

Received: March 18, 2025; Revised: June 6, 2025; Accepted: September 11, 2025

การประเมินคุณภาพและองค์ประกอบทางเคมีของปลาสร้อยแห้ง ผงปลาชิวแก้ว ไข่น้ำแห้ง และการประยุกต์ใช้ในการผลิตผงโรยข้าว

Evaluation of quality and proximate composition of striped catfish floss, Thai river sprat fish powder, dried water meal and application of rice seasoning powder production

จักรินทร์ ตรีนทอง^{1*}, ปิยะฉัตร วิริยะอำไพวงศ์¹ และวิระจิตร คุณราชฤทธิ์¹Jukkarin Treeinthong^{1*}, Piyachat Wiriyampaiwong¹ and Wirajit Koonrach¹¹คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์ จังหวัดกาฬสินธุ์¹Faculty of Agricultural Technology, Kalasin university, Kalasin Province

*Corresponding Author E-mail Address : jukkarin.tr@ksu.ac.th

บทคัดย่อ

ปัจจุบันผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพได้รับความนิยมเพิ่มขึ้น ส่งผลให้มีการนำวัตถุดิบท้องถิ่นที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง มาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์อาหารมากขึ้น อย่างไรก็ตามข้อมูลด้านคุณภาพและองค์ประกอบทางเคมีของวัตถุดิบมีความสำคัญต่อการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารที่มีประสิทธิภาพ งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินคุณภาพและองค์ประกอบทางเคมีของปลาสร้อยแห้ง (Striped catfish floss; SCF) ผงปลาชิวแก้ว (Thai river sprat fish powder; TRS-FP) และไข่น้ำแห้ง (Dried water meal; DWM) รวมทั้งการศึกษาศักยภาพของวัตถุดิบในการผลิตเป็นผงโรยข้าว ผลการศึกษา พบว่า SCF มีปริมาณโปรตีน คาร์โบไฮเดรต ไขมัน และเยื่อใย เท่ากับ 44.87, 42.06, 5.53, 0.94 และ 0.44% ตามลำดับ TRS-FP มีปริมาณโปรตีน คาร์โบไฮเดรต ไขมัน และเยื่อใย เท่ากับ 76.13, 9.84, 5.31, 2.90 และ 1.85% ตามลำดับ ขณะที่ DWM มีปริมาณคาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมัน และเยื่อใย เท่ากับ 64.73, 25.58, 1.37, 0.92 และ 0.55% ตามลำดับ วัตถุดิบทั้งสามชนิดมีปริมาณความชื้น (ช่วง 3.97-6.86%) และมีค่า Water activity (0.257-0.354) อยู่ในระดับต่ำ เมื่อนำไปผลิตผงโรยข้าวโดยใช้ SCF (46.09%) TRS-FP (17.39%) และ DWM (13.04%) พบว่า มีปริมาณโปรตีน ไขมัน เยื่อใย ไขมัน และ คาร์โบไฮเดรต เท่ากับ 40.57, 9.22, 6.04, 11.34 และ 27.95% ตามลำดับ และมีสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระซึ่งมีค่า DPPH radicals scavenging activity เท่ากับ 60.41% ค่า ABTS radicals scavenging activity เท่ากับ 1001.04 $\mu\text{M TE/g}$ และ ค่า FRAP value เท่ากับ 7.334 mM Fe^{2+} equivalents/g ผงโรยข้าวมีคะแนนความชอบโดยรวมอยู่ที่ระดับชอบปานกลาง (7.10 คะแนน) ดังนั้น สามารถสรุปได้ว่า วัตถุดิบทั้งสามชนิดเป็นแหล่งของสารอาหารประเภทโปรตีนและ คาร์โบไฮเดรต และมีศักยภาพในการผลิตเป็นผงโรยข้าวได้

คำสำคัญ: ปลาสร้อยแห้ง ผงปลาชิวแก้ว ไข่น้ำแห้ง องค์ประกอบทางเคมี ผงโรยข้าว

Abstract

The demand for health-promoting foods has been increasing, leading to the utilization of locally nutrient-rich ingredients in food product development. However, understanding the quality and proximate composition of raw materials is crucial for effective product formulation. This study aimed to evaluate the quality and proximate composition of striped catfish floss (SCF), Thai river sprat fish powder (TRS-FP), and dried water meal (DWM) and study the potential of these raw materials for producing rice seasoning powder. The results showed that SCF contained 44.87% protein, 42.06% carbohydrates, 5.53% ash, 0.94% fat, and 0.44% fiber. TRS-FP had 76.13% protein, 9.84% carbohydrates, 5.31% fat, 2.90% ash, and 1.85% fiber. DWM comprised 64.73% carbohydrates, 25.58% protein, 1.37% ash, 0.92% fat, and 0.55% fiber. All three raw materials had low moisture content (range 3.97-6.86%) and water activity (0.257-0.354). When the raw materials were used for producing rice seasoning powder by using SCF (46.09%), TRS-FP (17.39%) and DWM (13.04%), it was found that rice seasoning powder contained 40.57% protein, 9.22% fat, 6.04% fiber, 11.34% ash, and 27.95% carbohydrates. It had antioxidant properties with a DPPH radical scavenging activity value of 60.41%, an ABTS radical scavenging activity value of 1001.04 $\mu\text{M TE/g}$ and a FRAP value of 7.334 mM Fe^{2+} equivalents/g. The overall liking score was moderate liking level (7.10 points). Therefore, it can be concluded that the three raw materials are sources of protein and carbohydrate nutrients and have the potential to be produced as rice seasoning powder.

Keywords: Striped catfish floss, Thai river sprat fish powder, Dried water meal, Proximate composition, Rice seasoning powder

บทนำ

ผลิตภัณฑ์อาหารสุขภาพและอาหารฟังก์ชันกำลังได้รับความนิยมและขยายตัวอย่างรวดเร็ว จากข้อมูลของ Global Wellness Institute (GWI) คาดว่าเศรษฐกิจด้านสุขภาพทั่วโลกจะเติบโต 8.6% ต่อปี จนถึงปี ค.ศ. 2027 โดยมีมูลค่าตลาดสูงกว่า 306,000,000 ล้านล้านบาท เพิ่มขึ้นเกือบสองเท่าจากปี ค.ศ. 2020 และสูงกว่าการเติบโตของเศรษฐกิจโลก (Prachachat Business, 2024) แนวโน้มดังกล่าวเป็นผลมาจากปัญหาสุขภาพที่เกิดจากพฤติกรรมกรบริโภค เช่น โรคความดันโลหิตสูงจากการบริโภคโซเดียมมากเกินไป ภาวะขาดสารอาหารจากการบริโภคอาหารที่ไม่มีคุณค่าทางโภชนาการครบถ้วน และโรคเบาหวานจากการบริโภคน้ำตาลสูง ทำให้ผู้บริโภคหันมาใส่ใจสุขภาพมากขึ้น โดยการเลือกรับประทานอาหารที่มีประโยชน์ซึ่งถือเป็นวิธีการป้องกันโรคที่ง่ายและมีประสิทธิภาพ ส่งผลให้ตลาดอาหารเพื่อสุขภาพเติบโตอย่างต่อเนื่อง ปัจจุบันอุตสาหกรรมอาหารเพื่อสุขภาพส่วนใหญ่ใช้วัตถุดิบที่เป็นผลผลิตจากการเกษตรเชิงพาณิชย์เป็นหลัก ขณะที่วัตถุดิบท้องถิ่นที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูงและมีราคาต่ำยังไม่ได้รับการนำมาใช้ประโยชน์เท่าที่ควร ดังนั้น การศึกษาคุณค่าทางโภชนาการของวัตถุดิบท้องถิ่นและการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารสุขภาพจากวัตถุดิบเหล่านี้จึงเป็นแนวทางสำคัญในการตอบสนองความต้องการของตลาดในปัจจุบัน

ปลาสวาย (*Pangasianodon hypophthalmus*) เป็นปลาน้ำจืดไม่มีเกล็ด เช่นเดียวกับปลาเทโพ เทพา และสังกะวาด มีขนาดใหญ่รองจากปลาทูและมีความสำคัญทางเศรษฐกิจ พบได้ทั้งในธรรมชาติและจากการเลี้ยงในบ่อดินหรือกระชัง แม้ปลาสวายจะมีกลิ่นเฉพาะตัวและมีไขมันสูง ซึ่งอาจทำให้ผู้บริโภคบางกลุ่มไม่นิยม แต่เป็นปลาที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง เป็นแหล่งโปรตีนและไขมันดี โดยเฉพาะไขมันไม่อิ่มตัวในกลุ่มโอเมก้า-3 (Omega-3) ซึ่งนับว่าเป็นทางเลือกที่ดีที่ผู้บริโภคไม่ต้องรับประทานปลาทะเลน้ำลึกนำเข้าจากต่างประเทศ เนื่องจากปลาสวายของไทยย่อมมีราคาถูกกว่า สำหรับกรดไขมันโอเมก้า-3 จะมี Docosahexaenoic Acid (DHA) ซึ่งช่วยในเรื่องจอประสาทตาและเซลล์สมอง ดังนั้น ดีเอชเอจึงมีความสำคัญมากต่อสตรีในระยะตั้งครรภ์และมารดาในระยะให้นมบุตรที่ช่วยให้สมองทารกพัฒนาและเจริญเติบโตอย่างสมบูรณ์ (Rajavithi hospital, 2016) ในอ่างเก็บน้ำเขื่อนลำปาว จังหวัดกาฬสินธุ์ พบว่า มีปลาสวายธรรมชาติในปริมาณมาก โดยเนื้อปลาที่มีไขมันต่ำกว่าเมื่อเทียบกับปลาสวายเลี้ยง ทำให้มีเนื้อสัมผัสแน่นและรสชาติดี ชาวประมงมักจำหน่ายปลาสวายสดให้พ่อค้าคนกลางเพื่อกระจายไปยังจังหวัดอื่น ๆ อย่างไรก็ตาม

