

การพัฒนากระบวนการอบแห้งปลาด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานร่วมแสงอาทิตย์-ไฟฟ้า  
ภายใต้สภาพภูมิอากาศภาคใต้ของประเทศไทย

Development the Fish Drying Process with a Solar-Electrical Combined Energy Dryer  
under the Southern of Thailand Climate

ธีรเดช ไชยบงก<sup>1\*</sup> สุวิทย์ เพชรห้วยลึก<sup>2</sup> จอมภพ แวศักดิ์<sup>2</sup> มารินา มะหนิ<sup>2</sup> และ ภรพนา บัวเพชร<sup>3</sup>  
Teeradeth Yaibok,<sup>1\*</sup> Suwit Phethuayluk,<sup>2</sup> Jompob WeawSak,<sup>2</sup> Marina Mani<sup>2</sup> and Pornpana Buaphet<sup>3</sup>

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษการอบแห้งปลาด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานร่วมแสงอาทิตย์-ไฟฟ้า เพื่อต้องการพัฒนากระบวนการผลิตปลาแห้งอนามัยภายใต้สภาพภูมิอากาศทางภาคใต้ของประเทศไทย โดยออกแบบเครื่องอบแห้งที่ใช้พลังงานแสงอาทิตย์พลังงานหลักและพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานเสริม ประกอบด้วยตู้อบชนิดโปร่งแสง แผงรับรังสีอาทิตย์มีขนาด  $4.08\text{ m}^2$  ขดลวดไฟฟ้าสำหรับทำความร้อนขนาด  $800\text{ W}$  จำนวน 2 ชุด มีความจุของปลาที่ใช้อบได้ 50 กิโลกรัม จากการทดลองอบแห้งปลา 2 ชนิดคือ ปลาช่อนและปลาดุก โดยให้อุณหภูมิในห้องอบแห้ง  $40, 50$  และ  $60\text{ }^{\circ}\text{C}$  พบว่าการอบแห้งปลาช่อนแบบใช้พลังงานร่วมแสงอาทิตย์-ไฟฟ้าที่อุณหภูมิ  $60\text{ }^{\circ}\text{C}$  มีความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะในการอบแห้งน้อยสุดเท่ากับ  $42.57\text{ MJ/kg H}_2\text{O}_{\text{evap}}$  และมีประสิทธิภาพในการอบแห้ง 5.54% ใช้ระยะเวลาในการอบแห้ง 6 ชั่วโมง ส่วนการอบแห้งปลาดุกด้วยพลังงานความร้อนร่วมแสงอาทิตย์-ไฟฟ้าที่อุณหภูมิ  $50\text{ }^{\circ}\text{C}$  มีการสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะในการอบแห้งน้อยที่สุดคือเท่ากับ  $80.02\text{ MJ/kg H}_2\text{O}_{\text{evap}}$  และมีประสิทธิภาพในการอบแห้ง 2.98% และใช้ระยะเวลาการอบแห้ง 8 ชั่วโมง

คำสำคัญ: ขดลวดไฟฟ้า พลังงานจำเพาะ ประสิทธิภาพการอบแห้ง

<sup>1</sup> นิสิตบัณฑิตศึกษา ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ สงขลา 90000

<sup>2</sup> ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ พัทลุง 93110

<sup>3</sup> อาจารย์ ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ พัทลุง 93110

\* Corresponding author : โทร./โทรสาร 074-693975 E-mail : teeradui@hotmail.com

### Abstract

The aim of this paper has been studied the process of the fish drying with the energy combined of a solar-electric dryer. This project was researched and developed process of fish drying under the southern of Thailand climate. The design of dryer has been used consistent the solar energy and add electrical energy. The translucent dryer has the area of solar collector equal to  $4.08 \text{ m}^2$  and two set of 800 watt of electric heater. This dryer capacity has about 50 kg. This research was experimented with striped snake-head fish and batrachian walking catfish, under hot air drying condition of 40, 50 and 60 °C, respectively. The results of drying process for striped snake-head fish at 60 °C was  $42.57 \text{ MJ/kg } H_2O_{\text{evap}}$  of specific energy consumption and 5.54 % of dryer efficiency and 6 hours of drying time. For the drying process of batrachians walking catfish at 50 °C was  $80.02 \text{ MJ/kg } H_2O_{\text{evap}}$  of specific energy consumption and 2.98 % of dryer efficiency and 8 hours of drying time.

