

การศึกษาเชิงทดลองอบแห้งปลาด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์ Experimental Study of Fish Drying with Solar Tunnel Dryer

วสันต์ จันทา^{1*}, ฐานวิทย์ แนนไส และ เฉลิม ศิริรักษ์

¹ สาขาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย ถนนราชดำเนินนอก ตำบลบ่อยาง อำเภอเมือง จังหวัดสงขลา 90000
*ติดต่อ: wasan.j@rmutsv.ac.th, 074-317100 ต่อ 1915, 074-315185

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ทำการศึกษาอบแห้งปลาแห้งด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์และตากแห้งปลาแห้งด้วยการตากแดดโดยตรง เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์มีขนาดห้องอบแห้ง 1.2 × 2 × 0.1 เมตร (กว้าง × ยาว × สูง) ระบายอากาศด้วยลูกหมุนระบายอากาศขนาด 14 นิ้ว โดยต่อท่อระบายอากาศสูง 2 เมตร เครื่องอบแห้งสามารถบรรจุปลาได้เฉลี่ย 198 ตัว (เฉลี่ย 14 กิโลกรัม) การทดลองได้บันทึกค่าอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ รังสีดวงอาทิตย์ น้ำหนักปลา ทุกๆ 1 ชั่วโมง ตั้งแต่เวลา 9:00-16:00 นาฬิกา ของแต่ละวันจนความชื้นของปลาลดลงเหลือเฉลี่ย 40% มาตราฐานแห้ง จากผลการทดลองพบว่าเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์มีอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิสิ่งแวดล้อมเฉลี่ย 18 °C ความชื้นสัมพัทธ์ต่ำกว่าสิ่งแวดล้อมเฉลี่ย 24% ที่อุณหภูมิสิ่งแวดล้อมเฉลี่ย 36 °C ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 59% ค่ารังสีดวงอาทิตย์เฉลี่ย 785 w/m² จึงทำให้การอบแห้งปลาด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์ใช้เวลาน้อยกว่าการตากแห้งปลาด้วยการตากแดดโดยตรงเฉลี่ย 2 ชั่วโมง และปลาที่อบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์จะมีสีขาวขุ่นกว่าปลาที่ตากแห้งด้วยการตากแดดโดยตรงเนื่องจากอุณหภูมิมอบแห้งที่สูงกว่าทำให้เนื้อปลาค่อนข้างสุกแต่เมื่อนำปลาแห้งทั้งสองกรณีมาผ่านกระบวนการทอดก็พบว่าปลาแห้งจะมีลักษณะสีที่เหมือนกัน

คำหลัก: อบแห้ง; ปลา; พลังงานแสงอาทิตย์

Abstract

This article presented an experimental study of lizardfish drying with solar tunnel dryer and open sun drying. The solar tunnel dryer composed of drying chamber of 1.2 m × 2 m × 0.1 m and 14 inch dome ventilator attached ventilating pipe of 2 m. Moreover, the maximum capacity of this dryer was 198 pieces or around 14 kg. The relative humidity, solar radiation and fish weight were recorded hourly (from 9 am to 4 pm) and stopped the data record when the fish moisture content reduced to 40 % (d.b.). From the experimental results, At the solar radiation of 785 w/m² the drying temperature was higher than ambient temperature approximately 18 °C (average ambient temperature of 36 °C) while relative humidity of the dryer was lower than that of ambient around 24 % (average ambient relative humidity of 59 %). The fish drying time of tunnel dryer was faster than the natural sun drying about 2 hr. The dried fish skin from the dryer that was white smoke was darker than that from the sun drying due to the higher temperature. However, both of the dried fishes were a same skin when frying.

Keywords: Drying; fish; Solar Energy

1. บทนำ

ปลาแห้งเป็นอาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการที่มีโปรตีนสูง [1] การทำปลาทากแห้งก็เป็นการถนอมอาหารที่ยั่งยืนเอนไซม์ ลดความชื้นที่จำเป็นสำหรับเชื้อแบคทีเรีย

และการเจริญเติบโตของเชื้อรา [2-3] และการทำปลาแห้งก็เป็นธุรกิจหนึ่งที่สามารถสร้างรายได้ให้กลุ่มชุมชนวังเขิววังขาว เลขที่ 35/1 ตำบลบ่อยาง อำเภอเมือง จังหวัดสงขลา ซึ่งได้ทำการผลิตปลาแห้งด้วยการนำปลาแห้งมาชุบเกล็ด

