

การพัฒนาขนมขบเคี้ยวแผ่นอบกรอบจากแป้งข้าวเจ้าผสมแป้งสาकुเสริมผงแคลเซียมชีวภาพ
Development of Crispy Snack Sheets from Rice Flour Blended with
Sago Flour Supplemented with Biocalcium Powder

สุรยานี บาราเฮง
Surayani Baraheng

ภาควิชาเทคโนโลยีอาหารและโภชนาการ วิทยาลัยอาชีวศึกษาปัตตานี จังหวัดปัตตานี 94000

Food Technology and Nutrition, Pattani Vocational College, Pattani 94000

Corresponding Author: E-mail suryanee.young@ives3.ac.th

Received : 8 May 2026; Revised : 2 June 2026; Accepted : 24 June 2026

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) เปรียบเทียบวิธีการสกัดผงแคลเซียมชีวภาพที่เหมาะสมจากก้างปลาแมคเคอเรล 3 วิธี ได้แก่ การต้ม การนึ่ง และการใช้หม้อแรงดัน และ 2) ศึกษาปริมาณผงแคลเซียมชีวภาพที่เหมาะสมในการผลิตขนมขบเคี้ยวชนิดแผ่นอบกรอบจากแป้งข้าวเจ้าผสมแป้งสาकुที่ระดับร้อยละ 0, 1, 3, 5 และ 7 ของส่วนผสมทั้งหมด วิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ ได้แก่ ค่าสี (L^* , a^* , b^*) อัตราการพองตัว ความหนาแน่น และทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสโดยผู้ทดสอบชิมที่ไม่ผ่านการฝึกฝน 30 คน

ผลการวิจัยพบว่า วิธีการต้มและการใช้หม้อแรงดันให้ร้อยละผลผลิตสูงสุด คือ ร้อยละ 8.39 ± 0.82 และ 8.40 ± 0.61 ตามลำดับ ซึ่งสูงกว่าวิธีการนึ่ง (4.65 ± 0.32) ($p \leq 0.05$) ในขณะที่ค่าสีของผงแคลเซียมชีวภาพทั้ง 3 วิธีไม่แตกต่างกัน ($p \geq 0.05$) สำหรับผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยว พบว่า ความสว่าง (L^*) และความหนาแน่นมีแนวโน้มลดลงตามปริมาณผงแคลเซียมชีวภาพที่เพิ่มขึ้น ($p \leq 0.05$) ในขณะที่อัตราการพองตัวไม่แตกต่างกัน ($p \geq 0.05$) ด้านการยอมรับทางประสาทสัมผัส การเสริมผงแคลเซียมชีวภาพร้อยละ 3 ให้คะแนนสูงสุดด้านรสชาติ (8.17 ± 0.87) และความชอบโดยรวม (8.33 ± 0.66) ($p \leq 0.05$) ผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวจากแป้งข้าวเจ้าผสมแป้งสาकुเสริมเสริมผงแคลเซียมชีวภาพจึงมีศักยภาพในการพัฒนาเป็นขนมทางเลือกเพื่อสุขภาพสำหรับกลุ่มผู้สูงอายุและผู้มีความเสี่ยงต่อภาวะขาดแคลเซียม

คำสำคัญ: ขนมขบเคี้ยวแผ่นอบกรอบ แป้งสาकु ผงแคลเซียมชีวภาพ ก้างปลาแมคเคอเรล

Abstract

This research aimed to: (1) compare three bio calcium extraction methods from mackerel fish bones namely boiling, steaming, and pressure cooking; and (2) determine the optimal bio calcium content (0%, 1%, 3%, 5%, and 7% of total ingredients) in crispy snack sheet products made from rice flour blended with sago flour. The physical quality (L^* , a^* , b^* color values, expansion ratio, and density) and sensory acceptance were evaluated by 30 untrained panelists.

The results showed that boiling and pressure cooking method yielded the highest bio calcium powder production rates of 8.39 ± 0.82 and 8.40 ± 0.61 , respectively, significantly higher than that of the steaming method (4.65 ± 0.32) while the color values of bio calcium powder

showed no significant difference among the 3 extraction methods. For snack products, lightness (L^*) and density decreased significantly with increasing bio calcium powder content ($p \leq 0.05$), whereas expansion ratio showed no significant difference across all formulations ($p \geq 0.05$). The sensory evaluation revealed that 3% bio calcium powder supplementation achieved the highest scores for taste (8.17 ± 0.87) and overall acceptability (8.33 ± 0.66), significantly higher than the 5% and 7% levels ($p \leq 0.05$). These findings suggest that the developed crispy snack sheets have potential as an alternative health-oriented snack for elderly populations and individuals at risk of calcium deficiency.

