

การศึกษาปริมาณผงฟักข้าวและวิธีการอบแห้งที่เหมาะสม ในการผลิตปลาแผ่น

A Study on the Optimum Amount of Gac Powder and Drying Condition in the Production of Fish Snack

ณัฐนิชา ทวีแสง*

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยราชภัฏกาญจนบุรี ตำบลหนองบัว อำเภอเมือง จังหวัดกาญจนบุรี 71190

Natnicha Thaweeseang*

Department of Food Science and Technology, Faculty of Science and Technology,
Kanchanaburi Rajabhat University, Muang, Kanchanaburi 71190

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสภาวะการผลิตและปริมาณผงฟักข้าวต่อลักษณะคุณภาพด้านต่าง ๆ และการเปลี่ยนแปลงระหว่างเก็บรักษาของปลาแผ่น โดยผลิตปลาแผ่นที่เติมผงฟักข้าวร้อยละ 0 และ 3 นำมาอบแห้งโดยใช้ตู้อบลมร้อนและไม่โครเวฟร่วมกับตู้อบลมร้อน พบว่าปลาแผ่นที่เติมผงฟักข้าวร้อยละ 3 ทั้ง 2 สภาวะ การอบแห้งมีค่า L^* ลดลงและ a^* เพิ่มขึ้น ($P \leq 0.05$) ปลาแผ่นสูตรเติมผงฟักข้าวร้อยละ 0 อบแห้งด้วยลมร้อนอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส (0 : H60) มีปริมาณความชื้นน้อยที่สุด ($P \leq 0.05$) และปลาแผ่นสูตรเติมผงฟักข้าวร้อยละ 0 อบด้วยไมโครเวฟร่วมกับลมร้อนที่กำลังไมโครเวฟ 600 วัตต์ (0 : M600H) มีค่า fracturability น้อยที่สุด ($P \leq 0.05$) ผลการทดสอบความชอบของผู้ทดสอบชิม พบว่าปลาแผ่นสูตร 3 : M600H มีคะแนนความชอบด้านสีสูงสุด ปลาแผ่นสูตร 0 : H60 มีคะแนนความชอบด้านกลิ่น รสชาติ และความชอบโดยรวมสูงสุด ($P \leq 0.05$) ผู้วิจัยเลือกปลาแผ่นสูตร 0 : H60 และสูตร 3 : M600H เพื่อใช้ในการศึกษาขั้นต่อไป ผลการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีพบว่าปลาแผ่นสูตร 3 : M600H มีปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน และใยอาหารเพิ่มขึ้น ปริมาณเถ้าและคาร์โบไฮเดรตลดลง และปริมาณไลโคปีน 0.2935 mg/100g การเปลี่ยนแปลงในระหว่างการเก็บรักษาในถุงพอลิเอทิลีนที่อุณหภูมิห้อง พบว่าปลาแผ่นทั้ง 2 สูตร ค่า L^* มีแนวโน้มลดลงเมื่อระยะเวลาการเก็บเพิ่มขึ้น ส่วนค่า a_w ค่า fracturability และค่า TBA มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น

คำสำคัญ : ฟักข้าว; ปลาแผ่น; ไมโครเวฟ

Abstract

The present study aims at studying the production conditions and the amounts of Gac powder determining the quality characteristics and the changes during a storage time. The amounts

of Gac powder at 0 and 3 % were added into the production process, and were dried using hot-air dryer and microwave hot-air heater. The results showed that both drying conditions of fish snack with the amount of Gac powder at 3 % revealed the reduction of L^* value and the increment of a^* value ($P \leq 0.05$). The fish snack added with the amount of Gac powder at 0 % drying with hot-air dryer at 60 °C (0: H60) showed the lowest moisture content ($P \leq 0.05$). In addition, the fish snack added with the amount of Gac powder at 0 % drying with microwave hot-air heater showed the lowest fracturability (0: M600H) ($P \leq 0.05$). The sensory evaluation pointed out that the 3: M600H fish snack gained the highest hedonic score in terms of color, and the 0: H60 fish snack gained the highest hedonic score in terms of odor, taste and overall preference ($P \leq 0.05$). Consequently, the 0: H60 and 3: M600H fish snacks were selected for further study. The analysis of chemical composition of 3: M600H fish snack indicated the increment of the moisture content, protein, fat and fiber. Whereas, the reduction of ash and carbohydrate occurred with the lycopene contents of 0.2935 mg/100 g. By taking changes during a storage time in laminated aluminum foil bag at room temperature in consideration, the results indicated that both formulas tentatively showed the reduction of L^* value according to the duration of storage time. Whereas, the value of water activity tentatively showed the increment of fracturability and TBA values according to the duration of storage time.

Keywords: gac; fak kao; fish snack; microwave

1. บทนำ

จังหวัดกาญจนบุรีมีแหล่งน้ำที่อุดมสมบูรณ์นำมาสู่การจับสัตว์น้ำตามธรรมชาติและการเพาะเลี้ยงปลาน้ำจืดเศรษฐกิจ ในรูปของการเลี้ยงปลาเศรษฐกิจในกระชัง การเลี้ยงปลากระชังแม้จะมีวิธีการเลี้ยงและการดูแลอย่าง อย่างไรก็ตาม การเลี้ยงปลากระชังประสบปัญหาในเรื่องการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อม เช่น อุณหภูมิของน้ำและอากาศเปลี่ยนแปลงกะทันหัน การเกิดช่วงอากาศปิด มีดครีမ် เป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ปลาที่เลี้ยงในกระชังตายจำนวนมาก หรือที่เรียกว่าปลาน็อคน้ำ นอกจากนั้นยังพบปัญหาในช่วงฤดูฝน ฝนตกหนัก น้ำป่าไหลหลากและขุ่นมาก เกษตรกรต้องจับปลาขายก่อนช่วงน้ำหลาก ปลาที่จับมีขนาดเล็กทำให้ขายได้ในราคาต่ำ ทำให้เกิดความเสียหายแก่เกษตรกรผู้เลี้ยงปลา เกษตรกรจึงต้องการที่

จะนำปลามาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ ให้มีมูลค่าเพิ่ม และสร้างรายได้ให้กับเกษตรกร

ปลาเป็นอาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง ปลาจัดอยู่ในอาหารหลักหมู่ที่หนึ่งในประเภทเนื้อสัตว์ ไข่ นมและถั่วเมล็ดแห้ง โปรตีนในเนื้อปลาจะถูกนำไปใช้ในการเสริมสร้างเนื้อเยื่อและซ่อมแซมสิ่งที่สึกหรอ และยังคงอุดมไปด้วยวิตามิน และแร่ธาตุที่ช่วยกลไกต่าง ๆ ในร่างกายทำงานได้ปกติ [1]

