ผลของการเติมแป้งมันสำปะหลังต่อคุณสมบัติทางเคมีกายภาพ คุณค่าทางโภชนาการ และประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ปลาซิวแก้วแผ่นอบกรอบ

Effect of the Addition of Cassava Starch on Physicochemical Properties, Nutritional Values, and Sensory Attributes of Thai River Sprat *Clupeichthys aesarnensis* Wongratana Crisps

รัชดา อุยยืนยงค์[1*] และ นิราศ กิ่งวาที[2]
Ratchada Auyyuenyong[1*] and Niras Kingwatee[2]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการเติมแป้งมันสำปะหลังต่อคุณสมบัติทางเคมีกายภาพ คุณค่าทางโภชนาการ และประสาทสัมผัส โดยการเติมแป้งมันสำปะหลังที่ระดับ 0, 2, 4, 6 และ 8 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักปลา ในการผลิตปลาซิวแก้วแผ่นอบกรอบ จากนั้นทำการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีกายภาพ และประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ปลาซิวแก้วแผ่นอบกรอบที่ได้ รวมถึงวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการโดยใช้โปรแกรม Immucal Nutrient V.3 ผลการศึกษา พบว่า ปลาซิวแก้วแผ่นอบกรอบที่เติมแป้งมันสำปะหลังที่ระดับ 6 เปอร์เซ็นต์ ได้รับคะแนนด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมสูงสุด อยู่ในระดับความชอบมาก (7.07- 8.23 คะแนน) เมื่อวิเคราะห์ค่าความแข็ง (Hardness) และความกรอบ (Fracturability) พบว่า การเติมแป้งมันสำปะหลังที่ระดับ 8 เปอร์เซ็นต์ มีค่าความแข็งและความกรอบสูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) อย่างไรก็ตามการเติมแป้งมันสำปะหลังไม่ส่งผลต่อค่า L^* แต่ค่า a^* และ b^* มีค่าสูงขึ้นเมื่อปริมาณของแป้งมันสำปะหลังเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) เมื่อทำการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี พบว่า การเพิ่มปริมาณของแป้งมันสำปะหลังส่งผลให้ปริมาณพลังงาน และคาร์โบไฮเดรตเพิ่มสูงขึ้น แต่ปริมาณไขมัน โปรตีน ความชื้น เถ้า ปริมาณน้ำอิสระ และแคลเซียมลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ดังนั้นปลาซิวแก้วแผ่นอบกรอบที่เติมแป้งมันสำปะหลัง 6 เปอร์เซ็นต์ จึงเป็นสูตรที่เหมาะสมซึ่งมีคุณค่าทางโภชนาการ ได้แก่ พลังงาน 49 กิโลแคลอรี คาร์โบไฮเดรต 4 กรัม โปรตีน 4 กรัม ไขมัน 2 กรัม น้ำตาล 3 กรัม และแคลเซียม 250 มิลลิกรัม ต่อหนึ่งหน่วยบริโภค (30 กรัม)

คำสำคัญ: ปลาซิว แป้งมันสำปะหลัง คุณค่าทางโภชนาการ แคลเซียม ขนมขบเคี้ยว

Received: 20 May 2023; Accepted: 17 June 2023

[1] สาขาวิชาธุรกิจอาหารและโภชนาการ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี
[1] Division of Food Business and Nutrition, Faculty of Agriculture , Ubon Ratchathani Rajabhat University
[2] สาขาวิชาเทคโนโลยีการอาหาร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี
[2] Division of Food Technology, Faculty of Agriculture, Ubon Ratchathani Rajabhat University.
* Corresponding author: ratchada.a@ubru.ac.th

Abstract

This research aimed to study the effect of cassava starch on physicochemical properties, nutritional value and sensory attribute of Thai River Sprat *Clupeichthys aesarnensis* Wongratana crisps. The content of cassava starch at 0, 2, 4, 6 and 8 percent of fish weight was studied. Physicochemical and sensory properties were analyzed. The nutritional values were analyzed using Immucal Nutrient V.3 program. The result showed that Thai River Sprat crisps with 6 percent tapioca starch were the highest scores for color, flavor, taste, texture and overall liking in like very much level (7.07-8.23 scores). The product containing cassava starch at 8 percent had the highest values of hardness and fracturability ($p<0.05$). For color value, it was found that the addition of cassava starch had no effect on the L* values but tended to increase while increasing cassava starch significantly increased the a* and b* values ($p<0.05$). For the proximate composition, it was found that increasing cassava starch significantly increased energy and carbohydrate contents but significantly decreased fat, protein, moisture, ash, water activity and calcium contents ($p<0.05$). The nutritional values per 30 grams of the product with 6 percent tapioca starch are energy 49 kcal, carbohydrate 4 g, protein 4 g, fat 2 g, sugar 3 g, and calcium 250 mg.

Keywords: Thai River Sprat, tapioca starch, nutritional value, Calcium, snack

บทนำ

ขนมขบเคี้ยวเป็นอาหารว่างที่นิยมบริโภคทุกวัย และปริมาณความต้องการบริโภคมีแนวโน้มที่เพิ่มมากขึ้น ในปี 2559 ขนมขบเคี้ยวถูกจัดเป็น 1 ใน 10 เทรนด์ตลาดอาหารและเครื่องดื่ม โดยเฉพาะขนมขบเคี้ยวที่ดีต่อสุขภาพและมีนวัตกรรมใหม่ ๆ โดยใช้วัตถุดิบจากธรรมชาติ มีรสชาติดีและมีประโยชน์ต่อสุขภาพของผู้บริโภคจะทำให้เกิดความได้เปรียบทางการค้ามากขึ้น (New Nutrition Business, 2559) เทรนด์อาหารในปี 2562 ที่เน้นการปรับเปลี่ยนแปลงรูปแบบมื้ออาหารให้ขนมขบเคี้ยวเป็นอาหารที่มีความสะดวกต่อการบริโภค ก่อให้เกิดสุขภาพดีและเป็นอาหารว่างที่ทดแทนมื้ออาหารหลักได้ (from snacks to mini meals) (เครือวัลย์, 2562) อย่างไรก็ตามอาหารว่างให้พลังงานเกือบ 1 ใน 3 ของพลังงานที่ร่างกายได้รับต่อวัน ซึ่งอาหารว่างหลายชนิดให้พลังงานสูงแต่มีคุณค่าทางโภชนาการต่ำ เมื่อบริโภคในปริมาณมากอาจนำไปสู่การมีภาวะน้ำหนักเกินและโรคอ้วนได้ (Njike et al., 2016) จากการสำรวจพฤติกรรมการบริโภคอาหารกลุ่มขนมกรุบกรอบของสำนักงานสถิติแห่งชาติ กระทรวงดิจิทัลเพื่อเศรษฐกิจและสังคม พ.ศ. 2564 พบว่า วัยเด็ก (6-14 ปี) มีอัตราการบริโภคอาหารว่างสูงสุด รองลงมาคือ วัยเยาวชน (15-24 ปี) วัยทำงาน (25-59) และวัยสูงอายุ (มากกว่า 60 ปี) ตามลำดับ รายงานการสำรวจภาวะสุขภาพนักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 1-6 โดยสำนักส่งเสริมสุขภาพ กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข พบว่า นักเรียนมีภาวะน้ำหนักเกิน 19.1 เปอร์เซ็นต์ ภาวะอ้วน 6.8 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเป็นผลจากการบริโภคอาหารในกลุ่มที่ให้พลังงานสูง มีการบริโภคอาหารจำพวกผักและผลไม้ลดลง (อรอุมา และเนตี์, 2565) และจากการศึกษาพฤติกรรมการบริโภคขนมขบเคี้ยวและเครื่องดื่มที่มีรสหวานของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น จ.น่าน พบว่า นักเรียนมีพฤติกรรมการบริโภคขนมขบเคี้ยวและเครื่องดื่มที่มีรสหวานอยู่ในระดับปานกลาง 46.0 เปอร์เซ็นต์ โดยเหตุผลในการบริโภคเพื่อให้อารมณ์ดีและคลายเครียด นอกจากนี้นักเรียนยังมีความรู้ที่ผิดว่าการบริโภคขนมขบเคี้ยวไม่ได้ส่งผลให้ร่างกายได้รับสารอาหารเกิน (ชัชชฎาภร และเอก

สิทธิ์, 2564) ในขณะที่เด็กมัธยมศึกษาตอนต้น จ.ราชบุรี มีพฤติกรรมการบริโภคขนมขบเคี้ยวและเครื่องดื่มที่มีรสหวานอยู่ในระดับสูง ซึ่งหากไม่ได้บริโภคจะเกิดความหงุดหงิด (อภิญญา และกริช, 2561) นอกจากนี้ยังพบว่าพฤติกรรมการบริโภคขนมขบเคี้ยวของผู้ปกครอง มีความสัมพันธ์ทางบวกกับพฤติกรรมการบริโภคขนมขบเคี้ยวของเด็กก่อนวัยเรียน (rs=.632, p<.001) (นันธินีย์ และคณะ, 2560)

