

Received: 9 Aug 2022; Revised: 23 Aug 2022

Accepted: 30 Aug 2022

การผลิตและสมบัติของข้าวเกรียบปลาจากปลาเล็กปลาน้อย

อรรณญา อำไพจิตร¹ และ พรหมภัตสร พรทวีโชคโคติ²

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อใช้ประโยชน์จากปลาเล็กปลาน้อยในการผลิตข้าวเกรียบปลา โดย 1) ศึกษาชนิดของปลาเล็กปลาน้อยที่มีขายในท้องตลาดโดยทั่วไป ได้แก่ ปลากระตัก ปลาข้าวสาร และปลาสาหร่าย 2) ศึกษาปริมาณปลาเล็กปลาน้อยโดยแปรผันปริมาณปลาเป็นร้อยละ 50, 100 และ 150 โดยน้ำหนัก 3) วิเคราะห์คุณภาพกายภาพ ได้แก่ ค่า Hardness , aw, L*, a*, b* และ 4) วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี พบว่า ชนิดและปริมาณของปลาเล็กปลาน้อยที่เหมาะสมในการผลิตข้าวเกรียบปลาจากปลาเล็กปลาน้อย คือ ปลากระตักที่มีปริมาณร้อยละ 100 โดยน้ำหนัก จะให้ลักษณะและคุณภาพของข้าวเกรียบดีที่สุดโดยมีคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้านสี กลิ่นปลา รสชาติ ความกรอบและความชอบโดยรวมเท่ากับ 4.12, 3.91, 4.14, 4.31 และ 4.27 ตามลำดับและแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อทดสอบคุณภาพทางกายภาพของข้าวเกรียบปลากระตัก ร้อยละ 100 โดยน้ำหนัก เทียบกับข้าวเกรียบปลาสูตรควบคุม ที่ผ่านการทอดแล้ว พบว่า ข้าวเกรียบปลาจากปลากระตัก มีค่าน้ำอิสระ (aw) ต่ำกว่าสูตรควบคุม เท่ากับ 0.23, 0.26 ตามลำดับ มีค่าความสว่าง (L*) มากกว่า ค่าความเป็นสีแดง (a*) น้อยกว่า และค่าความเป็นสีเหลือง (b*) มากกว่า สูตรควบคุม และมีค่าความแข็งเท่ากับ 840.95 กรัม การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีพบว่าข้าวเกรียบปลากระตัก มีปริมาณความชื้น, โปรตีน, ไขมัน, คาร์โบไฮเดรต, และเถ้าร้อยละ 2.85, 5.23, 29.59, 59.71 และ 2.62 ตามลำดับ ข้าวเกรียบปลากระตักพร้อมบริโภคปริมาณ 100 กรัม มีปริมาณแคลเซียมมากกว่าสูตรควบคุมและมีปริมาณพลังงานทั้งหมดน้อยกว่าสูตรควบคุมซึ่งมีค่าเท่ากับ 227.78 มิลลิกรัม และ 526.07 กิโลแคลอรี ตามลำดับ จึงสรุปได้ว่าปลากระตักสามารถนำมาใช้ในการผลิตข้าวเกรียบปลาโดยมีปริมาณแคลเซียมที่เพิ่มขึ้นทำให้คุณค่าทางโภชนาการของข้าวเกรียบมีเพิ่มมากขึ้นด้วย อีกทั้งยังเหมาะสำหรับผู้ที่มีอาการแพ้นมแต่ต้องการแคลเซียมสามารถรับประทานได้

คำสำคัญ: ข้าวเกรียบปลา, ปลาเล็กปลาน้อย, ปลากระตัก, แคลเซียม

¹ อาจารย์ คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ Email : aranya.a@mail.rmutk.ac.th

² ผู้ช่วยศาสตราจารย์ คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ Email : nawaporn.t@mail.rmutk.ac.th

Production and properties of fish crispy from small fish

Aranya Ampaichit¹ and Phrompatsorn Phontaweechokpokin²

Abstract

The objectives of this study for the production of fish crispy made from small fishes were 1) to study the types of small fishes commonly sold in the local markets selected from anchovy, rice fish, and cotton candy fish; 2) to study the quantity used of small fishes varied from 50, 100, 150% by weight; 3) to evaluate the physical qualities of fish crispy (hardness, aw, L*, a*, b*) when the type and quantity of small fishes were varied; and finally 4) to analyze the chemical compositions of the obtained fish crispy. The results found that the type and quantity of small fish appropriated for the production of fish crispy was anchovies with the content used of 100% by weight. It gave the best characteristics and quality of the crispy with the highest sensory acceptance scores in terms of color, fish smell, taste, crispness and liking, as 4.12, 3.91, 4.14, 4.31 and 4.27, respectively and it showed significantly difference to other groups ($p \leq 0.05$). Compared to the fried fish crispy (control formula), it was found that fish crispy made from 100% anchovies had the physical values of water activity (aw) and redness (a*) less than control formula (0.23, 0.26 and 1.11, 1.49, respectively) while the brightness (L*) and yellow (b*) was greater than the control formula (31.26, 27.01 and 11.46, 9.82, respectively). It had the hardness of 840.95 g. Chemical composition analysis showed that fish crispy (100% anchovies) contained moisture 2.85%, protein 5.23%, fat 29.59%, carbohydrate 59.71%, ash 2.62%, calcium 227.78 milligrams which higher than control formula but it had fat 29.59 % and total energy of 526.07 kilocalories lower than control formula. In this study, it can show that small fishes can be used to produce fish crispy with improving nutrition value better than the normal fried fish crispy. In addition, it also contained high calcium content which can be used as a source of calcium for people with cow's milk intolerance or who need calcium supplements.

Keywords : fish crispy, small fishes, anchovies, calcium

¹ Lecturer, Faculty of Home Economics Technology, Rajamangala University of Technology Krungthep

Email : aranya.a@mail.rmutk.ac.th

² Assistant Professor, Faculty of Home Economics Technology, Rajamangala University of Technology Krungthep

Email : nawaporn.t@mail.rmutk.ac.th

บทนำ

ปลากะตัก (Anchovy) เป็นปลาผิวน้ำขนาดเล็กที่พบแพร่กระจายทั่วไปตามชายฝั่ง ทะเลถึงระดับน้ำลึก 70 เมตร ทั้งทางฝั่งอ่าวไทยและทะเลอันดามันมีชื่อท้องถิ่นเรียกกันหลายชื่อได้แก่ ปลาไส้ตัน ปลาหัวอ่อน ปลาจิ้งจั้ง ปลามะลิ ปลาข้าวสาร ปลายั่วเกียะ เป็นต้น ปลากะตัก เป็นปลาที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของไทย เป็นที่ต้องการของผู้บริโภคทั้งในประเทศไทยและต่างประเทศ เนื่องจากมีคุณค่าทางอาหารสูง โดยมีการนำปลากลุ่มนี้มาใช้ประโยชน์ได้หลากหลาย เช่น บริโภคสด ตากแห้ง แปรรูปทำน้ำปลา น้ำบูดู เป็นต้น จากสถิติการส่งออกของกรมประมง พบว่า ในปี 2557 ปริมาณและมูลค่าการส่งออกผลิตภัณฑ์ปลากะตักเท่ากับ 633.6 ตัน และ 23.49 ล้านบาท ตามลำดับตลาดยุโรปเป็นตลาดหนึ่งที่ไทยส่งผลิตภัณฑ์ปลากะตักไปจำหน่าย โดยที่ไทยจะต้องควบคุมคุณภาพสินค้าให้สอดคล้องตามกฎระเบียบของสหภาพยุโรป ซึ่งในปี 2557 คณะกรรมาธิการยุโรปได้กำหนดปริมาณแคดเมียมในปลากะตักกลุ่ม Anchovy (*Engraulis species*) ไม่เกิน 0.25 mg/kg ในขณะที่ปลากะตักชนิดอื่น ๆ ที่ไม่ได้อยู่ในสกุล *Engraulis* กำหนดปริมาณแคดเมียมไม่เกิน 0.05 mg/kg ซึ่งส่งผลกระทบต่อ การส่งออกสินค้าปลากะตักของประเทศไทยไปสหภาพยุโรป เนื่องจากปลากะตักของประเทศไทยไม่ได้อยู่ในสกุล *Engraulis* และส่วนใหญ่มีปริมาณแคดเมียมสูงกว่า 0.05 mg/kg (นิศานาถ ตันตัยย์, ม.ป.ป., 1)