ขนมขบเคี้ยวหรืออาหารว่าง อาหารที่รับประทานในช่วงระหว่างมื้อหลัก เพื่อบรรเทาความหิว ขนมขบเคี้ยวมีรสชาติ และรูปลักษณะหลากหลายเป็นที่สนใจของผู้บริโภค จึงเป็นอาหารที่ได้รับความนิยมเป็นอย่างมาก ขนมขบเคี้ยวจัดเป็นอาหารที่ให้พลังงานสูง แต่มีคุณค่าทางโภชนาการต่ำ เนื่องจากมีแป้งเป็น

ส่วนประกอบหลัก และมีเกลือ ผงชูรส ในปริมาณที่สูงกว่าความที่ร่างกายต้องการ หากรับประทานเข้าไปในปริมาณมากอาจทำให้เกิดโรคอ้วน และก่อให้เกิดโรคอื่น ๆ [2]

ฟักข้าวเป็นพืชสมุนไพรท้องถิ่นที่พบในแถบตะวันออกเฉียงใต้ มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Momordica cochinchinensis* (Lour.) Spreng. เป็นพืชประเภทไม้เถา เลื้อยพันไปตามต้นไม้อื่น [3] ในเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าวมีปริมาณแคโรทีนอยด์สูง โดยเฉพาะอย่างยิ่งไลโคปีนมีปริมาณสูงถึง 408 µg/g ซึ่งมีสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ [4] และสามารถลดความเสี่ยงของการเกิดโรคหลอดเลือดหัวใจ โรคมะเร็งต่อมลูกหมาก มะเร็งปอด และมะเร็งกระเพาะอาหาร เป็นต้น

ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงนำปาลามาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยว โดยมีวัตถุประสงค์ คือ (1) เพื่อศึกษาปริมาณของผงฟักข้าวที่เหมาะสมในผลิตปลาแผ่น (2) เพื่อศึกษาวิธีการอบแห้งที่เหมาะสมกับผลิตภัณฑ์ปลาแผ่นต่อลักษณะคุณภาพด้านกายภาพเคมี และการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส และ (3) เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงในระหว่างการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์

2. อุปกรณ์และวิธีการ

2.1 การวัตถุดิบ

2.1.1 การเตรียมปลา

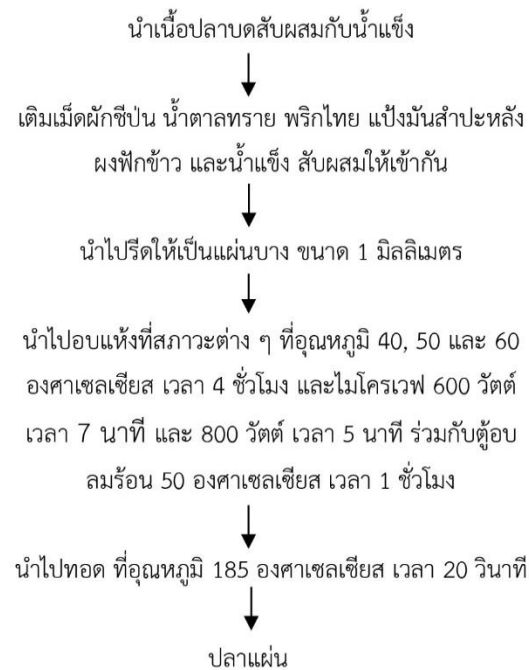
นำปลาหับทิม น้ำหนักตัวประมาณ 300-400 กรัม อายุประมาณ 2 เดือน และปลานี้ออกน้ำจากฟาร์มหับทิมกาญจนา อำเภอมะนัง จังหวัดกาญจนบุรี มาตัดหัว ควักไส้ แล่เนื้อปลา และลอกหนัง ตัดเนื้อปลาให้เป็นชิ้นเล็ก ๆ และล้างด้วยน้ำเกลือความเข้มข้นร้อยละ 4 ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส จากนั้นนำเนื้อปลาไปบด ควบคุมอุณหภูมิไม่ให้เกิน 10 องศาเซลเซียส เพื่อใช้ในการทดลองขั้นต่อไป

2.1.2 การเตรียมฟักข้าว

นำฟักข้าวฟักข้าวมาล้าง ผ่านครึ่ง แยกเมล็ดกับเยื่อหุ้มเมล็ด จากนั้นนำเยื่อหุ้มเมล็ดไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เวลา 15 ชั่วโมง เพื่อใช้ในการทดลองขั้นต่อไป

2.2 หาสูตรพื้นฐานผลิตภัณฑ์ปลาแผ่น

ทดลองผลิตปลาแผ่นโดยใช้สูตรพื้นฐานขั้นตอนการผลิตแสดงดังรูปที่ 1 ผลิตปลาแผ่น 2 สูตร ได้แก่ สูตร 1 ใช้แป้งข้าวเหนียวและใช้ผงฟักข้าวที่ระดับต่าง ๆ (ร้อยละ 3, 4, 5 และ 6) และสูตรที่ 2 ใช้แป้งมันสำปะหลังและใช้ผงฟักข้าวที่ระดับต่าง ๆ (ร้อยละ 3, 4, 5 และ 6) จากนั้นนำปลาแผ่นทั้ง 2 สูตร ให้



รูปที่ 1 ขั้นตอนการทำปลาแผ่นกรอบ [5]

เกษตรกร จำนวน 15 คน ทดลองชิมโดยใช้วิธี 9-point hedonic scale และสอบถามลักษณะปลาแผ่นที่เกษตรกรต้องการ จากนั้นนำข้อมูลข้อและเสนอแนะมาพัฒนาสูตรปลาแผ่นเพื่อใช้ในการทดลองต่อไป

2.3 ศึกษาปริมาณผงฟักข้าวและสภาวะการผลิตต่อลักษณะคุณภาพด้านต่าง ๆ ของปลาแผ่น

การศึกษาปริมาณผงฟักข้าว 2 ระดับ คือ ร้อยละ 0 และ 3 และสภาวะการอบแห้ง 2 แบบ ดังนี้ (1) อบแห้งด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 40, 50 และ 60 องศาเซลเซียส เวลา 4 ชั่วโมง และ (2) อบแห้งด้วยไมโครเวฟที่กำลังไมโครเวฟ 600 เวลา 7 นาที และ 800 วัตต์ เวลา 5 นาที ร่วมกับตู้อบลมร้อน 50 องศาเซลเซียส เวลา 1 ชั่วโมง จากนั้นนำปลาแผ่นทุกสภาวะการผลิตไปวิเคราะห์ปริมาณความชื้น [6] ก่อนนำมาทอดที่อุณหภูมิ 185 องศาเซลเซียส เวลา 20 วินาที นำปลาแผ่นที่ทอดแล้วมาตรวจสอบคุณภาพด้านกายภาพและประสาทสัมผัส ดังนี้

