ผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบเห็ดฟางเสริมไบโอแคลเซียมจากกระดูกปลาน้ำจืด

Straw Mushroom Crackers Fortified with Bio-calcium from Freshwater Fish Bones

นางสาวลลิตา ลื่นกลาง[1] นางสาวมลธิตา นาแพงรัตน์[2] นายธวัชชัย ชื้นแสง[3]

และนางสาวจิณห์นิชฌาน กุลเกตุ[4]

วิทยาลัยอาชีวศึกษานครสวรรค์ อาชีวศึกษาจังหวัดนครสวรรค์

สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ (1) เพื่อศึกษาปริมาณโปรตีนในเห็ดฟางแต่ละระยะที่เหมาะสมในการผลิตข้าวเกรียบเห็ดฟาง (2) เพื่อศึกษาชนิดของกระดูกปลาน้ำจืดที่เหมาะสมในการผลิตผงไบโอแคลเซียม (3) เพื่อพัฒนาสูตรและศึกษาปัจจัยที่เหมาะสมในการผลิตผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบเห็ดฟางเสริมไบโอแคลเซียมจากกระดูกปลาน้ำจืด (4) เพื่อศึกษาคุณภาพทางกายภาพ คุณภาพทางเคมี และคุณภาพทางจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบเห็ดฟางเสริมไบโอแคลเซียมจากกระดูกปลาน้ำจืด (5) เพื่อวิเคราะห์อายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบเห็ดฟางเสริมไบโอแคลเซียมจากกระดูกปลาน้ำจืดโดยนำไปประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัสและความชอบโดยรวม ด้วยวิธีการชิมแบบให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ (9-Point Hedonic Scale) โดยเลือกกลุ่มตัวอย่าง ด้วยวิธีการสุ่มอย่างง่าย จำนวน 341 คน

จากการศึกษา พบว่า (1) ระยะดอกตูมของเห็ดฟางมีปริมาณโปรตีนสูงกว่าระยะดอกบาน (2) กระดูกปลาที่มีร้อยละของผลผลิตของผงไบโอแคลเซียมสูงที่สุด คือ ปลากราย (42.21) รองลงมาคือ กระดูกปลายี่สก (41.97) และกระดูกปลานิล (41.91) ตามลำดับ ส่วนกระดูกปลาที่มีปริมาณแคลเซียมสูงที่สุด คือ ปลานิล (210.4 มิลลิกรัม) รองลงมาคือ ปลากราย (180.2 มิลลิกรัม) และปลายี่สก (170.3 มิลลิกรัม) ตามลำดับ (3) สูตรข้าวเกรียบเห็ดฟางเสริมไบโอแคลเซียมจากกระดูกปลาน้ำจืด ที่ผู้บริโภคให้คะแนนการยอมรับคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์มากที่สุด คือ สูตรที่ 2 ซึ่งมีการเสริมไบโอแคลเซียมจากกระดูกปลานิล ปริมาณร้อยละ 20 และอุณหภูมิที่เหมาะสมในการทอดข้าวเกรียบมากที่สุด คือ 190 องศาเซลเซียส (4) คุณภาพทางกายภาพ คุณภาพทางเคมี และคุณภาพทางจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบเห็ดฟางเสริมไบโอแคลเซียมจาก

กระดูกปลาน้ำจืด (ปลานิล) เป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (Thai community product standard) มผช.107/2554 ของผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบ (5) อายุการเก็บรักษาข้าวเกรียบเห็ดฟางเสริมไบโอแคลเซียมจากกระดูกปลาน้ำจืด ในถุงอะลูมิเนียมฟอยด์ที่บรรจุสารดูดความชื้น เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง สามารถเก็บรักษาไว้ได้นาน 56 วัน โดยตรวจไม่พบเชื้อโคลิฟอร์มแบคทีเรีย และไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงทั้งด้านสี กลิ่น รสชาติ และเนื้อสัมผัส

คำสำคัญ : *ข้าวเกรียบ, เห็ดฟาง, แคลเซียม, กระดูกปลา, กระบวนการอัลคาไลน์*

Abstract

The objectives of this research were: (1) to determine the protein content of strawmushrooms at different growth stages suitable for straw mushroom cracker production; (2) to identify the suitable type of freshwater fish bone for producing bio-calcium powder; (3) to develop a formula and study optimal factors for producing straw mushroom crackers enriched with bio-calcium from freshwater fish bones; (4) to investigate the physical, chemical, and microbiological qualities of the straw mushroom crackers enriched with bio-calcium from freshwater fish bones; and (5) to analyze the shelf life of the product by evaluating sensory qualities—appearance, color, odor, taste, texture, and overall liking—using a 9-Point Hedonic Scale with a sample group of 341 participants selected via simple random sampling.

The study results revealed the following: (1) The button stage of straw mushrooms contained a higher protein content than the blooming stage. (2) The fish bone yielding the highest percentage of bio-calcium powder was the Clown featherback (42.21), followed by Jullien's golden carp (41.97) and Nile tilapia (41.91), respectively. However, the fish bone with the highest calcium content was Nile tilapia (210.4 mg), followed by Clown featherback (180.2 mg) and Jullien's golden carp (170.3 mg), respectively. (3) The formula for straw mushroom crackers enriched with bio-calcium that received the highest sensory acceptance score from consumers was Formula 2, which was enriched with 20% bio-calcium from Nile tilapia bones. The optimal frying temperature was found to be 190 degrees Celsius. (4) The physical, chemical, and microbiological qualities of the straw mushroom crackers enriched with bio-calcium from freshwater fish bones (Nile tilapia) complied with the Thai Community Product Standard (TCPS) 107/2554 for crackers. (5) The shelf life of the product, when packed in aluminum foil bags with desiccants and stored at room temperature, was 56 days. During this period, no coliform bacteria were detected, and there were no significant changes in color, odor, taste, or texture.

