

**การพัฒนาผลิตภัณฑ์ปลาดุกแดดเดียวของวิสาหกิจชุมชน
โดยใช้ตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ “รุ่นหลังเต่า”
COMMERCIAL PRODUCT DEVELOPMENT OF SEMI-DRIED
CATFISH FOR COMMUNITY ENTERPRISE BY THE SOLAR DRYER CABINET
“HLANG TAO MODEL”**

วันที่รับ : 4 พฤศจิกายน 2565

วันที่แก้ไข : 15 มกราคม 2566

วันที่ตอบรับ : 16 มกราคม 2566

ถกรัตน์ ทักซิมา^{1*},

ปิยะพงษ์ ยงเพชร² และ ปณิธิ สุวรรณอมรเลิศ¹

Takunrat Taksima^{1*},

Piyaphong Yongphet² and Panitee Suwanamornler¹

¹วิทยาลัยการแพทย์บูรณาการ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต กรุงเทพมหานคร 10210

¹College of Integrative Medicine, Dhurakij Pundit University, Bangkok 10210

²คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ในพระบรมราชูปถัมภ์

จังหวัดปทุมธานี 13180

²Faculty of Science and Technology, Valaya AlongkornRajabhat University

under The Royal Patronage, Pathum Thani 13180

*Corresponding author: Email: takunrat.tak@dpu.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ปลาดุกแดดเดียวโดยใช้ตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ “รุ่นหลังเต่า” และทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสเพื่อคัดเลือกผลิตภัณฑ์สูตรมาตรฐานที่มีความเหมาะสมต่อการนำไปวิเคราะห์คุณภาพทางด้านเคมี กายภาพ และจุลินทรีย์ซึ่งเป็นการทำงานแบบมีส่วนร่วมระหว่างมหาวิทยาลัยและชุมชนเพื่อพัฒนาและส่งเสริมผลิตภัณฑ์ปลาดุกแดดเดียวของชุมชนให้ได้คุณภาพ จากการพัฒนาผลิตภัณฑ์ปลาดุกแดดเดียวโดยใช้ตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ทั้ง 3 สูตร ประกอบด้วย สูตรที่ 3 (ปลา:น้ำ:น้ำปลา = 100 : 50 : 40 โดยน้ำหนัก) สูตรที่ 3.1 (ปลา:น้ำ:น้ำปลา:น้ำตาล = 100 : 50 : 40 : 10 โดยน้ำหนัก) และสูตรที่ 3.2 (ปลา:น้ำ:น้ำปลา:น้ำตาล = 100 : 50 : 35 : 15 โดยน้ำหนัก) ศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคจำนวน 120 คน ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสพบว่าผู้บริโภคให้การยอมรับผลิตภัณฑ์สูตรที่ 3.2 มากที่สุด จากการประเมินคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ปลาดุกแดดเดียวของผู้บริโภค พิจารณาจากลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ และความชอบโดยรวม และการใช้วิธี yes or no scale เพื่อประเมินการยอมรับโดยรวม และความสนใจในการซื้อ พบว่าคะแนนความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์ปลาดุกแดดเดียวมีมากกว่า 6.00 (ในระดับ 9 คะแนน) โดยได้รับการยอมรับ (86.2%) และความสนใจในการซื้อ (95.83%) และเมื่อนำผลิตภัณฑ์ปลาดุกแดดเดียวมาศึกษาคุณสมบัติทางเคมีพบว่ามีความชื้น เถ้า โปรตีน ไขมันและ เกลือ เท่ากับ ร้อยละ 54.84, 4.84, 27.21, 9.83 และ 3.18 ตามลำดับ ปริมาณกรดแลกติกเท่ากับร้อยละ 0.28 ค่าปริมาณไนโตรเจน (TMA) และค่าปริมาณด่างที่ระเหยได้ทั้งหมด (TVB) เท่ากับ 7.87 และ 1.34 มก.ไนโตรเจน/100 กรัมตัวอย่าง ส่วนคุณสมบัติทางกายภาพพบว่ามีความชื้น L*, a*, b* เท่ากับ 42.33, 4.76, 15.64 ค่าปริมาณน้ำอิสระในอาหาร (aw) เท่ากับ 0.78 ค่าความเป็นกรดต่าง (pH) เท่ากับ 6.44 ตามลำดับ และมีผลทางด้านจุลินทรีย์อยู่ในเกณฑ์ที่มาตรฐานกำหนดไว้ ผลิตภัณฑ์ของชุมชนที่ได้จากการอบแห้งด้วยตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ “รุ่นหลังเต่า” นี้มีคุณภาพและความสะอาดถูกสุขลักษณะ

คำสำคัญ: ปลาดุกแดดเดียว, ผลิตภัณฑ์จากปลา, ตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์, รุ่นหลังเต่า, พลังงานทดแทน



ABSTRACT

This research objectives were to development semi-dried catfish with the solar dryer cabinet “HLANG TAO MODEL”, and to examine sensory acceptability tests to select product standards suitable for analyzing chemical, physical, and microbial quality. It is a collaborative work between the university and the community to develop and promote quality of semi-dried catfish products in the community. To develop semi-dried catfish with the solar dryer cabinet, three recipes were tested. They included recipe 3 (fish: water: fish sauce = 100: 50: 40 by weight), recipe 3.1 (fish: water: fish sauce: sugar = 100: 50: 40: 10 by weight), and recipe 3.2 (fish: water: fish sauce: sugar = 100: 50: 35: 15 by weight). The finished products were tested for the acceptance by 120 consumers. The sensory test showed that the most accepted community product by consumers was recipe 3.2. Consumers evaluated semi-dried catfish products for acceptability of appearance, color, aroma, taste and overall liking. A binomial (yes/no) scale was employed to evaluate the overall acceptance and purchase intent. The results revealed that the overall liking score of semi-dried catfish products was over 6.00 (on a 9-point scale) within positive acceptance (86.2%) and purchase intent (95.83%). The chemical compositions of semi-dried catfish products of moisture, ash, protein, lipid, fiber and salt contents were 54.84, 4.84, 27.21, 9.83 and 3.18, respectively. Lactic acid, Trimethylamine (TMA) and Total volatile base (TVB) content were 0.28, 7.87 and 1.34 mg.N/100g sample, respectively. The physical compositions of semi-dried catfish products consisting of L*, a*, b*, water activity (aw) and pH were 42.33, 4.76, 15.64, 0.78 and 6.44 respectively. The results of the microbiological criterion followed a standard. The community product obtained by drying with this solar dryer cabinet “HLANG TAO MODEL” were of high quality and hygienic hygiene.

Keywords: Semi-dried Catfish, Fish Products, The Solar Dryer Cabinet, Hlang Tao Model, Renewable Energy

บทนำ

สภาพเศรษฐกิจในปัจจุบันอยู่ในสภาวะตกต่ำทำให้เกิดวิกฤตการณ์หลายประการ เช่น การผันผวนทางเศรษฐกิจในประเทศ ราคาน้ำมันที่สูงขึ้น รวมถึงปัญหาราคาพืชผลทางการเกษตรตกต่ำ ซึ่งได้ส่งผลกระทบต่อการดำรงชีวิตของประชาชนทั่วไป โดยเฉพาะประชาชนที่อาศัยในชนบทมีรายได้ต่ำลงแต่ค่าครองชีพในปัจจุบันมีแนวโน้มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง อีกทั้งการเกิดปัญหาวางานซึ่งเกิดจากการลดกำลังคนในภาคธุรกิจอุตสาหกรรม หรือปัญหาการมีรายได้ไม่เพียงพอจากรายจ่ายจากการประกอบอาชีพหลัก ซึ่งปัญหาดังกล่าวล้วนเป็นสาเหตุของความไม่เข้มแข็งของชุมชนที่ไม่สามารถแก้ปัญหาของตนเองได้ (สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ, 2559, น.224) นโยบายในการแก้ไขปัญหาของทางภาครัฐภายใต้สนับสนุนการสร้างอาชีพในชุมชน โดยเฉพาะการทำให้คนในชุมชนมีงานทำก่อให้เกิดรายได้พึ่งพาตนเองได้ ทำให้ชุมชนมีความเข้มแข็งส่งเสริมภูมิปัญญาท้องถิ่นให้เป็นที่ยอมรับและได้มาตรฐานสู่สากลมากขึ้น เพื่อให้คนในชุมชนสามารถพึ่งพาตนเองได้ อันจะนำไปสู่การสร้างเสริมความเข้มแข็งให้กับเศรษฐกิจชุมชน โดยการใช้ความรู้ภูมิปัญญาท้องถิ่น วัฒนธรรม ทักษะฝีมือ อันจะทำให้เกิดสินค้าชุมชนที่มีคุณภาพและสร้างรายได้ให้กับชุมชนได้อย่างมั่นคง

