การศึกษาอุณหภูมิที่เหมาะสมในการผลิตปลาหลังเขียว (Sardinella gibbosa) อบแห้ง

รุ่งทิพย์ รัตนพล* พงษ์เทพ เกิดเนตร และวิชชุลฎา ถาวโรจน์

อาจารย์ประจำคณะศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

Corresponding Author Email: rungtip.r@rmutsv.ac.th

Received: July 23, 2024; Revised: September 23, 2024; Accepted: October 30, 2024

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอุณหภูมิที่เหมาะสมในการทำแห้งปลาหลังเขียว (*Sardinella gibbosa*) โดยแปรอุณหภูมิในการอบแห้ง 3 ระดับ ได้แก่ 50, 60 และ 70 องศาเซลเซียส เพื่อวิเคราะห์คุณลักษณะทางเคมี-กายภาพ (ค่าสี, cutting strength, work of shear, ความชื้น, water activity, ปริมาณ thiobarbituric acid reactive substances และค่าเพอร์ออกไซด์) และการยอมรับทางประสาทสัมผัส (9-point hedonic scale) ของปลาหลังเขียวอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิแตกต่างกัน พบว่าอุณหภูมิที่เหมาะสมในการทำแห้งปลาหลังเขียว คือ 60 องศาเซลเซียส เนื่องจากผลิตภัณฑ์มีคุณลักษณะที่ดี และมีคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสสูงที่สุด นอกจากนี้ อุณหภูมิการอบแห้งมีผลต่อคุณลักษณะทางเคมี-กายภาพ ได้แก่ ค่า L* (ความสว่าง) และค่า a* (ความเป็นสีแดง) ของปลาหลังเขียวอบแห้งด้วยอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส มีค่าต่ำที่สุด ($p \leq 0.05$) เท่ากับ 46.56 และ 2.71 ตามลำดับ ในขณะที่ ค่า b* (ความเป็นสีเหลือง) ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส มีค่าสูงที่สุด ($p \leq 0.05$) เท่ากับ 13.94 ค่า cutting strength และค่า work of shear ของปลาหลังเขียวอบแห้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส มีค่าสูงที่สุด ($p \leq 0.05$) เท่ากับ 7311.58 N และ 8047.98 Nsec ตามลำดับ ปริมาณความชื้นของปลาหลังเขียวอบแห้งทั้ง 3 สภาวะ มีปริมาณร้อยละ 13.04-18.21 ในขณะที่ ค่า water activity ของปลาหลังเขียวอบแห้งด้วยอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส มีค่า a_w สูงที่สุด เท่ากับ 0.54 ปริมาณ thiobarbituric acid reactive substances และค่าเพอร์ออกไซด์ มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น โดยอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส มีค่าสูงที่สุด เท่ากับ 6.91 mg MDA/kg และ 1.19 meq PV/kg ด้านการยอมรับทางประสาทสัมผัส พบว่า ปลาหลังเขียวอบแห้งที่ใช้อุณหภูมิในการอบแห้ง 60 องศาเซลเซียส ได้รับคะแนนความชอบด้านสี กลิ่น รสชาติ และความชอบโดยรวมสูงสุด โดยมีคะแนนความชอบ เท่ากับ 7.53, 7.67, 7.63 และ 7.87 ตามลำดับ

คำสำคัญ: ปลาหลังเขียว การทำแห้ง ปลาแห้ง คุณลักษณะทางเคมี-กายภาพ

A Study on of Temperature Optimization for The Processing of Dried Goldstripe Sardinella (Sardinella gibbosa)

Rungtip Rattanapon*, Pongthep Kertnat and Wichulada Thavaroj

Lecturer, Faculty of Liberal Arts, Rajamangala University of Technology Srivijaya

Corresponding Author Email: rungtip.r@rmutsv.ac.th

Received: July 23, 2024; Revised: September 23, 2024; Accepted: October 30, 2024

Abstract

This research aims to study the optimal temperature for dried goldstripe sardinella processing by varying the drying temperature at three levels: 50, 60, and 70°C. The physico-chemical characteristics (color value, cutting strength, work of shear, moisture content, water activity, thiobarbituric acid reactive substances and peroxide value)and sensory acceptance (9-point hedonic scale) of dried goldstripe sardinella at different temperatures were analyzed. The results indicated that the optimal drying temperature is 60°C, as the product exhibited good characteristics and the highest sensory acceptance scores. Additionally, higher drying temperatures affected the physico-chemical characteristics, including the L* (lightness) and a* (redness) values, with the lowest values observed at 70°C. Meanwhile, the b* (yellowness) value was highest at 60°C ($p \leq 0.05$). The cutting strength and work of shear values were highest for dried goldstripe sardinella at 70°C. The moisture content and water activity (aw) of the dried goldstripe sardinella at all drying temperatures showed significant differences ($p \leq 0.05$). The moisture content ranged from 13.04% to 18.21%, which is consistent with the Thai community product standards (moisture not exceeding 20%). The water activity was highest at 0.54 for dried goldstripe sardinella at 50°C. The thiobarbituric acid reactive substances content and peroxide value tended to increase with drying temperatures increased. Sensory acceptance showed that dried goldstripe sardinella at 60°C received the highest acceptance scores in terms of color, odor, taste, and overall acceptance, with scores of 7.53, 7.67, 7.63, and 7.87, respectively.

