การใช้เลือดปลาทูน่าผงเพื่อเสริมโปรตีนและเหล็กในผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยว

สุธีรา มีภักดี[1] เพชรดา รัตนสุวรรณ์[1] นิสานารถ กระแสร์ชล[2] และ วิชมณี ยืนยงพุทธกาล[2]*

บทคัดย่อ

เลือดปลาทูน่าที่ใช้ในงานวิจัยนี้เป็นผลพลอยได้ที่รับมาจากโรงงานแปรรูป มีปริมาณโปรตีนเท่ากับ 13.29 กรัม/100 กรัม และเหล็กเท่ากับ 20.98 มิลลิกรัม/100 กรัม นำเลือดปลาทูน่ามาระเหยน้ำและอบแห้งแบบสุญญากาศ ภายใต้ความดัน 26 เซนติเมตรปรอท ที่อุณหภูมิ 70 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 219 นาที แล้วบดละเอียดเป็นผง ผลการวิเคราะห์คุณภาพพบว่า เลือดปลาทูน่าผงมีโปรตีนเท่ากับ 74.69 กรัม/100 กรัม และเหล็กเท่ากับ 113.90 มิลลิกรัม/100 กรัม มีค่า a_w เท่ากับ 0.23 และคุณภาพทางจุลินทรีย์อยู่ในเกณฑ์ปลอดภัยต่อการบริโภค เมื่อเติมเลือดปลาทูน่าผงเพิ่มลงในผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวเป็น 0, 5, 10 และ 15% ทำให้ปริมาณความชื้น ปริมาณไขมัน และค่า a_w มีแนวโน้มลดลง ในขณะที่ปริมาณโปรตีนและปริมาณเหล็กมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ($p<0.05$) ส่วนค่าสี L* และ a* มีแนวโน้มลดลงแต่ ค่า b* มีค่าไม่แตกต่างกัน ($p\geq0.05$) ผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวที่เติมเลือดปลาทูน่าผง 5 และ 10% ได้รับคะแนนความชอบโดยรวมสูงที่สุด ($p<0.05$) อยู่ในระดับชอบเล็กน้อย ดังนั้นเลือดปลาทูน่าผงที่สามารถเติมได้มากที่สุด คือ 10% โดยเพิ่มเข้าไปในสูตรขนมขบเคี้ยวที่ทำจากข้าวเหนียวดำ ปลากะตัก และน้ำ โดยทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีปริมาณโปรตีนเท่ากับ 19.88 กรัม/100 กรัม และปริมาณเหล็กเท่ากับ 68.4 มิลลิกรัม/ 100 กรัม

คำสำคัญ: เลือดปลาทูน่าผง ขนมขบเคี้ยว การเสริมโปรตีนและเหล็ก

[1] นิสิต ภาควิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

[2] อาจารย์ ภาควิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

* ผู้นิพนธ์ประสานงาน โทรศัพท์ 0-3810-3137 อีเมล: wich@buu.ac.th

รับเมื่อ 29 เมษายน 2556 ตอบรับเมื่อ 2 กันยายน 2556

Enrichment of Protein and Iron in Snack Products Using Tuna Blood Powder

Sutheera Maepakdee[1] Petchrada Rattanasuwan[1] Nisanard Krasaechon[2] and Wichamanee Yuenyongputtakal[2]*

Abstract

The tuna blood used in this research was a by-product obtained from the tuna processing industry. The protein and iron content of the tuna blood was 13.29 g/100g and 20.98 mg/100g and it was concentrated and dried under pressure 26 cmHg at 70 ± 1 °C for 219 minutes. Then it was ground into blood powder. The protein and iron content of the tuna blood powder was 74.69 g/100g and 113.90 mg/100 g. The a_w of the tuna blood powder was 0.23 and was shown to be microbiologically safe for consumption. The tuna blood powder was added to the snack products varying from 0, 5, 10 to 15%. The results showed that the moisture content, the fat content, and the a_w tended to decrease when increasing the amount of the tuna blood powder, whereas the protein and iron content increased at $p<0.05$. The L* and a* values tended to decrease; however, for the b* value there was no difference ($p\geq0.05$). The snack products that added tuna blood powder at 5 and 10% obtained the most favorable overall score ($p<0.05$), which was at the slightly favorable level. Ten percent of the tuna blood powder was the highest amount that could be added to the snack products made from black sticky rice, anchovy, and water. The developed snack product contained protein content at 19.88 g/100 g and the iron content was 68.4 mg/100 g.

Keywords: Tuna Blood Powder, Snacks, Protein and Iron Enrichment

[1] Student, Department of Food Science, Faculty of Science, Burapha University.

[2] Lecturer, Student Department of Food Science, Faculty of Science, Burapha University.