Keywords: crispy snack sheet, sago flour, bio calcium powder, mackerel bones

1. บทนำ

แคลเซียมเป็นแร่ธาตุที่สำคัญที่สุดในร่างกายมนุษย์ โดยร้อยละ 99 ของแคลเซียมในร่างกายสะสมอยู่ในกระดูกและฟัน แคลเซียมมีบทบาทสำคัญในการสร้างความแข็งแรงของกระดูก การทำงานของกล้ามเนื้อ การส่งสัญญาณประสาท และการแข็งตัวของเลือด ร่างกายมนุษย์ต้องการแคลเซียมในปริมาณ 800-1,000 มิลลิกรัมต่อวัน [1] ภาวะขาดแคลเซียมอย่างต่อเนื่องจะนำไปสู่โรคกระดูกพรุน ซึ่งองค์การอนามัยโลกจัดให้เป็นปัญหาสุขภาพสาธารณะอันดับสองของโลก รองจากโรคหัวใจและหลอดเลือด สำหรับประเทศไทย พบว่าประชาชนไทยได้รับแคลเซียมต่ำกว่าปริมาณที่แนะนำ และมีความเสี่ยงต่อการเป็นโรคกระดูกพรุนสูงถึงร้อยละ 90 โดยเฉพาะในกลุ่มผู้สูงอายุและสตรีวัยหมดประจำเดือน [2]

กระดูกปลาเป็นแหล่งของผงแคลเซียมชีวภาพ (Biocalcium powder) ที่ผ่านกระบวนการนำผงกระดูกปลาที่ผ่านกระบวนการให้ความร้อนเพื่อกำจัดโปรตีนและไขมัน ตามด้วยการอบแห้งและบดละเอียด โดยมีแคลเซียมฟอสเฟตเป็นองค์ประกอบหลัก คิดเป็นร้อยละ 30-35 ของน้ำหนักแห้ง ซึ่งมีโครงสร้างคล้ายคลึงกับกระดูกและฟันของมนุษย์ จึงมีการดูดซึมได้ดีกว่าแคลเซียมอนินทรีย์ทั่วไป [4] จากการศึกษาคุณลักษณะทางเคมีกายภาพของผงไบโอแคลเซียมจากกระดูกปลาพบว่าวิธีการสกัดต่าง ๆ พบว่าวิธีการสกัดมีผลต่อปริมาณโปรตีน ขนาดอนุภาค และสีของผงไบโอแคลเซียม [5] นอกจากนี้ การผลิตและคุณลักษณะของผงไบโอแคลเซียมจากกระดูกปลาโอบิน พบว่าไบโอแคลเซียมมีปริมาณแคลเซียมร้อยละ 26.91 และมีโครงสร้างแคลเซียมฟอสเฟตซึ่งช่วยเพิ่มการดูดซึมแคลเซียมเข้าสู่ร่างกาย [4]

ปลาแมคเคอเรล (*Scomber scombrus*) เป็นปลาทะเลที่มีการบริโภคอย่างแพร่หลายในแถบภาคใต้ของประเทศไทย กระบวนการแปรรูปปลาโดยทั่วไปก่อให้เกิดผลพลอยได้ในรูปของเศษเหลือทิ้ง เช่น หัว กระดูก ก้าง เครื่องใน และหนัง คิดเป็นสัดส่วนสูงถึงร้อยละ 30-70 ของน้ำหนักปลาทั้งตัว โดยส่วนใหญ่ยังไม่ได้รับการนำไปใช้ประโยชน์อย่างเหมาะสม และมักถูกทิ้งเป็นของเสีย [6] ก้างปลาแมคเคอเรลที่เหลือจากกระบวนการแปรรูปส่วนใหญ่จึงถูกทิ้งเป็นของเสีย การนำก้างปลาดังกล่าวมาสกัดแคลเซียมชีวภาพ จึงเป็นการเพิ่มมูลค่าของเสียและลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม สอดคล้องกับการพัฒนาอาหารเสริมแคลเซียมจากกระดูกปลานิล [7] และการพัฒนาขนมปังเสริมแคลเซียมจากผงกระดูกปลากระพง [2]

