Research Article

Received: May 16, 2018; Accepted: June 12, 2018

# การพัฒนาผลิตภัณฑ์ผงเลือดปลาทูน่าจากเศษเหลือกระบวนการผลิตปลาทูน่าบรรจุกระป๋อง

# Development of Tuna Blood Powders from By-Product of Canned Tuna Processing

มัณฑิรา ฮะวังจู และวรรณวิมล คล้ายประดิษฐ์*

*ภาควิชาผลิตภัณฑ์ประมง คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์*

*แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพมหานคร 10900*

ทานตะวัน พิรักษ์

*ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์*

*แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพมหานคร 10900*

Mantira Hawangjoo and Wanwimol Klaypradit*

*Department of Fishery Products, Faculty of Fisheries, Kasetsart University,*

*Latyao, Chatuchak, Bangkok 10900*

Tantawan Pirak

*Department of Product Development, Faculty of AGRO-Industry, Kasetsart University,*

*Latyao, Chatuchak, Bangkok 10900*

**บทคัดย่อ**

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาผงเลือดปลาทูน่าซึ่งได้จากเศษเหลือส่วนเลือดปลาทูน่าของกระบวนการผลิตปลาทูน่าบรรจุกระป๋อง ในการทดลองได้ใช้สารเคลือบ 2 ชนิด ได้แก่ กัมอาระบิก (5 และ 10 %w/v) เวย์โปรตีน (10 และ 15 %w/v) และคงปริมาณมอลโทเดกซ์ทรินที่ 15 %w/v ปั่นผสมกับเลือดปลาทูน่า (15, 20 และ 25 %w/v) จากนั้นทำแห้งด้วยตู้อบลมร้อนสุญญากาศที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส ความดัน 72 มิลลิบาร์ ผลการทดลองพบว่าผงเลือดปลาทูน่าที่ผลิตได้จากสภาวะที่เหมาะสม (กัมอาระบิก 5 %w/v เวย์โปรตีน 10 %w/v เลือดปลาทูน่า 25 %w/v) ให้ปริมาณความชื้นและค่า $a_w$ ต่ำภายใต้มาตรฐานของผลิตภัณฑ์ผง รวมทั้งมีค่าดัชนีการละลายน้ำสูง (83.89 %) ค่าดัชนีการดูดซับน้ำต่ำ (0.94 %) และค่าสีในด้านความสว่าง (L*) สูงเมื่อเปรียบเทียบกับเลือดปลาทูน่าแห้ง ($p \leq 0.05$) นอกจากนี้ผงเลือดปลาทูน่ายังมีชนิดของกรดอะมิโนที่จำเป็นครบโดยชนิดที่พบมากที่สุด 3 อันดับแรก ได้แก่ glutamic acid, aspartic acid และ leucine ซึ่งมีปริมาณเท่ากับ 13.58, 13.19 และ 10.94 มิลลิกรัมต่อกรัม ตามลำดับ สำหรับปริมาณเหล็กและสังกะสีมีค่าเท่ากับ 0.199 และ 0.020 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม

***ผู้รับผิดชอบบทความ :** ffiswak@ku.ac.th

**doi:** 10.14456/tstj.2019.69

ตามลำดับ โดยผงเลือดปลาทูน่าที่ได้สามารถช่วยเพิ่มความสะดวกในการนำไปประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารต่าง ๆ ต่อไป

**คำสำคัญ :** เลือดปลาทูน่า; สารเคลือบ; ผงเลือดปลาทูน่า; การทำแห้งแบบตู้อบลมร้อนสุญญากาศ

## Abstract

This study was aimed to develop tuna blood powder derived from tuna blood, which is waste of canned-tuna processing. Two types of coating, gum arabic (5 and 10 %w/v), whey protein (10 and 15 %w/v) and maltodextrin was used at 15 %w/v, were blended with tuna blood ( 15, 20 and 25 %w/v) then further dried using vacuum hot air oven at 80 ºC with pressure at 72 millibar. The results showed that tuna blood powder made from optimal condition (gum arabic 5 %w/v, whey protein 10 %w/v and tuna blood 25 %w/v) gave low moisture content and $a_w$ followed standard of powder products, high water absorption index (83.89 %) but low in water soluble index (0.94 %). Color brightness value (L*) was higher when compared to dried tuna blood. Tuna blood powder also contained all essential amino acids with the three most common types, which were glutamic acid, aspartic acid and leucine at 13.58, 13.19 and 10.94 mg/g, respectively. Iron and zinc contents found in tuna blood powder were 0.199 and 0.020 mg/100g, respectively. The results suggest the potential of tuna blood powder to enhance convenience for further application in other food products.

**Keywords:** tuna blood; coating material; tuna blood powder; vacuum hot air oven

## 1. บทนำ

ผลิตภัณฑ์ปลาทูน่ากระป๋องในประเทศไทยเป็นผลิตภัณฑ์ส่งออกที่ทำรายได้ให้กับประเทศไทยเป็นอันดับต้น ๆ จากสถิติการส่งออกพบว่าผลิตภัณฑ์ปลาทูน่ากระป๋องในปี พ.ศ. 2555-2560 มีปริมาณการส่งออกมากกว่า 500,000 ตันต่อปี โดยทำรายได้ให้กับประเทศไทยโดยเฉลี่ยกว่า 70,000 ล้านบาทต่อปี และมีแนวโน้มการส่งออกที่เพิ่มขึ้น [1] ทั้งนี้เมื่อปริมาณการผลิตที่เพิ่มขึ้นย่อมส่งผลต่อเศษเหลือจากกระบวนการผลิตที่เพิ่มขึ้นตามไปด้วย ซึ่งในส่วนของเศษเหลือจากกระบวนการผลิตของปลาทูน่ากระป๋องมีปริมาณมากคิดเป็นร้อยละ 55 ได้แก่ เศษเหลือส่วนของแข็งคิดเป็นร้อยละ 25-30 ได้แก่ หัว กระดูก เศษเนื้อขาว เนื้อดำ และเศษเหลือส่วนของเหลวคิดเป็นร้อยละ 30-35 ได้แก่ น้ำนึ่งปลา น้ำล้างปลา และเลือดปลาทูน่า [2] ซึ่งเศษเหลือส่วนใหญ่ได้นำไปใช้ประโยชน์ในรูปแบบต่าง ๆ ได้แก่ น้ำมันปลาสกัดจากส่วนหัวและส่วนตาของปลาทูน่า เจลาตินจากหนังปลา และอาหารแมว บรรจุกระป๋องจากเศษเนื้อดำ เป็นต้น แต่ในส่วนของเศษเหลือจากเลือดปลาทูน่าที่ได้จากขั้นตอนการผ่าท้อง ควักไส้ ซึ่งมีปริมาณมากทางโรงงานไม่ได้นำไปใช้ประโยชน์แต่อย่างใด โดยในปัจจุบันได้ทำการกำจัดทิ้งซึ่งก่อให้เกิดปัญหาการอุดตันของท่อระบายน้ำและเพิ่มค่าใช้จ่ายในการบ่อบำบัดน้ำเสียในโรงงาน เนื่องจากใน

เลือดปลาทูน่ามีส่วนประกอบของสารอินทรีย์ รวมทั้งแร่ธาตุอื่น ๆ ในปริมาณที่สูง ซึ่งหากสามารถนำเศษเหลือจากกระบวนการผลิตไปใช้ประโยชน์จะสามารถช่วยลดปัญหาดังกล่าว รวมทั้งเพิ่มมูลค่าการใช้ประโยชน์ให้กับเลือดปลาทูน่าได้ ทั้งนี้ในปัจจุบันพบว่าเลือดที่นำไปใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารพบเพียงเลือดที่ได้จากแหล่งของสัตว์บกเป็นหลัก เช่น หมู ไก่ วัว โดยผลิตเป็นผลิตภัณฑ์เลือดหมูอนามัยและส่วนผสมในผลิตภัณฑ์อาหารสัตว์ นอกจากนี้มีการนำเลือดจระเข้ผลิตเป็นผลิตภัณฑ์เสริมอาหาร [3] อย่างไรก็ตาม ยังไม่มีผลิตภัณฑ์จากเลือดปลาทูน่าจำหน่าย รวมทั้งงานวิจัยที่เกี่ยวกับผลิตภัณฑ์จากเลือดปลาทูน่ายังมีน้อย

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาคุณภาพทางจุลินทรีย์และสมบัติทางเคมีของเลือดปลาทูน่า รวมทั้งพัฒนาผงเลือดปลาทูน่าจากการใช้สารเคลือบชนิดต่าง ๆ

