

การออกแบบและพัฒนาตู้อบลมร้อนพลังงานไฟฟ้า สำหรับอบแห้งปลาทุแวก โดยใช้กระบวนการSTEMศึกษา

Design and Development of a Hot Air Dryer Using Electrical Energy for Drying Indian Mackerel Using the STEM Education Process

วิชาญ พลคง¹ อภิชาญ มุลละคร² วัฒนาภรณ์ ไกรวรรณ³ ชรรค์ชัย กาละสงค์⁴

Wicharn polkong¹ Apichan moollakorn² Wathanaporn kraiwan³ Kanchai Kalasong⁴

¹⁻³ ภาควิชาเทคโนโลยีพลังงาน วิทยาลัยเทคนิคหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา 90110

Department of Energy Technology, Hatyai Technical College, Songkhla 90110

⁴ ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิต วิทยาลัยเทคนิคหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา 90110

Department of Production Technology, Hatyai Technical College, Songkhla 90110

¹ Corresponding Author: E-mail p.wicharn@ives3.ac.th

Received : 10 March 2025; Revised : 28 December 2025; Accepted : 28 December 2025

บทคัดย่อ

การวิจัยมีวัตถุประสงค์เพื่อ 1. ออกแบบและพัฒนาตู้อบลมร้อนพลังงานไฟฟ้าสำหรับอบแห้งปลาทุแวก โดยใช้รูปแบบSTEMศึกษา 2. ศึกษาค่ากำลังไฟฟ้าของหลอดไฟ Incandescent ที่เหมาะสมของตู้อบลมร้อนพลังงานไฟฟ้า สำหรับอบแห้งปลาทุแวก และ 3. ศึกษาประสิทธิภาพด้านเวลาและคุณภาพของเนื้อปลาในการอบแห้งปลาทุแวกของตู้อบลมร้อนพลังงานไฟฟ้า เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ แบบประเมินคุณภาพตู้อบลมร้อนพลังงานไฟฟ้าสำหรับอบแห้งปลาทุแวก โดยผู้เชี่ยวชาญ แบบบันทึกผลการทดลอง สถิติที่ใช้ในงานวิจัย คือ ค่าเฉลี่ย ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ผลวิจัยพบว่า 1. ตู้อบลมร้อนพลังงานไฟฟ้าสำหรับ อบแห้งปลาทุแวก มีผลการประเมินคุณภาพโดยผู้เชี่ยวชาญอยู่ในระดับมาก ที่ $\mu = 4.33$, $\sigma = 0.68$ 2. ค่ากำลังไฟฟ้าของหลอดไฟ Incandescent สำหรับอบแห้งปลาทุแวก หลอด 60W 120W 200W อุณหภูมิได้ระหว่าง 40-49 องศาเซลเซียส 50-59 องศาเซลเซียส และระหว่าง 60-70 องศาเซลเซียส ตามลำดับ การใช้พัดลมดูดอากาศช่วยลดระยะเวลาได้ทุกค่ากำลังของหลอดไฟ 3. ประสิทธิภาพด้านเวลาและคุณภาพของเนื้อปลาในการอบแห้งปลาทุแวกของตู้อบลมร้อนพลังงานไฟฟ้า อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ใช้กำลังไฟฟ้า 60W ค่าพลังงานไฟฟ้า 0.06kwh. ใช้เวลาในการอบแห้ง 9.30 ชั่วโมง ค่าพลังงานไฟฟ้า ที่ใช้ 0.54 Unit สิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าน้อยที่สุด คุณภาพปลาทุแวกอบแห้งได้คะแนนประเมินระดับ 3 ลักษณะเนื้อปลา (Ideal/Pliable) ผิวแห้งสนิท เนื้อมีความยืดหยุ่น ไม่แข็งกระด้าง เนื้อด้านในได้ผิวหนึ่งมีความแห้งสม่ำเสมอ ซึ่งเป็นลักษณะที่ต้องการตามมาตรฐานการอบแห้ง

คำสำคัญ : ตู้อบลมร้อนพลังงานไฟฟ้า ปลาทุแวก STEMศึกษา

Abstract

This research aimed to: 1. Design and develop an electric hot air oven using a STEM education model for drying mackerel; 2. Study the optimal power consumption of incandescent lamps in the electric hot air oven for drying mackerel; and 3. Study the drying time efficiency and fish meat quality of mackerel using the electric hot air oven. The research instruments included an expert evaluation form for the electric hot air oven for drying mackerel and an experimental results recording form. The statistical methods used were mean and standard deviation.

The research results showed that: 1) The electric hot air oven for drying mackerel had a high quality evaluation score from experts at $\mu = 4.33$, $\sigma = 0.68$; and 2) The optimal power consumption of incandescent lamps in the electric hot air oven was determined. For drying Indian mackerel, at 40 degrees Celsius, using 60 watts of power, the energy consumption is 0.06 kWh, and the drying time is 9-10 hours. The fish is dried to a suitable level, soft in texture, with a completely dry surface, elastic and not hard or brittle, and the inside is evenly dried. At 50 degrees Celsius, using 120 watts of power, the energy consumption is 0.12 kWh, and the drying time is 7-8 hours. The fish texture is similar to that at 40 degrees Celsius. And at 60 degrees Celsius, using 200 watts of power, the energy consumption is 0.20 kWh, and the drying time is 6-7 hours. The fish texture is similar to that at 40 degrees Celsius. And 3) The relationship between energy consumption and the optimal temperature of the electric hot air oven for drying Indian mackerel was found to be the best. Drying Indian mackerel at 40 degrees Celsius, using 60 watts of power, an energy consumption of 0.06 kWh, a drying time of 9.30 hours, and an energy consumption of 0.54 units, resulted in the best drying of Indian mackerel, with a suitable level of dryness and softness, while consuming the least amount of energy.