ปลาดุกเป็นสัตว์น้ำจืดเศรษฐกิจที่สำคัญมีถิ่นกำเนิดดั้งเดิมอยู่ในประเทศไทย เป็นแหล่งของโปรตีนที่มีคุณภาพสามารถนำมาประกอบอาหารได้หลากหลายเมนู ปัจจุบันความต้องการของตลาดวงจรชีวิตของปลาชนิดนี้ได้ก่อให้เกิดอาชีพต่าง ๆ อีกหลายทางตลอดทั้งการซื้อขายและการจำหน่ายที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของประเทศ (กองประมงต่างประเทศ, 2562, น.13) พบว่าสามารถทำรายได้สูงเป็นอันดับสองรองจากปลาช่อน อย่างไรก็ตามปริมาณของการเพาะเลี้ยงปลาดุกมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นทุกปี เนื่องจากเป็นปลาที่เลี้ยงง่าย โตเร็วและเนื้ออร่อยรสชาติดี เป็นที่นิยมในการบริโภค มีคุณค่าทางอาหารค่อนข้างสูง เป็นแหล่งโปรตีนที่สำคัญอีกแหล่งหนึ่ง และสามารถนำมาแปรรูปได้หลากหลาย (ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืดสุพรรณบุรี, 2563, น.55)

การแปรรูปเป็นการถนอมอาหารโดยใช้กรรมวิธีต่าง ๆ ซึ่งยังคงมีคุณลักษณะและคุณภาพที่ผู้บริโภคต้องการ สำหรับการถนอมอาหารด้วยวิธีการอบแห้งโดยใช้ตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ “รุ่นหลังเต่า” เป็นการใช้อยู่อาศัยจากพลังงานแสงอาทิตย์ เพื่อเป็นการประยุกต์นำพลังงานทดแทนมาใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด ไม่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ช่วยลดระยะเวลาในการอบแห้งผลิตภัณฑ์ สามารถใช้งานได้ง่าย และต้องทำการตากแห้งภายในพื้นที่ที่ปิดจะช่วยลดปัญหาการปนเปื้อนจากฝุ่นละอองแมลงรบกวนได้ ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพดีขึ้น และถูกสุขลักษณะ ซึ่งวิธีการนี้เป็นการยกระดับคุณภาพของผลิตภัณฑ์ได้ดียิ่งกว่าการทำแห้งโดยการตากแดดที่เป็นวิธีแบบดั้งเดิม และในปัจจุบันพบว่าการใช้พลังงานแสงอาทิตย์ซึ่งเป็นพลังงานความร้อนที่มีศักยภาพสูงในการนำมาแปรรูปผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ โดยใช้สำหรับการอบแห้งหรือลดความชื้นในการเก็บถนอมอาหารให้มีอายุการเก็บรักษาได้นานขึ้น (ธีรพงศ์ บริรักษ์ และคนอื่น ๆ, 2564, น.184) และสามารถนำอาหารไปแปรรูปเพื่อสร้างมูลค่าเพิ่มได้

ในพื้นที่ตำบลเชียงรากน้อย อำเภอบางไทร จังหวัดพระนครศรีอยุธยา เป็นพื้นที่ที่มีการเพาะเลี้ยงปลาตกเป็นอาชีพหลักสำหรับการค้าขายและมีการแปรรูปผลิตภัณฑ์จากปลาตก โดยเฉพาะปลาตกแดดเดียว ซึ่งเป็นปลาน้ำจืดเศรษฐกิจที่สำคัญอันดับ 1 ของคนในชุมชนซึ่งแต่ก่อนชุมชนนิยมนำเนื้อปลาที่ผ่านกระบวนการแปรรูปเพื่อเตรียมทำ ปลาแดดเดียวมาวางไว้บริเวณลานที่โล่ง หรือบนหลังคา เพื่อลดความชื้นผลิตภัณฑ์โดยการรับความร้อนจากแสงอาทิตย์โดยตรง นั้นทำให้เนื้อปลาแห้งไม่สม่ำเสมอ มีแมลงวันมาวางไข่ และมีฝุ่นละอองต่าง ๆ ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ของชุมชนได้รับความเสียหาย การการลงพื้นที่ของนักวิจัยร่วมกับชุมชนร่วมกันเสนอแนวทางเพื่อเป็นการเพิ่มศักยภาพการผลิตปลาตกแดดเดียวให้มีคุณภาพสามารถลดปัญหาด้านการมีฝุ่นละออง แมลงวันตอม การปนเปื้อนด้านจุลินทรีย์ และอื่น ๆ ซึ่งมีผลทำให้ผลิตภัณฑ์ไม่ปลอดภัยต่อการนำมาบริโภค และที่สำคัญเป็นการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีในชุมชน ดังนั้นการอบแห้งของปลาตกด้วยตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ มีความปลอดภัยสูงสามารถเก็บไว้บริโภคและจำหน่ายได้นานอีกด้วย การอบแห้งผลิตภัณฑ์ปลาตกด้วยตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ จึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการผลิตปลาตกแดดเดียวเพื่อเป็นการยกระดับคุณภาพให้กับผลิตภัณฑ์ของชุมชนให้มีมูลค่าสูงขึ้นโดยใช้วัตถุดิบในท้องถิ่นเป็นการเสริมสร้างและพัฒนาขีดความสามารถในการแข่งขันของภาคการผลิต และมีความเชื่อมโยงกับยุทธศาสตร์การพัฒนาภาคของประเทศในการพัฒนาการผลิตสินค้าเกษตรหลักของภาคและสร้างความเข้มแข็งให้กับสถาบันเกษตรกร ซึ่งสอดคล้องกับความต้องการและศักยภาพของเกษตรกรในพื้นที่ตำบลเชียงรากน้อย อำเภอบางปะอิน จังหวัดพระนครศรีอยุธยา ดังนั้นผู้วิจัยได้เล็งเห็นถึงความสำคัญและคุณค่าของผลิตภัณฑ์ปลาตกซึ่งเป็นอาชีพที่สร้างรายได้ให้กับศูนย์เรียนรู้ชุมชนในพื้นที่ตำบลเชียงรากน้อย อำเภอบางไทร จังหวัดพระนครศรีอยุธยา จึงสนใจศึกษาและพัฒนาผลิตภัณฑ์ปลาตกแดดเดียวโดยใช้เทคโนโลยีตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ “รุ่นหลังเต่า” เพื่อยกระดับการผลิตสินค้าเกษตรที่เป็นอัตลักษณ์ และเหมาะสมกับศักยภาพพื้นที่เป็นการเปิดโอกาสให้เกษตรกรได้รับการส่งเสริมและพัฒนาต่อยอดการประกอบอาชีพด้านการผลิตปลาตกให้ประสบความสำเร็จในเชิงธุรกิจต่อไป

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ปลาตกแดดเดียวโดยใช้ตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ “รุ่นหลังเต่า” ให้กับศูนย์เรียนรู้ชุมชนในพื้นที่ตำบลเชียงรากน้อย อำเภอบางไทร จังหวัดพระนครศรีอยุธยา
2. ทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสเพื่อคัดเลือกผลิตภัณฑ์สูตรมาตรฐานที่มีความเหมาะสมต่อการนำไปวิเคราะห์คุณภาพ ทางด้านเคมี กายภาพ และจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์ปลาตกแดดเดียว

วิธีดำเนินการวิจัย

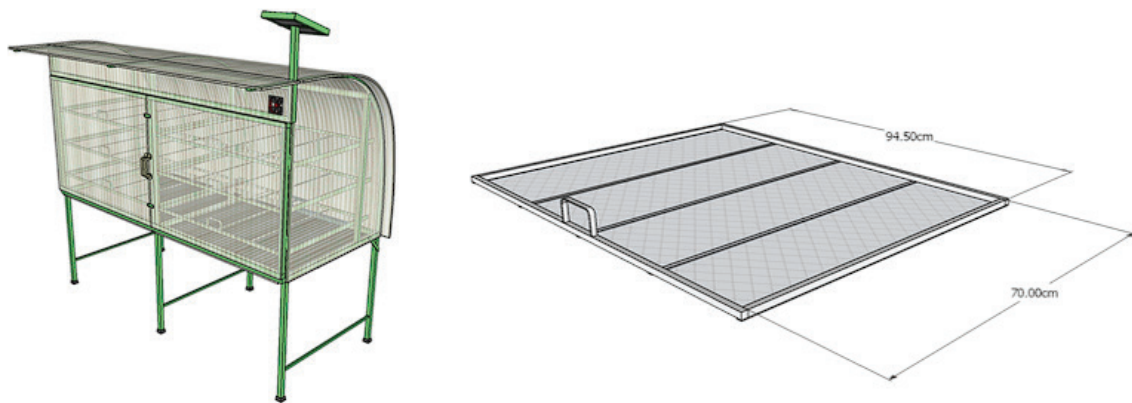
การวิจัยครั้งนี้มีรูปแบบการวิจัยและพัฒนา (Research and Development) แบบผสมผสานที่มุ่งเน้นเป็นการวิจัยที่ใช้วิธีวิทยา ทั้งเชิงปริมาณ และเชิงคุณภาพร่วมกัน โดยมีรายละเอียดและขั้นตอนของการดำเนินงานต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