AEC-04

ตัดหัว คิวักใส่ แชน้ำเกลือจากนั้นก็จะไปตากแดดด้วยการตากแดดโดยตรงจนกว่าปลาจะแห้งพร้อมที่จะจำหน่ายได้ซึ่งใช้เวลาในการตากแดดประมาณ 2-3 วันขึ้นอยู่กับสภาพอากาศ การตากแห้งปลาด้วยการตากแดดโดยตรงนี้เป็นวิธีที่ใช้กันแพร่หลายมากที่สุดในระดับชาวประมงพื้นบ้านแต่กระบวนการผลิตปลาแห้งจะปนเปื้อนฝุ่น มีพวกแมลงพาหะนำโรคมานำไต่ตอมทำให้เป็นแหล่งที่มาของโรคอาหารเป็นพิษได้ [4] จึงควรหาทางเลือกในการผลิตปลาแห้งที่ถูกสุขอนามัย เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์ก็เป็นทางเลือกหนึ่งที่นิยมมาใช้อบแห้งผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรที่ไม่ต้องการวางผลิตภัณฑ์เป็นชั้นๆ Hossain and Bala [5] สร้างเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์ กว้าง 2 เมตร ยาว 20 เมตร ประกอบด้วยแผงรับรังสีดวงอาทิตย์ 10 เมตร ห้องอบแห้ง 10 เมตร ใช้แผ่นพลาสติกปกคลุมเพื่อสะสมพลังงานแสงอาทิตย์ มีพัดลมไฟฟ้ากระแสตรง 2 ตัว ขับด้วยแผงโซลาร์เซลล์ 40 วัตต์ มีอุณหภูมิอบแห้งเฉลี่ย 56 °C Usub และคณะ [6] สร้างเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์ กว้าง 1.8 เมตร ยาว 6.2 เมตร ประกอบด้วยแผงรับรังสีดวงอาทิตย์ 3.7 เมตร ห้องอบแห้ง 2.5 เมตร ใช้กระจกใสหนา 3 มิลลิเมตร ปกคลุมพัดลมระบายอากาศขับด้วยไฟฟ้า Srisittipokakun และคณะ [7] สร้างเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์ กว้าง 1.22 เมตร ยาว 12.2 เมตร มีแผงรับรังสีดวงอาทิตย์และห้องอบแห้ง ใช้แผ่นโพลีคาร์บอเนตปกคลุม มีพัดลมไฟฟ้ากระแสตรง 3 ตัว ขับด้วยแผงโซลาร์เซลล์ 15 วัตต์ มีอุณหภูมิอบแห้งอยู่ในช่วง 35 – 75 °C พูลทวี [8] สร้างเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์ กว้าง 1 เมตร ยาว 4 เมตร ประกอบด้วยแผงรับรังสีดวงอาทิตย์ 2 เมตร ห้องอบแห้ง 2 เมตร ใช้ลูกหมุนระบายอากาศเพื่อระบายความชื้น มีอุณหภูมิอบแห้งเฉลี่ย 58 °C และการติดตั้งลูกหมุนระบายอากาศจะทำให้มีอัตราการอบแห้งสูงกว่าการตากแดดโดยตรง เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์นี้จะอาศัยกระบวนการของการถ่ายเทความร้อนและมวลพร้อมกัน พลังงานความร้อนที่ให้กับปลาจะถูกนำมาใช้เพื่อเพิ่มอุณหภูมิของปลาในการระเหยความชื้นในปลาผ่านการให้ความร้อนแฝงของการระเหย [9] โดยที่พลังงานความร้อนของเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่ใช้กระจกปกคลุมนั้นเกิดจากรังสีดวงอาทิตย์ซึ่งเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าประเภทคลื่นสั้นส่งผ่านกระจก

ใสมากระทบกับแผ่นดูตริงสีหรือวัสดุทึบแสงซึ่งจะถูกดูดกลืนและเปลี่ยนเป็นพลังงานความร้อนและกระจกใสยังป้องกันไม่ให้รังสีความร้อนซึ่งเป็นรังสีประเภทคลื่นยาวส่งผ่านจากตัวดูตริงสีหรือวัสดุทึบแสงไปยังบรรยากาศภายนอก [10] จึงทำให้อุณหภูมิในเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์มีอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิสิ่งแวดล้อม จากการทบทวนเอกสารดังกล่าวจึงได้ทดลองสร้างเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์ที่ปกคลุมด้วยกระจกใสและใช้ลูกหมุนระบายอากาศมาช่วยระบายความชื้นและนำมาทดลองอบแห้งปลาไหลของกลุ่มชุมชนวังเขียววังขาว