* Corresponding Author, Tel. 0-3810-3137, E-mail: wich@buu.ac.th

Received 29 April 2013; Accepted 2 September 2013

1. บทนำ

ปลาทูน่าเป็นปลาเศรษฐกิจชนิดชนิดหนึ่งที่มีการแปรรูปและส่งออกในปริมาณมาก ในการแปรรูปปลาทูน่ามีวัสดุเศษเหลือต่อเนื้อปลาประมาณ 1 ต่อ 2 ปัจจุบันมีการนำวัสดุเศษเหลือส่วนที่เป็นของแข็ง เช่น หัวปลาและไส้ปลา มาใช้เพื่อทำปุ๋ยหรืออาหารสัตว์ แต่สำหรับในส่วนของเลือดยังไม่มีการนำไปใช้ประโยชน์อย่างจริงจัง มีรายงานว่าในเลือดปลาทูน่ามีองค์ประกอบของโปรตีนสูงประมาณ 17% มีแร่ธาตุที่ร่างกายต้องการโดยเฉพาะเป็นแหล่งที่ดีของธาตุเหล็ก [1] แต่การนำเลือดมาใช้ประโยชน์ในรูปของเหลว มีข้อจำกัดในด้านอายุการเก็บรักษา การขนส่ง ตลอดจนความสะดวกในการเติมลงในอาหาร ดังนั้นการนำเลือดมาผลิตเป็นเลือดผง จะทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะเบา อายุการเก็บรักษานานขึ้น สะดวกต่อการขนส่งและการนำมาใช้งาน การทำแห้งน้ำเลือดโดยตรงต้องเสียค่าใช้จ่ายสูง เนื่องจากเลือดมีน้ำเป็นองค์ประกอบในปริมาณมาก ดังนั้นควรทำให้เข้มข้นก่อนการนำมาทำแห้งและหากนำมาทำแห้งในสภาวะรุนแรง เช่น ใช้ความร้อนสูงและเวลานาน มักทำให้คุณค่าทางโภชนาการเปลี่ยนแปลงไปมาก การทำแห้งภายใต้สภาวะสุญญากาศจึงเป็นทางเลือกที่ดีทางหนึ่ง เนื่องจากสามารถทำให้เกิดการระเหยน้ำออกจากอาหารได้เร็วขึ้นโดยใช้อุณหภูมิไม่สูงมากนัก มีรายงานว่าการนำเลือดจากสัตว์ เช่น เลือดหมู และเลือดไก่ มาทำเป็นผงแห้ง สามารถนำมาประยุกต์ใช้กับผลิตภัณฑ์อาหารได้ เช่น ใช้เป็นสารอิมัลซิไฟเออร์ สารปรับปรุงลักษณะเนื้อสัมผัส และเพิ่มคุณค่าทางอาหารโดยเฉพาะด้านโปรตีนและเหล็กให้กับผลิตภัณฑ์อาหาร อย่างไรก็ตามการใช้เลือดผงในอาหารพบข้อจำกัดว่า ไม่สามารถเติมลงในผลิตภัณฑ์อาหารได้มากนัก เพราะมักทำให้ผลิตภัณฑ์มีสีคล้ำขึ้นและอาจมีกลิ่นคาว แนวทางหนึ่งคือการนำเลือดผงมาใช้กับผลิตภัณฑ์ที่มีสีคล้ำและมีส่วนผสมของเนื้อสัตว์ งานวิจัยนี้มีแนวคิดใช้เลือดปลาทูน่าผงในผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวเพื่อเสริมโปรตีนและเหล็ก โดยเลือกใช้วัตถุดิบที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง มีสีและรสชาติที่เข้ากันได้กับเลือดปลาทูน่าผง ได้แก่ ข้าวเหนียวดำพันธุ์ลืมผัว ซึ่งเป็นข้าวพันธุ์ที่กำลังเป็นที่นิยมสำหรับกลุ่มคนที่รักสุขภาพ โดยมีรายงานว่าข้าวเหนียวดำพันธุ์นี้มีสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ มีโปรตีน เหล็ก และแคลเซียมสูง นอกจากนี้พบว่ามีกรดไขมันไม่อิ่มตัวกลุ่มโอเมก้า 3, 6 และ 9 ด้วย [2] และใช้ปลากะตักซึ่งเป็นปลาทะเลราคาถูก แต่เป็นแหล่งที่ดีของโปรตีน แคลเซียม และเหล็กเช่นกัน [3] โดยขนมขบเคี้ยวที่พัฒนาขึ้นมีลักษณะคล้ายขนมข้าวกรอบ ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำข้าวมาทำให้สุกผสมกับปลาผง ขึ้นรูปเป็นชิ้น ทำให้แห้งแล้วทอด งานวิจัยจึงนี้เป็นการผลิตเลือดปลาทูน่าผงและศึกษาแนวทางการนำเลือดปลาทูน่าผงไปใช้ประโยชน์เป็นส่วนผสมอาหาร โดยมีวัตถุประสงค์คือ ศึกษาคุณภาพเลือดปลาทูน่าและเลือดปลาทูน่าผง และศึกษาหาปริมาณเลือดปลาทูน่าผงที่เหมาะสมเพื่อเติมในขนมขบเคี้ยว

2. วัตถุดิบและวิธีการ

2.1 วัตถุดิบ

นำเลือดปลาทูน่า (*Katsuwonus pelamis*) ที่ได้จากกระบวนการตัดแต่งปลาทูน่าในโรงงานแปรรูปปลาทูน่า เก็บบรรจุในถังพลาสติก แล้วแช่แข็งที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส ขนส่งมายังห้องปฏิบัติการภายใน 1 ชั่วโมง แล้วแช่แข็งจนกว่าจะนำมาใช้งาน สำหรับวัตถุดิบที่ใช้ทำขนมขบเคี้ยวได้แก่ ข้าวเหนียวดำ พันธุ์ลืมผัว และปลากะตักแห้ง

2.2 การผลิตเลือดปลาทูน่าผงและการวิเคราะห์คุณภาพ

นำเลือดมาทำละลายที่อุณหภูมิแช่เย็น (3-6 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วระเหยน้ำออกบางส่วน โดยวางไว้ในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ (85-90 องศาเซลเซียส) จนน้ำระเหยไปประมาณ 30% (w/w) ได้เป็นเลือดปลาทูน่าเข้มข้น นำมาอบแห้งด้วยตู้อบสุญญากาศภายใต้ความดัน 26 เซนติเมตรปรอท ที่อุณหภูมิ 70±1 องศาเซลเซียส จนความชื้นไม่เกิน 7% บดเป็นผงโดยใช้เครื่องบดอาหารแห้ง จนได้เป็นผงขนาดไม่เกิน 80 เมช

นำน้ำเลือดและเลือดผงมาวิเคราะห์คุณภาพ ได้แก่ ปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน และเหล็ก [4] ค่าสี L* a* และ b* โดยใช้เครื่องวัดสี (Hunter Lab, USA) รวมถึงปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดและปริมาณโคลิฟอร์มทั้งหมด โดยใช้จานเลี้ยงสำเร็จรูป (Compact Dry, Nissui TC, EC) [5] ทำการทดลอง 3 ซ้ำ เปรียบเทียบคุณภาพของน้ำเลือดและเลือดผงที่ผลิตได้ วิเคราะห์ผลทางสถิติโดยใช้ T-Test ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ด้วยโปรแกรม SPSS Version 17.0 นอกจากนี้วิเคราะห์ค่า a_w และสมบัติเชิงหน้าที่ของเลือดปลาทูน่าผง ด้านความสามารถในการละลาย [6] ความสามารถในการจับน้ำ [7] และความสามารถในการจับน้ำมัน [8]