ข้าวเกรียบจัดเป็นอาหารขบเคี้ยวที่นิยมบริโภคกันอย่างแพร่หลายในประเทศแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ รวมทั้งประเทศไทย มีชื่อเรียกแตกต่างกันไป เช่น ในประเทศมาเลเซียว่า Keropok ประเทศอินโดนีเซีย เรียกว่า Krapuk (วิภาดา มุรินทร์นพมาศ และภารดี พลไชย, 2554, 1) แบ่งเป็นหนึ่งในส่วนผสมที่สำคัญสำหรับทำข้าวเกรียบปลา ได้แก่ แป้งที่ได้จากมันสำปะหลัง, ข้าวสาลี, ข้าวโพด, สาหร่าย, ข้าวและแม้กระทั่งถั่วเขียวสามารถใช้ได้สำหรับการทำข้าวเกรียบปลา (Mohamed et al., 1988) และส่วนผสมอื่น ๆ ได้แก่ กุ้ง ปลา กระเทียม พริกไทย น้ำตาล และ เกลือ ข้าวเกรียบผลิตจากแป้งเป็นส่วนประกอบหลักซึ่งในด้านคุณค่าทางโภชนาการของข้าวเกรียบยังขาดสารอาหารที่มีประโยชน์ต่อร่างกายบางชนิด มีสารอาหารน้อยมากเป็นเพียงแหล่งพลังงานเท่านั้น อย่างไรก็ตามแป้งก็ยังมีส่วนต่อการพองตัวและการขยายตัวของข้าวเกรียบ โดยทั่วไปแล้วปลาทะเลมักนำใช้ทำข้าวเกรียบปลามีรายงานว่ามีการใช้ปลาทะเลบางชนิดสำหรับสูตรข้าวเกรียบปลาชาร์ดิน (*Clupea leiogaster*), ปลาจวดเทา (*Johnius soldado*), ปลาตาโต (*Brachydeuterus auritus*), ปลากะพง (*Lutjanus spp*), ปลาชะโด (*Ophiocephalus micropeltis*) และปลาแพเตอร์แบค (*Natopterus chilata*) (วิภาดา มุรินทร์นพมาศ และภารดี พลไชย, 2554, 16) ในเชิงพาณิชย์พบว่าข้าวเกรียบปลาในประเทศมาเลเซียได้มีการใช้ปลาข้างเหลือง

(*Selaroides leptoleptis*) ปลาตาบลาวยาว (*Chirocentrus dorab*) (Nurul, Boni & Noryaty, 2009, p.159) และ ปลาอกแรกล้วย (*Dussumieria hasselti*) (วิทย์ ชารชลาณกิจ, 2522, 3) เป็นแหล่งของปลา ส่วนใน อินโดนีเซียจะใช้ปลาอินทรียั้ง (*Scomberomerus commersoni*) เป็นแหล่งของปลา นอกจากการใช้เนื้อปลา สดแล้ว ผงปลาก็เช่นกันที่ถูกนำมาใช้สำหรับทำข้าวเกรียบปลา โดยใช้เป็นผงโปรตีนปลาไฮโดรไลเสต ผงซูริมิ การใช้แบบผงปลา มีประโยชน์มากมายในอาหารเชิงพาณิชย์ สะดวกต่อการผลิตและการจัดการด้วยต้นทุนที่ต่ำกว่า จัดเก็บง่าย และมีประโยชน์ในขั้นตอนการผสม รวมทั้งโปรตีนจากน้ำล้างการผลิตลูกชิ้นปลา ก็สามารถนำมาใช้ใน สูตรข้าวเกรียบปลาได้ (Nurul et al., 2009, p.160)

แคลเซียมเป็นสารอาหารสำคัญที่ร่างกายไม่สามารถสร้างแคลเซียมขึ้นเองได้ แคลเซียมเป็นส่วนประกอบที่สำคัญของกระดูกและฟันถึงร้อยละ 99 ที่เหลือจะช่วยการทำงานของหัวใจและกล้ามเนื้อ การแข็งตัวของเกล็ดเลือด การทำงานของเซลล์ประสาทและสมอง โดยทั่วไปเด็ก 3-10 ขวบควรได้รับแคลเซียมประมาณ 800 มิลลิกรัมต่อวัน วัยรุ่นและผู้ใหญ่ 800-1,000 มิลลิกรัมต่อวัน สตรีมีครรภ์และคุณแม่ที่ให้นมบุตรควรได้รับแคลเซียมเพิ่มขึ้นคือ 1,200 มิลลิกรัมต่อวัน ฉะนั้นหากได้รับแคลเซียมไม่เพียงพอจะทำให้เนื้อกระดูกบางลง กระดูกพรุนและกระดูกแตกหักได้ง่าย อาหารที่มีแคลเซียมเพียงพอจึงเป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่งสำหรับกระดูก (กองบรรณาธิการ HD, 2561) ซึ่งนม ผลิตภัณฑ์จากนม รวมถึงปลาที่สามารถเคี้ยวได้ทั้งกระดูกจึงเป็นแหล่งของ แคลเซียมที่ดี เช่น ปลากระดัก สำหรับผู้ที่มีอาการแพ้นมวัว แหล่งแคลเซียมที่ได้จากนมและผลิตภัณฑ์จึงไม่เหมาะที่จะนำมารับประทาน เพราะอาจก่อให้เกิดอาการแพ้ถึงขั้นอันตรายต่อชีวิตได้ รองจากถั่วลิสงและถั่วเปลือกแข็งชนิดต่าง ๆ ดังนั้นเพื่อให้ข้าวเกรียบปลา มีสารอาหารและมีคุณค่าทางโภชนาการที่มีประโยชน์มากขึ้นจึงได้นำปลาเล็ก ปลาน้อยที่มีขายในท้องตลาดทั่วไป ซึ่งจัดว่าเป็นปลาที่สามารถรับประทานได้ทั้งตัว มีปริมาณแคลเซียมสูง มาผสมให้เป็นแหล่งของเนื้อปลา และเพื่อเป็นการนำปลากระดักมาใช้ในรูปแบบที่หลากหลายมากยิ่งขึ้น นอกจากนี้ยังเป็นการลดปัญหาการส่งออกสินค้าปลากระดักของประเทศไทยไปสหภาพยุโรป เนื่องจากมีปริมาณแคลเซียมสูงกว่าค่าที่กำหนดไว้ ให้เกิดเป็นผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบปลาที่ทุกเพศทุกวัยสามารถรับประทานได้

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาการใช้ปลาเล็กปลาน้อยในการผลิตข้าวเกรียบปลา

