

## การศึกษาตู้อบพลาสติกพลังงานความร้อนจากแผงโซลาร์ร่วมกับขดลวดทำความร้อน

### Study of Fish Oven with Solar-Electrical Combined Energy

กิตติศักดิ์ ศรีสวัสดิ์\* และ วริศ จิตต์ธรรม

Kittisak Srisawas\* and Varis Jittham

สาขาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

\*E-mail : kittisakd\_s@rmutl.ac.th Tel : 0802542220

#### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการนำเอาพลังงานความร้อนที่ได้จากแสงอาทิตย์มาใช้กับตู้อบและมีการนำเอาพลังงานความร้อนจากขดลวดทำความร้อนไฟฟ้ามาเสริมในช่วงไม่มีแสงอาทิตย์ เพื่อช่วยให้การอบแต่ละครั้งเป็นไปอย่างต่อเนื่อง โครงสร้างชุดสร้างอากาศร้อนประกอบด้วยแผงรับรังสีดวงอาทิตย์จำนวน 2 แผงพื้นที่รับแสงรวม 2.37 ตารางเมตรและขดลวดทำความร้อนไฟฟ้าขนาด 1,000 วัตต์จำนวน 2 ตัว ปริมาณความจุในการอบ 10 กิโลกรัม การทดลองใช้พลาสติกเป็นวัสดุหุ้มภายใต้อุณหภูมิระหว่าง 50°C - 60°C โดยแบ่งการศึกษาออกเป็น 3 กรณี กรณีที่ 1 ใช้อากาศร้อนที่ได้จากแผงรับแสงอาทิตย์เพียงอย่างเดียว พบว่าค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนของการอบมีค่าเท่ากับ 4,029.96 kJ/kg H<sub>2</sub>O<sub>evap</sub> คิดเป็น 56.1% โดยใช้เวลาในการอบต่อครั้งเท่ากับ 220 นาที กรณีที่ 2 ใช้อากาศร้อนที่ได้จากแผงรับแสงอาทิตย์ร่วมกับขดลวดทำความร้อนไฟฟ้า พบว่าค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนของการอบมีค่าเท่ากับ 7,071.07 kJ/kg H<sub>2</sub>O<sub>evap</sub> คิดเป็น 37.96% โดยใช้เวลาในการอบต่อครั้งเท่ากับ 120 นาที กรณีที่ 3 ใช้อากาศร้อนที่ได้จากขดลวดทำความร้อนไฟฟ้าเพียงอย่างเดียว พบว่าค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนของการอบมีค่าเท่ากับ 4,980 kJ/kg H<sub>2</sub>O<sub>evap</sub> คิดเป็น 45.38% โดยใช้เวลาในการอบต่อครั้งเท่ากับ 120 นาที จากข้อมูลที่ได้สามารถสรุปได้ว่าค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนของการอบสำหรับกรณีที่ 1 มีค่าน้อยกว่ากรณีที่ 3 และ 2 ตามลำดับ ในทางตรงกันข้ามระยะเวลาในการอบกรณีที่ 1 ใช้เวลามากกว่ากรณีที่ 2 และ 3 จุดคุ้มทุนของการศึกษาทั้ง 3 กรณี มีค่า 0.69, 0.68 และ 0.66 ปีตามลำดับ

**Keywords :** ตู้อบ ขดลวดทำความร้อนไฟฟ้า แผงรับแสงอาทิตย์

#### Abstract

The aim of this study is to apply solar energy for fish oven which also has electric heating coil when there is no sunlight for continuous operation. The hot air unit consists of 2 sets of solar collector for a total area of 2.37 m<sup>2</sup> and 2 sets of 1,000W Heater. This oven capacity is 10 Kg. This research was experimented with *Trichogaster Pectoralis*, under hot air drying condition of 50°C to 60°C. The experiment was divided into 3 case studies. The first case which used hot air from solar collector only yielded a drying efficiency of 4,029.96 kJ/kg H<sub>2</sub>O<sub>evap</sub> or 56.1% and drying duration of 220 minutes. The second case which used hot air from both solar collector and heater yielded a drying of 7,071.07 kJ/kg H<sub>2</sub>O<sub>evap</sub> or 37.96% and drying duration of 120 minutes. The third case which used hot air from heater only yielded a drying efficiency of 4,980 kJ/kg H<sub>2</sub>O<sub>evap</sub> or 45.38% and drying duration of 120 minutes. It could be concluded from the study that the first case gave fewer drying efficiency than the second and the third cases. On the contrary, the drying duration of the first case was significantly

longer than the second and the third case. The break-even points of all three cases studied were 0.69, 0.68 and 0.66 year respectively.