Keywords: Goldstripe Sardinella, Drying, Dried Fish, Physico-chemical Characteristic

บทนำ

ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลาตั้งอยู่ในบริเวณที่มีทั้งน้ำจืด น้ำกร่อย และน้ำเค็มอยู่ใกล้เคียงกัน จึงทำให้มีความหลากหลายทางชีวภาพ ประกอบด้วยพืชและสัตว์น้ำหลากหลายชนิด ส่งผลให้อาชีพประมงและเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำมีความสำคัญต่อเศรษฐกิจของพื้นที่ดังกล่าว สัตว์น้ำที่จับได้นอกจากจะจำหน่ายเป็นอาหารสด ส่วนหนึ่งมีการแปรรูปอย่างง่าย เพื่อสร้างมูลค่าเพิ่ม เช่น ปลาแห้ง ปลาร้า ปลาเค็ม กุ้งแห้ง กะปิ น้ำปลา เป็นต้น (Kongruang and Waewsak, 2013) ทั้งนี้ สัตว์น้ำที่นิยมนำมาแปรรูป เช่น กุ้ง หมึก และปลา เป็นต้น โดยปลาที่นิยมนำมาแปรรูปในรูปแบบของปลาแห้ง คือ ปลาหลังเขียว ซึ่งสามารถสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับชาวประมงในพื้นที่

ปลาหลังเขียว (*Sardinella gibbosa*) เป็นปลาทะเลขนาดเล็ก สกุล Sardinella จัดเป็นสัตว์น้ำเศรษฐกิจที่สำคัญชนิดหนึ่งของประเทศไทย ซึ่งมีปริมาณมากในทะเลฝั่งอ่าวไทย และมีราคาถูก รวมถึงมีองค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ โปรตีน ร้อยละ 22.32 เถ้า ร้อยละ 7.87 และไขมัน ร้อยละ 4.30 (Suseno *et al*., 2014) โดยกลุ่มชาวประมงนิยมนำปลาหลังเขียวมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ เช่น ข้าวเกรียบปลาหลังเขียว และปลาหลังเขียวแห้ง เป็นต้น (Rittiyapranon, 2015)

การอบแห้ง หรือการตากแห้ง เป็นกรรมวิธีในการถนอมอาหารทะเลรูปแบบหนึ่งที่ช่วยยืดอายุการเก็บรักษาอาหารทะเลได้นานยิ่งขึ้น เนื่องจากชะลอหรือยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ รวมถึงลดปริมาตรและน้ำหนัก (Rittiyapranon, 2015) สำหรับปัญหาที่พบในการแปรรูปอาหารทะเลแห้งส่วนใหญ่ คือ กระบวนการผลิตที่มีประสิทธิภาพไม่เพียงพอ และความไม่สม่ำเสมอของคุณภาพผลิตภัณฑ์ นอกจากนี้ ผลิตภัณฑ์ปลาหลังเขียวแห้งมีปัญหาด้านคุณภาพ คือ เสื่อมเสียได้ง่าย และมีกลิ่นอับ ส่งผลต่อการยอมรับของผู้บริโภคลดลง สำหรับกระบวนการทำแห้งด้วยแสงอาทิตย์อาจเกิดการเสื่อมเสียได้จากหนอนและแมลงวัน รวมถึงการใช้บรรจุภัณฑ์ไม่เหมาะสม ทำให้ปลาแห้งมีอายุการเก็บรักษาที่สั้นลง (Rittiyapranon, 2015)

ดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงสนใจในการเลือกอุณหภูมิที่เหมาะสมในการทำแห้งปลาหลังเขียว เพื่อเป็นแนวทางในการแปรรูปปลาหลังเขียวด้วยการทำแห้งแบบลมร้อน ศึกษาคุณลักษณะทางเคมี-กายภาพ และการยอมรับทางประสาทสัมผัสของปลาหลังเขียวอบแห้ง รวมถึงการสร้างมูลค่าเพิ่ม และการผลิตในเชิงพาณิชย์ต่อไป

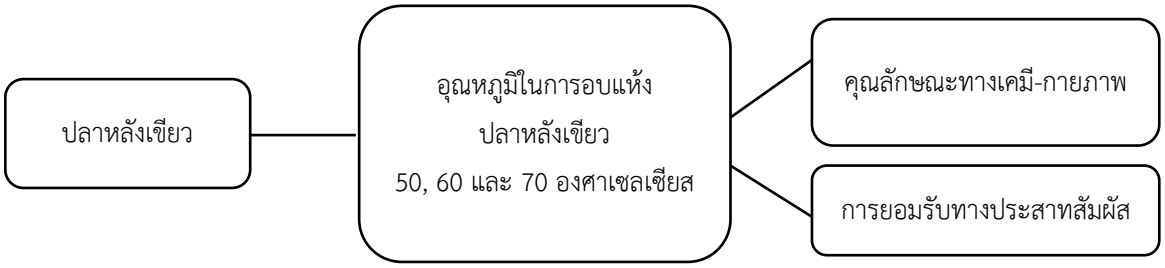
วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อศึกษาอุณหภูมิที่เหมาะสมในการทำแห้งปลาหลังเขียว
2. เพื่อศึกษาคุณลักษณะทางเคมี-กายภาพ และประสาทสัมผัสของปลาหลังเขียวอบแห้งด้วยอุณหภูมิแตกต่างกัน

ขอบเขตการวิจัย

ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการทำแห้งปลาหลังเขียวด้วยตู้อบไฟฟ้าแบบลมร้อน โดยแปรอุณหภูมิ 3 ระดับ ได้แก่ 60, 70 และ 80 องศาเซลเซียส ระยะเวลาการอบอย่างต่อเนื่อง 6-10 ชั่วโมง โดยสุ่มวิเคราะห์ความชื้นทุก 1 ชั่วโมง (ผลิตภัณฑ์มีความชื้น น้อยกว่าหรือเท่ากับร้อยละ 20) วิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ เคมี และการยอมรับทางประสาทสัมผัส เพื่อคัดเลือกอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการประยุกต์ใช้ในการแปรรูปปลาหลังเขียวอบแห้งของชาวประมงในพื้นที่อำเภอสิงหนคร จังหวัดสงขลาต่อไป