สมมติฐาน

ชนิดและปริมาณของปลาเล็กปลาน้อยมีผลต่อคุณภาพและการยอมรับของข้าวเกรียบปลา

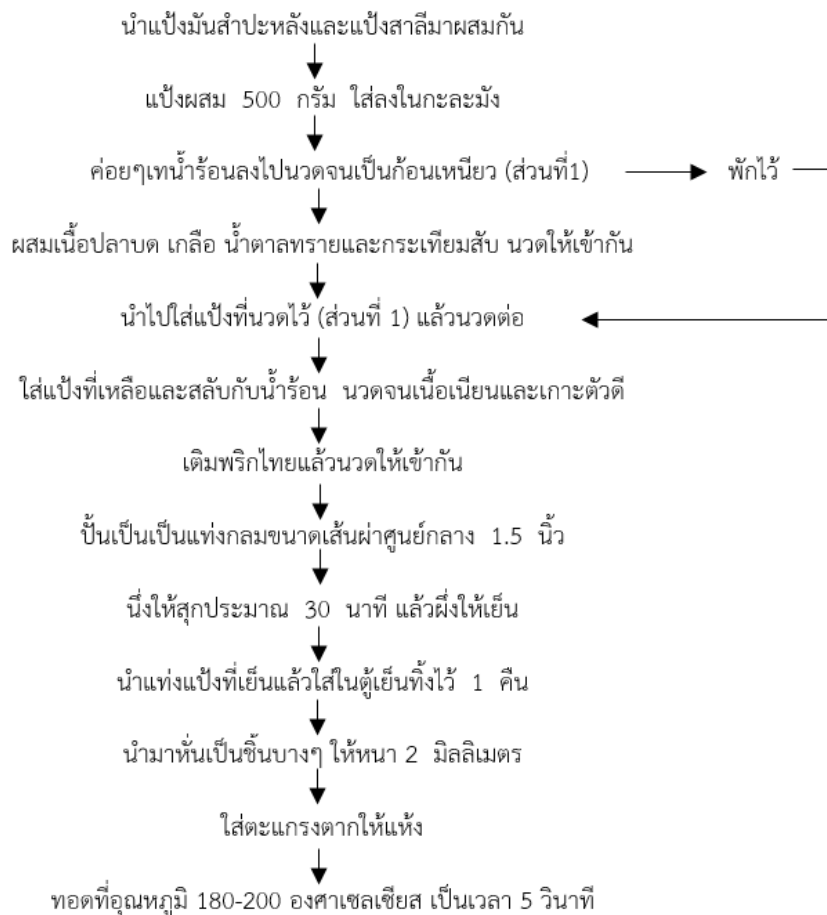
วิธีการดำเนินการวิจัย

ในการศึกษาได้เริ่มจากการศึกษากรรมวิธีการผลิตข้าวเกรียบปลาที่มีการเผยแพร่โดยทั่วไปเพื่อคัดเลือกมาใช้ในการผลิตข้าวเกรียบปลาจากปลาเล็กปลาน้อยแล้วนำมาศึกษา

1. ศึกษาชนิดของปลาเล็กปลาน้อยที่เหมาะสมในการผลิตข้าวเกรียบปลาปลากะตัก โดยคัดเลือกปลาเล็กปลาน้อยที่มีขายในท้องตลาดได้แก่ ปลาข้าวสาร ปลาสาหร่าย และ ปลากะตัก มาทดแทนเนื้อปลาที่มีอยู่ในส่วนผสมดังแสดงในตารางที่ 1 และมีวิธีการผลิตดังแสดงในภาพที่ 1 โดยปลาเล็กปลาน้อยสามารถได้โดยการนำมาล้างทำความสะอาด ผึ่งให้สะเด็ดน้ำ และนำมาปั่นให้ละเอียด เตรียมไว้เพื่อใช้ผสมในข้าวเกรียบปลา แล้วทดสอบทางประสาทสัมผัสแบบ 5 - Point Hedonic Scale จากผู้ทดสอบชิม จำนวน 90 คน

ตารางที่ 1 ปริมาณส่วนผสมที่ใช้ในการผลิตข้าวเกรียบปลา

ส่วนผสม (ร้อยละ)	ปลาโอ (Control)	ปลาเล็กปลาน้อย (ร้อยละ)		
		50	100	150
แป้งมันสำปะหลัง	47.40	47.40	47.40	47.40
แป้งสาลี	6.17	6.17	6.17	6.17
กระเทียมสับ	3.56	3.56	3.56	3.56
พริกไทย	1.19	1.19	1.19	1.19
น้ำตาล	2.61	2.61	2.61	2.61
เกลือ	1.19	1.19	1.19	1.19
น้ำร้อน	23.70	23.70	23.70	23.70
เนื้อปลา	14.22	7.11	14.22	21.33



ภาพที่ 1 ขั้นตอนการผลิตข้าวเกรียบปลา

2. ศึกษาปริมาณปลาเล็กปลาน้อยที่เหมาะสมในการผลิตข้าวเกรียบปลาปลากระตัก โดยแปรผันปริมาณปลาเป็น ร้อยละ 50,100 และ 150 ของน้ำหนักปลาทั้งหมด และทำการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสแบบ 5 - Point Hedonic Scale จากผู้ทดสอบชิมจำนวน 90 คน มีขั้นตอนและวิธีการผลิต

3. การวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ

3.1 ปริมาณน้ำอิสระ

3.2 ค่าสี $L^* a^* b^*$

4. การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี

4.1 ปริมาณความชื้น (AOAC. 2016)

4.2 ปริมาณเถ้า (AOAC. 2016)

4.3 ปริมาณไขมัน (AOAC. 2016)

4.4 ปริมาณโปรตีน (AOAC. 2016)

4.5 ปริมาณคาร์โบไฮเดรต ตามวิธีการ Methods of Analysis for Nutrition Labeling (1993)

4.6 ปริมาณแคลเซียม (AOAC. 2016)

5. การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส ใช้การทดสอบแบบ 5 - Point Hedonic Scale จากผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝน จำนวน 90 คน

6. การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

6.1 การทดสอบเนื้อสัมผัสด้วยเครื่อง (Texture analyzer) ปริมาณน้ำอิสระ (a_w) วัดค่าสี ($L^* a^* b^*$) และการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ใช้การวางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Completely Random Design) และทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย ด้วยวิธี Duncan's new multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

6.2 การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสใช้การวางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design) และทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's new multiple range test) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ผลการวิจัย

1. ศึกษาชนิดและปริมาณของปลาเล็กปลาน้อยในการผลิตข้าวเกรียบปลา

1.1 การศึกษาชนิดของปลาเล็กปลาน้อยที่ใช้ได้แก่ ปลาเกะตัก ปลาข้าวสาร และปลาสาหร่าย ในการผลิตข้าวเกรียบปลาปลาเกะตัก โดยทดแทนปริมาณเนื้อปลาทั้งหมดในส่วนผสมของข้าวเกรียบปลาด้วยปลาเล็กปลาน้อยที่มีขายในท้องตลาดทั่วไป และประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสได้ผลดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 คุณภาพทางประสาทสัมผัสของข้าวเกรียบปลากระตัก, ปลาข้าวสาร และ ปลาสาหร่าย

ปลาเล็ก ปลาน้อย	คุณภาพทางประสาทสัมผัส					ความชอบ โดยรวม
	ร้อยละ	สี	กลิ่นปลา ^{ns}	รสชาติ	ความกรอบ	
กะตัก	50	3.41±1.13 ^{bc}	3.40±0.86	3.46±1.08 ^{bc}	3.63±1.26 ^{bc}	3.79±1.01 ^b
	100	3.93±0.90 ^a	3.57±1.14	3.82±0.96 ^a	4.03±0.91 ^a	4.17±0.75 ^a
ข้าวสาร	50	3.31±1.13 ^{bc}	3.41±1.06	3.21±1.18 ^{cd}	3.32±1.16 ^c	3.44±1.13 ^c
	100	3.18±1.02 ^c	3.61±0.92	3.28±0.97 ^{cd}	2.80d±1.08 ^d	3.33±0.91 ^{cd}
สาหร่าย	50	3.60±1.10 ^b	3.51±1.01	3.70±1.17 ^a	3.71±1.20 ^b	3.94±1.11 ^{ab}
	100	2.90±1.00 ^d	3.62±1.08	3.08±1.09 ^d	2.61d±1.25 ^d	3.07±1.11 ^d

หมายเหตุ : ตัวอักษร ^{a,b,c} ที่ต่างกันในแต่ละแถว แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากตารางที่ 2 พบว่าคุณภาพทางประสาทสัมผัสของข้าวเกรียบปลาจากปลากระตัก, ปลาข้าวสาร และ ปลาสาหร่าย ในปริมาณร้อยละ 50 และ 100 โดยน้ำหนัก มีคะแนนการยอมรับแตกต่างกัน โดยข้าวเกรียบปลาจากปลาเล็กปลาน้อยได้แก่ปลาข้าวสารและปลาสาหร่าย ในปริมาณร้อยละ 50 โดยน้ำหนัก จะมีคะแนนการยอมรับมากกว่าในปริมาณร้อยละ 100 โดยน้ำหนัก แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ส่วนข้าวเกรียบปลาจากปลากระตักในปริมาณร้อยละ 100 โดยน้ำหนัก จะมีคะแนนการยอมรับมากกว่าในปริมาณร้อยละ 50 โดยน้ำหนัก และมีคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสมากกว่าข้าวเกรียบปลาจากปลาข้าวสารและปลาสาหร่ายอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ในทุก ๆ ด้าน ยกเว้นกลิ่นปลาที่ข้าวเกรียบปลาจากปลาทั้งสามชนิดไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