## 2. อุปกรณ์และวิธีการ

### 2.1 วัตถุดิบ

ตัวอย่างเลือดปลาทูน่าได้รับจาก บริษัท พัทยาฟู้ดอินดัสตรี จำกัด จังหวัดสมุทรสาคร เลือดปลาทูน่าได้จากขั้นตอนการผ่าท้อง/ควักไส้ จากนั้นบรรจุในถุงพลาสติกชนิด PE และนำไปแช่แข็งที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส ตัวอย่างเลือดปลาทูน่าขนส่งมาที่ห้องปฏิบัติการของภาควิชาผลิตภัณฑ์ประมง คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ใช้เวลาประมาณ 2 ชั่วโมง และเก็บรักษาที่อุณหภูมิแช่เยือกแข็ง เพื่อเตรียมในการวิเคราะห์ในขั้นตอนต่อไป

### 2.2 การเตรียมเลือดปลาทูน่า

นำเลือดปลาทูน่าแช่เยือกแข็งมาละลายที่อุณหภูมิแช่เย็น (3-6 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นนำไปพาสเจอร์ไรซ์ที่อุณหภูมิ 63 องศาเซลเซียสเป็นเวลานาน 30 นาที และนำไปวิเคราะห์คุณภาพทางจุลชีววิทยาและองค์ประกอบทางเคมีของตัวอย่างวัตถุดิบเลือดปลาทูน่า

### 2.3 การวิเคราะห์สมบัติทางจุลชีววิทยาและทางเคมีของเลือดปลาทูน่า

2.3.1 คุณภาพทางจุลชีววิทยา ตัวอย่างวัตถุดิบเลือดปลาทูน่าทั้งก่อนและหลังการให้ความร้อนแบบพาสเจอร์ไรซ์ได้นำไปทำการวิเคราะห์จุลินทรีย์ที่สามารถพบได้ในตัวอย่าง ได้แก่ total plate count, coliform bacteria, *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Vibrio parahaemolyticus*, *Vibrio cholerae*, *Salmonella* spp. ทำตามวิธีของ BAM (2001) [4]

2.3.2 ฮีสตามีน ทำตามวิธีของ Association of Official Analytical Chemists (2015) [5]

2.3.3 องค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ ความชื้น โปรตีน ไขมัน และเถ้า ทำตามวิธีของ Association of Official Analytical Chemists (2000) [6]

2.3.4 ปริมาณแร่ธาตุ ได้แก่ เหล็ก (Fe) และสังกะสี (Zn) วัดด้วยวิธี inductively coupled plasma-optical emission spectroscopy (ICP-OES) และ mass spectrometry (ICP-MS) โดยเปรียบเทียบกับสารละลายมาตรฐานที่มีความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นกับค่าการดูดกลืนแสง โดยทำตามวิธี Association of Official Analytical Chemists (2016) [7]

2.3.5 ชนิดและปริมาณกรดอะมิโน (amino acid profile) ทำตามวิธีของ Commission directive 98/64/EC [8]

### 2.4 กระบวนการผลิตเลือดปลาทูน่าแห้งและผงเลือดปลาทูน่า

การผลิตผงเลือดปลาทูน่าได้ศึกษาชนิดและปริมาณของสารเคลือบ 2 ชนิด ได้แก่ กัมอาระบิก (5 และ 10 %w/v) และเวย์โปรตีน (10 และ 15 %w/v)

และคงปริมาณมอลโทเดกซ์ทรินที่ 15 %w/v และศึกษาความเข้มข้นของเลือดปลาทูน่า 3 ระดับ (15, 20 และ 25 %w/v) โดยนำสารเคลือบที่เตรียมได้มาละลายน้ำที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 10-15 นาที จากนั้นนำมาผสมกับเลือดปลาทูน่าที่ผ่านการพาสเจอร์ไรซ์ในเครื่องโฮโมจิไนเซอร์เป็นระยะเวลา 5-10 นาที ที่ความเร็วรอบ 25,000 รอบต่อนาที จนได้เป็นสาร ละลายเนื้อเดียวกันที่ได้นำไปทำแห้งด้วยตู้อบลมร้อนสุญญากาศที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส และปรับสภาวะความดันที่ 72 มิลลิบาร์ สำหรับเลือดปลาทูน่าแห้งที่เป็นตัวอย่างควบคุมได้นำไปทำแห้งเช่นเดียวกับผงเลือดปลาทูน่า จากนั้นนำเลือดปลาทูน่าแห้งและผงเลือดปลาทูน่าที่ได้มาบดให้มีลักษณะเป็นผงพร้อมบรรจุใส่ในขวดแก้วสีชาและนำไปวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพและเคมี

**2.5 การวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและเคมีของผงเลือดปลาทูน่า**

2.5.1 ปริมาณผลผลิตที่ได้ (% Yield) ปริมาณผลผลิตคำนวณได้จากสูตรในสมการที่ (1)

$$\% \text{ Yield} = (W \div W2) \times 100 \quad (1)$$

โดยกำหนดให้ W1 = น้ำหนักของผงเลือดปลาทูน่าที่ได้ (กรัม) และ W2 = น้ำหนักของตัวอย่างวัตถุดิบเลือดปลาทูน่าที่ใช้ (กรัม)

2.5.2 ค่าสี โดยวิเคราะห์ด้วยเครื่องวัดสี (Konica Minolta, CM-3500, Japan) ในระบบ CIE LAB ซึ่งเปรียบเทียบค่าความสว่าง/ความมืด (L*) ค่าสีแดง/สีเขียว (a*) ค่าสีเหลือง/สีน้ำเงิน (b*)

2.5.3 ปริมาณความชื้น (moisture content) ทำตามวิธีของ Association of Official Analytical Chemists (2000) [6]

2.5.4 water activity ($a_w$) โดยใช้ตัวอย่างปริมาณ 3-5 กรัมใส่ในภาชนะและนำไปวัดค่า $a_w$ ด้วยเครื่องวัด water activity (AQUA LAB, Serie4TEV, USA)

2.5.5 ดัชนีการดูดซับน้ำ (water absorption index, WAI) และดัชนีการละลายน้ำ (water soluble index, WSI) ทำตามวิธีของ Anderson และคณะ [9] โดยใช้ตัวอย่างผงเลือดปลาทูน่า 2.5 กรัม ใส่ในน้ำปริมาตร 50 มิลลิลิตร ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส กวนผสมให้เข้ากันเป็นเวลา 30 นาที จากนั้นนำไปแยกด้วยเครื่องเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง (Hettich, D-78532 Tuttlingen, Germany) ที่ความเร็ว 3,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 30 นาที แล้วแยกส่วนใสและส่วนตะกอนออกจากกัน ส่วนตะกอนที่ได้นำไปชั่งน้ำหนักเพื่อคำนวณหาดัชนีการดูดซับน้ำ ซึ่งแสดงดังสมการที่ (2)

ดัชนีการดูดซับน้ำ = ส่วนตะกอน ÷ ตัวอย่างเลือดปลาทูน่าแห้งหรือผงเลือดปลาทูน่าเริ่มต้น (2)

ส่วนใสนำไประเหยน้ำออกบางส่วนก่อนนำไปอบแห้งในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส จนได้น้ำหนักคงที่เพื่อคำนวณหาดัชนีการละลายน้ำ ซึ่งแสดงดังสมการที่ (3)

ดัชนีการละลายน้ำ = น้ำหนักตัวอย่างส่วนใสที่ผ่านการอบแห้ง ÷ น้ำหนักตัวอย่างเลือดปลาทูน่าแห้งหรือผงเลือดปลาทูน่าเริ่มต้น x 100 (3)

2.5.6 ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ทำตามวิธีของ Association of Official Analytical Chemists (2000) [6] โดยใช้ตัวอย่างปริมาณ 10 กรัม ใส่ในน้ำกลั่นปริมาตร 20 มิลลิลิตร พร้อมทั้งคนให้เข้ากัน แล้วนำไปวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง โดยใช้เครื่องวัดพีเอช (TOA DKK, MM-60R, USA)

2.5.7 ปริมาณแร่ธาตุ ได้แก่ ธาตุเหล็ก และสังกะสีที่มีในผงเลือดปลาทูน่า วัดด้วยวิธี inductively coupled plasma-optical emission spectroscopy (ICP-OES) และ mass spectrometry (ICP-MS) โดย

ทำตามวิธีของ Association of Official Analytical Chemists (2016) [7]

2.5.8 ชนิดและปริมาณกรดอะมิโน (amino acid profile) ทำตามวิธีของ Commission directive 98/64/EC [8]