2.3 การผลิตขนมขบเคี้ยวและการวิเคราะห์คุณภาพ

สูตรขนมขบเคี้ยว มีส่วนประกอบของข้าวเหนียวดำ : ปลากะตัก : น้ำ เท่ากับ 45 : 5 : 50 แปรปริมาณการเติมเลือดปลาทูน่าผงเพิ่มเข้าไปในสูตร 4 ระดับ ได้แก่ 0 (ตัวควบคุม) 5, 10 และ 15% ของน้ำหนักส่วนผสมทั้งหมด การเตรียมวัตถุดิบ ทำได้ดังนี้ นำข้าวเหนียวดำมาคัดเลือกสิ่งแปลกปลอมและเมล็ดข้าวที่ลีบออก แช่น้ำในอัตราส่วนข้าวเหนียวดำ : น้ำ เท่ากับ 1 : 2 เป็นเวลา 10 ชั่วโมง แล้วผึ่งบนตะแกรงให้สะเด็ดน้ำ นำปลากะตักแห้งมาอบแห้งในตู้อบลมร้อน อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 40 นาที เพื่อควบคุมความชื้นให้วัตถุดิบปลากะตักมีความสม่ำเสมอกัน นำมาบดให้ละเอียดโดยใช้เครื่องบดอาหารแห้ง การผลิตขนมขบเคี้ยวทำได้โดยผสมส่วนผสมทั้งหมด ได้แก่ ข้าวเหนียวดำ ปลากะตักป่น เลือดปลาทูน่าผง และน้ำ เข้าด้วยกัน เทใส่ภาชนะ แล้วนำไปนึ่งโดยใช้ไอน้ำ เป็นเวลา 45 นาที ขึ้นรูปเป็นแท่งโดยการอัดส่วนผสมในพิมพ์พลาสติกทรงกระบอกที่มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.5 เซนติเมตร ความยาว 5 เซนติเมตร ควบคุมให้มีน้ำหนักประมาณ 2.80 กรัม/แท่ง นำผลิตภัณฑ์ที่ขึ้นรูปแล้วไปอบแห้งโดยใช้เตาอบไฟฟ้าอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ทอดให้สุกด้วยการทอดแบบน้ำมันท่วมโดยใช้น้ำมันปาล์ม อุณหภูมิ 220 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 วินาที นำขนมขบเคี้ยวที่ได้มาวิเคราะห์คุณภาพ ได้แก่ ปริมาณความชื้น ปริมาณโปรตีน ปริมาณไขมัน และปริมาณเหล็ก [4] ค่าสี L* a* และ b* โดยใช้เครื่องวัดสี (Hunter Lab, USA) รวมถึงปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดและปริมาณโคลิฟอร์มทั้งหมด โดยใช้จานเลี้ยงสำเร็จรูป [5] และความชอบทางประสาทสัมผัส ด้วยวิธี 9-point Hedonic Scale โดยใช้ผู้ทดสอบจำนวน 30 คน ทำการทดลอง 3 ซ้ำ วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูล (ANOVA) โดยการวางแผนการทดลองแบบ CRD สำหรับการวิเคราะห์คุณภาพทุกด้าน ยกเว้นการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส วางแผนการทดลองแบบ RCBD ทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 โดยใช้โปรแกรม SPSS Version 17.0

3. ผลการทดลองและวิจารณ์

3.1 ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำเลือดปลาทูน่าและเลือดผงที่ผลิตได้

จากตารางที่ 1 พบว่าคุณภาพทางเคมี ได้แก่ ปริมาณความชื้น โปรตีน และไขมัน ของเลือดปลาทูน่าที่ใช้ในงานวิจัยมีแนวโน้มใกล้เคียงกับที่เคยมีการรายงานไว้ว่าเลือดปลาทูน่ามีปริมาณความชื้น โปรตีน และไขมัน เท่ากับ 80, 17.3 และ 0.6 กรัม/100 กรัม ตามลำดับ [1] อย่างไรก็ตามปริมาณโปรตีนของเลือดปลาทูน่าที่วิเคราะห์ได้ มีค่าต่ำกว่าที่เคยรายงานไว้เล็กน้อย ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากความแตกต่างด้านสิ่งแวดล้อมที่ปลาอาศัยอยู่ พันธุ์ปลา เพศ อายุ และฤดูกาลที่จับ เป็นต้น นอกจากนี้พบว่าเลือดปลาทูน่ามีปริมาณเหล็กเท่ากับ 21.09 มิลลิกรัม/100 กรัม ทั้งนี้เนื่องจากเหล็กเป็นองค์ประกอบหลักของฮีมของเม็ดเลือดแดง เมื่อเปรียบเทียบองค์ประกอบทางเคมีที่สำคัญของเลือดปลาทูน่า ได้แก่ โปรตีนและเหล็กกับเลือดของสัตว์ชนิดอื่นที่มีการนำมาใช้ประโยชน์ในงานวิจัยด้านอาหารหรือเชิงพาณิชย์ เช่น เลือดจระเข้ที่พบว่ามีปริมาณโปรตีนประมาณ 17 กรัม/100 กรัม และปริมาณเหล็ก 26.28 มิลลิกรัม/100 กรัม [9] และเลือดไก่ที่พบว่ามีปริมาณโปรตีน 14.8 กรัม/100 กรัม [10] แสดงให้เห็นว่า

เลือดปลาทูน่าเป็นวัสดุเศษเหลือที่มีศักยภาพโดยเป็นแหล่งสำคัญของโปรตีนและเหล็กเช่นกัน เลือดปลาทูน่ามีสีแดงคล้ำโดยมีค่าสี L* a* และ b* เท่ากับ 20.53, 5.06 และ 7.49 ตามลำดับ ผลการวิเคราะห์คุณภาพด้านจุลินทรีย์พบว่า มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดและปริมาณโคลิฟอร์มทั้งหมดในปริมาณสูงกว่าที่มีการรายงานไว้ว่าเลือดปลาทูน่ามีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดและปริมาณโคลิฟอร์มทั้งหมดเท่ากับ 9.3×10^3 cfu/กรัม และ <10 cfu/กรัม [1] ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากในขั้นตอนการตัดแต่งปลาทูน่าก่อนนำไปแปรรูปอาจมีการปนเปื้อนระหว่างส่วนของอวัยวะภายในส่วนอื่นที่เป็นแหล่งของจุลินทรีย์ เช่น อวัยวะในช่องท้องส่วนไส้ เป็นต้น จึงทำให้น้ำเลือดที่ได้มีจุลินทรีย์ทั้งหมดและโคลิฟอร์มปริมาณมาก