ข้าวเกรียบปลาจากปลากระตักในปริมาณร้อยละ 100 โดยน้ำหนัก เป็นข้าวเกรียบที่มีคุณลักษณะที่มีการยอมรับทางประสาทสัมผัสมากที่สุด มีสีเหลืองเข้มขึ้น พอง และ กรอบ จึงได้คัดเลือกปลากระตักไปศึกษาปริมาณที่เหมาะสมเพื่อใช้ผลิตข้าวเกรียบปลาในขั้นตอนต่อไป

1.2 ศึกษาปริมาณปลาเล็กปลาน้อยที่ใช้ในการผลิตข้าวเกรียบปลา ที่ผ่านการคัดเลือกจากข้อ 1.1 ปริมาณปลาเล็กปลาน้อยที่ใช้ในการผลิตข้าวเกรียบปลา แปรผันปริมาณปลาเป็น ร้อยละ 50, 100 และ 150 โดยน้ำหนัก และทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 คุณภาพทางประสาทสัมผัสของข้าวเกรียบปลากะตัก ในปริมาณร้อยละ 50, 100 และ 150 โดยน้ำหนัก

ปลากะตัก (ร้อยละ)	คุณภาพทางประสาทสัมผัส				
	สี	กลิ่นปลา ^{ns}	รสชาติ	ความกรอบ	ความชอบโดยรวม
50	3.92±0.80 ^a	3.42±1.06 ^b	3.58±0.87 ^b	3.69±0.94 ^b	3.74±0.87 ^b
100	4.12±0.92 ^a	3.91±0.96 ^a	4.14±0.77 ^a	4.31±0.76 ^a	4.27±0.79 ^a
150	3.18±1.14 ^b	2.99±0.86 ^c	2.91±0.88 ^c	2.98±1.08 ^c	2.86±0.84 ^c

หมายเหตุ : ตัวอักษร ^{a,b,c} ที่ต่างกันในแต่ละแถว แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากตารางที่ 3 พบว่า คุณภาพทางประสาทสัมผัสของข้าวเกรียบปลากะตัก โดยแปรผันปริมาณปลากะตักเป็นร้อยละ 50, 100 และ 150 โดยน้ำหนัก โดยข้าวเกรียบปลาจากปลากะตักที่ร้อยละ 100 โดยน้ำหนัก มีคะแนนการยอมรับมากที่สุดในด้าน สี กลิ่น(ปลา) รสชาติ ความกรอบ และความชอบโดยรวมแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ข้าวเกรียบปลาจากปลากะตักที่ผ่านการทอดแล้วจะมีสีเหลืองอ่อน พองและ กรอบ มีกลิ่นปลา และมีรสชาติเค็มเล็กน้อย เนื่องจากปลากะตักใช้เป็นวัตถุดิบหลักมีสีน้ำตาลอ่อนและมีกลิ่นเฉพาะตัวเมื่อใส่ในปริมาณต่างๆ ทำให้มีกลิ่นเฉพาะตัวของปลากะตักชัดเจนขึ้นอีกทั้งปลากะตักมีรสเค็ม จึงส่งผลต่อข้าวเกรียบปลาปลากะตักให้มีรสเค็มเล็กน้อยอีกทั้งเนื้อสัมผัสที่พองและกรอบ

2. การวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ

2.1 ปริมาณน้ำอิสระ (aw)

ตารางที่ 4 ค่า Water Activity ของข้าวเกรียบปลาสูตรควบคุมและข้าวเกรียบปลากะตัก

ข้าวเกรียบปลา	Water Activity (aw)	
	ข้าวเกรียบปลาดิบ	ข้าวเกรียบปลาพร้อมบริโภค
ควบคุม	0.39±0.000	0.26±0.000
ปลากะตัก	0.58±0.001	0.23±0.005

จากตารางที่ 4 พบว่าปริมาณน้ำอิสระ(a_w)ของ ข้าวเกรียบปลาดิบของสูตรควบคุมและจากปลา
กะตัก มีค่า a_w เท่ากับ 0.39 และ 0.58 ส่วนข้าวเกรียบปลาพร้อมบริโภคของสูตรควบคุมและจากปลา
กะตัก มีค่า a_w เท่ากับ 0.26 และ 0.23 ตามลำดับ

2.2 ค่า L^* , a^* , b^* และค่า Hardness

ตารางที่ 5 ค่า L^* , a^* , b^* และค่า Hardness ของข้าวเกรียบปลาสูตรควบคุมและข้าวเกรียบปลา
กะตัก

ข้าวเกรียบปลา	คุณลักษณะทางกายภาพ			
	L^*	a^*	b^*	ค่า Hardness (กรัม)
สูตรควบคุม	27.01±4.93	1.49±0.15	9.82±0.90	562.35±21.12
ปลากระตัก	31.26±0.43	1.11±0.16	11.46±0.65	840.95±95.56

จากตารางที่ 5 พบว่า ข้าวเกรียบปลาจากปลากระตักมีค่าความสว่าง L^* เท่ากับ 31.26 และค่า b^*
ความเป็นสีเหลืองเท่ากับ 11.46 มากกว่าข้าวเกรียบปลาสูตรควบคุม ส่วนค่า a^* ความเป็นสีแดงมีค่าเท่ากับ 1.11
ซึ่งมีค่าน้อยกว่าข้าวเกรียบปลาสูตรควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p \leq 0.05$) เนื่องจากข้าวเกรียบปลาสูตร
มาตรฐานมีเนื้อปลาโอเป็นส่วนประกอบ ในเนื้อปลาโอมีโปรตีนตามธรรมชาติคือไมโอโกลบิน(Myoglobin) ซึ่งเป็น
รงควัตถุสีแดง ในเนื้อปลาดิบจึงมีสีแดงเข้ม เมื่อนำมาทำข้าวเกรียบ จึงทำให้ข้าวเกรียบปลานั้นมีค่าความเป็นสีแดง
 a^* มากขึ้น ส่วนข้าวเกรียบปลากระตักมีเนื้อปลากระตักแห้งเป็นส่วนประกอบ จึงทำให้ข้าวเกรียบปลากระตักมีสี
เหลืองอ่อน

ส่วนค่าความแข็ง (Hardness) ของข้าวเกรียบปลาสูตรมาตรฐาน มีค่าเท่ากับ 562.35 กรัม ซึ่งน้อย
กว่าข้าวเกรียบปลากระตัก ที่มีค่าเท่ากับ 840.95 กรัม ค่าความแข็ง (Hardness) คือค่าที่แสดงถึงความกรอบของ
ข้าวเกรียบถ้าค่า Hardness มากแสดงว่าข้าวเกรียบจะมีเนื้อสัมผัสที่แข็งแต่ถ้าข้าวเกรียบมีค่า Hardness น้อย
แสดงว่าข้าวเกรียบจะมีความกรอบ ดังนั้นข้าวเกรียบปลากระตักมีค่าค่าความแข็ง (Hardness) มากกว่าข้าวเกรียบ
ปลาสูตรมาตรฐาน จึงทำให้ข้าวเกรียบปลากระตักมีลักษณะแข็งมากกว่าสูตรควบคุม

3. การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี

ตารางที่ 6 องค์ประกอบทางเคมีของข้าวเกรียบปลาพร้อมบริโภคนึ่งสุรควบคุมและข้าวเกรียบปลาแกะต้กในปริมาณ 100 กรัม

องค์ประกอบทางเคมี	ข้าวเกรียบปลาพร้อมบริโภค	
	ควบคุม	ปลากะตัก
ความชื้น (ร้อยละ)	2.74	2.85
เถ้า (ร้อยละ)	1.84	2.62
คาร์โบไฮเดรต (ร้อยละ)	59.39	59.71
โปรตีน (ร้อยละ)	5.06	5.23
ไขมัน (ร้อยละ)	30.97	29.59
แคลเซียม (มิลลิกรัม)	45.12	227.78
พลังงาน (กิโลแคลอรี)	536.53	526.07

