

คุณลักษณะทางกายภาพและเคมีของไบโอแคลเซียมจากก้างปลาทูน่าโดยวิธีการสกัด

Physicochemical Characteristics of Bio-Calcium Powder from Tuna Bones by Extraction Methods

ภาวิดา จินตนาณฤมิตร¹ ทวีศักดิ์ เตชะเกรียงไกร¹ และพรทิพย์ พสุกมลเศรษฐ์^{1*}
Pawita Jintananarumit¹, Taweesak Techakriengkrai¹ and Porntip Pasukamonset^{1*}

บทคัดย่อ

ก้างปลาทูน่า คือ ผลพลอยได้จากกระบวนการแปรรูปซึ่งในปัจจุบันมีผู้ผลิตผลิตภัณฑ์ปลาทูน่ากระป๋องเพิ่มขึ้น งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ที่จะศึกษาการนำก้างปลาทูน่ามาสกัดเป็นผงไบโอแคลเซียมโดยใช้วิธีอัลคาไลน์ ซึ่งเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพในการกำจัดสารอินทรีย์จากก้างปลาทูน่า ด้วยเหตุนี้ทำให้ปริมาณโปรตีนและไขมันในผงไบโอแคลเซียมลดลง ปริมาณเถ้าเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามการที่มีปริมาณไขมันต่ำจะช่วยลดปฏิกิริยาออกซิเดชัน ซึ่งเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดกลิ่นหืน และส่งผลต่ออายุการเก็บรักษา ผงไบโอแคลเซียมควรมีสีขาว และปราศจากกลิ่นคาว งานวิจัยนี้ได้มีการนำก้างปลาทูน่ามาสกัดเป็นผงไบโอแคลเซียมโดยวิธีการสกัด 4 วิธี ได้แก่ 1) วิธีอัลคาไลน์ 2) วิธีอัลคาไลน์ร่วมกับความร้อน 3) วิธีอัลคาไลน์ร่วมกับความร้อนและมีการกำจัดไขมันและการฟอกสีเป็นกระบวนการเสริม และ 4) วิธีอัลคาไลน์และมีการกำจัดไขมันเป็นกระบวนการเสริม ผลการวิจัยพบว่าผงไบโอแคลเซียมอุดมไปด้วยแคลเซียม (18.74%-21.45%) และฟอสฟอรัส (9.46%-10.28%) องค์ประกอบทางเคมีและค่าสีของผงไบโอแคลเซียมพบว่า วิธีอัลคาไลน์และมีการกำจัดไขมันเป็นกระบวนการเสริมมีค่าโปรตีนสูงที่สุด (29.94%) ค่าไขมันต่ำที่สุด (0.84%) ค่า b* ต่ำที่สุด (12.48%) และค่า L* ต่ำกว่าวิธีอัลคาไลน์ร่วมกับความร้อนและมีการกำจัดไขมันและการฟอกสีเป็นกระบวนการเสริมอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) จากผลลัพธ์นี้แสดงให้เห็นถึงคุณลักษณะทางกายภาพ เคมี และคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของผงไบโอแคลเซียมที่ยอมรับได้

คำสำคัญ: ก้างปลาทูน่า คุณลักษณะทางกายภาพ คุณลักษณะทางเคมี ไบโอแคลเซียม การสกัด

Abstract

Tuna bone is a by-product of tuna processing, which is a growth industry that has attracted more manufacturers that produce canned tuna products. The objective of this research was to study the extraction of bio-calcium powder from tuna bone using the alkaline method. This method is an effective technique to get rid of organic substances from the bone. This method produces a decrease in the quantity of protein and fat in extracted bio-calcium powder, and a corresponding increase in the amount of ash. One positive effect of the reduction in fat content is lower susceptibility to oxidative rancidity and thus shelf life extension. The bio-calcium powders are white in color and without any undesirable fishy odor. In this study, bio-calcium powder was extracted from tuna bone via the following four methods: the alkaline (AK) method, the heat-treated alkaline (HAK) method, the heat-treated alkaline with fat removal and bleaching supplementary method (HAK-FB), and the alkaline with fat removal supplementary (AK-F) method. The results showed that bio-calcium powder from tuna bone was rich in calcium (18.74%-21.45%) and phosphorus (9.46%-10.28%). The proximate and LAB color results of the bio-calcium powder indicated that the AK-F method obtained a higher protein (29.94%), lower fat (0.84%), lower b* value (12.48%) and lower b* value than did the HAK-FB method ($P < 0.05$). Besides, this method produced bio-calcium powder of satisfactory physicochemical characteristics. Furthermore, the powder performed well in sensory evaluations.

Keywords: fishbone, physical characteristics, chemical characteristics, bio-calcium, extraction

¹ ภาควิชาคหกรรมศาสตร์ คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900

¹ Department of Home Economics, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Chatuchak, Bangkok 10900

* Corresponding author, Email: pasukamonset@gmail.com

คำนำ

ปัจจุบันประเทศไทยเป็นผู้ผลิตและส่งออกอาหารทะเลกระป๋องและแปรรูปเป็นสินค้าส่งออกที่สำคัญอันดับหนึ่งของประเทศไทย (กระทรวงพาณิชย์, 2561) นอกจากนี้ความต้องการผลิตภัณฑ์ปลาทุ่นำกระป๋องเพิ่มมากขึ้นทั้งตลาดในประเทศและนอกประเทศ ทำให้มีผลิตภัณฑ์ปลาทุ่นำกระป๋องหลากหลาย เช่น ปลาทุ่นำในน้ำมันหรือน้ำเกลือ ปลาทุ่นำในเครื่องแกงหรือซอสประเภทต่าง ๆ ส่งผลให้เกิดการแปรรูปปลาทุ่นำเพิ่มขึ้น จึงเกิดเศษเหลือ ได้แก่ หัว ไล่ ก้าง และหนังจากกระบวนการแปรรูปปลาทุ่นำกระป๋อง จากงานวิจัยที่ผ่านมารายงานว่า การผลิตปลาทุ่นำกระป๋องส่งออก ทำให้เกิดเศษเหลือจากกระบวนการแปรรูปปลาทุ่นำประมาณ 10-15% (Benjakul et al., 2017) ซึ่งปริมาณวัตถุดิบของเศษเหลือจากกระบวนการแปรรูปปลาทุ่นำกระป๋องนั้นสามารถนำมาแปรรูปเพื่อให้ได้เป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ เช่น เศษปลา เครื่องในปลา ก้างปลานำไปผลิตปลาป่น น้ำนึ่งปลานำไปผลิตซอสปรุงรสหรือน้ำมันปลา (Sayana and Sirajudheen, 2017) เป็นต้น