**Keywords :** oven, electric heating coil, solar collector

## 1. บทนำ

สภาพแวดล้อมของประเทศไทยในปัจจุบันพบว่ามีความแตกต่างไปจากอดีตเป็นอย่างมาก ช่วงเวลาที่อากาศร้อน มีช่วงเวลาที่ค่อนข้างยาวนานมากขึ้น ฤดูฝนและฤดูหนาวมีการเปลี่ยนแปลงจากเดิมมาก สังเกตได้จากการเกิดปัญหาความแห้งแล้งที่เร็วและนานมากขึ้น ประกอบกับความแปรปรวนไม่แน่นอนของสภาพอากาศในช่วงฤดูฝนของประเทศไทยที่จะส่งผลโดยตรงกับแสงอาทิตย์ที่ใช้ในการตากปลาสดในแต่ละวัน เพราะแสงแดดอาจไม่เพียงพอจนทำให้การผลิตไม่เพียงพอและคุณภาพการตากอาจทำได้ไม่ดี อีกทั้งจากการสังเกตการวางขายทั่วไปพบว่าเป็นการตากแบบลานเป็นจุด ดึงดูดแมลงวัน ซึ่งอาจเสี่ยงจากเชื้อโรคจากการปนเปื้อนของสิ่งมีชีวิต เช่น แมลงและมลภาวะรอบลานตาก เช่น ฝุ่น ละอองต่างๆ สิ่งเหล่านี้อาจมีผลทำให้ผู้บริโภคที่นำผลผลิตไปประกอบอาหารจะส่งผลเสียต่อระบบทางเดินอาหารได้ คณะผู้วิจัยจึงเกิดความสนใจในการนำพลังงานความร้อนที่เกิดจากแสงอาทิตย์มาใช้งานทำให้เกิดประโยชน์ โดยนำพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์มาใช้งานร่วมกับพลังงานความร้อนจากขดลวดทำความร้อน (Heater) มาใช้ในการแปรรูปปลาสดตากแห้ง ซึ่งเป็นการนำเทคโนโลยีการให้ความร้อนจากแสงอาทิตย์มาใช้งานร่วมกับพลังงานความร้อนที่เกิดจากขดลวดทำความร้อน (Heater) ในลักษณะเสริมกันระหว่างที่แสงแดดหรือแสงอาทิตย์ไม่เพียงพอ โดยทำเป็นลักษณะตู้อบที่สามารถควบคุมอุณหภูมิและป้องกันสิ่งปนเปื้อนจากฝุ่นละอองภายนอก รวมถึงสัตว์ที่จะมาสัมผัสวัตถุอบทำให้เกิดการปนเปื้อนเชื้อโรค

จากการศึกษากระบวนการอบแห้งในผลิตภัณฑ์ต่างๆ ได้มีผู้ศึกษาและพัฒนาให้สามารถนำพลังงานที่มีอยู่ตามธรรมชาติมาใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุดและนำเอาพลังงานที่เกิดจากเชื้อเพลิงสิ้นเปลืองมาเสริมในช่วงที่พลังงานธรรมชาติไม่เพียงพอ

ธีรเดช และคณะ (2552) ได้ทำการศึกษาและพัฒนากระบวนการอบแห้งปลาด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานร่วมแสงอาทิตย์-ไฟฟ้า มีการสร้างชุดแผงรับความร้อนจากแสงอาทิตย์ขนาดพื้นที่รวม 4.08 m<sup>2</sup> และขดลวดไฟฟ้าสำหรับทำความร้อนขนาด 800 W จำนวน 2 ชุด ทำการทดลองกับผลิตภัณฑ์ 2 ชนิด ได้แก่ ปลาตากและปลาช่อน โดยทำการแบ่งการศึกษาออกเป็น 3 ช่วงอุณหภูมิ ประกอบด้วย อุณหภูมิที่ 40, 50 และ 60 °C โดยอุณหภูมิที่ 60 °C ใช้เวลาในการอบ 6 ชั่วโมง ได้ประสิทธิภาพเชิงความร้อนในการอบเท่ากับ 5.54% และสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ 42.57 MJ/kg H<sub>2</sub>O<sub>2</sub><sup>evap</sup> ในขณะที่อุณหภูมิที่ 50 °C ใช้เวลาในการอบ 8 ชั่วโมง ได้ประสิทธิภาพเชิงความร้อนในการอบเท่ากับ 2.98% และสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ 80.02 MJ/kg H<sub>2</sub>O<sub>2</sub><sup>evap</sup>

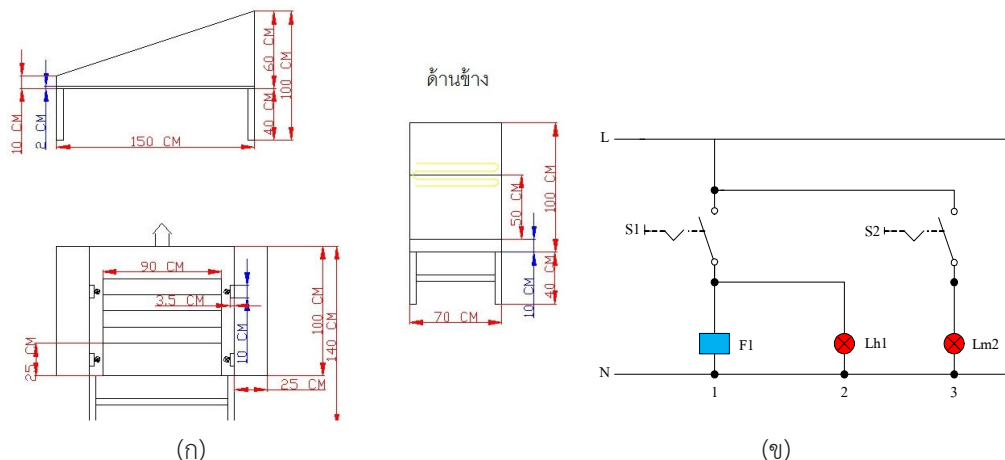
ฉัตร และคณะ (2552) ได้นำเสนอผลการศึกษาระบบอบแห้งพลังงานรังสีอาทิตย์สำหรับการอบแห้งกระจุย ได้มีการสร้างแผงรับรังสีอาทิตย์พื้นที่รับแสงขนาด 8.64 m<sup>2</sup> ใช้น้ำเป็นวัสดุพาความร้อนผ่านระบบท่อทองแดงไปแลกเปลี่ยนความชื้นกับอากาศในห้องอบแห้งที่มีความจุ 22.5 m<sup>3</sup> ใช้น้ำขนาด 745.7 W ควบคุมอัตราการไหลของน้ำร้อนด้วยอัตรา 0.025 kg/s ระบบอบแห้งใช้ขดลวดทำความร้อนขนาด 6 kW เป็นแหล่งความร้อนเสริมโดยใช้การควบคุมผ่านระบบ PLC ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าการอบแห้งเสื่อกระจุยจำนวน 22 กิโลกรัม ใช้อุณหภูมิ 40-60 °C ใช้เวลาในการอบ 16 ชั่วโมงต่อเนื่อง ได้ค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนสูงสุดของการอบแห้งเท่ากับ 41.5% และอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการอบแห้งเสื่อกระจุยเท่ากับ 45°C สามารถลดความชื้นในผลิตภัณฑ์เริ่มต้นจาก 167.03% เหลือ 9.56% มาตราฐานแห้ง ซึ่งได้เสื่อกระจุยที่มีคุณภาพดีแห้งเร็วและแข็งแรงมีกำลังต้านทานแรงดึงสูงสุดเท่ากับ 165 นิวตัน