1. การเตรียมตัวอย่าง วัตถุดิบ และอุปกรณ์

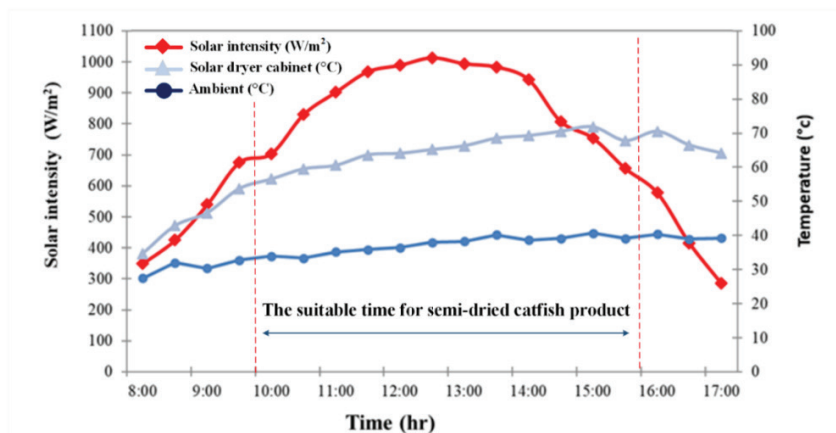
1.1 ปลาตกที่ใช้ในงานวิจัยนี้มีขนาด 5-6 ตัวต่อกิโลกรัม ที่เลี้ยงภายในชุมชนตำบลเชียงรากน้อย อำเภอบางไทร จังหวัดพระนครศรีอยุธยา

1.2 ส่วนประกอบของการหมักจะใช้วัตถุดิบต่าง ๆ ดังนี้ เกล็ดตราปรุ่งทิพย์ (ยี่ห้อปรุ่งทิพย์) น้ำตาลทราย (ยี่ห้อมิตรผล) น้ำปลา (ยี่ห้อทิพรส) และน้ำมันปาล์ม (ยี่ห้อมรกต)

1.3 ตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์รุ่นหลังเต่า “รุ่นหลังเต่า” (ภาพ 1) มีลักษณะเป็นครึ่งพาราโบลา โดยมีหลังคล้ายหลังเต่าหันไปทางทิศใต้เอียงรับแสง และคลุมด้วยแผ่นโพลีคาร์บอเนตช่วยเพิ่มอุณหภูมิภายในสูงประมาณ 60-70 °C มีระบบการกระจายลมร้อนและลดความชื้นภายในตู้อบแห้งเป็นอย่างดี มีประตูเปิด-ปิด และชั้นตากแห้งออกแบบให้ใช้งานง่ายและใช้พื้นที่ให้คุ้มค่าที่สุด (ปิยะพงษ์ ยงเพชร, 2560, น.1-12) การออกแบบและพัฒนาเทคโนโลยีตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ “รุ่นหลังเต่า” เป็นเทคโนโลยีพลังงานทดแทนที่นำพลังงานความร้อนจากดวงอาทิตย์มาใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุดไม่ก่อให้เกิดมลพิษต่อผู้ใช้งานและสิ่งแวดล้อม มีขนาดกว้าง 2.00 เมตร ยาว 0.80 เมตร และสูง 1.68 เมตร (ปิยะพงษ์ ยงเพชร และคนอื่น ๆ, 2565ก) สามารถใช้พื้นที่ในการติดตั้งน้อย โดยสามารถใช้งานบนพื้นที่ที่ไม่มีไฟฟ้า มีต้นทุนในการผลิตไม่สูง ใช้งานง่าย และมีความเหมาะสมอย่างยิ่ง ต่อการอบแห้ง ซึ่งมีประสิทธิภาพการทำงานเฉลี่ย 4-5 ชั่วโมงต่อวัน สามารถตากแห้งผลผลิตน้ำหนักประมาณ 40 กิโลกรัมต่อรอบ วัสดุในการจัดสร้างสามารถหาซื้อในประเทศ 100 เปอร์เซ็นต์ และมีอายุการใช้งานมากกว่า 10 ปี ทั้งนี้ได้มีการออกแบบหลายขนาดเพื่อเหมาะสมในการใช้งาน มีการนำไปตากปลา ขนมันเส้นแห้ง สมุนไพร และมีการจำหน่ายเกิดการสร้างรายได้ให้กับชุมชนอย่างยั่งยืน (ปิยะพงษ์ ยงเพชร และคนอื่น ๆ, 2565ข) ประสิทธิภาพการทำงาน เริ่มทดลองและเก็บข้อมูลตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์รุ่นหลังเต่าที่ไม่มีผลิตภัณฑ์ภายในตู้ เริ่มเวลา 8.00 น. ถึง 17.00 น. ที่มีความเข้มของแสงอาทิตย์ (Solar Intensity, It) เฉลี่ย 727.13 W/m² อุณหภูมิแวดล้อม (Ambient, °C) เฉลี่ย 36.34 °C จากการเก็บข้อมูลพบว่าภายในตู้อบแห้งมีอุณหภูมิภายใน (Solar Dryer Cabinet, °C) เฉลี่ยอยู่ที่ 61.24 °C ดังแสดงในภาพ 2



ภาพ 1 ตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์รุ่นหลังเต่า “รุ่นหลังเต่า” (แบบ Isometric) และชั้นสำหรับตากแห้งผลิตภัณฑ์



ภาพ 2 ผลการทดสอบการทำงานตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ “รุ่นหลังเต่า” กรณีไม่มีผลิตภัณฑ์ภายในตู้อบแห้ง

2. ศึกษาและคัดเลือกปลาดุกแดดเดียวสูตรพื้นฐาน

2.1 สืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับสูตรปลาดุกแดดเดียวจากการลงพื้นที่สัมภาษณ์และสังเกตการณ์การผลิตจากพื้นที่ตำบลเชียงรากน้อย อำเภอบางไทร จังหวัดพระนครศรีอยุธยา เพื่อใช้เป็นปลาดุกแดดเดียวสูตรพื้นฐาน

2.2 การศึกษาสูตรพื้นฐานปลาดุกแดดเดียว ผลิตภัณฑ์ปลาดุกแดดเดียวสูตรพื้นฐานที่ได้จากการสืบค้นตามข้อที่

2.1 แสดงดังตาราง 1 ทั้ง 3 สูตร นำมาทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี 9-Point Hedonic Scale จำนวนผู้ทดสอบ 30 คน (Meilgaard et al., 2007) พิจารณาคูณลักษณะทางด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ และความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์เพื่อนำสูตรพื้นฐานที่ผู้บริโภคให้การยอมรับมากที่สุดมาเป็นสูตรพื้นฐานสำหรับพัฒนาผลิตภัณฑ์ขั้นต่อไป

ตาราง 1 ส่วนผสมพื้นฐานของการผลิตผลิตภัณฑ์ปลาดุกแดดเดียว

ผลิตภัณฑ์	ส่วนผสม (โดยน้ำหนัก)				
	ปลา	น้ำ	เกลือ	น้ำตาล	น้ำปลา
สูตรที่ 1	100	45	15	-	-
สูตรที่ 2	100	45	15	15	-
สูตรที่ 3	100	50	-	-	40

3. การศึกษาพัฒนาสูตรมาตรฐานผลิตภัณฑ์ปลาดุกแดดเดียว

นำปลาดุกแดดเดียวที่ผู้บริโภคให้การยอมรับมากที่สุดข้อ 2.2 มาปรับปรุงรสชาติให้ได้สูตรมาตรฐาน ผู้วิจัยกำหนดอัตราส่วนต่าง ๆ ในตาราง 2 จากนั้นนำปลาดุกแดดเดียวทั้ง 3 สูตร ที่ผ่านการตากแห้งในตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ “รุ่นหลังเต่า” ดังภาพ 3 เวลาที่ใช้ตากแห้ง 6 ชั่วโมง (โดยประมาณ) ซึ่งในภาพ 2 ได้แสดงช่วงเวลาที่เหมาะสมในการตากแห้งตั้งแต่เวลา 10.00 น. ถึง 16.00 น. จะเห็นว่าเป็นช่วงที่อุณหภูมิภายในของตู้อบแห้ง “รุ่นหลังเต่า” เฉลี่ย 65.75 °C นั้นหมายความว่าเนื้อปลาจะอยู่ภายในตู้อบแห้ง “รุ่นหลังเต่า” เป็นระยะเวลา 6 ชั่วโมง ตั้งแต่เริ่มนำเนื้อปลาเข้าตู้อบแห้งจนกระทั่งนำเนื้อปลาออกจากตู้อบแห้ง โดยทั่วไปอุณหภูมิภายในตู้อบแห้งจะขึ้นอยู่กับความเข้มของแสงอาทิตย์ จากภาพ 2 พบว่า ความเข้มของแสงอาทิตย์จะเริ่มสูงกว่า 500 W/m² ในช่วงเวลา 9.00 น. ในช่วงเวลานี้เหมาะที่จะนำเนื้อปลาเข้าตู้อบแห้งและปิดประตูตู้อบแห้งให้เรียบร้อย ภายในตู้อบแห้งจะเกิดการสะสมอุณหภูมิภายในให้เพิ่มสูงขึ้นเรื่อย ๆ ตามลำดับ