ราคาปลาสวายยังค่อนข้างต่ำ (15-20 บาทต่อกิโลกรัม) และการพัฒนาผลิตภัณฑ์เพื่อเพิ่มมูลค่ายังมีน้อย ซึ่งเป็นโอกาสสำคัญในการต่อยอดอุตสาหกรรมอาหารจากปลาสวายให้เติบโตมากขึ้น

ปลาชิวแก้ว (*Clupeichthys aesamensis*) เป็นปลาน้ำจืดขนาดเล็กในวงศ์ปลาหลังเขียว มีรูปร่างเพรียวยาว พบได้เฉพาะในแม่น้ำโขงและลำน้ำสาขา รวมถึงอ่างเก็บน้ำขนาดใหญ่ เช่น เขื่อนอุบลรัตน์ (ขอนแก่น) เขื่อนลำปาว (กาฬสินธุ์) เขื่อนสิรินธร (อุบลราชธานี) และเขื่อนสิริกิติ์ (อุตรดิตถ์) ปลาชิวแก้วมักอาศัยรวมกันเป็นฝูงใหญ่บริเวณผิวน้ำและกลางน้ำในแหล่งน้ำนิ่ง ในด้านคุณค่าทางโภชนาการของปลาชิวแก้วสด พบว่า มีปริมาณโปรตีน 11.88-15.32% ไขมัน 10.00-10.47% และเป็นแหล่งแคลเซียมที่สำคัญ (Kongpun & Somboonyarithi, 2009) ขณะที่ปลาชิวแก้วอบแห้งมีปริมาณโปรตีน 57.40% และให้แคลเซียมสูงถึง 60% ของ Thai RDI/100 g (Auyyuenyong et al., 2023) ด้วยคุณค่าทางโภชนาการที่สูง ปลาชิวแก้วจึงนิยมนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ เช่น ปลาแห้ง ปลาเจ่า และน้ำปลา ในอ่างเก็บน้ำเขื่อนลำปาว จังหวัดกาฬสินธุ์ ปลาชิวแก้วเป็นสัตว์น้ำที่มีปริมาณจับได้สูง และเริ่มมีการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ เช่น ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งเสริมปลาชิวแก้วตากแห้ง (Treeinthong et al., 2024) อย่างไรก็ตาม การพัฒนาผลิตภัณฑ์จากปลาชิวแก้วยังมีค่อนข้างน้อย ทำให้เป็นโอกาสสำคัญในการต่อยอดเพื่อเพิ่มมูลค่าและขยายตลาดของปลาชนิดนี้ให้กว้างขึ้น

ไข่น้ำ หรือ ผำ เป็นพืชน้ำขนาดเล็กในวงศ์ Lemnaceae ที่พบในแหล่งน้ำขัง เช่น หนองบึง มีรูปร่างเป็นเม็ดสีเขียว กลมหรือเกือบกลม ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.5-1.5 mm ไข่น้ำเป็นพืชที่มีขนาดเล็กที่สุดในโลก โดยในประเทศไทยพบสายพันธุ์ที่สำคัญคือ *Wolffia arrhiza* และ *Wolffia globosa* ซึ่งนิยมใช้ในการปรุงอาหารพื้นบ้าน เช่น แกงอ่อม แกงคั่ว ไข่ตุ๋น และไข่เจียว (Somboon, 2014) ไข่น้ำมีคุณค่าทางโภชนาการสูง โดยอุดมไปด้วยโปรตีน กรดอะมิโนที่จำเป็น เส้นใยสูง วิตามิน A, B12, C และแร่ธาตุหลายชนิด นอกจากนี้ยังมีสารต้านอนุมูลอิสระที่ช่วยเสริมสุขภาพจากการบริโภค (Somboon, 2014) ผลการศึกษาของ Hu et al. (2022) ระบุว่า ไข่น้ำมีโปรตีน 50.89% ไขมัน 6.07% คาร์โบไฮเดรต 31.33% และเถ้า 11.71% ของน้ำหนักแห้ง ปัจจุบันไข่น้ำถูกจัดเป็นซูเปอร์ฟู้ด (Superfood) ที่มีศักยภาพในการเป็นอาหารแห่งอนาคต และมีการพัฒนาผลิตภัณฑ์จากไข่น้ำในหลากหลายรูปแบบ เช่น ผลิตภัณฑ์ผงผักปรุงรสแคลเซียมสูงจากไข่น้ำ (Cheerapatiyut, 2009) การพัฒนาบะหมี่เสริมไข่น้ำอบแห้ง (Puttame & Ninlanon, 2021) และการใช้ไข่น้ำแห้งในเส้นก๋วยเตี๋ยว (Phonpannawit & Klomjoho, 2024) เป็นต้น โดยคุณค่าทางโภชนาการของไข่น้ำขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ การเพาะเลี้ยง ปัจจัยสิ่งแวดล้อม ฤดูกาล และกระบวนการผลิต

การพัฒนาผลิตภัณฑ์สุขภาพในรูปแบบที่หลากหลายโดยใช้วัตถุดิบท้องถิ่นที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูงและมีราคาต่อหน่วยค่อนข้างต่ำเป็นวิธีการหนึ่งที่สามารถเพิ่มมูลค่าและตอบสนองความต้องการของตลาดสุขภาพได้อย่างมีประสิทธิภาพ การเตรียมวัตถุดิบในรูปแบบผงแห้งเป็นหนึ่งในกระบวนการที่นิยม เนื่องจากสามารถช่วยยืดอายุการเก็บรักษาและรักษาคุณค่าทางโภชนาการของวัตถุดิบไว้ได้ โดยการทำแห้งจะลดปริมาณน้ำในอาหาร ซึ่งจะช่วยชะลอการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ เช่น แบคทีเรีย เชื้อรา และยีสต์ และยังลดปฏิกิริยาทางเคมีที่ทำให้คุณภาพอาหารเสื่อมลง การทำแห้งช่วยลดน้ำหนักและขนาดของวัตถุดิบ เพิ่มความสามารถในการแปรรูปและสะดวกในการนำไปใช้ในผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ด้วยเหตุนี้ ผู้วิจัยจึงได้เลือกวัตถุดิบในท้องถิ่นที่มีคุณค่าทางโภชนาการและมีศักยภาพในการพัฒนาผลิตภัณฑ์สุขภาพ ได้แก่ ปลาสวาย ปลาชิวแก้ว และไข่น้ำ โดยปลาสวายจะถูกแปรรูปเป็นปลาสวายหยองเพื่อขจัดกลิ่นเฉพาะที่มีผลต่อการยอมรับของผู้บริโภค ในขณะที่ปลาชิวแก้วสดจะนำมาแปรรูปเป็นผงปลาชิวแก้ว และไข่น้ำจะนำมาแปรรูปเป็นไข่น้ำแห้งก่อนที่จะนำไปประเมินคุณภาพและคุณค่าทางโภชนาการซึ่งถือเป็นขั้นตอนสำคัญในการประเมินศักยภาพของวัตถุดิบเหล่านี้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารสุขภาพ โดยงานวิจัยนี้ผู้วิจัยเลือกผงโรยข้าวเป็นผลิตภัณฑ์อาหารเสริมสุขภาพต้นแบบในการใช้ปลาสวายหยอง ผงปลาชิวแก้ว และไข่น้ำเป็นส่วนผสมหลัก ทั้งนี้เนื่องจากปัจจุบันผงโรยข้าวเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีการจำหน่ายในท้องตลาดในรูปแบบที่หลากหลาย โดยผงโรยข้าว หรือ ฟุริคาเกะ (Furikake) เป็นเครื่องปรุงรสแบบแห้งของญี่ปุ่น นิยมใช้โรยบนข้าวสุก ผัก และปลา ผลิตมาจากการนำผลิตภัณฑ์สัตว์น้ำ ผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร และผลิตภัณฑ์ปศุสัตว์ ชนิดใดชนิดหนึ่งหรือหลายชนิดมาปรุงรสและทำแห้ง หรือนำผลิตภัณฑ์เหล่านี้มาผสมกับสาหร่าย งา เครื่องปรุงรส หรือส่วนผสมอื่น ๆ ส่วนผสมหลักของการทำผงโรยข้าว ได้แก่ ปลาแห้งบด งา สาหร่ายสับ น้ำตาล เกลือ และโมโนโซเดียมกลูตาเมต ส่วนผสมที่ใช้ผสมเพื่อเพิ่มรสชาติอื่น ๆ เช่น คัสชีโอบูชิ (ปลาแห้งที่ใช้ในการทำซูชิ) ปลาแซลมอนแห้ง ชิโอะไซ มิโอะะ ผงผัก และอื่น ๆ (Mahae et al., 2019) นอกจากนี้การผลิตผงโรยข้าวยังมีการเติมส่วนผสมต่าง ๆ เพื่อแก้ปัญหาด้านโภชนาการของผู้บริโภค เช่น การเติมปลาเล็กปลาน้อยบดเพื่อเสริมแร่ธาตุแคลเซียม หรือสารอาหารที่จำเป็นอื่น ๆ ปัจจุบันมีการพัฒนาผลิตภัณฑ์ผงโรยข้าวที่หลากหลายรูปแบบ ไม่ว่าจะเป็นการใช้ส่วนผสมในท้องถิ่นมาผสมในผงโรยข้าวเพื่อเสริมคุณค่าทางโภชนาการ การพัฒนารสชาติผงโรยข้าวให้มีความหลากหลาย การใช้ประโยชน์จากเศษเหลือทางอุตสาหกรรมที่มีคุณประโยชน์มาพัฒนาเป็นผงโรยข้าวเพื่อเพิ่มมูลค่า เช่น การพัฒนาผลิตภัณฑ์ผงโรยข้าวจากปลาสดแดดเดียว (Runglerdkriangkrai, 2017) การพัฒนาผลิตภัณฑ์ผงโรยข้าวจากใบเหลียง กุ้งแห้ง งาดำ และงาขาว (Siripongvutikorn et al.,