จากตารางที่ 6 พบว่า ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของข้าวเกรียบปลาสุรควบคุมและข้าวเกรียบปลาจากปลากะตักในปริมาณ 100 กรัม มีปริมาณ ความชื้นร้อยละ 2.74, 2.85 เถ้าร้อยละ 1.84, 2.62 โปรตีนร้อยละ 5.06, 5.23 ไขมันร้อยละ 30.97, 29.59 คาร์โบไฮเดรตร้อยละ 59.39, 59.71 ตามลำดับ นอกจากนี้มีปริมาณแคลเซียมเท่ากับ 45.12, 227.78 มิลลิกรัม มีปริมาณแคลเซียมที่เพิ่มขึ้นจากข้าวเกรียบปลาสุรควบคุมเนื่องจากปลากะตักมีปริมาณแคลเซียมที่มากกว่าปลาโอ และมีพลังงาน เท่ากับ 536.53, 526.02 กิโลแคลอรี ซึ่งพลังงานทั้งหมดของข้าวเกรียบปลาจากปลากะตักมีค่าต่ำกว่าข้าวเกรียบปลาสุรควบคุม เนื่องจากเนื้อปลาโอให้พลังงานสูงกว่าปลากะตักมีส่วนประกอบของโปรตีนและไขมันสูงกว่าปลากะตัก

ข้าวเกรียบปลาจากปลากะตัก มีคุณลักษณะของข้าวเกรียบ พอง กรอบ มีกลิ่นและรสชาติเฉพาะของปลา และมีคุณค่าโภชนาการในปริมาณ 100 กรัม คือมีปริมาณ โปรตีน 5.23 กรัม, ไขมัน 29.59 กรัม, คาร์โบไฮเดรต 59.71 กรัม, แคลเซียม 227.78 กรัม และ พลังงานเท่ากับ 526.02 กิโลแคลอรี

อภิปรายผล

จากผลการทดลองการผลิตข้าวเกรียบปลาจากปลากระดัก ในปริมาณร้อยละ 100 โดยน้ำหนัก พบว่าข้าวเกรียบปลาที่ได้จะคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสที่มีการยอมรับมากที่สุด ข้าวเกรียบปลาจากปลากระดักที่ผ่านการทอดแล้วจะมีสีเหลืองอ่อน กรอบ พู มีกลิ่นปลา และมีรสชาติเค็มเล็กน้อย เนื่องจากปลากระดักที่นำมาใช้เป็นวัตถุดิบหลักมีสีน้ำตาลอ่อน และยังมีส่วนประกอบอื่น ๆ ของข้าวเกรียบปลาได้แก่ แป้งมันสำปะหลัง, เนื้อปลากระดัก และน้ำตาล ที่สามารถเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลเมื่อได้รับความร้อนจากการทอดและการออกซิเดชันของไขมัน ทำให้น้ำมันมีสีคล้ำลง เมื่อข้าวเกรียบดูดซับน้ำมันเข้าไปจะทำให้สีของข้าวเกรียบมีสีเหลืองเข้มมากยิ่งขึ้น และมีกลิ่นเฉพาะตัวเมื่อใส่ในปริมาณต่างๆ ทำให้มีกลิ่นเฉพาะตัวของปลากระดักชัดเจนขึ้นอีกทั้งตัวปลากระดักเองก็มีรสเค็มเพราะเป็นปลาที่ผ่านกระบวนการต้มด้วยน้ำเกลือแล้วทำให้แห้ง เมื่อนำมาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตข้าวเกรียบปลาจึงส่งผลให้ข้าวเกรียบปลาจากปลากระดักมีรสเค็มเพิ่มขึ้นเล็กน้อย อีกทั้งเนื้อสัมผัสที่พอง กรอบ เมื่อนำมาเทียบกับข้าวเกรียบปลาจากปลาข้าวสารและปลาสาหร่ายไหม จะพบว่าข้าวเกรียบจากปลากระดักจะมีความพองและกรอบมากกว่าปลาข้าวสารและปลาสาหร่ายไหมเนื่องจากปลาข้าวสาร และ ปลาสาหร่ายไหม (Tiny Anchovy) เป็นลูกปลากระดักที่ชาวประมงนิยมจับสำหรับแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ปลา โดยเฉพาะปลาข้าวสารอบกรอบ ปลาข้าวสารทอด เพราะปลาข้าวสารมีขนาดเล็ก ไม่มีก้างหรือกระดูกแข็ง ทำให้รับประทานได้ทั้งตัว ใช้ปรุงอาหาร อาทิ ยำปลาข้าวสาร หรือ ใส่ส้มตำ เป็นต้น ปลาข้าวสารถูกนำมาใช้เป็นวัตถุดิบสำคัญสำหรับทำน้ำปลา น้ำบูดู และปลาป่นสำหรับอาหารสัตว์ ปลาข้าวสาร เป็นปลาทะเลขนาดเล็กที่นิยมบริโภคทั้งในประเทศ และต่างประเทศ เนื่องจากปลาข้าวสารสามารถทานได้ทั้งตัว มีกระดูกอ่อน และมีโปรตีนสูง (ปศุสัตว์.com., ม.ป.ป.) จากการศึกษาของ นัจญ์มีย๊ะ สะอะ, รอมลี เจะดอเลาะ และอักษมาน อาแด (2558) รายงานว่า โปรตีนเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลต่อคะแนนการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส

จากการศึกษาปริมาณโปรตีนและเส้นใยในผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบกากถั่วเหลืองทดแทนเนื้อปลาพบว่า ปริมาณโปรตีนและปริมาณเส้นใยเพิ่มขึ้นตามอัตราการทดแทนกากถั่วเหลืองที่เพิ่มขึ้นทำให้โปรตีนจับตัวกับโมเลกุลของแป้ง ส่งผลต่อโครงสร้างของแป้งในข้าวเกรียบไม่สามารถขยายตัวได้และมีอัตราการพองตัวลดลง (Siaw et al., 1985) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของปราณีศา เชื้อโพธิ์หัก และคณะ (2541) ที่รายงานว่าการใช้แป้งข้าวสาลีในปริมาณเพิ่มขึ้นมีผลให้อัตราการพองตัวของข้าวเกรียบลดลง เนื่องจากแป้งข้าวสาลีมีปริมาณของโปรตีนเป็นองค์ประกอบเพิ่มสูงขึ้นทำให้โปรตีนจับกับโมเลกุลของแป้งทำให้แป้งไม่สามารถขยายตัวได้ เมื่อนำมาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตข้าวเกรียบปลาจึงให้ลักษณะเนื้อแน่น แข็ง กว่าปลากระดัก จึงทำให้ข้าวเกรียบปลาจากปลากระดักในปริมาณร้อยละ 100 มีคะแนนด้านสี, กลิ่น, รสชาติ, ความกรอบ และความชอบโดยรวมมากที่สุดเหมาะแก่การนำไปผลิตข้าวเกรียบปลาปลากระดัก

ปริมาณน้ำอิสระที่มีอยู่ในข้าวเกรียบปลากะตักมีผลต่อการพองตัวของข้าวเกรียบปลากะตักในการผลิตข้าวเกรียบจึงจำเป็นต้องควบคุมความชื้นของข้าวเกรียบให้อยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสมและสม่ำเสมอ การพองตัวของข้าวเกรียบปลากะตักมีสาเหตุจากการใช้แป้งมันสำปะหลัง ซึ่งนิยมใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตข้าวเกรียบเพราะมีอะไมโลสประมาณ 17% เม็ดแป้งสามารถดูดน้ำได้อย่างรวดเร็วและแตกตัวได้ง่าย ทำให้แป้งเปียกใสและหนืด เมื่อแป้งเย็นตัวลงจะเกิดเจลเล็กน้อย เมื่อนำไปทอดจึงทำให้ข้าวเกรียบปลากะตักในปริมาณร้อยละ 100 โดยน้ำหนัก มีลักษณะของข้าวเกรียบที่พองและกรอบ ซึ่งสอดคล้องกับการใช้แป้งมันสำปะหลังปริมาณมากในผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบมีการพองตัวที่มีและส่งผลทำให้ผลิตภัณฑ์กรอบและเปราะง่าย