**Keywords :** Electric Heater, Specific Energy Consumption, Dryer Efficiency

### บทนำ

การตากแห้งนับเป็นวิธีการหนึ่งที่จะช่วยในการถนอมอาหารให้มีอายุมากขึ้น สมัยอดีตมนุษย์ได้ค้นพบวิธีการนี้ขึ้นมาเพื่อเก็บรักษาอาหารไว้รับประทานในยามขาดแคลนอาหารได้ตามความต้องการ ปัจจุบันการตากแห้งยังเป็นการแปรรูปผลิตภัณฑ์เพื่อเพิ่มมูลค่าของอาหารเพื่อความสะดวกในการขนส่ง ช่วยในการยืดระยะเวลาการรักษาผลิตภัณฑ์ และปรุงแต่งในด้านกลิ่นและรสชาติที่แตกต่างไปจากเดิม ในพื้นที่เขตลุ่มน้ำทะเลน้อย (อำเภอชะอวดและอำเภอหัวไทร จังหวัดนครศรีธรรมราชและอำเภอกวนขนุน จังหวัดพัทลุง) ชาวบ้านและเกษตรกรในพื้นที่แควลุ่มน้ำได้มีการประกอบอาชีพประมง โดยการอาศัยความได้เปรียบทางด้านตำแหน่งที่ตั้งแหล่งทรัพยากรทางสัตว์น้ำที่หาได้ง่าย แต่ตามลักษณะของภูมิประเทศที่อยู่ทางภาคใต้ของประเทศทำให้เสียเปรียบในด้านของของสภาพภูมิอากาศซึ่งเป็นสภาพภูมิอากาศแบบร้อนชื้น มีผลกระทบจากลมมรสุมทำให้มีฝนตกชุกเกือบตลอดปี ดังนั้นการตากแห้งปลาของชาวบ้านที่หามาได้โดยวิธีการตากแดดตามธรรมชาติที่ค่อนข้างอาศัยแสงอาทิตย์ ทำให้ปลาทากแห้งมีคุณภาพไม่สม่ำเสมอทั้งความชื้น สิ่งเจือปนและแมลงต่างๆ รบกวน

การพัฒนาระบบการอบแห้งโดยใช้ตู้อบแห้งจึงเป็นหนทางหนึ่งที่สามารถช่วยบรรเทาปัญหาเหล่านี้ได้ ทางคณะผู้วิจัยจึงได้ทำการพัฒนาเครื่องอบแห้งที่สามารถควบคุมอุณหภูมิอากาศอบแห้งภายในห้องอบที่สามารถใช้งานได้แม้ในวันที่มีสภาพภูมิอากาศไม่ดี ฝนตกมีแสงแดดน้อยและสามารถป้องกันฝุ่นละอองและแมลงได้ ถึงแม้ว่าในช่วงที่ผ่านมาจะมีการพัฒนาเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ขึ้นหลายแบบก็ตาม แต่เครื่องอบแห้งส่วนใหญ่ก็มีขนาดเล็กไม่เหมาะสมกับการใช้งานเชิงพาณิชย์ดังนั้นในงานวิจัยนี้ได้พัฒนาเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ สำหรับอบแห้งปลาที่เหมาะสมกับกับชุมชนของภาคใต้เพื่อที่จะสามารถนำไปใช้งานในเชิงพาณิชย์ต่อไป

การศึกษาและพัฒนาระบบการดังกล่าวจำเป็นต้องมีการศึกษาการอบแห้งในผลิตภัณฑ์ต่างๆ รวมถึงการพัฒนาระบบเครื่องอบแห้งที่ได้มีการศึกษามาก่อนหน้านี้ เพื่อพัฒนาให้เกิดการใช้พลังงานในการอบแห้งให้คุ้มค่ามากที่สุด เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ได้มีลักษณะ และรูปแบบที่แตกต่างกัน ตามลักษณะการใช้งาน [1] เครื่องอบแห้งแบบอุโมงค์ลมเป็นเครื่องอบแห้งที่เหมาะสมแก่การอบแห้งผลไม้ โดยได้รับความร้อนจาก

รังสีดวงอาทิตย์ที่ตกกระทบโดยตรงและความร้อนจากแผง  
รับรังสีอาทิตย์ เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบ  
เรือนกระจก ใช้หลักการเรือนกระจก (Greenhouse effect)  
เมื่อรังสีดวงอาทิตย์ส่งผ่านกระจกหรือพลาสติกเข้าไป  
ภายใน จะถูกผลิตภัณฑ์และองค์ประกอบต่างๆ ภายใน  
เรือนกระจกดูดกลืนรังสีแล้วเปลี่ยนเป็นความร้อน  
เหมาะสมกับการอบแห้งเครื่องเทศ และอาหารทะเล  
เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบใช้อากาศร้อนจาก  
แผงรับรังสีดวงอาทิตย์ที่เป็นหลังคาโรงเรือน มีพัดลม  
ไฟฟ้าดูดอากาศจากแผงรับรังสีอาทิตย์ที่ออกแบบให้  
เป็นหลังคาโรงเรือนเหมาะสำหรับการอบแห้งเครื่องเทศ  
และสมุนไพร [2] การอบแห้งเมล็ดพืชเพื่อการแปรรูปและ  
จำหน่ายต่างประเทศ เช่น พืชตระกูลถั่ว ต้องปลอดจาก  
เชื้อปนเปื้อนอะฟลาทอกซิน (Aflatoxin) ซึ่งเป็นพิษต่อ  
ผู้บริโภค ส่วนหนึ่งที่ทำให้เกิดสารดังกล่าวขึ้นนั้นเกิดจาก  
การใช้ระยะเวลาในการตากมากเกินไป เพื่อลดความ  
ชื้นจนถึงจุดปลอดภัย หรืออาจถูกฝนเวลาตากแห้ง  
เกษตรกรจึงควรใช้เครื่องอบในการตากแห้งเพื่อป้องกัน  
การความชื้นจากฝน หรือสารเจือปนในธรรมชาติปะปน  
มากับเมล็ดพืชที่ทำการตากแห้ง ขวลิตและคณะ [3] ได้ศึกษา  
การอบแห้งกล้วยด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์  
ร่วมกับปั๊มความร้อน จากการทดลองพบว่าเมื่อใช้อุณหภูมิ  
ในการอบแห้งและอัตราเร็วลมสูง อัตราการอบแห้งเร็วกว่า  
การใช้อุณหภูมิต่ำและอัตราเร็วลมต่ำ อุณหภูมิที่เหมาะสม  
ที่สุดในการทดลองคือ 45 องศาเซลเซียส เนื่องจาก อัตรา  
การอบแห้งเร็วที่สุดและพลังงานไฟฟ้าที่ใช้มีค่าไม่ต่างกัน  
มากนัก ส่วนอัตราเร็วลมที่เหมาะสมที่สุด คือ 7 m/s เวลา  
ที่ใช้ในการอบแห้งเร็วที่สุดและพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ไม่ม  
ีความแตกต่างกันเลย ทนเกียรติ และคณะ [4] ทำการ  
ออกแบบและติดตั้งโรงเรือนอบไม้พลังงานแสงอาทิตย์  
ร่วมกับแก๊สหุงต้ม ให้ประสิทธิภาพการอบ 20.78%  
สำหรับไม้เนื้ออ่อน และ 17.72% สำหรับไม้เนื้อแข็ง เมื่อใช้  
พลังงานร่วมกัน สามารถประหยัดถึง 11.5 % สำหรับ  
ไม้เนื้ออ่อน และ 6.5 % สำหรับไม้เนื้อแข็ง สามารถลด  
ความชื้นของไม้จาก 24 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานเปียก เป็น