2023) และการพัฒนาผลิตภัณฑ์ผงโรยข้าว (ฟูริคาเกะ) จากปลาผสมหนังปลากะพงขาวทอดกรอบ (Mahae et al., 2019) เป็นต้น สำหรับไข่น้ำแห้งซึ่งเป็นวัตถุดิบในการทดลองครั้งนี้ พบว่า ปัจจุบันมีการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ผงโรยข้าวที่หลากหลายรูปแบบ เนื่องจากมีโปรตีนและคุณค่าทางโภชนาการสูง อย่างไรก็ตาม การนำปลาสดและปลาชีวแก้วซึ่งเป็นสัตว์น้ำที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูงมาพัฒนาเป็นผงโรยข้าวยังมีข้อมูลค่อนข้างน้อย ด้วยเหตุนี้ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการนำวัตถุดิบทั้งสามซึ่งมีอยู่ในท้องถิ่นมาศึกษาความเป็นไปได้ในการพัฒนาเป็นโรยข้าวต้นแบบ

ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินคุณภาพและองค์ประกอบทางเคมีของปลาสดหอย ผงปลาชีวแก้ว และไข่น้ำแห้งในการใช้เป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์อาหารเสริมสุขภาพ และศึกษาศักยภาพความเป็นไปได้ในการใช้วัตถุดิบเหล่านี้เป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์อาหารเสริมสุขภาพโดยผลิตเป็นผงโรยข้าว โดยข้อมูลที่ได้จากการวิจัยครั้งนี้จะเป็นข้อมูลเบื้องต้นที่สำคัญสำหรับการต่อยอดพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารสุขภาพหรืออาหารที่ส่งเสริมสุขภาพที่ตอบโจทย์แนวโน้มการบริโภคที่ใส่ใจสุขภาพและโภชนาการในปัจจุบัน อีกทั้งยังเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับวัตถุดิบท้องถิ่นอีกด้วย

วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการ

1. การเตรียมปลาสดหอย

นำปลาสดขนาด 6,000-8,000 g ที่ซื้อจากชาวประมง บ้านท่าเรือภูสิงห์ ตำบลภูสิงห์ อำเภอสหัสขันธ์ จังหวัดกาฬสินธุ์ มาแล่เอาเฉพาะเนื้อปลา หั่นเป็นชิ้น จากนั้นนำไปล้างด้วยน้ำเกลือความเข้มข้น 0.3% (w/v) จำนวน 1 ครั้ง และล้างตามด้วยน้ำสะอาด 2 ครั้ง พักทิ้งไว้ให้สะเด็ดน้ำ นำไปนึ่งที่อุณหภูมิ 100°C เป็นเวลา 15 นาที พักไว้ให้เย็น แล้วนำไปเตรียมปลาสดหอยตามสูตรที่ดัดแปลงจากวิธีของ Department of Fisheries (2018) และวิธีของ Mahae et al. (2019) ได้แก่ เนื้อปลาสดหอยนึ่งสุก 100 g ซีอิ๊วขาว 17 g ซีอิ๊วดำ 2 g น้ำตาลทราย 15 g และน้ำสะอาด 35 g โดยนำเนื้อปลาสดหอยที่นึ่งแล้วยีให้ฟู นำไปคั่วในกระทะโดยใช้ไฟระดับปานกลาง (อุณหภูมิประมาณ 150°C) จากนั้นเติมส่วนผสมอื่น ๆ ลงในกระทะ คั่วจนเนื้อปลาแห้ง แล้วนำไปอบด้วยตู้อบลมร้อน (รุ่น LT-93 ยี่ห้อ Lecon ประเทศจีน) ที่อุณหภูมิ 60°C เป็นเวลา 30 นาที พักไว้ให้เย็น บรรจุใส่ถุงอลูมิเนียมฟอยล์ปิดผนึกเพื่อใช้ในการประเมินคุณภาพต่อไป

2. การเตรียมผงปลาชีวแก้ว

นำปลาชีวแก้วสดขนาด 12-15 g ที่ซื้อจากชาวประมง บ้านท่าเรือภูสิงห์ ตำบลภูสิงห์ อำเภอสหัสขันธ์ จังหวัดกาฬสินธุ์ มาล้างทำความสะอาดด้วยน้ำเกลือความเข้มข้น 0.3% (w/v) จำนวน 2 ครั้ง และล้างด้วยน้ำสะอาด 2 ครั้ง พักให้สะเด็ดน้ำ จากนั้นนำไปต้มที่อุณหภูมิ 100°C นาน 5 นาที กรองแยกน้ำต้มออก นำปลาชีวแก้วที่สุกแล้วมาบดให้ละเอียด แล้วตักใส่ถาดอบเกลี่ยให้เป็นแผ่นบาง จากนั้นนำไปอบด้วยตู้อบลมร้อน (รุ่น LT-93 ยี่ห้อ Lecon ประเทศจีน) ที่อุณหภูมิ 60°C เป็นเวลา 12 ชั่วโมง นำแผ่นปลาชีวแก้วที่อบแห้งมาบดให้ละเอียด และร่อนด้วยตะแกรงขนาด 80 Mesh เพื่อแยกส่วนที่ไม่สามารถบดได้ เช่น ตาปลา จากนั้นเก็บใส่ถุงอลูมิเนียมฟอยล์ปิดผนึกเพื่อใช้ในการประเมินคุณภาพต่อไป

3. การเตรียมไข่น้ำแห้ง

เตรียมไข่น้ำแห้งโดยดัดแปลงตามวิธีของ Thongkham (2019) โดยนำไข่น้ำสดมาล้างทำความสะอาดแบบผ่านน้ำไหลในถุงผ้าขาวบาง 2 ชั้น เป็นเวลา 5 นาที ตักขึ้นและทิ้งให้สะเด็ดน้ำ จากนั้นตักใส่ถาด ถาดละ 300 g นำไปอบด้วยตู้อบลมร้อน (รุ่น LT-93 ยี่ห้อ Lecon ประเทศจีน) ที่อุณหภูมิ 40°C เป็นเวลา 30 ชั่วโมง โดยเกลี่ยกลับด้านทุก ๆ 5 ชั่วโมง นำไข่น้ำแห้งบดให้ละเอียด เก็บใส่ถุงอลูมิเนียมฟอยล์ปิดผนึกเพื่อใช้ในการประเมินคุณภาพต่อไป

4. การประเมินคุณภาพของวัตถุดิบ

นำปลาสดหอย ผงปลาชีวแก้ว และไข่น้ำแห้ง ประเมินคุณภาพดังนี้

4.1 ร้อยละของปริมาณผลผลิต

นำตัวอย่างได้แก่ เนื้อปลาสดหอย ปลาชีวแก้วต้มสุก และไข่น้ำสด มาชั่งน้ำหนัก จากนั้นนำไปแปรรูปเป็นปลาสดหอย ผงปลาชีวแก้ว และไข่น้ำแห้งตามวิธีการข้อ 1, 2 และ 3 ตามลำดับ นำปลาสดหอย ผงปลาชีวแก้ว และไข่น้ำแห้งที่

แปรรูปแล้วมาชั่งน้ำหนัก จากนั้นนำไปคำนวณร้อยละของปริมาณผลผลิตตามสูตร โดยแต่ละตัวอย่างทำการทดลอง 3 ซ้ำ สมการคำนวณร้อยละของปริมาณผลผลิต ดังนี้

$$\text{ปริมาณผลผลิตปลาสาวยหยอง (\%)} = \frac{\text{น้ำหนักของปลาสาวยหยอง}}{\text{น้ำหนักของเนื้อปลาสาวยหยอง}} \times 100 \quad (\text{Eq.1})$$

$$\text{ปริมาณผลผลิตผงปลาชีวแก้ว (\%)} = \frac{\text{น้ำหนักของผงปลาชีวแก้ว}}{\text{น้ำหนักของปลาชีวแก้วต้มสุก}} \times 100 \quad (\text{Eq.2})$$

$$\text{ปริมาณผลผลิตไข่น้ำอบแห้ง (\%)} = \frac{\text{น้ำหนักของไข่น้ำอบแห้ง}}{\text{น้ำหนักของไข่น้ำสด}} \times 100 \quad (\text{Eq.3})$$

4.2 ค่าสี โดยการสุ่มตัวอย่างจำนวน 10 ตัวอย่าง แล้วนำไปวัดค่าสีในระบบ $L^* a^* b^*$ เมื่อ L^* คือ ค่าความสว่าง $a^* (+)$ คือ ค่าสีแดง $a^* (-)$ คือ ค่าสีเขียว $b^* (+)$ คือ ค่าสีเหลือง และ $b^* (-)$ คือ ค่าสีน้ำเงิน ด้วยเครื่องวัดสี (รุ่น Ultra Scan PRO ยี่ห้อ Hunter Lab ประเทศสหรัฐอเมริกา) ในแต่ละตัวอย่างทำการทดลอง 6 ซ้ำ