เถลิงราช และคณะ (2555) ได้นำเสนอผลการศึกษาการอบแห้งยางแผ่นผึ่งแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบลมร้อน และเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ โดยทำการอบยางแผ่นดิบคุณภาพดีความชื้นเริ่มต้น 25-40% dry basis ขนาด 10-15 แผ่นต่อครั้ง ทำการอบที่อุณหภูมิ 40-70 °C มีปริมาณความเร็วลมร้อนที่ 0.7 m/s เมื่อผ่านการอบจะได้ยางที่ความชื้นเท่ากับ 0.5% dry basis และสิ้นเปลืองพลังงาน 8-20 MJ/kg H<sub>2</sub>O<sub>evap</sub> สามารถสรุปได้ว่าการอบด้วยเครื่องอบแห้งแบบลมร้อนมีอัตราการอบแห้งเร็วกว่าการอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์และการตากแห้ง ของยางแผ่นแบบตามธรรมชาติ ในส่วนของคุณภาพยางที่ผ่านการอบอยู่ในเกณฑ์ดี (เกรด 1-3) ทุกเงื่อนไข

อนิรุทธิ์ และสมบัติ (2556) ได้นำเสนอผลการศึกษาเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดพาความร้อนแบบธรรมชาติและชนิดพาความร้อนแบบบังคับ โดยมีหลักการทำงานคืออากาศภายในเครื่องอบแห้งเมื่อได้รับความร้อนจากพลังงานแสงอาทิตย์แล้วจะมีความชื้นสัมพัทธ์และความหนาแน่นลดลงและลอยตัวขึ้นสูงผ่านชั้นวางผลิตภัณฑ์ที่ต้องการอบแห้ง อากาศร้อนจะพาความชื้นออกจากผลิตภัณฑ์แล้วไหลออกจากเครื่องอบแห้งไปสู่อากาศแวดล้อมที่ค่าความชื้นรังสีอาทิตย์ 650.5 W/m<sup>2</sup> และอุณหภูมิอากาศแวดล้อม 32.3 °C จะมีอุณหภูมิเฉลี่ยภายในเครื่องอบแห้ง 30-40 °C และความเร็วลม 0.45 m/s ส่วนชนิดพาความร้อนแบบบังคับเป็นเครื่องอบแห้งที่ใช้พัดลมช่วยในการพาความร้อนภายในเครื่องอบแห้ง เครื่องอบแห้งชนิดนี้มีกัมมันต์รังสีแยกออกจากตัวเครื่องและมีการหุ้มฉนวนเพื่อป้องกันการสูญเสียความร้อนด้วยที่ค่าความชื้นรังสีอาทิตย์ 650.5 W/m<sup>2</sup> และอุณหภูมิอากาศแวดล้อม 32.3 °C อุณหภูมิเฉลี่ยภายในเครื่องอบแห้งจะอยู่ในช่วง 45-65 °C ที่อัตราเร็วลม 0.56-0.94 m/s

## 2. วิธีการทดลอง

ในการศึกษาตู้อบพลาสติกพลังงานความร้อนจากพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์ร่วมกับขดลวดความร้อน มีการสร้างแผงรับแสงอาทิตย์จำนวน 2 แผงทำจากสังกะสีแบบลอนทาพื้นผิวด้วยสีดำมีแผ่นกระจก แผงรับแสงอาทิตย์ทำมุมเอียง 21 องศากับแนวระนาบจำนวน 2 แผงเท่ากับ 2.37 m<sup>2</sup> โครงสร้างภายในมีการติดตั้งฉนวนใยแก้วหุ้มด้วย Stainless Steel มีชั้นตะแกรงตากปลาจำนวน 5 ชั้น ขนาดกว้าง 0.50 m ยาว 0.9 m สามารถอบพลาสติกได้ครั้งละ 10 กิโลกรัม ระบบทำความร้อนมีการติดตั้งขดลวดทำความร้อนขนาด 1,000 W จำนวน 2 ตัว สำหรับการผลิตความร้อนเสริมในช่วงแสงอาทิตย์ไม่เพียงพอและพัดลมจำนวน 8 ตัวเพื่อทำการหมุนเวียนอากาศร้อนภายในตู้อบ ระบบตรวจวัดและควบคุมใช้เซนเซอร์ควบคุมอุณหภูมิรุ่น XMTDM – 2 อุณหภูมิ 0 – 300°C แรงดัน 220 V 50/60 Hz ทำหน้าที่สั่งให้แมกเนติกคอนแทกเตอร์ทำงานหรือหยุดการทำงานของขดลวดความร้อนและพัดลม



**ภาพที่ 1 ตู้อบพลาสติกพลังงานความร้อนจากแสงโซลาร์ร่วมกับขดลวดทำความร้อน**

- (ก) โครงสร้างตู้อบพลาสติกพลังงานความร้อนจากแสงแสงรับแสงอาทิตย์ร่วมกับขดลวดทำความร้อน
- (ข) วงจรทำงานของขดลวดทำความร้อน
- (ค) ตู้อบพลาสติกพลังงานความร้อนจากแสงแสงรับแสงอาทิตย์ร่วมกับขดลวดทำความร้อน