2.3.1 วัดสีในรูปของ ค่า $L^* a^* b^*$ ด้วยเครื่อง Hunter Lab

2.3.2 วัดลักษณะเนื้อสัมผัสด้วยเครื่อง TA.XT express วัดค่า fracturability โดยใช้หัววัด SMS P/0.25S กำหนดค่า pre-test speed 1.0 mm/s, test speed 1.0 mm/s, post-test speed 10.0 mm/s, trigger force 10 % strain

2.3.3 ทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส โดยใช้วิธี 9-point hedonic scale ใช้ผู้ทดสอบประเภททั่วไป จำนวน 30 คน

2.4 ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีและอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ปลา

ผลิตปลาแผ่นสภาวะการผลิตที่เหมาะสมที่สุด ซึ่งเลือกได้จากการทดลองข้อที่ 2.3 นำมาศึกษาองค์ประกอบทางเคมีและอายุการเก็บรักษา

2.4.1 องค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ ปริมาณความชื้น ปริมาณเถ้า ปริมาณไขมัน ปริมาณโปรตีน และปริมาณเส้นใย [6] ปริมาณไลโคปีนโดยวิธี Kimura method [7]

2.4.2 ศึกษาอายุการเก็บรักษา นำปลาแผ่น

บรรจุในถุงพอลิเอทิลีนเอนลามีเนตขนาด 15x25 เซนติเมตร ในสภาวะบรรยากาศปกติที่อุณหภูมิเฉลี่ย 39 องศาเซลเซียส จากนั้นสุ่มตัวอย่างทุก ๆ 10 วัน มาตรวจสอบคุณภาพ คือ วัดค่าสีและวัดลักษณะเนื้อสัมผัส เช่นเดียวกับข้อ 2.3.1 และ 2.3.2 วัดค่า water activity (a_w) และวัดปริมาณ thiobarbituric acid (mg malonaldehyde/1kg) [8]

งานวิจัยนี้วางแผนการทดลองแบบ CRD (completely randomized design) สำหรับการตรวจสอบด้านกายภาพและเคมี และวางแผนการทดลองแบบ RCBD (randomized complete block design) สำหรับการทดสอบความชอบของผู้ทดสอบชิม โดยทดลอง 2 ซ้ำ โดยวิเคราะห์ความแปรปรวน ANOVA (analysis of variance) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้ Duncan's multiple range test

3. ผลการวิจัยและวิจารณ์

3.1 สูตรพื้นฐานผลิตภัณฑ์ปลาแผ่น

เมื่อการนำปลาแผ่นให้เกษตรกรทดลองชิมพบว่าเกษตรกรชอบปลาแผ่นสูตรที่ 2 ที่เติมฟักข้าวร้อยละ 3 เนื่องจากปลาแผ่นมีกลิ่นปลา มีความกรอบและมีสายนำรับประทาน ส่วนปลาแผ่นที่เติมผงฟักข้าวร้อยละ 4, 5 และ 6 ทั้ง 2 สูตร มีลักษณะเหนียวไม่กรอบ ไม่มีกลิ่นปลาและมีรสหวานเกินไป มีสีคล้ำไม่นำรับประทาน และเกษตรกรเสนอว่าการนำปลามาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ ผลิตภัณฑ์นั้นควรจะมีลักษณะของปลาไว้ เช่น มีกลิ่น ของเนื้อปลา เพื่อให้เป็นเอกลักษณ์และเป็นจุดขายของผลิตภัณฑ์ ปลาแผ่นควรมีรูปร่าง และสีที่สม่ำเสมอ จากข้อมูลและข้อเสนอแนะของเกษตรกรผู้วิจัยนำมาใช้ในการทดลองขั้นต่อไป โดยใช้ผงฟักข้าวปริมาณร้อยละ 0 และ 3 เพื่อใช้ศึกษาสภาวะการอบแห้งที่เหมาะสมกับผลิตภัณฑ์ปลาแผ่น

3.2 ผลการศึกษาสภาวะการผลิตและปริมาณผงฟักข้าวต่อลักษณะคุณภาพด้านต่าง ๆ ของปลาแผ่น

ปริมาณความชื้นของปลาแผ่นที่สภาวะการอบแห้งต่าง ๆ แสดงในตารางที่ 1 พบว่าปลาแผ่นสูตร 0 : M800H และ 3 : M800H มีปริมาณความชื้นสูงสุด ($P \leq 0.05$) และปลาแผ่นสูตร 0 : H60 มีปริมาณความชื้นน้อยที่สุด ($P \leq 0.05$) การเพิ่มอุณหภูมิการอบแห้งทำให้เพิ่มอัตราการระเหยน้ำที่ผิวของปลาแผ่นมีผลให้ปริมาณความชื้นลดลง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ [9] รายงานว่าปริมาณความชื้นของแครกเกอร์ลดลงอย่างมีนัยสำคัญเมื่ออุณหภูมิในการอบแห้งสูงขึ้น ปริมาณความชื้นของแครกเกอร์ร้อยละ 7.96, 5.90, 4.67 ที่อุณหภูมิอบแห้ง 70, 60 และ 50 องศาเซลเซียสตามลำดับ Duan และคณะ [10] รายงานว่าเนื้อปลาแล้มีปริมาณความชื้นสุดท้ายร้อยละ 12 เมื่ออบแห้ง

ด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เวลา 4 ชั่วโมง ร่วมกับไมโครเวฟที่กำลังไมโครเวฟ 400 วัตต์ เวลา 6 นาที อย่างไรก็ตาม การอบแห้งด้วยลมร้อนเพียงอย่างเดียวต้องใช้เวลาอย่างน้อย 19 ชั่วโมง เนื้อปลาแล้จึงจะมีปริมาณความชื้นเท่ากัน ดังนั้นการใช้ไมโครเวฟร่วมกับตู้อบลมร้อนสามารถลดระยะเวลาในการอบแห้งได้ เนื่องจากการเพิ่มกำลังของไมโครเวฟอัตราการระเหยน้ำเพิ่มขึ้น ทำให้ปริมาณความชื้นลดลงในงานวิจัยนี้จะพบว่าปลาแผ่นสูตร 3 : M800H มีปริมาณความชื้นสูงสุด อาจเนื่องจากองค์ประกอบทางเคมีของผงฟักข้าวที่เติมในปลาแผ่น มีผลต่อการดูดซับไมโครเวฟ เช่น อาหารที่มีไขมันและน้ำมันเป็นองค์ประกอบสูงจะดูดซับไมโครเวฟได้ดี ทำให้เกิดความร้อนช้า เกิดอัตราการระเหยน้ำต่ำ จึงทำให้ปลาแผ่นมีปริมาณความชื้นสูงกว่าการอบแห้งด้วยลมร้อน