ตารางที่ 1 คุณภาพของน้ำเลือดและเลือดปลาทูน่าผงที่ผลิตได้

ค่าคุณภาพ	น้ำเลือด		เลือดผง	
	Wet basis	Dry basis	Wet basis	Dry basis
ปริมาณความชื้น (กรัม/ 100 กรัม)	82.60 ± 0.01	-	6.05 ± 0.25	-
ปริมาณโปรตีน (กรัม/ 100 กรัม)	13.29 ± 0.04	76.40 ± 0.43[b]	74.69 ± 0.21	79.50 ± 0.22[a]
ปริมาณไขมัน (กรัม/ 100 กรัม)	0.63 ± 0.01	3.63 ± 0.08[a]	0.50 ± 0.02	0.53 ± 0.02[b]
ปริมาณเหล็ก (มิลลิกรัม/100 กรัม)	21.09 ± 0.04	121.52 ± 0.42[ns]	113.90 ± 0.10	121.23 ± 0.11[ns]
ค่าสี L*	20.53 ± 0.52		20.37 ± 0.07	
a*	5.06 ± 0.11		3.99 ± 0.10	
b*	7.49 ± 0.03		3.10 ± 0.25	
ค่า a_w	0.98 ± 0.01		0.23 ± 0.01	
ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (cfu/ กรัม)	$1.9 \times 10^{4\,a}$		$1.00 \times 10^{2\,b}$	
ปริมาณโคลิฟอร์มทั้งหมด (cfu/ กรัม)	$6.1 \times 10^{2\,a}$		$<10^b$	

[a,b] หมายถึงค่าเฉลี่ยในแนวนอนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

[ns] หมายถึงค่าเฉลี่ยในแนวนอนไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\geq0.05$)

สำหรับคุณภาพของเลือดปลาทูน่าผง พบว่ายังคงมีโปรตีนและเหล็กเป็นองค์ประกอบ โดยมีไขมันเล็กน้อย โดยปกติเลือดมีองค์ประกอบหลัก 2 ส่วน คือพลาสมาและเม็ดเลือด โดยทั้ง 2 ส่วนมีน้ำเป็นองค์ประกอบหลัก การทำแห้งจึงสามารถระเหยน้ำในประโยชน์สำหรับงานวิจัยนี้อยู่ในรูปแบบผลิตภัณฑ์เลือดผงซึ่งยังคงมีองค์ประกอบจากส่วนของพลาสมาและเม็ดเลือด อย่างไรก็ตามการนำเลือดมาใช้ประโยชน์สามารถแปรรูปให้อยู่ในรูปแบบของผลิตภัณฑ์จากพลาสมาและผลิตภัณฑ์จากเม็ดเลือดก็ได้ ซึ่งทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีองค์ประกอบเฉพาะตามความต้องการ เลือดผงที่ได้มีสีแดงคล้ำออกสีน้ำตาลโดยมีค่าสี L* a* และ b* เท่ากับ 20.37, 3.99 และ 3.10 ตามลำดับ ส่วนค่า a_w ซึ่งเป็นดัชนีบ่งชี้ที่สำคัญสำหรับการแปรรูปอาหารและการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์อาหาร โดยบ่งบอกถึงปริมาณน้ำอิสระในอาหารที่เชื้อจุลินทรีย์สามารถนำไปใช้ในการเจริญเติบโตและใช้ในการเกิดปฏิกิริยาเคมีต่าง ๆ โดยปกติอาหารผงมักควบคุมไม่ให้มีค่า a_w สูงเนื่องจากสามารถเอื้อต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ได้ โดยแบคทีเรียส่วนใหญ่ไม่สามารถเจริญเติบโตได้ที่ค่า a_w ต่ำกว่า 0.9 และราส่วนใหญ่จะไม่เจริญเติบโตที่ค่า a_w ต่ำกว่า 0.7 [11] ตัวอย่างผลิตภัณฑ์อาหารจากสัตว์ที่มีโปรตีนสูงและแปรรูปเป็นผง เช่น ปลาร้าผง กะปิผง มีการกำหนดค่า a_w ที่เหมาะสมไว้ค่าต้องไม่เกิน 0.5 และจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ต้องไม่เกิน 1×10^4 cfu/กรัม [12] ซึ่งเลือดปลาทูน่าผงที่ได้มีค่า a_w เท่ากับ 0.23 จึงน่าจะมีความเหมาะสมสำหรับการเก็บรักษา และปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดอยู่ในเกณฑ์กำหนด จึงแสดงถึงมีความปลอดภัยสำหรับการบริโภค

จากผลการเปรียบเทียบคุณภาพของน้ำเลือดปลาทูน่าและเลือดปลาทูน่าผง พบว่าขั้นตอนการทำให้เข้มข้นและการทำแห้งมีผลต่อปริมาณความชื้นของเลือดปลาทูน่าโดยทำให้ปริมาณความชื้นลดลงจากปริมาณความชื้นเริ่มต้น ด้านปริมาณโปรตีนพบว่า เลือดปลาทูน่าผงมีแนวโน้มให้โปรตีนเพิ่มขึ้น ทั้งนี้สอดคล้องกับงานวิจัยที่พบว่า โปรตีนที่วิเคราะห์ในรูป Crude Protein ในเนื้อปูที่ผ่านการทำแห้งมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับ

เนื้อปูสดประมาณ 2% ซึ่งผู้วิจัยให้ความเห็นไว้ว่าปริมาณ Crude Protein ไม่สูญเสียไปในระหว่างการทำแห้ง การทำแห้งมีผลทำให้ปริมาณโปรตีนมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ทั้งนี้เนื่องมาจากการทำแห้งมีผลให้โปรตีนในสภาพธรรมชาติซึ่งอยู่ในวัตถุดิบสด เกิดการแปลงสภาพไปจากธรรมชาติมีผลให้โปรตีนมีความสามารถในการถูกย่อย (Digestibility) มากขึ้น ส่งผลให้สามารถวิเคราะห์หาปริมาณโปรตีนได้มากขึ้นด้วย [13] ในขณะที่ปริมาณไขมันของเลือดปลาทูน่าผง (0.53 กรัม/100 กรัม) น้อยกว่าของน้ำเลือดปลาทูน่า (3.63 กรัม/100 กรัม) อาจเนื่องมาจากความร้อนที่ใช้ในการทำแห้งและการสัมผัสกับอากาศร้อนในห้องอบ รวมทั้งในขณะทำให้น้ำเลือดเข้มข้นโดยการระเหยทำให้เกิดการออกซิเดชันของไขมันในน้ำเลือดปลาทูน่าทำให้ไขมันเกิดการเปลี่ยนแปลงไปจนได้ผลิตภัณฑ์สุดท้ายต่างๆ เช่น อีเทอร์ และเพอร์ออกไซด์ เป็นต้น เป็นผลให้ปริมาณไขมันของเลือดปลาทูน่าผงลดลง สำหรับด้านปริมาณเหล็กของน้ำเลือดปลาทูน่าและเลือดปลาทูน่าผง พบว่ามีปริมาณไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) ผลการวิเคราะห์ในด้านค่าสีพบว่า ค่าความสว่าง (L*) ของน้ำเลือดปลาทูน่าและเลือดปลาทูน่าผงไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) ในขณะที่ค่าสีแดง (a*) และค่าสีเหลือง (b*) ของเลือดปลาทูน่าผงมีค่าน้อยกว่าน้ำเลือดปลาทูน่า ($p<0.05$) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากฮีโมโกลบินซึ่งเป็นรงควัตถุที่ให้สีแดงในเลือดได้รับความร้อน ทำให้โปรตีนโกลบินซึ่งเป็นส่วนประกอบของฮีโมโกลบินสลายตัวและการสัมผัสกับอากาศทำให้เฟอรัสไอออน (Fe^{2+}) ซึ่งเป็นส่วนประกอบของฮีมในฮีโมโกลบินถูกออกซิไดซ์ไปเป็นเฟอริกไอออน (Fe^{3+}) เกิดเป็นสารชื่อว่า Denature globin hemichrome ที่มีสีน้ำตาล [14]