วิธีการสกัดแคลเซียมชีวภาพจากกระดูกปลาที่นิยมใช้ในปัจจุบันอาศัยหลักการให้ความร้อนขึ้น ซึ่งมีกลไกแตกต่างกันตามลักษณะของตัวกลางและระดับความดัน การต้มที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียสโดยการแช่ก้างปลาในน้ำโดยตรง ช่วยให้ความร้อนและน้ำเป็นตัวกลางในการชะล้างโปรตีน คอลลาเจน และไขมันออกจากโครงกระดูกได้อย่างทั่วถึง การนึ่งใช้ไอน้ำเป็นตัวนำความร้อนโดยที่ก้างปลาไม่สัมผัสกับน้ำโดยตรง

ส่งผลให้การชะล้างองค์ประกอบอินทรีย์ออกจากโครงกระดูกเกิดขึ้นในอัตราที่ต่ำกว่า ในขณะที่การใช้หม้อแรงดันที่อุณหภูมิสูงกว่า 100 องศาเซลเซียส ภายใต้ความดันบรรยากาศที่เพิ่มขึ้น สามารถสลายโครงสร้างคอลลาเจนและเนื้อเยื่อเกี่ยวพันได้มีประสิทธิภาพสูงกว่าทั้งสองวิธี ส่งผลให้ได้แคลเซียมชีวภาพที่มีปริมาณแคลเซียมสูงขึ้นและขนาดอนุภาคเล็กลง จากรายงานว่าผงแคลเซียมชีวภาพจากก้างปลากระพงที่ผ่านการนึ่งด้วยหม้ออัตโนมัติมีปริมาณแคลเซียมสูงกว่า (ร้อยละ 35.9) และขนาดอนุภาคเล็กกว่า (16.71 ไมโครเมตร) เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการต้ม (ร้อยละ 25.7 และ 52.85 ไมโครเมตร ตามลำดับ) [8] ดังนั้น การเปรียบเทียบทั้ง 3 วิธีจึงมีความสำคัญในการหาสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการสกัดไบโอแคลเซียมจากก้างปลาแมคเคอเรลซึ่งยังขาดการศึกษาในปัจจุบัน

แป้งสาคุเป็นวัตถุดิบอาหารท้องถิ่นที่สำคัญของภาคใต้ สกัดจากลำต้นของต้นสาคุ (*Metroxylon sagu* Rottb.) ซึ่งมีปริมาณคาร์โบไฮเดรตสูงถึงร้อยละ 84.7 มีคุณสมบัติด้านการเกาะตัวและความหนืดดีเหมาะสำหรับการนำมาใช้เป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์อาหารประเภทต่างๆ [9] ขนมห่อกรอบเป็นผลิตภัณฑ์ขนมไทยที่เป็นที่รู้จักดี มีลักษณะเบาและกรอบ เป็นที่นิยมในทุกกลุ่มอายุ ดังนั้น การพัฒนาขนมขบเคี้ยวชนิดแผ่นกรอบจากแป้งสาคุเสริมไบโอแคลเซียมจากปลาแมคเคอเรลจึงเป็นแนวทางที่น่าสนใจในการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพ โดยเฉพาะอย่างยิ่งสำหรับกลุ่มเสี่ยงที่ต้องการแคลเซียมเสริม

2. วัตถุประสงค์การวิจัย

2.1 เพื่อเปรียบเทียบวิธีการสกัดผงแคลเซียมชีวภาพที่เหมาะสมจากก้างปลาแมคเคอเรลระหว่างวิธีการต้ม วิธีการนึ่ง และวิธีการใช้หม้อแรงดัน

2.2 เพื่อศึกษาปริมาณผงแคลเซียมชีวภาพจากปลาแมคเคอเรลที่เหมาะสมในการผลิตขนมขบเคี้ยวชนิดแผ่นกรอบจากแป้งสาคุ

3. สมมติฐานการวิจัย

3.1 วิธีการสกัดผงแคลเซียมชีวภาพที่แตกต่างกันส่งผลต่อคุณลักษณะทางกายภาพและร้อยละผลผลิตของผงแคลเซียมชีวภาพจากก้างปลาแมคเคอเรลแตกต่างกัน

3.2 ปริมาณผงแคลเซียมชีวภาพที่แตกต่างกันมีผลต่อคุณลักษณะทางกายภาพและการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแผ่นกรอบจากแป้งสาคุ

4. วิธีดำเนินการวิจัย

4.1 วัตถุดิบและอุปกรณ์

วัตถุดิบที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วย แป้งข้าวเจ้า แป้งข้าวหอมกระดังงา แป้งสาคุ แป้งสาลี แป้งมันสำปะหลัง ผงไข่ขาว น้ำตาลทราย เกลือ ซีอิ๊วขาว พริกไทยป่น นมถั่วเหลือง และกระดูกปลาแมคเคอเรล