ก้างปลาจัดเป็นผลพลอยได้ของเศษเหลือจากกระบวนการแปรรูปปลาทุ่นำกระป๋อง มีองค์ประกอบในด้านโภชนาการที่สำคัญ จากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่ากระดูกปลาโอดำและกระดูกปลาทุ่นำกระป๋องมีโปรตีน 27.93% และ 26.29% ไขมัน 0.26% และ 0.19% และเถ้า 69.68% และ 69.54% ตามลำดับ (Benjakul et al., 2017) และพบปริมาณของแคลเซียมสูงถึง 24.56% (Nemati et al., 2017) แคลเซียมจัดเป็นแร่ธาตุที่มีความสำคัญอย่างมากต่อสุขภาพร่างกาย โดยเป็นสารอาหารหลักภายในร่างกายพบที่ในฟันและกระดูกถึง 99% ดังนั้นแคลเซียมจึงมีประโยชน์ต่อสุขภาพฟันและกระดูก และในระบบอื่น ๆ ของร่างกาย เช่น สุขภาพและการทำงานของเส้นประสาทและเนื้อเยื่อกล้ามเนื้อ (Beto, 2015) ดังนั้นการหันมารับประทานอาหารเสริมแคลเซียมจึงเป็นอีกหนึ่งทางเลือกที่ส่งผลดีต่อสุขภาพ

ในปัจจุบันจึงมีผลิตภัณฑ์เสริมแคลเซียมที่เป็นประโยชน์ต่อการเพิ่มปริมาณแคลเซียมในร่างกาย โดยเฉพาะอย่างยิ่งกลุ่มประชากรที่มีการบริโภคแคลเซียมไม่เพียงพอ ซึ่งผลิตภัณฑ์เสริมแคลเซียมทั่วไป เช่น นม แبنกาลี แبنกาลีพอด เกลือน้ำตาล ไขมัน และน้ำมัน เป็นต้น ผลิตภัณฑ์เหล่านี้ได้เสริมแคลเซียมในรูปของเกลือแคลเซียม เช่น แคลเซียมคาร์บอเนต แคลเซียมซิเตรต และไตรแคลเซียมฟอสเฟต เป็นต้น แต่ทั้งนี้การได้รับแคลเซียมจากธรรมชาติก็เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคมากขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ก้างปลา เป็นแหล่งของแคลเซียมฟอสเฟต ซึ่งมีความคล้ายคลึงกับส่วนประกอบของกระดูกมนุษย์ (Nemati et al., 2017) ซึ่งก้างปลานั้นมีไขมันและโปรตีนอยู่ในปริมาณที่เพียงพอ ไขมันของก้างปลาอยู่ในรูปของไตรกลีเซอไรด์ซึ่งสามารถย่อยสลายได้เมื่อถูกความร้อนในสภาวะความเป็นด่าง (Talib et al., 2014) โดยวิธีอัลคาไลน์ คือ วิธีที่สามารถกำจัดโปรตีนและไขมันออกจากก้างปลาทุ่นำ เพื่อที่จะให้ได้เถ้าซึ่งเป็นเกณฑ์สำคัญจากก้างปลาทุ่นำ ผลของโซเดียมไฮดรอกไซด์ในระหว่างกระบวนการผลิตผงก้างปลาทุ่นำทำให้เกิดการละลายและกำจัดสารอินทรีย์จากก้างปลา จึงเป็นสาเหตุที่ทำให้โปรตีนและไขมันในผงก้างปลาลดลงและเถ้าเพิ่มขึ้น จะเห็นได้ว่าวิธีอัลคาไลน์เป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพในการกำจัดสารอินทรีย์เพื่อให้ได้ผงก้างปลาที่มีความบริสุทธิ์สูง ยิ่งไปกว่านั้นวิธีการนี้เป็นวิธีที่ง่ายและประหยัดต้นทุน (Nemati et al., 2017) จากงานวิจัยที่ผ่านมาได้มีการสกัดแคลเซียมจากก้างปลาโดยการนำเอาก้างปลาและเสริมในข้าวเกรียบข้าวสาลีเพื่อเป็นแหล่งอาหารเพื่อสุขภาพที่อุดมไปด้วยแคลเซียมโดยวิธีอัลคาไลน์ร่วมกับความร้อน และมีการกำจัดไขมันและการฟอกสีเป็นกระบวนการเสริม การฟอกสีจะช่วยให้ a* และ b* ลดลง ทำให้แคลเซียมจากก้างปลาไม่ผลกระทบโดยตรงต่อสีของข้าวเกรียบข้าวสาลี (Benjakul and Kamjanapratum, 2018) นอกจากนี้มีงานวิจัยที่จะพัฒนาผลิตภัณฑ์เสริมแคลเซียมจากก้างปลาทุ่นำและคุณลักษณะทางโภชนาการโดยวิธีอัลคาไลน์เป็นการกำจัดโปรตีนและไขมันจากก้างปลาลงเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์เสริมแคลเซียมจากก้างปลาทุ่นำที่มีความบริสุทธิ์สูง (Nemati et al., 2017) จากงานวิจัยที่ผ่านมาจะเห็นได้ว่าการสกัดแคลเซียมจากก้างปลาด้วยวิธีที่แตกต่างกันแต่ได้ผลลัพธ์ออกมาในทำนองเดียวกัน ดังนั้นการศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อต้องการศึกษาหาวิธีที่เหมาะสมในการเตรียมผงไบโอแคลเซียมจากก้างปลาทุ่นำ โดยทำการทดลองใช้วิธีการเตรียมผงไบโอแคลเซียมที่แตกต่างกัน 4 วิธี และทำการศึกษาลักษณะทางเคมี กายภาพ และองค์ประกอบทางเคมีของผงไบโอแคลเซียมจากก้างปลาทุ่นำ เพื่อใช้เป็นแหล่งวัตถุดิบแคลเซียมสกัดจากธรรมชาติต่อไป