5 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานเปียกใช้เวลาการอบประมาณ 125  
ชั่วโมง บงกช และคณะ [5] ได้ทำการทดสอบสมรรถนะ  
เบื้องต้นของเครื่องอบแห้งในรูปแบบต่างๆ พบว่า เครื่อง  
อบแห้งกระดาชจากเยื่อกล้วยมีประสิทธิภาพความร้อน  
เท่ากับ 34.7% โดยใช้เยื่อกล้วยเป็นผลิตภัณฑ์การอบแห้ง  
และเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับแก๊สซีพี-  
เออร์เพื่อใช้อบแห้งใบม่อนมีประสิทธิภาพเชิงความร้อน  
เท่ากับ 23.6% เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ใน  
รูปแบบต่างๆ สามารถอบแห้งผลิตภัณฑ์ได้หลายอุณหภูมิ  
เหมาะสำหรับการเผยแพร่ให้กลุ่มเกษตรกร เพื่อลดการใช้  
พลังงานในการอบแห้งในปัจจุบันลง เช่น แก๊ส LPG น้ำมัน  
และไฟฟ้า

### อุปกรณ์และวิธีการ

ในการศึกษาได้สร้างเครื่องอบแห้งปลาพลังงาน  
แสงอาทิตย์-ไฟฟ้า ที่มีแผงรับรังสีอาทิตย์ 3 ด้าน แผง  
รับรังสีประกอบไปด้วยแผ่นรับรังสีแบบลอนพ่นสีดำ  
มีแผ่นกระจกป้องกันความร้อนหนา 5 มิลลิเมตร  
แผงรับรังสีอาทิตย์ทำมุมเอียง 10 องศา มีขนาดพื้นที่ของ  
แผงรับรังสีอาทิตย์รวมทั้งหมด 4.08 ตารางเมตร ภายใน  
ห้องอบด้านล่างติดตั้งขดลวดความร้อนแบบไฟฟ้า  
จำนวน 800 วัตต์จำนวน 2 ชุด เพื่อใช้ในการทำอากาศร้อน  
ในกรณีที่เครื่องอบมีความร้อนไม่เพียงพอต่อการอบแห้ง  
ปลาและเป็นการควบคุมอุณหภูมิอากาศร้อนภายในห้อง  
อบให้คงที่ มีพัดลมระบายอากาศติดตั้งอยู่ด้านบนของตัว  
เครื่องทั้ง 2 ด้าน ภายในมีชั้นวางถาดสำหรับใส่ปลาทั้งหมด  
8 ชั้น ในแต่ละชั้นสามารถวางถาดได้ 3 ถาด แต่ละถาด  
สามารถบรรจุปลาแบบผ่าหลังได้ถาดละ 2-3 กิโลกรัม  
ต่อถาด (ตามขนาดของปลาชนิดต่างๆ) แสดงดังรูปที่ 1

### วิธีการทดลอง

สำหรับภายในเครื่องอบได้ทำการติดตั้งเทอร์โม  
คัปเปิลสำหรับวัดอุณหภูมิภายในเครื่องอบแห้งทั้งหมด  
14 ตำแหน่ง โดยมีการควบคุมอุณหภูมิภายในห้องอบให้  
มีค่าคงที่ และมีอุปกรณ์วัดความชื้นสัมพัทธ์ (หัววัด MI