Keywords: *Crackers, Straw Mushroom, Calcium, Fish Bone, Alkaline Process*

บทนำ

ในสภาวะความผันผวนทางเศษฐกิจทั้งภายในประเทศและเศรษฐกิจโลก การแข่งขันและกีดกันทางการค้า การพัฒนาอย่างรวดเร็วของเทคโนโลยี รวมถึงการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโลก ส่งผลให้ภาคการเกษตร ภาคอุตสาหกรรม และภาคบริการต้องมีการปรับตัวให้สอดรับกับความต้องการของผู้บริโภคมากขึ้น ทำให้ประเทศไทยต้องพัฒนาขีดความสามารถในการแข่งขันในเวทีโลก โดยการยกระดับศักยภาพทางการแข่งขันตามเป้าหมายของยุทธศาสตร์ชาติ 20 ปี เพื่อก้าวสู่ประเทศที่มีรายได้สูง ผ่านแนวคิดและกลยุทธ์ *"ต่อยอดอดีต ปรับปัจจุบันสร้างคุณค่าอนาคต"* ด้วยการพัฒนาและยกระดับคุณภาพสินค้าทางการเกษตร โดยการนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและนวัตกรรมมาพัฒนาและสร้างมูลค่าเพิ่มผลผลิตทางการเกษตร เพื่อนำไปสู่การผลิตเชิงพาณิชย์ (สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ, 2561)

การเพาะเห็ดเชิงพาณิชย์เป็นธุรกิจภาคการเกษตรที่สำคัญในหลายพื้นที่ของประเทศไทย มีปริมาณผลผลิตเห็ดประมาณ 150,000 ตันต่อปี ซึ่งคิดเป็นมูลค่ากว่า 10,000 ล้านบาท เห็ดที่มีความสำคัญในเชิงพาณิชย์ของไทยมีหลากหลายชนิด โดยเฉพาะเห็ดฟางที่มีผลผลิตถึง 66,000 ตันต่อปี (สมาคมนักวิจัยและเพาะเห็ดแห่งประเทศไทย, 2563) ซึ่งเห็ดฟางเป็นเห็ดที่มีปริมาณโปรตีนสูง เส้นใย ไขมันและโซเดียมต่ำ อีกทั้งมีวิตามินและสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพหลายชนิด เพาะง่าย ให้ผลผลิตเร็ว แต่มีข้อจำกัดด้านอายุการเก็บรักษาที่สั้นและเสื่อมสภาพหรือเน่าเสียเร็ว ปัจจุบันผู้บริโภคมีความต้องการและให้ความสำคัญกับอาหารที่บริโภคได้สะดวก พร้อมรับประทาน (Ready to eat) มีคุณค่าทางโภชนาการสูง และปลอดภัยต่อสุขภาพ สาเหตุหนึ่งมาจากแนวโน้มของโรคเรื้อรัง (Noncommunicable diseases; NCDs) เช่น โรคกระดูกพรุน โรคหัวใจ โรคจากภาวะโภชนาการเกิน (กรมควบคุมโรค กองโรคไม่ติดต่อ, 2562)

โรคกระดูกพรุน (Osteoporosis) มีสาเหตุเกิดจากการได้รับแคลเซียมไม่เพียงพอ โดยคนไทยมีการบริโภคแคลเซียม (Ca) เฉลี่ยอยู่ที่ 361 มิลลิกรัมต่อวัน ซึ่งต่ำกว่าค่าเฉลี่ยที่แนะนำต่อวัน โดยเฉพาะกลุ่มผู้สูงอายุและวัยรุ่น (กรมสุขภาพจิต กระทรวงสาธารณสุข, 2561) แคลเซียมเป็นแร่ธาตุที่จำเป็นต่อการเสริมสร้างกระดูกและฟัน แต่แคลเซียมในรูปแบบสังเคราะห์หรืออาหารเสริมอาจถูกดูดซึมได้ยากหรือมีผลข้างเคียง ทำให้เกิดความสนใจในแหล่งแคลเซียมธรรมชาติหรือที่เรียกว่า "ไบโอแคลเซียม (Bio-calcium)" ซึ่งสกัดจากกระดูกปลาและเกล็ดที่เหลือทิ้งจากกระบวนการผลิตอาหาร การประมงน้ำจืดและน้ำเค็ม เช่น กระดูกปลานิล ปลากะพง ปลาทูน่า เนื่องจากมีคุณสมบัติดูดซึมง่ายและปลอดภัย อีกทั้งยังมีปริมาณแคลเซียมสูงถึง 34 - 36%ซึ่งสูงกว่าอาหารชนิดอื่น ๆ (Hamada et al., 2020)

"ข้าวเกรียบ" จัดเป็นผลิตภัณฑ์อาหารประเภทอาหารว่างที่นิยมรับประทานอย่างแพร่หลายในประเทศไทย มีลักษณะเป็นแผ่น เนื้อสัมผัสกรอบ พอง รสชาติถูกปาก โดยมีให้เลือกหลายหลายชนิด ทำจากเนื้อปลา เนื้อกุ้ง หรือส่วนผสมอื่น ๆ สามารถเก็บไว้ได้นาน มีต้นทุนการผลิตและค่าวัตถุดิบไม่สูงมาก โดยทั่วไปข้าวเกรียบจะมีสัดส่วนของแป้งสูงและมีสารอาหารน้อย ทำให้ไม่ตอบโจทย์ความต้องการของผู้บริโภคยุคใหม่