วิธีการศึกษา

วัตถุดิบ

เศษก้างปลาทุ่นำสายพันธุ์ *Thunnus albacares*, *Euthynnus affinis*, *Katsuwonus pelamis* และ *Thunnus tonggol* จากบริษัท เข้าส์อีสต์เอเชียนแพคเกจจิ้งแอนด์แคนนิ่ง จำกัด จังหวัดสมุทรสาคร

การเตรียมวัตถุดิบ

ดัดแปลงขั้นตอนการทำความสะอาดจาก Abbey et al. (2017) นำก้างปลาทูน่ามาล้างทำความสะอาด สะเด็ดน้ำ จากนั้นหั่นเป็นท่อนขนาด 1-2 เซนติเมตร บรรจุถุงพลาสติกปิดสนิท เก็บไว้ที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส

วิธีการสกัดผงไบโอแคลเซียมจากก้างปลาทูน่า

ทำการสกัดผงไบโอแคลเซียมจากก้างปลาทูน่า ด้วยวิธีสกัดทั้งหมด 4 วิธี ได้แก่ 1) วิธีอัลคาไลน์ (AK) ดัดแปลงขั้นตอนการสกัดจาก ผกาวิทย์ ภูจันทร์ (2559) 2) วิธีอัลคาไลน์ร่วมกับความร้อน (HAK) โดยดัดแปลงขั้นตอนการสกัดจาก Nemati et al. (2017) 3) วิธีอัลคาไลน์ร่วมกับความร้อนและมีการกำจัดไขมันและการฟอกสี (HAK-FB) เป็นกระบวนการเสริมดัดแปลงขั้นตอนการสกัดจากวิธีการของ Benjakul and Karnjanapratum (2018) และ 4) วิธีอัลคาไลน์และมีการกำจัดไขมัน (AK-F) เป็นกระบวนการเสริมดัดแปลงขั้นตอนการสกัดจาก ผกาวิทย์ ภูจันทร์ (2559) และ Benjakul and Karnjanapratum (2018) (Figure 1)

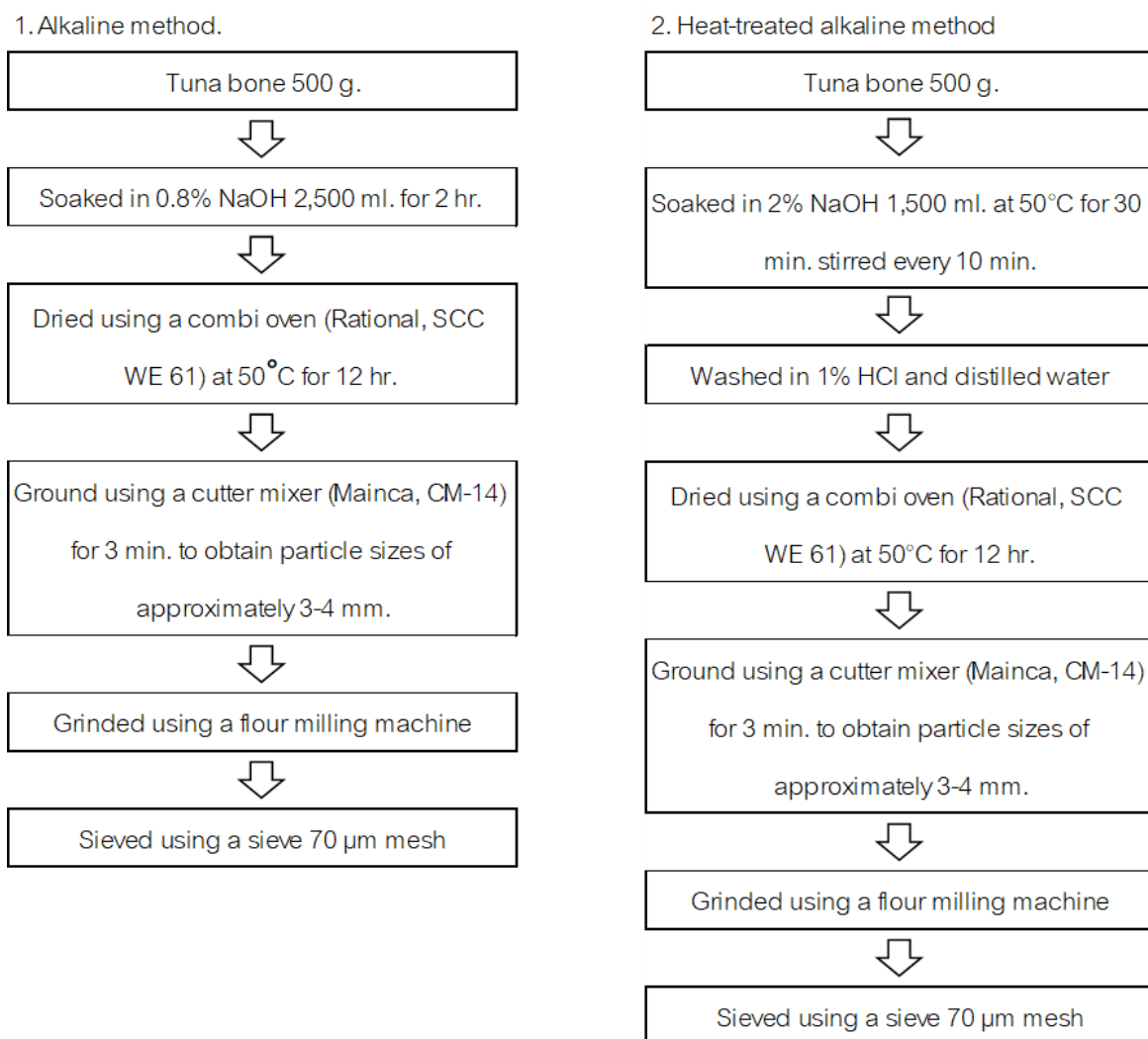


Figure 1 Flow chart of each extraction method.