จากนั้นเนื้อปลาดุกแดดเดียวที่ได้นำมาทดสอบการยอมรับของผลิตภัณฑ์กับผู้บริโภคจำนวน 120 คน เนื่องจากการวิเคราะห์ความถดถอยโลจิสติกส์เป็นวิธีที่ถูกกำหนดว่าควรใช้ผู้บริโภคไม่น้อยกว่า 100 คน สำหรับการทดสอบ (กัลยา วานิชย์บัญชา, 2552, น.371) และผู้บริโภคของงานวิจัยครั้งนี้เป็นกลุ่มประชาชนทั่วไปที่มีความสนใจเป็นอาสาสมัครเข้าร่วมโครงการซึ่งแต่ละคนจะชิมตัวอย่างผลิตภัณฑ์คนละ 3 ตัวอย่าง และประเมินผลทางประสาทสัมผัสแบบหาอัตราความชอบ (Hedonic Scaling 9 point) ซึ่งมี 9 คะแนน ได้แก่ 1 = ไม่ชอบมากที่สุด 2 = ไม่ชอบมาก 3 = ไม่ชอบปานกลาง 4 = ไม่ชอบเล็กน้อย 5 = เฉย ๆ 6 = ชอบเล็กน้อย 7 = ชอบปานกลาง 8 = ชอบมาก และ 9 = ชอบมากที่สุด (Meilgaard et al., 2007) โดยทำการประเมินผลทางประสาทสัมผัสทั้ง 5 ด้าน ประกอบด้วย ลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ และความชอบโดยรวม โดยผู้บริโภคชิมทีละตัวอย่าง จากนั้นให้ผู้บริโภคตัดสินใจในการยอมรับผลิตภัณฑ์ตัวอย่าง และการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์นั้นหากมีจำหน่ายในท้องตลาดด้วยวิธี yes or no scale เพื่อหาสูตรปลาดุกแดดเดียวที่ผู้ทดสอบให้การยอมรับมากที่สุด 1 สูตร และนำไปใช้ทดลองในขั้นต่อไป

ตาราง 2 ส่วนผสมสูตรมาตรฐานของการผลิตภัณฑ์ปลาตากแดดเดียว

ผลิตภัณฑ์	ส่วนผสม (โดยน้ำหนัก)			
	ปลา	น้ำ	น้ำปลา	น้ำตาล
สูตรที่ 3	100	50	40	-
สูตรที่ 3.1	100	50	40	10
สูตรที่ 3.2	100	50	35	15



ภาพ 3 (ก) ผลิตภัณฑ์ปลาตากแดดเดียวในตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ และ (ข) ตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ “รุ่นหลังเต่า”

4. การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ เคมี และจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์ปลาตากแดดเดียว

4.1 การตรวจสอบคุณภาพทางด้านเคมี

4.1.1 ปริมาณความชื้น ปริมาณเกลือ ปริมาณโปรตีน ปริมาณไขมัน และปริมาณเถ้า (Association of Official Analytical Chemists, 2000, p. 1074)

4.1.2 ค่า pH โดย pH Meter ตรา Schott รุ่น G 0840

4.1.3 วัดปริมาณน้ำอิสระในอาหาร (aw) วิเคราะห์ด้วยเครื่อง Thermoconstanter Novasina model TH 200

4.1.4 ค่ากรดแลกติก (Egan et al., 1981)

4.1.5 ปริมาณค่าที่ระเหยได้ทั้งหมด (TVB) และปริมาณไตรเมธิลามีน (TMA โดยวิธีคอนเวย์ (Conway Unite)

4.2 การตรวจสอบคุณภาพทางด้านกายภาพ

4.2.1 วัดค่าสีโดยใช้เครื่อง Minolta CM-3500d, Japan ในระบบ CIE LAB รายงานผลเป็นค่าความสว่าง (L*) ค่าสีเขียว-สีแดง (a*) และค่าสีน้ำเงิน – สีเหลือง (b*)

4.3 คุณภาพทางด้านจุลชีววิทยา ได้แก่ตรวจวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total plate count), Coliform, *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, และ Yeast and Mold เถ้า (Association of Official Analytical Chemists, 1998)

5. การวางแผนการทดลองและวิเคราะห์ผลทางสถิติ

การวิเคราะห์ข้อมูลทางประสาทสัมผัสตามแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design: RCBD) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance: ANOVA) เปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยโดยใช้ Duncan's new multiple rang test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS

การประเมินผลทางลักษณะประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ปลาตากแดดเดียววิเคราะห์ผลทางสถิติโดยใช้การวิเคราะห์ความแตกต่างของข้อมูลระหว่าง 2 กลุ่มตัวอย่างที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และการวิเคราะห์ความถดถอยโลจิสติกส์ (Logistic Regression Analysis) โดยการจำลองคาดการณ์ และระบุคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสที่มีอิทธิพลต่อการยอมรับและความต้องการซื้อของผลิตภัณฑ์ปลาตากแดดเดียว

ผลการวิจัย

1. ผลการพัฒนาผลิตภัณฑ์ปลาดุกแดดเดียวโดยใช้ตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ “รุ่นหลังเต่า”

การพัฒนาผลิตภัณฑ์ปลาดุกแดดเดียวโดยใช้ตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ “รุ่นหลังเต่า” เพื่อทำการคัดเลือกสูตรพื้นฐาน โดยการทดสอบคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส และจากการศึกษาผลการทดสอบคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ ปลาดุกแดดเดียวสูตรพื้นฐานทั้ง 3 สูตร ดังตาราง 3 พบว่าคุณลักษณะทางด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ และความชอบโดยรวม พบว่าคะแนนเฉลี่ยด้านลักษณะปรากฏอยู่ในช่วง 6.34 - 7.66 คะแนน โดยความชอบอยู่ในระดับชอบเล็กน้อยจนถึงชอบปานกลาง ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยสูตรที่ 3 ได้รับคะแนนด้านลักษณะปรากฏสูงที่สุด ผลของคะแนนเฉลี่ยด้านค่าสีอยู่ระหว่าง 6.52 - 7.75 คะแนน ซึ่งความชอบอยู่ในระดับชอบเล็กน้อยจนถึงชอบปานกลาง ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยสูตรที่ 3 ได้รับคะแนนด้านสีสูงที่สุด ผลคะแนนเฉลี่ยด้านกลิ่นมีค่าระหว่าง 6.52 - 7.43 คะแนน ซึ่งความชอบอยู่ในระดับชอบเล็กน้อยจนถึงชอบปานกลาง โดยสูตรที่ 3 ได้รับค่าคะแนนความชอบสูงที่สุดซึ่งมีความแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) กับสูตรที่ 1 และสูตรที่ 2 สำหรับคะแนนเฉลี่ยด้านรสชาติ อยู่ระหว่าง 5.57 - 7.32 คะแนน ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

โดยสูตรที่ 3 ได้รับคะแนนด้านรสชาติสูงที่สุด และปลาดุกแดดเดียวสูตรที่ 3 ได้รับคะแนนความชอบโดยรวมสูงที่สุด มีค่าเท่ากับ 7.55 ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อเทียบกับสูตรที่ 1 และสูตรที่ 2 ดังนั้นการคัดเลือกปลาดุกแดดเดียวสูตรพื้นฐานที่เหมาะสมที่สุด 1 สูตร คือสูตรที่ 3 เป็นสูตรที่มีคะแนนการยอมรับจากผู้บริโภคสูงที่สุด ทั้ง 5 คุณลักษณะทางประสาทสัมผัส

ตาราง 3 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ปลาดุกแดดเดียวจากสูตรพื้นฐาน 3 สูตร

ลักษณะทางประสาทสัมผัส	ผลิตภัณฑ์ปลาดุกแดดเดียว		
	สูตรที่ 1	สูตรที่ 2	สูตรที่ 3
ลักษณะปรากฏ	6.34 ^c ± 0.63	7.10 ^b ± 0.71	7.66 ^a ± 0.84
สี	6.52 ^c ± 0.71	7.24 ^b ± 0.69	7.75 ^a ± 0.93
กลิ่น	6.52 ^b ± 0.66	6.88 ^b ± 0.83	7.43 ^a ± 1.04
รสชาติ	5.57 ^c ± 0.84	6.32 ^b ± 0.87	7.32 ^a ± 0.83
ความชอบโดยรวม	6.22 ^c ± 0.68	6.82 ^b ± 0.94	7.55 ^a ± 0.95

หมายเหตุ แสดงผลเป็นค่าเฉลี่ย + ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

^{a-c} ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

สูตรที่ 1 ปลา:น้ำ:เกลือ:น้ำตาล:น้ำปลา = 100:45:15:0:0 โดยน้ำหนัก

สูตรที่ 2 ปลา:น้ำ:เกลือ:น้ำตาล:น้ำปลา = 100:45:15:15:0 โดยน้ำหนัก

สูตรที่ 3 ปลา:น้ำ:เกลือ:น้ำตาล:น้ำปลา = 100:50:0:0:40 โดยน้ำหนัก

2. ผลการทดสอบการยอมรับของผลิตภัณฑ์ปลาดุกแดดเดียวสูตรมาตรฐาน

จากการนำผลิตภัณฑ์ปลาดุกแดดเดียวจากสูตรพื้นฐานที่ได้รับการยอมรับมากที่สุดมาพัฒนาเพื่อปรับปรุงสูตรให้เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคมากขึ้น และนำมาทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัส โดยผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสแสดงดังตาราง 4 พบว่าผลิตภัณฑ์ปลาดุกแดดเดียวทั้ง 3 สูตร มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยสูตรที่ 3.2 ได้รับการปรับปรุงพัฒนาจากสูตรพื้นฐาน โดยมีค่าคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสสูงสุดในทุกคุณลักษณะ ได้แก่ ลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ และความชอบโดยรวม มีค่าเท่ากับ 7.16, 7.20, 7.01, 7.21, และ 7.33 ตามลำดับ และเมื่อพิจารณาจากค่าคะแนนการยอมรับผลิตภัณฑ์ และความสนใจซื้อผลิตภัณฑ์พบว่าผลิตภัณฑ์ทั้ง 3 สูตรได้รับคะแนนการยอมรับอยู่ในระดับดีมากซึ่งมีค่าการยอมรับจากผู้บริโภคมากกว่าร้อยละ 90 สำหรับความสนใจซื้อของผลิตภัณฑ์