4.3 ค่าปริมาณน้ำอิสระในผลิตภัณฑ์ (Water activity, a_w) โดยการสุ่มตัวอย่างจำนวน 2 g นำมาวัดค่า a_w ด้วยเครื่องวัดค่า a_w (รุ่น Pre ยี่ห้อ Aqua Lab ประเทศสหรัฐอเมริกา) ในแต่ละตัวอย่างทำการทดลอง 3 ซ้ำ

4.4 วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของตัวอย่าง ได้แก่ ปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า เยื่อใย และคาร์โบไฮเดรต วิเคราะห์ปริมาณความชื้น โดยชั่งตัวอย่าง 3 g ลงบนภาดอลูมิเนียม จากนั้นนำไปวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Moisture Analyzer (รุ่น MA37-1 ยี่ห้อ SATORIUS ประเทศเยอรมนี) ที่อุณหภูมิ 105°C ตามวิธีของ AOAC (2016) Part 930.15 วิเคราะห์ปริมาณโปรตีนตามวิธี AOAC (2016) Part 992.15 โดยการชั่งน้ำหนักตัวอย่าง 50 mg บนอลูมิเนียมฟอยล์ จากนั้นห่อตัวอย่างให้แน่นเป็นก้อนกลม แล้วนำไปวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Dumatherm nitrogen/Protein analyzer (รุ่น Dumatherm ยี่ห้อ Gerhardt ประเทศเยอรมนี) สำหรับไขมันวิเคราะห์ด้วยวิธี Soxhlet extraction ตามวิธีของ AOAC (2016) Part 2003.05 วิเคราะห์เยื่อใยตามวิธี AOAC (2016) Part 978.10 โดยการชั่งน้ำหนักตัวอย่าง 1 g บน Glass fiber crucible ที่เติม Celite แล้วนำไปวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Fiber analyzers (รุ่น FIWE 6 ยี่ห้อ VELP Scientifica ประเทศอิตาลี) วิเคราะห์ปริมาณเถ้าตามวิธี AOAC (2016) Part 942.05 โดยการชั่งน้ำหนักตัวอย่าง 2 g ลงไปใน Crucible จากนั้นเผาตัวอย่างบน Hot plate จนหมดควัน (เป็นสีดำสนิท) แล้วนำไปเผาในเตาเผา (Furnace) (รุ่น CWF 1100 11/33 ยี่ห้อ Carbolite Gero ประเทศอังกฤษ) ที่อุณหภูมิ 550°C จนเป็นเถ้าโดยสมบูรณ์ (เป็นสีขาว หรือ ขาวอมเทา) ทำให้เย็นลงในโถดูดความชื้น แล้วนำไปชั่งน้ำหนัก สำหรับคาร์โบไฮเดรตใช้วิธีการคำนวณ โดยคำนวณปริมาณคาร์โบไฮเดรตทั้งหมด (Total carbohydrate) จากสูตร คาร์โบไฮเดรต = 100 - (ความชื้น + โปรตีน + ไขมัน + เถ้า) ปริมาณพลังงานของตัวอย่าง ใช้วิธีคำนวณจากสูตร โดยปริมาณพลังงานของตัวอย่าง (Kcal/sample 100 g) = (ปริมาณโปรตีนของตัวอย่าง (g) × 4) + (ปริมาณไขมันของตัวอย่าง (g) × 9) + (ปริมาณคาร์โบไฮเดรต (g) × 4) ในการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีและพลังงานของตัวอย่าง ทำการทดลอง 3 ซ้ำต่อตัวอย่าง

นำผลการวิเคราะห์ของตัวอย่างที่ได้จากข้อ 4.1-4.4 นำมาคำนวณค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ซึ่งเป็นค่าทางสถิติที่ใช้อธิบายแนวโน้มค่ากลางของข้อมูลและการกระจายตัวของข้อมูล

5. ศึกษาการผลิตผงโรยข้าวโดยใช้ส่วนผสมจากปลาสาวยหยอง ผงปลาชีวแก้ว และไข่น้ำแห้ง

นำปลาสาวยหยอง ผงปลาชีวแก้ว และไข่น้ำแห้งที่ได้จากข้อ 4 มาเป็นส่วนผสมหลักในการผลิตผงโรยข้าวต้นแบบ เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตเป็นผลิตภัณฑ์อาหารเสริมสุขภาพ ซึ่งมีวิธีการศึกษาดังนี้

5.1 สูตรและการเตรียมส่วนผสมของผงโรยข้าว นำวัตถุดิบทั้งสามชนิดมาศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตผลิตภัณฑ์อาหารเสริมสุขภาพต้นแบบโดยผลิตเป็นผงโรยข้าวจำนวน 1 สูตร ซึ่งดัดแปลงจากสูตรผงโรยข้าวของ Runglerdkriangkrai (2017) โดยสูตรผงโรยข้าวต้นแบบที่ดัดแปลงประกอบด้วย ปลาสาวยหยอง 46.09% ผงปลาชีวแก้ว 17.39% ไข่น้ำอบแห้ง 13.04% งาขาวคั่ว 6.09% งาดำคั่ว 6.09% สาหร่ายแผ่นปรุงรส 1.74% พริกป่น 0.87% น้ำตาลทราย 6.09% และเกลือ 2.60% โดยปลาสาวยหยอง ผงปลาชีวแก้ว ไข่น้ำแห้ง เตรียมตามวิธีการในข้อ 4 ส่วนงาขาวและงาดำ นำมาคั่วด้วยไฟอ่อนจนหอม

พริกป่น น้ำตาลทราย และเกลือ นำมาบดละเอียด และสาหร่ายแผ่นปรุงรสนำมาตัดเป็นชิ้น ขนาด 1×1 mm นำส่วนผสมทั้งหมดมาผสมให้เข้ากัน นำไปอบด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 110°C นาน 10 นาที ทิ้งไว้ให้เย็น บรรจุใส่ถุงอูมิเนียมฟอยล์ ปิดสนิท เก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง เพื่อใช้ในการศึกษาคุณภาพต่อไป

5.2 การประเมินคุณภาพของผงโรยข้าว นำผงโรยข้าวที่เตรียมได้จากข้อ 5.1 มาทำการวิเคราะห์คุณภาพ ได้แก่ 1) ค่าสีในระบบ $L^* a^* b^*$ ด้วยเครื่องวัดสี (รุ่น Ultra Scan PRO ยี่ห้อ Hunter lab ประเทศสหรัฐอเมริกา) ทำการทดลอง 6 ซ้ำ 2) ค่า a_w ด้วยเครื่องวัดค่า a_w (รุ่น Pre ยี่ห้อ Aqua Lab ประเทศสหรัฐอเมริกา) ทำการทดลองจำนวน 3 ซ้ำ 3) องค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ ปริมาณชื้น โปรตีน โปรตีน ถั่ว เยื่อใย และคาร์โบไฮเดรต ตามวิธี AOAC (2016) 4) คุณภาพทางจุลชีววิทยา ได้แก่ ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (Andrew, 1992) และปริมาณยีสต์และรา (Bacteriological Analytical Manual, 2001) 5) วิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของผงโรยข้าว ได้แก่ ค่า DPPH radical scavenging activity (%) ตามวิธี DPPH assay (ดัดแปลงจากวิธีของ Klomklao & Benjakul, 2018) ค่า ABTS radical Scavenging activity ($\mu\text{M TE/g}$) ตามวิธี ABTS assay (ดัดแปลงจากวิธีของ Arnao et al., (2001) และวิธีของ Klomklao & Benjakul, (2018)) และค่า FRAP value (mM Fe^{2+} equivalents/g) ตามวิธี Ferric reducing antioxidant power (FRAP) assay (ดัดแปลงจากวิธี Klomklao & Benjakul, 2018) และ 6) ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยวิธีทดสอบความชอบ 9 ระดับ (9-Point hedonic scale) ในคุณลักษณะด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม โดยคะแนน 9 คือ ชอบมากที่สุด และคะแนน 1 คือ ไม่ชอบมากที่สุด ใช้ผู้ทดสอบทั่วไปจำนวน 30 คน นำข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์ไปคำนวณค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเพื่อประเมินแนวโน้มค่ากลางของข้อมูลและการกระจายตัวของข้อมูล และใช้ข้อมูลเพื่อประเมินศักยภาพความเป็นไปได้ในการใช้วัตถุดิบทั้งสามชนิดในการผลิตผงโรยข้าว

ผลการวิจัย และการอภิปรายผล

1. ผลการประเมินคุณภาพและองค์ประกอบทางเคมีของปลาสดหอยอง ผงปลาชีวแก้ว และไข่น้ำแห้ง