จากเหตุผลและความสำคัญดังกล่าวข้างต้น ผู้จัดทำโครงงานจึงมีความสนใจที่จะพัฒนาผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบเห็ดฟางเสริมไบโอแคลเซียมจากกระดูกปลาน้ำจืดด้วยกระบวนการอัลคาไลน์ร่วมกับการกำจัดไขมันและฟอกสีเป็นกระบวนการเสริม โดยมีแนวคิดที่จะใช้ประโยชน์จากกระดูกปลาซึ่งเป็นผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมแปรรูปสัตว์น้ำและการทำประมงน้ำจืดในจังหวัดนครสวรรค์มาผลิตเป็นไบโอแคลเซียม และใช้เห็ดฟางจากวิสาหกิจชุมชนผลิตเห็ดฟางซึ่งเป็นวัตถุดิบที่มีอยู่ในจังหวัดนครสวรรค์ และมีคุณค่าทางโภชนาการมาเสริมในผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบเห็ดฟางในโครงงานวิทยาศาสตร์นี้ อีกทั้งยังได้นำทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์มาใช้ในการพัฒนาต่อยอดผลิตภัณฑ์ทางเกษตรในท้องถิ่นให้เกิดประโยชน์เชิงพาณิชย์ ส่งเสริมให้ผู้บริโภคที่รักสุขภาพหรือมีปัญหาเรื่องโรคกระดูกพรุนมีผลิตภัณฑ์อาหารเสริมแคลเซียมทางเลือกที่ส่งเสริมสุขภาพ และยังเป็นการเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร สร้างอาชีพ และเพิ่มรายได้ให้แก่เกษตรกรอีกด้วย

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

(1) เพื่อศึกษาปริมาณโปรตีนในเห็ดฟางแต่ละระยะที่เหมาะสมในการผลิตข้าวเกรียบเห็ดฟาง

(2) เพื่อศึกษาชนิดของกระดูกปลาน้ำจืดที่เหมาะสมในการผลิตผงไบโอแคลเซียม

(3) เพื่อพัฒนาสูตรและศึกษาปัจจัยที่เหมาะสมในการผลิตผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบเห็ดฟางเสริมไบโอแคลเซียมจากกระดูกปลาน้ำจืด

(4) เพื่อศึกษาคุณภาพทางกายภาพ คุณภาพทางเคมี และคุณภาพทางจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบเห็ดฟางเสริมไบโอแคลเซียมจากกระดูกปลาน้ำจืด

(5) เพื่อวิเคราะห์อายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบเห็ดฟางเสริมไบโอแคลเซียมจากกระดูกปลาน้ำจืด

ขอบเขตของการวิจัย

วัสดุ อุปกรณ์ วิธีการ

(1) ทำการศึกษาปริมาณโปรตีนในดอกเห็ดฟางแต่ละระยะ โดยทำการแบ่งเป็น 2 ระยะ คือ ระยะดอกตูมและระยะดอกบาน นำมาวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนที่ได้จากดอกเห็ดทั้ง 2 ระยะ เพื่อหาระยะของเห็ดฟางที่เหมาะสมในการผลิตข้าวเกรียบเห็ดฟาง

(2) ทำการศึกษาชนิดของกระดูกปลาน้ำจืดที่เหมาะสมในการผลิตผงไบโอแคลเซียม โดยเลือกปลาน้ำจืดที่ประชาชนในจังหวัดนครสวรรค์นิยมบริโภคจำนวน 3 ชนิด ได้แก่ ปลานิล ปลากราย และปลายี่สก โดยนำกระดูกปลามาผ่านกระบวนการอัลคาไลน์ จากนั้นนำไปทำการวิเคราะห์ร้อยละผลผลิตและปริมาณแคลเซียมที่ได้

(3) การพัฒนาสูตรและศึกษาปัจจัยที่เหมาะสมในการผลิต ผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบเห็ดฟางเสริมไบโอแคลเซียมจากกระดูกปลาน้ำจืด โดยทำการศึกษาการเสริมผงไบโอแคลเซียมที่ระดับร้อยละ 0 (กลุ่มควบคุม), 10, 20 และ 30 ของน้ำหนักแป้ง ศึกษาอุณหภูมิที่เหมาะสมในการทอดข้าวเกรียบ ที่มีผลต่อเนื้อสัมผัส การพองตัวของข้าวเกรียบ และการยอมรับคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภค โดยใช้ผู้ทดสอบชิมจำนวน 341 คน ประกอบด้วยนักศึกษา ครู และบุคลากรทางการศึกษาในวิทยาลัยอาชีวศึกษานครสวรรค์ที่ไม่ผ่านการฝึกฝนการชิม

(4) ทำการศึกษาคุณภาพทางกายภาพ คุณภาพทางเคมี และคุณภาพทางจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบเห็ดฟางเสริมไบโอแคลเซียมจากกระดูกปลาน้ำจืดในตัวอย่าง 100 กรัม โดยทำการศึกษาคุณภาพทางกายภาพ ได้แก่ ความหืน ค่าความชื้น การพองตัว คุณภาพทางเคมี ได้แก่ คุณค่าทางโภชนาการ และคุณภาพทางจุลินทรีย์ ได้แก่ จุลินทรีย์รวม ยีสต์ และรา

(5) การวิเคราะห์อายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบเห็ดฟางเสริมไบโอแคลเซียมจากกระดูกปลาน้ำจืด โดยทำการศึกษาระยะเวลาในการเก็บรักษาที่คงสภาพไม่เปลี่ยนแปลงของผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบเห็ดฟางเสริมไบโอแคลเซียมจากกระดูกปลาที่บรรจุไว้ในภาชนะที่ปิดสนิท และเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง ทำการสังเกต การชิม และการตรวจด้วยชุดน้ำยาตรวจเชื้อโคลิฟอร์มแบคทีเรียทุก ๆ 7 วัน