เนื่องจากโปรตีนเป็นองค์ประกอบหลักของเลือดปลาทูน่าผงที่ผลิตได้ การวิเคราะห์คุณภาพด้านความสามารถในการละลาย ความสามารถในการจับน้ำ และความสามารถในการจับน้ำมัน เป็นสมบัติเชิงหน้าที่ซึ่งบ่งชี้ถึงความเหมาะสมในการนำโปรตีนผงไปใช้ประโยชน์ จากตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์แสดงให้เห็นว่า เลือดปลาทูน่าผงมีความสามารถในการละลายได้ดี และมีความสามารถในการจับน้ำได้มากกว่าจับน้ำมัน โดยอาจกล่าวได้ว่าเลือดปลาทูน่าผงมีความสามารถรวมตัวกับน้ำได้ โดยดูดซับและกักเก็บน้ำระหว่างการกระทำด้วยแรงภายนอกทั้งนี้มีส่วนประกอบของส่วนที่ชอบไขมันอยู่บ้างโดยสามารถแทรกตัวตรึงกับน้ำมันได้ แสดงให้เห็นว่าเลือดปลาทูน่าผงมีสมบัติเชิงหน้าที่ที่เป็นประโยชน์ในการใช้เป็นส่วนประกอบของอาหารได้ โดยเฉพาะสามารถละลายรวมกับส่วนผสมที่เป็นน้ำได้ เมื่อเปรียบเทียบสมบัติเชิงหน้าที่ที่วิเคราะห์ได้ของเลือดปลาทูน่าผงกับเลือดผงจากสัตว์ชนิดอื่น พบว่า เลือดปลาทูน่าผงที่ผลิตได้ มีค่าสมบัติเชิงหน้าที่น้อยกว่าเลือดผงจากสัตว์ชนิดอื่นเล็กน้อย เช่น เลือดไก่ผงที่ผ่านการทำแห้งแบบไมโครเวฟสุญญากาศที่ความดัน 160 ทอรร์ กำลังคลื่น 110 วัตต์ 102 นาที มีความสามารถในการละลายเท่ากับ 80.43 กรัม/100 กรัม ความสามารถในการจับน้ำเท่ากับ 25.76 กรัมน้ำ/100 กรัม และความสามารถในการจับน้ำมันเท่ากับ 1.96 กรัมน้ำมัน/100 กรัม [15]

ตารางที่ 2 สมบัติเชิงหน้าที่ของเลือดปลาทูน่าผง

สมบัติเชิงหน้าที่	ค่าเฉลี่ย ± SD
ความสามารถในการละลาย (กรัม/100 กรัม)	79.43 ± 0.72
ความสามารถในการจับน้ำ (กรัมน้ำ/100 กรัม)	23.56 ± 0.93
ความสามารถในการจับน้ำมัน (กรัมน้ำมัน/100กรัม)	1.66 ± 0.07

3.2 ผลการศึกษาปริมาณเลือดปลาทูน่าผงที่เหมาะสมเพื่อเติมในขนมขบเคี้ยว

ผลการวิเคราะห์คุณภาพผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวที่แปรการเติมเลือดปลาทูน่าผงแสดงดังตารางที่ 3 พบว่าปริมาณการเติมเลือดปลาทูน่าผงมีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวทุกด้านที่วิเคราะห์ ($p<0.05$) ยกเว้น ค่าสีเหลือง (b*) และปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ($p \geq 0.05$) โดยพบว่าเมื่อเติมเลือดปลาทูน่าผงเพิ่มขึ้นทำให้ขนมขบเคี้ยวมีปริมาณโปรตีนและเหล็กเพิ่มขึ้น ในขณะที่ทำให้ปริมาณความชื้น ปริมาณไขมัน ค่าความสว่าง (L*) ค่าสีแดง (a*) และค่า a_w มีแนวโน้มลดลง

ตารางที่ 3 คุณภาพทางเคมี กายภาพและจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวที่แปรการเติมเลือดปลาทูน่าผง

ค่าคุณภาพ	ปริมาณการเติมเลือดปลาทูน่าผง (%)			
	0% (Control)	5%	10%	15%
ปริมาณความชื้น (กรัม/100 กรัม)	6.15 ± 0.41^{a}	3.48 ± 0.39^{b}	2.78 ± 0.37^{c}	2.07 ± 0.16^{d}
ปริมาณโปรตีน (กรัม/100 กรัม)	13.57 ± 0.67^{d}	16.26 ± 0.43^{c}	19.88 ± 0.38^{b}	21.64 ± 0.53^{a}
ปริมาณไขมัน (กรัม/100 กรัม)	15.20 ± 0.36^{a}	9.72 ± 0.56^{b}	8.67 ± 0.26^{c}	7.44 ± 0.01^{d}
ปริมาณเหล็ก (มิลลิกรัม/100 กรัม)	22.80 ± 0.16^{d}	45.60 ± 0.22^{c}	68.40 ± 0.32^{b}	91.10 ± 0.50^{a}
ค่าสี L*	20.99 ± 0.27^{a}	20.37 ± 0.19^{b}	18.38 ± 0.34^{c}	15.39 ± 0.33^{d}
a*	4.71 ± 0.18^{a}	4.35 ± 0.06^{b}	4.37 ± 0.10^{b}	3.22 ± 0.20^{c}
b* ^{ns}	5.71 ± 0.31	5.27 ± 0.36	5.43 ± 0.23	5.38 ± 0.31
a_w	0.48 ± 0.00^{a}	0.42 ± 0.02^{b}	0.36 ± 0.01c	0.30 ± 0.00^{d}
ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (cfu/กรัม) ^{ns}	1.0×10^{2}	1.0×10^{2}	1.0×10^{2}	1.0×10^{2}