Keywords : Electric hot air oven, Indian Mackerel, STEM Education

1. บทนำ

ปลาทุแวก เป็นปลาเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย จากสถิติปริมาณการจับสัตว์น้ำของสะพานปลา และทำเทียบเรือประมงขององค์การสะพานปลา พ.ศ. 2566 ไตรมาสที่ 4 มีมากกว่า 7,256.95 ตัน [1] ปลาทุแวก เป็นปลาทะเลขนาดเล็กที่นิยมแปรรูปโดยการอบแห้ง นับว่าเป็นหนึ่งในอาหารทะเลแปรรูปที่ได้รับความนิยมสูง ในหลายภูมิภาคของประเทศไทย โดยเฉพาะในภาคใต้ซึ่งมีการทำปลาตากแห้ง เพื่อถนอมอาหารและเพิ่มมูลค่า ในระดับครัวเรือนและวิสาหกิจชุมชน [2] อย่างไรก็ตาม วิธีการอบแห้งปลาทุแวกในชุมชนส่วนใหญ่ยังคงพึ่งพา วิธีการตากแดดแบบเปิดโล่งตามธรรมชาติ ซึ่งประสบปัญหาเกี่ยวกับความไม่แน่นอนของสภาพอากาศ เช่น ฝนตก แดดไม่เพียงพอ หรือฝุ่นละออง ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้ไม่มีคุณภาพสม่ำเสมอ อาจเกิดเชื้อรา และอาจจะ ส่งผลถึงไม่ปลอดภัยต่อผู้บริโภคได้ [3]

การนำพลังงานไฟฟ้ามาใช้ในการกระบวนการแปรรูปอาหาร จึงได้รับความสนใจอย่างมากในช่วงทศวรรษ ที่ผ่านมา เนื่องจากเป็นพลังงานสะอาด ลดต้นทุนด้านพลังงาน และสอดคล้องกับนโยบายพัฒนาที่ยั่งยืนของ ประเทศ [4] อย่างไรก็ตาม การใช้พลังงานแสงอาทิตย์อย่างเดียวในระบบอบแห้งมักประสบปัญหาในช่วงที่แสงแดด ไม่เพียงพอ การออกแบบระบบอบแห้งที่สามารถใช้พลังงานไฟฟ้าจึงเป็นทางเลือกที่เหมาะสมในการเพิ่ม ความเสถียรของกระบวนการผลิต และยังสามารถช่วยยืดอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ของปลาทุแวก หลังการอบแห้งได้อย่างมีประสิทธิภาพ [5]

จากปัญหาดังกล่าวจึงเกิดแนวคิดในการพัฒนาตู้อบลมร้อนพลังงานไฟฟ้าซึ่งใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่อเพิ่ม ความต่อเนื่องและความแม่นยำในการควบคุมอุณหภูมิ ช่วยเพิ่มคุณภาพของผลิตภัณฑ์หลังการอบแห้ง และ เพิ่มความสามารถในการผลิตของกลุ่มเกษตรกรและผู้ประกอบการรายย่อยได้อย่างมีประสิทธิภาพ [6] ด้วยเหตุนี้ จึงได้ศึกษากระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม (STEM Education) เพื่อพัฒนาอย่างเป็นระบบและเป็นขั้นตอน สำหรับการออกแบบและพัฒนาตู้อบลมร้อนพลังงานไฟฟ้า ซึ่งมีความสำคัญอย่างยิ่งในการเพิ่มมูลค่าผลผลิต ทางการเกษตร การส่งเสริมอาชีพในชุมชนและใช้ทรัพยากรธรรมชาติอย่างยั่งยืน โดยได้นำไปทดลองใช้กับ กลุ่มวิสาหกิจที่ประกอบการด้านการแปรรูปผลิตภัณฑ์ประมงพื้นบ้านให้มีคุณภาพดียิ่งขึ้น กับกลุ่มวิสาหกิจชุมชน แปรรูปอาหารบ้านวัดสน - บ่อตรู หมู่ที่ 2 ตำบลบ่อตรู อำเภอรโนด จังหวัดสงขลา

2. วัตถุประสงค์การวิจัย

2.1 เพื่อออกแบบและพัฒนาตู้อบลมร้อนพลังงานไฟฟ้าสำหรับอบแห้งปลาทุแวก โดยใช้กระบวนการ สเต็มศึกษา

2.2 เพื่อศึกษาค่ากำลังไฟฟ้าของหลอดไฟ Incandescent ที่เหมาะสมสำหรับอบแห้งปลาทุแวกของ ตู้อบลมร้อนพลังงานไฟฟ้า

2.3 เพื่อศึกษาประสิทธิภาพด้านเวลาและคุณภาพของเนื้อปลาในการอบแห้งปลาทุแวกของตู้อบลมร้อน พลังงานไฟฟ้า

3. วิธีดำเนินการวิจัย

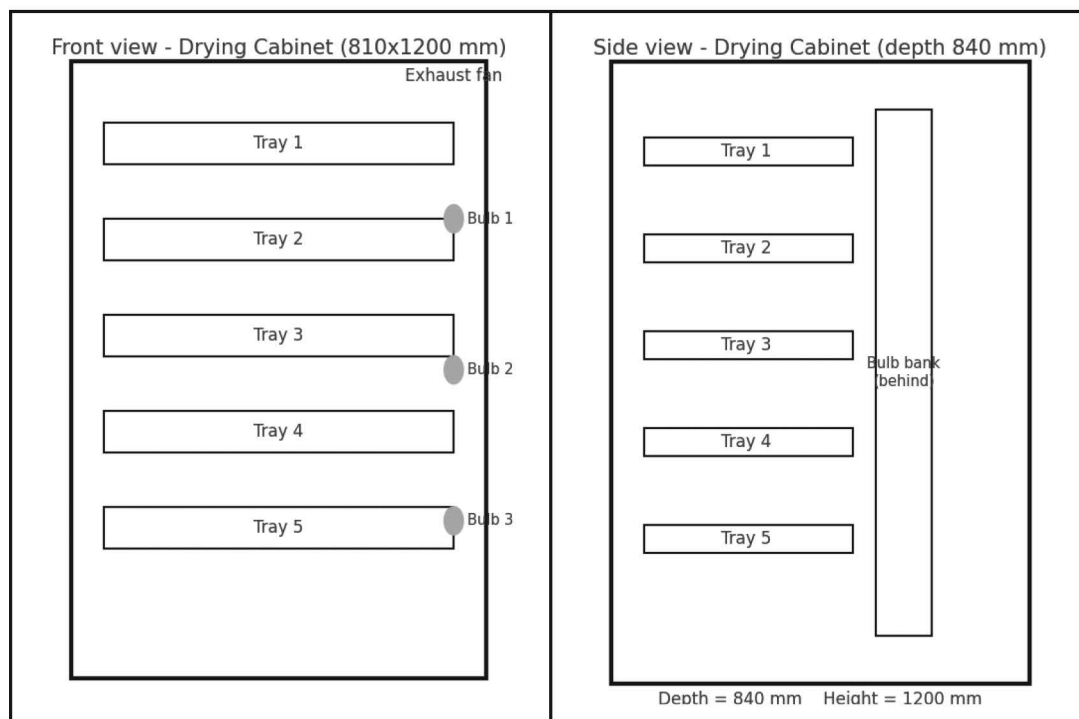
3.1 การออกแบบและพัฒนาตู้อบลมร้อนพลังงานไฟฟ้า สำหรับอบแห้งปลาทุแค