2. วัสดุ อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

2.1 วัสดุ

ปลาไหลที่ผ่านกระบวนการขูดเกล็ด ตัดหัว คิวักใส่ และแช่น้ำเกลือแล้วจากชุมชนวังเขียววังขาว เลขที่ 35/1 ตำบลบ่อยาง อำเภอเมือง จังหวัดสงขลา

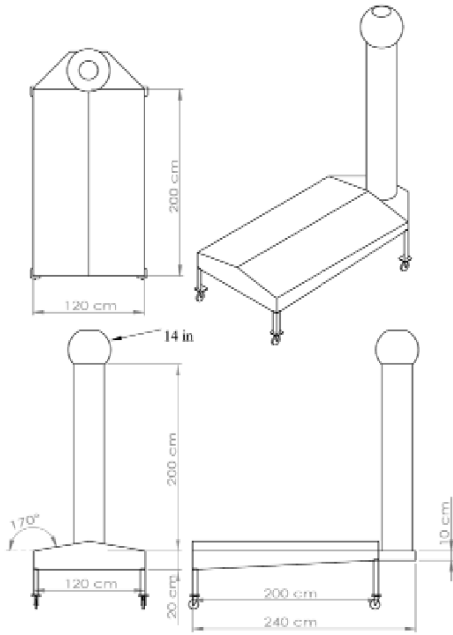
2.2 อุปกรณ์การทดลอง

เครื่องอบแห้งปลาพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์มีขนาดห้องอบแห้ง 1.2 × 2 × 0.1 เมตร (กว้าง × ยาว × สูง) ด้านบนปกคลุมด้วยกระจกใสหนา 3 มิลลิเมตร ด้านข้างและด้านล่างปกคลุมด้วยอลูมิเนียมแล้วปิดทับด้วยฉนวนยาง Aeroflex หนา 1 นิ้ว สามารถบรรจุปลาได้เฉลี่ย 198 ตัว (เฉลี่ย 14 กิโลกรัม) ระบายอากาศด้วยลูกหมุนระบายอากาศขนาด 14 นิ้ว โดยต่อท่อระบายอากาศสูง 2 เมตร พร้อมกับหุ้มฉนวนยาง Aeroflex หนา 1 นิ้ว ดังแสดงในรูปที่ 1 บันทึกค่าอุณหภูมิด้วยสายเทอร์โมคัปเปิลชนิด K เครื่องวัดความชื้นยี่ห้อ Primus รุ่น HM-004 เครื่องวัดรังสีดวงอาทิตย์ยี่ห้อ Kipp & Zonnen รุ่น CMP11 ต่อเข้าเครื่องบันทึกข้อมูล (data logger) ยี่ห้อ Yokogawa รุ่น MW 2000

2.3 วิธีการทดลอง

นำปลาไหลที่ผ่านกระบวนการขูดเกล็ด ตัดหัว คิวักใส่ แชน้ำเกลือมาชั่งน้ำหนักก่อนเข้าเครื่องอบแห้งและก่อนตากแดดโดยตรง บันทึกค่าอุณหภูมิอากาศ ความชื้นสัมพัทธ์อากาศ รังสีดวงอาทิตย์ นำหนักปลา ทุกๆ 1 ชั่วโมง ตั้งแต่เวลา 9:00-16:00 นาฬิกา ของแต่ละวันจนปลาแห้งตามความต้องการของท้องตลาดพร้อมที่จะจำหน่ายได้ จากนั้นทำการทดลองซ้ำจนครบ 3 ครั้งเพื่อยืนยันผลการทดลอง

AEC-04



(ก) แบบเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์



(ข) ลักษณะเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์
รูปที่ 1 เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์