(6) วัสดุที่ใช้ เป็นวัสดุที่มีในวิสาหกิจชุมชน จัดเป็นวัสดุที่มีในท้องถิ่น และกระดูกปลาน้ำจืดที่เป็นผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมแปรรูปสัตว์น้ำและการทำประมงน้ำจืดในจังหวัดนครสวรรค์

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร ได้แก่ นักศึกษา ครู และบุคลากรทางการศึกษา ในวิทยาลัยอาชีวศึกษานครสวรรค์ จำนวนทั้งหมด 2,310 คน (ข้อมูลจากงานทะเบียน ณ วันที่ 20 พฤศจิกายน 2568)

กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นักศึกษา ครู และบุคลากรทางการศึกษา ในวิทยาลัยอาชีวศึกษานครสวรรค์ จำนวน 341 คน ทำการกำหนดขนาดของกลุ่มตัวอย่างโดยใช้สูตรการคำนวณของ ทาโร ยามาเน่ (Taro Yamane, 1973) ที่มีค่าความเชื่อมั่นที่ 95 % และเลือกกลุ่มตัวอย่างที่เป็นไปตามโอกาสทางสถิติโดยใช้วิธีการสุ่มอย่างง่าย (Simple Random Sampling)

ระยะเวลาดำเนินการ ดำเนินการทดลองระหว่างเดือน กรกฎาคม 2568 – มกราคม 2569 ณ วิทยาลัยอาชีวศึกษานครสวรรค์

สรุปผลการวิจัย

1. ระยะดอกตูมของเห็ดฟางมีปริมาณโปรตีนสูงกว่าระยะดอกบาน
2. กระดูกปลาที่มีร้อยละของผลผลิตของผงไบโอแคลเซียมสูงที่สุด คือ กระดูกปลากราย (42.21) รองลงมาคือ กระดูกปลายี่สก (41.97) และกระดูกปลานิล (41.91) ตามลำดับ ส่วนกระดูกปลาที่มีปริมาณแคลเซียมสูงที่สุด คือ ปลานิล (210.4 มิลลิกรัม) รองลงมาคือ ปลากราย (180.2 มิลลิกรัม)และปลายี่สก (170.3 มิลลิกรัม) ตามลำดับ
3. สูตรข้าวเกรียบเห็ดฟางเสริมไบโอแคลเซียมจากกระดูกปลาน้ำจืด ที่ผู้บริโภคให้คะแนนการยอมรับคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์มากที่สุด คือ สูตรที่ 2 ซึ่งมีการเสริมไบโอแคลเซียมจากกระดูกปลานิล ปริมาณร้อยละ 20 มีเนื้อสัมผัสใกล้เคียงกับผลิตภัณฑ์ที่มีวางจำหน่ายทั่วไปตามท้องตลาด และอุณหภูมิที่เหมาะสมในการทอดข้าวเกรียบมากที่สุดคือ 190 องศาเซลเซียส
4. คุณภาพทางกายภาพ คุณภาพทางเคมี และคุณภาพทางจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบเห็ดฟางเสริมไบโอแคลเซียมจากกระดูกปลาน้ำจืด เป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (Thai community product standard)

มผช.107/2554 ของผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบ และเป็นไปตามมาตรฐานอาหารที่มีสารปนเปื้อน ประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 414) พ.ศ. 2563

5. อายุการเก็บรักษาข้าวเกรียบเห็ดฟางเสริมไบโอแคลเซียมจากปลาน้ำจืด ในถุงอะลูมิเนียมฟอยด์ที่บรรจุสารดูดความชื้น เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง สามารถเก็บรักษาไว้ได้นาน 56 วัน โดยตรวจไม่พบเชื้อโคลิฟอร์มแบคทีเรีย และไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงทั้งด้านสี กลิ่น รสชาติ และเนื้อสัมผัส

อภิปรายผล

1. การศึกษาปริมาณโปรตีนในเห็ดฟางแต่ละระยะที่เหมาะสมในการผลิตข้าวเกรียบเห็ดฟาง

จากผลการวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนในตัวอย่าง 100 กรัม ดอกเห็ดฟางระยะดอกตูมและระยะดอกบาน พบว่าเห็ดฟางระยะดอกตูมมีปริมาณโปรตีนเท่ากับ 3.71 กรัม ซึ่งสูงกว่าเห็ดฟางระยะดอกบานที่มีโปรตีนเท่ากับ 3.23 กรัม ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ สุรีย์รัตน์ รักเหลือ และคณะ (2565) ที่ได้ทำการศึกษาโปรตีนไฮโดรไลเซทจากเห็ดฟาง พบว่า เห็ดฟางระยะดอกตูมมีโปรตีนสูงกว่าเห็ดฟางระยะดอกบาน

2. การศึกษาชนิดของกระดูกปลาที่เหมาะสมในการผลิตผงไบโอแคลเซียม

จากผลการศึกษา พบว่า กระดูกปลาน้ำจืดทั้ง 3 ชนิด ได้แก่ ปลานิล ปลากราย และปลายี่สก ให้ผลร้อยละของผลผลิตผงไบโอแคลเซียม และมีปริมาณแคลเซียมไม่เท่ากัน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ภาวิตา จินตนานฤมิตร และคณะ (2564) ที่ได้ทำการศึกษาคุณลักษณะทางกายภาพและเคมีของไบโอแคลเซียมจากก้างปลาทูน่าโดยวิธีการสกัด พบว่า ปลาทูน่าคนละสายพันธุ์จะให้ปริมาณผลผลิตผงไบโอแคลเซียมแตกต่างกัน

3. การพัฒนาสูตรและศึกษาปัจจัยที่เหมาะสมในการผลิตผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบเห็ดฟางเสริมไบโอแคลเซียมจากกระดูกปลาน้ำจืด