ในการทดลองแบ่งการศึกษาในลักษณะการให้ความร้อน 3 แบบ คือ พลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์ พลังงานความร้อนจากขดลวดทำความร้อนและพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์ร่วมกับขดลวดทำความร้อน อุณหภูมิภายในตู้อยู่ระหว่าง 50-60 °C ทำการอบพลาสติกน้ำหนักเริ่มต้นที่ 10 kg พร้อมตรวจวัดและรวบรวมข้อมูลการใช้พลังงานและที่เกี่ยวข้องมาทำการคำนวณหาประสิทธิภาพเชิงความร้อนสำหรับการอบแห้งและการใช้พลังงานรวม สำหรับการหาความชื้นมาตรฐานแห้ง (Dry Basis) กล่าวคือ ความชื้นมาตรฐานแห้ง (Dry Basis) หาค่าได้จากสมการที่ 1

$$M_d = \frac{w-d}{d} \times 100 \tag{1}$$

- เมื่อ  $M_d$  คือ ค่าความชื้นมาตรฐานแห้ง (%db)
- $w$  คือ มวลของวัสดุเปียก (kg)
- $d$  คือ มวลของวัสดุแห้ง (kg)

ค่าสมรรถนะของระบบอบแห้งได้จากปริมาณความร้อนที่ใช้ระเหยน้ำออกจากวัสดุทั้งหมดต่อปริมาณความร้อนของอากาศในห้องอบแห้ง โดยสมรรถนะเชิงความร้อนของการอบแห้งสามารถคำนวณได้จากสมการที่ 2 และสมการที่ 3 เป็นสมการคำนวณสำหรับการทำงานแบบร่วมกันของความร้อนจากแสงอาทิตย์และความร้อนที่ได้จากพลังงานไฟฟ้า

$$\eta = \frac{M_w \times h_{fg}}{\dot{m} C_p (T_1 - T_2)} \times 100 \quad (2)$$

$$\eta = \frac{M_w \times h_{fg}}{Q_E + Q_S} \times 100 \quad (3)$$

$$Q_E = E \times 3,600 \quad (4)$$

$$P = VI \cos \theta \quad (5)$$

$$E = P \times t \quad (6)$$

$$Q_S = \dot{m} C_p (T_1 - T_2) \quad (7)$$

เมื่อ	$\eta$	คือ	ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของการอบแห้ง (%)
	$M_w$	คือ	มวลของน้ำที่ระเหยออกจากผลิตภัณฑ์ (kg)
	$h_{fg}$	คือ	ความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอ (kJ/kg)
	$\dot{m}$	คือ	อัตราการไหลเชิงมวล (kg/s)
	$C_p$	คือ	ค่าความร้อนของอากาศ (J/kg °C)
	$T_1$	คือ	อุณหภูมิของอากาศที่ไหลเข้าตู้อบแห้ง (°C)
	$T_2$	คือ	อุณหภูมิของอากาศที่ไหลออกจากตู้อบแห้ง (°C)
	$Q_E$	คือ	พลังงานความร้อนที่ได้จากการแปลงรูปพลังงานไฟฟ้า (kJ)
	$Q_S$	คือ	พลังงานความร้อนที่ได้จากอากาศร้อน (kJ)
	$E$	คือ	พลังงานไฟฟ้า (kWh)
	$P$	คือ	กำลังไฟฟ้า (watt)
	$t$	คือ	เวลา (hour)

พลังงานที่ใช้อบแห้ง เป็นไปตามสมการ

$$\text{พลังงานที่ใช้} = \frac{\text{พลังงานทั้งหมดในการอบแห้ง (kJ)}}{\text{มวลทั้งหมดที่ลดลง (kg)}} \quad (8)$$

สถานที่ทดลอง ณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี กรุงเทพมหานคร หน้าตึกคณะวิศวกรรมศาสตร์ ซึ่งมีสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม เป็นพื้นที่โล่งเหมาะสำหรับการติดตั้งแผงรับแสงอาทิตย์และมีแสงอาทิตย์ส่องถึงตลอดเวลา ตำแหน่งของแผงรับแสงอาทิตย์ตั้งหันหน้าทางทิศใต้ สามารถรับแสงได้ดีในช่วงเวลา 8.00 น - 17.00 น. ดังนั้นจึงมีความเหมาะสมสำหรับที่จะทำการทดลอง

การวิเคราะห์ด้านเศรษฐศาสตร์

$$S = P \frac{(i(1+i))^n}{((1+i)^n - 1)} \quad (9)$$

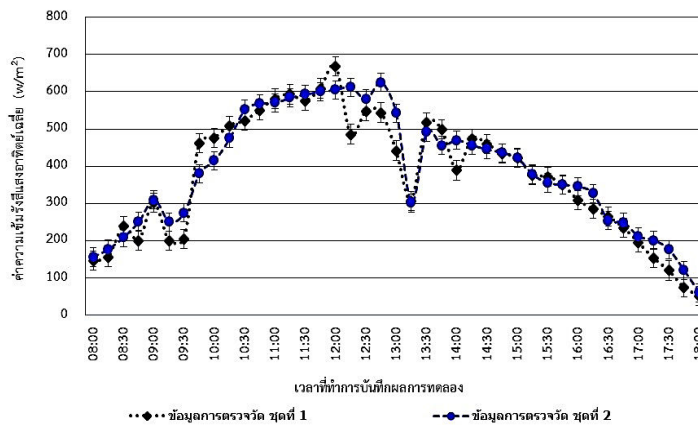
$$M = N \frac{i}{((1+i)^n - 1)} \quad (10)$$

เมื่อ	S	คือ	เงินลงทุนรายปี (บาท)
	P	คือ	เงินลงทุน (บาท)
	M	คือ	มูลค่าซากรายปี (บาท)
	N	คือ	มูลค่าซาก (บาท)
	i	คือ	อัตราดอกเบี้ย (%)