ความชื้นของข้าวเกรียบต้องอยู่ในปริมาณที่เหมาะสมและกระจายตัวสม่ำเสมอ ทำให้ไม่มีฟองอากาศที่จะทำให้เกิดการร่อนน้ำมันซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของโมฮัมเหม็ด (Mohamed et al., 1988) ที่รายงานว่า การดูดซับน้ำมันของข้าวเกรียบปลาทอดจะสูงขึ้นในตัวอย่างที่มีการขยายตัวเชิงเส้นที่สูงขึ้นในตัวอย่างที่มีการขยายตัวเชิงเส้นและนั่นเป็นเพราะมีน้ำมันติดอยู่ที่ซัฟผิวของเซลล์อากาศที่ใหญ่กว่าเมื่อการขยายตัวเพิ่มขึ้นแนวโน้มที่คล้ายกัน

การวิเคราะห์ปริมาณน้ำอิสระ (a_w) ของข้าวเกรียบปลาสูตรควบคุมและข้าวเกรียบปลาจากปลากะตักแบบดิบที่ไม่ผ่านการทอดจะมี a_w เท่ากับ 0.39 และ 0.58 ส่วนข้าวเกรียบปลาพร้อมบริโภค มีค่า a_w เท่ากับ 0.26 และ 0.23 ตามลำดับ ซึ่งค่า a_w นี้อยู่ในช่วงที่เชื้อจุลินทรีย์ชนิดต่างๆ ไม่สามารถเจริญเติบโตได้ โดยจุลินทรีย์ในอาหารส่วนใหญ่จะเจริญเติบโตที่ a_w สูงกว่า 0.7 แต่แบคทีเรียที่ทนความเข้มข้นของเกลือสูง (Halophilic bacteria) และแบคทีเรียบางชนิดยังคงเจริญเติบโตได้จนถึง a_w 0.97 ยีสต์ส่วนใหญ่จะไม่เจริญเติบโตที่ a_w ต่ำกว่า 0.87 แต่ยีสต์ที่ทนความเข้มข้นของน้ำตาลสูง (Osmophilic yeast) ยังคงอยู่ได้จนถึง a_w 0.6 อย่างไรก็ตาม ยีสต์เหล่านี้ไม่ใช่สาเหตุสำคัญทำให้อาหารเสีย ราส่วนใหญ่ซึ่งทนความแห้งแล้งได้ดีกว่าแบคทีเรียและยีสต์จะเจริญเติบโตได้ดีที่ a_w ประมาณ 0.87-0.80 และยังเจริญเติบโตได้อย่างช้าๆ เป็นเวลาหลายเดือนที่อุณหภูมิห้อง ในอาหารที่มี a_w ต่ำถึง 0.70 ส่วนราที่ทนความแห้งสูง (Xerophilic molds) เจริญเติบโตได้ดีในช่วง a_w 0.70-0.75 และยังคงอยู่ได้จนถึง a_w 0.65 ที่ a_w ต่ำกว่า 0.65 ราจะหยุดเจริญเติบโตโดยสิ้นเชิง โดยปลากะตักแห้งที่ใช้เป็นวัตถุดิบ (*Stolepholus* spp.) มีปริมาณความชื้นและปริมาณน้ำอิสระอยู่ในช่วง 2.78-5.36% และ 0.244-0.494 โดยน้ำอิสระในอาหารนี้มีผลต่อลักษณะเนื้อสัมผัสและการเก็บรักษาอาหารอย่างมากเนื่องจากน้ำเป็นตัวการสำคัญในการก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีและชีวเคมีของอาหารรวมทั้งความเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ซึ่งก่อให้เกิดการเน่าเสียของอาหาร ในอาหารที่มีค่าปริมาณน้ำอิสระต่างกันจุลินทรีย์จะเจริญได้ต่างกัน โดยแบคทีเรียเจริญได้ดีในอาหารที่มีค่าปริมาณน้ำอิสระสูง ส่วนยีสต์และราทนต่อสภาพที่ค่าปริมาณน้ำอิสระต่ำได้ดีกว่า (ศิริเนตร ขุนทอง และ อรรพรรณ หลายประดิษฐ์, 2560) ส่วนปฏิกิริยาไลโปออกซิเดชันในอาหารจะเกิดได้ดี เนื่องจากความเข้มข้นของลิปิดเพิ่มขึ้นเมื่อน้ำถูกกำจัดออก การเติมน้ำจะช่วยป้องกันปฏิกิริยาดังกล่าวได้พอควร ที่ความชื้นสูงหรือที่ a_w สูงขึ้น

($a_w = 0.55-0.85$) อัตราการเกิดออกซิเดชันจะเพิ่มขึ้น เหตุผลเนื่องจากการแพร่ของโลหะที่ยังฤทธิ์ในการเร่งปฏิกิริยาอยู่ อีกทั้งมีการบวมของเนื้อเยื่อส่วนที่พรุนของอาหารแห้ง ทำให้เกิดการดูดซับออกซิเจนอย่างรวดเร็ว (รัชนิ ตัณฑะพานิชกุล, 2537, 62)

ดังนั้นข้าวเกรียบปลาสุกควบคุมและข้าวเกรียบปลาตากแห้งทั้งแบบดิบและแบบพร้อมบริโภคมีค่า a_w ต่ำกว่าช่วงที่จุลินทรีย์ทั้งหมดจะเจริญได้และการเกิดปฏิกิริยาไลโปออกซิเดชัน โดยข้าวเกรียบปลาตากแห้งแบบดิบยังสามารถเกิดปฏิกิริยาไลโปออกซิเดชันได้เนื่องจากมีค่า a_w เท่ากับ 0.58

ข้าวเกรียบปลาจากปลากะตักมี L^* ค่าความสว่าง เท่ากับ 31.26 และ b^* ค่าความเป็นสีเหลืองเท่ากับ 11.46 ซึ่งมากกว่าข้าวเกรียบปลาสูตรควบคุม ส่วน a^* ค่าความเป็นสีแดงมีค่าเท่ากับ 1.11 มีค่าน้อยกว่าข้าวเกรียบปลาสูตรควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

เนื่องจากข้าวเกรียบปลาสูตรมาตรฐานได้ใช้เนื้อปลาโอหรือปลาทูน่านั้นเป็นปลาที่ว่ายน้ำเก่งมาก เร็วและอึด ทำให้มันต้องใช้ออกซิเจนสูงมากให้กับกล้ามเนื้อ มันจึงมีไมโอโกลบินสะสมในกล้ามเนื้ออยู่เป็นปริมาณมาก และมีสารโปรตีนตามธรรมชาติคือ Myoglobin สะสมอยู่ในกล้ามเนื้อมาก นอกจากนี้ยังมี Heme ซึ่งเป็นสารที่จับกับออกซิเจนและเป็นรงควัตถุที่มีสีแดง จึงทำให้กล้ามเนื้อของสัตว์บกหลายชนิดที่ต้องเดินและวิ่งมากๆ ดังเช่นพวกเนื้อวัว เนื้อหมู รวมถึงปลาทะเลเล็ก อย่างปลาทูน่า ปลาดาบ ปลาฉลาม ที่ต้องว่ายน้ำมากๆ มีกล้ามเนื้อที่ค่อนข้างแข็งและเป็นสีแดงไปด้วย (เจษฎา เด่นดวงบริพันธ์, 2559) ซึ่งสอดคล้องกับ นิธิยา รัตนพานนท์ และพิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์, 2010) ไมโอโกลบิน (myoglobin) เป็นโปรตีน ที่มีโครงสร้างของโปรตีนเป็นแบบทรงกลม (globular protein) ไมโอโกลบิน พบในธรรมชาติ เป็นรงควัตถุ (pigment) ในกล้ามเนื้อสัตว์ ที่ทำให้เนื้อสัตว์มีสีแดง หรือสีชมพู ปริมาณเม็ดสีจะขึ้นอยู่กับชนิดของสัตว์ เช่น เนื้อหมูมีปริมาณไมโอโกลบิน น้อยกว่าเนื้อวัว และอายุของสัตว์ โดยที่สัตว์ที่มีอายุมากจะมีไมโอโกลบินมากกว่าสัตว์ที่มีอายุน้อยกระบวนการทอดด้วยอุณหภูมิสูงมีส่วนช่วยทำให้เสียสภาพและออกซิเดชันของโปรตีนจากปลาซึ่งทำให้สีน้ำตาลเข้มขึ้น การก่อตัวของสารประกอบสีที่เกี่ยวข้องกับ