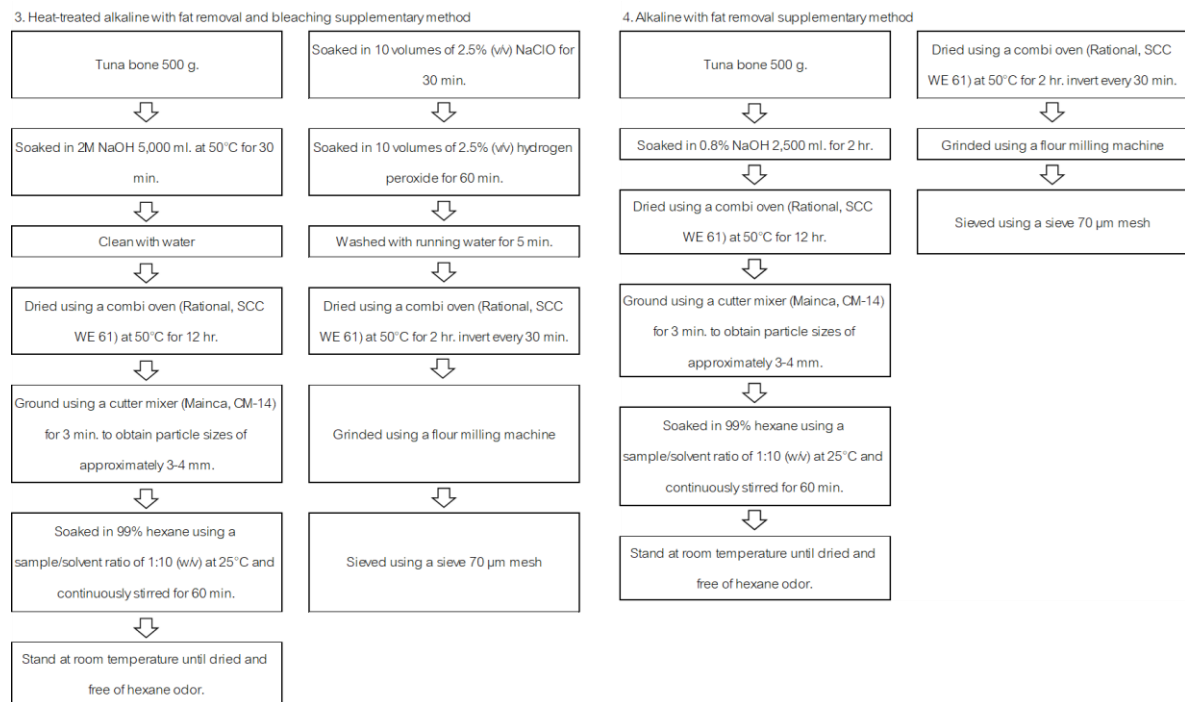


Figure 1 (continued).

เมื่อได้ผลผลิตจากการสกัดทั้ง 4 วิธีแล้ว ชั่งน้ำหนักเพื่อคำนวณปริมาณผลผลิต โดยใช้สูตรดังนี้

$$\text{ปริมาณผลผลิตผงใบโอคลเคลี่ยม} = (\text{น้ำหนักผงใบโอคลเคลี่ยมที่สกัดได้} / \text{น้ำหนักตัวอย่างสด}) \times 100$$

วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีจากการสกัดผงใบโอคลเคลี่ยมจากก้างปลาทูน่า

นำตัวอย่างผงใบโอคลเคลี่ยมของทั้ง 4 วิธี มาวิเคราะห์องค์ประกอบของสารอาหารของผงใบโอคลเคลี่ยม ได้แก่ ความชื้น โปรตีน ไขมัน ฟอสฟอรัส และแคลเซียม ตามวิธี AOAC (2016)

วิเคราะห์องค์ประกอบทางกายภาพจากการสกัดผงใบโอคลเคลี่ยมจากก้างปลาทูน่า

นำตัวอย่างผงใบโอคลเคลี่ยมของทั้ง 4 วิธี มาวิเคราะห์องค์ประกอบทางกายภาพของผงใบโอคลเคลี่ยม

- ค่าสี L* (ค่าความสว่าง) a* (ค่าความเป็นสีแดง) และ b* (ค่าความเป็นสีเหลือง) โดยใช้เครื่องวัดสี (ColorFlex, HunterLab, USA) จำนวน 3 ซ้ำ
- ปริมาณน้ำอิสระ (water activity, a_w) ด้วยเครื่อง a_w meter (RS-232, AQUA Lab, USA) จำนวน 3 ซ้ำ

การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

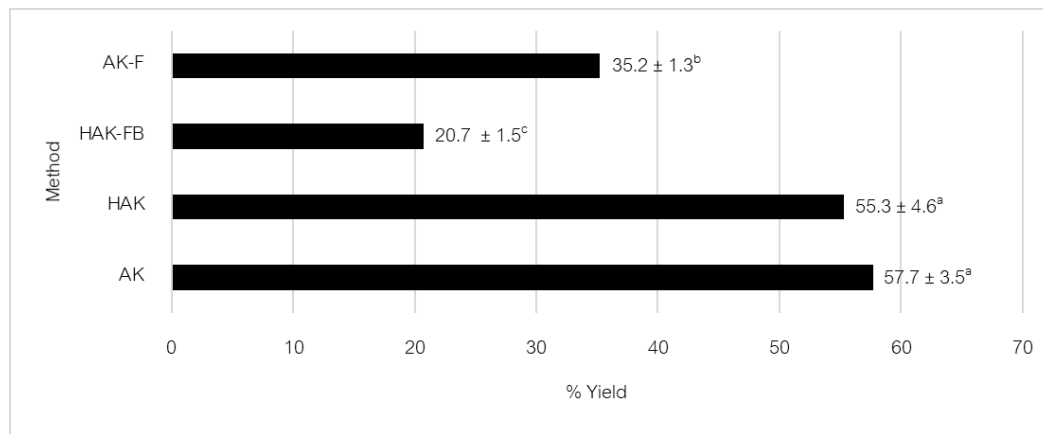
วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) วิเคราะห์ความแปรปรวนด้วยวิธี One-way ANOVA และวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ และรายงานผลเป็นค่าเฉลี่ย $\pm$ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)