3. ผลการวิจัยและอภิปราย

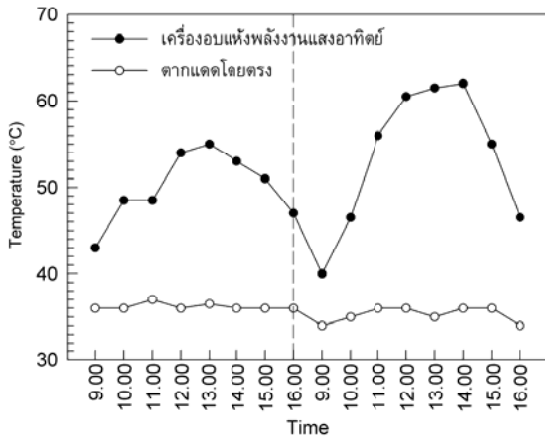
การอบแห้งปลาด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์พบว่าเครื่องอบแห้งปลาพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์มีอุณหภูมิเฉลี่ย 54 °C ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 35% ในขณะที่สิ่งแวดล้อมมีอุณหภูมิเฉลี่ย 36 °C ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 59% รังสีดวงอาทิตย์เฉลี่ย 785 w/m² ดังแสดงในรูปที่ 2 - 4 โดยการเฉลี่ยค่าในช่วงเวลา 9:00-15:00 นาฬิกา ของทุกวันที่ทำการทดลอง ลักษณะการลดลงของความชื้นในตัวปลาพบว่าความชื้น

ปลาในช่วงความชื้นมากกว่า 100% มาตรฐานแห้ง (การอบแห้งในวันแรก) การตากแห้งปลาด้วยการตากแดดโดยตรงจะลดลงเร็วกว่าการอบแห้งปลาด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์และเมื่อช่วงความชื้นปลาน้อยกว่า 100% มาตรฐานแห้ง (การอบแห้งในวันที่สอง) การอบแห้งปลาด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์จะลดลงเร็วกว่าการตากแห้งปลาด้วยการตากแดดโดยตรงดังแสดงในรูปที่ 5 เนื่องจากเมื่อความชื้นของปลาน้อยและเป็นการอบแห้งของวันที่สองผิวของปลาจะเริ่มแข็งทำให้ความชื้นปลาจากการตากแห้งด้วยการตากแดดโดยตรงระเหยออกมาสู่สิ่งแวดล้อมได้ยากทำให้เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์สามารถระเหยความชื้นของปลาได้เร็วกว่า ส่วนการระเหยความชื้นในวันแรกนั้นผิวของปลายังไม่แข็งพร้อมกับความเร็วลมที่พัดพาของสิ่งแวดล้อมสูงกว่าความเร็วลมในเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์จึงทำให้การตากแห้งปลาด้วยการตากแดดโดยตรงสามารถระเหยความชื้นปลาได้เร็วกว่า ดังนั้นจะเห็นว่าการอบแห้งปลาจนความชื้นปลาเหลือ 40% มาตรฐานแห้ง การอบแห้งปลาด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์จะเร็วกว่าการตากแห้งปลาด้วยการตากแดดโดยตรงเฉลี่ย 2 ชั่วโมง แต่การอบแห้งปลาด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์และการตากแห้งปลาด้วยการตากแดดโดยตรงก็ใช้เวลาในการอบแห้ง 2 วันเท่ากัน ส่วนลักษณะของปลาที่ได้จากกระบวนการอบแห้งทั้ง 2 กรณีนี้พบว่าปลาที่อบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์จะมีสีขาวขุ่นกว่าปลาที่ตากแห้งด้วยการตากแดดโดยตรงเนื่องจากอุณหภูมิอบแห้งที่สูงกว่าทำให้เนื้อปลาค่อนข้างสุกแต่เมื่อนำปลาแห้งของทั้ง 2 กรณีมาทอดก็จะพบว่าปลาแห้งจะมีลักษณะสีที่เหมือนกันและมีความกรอบเหมือนกัน