ผู้วิจัยได้ดำเนินการออกแบบและพัฒนาตู้อบลมร้อนพลังงานไฟฟ้า สำหรับอบแห้งปลาทุแค ตามกระบวนการ STEM Education 6 ขั้นตอน [7] ดังนี้

3.1.1 ขั้นระบุปัญหา ศึกษาสภาพปัญหาในการผลิตปลาทุแคตากแห้ง เพื่อให้ทราบประเด็นปัญหา โดยการศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับลักษณะทั่วไปของปลาทุแค ขั้นตอนการแปรรูปปลาทุแคสำหรับทำปลาทุแคตากแห้ง ได้แก่ ขั้นตอนตากแห้งปลาที่ต้องให้ความร้อนที่สม่ำเสมอ ระยะเวลาที่ใช้ในการตากแห้ง คุณภาพของเนื้อปลาที่ได้จากการตากแห้ง

3.1.2 ขั้นรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา หลังจากที่คุณวิจัยได้ประเด็นปัญหาแล้ว ผู้วิจัยศึกษารูปแบบของตู้อบลมร้อนพลังงานไฟฟ้า สำหรับอบแห้งปลาทุแคทดแทนการใช้การตากแห้งแบบทั่วไป จากเอกสารตำรา งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ตลอดจนการค้นคว้าทางอินเทอร์เน็ต หลังจากนั้นผู้วิจัยได้นำข้อมูลมาสังเคราะห์ความคิด กำหนดคุณลักษณะเฉพาะของนวัตกรรมเบื้องต้น โดยใช้ทฤษฎีการพาและความแผ่รังสีความร้อน ในการอบแห้งเพื่อทดแทนการตากแห้งแบบทั่วไป

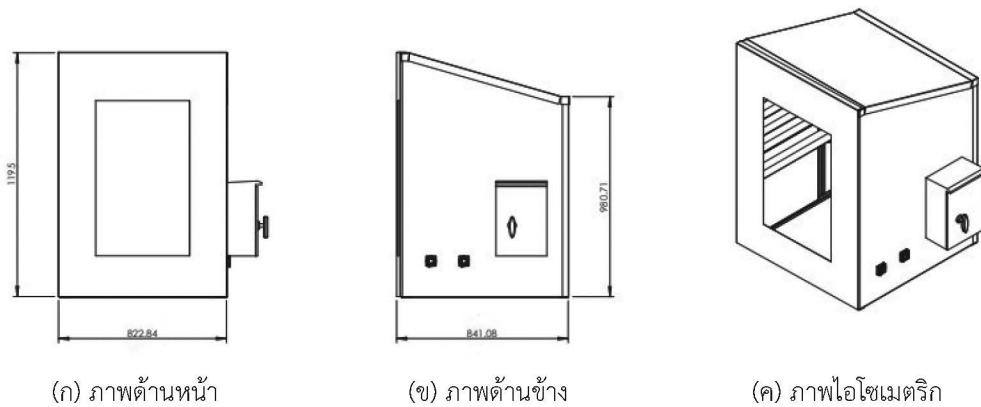
3.1.3 ขั้นออกแบบวิธีการแก้ปัญหา เป็นการออกแบบและเขียนแบบตู้อบลมร้อนพลังงานไฟฟ้าสำหรับอบแห้งปลาทุแค ซึ่งอาศัยข้อมูลแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหารวมถึงการกำหนดคุณลักษณะเฉพาะของนวัตกรรมที่ได้ศึกษาไว้ โดยได้ออกแบบเครื่องเพื่อให้เห็นถึงรูปทรงและส่วนประกอบของตู้อบลมร้อนพลังงานไฟฟ้า เพื่อออกแบบชิ้นงานเบื้องต้นให้มีประสิทธิภาพในการอบแห้ง รายละเอียดดังภาพที่ 1



(ก) ภาพด้านหน้า

(ข) ภาพด้านข้าง

ภาพที่ 1 ภาพร่างด้านหน้าและด้านข้าง ตู้อบลมร้อนพลังงานไฟฟ้าสำหรับอบแห้งปลาทุแค



(ก) ภาพด้านหน้า

(ข) ภาพด้านข้าง

(ค) ภาพไอโซเมตริก

ภาพที่ 2 ภาพร่างแบบงานตู้อบลมร้อนพลังงานไฟฟ้าสำหรับอบแห้งปลาทุแวก

3.1.4 ขั้นตอนวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา เป็นการสร้างตู้อบลมร้อนพลังงานไฟฟ้าสำหรับอบแห้งปลาทุแวก ตามแบบงานที่ได้ออกแบบไว้ เช่น งานเชื่อมโครง งานผลิตชิ้นส่วน งานประกอบ และงานระบบไฟฟ้า โดยตู้อบลมร้อนมีขนาดกว้าง 81 เซนติเมตร ยาว 84 เซนติเมตร และสูง 120 เซนติเมตร ออกแบบและพัฒนาให้ใช้พลังงานไฟฟ้า เพื่อความต่อเนื่องและความแม่นยำในการควบคุมอุณหภูมิ สามารถอบแห้งปลาทุแวก ให้มีคุณภาพตามที่ต้องการ