### 3. ผลการทดลองและวิจารณ์ผล หรือผลการศึกษาและอภิปรายผล

#### 3.1 การตรวจวัดค่าความเข้มของรังสีแสงอาทิตย์

จากการตรวจวัดค่าความเข้มของรังสีแสงอาทิตย์ในช่วงเวลาระหว่าง 08.00 น. ถึง 17.00 น. ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่ใช้ทำการทดลองพบว่าค่าเฉลี่ยข้อมูลที่ได้เป็นไปตามภาพที่ 2

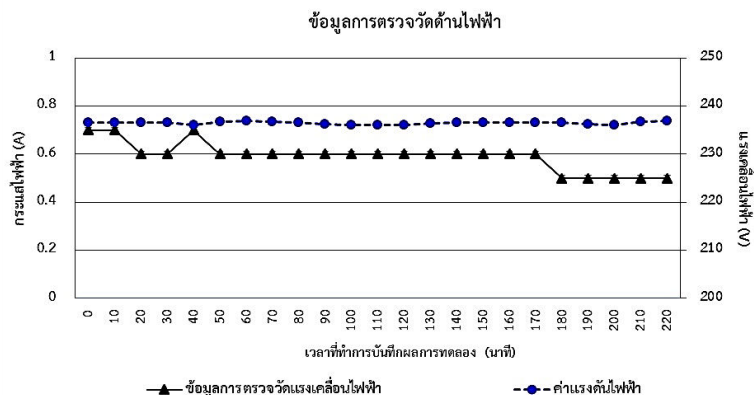


ภาพที่ 2 ข้อมูลการตรวจวัดค่าความเข้มรังสีแสงอาทิตย์

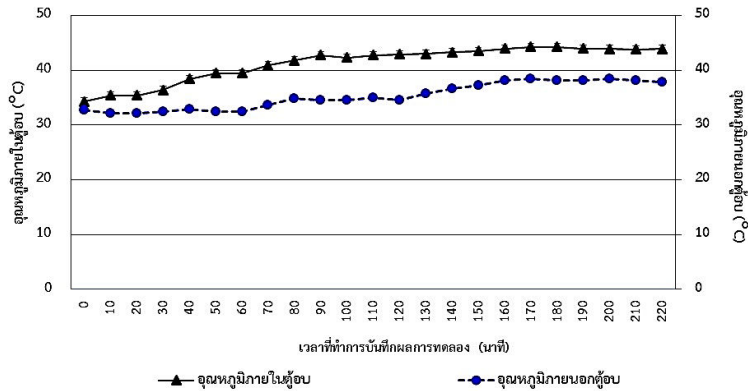
จากภาพที่ 2 พบว่าค่าความเข้มรังสีแสงอาทิตย์ที่เวลา 08.00 น. ของบริเวณสถานที่ทำการทดลองจะเริ่มต้นที่ประมาณ 150 w/m<sup>2</sup> และมีแนวโน้มค่อยๆ เพิ่มขึ้นจนกระทั่งประมาณช่วงระหว่าง 12.00 – 12.30 น. ซึ่งเป็นช่วงที่ค่าความเข้มรังสีแสงอาทิตย์สูงสุด จากนั้นค่าที่วัดได้จะค่อยๆ ลดลงจนกระทั่งเวลาประมาณ 17.15 น. ที่มีค่าลดลงใกล้เคียงกับช่วงเวลา 08.00 น.

#### 3.2 ผลการตรวจวัดข้อมูลการอบ

กรณีนี้ที่ 1 ทดลองการอบพลาสติกโดยใช้แหล่งกำเนิดความร้อนจากแผงรับแสงอาทิตย์เพียงอย่างเดียว



ภาพที่ 3 ข้อมูลการตรวจวัดด้านไฟฟ้าในขณะที่ทำการทดลองกรณีนี้ที่ 1



ภาพที่ 4 ข้อมูลการตรวจวัดความร้อนภายนอกและภายในตู้อบในขณะที่ทำการทดลองกรณีที่ 1

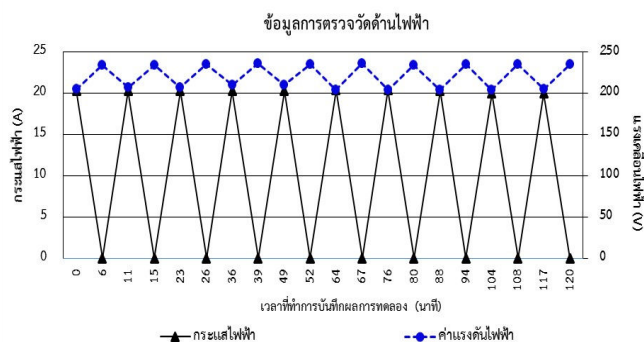
ตารางที่ 1 ข้อมูลค่าเฉลี่ยน้ำหนักก่อน-หลังการอบและน้ำหนักที่หายไป (กรณีที่ 1)

ครั้งที่	น้ำหนักพลาสติกทั้งหมดที่อบแต่ละครั้ง (kg)			คิดเป็น %
	ก่อนการอบ	หลังการอบ	ค่าแตกต่าง	
1	10	7.9	2.1	26.58 %
2	10	8	2	25.00 %
3	10	8	2	25.00 %
ค่าเฉลี่ย	10	7.97	2.03	25.47 %