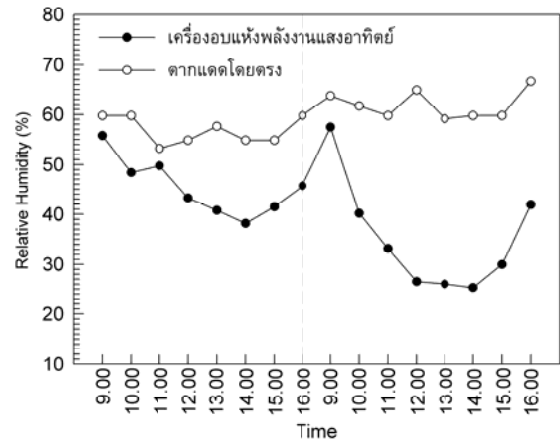
4. สรุปผลการวิจัย

การอบแห้งปลาเหนียวด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์และตากแห้งปลาเหนียวด้วยการตากแดดโดยตรงพบว่าการอบแห้งปลาด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์มีอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิสิ่งแวดล้อมเฉลี่ย 18 °C ความชื้นสัมพัทธ์ต่ำกว่าสิ่งแวดล้อมเฉลี่ย 24% ที่อุณหภูมิสิ่งแวดล้อมเฉลี่ย 36 °C