2.5.9 วางแผนการทดลองและวิเคราะห์ทางสถิติ การศึกษานี้วางแผนการทดลองแบบ 3x2x2 แฟคเทอเรียล และวิเคราะห์ผลทางสถิติโดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance, ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's new multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS ในการวิเคราะห์ผลทางสถิติ

## 3. ผลการวิจัยและวิจารณ์

### 3.1 คุณภาพทางจุลชีววิทยาและองค์ประกอบทางเคมีของวัตถุดิบเลือดปลาทูน่า

3.1.1 คุณภาพทางจุลชีววิทยา

ผลการวิเคราะห์ทางจุลชีววิทยาของวัตถุดิบเลือดปลาทูน่า ภายหลังการฆ่าเชื้อด้วยวิธีพาสเจอร์ไรซ์พบว่าจุลินทรีย์ทั้งหมด (total plate count) พบปริมาณจุลินทรีย์เหลือน้อยกว่า 10 CFU/g ซึ่งปริมาณลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดที่พบในวัตถุดิบเลือดปลาทูน่าเริ่มต้น ($5.25 \times 10^5$ CFU/g) สำหรับแบคทีเรีย *Escherichia coli*, Coliform bacteria, *Staphylococcus aureus* และ *Vibrio parahaemolyticus* พบจำนวน < 3 MPN/g ส่วน *Salmonella* spp. และ *Vibrio cholerae* ตรวจไม่พบใน 25 กรัมอาหาร ทั้งก่อนและหลังการพาสเจอร์ไรซ์ ซึ่งอยู่ภายใต้มาตรฐานผลิตภัณฑ์สัตว์น้ำในด้านจุลชีววิทยา [10]

สำหรับสารฮีสตามีนซึ่งเป็นสารประกอบเอมีนที่สร้างขึ้นในร่างกายหรือได้รับจากอาหาร โดยสามารถพบในปลาหลายชนิด ได้แก่ กลุ่มปลาทูน่า ปลาซาร์ดีน ปลาแม็กเคอเรล เป็นต้น เนื่องจากเป็นกลุ่มปลาที่มีปริมาณฮีสทีดีนอิสระในกล้ามเนื้อค่อนข้างสูง [11] โดยจากผลการทดลองพบว่าปริมาณฮีสตามีนที่พบในวัตถุดิบเลือดปลาทูน่าเท่ากับ 10.74 ppm/kg โดยปริมาณที่ตรวจพบต่ำกว่าข้อกำหนดของสารฮีสตามีนในผลิตภัณฑ์สัตว์น้ำ ซึ่งกำหนดไม่เกิน 50-200 ppm/kg [12] จากผลการทดลองดังกล่าว ผลการวิเคราะห์ทางจุลชีววิทยาและปริมาณฮีสตามีนที่ตรวจพบในวัตถุดิบเลือดปลาทูน่าทั้งก่อนและหลังพาสเจอร์ไรซ์แสดงให้เห็นว่าวัตถุดิบเลือดปลาทูน่าไม่พบจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดอันตรายต่อผู้บริโภค และมีปริมาณฮีสตามีนไม่เกินมาตรฐานที่กำหนด

**3.1.2. องค์ประกอบทางเคมีของวัตถุดิบเลือดปลาทูน่า**

องค์ประกอบทางเคมีของวัตถุดิบเลือดปลาทูน่ามีปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน และเถ้า เท่ากับร้อยละ 83.58, 14.39, 0.25 และ 1.75 ตามลำดับ ซึ่งผลการทดลองที่ได้สอดคล้องกับการศึกษาของ สุธีรา และคณะ [13] ซึ่งพบปริมาณความชื้น โปรตีน และไขมันในเลือดปลาทูน่าเท่ากับร้อยละ 82.60, 13.29 และ 0.63 ตามลำดับ จากผลการทดลองพบว่าเลือดเป็นแหล่งที่ดีของโปรตีน [14] ทั้งนี้อธิบายได้ว่าโดยทั่วไปเลือดประกอบด้วย 2 ส่วน คือ ส่วนที่เป็นเม็ดเลือด ได้แก่ เม็ดเลือดแดง เม็ดเลือดขาว และเกร็ดเลือด โดยเม็ดเลือดแดงมีองค์ประกอบหลัก คือ ฮีโมโกลบิน ซึ่งเป็นสารชีวโมเลกุลประเภทโปรตีน และส่วนที่เป็นน้ำเลือดหรือพลาสมาประกอบด้วยไขมัน น้ำตาล แร่ธาตุ ฮอร์โมน และโปรตีนชนิดต่าง ๆ ได้แก่ อัลบูมิน โกลบูมิน เป็นต้น รวมทั้งโปรตีนที่เกี่ยวข้องกับระบบการแข็งตัวของเลือด [15] ทั้งนี้ข้อมูลในเรื่ององค์ประกอบของเลือดปลาทูน่ามีค่อนข้างน้อย พบ

เพียงงานวิจัยจากสัตว์อื่น ๆ ที่ใกล้เคียง ในเลือดสัตว์บกทั่วไปมีปริมาณโปรตีนประกอบร้อยละ 18 [16] การศึกษาของ Santos และคณะ [17] มีการใช้เลือดหมูในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเลือดสเปน พบว่ามีปริมาณโปรตีนร้อยละ 13.09-15.34 และการศึกษาของ จินดาวรรณ และคณะ [18] มีการศึกษาองค์ประกอบภายในเลือดจระเข้แห้ง พบว่ามีปริมาณโปรตีนร้อยละ 84.77 และมีปริมาณไขมันร้อยละ 2.40 และงานวิจัยส่วนที่เกี่ยวข้องมีการใช้โปรตีนในส่วนพลาสมาของเลือดสัตว์บก โดยการศึกษาของ Matthew และ Park (2015) [19] ได้ศึกษาการใช้พลาสมาจากเลือดปลาแซลมอนที่ความเข้มข้นร้อยละ 1 พบว่าช่วยเพิ่มความแข็งแรงของเจลซูริมิได้ดี และมีประสิทธิภาพในการยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์โปรตีเอสซึ่งมีผลต่อการเซ็ตตัวของเจลซูริมิ เพราะพลาสมามีโปรตีนต่าง ๆ เช่น ไฟบริโนเจนที่เป็นโปรตีนที่ช่วยในการเพิ่มความแข็งแรงของเจลซูริมิ [20]

**3.2 สมบัติทางกายภาพและเคมีของผงเลือดปลาทูน่า**

ตารางที่ 1 แสดงปริมาณผลผลิต ค่าสี ปริมาณความชื้น และปริมาณน้ำอิสระของผงเลือดปลาทูน่า (tuna blood powder) ที่ผลิตได้จากการใช้สารเคลือบชนิดต่าง ๆ จากผลการทดลองพบว่าปริมาณผลผลิตของผงเลือดปลาทูน่าที่ผลิตได้จากการใช้สารเคลือบชนิดต่าง ๆ ให้ปริมาณผลผลิตอยู่ในช่วงร้อยละ 52.23-68.86 ซึ่งให้ความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) และในแต่ละชุดการทดลองมีความแตกต่างกันกับตัวอย่างเลือดปลาทูน่าแห้ง (dried tuna blood) ($p \leq 0.05$) ส่วนใหญ่การใช้ปริมาณสารเคลือบ ได้แก่ กัมอาระบิกและเวย์โปรตีนที่ความเข้มข้นเพิ่มขึ้นมีผลทำให้ปริมาณผลผลิตที่ได้มีปริมาณเพิ่มขึ้นด้วย