ตารางที่ 1 ปริมาณความชื้นและค่า facturability ของปลาแผ่นที่สภาวะการอบแห้งต่าง ๆ

% ผงฟักข้าว : drying	ปริมาณความชื้น (ก่อนทอด) (%)	Fracturability (g)
0 : H40	11.64±0.19 ^c	1192.5±229.40 ^{ab}
0 : H50	10.25±0.27 ^d	840.65±112.42 ^{abcd}
0 : H60	8.55±0.19 ^e	726.01±88.36 ^{bcd}
3 : H40	10.46±0.01 ^d	1011.92±99.68 ^{abc}
3 : H50	11.47±0.14 ^c	1189.45±482.21 ^{ab}
3 : H60	10.57±0.08 ^d	769.32±108.85 ^{bcd}
0 : M600H	11.89±0.09 ^c	444.56±10.31 ^d
0 : M800H	18.29±0.43 ^a	586.45±122.36 ^{cd}
3 : M600H	17.42±0.29 ^b	1367.66±423.05 ^a
3 : M800H	18.02±0.35 ^a	886.37±78.23 ^{abcd}

^{a,b,c,...}ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรต่างกันในกลุ่มเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$); ร้อยละปริมาณผงฟักข้าว : สภาวะการอบแห้ง (H = hot air oven; MH = microwave + hot air oven 50 °C)

ค่า facturability ของปลาแผ่นที่สภาวะการอบแห้งต่าง ๆ แสดงในตารางที่ 1 ค่า facturability

คือ ค่าความเปราะบางของอาหาร เป็นแรงที่ทำให้ผลิตภัณฑ์แตกร่วน โดยทั่วไปหมายถึงอาหารที่มี

hardness สูง แต่มีค่า cohesiveness ต่ำ จากตารางที่ 1 พบว่าปลาแผ่นสูตร 3 : M600H มีค่า fracturability สูงสุดแต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับสูตร 0 : H40 และ 3 : H50 ปลาแผ่นสูตร 0 : M600H มีค่า fractureability น้อยที่สุด ($P \leq 0.05$) เนื่องจากปลาแผ่นสูตร 0 : M600H อบแห้งด้วยไมโครเวฟร่วมกับตู้อบลมร้อน ทำให้เกิดการระเหยน้ำเร็วทำให้ปลาแผ่นสูตรมีปริมาณความชื้นลดลง เมื่อนำไปทอดในอุณหภูมิสูงจะมีลักษณะเนื้อสัมผัสด้านนอกแห้งและกรอบ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Chang และ Chen [9] ซึ่งรายงานว่าย่างแครกเกอร์ที่ไม่ผ่านการอบแห้งจะมีค่าความแข็งต่ำ ค่าความแข็งของแครกเกอร์ต่ำสุดพบในแครกเกอร์ที่อบแห้งที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เวลา 6 ชั่วโมง 60 องศาเซลเซียส เวลา 4.5 ชั่วโมง และ 70 องศาเซลเซียส เวลา 3 ชั่วโมง ตามลำดับ และพบว่าตัวอย่างที่ไม่ผ่านการอบแห้งมีค่า Young's modulus ต่ำ ซึ่งค่านี้เป็นตัวบ่งชี้ความกรอบของผลิตภัณฑ์ แครกเกอร์ที่ผ่านกระบวนการอบแห้งจะมีค่า Young's modulus สูง (Young's modulus ได้จากการทดสอบแรงกดเป็นอัตราส่วนระหว่างความเค้นตามแนวแรง ต่อความเครียดตามยาว อาหารที่มี Young's modulus สูง จะมีการเปลี่ยนแปลงรูปร่างน้อยในขณะที่มีความเค้นมากกระทำ) นอกจากนี้ยังพบว่าปลาแผ่นที่อบแห้งด้วยไมโครเวฟร่วมกับตู้อบลมร้อนที่เติมผงฟักข้าวมีค่า fracturability สูง ทั้งนี้อาจเนื่องจากองค์ประกอบทางเคมีของผงฟักข้าวมีผลต่อการพองตัวหรือการเกิดพองอากาศในระหว่างการทอด ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Dehghan-Shoar และคณะ [11] รายงานว่าผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวแบบอัดพองที่ทำจากแป้งเพียงอย่างเดียวมีค่าความแข็งน้อยกว่าผลิตภัณฑ์ที่เติมมะเขือเทศ เนื่องจากเส้นใยอาหารในมะเขือเทศไปแทนที่แป้งทำให้เกิดการพองตัวลดลงและทำให้ค่าความแข็งเพิ่มขึ้น

การศึกษาสภาวะการผลิตและปริมาณผงฟักข้าวต่อลักษณะคุณภาพด้านต่าง ๆ ของปลาแผ่นพบว่าปลาแผ่นที่เติมผงฟักข้าวร้อยละ 3 ทั้ง 2 สภาวะการอบแห้งมีค่าความสว่างลดลง และมีค่าความเป็นสีแดงเพิ่มขึ้น ($P \leq 0.05$) ปลาแผ่นสูตรที่เติมผงฟักข้าวร้อยละ 3 อบแห้งด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิทั้ง 3 อุณหภูมิมีค่าความเป็นสีเหลืองน้อยที่สุด ($P \leq 0.05$) (ตารางที่ 2) เนื่องจากผงฟักข้าวที่เติมมีลักษณะสีแดงคล้ำของไลโคปีน สอดคล้องกับงานวิจัยของ Dehghan-Shoar และคณะ [11] รายงานว่าปริมาณไลโคปีนมีผลต่อค่าความเป็นสีแดงของขนมขบเคี้ยวแบบอัดพอง ทำให้ขนมขบเคี้ยวแบบอัดพองที่เติมมะเขือเทศมีค่าความเป็นสีแดงเพิ่มขึ้น และมีค่าความสว่างลดลง นอกจากนี้ยังพบว่า การอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อนใช้เวลานานและใช้อุณหภูมิสูงกว่าการอบแห้งด้วยไมโครเวฟร่วมกับตู้อบลมร้อน จึงทำให้ค่าความเป็นสีเหลืองลดลงซึ่งสอดคล้องกับ [12] กล่าวว่าการเพิ่มอุณหภูมิในการอบแห้งจะมีผลกระทบต่อสีของอาหารโดยเฉพาะอย่างยิ่งค่าความเป็นสีแดงและค่าความเป็นสีเหลือง การใช้อุณหภูมิสูงในการอบแห้งเป็นการเร่งให้ตรงวัตถุในอาหารถูกทำลาย กระบวนการอบแห้งทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสีในผลิตภัณฑ์ ได้แก่ เบต้าแคโรทีน และคลอโรฟิลล์ จากผลการศึกษาในครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าการอบแห้งด้วยไมโครเวฟร่วมกับตู้อบลมร้อนสามารถรักษาคุณภาพด้านสีของผลิตภัณฑ์ปลาแผ่นได้ดีกว่าการอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อนเพียงอย่างเดียว

ผลของการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของปลาแผ่นที่สภาวะการอบแห้งต่าง ๆ แสดงในตารางที่ 3 พบว่าปลาแผ่นสูตร 3 : M600H มีคะแนนความชอบด้านสีสูงสุด คือ 6.73 ± 2.12 ปลาแผ่นสูตร 0 : H60 มีคะแนนชอบด้านกลิ่น รสชาติ และความชอบโดยรวมสูงสุด คือ 6.77 ± 1.71 , 7.03 ± 1.88 และ 7.47 ± 1.30 ตามลำดับ ($P \leq 0.05$) ปลาแผ่นสูตร 0 : M600H มี

ตารางที่ 2 ค่าสีของปลาแผ่นที่สภาวะการอบแห้งต่าง ๆ

% ผงฟักข้าว : drying	L*	a*	b*
0:H40	35.81±1.99 ^{bcd}	13.41±0.53 ^e	28.49±0.77 ^a
0:H50	47.17±0.54 ^a	16.20±0.32 ^{cd}	23.87±1.08 ^{bcd}
0:H60	39.04±2.02 ^{bc}	15.51±0.36 ^d	24.71±1.35 ^{abcd}
3:H40	40.37±0.99 ^b	18.78±0.15 ^a	22.12±0.84 ^d
3:H50	33.28±1.59 ^d	17.10±0.58 ^{bc}	21.63±0.37 ^d
3:H60	33.50±1.47 ^d	17.26±0.85 ^{abc}	21.21±1.38 ^d
0:M600H	30.99±0.97 ^d	10.86±0.95 ^f	23.95±2.21 ^{bcd}
0:M800H	45.68±3.51 ^a	10.73±0.40 ^f	25.89±1.53 ^{abc}
3:M600H	47.09±3.44 ^a	18.35±1.22 ^{ab}	26.59±2.87 ^{ab}
3:M800H	34.22±3.74 ^d	17.76±0.12 ^{ab}	26.31±2.17 ^{ab}

^{a,b,c,...}ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรต่างกันในกลุ่มเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05); ร้อยละปริมาณผงฟักข้าว : สภาวะการอบแห้ง (H = hot air oven; MH = microwave + hot air oven 50 °C)

ตารางที่ 3 คะแนนความชอบของผู้ทดสอบชิมต่อลักษณะด้านต่าง ๆ ของปลาแผ่น

% ผงฟักข้าว : drying	สี	กลิ่น	รสชาติ	ความกรอบ	ความชอบโดยรวม
0:H40	5.97±1.99 ^{ab}	6.10±1.82 ^{ab}	5.90±1.91 ^{bcd}	5.23±1.95 ^{bc}	6.20±1.34 ^{bcde}
0:H50	6.23±2.07 ^{ab}	6.10±1.98 ^{ab}	6.23±1.97 ^{abc}	5.33±2.39 ^{bc}	6.27±1.77 ^{bcd}
0:H60	6.30±1.96 ^{ab}	6.77±1.71 ^a	7.03±1.88 ^a	7.00±1.92 ^a	7.47±1.30 ^a
3:H40	5.70±2.29 ^b	5.67±2.02 ^{bc}	4.50±2.23 ^e	4.77±2.55 ^c	5.50±1.52 ^e
3:H50	6.23±2.17 ^{ab}	5.90±1.84 ^b	5.73±1.59 ^{cd}	5.23±2.23 ^{bc}	6.10±1.39 ^{cde}
3:H60	6.50±2.02 ^{ab}	6.33±1.82 ^{ab}	5.10±2.26 ^{de}	4.93±2.39 ^c	5.67±2.05 ^{de}
0:M600H	6.83±1.53 ^a	5.90±1.49 ^b	6.70±1.66 ^{ab}	7.06±1.68 ^a	6.87±1.59 ^{ab}
0:M800H	6.13±2.19 ^{ab}	5.83±1.51 ^{bc}	6.23±2.17 ^{abc}	5.53±2.40 ^{bc}	6.30±1.80 ^{bcd}
3:M600H	6.73±2.12 ^a	6.47±0.81 ^{ab}	6.40±1.00 ^{abc}	6.03±1.54 ^b	6.67±0.84 ^{bc}
3:M800H	3.33±2.05 ^c	5.10±1.29 ^c	4.50±2.04 ^e	4.67±2.32 ^c	4.83±2.06 ^f

^{a,b,c,...}ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรต่างกันในกลุ่มเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05); ร้อยละปริมาณผงฟักข้าว : สภาวะการอบแห้ง (H = hot air oven; MH = microwave + hot air oven 50 °C)

คะแนนความชอบด้านความกรอบสูงสุด คือ 7.06±1.68 ผู้ทดสอบชิมไม่ให้การยอมรับปลาแผ่นสูตร 0 : H60 มีคะแนนชอบด้านกลิ่น รสชาติ และความชอบ

โดยรวมสูงสุด คือ 6.77 ± 1.71 , 7.03 ± 1.88 และ 7.47 ± 1.30 ตามลำดับ ($P \leq 0.05$) ปลาแผ่นสูตร 0 : M600H มีคะแนนความชอบด้านความกรอบสูงสุด คือ 7.06 ± 1.68 ผู้ทดสอบชิมไม่ให้การยอมรับปลาแผ่นสูตรที่ 3 : M800H ในด้านสี ด้านความกรอบ และด้านรสชาติ ทั้งนี้เนื่องจากผงฟักข้าวทำให้ปลาแผ่นมีลักษณะสีคล้ำ ไม่น่ารับประทาน และอาจส่งผลกระทบต่อรสชาติของปลาแผ่นด้วย จากผลการทดสอบคุณภาพของปลาแผ่นด้านต่าง ๆ ผู้วิจัยเลือกปลาแผ่นสูตร 0 : H60 และสูตร 3 : M600H เพื่อใช้ในการศึกษาขั้นต่อไป

3.3 ผลการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีและอายุการเก็บรักษาปลาแผ่น

การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีปลาแผ่นแล้วทั้ง 2 สูตร ที่เลือกได้จากข้อ 2.3 แสดงดังตารางที่ 4 พบว่าปลาแผ่น 0 : H60 มีองค์ประกอบทางเคมี ดังนี้ ปริมาณความชื้นร้อยละ 6.35 ปริมาณโปรตีนร้อยละ 17.21 ปริมาณไขมันร้อยละ 11.31 ปริมาณใยอาหารร้อยละ 0.40 ปริมาณเถ้าร้อยละ 3.61 และคาร์โบไฮเดรตร้อยละ 58.93 ส่วนปลาแผ่นสูตร 3 : M600H มี