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

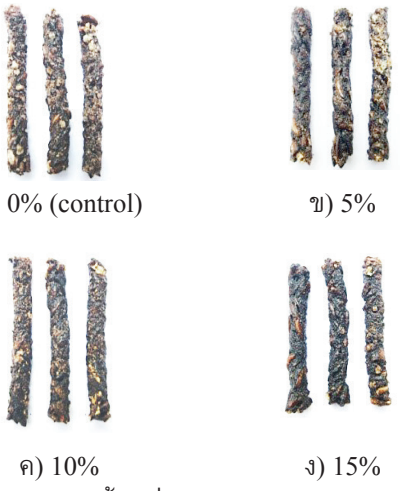
^{ns} หมายถึงค่าเฉลี่ยในแนวนอนไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\geq0.05$)

การเติมเลือดปลาทูน่าผงเพิ่มในผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวในปริมาณ 5, 10 และ 15% มีผลให้สามารถเพิ่มปริมาณโปรตีนในผลิตภัณฑ์จาก 13.57 กรัม/100 กรัม เป็น 16.26, 19.88 และ 21.64 กรัม/100 กรัม คิดเป็นปริมาณโปรตีนที่เพิ่มขึ้นประมาณ 3, 6 และ 8% ตามลำดับ ในขณะที่การเติมเลือดปลาทูน่าผงสามารถเพิ่มปริมาณเหล็กในผลิตภัณฑ์จาก 22.80 มิลลิกรัม/100 กรัม เป็น 45.60, 68.40 และ 91.90 มิลลิกรัม/100 กรัม คิดเป็นปริมาณเหล็กที่เพิ่มขึ้นประมาณ 22 45 และ 68 มิลลิกรัม/100 กรัม ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องมาจากในเลือดปลาทูน่าผงมีองค์ประกอบของโปรตีน 74.69 กรัม/100 กรัม และเหล็ก 113.90 มิลลิกรัม/100 กรัม จึงแสดงให้เห็นว่าสามารถใช้เลือดปลาทูน่าผงเพื่อเพิ่มปริมาณโปรตีนและเหล็กให้กับผลิตภัณฑ์ได้ นอกจากนี้พบข้อสังเกตว่าในผลิตภัณฑ์สูตรควบคุมซึ่งไม่ได้เติมเลือดปลาทูน่าผงมีองค์ประกอบของโปรตีนและเหล็กด้วย ทั้งนี้เนื่องมาจากในสูตรการผลิตขนมขบเคี้ยวนี้มีการใช้ปลากะตักและข้าวเหนียวดำซึ่งมีองค์ประกอบของโปรตีนและเหล็กอยู่แล้ว สำหรับด้านปริมาณไขมันพบว่าการเติมเลือดปลาทูน่าผงเพิ่มในผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวมีแนวโน้มให้ปริมาณไขมันในขนมขบเคี้ยวลดลง ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการเติมเลือดปลาทูน่าผงถือเป็นการเพิ่มส่วนที่เป็นของแข็งให้กับส่วนผสม เมื่อนำไปขึ้นรูปทำให้ชิ้นตัวอย่างมีโครงสร้างแน่นขึ้น และเมื่อนำไปอบแห้งซึ่งเป็นการลดความชื้นของส่วนผสมก่อนทอดลง ทำให้ส่วนผสมแต่ละสูตรมีปริมาณความชื้นก่อนทอดใกล้เคียงกัน (ประมาณ 9%) แต่มีลักษณะโครงสร้างที่แน่นแตกต่างกัน โดยเมื่อพิจารณาจากภาพตัดขวางชิ้นตัวอย่างหลังการอบแห้งที่ถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์ (Dino, Capture Microscope) กำลังขยาย 45 เท่า พบแนวโน้มว่าเมื่อเติมเลือดปลาทูน่าผงมากขึ้นมีแนวโน้มให้ผลิตภัณฑ์มีโครงสร้างแน่นขึ้น โดยมีช่องว่างระหว่างส่วนผสมน้อยลง (ไม่ได้แสดงภาพไว้) เมื่อนำผลิตภัณฑ์ลงทอดในน้ำมันผลิตภัณฑ์ที่มีโครงสร้างแน่นกว่าหรือมีช่องว่างน้อยกว่าจึงมีโอกาสดูดซับน้ำมันได้น้อย ทั้งนี้สอดคล้องกับที่มีรายงานว่าโดของแป้งสาลีที่มีความแข็งแรงของโครงสร้างมากขึ้นมีการดูดซับน้ำมันที่ใช้ทอดลดลง [16]

จากผลการทดลองพบว่าการเติมเลือดปลาทูน่าผงเพิ่มในผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวมีแนวโน้มให้ a_w และปริมาณความชื้นลดลง ซึ่งค่า a_w เป็นปัจจัยบ่งชี้ระดับปริมาณน้ำอิสระในอาหารที่เชื้อจุลินทรีย์สามารถนำไป

ใช้ประโยชน์ในการเจริญเติบโตและใช้ในการเกิดปฏิกิริยาเคมีต่างๆ โดยปกติค่า a_w กับปริมาณความชื้นมักมีความสัมพันธ์ไปในทางเดียวกัน และการเติมส่วนผสมของอาหารที่สามารถจับน้ำอิสระ เช่น การเติมเกลือ น้ำตาล หรือส่วนผสมอื่นๆ ทำให้โมเลกุลของสารที่เติมเหล่านั้นไปสร้างพันธะกับน้ำอิสระที่อยู่ในช่องว่างอาหารทำให้น้ำอิสระในอาหารลดลงได้ นอกจากนี้การเติมเลือดผงลงในผลิตภัณฑ์จัดเป็นการเพิ่มปริมาณโปรตีนให้กับส่วนผสม โปรตีนสามารถทำให้เกิดการห่อหุ้มเป็นชั้นฟิล์มบางๆ ล้อมรอบส่วนประกอบที่เป็นหยดน้ำมันที่ถูกอิมัลซิไฟด์ไว้ไม่ให้เกิดการรวมตัวกันใหม่ จึงมีผลให้ส่วนผสมมีความคงตัวมากขึ้นและช่วยให้ส่วนของน้ำอิสระกลายเป็นน้ำที่ถูกตรึง มีผลให้ปริมาณน้ำอิสระลดลง [17] ค่า a_w ของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวที่เติมเลือดปลาทูน่าผงทุกสิ่งทดลอง (0.30-0.42) พบว่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของผลิตภัณฑ์เทียบเคียงคือ ขนมข้าวกรอบ ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำข้าวมาทำให้สุก ผสมกับเกลือ พริกไทย และส่วนประกอบอื่น เช่น ปลาป่น อัดให้เป็นชิ้น ทำให้แห้งโดยใช้ความร้อนจากแสงอาทิตย์หรือแหล่งพลังงานอื่นทอดในน้ำมันจนสุกกรอบ ที่กำหนดไว้ว่าค่า a_w ต้องไม่เกิน 0.6 [18] ด้านค่าความสว่าง (L*) และค่าสีแดง (a*) พบว่ามีค่าลดลงเมื่อเติมเลือดปลาทูน่าผงในขนมขบเคี้ยวเพิ่มขึ้น เนื่องจากเลือดปลาทูน่าผงมีสีน้ำตาล การเติมเพิ่มในสูตรควบคุมซึ่งมีสีออกแดงและมีความสว่างมากกว่า จึงทำให้ผลิตภัณฑ์มีความคล้ำมากขึ้นและมีสีแดงลดลง ทั้งนี้ไม่มีผลกระทบต่อค่าสีเหลือง (b*) ($p \geq 0.05$) ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดสามารถใช้เป็นตัวชี้วัดคุณภาพอาหารเพื่อยืนยันความปลอดภัยต่อการบริโภคอาหารได้ จากผลการวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดไม่เกินเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้ในผลิตภัณฑ์เทียบเคียงคือขนมข้าวกรอบ ที่กำหนดไว้ว่า จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดต้องน้อยกว่า 1 x 106 (cfu/กรัม) [18]