ปลากรอบปรุงรส เป็นผลิตภัณฑ์พร้อมบริโภคที่ทำจากปลา เช่น ปลากะตัก ปลาเกล็ดขาว ปลาซิวแก้ว มาทำให้กรอบโดยทอดหรืออบ ปรุงรสด้วยเกลือ น้ำตาล พริก เป็นต้น (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช.), 2546) ปัจจุบันอาหารว่างที่ผู้บริโภคนิยมบริโภคส่วนใหญ่ประกอบด้วยแป้ง น้ำตาล ไขมัน และเกลือเป็นหลัก หากบริโภคในปริมาณที่มากเกินความจำเป็นของร่างกายอาจส่งผลให้เกิดโรคเรื้อรังที่ไม่ติดต่อได้ เช่น โรคเบาหวาน ความดันโลหิตสูง และโรคไขมันอุดตันในเส้นเลือด เป็นต้น ดังนั้นการมีผลิตภัณฑ์อาหารว่างเพื่อสุขภาพที่เพิ่มขึ้นจึงอาจเป็นทางเลือกหนึ่งที่ช่วยส่งเสริมภาวะสุขภาพของประชาชนให้ดีมากขึ้น งานวิจัยชิ้นนี้จึงเลือกใช้วัตถุดิบหลักที่หาได้ง่ายในท้องถิ่น ราคาถูก และมีคุณค่าทางโภชนาการสูง คือ ปลาซิวแก้ว (Thai river sprat) หรือมีชื่อวิทยาศาสตร์ คือ *Clupeichtys aesarnensis* อยู่ในวงศ์ปลาหลังเขียว (Clupeidae) จัดเป็นปลาน้ำจืดขนาดเล็ก รูปร่างเพรียวยาว ตัวใสเกล็ดบางและหลุดร่วงได้ง่าย เป็นปลาน้ำจืดที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ พบมากในแม่น้ำโขงและลำน้ำสาขาเท่านั้น นอกจากนี้ยังพบมากที่อ่างเก็บน้ำเขื่อนอุบลรัตน์ เขื่อนลำปาว เขื่อนสิริกิติ์ และเขื่อนสิรินธร ปลาซิวแก้วสามารถทำประมงได้เพียง 6 เดือนเท่านั้น คือ ช่วงเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนเมษายน และมีหลากหลายวิธีในการจับ เช่น ใช้ไฟล่อในคืนเดือนมืด การหว่านแห และการยกยอ (Wongratana, 1983; Poungcharean, 2006; Jutagate et al, 2001) ปลาซิวแก้วถูกนำมาแปรรูปเป็นอาหารได้หลากหลายและมีคุณค่าทางโภชนาการสูง นิยมนำมาปรุงเป็นอาหาร เช่น ปลาซิวหมกใบตอง อู่ปลาซิว แกงปลาซิว และปลาซิวทอด สารอาหารหลักที่พบได้ในปลาซิวแก้ว ได้แก่ โปรตีน ไขมัน เถ้า เส้นใยอาหาร และคาร์โบไฮเดรต เท่ากับ 51.20, 14.22, 2.28, 0.74 และ 31.56 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ มีปริมาณแคลเซียมเท่ากับ 2,238.75 มิลลิกรัม/100 กรัม (อรนุช และคณะ, 2560) นอกจากนี้แป้งที่ใช้ในผลิตภัณฑ์แปรรูปสัตว์น้ำส่วนใหญ่ ได้แก่ แป้งมันสำปะหลัง แป้งข้าวเจ้า แป้งข้าวโพด และแป้งสาลี เป็นต้น (สุทธินี, 2563) โดยแป้งมันสำปะหลังมีผลทำให้ปริมาณความชื้นและค่า a_w ของปลาแผ่นอบแห้งจากปลาโอลาย (จิราพร และคณะ, 2549) และปลาเส้นจากปลาช่อนสิงห์บุรี (สุวรนี และปิยาพัชร, 2565) ลดลงกว่าแป้งชนิดอื่นทำให้ผลิตภัณฑ์มีคุณลักษณะที่เหมาะสมและสามารถเก็บรักษาได้นาน ซึ่งแป้งมันสำปะหลังเป็นแป้งที่มีอะไมเลสต่ำ (17 เปอร์เซ็นต์) และอะไมโลเพกตินสูง (83 เปอร์เซ็นต์) ทำให้ผลิตภัณฑ์ใสและพองกรอบ เนื่องจากเมื่อแป้งละลายกับน้ำและได้รับความร้อนที่เหมาะสม ทำให้พันธะไฮโดรเจนถูกทำลาย โมเลกุลของน้ำจะเชื่อมต่อกับหมู่ไฮดรอกซิลอย่างอิสระ ส่งผลให้เกิดปฏิกิริยาเจลาติไนเซชัน (Gelatinization) ทำให้ความหนืดของแป้งเพิ่มขึ้นและการคืนตัวต่ำ นอกจากนี้ยังมีคุณสมบัติเป็นสารทดแทนไขมัน เนื่องจากแป้งจะเกิดเจลที่คงตัว มีความนุ่มคล้ายไขมันทำให้อาหารมีความข้นหนืดและเสถียรมากขึ้น จึงนิยมนำแป้งมันสำปะหลังมาใช้ในผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพ (สุทธินี, 2563) Wang et al. (2013) รายงานว่าผลิตภัณฑ์ที่ทำจากแป้งมันสำปะหลังเมื่อได้รับความร้อน เจลของแป้งเกิดการหดตัวและมีความหนามากขึ้น ในขณะที่ผลิตภัณฑ์ที่มีส่วนผสมระหว่างแป้งมันสำปะหลังกับเนื้อปลาจะช่วยให้คุณลักษณะของผลิตภัณฑ์เกิดการพองตัว ผิวเรียบ ลดความแข็งลงและมีความกรอบมากขึ้น ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์จากปลาน้ำจืดที่สามารถบริโภคได้ทุกส่วนให้มีรสชาติและเนื้อสัมผัสเป็นที่ยอมรับและมีคุณค่าทางโภชนาการ โดยเฉพาะปริมาณแคลเซียมสูงที่เหมาะสมกับทุกเพศทุกวัย โดยการทำเป็นผลิตภัณฑ์ปลาซิวแก้วแผ่นอบกรอบ เพื่อเป็นการเพิ่มมูลค่าวัตถุดิบที่หาได้ง่ายตามท้องถิ่น และเพิ่มทางเลือกด้านสุขภาพให้แก่ผู้บริโภค และนอกจากการนำผลิตภัณฑ์ไปวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการแล้ว งานวิจัยเรื่องนี้ยังนำ โปรแกรม Inmucal-Nutrients ที่สถาบันโภชนาการ มหาวิทยาลัยมหิดลได้พัฒนาขึ้น เพื่อใช้คำนวณสารอาหาร และประเมินคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาขึ้น ประโยชน์คือช่วยลดขั้นตอนและเวลาในการคำนวณพลังงานและคุณค่าทางโภชนาการจากการเปิดตารางคุณค่าทางโภชนาการ สามารถแสดงการกระจายตัวพลังงานของสารอาหารหลัก คือ ร้อยละของปริมาณพลังงานที่ได้รับจากคาร์โบไฮเดรต โปรตีนและไขมัน สามารถเปรียบเทียบสารอาหารเป็นร้อยละของความต้องการสารอาหารที่ควรได้รับประจำวัน เป็นต้น รวมถึงการแสดงผลในรูปแบบของตารางที่พร้อมนำข้อมูลไปวิเคราะห์ต่อด้วยโปรแกรมทางสถิติอื่น ๆ ได้ต่อไป

วัตถุประสงค์งานวิจัย

เพื่อศึกษาผลของการเติมแป้งมันสำปะหลังต่อคุณสมบัติทางเคมีกายภาพ คุณค่าทางโภชนาการ และคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ปลาซิวแก้วแผ่นอบกรอบ

วิธีการดำเนินการวิจัย

1. วัตถุดิบและกรรมวิธีการผลิตปลาซิวแก้วแผ่นอบกรอบ

การทดลองครั้งนี้ดัดแปลงสูตรจากการแปรรูปผลิตภัณฑ์จากปลาน้ำจืด (2545) ด้วยการใช้วัตถุดิบเป็นปลาซิวแก้วและการเติมแป้งมันสำปะหลังในอัตราส่วนระหว่างปลาซิวแก้วต่อแป้งมันสำปะหลังที่อัตราส่วนร้อยละ (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 ปริมาณของปลาซิวแก้วและการเติมแป้งมันสำปะหลังในการผลิตปลาซิวแก้วแผ่นอบกรอบในแต่ละสูตรที่อัตราส่วนต่าง ๆ กัน

อัตราส่วนระหว่างปลาซิวแก้วต่อแป้งมันสำปะหลัง	สูตรที่ใช้ในการผลิตปลาซิวแก้วแผ่นอบกรอบ				
	1	2	3	4	5
ปลาซิวแก้วสด (ร้อยละ)	100	98	96	94	92
แป้งมันสำปะหลัง (ร้อยละ)	0	2	4	6	8