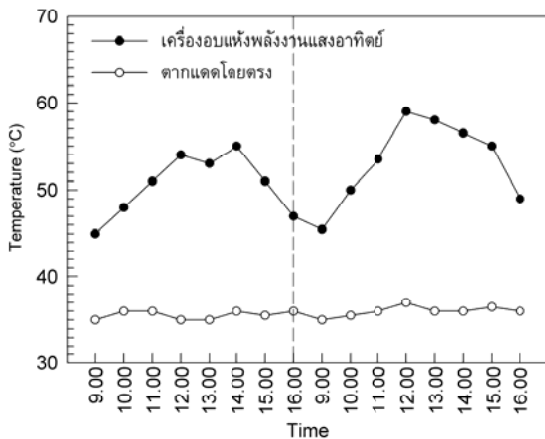
AEC-04



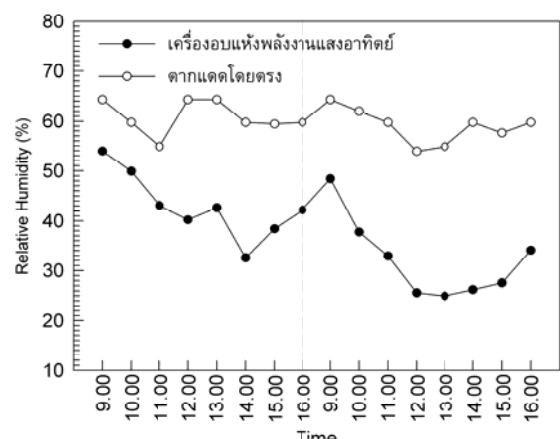
(ก) การทดลองครั้งที่ 1



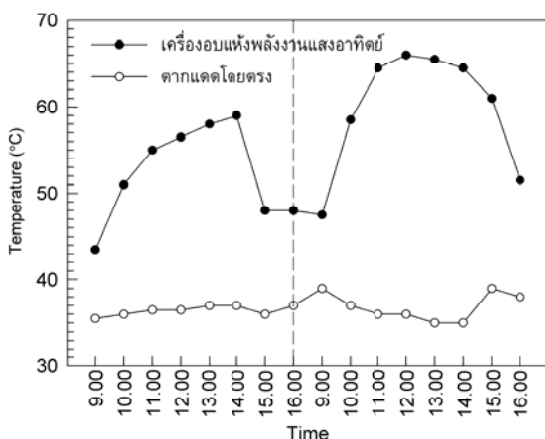
(ก) การทดลองครั้งที่ 1



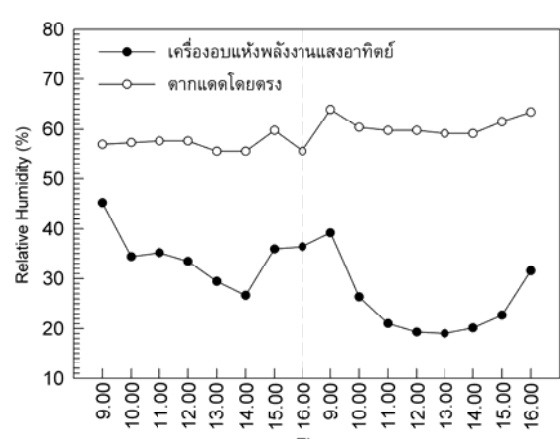
(ข) การทดลองครั้งที่ 2



(ข) การทดลองครั้งที่ 2



(ค) การทดลองครั้งที่ 3

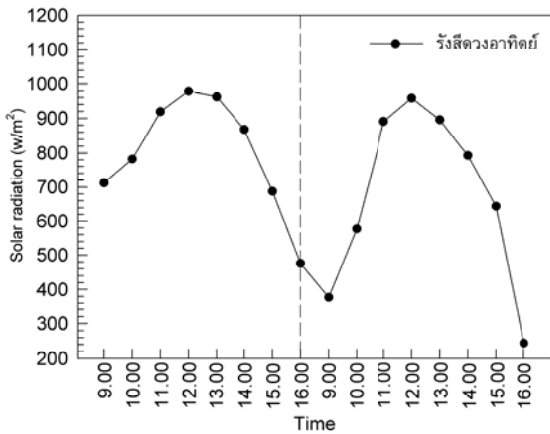


(ค) การทดลองครั้งที่ 3

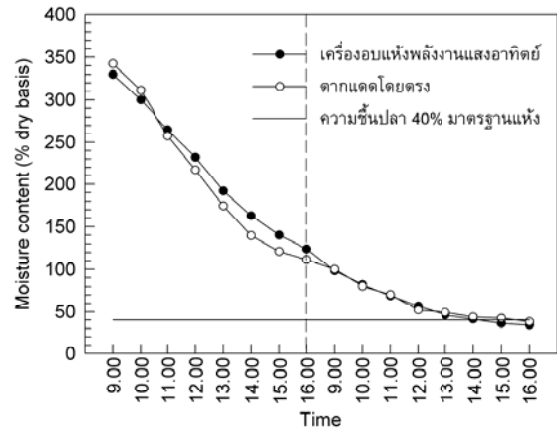
รูปที่ 2 อุณหภูมิในเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์