การมีส่วนร่วมของ H_2O ที่ปล่อยออกมาจากกรดอะมิโนและในปฏิกิริยาเมลลาร์ด (Maillard reaction) (Sikorski and Pan, 1994) งาติ และคณะ (2007) ระบุการลดลงของ L^* ค่าในตัวอย่างอาหารทอดอาจมาจากการเกิดสีน้ำตาลโดยปฏิกิริยาเมลลาร์ด (Maillard reaction) และคาราเมล (Caramelization) จากการทอดที่อุณหภูมิสูง อัตราการเกิดปฏิกิริยา Maillard ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบทางสารเคมีของอาหาร ค่า a_w ค่า pH และอุณหภูมิของการเกิดปฏิกิริยา เนื่องจากความแตกต่างระหว่างตัวอย่างที่มีปริมาณโปรตีนเท่ากันที่แตกต่างกัน ปริมาณโปรตีนเป็นตัวกำหนดระดับของการสูญเสีย ของค่า L^* การสูญเสียค่า L^* จะสูงกว่าในตัวอย่างที่มีสัดส่วนปลาเพิ่มขึ้น (11.6% ที่อัตราส่วนแป้งปลา 2.5:1 เทียบกับ 6.8% ที่อัตราส่วนแป้งปลา 1:1). อย่างไรก็ตาม มีการสูญเสีย L^* บ้าง คุณค่าระหว่างกระบวนการทอด ค่า L^* ของผลผลิตจากการศึกษาครั้งนี้มีการเปรียบเทียบกับสูตรค่า L^*

ของแครกเกอร์ปลาเชิงพาณิชย์ Huda et al. (2007) กำหนดลักษณะสีของแครกเกอร์ปลาเชิงพาณิชย์และพบช่วงของ L^* , ค่า a^* และ b^* คือ 18.69 – 47.99, 1.03 – 5.89 และ 7.77 – 20.62 ตามลำดับ ผลผลิตที่ไฟแช็กซึ่งส่งผลให้การศึกษาครั้งนี้อาจเกี่ยวข้องกับความสัมพันธ์ต่างพันธุ์ปลา แป้งชนิดต่างๆ การแช่ล้าง การรักษา จึงทำให้ข้าวเกรียบปลานั้นมี a^* ค่าความเป็นสีแดง มากขึ้น ส่วนข้าวเกรียบปลาจากปลากระดุกที่ใช้เป็นปลากระดุกแห้งนั้นมีความชื้นน้อย (Dry food) แต่ก็สามารถเกิดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลแบบไม่เอนไซม์ (Nonenzymatic browning) ได้ เนื่องจาก aw ของข้าวเกรียบปลาจากปลากระดุกแบบดิบมีค่าเท่ากับ 0.58 ซึ่งปฏิกิริยาจะเกิดได้สูงสุดในช่วง aw ประมาณ 0.6-0.8 โดยความชื้นหรือปริมาณน้ำที่เพิ่มมากขึ้นทำให้เอนไซม์และสับสเตรตเคลื่อนย้ายได้ง่าย (นิธิยา รัตนพานนท์, 2551, 23) จึงทำให้ข้าวเกรียบปลาจากปลากระดุกมีสีเหลืองอ่อน

ส่วนค่าความแข็ง (Hardness) ของข้าวเกรียบสูตรควบคุม มีค่าเท่ากับ 562.35 กรัม ซึ่งน้อยกว่าข้าวเกรียบปลาจากปลากระดุก ที่มีค่าเท่ากับ 840.95 กรัม ค่าความแข็ง (Hardness) คือค่าที่แสดงถึงความกรอบของข้าวเกรียบถ้าค่า Hardness มากแสดงว่าข้าวเกรียบจะมีเนื้อสัมผัสที่แข็งแต่ถ้าข้าวเกรียบมีค่า Hardness น้อยแสดงว่าข้าวเกรียบจะมีความกรอบ ข้าวเกรียบปลาจากปลากระดุกนั้นมีส่วนผสมเป็นแป้งมันสำปะหลังที่เป็นองค์ประกอบหลักทำให้ได้ลักษณะของข้าวเกรียบปลาที่พอง และกรอบ แป้งมันสำปะหลังที่สำคัญที่มีผลต่อการพองตัวของข้าวเกรียบ คือ อะไมโลสและอะไมโลเพคติน การพองตัวของผลิตภัณฑ์จะขึ้นอยู่กับสัดส่วนของอะไมโลสและอะไมโลเพคตินในเม็ดแป้งหากมีปริมาณอะไมโลเพคตินสูงจะทำให้ผลิตภัณฑ์มีการพองตัวดี แป้งที่มีอะไมโลสสูงการเกิดเจลมีความหนืดมากส่งผลให้การพองตัวของข้าวเกรียบไม่ดีและจะทำให้ผลิตภัณฑ์มีเนื้อสัมผัสแข็งและมีข้อจำกัดในการพองตัว ส่วนแป้งที่มีอะไมโลเพคตินสูงเม็ดแป้งแตกตัวได้ง่ายเมื่อทำข้าวเกรียบจะพองตัวได้มากและยังช่วยให้ผลิตภัณฑ์พองตัวมีลักษณะโปร่งเบา รวมทั้งปริมาณน้ำที่อยู่ในข้าวเกรียบปลาจะมีปริมาณน้ำมากเกินไปจะทำให้ข้าวเกรียบมีลักษณะเหนียวด้าน ไม่พองและไม่กรอบ ดังนั้นส่วนประกอบที่อยู่ในข้าวเกรียบจึงมีความสำคัญต่อคุณภาพของข้าวเกรียบปลา

การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของข้าวเกรียบปลาสูตรควบคุมและข้าวเกรียบปลาจากปลากระดุกในปริมาณ 100 กรัม มีปริมาณความชื้นร้อยละ 2.74, 2.85 เถ้าร้อยละ 1.84, 2.62 โปรตีนร้อยละ 5.06, 5.23 ไขมันร้อยละ 30.97, 29.59 และคาร์โบไฮเดรตร้อยละ 59.39, 59.71 ตามลำดับ ความชื้นของข้าวเกรียบปลาพร้อมบริโภคอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของข้าวเกรียบคือต้องมีความชื้นไม่เกินร้อยละ 4 โดยน้ำหนัก (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2550) ทำให้ข้าวเกรียบสามารถเก็บรักษาได้นานขึ้นและยังคงลักษณะของข้าวเกรียบได้ ข้าวเกรียบปลาจากปลากระดุกมีปริมาณโปรตีนมากกว่า และมีปริมาณไขมันน้อยกว่าสูตรควบคุม เนื่องจากสูตรควบคุมใช้เนื้อปลาโอสดมีสีแดงเข้ม ส่วนปลากระดุกเป็นปลาที่มีเนื้อเป็นสีขาวและผ่านการอบแห้งมาแล้วเมื่อนำมาชั่งน้ำหนักเท่ากันจึงทำให้ปลากระดุกแห้งมีปริมาณที่มากกว่า จึงทำให้ข้าวเกรียบปลามีปริมาณ