กรอบแนวคิดการวิจัย



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย

การทบทวนวรรณกรรม

ปลาหลังเขียว (*Sardinella gibbosa*) จัดอยู่ในชั้น Osteichthyes ลำดับ Clutiformes วงศ์ Clupcidae และมีชื่อวิทยาศาสตร์พ้องกันหลายชื่อ เช่น Sardinella jussieu Clupea gibbosa มีชื่อสามัญ goldstripe sardinella อาศัยอยู่ที่ระดับน้ำลึก 10-70 เมตร กินแพลงก์ตอนพืช และแพลงก์ตอนสัตว์เป็นอาหาร โดยการกรอง ลักษณะเด่นลำตัวแบน มีแถบสีทองพาดยาวตลอดลำตัว และมีจุดสีดำที่จุดเริ่มต้นของครีบหลัง พบแพร่กระจายบริเวณมหาสมุทรแปซิฟิกตะวันตก ไต้หวัน และเกาหลีใต้ บริเวณอ่าวเปอร์เซีย แอฟริกาตะวันออก มาดากัสการ์ ตอนเหนืออินโดนีเซีย ทะเลอราฟูร่า และด้านเหนือออสเตรเลีย ปลาหลังเขียว มีโปรตีนเป็นองค์ประกอบหลัก (ร้อยละ 22.32) รองลงมาคือ เถ้า (ร้อยละ 7.87) และไขมัน (ร้อยละ 4.30) ตามลำดับ (Suseno *et al*., 2014) ทั้งนี้ในปลาหลังเขียวสดมีปริมาณความชื้นสูงถึงร้อยละ 73 (Suseno *et al*., 2014)

การทำแห้ง คือกระบวนการลดความชื้น ซึ่งส่วนใหญ่ใช้การถ่ายเทความร้อนไปยังวัสดุที่มีความชื้น เพื่อไล่ความชื้นออกด้วยการระเหย ทั้งนี้ความร้อนที่ได้รับเป็นความร้อนแฝงของการระเหย ประโยชน์ของการอบแห้ง อาจสรุปได้ตามลำดับความสำคัญดังนี้เพื่อการถนอมรักษาอาหาร อาหารที่แห้งแล้วสามารถเก็บรักษาไว้ได้นาน โดยไม่เสียเนื่องจากการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์มีน้อย เพื่อลดปริมาตรและน้ำหนัก อาหารที่แห้งแล้วจะมีปริมาตรและน้ำหนักลดลง ทำให้สามารถลดต้นทุนในการเก็บรักษาและการขนส่งและเพื่อช่วยให้กระบวนการการผลิตดีขึ้น (Rittiyapranon, 2015)

ปัจจัยที่มีผลต่อการทำแห้ง ได้แก่ ลักษณะธรรมชาติของอาหาร อาหารที่มีน้ำอยู่ในรูปน้ำอิสระมากจะทำให้อัตราการทำแห้งเร็วกว่าอาหารที่มีน้ำที่ยึดเกาะกับองค์ประกอบอื่นของอาหาร รวมถึงอาหารที่มีขนาด และรูปร่างที่ทำให้มีอัตราส่วนระหว่างพื้นที่ผิวต่อปริมาตรมาก ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของการส่งผ่านความร้อยได้ดี นอกจากนี้ อุณหภูมิและเวลา ความเร็วลมและความชื้นของอากาศ มีผลต่ออัตราการทำแห้ง และคุณภาพของอาหารแห้ง (Rittiyapranon, 2015)

อุณหภูมิในการทำแห้ง เป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ปลาอบแห้ง หากใช้อุณหภูมิสูงก็จะทำให้น้ำในอาหารเคลื่อนที่และระเหยออกจากอาหารได้ง่าย อย่างไรก็ตามควรให้อยู่ในระดับที่เหมาะสม ไม่ควรสูงเกินไป เนื่องจากอาหารบางชนิดถ้าใช้อุณหภูมิสูงอาจทำให้ผนังเซลล์ของอาหารหดตัวเร็วมากจนทำให้ผิวหน้าของอาหารแข็ง มีผลทำให้น้ำหรือความชื้นของอาหารที่อยู่ด้านในไม่สามารถผ่านหรือระเหยออกมาได้ นอกจากนี้ยังทำให้อาหาร เกิดการสูญเสียคุณภาพ และคุณค่าทางโภชนาการ เช่น การสูญเสียวิตามินในอาหาร การไหม้เกรียมของอาหาร การเกิดรสขม ทำให้อาหารไม่เหมาะแก่การบริโภค โดยปกติอุณหภูมิที่เหมาะสม จะอยู่ในช่วง 45-70 องศาเซลเซียส การเลือกอุณหภูมิขึ้นอยู่กับชนิดและลักษณะของอาหาร (Rittiyapranon, 2015)

ปลาแห้ง หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำปลาทุกขนาด ทั้งที่เป็นปลาเล็กปลาน้อย และปลาขนาดใหญ่ที่อาจใช้ทั้งตัวหรือมีการตัดแต่งให้เหมาะกับชนิดและลักษณะของปลา มาล้างให้สะอาดด้วยน้ำหรือน้ำเกลือเจือจาง ทำให้แห้งโดยใช้ความร้อนจากแสงอาทิตย์และแหล่งพลังงานอื่น อาจรับประทานได้ทันทีหรืออาจนำไปทอด อบ หรือนำไปประกอบอาหารอื่นก็ได้ โดยผลิตภัณฑ์ปลาแห้งต้องมีความชื้นไม่เกินร้อยละ 20 โดยน้ำหนัก (The community standard, 2006)

Supornpit (2014) ศึกษากระบวนการอบแห้งปลากุเลาด้วยเครื่องอบไฟฟ้า พบว่าการอบแห้งปลากุเลาที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง มีประสิทธิภาพสูงสุด และคุณภาพของผลิตภัณฑ์ด้านสีใกล้เคียงกับที่จำหน่ายในท้องตลาด นอกจากนี้ Nanthajirapong *et al*. (2019) ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพของปลาสลิดแดดเดียวที่ตากด้วยตู้อบแห้ง ได้แก่ ความชื้นสัมพัทธ์และอุณหภูมิเฉลี่ยภายในตู้อบแห้ง พบว่า ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์ รา เชื้อ *Staphylococcus aureus* และปริมาณโคลิฟอร์ม รวมทั้งค่า a_w ไม่ผ่านมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน โดยมีค่ามากกว่า 0.85 นอกจากนี้ สภาวะในการอบแห้งที่เหมาะสม คือ ความชื้นสัมพัทธ์ ร้อยละ 60 และอุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การเตรียมปลาหลังเขียวอบแห้ง