ผลการวิเคราะห์ความชอบทางประสาทสัมผัสแสดงดังตารางที่ 4 พบว่าปริมาณการเติมเลือดปลาทูน่าผงมีผลต่อคะแนนความชอบของขนมขบเคี้ยวทุกด้านได้แก่



ก) 0% (control) ข) 5%

ค) 10% ง) 15%

รูปที่ 1 ขนมขบเคี้ยวที่เติมเลือดปลาทูน่าผง ก) 0% ข) 5% ค) 10% และ ง) 15%

ลักษณะปรากฏ สี รสชาติ กลิ่นรส เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ($p<0.05$) โดยลักษณะของขนมขบเคี้ยวที่ได้แสดงดังรูปที่ 1 เมื่อพิจารณาคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏพบว่า ขนมขบเคี้ยวสูตรควบคุมได้รับคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏสูงที่สุด ($p<0.05$) และได้คะแนนไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับขนมขบเคี้ยวที่เติมเลือดปลาทูน่าผง 5 และ 10% ซึ่งได้คะแนนความชอบระดับชอบเล็กน้อย (6.60-6.80) ในขณะที่ขนมขบเคี้ยวที่เติมเลือดปลาทูน่าผง 15% ได้รับคะแนนความชอบลักษณะปรากฏน้อยที่สุด ($p<0.05$) โดยได้คะแนนความชอบระดับเฉยๆ (5.53) สำหรับคะแนนความชอบด้านสี พบว่า มีแนวโน้มคะแนนคล้ายกับด้านลักษณะปรากฏกล่าวคือเมื่อเพิ่มปริมาณเลือดปลาทูน่าผงในผลิตภัณฑ์มากขึ้นทำให้ได้รับคะแนนความชอบด้านสีลดลง โดยขนมขบเคี้ยวสูตรควบคุมได้รับคะแนนสูงที่สุด ($p<0.05$) และไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับขนมขบเคี้ยวที่เติมเลือดปลาทูน่าผง 5% ซึ่งได้รับคะแนนความชอบระดับเล็กน้อย (6.33-6.67) ในขณะที่ขนมขบเคี้ยวที่เติมเลือดปลาทูน่าผง 15% ได้รับคะแนนความชอบสีน้อยที่สุด ($p<0.05$) โดยได้คะแนนความชอบระดับเฉยๆ (5.03) ทั้งนี้เนื่องมาจากขนม

ขบเคี้ยวที่เติมเลือดปลาทูน่าผงมีความคล้ำมากขึ้นและมีสีแดงลดลง สำหรับคะแนนความชอบด้านรสชาติและกลิ่นรส พบว่ามีแนวโน้มเหมือนกันโดยพบว่าขนมขบเคี้ยวที่เติมเลือดปลาทูน่าผง 10% ได้รับคะแนนความชอบสูงที่สุด ($p<0.05$) แต่ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับคะแนนความชอบขนมขบเคี้ยวที่เติมเลือดปลาทูน่าผง 5% อย่างไรก็ตามเมื่อเติมเลือดปลาทูน่าผงมากถึง 15% ทำให้ได้รับคะแนนความชอบด้านรสชาติและกลิ่นรสลดลงจนได้คะแนนความชอบระดับไม่ชอบเล็กน้อย (4.47-4.63) ทั้งนี้เนื่องมาจากการเติมเลือดผงมากขึ้นทำให้มีรสชาติและกลิ่นรสของเลือดสัตว์มากขึ้น ผู้ทดสอบจึงมีแนวโน้มไม่ยอมรับผลิตภัณฑ์ ด้านคะแนนความชอบเนื้อสัมผัสพบว่า ขนมขบเคี้ยวที่เติมเลือดปลาทูน่าผง 5 และ 10% ได้รับคะแนนมากที่สุด ($p<0.05$) ในขณะที่ขนมขบเคี้ยวที่เติมเลือดปลาทูน่าผง 15% ได้รับคะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัสรองลงมา โดยพบว่าขนมขบเคี้ยวที่เติมเลือดปลาทูน่าได้รับคะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัสมากกว่าสูตรควบคุม เมื่อพิจารณาคะแนนความชอบโดยรวมพบว่าขนมขบเคี้ยวที่เติมเลือดปลาทูน่าผง 5 และ 10% ได้รับคะแนนมากที่สุด ($p<0.05$) มีความชอบระดับเล็กน้อย (6.40-6.50) ผลิตภัณฑ์ที่เติมเลือดปลาทูน่าผงได้รับคะแนนความชอบโดยรวมมากกว่าสูตรควบคุมผู้ทดสอบให้ความเห็นเพิ่มเติมไว้ว่าเนื่องจากการเติมเลือดปลาทูน่าทำให้ผลิตภัณฑ์มีรสชาติ และกลิ่นรสเข้มขึ้นมากกว่าสูตรควบคุม เมื่อพิจารณาคุณภาพทางเคมี กายภาพและจุลินทรีย์ร่วมกับคุณภาพทางประสาทสัมผัส พบว่าปริมาณการเติมเลือดปลาทูน่าผงที่เหมาะสมที่สุดคือ 10% เนื่องจากเป็นปริมาณที่สูงที่สุดที่สามารถเติมลงในผลิตภัณฑ์กับคุณภาพทางประสาทสัมผัส พบว่า ปริมาณการเติมเลือดปลาทูน่าผงที่เหมาะสมที่สุดคือ 10% เนื่องจากเป็นปริมาณที่สูงที่สุดที่สามารถเติมลงในผลิตภัณฑ์โดยผู้ทดสอบยังคงให้ความชอบ มีคุณค่าทางโภชนาการด้านปริมาณโปรตีนเท่ากับ 19.88 กรัม/100 กรัม ปริมาณเหล็กเท่ากับ 68.4 มิลลิกรัม/100 กรัม และปริมาณไขมันเท่ากับ 8.67 กรัม/100 กรัม