หากมีจำหน่ายในท้องตลาดพบว่าผู้บริโภคมีความสนใจซื้อผลิตภัณฑ์สูตรที่ 3.2 มากที่สุดถึงร้อยละ 95.83 รองลงมาคือสูตรที่ 3.1 ร้อยละ 86.66 และสูตรที่ 3 ร้อยละ 72.50 ตามลำดับ จากผลการทดลองดังกล่าวจะเห็นได้ว่าสูตรที่ 3.2 เป็นสูตรที่เหมาะสมมากที่สุด

ตาราง 4 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ปลาตกแดดเดียวจากสูตรที่ได้พัฒนา

ลักษณะทางประสาทสัมผัส	ผลิตภัณฑ์ปลาตุกแดดเดียว		
	สูตรที่ 3	สูตรที่ 3.1	สูตรที่ 3.2
ลักษณะปรากฏ	6.85 ^c ± 0.75	7.03 ^b ± 0.70	7.16 ^a ± 0.57
สี	7.07 ^b ± 0.71	7.18 ^b ± 0.57	7.20 ^a ± 0.63
กลิ่น	6.67 ^c ± 0.47	6.83 ^b ± 0.54	7.01 ^a ± 0.51
รสชาติ	6.86 ^c ± 0.68	7.01 ^b ± 0.64	7.21 ^a ± 0.66
ความชอบโดยรวม	6.73 ^c ± 0.66	7.03 ^b ± 0.58	7.33 ^a ± 0.49
การยอมรับผลิตภัณฑ์ (%) [#]	92.50	97.50	100
ความสนใจซื้อผลิตภัณฑ์ (%) [#]	72.50	86.66	95.83

หมายเหตุ แสดงผลเป็นค่าเฉลี่ย + ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

^{a-c} ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรแสดงมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ด้วยการใช้สเกลแบบ (ใช่/ไม่ใช่) จากผู้ทดสอบรวม 120 คน

สูตรที่ 3 ปลา:น้ำ:น้ำปลา:น้ำตาล = 100:50:40:0 โดยน้ำหนัก

สูตรที่ 3.1 ปลา:น้ำ:น้ำปลา:น้ำตาล = 100:50:40:10 โดยน้ำหนัก

สูตรที่ 3.2 ปลา:น้ำ:น้ำปลา:น้ำตาล = 100:50:35:15 โดยน้ำหนัก

3. การวิเคราะห์การยอมรับ และความสนใจข้อผลิตภัณฑ์ด้วยเทคนิควิเคราะห์ความถดถอยโลจิสติกส์ (Logistic Regression Analysis, LRA)

ในการวิเคราะห์ความถดถอยโลจิสติกส์เป็นเทคนิคเพื่อใช้พิจารณาว่าลักษณะทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ซึ่งได้แก่ ลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ และความชอบโดยรวม ซึ่งเป็นตัวแปรอิสระเชิงปริมาณ มีอิทธิพลต่อการยอมรับโดยรวม (Overall Acceptability) และระดับการตัดสินใจซื้อ (Purchase Intent) ที่เป็นตัวแปรตาม โดยมีลักษณะเป็นตัวแปรเชิงกลุ่มที่มีค่าได้เพียง 2 ค่า คือ ยอมรับและไม่ยอมรับ ซื้อและไม่ซื้อตามลำดับ ผลการวิเคราะห์ความถดถอยโลจิสติกส์เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการยอมรับโดยรวมหรือความสนใจซื้อกับลักษณะทางประสาทสัมผัสของปลาตุ๋กแดดเดียวสูตรที่ 3.2 ซึ่งเป็นสูตรที่ได้รับการยอมรับมากที่สุด โดยนำสมการถดถอยที่ได้ไปประมาณหรือพยากรณ์การยอมรับ และความสนใจซื้อ แสดงผลดังตาราง 5 พบว่า คุณลักษณะทางประสาทสัมผัสทางด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ และความชอบโดยรวมไม่มีอิทธิพลต่อการยอมรับผลิตภัณฑ์ที่ระดับนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) แต่เมื่อพิจารณาถึงความสนใจซื้อ พบว่า รสชาติ และความชอบโดยรวมเป็นลักษณะทางประสาทสัมผัสที่มีอิทธิพลต่อความสนใจซื้อผลิตภัณฑ์ปลาตุ๋กแดดเดียวที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 หากมีวงจำหน่ายขายในท้องตลาด แสดงให้เห็นว่าการเพิ่มคะแนนทางด้านรสชาติ และความชอบโดยรวมทำให้ผู้บริโภคมีความสนใจซื้อผลิตภัณฑ์ได้มากขึ้น ดังจะเห็นได้ว่าคุณลักษณะทางด้านรสชาติ และความชอบโดยรวมมีค่า Odds ratio ซึ่งในที่นี้เป็นอัตราส่วนของความน่าจะเป็นของความสนใจซื้อ และความน่าจะเป็นของการไม่สนใจซื้อผลิตภัณฑ์มีค่าเท่ากับ 2.932 และ 2.875 ตามลำดับ หมายความว่า เมื่อคะแนนความชอบด้านรสชาติเพิ่มขึ้น 1 หน่วยบนสเกลแบบ 9-point hedonic ในขณะที่ตัวแปรอิสระอื่น ๆ หรือลักษณะทางประสาทสัมผัสอื่น ๆ คงที่ จะทำให้ความน่าจะเป็นของความสนใจซื้อเป็น 2.932 เท่าของความไม่สนใจจะซื้อผลิตภัณฑ์ ดังนั้นในกรณีของความชอบโดยรวมที่มีค่า Odd Ratio เท่ากับ 2.875 หมายถึงความน่าจะเป็นของความสนใจซื้อของผลิตภัณฑ์ที่เมื่อมีการเพิ่มขึ้น 1 หน่วยจะทำให้ความน่าจะเป็นของความสนใจซื้อเป็น 2.875 เท่าของความไม่สนใจซื้อ

ตาราง 5 ค่า Parameter estimates, probability และ Odd ratio estimates ของการยอมรับและความสนใจซื้อของผลิตภัณฑ์ปลาตุ๋นแช่แข็งสูตรที่ 3.2 (n=120)

คุณลักษณะทางประสาทสัมผัส	การยอมรับของผลิตภัณฑ์			ความสนใจซื้อต่อผลิตภัณฑ์		
	Estimate	Prob>X ²	Odd ratio	Estimate	Prob>X ²	Odd ratio
ลักษณะปรากฏ	14.530	0.992	2043588.7	0.090	0.767	1.094
สี	0.574	0.441	1.776	0.245	0.449	1.277
กลิ่น	-1.327	0.199	0.265	-0.403	0.241	0.669
รสชาติ	8.459	0.994	4717.8	1.076	0.001	2.932
ความชอบโดยรวม	16.084	0.992	9668514.8	1.056	0.003	2.875
Constant	-228.752			-12.422		

4. การทดสอบคุณสมบัติทางจุลชีววิทยา เคมี และกายภาพของผลิตภัณฑ์ปลาตุ๋นแช่แข็ง

4.1 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางจุลชีววิทยา ได้แก่ ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ปริมาณ *Escherichia coli* ปริมาณ *Staphylococcus aureus* และปริมาณยีสต์และรา เพื่อนำมาเปรียบเทียบกับมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช. 298/2547) (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2549, น.1-5) และใช้เป็นตัวบ่งชี้คุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ปลาตุ๋นแช่แข็งดังตาราง 6 พบว่าผลิตภัณฑ์มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด 1.42×10^2 โคโลนีต่อกรัม ปริมาณ *Escherichia coli* น้อยกว่า 3 ต่อตัวอย่าง 1 กรัม ปริมาณยีสต์และรา 2.7×10^1 โคโลนีต่อกรัม และไม่พบเชื้อ *Staphylococcus aureus* ในผลิตภัณฑ์

4.2 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีและกายภาพ ประกอบด้วย ค่าสี L* a* b* ปริมาณน้ำอิสระในอาหาร (aw) ปริมาณความชื้น ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) เถ้า โปรตีน ไขมัน เกลือ กรดแลกติก ค่า TMA และค่า TVB แสดงดังตาราง 7 พบว่าผลิตภัณฑ์มี ค่าสี L* a* b* เท่ากับ 42.33 4.76 และ 15.64 ตามลำดับ ปริมาณน้ำอิสระในอาหาร (aw) เท่ากับ 0.78 คุณภาพทางเคมี ได้แก่ ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ปริมาณความชื้น เถ้า โปรตีน ไขมัน และ ปริมาณเกลือ มีค่าเท่ากับ 6.44% 54.84% 4.84% 27.21% 9.83% และ 3.18% ตามลำดับ ปริมาณกรดแลกติก ค่า TMA และ ค่า TVB ของผลิตภัณฑ์เท่ากับ 0.28% 7.87 และ 1.34 มก.ไนโตรเจน/100 กรัมตัวอย่างตามลำดับ