นำปลาหลังเขียวสดจากเกษตรกรในพื้นที่อำเภอสทิงพระ จังหวัดสงขลา มาล้างทำความสะอาด ตัดแต่งแล่เนื้อปลา ให้มีความหนา 0.5-0.8 เซนติเมตร จากนั้นนำปลาหลังเขียวแล่แช่ในสารละลายเกลือ ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 7.5 โดยใช้อัตราส่วนระหว่างปลากับสารละลายเกลือ 1:2.5 (w/v) ใช้เวลาในการแช่ 30 นาที (Rattanapon *et al*., 2021) เรียงปลาบนตะแกรง จากนั้นอบในตู้อบไฟฟ้าแบบลมร้อน (Hot air oven ยี่ห้อ BINDER รุ่น ED/FD) โดยใช้อุณหภูมิ 3 ระดับ คือ 50, 60 และ 70 องศาเซลเซียส ระยะเวลาการอบอย่างต่อเนื่อง 6-10 ชั่วโมง โดยกลับด้านปลา และสุ่มวิเคราะห์ความชื้นทุก 1 ชั่วโมง จนกระทั่งผลิตภัณฑ์มีความชื้น น้อยกว่าหรือเท่ากับร้อยละ 20 แล้วนำตัวอย่างปลาหลังเขียวอบแห้ง บรรจุใส่ถุงพลาสติกชนิด nylon/polyethylene โดยมีน้ำหนัก 250 กรัมต่อถุง ปิดผนึกแบบสุญญากาศ เพื่อนำไปวิเคราะห์คุณภาพต่อไป

2. การวิเคราะห์คุณลักษณะทางกายภาพ

การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ ประกอบด้วย ค่าสี ด้วยเครื่อง Hunter Lab colorimeter (Color Flex, Hunter Associate Laboratory Inc., VA, USA) โดยค่า L* แสดง ความสว่างมีค่าตั้งแต่ 0-100 ค่า a* แสดง สีแดง เมื่อมีค่าเป็นบวก และสีเขียวเมื่อมีค่าเป็นลบ และค่า b* แสดง สีเหลืองเมื่อมีค่าเป็นบวก และสีน้ำเงินเมื่อมีค่าเป็นลบ และวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัส ด้วยเครื่อง Texture analyzer ยี่ห้อ Stable Micro System รุ่น TA.XT2. ประเทศอังกฤษ หัววัด HDP/BS รายงานค่าในรูปของค่า Cutting strength มีหน่วยเป็นนิวตัน (N) และ Work of shear มีหน่วยเป็นนิวตันวินาที (Nsec)

3. การวิเคราะห์คุณลักษณะทางเคมี

การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี ประกอบด้วย ความชื้น ตามวิธี AOAC (1995) ค่า water activity ใช้เครื่อง Water Activity Meters (ยี่ห้อ AQUA LAB, CX3TE, USA) ปริมาณ Thiobaribituric reactive substances (TBARs content) และค่าเพอร์ออกไซด์ (peroxide value, PV) ตามวิธีมาตรฐานของ AOAC (1995)

4. การทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัส

นำปลาหลังเขียวอบแห้งทั้ง 3 สภาวะ ไปทำให้สุกด้วยการทอดในน้ำมันพืชที่อุณหภูมิ 160 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที จากนั้นประเมินความชอบทางประสาทสัมผัสในด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม

ด้วยวิธีการให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ (9-point hedonic scale) โดยใช้ผู้ทดสอบในระดับห้องปฏิบัติการที่ไม่ผ่านการฝึกฝน (untrained panel) จำนวน 30 คน เป็นนักศึกษาหลักสูตรสาขาวิชาอาหารและโภชนาการ คณะศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย เพศชายและเพศหญิง อายุระหว่าง 19-23 ปี และเป็นผู้มีสุขภาพดี ไม่มีประวัติแพ้อาหารชนิดใดชนิดหนึ่ง

5. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design จำนวน 3 ซ้ำ สำหรับการประเมินลักษณะทางกายภาพ-เคมีของปลาหลังเขียวอบแห้ง และการทดสอบทางประสาทสัมผัส วิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance: ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's new multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS (SPSS Inc., U.S.A.)

ผลการวิจัย

1. ผลการวิเคราะห์ค่าสี (L*, a* และ b*) ของปลาหลังเขียวอบแห้งที่อุณหภูมิที่แตกต่างกัน แสดงดังตารางที่ 1 พบว่า ค่า L* (ความสว่าง) มีแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยค่า L* ของปลาหลังเขียวอบแห้งด้วยอุณหภูมิ 60 และ 70 องศาเซลเซียสมีค่าต่ำกว่า 50 องศาเซลเซียส ในขณะที่ ค่า a* (ความเป็นสีแดง) มีแนวโน้มลดลงเมื่ออุณหภูมิการอบแห้งเพิ่มสูงขึ้น และ b* (ความเป็นสีเหลือง) ของปลาหลังเขียวอบแห้งด้วยอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสมีค่าสูงที่สุด และมีแนวโน้มลดลง เมื่ออุณหภูมิการอบแห้ง 70 องศาเซลเซียส แสดงให้เห็นว่าปลาหลังเขียวอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสมีค่า a* และ b* สูง โดยมีค่า เท่ากับ 3.61 และ 13.94 ตามลำดับ ในขณะที่มีค่า L* เท่ากับ 46.63 ทั้งนี้ ลักษณะปรากฏของปลาหลังเขียวอบแห้งด้วยอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส มีสีน้ำตาลเข้มมากกว่าอุณหภูมิ 60 และ 50 องศาเซลเซียส

ตารางที่ 1 ค่าสี (L*, a* และ b*) ของปลาหลังเขียวอบแห้งที่อุณหภูมิที่แตกต่างกัน

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	ค่าสี		
	L*	a*	b*
50	49.42±0.34^{a}	3.48±0.36^{a}	12.72±2.07^{c}
60	46.63±1.22^{b}	3.61±0.35^{a}	13.94±0.14^{a}
70	46.56±0.52^{b}	2.71±0.70^{b}	13.52±0.79^{b}