สำหรับค่าสีของเลือดปลาทูน่าแห้งและผงเลือดปลาทูน่าที่ผลิตได้จากการใช้สารเคลือบชนิดต่าง ๆ แสดงในตารางที่ 1 พบว่าเลือดปลาทูน่าแห้งมีค่าความสว่าง (L*) เท่ากับ 39.11 ซึ่งสอดคล้องกับลักษณะปรากฏในรูปที่ 1a ที่มีลักษณะเป็นผงสีน้ำตาลคล้ำ เมื่อเปรียบเทียบกับผงเลือดปลาทูน่าที่ใช้สารเคลือบชนิดต่าง ๆ พบว่ามีค่าความสว่างเพิ่มขึ้นอยู่ในช่วง 47.74-58.49 โดยลักษณะของตัวอย่างผงเลือดปลาทูน่าที่ได้จากชุดการทดลองที่ 9 (เลือดปลาทูน่า 25 %w/v เวย์โปรตีน 10 %w/v และกัมอาระบิก 5 %w/v) ดังแสดงในรูปที่ 1b พบว่ามีค่าความสว่างที่เพิ่มขึ้นจากการใช้สารเคลือบชนิดกัมอาระบิกและเวย์โปรตีน นอกจากนี้การใช้เลือดปลาทูน่าที่ความเข้มข้นร้อยละ 15 และ 20 ไม่ส่งผลต่อค่าความเป็นสีแดง (a*) และค่าความเป็นสีเหลือง (b*) เมื่อเทียบกับเลือดปลาทูน่าแห้ง ซึ่งผงเลือดปลาทูน่าในรูปที่ 1b มีลักษณะเป็นผงสีน้ำตาลอ่อน เนื่องจากการใช้สารเคลือบ ได้แก่ กัมอาระบิกที่มีลักษณะเป็นผงสีขาว รวมทั้งมีสมบัติในการเป็นอิมัลซิไฟเออร์ที่ดี และเวย์โปรตีนมีลักษณะเป็นผงสีเหลืองอ่อน ซึ่งมีหน้าที่จับกับน้ำ เป็นอิมัลซิไฟเออร์ช่วยให้เกิดโฟมและช่วยให้ส่วนผสมสามารถกระจายตัวได้ดี [21] จึงช่วยทำให้กลบสีที่ดำของเลือดปลาทูน่าได้ โดยจากการศึกษา Swaminathan และคณะ [22] ที่ใช้กัมอาระบิกในการผลิตผงน้ำผลไม้จาก Jamun พบว่าเมื่อนำสารเคลือบชนิดกัมอาระบิกผสมกับน้ำผลไม้จาก Jamun ทำให้ได้เป็นสีม่วงที่มีความสว่างเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตาม การศึกษาของ Diana และคณะ [21] ที่ใช้เวย์โปรตีนรวมกับน้ำอ้อยและนำไปทำแห้งด้วยวิธีแบบพ่นฝอย พบว่าการใช้เวย์โปรตีนเพิ่มขึ้นมีผลต่อค่าสีเหลืองที่เพิ่มขึ้นด้วย

ปริมาณความชื้นและค่า $a_w$ แสดงในตารางที่ 1 พบว่าผงเลือดปลาทูน่าที่ใช้สารเคลือบในการทำแห้งมีปริมาณความชื้นอยู่ในช่วงร้อยละ 3.51-6.93 ซึ่งผงเลือดปลาทูน่าที่ใช้สารเคลือบชนิดต่าง ๆ มีความแตกต่างกับเลือดปลาทูน่าแห้ง (ตัวอย่างควบคุม) ($p \leq 0.05$) ส่วน $a_w$ อยู่ในช่วงร้อยละ 0.2058-0.4457 โดย

จากผลการทดลองดังกล่าวพบว่าปริมาณน้ำอิสระแปรผันตามปริมาณความชื้น เมื่อปริมาณน้ำอิสระมีปริมาณที่ต่ำทำให้มีปริมาณความชื้นที่ต่ำไปด้วย ทั้งนี้ผงเลือดปลาทูน่าที่ได้ในแต่ละชุดการทดลองเป็นไปตามมาตรฐานของผลิตภัณฑ์ลักษณะผงแห้ง ซึ่งกำหนดให้มีปริมาณความชื้นไม่เกินร้อยละ 10 [23] โดยการใช้สารเคลือบชนิดกัมอาระบิกในการทำแห้งช่วยให้ปริมาณน้ำอิสระมีค่าที่ต่ำ เช่นเดียวกับการศึกษาของ Monica และ Sharma [24] ที่ศึกษาความคงตัวในการใช้มอลโตเดกซ์ทริน กัมอาระบิก และเวย์โปรตีนในการทำแห้งน้ำมันมะรุมด้วยการทำแห้งแบบพ่นฝอย พบว่าการใช้กัมอาระบิกรวมกับมอลโตเดกซ์ทรินมีความคงตัวที่ดีและให้ค่า $a_w$ ที่ต่ำ ซึ่งเป็นสมบัติที่ดีของลักษณะผลิตภัณฑ์ผงแห้ง

**Table 1** Yield, moisture content, $a_w$ value and color of tuna blood powder

| Treatments | Yield (%) | L* | a* | b* | Moisture content (%) | $a_w$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Control | 16.74$^{h}$ | 39.11±0.30$^{g}$ | 2.83±0.07$^{cde}$ | 13.55±0.59$^{cd}$ | 7.45±0.03$^{a}$ | 0.3564±0.30$^{c}$ |
| 1 | 63.37$^{bcd}$ | 51.61±1.50$^{cd}$ | 2.79±0.25$^{cdef}$ | 13.96±0.97$^{c}$ | 5.13±0.02$^{de}$ | 0.2962±0.30$^{e}$ |
| 2 | 62.98$^{bcde}$ | 52.86±1.11$^{c}$ | 2.96±0.35$^{cd}$ | 13.81±0.89$^{cd}$ | 5.32±0.23$^{cd}$ | 0.2933±0.29$^{e}$ |
| 3 | 66.73$^{ab}$ | 51.86±1.50$^{cd}$ | 2.37±0.14$^{fg}$ | 14.06±0.48$^{c}$ | 4.55±0.72$^{ef}$ | 0.2313±0.23$^{g}$ |
| 4 | 68.86$^{a}$ | 58.49±0.63$^{a}$ | 2.81±0.47$^{cde}$ | 12.81±1.11$^{d}$ | 4.93±0.02$^{de}$ | 0.2882±0.29$^{e}$ |
| 5 | 52.23$^{g}$ | 47.76±2.07$^{f}$ | 3.16±0.25 | 13.61±0.58$^{cd}$ | 4.56±0.10$^{ef}$ | 0.2355±0.24$^{g}$ |
| 6 | 62.75$^{bcde}$ | 49.46±1.39$^{ef}$ | 2.44±0.04$^{cef}$ | 13.57±0.06$^{cd}$ | 6.14±0.16$^{b}$ | 0.3375±0.34$^{d}$ |
| 7 | 65.01$^{abc}$ | 53.32±0.56$^{c}$ | 2.37±0.19$^{fg}$ | 11.65±0.53$^{e}$ | 3.51±0.11$^{g}$ | 0.2058±0.21$^{h}$ |
| 8 | 62.93$^{bcde}$ | 50.10±1.05$^{de}$ | 2.00±0.29$^{g}$ | 10.86±0.51$^{e}$ | 5.85±0.18$^{bc}$ | 0.2867±0.29$^{e}$ |
| 9 | 54.10$^{fg}$ | 49.43±0.45$^{ef}$ | 2.69±0.05$^{def}$ | 12.99±0.13$^{cd}$ | 4.54±0.15$^{ef}$ | 0.2192±0.22$^{gh}$ |
| 10 | 57.88$^{ef}$ | 52.09±0.27$^{cd}$ | 3.20±0.02$^{c}$ | 17.44±0.02$^{a}$ | 4.03±0.80$^{fg}$ | 0.2555±0.26$^{f}$ |
| 11 | 58.86$^{def}$ | 56.25±0.29$^{b}$ | 3.65±0.20$^{b}$ | 15.31±0.21$^{b}$ | 5.89±0.15$^{bc}$ | 0.3870±39$^{b}$ |
| 12 | 60.12$^{cde}$ | 47.74±1.43$^{f}$ | 4.32±0.18$^{a}$ | 13.80±0.39$^{cd}$ | 6.93±0.80$^{a}$ | 0.4457±0.45$^{a}$ |

$^{a-h}$ Different letters within the same column denote significant differences ($p \leq 0.05$); control = dried tuna blood; 1 = tuna blood 15 %, WPI 10 % and GA 5 %; 2 = tuna blood 15 %, WPI 10 % and GA 10 %; 3 = tuna blood 15 %, WPI 15 % and GA 5 %; 4 = tuna blood 15 %, WPI 15 % and GA 10 %; 5 = tuna blood 20 %, WPI 10 % and GA 5 %; 6 = tuna-lood 20 %, WPI 10 % and GA 10 %; 7 = tuna blood 20 %, WPI 15 % and GA 5 %; 8 = tuna blood 20 %, WPI 15 % and GA 10 %; 9 = tuna blood 25 %, WPI 10 % and GA 5 %; 10 = tuna blood 25 %, WPI 10 % and GA 10 %; 11 = tuna blood 25 %, WPI 15 % and GA 5 %; 12 = tuna blood 25 %, WPI 15 % and GA 10 %