ผลการประเมินคุณภาพและองค์ประกอบทางเคมีของปลาสดหอยอง (Table 1) พบว่า ผลิตภัณฑ์มีเส้นใยสั้น และหนา ลักษณะฟู สีเหลืองอมน้ำตาลอ่อน (Figure 1A) โดยมีปริมาณผลผลิต 55.02% ค่าความสว่าง (L^*) ค่าสีแดง (a^*) และค่าสีเหลือง (b^*) อยู่ที่ 59.89, 8.82 และ 23.39 ตามลำดับ ส่วนค่า a_w มีค่าเท่ากับ 0.339 สำหรับองค์ประกอบทางเคมีของปลาสดหอยองประกอบด้วยความชื้น 6.15% โปรตีน 44.87% ไขมัน 0.94% เยื่อใย 0.44% ถั่ว 5.53% และคาร์โบไฮเดรต 42.06% ให้พลังงาน 358 kcal/ 100 g จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า ค่าสีของปลาสดหอยองสอดคล้องกับลักษณะปรากฏซึ่งเป็นผลมาจากการเติมเครื่องปรุง ได้แก่ ซีอิ๊วขาว ซีอิ๊วดำ และน้ำตาลทราย โดยสีเหลืองอมน้ำตาลอ่อนของปลาสดหอยองเกิดจากปฏิกิริยาเมลลาร์ด (Maillard) ระหว่างกรดอะมิโนในปลาและน้ำตาลทราย รวมถึงการเกิดคาราเมลของน้ำตาล (Caramelization) ที่ได้รับความร้อน ส่งผลให้เกิดสารประกอบสีน้ำตาลในผลิตภัณฑ์ ขณะที่ซีอิ๊วขาวมีโปรตีนจากถั่วเหลืองเป็นองค์ประกอบจึงช่วยส่งเสริมปฏิกิริยาเมลลาร์ด ส่วนซีอิ๊วดำมีสีเข้มที่เกิดจากกระบวนการหมักและคาราเมลเมื่อเติมลงไปจึงช่วยเพิ่มความเข้มของสีน้ำตาลและช่วยเร่งปฏิกิริยาเมลลาร์ด เนื่องจากมีน้ำตาลเป็นองค์ประกอบขณะที่ค่า a_w (0.339) อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนปลาหอยอง (Thai Industrial Standards Institute, 2010) ซึ่งกำหนดให้ไม่เกิน 0.6 โดยค่า a_w เป็นปัจจัยสำคัญต่ออายุการเก็บรักษาและความปลอดภัยของอาหาร เนื่องจากส่งผลต่อการอยู่รอดและการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ (Thai Industrial Standards Institute, 2010) ส่วนปริมาณความชื้น (6.15%) มีค่าสอดคล้องกับมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมปลาหอยอง ปลาเกล็ด และปลาแห้งป่น ซึ่งกำหนดให้ ปลาหอยองปรุงรสต้องมีความชื้นไม่เกิน 12% (Thai Industrial Standards Institute, 1987) ดังนั้น ปลาสดหอยองที่ผลิตได้จึงมีความปลอดภัยต่อการบริโภค สำหรับองค์ประกอบทางเคมีของปลาสดหอยอง พบว่า มีความแตกต่างจากปลาหอยองที่ผลิตจากปลาโอลาย (*Euthynnus affinis*) (Kartikaningsih et al., 2021) ปลาตุ๊ก (*Clarias gariepinus*) (Romadhon et al., 2019; Fahmi & Purnamayati, 2020) และปลานวลจันทร์ทะเล (Wijayanti et al., 2016) ซึ่งความแตกต่างดังกล่าวขึ้นอยู่กับชนิดของปลา ส่วนผสม และกระบวนการผลิต อย่างไรก็ตามปลาสดหอยองมีปริมาณโปรตีน (44.87%) ใกล้เคียงกับปลาหอยองที่ผลิตจากปลาชนิดอื่นซึ่งมีโปรตีนอยู่ในช่วง 29.11–43.08% (Wijayanti et al., 2016; Romadhon et al., 2019; Fahmi & Purnamayati, 2020; Kartikaningsih et al., 2021) คาร์โบไฮเดรตเป็นองค์ประกอบทางเคมีที่มีปริมาณรองลงมา (42.06%) ซึ่งเกิดจากการเติมส่วนผสมที่มีคาร์โบไฮเดรตเป็นส่วนประกอบในขั้นตอนการผลิต ได้แก่ น้ำตาลทราย ซีอิ๊วดำ และซีอิ๊วขาว

ขณะที่ปริมาณเถ้า (5.53%) ซึ่งวิเคราะห์ได้ในปลาหอยบ่งชี้ถึงการมีอยู่ของธาตุอาหารในปลาสวายหอย นอกจากนี้ ปลาสวายหอยยังมีไขมันและเยื่อใยต่ำ โดยปริมาณไขมันต่ำเป็นผลจากกระบวนการแปรรูปที่ใช้เฉพาะกล้ามเนื้อปลาไขมันที่วิเคราะห์ได้จึงเป็นไขมันในกล้ามเนื้อเท่านั้น ด้วยคุณค่าทางโภชนาการดังกล่าวปลาสวายหอยจึงเป็นแหล่งโปรตีนที่ดีสามารถบริโภคโดยตรงหรือใช้เป็นวัตถุดิบในผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อเสริมโปรตีน ทั้งยังมีปริมาณไขมันต่ำเหมาะสมสำหรับผู้ที่ต้องการควบคุมไขมันในอาหาร

ผลการประเมินคุณภาพและองค์ประกอบทางเคมีของผงปลาชีวแก้ว (Table 1) พบว่า ผงปลาชีวแก้วมีปริมาณผลผลิต 21.28% ซึ่งสูงกว่าผงปลาจากปลา Chapila (*Gudusia chapra*), ปลา Punti (*Puntius ticto*) และ ปลา Kachki (*Corica sobora*) ซึ่งมีค่าเท่ากับ 13.65, 11.25 และ 12.81% ตามลำดับ (Bhowmik et al., 2022) และสูงกว่าผงปลาชาร์ดิน (15.25%) (Mamun et al., 2022) อย่างไรก็ตาม ปริมาณผลผลิตของผงปลาชีวแก้วใกล้เคียงกับผงปลาจากปลา Anchovy (19.05%) (Mamun et al., 2022) โดยปริมาณผลผลิตของผงปลาขึ้นอยู่กับชนิดปลา ขนาด และกระบวนการแปรรูป (Bhowmik et al., 2022; Mamun et al., 2022) สำหรับค่า a_w ของผงปลาชีวแก้วมีค่าเท่ากับ 0.257 ซึ่งต่ำกว่าระดับที่จุลินทรีย์สามารถเจริญเติบโตได้ โดยทั่วไปแบคทีเรียส่วนใหญ่ไม่สามารถเจริญเติบโตได้ดีที่ค่า a_w ต่ำกว่า 0.90 และราส่วนใหญ่จะไม่เจริญที่ค่า a_w ต่ำกว่า 0.70 (Maepakdee et al., 2014) ค่าสีของผงปลาชีวแก้ว ได้แก่ ค่า L^* (61.05), a^* (1.02) และ b^* (8.02) สอดคล้องกับลักษณะผงละเอียดสีเทาอมขาวของผลิตภัณฑ์ (Figure 1B) ขณะที่ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของผงปลาชีวแก้ว พบว่า มีความชื้น 3.97% โปรตีน 76.13% ไขมัน 5.31% เยื่อใย 1.85% เถ้า 2.90% และคาร์โบไฮเดรต 9.84% ค่าพลังงาน 399 kcal/ 100 g โดยพบว่า ปริมาณความชื้นของผงปลาชีวแก้วต่ำกว่าผงปลาจากปลา Chapila, ปลา Punti, ปลา Kachki, ปลาชาร์ดิน และ ปลา Anchovy (Bhowmik et al., 2022; Mamun et al., 2022) ซึ่งมีค่า 10.38-11.02% การลดปริมาณความชื้นต่ำกว่า 10-20% เป็นแนวทางที่ช่วยยืดอายุการเก็บรักษาสภาพผลิตภัณฑ์ (Van Ruth et al., 2014; Haider et al., 2021) และผลิตภัณฑ์ที่มีความชื้นต่ำกว่า 10% จะรักษาคุณภาพได้ดีที่สุด (Abdel-Haleem & Omran, 2014) ปริมาณโปรตีนของผงปลาชีวแก้ว (76.13%) มีค่าใกล้เคียงกับรายงานของ Mahmud et al. (2019) ซึ่งผลิตผงปลาจากปลาหลายชนิด ได้แก่ ปลา *Awaous grammepomus* ปลา *Channa punctata* ปลา *Puntius puntio*, ปลาลิ้น (Hypophthalmichthys molitrix) และปลาเยี่ยงเทศ (*Labeo rohita*) โดยปริมาณโปรตีนในผงปลาดังกล่าวอยู่ที่ช่วง 70.80-75.80% ขณะที่ผงปลาชีวแก้วมีปริมาณโปรตีนสูงกว่าผงปลาจากปลา Chapila ปลา Punti และปลา Kachki ซึ่งมีโปรตีน 48.81-57.65% (Bhowmik et al., 2022) และปลา Anchovy (69.59%) (Mamun et al., 2022) ปริมาณไขมันของผงปลาชีวแก้ว (5.31%) มีค่าใกล้เคียงกับงานวิจัยของ Mahmud et al. (2019) (5.85-8.04%) และต่ำกว่าผงปลาที่ศึกษาโดย Bhowmik et al. (2022) (6.86-17.58%) และ Mamun et al. (2022) (6.42-12.24%) ขณะที่ปริมาณเถ้า (2.90%) ซึ่งบ่งชี้ถึงปริมาณแร่ธาตุในผลิตภัณฑ์ พบว่า มีค่าต่ำกว่าผงปลาจากงานวิจัยของ Mahmud et al. (2019) (7.66-9.19%), Bhowmik et al. (2022) (9.99-21.05%) และ Mamun et al. (2022) (8.00-14.31%) จากผลการวิเคราะห์ ผงปลาชีวแก้วเป็นแหล่งโปรตีนสูงที่สามารถนำไปใช้เป็นวัตถุดิบในผลิตภัณฑ์อาหารสุขภาพ โดยเฉพาะผลิตภัณฑ์เสริมโปรตีน เนื่องจากโปรตีนจากปลาย่อยง่ายและมีคุณค่าทางโภชนาการสูง อีกทั้งยังมีประโยชน์ต่อสุขภาพ เช่น ลดภาวะอ้วน เสริมภูมิคุ้มกัน และช่วยควบคุมน้ำหนัก (Rudkowska et al., 2010; Khalili Tilami & Samples, 2017)