3.1.5 ขั้นตอนประเมินผลและปรับปรุงแก้ไขชิ้นงาน ผู้วิจัยได้นำตู้อบลมร้อนพลังงานไฟฟ้าสำหรับอบแห้งปลาทุแวกไปทดลองใช้งานเบื้องต้น เพื่อหาข้อบกพร่องและปรับปรุงแก้ไข หลังจากนั้นได้นำตู้อบลมร้อนพลังงานไฟฟ้าสำหรับอบแห้งปลาทุแวก ไปให้ผู้เชี่ยวชาญที่มีความรู้ความสามารถ ด้านการสร้งนวัตกรรม จำนวน 5 ท่าน ได้ตรวจสอบประเมินคุณภาพ โดยแบบประเมินที่ผู้วิจัยใช้ เป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) ที่ผ่านการตรวจสอบความถูกต้อง ความเที่ยงตรงของข้อคำถามแต่ละข้อ (IOC) โดยผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 5 ท่าน ซึ่งพบว่าทุกข้ออยู่ระหว่าง 0.8 – 1.0

3.1.6 ขั้นนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผู้วิจัยได้นำตู้อบลมร้อนพลังงานไฟฟ้าสำหรับอบแห้งปลาทุแวกไปทดลองใช้งานจริง กับกลุ่มวิสาหกิจชุมชนแปรรูปอาหารบ้านวัดสน - บ่อตรู หมู่ที่ 2 ตำบลบ่อตรู อำเภอรอนดง จังหวัดสงขลา

3.2 ศึกษาค่ากำลังไฟฟ้าของหลอดไฟ Incandescent ที่เหมาะสมของตู้อบลมร้อนพลังงานไฟฟ้าสำหรับอบแห้งปลาทุแวก

3.2.1 ศึกษางานวิจัยของ [4] ข้อมูลคุณสมบัติปลาทุแวกที่สำคัญเป็นปลาที่มีไขมัน (oily fish) ทำให้เกิดการออกซิเดชันไขมันง่าย ถ้าอุณหภูมิสูงหรือออกซิเจนมาก จะเกิดกลิ่นหืนและสีเปลี่ยนได้ คุณสมบัติของเนื้อปลาทุแวกหลังอบแห้งที่เหมาะสม ควรมีค่าความชื้นหลังอบแห้งประมาณร้อยละ 18-20 w/w และในส่วนของข้อมูลทางเทคนิคการอบที่อุณหภูมิต่ำ ประมาณ 40 – 50 องศาเซลเซียส ช่วยรักษาคุณภาพได้ดีแต่ใช้เวลาอบนาน อุณหภูมิสูงประมาณ 60 – 70 องศาเซลเซียส อัตราการอบแห้งเร็วกว่าแต่เพิ่มความเสี่ยงการแข็งผิวนอก (case-hardening) สีเปลี่ยน และการเสียคุณภาพจากออกซิเดชันไขมัน จากข้อมูลดังกล่าวจึงนำมาศึกษาศึกษาค่ากำลังไฟฟ้า (วัตต์) ของหลอดไฟ Incandescent และค่าพลังงานไฟฟ้า (kwh) ของตู้อบลมร้อนพลังงานไฟฟ้า

สำหรับอบแห้งปลาตาก โดยกำหนด 3 ระดับ คือ 60 120 และ 200 วัตต์ตามลำดับ และกำหนดจำนวนหลอดไฟที่ใช้ดังตารางที่ 1 บันทึกอุณหภูมิภายในตู้อบทุก ๆ 30 นาที ตั้งแต่เริ่มต้นจนอุณหภูมิคงที่ ทำซ้ำ 3 ครั้ง วิเคราะห์ผลโดยการหาค่าเฉลี่ย

3.2.3 ติดตั้งพัฒนาคู่อากาศด้านล่างของตู้อบลมร้อนพลังงานไฟฟ้า บันทึกอุณหภูมิภายในตู้อบทุก ๆ 30 นาที ตั้งแต่เริ่มต้นจนอุณหภูมิคงที่ ทำซ้ำ 3 ครั้ง วิเคราะห์ผลโดยการหาค่าเฉลี่ย

ตารางที่ 1 จำนวนหลอดไฟและค่าพลังงานไฟฟ้าของหลอดไฟ Incandescent

จำนวนหลอดไฟ (หลอด)	กำลังไฟฟ้าของหลอดไฟ (วัตต์)	ค่าพลังงานไฟฟ้า (kwh)
1	60	0.60
2	120	0.12
2	200	0.20

3.3 ศึกษาประสิทธิภาพด้านเวลาและคุณภาพของเนื้อปลาในการอบแห้งปลาตากของตู้อบลมร้อนพลังงานไฟฟ้า

นำปลาตากจำนวนขนาด 10 ตัวต่อกิโลกรัม จำนวน 50 ตัว เรียงบนถาด นำเข้าอบแห้งในตู้อบแห้งด้วยตู้อบลมร้อนพลังงานไฟฟ้า ทำการทดลองโดยการกำหนดค่าค่าพลังงานไฟฟ้า (kwh) 3 ระดับ คือ 60 120 และ 200 วัตต์ ตามลำดับ

3.3.1 บันทึกเวลาที่ใช้ในการอบแห้งและคำนวณค่าพลังงานที่ใช้เป็น kwh (Unit) โดยใช้สูตรคำนวณ

$$\text{kwh (Unit)} = \frac{\text{กำลังไฟฟ้า (วัตต์)} \times \text{เวลาที่ใช้ (ชั่วโมง)}}{1,000}$$

3.3.2 บันทึกคุณภาพของเนื้อปลาหลังการอบแห้ง เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพด้านเวลา และคุณภาพของเนื้อปลา ตามเกณฑ์การประเมินคุณภาพเนื้อปลาตากหลังการอบแห้ง [8] แบ่งเป็น 5 ระดับ ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ปลาแห้ง (มผช. 179/2546) ดังนี้