อุปกรณ์ที่ใช้ ได้แก่ อ่างผสม ถาดสแตนเลส หม้อนึ่ง กระทะทองม้วน เครื่องชั่งแบบดิจิตอล เครื่องปั่น ตู้อบลมร้อน และตู้เย็น

4.2 การสกัดผงแคลเซียมชีวภาพจากก้างปลาแมคเคอเรล

นำก้างปลาแมคเคอเรลล้างทำความสะอาด สะเด็ดน้ำ และหั่นเป็นท่อนขนาด 1-2 เซนติเมตร จากนั้นเปรียบเทียบวิธีการสกัด 3 วิธี โดยวิธีการต้มและการใช้หม้อแรงดันใช้อัตราส่วนก้างปลาต่อน้ำ 1:3 (w/v) ส่วนวิธีการนึ่งวางก้างปลาบนตะแกรงหนึ่งโดยไม่ให้สัมผัสกับน้ำ ทั้ง 3 วิธีใช้อุณหภูมิ 90°C เป็นเวลา

2 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำก้างปลาที่ผ่านกระบวนการมาอบแห้งที่อุณหภูมิ 60°C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นบดด้วยเครื่องบด และร่อนผ่านตะแกรงขนาด 100 เมช (150 ไมโครเมตร) เพื่อให้ได้ผงแคลเซียมชีวภาพที่มีขนาดอนุภาคสม่ำเสมอ

4.3 การผลิตขนมขบเคี้ยวชนิดแผ่นอบกรอบ

นำส่วนผสมทุกอย่าง (ดังตารางที่ 1) ตีด้วยตะกร้อมือให้เข้ากัน พักแป้งในอุณหภูมิห้อง 10 นาที ใช้ไฟอ่อนกับกระทะทองม้วนที่ทำน้ำมันพืชบางๆ หยดแบ่งประมาณ 1 ช้อนโต๊ะ ย่างบิบบิมพ์ให้แน่นฝั่งละ 1 นาที รวม 2 นาที จากนั้นใช้พิมพ์กดให้ได้ชั้นกลมขนาด 3.2 เซนติเมตร

ตารางที่ 1 ส่วนผสมขนมขบเคี้ยวแผ่นอบกรอบที่ระดับการเสริมผงแคลเซียมชีวภาพแตกต่างกัน

ส่วนผสม	ผงแคลเซียมชีวภาพ (กรัม)				
	ร้อยละ 0	ร้อยละ 1	ร้อยละ 3	ร้อยละ 5	ร้อยละ 7
แป้งข้าวเจ้า	50	50	50	50	50
แป้งข้าวหอมกระดังงา	50	49	47	45	43
แป้งสาคู	20	20	20	20	20
ผงแคลเซียมชีวภาพ	0	1	3	5	7
ซีอิ๊วขาว	2	2	2	2	2
น้ำตาลทราย	35	35	35	35	35
พริกไทยป่น	2	2	2	2	2
เกลือ	3	3	3	3	3
ผงไข่ขาว	5	5	5	5	5
นมถั่วเหลือง	150	150	150	150	150

4.4 การวิเคราะห์คุณภาพผลิตภัณฑ์

วิเคราะห์ค่าสี L^* , a^* , b^* ด้วยเครื่องวัดสีระบบ CIE (Colorimeter รุ่น WF 28 ยี่ห้อ FRU ประเทศจีน) โดยสอบเทียบเครื่องกับแผ่นมาตรฐานสีขาวก่อนการวัดทุกครั้ง วัดอัตราการพองตัว (Expansion ratio) โดยคำนวณจากอัตราส่วนของเส้นผ่านศูนย์กลางขนมที่อบแล้วต่อเส้นผ่านศูนย์กลางของแม่พิมพ์ก่อนอบ และวัดความหนาแน่น (Density) จากอัตราส่วนของน้ำหนักต่อปริมาตรของชิ้นขนม (g/cm^3) [10] ทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสโดยใช้ผู้ทดสอบชิมที่ไม่ผ่านการฝึกฝน จำนวน 30 คน ด้วย 9-Point Hedonic Scale ประเมิน 6 คุณลักษณะ ได้แก่ สี การพองตัว ความหนาแน่น เนื้อสัมผัส รสชาติ และความชอบโดยรวม