รูปที่ 3 ความชื้นอากาศในเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์

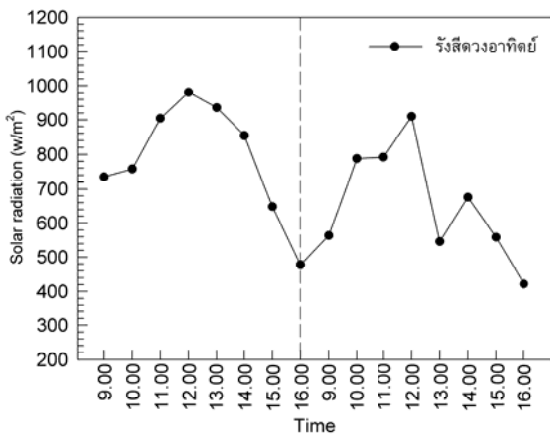
AEC-04



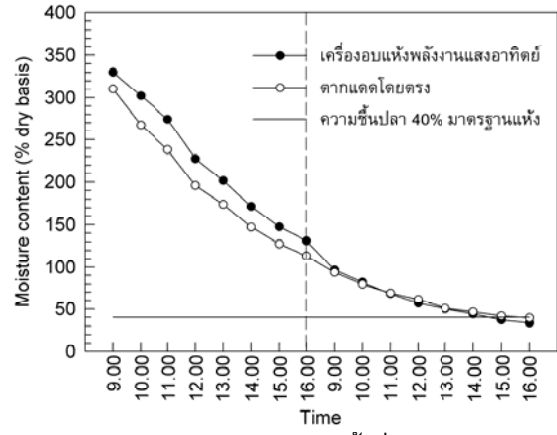
(ก) การทดลองครั้งที่ 1



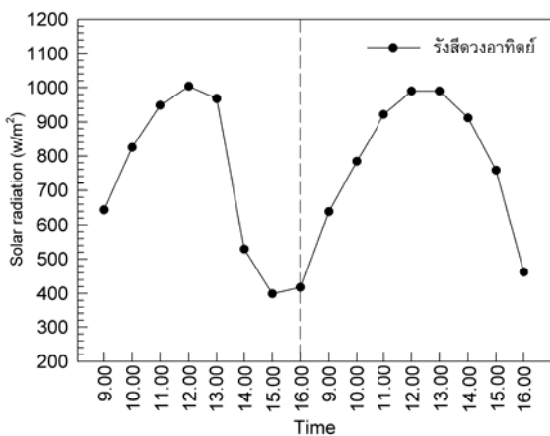
(ก) การทดลองครั้งที่ 1



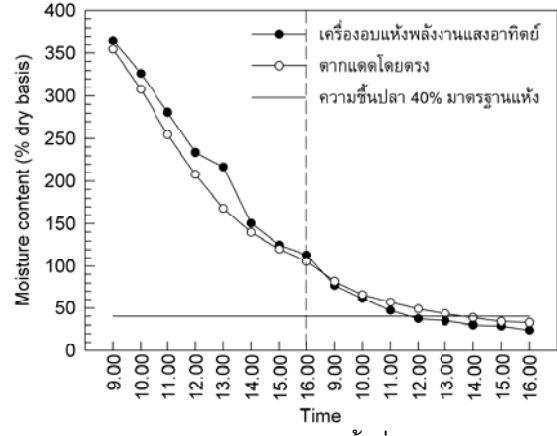
(ข) การทดลองครั้งที่ 2



(ข) การทดลองครั้งที่ 2



(ค) การทดลองครั้งที่ 3



(ค) การทดลองครั้งที่ 3

รูปที่ 4 ค่ารังสีดวงอาทิตย์

รูปที่ 5 ความชื้นปลา

AEC-04

ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 59% ค่ารังสีดวงอาทิตย์เฉลี่ย 785 w/m² ส่งผลให้การอบแห้งปลาด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์ใช้เวลาน้อยกว่าการตากแห้งปลาด้วยการตากแดดโดยตรงเฉลี่ย 2 ชั่วโมง และปลาที่อบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์จะมีสีขาวขุ่นกว่าปลาที่ตากแห้งด้วยการตากแดดโดยตรง เนื่องจากอุณหภูมิอบแห้งที่สูงทำให้เนื้อปลาก่อนข้างสุกแต่เมื่อนำปลาแห้งทั้งสองกรณีมาผ่านกระบวนการทอดก็พบว่าปลาแห้งจะมีลักษณะของสีที่เหมือนกัน

5. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ขอขอบคุณทุนสนับสนุนการวิจัยจากคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย และกลุ่มชุมชนวังเขิวังขาว เลขที่ 35/1 ตำบลบ่อยาง อำเภอเมือง จังหวัดสงขลา ที่ทำให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

6. เอกสารอ้างอิง

[1] Jain, D. and Pathare, P. B. (2007). Study the drying kinetics of open sun drying of fish, *Journal of Food Engineering*, Vol. 78, pp. 1315 - 1319.

[2] Duan, Z. H., Jiang L. N., Wang, J. L., Yu, X. Y. and Wang, T. (2011). Drying and quality characteristics of tilapia fish fillets dried with hot air-microwave heating, *food and bioproducts processing*, Vol. 89, pp. 472 - 476.

[3] Darvishi, H., Azadbakht, M., Rezaeiasl, A. and Farhang A. (2013). Drying characteristics of sardine fish dried with microwave heating, *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, Vol. 12, pp. 121 – 127.

[4] Kituu, G. M., Shitanda, D., Kanali, C. L., Mailutha J. T., Njoroge, C. K., Wainaina J. K. and Silayo V. K. (2010). Thin layer drying model for simulating the drying of Tilapia fish (*Oreochromis niloticus*) in a solar tunnel dryer, *Journal of Food Engineering*, Vol. 98, pp. 325 – 331.

[5] Hossain, M. A. and Bala, B. K. (2007). Drying of hot chilli using solar tunnel drier, *Solar Energy*, Vol. 81, pp. 85 - 92.

[6] Usub, T., Lertsatitthanakorn, C., Poomsa-ad, N., Wiset, L., Yang, L. and Siriamornpun, S. (2008). Experimental performance of a solar tunnel dryer for drying silkworm pupae, *biosystems engineering*, Vol. 101, pp. 209 - 216.

[7] Srisittipokakun, N., Kirdsiri, K. and Kaewkhao, J. (2012). Solar drying of *Andrographis paniculata* using a parabolic-shaped solar tunnel dryer, *Procedia Engineering*, Vol. 32, pp. 839 - 846.

[8] พูลทวี ศรพรหม (2550). การเพิ่มสมรรถนะเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์, วิทยานิพนธ์สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี.

[9] Jain D. (2006). Determination of Convective Heat and Mass Transfer Coefficients for Solar Drying of Fish, *Biosystems Engineering*, Vol. 94 (3), pp. 429 – 435.

[10] ทนงเกียรติ เกียรติศิริโรจน์ (2531). อนุกรมพลังงานนอกแบบและการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ เล่มที่ 1 การแผ่รังสีดวงอาทิตย์และตัวรับรังสี, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.