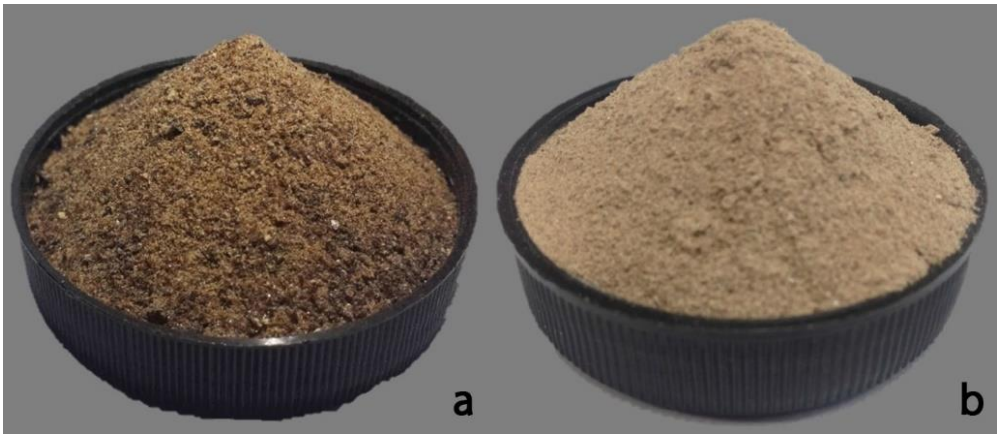


**Figure 1** (a) dried tuna blood; (b) tuna blood powder made from tuna blood 25 %w/v, maltodextrin 15 %w/v, gum arabic 10 %w/v and whey protein 15 %w/v

สำหรับค่าการละลายน้ำและค่าการดูดซับน้ำเป็นดัชนีชี้วัดคุณภาพที่สำคัญของผลิตภัณฑ์ผงแห้ง [25] โดยค่าการละลายน้ำบ่งบอกถึงความสามารถในการกระจายตัวของผลิตภัณฑ์ในน้ำ ผลิตภัณฑ์ที่ได้ไม่จับตัวกันเป็นก้อน และปริมาณของแข็งที่สามารถละลายในน้ำ โดยค่าการละลายน้ำที่ดีอยู่ในช่วงร้อยละ 70-85 [26] และค่าการดูดซับน้ำหากมีปริมาณที่สูง บ่งบอกถึงลักษณะผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะเป็นเจล นั่นคือผลิตภัณฑ์มีความสามารถในการดูดซับน้ำภายในผลิตภัณฑ์ดี [27] ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 2 พบว่าผงเลือดปลาทูน่าที่ผลิตได้จากการใช้สารเคลือบชนิดต่าง ๆ ให้ค่าการละลายน้ำที่ค่อนข้างดีอยู่ในช่วงร้อยละ 81.87-88.88 ซึ่งแสดงถึงความสามารถของผงเลือดปลาทูน่าที่มีการแตกตัวภายในน้ำดี อย่างไรก็ตาม ผงเลือดปลาทูน่ามีค่าการดูดซับน้ำที่ต่ำอยู่ในช่วงร้อยละ 0.66-1.18 แสดงให้เห็นถึงลักษณะของผงเลือดปลาทูน่าที่ไม่สามารถดูดซับน้ำและไม่มีการกักเก็บน้ำเข้ามาในผลิตภัณฑ์เพราะสารเคลือบที่ใช้ นั่นคือ กัมอาระบิกและเวย์โปรตี มีประสิทธิภาพในการเคลือบหรือห่อหุ้มผลิตภัณฑ์ที่สูง มีความสามารถในการละลายน้ำที่สูงและมีความสามารถเป็นอิมัลชั่นที่มีความคงตัวสูง [28] ทั้งนี้อธิบายได้ว่า เวย์โปรตีนมีองค์ประกอบของส่วนที่มีขั้วและหันออกด้านนอกโมเลกุล เพื่อให้เกิดพันธะไฮโดรเจนกับโมเลกุลของน้ำ ทำให้โปรตีนเกิดการคลายตัวและเมื่อความเข้มข้นของสารเคลือบชนิดเวย์โปรตีนเพิ่มขึ้นทำให้เกิดแรงผลักของประจุระหว่างอนุภาคโปรตีน ทำให้พันธะไฮโดรเจนในโมเลกุลของโปรตีนเกิดการแยกออกจากกันและทำปฏิกิริยากับน้ำได้เพิ่มมากขึ้น [29,30] ซึ่งผลการทดลองที่ได้สอดคล้องกับการศึกษาของ Sahar และคณะ [31] ที่ใช้กัมอาระบิกร่วมกับมอลโทเดกซ์ทรินห่อหุ้มสารแอนโทไซยานิน ซึ่งให้ลักษณะทางกายภาพของผงที่ดี โดยมีค่าการละลายน้ำที่ดีและประสิทธิภาพในการห่อหุ้มสูงถึงร้อยละ 92.83 และ Benichou และคณะ [32] รายงานว่าการใช้กัมอาระบิกรวมกับเวย์โปรตีนช่วยเพิ่มสมบัติเชิงหน้าที่ความคงตัวของผลิตภัณฑ์อาหารได้ดี

ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของผงเลือดปลาทูน่าแสดงดังตารางที่ 2 พบว่าค่า pH ของผงเลือดปลาทูน่าที่ผลิตได้จากการใช้สารเคลือบชนิดต่าง ๆ พบอยู่ในช่วง 4.74-5.15 ซึ่งแตกต่างกับเลือดปลาทูน่าแห้งอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) เนื่องจากผงเลือดปลาทูน่ามีการใช้สารเคลือบชนิดกัมอาระบิกมีความเป็นกรด

เล็กน้อย เนื่องจากมีกลุ่มคาร์บอกซิลเป็นองค์ประกอบและเวย์โปรตีนซึ่งมีโปรตีนเป็นองค์ประกอบ โดยโปรตีนเกิดจากการเรียงตัวของกรดอะมิโนซึ่งเป็นสารที่มีประจุทั้งบวกและลบในโครงสร้างจากสมบัติของหมู่อะมิโนที่มีแอมโมเนียและคาร์บอกซิล ทำให้ละลายน้ำได้ดีและการมีประจุทำให้กรดอะมิโนเป็นตัวนำกระแสไฟฟ้าในสารละลาย ส่งผลต่อสมบัติของความเป็นกรด-ด่าง [32] ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Pelegrine และ Gasparetto [29] ที่ศึกษาความสามารถในการละลายน้ำของเวย์โปรตีน พบว่าละลายน้ำได้ดีใน pH ที่อยู่ในช่วง 3.5-7.8 และ pH ประมาณ 6.8 มีค่าความสามารถในการละลายน้ำต่ำที่สุด

ผลการทดลองดังกล่าวข้างต้น พบว่าผงเลือดปลาทูน่าที่ใช้สารเคลือบในชุดการทดลองที่ 9 ที่ใช้สารเคลือบเวย์โปรตีนร้อยละ 10 และกัมอาระบิกร้อยละ 5 เป็นสภาวะที่มีความเหมาะสมในการนำไปผลิตผงเลือดปลาทูน่า เนื่องจากมีการใช้สารเคลือบในปริมาณที่น้อย แต่สามารถกักเก็บเลือดปลาทูน่าในปริมาณที่สูง (เลือดปลาทูน่าร้อยละ 25) และให้ปริมาณความชื้นและค่า $a_w$ อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของผลิตภัณฑ์ผงแห้ง [23] รวมทั้งค่าสีที่มีค่าความสว่าง ค่าการละลายน้ำสูง และค่าการดูดซับน้ำต่ำ

**Table 2** Water soluble index (WSI), water absorption index (WAI) and pH of dried tuna blood powder

| Treatments | Water soluble index (%) | Water absorption index (%) | pH |
|---|---|---|---|
| Control | 87.31±2.53$^{ab}$ | 1.34±0.60$^{b}$ | 5.49±0.02$^{a}$ |
| 1 | 82.45±1.04$^{e}$ | 1.18±0.02$^{bc}$ | 4.98±0.03$^{cd}$ |
| 2 | 87.63±0.74$^{ab}$ | 0.82±0.14$^{bc}$ | 4.83±0.02$^{g}$ |
| 3 | 88.88±0.76$^{a}$ | 0.68±0.07$^{c}$ | 4.96±0.01$^{de}$ |
| 4 | 88.13±0.58$^{ab}$ | 0.84±0.04$^{bc}$ | 4.82±0.01$^{g}$ |
| 5 | 87.82±0.30$^{ab}$ | 0.71±0.01$^{c}$ | 4.95±0.03$^{e}$ |
| 6 | 86.26±0.16$^{abcd}$ | 0.66±0.14$^{c}$ | 4.88±002$^{f}$ |
| 7 | 85.48±1.55$^{bcd}$ | 0.69±0.08$^{c}$ | 4.91±0.02$^{f}$ |
| 8 | 86.86±2.08$^{abc}$ | 0.83±0.06$^{bc}$ | 4.82±0.01$^{g}$ |
| 9 | 83.89±1.97$^{cde}$ | 0.94±0.07$^{bc}$ | 4.96±0.02$^{ed}$ |
| 10 | 83.21±2.39$^{de}$ | 0.86±0.09$^{bc}$ | 4.74±0.02$^{h}$ |
| 11 | 86.28±2.11$^{abcd}$ | 0.89±0.37$^{bc}$ | 5.15±0.02$^{b}$ |
| 12 | 81.87±2.51$^{e}$ | 0.82±0.75$^{bc}$ | 5.01±0.03$^{c}$ |