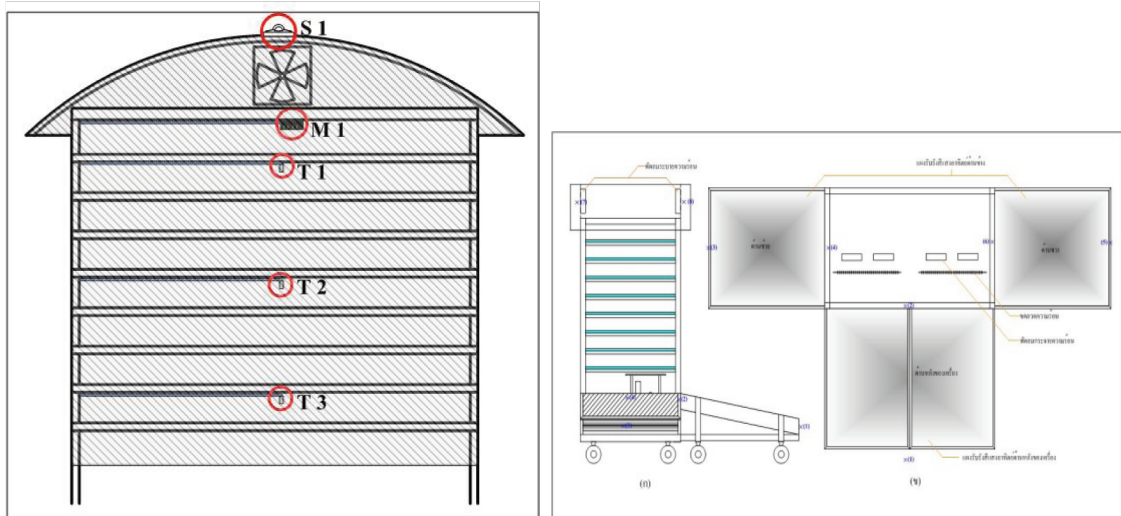


รูปที่ 1 แสดงเครื่องอบแห้งปลาพลังงานร่วมแสงอาทิตย์-ไฟฟ้า ที่มีแผงรับรังสีอาทิตย์ทั้ง 3 ด้านของเครื่องอบ

ในรูปที่ 2) ควบคุมความชื้นภายในห้องอบ โดยพัฒนา  
ระบบอากาศทางด้านบนของเครื่องจะทำงานเมื่ออุณหภูมิ  
หรือความชื้นในห้องอบมีค่าสูงกว่าค่าที่กำหนดไว้ โดย  
กำหนดค่าไว้ให้มีความชื้นเท่ากับความชื้นอากาศแวดล้อม  
ได้มีการบันทึกผลด้วยเครื่องบันทึกยี่ห้อ SUPCON 16  
ช่องสัญญาณ โดยแบ่งเป็นการบันทึกอุณหภูมิภายใน  
เครื่องอบแห้ง 14 ช่องสัญญาณ อุณหภูมิอากาศแวดล้อม  
1 ช่องสัญญาณ และบันทึกรังสีอาทิตย์ที่วัดได้จากเครื่อง  
วัดรังสี 1 ช่อง

ในการทดสอบสมรรถนะทางความร้อนของ  
เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์-ไฟฟ้าก่อนโดยทำการ  
ลองความร้อนของเครื่องอบเปล่าไม่มีการอบแห้งปลา  
(ทำการทดสอบในช่วงเดือนมีนาคม 2551) ขึ้นต่อไปทาง  
ผู้วิจัยได้ทำการทดลองอบแห้งปลา โดยใช้ปลาช่อนผ่า  
ลำตัวและผ่านการแช่น้ำเกลือ(น้ำ 30 ลิตรต่อเกลือ 5

กิโลกรัม) แล้วนำมาล้างให้สะอาด ทำการอบแห้งปลาช่อน  
จำนวน 6 กิโลกรัม และทำการสุ่มปลาช่อนมา 2 ตัวเพื่อทำ  
เป็นตัวอย่างอ้างอิงผลการทดลอง นำมาหั่นเป็นลูกบาศก์  
ขนาดประมาณ  $1 \times 1 \times 1 \text{ cm}^3$  และนำไปแบ่งใส่  
ตะแกรงตัวอย่าง 5 ตะแกรง ซึ่งน้ำหนักของปลาช่อนใน  
ตะแกรงตัวอย่างทุกๆ ชั่วโมง ทำการทดลองจนได้ความ  
ชื้นสุดท้ายของปลาช่อนแคคเดียวใกล้เคียงกับความชื้น  
สุดท้ายของปลาช่อนที่มีขายในท้องตลาด(ปลาช่อนอยู่ที่  
180-200 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานแห้ง ส่วนปลาช่อนอยู่ที่  
130-150 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานแห้ง) ทำการทดลองโดยการ  
ใช้พลังงานร่วมระหว่างแสงอาทิตย์และไฟฟ้าโดยควบคุม  
อุณหภูมิภายในห้องอบให้มีอุณหภูมิเท่ากับ 40, 50 และ  
60°C ตามลำดับ หลังจากนั้นก็เปลี่ยนจากปลาช่อนเป็น  
ปลาช่อนแล้วทำการทดลองเช่นเดียวกัน (ทำการอบแห้งปลา  
ในช่วงเดือนกรกฎาคม 2551)