ระดับ 1 ไม่แห้ง (Wet) ผิวยังฉะ เนื้อนุ่มเหมือนพลาสติก กดแล้วบุ๋มลึก มีน้ำซึม

ระดับ 2 แห้งหมาด (Semi-dry) ผิวเริ่มแห้งตึง แต่เมื่อบีบดูภายในยังมีความชื้นสูง เนื้อยังนุ่มมาก

ระดับ 3 แห้งพอดี เนื้อนุ่ม (Ideal/Pliable) ผิวแห้งสนิท เนื้อมีความยืดหยุ่น (ไม่แข็งกระด้าง) หักดูด้านในเนื้อแห้งสม่ำเสมอ

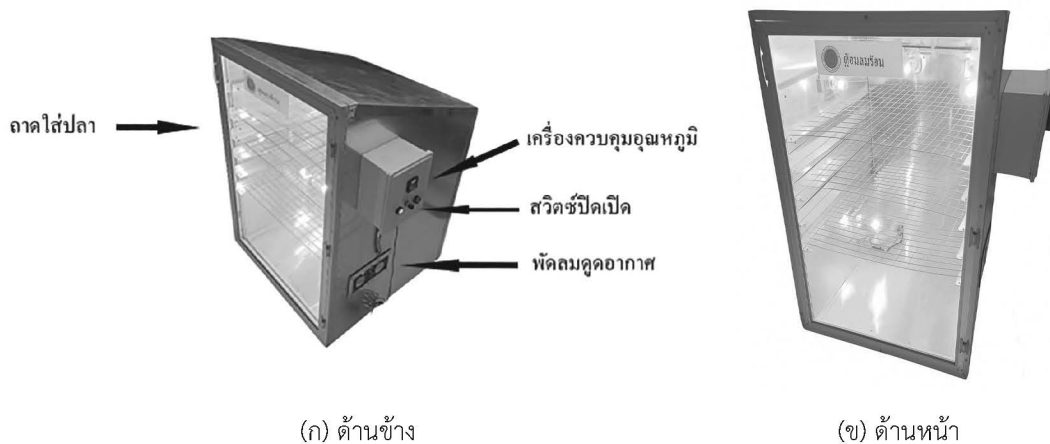
ระดับ 4 แห้งแข็ง (Over-dried/Hard) เนื้อปลาแข็งกระด้าง เปราะ หักง่าย น้ำหนักเบา

ระดับ 5 เสียหาย (Damaged) มีลักษณะไหม้ มีกลิ่นเหม็นอับ หรือเน่าเสียระหว่างอบ

4. ผลการวิจัย

4.1 ผลการออกแบบและพัฒนาตู้อบลมร้อนพลังงานไฟฟ้าสำหรับอบแห้งปลาตากโดยใช้กระบวนการสเต็มศึกษา

ออกแบบใช้พลังงานไฟฟ้าโดยใช้หลอดไฟ Incandescent ขนาด 60 120 และ 200 วัตต์ มีเครื่องวัดและควบคุมอุณหภูมิ (Temperature controller) แสดงค่าอุณหภูมิและควบคุมอุณหภูมิในตัว เพื่อความแม่นยำในการควบคุมอุณหภูมิ และมีพัดลมดูดอากาศเพื่อระบายความชื้นออกจากตู้อบ ดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 ตู้อบลมร้อนพลังงานไฟฟ้าสำหรับอบแห้งปลาตากโดยใช้กระบวนการสเต็มศึกษา

ตารางที่ 2 ผลการประเมินคุณภาพตู้อบลมร้อนพลังงานไฟฟ้าสำหรับอบแห้งปลาตากโดยใช้กระบวนการสเต็มศึกษา

รายการประเมิน	ระดับความพึงพอใจ		
	μ	σ	แปลผล
1. ด้านโครงสร้างทั่วไป			
1.1 รูปทรงเหมาะสมสวยงาม	4.60	.54	มากที่สุด
1.2 มีความแข็งแรงทนทาน	4.40	.89	มาก
1.3 การติดตั้งอุปกรณ์มีความเหมาะสม	4.20	.44	มาก
ค่าเฉลี่ย	4.40	.62	มาก
2. ด้านการออกแบบ			
2.1 มีการออกแบบเหมาะสมตามหลักวิชาการ	4.60	.54	มากที่สุด
2.2 ความเหมาะสมของกลไกการทำงาน	4.20	.83	มาก
2.3 มีการออกแบบโดยคำนึงถึงความปลอดภัย	4.20	.83	มาก
ค่าเฉลี่ย	4.33	.74	มาก

รายการประเมิน	ระดับความพึงพอใจ		
	μ	σ	แปลผล
3. ด้านการใช้งาน			
3.1 ใช้งานได้ง่าย	4.20	.83	มาก
3.2 ดูแลรักษาได้ง่าย	4.00	.70	มาก
3.3 มีความปลอดภัยในการใช้งาน	4.60	.54	มากที่สุด
ค่าเฉลี่ย	4.26	.69	มาก
ค่าเฉลี่ยรวม	4.33	.68	มาก

จากตารางที่ 2 ผลการประเมินคุณภาพตัวบ่งชี้ของหลอดไฟสำหรับอบแห้งปลาทุเรียน ด้านโครงสร้างทั่วไปมีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับมาก ด้านการออกแบบมีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับมาก และด้านการใช้งานมีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับมาก และค่าเฉลี่ยโดยรวมของตัวบ่งชี้ของหลอดไฟสำหรับอบแห้งปลาทุเรียน มีผลการประเมินคุณภาพโดยผู้เชี่ยวชาญ อยู่ในระดับมาก ที่ ($\mu = 4.33$, $\sigma = 0.68$)

4.2 ผลการศึกษาค่ากำลังไฟฟ้าของหลอดไฟ Incandescent ที่เหมาะสมของตัวบ่งชี้ของหลอดไฟสำหรับอบแห้งปลาทุเรียน

ตารางที่ 3 ค่ากำลังไฟฟ้าอุณหภูมิและเวลาของตัวบ่งชี้ของหลอดไฟ

ค่าพลังงานไฟฟ้า (kwh)	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	เวลาที่ใช้ (ชั่วโมง)	
		ไม่ใช้พัดลมดูดอากาศ	ใช้พัดลมดูดอากาศ
0.06	40-49	12.20	6.50
0.12	50-59	9.30	4.40
0.20	60-70	5.50	2.50