$^{a-h}$ Different letters within the same column denote significant differences ($p \leq 0.05$); control = dried tuna blood; 1 = tuna blood 15 %, WPI 10 % and GA 5 %; 2 = tuna blood 15 %, WPI 10 % and GA 10 %; 3 = tuna blood 15 %, WPI 15 % and GA 5 %; 4 = tuna blood 15 %, WPI 15 % and GA 10 %; 5 = tuna blood 20 %, WPI 10 % and GA 5 %; 6 = tuna-lood 20 %, WPI 10 % and GA 10 %; 7 = tuna blood 20 %, WPI 15 % and GA 5 %; 8 = tuna blood 20 %, WPI 15 % and GA 10 %; 9 = tuna blood 25 %, WPI 10 % and GA 5 %; 10 = tuna blood 25 %, WPI 10 % and GA 10 %; 11 = tuna blood 25 %, WPI 15 % and GA 5 %; 12 = tuna blood 25 %, WPI 15 % and GA 10 %

**3.3 ชนิดและปริมาณของกรดอะมิโนและปริมาณแร่ธาตุของวัตถุดิบเลือดปลาทูน่าและผงเลือดปลาทูน่า**

ชนิดและปริมาณของกรดอะมิโนที่พบในวัตถุดิบเลือดปลาทูน่า แสดงในตารางที่ 3 พบว่าในวัตถุดิบเลือดปลาทูน่ามีกรดอะมิโนที่จำเป็นครบทั้ง 9 ชนิด ได้แก่ isoleucine, leucine, methionine, lysine, phenylalanine, threonine, tryptophan, valine และ histidine โดยชนิดที่พบมากที่สุด 3 ลำดับแรก คือ glutamic acid, lysine และ methionine มีปริมาณ 21.53, 12.73 และ 8.11 มิลลิกรัมต่อกรัม ตามลำดับ และเมื่อผ่านการทำแห้งเป็นเลือดปลาทูน่าแห้งชนิดกรดอะมิโนที่พบมากที่สุด 3 ลำดับแรก คือ aspartic acid, glutamic acid และ leucine มีปริมาณ 70.31, 65.24 และ 62.88 มิลลิกรัมต่อกรัม ตามลำดับ จากข้อมูลดังกล่าวข้างต้นมีความสอดคล้องกับงานวิจัยของ จินดาวรรณ และคณะ [18] ซึ่งศึกษาชนิดกรดอะมิโนที่พบมากที่สุดในเลือดจระเข้พันธุ์ไทยที่ผ่านการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งที่พบมาก 3 ลำดับแรก คือ glutamic acid, leucine และ aspartic acid มีปริมาณ 99.60, 77.61 และ 75.38 มิลลิกรัมต่อกรัม ตามลำดับ โดยเลือดปลาทูน่าแห้งมีกรดอะมิโนครบทุกชนิดเหมือนวัตถุดิบเลือดปลาทูน่าเริ่มต้นและมีปริมาณของกรดอะมิโนที่สูงขึ้น เนื่องจากการทำแห้งเป็นการกำจัดน้ำในวัตถุดิบเลือดปลาทูน่าและลดความชื้นที่มีอยู่ในวัตถุดิบเลือดปลาทูน่า ทำให้มีสัดส่วนของปริมาณกรดอะมิโนที่เพิ่มขึ้น ทั้งนี้ประโยชน์ของกรดอะมิโน aspartic acid มีส่วนช่วยในการกำจัดพิษส่วนเกินภายในร่างกาย มีผลต่อการทำงานของสมอง รองลงมา คือ glutamic acid ที่จัดอยู่ในกลุ่มอาหารสมอง โดยเปลี่ยนเป็น glutamine หรือ gamma-aminobutry acid (GABA) ซึ่งเป็นสารที่ช่วยบำรุงสมอง [34] ส่วนกรดอะมิโน leucine เป็นกรดอะมิโนจำเป็นซึ่งไม่สามารถสังเคราะห์ได้เองภายในร่างกาย มีหน้าที่ในการช่วยควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดและซ่อมแซมเนื้อเยื่อ เช่น กระดูก ผิวหนัง กล้ามเนื้อต่าง ๆ รวมทั้งเกี่ยวข้องกับการสร้าง growth hormone การสมานบาดแผล และกรดอะมิโน lysine มีสมบัติช่วยในการต้านการติดเชื้อไวรัส การสร้างฮอร์โมน ช่วยในการเติบโตของร่างกาย และซ่อมแซมกระดูก

สำหรับชนิดกรดอะมิโนที่พบในผงเลือดปลาทูน่าที่ผลิตได้จากการใช้สารเคลือบชนิดต่าง ๆ (ชุดการทดลองที่ 9) พบว่าผงเลือดปลาทูน่าที่ได้มีชนิดกรดอะมิโนที่พบมากที่สุด 3 ลำดับแรก คือ glutamic acid, aspartic acid และ leucine มีปริมาณ 13.58, 13.19 และ 10.94 มิลลิกรัมต่อกรัม ตามลำดับ ซึ่งผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าเลือดปลาทูน่าที่ใช้สารเคลือบมีกรดอะมิโนครบทุกชนิดเช่นเดียวกับวัตถุดิบเลือดปลาทูน่าเริ่มต้นและเลือดปลาทูน่าแห้ง แต่มีความแตกต่างกันในส่วนของลำดับกรดอะมิโนที่พบมากที่สุดและปริมาณกรดอะมิโนที่พบ เนื่องจากการใช้สารเคลือบมีการใช้เวย์โปรตีน กัมอารบิก และมอลโทเดกซ์ทริน โดยเวย์โปรตีนประกอบไปด้วยกรดอะมิโน [33] เช่นเดียวกับเลือดปลาทูน่า การศึกษาของ Douglas [35] ที่ศึกษาปริมาณกรดอะมิโนของเวย์โปรตีน พบว่ากรดอะมิโนที่พบมากที่สุดในเวย์โปรตีน คือ glutamic acid, aspartic acid และ leucine ตามลำดับ พร้อมทั้งมีกรดอะมิโนจำเป็นครบทั้ง 9 ชนิด เช่นเดียวกับเลือดปลาทูน่า ดังนั้นการใช้สารเคลือบเวย์โปรตีนมีส่วนในการช่วยเพิ่มปริมาณกรดอะมิโนในผงเลือดปลาทูน่าเมื่อเทียบกับเลือดปลาทูน่าเริ่มต้น และเมื่อเปรียบเทียบกับเลือดปลาทูน่าแห้ง ผงเลือดปลาทูน่าที่ได้มีปริมาณกรดอะมิโนน้อยกว่า เนื่องจากการผลิตผงเลือดปลาทูน่าที่ใช้สารเคลือบมีปริมาณเลือดปลาทูน่าอยู่ร้อยละ 25 จึงส่งผลให้ปริมาณของกรดอะมิโนต่าง ๆ มีค่าที่น้อยกว่าเลือดปลาทูน่าแห้ง