ตาราง 6 คุณสมบัติทางจุลชีววิทยาของปลาตุ๋นแช่แข็ง

คุณสมบัติทางจุลินทรีย์	ผลการวิเคราะห์ (CFU/g)	สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (2549)
Total bacteria	1.42×10^2	< 10^6 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม
<i>Escherichia coli</i>	< 3	< 3 ต่อตัวอย่าง 1 กรัม
<i>Staphylococcus aureus</i>	ND	ต้องไม่พบในตัวอย่าง 0.01 กรัม
Yeast and Mold	2.7×10^1	< 200 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม

หมายเหตุ ND คือ ไม่พบจุลินทรีย์

ตาราง 7 คุณสมบัติทางเคมีกายภาพของปลาตุกแดดเดียว

คุณสมบัติ		ผลการวิเคราะห์
ค่าสี	L*	42.33 ± 0.72
	a*	4.76 ± 0.42
	b*	15.64 ± 0.69
ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)		6.44 ± 0.07
ปริมาณน้ำอิสระในอาหาร (a_w)		0.78 ± 0.05
ปริมาณความชื้น (%)		54.84 ± 0.54
ปริมาณเกลือ (%)		3.18 ± 0.32
ปริมาณโปรตีน (%)		27.21 ± 0.76
ปริมาณไขมัน (%)		9.83 ± 1.04
ปริมาณเถ้า (%)		4.84 ± 0.21
ปริมาณกรดแลกติก (%)		0.28 ± 0.10
ค่า TMA มก.ไนโตรเจน/100 กรัมตัวอย่าง		1.34 ± 0.95
ค่า TVB-N มก.ไนโตรเจน/100 กรัมตัวอย่าง		7.87 ± 1.07

หมายเหตุ แสดงผลเป็นค่าเฉลี่ย + ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

อภิปรายผลการวิจัย

การศึกษาพัฒนาผลิตภัณฑ์ปลาตุกแดดเดียวโดยใช้ตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ “รุ่นหลังเต่า” ที่ได้คิดค้นหาสูตรพื้นฐานตลอดจนมีการพัฒนาเพื่อให้ได้สูตรมาตรฐานนั้น จากผลการทดลองพบว่าผลิตภัณฑ์ปลาตุกแดดเดียวสูตรที่ 3.2 ปลา:น้ำ:น้ำปลา:น้ำตาล = 100: 50:35:15 โดยน้ำหนัก คือสูตรที่เหมาะสมต่อการนำไปถ่ายทอดองค์ความรู้ให้กับกลุ่มชาวบ้านในพื้นที่เป้าหมาย คือชุมชนในพื้นที่ตำบลเชียงรากน้อย อำเภอบางปะอิน จังหวัดพระนครศรีอยุธยาเพื่อให้ประโยชน์เชิงพาณิชย์ต่อไป เนื่องจากเป็นสูตรที่ได้รับการยอมรับและความสนใจของผลิตภัณฑ์จากผู้บริโภค มากที่สุด คือ ร้อยละ 100 และ 95.83 ตามลำดับ ซึ่งผลของการยอมรับและความสนใจของผลิตภัณฑ์มีความสอดคล้องกับงานวิจัยของวอล์กเกอร์ และคนอื่น ๆ (Walker et al., 2010) ได้ศึกษาการยอมรับและความต้องการซื้อของผลิตภัณฑ์เซอร์เบทไขมันต่ำไม่มีน้ำตาลที่ประกอบด้วยโปรตีนจากถั่วเหลืองที่มีผู้ทดสอบชิมทั้งหมด 140 คน จากการทดลองพบว่าผลิตภัณฑ์ได้รับการยอมรับจากผู้บริโภค สูงถึงร้อยละ 65 และผู้บริโภคมีความต้องการซื้อผลิตภัณฑ์ร้อยละ 55.7 และงานวิจัยของทักษิมา และคนอื่น ๆ (Taksima et al., 2015) ได้ศึกษาการยอมรับและความต้องการซื้อของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตแอสตาบิတ်ที่มีผู้ทดสอบชิมทั้งหมด 130 คน จากการทดลองพบว่าผลิตภัณฑ์ได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคสูงถึงร้อยละ 86.21 และผู้บริโภคมีความต้องการซื้อผลิตภัณฑ์ร้อยละ 64.53 แต่เมื่อผู้บริโภคทราบว่าผลิตภัณฑ์ดังกล่าวมีประโยชน์ต่อสุขภาพทางด้านต่าง ๆ ทำให้ผู้บริโภคมีความต้องการซื้อผลิตภัณฑ์มากขึ้นที่ร้อยละ 95.57 และยังพบว่าผลการวิเคราะห์ด้านจุลินทรีย์เป็นไปตามเกณฑ์ที่มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2549, น.1-5) กำหนดไว้ว่าจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดต้องไม่เกิน 1×10^6 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม สตาฟิโลคอคคัสออเรียส ต้องไม่พบในตัวอย่าง 0.01 กรัม เอสเซอริเชีย โคโล โดยวิธีเอ็มพีเอ็น ต้องน้อยกว่า 3 ต่อตัวอย่าง 1 กรัม และ ยีสต์และรา ต้องไม่เกิน 200 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม ซึ่ง แสดงให้เห็นว่าปลาตุกแดดเดียวที่ได้จากการพัฒนาสูตรมีปริมาณจุลินทรีย์ต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานกำหนดไว้

สำหรับการวิเคราะห์สมบัติทางเคมี และกายภาพของผลิตภัณฑ์พบว่า

1. ผลิตภัณฑ์มีค่า pH ตามเกณฑ์ของอาหารประเภทที่มีความเป็นกรดต่ำ (pH > 4.6) ซึ่งค่า pH ในผลิตภัณฑ์อาหารมีผลต่อการเกิดปฏิกิริยาเคมีและการทำงานของเอนไซม์ตลอดจนการยับยั้งหรือชะลอการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ (สมุณทาวรรณสินธุ์, 2545, น.454) และอาหารประเภทนี้สามารถเสื่อมเสียได้ง่ายจึงต้องใช้ความร้อนที่อุณหภูมิสูงในการทำลายเชื้อจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค

2. ปริมาณความชื้นและปริมาณน้ำอิสระในอาหาร (aw) ที่ได้นั้นอยู่ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์ปลาแดดเดียวที่กำหนดไว้ ความชื้นต้องไม่เกินร้อยละ 65 โดยน้ำหนัก และ ปริมาณน้ำอิสระไม่เกิน 0.85 (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2549, น.1-5) เนื่องจากในกระบวนการหมักด้วยเกลือจัดเป็นสารเจือปนอาหารอย่างหนึ่งที่มีผลทำให้ปริมาณความชื้นและค่า aw ของ ผลิตภัณฑ์อาหารลดลง โดยการดึงน้ำออกจากผลิตภัณฑ์อาหารและเพิ่มความเข้มข้นของตัวถูกละลายในผลิตภัณฑ์ทำให้เกิด สภาวะที่ไม่เหมาะสมต่อการเจริญของจุลินทรีย์ (ชมภู ยิ้มโต, 2558, น.394)

3. ปริมาณเถ้าที่เกิดขึ้นเนื่องจากมีปริมาณแคลเซียมและฟอสฟอรัสจากกระดูกปลา และมีสาเหตุมาจากปริมาณเกลือ ที่เติมลงในผลิตภัณฑ์ ซึ่งปริมาณเถ้าในผลิตภัณฑ์จะเป็นตัวบ่งชี้ถึงคุณภาพของผลิตภัณฑ์นั้น ๆ (นิธิยา รัตนพานนท์, 2554, น.246)

4. ปริมาณโปรตีน พบว่าโปรตีนในผลิตภัณฑ์นั้นเป็นโปรตีนพวก Sarcoplasmic protein ซึ่งเป็นโปรตีนละลายได้ใน น้ำ และสลายละลายเกลืออ่อน ๆ (Ionic strength) (สมปอง ธรรมศิริรักษ์, 2550, น.187) ซึ่งองค์ประกอบของผลิตภัณฑ์ ส่วนใหญ่คือส่วนของเนื้อปลาจึงทำให้มีปริมาณโปรตีนที่ได้มากเช่นเดียวกัน สำหรับปริมาณไขมันที่พบเนื่องจากเกิดการสะสม ระหว่างขั้นตอนการทอด