ส่วนประกอบหลักในการผลิตปลาซิวแก้วแผ่นอบกรอบ คือ ปลาซิวแก้วสด 1,000 กรัม น้ำตาล 100 กรัม เกลือ 3 กรัม พริกไทย 2 กรัม ลูกผักชี 2 กรัม ซีอิ้วขาว 40 กรัม และสีผสมอาหารสีส้ม 3 กรัม งานวิจัยนี้ใช้สูตรดังกล่าวเป็นสูตรมาตรฐาน (การแปรรูปผลิตภัณฑ์จากปลาน้ำจืด, 2545) สำหรับปลาซิวแก้วที่มีการเติมแป้งมันสำปะหลังนั้น ทำการทดลองโดยแปรปริมาณแป้งมันสำปะหลังเป็น 4 ระดับ คือ 2, 4, 6 และ 8 เปอร์เซ็นต์ (ของน้ำหนักปลา) และใช้สูตร 0 เปอร์เซ็นต์ เป็นสูตรควบคุม โดยมีขั้นตอนการผลิตปลาซิวแก้วแผ่นอบกรอบดังนี้ ล้างปลาซิวด้วยน้ำเกลือความเข้มข้น 3 เปอร์เซ็นต์ ที่อุณหภูมิ 4°C จากนั้นบดเนื้อปลาให้ละเอียด (อุณหภูมิไม่เกิน 10°C) เคล้าส่วนผสมและเนื้อปลาให้เข้ากันด้วยการนวดด้วยมือ (อุณหภูมิไม่เกิน 10°C) นำมาขึ้นรูปโดยตักส่วนผสม 120 กรัมลงในถุงพลาสติกโพลิเอทธิลีน ใช้ลูกกลิ้งไม้รีดเป็นแผ่นบาง ๆ มีความหนาสม่ำเสมอกันประมาณ 1 มิลลิเมตร นำไปอบแห้งโดยใช้ตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 65°C เป็นเวลา 3 ชั่วโมง ตัดเป็นชิ้นตามขนาดที่ต้องการ ก่อนบริโภคให้นำไปอบโดยใช้เตาอบไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 180°C นาน 3 นาที

2. การวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ เคมี และประสาทสัมผัส

นำปลาซิวแก้วแผ่นอบกรอบที่ไม่เติม (0 เปอร์เซ็นต์) และเติมแป้งมันสำปะหลัง 2, 4, 6 และ 8 เปอร์เซ็นต์ มาอบด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 65°C เป็นเวลา 3 ชั่วโมง ตัดเป็นชิ้นขนาด 30 x 50 มิลลิเมตร จากนั้นนำไปอบโดยใช้เตาอบไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 180°C นาน 3 นาที นำปลาซิวแก้วแผ่นอบกรอบที่อบแล้วมาทำการวิเคราะห์คุณภาพด้านเคมีกายภาพ และประสาทสัมผัส ดังนี้

2.1 วิเคราะห์ทางกายภาพ

2.1.1 ค่าสี นำตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่อบแล้วเทใส่ภาชนะสำหรับทดสอบ ด้วยเครื่องวัดสี (Hunter Lab, Model color Flex, Reston, VIRG, USA) รายงานผลเป็นค่าความสว่าง (L* หรือ lightness), ค่าสีแดง (a* หรือ redness) และค่าสีเหลือง (b* หรือ yellowness) บันทึกผลการทดสอบ 3 ซ้ำ วิเคราะห์หาค่าการยอมรับความแตกต่างของค่าสี (Mokrzycki and Tatol, 2011) จากสมการ $\Delta E^* = (L_1^*-L_2^*)^2 + (a_1^*-a_2^*)^2 + (b_1^*-b_2^*)^2$

2.1.2 ค่าเนื้อสัมผัสด้วยเครื่อง Texture Analyzer model CT3 (AMETEK Brookfield, USA) ด้วยวิธี TPA (Texture profile analysis) โดยแต่ละตัวอย่างมีขนาด 30 x 50 mm ใช้หัววัด TA18 Sphere 12.7 mmD กำหนดค่า pre-test speed 1.0 mm/s,

test speed 1.0 mm/s, return speed 10.0 mm/s, trigger load 5.0 g (ดัดแปลงจาก Nguyen et al., 2013) บันทึกผลการทดสอบ 3 ซ้ำ รายงานผลเป็นค่าความแข็ง (Hardness) และความกรอบ (Fracturability) ค่าแรงกดที่วัดได้หน่วยเป็นกรัม (g)

2.2 วิเคราะห์ทางเคมี

2.2.1 วิเคราะห์พลังงานทั้งหมด โดยใช้ Calorie's conversion factor ของ Atwater คำนวณโดยใช้ค่า conversion factor สำหรับ Protein, Carbohydrates และ Fat เท่ากับ 4, 4 และ 9 kcal/g ตามลำดับในการคำนวณจากสูตร (Charrondiere et al., 2004)

2.2.2 วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีโดยประมาณ (Proximate analysis) ของตัวอย่างปลาซิวแก้วแผ่นอบกรอบ ตามวิธีการของ AOAC (2000) ได้แก่ ความชื้น ไขมัน เส้นใยหยาบ เถ้า และโปรตีน (6.25xปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด)

2.2.3 วิเคราะห์ปริมาณคาร์โบไฮเดรตโดยวิธี Calculation by difference (Charrondiere et al., 2004) จากสูตร คาร์โบไฮเดรต (เปอร์เซ็นต์) = 100–(ความชื้น(เปอร์เซ็นต์)+ไขมัน(เปอร์เซ็นต์)+เส้นใยหยาบ(เปอร์เซ็นต์)+เถ้า(เปอร์เซ็นต์)+โปรตีน(เปอร์เซ็นต์))

2.2.4 วิเคราะห์ปริมาณความชื้น โดยใช้เครื่องสำหรับวิเคราะห์ความชื้น (Thermogravimetric Analyzer) ยี่ห้อ Leco รุ่น TGA701 ทำการชั่งตัวอย่างประมาณ 1 กรัม ใส่ลงในภาชนะบรรจุตัวอย่าง อบที่อุณหภูมิ 105°C เป็นเวลา 4–5 ชั่วโมง วิเคราะห์หาความแตกต่างของน้ำหนักก่อนอบและหลังอบ

2.2.5 วิเคราะห์ปริมาณเถ้า โดยใส่ตัวอย่าง 2 กรัมในถ้วยกระเบื้อง (crucible) ด้วยวิธีการชั่งน้ำหนัก นำไปเผาในเตาเผาไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 550°C จนกว่าตัวอย่างจะเป็นสีเทา นาน 1–2 ชั่วโมง จากนั้นนำไปวางให้เย็นในโถดูดความชื้นและชั่งน้ำหนักเถ้าที่เหลืออยู่ ตามวิธีของ AOAC (2000) methods 900.02 และ 923.03

2.2.6 วิเคราะห์ปริมาณน้ำอิสระ (Water activity; a_w) ด้วยเครื่อง water activity meter (Novasina model: ms 1, Switzerland) ที่อุณหภูมิ 25°C โดยนำปลาซิวแก้วแผ่นอบกรอบมาบดละเอียด ใส่ในภาชนะสำหรับบรรจุตัวอย่าง ประมาณ 2 กรัม จากนั้นนำไปวัดค่า a_w

2.2.7 วิเคราะห์ปริมาณแคลเซียม โดยใช้เครื่อง AAS AA-6300 Atomic Absorption Spectrophotometer

2.3 วิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัส

นำผลิตภัณฑ์ปลาซิวแก้วแผ่นอบกรอบ ขนาด 30x50 มิลลิเมตร ตัวอย่างละ 3 แผ่น มาทดสอบคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสด้วยผู้บริโภคทั่วไปที่ไม่ผ่านการฝึกฝน จำนวน 30 คน เพื่อประเมินคุณลักษณะทางด้านประสาทสัมผัส ด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม โดยวิธี 9-point hedonic scale (1 คือไม่ชอบมากที่สุด และ 9 คือชอบมากที่สุด) และนำสูตรที่ได้รับความชอบมากที่สุดไปทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค กลุ่มเป้าหมายเป็นบุคคลทั่วไปจำนวน 150 คน โดยวิธี 9-point hedonic scale (1 คือไม่ชอบมากที่สุด และ 9 คือชอบมากที่สุด)

3. การวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการ

ทำการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการ โดยใช้โปรแกรม Inmucal-Nutrients V. 3 จากสถาบันโภชนาการ มหาวิทยาลัยมหิดล (ชญานิษฐ์ และคณะ, 2557)

4. การวิเคราะห์ทางสถิติ

งานวิจัยนี้วางแผนการทดลองแบบ CRD (completely randomized design) สำหรับการตรวจสอบทางด้านเคมีกายภาพ ทดลอง 3 ซ้ำ และการวางแผนทดลองแบบ RCBD (randomized complete block design) สำหรับการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผู้ทดสอบทั่วไป วิเคราะห์ความแปรปรวนโดยใช้วิธี One way ANOVA (analysis of variance) เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT (Duncan' s new multiple-range test) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยใช้โปรแกรม SPSS version 23.0 (SPSS, Munich, Germany)

