะแนนด้านลักษณะปรากฏ สี เนื้อสัมผัส (ไม่แสดงข้อมูล) และกลิ่นรสอย่างมีนัยสำคัญ โดยลูกชิ้นที่เติมผงกระดูกปลาร้อยละ 3 ได้รับคะแนนด้านรสชาติและความชอบโดยรวมสูงที่สุด แต่ไม่แตกต่างจากการเติมผงกระดูกปลาร้อยละ 5 อย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

การพิจารณาค่าทางกายภาพ ได้แก่ ค่าความแข็งแรงของเจล ค่าการสูญเสียน้ำหนัก พบว่าลูกชิ้นปลาที่เติมผงกระดูกปลาร้อยละ 3 มีค่าความแข็งแรงของเจลมากกว่าและค่าการสูญเสียน้ำหนักน้อยกว่าสูตรควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ และได้รับคะแนนจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านรสชาติและความชอบโดยรวมสูงที่สุด ดังนั้นการเติมผงกระดูกปลาร้อยละ 3 จึงเป็นปริมาณที่เหมาะสมในการผลิตผลิตภัณฑ์ลูกชิ้นจากซูริมีปลาทรายแดง

Table 4 Sensory evaluation of fish ball containing fish bone powder.

Fish bone powder content (% by weight of surimi)	Flavor ^{ns}	Taste	Overall acceptability
0	6.53±1.36	6.23±1.41 ^b	6.30±1.33 ^b
3	6.98±1.17	6.92±1.39 ^a	7.07±1.19 ^a
5	6.72±1.45	6.53±1.64 ^{ab}	6.75±1.40 ^{ab}

^{a, b, c} Different superscripts in the same column indicate significant differences ($p \leq 0.05$); ^{ns} No significant differences ($p > 0.05$)

4. สรุป

4.1 การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการเตรียมกระดูกปลาแซลมอน 2 ชนิด ได้แก่ Pink salmon และ Atlantic salmon พบว่าอุณหภูมิและเวลาในการนึ่งภายใต้ความดันไม่มีผลต่อความแน่นเนื้อของกระดูกปลา Pink salmon ($p > 0.05$) จึงเลือกใช้กระดูกปลา Atlantic salmon นึ่งที่อุณหภูมิ 140 °C เป็นเวลา 60 นาที

4.2 สภาวะที่เหมาะสมในการอบแห้งกระดูกปลา คือ การอบแห้งที่อุณหภูมิ 70 °C เป็นเวลา 120 นาที

4.3 ปริมาณผงกระดูกปลาแซลมอน Atlantic salmon ที่เหมาะสมในการผลิตผลิตภัณฑ์ลูกชิ้นจากซูริมิปลาทรายแดง คือ ร้อยละ 3 โดยน้ำหนักซูริมิ

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ บริษัท ไทยยูเนี่ยน โฟรเซ่น โปรดักส์ จำกัด (มหาชน) จังหวัดสมุทรสาคร สำหรับความอนุเคราะห์กระดูกปลาแซลมอน 2 ชนิด ได้แก่ Pink salmon และ Atlantic salmon เพื่อใช้ในการวิจัยครั้งนี้ และขอขอบคุณสาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ที่จัดสรรงบประมาณประจำปี 2562 ในการสนับสนุนงานวิจัยนี้

6. References

- [1] Office of Industrial Economics, 2019, Statistic in Industries, Available Source: <https://indexes.oie.go.th/industrialStatistics1.aspx>, October 22, 2020. (in Thai)
- [2] Ramirez, A., 2007, Salmon By-product Protein, Food and Agriculture Organization of United Nation, Rome.
- [3] Benjakul, S. and Karnjanapratum, S., 2018, Characteristics and nutritional value of whole wheat cracker fortified with tuna bone bio-calcium powder, Food Chem. 259: 181-187.
- [4] Yin, T. and Park, J.W., 2014, Effects of nano-scaled fish bone on the gelation properties of Alaska Pollock surimi, Food Chem. 50: 463-468.
- [5] Yin, T., Reed, Z.H. and Park, J.W., 2014, Gelling properties of surimi as affected by the particles size of fish bone, LWT Food Sci. Technol. 58: 412-416.
- [6] Niludomsak, S., 2001, Effect of Ingredients on Texture of Fishball, Master Thesis, King Mongkuts University of Technology Thonburi, Bangkok. (in Thai)
- [7] AOAC, 1995, Official Methods of Analysis, 16th Ed., The Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC.
- [8] Phisutthigason, S., Jirapeatsayasuk, P., and Sompongse, W., 2018, Production of fish ball with konjac glucomannan gel and herbs, J. Sci. Technol. 26(2): 224-235. (in Thai)
- [9] Jarunatvilat, A., 2000, Utilization of Skipjack Tuna *Katsuwonus pelamis* Bone as Calcium Source in Snacks, Faculty of Science, Chulalongkorn University. (in Thai)
- [10] Suwannaporn, P., 2018, Physical Modification of Starch and Its Applications in Foods, Pornsap Publishing, Bangkok. (in Thai)