5. ปริมาณกรดแลกติกที่พบในผลิตภัณฑ์ไม่ส่งผลกระทบต่ออาการเกิดกลิ่นรสในผลิตภัณฑ์ปลาแดดเดียว ซึ่งกรด แลกติกเป็นกรดอินทรีย์ที่เกิดตามธรรมชาติในระหว่างขั้นตอนของการหมักด้วยเกลือ มีการนำเกลือมาใช้ในอาหารทั้งในผลิตภัณฑ์ อาหารหมักดองและอาหารต่าง ๆ เนื่องจากสามารถผลิตกรดและสารที่ให้กลิ่นและรสที่ดี จึงนิยมใช้ในการถนอมอาหาร นอกจากนี้ ยังสามารถสร้างสารได้หลายชนิดเช่น เอทานอล กรดอินทรีย์ ซึ่งเป็นสารประกอบทางเคมีที่ยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ได้ โดย ทำให้แบคทีเรียหยุดการเจริญของเซลล์ จึงนิยมนำมาใช้ในการถนอมอาหารเพื่อยับยั้งจุลินทรีย์ที่ก่อโรค (Galvez et al., 2007)

6. ค่า TVB และค่า TMA ของผลิตภัณฑ์ปลาแดดเดียวที่ได้พบว่าเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานกำหนด เนื่องจากค่า TVB และค่า TMA สามารถใช้เป็นดัชนีบอกความสดของปลาได้ โดยปลาที่มีค่า TVB ต่ำกว่า 20 มก.ไนโตรเจน/100 กรัมตัวอย่าง จะเริ่มไม่สด ถ้ามีค่าถึง 40 มก.ไนโตรเจน/100 กรัมตัวอย่าง จัดเป็นคุณภาพที่ไม่เหมาะสมต่อการบริโภค (สุทธวัฒน์ เบญจกุล, 2554, น.363) สำหรับปริมาณ TMA ประมาณ 5 มก.ไนโตรเจน/100 กรัมตัวอย่าง จะเริ่มเน่าเสีย เพราะหลังการตายของปลา เกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพทางชีวเคมี โดยสาเหตุมาจากแบคทีเรียสามารถสร้างเอนไซม์ที่มีอยู่ในตัวปลาได้ทำให้เกิดการย่อย สลายโปรตีนจนเกิดเป็นสารประกอบที่ระเหยได้ เช่น Trimethylamine (TMA) Dimethylamine (DMA) Ammonia และ Volatile acids ดังนั้นค่า TMA และ TVB ของผลิตภัณฑ์ปลาแดดเดียว ถือว่าเป็นผลิตภัณฑ์ที่อยู่ในเกณฑ์ที่กำหนดจึงสามารถ นำมาบริโภคได้

การพัฒนากรรมวิธีการตากแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์มีหลากหลายวิธี แต่ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้ใช้ตู้อบแห้งพลังงาน แสงอาทิตย์ “รุ่นหลังเต่า” ที่ถูกออกแบบให้เหมาะสมสำหรับตากปลาแดดเดียว สมุนไพร กล้วย และผลผลิตทางการเกษตร อื่น ๆ โดยการใช้พลังงานความร้อน จากดวงอาทิตย์เป็นพลังงานหลัก เป็นการประยุกต์นำพลังงานทดแทนมาใช้ให้เกิดประโยชน์ สูงสุด ช่วยลดระยะเวลาในการอบแห้งผลิตภัณฑ์ ใช้งานได้ง่าย ทำให้สะอาดถูกสุขลักษณะ ลดการปนเปื้อนจากฝุ่นละออง และ แมลงรบกวนได้ เช่นเดียวกับงานวิจัยของ ฮาติมมี บากา และคนอื่น ๆ (2559) ได้ศึกษาถึงประสิทธิภาพตู้อบแห้งปลาช่อนโดย ใช้พลังงานแสงอาทิตย์ร่วมไฟฟ้า และศึกษาวิธีการผลิตปลาช่อนแดดเดียวด้วยตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมไฟฟ้า จากการวิจัย พบว่าการศึกษาประสิทธิภาพในการทำให้แห้งของตู้อบแห้งปลาช่อนโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ร่วมไฟฟ้า มีประสิทธิภาพการ ทำให้แห้งมากที่สุดเมื่อเทียบกับการตากแบบธรรมชาติ และประสิทธิภาพการอบแห้งของปลาช่อนโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ ร่วมไฟฟ้าสามารถลดระยะเวลาในการทำให้แห้งของปลาช่อน และงานวิจัยของธีรเดช ใหญ่บัก และคนอื่น ๆ (2553) ได้ศึกษา ถึงการอบแห้งปลาด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานร่วมแสงอาทิตย์-ไฟฟ้า เพื่อต้องการพัฒนากระบวนการผลิตปลาแห้ง อนามัยภาย ได้สภาพภูมิอากาศทางภาคใต้ของประเทศไทย โดยออกแบบเครื่องอบแห้งที่ใช้พลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานหลักและพลังงาน ไฟฟ้าเป็นพลังงานเสริม จากการทดลองอบแห้งปลา 2 ชนิด คือ ปลาช่อนและปลาดุกโดยให้อุณหภูมิในตู้อบแห้ง 40, 50 และ 60°C พบว่า การอบแห้งปลาช่อนแบบใช้พลังงานร่วมแสงอาทิตย์-ไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 60°C มีความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะใน การอบแห้งน้อยสุดเท่ากับ 42.57 MJ/kgH₂O_{evap} และมีประสิทธิภาพในการอบแห้งร้อยละ 5.54 ใช้ระยะเวลาในการอบแห้ง เป็นเวลา 6 ชั่วโมง ส่วนการอบแห้งปลาดุกด้วยพลังงานความร้อนร่วมแสงอาทิตย์-ไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 50°C มีการสิ้นเปลืองพลังงาน จำเพาะ ในการอบแห้งน้อยที่สุดคือเท่ากับ 80.02 MJ/kgH₂O_{evap} และมีประสิทธิภาพในการอบแห้งร้อยละ 2.98 และ



ใช้ระยะเวลาการอบแห้งเป็นเวลา 8 ชั่วโมง จากงานวิจัยที่ผ่านมาจะพบว่าการใช้ตู้อบพลังงานทดแทนนั้นเป็นการลดปัญหาจากการถนอมอาหารด้วยกรรมวิธีการตากแห้งแบบธรรมชาติ ซึ่งสามารถแก้ไขปัญหาการตากแห้งผลิตภัณฑ์ในกรณีที่ต้องพามีเมฆบดบัง หรือการผลิตในช่วงฤดูฝน ลดปัญหาการสูญเสีย และผลิตภัณฑ์มีความชื้นไม่ได้มาตรฐานได้เป็นอย่างดี

สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาการพัฒนาผลิตภัณฑ์ปลาตากแดดเดียวโดยใช้ตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ จากการศึกษาพบว่า ปลาตากแดดเดียวสูตรพื้นฐานที่ได้รับการคัดเลือก คือ สูตรที่ 3 ซึ่งมีอัตราส่วนของปลาน้ำ: น้ำปลา เท่ากับ 100 : 50 : 40 (โดยน้ำหนัก) และหมักไว้เป็นเวลา 20 นาที ทำให้มีรสชาติกลมกล่อมและมีกลิ่นที่ดี โดยมีค่าระดับความชอบปานกลาง (7.55) ซึ่งปลาตากแดดเดียวสูตรพื้นฐานที่ได้รับการคัดเลือกนำมาพัฒนาปรับปรุงสูตรตามคำแนะนำของผู้บริโภค พบว่าสูตรที่ได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคมากที่สุดคือสูตรที่ 3.2 (ปลาน้ำ: น้ำปลา: น้ำตาล = 100 : 50 : 35 : 15 โดยน้ำหนัก) โดยผลิตภัณฑ์ปลาตากแดดเดียวที่ได้จากการพัฒนาเป็นสูตรที่ได้รับการยอมรับถึงร้อยละ 100 และได้รับความสนใจซื้อจากผู้บริโภคสูงถึงร้อยละ 95.83 โดยมีผลการตรวจสอบคุณภาพทางกายภาพ เคมี และจุลชีววิทยา พบว่าค่าสีของปลาตากแดดเดียว โดยระบบ CIE LAB มีค่า L^* a^* b^* เท่ากับ 42.33 4.76 และ 15.64 ตามลำดับ คุณภาพทางเคมีประกอบด้วยโปรตีน ไขมัน ปริมาณเกลือ แร่ ความชื้น ปริมาณน้ำอิสระในอาหาร ความเป็นกรด-ด่าง และกรดแลกติก เท่ากับ 27.21%, 9.83%, 3.18%, 4.84%, 54.84%, 0.78, 6.44 และ 0.28% ตามลำดับ สำหรับค่า TVB และค่า TMA ของผลิตภัณฑ์ มีค่าเท่ากับ 7.87 และ 1.34 มก.ไนโตรเจน/100 กรัมตัวอย่าง ตามลำดับ และคุณภาพทางจุลชีววิทยา ประกอบด้วยปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด Escherichia coli Staphylococcus aureus และปริมาณยีสต์และรา อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช. 298/2547) (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2549, น.1-5) เรื่องปลาตากแดดเดียวกำหนดไว้

ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์

การวิจัยนี้เพื่อเป็นการประยุกต์ใช้พลังงานทดแทนในชุมชนสำหรับต่อยอดและสร้างผลิตภัณฑ์ในแต่ละพื้นที่ ชุมชนใดที่มีความสนใจสามารถนำเทคโนโลยีนี้ไปประยุกต์ใช้ หรือต่อยอดได้ทันที โดยลักษณะการออกแบบและการสร้างตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ “รุ่นหลังเต่า” มีความสะดวกและง่ายต่อการใช้งาน รวมถึงวัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้างสามารถหาซื้อได้ทั่วไป หากสนใจสามารถติดต่อผู้วิจัยได้ที่เพจ “อาสาสร้างภาพอนาคตชุมชน” หรือ e-mail piyaphong.yong@vru.ac.th หรือ takunrat.tak@dpu.ac.th