รูปที่ 2 แสดงจุดวัดอุณหภูมิภายในห้องอบ(T1,T2,T3) จุดวัดความชื้นสัมพัทธ์อากาศ(M1) และ จุดวัดรังสีอาทิตย์(S1)  
แสดงการวัดอุณหภูมิตามตำแหน่งต่างๆ ของเครื่องอบแห้ง(X1,X2,X3,X4,X5,X6,X7, และ X8)

นำข้อมูลน้ำหนักปลาสดท้ายและน้ำหนักปลาทุกๆ ชั่วโมง และไปหาค่าความชื้นตามมาตรฐาน AOAC [6]  
ตามสมการที่ 1

$$M_d = \frac{(w-d)}{d} \times 100 \quad (1)$$

เมื่อ  $M_d$  คือ ความชื้นมาตรฐานแห้ง ( $\%_{db}$ )

$w$  คือ มวลของวัสดุขึ้น (kg)

$d$  คือ มวลแห้งของวัสดุ (kg)

พลังงานที่ใช้อบแห้ง คือ ค่าของพลังงานความร้อนที่ใช้อบแห้งเทียบกับมวลน้ำที่ระเหย 1 กิโลกรัม  
สามารถคำนวณได้จากสมการที่ (2)

$$\text{พลังงานที่ใช้ (MJ/kgH}_2\text{O}_{evap}) = \frac{\text{พลังงานทั้งหมดในการอบแห้ง (MJ)}}{\text{มวลทั้งหมดที่ลดลง (kg)}} \quad (2)$$

ประสิทธิภาพเครื่องอบแห้ง หาได้จากพลังงานที่ใช้ในการระเหยน้ำออกจากปลาช่อนเทียบกับพลังงานทั้งหมดที่ดูดซับได้ รับ ตามสมการที่ (3)

$$\eta = \frac{w \cdot h_{fg}}{Q_E + Q_S} \quad (3)$$

$\eta$  คือ ประสิทธิภาพเครื่องอบแห้ง (%)

$w$  คือ ปริมาณน้ำระเหย (kg)

$h_{fg}$  คือ สัมประสิทธิ์การระเหยของน้ำ (MJ/kg)

$Q_E$  คือ พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ออบแห้ง (MJ)

$Q_S$  คือ พลังงานแสงอาทิตย์ที่ใช้ในการอบแห้ง (MJ)

## ผลการทดลอง

### 1. ผลการทดสอบการทำความร้อนของเครื่องอบแห้ง

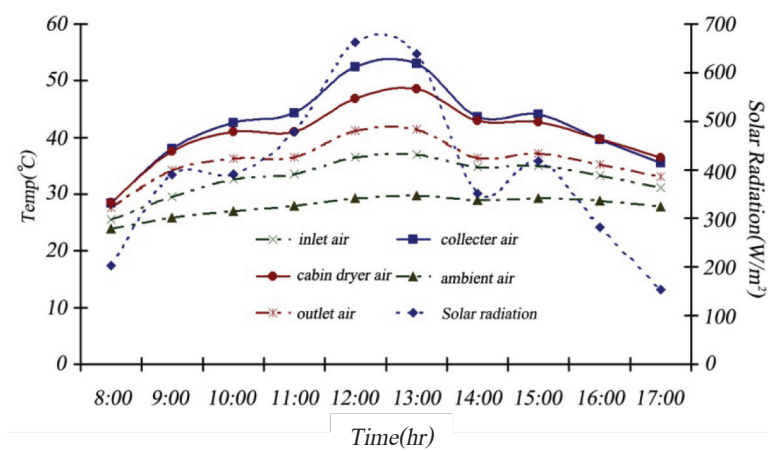
ในการทดสอบการทำความร้อนของเครื่องอบแห้งพบว่า อุณหภูมิ ณ ตำแหน่งต่างๆภายในเครื่องความเข้มรังสีอาทิตย์เฉลี่ยตลอดวัน  $396.94 \pm 166.34$  วัตต์ต่อตารางเมตร มีความเข้มรังสีอาทิตย์สูงสุด  $1059.32$  วัตต์ต่อตารางเมตร และต่ำสุด  $84.75$  วัตต์ต่อตารางเมตร อุณหภูมิแวดล้อมเฉลี่ย  $27.89 \pm 1.85$  องศาเซลเซียส มีอุณหภูมิแวดล้อมสูงสุด  $31.2$  องศาเซลเซียส และต่ำสุด  $23.1$  องศาเซลเซียส อากาศภายในตู้อบเฉลี่ย  $40.53$  องศาเซลเซียส สูงสุด  $50.83$  องศาเซลเซียส และต่ำสุด  $27.44$  องศาเซลเซียส แสดงลักษณะอุณหภูมิภายในตู้อบและความเข้มรังสีอาทิตย์ ดังรูปที่ 3