ตารางที่ 4 องค์ประกอบทางเคมีของปลาแผ่นทอด

% ผงฟักข้าว : drying	ความชื้น (%)	โปรตีน (%)	ไขมัน (%)	เถ้า (%)	ใยอาหาร (%)	คาร์โบไฮเดรต (%)	ไลโคปีน mg/100g
0 : H60	6.35 ± 0.02	17.21 ± 0.63	11.31 ± 0.21	3.61 ± 0.01	0.40 ± 0.26	58.93 ± 0.00	-
3 : M600H	6.73 ± 0.06	27.75 ± 0.62	12.83 ± 0.45	3.60 ± 0.03	0.68 ± 0.25	48.41 ± 0.00	0.2935 ± 0.03

ร้อยละปริมาณผงฟักข้าว : สภาวะการอบแห้ง (H = hot air oven; MH = microwave + hot air oven 50 °C)

ผลการศึกษาอายุการเก็บรักษาปลาแผ่นที่บรรจุในถุงพอยล์เก็บที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 30 วัน และทำการสุ่มตัวอย่างทุก ๆ 10 วัน มาตรวจสอบคุณภาพด้านต่าง ๆ ได้ผลแสดงดังตารางที่ 5 และรูปที่ 2-4

ปริมาณองค์ประกอบทางเคมีเพิ่มขึ้น ได้แก่ ปริมาณความชื้นร้อยละ 6.73 โปรตีนร้อยละ 27.75 ไขมันร้อยละ 12.83 และใยอาหารร้อยละ 0.68 ส่วนปริมาณเถ้าและคาร์โบไฮเดรตลดลงคือร้อยละ 3.60 และ 48.41 ตามลำดับ และมีปริมาณไลโคปีน $0.2935 \text{ mg}/100 \text{ g}$ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ [11] รายงานว่าขนมขบเคี้ยวแบบอัดพองที่ทำจากแป้งข้าวโพดสูตรควบคุมมีปริมาณใยอาหารร้อยละ 1.10 และปริมาณไลโคปีน 0.2 ppm เมื่อเติมมะเขือเทศเข้มข้นร้อยละ 20 ปริมาณใยอาหารเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 4.80 และปริมาณไลโคปีนเพิ่มขึ้นเป็น 132.8 ppm และในขนมขบเคี้ยวที่ทำจากแป้งข้าวเมื่อเติมมะเขือเทศเข้มข้นปริมาณใยอาหารเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 0.80 เป็น 4.56 และปริมาณไลโคปีนเพิ่มขึ้นจาก 0 ppm เป็น 132.8 ppm และสอดคล้องกับรายงานของ [4] รายงานว่าในเชื้อหุ้มฟักข้าวใน 100 กรัม มีคุณค่าทางโภชนาการ น้ำ 77 กรัม โปรตีน 2.1 กรัม ไขมัน 7.9 กรัม เส้นใยอาหาร 1.8 กรัม และเถ้า 0.7 กรัม ดังนั้นเมื่อเติมผงฟักข้าวลงในปลาแผ่นทำให้มีคุณค่าทางโภชนาการเพิ่มมากขึ้น

ตารางที่ 5 แสดงค่าสีของปลาแผ่นที่ระยะเวลาการเก็บรักษา 30 วัน พบว่าค่าความสว่างของปลาแผ่นทั้ง 2 สูตรมีแนวโน้มลดลงเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น ปลาแผ่นสูตร 3 : M600H มีค่าความเป็นสีแดงสูงกว่าสูตร 0 : H60 ($P \leq 0.05$) และไม่มีความ

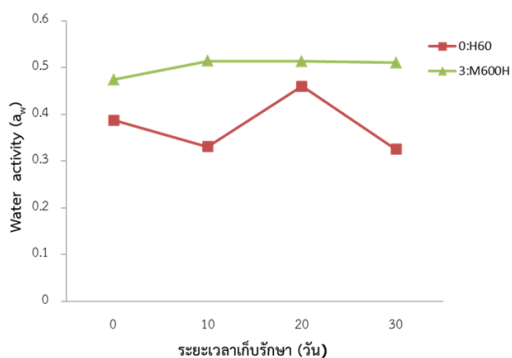
แตกต่างกันทางสถิติตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ปลาแผ่นสูตร 0 : H60 มีค่าความเป็นสีแดงเพิ่มขึ้นในวันที่ 10 ของการเก็บรักษาและไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น สำหรับค่าความเป็นสีเหลืองของปลาแผ่นสูตร 0 : H60 น้อยกว่าสูตร 3 : M600H และตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาค่าความเป็นสีเหลืองของปลาแผ่นทั้ง 2 สูตร ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ เนื่องจากในระหว่างการเก็บรักษา

อาจเกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ดทำให้เกิดสีน้ำตาลขึ้นมีผลต่อค่าความสว่างของปลาแผ่น และในระหว่างการเก็บรักษาอาจมีกิจกรรมของเอนไซม์เหลืออยู่จะทำให้เกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล จากการทำงานของเอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดส และแคโรทีนอยด์จะเกิดการเปลี่ยนแปลงโดยปฏิกิริยาออกซิเดชันเพราะโครงสร้างโมเลกุลของแคโรทีนอยด์มีพันธะคู่มาก [12]

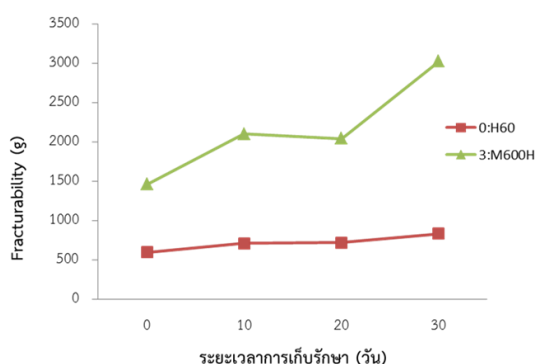
ตารางที่ 5 ค่าสีของปลาแผ่นที่ระยะเวลาการเก็บรักษา 30 วัน

% ผงฟักข้าว : drying	วันที่	L*	a*	b*
0 : H60	0	40.39±0.38 ^a	12.38±1.76 ^c	25.41±0.08 ^b
	10	39.49±1.96 ^{ab}	14.67±0.27 ^b	23.20±2.42 ^b
	20	40.07±0.26 ^{ab}	14.17±0.46 ^b	24.66±0.05 ^b
	30	38.63±2.69 ^{ab}	14.50±0.19 ^b	22.99±1.68 ^b
3 : M600H	0	35.79±0.48 ^{ab}	19.49±0.67 ^a	28.07±0.53 ^{ab}
	10	38.45±2.12 ^{ab}	19.92±0.14 ^a	30.61±3.00 ^a
	20	35.39±1.88 ^b	19.34±0.17 ^a	27.43±3.15 ^{ab}
	30	36.24±2.86 ^{ab}	19.18±0.16 ^a	27.44±2.41 ^{ab}

a,b,c,...ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรต่างกันในกลุ่มเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05); ร้อยละปริมาณผงฟักข้าว : สภาวะการอบแห้ง (H = hot air oven; MH = microwave + hot air oven 50 °C)