จากข้อมูลในตารางที่ 3 อุณหภูมิภายในตู้อบแห้งแบบไม่ใช้พัดลมดูดอากาศ พบว่ากำลังไฟฟ้าของการใช้หลอดไฟ 60 วัตต์ใช้ค่าพลังงานไฟฟ้า 0.06 kwh อุณหภูมิในตู้อบอยู่ในช่วง 40-49 องศาเซลเซียสใช้เวลา 12.20 ชั่วโมง กำลังไฟฟ้าของหลอดไฟ 120 วัตต์ ใช้ค่าพลังงานไฟฟ้า 0.12 kwh อุณหภูมิในตู้อบอยู่ในช่วง 50-59 องศาเซลเซียสใช้เวลา 9.30 ชั่วโมง และกำลังไฟฟ้าของหลอดไฟ 200 วัตต์ใช้ค่าพลังงานไฟฟ้า 0.20 kwh อุณหภูมิในตู้อบอยู่ในช่วง 60-70 องศาเซลเซียสใช้เวลา 5.50 ชั่วโมง และเมื่อเพิ่มระบบลมหมุนเวียนโดยใช้พัดลมดูดอากาศพบว่า เวลาที่ใช้ในการอบแห้งลดลงในทุกระดับอุณหภูมิ กล่าวคือที่กำลังไฟฟ้าของหลอดไฟ 60 วัตต์เวลาลดลงเหลือ 6.50 ชั่วโมง กำลังไฟฟ้าของหลอดไฟ 120 วัตต์ เวลาลดลงเหลือ 4.40 ชั่วโมง และกำลังไฟฟ้าของหลอดไฟ 200 วัตต์ ใช้เวลาลดลงเหลือ 2.50 ชั่วโมง แสดงว่าการใช้พัดลมดูดอากาศทำให้ระยะเวลาลดลง

4.3 ผลการศึกษาประสิทธิภาพด้านเวลาและคุณภาพของเนื้อปลาในการอบแห้งปลาทุบกของตู้อบลมร้อนพลังงานไฟฟ้า

ด้านเวลานำมาคำนวณผลการศึกษาค่ากำลังไฟฟ้าของหลอดไฟ Incandescent สำหรับอบแห้งปลาทุบกที่เหมาะสมของตู้อบลมร้อนพลังงานไฟฟ้า พบว่า การอบแห้งโดยใช้กำลังไฟฟ้า 60 วัตต์ ใช้เวลาในการอบ 9.30 ชั่วโมง ค่าพลังงานไฟฟ้า 0.06 kwh. เป็นค่าที่ต่ำสุด และเมื่อใช้กำลังไฟฟ้าสูงขึ้น เวลาการอบแห้งลดลง แต่ค่าพลังงานที่ใช้จะสูงขึ้นตามลำดับคือ การใช้กำลังไฟฟ้า 120 วัตต์ เวลาในการอบลดลง 7.30 ชั่วโมง ค่าพลังงานไฟฟ้า 0.84 kwh. และการใช้กำลังไฟฟ้า 200 วัตต์ เวลาในการอบลดลงน้อยสุด 6.00 ชั่วโมง ส่วนค่าพลังงานไฟฟ้าสูงสุด 1.20 kwh.

ด้านคุณลักษณะเนื้อปลาแห้ง การใช้กำลังไฟฟ้าในการอบแห้งทั้ง 3 ระดับ ไม่แตกต่างกันมากนัก ระดับคุณภาพของผลิตภัณฑ์จัดอยู่ในระดับที่ 3 มีลักษณะเนื้อนุ่ม (Ideal/Pliable) ผิวแห้งสนิท เนื้อมีความยืดหยุ่น ไม่แข็งกระด้าง เนื้อด้านในได้ผิวหนังมีความแห้งสม่ำเสมอ ซึ่งเป็นลักษณะที่ต้องการตามมาตรฐานการอบแห้ง ดังภาพที่ 4

ตารางที่ 4 ระยะเวลาและค่าพลังงานไฟฟ้าในการอบแห้งและระดับคุณภาพของผลิตภัณฑ์ปลาทุบกอบแห้ง

กำลังไฟฟ้า (วัตต์)	เวลาที่ใช้ในการอบ (ชั่วโมง)	ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ kwh (Unit)	ระดับคุณภาพ ของเนื้อปลา
60	9.30	0.54	3
120	7.30	0.84	3
200	6.00	1.20	3



ภาพที่ 4 ปลาทุบกอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อนพลังงานไฟฟ้า

5. อภิปรายผลการวิจัย

5.1 การออกแบบและพัฒนาตู้อบลมร้อนพลังงานไฟฟ้าสำหรับอบแห้งปลาตากแห้งโดยใช้กระบวนการเสริมศึกษา (STEM Education) ทั้ง 6 ขั้นตอน ช่วยให้การพัฒนาคู่มือมีระบบที่เป็นลำดับขั้นตอน ตั้งแต่การระบุปัญหา จนถึงการทดสอบจริงผลการประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญที่อยู่ในระดับมาก ($\mu = 4.33$, $\sigma = 0.68$) สะท้อนให้เห็นว่า ด้านโครงสร้างมีความเหมาะสมทางวิศวกรรม การใช้หลอดไส้ (Incandescent) เพื่อแผ่รังสีอินฟราเรด ซึ่งสอดคล้องกับทฤษฎีการพาและการแผ่รังสีความร้อนที่ช่วยให้ความร้อน แทรกซึมลึกเข้าสู่เนื้อปลาได้ดีกว่าการตากแดดแบบเดิม ซึ่งสอดคล้องกับ [4] ที่ระบุว่าช่องเปิดระบายความชื้นมีอิทธิพลสำคัญต่อสมรรถนะการอบแห้งปลาตากแห้ง ด้านกระบวนการพัฒนาเชิงระบบ การนำกระบวนการ STEM Education มาใช้ในการออกแบบ และแนวทางของ สสวท. ที่สนับสนุนการใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเพื่อแก้ปัญหาและสร้างสรรค์นวัตกรรมอย่างเป็นระบบ การใช้พลังงานแสงอาทิตย์เพียงอย่างเดียวมักประสบปัญหาในช่วงที่แดดไม่เพียงพอ