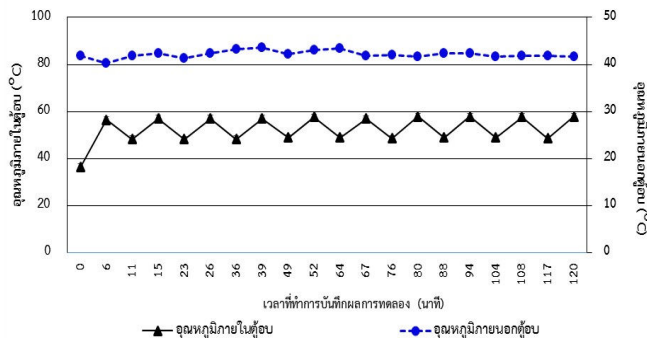
จากภาพที่ 3 และ 4 แสดงให้เห็นผลการวัดอุณหภูมิภายนอกตู้อบอยู่ในช่วงจุดต่ำสุด 32.8°C และจุดสูงสุด 34.8°C และผลการวัดอุณหภูมิภายในตู้อบอยู่ในช่วงจุดต่ำสุด 34.3°C และจุดสูงสุด 43.8°C ตู้อบมีการใช้พลังงานไฟฟ้าในส่วนของพัดลมเพื่อทำการหมุนเวียนความร้อนภายใน จากแผนภูมิที่ได้แสดงให้เห็นว่ากระแสไฟฟ้ามีการเปลี่ยนแปลงในช่วงเวลาที่พัดลมทำงานโดยสามารถวัดค่ากระแสไฟฟ้าได้ 0.6 A และแรงเคลื่อนไฟฟ้าช่วงเวลาที่พัดลมทำงานสามารถตรวจวัดค่าได้ 237 V

จากตารางที่ 1 แสดงให้เห็นค่าการตรวจวัดค่าน้ำหนักพลาสติกก่อนอบ-หลังอบและน้ำหนักที่หายไปสำหรับกรณีอบพลาสติกด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ พบว่ามีค่าเฉลี่ยน้ำหนักพลาสติกที่หายไปจากการทดลองจำนวน 3 ครั้งคิดเป็น 25.47%

กรณีที่ 2 ทดลองการอบพลาสติกโดยใช้แหล่งกำเนิดความร้อนจากแผงรับแสงอาทิตย์ร่วมกับขดลวดความร้อน



ภาพที่ 5 ข้อมูลการตรวจวัดด้านไฟฟ้าในขณะที่ทำการทดลองกรณีที่ 2



ภาพที่ 6 ข้อมูลการตรวจวัดความร้อนภายนอกและภายในตู้อบในขณะที่ทำการทดลองกรณีที่ 2

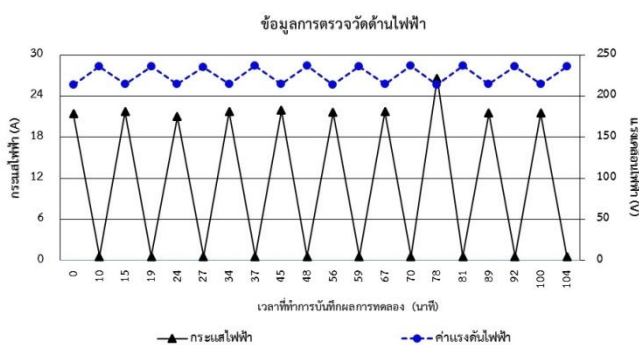
ตารางที่ 2 ข้อมูลค่าเฉลี่ยน้ำหนักก่อน-หลังการอบและน้ำหนักที่หายไป (กรณีที่ 2)

ครั้งที่	น้ำหนักพลาสติกทั้งหมดที่อบแต่ละครั้ง (kg)			คิดเป็น %
	ก่อนการอบ	หลังการอบ	ค่าแตกต่าง	
1	10	8	2	25.00 %
2	10	8	1.8	22.50 %
3	10	8.1	1.9	23.46 %
ค่าเฉลี่ย	10	8.03	1.97	24.53 %

จากภาพที่ 5 และ 6 แสดงให้เห็นผลการวัดอุณหภูมิภายนอกตู้อบอยู่ในช่วงจุดต่ำสุด 40.3°C และจุดสูงสุด 43.6°C และผลการวัดอุณหภูมิภายในตู้อบอยู่ในช่วงจุดต่ำสุด 36.3°C การตัดการทำงานของขดลวดความร้อนในช่วงอุณหภูมิ 57°C และต่อใหม่ในช่วงอุณหภูมิ 48°C ตู้อบมีการใช้พลังงานไฟฟ้าในส่วนของพัดลมเพื่อทำการหมุนเวียนความร้อนภายใน จากแผนภูมิที่ได้แสดงให้เห็นว่ากระแสไฟฟ้ามีการเปลี่ยนแปลงในช่วงเวลาที่พัดลมและขดลวดความร้อนทำงานโดยสามารถวัดค่ากระแสไฟฟ้าได้ 20.4 A ค่าแรงเคลื่อนไฟฟ้าในการอบมีค่าอยู่ระหว่าง 205 V ถึง 236 V

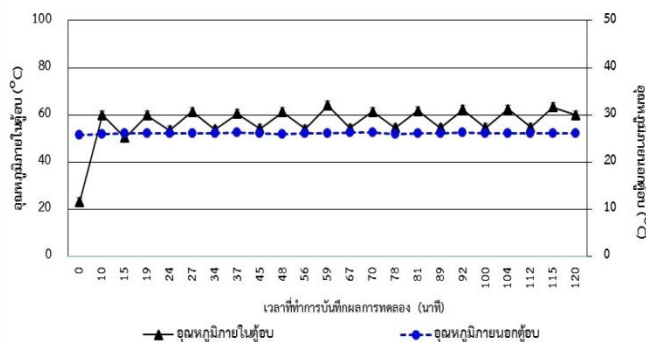
จากตารางที่ 2 แสดงให้เห็นค่าการตรวจวัดค่าน้ำหนักพลาสติกก่อนอบ-หลังอบและน้ำหนักที่หายไป กรณีอบพลาสติกด้วยพลังงานจากแผงรับแสงอาทิตย์ร่วมกับขดลวดความร้อน พบว่ามีค่าเฉลี่ยน้ำหนักพลาสติกที่หายไป 24.53%