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

การพัฒนาและส่งเสริมการสร้างคุณค่าของผลิตภัณฑ์และการนำเทคโนโลยีด้านพลังงานทดแทนมาประยุกต์ใช้ในชุมชน ส่งผลให้เกิดการจ้างงาน สร้างรายได้ และเป็นการเพิ่มกลุ่มลูกค้าภายใต้การใช้ชีวิตความปกติกลับไปหลังโควิด-19 นำไปสู่การพัฒนาที่ยั่งยืนต่อไป ทางคณะผู้วิจัยขอเสนอข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป ดังต่อไปนี้

2.1 ควรมีการเพิ่มมูลค่าของผลิตภัณฑ์โดยการออกแบบบรรจุภัณฑ์ และเพิ่มช่องทางการจำหน่ายโดยการทำการตลาดออนไลน์

2.2 ควรมีการต่อยอดการวิจัยแปรรูปผลิตภัณฑ์ตากแดดของชุมชนให้มีความหลากหลายมากขึ้น เช่น เนื้อวัว หรือหมูตากแดดเดียว เพื่อเป็นการเพิ่มช่องทางการสร้างรายได้ให้กับชุมชน

2.3 ออกแบบตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ ที่สามารถนำความร้อนทั้งของตัวตู้อบเองกลับมาใช้ประโยชน์ เพื่อเพิ่มอุณหภูมิที่สูงขึ้นและมีความเสถียรของอุณหภูมิภายในตู้อบแห้ง และสามารถเพิ่มจำนวนชั้นตากแห้งของตู้อบแห้ง เพื่อเพิ่มประมาณผลผลิตที่ต้องการอบแห้งและประหยัดเวลา

2.4 ประยุกต์ใช้พลังงานความร้อนประเภทอื่น เพื่อให้สามารถใช้งานให้ต่อเนื่องในช่วงเวลาที่ไม่มีแสงอาทิตย์หรือในเวลากลางคืน

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณกลุ่มชาวบ้านในชุมชนพื้นที่ตำบลเชียงรากน้อย อำเภอบางไทร จังหวัดพระนครศรีอยุธยา สำหรับการเป็นพื้นที่ตัวอย่างและให้การสนับสนุนในการทำงานวิจัยเพื่อสร้างต้นแบบการดำเนินงานอย่างมีส่วนร่วมและการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีด้านพลังงานทดแทนให้เกิดประโยชน์สูงสุดในชุมชน ทั้งนี้งานวิจัยนี้เป็นส่วนหนึ่งภายใต้โครงการศึกษาพัฒนาด้านแบบชุมชนพลังงานทดแทนแบบผสมผสานผ่านกระบวนการขับเคลื่อนและพัฒนาด้านพลังงานทดแทนอย่างยั่งยืน กทอ.64-03-0143 โดยรับการสนับสนุนการดำเนินงานจากกองทุนเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2564 แผนอนุรักษ์พลังงานและพลังงานทดแทน กลุ่มงานศึกษา ค้นคว้าวิจัย นวัตกรรม และสาธิตต้นแบบ

เอกสารอ้างอิง

- กัลยา วานิชย์บัญชา. (2552). *การวิเคราะห์สถิติขั้นสูง SPSS for Windows* (พิมพ์ครั้งที่ 9). โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรมประมง. (2562). *การคำนวณค่าประมงของไทย*. กองประมงต่างประเทศ. กรมประมง.
- ชมภู ยิ้มโต. (2558). *จุลชีววิทยาทางอาหาร*. ทริปปี้ล เอ็ดดูเคชั่น.
- ธีรเดช ใหญ่บง, สุวิทย์ เพชรห้วยลึก, จอมภพ แวศักดิ์, มาริษา มะหิ และ ภรพนา บัวเพชร. (2553). การพัฒนากระบวนการอบแห้งปลาด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานร่วมแสงอาทิตย์-ไฟฟ้า ภายใต้สภาพภูมิอากาศภาคใต้ของประเทศไทย. *วารสารมหาวิทยาลัยทักษิณ*, 12(3), 109-118.
- ธีรพงศ์ บริรักษ์, พงษ์สวัสดิ์ คชภูมิ, วรลักษณ์ เสถียรรังษัญญ์ และณรงค์ ภู่ออยู่. (2564). ตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสมผสาน. *วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเซีย*, 15(1), 180-195.
- นิธยา รัตนพานนท์. (2554). *หลักการวิเคราะห์อาหาร*. โอ.เอส.พรินติ้ง เฮาส์.
- ปิยะพงษ์ ยงเพชร. (2560). คู่มือการสร้างตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ “รุ่นหลังเต่า”. พิมพ์ปฏิบัติการต้นกล้าพลังงานทดแทน (ลูกแม่เดียว) *วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้*, 1-12.
- ปิยะพงษ์ ยงเพชร, ภิญญาพัชญ์ นาคภิบาล, ไตรมาส พูลผล, เทอดเกียรติ แก้วพวง, ถกรัตน์ ทักษิมา, ณัฐกิตต์ อยู่ด้วง, พัชรา ยงเพชร และกนกพร ดิษฐกระจันทร์. (2565ก). นวัตกรรมพลังงานทดแทนและการจัดการอย่างยั่งยืนสำหรับเกษตรกรอินทรีย์. *วารสารวิชาการพลังงานทดแทนสู่ชุมชน*, 5(2), 25-35.
- ปิยะพงษ์ ยงเพชร, ภิญญาพัชญ์ นาคภิบาล, เทอดเกียรติ แก้วพวง, ไตรมาส พูลผล, ถกรัตน์ ทักษิมา, พัชรา ยงเพชร, และกนกพร ดิษฐกระจันทร์. (2565ข). การยกระดับการดำเนินงานวิสาหกิจชุมชนกลุ่มส่งเสริมเกษตรกรอินทรีย์อำเภออุ้มทอง จังหวัดสุพรรณบุรี. *วารสารวิจัยเพื่อการพัฒนาเชิงพื้นที่*, 14(3), 234-249.
- ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืดสตูล. (2563). *โครงการพัฒนาศักยภาพการผลิตและแปรรูปสัตว์น้ำประจำปีงบประมาณ 2563 หลักสูตรการพัฒนาศักยภาพการผลิตและการแปรรูปปลาตุ๋นในจังหวัดสตูล*. กองวิจัยและพัฒนาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืด กรมประมง.
- สมปอง ธรรมศิริรักษ์. (2550). *โครงสร้างและหน้าที่ของโปรตีน*. ภาควิชาชีวเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- สุทธวัฒน์ เบญจกุล. (2554). *เคมีและคุณภาพสัตว์น้ำ* (พิมพ์ครั้งที่ 2). โอเดียนสโตร์.
- สมณฑา วัฒนสินธุ์. (2545). *จุลชีววิทยาทางอาหาร*. โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.
- สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ. (2559). *แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติฉบับที่ 12 พ.ศ. 2560-2564*. สำนักนายกรัฐมนตรี.
- สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. (2549). *มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (ฉบับที่ 298) เรื่องปลาแดดเดียว*. จาก https://tcsi.tisi.go.th/pub%5Ctcsi298_49.pdf
- ฮาติมมี บากา, รอกียะฮ์ อาแว, ซุลกิฟลี กาชอ และสุนิตย์ ไรจนสุวรรณ. (2559). การศึกษาประสิทธิภาพการอบแห้งของปลาช่อนด้วยตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมไฟฟ้า. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มรย*, 1(1), 13-24.
- Association of Official Analytical Chemists. (1998). *Bacteriological Analytical Manual (BAM)*. (8th ed.). U.S. Food and Drug Administration.



- _____. (2000). *Official Method of Analysis of AOAC International*. (17th ed.). The Association of Official Analytical Chemists.
- Egan, H., Kirk, R. S. & Sawyer, R. (1981). *Pearson's Chemical Analysis of Food*. (8th ed.). Churchill Livingston.
- Galvez, A., Abriouel, H., Lopez, R. L. & Ben Omar, N. (2007). Bacteriocin-based strategies for food biopreservation. *International journal of food microbiology*, 120(1-2), 51-70.
- Meilgaard, M. C., Civille, G. V. & Carr, B. T. (2007). *Sensmory Evaluation Techniques*. (4th ed.). CRC Press.
- Taksima, T., Limpawattana, M. & Klaypradit, W. (2015). Astaxanthin encapsulated in beads using ultrasonic atomizer and application in yogurt as evaluated by consumer sensory profile. *LWT-Food Science and Technology*, 62(1), 431-437.
- Walker, J., Boeneke, C. A., Sriwattana, S., Herrera-Corredor, J. A. & Prinyawiwatkul, W. (2010). Consumer acceptance and purchase intent of a novel low-fat sugar-free sherbet containing soy protein. *Journal of Food Quality*, 33, 27-41.