ผลการประเมินคุณภาพและองค์ประกอบทางเคมีของไข่น้ำแข็ง (Table 1) พบว่า ไข่น้ำแข็งแห้งที่ผลิตได้มีลักษณะเป็นผงละเอียด สีเขียวอ่อนอมเหลืองเล็กน้อย (Figure 1C) โดยให้ปริมาณผลผลิต 5.67% มีค่า L^* , a^* , b^* และ ค่า a_w เท่ากับ 41.67, -3.47, 11.42 และ 0.354 ตามลำดับ จากผลการวิเคราะห์ จะเห็นว่า ไข่น้ำแข็งแห้งมีค่า a_w ต่ำ (0.354) จึงจัดอยู่ในกลุ่มอาหารแห้งที่มีปริมาณน้ำอิสระต่ำ ไม่เอื้อต่อการเจริญของจุลินทรีย์ ส่งผลให้สามารถยืดอายุการเก็บรักษาได้ (On-Nom et al., 2023) สำหรับองค์ประกอบทางเคมีของไข่น้ำแข็งประกอบด้วยความชื้น 6.86% โปรตีน 25.58% ไขมัน 0.92% เยื่อใย 0.55% เถ้า 1.37% และคาร์โบไฮเดรต 64.73% ให้พลังงาน 372 kcal/100 g โดยพบว่า คาร์โบไฮเดรตเป็นองค์ประกอบทางเคมีหลักซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ On-Nom et al. (2023) และ Puttame & Ninlanon (2021) ที่ระบุว่า ไข่น้ำแข็งมีปริมาณคาร์โบไฮเดรตสูงสุด โดยไข่น้ำแข็งที่เตรียมจากการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งให้ปริมาณคาร์โบไฮเดรต 52.59% (On-Nom et al., 2023) ขณะที่ไข่น้ำแข็งที่เตรียมจากการคั่วในกระทะทองเหลืองให้คาร์โบไฮเดรต 57.65% (Puttame & Ninlanon, 2021) ปริมาณโปรตีนของไข่น้ำแข็งแห้งจากการทดลองนี้ (25.58%) มีปริมาณต่ำกว่างานวิจัยของ On-Nom et al. (2023) (31.50%) และ Hu et al. (2022) (50.89%) แต่สูงกว่างานวิจัยของ Puttame and Ninlanon (2021) (11.22%) ส่วนปริมาณเถ้า (1.37%) ที่วิเคราะห์ได้ในไข่น้ำแข็งแห้งบ่งชี้ถึงแร่ธาตุในผลิตภัณฑ์ (Hu et al., 2022) ขณะที่ไข่น้ำมีปริมาณไขมันที่ต่ำมาก (0.92%) ทั้งนี้องค์ประกอบทางเคมีของไข่น้ำแข็งอาจแตกต่างกันตามสายพันธุ์ของไข่น้ำ ปัจจัยแวดล้อม การ

เพาะเลี้ยง ฤดูกาล และกระบวนการผลิต อย่างไรก็ตาม ค่าพลังงานที่ได้ (372 kcal/100 g) ก็ใกล้เคียงกับรายงานของ On-Nom et al. (2023) (383.03 kcal/100 g) จึงสามารถสรุปได้ว่า ไข่น้ำแห้งเป็นแหล่งของคาร์โบไฮเดรตและโปรตีนที่สำคัญในผลิตภัณฑ์อาหารอื่น ๆ ได้

Table 1 Quality characteristics and proximate composition of striped catfish floss, Thai river sprat fish powder, and dried water meal

Quality and proximate composition	Average±standard deviation		
	Striped catfish floss	Thai river sprat fish powder	Dried water meal
Yield (%)	55.02±0.79	21.28±0.14	5.67±0.33
Lightness (L*)	59.89±1.16	61.05±0.43	41.67±1.22
Redness (a*)	8.82±0.10	1.02±0.02	-3.47±0.46
Yellowness (b*)	23.39±0.53	8.02±0.15	11.42±1.57
Water activity (a _w)	0.340±0.010	0.257±0.003	0.354±0.003
Moisture (%)	6.15±0.05	3.97±0.04	6.86±0.08
Protein (%)	44.87±0.27	76.13±0.29	25.58±0.21
Fat (%)	0.94±0.03	5.31±0.02	0.92±0.00
Fiber (%)	0.44±0.01	1.85±0.03	0.55±0.01
Ash (%)	5.53±0.04	2.90±0.07	1.37±0.01
Carbohydrate (%)	42.06±0.20	9.84±0.35	64.73±0.29
Energy (kcal/100 g)	358	399	372



(A) Striped catfish floss



(B) Thai river sprat fish powder



(C) Dried water meal

Figure 1 Striped catfish floss, Thai river sprat fish powder, and dried water meal

5. ผลการศึกษาคุณภาพทางกายภาพ คุณภาพทางเคมี คุณภาพทางจุลชีววิทยา และคุณภาพทางประสาทสัมผัสของ ผงโรยข้าว

ผลการประเมินคุณภาพของผงโรยข้าวที่มีปลาสาวยหอย ผงปลาชิวแก้ว และไข่น้ำแห้ง เป็นส่วนผสมหลัก (Table 2) พบว่า ผงโรยข้าวต้นแบบที่ผลิตได้มีลักษณะเป็นผงแห้ง ร่วน และไม่เป็นเนื้อเดียวกัน มีสีออกโทนเหลืองน้ำตาลอมเทาเข้มด้วยสีเขียว (Figure 2) โดยผลการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ พบว่า ผงโรยข้าวมีค่าสี L*, a*, b* และ a_w เท่ากับ 55.09, 1.78, 12.96 และ 0.380 ตามลำดับ สำหรับคุณภาพทางเคมี ได้แก่ องค์ประกอบทางเคมีของผงโรยข้าวและสมบัติการเป็น

สารต้านอนุมูลอิสระ พบว่า ผงโรยข้าวมีปริมาณความชื้น 4.88% โปรตีน 40.57% ไขมัน 9.22% เยื่อใย 6.04% เถ้า 11.34% คาร์โบไฮเดรต 27.95% และให้พลังงาน 381 kcal/100 g ขณะที่ผลการวิเคราะห์สมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ ซึ่งวัดด้วยวิธี DPPH assay, ABTS assay และวิธี FRAP assay พบว่า ผงโรยข้าวแสดงสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ โดยมีค่า DPPH radicals scavenging activity 60.41% มีฤทธิ์ในการกำจัดอนุมูลอิสระ ABTS โดยแสดงค่า ABTS radicals scavenging activity เท่ากับ 1001.04 $\mu\text{M TE/g}$ และมีความสามารถในการให้อิเล็กตรอนเมื่อทดสอบด้วยวิธี FRAP assay ซึ่งมีค่า FRAP value เท่ากับ 7.334 mM Fe^{2+} equivalents/g ตามลำดับ สำหรับคุณภาพทางจุลชีววิทยา พบว่า ผงโรยข้าวมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดเท่ากับ 1.3×10^5 CFU/g และไม่ตรวจพบยีสต์ราในผลิตภัณฑ์ ขณะที่ผลการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส (Table 3) พบว่า คะแนนความชอบคุณลักษณะด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น และเนื้อสัมผัสอยู่ที่ระดับชอบเล็กน้อย (6.59-6.79 คะแนน) ขณะที่คุณลักษณะด้านรสชาติ และความชอบโดยรวมมีคะแนนความชอบอยู่ที่ระดับชอบปานกลาง (7.07-7.10 คะแนน)

จากผลการวิเคราะห์จะเห็นว่า ผงโรยข้าวมีลักษณะเป็นผงแห้ง ร่วน และไม่เป็นเนื้อเดียวกัน เนื่องจากส่วนผสมที่ใช้ขนาดที่แตกต่างกัน มีสีออกโทนเหลืองน้ำตาลอมเทา (สีของปลาสดและผงปลาสด) และแช่ด้วยสีเขียวเข้มของไข่น้ำแข็งซึ่งสอดคล้องกับค่าสีที่วิเคราะห์ได้ ขณะที่ค่า a_w ของผงโรยข้าว (0.38) เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ผงโรยข้าวจากปลา ซึ่งกำหนดให้ผลิตภัณฑ์ต้องมีค่า a_w ไม่เกิน 0.6 (Thai Industrial Standards Institute, 2022) ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณความชื้นที่ต่ำ (4.88%) ของผงโรยข้าว ทำให้จุลินทรีย์ไม่สามารถเจริญเติบโตได้เต็มที่เนื่องจากมีปริมาณน้ำอิสระที่ต่ำ ส่งผลให้ผงโรยข้าวมีความปลอดภัยและสามารถเก็บรักษาได้นาน ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดและปริมาณยีสต์และราที่มีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานอาหารพร้อมบริโภค (Ready-to-eat) ที่กำหนดว่าผลิตภัณฑ์ต้องมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดไม่เกิน 1×10^6 CFU/g และยีสต์และรายน้อยกว่า 100 CFU/g (Siripongvutikorn et al., 2023)