### 2. ผลการทดลองการอบแห้งปลาช่อน

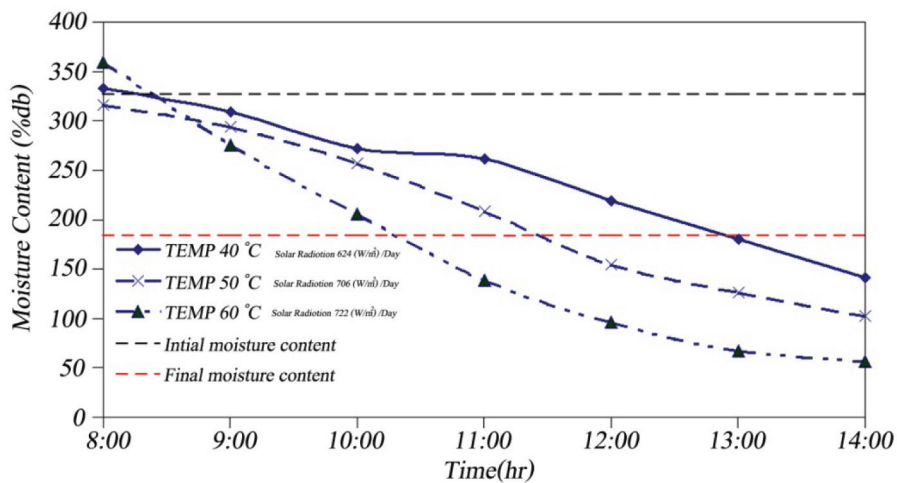
จากผลการทดลองอบแห้งปลาช่อนที่ความชื้นเริ่มต้น  $337.83$  เปอร์เซ็นต์มาตรฐานแห้ง โดยใช้อุณหภูมิการอบแห้ง  $60$  องศาเซลเซียส ใช้ระยะเวลาในการอบแห้งปลาช่อนประมาณ  $2.5-3.0$  ชั่วโมง ความชื้นของปลาช่อนจะลดลงเท่ากับ  $186.92$  เปอร์เซ็นต์มาตรฐานแห้ง ซึ่งเป็นความชื้นของปลาในท้องตลาด เมื่ออบที่อุณหภูมิ  $50$  องศาเซลเซียสใช้เวลาในการอบ  $3.5-4.0$  ชั่วโมง และเมื่ออบที่  $40$  องศาเซลเซียส จะใช้เวลาในการอบ

$5$  ชั่วโมงซึ่งจะพบว่าการใช้อุณหภูมิในการอบแห้ง  $60$  องศาเซลเซียส อุณหภูมิที่สูงกว่าส่งผลต่อการระเหยน้ำในเนื้อวัสดุได้ดีกว่า จะใช้ระยะเวลาในการอบแห้งน้อยที่สุด โดยที่ลักษณะของตัวปลา เช่น เนื้อและสียังมีความปกติอยู่ การลดลงของความชื้นปลาช่อนที่อุณหภูมิการอบแห้งที่ต่างกันแสดงดังรูปที่ 4

เมื่อพิจารณาในด้านการใช้พลังงานสำหรับการระเหยน้ำออกจากปลาช่อนรายชั่วโมงพบว่าที่อุณหภูมิการอบแห้ง  $60$  องศาเซลเซียส มีอัตราการใช้พลังงานในการอบแห้งค่อนข้างคงที่ในช่วง  $25-50$  MJ/kg  $H_2O_{evap}$  และอัตราการใช้พลังงานต่อปริมาณน้ำระเหยจะมีค่าสูงในช่วงเวลา  $12:00-13:00$  น.แสดงในรูปที่ 5 และพบว่าค่าประสิทธิภาพของการอบแห้งรายชั่วโมงที่อุณหภูมิ  $60$  องศาเซลเซียส มีค่าสูงกว่าเมื่อเทียบกับอุณหภูมิในการอบแห้ง  $50$  และ  $40$  องศาเซลเซียส และมีค่าเฉลี่ยตลอดการอบแห้งปลาช่อน  $5.54$  เปอร์เซ็นต์ และที่อุณหภูมิ  $40$  องศาเซลเซียส มีค่าประสิทธิภาพของการอบแห้งเฉลี่ยต่ำที่สุด คือ  $2.5$  % ดังแสดงในรูปที่ 5



รูปที่ 3 กราฟแสดงอุณหภูมิ ณ ตำแหน่งต่างๆ ของเครื่องอบแห้งพลังงานร่วมฯและความเข้มรังสีอาทิตย์รายชั่วโมงตลอดวัน (วันที่ 3 เดือนมีนาคม 2552)



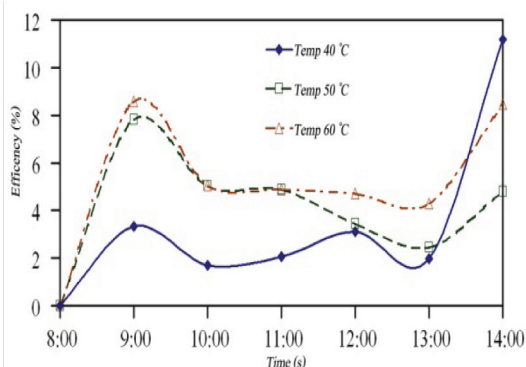
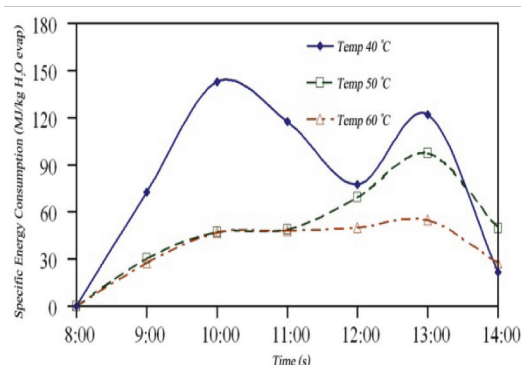
รูปที่ 4 กราฟแสดงความชื้นของปลาช่อนภายในตู้อบที่อุณหภูมิอบแห้งแตกต่างกัน