5.2 การศึกษาค่ากำลังไฟฟ้าของหลอดไฟ Incandescent สำหรับอบแห้งปลาตากแห้งที่เหมาะสมของตู้อบลมร้อนพลังงานไฟฟ้า การใช้กำลังไฟฟ้าที่ต่างกัน (60W, 120W, 200W) ส่งผลโดยตรงต่ออุณหภูมิและระยะเวลาการอบ และการเพิ่มระบบลมหมุนเวียนด้วยพัดลมดูดอากาศ เป็นปัจจัยสำคัญที่ช่วยลดระยะเวลาการอบแห้งลงได้ในทุกระดับอุณหภูมิ เนื่องจากช่วยระบายความชื้นออกจากตู้อบได้อย่างรวดเร็ว ป้องกันการสะสมของไอน้ำที่อาจทำให้ปลาเน่าเสีย สอดคล้องกับ [9] ด้านอิทธิพลของการระบายความชื้น งานวิจัยพบว่าเมื่อใช้พัดลมดูดอากาศเวลาที่ใช้ในการอบแห้งจะลดลงอย่างมากในทุกระดับอุณหภูมิ

5.3 การศึกษาประสิทธิภาพด้านเวลาและคุณภาพของเนื้อปลาในการอบแห้งปลาตากแห้งของตู้อบลมร้อนพลังงานไฟฟ้า อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นจุดที่เหมาะสมและประหยัดสำหรับปลาตากแห้งของกลุ่มวิสาหกิจชุมชน แม้จะใช้เวลานานกว่า 9.30 ชั่วโมง แต่ให้คุณภาพเนื้อปลาในระดับ 3 แห้งพอดี เนื้อนุ่ม ยืดหยุ่น และสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าน้อยที่สุดเพียง 0.54 Unit โดยคุณภาพไม่แตกต่างจากการใช้กำลังไฟฟ้าที่สูงขึ้น ถึงแม้ว่าจะใช้เวลาสั้นลง ซึ่งสอดคล้องกับคุณสมบัติของปลาตากแห้งที่เป็นปลาที่มีไขมันสูง หากใช้อุณหภูมิสูงเกินไปเช่น 60 องศาเซลเซียส แม้จะแห้งเร็วแต่จะมีความเสี่ยงต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันทำให้เกิดกลิ่นหืนได้ สำหรับในด้านคุณภาพเนื้อปลาและความร้อนอินฟราเรด สอดคล้องกับแนวคิดของ [10] ผลการวิจัย ที่พบว่า การใช้หลอดไฟ Incandescent ช่วยให้ความร้อนซึมลึกเข้าสู่เนื้อปลาได้ดี ที่ระบุว่าการควบคุมอุณหภูมิที่เหมาะสมช่วยรักษาคุณภาพของปลาตากแห้งได้ดีกว่าการตากแดด และสอดคล้องกับ [11] มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ในด้านการประเมินลักษณะเนื้อปลาที่แห้งพอดีและไม่เน่า [6] ที่ศึกษาเฉพาะตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ ด้านอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อปริมาณไขมัน โดยอ้างอิงคุณสมบัติของปลาตากแห้งที่เป็นปลาไขมันสูง (Oily Fish) โดยระบุว่าอุณหภูมิสูง (60-70 องศาเซลเซียส) แม้จะแห้งเร็วแต่เสี่ยงต่อการเกิดกลิ่นหืนและผิวแข็ง (Case-hardening

6. สรุปผลและข้อเสนอแนะ

6.1 ตู้อบลมร้อนพลังงานไฟฟ้าที่ผ่านการรับรองคุณภาพจากผู้เชี่ยวชาญในระดับมาก ติดตั้งเครื่องควบคุมอุณหภูมิ และพัฒนาระบบความชื้น ทำให้สามารถควบคุมสภาวะการอบแห้งได้แม่นยำกว่าวิธีตากแดดตามธรรมชาติ

6.2 ค่ากำลังไฟฟ้าของหลอดไฟ Incandescent สำหรับอบแห้งปลาทุแคกที่เหมาะสมของตู้อบลมร้อนพลังงานไฟฟ้า พลังงานกำลังไฟฟ้าของหลอดไฟที่เหมาะสมกับอุณหภูมิภายในตู้อบ โดยหลอด 60W อุณหภูมิอยู่ในช่วงระหว่าง 40-49 องศาเซลเซียส 120W อุณหภูมิอยู่ในช่วงระหว่าง 50-59 องศาเซลเซียส และ 200W อุณหภูมิอยู่ในช่วงระหว่าง 60-70 องศาเซลเซียส ตามลำดับ การใช้พัดลมดูดอากาศช่วยลดระยะเวลาได้ทุกค่ากำลังของหลอดไฟ

6.3 ประสิทธิภาพด้านเวลาและคุณภาพของเนื้อปลาในการอบแห้งปลาทุแคกของตู้อบลมร้อนพลังงานไฟฟ้า สภาวะการอบที่เหมาะสมและประหยัด การอบแห้งปลาทุแคกที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส โดยใช้กำลังไฟฟ้า 60 วัตต์ ใช้เวลา 9.30 ชั่วโมง ผลผลิตแห้งที่มีคุณภาพระดับ 3 ตรงตามความต้องการของตลาด และมีความคุ้มค่าด้านพลังงานไฟฟ้าสูงสุด