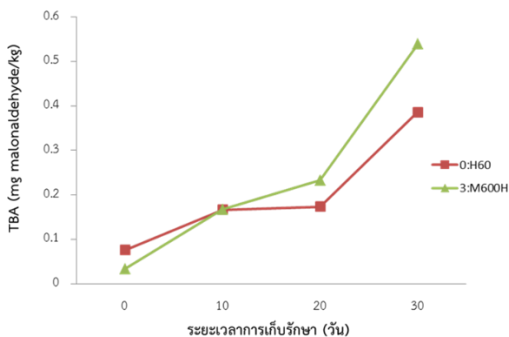


รูปที่ 2 ค่า water activity (aw) ของปลาแผ่นที่ระยะเวลาการเก็บรักษา 30 วัน



รูปที่ 3 ค่า fracturability ของปลาแผ่นที่ระยะเวลาการเก็บรักษา 30 วัน

รูปที่ 2 แสดงค่า a_w ของปลาแผ่นที่ระยะเวลาการเก็บรักษา 30 วัน พบว่าปลาแผ่นสูตร 3 : M600H มีค่า a_w สูงกว่าสูตร 0 : H60 ($P < 0.05$) และค่า a_w ของปลาแผ่นทั้ง 2 สูตร มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามค่า a_w ของปลาแผ่นยังไม่เกิน 0.6 ซึ่งเป็นค่าสูงสุดที่กำหนดในมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน [13] ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ปุณศรีกา และคณะ [14] ที่รายงานว่าปลาแผ่นกรอบเก็บที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 90 วัน มีปริมาณความชื้นที่เพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มระยะเวลาการเก็บรักษา นิธิยา [15] กล่าวว่าอาหารแห้งที่มีปริมาณน้ำน้อยเป็น monolayer water เมื่อได้รับความชื้นเพิ่มขึ้นจะเปลี่ยนเป็น multilayer adsorption และดูดซับน้ำเข้าไปในรูเล็ก ๆ ทำให้เกิดการละลายของตัวถูกละลายได้ น้ำจะถูกจับให้อยู่ในอาหารโดยวิธีทางกลทำให้ค่า a_w เพิ่มขึ้นการเปลี่ยนแปลงของค่า a_w ในระหว่างการเก็บรักษาเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้เกิดการเสื่อมคุณภาพของผลิตภัณฑ์อาหารในเทอมของการเกิด hydrolytic rancidity และการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางประสาทสัมผัส เช่น ความกรอบ ทำให้อาหารมีอายุการเก็บรักษาสั้น และผู้บริโภคไม่ให้การยอมรับ [16]



รูปที่ 4 ค่า thiobarbituric acid (mg malonaldehyde/1kg) ของปลาแผ่นที่ระยะเวลาการเก็บรักษา 30 วัน

รูปที่ 3 แสดงค่า fracturability ของปลาแผ่นที่ระยะเวลาการเก็บรักษา 30 วัน พบว่าปลาแผ่นสูตร 3 : M600H มีค่า fracturability สูงกว่าสูตร 0 : H60 ($P < 0.05$) และปลาแผ่นทั้ง 2 สูตร มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น ($P < 0.05$) ซึ่งสอดคล้องกับค่า a_w ที่เป็นค่าแสดงปริมาณความชื้นในอาหาร ปลาแผ่นสูตร 3 : M600H มีค่า a_w สูงทำให้มีค่า fracturability สูงด้วย ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ปุณศรีกา และคณะ [14] รายงานว่าค่าความแข็งของปลาแผ่นกรอบเก็บที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 90 วัน มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณความชื้นที่เพิ่มขึ้นและสอดคล้องการรายงานของ Shaviklo และคณะ [16] ปริมาณความชื้นในระหว่างการเก็บรักษาเป็นปัจจัยสำคัญที่มีอิทธิพลต่อลักษณะเนื้อสัมผัสและคุณภาพด้านอื่น ๆ ของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยว

รูปที่ 4 แสดงค่า thiobarbituric acid (TBA) ของปลาแผ่นที่ระยะเวลาการเก็บรักษา 30 วัน พบว่าปลาแผ่นทั้ง 2 สูตร มีค่า TBA เพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น ($P < 0.05$) และในวันที่ 10 ของการเก็บรักษาค่า TBA ของปลาแผ่นสูตร 3 : M600H เพิ่มขึ้นและสูงกว่าสูตร 0 : H60 ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ทั้งนี้เนื่องจากพักข้าวผงมีปริมาณของกรดไขมันไม่อิ่มตัวเป็นองค์สูงจึงทำให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของลิพิด (lipid oxidation) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Weber และคณะ [17] ที่รายงานว่าค่า TBARS ของเนื้อปลาตุกที่ปรุงโดยวิธีต้มและย่างเพิ่มขึ้น และค่า TBARS ของเนื้อปลาตุกที่ปรุงโดยใช้ไมโครเวฟและการอบด้วยลมร้อนมีค่าสูงสุด 1.2 mg MDA/kg และสอดคล้องกับงานวิจัยของ Fu และคณะ [18] ซึ่งรายงานว่าเจลซูริมิจากปลาที่ให้ความร้อนโดยใช้ไมโครเวฟที่เวลา 40 วินาที ทำให้ค่า TBARS สูงกว่าเจลซูริมิที่ให้ความร้อนแบบดั้งเดิมที่ใช้น้ำร้อนที่

อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส เวลา 30 นาที คือ 1.64 ± 0.10 และ 1.38 ± 0.11 mg MDA/kg ตามลำดับ และยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ ปุณทริกา และคณะ [14] พบว่าปลาแผ่นกรอบที่เก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์ทั้ง 4 แบบ มีการเปลี่ยนแปลงไปในทิศทางเดียวกัน เมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มมากขึ้น ค่า TBA ของปลาแผ่นกรอบเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตาม ค่า TBA ที่ตรวจพบในปลาแผ่นยังต่ำกว่า 3 mg MDA/kg ซึ่งเป็นค่าที่สูงที่สุดที่ยอมรับสำหรับการเปลี่ยนแปลงที่เกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชันในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ [17]