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. ผลของการเติมแป้งมันสำปะหลังต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ปลาซิวแก้วแผ่นอบกรอบ

จากการศึกษาปริมาณแป้งมันสำปะหลังต่อคุณภาพด้านสี ค่าความแข็งและความกรอบของผลิตภัณฑ์ปลาซิวแก้วแผ่นอบกรอบ แสดงในตารางที่ 2 พบว่า การเติมแป้งมันสำปะหลังไม่มีผลทางสถิติต่อค่า L^* แต่มีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้น ในขณะที่ค่า a^* และ b^* มีค่าสูงขึ้นเมื่อปริมาณของแป้งมันสำปะหลังเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยสูตรที่มีการเติมแป้งมันสำปะหลังที่ระดับ 8 เปอร์เซ็นต์ มีค่า L^* a^* และ b* สูงที่สุด สอดคล้อง

กับงานวิจัยของสุวรนี และปิยาพัชร (2565) รายงานว่า เมื่อปริมาณแป้งมันสำปะหลังเพิ่มขึ้น ส่งผลทำให้ปลาเส้นจากปลาช่อนมีค่าสีที่เพิ่มขึ้น ในขณะที่งานวิจัยของอารียา และเสาวนีย์ (2561) พบว่าเมื่อปริมาณแป้งมันสำปะหลังเพิ่มขึ้น จะส่งผลกระทบเฉพาะค่าความสว่างเพิ่มมากขึ้น แต่ค่าสีแดงและสีเหลืองลดลง จากผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าเมื่อปริมาณของปลาซิวแก้วลดลง และปริมาณของแป้งมันสำปะหลังเพิ่มมากขึ้น ส่งผลกระทบต่อค่าความสว่าง (L^*) ค่าสีแดง (a^*) และสีเหลือง (b^*) ที่เพิ่มมากขึ้น (ภาพที่ 1 และภาพที่ 2) โดยการที่ค่าความสว่าง ค่าสีเหลืองและสีแดงเพิ่มขึ้นนั้น อาจเนื่องมาจากโปรตีนในปลาและในเม็ดแป้ง เมื่อได้รับความร้อนทำให้เกิดปฏิกิริยากับน้ำตาลรีดิวซิง เกิดเป็นปฏิกิริยาเมลลาร์ด (maillard reaction) ซึ่งมีผลต่อสีและกลิ่นของผลิตภัณฑ์ นอกจากนี้แป้งมันสำปะหลังมีลักษณะที่เป็นผงสีขาวเมื่อผสมกับน้ำและได้รับความร้อนในอุณหภูมิที่เหมาะสม ทำให้อะไมโลสและอะไมโลเพกทินแตกออกเนื่องจากความร้อนทำลายพันธะไฮโดรเจนภายในโมเลกุลของสตาร์ชในเม็ดแป้ง ทำให้เกิดการเจลาติไนซ์ (gelatinization) และเกิดเป็นเจลของแป้งที่มีความโปร่งแสง (สุทธินี, 2563) Nurul et al. (2009) รายงานว่าการเพิ่มปริมาณของปลาและลดปริมาณของแป้งมันสำปะหลังลงมีผลทำให้ผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบปลามีสีที่เข้มขึ้น โดยมีค่า L^* ลดลง นอกจากนี้สีของปลาซิวแก้วบดมีสีที่ดำคล้ำ เนื่องจากในเนื้อปลามีองค์ประกอบของไมโอโกลบินและฮีโมโกลบินซึ่งมีปริมาณแตกต่างกันออกไปตามชนิดปลา และเมื่อได้รับความร้อนจะเกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ดและคาราเมลไรเซชันของแป้งและโปรตีนในเนื้อปลาจะเสียสภาพ (protein denaturation) ทำให้เปลี่ยนสีเป็นสีน้ำตาล (Kaewmanee et al., 2015) ดังนั้นเมื่อมีปริมาณปลาลดลงอาจส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีสีที่สว่างมากขึ้น แต่ในงานวิจัยเรื่องนี้ต้องมีการเติมสีผสมอาหารเข้าไป ซึ่งนอกจากการใช้แป้งมันสำปะหลังมาช่วยในเรื่องของสีและการลดกลิ่นคาวปลาในผลิตภัณฑ์แล้วนั้น จิราพร และคณะ (2549) รายงานว่าการใช้น้ำขิงช่วยให้ผลิตภัณฑ์ปลาแผ่นอบแห้งจากปลาโอลายมีคุณลักษณะด้านกลิ่นและความรู้สึกภายหลังการกลืน รวมถึงมีสีสันที่สดใสมากขึ้น เนื่องจากขิงประกอบด้วยสาร gingerol, shogaol และ zingiberene ที่ช่วยให้มีรสชาติเผ็ดร้อน zingiberol และ zingiberene ช่วยด้านกลิ่นให้มีความหอม (Indiarto et al., 2021) นอกจากนี้ขิงยังมีผลทางคลินิก ได้แก่ ช่วยลดอาการคลื่นไส้ อาเจียน ช่วยในการทำงานของระบบทางเดินอาหาร บรรเทาความเจ็บปวด การอักเสบ กลุ่มอาการเมตาบอลิซึม และอาการอื่น ๆ เป็นต้น (Anh et al., 2020) สุเมธ และคณะ (2555) ทำการทดลองผลิตปลาก้างนิ่มสมุนไพรพร้อมบริโภคระดับอุตสาหกรรม พบว่าเครื่องปรุงผงกะหรี่ที่มีส่วนประกอบหลักคือ ลูกผักชี 30 เปอร์เซ็นต์ สามารถกลบกลิ่นคาวปลานวลจันทร์ได้ดี โดยสัดส่วนที่ใช้ ประกอบด้วย น้ำหนักปลานวลจันทร์/ตัว: ผงกะหรี่: เกลือแกง เท่ากับ 99.13: 0.55: 0.33 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และเครื่องปรุงรสกระเทียมพริกไทยสำเร็จรูป (มีเกลือ พริกไทย และซีอิ๊วเป็นส่วนผสม) สามารถกลบกลิ่นคาวปลายี่สกได้ดีมาก โดยสัดส่วนที่ใช้ ประกอบด้วย น้ำหนักปลายี่สก/ตัว: เครื่องปรุงรสกระเทียมพริกไทยสำเร็จรูป เท่ากับ 95: 5 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ จากงานวิจัยข้างต้นผู้วิจัยเห็นว่านอกจากแป้งมันสำปะหลังที่มีส่วนในการช่วยลดกลิ่นคาวปลาได้นั้น วัตถุดิบอื่น ๆ ก็อาจช่วยลดกลิ่นคาวปลาได้ คือ เกลือ พริกไทย ลูกผักชี และซีอิ๊ว

จากตารางที่ 2 แสดงค่าความแข็ง และค่าความกรอบของผลิตภัณฑ์ปลาซิวแก้วแผ่นอบกรอบที่ระดับการเติมแป้งมันสำปะหลังที่แตกต่างกัน พบว่า การเติมแป้งมันสำปะหลังที่ระดับ 8 เปอร์เซ็นต์ มีค่าความแข็งและความกรอบสูงที่สุด โดยค่า Fracturability คือ ค่าความเปราะบางของอาหาร เป็นแรงกดทันทีทันใดในแนวดิ่งที่ทำให้ผลิตภัณฑ์เกิดการแตกหักเป็นชิ้น ๆ และกระจายออกในแนวราบ โดยทั่วไปหมายถึงอาหารที่มีค่าความแข็งสูงและมีค่าความสามารถเกาะรวมตัวกันต่ำ (ธัญญาภรณ์, 2550) สอดคล้องกับงานวิจัยของสุวรนี และปิยาพัชร (2565) รายงานว่าเมื่อปริมาณแป้งมันสำปะหลังเพิ่มขึ้น พบว่าปลาเส้นจากปลาช่อนมีค่าความแข็ง ความเหนียว คล้ายยาง และความยากในการเคี้ยวมากขึ้น ($p<0.05$) เนื่องจากแป้งเกิดการเจลาติไนเซชัน และเมื่อเย็นตัวลงเกิดการเรียงตัวเป็นโครงสร้างใหม่ที่แข็งแรงขึ้น (สุทธินี, 2563) Kyaw et al. (2001) รายงานว่าโปรตีนในเนื้อปลาช่วยในการจัดเรียงโครงสร้างโปรตีนในแป้งทำให้เจลแป้งมีคุณสมบัติที่มีความยืดหยุ่นมากขึ้น โดยต้องมีปริมาณของเนื้อปลาที่มากกว่า 15 เปอร์เซ็นต์ ขึ้นไป ดังนั้นจะเห็นได้ว่าเมื่อปริมาณแป้งมันสำปะหลังเพิ่มขึ้นจึงมีค่าความแข็งเพิ่มมากขึ้นด้วย