### 3. ผลการทดลองอบแห้งปลาคู

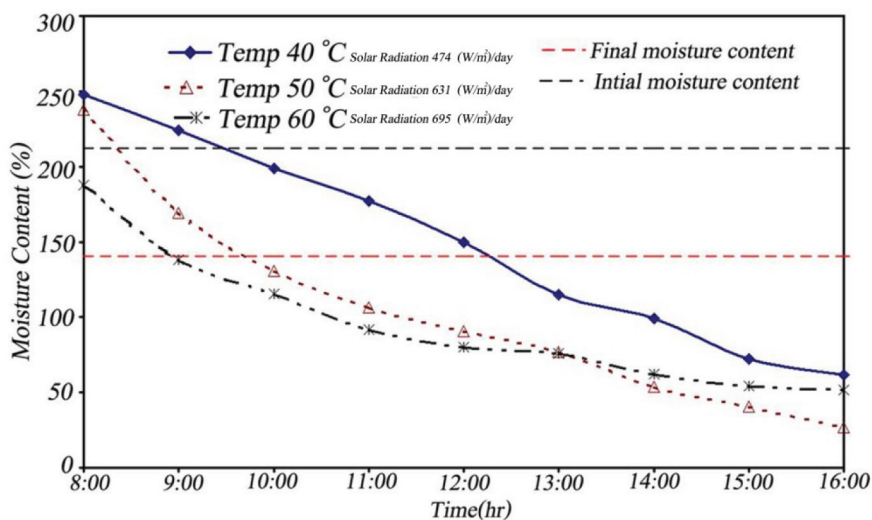
ผลการทดลองอบแห้งปลาคูที่ความชื้นเริ่มต้น 212 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานแห้ง ให้ความชื้นเท่ากับปลาคูที่ความชื้น 140 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานแห้ง โดยที่อุณหภูมิอบแห้ง 60 องศาเซลเซียส นั้นใช้ระยะเวลาในการอบแห้งน้อยที่สุด คือ 1-2 ชั่วโมง ส่วนอุณหภูมิมอบแห้ง 50 และ 40 องศาเซลเซียส จะใช้ระยะเวลาในการอบแห้ง 2-3

ชั่วโมง และ 4.5 -5.5 ชั่วโมง ตามลำดับ การลดลงของความชื้นที่อุณหภูมิในการอบแห้งแตกต่างกันแสดงดังรูปที่ 6

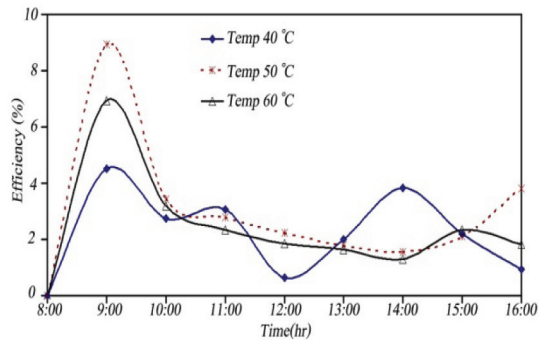
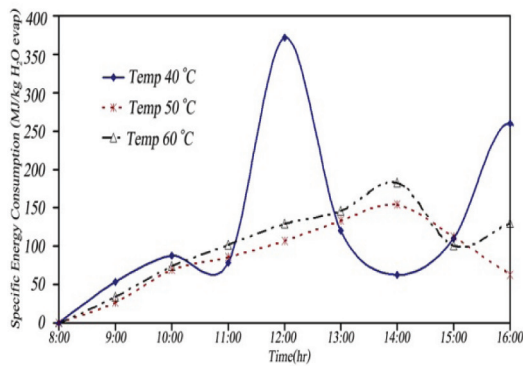
สำหรับการสิ้นเปลืองพลังงานงานการอบแห้งปลาคูนั้นพบว่าปลาคูที่อบแห้งด้วยอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส จะใช้พลังงานในการอบแห้งน้อยที่สุด คือ  $80.02 \text{ MJ/kg } H_2O_{\text{evap}}$  ในการอบแห้งปลาคู



รูปที่ 5 กราฟแสดงอัตราการใช้พลังงานจำเพาะในการอบแห้งที่อุณหภูมิแตกต่างกัน(ซ้าย) และแสดงประสิทธิภาพของการอบแห้งปลาช่อนที่อุณหภูมิแตกต่างกัน(ขวา)