หมายเหตุ: $^{a-c}$ ที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกัน หมายถึง ตัวอย่างมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$)

2. ผลการวิเคราะห์เนื้อสัมผัสของปลาหลังเขียวอบแห้งที่สภาวะการอบแห้งด้วยอุณหภูมิที่แตกต่างกัน 3 ระดับ (50, 60 และ 70 องศาเซลเซียส) พบว่า ค่า cutting strength (แรงตัด) ของปลาหลังเขียวอบแห้งที่อุณหภูมิ 50 มีค่าต่ำที่สุด เท่ากับ 7131.54 N ในขณะที่อุณหภูมิ 60 และ 70 องศาเซลเซียส ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยมีค่าเท่ากับ 7311.45 และ 7311.58 N ตามลำดับ ในขณะที่ ค่า work of shear (แรงเฉือน) มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ดังตารางที่ 2 ทั้งนี้ ค่า work of shear ของปลาหลังเขียวที่อบแห้งด้วยอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส มีค่าสูงที่สุด แสดงให้เห็นว่า การใช้อุณหภูมิในการอบสูง ส่งผลให้เนื้อสัมผัสมีความแข็ง และแห้งมากเกินไป

ตารางที่ 2 ลักษณะเนื้อสัมผัส (ค่า cutting strength และ work of shear) ของปลาหลังเขียวอบแห้งที่อุณหภูมิที่แตกต่างกัน

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	ลักษณะเนื้อสัมผัส	
	Cutting strength (N)	Work of shear (Nsec)
50	7131.54±0.03[b]	4631.69±1.36[a]
60	7311.45±0.26[a]	7594.07±1.93[b]
70	7311.58±0.22[a]	8047.98±1.46[a]

หมายเหตุ: [a-b] ที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกัน หมายถึง ตัวอย่างมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$)

3. ผลการวิเคราะห์ปริมาณความชื้น และค่า water activity (a_w) แสดงดังตารางที่ 3 พบว่าปริมาณความชื้นและค่า water activity (a_w) ของปลาหลังเขียวอบแห้งทั้ง 3 สภาวะ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส มีความชื้นสูงสุด เท่ากับ ร้อยละ 18.21 รองลงมา อุณหภูมิที่ 70 องศาเซลเซียส เท่ากับ ร้อยละ 14.90 และ อุณหภูมิที่ 60 องศาเซลเซียส เท่ากับ ร้อยละ 13.04 นอกจากนี้ จากการวิเคราะห์ค่า water activity (a_w) ของปลาหลังเขียวอบแห้ง พบว่า ปลาหลังเขียวอบแห้งด้วยอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส มีค่า a_w สูงที่สุด เท่ากับ 0.54 อย่างไรก็ตาม ปริมาณความชื้นของปลาหลังเขียวอบแห้งทั้ง 3 สภาวะ สอดคล้องตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช. 6/2549) ที่กำหนดให้ปลิตภัณฑ์ปลาแห้งมีความชื้นไม่เกินร้อยละ 20 (Thai Community Product Standards, 2003) ทั้งนี้ ปลาหลังเขียวที่อบแห้งด้วยอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส มีปริมาณความชื้น และค่า a_w ต่ำที่สุด

ตารางที่ 3 ปริมาณความชื้น และค่า water activity (a_w) ของปลาหลังเขียวอบแห้งที่อุณหภูมิที่แตกต่างกัน

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	ความชื้น (ร้อยละ)	ปริมาณน้ำอิสระ
50	18.21±0.33[a]	0.54±0.04[a]
60	13.04±0.37[c]	0.50±0.01[b]
70	14.90±0.20[b]	0.51±0.02[b]

หมายเหตุ: [a-c] ที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกัน หมายถึง ตัวอย่างมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$)

4. ผลการวิเคราะห์ปริมาณ Thiobarbituric acid reactive substances (TBARs content) ของปลาหลังเขียวอบแห้งที่อุณหภูมิการอบแห้ง 50, 60 และ 70 องศาเซลเซียส แสดงดังตารางที่ 4 พบว่า ค่า TBARs ในปลาหลังเขียวทุกชุดการทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยเมื่ออุณหภูมิการอบแห้งเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ค่า TBARs เพิ่มขึ้น สำหรับปลาหลังเขียวที่อบแห้งด้วยอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส มีค่า TBARs สูงสุด รองลงมา คือ 60 องศาเซลเซียส และ 50 องศาเซลเซียส ตามลำดับ โดยมีค่า TBARs เท่ากับ 6.91, 6.85 และ 6.81 mg MDA/kg ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าการอบแห้งปลาหลังเขียวด้วยอุณหภูมิ 50 และ 60 องศาเซลเซียส มีค่า TBARs ต่ำกว่าอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส

ตารางที่ 4 ปริมาณ Thiobarbituric acid reactive substances (TBARs content) ของปลาหลังเขียวอบแห้งที่อุณหภูมิแตกต่างกัน

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	TBARs content (mg MDA/kg)
50	6.81±0.05[b]
60	6.85±0.45[ab]
70	6.91±0.03[a]

หมายเหตุ: [a-b] ที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกัน หมายถึง ตัวอย่างมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$)