จากผลการศึกษา พบว่า ผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบเห็ดฟางเสริมไบโอแคลเซียมจากกระดูกปลานิล ที่ปริมาณร้อยละ 20 นำไปทอดที่อุณหภูมิ 190 องศาเซลเซียส แผ่นข้าวเกรียบที่ได้ มีสีเหลืองอ่อน มีกลิ่นหอม ไม่มีกลิ่นหืน แผ่นข้าวเกรียบกรอบร่วน ทั่วทั้งแผ่น เป็นสูตรที่กลุ่มทดสอบ (ผู้บริโภค) ให้คะแนนการยอมรับคุณภาพทางประสาทสัมผัสมากที่สุด มีเนื้อสัมผัสใกล้เคียงกับผลิตภัณฑ์ที่มีจำหน่ายทั่วไปตามท้องตลาด หากมีการเสริมผงไบโอแคลเซียมในปริมาณที่มากกว่าร้อยละ 30 จะส่งผลต่อเนื้อสัมผัสของข้าวเกรียบ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ เจนจิรา นิเวศน์ (2564) ที่ได้ศึกษาการพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมบราวนี่กรอบเสริมไบโอแคลเซียมจากกระดูกปลาลูกผสมบึกสยาม พบว่า ผงไบโอแคลเซียมทำให้ความสามารถในการกักเก็บแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ของขนมน้อยลง ทำให้ขนมพองตัวไม่เต็มที่ ลักษณะของข้าวเกรียบที่ได้จะมีผลต่อเนื้อสัมผัสของข้าวเกรียบ

4. การศึกษาคุณภาพทางกายภาพ คุณภาพทางเคมีและคุณภาพทางจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบเห็ดฟางเสริมไบโอแคลเซียมจากกระดูกปลาน้ำจืด

ผลการทดสอบและตรวจสอบผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบเห็ดฟางเสริมไบโอแคลเซียมจากกระดูกปลานิลที่ร้อยละ 20 ปริมาณ 100 กรัม พบว่า มีค่าความชื้นของข้าวเกรียบดิบ ค่าความชื้นของข้าวเกรียบหลังทอด ค่าเพอร์ออกไซด์ ค่าวอเตอร์แอคทิวิตี ปริมาณจุลินทรีย์ และปริมาณยีสต์ รา เป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (Thai community product standard) มผช.107/2544 ของผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบ อีกทั้งยังมีปริมาณไขมันทั้งหมดเท่ากับ

25.46 % ไฟเบอร์ทั้งหมด เท่ากับ 1.32 % โปรตีน เท่ากับ 3.83 % ค่าความชื้น เท่ากับ 0.52 % เถ้า เท่ากับ 1.86 % คาร์โบไฮเดรต เท่ากับ 67.01 % แคลเซียมทั้งหมด เท่ากับ 208.04 มิลลิกรัม มีปริมาณโลหะหนัก Lead (Pb) และ Cadmium (Cd) น้อยกว่า 0.1 mg/kg ซึ่งเป็นไปตามมาตราฐานของประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 414) พ.ศ. 2563 ออกตามความในพระราชบัญญัติอาหาร พ.ศ. 2522

5. การวิเคราะห์อายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบเห็ดฟางเสริมไบโอแคลเซียมจากกระดูกปลาน้ำจืด

ผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบเห็ดฟางเสริมไบโอแคลเซียมจากกระดูกปลานิลที่ร้อยละ 20 บรรจุในถุงอะลูมิเนียมฟอยด์ที่มีสารดูดความชื้น และเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง เป็นระยะเวลา 56 วัน พบว่า ตรวจไม่พบการปนเปื้อนของเชื้อโคลิฟอร์มแบคทีเรียและไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงทั้งด้านสี กลิ่น รสชาติ และเนื้อสัมผัส ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ อรนุช สีหามาลา (2545) ที่ได้ศึกษาการเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการและยืดอายุการเก็บรักษาข้าวเกรียบปลา พบว่า ข้าวเกรียบปลาหลังทอดในน้ำมันที่ไม่ใส่สารกันหืน แล้วบรรจุลงในถุงอะลูมิเนียมฟอยด์ สามารถเก็บรักษาได้นานถึง 3 เดือน

ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

จากผลการวิจัยที่ได้ทำให้ทราบถึงแนวทางสร้างมูลค่าเพิ่มแก่พืช ผลผลิตในชุมชนและผลพลอยได้จากการทำประมงน้ำจืดและแปรรูปสัตว์น้ำ ส่งเสริมผลิตภัณฑ์ที่มีในท้องถิ่นให้เป็นที่รู้จัก จึงควรจะเผยแพร่ความรู้ให้กับกลุ่มชาวบ้านหรือผู้ที่สนใจ เพื่อสามารถนำไปเป็นแนวทางในการสร้างรายได้ นำไปต่อยอดเชิงอุตสาหกรรม ขยายฐานการผลิตให้เป็นอุตสาหกรรมขนาดเล็ก ในการสร้างสินค้าประเภทอาหารว่างในจังหวัดนครสวรรค์

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรศึกษาอายุในการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ในบรรจุภัณฑ์หลายๆชนิด
2. ควรศึกษาพฤติกรรมการบริโภคอาหารในกลุ่มตัวอย่างต่างๆอย่างละเอียดเพื่อให้เข้าใจถึงความชอบและความต้องการที่เฉพาะเจาะจงมากขึ้น
3. เพิ่มจำนวนกลุ่มตัวอย่างหรือขยายขอบเขตประชากรให้ครอบคลุมกลุ่มอายุและระดับชั้นที่หลากหลายขึ้น เพื่อให้ผลการวิจัยมีความน่าเชื่อถือและเป็นตัวแทนของประชากรกลุ่มใหญ่ได้มากขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