**Table 3** Amino acid profile, iron and zinc content of tuna-blood, dried tuna-blood and tuna-blood powder made from tuna-blood 25 %, WPI 10 % and GA 5 %

| Amino acid profile/mineral | Tuna-blood | | Dried tuna-blood | | Tuna-blood powder | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | content (mg/g) | (%) | content (mg/g) | (%) | content (mg/g) | (%) |
| Alanine | 2.31 | 2.47 | 53.14 | 8.03 | 7.8 | 6.91 |
| Arginine | 3.46 | 3.70 | 26.96 | 4.07 | 3.78 | 3.35 |
| Aspartic acid | 6.19 | 6.61 | 70.31 | 10.63 | 13.19 | 11.69 |
| Cystine | 0.47 | 0.50 | 6.23 | 0.94 | < 2.00 | 1.77 |
| Glutamic acid | 21.53 | 23.00 | 65.24 | 9.86 | 13.58 | 12.04 |
| Glycine | 2.62 | 2.80 | 29.26 | 4.42 | 4.31 | 3.82 |
| Histidine | 4.15 | 4.43 | 26.42 | 3.99 | 4.66 | 4.13 |
| Hydroxylysine | ND | ND | ND | ND | ND | ND |
| Hydroxyproline | ND | ND | ND | ND | ND | ND |
| Isoleucine | 4.10 | 4.38 | 30.77 | 4.65 | 5.49 | 4.87 |
| Leucine | 6.99 | 7.47 | 62.88 | 9.50 | 10.94 | 9.70 |
| Lysine | 12.73 | 13.60 | 61.88 | 9.35 | 8.13 | 7.21 |
| Methionine | 8.11 | 8.66 | 18.39 | 2.78 | 3.2 | 2.84 |
| Phenylalanine | 3.81 | 4.07 | 33.94 | 5.13 | 5.69 | 5.04 |
| Proline | 4.88 | 5.21 | 25.85 | 3.91 | 5.53 | 4.90 |
| Serine | 1.59 | 1.70 | 33.98 | 5.14 | 5.65 | 5.01 |
| Threonine | 2.09 | 2.23 | 31.89 | 4.82 | 5.95 | 5.27 |
| Tryptophan | 1.77 | 1.89 | 9.27 | 1.40 | 1.58 | 1.40 |
| Tyrosine | 2.66 | 2.84 | 29.68 | 4.49 | 3.62 | 3.21 |
| Valine | 4.15 | 4.43 | 45.52 | 6.88 | 7.72 | 6.84 |
| Iron | 9.4030 | | 116.50 | | 0.199 | |
| Zinc | 2.2823 | | 13.70 | | 0.020 | |

ND = not detected

สำหรับการวิเคราะห์องค์ประกอบของแร่ธาตุ แสดงในตารางที่ 3 พบว่าวัตถุดิบเลือดปลาทูน่ามีแร่ธาตุเหล็กและสังกะสีในปริมาณ 9.4030 และ 2.2823 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม เมื่อทำแห้งได้เป็นเลือดปลาทูน่าแห้งพบปริมาณเหล็กและสังกะสีสูงขึ้นเท่ากับ 116.50 และ13.70 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม ซึ่งผลการทดลองที่ได้สอดคล้องกับการศึกษาของ สุธีรา และคณะ [13] ที่พบว่าเลือดปลาทูน่าแห้งที่ผ่านการอบแห้งแบบสุญญากาศภายใต้ความดัน 26 เซนติเมตรปรอทที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียสมีปริมาณเหล็กเท่ากับ

113.90 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม รวมทั้งการศึกษาของ Chaeychomsri และคณะ [36] ที่ศึกษาองค์ประกอบของเลือดจระเข้แห้งที่ทำแห้งแบบวิธีแช่เยือกแข็ง พบว่าเลือดจระเข้แห้งมีปริมาณเหล็กร้อยละ 164 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม ผลวิเคราะห์ดังกล่าวพบว่าแต่ละชนิดแร่ธาตุที่พบในวัตถุดิบเลือดปลาทูน่าเป็นชนิดแร่ธาตุที่จำเป็นสำหรับร่างกาย โดยกลุ่มแร่ธาตุที่สำคัญมี 2 ประเภท คือ แร่ธาตุหลัก (macro element) ซึ่งร่างกายต้องการในปริมาณที่มากกว่า 100 มิลลิกรัมต่อวัน ส่วนอีกประเภท คือ แร่ธาตุรอง (trace element) ซึ่งร่างกายต้องการในปริมาณที่น้อยกว่า 100 มิลลิกรัมต่อวัน [37] โดยแร่ธาตุเหล็กและสังกะสีที่พบในเลือดปลาทูน่าจัดอยู่ในประเภทแร่ธาตุรอง ซึ่งธาตุเหล็กควรได้รับอยู่ในช่วง 19.1-24.7 มิลลิกรัมต่อวัน ส่วนสังกะสีควรได้รับอยู่ในช่วง 5-7 มิลลิกรัมต่อวัน โดยอ้างอิงตามปริมาณสารอาหารอ้างอิงที่ควรได้รับประจำวัน [38] ทั้งนี้เลือดประกอบไปด้วยเม็ดเลือดแดงรวมอยู่ด้วย ซึ่งเม็ดเลือดแดงมีองค์ประกอบของฮีโมโกลบินที่ประกอบไปด้วยฮีม (heme) และโกลบิน (globin) โดยฮีมเป็นสารเชิงซ้อนที่ประกอบด้วยพอร์ไฟริน (porphyrin) อยู่ร่วมกับเหล็ก [15] จึงทำให้ในวัตถุดิบเลือดปลาทูน่าเป็นแหล่งของแร่ธาตุเหล็ก สำหรับแร่ธาตุที่พบในผงเลือดปลาทูน่าที่ใช้สารเคลือบ (ชุดการทดลองที่ 9) พบว่าปริมาณแร่ธาตุเหล็กและสังกะสีมีปริมาณที่ต่ำกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับเลือดปลาทูน่าแห้ง เนื่องจากมีการใช้ปริมาณเลือดปลาทูน่าร้อยละ 25 ร่วมกับการใช้สารเคลือบเวย์โปรตีนและกัมอาระบิก ทั้งนี้ประโยชน์ของแร่ธาตุเหล็กมีความสำคัญต่อการสร้างเม็ดเลือดแดง การขาดธาตุเหล็กทำให้เป็นโรคโลหิตจาง และแร่ธาตุสังกะสีมีความสำคัญต่อการทำงานของเอนไซม์และมีประโยชน์ในการช่วยเสริมสร้างภูมิต้านทานให้กับร่างกายและช่วยลดการอักเสบ [25]

## 4. สรุป

เลือดปลาทูน่าเริ่มต้นนั้นไม่พบจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพของผู้บริโภค เมื่อนำมาทำแห้งโดยไม่ใส่สารเคลือบ พบปริมาณกรดอะมิโนที่จำเป็นครบทั้ง 9 ชนิด รวมทั้งมีแร่ธาตุเหล็กและสังกะสี เมื่อพัฒนาเป็นผงเลือดปลาทูน่าที่ผลิตได้จากสภาวะที่เหมาะสม คือ การใช้กัมอาระบิก 5 %w/v เวย์โปรตีน 10 %w/v เลือดปลาทูน่า 25 %w/v พบว่ายังคงมีชนิดกรดอะมิโนจำเป็นครบเช่นเดียวกับเลือดปลาทูน่าแห้งเริ่มต้น โดยที่พบมากที่สุด 3 อันดับแรก คือ glutamic acid, aspartic acid และ leucine ซึ่งมีปริมาณเท่ากับ 13.58, 13.19 และ 10.94 มิลลิกรัมต่อกรัม ตามลำดับ ค่าสีของผงเลือดปลาทูน่าที่ได้มีสีที่สว่างขึ้นเมื่อเทียบกับเลือดปลาทูน่าแห้ง มีปริมาณความชื้น (4.54 %) และค่า $a_w$ (0.2192) ให้ค่าดัชนีการละลายน้ำสูง (83.89 %) แต่มีค่าดัชนีการดูดซับน้ำต่ำ (0.94 %) ผงเลือดปลาทูน่าที่ได้ควรมีการศึกษาในการประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารต่าง ๆ ต่อไป

## 5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณทุนสนับสนุนการวิจัยจากโครงการ Innovation Hub - Agriculture & Food เพื่อสร้างเศรษฐกิจฐานนวัตกรรมของประเทศตามนโยบายประเทศไทย 4.0 ปี พ.ศ. 2560 ประเภท Pre-seed ของที่ประชุมอธิการบดีแห่งประเทศไทย

## 6. รายการอ้างอิง

[1] กรมประมง กลุ่มวิเคราะห์การค้าสินค้าประมงระหว่างประเทศ กองประมงต่างประเทศ ประมวลผลข้อมูลจากกรมศุลกากร, รายงานปริมาณและมูลค่าการนำเข้าสินค้าประมงทั้งหมดของไทย, แหล่งที่มา : http://www.fisheries.go.th/foreign/fisher2/index, 20 มกราคม 2561.

[2] Prasertsan, P., Wuttijumnong, P., Sophano dara, P. and Choorit, W., 1988, Seafood processing industries within Songkhla-Hat Yai region: The survey of basic data emphasis on wastes, Songklanakarin. J. Sci. Technol. 10(4): 447-452.