โปรตีนเพิ่มขึ้น จากการเติมเข้าไปในส่วนผสม ซึ่งสอดคล้องกับ Nurul et al. (2009) รายงานว่า การเพิ่มสัดส่วนของปลาไม่เพียงเพิ่มปริมาณโปรตีน แต่ยังเพิ่มปริมาณไขมันแต่มีระดับการเพิ่มขึ้นต่างกัน และแป้งไม่ได้เป็นแหล่งของไขมัน ปริมาณไขมันของแป้งมันสำปะหลังและแป้งสาकुมีเพียง 0.1% อย่างไรก็ตามระดับปริมาณไขมันที่เพิ่มขึ้นนั้นขึ้นอยู่กับชนิดของปลา ปลาที่มีไขมันสูง (มีไขมัน >8% และปลาไม่ติดมันน้อยกว่า (มีไขมัน <4%) เมื่อปริมาณโปรตีนเพิ่มขึ้น ปริมาณคาร์โบไฮเดรตจะลดลงโดยการเพิ่มสัดส่วนของปลา อย่างไรก็ตามปริมาณคาร์โบไฮเดรตยังคงตำแหน่งเป็นส่วนประกอบหลักของข้าวเกรียบปลา Huda et al. (2007) รายงานว่าข้าวเกรียบปลาในทางการค้ามีคาร์โบไฮเดรตอยู่ในช่วง 65-80% ปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่สูงและต่ำเป็นสาเหตุหนึ่งในการทดแทนแป้งมันสำปะหลังที่สำคัญกับปลาเพื่อให้ผลิตภัณฑ์อาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการมากขึ้น ซึ่งจากการศึกษาของ นัจญ์มีย สะอะ, รอมลี เจดอเลาะ และอิชมาน อาแด (2558) ได้รายงานว่โปรตีนที่เป็นองค์ประกอบของกากถั่วเหลืองมีคุณสมบัติเชิงหน้าที่คือสามารถดูดซับน้ำมัน และเส้นใยที่อยู่ในกากถั่วเหลืองช่วยในการดักจับไขมันในอาหารจึงทำให้ปริมาณไขมันลดลงเมื่อมีการทดแทนด้วยกากถั่วเหลืองในปริมาณที่สูงขึ้น ส่วนปริมาณไขมันในข้าวเกรียบปลาจากปลากะตักที่พบนั้นมีส่วนประกอบมาจากตัวปลาที่เป็นวัตถุดิบ ซึ่งสอดคล้องกับ Nurul ได้รายงานว่อย่างไรก็ตามระดับปริมาณไขมันที่เพิ่มขึ้นนั้นขึ้นอยู่กับชนิดของปลา ปลาที่มีไขมันสูง (มีไขมัน >8% และปลาไม่ติดมันน้อยกว่า (มีไขมัน <4%) ซึ่งปลากะตักจัดเป็นปลาขนาดเล็กที่มีปริมาณไขมันต่ำ และน้ำมันสำหรับทอด โดยส่วนใหญ่ปริมาณไขมันจะมาจากน้ำมันที่ใช้ทอดข้าวเกรียบ ในระหว่างที่ทอดข้าวเกรียบนั้น ข้าวเกรียบขยายตัวขึ้น เกิดรูพรุนและทำให้น้ำมันเข้าไปแทนที่ในช่องว่างและรูพรุนที่เกิดขึ้น (Guillaumin, R., 1988) จึงทำให้ข้าวเกรียบปลาจากปลากะตักมีความพอง กรอบ รับประทานได้ง่าย

นอกจากนี้ข้าวเกรียบปลาจากปลากะตักในปริมาณ 100 กรัม มีปริมาณแคลเซียม เท่ากับ 227.78 มิลลิกรัม ซึ่งมีปริมาณเพิ่มขึ้นจากข้าวเกรียบปลาสูตรควบคุม คือ 45.12 มิลลิกรัม เนื่องจากปลากะตักเป็นปลาเล็ก ปลาน้อยที่สามารถรับประทานได้ทั้งตัวมีส่วนของกระดูกและก้างปลาผสมอยู่ด้วยเมื่อนำมาใช้เป็นส่วนผสมแทนปลาโอในการผลิตข้าวเกรียบปลาจึงทำให้ข้าวเกรียบปลาที่ได้มีปริมาณแคลเซียมที่มากกว่าการใช้เนื้อปลาโอเป็นส่วนผสม และข้าวเกรียบปลาจากปลากะตักมีค่าพลังงานต่ำกว่าข้าวเกรียบปลาสูตรควบคุม ซึ่งมีค่าเท่ากับ 526.02 และ 536.53 กิโลแคลอรี ตามลำดับ

ข้าวเกรียบปลาจากปลากะตัก ในปริมาณร้อยละ 100 โดยน้ำหนักสามารถนำมาแทนเนื้อปลาสดในการผลิตข้าวเกรียบปลา ให้ลักษณะของข้าวเกรียบที่ดีมีการพอง พู กรอบ มีกลิ่นและรสชาติเฉพาะของปลาไม่ควรมีคุณค่าทางโภชนาการที่เพิ่มขึ้นจากปริมาณแคลเซียม และยังให้พลังงานที่ต่ำกว่าข้าวเกรียบปลาโดยทั่วไป และยังสามารถเพิ่มความหลากหลายในการบริโภคปลาเล็กปลาน้อย ให้เป็นทางเลือกสำหรับผู้ที่มีความต้องการแคลเซียมหรือผู้ที่แพ้อาหารได้ รวมทั้งยังเป็นการส่งเสริมให้เกิดผลิตภัณฑ์จากปลากะตักลดปัญหาการส่งออกปลากะตักไปในต่างประเทศได้

ข้อเสนอแนะ

1. ศึกษาอายุการเก็บรักษาของข้าวเกรียบปลากระดัก
2. ศึกษาวิธีการลดพลังงานของข้าวเกรียบ

เอกสารอ้างอิง

- เจษฎา เต็นดวงบริพันธ์. (ม.ป.ป). "ทูน่าปลอม" เนื้อแดงฉ่ำ หลังแชร์ว่อนเน็ต. <https://www.sanook.com/news/2001139/>.
- นัจญมีย์ สะอะ, รอมลี เจดอเลาะ และอัมมาน อาแด. (2558). การผลิตและสมบัติของข้าวเกรียบปลาเสริมกากถั่วเหลือง. วารสารการพัฒนารวมชนและคุณภาพชีวิต. 3(3), 351-359.
- นิธิยา รัตนพานนท์. (2545). เคมีอาหาร. กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.
- นิธิยา รัตนพานนท์ และพิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์. (2010). Myoglobin/ไมโอโกลบิน. <https://www.foodnetworksolution.com>.
- นิตานาถ ตันตัยย์. (ม.ป.ป). การจำแนกปลากระดูกสกุล Encrasicholina และ Stolephorus. <https://www.fisheries.go.th/quality/pdf>.
- ปศุสัตว์. (ม.ป.ป). ปลาข้าวสาร/ปลาสายไหม และประโยชน์จากปลาข้าวสาร. <https://pasusat.com/ปลาข้าวสาร/>.
- ปราณิดา เชื้อโพธิ์หัก, นงนุช รักสกุลไทย และดวงเดือน กุลวิสัย. (2541). การพัฒนาคุณภาพผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบกุ้ง. วารสารอาหาร. 28(2), 125-132.
- รัชนี ตันตะพานิชกุล. (2537). เคมีอาหาร. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยรามคำแหง.
- วิภาดา มุรินทร์พมาศ และภารดี พลไชย. (2554). การพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารพื้นบ้านชายแดนใต้ : หัวข้าวเกรียบ (ปาลอ-กรือโปะ) (รายงานการวิจัย). ยะลา: มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา.
- วิทย์ ธารชลานุกิจ. (2522). ปลาแปด-แปรรูปอาหารโปรตีนสำหรับปลาดุก. วารสารเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 24(1), 1-31.
- ศิริเนตร ขุนทอง และอรรณพ หลายประดิษฐ์. (ม.ป.ป). ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำอิสระกับความชื้นในผลิตภัณฑ์ปลาแห้ง. <https://www.honestdocs.co/condition-osteoporosis/eat-prevent>.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. (2554). **มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนข้าวเกรียบ**.
https://tcps.tisi.go.th/pub/tcps107_54.pdf.

George W. Latimer, Jr. (2016). **Official Methods of Analysis of AOAC International**. (20th ed).
United States of America: The Association of Official Analytical Chemists, Gaithersburg,
Maryland.

Guillaumin, R. (1988). **Frying of food: principles, changes, new approaches**. In Varela, G. Bender,
A.E. and Morton, I.D., (Eds.), Kinetics of fat penetration in food (p. 28-112). England: VCH-Ellis.

Huda, N., Ismail, N., Leng, A. L. and Yee, C. X. (2007). Chemical composition, colour and linear
expansion properties of commercial fish cracker. In **The 12th Asian Chemical Congress,**
Kuala Lumpur 23-25 August 2007. Iran: Department of Chemistry, Isfahan University of
Technology.

Mohamed, S., Abdullah, N. & Muthu, M.K. (1988). **Physical properties of keropok (fried crisps)**
in relation to the amylopectin content of starch flour. Journal for Agriculture and
Food Chemistry. 49(3), 369 - 377.

Nurul, H., Boni, I. and Noryati, I. (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, 159-165.

Siaw, M.F. M. Shahabuddin, S. Ballard, J.G. Shaw and R.E. Rhoads. (1985). **Identification of a**
protein covalently linked to the 5' terminus of tobacco vein mottling virus RNA.
Virology. 142(1), 134-43.