5. ผลการวิจัย

5.1 คุณลักษณะทางกายภาพของผงแคลเซียมชีวภาพจากวิธีการสกัดที่แตกต่างกัน

จากภาพผงแคลเซียมชีวภาพที่สกัดด้วยวิธีทั้ง 3 พบว่า ผงแคลเซียมชีวภาพจากวิธีการต้ม มีลักษณะเป็นก้อนอัดแน่นค่อนข้างมาก สีน้ำตาลเข้มสม่ำเสมอ ส่วนวิธีการนี้ ผงแคลเซียมชีวภาพมีลักษณะร่วนและกระจายตัวได้ดีที่สุด สีน้ำตาลอ่อนกว่าทั้งสองวิธี ในขณะที่วิธีการใช้หม้อแรงดัน ผงแคลเซียมชีวภาพมีลักษณะร่วนและกระจายตัวดี คล้ายกับวิธีการต้ม แต่สีน้ำตาลอมเหลืองมากกว่าเล็กน้อย ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 ลักษณะของผงแคลเซียมชีวภาพจากวิธีการสกัดแตกต่างกัน

จากการเปรียบเทียบวิธีการสกัดผงแคลเซียมชีวภาพจากก้างปลาแมคเคอเรล 3 วิธี พบว่าค่าสี L^* , a^* และ b^* ของผงแคลเซียมชีวภาพจากทั้ง 3 วิธีไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \geq 0.05$) แต่ร้อยละผลผลิตมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) วิธีการต้มและวิธีการใช้หม้อแรงดันให้ร้อยละผลผลิตสูงสุดเท่ากับ 8.39 ± 0.82 และ 8.40 ± 0.61 ตามลำดับ ในขณะที่วิธีการนึ่งให้ร้อยละผลผลิตต่ำสุดเท่ากับ 4.65 ± 0.32 ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 คุณลักษณะทางกายภาพของผงแคลเซียมชีวภาพที่ได้จากวิธีการสกัดต่างกัน

วิธีการสกัด ผงแคลเซียมชีวภาพ	คุณลักษณะทางกายภาพ			
	L^{*ns}	a^{*ns}	b^{*ns}	ร้อยละผลผลิต
วิธีการต้ม	31.93 ± 0.07	2.75 ± 0.13	19.85 ± 0.13	8.39 ± 0.82^a
วิธีการนึ่ง	31.93 ± 0.10	2.76 ± 0.31	19.24 ± 0.19	4.65 ± 0.32^b
วิธีการใช้หม้อแรงดัน	31.85 ± 0.13	2.64 ± 0.13	19.05 ± 0.10	8.40 ± 0.61^a

หมายเหตุ: ^{a-b} ตัวเลขในแนวตั้งเดียวกันที่มีตัวอักษรต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

^{ns} ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \geq 0.05$)

5.2 คุณลักษณะทางกายภาพและทางประสาทสัมผัสของขนมขบเคี้ยวจากแป้งสาชูเสริมผงแคลเซียมชีวภาพ

ขนมขบเคี้ยวจากแป้งสาชูเสริมผงแคลเซียมชีวภาพ มีลักษณะปรากฏแตกต่างการ โดยด้านสี พบว่า ร้อยละ 0 มีสีน้ำตาลเข้มสม่ำเสมอทั่วแผ่น ดูเป็นธรรมชาติจากกระบวนการอบ ร้อยละ 1 มีสีน้ำตาลเข้มขึ้นเล็กน้อย และเริ่มมีความไม่สม่ำเสมอของสีปรากฏให้เห็น ร้อยละ 3 มีสีน้ำตาลอ่อนลงอย่างเห็นได้ชัด สีสม่ำเสมอและดูน่ารับประทานมากที่สุด ร้อยละ 5 สีอ่อนลงต่อเนื่อง มีจุดสีอ่อนบริเวณกลางแผ่น แสดงถึงการกระจายตัวของส่วนผสมที่ไม่สม่ำเสมอ และร้อยละ 7 สีอ่อนที่สุดในกลุ่ม โทนสีน้ำตาลอมเหลืองซีด ความสม่ำเสมอของสีลดลง (ดังภาพที่ 2) ซึ่งสอดคล้องกับผลการวัดค่า L^* ที่พบว่าปริมาณผงแคลเซียมชีวภาพสูงขึ้นทำให้ค่าความสว่างลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) (ตารางที่ 3) ส่วนด้านลักษณะผิวหน้า พบว่า ร้อยละ 0 และ 1 ผิวหน้าเรียบสม่ำเสมอ ดูแน่นและมีความหนาแน่นสูง ร้อยละ 3 ผิวหน้าเรียบสม่ำเสมอดี มีรูพรุนเล็กน้อย ให้ความรู้สึกกรอบเบา ร้อยละ 5 และ 7 ผิวหน้าเริ่มมีลักษณะหยาบขึ้น สังเกตเห็นความไม่สม่ำเสมอมากขึ้น ด้านรูปทรง ทั้ง 5 สูตรมีรูปทรงวงกลมใกล้เคียงกัน ขนาดไม่แตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัด สอดคล้องกับผลการวิจัยที่พบว่าอัตราการพองตัวไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$)