5. ผลการวิเคราะห์ค่าเพอร์ออกไซด์ (peroxide value) ของปลาหลังเขียวอบแห้งที่อุณหภูมิการอบแห้ง 50, 60 และ 70 องศาเซลเซียส แสดงดังตารางที่ 5 พบว่า ค่าเพอร์ออกไซด์ของปลาหลังเขียวที่อบแห้งด้วยอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส มีค่าสูงสุด เท่ากับ 1.19 meq PV/kg และการอบแห้งด้วยอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส มีค่าเพอร์ออกไซด์ต่ำที่สุด เท่ากับ 1.06 meq PV/kg โดยเมื่ออุณหภูมิการอบแห้งสูงขึ้น ส่งผลต่อค่าเพอร์ออกไซด์ในปลาหลังเขียวมีค่าเพิ่มขึ้น ทั้งนี้ ปลาหลังเขียวอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส มีค่าเพอร์ออกไซด์ที่ต่ำกว่าอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการเกิดออกซิเดชันของไขมันที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส มีค่าต่ำกว่า 70 องศาเซลเซียส ซึ่งสอดคล้องกับคะแนนความชอบด้านกลิ่นของปลาหลังเขียวอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส มีค่าสูงที่สุด

ตารางที่ 5 ค่าเพอร์ออกไซด์ (peroxide value) ของปลาหลังเขียวอบแห้งที่อุณหภูมิแตกต่างกัน

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	ค่าเพอร์ออกไซด์ (Peroxide value) (meq PV/kg)
50	1.06±0.02[c]
60	1.12±0.04[b]
70	1.19±0.06[a]

หมายเหตุ: [a-b] ที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกัน หมายถึง ตัวอย่างมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$)

6. ผลการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสของปลาหลังเขียวอบแห้งด้วยอุณหภูมิ 50, 60 และ 70 องศาเซลเซียส) แสดงดังตารางที่ 6 พบว่า คะแนนความชอบด้านสี กลิ่น รสชาติ และความชอบรวม มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$), ในขณะที่คะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัส ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) ทั้งนี้ ปลาหลังเขียวอบแห้งที่ใช้อุณหภูมิในการอบแห้ง 60 องศาเซลเซียส ได้รับคะแนนความชอบด้านสี กลิ่น รสชาติ และความชอบโดยรวมสูงสุด โดยมีคะแนนความชอบ เท่ากับ 7.53, 7.67, 7.63 และ 7.87 ตามลำดับ นอกจากนี้ พบว่าคะแนนการยอมรับด้านกลิ่น เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมของปลาหลังเขียวอบแห้งด้วยอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส มีคะแนนต่ำที่สุด ซึ่งมีคะแนน เท่ากับ 6.57, 5.93 และ 6.57 ตามลำดับ

ตารางที่ 6 ค่าเฉลี่ยคะแนนการทดสอบการยอมรับทางด้านประสาทสัมผัสของของปลาหลังเขียวอบแห้งที่อุณหภูมิแตกต่างกัน

n = 30

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัส				
	สี	กลิ่น	รสชาติ	เนื้อสัมผัส	ความชอบโดยรวม
50	6.63±0.59[b]	6.57±0.87[c]	6.53±0.85[b]	5.93±0.12[c]	6.57±0.83[c]
60	7.53±0.90[a]	7.67±0.84[a]	7.63±0.19[a]	6.83±0.62[a]	7.87±0.90[a]
70	7.03±0.96[ab]	7.00±0.91[b]	6.63±0.40[b]	6.23±0.77[b]	7.10±0.92[b]

หมายเหตุ: [a-c] คือ ความแตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกัน หมายถึง ตัวอย่างมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

อุณหภูมิที่เหมาะสมในการทำแห้งปลาหลังเขียว คือ 60 องศาเซลเซียส เนื่องจากผลิตภัณฑ์มีมีคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้านสี กลิ่น รสชาติ และความชอบโดยรวมสูงสุด นอกจากนี้ อุณหภูมิในกระบวนการอบแห้งส่งผลต่อคุณลักษณะทางเคมี-กายภาพ และการยอมรับทางประสาทสัมผัส โดยจากผลการวิเคราะห์คุณลักษณะด้านสีของปลาหลังเขียวอบแห้งที่อุณหภูมิสูงขึ้น (ตารางที่ 1) โดยลักษณะสีของปลาหลังเขียวอบแห้งมีสีน้ำตาลเข้มมากขึ้นเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น สอดคล้องกับค่า L* (ความสว่าง) และค่า a* (ความเป็นสีแดง) ลดลง เนื่องจากการอบแห้งที่อุณหภูมิสูง สามารถเร่งการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล ได้แก่ ปฏิกิริยาเมลลาร์ด (Maillard reaction) ของน้ำตาลรีดิวซ์กับโปรตีนและปฏิกิริยาคาราเมไลเซชัน (Caramelization) จากน้ำตาล (Thanonkaew *et al*., 2006) นอกจากนี้ปฏิกิริยาเมลลาร์ดที่เกิดขึ้นระหว่างการอบ อาจก่อให้เกิดสารประกอบหลายชนิดที่ให้สีน้ำตาล และกลิ่นรสต่างๆ ที่พึงประสงค์ ส่งผลให้เกิดสีและกลิ่นรสที่ดีในผลิตภัณฑ์ประเภทเนื้อสัตว์ที่ใช้ในการทอด การอบ และการปิ้งย่าง (Rittiyapranon, 2015) อีกทั้งปฏิกิริยาเคมีที่มีความเป็นไปได้ในการทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสีของกล้ามเนื้อปลาในระหว่างการแปรรูปด้วยความร้อน คือ ปฏิกิริยาระหว่างสารประกอบแอลดีไฮด์ที่เกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันกับหมู่เอมีน (amine group) ของฟอสโฟลิปิดบางชนิด ซึ่งส่งผลให้เกิดสีน้ำตาลในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ (Thanonkaew *et al*., 2006) นอกจากนี้ผลการวิจัยสอดคล้องกับรายงานวิจัยของ Kong *et al*. (2007) รายงานว่า ปลาแซลมอนที่อบแห้งด้วยลมร้อนด้วยอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส มีค่า L* ต่ำกว่าปลาแซลมอนที่อบแห้งที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ภายใต้สภาวะสุญญากาศ เนื่องจากอุณหภูมิในการอบแห้งที่สูงขึ้น อาจเหนี่ยวนำให้เกิดปฏิกิริยา Lipid oxidation รวมถึงปฏิกิริยา Protein-lipid oxidation ซึ่งส่งผลให้ลักษณะปลามีสีคล้ำยิ่งขึ้น (ตารางที่ 1)