ในการจัดทำวิจัยเรื่อง ผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบเห็ดฟาง เสริมไบโอแคลเซียมจากกระดูกปลาน้ำจืด จะสำเร็จลุล่วงไม่ได้ ถ้าไม่ได้รับการอนุเคราะห์และสนับสนุนจากผู้อำนวยการวิทยาลัยอาชีวศึกษานครสวรรค์ นายพงศ์กานต์ เอี่ยมสงคราม รวมถึงคณะผู้บริหารฝ่ายต่าง ๆ

ขอขอบพระคุณนางสาววิลาวัลย์ นรารัตนประดิษฐ์ นายก้องกิดากร มะตะแสง นายพงศ์ธนากร ประกอบนา นายภานุพงศ์ สุริวงษ์ และนางสุภัทตรา โพธิ์ธนาภา ครูที่ปรึกษาโครงงาน ที่ได้ให้คำปรึกษา แนะนำ ชี้แนะ ในการศึกษาค้นคว้า ขั้นตอนและกระบวนการทดลอง การจัดทำรูปเล่มโครงงานจนสำเร็จลุล่วงด้วยดี

ขอขอบพระคุณ ผศ.ดร.กันยา อนุกูลธนากร อาจารย์ประจำคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์ ที่ให้อนุเคราะห์เป็นที่ปรึกษาพิเศษ ที่ให้คำปรึกษาในการดำเนินการการทดลอง ชี้แนะแนวทางการพัฒนาผลิตภัณฑ์ ตรวจสอบรายงานให้มีความถูกต้องครบถ้วนสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณนางสาวธีรารัตน์ ชื่นศิริกุลชัย ครูแผนกการจัดการ วิทยาลัยอาชีวศึกษาเชียงใหม่ ที่ให้อนุเคราะห์เป็นที่ปรึกษาพิเศษ ที่ให้คำชี้แนะกระบวนการทำแผนธุรกิจ ตรวจสอบความถูกต้องของรายงาน

ขอขอบพระคุณนางสาวเมวิกา ริคะรมย์ และนางสาวอักษรารักษ์ พงศาวลี ครูแผนกวิชาศิลปกรรม วิทยาลัยอาชีวศึกษานครราชสีมาและวิทยาลัยอาชีวศึกษานครสวรรค์ ที่ให้อนุเคราะห์เป็นที่ปรึกษาพิเศษ ช่วยออกแบบบรรจุภัณฑ์ของผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบเห็ดฟาง

ขอขอบพระคุณนายสุเชษฐ์ เวชกามา ครูแผนกวิชาการถ่ายภาพและมัลติมีเดียที่อนุเคราะห์ถ่ายภาพผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบเห็ดฟาง เพื่อใช้ในการประกอบรูปเล่มรายงาน

ขอขอบพระคุณศูนย์บ่มเพาะผู้ประกอบการอาชีวศึกษาครบวงจร วิทยาลัยอาชีวศึกษานครสวรรค์ ร้านเค้กไข่ไทยแลนด์ ร้านขนมบ้านพู่กัน ร้าน Tissue paper cafe ที่อนุเคราะห์สถานที่ ในการจำหน่ายผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบเห็ดฟาง

ขอขอบพระคุณบิดา มารดา ที่ให้กำลังใจในการศึกษาเล่าเรียน และสมาชิกในกลุ่มที่ให้ความร่วมมือเป็นอย่างดีในการทำโครงงานครั้งนี้จนกระทั่งประสบความสำเร็จด้วยดี

บรรณานุกรม

เอกสารอ้างอิงภาษาไทย

กรมประมง. (8 สิงหาคม 2565). ลูกพันธุ์ปลายี่สกเทศพร้อมจำหน่าย. ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืดสระแก้วhttps://www4.fisheries.go.th/local/index.php/main/view_activities/111/151826

กรมประมง. (20 มีนาคม 2563). ปลายี่สก. ศูนย์วิจัยและพัฒนาพันธุกรรมสัตว์น้ำกาญจนบุรี. https://www4.fisheries.go.th/local/index.php/main/view_blog/85/186

กรมประมง. (31 ธันวาคม 2562). ประวัติความเป็นมาของปลานิล. ศูนย์วิจัยและพัฒนาพันธุกรรมสัตว์น้ำอุตรดิตถ์. https://www4.fisheries.go.th/local/index.php/main/view_blog2/1220/64289/2315

กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. **การเพาะเห็ดเศรษฐกิจ.** กรุงเทพฯ : ม.ป.ท.

กลุ่มงานเวชกรรมสังคม โรงพยาบาลแพร่. (2562). **การใช้ชุดตรวจโคลิฟอร์มแบคทีเรีย (SI-2) ในภาชนะสัมผัสอาหาร**. (สไลด์นำเสนอ).

กลุ่มวิจัยอาหารเพื่อโภชนาการ สำนักโภชนาการ กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข. (5 พฤษภาคม 2568). **วิธีการวิเคราะห์และคำนวณผลของคุณค่าทางโภชนาการ**. แหล่งที่มา (https://thaifcd.anamai.moph.go.th/nss/methodAndCal.php)

กองบริหารมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน. (5 พฤษภาคม 2568). **ข้าวเกรียบ.** มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน. แหล่งที่มา(https://tcps.tisi.go.th/pub/tcps107_54.pdf)

กองวิทยาศาสตร์ชีวภาพ กรมวิทยาศาสตร์บริการ. 2532. การใช้ถุงพลาสติกบรรจุอาหาร. **วารสาร อาหาร**, 19(3), 210-213.

เกียรติศักดิ์ ดวงมาลย์ และบูรฉัตร ศรีทองแท้. 2557. **การดัดแปรสมบัติของโปรตีนโดยใช้เอนไซม์โปรติเอสและการประยุกต์ใช้**. ว.วิทย. มข. 42(2): 274-288.