ภาพที่ 2 ขนมขบเคี้ยวแผ่นอบกรอบจากแป้งสาคุที่มีปริมาณผงแคลเซียมชีวภาพแตกต่างกัน

ผลการวิเคราะห์ค่าสีพบว่า L^* , a^* และ b^* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยปริมาณผงแคลเซียมชีวภาพ ร้อยละ 0 และ 1 มีค่า L^* , a^* และ b^* สูงสุด ส่วนอัตราการฟองตัวไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \geq 0.05$) ด้านความหนาแน่น พบว่า ปริมาณผงแคลเซียมชีวภาพร้อยละ 0 และ 1 ทำให้ความหนาแน่นสูงกว่า ในขณะที่ร้อยละ 7 มีความหนาแน่นต่ำสุด ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 คุณลักษณะทางกายภาพของขนมขบเคี้ยวแผ่นอบกรอบเสริมผงแคลเซียมชีวภาพในปริมาณแตกต่างกัน

คุณลักษณะทางกายภาพ	ปริมาณผงแคลเซียมชีวภาพ				
	ร้อยละ 0	ร้อยละ 1	ร้อยละ 3	ร้อยละ 5	ร้อยละ 7
L^*	53.06 ± 4.58^a	8.82 ± 1.77^a	43.32 ± 7.21^b	35.11 ± 3.31^c	33.57 ± 0.91^c
a^*	8.82 ± 1.77^a	8.42 ± 1.63^a	5.24 ± 1.31^b	3.53 ± 1.30^c	3.64 ± 0.57^c
b^*	26.01 ± 2.04^a	25.89 ± 2.09^a	22.56 ± 1.26^b	19.49 ± 1.38^c	19.50 ± 0.62^c
การฟองตัว ^{ns}	41.59 ± 0.48	41.80 ± 0.62	41.76 ± 0.64	41.60 ± 0.55	42.06 ± 0.92
ความหนาแน่น	0.33 ± 0.03^a	0.31 ± 0.04^a	0.20 ± 0.02^b	0.18 ± 0.02^c	0.17 ± 0.01^c

หมายเหตุ: ^{a-c} ตัวเลขในแนวนอนเดียวกันที่มีตัวอักษรต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

^{ns} ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \geq 0.05$)

ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส ดังแสดงในตารางที่ 4 พบว่าด้านสี การฟองตัว ความหนาแน่น และเนื้อสัมผัสไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \geq 0.05$) ในขณะที่ยด้านรสชาติและความชอบโดยรวม พบว่าปริมาณร้อยละ 3 ได้รับคะแนนสูงสุด (8.17 ± 0.87 และ 8.33 ± 0.66) แตกต่างจากปริมาณร้อยละ 5 และ 7 อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4 คุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของขนมขบเคี้ยวเสริมผงแคลเซียมชีวภาพในปริมาณแตกต่างกัน

ผงแคลเซียมชีวภาพ (ร้อยละ)	คุณลักษณะทางประสาทสัมผัส					
	สี ^{ns}	การฟองตัว ^{ns}	ความหนาแน่น ^{ns}	เนื้อสัมผัส ^{ns}	รสชาติ	ความชอบโดยรวม
0	7.76 ± 0.97	7.90 ± 1.03	7.73 ± 0.93	7.87 ± 1.00	7.70 ± 1.05^{ab}	7.97 ± 0.93^{ab}
1	7.60 ± 1.03	7.67 ± 1.03	7.83 ± 1.02	7.77 ± 0.93	7.97 ± 0.93^{ab}	8.03 ± 0.93^{ab}
3	7.70 ± 0.88	7.73 ± 0.98	7.80 ± 1.06	8.10 ± 0.84	8.17 ± 0.87^a	8.33 ± 0.66^a
5	7.63 ± 0.96	7.70 ± 0.95	7.67 ± 1.93	7.67 ± 0.92	7.57 ± 0.97^b	7.73 ± 0.98^b
7	7.67 ± 0.92	7.77 ± 0.89	7.83 ± 1.05	7.70 ± 0.91	7.50 ± 0.94^b	7.93 ± 0.69^{ab}

หมายเหตุ: ^{a-b} ตัวเลขในแนวดิ่งเดียวกันที่มีตัวอักษรต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

^{ns} ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \geq 0.05$)