กรณีที่ 3 ทดลองการอบพลาสติกโดยใช้แหล่งกำเนิดความร้อนจากขดลวดความร้อนเพียงอย่างเดียว



ภาพที่ 7 ข้อมูลการตรวจวัดด้านไฟฟ้าในขณะที่ทำการทดลองกรณีที่ 3





ภาพที่ 8 ข้อมูลการตรวจวัดความร้อนภายนอกและภายในตู้บในขณะทำการทดลองกรณีที่ 3

ตารางที่ 3 ข้อมูลค่าเฉลี่ยน้ำหนักก่อน-หลังการอบและน้ำหนักที่หายไป (กรณีที่ 3)

ครั้งที่	น้ำหนักพลาสติกทั้งหมดที่อบแต่ละครั้ง (kg)			คิดเป็น %
	ก่อนการอบ	หลังการอบ	ค่าแตกต่าง	
1	10	8.7	1.3	14.94 %
2	10	8.2	1.8	21.95 %
3	10	8.1	1.9	23.46 %
ค่าเฉลี่ย	10	8.33	1.67	20.04 %

จากภาพที่ 7 และ 8 แสดงให้เห็นผลการวัดอุณหภูมิภายนอกตู้บอยู่ในช่วง จุดต่ำสุด 25.9°C และจุดสูงสุด 26.2°C และผลการวัดอุณหภูมิภายในตู้บในช่วงเริ่มต้น 23.1°C การตัดการทำงานของขดลวดความร้อนอยู่ในช่วงอุณหภูมิ 60-63.9°C และต่อใหม่ในช่วงอุณหภูมิ 50-54°C ในส่วนของผลการตรวจวัดค่ากระแสไฟฟ้าของเตาอบในขณะที่ขดลวดความร้อนทำงานจะใช้กระแสไฟฟ้าอยู่ระหว่าง 0.6-26.6 A ค่าแรงเคลื่อนไฟฟ้าในการอบที่ซึ่งเวลาขดลวดความร้อนทำงานจะทำให้แรงเคลื่อนไฟฟ้าตกลงจากปกติ 237 V เหลือแค่ 214 V

จากตารางที่ 3 แสดงให้เห็นค่าการตรวจวัดค่าน้ำหนักพลาสติกก่อนอบ-หลังอบและน้ำหนักที่หายไป กรณีอบพลาสติกด้วยพลังงานความร้อนจากขดลวดความร้อนเพียงอย่างเดียวพบว่ามีค่าเฉลี่ยน้ำหนักพลาสติกที่หายไป 20.04%

ตารางที่ 4 พลังงานและเวลาที่ใช้ในการทดลองอบพลาสติกต่อการอบ 1 ครั้ง

กรณีที่ใช้ในการทดลอง	มวลน้ำที่หายไป (%)	พลังงานที่ใช้รวม (kJ/kg H <sub>2</sub> O <sub>evap</sub> )	ประสิทธิภาพเชิงความร้อน (%)	เวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการอบ (นาที)
1	25.47	4,029.96	56.1	220
2	24.53	7,071.07	37.96	120
3	20.04	4,980.00	45.38	120

### 3.3 การวิเคราะห์เศรษฐศาสตร์

การวิเคราะห์เศรษฐศาสตร์ของตู้บพลาสติกพลังงานความร้อนจากแผงโซลาร์ร่วมกับขดลวดทำความร้อนสามารถวิเคราะห์ได้ดังนี้

1. กำหนดอายุการใช้งานของตู้บพลาสติก 5 ปี

2. กำหนดอัตราดอกเบี้ยตลอดอายุการใช้งานสูงสุดร้อยละ 20 [ธนาคารเพื่อการเกษตรและสหกรณ์การเกษตร ตั้งแต่ 20 เม.ย. 2554 MRR ร้อยละ 7 และส่วนต่างสูงสุดที่จะใช้บวกกับ MRR ร้อยละ 13]
3. เงินลงทุนในการสร้างเครื่อง 35,000 บาท
4. มูลค่าซาก 10% ของเงินลงทุนในการสร้าง 35,000 บาท คิดเป็นค่าใช้จ่าย 3,500 บาท
5. ค่าบำรุงรักษารายปี 5% คิดเป็นค่าใช้จ่าย 1,750 บาท
6. มูลค่าเงินลงทุนเครื่องรายปี (จากสมการที่ 9 และ 10) เท่ากับ 36,100.38 บาทต่อปี
7. ค่าต้นทุนวัตถุดิบ (พลาสติกสด) 1 กิโลกรัม คิดเป็นเงิน 95 บาท
8. พลาสติกแตกเดี่ยวชายกิโลกรัมละ 180 บาท
9. อบแห้งวันละ 3 รอบ รอบละ 10 กิโลกรัม
10. ค่าไฟฟ้าเฉลี่ยต่อหน่วยที่ใช้อ้างอิงเพื่อการคำนวณ คิดที่ 4.3725 บาท  
(ค่าไฟของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา พิษณุโลก ย้อนหลัง มี.ย. 58 ถึง ส.ค. 58)
11. ทำการอบแห้ง 180 วันต่อปี (อนิรุทธิ์, 2556)

#### ตารางที่ 5 ประเมินด้านเศรษฐศาสตร์

กรณีที่ใช้ในการทดลอง	มูลค่าเครื่อง (บาทต่อปี)	ความถี่ในการอบ (รอบต่อวัน)	น้ำหนักปลา		ราคาพลาสติก		พลังงานไฟฟ้า (kWh/ปี)	ค่าไฟฟ้า (บาท)	รายจ่าย	รายรับ	คืนทุน (ปี)
			ก่อนอบ (กิโลกรัม)	หลังอบ (กิโลกรัม)	ก่อนอบ (บาท)	หลังอบ (บาท)					
1	12,982.96	2	10	7.97	342,000	516,456	203.04	887.79	355,870.75	516,456	0.69
2	12,982.96	3	10	8.03	513,000	780,516	1,141.02	4,989.11	530,972.07	780,516	0.68
3	12,982.96	3	10	8.33	513,000	809,676	1,344.60	5,879.26	531,862.22	809,676	0.66