ข้อเสนอแนะ

1. การพัฒนาต่อยอดด้านพลังงาน ควรศึกษาการนำพลังงานสะอาดอื่น ๆ เช่น แผงโซลาร์เซลล์ร่วมกับระบบไฟฟ้า (Hybrid System) เพื่อลดต้นทุนค่าไฟฟ้า
2. ควรปรับปรุงการออกแบบโดยการเพิ่มระบบตั้งเวลาเปิด-ปิดอัตโนมัติ (Timer) เพื่อความสะดวกในการใช้งานของชาวบ้านโดยไม่ต้องคอยเฝ้า เนื่องจากการอบแห้งต้องใช้เวลานาน
3. การนำตู้อบลมร้อนพลังงานไฟฟ้าไปใช้อบแห้งกับผลิตภัณฑ์อื่นๆ ต้องทดลองหาสภาวะที่เหมาะสมก่อนใช้ เนื่องจากวัตถุดิบแต่ละชนิดมีองค์ประกอบไม่เหมือนกัน

7. เอกสารอ้างอิง

- [1] กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ กรมประมง. (2566). สถิติปริมาณการจับสัตว์ทะเลจากการทำประมงพื้นบ้าน ปี 2566. https://www4.fisheries.go.th/local/index.php/main/view_qr_group/1408/7524
- [2] เมธี แก้วเนิน, วรารักษ์ เทพาหุติ, วรณทัต ดุลยพฤกษ์, สมหมาย เจนกิจการ, ธีระพงษ์ ด่วงดี, สรณัฐ ศิริสวย, ไพลิน จิตรชุม, พลพิศลิป สุวรรณชัย และรัตนาวดี พูลสวัสดิ์. (2560). การศึกษาสถานภาพของทรัพยากรปลาที่มีความสัมพันธ์กับสภาพแวดล้อมบริเวณพื้นผิวทะเลในบริเวณอ่าวไทย. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย.
- [3] พิชญ์ ศิริพิชญ์ตระกูล, วิไลลักษณ์ เปรมกิจ, จิตจรรยา ต้นติวลา, อัญญาณี แยมรุ่งเรือง, จันทร์ทิพย์ บรรลือเดช, ปิยะโชค สีนอนันต์, สนธยา บุญสุข, นันทชัย บุญจร, สิทธ หอยมุก, กำพล ลอยขึ้น, นิรชา สองแก้ว, สุมา รักแผน, พัทธกัษ ใจดี, พรชัย สิงห์บุญ, ประสิทธิ์ ลือศรีถาวรสิน, เชิดศักดิ์ ชูคง, สุธานี สมะนังกุล, ทิวรัตน์ สีนอนันต์, ณรงค์ศักดิ์ คงชัย, นฤพน ธรรมาศ, ไพรัช เกชาลัย, จินดา ชัยเกลี้ยง, เอนก จุศิริพงษ์กุล, ทวีธรรม ขาวสีจาน, เกสร เทียรพิสุทธิ, ศราวุธ วันระยานนท์, จินตนา จินดาลิขิต, ศรีประภา สิทธิโชคธนา, วันทนา เจนกิจโกศล, วรณไล ภูเี่ยม, พลอย สมบัติสุวรรณ, วุฒิชัย อุตยุมกุล, พิเศษ จุฑาจันทร์, วัชรพงศ์ ชุ่มชื่น, จิตวิวัฒนา เหลืองบำรุง, เอกรัฐ วงษ์เขียว, ขวณพิศ ใจแก้ว, ประสิทธิ์ ลือศรีถาวรสิน และสมเจตน์ สอนครุฑ. (2557). งานวิจัยและพัฒนาประมงทะเลระหว่างปี 2545-2557 ฉบับที่ 1. กรมประมง. https://digital.library.tu.ac.th/tu_dc/frontend/Info/item/dc:284630#

- [4] จารุวัฒน์ เจริญจิต. (2557). อิทธิพลของช่องเปิดระบายความชื้นและการจัดวางชั้นอบแห้งต่อสมรรถนะการอบแห้งปลาทุบกแบบหลายชั้นด้วยรังสีอาทิตย์. *วารสารวิจัยมหาวิทยาลัยขอนแก่น*, 19(1), 105-117.
- [5] อีรเดช ไชยบุบ, สุวิทย์ เพชรห้วยลึก, จอมภพ แวศักดิ์, มาริษา มะหนิ และภรพนา บัวเพชร. (2553). การพัฒนากระบวนการอบแห้งปลาด้วย เครื่องอบแห้งพลังงานร่วมแสงอาทิตย์-ไฟฟ้าภายใต้สภาพภูมิอากาศภาคใต้ของประเทศไทย. *วารสารมหาวิทยาลัยทักษิณ*, 13(3), 103-118.
- [6] รักชาติ ท่าโพธิ์. (2545). *ตู้อบปลาแห้งพลังงานแสงอาทิตย์*. มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี. <https://tarrarda.or.th/preview/item/YXJTfGP0u5n2RQSgTFVnb?isAl=true>
- [7] สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.). (22 กุมภาพันธ์ 2565) *การใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเพื่อเสริมสร้างความคิดสร้างสรรค์ และทักษะการแก้ปัญหา ตอนที่ 1*. <https://www.scimath.org/article-science/item/12485-1-2>
- [8] สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. (2546). *มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน: ปลาแห้ง (มผช.179/2546)*. กระทรวงอุตสาหกรรม.
- [9] ฮาติมี บากา, มูฮัมหมัดคอยรี หะยีอาแว, นูรฮาซิดา อาแว และอีรฟาน หะยีอาแว. (2559). การศึกษาประสิทธิภาพการอบแห้งของปลาช่อนด้วยตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับพลังงานไฟฟ้า. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา*, 1(1), 13-24.
- [10] เกียรติศักดิ์ เส็งพัฒน์, เฉลิมศักดิ์ ตันติเจริญวิวัฒน์, ธัญนันท์ พรหมบัลลังก์, ภูตินันท์ รอดเกิด และวีระพล บุญจันทร์. (2564). พัฒนาเครื่องล้างและกำจัดสิ่งปนเปื้อนในเนื้อหอยนางรม. *วารสารวิชาการสถาบันการอาชีวภาคใต้ 3*, 1(2), 29-40.
- [11] สุพรพิศ ณ พิบูลย์. (2558). กระบวนการอบแห้งปลาเกล็ดด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานไฟฟ้าโดยใช้การควบคุมอุณหภูมิแบบพีไอดี. *วารสารมหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์*, 7(2), 67-78.