ตารางที่ 4 คะแนนความชอบคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวที่แปรการเติมเลือดปลาทูน่าผง

คุณลักษณะ	ปริมาณการเติมเลือดปลาทูน่าผง (%)			
	0% (Control)	5%	10%	15%
ลักษณะปรากฏ	6.80 ± 0.92^{a}	6.67 ± 0.96^{a}	6.60 ± 0.89^{a}	5.53 ± 1.66^{b}
สี	6.67 ± 0.96^{a}	6.33 ± 1.15^{ab}	6.00 ± 1.14^{b}	5.03 ± 1.77^{c}
รสชาติ	4.80 ± 0.85^{b}	6.27 ± 1.82^{a}	6.40 ± 1.90^{a}	4.63 ± 1.85^{b}
กลิ่นรส	4.73 ± 1.11^{b}	6.07 ± 1.93^{a}	6.37 ± 1.83^{a}	4.47 ± 1.83^{b}
เนื้อสัมผัส	4.83 ± 1.32^{c}	7.37 ± 0.61^{a}	7.17 ± 1.18^{a}	6.00 ± 1.60^{b}
ความชอบโดยรวม	5.00 ± 1.02^{b}	6.50 ± 1.43^{a}	6.40 ± 1.71^{a}	4.63 ± 1.61^{b}

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

4. สรุป

เลือดปลาทูน่าผงเป็นแหล่งที่ดีของโปรตีนและเหล็ก สามารถใช้เป็นส่วนประกอบของอาหารได้ ปริมาณที่เหมาะสมที่สามารถเติมลงในขนมขบเคี้ยวจากข้าวเหนียวดำและปลากะตักคือ 10% ได้คะแนนความชอบโดยรวมระดับชอบเล็กน้อย ข้อเสนอแนะสำหรับการปรับปรุงสูตรอาจทำได้โดยเพิ่มเครื่องเทศเพื่อปรับปรุงรสชาติและกลิ่นรสของเลือดสัตว์

5. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา สำหรับทุนอุดหนุนการวิจัย ประเภทเงินรายได้ ประจำปีงบประมาณ 2555

เอกสารอ้างอิง

[1] O. Junklub, D. Chantaweewong, W. Klaipradit, and W.Anathep, “Improved Utilization of By-product (Blood) Derived from Canned Tuna Processing,” IRPUS 2009 Report, pp. 491-497, 2009 (in Thai).

[2] Bureau of Rice Research and Development. (2012). *Sticky Rice* (in Thai). [Online]. Available: http://www.brrd.in.th

[3] Bureau of Nutrition. (2012). *Nutrition of Thai Food Table* (in Thai). [Online]. Available: http://nutrition.anamai.moph.go.th

[4] AOAC, Official Method of Method of Analysis, Artington, 1990.

[5] AOAC, Official Method of Method of Analysis, Artington, 2010.

[6] E. Fernandez, C. Schebor, and J. Chirife, "Glass Transition Temperature of Regular and Lactose Hydrolyzed Milk Powders," *Lebensm-Wiss. U.-Technol*, vol.36, pp. 547-551, 2003.

[7] E.F. Mcmahon and L.E. Dawson, "Effect of Salt and Phosphates on Some Foundational Characteristics of Hand and Mechanically Deboned Turkey Meat," *Poultry Sci*, vol.55, pp. 573-578, 1975.

[8] L.R. Beuchat, "Functional and Electrophoretic Characteristics of Succinylated Peanut Flour Properties." *Journal of Agricultural Food Chemistry*, vol.25, pp. 258-261, 1977.

[9] J. Siruntawineti, W. Chaeychomsri, D. Hengsawadi, and Y. Cuptapan, "Chemical Compositions of Siamese Crocodile Blood," in *The Proceeding of the 36th Congress and Science and Technology of Thailand*, 2010, pp. 26-28.

[10] W. Duangjarat, S. Nontakhumjan, O. Niamkornburi, P. Vongsaswasdi, and M. Nopharatana, "Functional Properties of Chicken Blood and Plasma Powder from microwave Vacuum Drying Process," in *The Proceeding of 40th Kasetsart University Annual Conference*, 2002, pp. 445-453.

[11] R. Pongsawatmanit and P. Wuttijamnong, *Shelf Life Evaluation of Foods*, Bangkok: Kasetsart University, 2002 (in Thai).

[12] Thai Industrial Standards Institute Ministry of Industrial. (2012). *Powder Fermented Fish* (in Thai). [Online]. Available: http://tcps.tisi.go.th/public/StandardList.aspx

[13] T. Wu and L. Mao, "Influences of Hot Air Drying and Microwave Drying on Nutritional and Odorous Properties of Grass Carp (Ctenopharyngodon idellus) Fillets," *Food Chemistry*, vol.110, pp. 647-653, 2008.

[14] R. Tuntapanichkul, *Food Chemistry*, Bangkok: Chuanpim Publish, 1992 (in Thai).

[15] P. Wongsawat and M.Nopparat, "Quality Improvement of Emulsion Sausage by Chicken Blood and Plasma Powder," *Food Journal*, vol.33, pp. 56-67, 2003 (in Thai).

[16] A.M. Gazmuri and P. Bouchon, "Analysis of Wheat Gluten and Starch Matrices during Deep-Fat Frying." *Food Chemistry*, vol.115, pp.999-1005, 2009.

[17] C.Carretero, "Use of Porcine Blood Plasma in Phosphate Free Frankfurters," *Procedia – Food Science*, vol.1, pp.477-482, 2012.

[18] Thai Industrial Standards Institute Ministry of Industrial. (2012). *Kanom Kow Krob (Crispy Rice Snack)* (in Thai). [Online]. Available: http://tcps.tisi.go.th/public/StandardList.aspx