สำหรับองค์ประกอบทางเคมี พบว่า ผงโรยข้าวมีองค์ประกอบทางเคมีสูงสุดคือ ปริมาณโปรตีน (40.57%) รองลงมาคือ คาร์โบไฮเดรต (27.95%) เถ้า (11.34%) ไขมัน (9.22%) และเยื่อใย (6.04%) ตามลำดับ โดยปริมาณโปรตีนเป็นองค์ประกอบที่มีค่าสูงสุด (40.57%) เนื่องจากส่วนผสมหลัก ได้แก่ ปลาสดและผงปลาสด และไข่น้ำแข็ง เป็นส่วนผสมที่มีปริมาณโปรตีน และคาร์โบไฮเดรตสูง เมื่อนำมาผลิตเป็นผงโรยข้าวจึงส่งผลให้สารอาหารจำพวกโปรตีน และคาร์โบไฮเดรตของผงโรยข้าวมีปริมาณสูง ขณะที่การวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธีต่าง ๆ (วิธี DPPH, ABTS และ FRAP) พบว่า ผงโรยข้าวมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระที่ดี ซึ่งเกิดจากส่วนผสมที่ใช้ในผงโรยข้าวมีสมบัติดังกล่าว ได้แก่ ไข่น้ำแข็ง (Somboon, 2014; On-Nom et al., 2023) งาขาว งาดำ (Wei et al., 2022) และสาหร่ายซึ่งมีสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ โดยไข่น้ำแข็งมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระเนื่องจากองค์ประกอบหลัก ได้แก่ โพลีฟีนอล (Polyphenols) และ ฟลาโวนอยด์ (Flavonoids) ซึ่งมีบทบาทในการต้านอนุมูลอิสระโดยการจับอนุมูลอิสระ นอกจากนี้ยังมีวิตามิน C วิตามิน E และเบต้าแคโรทีน (Beta-carotene) ซึ่งทำหน้าที่เป็นสารต้านอนุมูลอิสระอีกด้วย (Somboon, 2014; Thongkham, 2019; On-Nom et al., 2023) ขณะที่งาขาวและงาดำมีองค์ประกอบหลักของเซซามิน (Sesamin) และ เซซาโมลิน (Sesamol) ซึ่งมีคุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระ (Wei et al., 2022) สำหรับสาหร่ายมีองค์ประกอบของแคโรทีนอยด์และฟลาโวนอยด์ ซึ่งเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ โดยผลการวิเคราะห์ค่า FRAP value ของผงโรยข้าว (7.334 mM Fe^{2+} equivalents/g) มีค่าใกล้เคียงกับสารสกัดจากดอกทานตะวันในตำรับยาหอมเทพจิตร ซึ่งมีค่า FRAP value เท่ากับ 7.026 mM Fe^{2+} equivalents/g และมีค่ามากกว่าสมุนไพรชนิดอื่น ๆ ในตำรับยาหอม (Manok & Limcharoen, 2015) ทั้งนี้วิธีการทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระทั้งสามวิธีเป็นการวัดที่มีกลไกแตกต่างกัน กล่าวคือ วิธี DPPH เป็นการวัดความสามารถของสารตัวอย่างในการกำจัดอนุมูลอิสระโดยวิธีให้ไฮโดรเจนอะตอมกับ DPPH ส่วนวิธี ABTS เป็นวิธีที่ใช้ทดสอบความสามารถของตัวอย่างในการกำจัดอนุมูลอิสระชนิดเปอร์ออกไซด์ที่เกิดจาก ABTS ขณะที่วิธี FRAP เป็นการวัดสมบัติในการเป็นตัวให้อิเล็กตรอนของสารตัวอย่างแก่อนุมูลอิสระที่สังเคราะห์ขึ้นในระบบ โดยอาศัยการวัดปฏิกิริยา Reduction ของ Fe^{3+} -TPTZ ไปเป็น Fe^{2+} -TPTZ (Manok & Limcharoen, 2015) โดยการใช้วิธีการที่หลากหลายในการประเมินฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระมีความจำเป็นอย่างยิ่งเนื่องจากแต่ละวิธีมีหลักการในการตรวจวัดที่แตกต่างกัน ทั้งในด้านกลไกและลักษณะของฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ทั้งนี้เนื่องจากยังไม่มีวิธีใดวิธีหนึ่งที่สามารถให้ผลการประเมินที่สมบูรณ์ครบถ้วนเพียงวิธีการเดียว ดังนั้น การใช้วิธีการประเมินที่หลากหลายร่วมกันจะทำให้ได้ข้อมูลที่ยืนยันเกี่ยวกับศักยภาพในการต้านอนุมูลอิสระของตัวอย่างดังกล่าว

สำหรับผลการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส พบว่า ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบในทุกคุณลักษณะ (ยกเว้นรสชาติและความชอบรวม) อยู่ในระดับชอบเล็กน้อย (6.59-6.79 คะแนน) ซึ่งมีระดับความชอบใกล้เคียงกับผงไข่น้ำแข็งปรุงรส

ซึ่งอยู่ที่ระดับชอบเล็กน้อย (Cheerapatiyut, 2009) และมีค่าใกล้เคียงกับผงโรยข้าวที่ผลิตจากใบเหลียง กุ้งแห้ง งาดำ และงาขาว (Siripongvutikorn et al., 2023) ขณะที่คะแนนความชอบโดยรวมของผงโรยข้าวที่ผลิตจากปลาสาวยหยอง ผงปลาชิวแก้ว และไข่น้ำแห้ง (คะแนนความชอบอยู่ที่ระดับชอบปานกลาง) มีระดับคะแนนมากกว่าผงไข่น้ำอบแห้งปรุงรส ซึ่งอยู่ที่ระดับชอบเล็กน้อย (Cheerapatiyut, 2009) ทั้งนี้อาจเกิดเนื่องจากสัดส่วนของส่วนผสมที่ต่างกันซึ่งมีผลต่อความชอบของผู้บริโภค จากผลการทดลองจึงสามารถสรุปได้ว่าการใช้ปลาสาวยหยอง ผงปลาชิวแก้ว และไข่น้ำแห้ง ซึ่งเป็นวัตถุดิบที่มีสารอาหารจำพวกโปรตีนและคาร์โบไฮเดรตสูงมาประยุกต์ใช้ในการผลิตผงโรยข้าวสามารถสร้างผลิตภัณฑ์อาหารที่ส่งเสริมสุขภาพได้ โดยเป็นผลิตภัณฑ์ในกลุ่มที่มีโปรตีนสูง มีคุณค่าทางโภชนาการ มีฤทธิ์ต้านสารอนุมูลอิสระ ปลอดภัยต่อการบริโภค และมีคะแนนความชอบโดยรวมอยู่ที่ระดับชอบปานกลาง

Table 2 Quality Characteristics of rice seasoning powder made from striped catfish floss, Thai river sprat fish powder, and dried water meal

Quality of rice seasoning powder	Average±standard deviation
Lightness (L*)	52.96±0.94
Redness (a*)	1.32 ±0.36
Yellowness (b*)	13.07 ±0.69
Water activity (a _w)	0.38±0.001
Moisture (%)	4.88±0.02
Protein (%)	40.57±0.05
Fat (%)	9.22±0.03
Fiber (%)	6.04±0.03
Ash (%)	11.34±0.02
Carbohydrate (%)	27.95±0.09
Energy (kcal/100 g)	381
Total plate count (CFU/g)	1.3x10 ⁵
Yeast and mold (CFU/g)	Not found
DPPH radicals scavenging activity (%)	60.41
ABTS radicals scavenging activity (µM TE/g)	1001.04
FRAP value (mM Fe ²⁺ equivalents/g)	7.334

Table 3 Sensory preference scores of rice seasoning powder made from striped catfish floss, Thai river sprat fish powder, and dried water meal

Attributes	Average±Standard deviation
Appearance	6.69±1.75
Color	6.59±1.72
Odor	6.69±1.74
Taste	7.10±1.76
Texture	6.79±1.63
Overall liking	7.07±1.53



Figure 2 Rice seasoning powder made from striped catfish floss, Thai river sprat fish powder, and dried water meal

บทสรุป

จากผลการทดลองสามารถได้ว่า ปลาสาวยหอยอง ผงปลาชิวแก้ว และไข่น้ำอบแห้ง เป็นวัตถุดิบที่มีศักยภาพในการใช้เป็นส่วนผสมในอาหารเสริมสุขภาพเนื่องจากมีคุณภาพที่ดีและมีคุณค่าทางโภชนาการสูงเหมาะสมต่อการนำไปใช้ประยุกต์ในผลิตภัณฑ์อาหาร โดยวัตถุดิบทั้งสามชนิดเป็นแหล่งของสารอาหารหลักจำพวกโปรตีนและคาร์โบไฮเดรต และมีความปลอดภัยต่อผู้บริโภคเนื่องจากมีค่า a_w และปริมาณความชื้นอยู่ในระดับต่ำ เมื่อนำมาผลิตผงโรยข้าวสูตรต้นแบบเพื่อประเมินความเป็นได้ในการประยุกต์ใช้วัตถุดิบทั้งสามชนิด พบว่า ผงโรยข้าวประกอบด้วยสารอาหารหลักจำพวกโปรตีน มีฤทธิ์ต้านสารอนุมูลอิสระ ปลอดภัยต่อผู้บริโภคและมีคะแนนความชอบโดยรวมอยู่ที่ระดับชอบปานกลาง ดังนั้น วัตถุดิบทั้งสามชนิดจึงมีศักยภาพในการเป็นแหล่งของสารอาหารที่สำคัญซึ่งเหมาะสำหรับการนำไปพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์อาหารสุขภาพได้ในอนาคต