#### 4. สรุป

1. ผลการทดสอบแผง Solar Collector พบว่าความเข้มแสงอาทิตย์ที่ตรวจวัดได้ทั้ง 2 ข้อมูลในช่วงเวลาตั้งแต่ 08.00 น. ถึง 18.00 น. มีค่าเฉลี่ยที่  $450.13 \text{ w/m}^2$  และ  $452.96 \text{ w/m}^2$  ตามลำดับ

2. จากผลการทดสอบที่ได้พบว่าค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนของการอบและพลังงานรวมที่ใช้สำหรับกรณีที่ 1 มีค่าน้อยกว่ากรณีที่ 3 และ 2 ตามลำดับ ในทางตรงกันข้ามระยะเวลาในการอบกรณีที่ 1 ใช้เวลามากกว่ากรณีที่ 2 และ 3 สามารถสรุปผลการทดลองได้ดังนี้

กรณีที่ 1 ใช้ระยะเวลาในการอบ 220 นาทีต่อครั้ง มีการใช้พลังงานรวม  $4,029.96 \text{ kJ/kg H}_2\text{O}_{2 \text{ evap}}$  โดยมีค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อน 56.10%

กรณีที่ 2 ใช้ระยะเวลาในการอบ 120 นาทีต่อครั้ง มีการใช้พลังงานรวม  $7,071.07 \text{ kJ/kg H}_2\text{O}_{2 \text{ evap}}$  โดยมีค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อน 37.96%

กรณีที่ 3 ใช้ระยะเวลาในการอบ 120 นาทีต่อครั้ง มีการใช้พลังงานรวม  $4,980.00 \text{ kJ/kg H}_2\text{O}_{2 \text{ evap}}$  โดยมีค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อน 45.38%

3. ค่าความชื้นที่หายไปของผลิตภัณฑ์พลาสติกหลังผ่านการอบทั้ง 3 กรณี มีค่า 25.47%, 24.53% และ 20.04% พบว่ายังอยู่ในขอบเขตที่มียูรี และคณะ (2551) ได้นำเสนอเป็นค่าแนะนำและเหมาะสมที่ 24%-29%

4. จากการทดลองทั้ง 3 กรณี พบว่าระยะเวลาคืนทุนจากการใช้เครื่องอยู่ในเกณฑ์น้อยกว่า 1 ปี เนื่องจากผลต่างราคาผลิตภัณฑ์ก่อนและหลังแตกต่างกันมาก

## 5. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา พิษณุโลกสำหรับทุนอุดหนุนงานวิจัยงบประมาณแผ่นดิน ประจำปี 2557 โดยฝ่ายวิจัยและพัฒนาในโครงการ “โครงการยกระดับปริญญาโทเป็นงานวิจัยตีพิมพ์ งานสร้างสรรค์ และงานบริการวิชาการสู่ชุมชน” และการสนับสนุนเครื่องมือและช่วยเหลือสำหรับการดำเนินการวิจัยโดยคณะวิศวกรรมศาสตร์ พร้อมด้วย อาจารย์สุรียพร ใหญ่สง่า ที่ปรึกษาด้านแปลและเรียบเรียงภาษาต่างประเทศ

## 6. เอกสารอ้างอิง

- ฉัตร ผลนาค, สุวิทย์ เพชรห้วยลึก, ภรพนา บัวเพชร, ปิติ พานิชายุนนท์ และ นฤทธิ์ กล่อมพงษ์. 2552. ระบบอบแห้งพลังงานรังสีอาทิตย์สำหรับการอบแห้งกระเจ็ด. วารสารมหาวิทยาลัยทักษิณ 12(3): 99-108.
- เถลิงราช นิลเชื้อวงศ์, อนุพงศ์ เอกผล, สุภวรรณ ฐิระวิชย์กุล และ ยุทธนา ฐิระวิชย์กุล. 2555. การอบแห้งยางแผ่นฝั่แห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบลมร้อนและเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับวิสาหกิจและกลุ่มสหกรณ์สวนยางพาราขนาดย่อม. วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา 17(2): 50-59.
- ธีรเดช ใหญ่บก, สุวิทย์ เพชรห้วยลึก, จอมภพ แวศักดิ์, มารินา มะหนิ และ ภรพนา บัวเพชร. 2552. การพัฒนากระบวนการอบแห้งปลาด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานร่วมแสงอาทิตย์-ไฟฟ้าภายใต้สภาพภูมิอากาศภาคใต้ของประเทศไทย. วารสารมหาวิทยาลัยทักษิณ 12(3): 109-118.
- มยุรี ผ่องผุดพันธ์, อัญญาดา ตั้งดวงดี และ นพมาศ อิทธิชนทร์กล้า. 2551. เรื่องน่ารู้เกี่ยวกับการทำพลาสติกตากแห้ง. [online]. เข้าถึงจาก <http://km.rmutk.ac.th/index.php/2014-01-14-02-39-38/17-2014-05-24-16-55-24>: 2557.
- อนิรุทธิ์ ต่ายขาว. 2556. การวิเคราะห์ด้านเศรษฐศาสตร์ของเครื่องอบแห้งกระดาศพลังงานแสงอาทิตย์. วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเชีย 7(1): 59-31.
- อนิรุทธิ์ ต่ายขาว และ สมบัติ ทิมทรัพย์. 2556. เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดพาความร้อนแบบธรรมชาติและชนิดพาความร้อนแบบบังคับ. วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเชีย 7(2): 23-31.