4. สรุป

ผลิตภัณฑ์ปลาแผ่นที่เติมผงฟักข้าวร้อยละ 3 ทั้ง 2 สภาวะ การอบแห้งมีค่าความสว่างลดลง และมีค่าความเป็นสีแดงเพิ่มขึ้น ($P \leq 0.05$) ปลาแผ่นสูตร 0: M600H มีค่า *fracturability* น้อยที่สุด ($P \leq 0.05$) และปลาแผ่นสูตร 0: H60 มีปริมาณความชื้นน้อยที่สุด ($P \leq 0.05$) ผลการทดสอบความชอบของผู้ทดสอบชิมปลาแผ่นสูตร 3: M600H คะแนนความชอบด้านสีสูงสุด ปลาแผ่นสูตร 0: H60 มีคะแนนชอบด้านกลิ่นรสชาติ และความชอบโดยรวมสูงสุด ($P \leq 0.05$) คะแนนความชอบด้านความกรอบปลาแผ่นสูตร 0: M600H สูงสุด ปลาแผ่นสูตร 3: M600H มีปริมาณองค์ประกอบทางเคมีเพิ่มขึ้น ได้แก่ ปริมาณความชื้นร้อยละ 6.73 โปรตีนร้อยละ 27.75 ไขมันร้อยละ 12.83 และใยอาหารร้อยละ 0.68 ส่วนปริมาณเถ้าและคาร์โบไฮเดรตลดลง คือ ร้อยละ 3.60 และ 48.41 ตามลำดับ และมีปริมาณไลโคปีน 0.2935 mg/100g การเปลี่ยนแปลงระหว่างการเก็บรักษาปลาแผ่นสูตร 3: M600H มีค่าความสว่างน้อยกว่าปลาแผ่นสูตร 0: H60 และมีค่าความเป็นสีแดงสูงขึ้น ค่าความสว่างมีแนวโน้มลดลงเรื่องระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น ส่วนค่า a_w ค่า *fracturability* และค่า TBA ของปลาแผ่นสูตร 0: H60

และสูตร 3: M600H มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตาม ค่า a_w ของปลาแผ่นยังไม่เกิน 0.6 ซึ่งเป็นค่าสูงสุดที่กำหนดในมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ มหาวิทยาลัยราชภัฏกาญจนบุรี ที่ให้ทุนสนับสนุนการทำวิจัยในครั้งนี้ ขอขอบคุณ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่ให้การสนับสนุนและสถานที่ในการทำวิจัย ขอขอบคุณ ฟาร์มทับทิมกาญจน์อำเภอเมือง จังหวัดกาญจนบุรี ที่ให้ความอนุเคราะห์ปลาทับทิมที่นำมาใช้ในการงานวิจัยครั้งนี้

6. รายการอ้างอิง

- [1] กลุ่มวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการ, ปลา-อาหารคู่มือ, กองโภชนาการ กระทรวงสาธารณสุข, แหล่งที่มา : <http://nutrition.ana.mai.moph.go.th>, 7 เมษายน 2559.
- [2] ชุตินทรภรณ์ ทับทิมเขียว และนัฐนันท์ ทวีรัตน์ธนนท์, 2551, รายงานการวิจัยเรื่องขนมขบเคี้ยวจากปลา, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ, กรุงเทพฯ, 67 น.
- [3] วิภาทรา ศุภะจินดา, 2550, การพัฒนาและประเมินผลทางคลินิกของสารสกัดมาตรฐานผลฟักข้าว, การศึกษาอิสระปริญญาโท, สำนักบัณฑิตศึกษามหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง, เชียงราย, 80 น.
- [4] Vuong, L.T., Franke, A.A., Custer, L.J. and Murphy, S.P., 2006, *Momordica cochinchinensis* Spreng. (gac) fruit carotenoids reevaluated, *J. Food Compos. Anal.* 19: 664-668.
- [5] ณิชรา ปรีชานนท์, 2531, ปลาแผ่นกรอบ, วิทยา

- นิพนธ์ปริญญาโท, บัณฑิตวิทยาลัยมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ, 78 น.
- [6] AOAC, 2005, Official methods of analysis of AOAC international, 18th Ed., AOAC International.
- [7] Nagata, M. and Yamashita, I., 1992, Simple method for simultaneous determination of chlorophyll and carotenoids in tomato fruit, *J. Jap. Soc. Food Sci. Technol.* 39: 925-926.
- [8] Pearson, D., 1973, *Laboratory Techniques in Food Analysis*, Butterworths, London.
- [9] Chang, H. and Chen, H., 2015, Association between textural profiles and surface electromyographic (sEMG) behaviors of microwavable cassava cuttlefish crackers with various expansion ratios, *Food Res. Int.* 53: 334-341.
- [10] Duan, Z., Jiangb, L., Wang, J., Yub, X. and Wang, T., 2011, Drying and quality characteristics of tilapia fish fillets dried with hot air-microwave heating, *Food Bioprod. Proc.* 89: 472-476.
- [11] Dehghan-Shoar, Z., Hardacre, A.K. and Brennan, C.S., 2010, The physico-chemical characteristics of extruded snacks enriched with tomato lycopene, *Food Chem.* 123: 1117-1122.
- [12] สิงหนาท พวงจันทร์แดง, 2555, เทคโนโลยีการทำแห้งอาหาร, ภาควิชาคณะเทคโนโลยีอาหาร คณะเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น, 396 น.
- [13] สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, กองบริหารมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน, 2548, ปลาแผ่นกรอบ, กระทรวงอุตสาหกรรม, กรุงเทพฯ.
- [14] ปุณศรีภา รัตนตรัยวงศ์, ศจี สุวรรณศรี, ปรีดา อนุกาญจน์ และฟิลิฐ วงศ์สง่าศรี, 2553, วิจัยเรื่องการเพิ่มประสิทธิภาพการแปรรูปและประยุกต์ใช้เทคโนโลยีบรรจุแบบแอดทิฟสำหรับปลาบดแผ่นกรอบที่ผลิตในระดับวิสาหกิจชุมชน, คณะเกษตรศาสตร์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร, พิษณุโลก, 34 น.
- [15] นิธิยา รัตนานพนธ์, 2545, เคมีอาหาร, สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์, กรุงเทพฯ, 487 น.
- [16] Shaviklo, A.R., Azaribeh, M., Moradi, Y. and Zangeneh, P., 2015, Formula optimization and storage stability of extruded puffed corn-shrimp snacks, *Food Sci. Technol.* 63: 307-314.
- [17] Weber, J., Bochi, V.C., Ribeiro, C.P., Victorio, A.D.M. and Emanuelli, T., 2008, Effect of different cooking methods on the oxidation, proximate and fatty acid composition of silver catfish (*Rhamdia quelen*) fillets, *Food Chem.* 106: 140-146.
- [18] Fu, X., Hayat, K., Li, Z., Lin, Q., Xu, S. and Wang, S., 2012, Effect of microwave heating on the low-salt gel from silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*) surimi, *Food Hydrocol.* 27: 301-308.