ตารางที่ 2 ผลของค่าสี ค่าความแข็งและค่าความกรอบของผลิตภัณฑ์ปลาซิวแก้วแผ่นอบกรอบที่ใส่ปริมาณแป้งมันสำปะหลังในระดับต่าง ๆ หลังอบด้วยเตาอบไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 180°C นาน 3 นาที

แป้งมันสำปะหลัง (เปอร์เซ็นต์)	ค่าสี				ค่าความแข็ง (กรัม)	ค่าการแตกหัก (กรัม)
	L^{*ns}	a^{*}	b^{*}	ΔE		
0	31.32±.0.91	6.81±0.32^{c}	9.28±0.39^{d}	-	91.83±22.37^{d}	89.67±26.13^{b}
2	31.95±0.27	7.30±0.29^{c}	10.19±0.60^{c}	1.2542	151.50±28.73^{cd}	104.50±15.89^{b}
4	32.52±2.14	7.40±0.24^{c}	10.26±0.55^{c}	1.6250	202.33±38.54^{bc}	232.50±51.45^{a}
6	32.98±1.01	8.32±0.78^{b}	11.77±0.50^{b}	3.3520	252.00±31.05^{ab}	241.33±21.92^{a}
8	33.03±0.48	10.35±0.59^{a}	14.44±0.14^{a}	6.4870	311.67±68.23^{a}	290.83±90.07^{a}

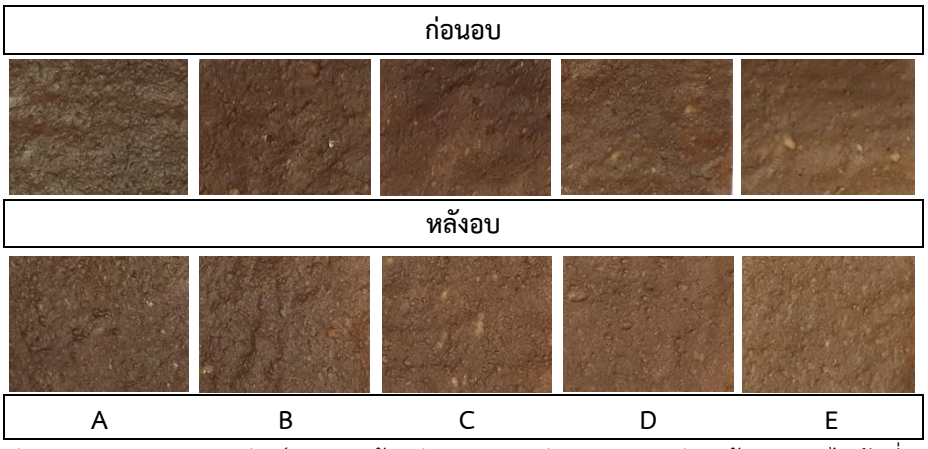
หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ย±ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

$^{a-d}$ ตัวเลขที่อยู่ในคอลัมภ์เดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

^{ns} ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

(A) (B) (C) (D)

ภาพที่ 1 ลักษณะปรากฏของปลาซิวแก้วสดก่อน-หลังบด และผลิตภัณฑ์ปลาซิวแก้วแผ่นอบกรอบหลังอบ โดย (A) ปลาซิวแก้วสด (B) ปลาซิวแก้วสดหลังบด (C) ปลาซิวแก้วสดหลังผสมกับวัตถุดิบอื่น ๆ และ (D) ปลาซิวแก้วแผ่นอบกรอบหลังอบ



ภาพที่ 2 ลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์ปลาซิวแก้วแผ่นอบกรอบ ก่อนอบและหลังอบด้วยเตาอบไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 180°C นาน 3 นาที (A-E=ปริมาณแป้งมันสำปะหลัง 0 เปอร์เซ็นต์, 2 เปอร์เซ็นต์, 4 เปอร์เซ็นต์, 6 เปอร์เซ็นต์ และ 8 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ)

ตารางที่ 3 แสดงผลของการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของปลาซิวแก้วแผ่นอบกรอบที่ใส่ปริมาณแป้งมันสำปะหลังในระดับต่าง ๆ พบว่า การใส่ปริมาณแป้งมันสำปะหลังไม่มีผลต่อระดับความชอบต่อคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านสี สอดคล้องกับผลของค่า L^{*} ที่พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งอาจส่งผลให้ผู้บริโภคไม่สามารถแยกความแตกต่างของสีในแต่ละตัวอย่างได้อย่างชัดเจนจึงมีระดับ

ความชอบที่ใกล้เคียงกัน แต่มีผลต่อด้านกลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยปลาชิวแก้วแผ่นอบกรอบที่ใส่แป้งมันสำปะหลังที่ร้อยละ 6 มีคะแนนความชอบในด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมสูงสุด คือ 8.23, 7.07, 7.67, 7.47 และ 7.63 คะแนน ตามลำดับ อยู่ในระดับความชอบมาก จากนั้นนำสูตรที่ใส่แป้งมันสำปะหลังร้อยละ 6 ไปทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค โดยกลุ่มเป้าหมายเป็นบุคคลทั่วไปจำนวน 150 คน พบว่าอยู่ในระดับความชอบปานกลาง คือ 7.12 คะแนน

ตารางที่ 3 ผลคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ปลาชิวแก้วแผ่นอบกรอบที่ใส่ปริมาณแป้งมันสำปะหลังในระดับต่าง ๆ (n=30)

แป้งมันสำปะหลัง (เปอร์เซ็นต์)	คุณลักษณะ				
	สี^{ns}	กลิ่น	รสชาติ	เนื้อสัมผัส	ความชอบโดยรวม
0	6.37±1.25	6.20±1.52^{b}	6.67±1.24^{b}	6.67±1.15^{b}	6.83±1.02^{b}
2	6.57±1.10	6.60±1.33^{ab}	7.10±1.27^{ab}	7.00±0.95^{ab}	7.23±0.82^{ab}
4	6.37±1.22	6.47±1.43^{ab}	6.83±1.44^{b}	6.70±1.12^{b}	7.00±1.14^{b}
6	8.23±9.11	7.07±1.36^{a}	7.67±1.09^{a}	7.47±1.07^{a}	7.63±0.96^{a}
8	6.60±1.25	6.33±1.83^{ab}	6.43±1.70^{b}	6.87±0.97^{b}	6.83±1.44^{b}

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ย ± ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

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

^{ns} ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ผลการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์ปลาชิวแก้วแผ่นอบกรอบที่ใส่ปริมาณแป้งมันสำปะหลังในระดับต่าง ๆ ดังแสดงในตารางที่ 4 พบว่าปริมาณพลังงานทั้งหมด และคาร์โบไฮเดรตเพิ่มสูงขึ้นเมื่อปริมาณแป้งมันสำปะหลังเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ไม่สอดคล้องกับงานวิจัยของ Huda et al. (2010) เพราะมีปริมาณของคาร์โบไฮเดรตต่ำกว่า โดยผลิตภัณฑ์ปลาชิวแก้วอบกรอบที่เติมแป้งมันสำปะหลังที่ระดับ 8 เปอร์เซ็นต์ มีคาร์โบไฮเดรตไม่ถึง 50 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งงานวิจัยเรื่องนี้ระบุว่าข้าวเกรียบปลาที่จำหน่ายทั่วไปในท้องตลาดมีปริมาณของคาร์โบไฮเดรตอยู่ที่ 54-80 เปอร์เซ็นต์ เป็นผลจากการที่มีปริมาณของแป้งอยู่ในส่วนผสมที่สูง ในขณะที่ปริมาณไขมัน โปรตีน ความชื้น เถ้า ปริมาณน้ำอิสระ และแคลเซียมเพิ่มขึ้น เมื่อปริมาณของปลาชิวแก้วเพิ่มขึ้นแต่ปริมาณของแป้งมันสำปะหลังลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) สอดคล้องกับ King (2002) และ Nurul et al. (2009) รายงานว่าปริมาณของโปรตีน ไขมัน และเถ้าเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณปลาเพิ่มมากขึ้น ซึ่งเป็นที่ทราบกันดีว่าปลาเป็นแหล่งโปรตีนที่ดีแต่พบน้อยในแป้งมันสำปะหลัง Wang et al. (2013) รายงานว่าลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์มีผลมาจากชนิดแป้ง ปริมาณโปรตีน ความชื้น และความสามารถในการเคลื่อนที่ของน้ำ แป้งเมื่อได้รับความร้อนเจลจะเกิดการเรียงตัวใหม่ ทำให้มีความแข็งเพิ่มขึ้น ส่งผลต่อระดับความชื้นที่ลดลง ซึ่งอาหารแห้งเป็นอาหารที่ควรมีค่า a_w น้อยกว่า 0.6 (ปริมาณความชื้นต่ำกว่า 15 เปอร์เซ็นต์) เพื่อป้องกันและควบคุมจุลินทรีย์ที่ทำให้อาหารเสื่อมเสีย ทั้งรายีสต์ และแบคทีเรีย (มผช., 2546) โดยปริมาณความชื้นที่มีในปลาชิวแก้วแผ่นอบกรอบอยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสมของอาหารแห้งและมีปริมาณที่ใกล้เคียงกับงานวิจัยของ Nurul et al. (2009), King (2002) และ Huda et al. (2010) ที่มีความชื้นในข้าวเกรียบปลาอยู่ที่ 9 เปอร์เซ็นต์, 12 เปอร์เซ็นต์ และ 9-14 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ปลาแผ่นอยู่ที่ 9-18 เปอร์เซ็นต์ (ณัฐณิชา, 2560) และข้าวเกรียบกุ้งมีความชื้นอยู่ที่ 13-20 เปอร์เซ็นต์ (Nguyen et al., 2013) ศศิมล และอนัญญา (2562) ศึกษาการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารว่างเสริมแคลเซียมจากปลาชิว พบว่า ผลิตภัณฑ์แคลเซียมสแน็กบอลที่มีส่วนผสมของปลาชิวแก้ว 100 กรัม มีปริมาณแคลเซียม 3,403.99 mg/kg และโปรตีน 25.23 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ปลาชิวแก้วแผ่นอบกรอบที่มีส่วนผสมของปลาชิวแก้ว 100 กรัม เท่ากัน พบว่า ผลิตภัณฑ์ปลาชิวแก้วแผ่นอบกรอบมีปริมาณของแคลเซียมและโปรตีนที่สูงกว่า