ผลการศึกษาและวิจารณ์

ผลการศึกษาปริมาณผลผลิตผงใบโอคลเคลี่ยม

จากการศึกษาปริมาณผลผลิตผงใบโอคลเคลี่ยมโดยนำก้างปลาทูน่าผ่านกระบวนการสกัดทั้ง 4 วิธี เมื่อพิจารณาปริมาณผลผลิตพบว่าการสกัดผงใบโอคลเคลี่ยมทั้ง 4 วิธีมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) โดยวิธีอัลคาไลน์ร่วมกับความร้อนและมีการกำจัดไขมันและการฟอกสีเป็นกระบวนการเสริมมีปริมาณผลผลิตต่ำที่สุด คือ 20.7% และวิธีอัลคาไลน์ได้ปริมาณผลผลิตมากที่สุด คือ 57.7% (Figure 2) เนื่องจากในขณะนี้นำก้างปลาทูน่าผ่านกระบวนการอบแห้งด้วยเตาอบอาหารใช้ลมร้อน/ไอน้ำ (combi oven) น้ำจะระเหยออกจากก้างปลาทูน่า ซึ่งจะบอกได้จากค่าความชื้นที่เข้าใกล้ศูนย์ โดยน้ำหนักแห้งจะมีความสัมพันธ์กับปริมาณไขมันที่สูงขึ้น (Benjakul et al., 2017) ด้วยเหตุนี้จึงทำให้ปริมาณผลผลิตผงใบโอคลเคลี่ยมจากวิธีอัลคาไลน์ร่วมกับความร้อนและมีการกำจัดไขมันและการฟอกสีเป็นกระบวนการเสริม และวิธีอัลคาไลน์และมีการกำจัดไขมัน

เป็นกระบวนการเสริมให้ปริมาณผลผลิตของผงไบโอแคลเซียมน้อย เนื่องจากจากในขั้นตอนการสกัดมีการอบแห้งถึง 2 ครั้ง ซึ่งต่างจากวิธีอัลคาไลน์ และวิธีอัลคาไลน์ร่วมกับความร้อนที่มีขั้นตอนการอบแห้งเพียงครั้งเดียว รวมถึงปัจจัยของอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการอบแห้งปลาทูน่ามีผลต่อปริมาณผลผลิตผงไบโอแคลเซียมและปริมาณความชื้นเช่นกัน



AK: alkaline method.

HAK: heat-treated alkaline method.

HAK-FB: heat-treated alkaline with fat removal and bleaching supplementary method.

AK-F: alkaline with fat removal supplementary method.

a-c Means within a row with different superscripts are significantly different ($P < 0.05$).

Figure 2 The percentage of yield each extraction method.

ผลการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีจากวิธีการสกัดผงไบโอแคลเซียมจากก้างปลาทูน่า

จากผลการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของผงไบโอแคลเซียมจากก้างปลาทูน่าโดยวิธีการสกัด 4 วิธี พบว่าปริมาณโปรตีน ไขมัน และเถ้ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) (Table 1) วิธีอัลคาไลน์และมีการกำจัดไขมันเป็นกระบวนการเสริมมีค่าปริมาณโปรตีนสูงที่สุด คือ 29.94% วิธีอัลคาไลน์ร่วมกับความร้อนและมีการกำจัดไขมันและการฟอกสีเป็นกระบวนการเสริมมีค่าปริมาณเถ้าสูงที่สุด คือ 60.21% ปริมาณไขมันพบว่าวิธีอัลคาไลน์ร่วมกับความร้อนและมีการกำจัดไขมันและการฟอกสีเป็นกระบวนการเสริม และวิธีอัลคาไลน์และมีการกำจัดไขมันเป็นกระบวนการเสริมมีค่าต่ำสุดในปริมาณใกล้เคียงกัน คือ 0.68%-0.84% การที่ปริมาณโปรตีนและไขมันมีค่าลดลงในผงไบโอแคลเซียมเนื่องจากวิธีอัลคาไลน์เป็นวิธีที่สามารถกำจัดโปรตีนและไขมันออกจากก้างปลาทูน่าซึ่งเป็นผลมาจากโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่สามารถกำจัดสารอินทรีย์ (ไขมันและโปรตีน) ออกจากก้างปลาเพื่อให้ได้ผงไบโอแคลเซียมที่มีความบริสุทธิ์สูง รวมถึงความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์มีผลกระทบต่อปริมาณโปรตีนและไขมัน แต่ส่งผลดีต่อปริมาณเถ้าในผงไบโอแคลเซียม (Nemati et al., 2017) จากผลการศึกษา พบว่าการสกัดผงไบโอแคลเซียมโดยวิธีอัลคาไลน์ร่วมกับความร้อนและมีการกำจัดไขมันและการฟอกสีเป็นกระบวนการเสริมมีปริมาณเถ้าสูง เนื่องจากในขั้นตอนการสกัดผงไบโอแคลเซียมใช้ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์สูงที่สุดจึงส่งผลให้ปริมาณโปรตีนและไขมันลดลง แต่ปริมาณเถ้าเพิ่มขึ้นนั่นเอง จากวิธีการสกัดวิธีอัลคาไลน์ร่วมกับความร้อนและมีการกำจัดไขมันและการฟอกสีเป็นกระบวนการเสริม และวิธีอัลคาไลน์และมีการกำจัดไขมันเป็นกระบวนการเสริมมีขั้นตอนการใช้เฮกเซนในระหว่างกระบวนการสกัดซึ่งเฮกเซนเป็นสารระเหยประเภทหนึ่ง จากผลการศึกษาของ Benjakul et al. (2017) รายงานว่า สารระเหยของผงไบโอแคลเซียมจากก้างปลาทูน่าสายพันธุ์ tongol และ yellowfin พบแอลกอฮอล์ซึ่งเป็นสารระเหยที่พบมากที่สุด ในผงไบโอแคลเซียมจากก้างปลาทูน่าสายพันธุ์ tongol และ yellowfin ซึ่งแอลกอฮอล์เกิดจากการสลายตัวของไฮโดรเปอร์ออกไซด์จากปฏิกิริยาการเกิดออกซิเดชันของไขมัน สารประกอบแอลกอฮอล์หลักที่พบในผงไบโอแคลเซียมจากก้างปลาทูน่าสายพันธุ์ tongol คือ 2-methyl-1-propanol และ 1-propen-2-ol ตามลำดับ อีกทั้งยังพบ 1-octen-3-ol, 2-hexen-1-ol และ (Z)-3-hexen-1-ol ในผงไบโอแคลเซียมจากก้างปลาทูน่าสายพันธุ์ tongol แต่พบในปริมาณน้อย แต่ในผงไบโอแคลเซียมจากก้างปลาทูน่าสายพันธุ์ yellowfin ไม่พบสารประกอบแอลกอฮอล์เหล่านั้น ดังนั้นปฏิกิริยาการเกิดออกซิเดชันของไขมันที่หลงเหลืออยู่ในผงไบโอแคลเซียมจากก้างปลาทูน่าอาจนำไปสู่การก่อตัวของสารระเหยเหล่านั้น ซึ่งจากวิธีการสกัดด้วยวิธีอัลคาไลน์ร่วมกับความร้อนและมีการกำจัดไขมันและการฟอกสีเป็นกระบวนการเสริม และวิธีอัลคาไลน์และมีการกำจัดไขมัน