6. อภิปรายผลการวิจัย

การสกัดด้วยวิธีการต้มและการใช้หม้อแรงดันให้ร้อยละผลผลิตของผงแคลเซียมชีวภาพสูงกว่าวิธีการนึ่ง ทั้งนี้ เนื่องจากการต้มและการใช้หม้อแรงดันช่วยให้ความร้อนส่งผ่านเข้าสู่ก้างปลาได้อย่างสม่ำเสมอและทั่วถึงผ่าน ตัวกลางน้ำ ทำให้โปรตีน คอลลาเจน และสารประกอบต่างๆ สลายตัวและถูกชะล้างออกได้ดีกว่า ส่งผลให้มวล กระดูกที่สะอาดและมีปริมาณแคลเซียมหลงเหลืออยู่มากกว่า ผลดังกล่าวสอดคล้องกับวิธีการสกัดมีผลต่อ ปริมาณโปรตีนและองค์ประกอบของผงแคลเซียมชีวภาพจากกระดูกปลาหมึกอย่างมีนัยสำคัญ [5] การใช้ความร้อนขึ้นช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการสกัดแคลเซียมได้ดีกว่าการใช้ไอน้ำเพียงอย่างเดียว [4]

การเสริมผงแคลเซียมชีวภาพร้อยละ 3 ให้ผลดีที่สุดด้านรสชาติและความชอบโดยรวม เนื่องจากปริมาณ ดังกล่าวทำให้ผลิตภัณฑ์มีกลิ่นรสของปลาในระดับที่ผู้บริโภคยอมรับได้ และยังคงความกลมกล่อมของรสชาติ ขนมอบเคี้ยวได้ดี เมื่อเสริมในปริมาณสูงขึ้น เช่น ร้อยละ 5 และ 7 คะแนนรสชาติและความชอบลดลงอย่าง มีนัยสำคัญ ซึ่งอาจเกิดจากกลิ่นคาวปลาที่เพิ่มขึ้นตามปริมาณผงแคลเซียมชีวภาพ ผลนี้สอดคล้องกับการเสริม ผงกระดูกปลากะพงระดับร้อยละ 3 ในขนมปังให้การยอมรับทางประสาทสัมผัสที่สุด [2] และระดับการเสริม แคลเซียมจากกระดูกปลาที่เหมาะสมต้องสร้างสมดุลระหว่างคุณค่าทางโภชนาการและการยอมรับของผู้บริโภค [7]

การที่ปริมาณผงแคลเซียมชีวภาพไม่มีผลต่ออัตราการพองตัวของขนมอบเคี้ยว แสดงให้เห็นว่าโครงสร้าง ของแป้งสาวยังคงทำหน้าที่หลักในการสร้างเนื้อสัมผัสและโครงร่างของผลิตภัณฑ์ได้อย่างมีประสิทธิภาพแม้จะ มีการเสริมผงแร่ธาตุ ในขณะที่ค่าความสว่าง (L^*) ของผลิตภัณฑ์ลดลงตามปริมาณผงแคลเซียมชีวภาพที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากผงแคลเซียมชีวภาพที่ผ่านกระบวนการอบแห้งที่อุณหภูมิสูงมีสีน้ำตาลจากปฏิกิริยาเมลลาร์ด ส่งผลให้ ผลิตภัณฑ์มีสีเข้มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาที่พบว่า ผงแคลเซียมชีวภาพมีค่า b^* (ความเหลือง) สูงกว่า และค่า L^* ต่ำกว่าผงกระดูกปลา [4]

7. สรุปผลและข้อเสนอแนะ

สรุปผล

การสกัดผงแคลเซียมชีวภาพด้วยวิธีการต้มและวิธีการใช้หม้อแรงดันเป็นวิธีที่เหมาะสมในการสกัดผง แคลเซียมชีวภาพจากก้างปลาแมคเคอเรล โดยให้ร้อยละผลผลิตสูงสุด สำหรับสูตรขนมอบเคี้ยวที่เหมาะสม คือ การเสริมผงแคลเซียมชีวภาพร้อยละ 3 ของส่วนผสมทั้งหมด ซึ่งให้คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้าน รสชาติและความชอบโดยรวมสูงสุด อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ผลิตภัณฑ์ขนมอบเคี้ยวชนิดแผ่นอบ กรอบจากแป้งสาลีเสริมผงแคลเซียมชีวภาพปลาแมคเคอเรล จึงเป็นทางเลือกที่มีศักยภาพในการพัฒนา ผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูงขึ้น