ตารางที่ 4 องค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์ปลาซิวแก้วแผ่นอบกรอบที่ใส่ปริมาณแป้งมันสำปะหลังในระดับต่าง ๆ

องค์ประกอบทางเคมี	แป้งมันสำปะหลัง (เปอร์เซ็นต์)				
	0	2	4	6	8
พลังงานทั้งหมด (kcal)	373.22±0.48^{d}	372.97±0.42^{d}	375.11±0.46^{c}	379.72±0.09^{b}	381.50±1.48^{a}
คาร์โบไฮเดรตทั้งหมด (เปอร์เซ็นต์)	36.62±0.13^{e}	40.75±0.13^{d}	42.65±0.27^{c}	44.88±0.18^{b}	47.10±0.16^{a}
ไขมันทั้งหมด (เปอร์เซ็นต์)	7.52±0.13^{a}	7.25±0.05^{b}	7.13±0.05^{bc}	6.99±0.03^{c}	6.62±0.24^{d}
โปรตีน (เปอร์เซ็นต์)	39.76±0.22^{a}	36.18±0.09^{b}	35.09±0.27^{c}	34.33±0.20^{d}	33.38±0.15^{e}
ความชื้น (เปอร์เซ็นต์)	7.66±0.05^{a}	7.58±0.01^{a}	7.39±0.11^{b}	6.75±0.02^{c}	6.37±0.02^{d}
เถ้า (เปอร์เซ็นต์)	8.44±0.12^{a}	8.24±0.10^{b}	7.74±0.08^{c}	7.06±0.03^{d}	6.53±0.10^{e}
ปริมาณน้ำอิสระ (a_w)	0.41±0.10^{a}	0.40±0.00^{b}	0.38±0.00^{c}	0.36±0.00^{d}	0.36±0.00^{e}
แคลเซียม (mg/kg)	16,432.65	15,601.56	15,230.97	14,171.19	9,920.43

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ย ± ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

$^{a-e}$ ตัวเลขที่อยู่ในแถวเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

2. ผลการศึกษาคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์ปลาซิวแก้วแผ่นอบกรอบ

อาหารขบเคี้ยว เป็น 1 ใน 13 กลุ่ม ที่ต้องแสดงฉลากโภชนาการแบบฉลากหวาน มัน เค็ม (Guideline Daily Amount: GDA) ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 394 (พ.ศ. 2561) ออกตามความในพระราชบัญญัติอาหาร พ.ศ. 2522 เรื่อง อาหารที่ต้องแสดงฉลากโภชนาการ และค่าพลังงาน น้ำตาล ไขมัน และโซเดียม แบบจีดีเอ มีผลบังคับใช้วันที่ 20 เมษายน พ.ศ.2562 และปริมาณผลิตภัณฑ์อาหารว่าง และขนมขบเคี้ยวที่คิดเทียบต่อ 1 หน่วยบริโภค เพื่อหาร้อยละ DRI ของผลิตภัณฑ์อ้างอิงตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 182) พ.ศ. 2541 กลุ่มอาหารขบเคี้ยวและขนมหวาน กำหนดชนิดอาหารกลุ่มข้าวเกรียบ ข้าวโพดคั่ว มันฝรั่งทอด ขนมกรอบ กล้วยฉาบ และ extruded snack ต่าง ๆ เท่ากับ 30 กรัมต่อ 1 หน่วยบริโภค ดังนั้นคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์ปลาซิวแก้วแผ่นอบกรอบที่มีปริมาณของแป้งมันสำปะหลังร้อยละ 6 คำนวณโดยใช้โปรแกรม Inmucal-Nutrients V. 3 จากสถาบันโภชนาการ มหาวิทยาลัยมหิดลสำหรับหนึ่งหน่วยบริโภค (30 กรัม) พบว่า พลังงานทั้งหมด เท่ากับ 49 กิโลแคลอรี ไขมัน 2 กรัม คอเลสเตอรอล 30 มิลลิกรัม โปรตีน 4 กรัม คาร์โบไฮเดรต 4 กรัม ใยอาหาร 0.03 มิลลิกรัม น้ำตาล 3 กรัม โซเดียม 197 มิลลิกรัม และแคลเซียม 250 มิลลิกรัม (ภาพที่ 2 และภาพที่ 3) เมื่อเปรียบเทียบกับคุณค่าทางโภชนาการของปลาสวรรค์แผ่นกรอบจากปลาหลังเขียวที่อบด้วยไมโครเวฟ 800 วัตต์ เป็นเวลา 10 วินาที พบว่าให้พลังงาน 130 กิโลแคลอรี ไขมัน คอเลสเตอรอล คาร์โบไฮเดรต และโซเดียมร้อยละ 1 10 5 และ 26 ตามลำดับ ใน 1 หน่วยบริโภค (35 กรัม) (ภัทรวดี และคณะ, 2562) ในปริมาณที่เท่ากันปลาซิวแก้วแผ่นอบกรอบจะมีปริมาณพลังงาน คาร์โบไฮเดรต และโซเดียมที่ต่ำกว่าและอ้างอิงตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 182) พ.ศ. 2541 เรื่องหลักเกณฑ์ในการกล่าวอ้างทางโภชนาการบนฉลากอาหารที่ระบุว่า แคลเซียมที่มีปริมาณตั้งแต่ร้อยละ 20 ขึ้นไปของสารอาหารที่แนะนำให้บริโภคประจำวันสำหรับคนไทยอายุตั้งแต่ 6 ปีขึ้นไป (Thai RDI) สามารถกล่าวอ้างได้ว่าเป็นผลิตภัณฑ์ที่อุดมไปด้วยแคลเซียมหรือมีแคลเซียมสูงได้ ดังนั้นผลิตภัณฑ์ปลาซิวแก้วแผ่นอบกรอบที่มีปริมาณแคลเซียมสูงถึง 31 เปอร์เซ็นต์ จึงกล่าวอ้างได้ว่าเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีแคลเซียมสูง นอกจากนี้ภัทธิรา (2546) ศึกษาปริมาณพลังงานในอาหารว่างและขนมขบเคี้ยว พบว่าทุกกลุ่มของอาหารว่างและขนมขบเคี้ยวที่มีจำหน่ายในท้องตลาดให้พลังงานคิดเป็นหน่วยกิโลแคลอรีค่อนข้างสูง โดยให้พลังงานอยู่ระหว่าง 171-592 kcal/100 g กลุ่มผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบกุ้งให้พลังงาน 152-158 kcal/ 1 หน่วยบริโภค (30 g) ซึ่งถ้าหากบริโภคมากเกินไปในแต่ละวันอาจนำไปสู่การเกิดโรคอ้วนและโรคเรื้อรังที่ไม่ติดต่อได้ ดังนั้นผลิตภัณฑ์ปลาซิวแก้วแผ่นอบกรอบจึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งเพื่อผู้ที่สนใจด้านสุขภาพ และเมื่อพิจารณาตามหลักเกณฑ์และเงื่อนไขการพิจารณาสัญลักษณ์โภชนาการอย่างง่ายตามประกาศคณะอนุกรรมการพัฒนาและส่งเสริมการใช้สัญลักษณ์โภชนาการอย่างง่าย เรื่อง เกณฑ์สารอาหารหรือคุณค่าทางโภชนาการที่ใช้ประกอบการพิจารณารับรองการแสดงสัญลักษณ์โภชนาการ “ทางเลือกสุขภาพ” อาหารกลุ่ม