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณสาขาวิชาเทคโนโลยีการประมง สาขาวิชาเทคโนโลยีการอาหาร และสาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยภาพสสินธุ์ ที่สนับสนุนอุปกรณ์ เครื่องมือ และสถานที่ในการทำการทดลอง และขอขอบคุณ กองทุนส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม ปีงบประมาณ พ.ศ. 2567 ที่ได้สนับสนุนการทำวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- Abdel-Haleem, A., & Omran, A. (2014) Preparation of dried vegetarian soup supplemented with some legumes. *Food and Nutrition Sciences*, 5, 2274-2285.
- Andrews, W. (1992). Manual of food quality control. 4. rev. 1. microbiological analysis. food and drug administration. *FAO food and nutrition paper*, 14(4 Revis 1), 321-338.
- Arnao, M. B., Cano, A., & Acosta, M. (2001). The hydrophilic and lipophilic contribution to total antioxidant activity. *Food chemistry*, 73(2), 239-244.
- Association of Official Analytical Chemists (AOAC). (2016). *Official Method of Analysis* (20th ed.). Benjamin Franklin Station.
- Auyyuenyong, R., Boonthawee, K., & Wangdee, K. (2023). Shelf-life evaluation of dehydrated Thai river sprat (*Clupeichthys aesarnensis*) product in packaging with nitrogen gas using accelerated testing method. *Journal of Food Technology, Siam University*, 18(1), 10-20. (In Thai)

- Bacteriological Analytical Manual (BAM). (2001, October 14). *Yeast, molds and mycotoxins*. Laboratory Methods. <https://www.fda.gov/food/laboratory-methods-food/bam-chapter-18-yeasts-molds-and-mycotoxins>
- Bhowmik, S., Zakaria, M. A., Sarwar, M. S., Shofi, S. B., Akter, S. F., Islam, M. M., & Mamun, A. A. (2020). Development and nutritional index of ready to use fish products (RUFs) from small fish species: future superfoods for consumers. *Applied Food Research*, 2(100111), 1-11.
- Cheerapatiyut, K. (2009). *Product innovation of high calcium rice vegetative seasoning from water meal (Wolffia globosa)*. [Master's thesis]. Chulalongkorn University Intellectual Repository (CUIR). http://cuir.chula.ac.th/bitstream/123456789/19653/1/krerkchai_ch.pdf. (In Thai)
- Department of Fisheries (2018). *Fish Processing*. Wanida Karnpim limited partnership. (In Thai)
- Fahmi, A. S., & Purnamayati, L. (2020). Cholesterol content, fatty acid composition and sensory analysis of deep fried and roasted abon ikan (fish floss/shredded fish flesh): fish processing pechnology. *E3S Web of Conferences*, 147(03009), 1-7. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202014703009>
- Haider, Md. N., Bhattacharjee, S., Shikha, F. H., & Hossain, I. (2021). Bacterial count and proximate composition of an indian sub-continental freshwater barb, punti (*Puntius sophore*) and a gangetic catfish, gulsha (*Mystus cavasius*) during drying-up process. *Journal of Aquatic Food Product Technology*, 30(4): 474-483.
- Hu, Z., Fang, Y., Yi, Z., Tian, X., Li, J., Jin, Y., He, K., Liu, P., Du, A., Huang, Y., & Zhao, H. (2022). Determining the nutritional value and antioxidant capacity of duckweed (*Wolffia arrhiza*) under artificial conditions. *LWT-Food Science and Technology*, 153(112477), 1-8.
- Kartikaningsih, H., Yahya, Y., Yuniar, T., Jaziri, A. A., Zzaman, W., Kobun, R., & Huda, N. (2021). The nutritional value, bacterial count and sensory attributes of little tuna (*Euthynnus affinis*) floss incorporated with the banana blossom. *Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences*, 15, 846-857.
- Tilami, S. K., & Samples, S. (2017). Nutritional value of fish: lipids, proteins, vitamins, and minerals. *Reviews in Fisheries Science and Aquaculture*, 26(2), 243-253.
- Klomklao, S., & Benjakul, S. (2018). Protein hydrolysates prepared from the viscera of skipjack tuna (*Katsuwonus pelmamis*): antioxidative activity and functional properties. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 18(1), 69-79.
- Kongpun, O., & Somboonyarithi, V. (2009). *Fish sauce production from freshwater fish* (Technical Paper No. 2/2009). Department of Fisheries, Ministry of Agriculture and Cooperatives. (In Thai).
- Maepakdee, S., Rattanasuwan, P., Krasaechon, N., & Yuenyongputtakal, W. (2014). Enrichment of protein and iron in snack products using tuna blood powder. *The Journal of KMUTN*, 24(1), 168-177. (In Thai).
- Mahae, N., Pichairat, D., & Khachenpukd, N. (2019). *Product development of rice seasoning (furikake) from crispy fried seabass (Lates calcarifer) skin* (Research report). Faculty of Science and Fisheries Technology, Rajamangala University of Technology Srivijaya. (In Thai).
- Mamun, A. A., Bhowmik, S., Sarwar, M. S., Akter, S., Pias, T., Zakaria, M. A., Islam, M. M., Evans, H. E. F., Wahab, M. A., Thilsted, S. H., & Little, D. C. (2022). Preparation and quality characterization of marine small pelagic fish powder: a novel ready-to-use nutritious food product for vulnerable populations. *Measurement: Food*, 8(100067), 1-10.
- Manok, S. & Limcharoen, P. (2015). Investigating antioxidant activity by DPPH, ABTS and FRAP assay and total phenolic compounds of herbal extracts in ya-hom thepphachit. *Advanced Science*, 15(1), 106-117. (In Thai)

- On-Nom, N., Promdang, P., Inthachat, W., Kanoongon, P., Sahasakul, Y., Chupeerach, C., Suttisansanee, U., & Temviriyankul, P. (2023). *Wolffia globosa*-based nutritious snack formulation with high protein and dietary fiber contents. *Foods*, 12(2647), 1-16.
- Phonpanawit, A., & Klomjoho, S. (2024). Development of noodle product protein fortification with watermeal (*Wolffia arrhiza* (L.) Wimm.). *Science Journal, Chandrakasem Rajabhat University*, 34(2), 160–169. (In Thai).
- Prachachat Business. (2024, August 3). *The health trend is booming, with the market value expected to exceed 230 trillion baht by 2025*. Business. <https://www.prachachat.net/tourism/news-1620647>. (In Thai).
- Puttame, K., & Ninlanon, W. (2021). Development of dried alkaline noodle product supplemented with water meal. *VRU Research and Development Journal Science and Technology*, 16(2), 57-69. (In Thai).
- Rajavithi Hospital. (2016, June 14). *Striped catfish, high in omega 3, a menu choice for Thai people*. Food. <https://www.rajavithi.go.th/rj/?p=2075>. (In Thai).
- Romadhon, R., Amalia, U., & Anggo, A. D. (2019). Quality improvement of catfish floss (*Clarias gariepinus*) through oil reduction technology with spinner and press tools. *Omni-Akuatika*, 15(2), 36-42.
- Rudkowska, I., Marcotte, B., Pilon, G., Lavigne C., Marette, A., & Vohl, M. (2010). Fish nutrients decrease expression levels of tumor necrosis factor- α in cultured human macrophages. *Physiol Genomics*, 40, 189-194.
- Runglerdkriangkrai, J. (2017). *Development of seasoning mixed snack from salted Snakeskin gourami (Trichogaster pectoralis Regan): seasoning mix* (Research report). Faculty of Fisheries, Kasetsart University. (In Thai).
- Siripongvutikorn, S., Banphot, P., Rampoei, N., & Thantrirat, J. (2023). Quality of Thai furikake dried seasoning powder fortified with natural calcium and phosphorus. *Italian Journal of Food Science*, 35(4), 88-101.
- Somboon, S. (2014). Cultivation and utilization of water meal (Khai phum). *Kasetsart Extension Journal*, 60(2): 61-74. (In Thai).
- Thai Industrial Standards Institute. (1987). *Industrial product standards for fish floss, scaled fish, and dried fish meal (TIS 700-2530)*. Ministry of Industry. (In Thai).
- Thai Industrial Standards Institute. (2010). *Thai community product standard (TCPS) for fish floss (TCPS No. 300/2553)*. Ministry of Industry. (In Thai).
- Thai Industrial Standards Institute. (2022). *Thai community product standard (TCPS) for rice seasoning from fish (TCPS No. 165/2565)*. Ministry of Industry. (In Thai).
- Thongkham, P. (2019, June 14). *Effect of temperature on antioxidant activity in dried water meal (Wolffia arrhiza (L.) Wimm) and application in food products* [Master's thesis]. Repository RMUTT. <https://repository.rmutt.ac.th/dspace/handle/123456789/3815>. (In Thai).
- Treeinthong, J., Samanros, A., & Wiriyampaiwong, P. (2024). Product development of snack bar enriched with dried Thai river sprat (*Clupeichthys aesarnensis*). *Prawarun Agricultural Journal*, 21(1), 96–105. <https://doi.org/10.14456/paj.2024.11> (In Thai)
- Van Ruth, S. M., Brouwer, E., Koot, A., & Wijtten, M. (2014). Seafood and water management. *Foods*, 3(4), 622-631.

- Wei, P., Zhao, F., Wang, Z., Wang, Q., Chai, X., Hou, G., & Meng, Q. (2022). Sesame (*Sesamum indicum* L.): A comprehensive review of nutritional value, phytochemical composition, health benefits, development of food, and industrial Applications. *Nutrients*, 14(19), 4079.
<https://doi.org/10.3390/nu14194079>
- Wijayanti, I., Surti, T., Anggo, A. D., & Susanto, E. (2016). Effect different packaging on proximate and lysine content of milkfish [*Chanos chanos* (Forsskal, 1775)] floss during storage. *Aquatic Procedia*, 7, 118-124.