เป็นกระบวนการเสริมพบปริมาณไขมันเท่ากับ 0.68% และ 0.84% ตามลำดับ ซึ่งถือว่าปริมาณไขมันมีค่าต่ำทำให้สารประกอบแอลกอฮอล์เหล่านี้นั้นตรวจพบในปริมาณน้อย อีกทั้งยังช่วยให้ผงไบโอแคลเซียมจากก้างปลาพูนามีกลิ่นควาซึ่งเป็นกลิ่นที่ไม่พึงประสงค์สำหรับผู้บริโภคอีกด้วย

Table 1 Chemical composition of each extraction method tuna bones.

Chemical composition	AK	HAK	HAK-FB	AK-F
Moisture (%)	10.35±0.18c	10.38±0.24c	8.04±0.44b	7.21±0.26a
Protein (%)	24.74±0.79a	23.73±1.17a	25.09±0.22a	29.94±0.91b
Fat (%)	4.75±1.12b	4.16±0.85b	0.68±0.49a	0.84±0.55a
Ash (%)	53.10±1.38a	54.07±0.21ab	60.21±0.16c	55.36±0.30b
Calcium (%)	19.32±0.46a	19.20±0.16a	21.45±0.05b	18.74±0.04a
Phosphorus (%)	9.93±0.24ab	9.68±0.05a	10.28±0.36b	9.46±0.24a
Mole ratio of Ca/P	1.95	1.98	2.09	1.98

AK: alkaline method.

HAK: heat-treated alkaline method.

HAK-FB: heat-treated alkaline with fat removal and bleaching supplementary method.

AK-F: alkaline with fat removal supplementary method.

a-c Means within a row with different superscripts are significantly different ($P < 0.05$).

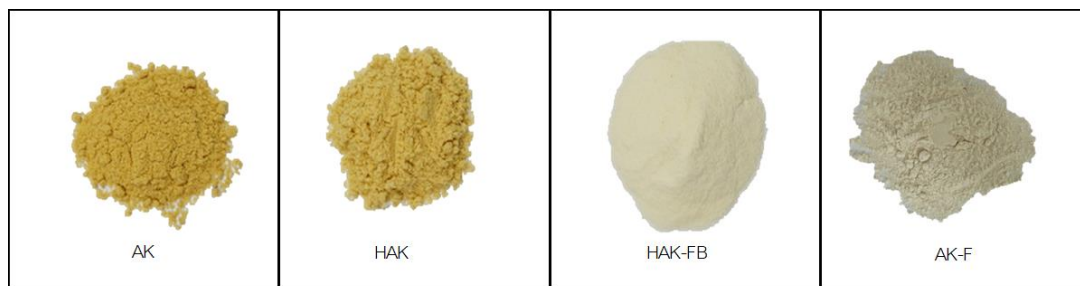
เมื่อพิจารณา (Table 1) แสดงให้เห็นว่าวิธีอัลคาไลน์ วิธีอัลคาไลน์ร่วมกับความร้อน วิธีอัลคาไลน์ร่วมกับความร้อนและมีการกำจัดไขมันและการฟอกสีเป็นกระบวนการเสริม และวิธีอัลคาไลน์และมีการกำจัดไขมันเป็นกระบวนการเสริมมีปริมาณแคลเซียมเท่ากับ 19.32%, 19.20%, 21.45% และ 18.74% ตามลำดับ ซึ่งเป็นแร่ธาตุที่มีมากที่สุดในการสกัดผงไบโอแคลเซียมจากก้างปลาพูน่า แร่ธาตุลำดับที่สองคือฟอสฟอรัส มีค่าเท่ากับ 9.93%, 9.68%, 10.28% และ 9.46% ตามลำดับ และอัตราส่วนของแคลเซียมต่อฟอสฟอรัสมีความสำคัญต่อผงไบโอแคลเซียม เนื่องจากแหล่งของแคลเซียมควรมีอัตราส่วนของแคลเซียมต่อฟอสฟอรัสอยู่ที่ 2:1 โดยเฉพาะอย่างยิ่งก้างปลาพูน่าเป็นแหล่งของแคลเซียมฟอสเฟตซึ่งมีความคล้ายคลึงกับส่วนประกอบของกระดูกมนุษย์ (Nemati et al., 2017) ในการศึกษาครั้งนี้พบปริมาณของอัตราส่วนของการสกัดผงไบโอแคลเซียมทั้ง 4 วิธีมีค่าอยู่ระหว่าง 1.95-2.09 ซึ่งมีความใกล้เคียงกับอัตราส่วนที่เหมาะสมของกระดูกมนุษย์ วิธีอัลคาไลน์จะให้ความเข้มข้นของแคลเซียมสูงเพราะโปรตีนและไขมันที่อยู่ในก้างปลาพูน่าจะถูกย่อย การใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์คือการทำให้แน่ใจว่าผงไบโอแคลเซียมได้ถูกกำจัดสารอินทรีย์ออกทั้งหมดก่อนที่จะนำไปใช้เป็นแคลเซียมเสริมในผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ยิ่งไปกว่านั้นวิธีอัลคาไลน์นี้เป็นวิธีที่ง่ายและประหยัดต้นทุนได้เป็นอย่างดี ในความเป็นจริงผงไบโอแคลเซียมจากก้างปลาพูน่าเป็นแหล่งแคลเซียมที่เหมาะสมในอุตสาหกรรมอาหาร (Nemati et al., 2017) จากการศึกษาพบว่าวิธีการสกัดวิธีอัลคาไลน์ร่วมกับความร้อนและมีการกำจัดไขมันและการฟอกสีเป็นกระบวนการเสริมให้ปริมาณแคลเซียมสูงที่สุด เนื่องจากในขั้นตอนการสกัดผงไบโอแคลเซียมใช้ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์สูงที่สุดจึงทำให้ได้สารอินทรีย์ (แคลเซียม) ในปริมาณมาก จึงทำให้วิธีการสกัดนี้ได้ปริมาณแคลเซียมสูงที่สุด แสดงให้เห็นว่าผงไบโอแคลเซียมจากก้างปลาพูน่าอุดมไปด้วยแคลเซียมที่ดีสำหรับมนุษย์ โดยเสริมผงไบโอแคลเซียมลงในอาหารเพื่อเพิ่มคุณค่าของผลิตภัณฑ์อาหาร หรือนำผงไบโอแคลเซียมบรรจุในแคปซูลต่อไป