ด้านลักษณะเนื้อสัมผัสของปลาหลังเขียวอบแห้งด้วยอุณหภูมิที่สูงขึ้น มีผลต่อค่า cutting strength และ work of shear เพิ่มขึ้น (ตารางที่ 2) ทั้งนี้ อุณหภูมิในการอบแห้งที่เพิ่มสูงขึ้น เป็นปัจจัยที่สำคัญที่ส่งผลต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ปลาอบแห้ง โดยความร้อนทำให้โปรตีนเกิดการเสียสภาพธรรมชาติ (Protein denaturation) ทั้งนี้การเสื่อมสภาพธรรมชาติของกล้ามเนื้อปลาเนื่องจากความร้อน สามารถเกิดขึ้นได้ที่อุณหภูมิ 40-80 องศาเซลเซียส (Kong *et al*., 2007) นอกจากนี้ เนื้อสัมผัสของปลาเกิดการเปลี่ยนแปลงระหว่างการอบแห้ง เนื่องจากเกิดการเสียสภาพธรรมชาติของโปรตีนชนิด myofibrillar proteins และการทำให้เนื้อเยื่อนุ่มลงจากการเกิดเจลและการละลายของคอลลาเจนอาจมีส่วนทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในเนื้อสัมผัสของเนื้อปลาซาร์ดีน อีกทั้ง การให้ความร้อนเป็นเวลานานส่งผลให้การเปลี่ยนสภาพของโปรตีนเกิดขึ้นเร็วขึ้น Nadia *et al*. (2011) รายงานว่า การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิอากาศทำให้ความชื้นสัมพัทธ์ลดลงอย่างมาก ส่งผลให้การสูญเสียน้ำที่ผิวของกล้ามเนื้อปลาซาร์ดีน โดยการสูญเสียน้ำที่ผิวหน้า

ของกล้ามเนื้อปลาที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส สูงกว่า 40 องศาเซลเซียส ส่งผลให้กล้ามเนื้อปลาที่อบด้วยอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส มีความแข็งที่สูงกว่า 40 องศาเซลเซียส Nursyah *et al*. (2022) รายงานว่า การแปรรูปด้วยความร้อนต่อเนื้อสัมผัสของปลาแซลมอนแปซิฟิกในช่วงอุณหภูมิ 60-100 องศาเซลเซียส และความแข็งเพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น

ความชื้นและค่า water activity เป็นดัชนีที่บงชี้การเน่าเสียของผลิตภัณฑ์อาหาร ทั้งนี้จากผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่าอุณหภูมิการอบแห้งที่เพิ่มสูงขึ้นส่งผลให้ปริมาณความชื้นและค่า water activity ในปลาหลังเขียวอบแห้งลดลง (ตารางที่ 3) นอกจากนี้ ปริมาณความชื้นของปลาหลังเขียวอบแห้งทั้ง 3 สภาวะ สอดคล้องตามาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช. 6/2549) ที่กำหนดให้ผลิตภัณฑ์ปลาแห้งมีความชื้นไม่เกินร้อยละ 20 (Thai Community Product Standards, 2003)นอกจากนี้ ผลการวิจัยสอดคล้องกับงานวิจัยของ Matlala and Mathew (2019) รายงานว่า ปลานิลอบแห้งด้วยอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส มีปริมาณความชื้นต่ำกว่าอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส

ปฏิกิริยา lipid oxidation เป็นปฏิกิริยาเคมีที่มีความสำคัญต่ออายุการเก็บรักษาอาหาร เนื่องจากสารเคมีที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาดังกล่าวส่งผลให้เกิดกลิ่นหืนในอาหาร โดยปัจจัยที่สำคัญที่เหนี่ยวนำ หรือเร่งการเกิดปฏิกิริยา lipid oxidation ได้แก่ ออกซิเจน ความร้อน แสง และเอนไซม์ สำหรับ Thiobarbituric acid reactive substances (TBARs content) และค่า peroxide (PV) ใช้ในการวัดอัตราการเกิดปฏิกิริยา lipid oxidation ทั้งนี้ ค่า Thiobarbituric acid reactive substances (TBARs content) และค่า peroxide (PV) ในปลาหลังเขียวมีค่าเพิ่มขึ้น เมื่ออุณหภูมิการอบแห้งสูงขึ้น เนื่องจากอุณหภูมิในการทำแห้งเพิ่มขึ้น ส่งผลให้เกิดการเร่งปฏิกิริยาการเกิดออกซิเดชันของไขมัน ทำให้ปริมาณเพอร์ออกไซด์เพิ่มขึ้น โดยอุณหภูมิสูงเป็นปัจจัยหนึ่งที่จะส่งผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาที่เพิ่มขึ้น (Ratchada *et al*., 2023) ทั้งนี้ ผลของปฏิกิริยา lipid oxidation ทำให้เกิดอนุมูลอิสระ และเกิดปฏิกิริยาอย่างต่อเนื่อง ทำให้เกิดไฮโดรเพอร์ออกไซด์ (hydroperoxide) ซึ่งสามารถแตกตัวเป็นสารประกอบคาร์บอนิล (carbonyl compounds) และสารประกอบพอลิเมอร์ไรซ์ (polymerized compounds) เป็นสาเหตุสำคัญของการเสื่อมคุณภาพด้านรสชาติ สี และเนื้อสัมผัสของปลา นอกจากนี้ Thanonkaew *et al*. (2007) พบว่า กระบวนการหมักและการทำแห้งมีผลโดยตรงต่อการเปลี่ยนแปลงทางเคมีของไขมันในกล้ามเนื้อปลา ซึ่งส่งผลให้เกิดปฏิกิริยา lipid oxidation เพิ่มขึ้นระหว่างกระบวนการแปรรูป (40-70 องศาเซลเซียส) และมีค่าเพิ่มขึ้นระหว่างการเก็บรักษา