ข้อเสนอแนะ

- 1) ควรศึกษาโครงสร้างผลึกของผงแคลเซียมชีวภาพด้วยเทคนิค X-ray Diffraction (XRD) เพื่อยืนยัน รูปแบบทางเคมี
- 2) ควรศึกษาการวิเคราะห์ปริมาณแคลเซียมจริงในผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปด้วยวิธีทางเคมีวิเคราะห์ เพื่อยืนยันคุณค่าทางโภชนาการที่ได้รับจากการบริโภค
- 3) ควรศึกษาการดูดซึมทางชีวภาพ (bioavailability) ของแคลเซียมจากผลิตภัณฑ์ขนมอบเคี้ยวดังกล่าว เพื่อยืนยันประสิทธิภาพในการส่งเสริมสุขภาพกระดูก

4) ควรศึกษาอายุการเก็บรักษา บรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสม และต้นทุนการผลิต เพื่อนำไปสู่การพัฒนาเชิงพาณิชย์และการเพิ่มมูลค่าให้กับวัตถุดิบในท้องถิ่น

5) ควรนำผลการวิจัยไปต่อยอดพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารเสริมแคลเซียมชนิดอื่นๆ โดยใช้ผงแคลเซียมชีวภาพจากปลาแมคเคอเรล เพื่อเพิ่มทางเลือกผลิตภัณฑ์สุขภาพสำหรับกลุ่มที่มีความเสี่ยงขาดแคลเซียม

8. เอกสารอ้างอิง

- [1] โรงพยาบาลรามาธิบดี. (2568). แคลเซียม กินอย่างไรให้ดีต่อร่างกาย. <https://www.ramamahidol.ac.th/ramachannel/article/แคลเซียม-กินอย่างไรให้ดี/>
- [2] กรมสุขภาพจิต กระทรวงสาธารณสุข. (2564). ภัยเงียบ!! คนไทยร้อยละ 90 เสี่ยงโรคกระดูกพรุน. <https://www.dmh.go.th/news-dmh/view.asp?id=28429>.
- [3] Siangchin W, Pangthai T, Chaiya T, Malai D. (2023). Development of Calcium Enriched Bread with Asian Seabass Bone Powder. *Thai Journal of Public Health*, 53(2), 129-142. <https://he02.tci-thaijo.org/index.php/jph/article/view/260507>
- [4] Benjakul S, Mad-Ali S, Senphan T, Sookchoo P. (2017). Biocalcium Powder from Precooked Skipjack Tuna Bone: Production and Its Characteristics. *Journal of Food Biochemistry*, 41(6), e12412. <https://doi.org/10.1111/jfbc.12412>
- [5] ภาวิตา จินตนาณภูมิตร, ทวีศักดิ์ เตชะเกรียงไกร และพรทิพย์ พสุกมลเศรษฐ์. (2564). คุณลักษณะทางกายภาพและเคมีของผงแคลเซียมชีวภาพจากก้างปลาทูน่าโดยวิธีการสกัด. *วารสารเกษตรพระจอมเกล้า*, 39(1), 22-29.
- [6]. Omar Peñarubia. (2021). *Fish by-products utilization: Getting more benefits from fish processing*. Food and Agriculture Organization of the United Nations FAO. <https://www.fao.org/flw-in-fish-value-chains/resources/articles/Fish-By-Products-Utilization-Getting-More-Benefits-from-Fish-Processing/en>
- [7] Techochatchawal K, Therdthai N, Khotavivattana S. (2009). Development of Calcium Supplement from the Bone of Nile Tilapia (*Tilapia nilotica*). *Journal of Food and Agriculture-Industry*, 2(4), 539-546.
- [8] Wijayanti, I., Benjakul, S., & Sookchoo, P. (2021). Preheat-Treatment and Bleaching Agents Affect Characteristics of Bio-calcium from Asian Sea Bass (*Lates calcarifer*) Backbone. *Waste and Biomass Valorization*, 12(6), 3371-3382. <https://doi.org/10.1007/s12649-020-01224-w>
- [9] บุญนดา ถิ่นทิพย์, ทัดดาว ณ นคร และวิมลรัตน์ จันทร์ศรี. (2562). ผลผลิตและคุณสมบัติของแป้งสาครุระยะต่าง ๆ ในจังหวัดนครศรีธรรมราช. *วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช*, 38(1), 1-12. <https://li01.tci-thaijo.org/index.php/wichcha/article/view/171737>.
- [10] Soumya, H., REVANNA, M., L. and Mamatha, H., S. (2023). Physical and Sensory Quality Characteristics of Composite Flour Based Cake with Cinnamon Essential Oil. *Mysore Journal of Agricultural Sciences*, 57(4), 333-343. <https://www.old.uasbangalore.edu.in/images/2023-4th-Issue/35.pdf>