เกียรติศักดิ์ เอี่ยนเล่ง. (2564). ปลากราย. Phuket aquarium. https://phuketaquarium.org/knowleadge/ปลากราย/

ครุปกรณ์ ละเอียดอ่อน และเทพพร โลมารักษ์. “การใช้ประโยชน์จากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรที่มีในท้องถิ่นสำหรับเพาะเห็ดฟาง,” **วารสารวิจัยและส่งเสริมวิชาการเกษตร**. 2564 : 38(2) : 68-78.

จันทร์จิรา โต๊ะขวัญแก้ว ธนากร วงษศา และสุมนา เหลืองฐิติกาญจนา. ผลของปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนต่อคุณภาพเห็ดฟางโดยการเพาะแบบกองเตี้ย. **วารสารเกษตรพระจอมเกล้า**. 2561; 36(3): 81-90.

จริยา สุขจันทรา และนุชเนตร ตาเย๊ะ. 2560. **การพัฒนาข้าวเกรียบปลาจากซูริมิเสริมฟักทอง.** ยะลา **:** คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา

เจนจิรา นิเวศน์ และคณะ. “การพัฒนากระบวนการผลิตไบโอแคลเซียมจากกระดูกปลาลูกผสมบึกสยาม,” **วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา**. ปีที่ 26 (ฉบับที่ 3) : 1533-1544 ; กันยายน – ธันวาคม พ.ศ. 2564

ชมภูนุช เผื่อนพิภพ. (5 พฤษภาคม 2568). **การใช้ Colorimeter**. การใช้เครื่องมือเบื้องต้นเพื่อวิชาการแปรรูปอาหาร. แหล่งที่มา(https://dk.rmutp.ac.th/upload/course/1773929716089636.pdf)

ชวฤทธิ์ กิติรัตน์. 2558. **การใช้วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรสำหรับการเพาะเห็ดฟางในตะกร้า**. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช

ดารุณี สาหะ และรอฮายู ฮะกือลิง. 2564. **ผลของฟางข้าวและขี้เลื่อยยางพาราเสริมด้วยก้อนเชื้อเห็ดเก่าต่อผลผลิตของเห็ดฟางในตะกร้าพลาสติก.** นราธิวาส : มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์

ดีพร้อม ไชยวงศ์เกียรติ. (2548). **การเพาะเห็ดบางชนิดในประเทศไทย.** กรุงเทพฯ: คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ณัฐชนก ศศิโอภาส และคณะ. “ผลของความชื้นเริ่มต้นต่อคุณภาพทางกายภาพของฟักทองทอด,” **Science and Technology RMUTT Journal**. 6(2) : 157-165 ; 2559 (2016)

ณัฐพล จันทร์เศรษฐี และคณะ. 2555. **สมบัติทางกายภาพและเปอร์เซ็นต์การพองตัวของเมล็ดสำรอง**. กรุงเทพฯ : สาขาวิศวกรรมอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ณิชวดี เลิศมหาลาภ. 2553. **การศึกษาผลผลิตของเห็ดฟางที่ได้จากวัสดุเพาะ 6 ชนิด**. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ธันวมาส กาศสนุก และคณะ. 2565. “ผลของการใช้วัสดุเพาะที่แตกต่างกันต่อการผลิตเห็ดฟางในตะกร้าพลาสติก,” **วารสารวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และนวัตกรรม มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์**. ปีที่ 1 ฉบับที่ 1 : 11-18 ; มกราคม - มิถุนายน 2565.

นกุล กวินรัตน์. (17 พฤศจิกายน 2567). Mackerel Crisp with Plum Sauce (ข้าวเกรียบปลาทูน้ำจิ้มบ๊วย). PholfoodMafia. https://www.pholfoodmafia.com/recipe/mackerel-crisp-with-plum-sauce-ข้าวเกรียบปลาทูน้ำ/

นุชจรี ทัดเศษ และคณะ. “ผลของปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนต่อคุณภาพเห็ดฟางโดยการเพาะแบบกองเตี้ย.” **วารสารเกษตรพระจอมเกล้า.** 2561 : 36(3) : 81-90.

ผกาวดี ภู่จันทร์. 2559. “ผลของการเสริมแคลเซียมจากกระดูกปลาสลาดต่อการยอมรับของผลิตภัณฑ์คุกกี้,” **Rajabhat Journal of Sciences, Humanities & Social Sciences** 17(1): 54-61.

พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์. (26 พฤษภาคม 2568). **รายชื่อปลาน้ำจืดที่บริโภคเป็นอาหาร**. แหล่งที่มา (https://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/3545/ปลาน้ำจืด).

ภาวิตา จินตนานฤมิตร และคณะ. “คุณลักษณะทางกายภาพและเคมีของไบโอแคลเซียมจากก้างปลาทูน่าโดยวิธีการสกัด,” **วารสารเกษตรพระจอมเกล้า 2564** : 39 (1) : 22 – 29 ; 2564

มะหะมะดารี แวโนะ และรอมลี เจะดอเลาะ. 2560. การพัฒนากระบวนการผลิตข้าวเกรียบปลากึ่งสำเร็จรูปด้วยเทคนิคการพองตัวโดยใช้ไมโครเวฟ: กรณีศึกษาบ้านดาโต๊ะ ตำบลแหลมโพธิ์ อำเภอยะหริ่ง จังหวัดปัตตานี. ปัตตานี : สนับสนุนโดย สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) และสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)

เลกะ คอร์ปอเรชั่น จำกัด. (2559). อุณหภูมิน้ำมันที่เหมาะกับการทอดอาหาร (Frying food). สืบค้นจาก https://legatool.com/wp/10969/?srsltid=AfmBOoqyl7xjwunk26OTSPU_4jyh5njn2zM9J8opst_grj4OxIcn-pSq

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี. (26 พฤษภาคม 2568). **การวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบ**. แหล่งที่มา (https://kb.psu.ac.th/psukb/bitstream/2010/7717/11/Appendix.pdf)

ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืดกาญจนบุรี. (26 พฤษภาคม 2568). **ปลายี่สก**. แหล่งที่มา (https://www4.fisheries.go.th/local/index.php/main/view_blog/85/186).

ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืดลำปาง. (26 พฤษภาคม 2568). **ปลาน้ำจืดในประเทศไทย**. แหล่งที่มา(https://www4.fisheries.go.th/local/index.php/main/view_activities/115/7361)

ศูนย์วิจัยและพัฒนาพันธุกรรมสัตว์น้ำอุตรดิตถ์. (26 พฤษภาคม 2568). **ประวัติ/ความเป็นมาของปลานิล**. แหล่งที่มา(https://www4.fisheries.go.th/local/index.php/main/view_blog/85/186).

ศูนย์ส่งเสริมและพัฒนาอาชีพการเกษตรจังหวัดฉะเชิงเทรา. (26 พฤษภาคม 2568). **การเพาะเห็ดฟางในตะกร้า**. แหล่งที่มา(https://esc.doae.go.th/การเพาะเห็ดฟางในตะกร้า-2/)

สาระน่ารู้. (5 พฤษภาคม 2568). **การวิเคราะห์หาปริมาณความชื้น.** Food Chemistry. แหล่งที่มา (http://foodchemitry.blogspot.com/2016/10/blog-post_20.html).

สุทธิชัย สมสุข. “ผลของการใช้วัสดุเพาะและวัสดุอาหารเสริมชนิดต่าง ๆ ร่วมกับกล่มจุลินทรีย์และน้ำหมักชีวภาพต่อผลผลิตเห็ดฟางที่เพาะในตะกร้าพลาสติก,” **วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.** 2553 : 18(2) ; 17-36.

สุรีย์รัตน์ รักเหลือ. (6 พฤษภาคม 2568). **นวัตกรรมจากพืชสู่ความงามที่ยั่งยืน**. โปรตีนไฮโดรไลเซทจากเห็ดฟาง. แหล่งที่มา(https://www.doa.go.th/plan/wp-content/uploads/2025/03/4.-เล่มเต็มดีเด่น-ปี65_กวป-หน้า-44-58.pdf).

สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา กระทรวงสาธารณสุข. (6 พฤษภาคม 2568). **ระบบเครื่องมือช่วยทำฉลาก GDA**. แหล่งที่มา (https://exfood.fda.moph.go.th/KM/GDA_Label/file/คู่มือการใช้งานระบบ%20GDA_Label.pdf).

อภิรักษ์ จันทร์สร้าง, ธงชัย สุวรรณสิชณ์ และอนันต์ ผลเพิ่ม. "เครื่องมือวัดค่าความกรอบเพื่อใช้ในอุตสาหกรรมอาหารขนาดเล็ก." **ใน *การประชุมวิชาการงานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 1***, กรุงเทพฯ, 4-6 พ.ค. 2552, หน้า 19-24. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์, 2552.

อมรรัตน์ อุประปุ้ย และคณะ. “การศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างต้นจอกกับฟางข้าวต่อผลผลิตเห็ดฟางที่เพาะในตะกร้าพลาสติก,” **วารสารเกษตรพระวรุณ**. 2562 : 16(2): 395-403.

เอกสารอ้างอิงภาษาต่างประเทศ

AOAC. 2000. Association of Official Chemists, Official Method of analysis. 17th ed. Washington, D.C.

AOAC. 2016. Association of Official Chemists, Official Method of analysis. 20th ed. Washington, D.C.

AOAC. 2019. Association of Official Chemists, Official Methods of analysis, 21st ed. Washington, D.C.

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.

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. doi:10.1111/jfbc.12412

Petrat, P., Klomklao, S., Visessanguan, W., Benjakul, S., & Kishimura, H. (2025). Biocalcium phosphate powders prepared from threadfin bream (*Nemipterus hexodon*) bone: Properties and comparison with calcined fish bone powder. ***Journal of Agriculture and Food Research***, *22*, 102041. doi:10.1016/j.jafr.2025.102041

Ray Marsili. (5 พฤษภาคม 2568) . **Water Activity, Food Product Design.** แหล่งที่มา. www.foodproductdesign.com/archive/1933/1293QA.html

Water Activity. (5 พฤษภาคม 2568). **Food Science Australia Fact Sheet**. แหล่งที่มา. www.dfst.csiro.au/water_fs.html

William C. Shiel (5 พฤษภาคม 2568). Medical Definition of Hydroxyapatite. แหล่งที่มา. https://www.medicinenet.com/script/main/art.asp?articlekey=7368

YU, S. Y.; TAN, L. K. Acceptability of Crackers (Keropok) with Fish-Protein Hydrolysate. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 25, p. 204-208, 1990. PMid:21848869. http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2621.1990.tb01075.x

YU, S. Y., MITCHELL, J. R. and ABDULLAH, A. Production and Acceptability Testing of Fish Crackers (Keropok) Prepared by the Extrusion Method. **Journal of Food Technology**, v. 16, p. 51-58, 1981. PMid:21848869. http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2621.1981.tb00995.x

Zikriyani, H., Saskiawan and Mangunwardoyo, W. Utilization of Agricultural Waste for Cultivation of Paddy Straw Mushrooms (Volvariella volvacea (Bull.) Singer 1951). International Journal of Agricultural Technology. 2018; 14(5): 805-814.