ผลการศึกษาขององค์ประกอบทางกายภาพจากวิธีการสกัดผงไบโอแคลเซียมจากก้างปลาพูน่า

ค่า L^* , a^* และ b^* ของผงไบโอแคลเซียมจากก้างปลาพูน่าโดยวิธีการสกัด 4 วิธี (Table 2) ผงไบโอแคลเซียมจากก้างปลาพูน่าโดยวิธีการสกัดวิธีอัลคาไลน์ร่วมกับความร้อนและมีการกำจัดไขมันและการฟอกสีเป็นกระบวนการเสริม และวิธีอัลคาไลน์และมีการกำจัดไขมันเป็นกระบวนการเสริมมีสีขาวครีม ส่วนผงไบโอแคลเซียมจากก้างปลาพูน่าโดยวิธีอัลคาไลน์ และวิธีอัลคาไลน์ร่วมกับความร้อนมีสีเหลือง (Figure 3) แสดงให้เห็นว่าวิธีการสกัดวิธีอัลคาไลน์ร่วมกับความร้อนและมีการกำจัดไขมันและการฟอกสีเป็นกระบวนการเสริม และวิธีอัลคาไลน์และมีการกำจัดไขมันเป็นกระบวนการเสริมได้ลักษณะของผงไบโอแคลเซียมทางกายภาพที่ดีที่สุดเนื่องจากมีสีขาวครีม ผงไบโอแคลเซียมจากก้างปลาพูน่าโดยวิธีอัลคาไลน์ และวิธีอัลคาไลน์ร่วมกับความร้อน มีค่า L^* (ความสว่าง) น้อยกว่าผงไบโอแคลเซียมจากก้างปลาพูน่าโดยวิธีการสกัดวิธีอัลคาไลน์ร่วมกับความร้อนและมีการกำจัดไขมันและการฟอกสีเป็นกระบวนการเสริม และวิธีอัลคาไลน์และมีการกำจัดไขมันเป็นกระบวนการเสริมซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ค่า b^* (สีเหลือง) และค่า a^* (สีแดง) สูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

($P<0.05$) โดยผงใบโอเคลเชื่อมจากก้างปลาพ่นาโดยวิธีอัลคาไลน์ และวิธีอัลคาไลน์ร่วมกับความร้อนเมื่อเปรียบเทียบกับผงใบโอเคลเชื่อมจากก้างปลาพ่นาโดยวิธีการสกัดวิธีอัลคาไลน์ร่วมกับความร้อนและมีการกำจัดไขมันและการฟอกสีเป็นกระบวนการเสริม และวิธีอัลคาไลน์และมีการกำจัดไขมันเป็นกระบวนการเสริม เมื่อเปรียบเทียบวิธีการสกัดผงใบโอเคลเชื่อมจากก้างปลาพ่นาทั้ง 4 วิธีนี้มีกรดอะมิโนและไขมันบางชนิดเป็นส่วนประกอบ ทำให้เกิดการผลิตรสประกอบคาร์บอนิลจากการเกิดออกซิเดชันของไขมัน ซึ่งมีโอกาสที่จะเกิดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลชนิดที่ไม่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์ โดยเกิดขึ้นกับกรดอะมิโนและโปรตีนที่อยู่ในผงก้างปลาพ่นา โดยมีความร้อนจากการอบแห้งเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา (Benjakul et al., 2017) ดังนั้นสีเหลืองที่เกิดขึ้นในผงใบโอเคลเชื่อมจากก้างปลาพ่นาโดยเฉพาะวิธีอัลคาไลน์ และวิธีอัลคาไลน์ร่วมกับความร้อนมีค่า b^* สูงนั้นเป็นผลมาจากปริมาณไขมัน (Table 1) ที่สูงกว่านั่นเอง ดังนั้นกระบวนการที่ใช้ในการสกัดผงใบโอเคลเชื่อมจากก้างปลาพ่นามีผลกระทบต่อสีของผงใบโอเคลเชื่อม ซึ่งการที่ผงใบโอเคลเชื่อมมีปริมาณไขมันต่ำมีผลต่อสีของผงใบโอเคลเชื่อมจากก้างปลาพ่นาในทางที่ดีขึ้น และสีของผงใบโอเคลเชื่อมจากก้างปลาพ่นาจะส่งผลต่อสีของผลิตภัณฑ์เมื่อมีการใช้ปริมาณของผงใบโอเคลเชื่อมสูงขึ้น (Benjakul and Karnjanapratum, 2018)

ปริมาณน้ำอิสระที่อยู่ในผงก้างปลาพ่นาจากงานวิจัยของ Abbey et al. (2017) พบปริมาณน้ำอิสระของก้างปลาพ่นาเท่ากับ 0.65 ซึ่งจากการทดลองวิธีการสกัดผงใบโอเคลเชื่อมจากก้างปลาพ่นาทั้ง 4 วิธี พบว่าผงก้างปลาพ่นาจากวิธีการสกัดโดยวิธีอัลคาไลน์มีค่าสูงที่สุด คือ 0.58 ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยทั่วไปปริมาณน้ำอิสระต่ำจะส่งผลให้จุลินทรีย์ทุกชนิดไม่สามารถเจริญได้ และจากงานวิจัยของ Abbey et al. (2017) ได้ทำการศึกษาจุลินทรีย์วิทยาของผงก้างปลาที่ได้จากวิธีอัลคาไลน์พบว่าไม่พบเชื้อก่อโรค เช่น *E. coli*, *Enterococcus*, *Enterobacteriaceae*, *Staphylococcus aureus*, *Bacillus cereus*, *Clostridium perfringens*, *Vibrio cholerae* และ *Salmonella* อีกทั้งเชื้อราสามารถพบได้ทั่วไปในปลา แต่เนื่องจากกระบวนการทำแห้งก็ถือว่ามีประสิทธิภาพในการยับยั้ง รวมถึงเมื่อนำผงก้างปลาพ่นามาปรุงอาหารโดยผ่านความร้อนก็สามารถช่วยทำลายจุลินทรีย์ทั้งหมดได้อีกด้วย



AK: alkaline method.