ขนมขบเคี้ยว พบว่าผลิตภัณฑ์ปลาซิวแก้วแผ่นอบกรอบยังไม่สามารถแสดงสัญลักษณ์โภชนาการ “ทางเลือกสุขภาพ” ได้เนื่องจากปริมาณที่บริโภคได้ 100 กรัม มีปริมาณพลังงานทั้งหมด น้ำตาล และโซเดียม เกินกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดได้ โดยเกณฑ์ที่กำหนดได้แก่ พลังงานทั้งหมด น้ำตาลทั้งหมด ไขมันอิ่มตัว และโซเดียม ต้องมีปริมาณน้อยกว่าหรือเท่ากับ 150 กิโลแคลอรี, 7 กรัม, 6 กรัม และ 500 กรัม ตามลำดับ ซึ่งงานวิจัยเรื่องนี้มีปริมาณพลังงานทั้งหมด น้ำตาลทั้งหมด ไขมันอิ่มตัว และโซเดียม เท่ากับ 162 กิโลแคลอรี, 9 กรัม, 3 กรัม และ 657 กรัม ต่อ 100 กรัม ตามลำดับ อย่างไรก็ตามอาจต้องปรับลดปริมาณของน้ำตาล เกลือ และซีอิ๊วลงเพื่อให้ได้ตามเกณฑ์อาหารทางเลือกสุขภาพ

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

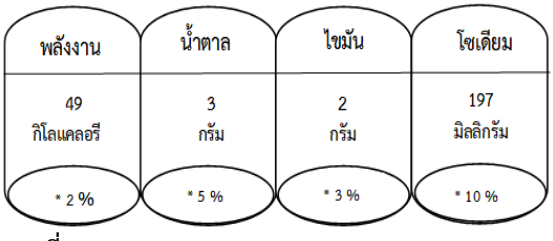
จากผลการศึกษา พบว่าการเติมแป้งมันสำปะหลังที่ระดับ 2, 4, 6 และ 8 เปอร์เซ็นต์ และไม่เติม (0 เปอร์เซ็นต์) ไม่มีผลต่อค่าความสว่าง (L^*) ในขณะที่ค่าสีแดง (a^*) และสีเหลือง (b^*) สูงขึ้นเมื่อปริมาณของแป้งมันสำปะหลังเพิ่มขึ้น โดยสูตรที่มีการเติมแป้งมันสำปะหลังที่ระดับ 8 เปอร์เซ็นต์ จะมีค่า L^* a^* และ b* สูงที่สุด แต่สูตรที่ได้รับการยอมรับทางประสาทสัมผัสมากที่สุดคือการเติมแป้งมันสำปะหลังที่ระดับ 6 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีค่า L^* a^* และ b* เท่ากับ 32.98, 8.32 และ 11.77 ตามลำดับ และมีคะแนนความชอบในด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมสูงสุด คือ 8.23, 7.07, 7.67, 7.47 และ 7.63 คะแนน ตามลำดับ อยู่ในระดับความชอบมาก สำหรับค่าความแข็ง และความกรอบของผลิตภัณฑ์ปลาซิวแก้วแผ่นอบกรอบ พบว่าการเติมแป้งมันสำปะหลังที่ระดับ 8 เปอร์เซ็นต์ มีค่าความแข็งและความกรอบสูงที่สุด กล่าวได้ว่าปริมาณแป้งมันสำปะหลังที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ปลาซิวแก้วแผ่นอบกรอบมีสีเหลืองและแดงมากขึ้น รวมถึงเนื้อสัมผัสที่แข็งขึ้น แต่ร่วนและแตกหักได้ง่ายมากขึ้น องค์ประกอบทางด้านเคมีของผลิตภัณฑ์ปลาซิวแก้วแผ่นอบกรอบ พบว่า การเพิ่มปริมาณแป้งมันสำปะหลังส่งผลให้ปริมาณพลังงานทั้งหมด และคาร์โบไฮเดรต เพิ่มสูงขึ้น แต่ปริมาณไขมัน โปรตีน ความชื้น เถ้า ปริมาณน้ำอิสระ และแคลเซียมลดลง คุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์ปลาซิวแก้วแผ่นอบกรอบต่อหนึ่งหน่วยบริโภค (30 กรัม) พบว่า มีพลังงานทั้งหมด เท่ากับ 49 กิโลแคลอรี ไขมัน 2 กรัม โปรตีน 4 กรัม คาร์โบไฮเดรต 4 กรัม ใยอาหาร 0.03 มิลลิกรัม น้ำตาล 3 กรัม โซเดียม 197 มิลลิกรัม และแคลเซียม 250 มิลลิกรัม

ข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัยครั้งต่อไปคือ การปรับปรุงคุณภาพด้านสีของผลิตภัณฑ์ โดยใช้สมุนไพร เช่น ขิง ขมิ้น เป็นต้น ทดแทนการใช้สีผสมอาหารสังเคราะห์ การตรวจหาคุณภาพทางด้านเชื้อจุลินทรีย์ รวมถึงการศึกษาอายุการเก็บรักษาและรูปแบบของบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสม เพื่อช่วยยืดอายุการเก็บรักษาและส่งเสริมการขายต่อไป

ข้อมูลโภชนาการ		
หนึ่งหน่วยบริโภค: 30 กรัม		
จำนวนหน่วยบริโภคต่อซอง: 1		
คุณค่าทางโภชนาการต่อหนึ่งหน่วยบริโภค		
พลังงานทั้งหมด 49 กิโลแคลอรี (พลังงานจากไขมัน 18 กิโลแคลอรี)		
ร้อยละของปริมาณที่แนะนำต่อวัน*		
ไขมันทั้งหมด	2 ก.	3 %
ไขมันอิ่มตัว	1 ก.	5 %
คอเลสเตอรอล	v30 มก.	10 %
โปรตีน	4 ก.	
คาร์โบไฮเดรตทั้งหมด	4 ก.	1 %
ใยอาหาร	0.03 มก.	0.12 %
น้ำตาล	3 ก.	5 %
โซเดียม	197 มก.	10 %
ร้อยละของปริมาณที่แนะนำต่อวัน*		
วิตามินเอ 0 %	วิตามินบี 1 0 %	
วิตามินบี 2 0 %	วิตามินซี 0 %	
เหล็ก 0.3 %	แคลเซียม 31%	
*ร้อยละของปริมาณสารอาหารที่แนะนำให้ผู้บริโภคต่อวันสำหรับคนไทยอายุตั้งแต่ 6 ปีขึ้นไป (Thai RDI) โดยคิดจากความต้องการพลังงานวันละ 2,000 กิโลแคลอรี		
ความต้องการพลังงานของแต่ละบุคคลแตกต่างกัน ผู้ที่ต้องการพลังงานวันละ 2,000 กิโลแคลอรี ควรได้รับสารอาหารต่าง ๆ ดังนี้		
ไขมันทั้งหมด	น้อยกว่า 65 ก.	
ไขมันอิ่มตัว	น้อยกว่า 20 ก.	
โคเลสเตอรอล	น้อยกว่า 300 ก.	
คาร์โบไฮเดรตทั้งหมด	300 ก.	
ใยอาหาร	25 ก.	
โซเดียม	น้อยกว่า 2,000 มก.	
พลังงาน (กิโลแคลอรี) ต่อกรัม : ไขมัน = 9 : โปรตีน = 4 : คาร์โบไฮเดรต = 4		

ภาพที่ 2 ข้อมูลโภชนาการของผลิตภัณฑ์ปลาซิวแก้วแผ่นอบกรอบที่มีปริมาณแป้งมันสำปะหลัง 6 เปอร์เซ็นต์

คุณค่าทางโภชนาการต่อ 1 ซอง (30 กรัม)
ควรแบ่งกิน 1 ครั้ง



ภาพที่ 3 ฉลาก GDA

ที่มา: Inmucal-Nutrients V.3 สถาบันโภชนาการ มหาวิทยาลัยมหิดล (2557)

เอกสารอ้างอิง

การแปรรูปผลิตภัณฑ์จากปลาน้ำจืด. 2545. โครงการพัฒนาหนังสืออิเล็กทรอนิกส์ด้านการเกษตรเฉลิมพระเกียรติ พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว ภาควิชาผลิตภัณฑ์ประมง คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. ค้นเมื่อ 14 กุมภาพันธ์ 2564, https://ebook.lib.ku.ac.-th/ebook27/ebook/20130094/#p=16

เครือวัลย์ พรมลักษณ์. 2562. 10 เทรนด์อาหารมาแรง ปี 2019. ค้นเมื่อ 9 มกราคม 2566, https://-www.nfi.or.th/datas/files/INN-Dec-10Tre-nds2019.pdf

นันธินีย์ วังนันท์ นพวรรณ เปียซื่อ และ สุจินดา จารุพัฒน์มารุโอ. 2560. ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการบริโภคขนมขบเคี้ยวของเด็กก่อนวัยเรียน. วารสารสภาการพยาบาล. 32(4), 55-66.

จิราพร รุ่งเลิศเกรียงไกร เปล่งสุรีย์ หิรัญตระกูล และนงนุช รักสกุลไทย. 2549. การผลิตปลาแผ่นอบแห้งจากปลาโอลาย. วารสารอาหาร. 36(4), 327-333.