การยอมรับทางประสาทสัมผัสต่อผลิตภัณฑ์ปลาหลังเขียวอบแห้งด้วยอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ได้รับคะแนนความชอบด้านสี กลิ่น รสชาติ และความชอบโดยรวมสูงสุด ในขณะที่ คะแนนการยอมรับด้านกลิ่น เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมของปลาหลังเขียวอบแห้งด้วยอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส มีคะแนนต่ำที่สุด ทั้งนี้เนื่องจากปลาหลังเขียวที่อบด้วยอุณหภูมิต่ำมีลักษณะเนื้อสัมผัสเหนียว และมีกลิ่นคาว จึงส่งผลต่อระดับคะแนนการยอมรับที่ต่ำ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Jahan *et al*. (2024) รายงานว่า คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้าน สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมของปลา *Puntius sophore* อบแห้งที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส มีคะแนนการยอมรับต่ำกว่าปลาที่อบด้วยอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะเพื่อการนำผลวิจัยไปใช้ประโยชน์

1. แนวทางในการผลิตปลาหลังเขียวอบแห้ง โดยใช้อุณหภูมิอบแห้งที่เหมาะสม คือ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลาอย่างน้อย 6 ชั่วโมง เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ปลาหลังเขียวอบแห้งที่มีคุณภาพที่ดี และเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคมากยิ่งขึ้น อีกทั้งลดโอกาสการเน่าเสียระหว่างการจัดจำหน่าย

2. เป็นแนวทางการเพิ่มมูลค่าให้กับวัตถุดิบปลาหลังเขียวสำหรับผู้ประกอบการด้านผลิตภัณฑ์ประมง

ข้อเสนอแนะเพื่อการวิจัยครั้งต่อไป

จากผลการวิจัยดังกล่าว สามารถนำข้อมูลไปประยุกต์ใช้เป็นแนวทางในการแปรรูปปลาหลังเขียวอบแห้งโดยใช้อุณหภูมิที่เหมาะสม อย่างไรก็ตาม ควรมีการศึกษาเปรียบเทียบวิธีอบที่ผู้ผลิตใช้อยู่กับวิธีของผู้วิจัย รวมถึงศึกษาบรรจุภัณฑ์ และสภาวะการเก็บรักษาที่เหมาะสม รวมถึงศึกษาอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ เพื่อเป็นข้อมูลให้กับผู้ผลิตและผู้บริโภค และคำนวณต้นทุนการผลิต เพื่อนำไปต่อยอดในเชิงพาณิชย์ได้

References

Association of Official Analytical Chemists (AOAC). 1995. *Official methods of analysis of AOAC*. Washing DC: Association of Official Analytical Chemists.

Jahan, S.N., Jerin, I., Kobra, K. and Kumar, I. (2024). Quality assessment of oven dried fish at three different temperature. *International Journal of Oceanography and Aquaculture*. 8(2),1-5. doi 10.23880/ijoac-16000322

Kong, F., Tang, J., Rasco, B. and Crapo, C. (2007). Kinetics of salmon quality changes during thermal processing *Journal of Food Engineering*. 83, 510-520. doi 10.1016/j.jfoodeng.2007.04.002

Kongruang, C. and Waewsak, J. (2013). The production potential analysis of traditional seafood processing industry around Songkhla lake basin. *Journal of Management Walailak University*. 2(3), 56-60.

Matlala, G.P. and Mathew, D.K. (2019). Investigation of the effects of temperature and drying time on some quality parameters of dry fish (Tilapia). *Advances in Fishery, Aquaculture and Hydrobiology*. 7(3), 21-26.

Nadia, D.M., Catherine, B., Nabil, K. and Nourhène, M.B. (2011). Effect of air drying on color, texture and shrinkage of sardine (*Sardina pilchardus*) muscles. *Journal of Nutrition & Food Sciences*. 1(4), 1-7.

Nanthajirapong, N., Sirinam, S. and Konkanatnikorn, R. (2019). Factors that affect the quality of the Trichogaster pectoralis dried fish by the solar dried oven. *Huachiew Chalermprakiet Science and Technology Journal*. 5(2), 72-83.

Nursyah, F., Sharon, X.Y.C., Noor, H.C.L., Faidruz, A.J., Norazlan, M.M., Nurkhalida, K., Murni, N.S., Mohd, A.M.L., Chen, F.L., Hamizah, S.H., Emelda, R.R., Ahmed, M. and Faridah, A. (2022). A comprehensive review on the processing of dried fish and the associated chemical and nutritional changes. *Foods.* 11(19), 1-28.

Ratchada, A. , Kitthawat, B., and Kanitta, W. (2023). shelf-life evaluation of dehydrated thai river sprat (*Clupeichthys aesarnensis*) product in packaging with nitrogen gas using accelerated testing method. *Journal of Food Technology, Siam University*. 18(1), 10-20.

Rattanapon, R., Kertnat, P. and Thavaroj, W. (2021). *Quality improvement and shelf-life extension of dried goldstripe sardinella.* (Research report). Songkhla.

Rittiyapranon, N. (2015). *Principle of food processing*. Bangkok: Odeonstore press.

Supornpit, N. (2014). The Gulao fish drying process using an electrical energy dryer with PID temperature control. *Prince of Naradhiwas University Journal*. 7(2), 1-11.

Suseno, U.H., Syari, C., Zakiyah, E.R., Jacoeb, A.M., Izaki, A.F. Saraswati and Hayati, S. (2014). Chemical composition and fatty acid profile of small pelagic fish (*Amblygaster sirm* and *Sardinella gibbosa*) from Muara Angke. Indonesia. *Oriental Journal of Chemistry*. 30(3), 1153-1158. doi http://dx.doi.org/10.13005/ojc/300328

Thai Community Product Standards. (2003). *Dried fish* (6/2549). Thai Industrial Standards Institute

Thanonkaew, A., Juntachote, T. and Pecharat, S. (2017). Effect of fermentation and drying on changes of lipid and protein in dry fermented catfish (Pla-duk-ra) produced from farmed catfish and wild catfish. *Thaksin University Journal*. 12(3), 214-224.