HAK: heat-treated alkaline method.

HAK-FB: heat-treated alkaline with fat removal and bleaching supplementary method.

AK-F: alkaline with fat removal supplementary method.

Figure 3 The Appearance of fishbone powder of each extraction method.

Table 2 Color and water activity values of each extraction method tuna bones.

Chemical composition	AK	HAK	HAK-FB	AK-F
Color				
L*	66.52±1.99a	66.97±2.38a	88.96±0.22c	80.03±0.08b
a*	8.67±0.89c	7.47±0.72b	-0.24±0.30a	-0.33±0.04a
b*	35.22±1.28c	34.67±0.82c	16.03±0.50b	12.48±0.07a
Water Activity, a_w	0.5824±0.01d	0.5416±0.01c	0.4067±0.01b	0.3626±0.02a

AK: alkaline method.

HAK: heat-treated alkaline method.

HAK-FB: heat-treated alkaline with fat removal and bleaching supplementary method.

AK-F: alkaline with fat removal supplementary method.

a-d Means within a row with different superscripts are significantly different ($P<0.05$).

สรุปผลการศึกษา

การสกัดผงไบโอแคลเซียมจากก้างปลาหูช้างทั้ง 4 วิธี มีค่าองค์ประกอบทางเคมีและกายภาพที่แตกต่างกัน แต่อัตราส่วนของแคลเซียมต่อฟอสฟอรัสใกล้เคียงกัน พิจารณาจากวิธีการสกัดวิธีอัลคาไลน์ร่วมกับความร้อนและมีการกำจัดไขมันและการฟอกสีเป็นกระบวนการเสริมให้ผลการศึกษาของปริมาณแคลเซียม (21.45%) ที่โดดเด่นที่สุด ปริมาณไขมันน้อย (0.68%) ค่า b^* (สีเหลือง) เท่ากับ 16.03% แต่ให้ปริมาณผลผลิตต่ำ (20.7%) ส่วนวิธีอัลคาไลน์ และวิธีอัลคาไลน์ร่วมกับความร้อนมีค่าปริมาณโปรตีนและไขมันสูง ค่า b^* (สีเหลือง) มีค่าเท่ากับ 34.67%-35.22% ปริมาณแคลเซียมน้อยกว่าวิธีการสกัดอื่น ๆ แต่ให้ปริมาณผลผลิตค่อนข้างมาก ส่วนวิธีอัลคาไลน์และมีการกำจัดไขมันเป็นกระบวนการเสริมมีค่าปริมาณไขมันต่ำ (0.84%) ค่า b^* (สีเหลือง) ต่ำที่สุด (12.48%) ให้ปริมาณแคลเซียมน้อยกว่าวิธีการสกัดวิธีอัลคาไลน์ร่วมกับความร้อนและมีการกำจัดไขมันและการฟอกสีเป็นกระบวนการเสริม แต่ให้ปริมาณผลผลิตที่มากกว่าวิธีการสกัดวิธีอัลคาไลน์ร่วมกับความร้อนและมีการกำจัดไขมันและการฟอกสีเป็นกระบวนการเสริม จากผลการศึกษาพบว่ากรณีที่ปริมาณไขมันสูงจะทำให้ค่า b^* (สีเหลือง) สูงขึ้นด้วย จากผลลัพธ์นี้จึงสรุปได้ว่าวิธีอัลคาไลน์และมีการกำจัดไขมันเป็นกระบวนการเสริมแสดงให้เห็นถึงคุณลักษณะทางกายภาพเคมีและคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของผงไบโอแคลเซียมที่ดีและยอมรับได้จึงเหมาะสมที่จะนำไปประยุกต์ใช้สกัดผงไบโอแคลเซียมในเชิงพาณิชย์ได้

เอกสารอ้างอิง

- กระทรวงพาณิชย์. 2561. สินค้าออกสำคัญ 10 อันดับแรก. การค้าไทย. <http://www2.ops3.moc.go.th/> (5 กรกฎาคม 2561).
- ผกาวิดี ภูจันทร์. 2559. ผลของการเสริมแคลเซียมจากกระดูกปลาสดต่อการยอมรับของผลิตภัณฑ์คุกกี้. *Rajabhat Journal of Sciences, Humanities & Social Sciences* 17(1): 54-61.
- Abbey, L., Amengor, M. G., Atikpo, M. O., Atter, A., and Toppe, J. 2017. Nutrient content of fish powder from low value fish and fish byproduct. *Food Science and Nutrition* 5(3): 374-379.
- Association of Official Chemists (AOAC). 2016. *Official methods of analysis of Association of Official Analytical Chemists*. 20th ed. Rockville, Maryland: Association of Official Analytical Chemists International.
- Benjakul, S., and Karnjanapratum, S. 2018. Characteristics and nutritional value of whole wheat cracker fortified with tuna bone bio-calcium powder. *Food Chemistry* 259: 181-187.
- Benjakul, S., Mad-Ali, S., and Sookchoo, P. 2017. Characteristics of bio-calcium powders from pre-cooked tongol (*Thunnus tonggol*) and yellowfin (*Thunnus albacores*) tuna bones. *Food Biophysics* 12: 412-421.
- Beto, J. A. 2015. The role of calcium in human aging. *Clinical Nutrition Research* 4: 1-8.
- Nemati, M., Huda, N., and Ariffin, F. 2017. Development of calcium supplement from fish bone wastes of yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) and characterization of nutritional quality. *International Food Research Journal* 24(6): 2419-2426.
- Sayana, K. S., and Sirajudheen, T. K. 2017. By-product from tuna processing wastes-an economic approach to coastal waste management. In *Proceedings of the International Seminar on Coastal Biodiversity Assessment*. pp. 411-420.
- Talib, A., Suoprayitno, E., Aulani, A. M., and Hardoko. 2014. Physico-chemical properties of *Madidihang* (*Thunnus albacares* Bonnatere) fish bone flour in Ternate, North Moluccas. *International Journal of Biosciences* 4(10): 22-30.

วันรับบทความ (Received date) : 2 ก.ย. 62

วันแก้ไขบทความ (Revised date) : 19 ม.ค. 63

วันตอบรับบทความ (Accepted date) : 1 ก.ค. 63