รูปที่ 6 กราฟแสดงความชื้นของปลาคูภายในตู้อบที่อุณหภูมิมอบแห้งต่างกัน



รูปที่ 7 กราฟแสดงอัตราการใช้พลังงานจำเพาะในการอบแห้งที่อุณหภูมิต่างกัน(ซ้าย)  
และแสดงประสิทธิภาพของกระบวนการอบแห้งปลาที่อุณหภูมิต่างกัน(ขวา)

6 กิโลกรัมต่อครั้ง ส่วนในการอบที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส การสิ้นเปลืองพลังงานจะมีค่าไม่คงที่ คือ มีการสิ้นเปลืองพลังงานในการอบแห้งสูงในช่วงเวลาเที่ยงวันของการอบแห้ง จากความเข้มข้นสัทธิคัยที่มากเกินไป แต่การระเหยของน้ำในตัวปลาคูลดลง เนื่องจากการระเหยน้ำของผลิตภัณฑ์ตากแห้งในช่วงแรกของการตากแห้งจะมีการระเหยของน้ำมาก ดังแสดงในรูปที่ 7 (ซ้าย) ส่วนประสิทธิภาพในการอบแห้งปลาคูโดยใช้ตู้อบแห้งพลังงานร่วม พบว่า ในช่วงแรกของกระบวนการอบแห้งของทุกอุณหภูมินั้นจะมีประสิทธิภาพในการอบแห้งเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว และพบว่าที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส จะมีประสิทธิภาพในการอบแห้งสูงสุดตลอดระยะเวลาการอบแห้งอยู่ที่ 2.98 เปอร์เซนต์ ต่อการอบแห้งปลาคู 6 กิโลกรัมต่อครั้ง ดังแสดงในรูปที่ 7(ขวา)

### สรุป

การพัฒนากระบวนการอบแห้งปลาโดยใช้เครื่องอบพลังงานร่วมแสงอาทิตย์-ไฟฟ้า พบว่า ตัวเครื่องอบสามารถทำอุณหภูมิในห้องอบได้สูงกว่าอุณหภูมิแวดล้อม 12.64 องศาเซลเซียส โดยเฉลี่ยตลอดการทดลอง เมื่อทำการอบแห้งปลาโดยใช้เครื่องอบแห้งพลังงานร่วมแล้ว

พบว่า เมื่อทำการอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส สามารถลดความชื้นจาก 359.26 เปอร์เซนต์มาตรฐานแห้ง จนกระทั่งเหลือความชื้น 184.00 เปอร์เซนต์มาตรฐานแห้ง ภายในเวลา 3 ชั่วโมง ที่ 60 องศาเซลเซียส และมีประสิทธิภาพการอบแห้งอยู่ที่ 5.54 เปอร์เซนต์ ส่วนในการทดลองอบแห้งปลาคูนั้น เมื่อทำการอบแห้งที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส สามารถลดความชื้นจาก 212 เปอร์เซนต์มาตรฐานแห้ง จนกระทั่งเหลือความชื้น 140 เปอร์เซนต์มาตรฐานแห้ง มีประสิทธิภาพการอบแห้งอยู่ที่ 2.98 เปอร์เซนต์ ในการพิจารณาการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าของเครื่องอบแห้งอบแห้ง พบว่า การอบแห้งปลาที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส มีการใช้พลังงานไฟฟ้า 61 เปอร์เซนต์ เมื่อเทียบกับที่อุณหภูมิ 50 และ 40 องศาเซลเซียส คือคิดเป็น 31 เปอร์เซนต์ และ 8 เปอร์เซนต์ ตามลำดับ โดยที่อุณหภูมิที่ได้ ทั้งเนื้อและสีของปลายังคืออยู่และใกล้เคียงกับในท้องตลาด

### คำขอบคุณ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณมหาวิทยาลัยทักษิณ สำหรับทุนอุดหนุนการวิจัยงบประมาณแผ่นดินประจำปี พ.ศ. 2549-2550

## เอกสารอ้างอิง

- [1] เสริม จันทร์ฉาย และยุทธศักดิ์ บุญรอด. “การพัฒนาเครื่องอบแห้งผลไม้ด้วยพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับประเทศไทย” การประชุมวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 1 , หน้า 147-150.
- [2] สมชาติ โสภณธณฤทธิ. (2537). การอบแห้งเมล็ดพืช, กรุงเทพฯ. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
- [3] ขวลิศ ระเริงรัมย์ และ ชูกรู เสวีวัฒน์. (2550). เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับปั๊มความร้อน. ขอนแก่น: ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- [4] ทนงเกียรติ เกียรติศิริโรจน์ และคณะ. (2549). รายงานวิจัย การพัฒนา สาธิตระบบอบแห้งสำหรับผลิตภัณฑ์แปรรูปไม้และเครื่องจักรสาน (สำหรับผลิตภัณฑ์แปรรูปไม้). เชียงใหม่: กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน ร่วมกับ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- [5] บงกช ประสิทธิ์, อนันต์ พงศ์กรกุลพานิช และสุขฤดี นาดกรณกุล. (2549). การพัฒนาเครื่องแห้งพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับอุตสาหกรรมครัวเรือน, วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก.
- [6] Association of Official Analytical chemists, (1970). **Handbook of the AOAC/Association of official Analytical Chemists**. 3<sup>rd</sup>ed. Washing tam, D.C., 52 p.