ชญานิษฐ์ วานิจจะกูล กมลนิตย์ ปีมณี และสุฑาทิพย์ อนันทสุข. 2557. คู่มือการใช้ โปรแกรม INMUCAL-Nutrients V.3. พิมพ์ครั้งที่ 4. นครปฐม: สถาบันโภชนาการ มหาวิทยาลัยมหิดล.

ชัชชฎาภร พิศมร และ เอกสิทธิ์ ไชยปิน. 2564. ปัจจัยที่สัมพันธ์กับพฤติกรรมการบริโภคขนมขบเคี้ยวและเครื่องดื่มที่มีรสหวานของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนบ้านไร่ จังหวัดน่าน. วารสารพยาบาลศาสตร์และสุขภาพ. 44(3), 71-83.

ณัฐณิชา ทวีแสง. 2560. การศึกษาปริมาณผงฟักข้าวและวิธีอบแห้งที่เหมาะสมในการผลิตปลาแผ่น. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 25(3), 412-423.

ธัญญาภรณ์ ศิริเลิศ. 2550. การประเมินลักษณะเนื้อสัมผัสในอาหาร. วารสารเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยสยาม. 3(1), 6-13.

ภัทธิรา ยิ่งเลิศรัตนะกุล. 2546. การศึกษาปริมาณพลังงานในอาหารว่างและขนมขบเคี้ยว. ค้นเมื่อ 9 มกราคม 2566, https://nutrition2.anam-ai.moph.go.th

ภัทรวดี เอียดเต็ม กูรอซียะห์ ยามิรูเต็ง และจริยา สุขจันทรา. 2562. การพัฒนาผลิตภัณฑ์ปลาสวรรค์แผ่นกรอบจากปลาหลังเขียว (Sardinella gibbosa). วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มรย. 4(2), 113-121.

ศศิมล มุ่งหมาย และ อนัญญา วรรณา. 2562. การพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารว่างเสริมแคลเซียมจากปลาชิว. วารสารการเกษตรราชภัฏ. 18(1), 27-37.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช.). 2546. มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ปลากรอบปรุงรส มผช.106/2546. กรุงเทพฯ: สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (สมอ.) กระทรวงอุตสาหกรรม.

สุทธินี สีสังข์. 2563. คุณสมบัติของแป้งที่มีผลต่อการแปรรูปผลิตภัณฑ์สัตว์น้ำ. กรุงเทพฯ: กองวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมสัตว์น้ำ กรมประมง.

สุวรนี ปานเจริญ และปิยาพัชร จันทร์สุข. 2565. ผลของแป้งมันสำปะหลังต่อคุณสมบัติทางกายภาพเคมีและประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ปลาเส้นจากปลาช่อนจังหวัดสิงห์บุรี. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย. 1(1), 57-65.

สุเมธ สุพิชญางกูร สุนีย์ พะยอมแจ่มศรี พิสิฐ วงศ์สง่าศรี และสรเมษ ชโลวัฒนะ. 2555. การพัฒนากระบวนการผลิตและผลิตภัณฑ์ปลาก้างนิ่มสมุนไพรระดับอุตสาหกรรม. กรุงเทพฯ: กองพัฒนาอุตสาหกรรมสัตว์น้ำ กรมประมง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

อรนุช สีหามาลา ศุภชัย ภูลายดอก หนูเดือน สาระบุตร ณัฏฐพงศ์ เจนวิพากษ์ พนิดา วงศ์ปรีดี พรประภา ชุนถนอม และคณะ. 2560. การทดแทนเนื้อหมูจากปลาชิวในการทำกุนเชียงเสริมแคลเซียมจากปลาชิว. ค้นเมื่อ 9 มกราคม 2564, https://tarr.arda.or.th/preview/-item/60606.

อรอุมา โภคสมบัติ และเนตี์ ภู่ประสม. 2565. การสำรวจภาวะสุขภาพนักเรียนในประเทศไทย พ.ศ.

2564. กรุงเทพฯ: สำนักส่งเสริมสุขภาพ กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข.

อารียา ปอเจริญ และเสาวณีย์ เลิศวรสิริกุล. 2561. การพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวที่มีส่วนผสมของเนื้อปลาโดยใช้สารทดแทนความหวานแทนการใช้ซูโครส. ใน: การประชุมวิชาการระดับชาติด้านนวัตกรรมเพื่อการเรียนรู้และสิ่งประดิษฐ์ ครั้งที่ 2 ประจำปี 2561 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี จังหวัดปทุมธานี.

อภิญญา อุตระชัย และ กริช เรืองไชย. 2561. ความสัมพันธ์ระหว่างความรู้ พฤติกรรมการบริโภคขนมและเครื่องดื่มรสหวานและภาวะโภชนาการของในนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น อำเภอเมือง จังหวัดราชบุรี. วารสารมหาวิทยาลัยนครพนม ฉบับการประชุมวิชาการครบรอบ 25 ปี, 95-102.

AOAC. 2000. Official Methods of Analysis. 17th Edition. Washington, DC: Association of Official Analytical Chemists.

Anh, N.H., S.J. Kim, N.P. Long, J.E. Min, Y.C. Yoon, E.G. Lee, M. Kim, T.J. Kim, Y.Y. Yang, and E.Y. Son. 2020. Ginger on human health: a comprehensive systematic review of 109 randomized controlled trials. Nutrients. 12(1), 157.

Charrondiere, U.R., S. Chevassus-Agnes, S. Marroni, and B. Burlingame. 2004. Impact of different macronutrient definitions and energy conversion factors on energy supply estimations. Journal of food composition and analysis. 17(3–4), 339–360.

Huda, N., A. L. Leng, C. X. Yee and Herpandi. 2010. Chemical composition, colour and linear expansion properties of Malaysian commercial fish cracker (keropok). Asian Journal of Food and Agro-Industry. 3(5), 473–482.

Indiarto, R., E. Subroto, Angeline, and Selly. 2021. Ginger rhizomes (*Zingiber officinale*) functionality in food and health perspective: a review. Food Research. 5(1), 497–505.

Jutagate, T., S.S. De Silva, and N.S. Mattson. 2001. Socio-economic status of river Sprat (*Clupeichthys aesarnensis*, Wongratana 1983) lift-net fishers in Sirinthorn Reservoir, Thailand. *In*: S.S. De Silva (Ed.). Reservoir and culture-based fisheries: biology and management. Proceedings of an International Workshop held in Bangkok, Thailand from 15–18 February 2000. ACIAR Proceedings No. 98.

Kaewmanee, T., T.T. Karrila, and S. Benjakul. 2015. Effects of fish species on the characteristics of fish cracker. International Food Research Journal. 22(5), 2078–2087.

King, M. A. 2002. Development and sensory acceptability of crackers made from the big-eye fish (*Branchydeuterus auritus*). Food and Nutrition Bulletin. 23(3), 317-320.

Kyaw, Z.Y., S.Y. Yu, C.S. Cheow, M.H. Dzulkifly, and N.K. Howell. 2001. Effect of fish to starch ratio on viscoelastic properties and microstructure of fish cracker ('keropok') dough. International Journal of Food Science & Technology. 36(7), 741–747.

Mokrzycki, W.S., and M. Tatol. 2011. Colour difference ΔE - A survey. Machine Graphics and Vision. 20(4), 383-411.

Nurul, H., I. Boni, and I. Noryati. 2009. The effect of different ratios of Dory fish to tapioca flour on the linear expansion, oil absorption, colour and hardness of fish crackers. International Food Research Journal. 16(2), 159–165.

New Nutrition Business. 2559. 10 เทรนด์ตลาดอาหารและเครื่องดื่มในปี 2559. ค้นเมื่อ 9 มกราคม 2566, https://fic.nfi.or.th/market-intelligencedetail.php?smid=84

Nguyen, T.T., T.Q. Le, and S. Songsermpong. 2013. Shrimp cassava cracker puffed by microwave technique: effect of moisture and oil content on some physical characteristics. Kasetsart Journal. 47(3), 434–446.

Njike, V.Y., T.M. Smith, O. Shuval, K. Shuval, I. Edshteyn, V. Kalantari, and A.L. Yaroch. 2016. Snack food, satiety, and weight. Advances in Nutrition. 7(5), 866–878.

Poungcharean, S. 2006. Distribution and early-life development of Thai river Sprat *Clupeichthys aesarnensis* Wongratana, larvae, in Pasak Jolasid Reservoir, Lop Buri Province, Thailand. Kasetsart Journal. 40(1), 188–195.

Wang, Y., M. Zhang, and A.S. Mujumdar. 2013. Effect of cassava starch gel, fish gel and mixed gels and thermal treatment on structure development and various quality parameters in microwave vacuum-dried gel slices. Food Hydrocolloids. 33(1), 26–37.

Wongratana, T. 1983. Diagnoses of 24 new species and proposal of a new name for a species of Indo-Pacific clupeoid fishes. Japanese Journal of Ichthyology. 29(4), 385–407.