[3] เอกวิทย์ ตรีเนตร, จินดาวรรณ สิรันทวิเนติ และ วิน เชยชมศรี, 2549, รูปแบบโปรตีนของเลือดจระเข้พันธุ์ไทย, การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 49, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

[4] BAM, 2001, Food and Drug Administration Bacteriological Analytical Manual, 8th Ed., USA.

[5] Association of Official Analytical Chemists, 2015, AOAC official method 977.13, Histmine in seafood, AOAC International, 19th Ed., Gaithersburg, Maryland.

[6] Association of Official Analytical Chemists, 2000, Official Method of Analysis of AOAC International, 17th Ed., Gaithersburg, Maryland.

[7] Association of Official Analytical Chemists, 2016, AOAC official method 999.10, Histmine in seafood, AOAC International, 20th Ed., USA.

[8] Commission directive 98/64/EC, 1998, Establishing Community methods of analysis for the determination of amino acid, crude oils and fats, and olaquindox in feeding stuffs and amending. Directive 71/393/EEC, Official Journal of the European Communities.

[9] Anderson, R.A., Conway, H.F., Pfeifer, F.V. and Griffin, E.L., 1969, Gelatinization of corn grits by roll and extrusion cooking, Cereal Sci. Today 14: 4-7.

[10] กองตรวจสอบรับรองมาตรฐานคุณภาพสัตว์น้ำและผลิตภัณฑ์สัตว์น้ำ, 2554, มาตรฐานผลิตภัณฑ์สัตว์น้ำทางจุลชีววิทยา : การตรวจวิเคราะห์สัตว์น้ำและผลิตภัณฑ์, กรมประมง, กรุงเทพฯ.

[11] Baylis, C.L., 2006, Enterobacteriaceae, pp. 624-660, In Blackburn, C.W. (Ed.), Food spoilage microorganisms, Woodhead Publishing, Ltd., England.

[12] กองตรวจสอบรับรองมาตรฐานคุณภาพสัตว์น้ำและผลิตภัณฑ์สัตว์น้ำ, 2558, มาตรฐานผลิตภัณฑ์สัตว์น้ำทางเคมี, กรมประมง, กรุงเทพฯ.

[13] สุธีรา มีภักดี, เพชรดา รัตนสุวรรณ์, นิสานารถ กระแสร์ชล และวิชมณี ยืนยงพุทธกาล, 2557, การใช้เลือดปลาทูน่าผงเพื่อเสริมโปรตีนและเหล็กในผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยว, ว.พระจอมเกล้าพระนครเหนือ 24(1): 168-177.

[14] Piot, J.M., Guillochon D., Thomas D., 1986, Preparation of decolorized peptides from slaughter-house blood, MIRCEN. J. App. Micro. Biotech. 2: 359-64.

[15] ตรีทิพย์ รัตนวรชัย, 2555, ชีวเคมีของเลือดเชิงบูรณาการ (Integrated Blood Biochemistry), สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ, 208 น.

[16] Sattelee, L.D., Free, B. and Leven, B., 1973, Utilization of high protein tissue powders as binder/extender in meat emulsion, Food Sci. 38: 306-309.

[17] Santos, E.M., Consuelo, G.F., Isabel, J. and

Jordi, R., 2003, Physicochemical and sensory characterization of *Morcilla de Burgos*, a traditional Spanish blood sausage, Meat. Sci. 65: 893-898.

[18] จินดาวรรณ สิรันทวิเนติ, วิน เชยชมศรี, ราตรี ลีละวงค์เทวัญ, กัลยา อารีย์, สิรินดา กุสุมภ์, บริสุทธิ์ แสนมโน หาญพานิช, อรุณพร อิฐรัตน์, ดวงจันทร์ เฮงสวัสดิ์, เยาวดี คุปตะพันธ์, เอกวิทย์ ตรีเนตร, วิภาภรณ์ ณ ถลาง, บุญเกื้อ วัชรเสถียร และสุวรพร แซ่ลิ้ม, 2551, การวิจัยและพัฒนาเลือดจระเข้พันธุ์ไทยเป็นผลิตภัณฑ์เสริมอาหารเพื่อสุขภาพ, รายงานการวิจัย, สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, กรุงเทพฯ.

[19] Matthew, R.F. and Park, J.W., 2015, Salmon blood plasma: Effective inhibitor of protease-laden Pacific whiting surimi and salmon mince, Food. Chem. 176: 448-454.

[20] Davila, E., Pares, C. and Visessanguan, W., 2007, Heat-induced gelation of porcine blood plasma proteins as affected by pH, Meat Sci. 76: 216-225.

[21] Diana, C.R.U., Hector, J.C.V. and Jose, U.S.V., 2018, Concentrates of sugarcane juice and whey protein: Study of a new powder product obtained by spray drying of their combinations, Powder. Tech. 333: 429-438.

[22] Swanminathan, S., Sowriappan, J.D.B., Sneha, F. and Mallela, S., 2015, Effect of inlet temperature on physicochemical properties of spray-dried jamun fruit juice powder, Powder. Technol. 274: 37-43.

[23] สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน, 2557, มาตรฐานผลิตภัณฑ์ปลาร้าผง, สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน, กรุงเทพฯ.

[24] Monica, P. and Sharma, H.K., 2017, Effect of different combinations of maltodextrin, gum arabic and whey protein concentrate on the encapsulation behavior and oxidative stability of spray dried drumstick (*Moringa oleifera*) oil, Int. J. Bio. Macromol. 105: 1232-1240.

[25] Seid M.J., Malihe G.G. and Danial D., 2017, Influence of spray drying on water solubility index, apparent density, and anthocyanin content of pomegranate juice powder, Powder. Technol. 311: 59-65.

[26] Patrick, A.D., Blecker, C., Robert, C., Wathelet, B. and Paquot, M., 2008, Composition and physicochemical properties of locust bean gum extracted from whole seeds by acid or water dehulling pre-treatment, Food Hydrocoll. 22: 807-818.

[27] Silva, M.C., Carvalho, C.W.P. and Andrade, C.T., 2009, The effects of water and sucrose contents on the physicochemical properties of non-directly expanded rice flour extrudates, Food Sci. Technol. 29: 661-666.

[28] Ozturk, B., Argin, S., Ozilgen, M. and McClements, D.J., 2015, Formation and stabilization of nanoemulsion-based vitamin E delivery systems using natural

biopolymers: Whey protein isolate and gum Arabic, Food Chem. 188: 256-263.

[29] Pelegrine, D.H.G. and Gasparetto, C.A., 2005, Whey proteins solubility as function of temperature and pH, LWT Food Sci. Technol. 38: 77-80.

[30] Euston, S.R., Finnigan, S.R. and Hirst, R.L., 2000, Aggregation kinetics of heated whey protein-stabilized emulsions, Food Hydrocoll. 14: 144-161

[31] Sahar, A.M., Seid, M.J., Elham, A. and Danial, D., 2016, Microencapsulation optimization of natural anthocyanins with maltodextrin, gum arabic and gelatin, Int. J. Bio. Macromol. 85: 379-385.

[32] Benichou, A., Aserin, A. and Garti, N., 2002, Protein-polysaccharide interactions for stabilization of food emulsions, J. Disper. Sci. Technol. 23: 93-123.

[33] ธนกร ศิริสมุทร, 2558, คุณค่าทางโภชนาการและประโยชน์ทางการแพทย์ของเวย์โปรตีน, ว. เภสัชศาสตร์และวิทยาการสุขภาพ 10(2): 75-80.

[34] Barasi, M.E., 1997, Human Nutrition: A Health Perspective, Arnole, London.

[35] Douglas, S.K., 2014, Amin acid composition of an organic brown rice protein concentrate and isolate compared to soy and whey concentrates and isolates, Foods 3: 394-402.

[36] Chaeychomsri, W., Siruntawineti, J., Cheychomsri, S., Hengsawadi, D., Cuptapan, Y. and Rungtaweechai, W., 2013, Crocodile blood capsule-Kasetsart university research product, the first registered as dietary supplement in Thailand: development and trends, pp. 179-183, Proceeding of World Crocodile Conference 22nd Working Meeting of the IUCN SSC Crocodile Speciallst Group.

[37] พัชรพล อุดมผล, 2554, เรื่องน่ารู้กระดูกและโภชนาการบำรุง, สำนักพิมพ์ Feel good, กรุงเทพฯ, 288 น.

[38] กองโภชนาการ, 2546, ปริมาณสารอาหารอ้างอิงที่ควรได้รับประจำวันสำหรับคนไทย พ.ศ. 2546, กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข, นนทบุรี.