

# การอบแห้งยางพาราแผ่นด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ โดยพาความร้อนแบบบังคับ

## Drying of Para Rubber Sheet Using Forced Convection Solar Dryer

วสันต์ เจินธาดา<sup>\*</sup>, พรชัย เพชรสงคราม และ ทศพร จันทร์กระจ่าง

Wasan Jeentada<sup>\*</sup>, Pornchai Phetsongkram and Thossaporn Chankrachang

สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Srivijaya

Received : 3 October 2015

Accepted : 22 March 2016

Published online : 31 March 2016

### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการทดลองอบแห้งยางพาราแผ่น ด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์โดยพาความร้อนแบบบังคับ และการตากแห้งด้วยการตากแดดโดยตรง เครื่องอบแห้งมีห้องอบขนาด  $1.95 \times 1.8 \times 1.95$  เมตร (กว้าง  $\times$  ยาว  $\times$  สูง) บรรจุยางพาราแผ่นได้ครั้งละ 40 แผ่น มีแผงรับรังสีดวงอาทิตย์ขนาด  $1.95 \times 1.8 \times 0.1$  เมตร (กว้าง  $\times$  ยาว  $\times$  สูง) ใช้พัดลมระบายอากาศจำนวน 3 ตัว ขับด้วยพลังงานจากแผงโซลาร์เซลล์ 40 วัตต์ ผลการทดลองพบว่าเครื่องอบแห้งมีอุณหภูมิเฉลี่ยทางออกของแผงรับรังสีดวงอาทิตย์  $44\text{ }^{\circ}\text{C}$  อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยที่ชั้นแขวนยางพาราแผ่นด้านล่าง  $51\text{ }^{\circ}\text{C}$  และ  $31\text{ \%RH}$  อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยที่ชั้นแขวนยางพาราแผ่นด้านบน  $61\text{ }^{\circ}\text{C}$  และ  $24\text{ \%RH}$  อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์สิ่งแวดล้อมเฉลี่ย  $34\text{ }^{\circ}\text{C}$  และ  $62\text{ \%RH}$  ค่ารังสีดวงอาทิตย์เฉลี่ย  $836\text{ W/m}^2$  การอบแห้งยางพาราแผ่นด้วยพลังงานแสงอาทิตย์เมื่ออบแห้งจนความชื้นยางพาราแผ่นต่ำกว่า  $3\%$  มาตรฐานแห้ง ใช้เวลาอบแห้ง 5 วัน เนื้อยางพาราแผ่นจะยังไม่ใส่ทั่วตลอดทั้งแผ่นแต่เมื่ออบแห้งจนความชื้นของยางพาราแผ่นต่ำกว่า  $1\%$  มาตรฐานแห้ง ใช้เวลาอบแห้ง 7 วัน เนื้อยางพาราแผ่นจึงจะใส่ทั่วตลอดทั้งแผ่น และการอบแห้งยางพาราแผ่นด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ไม่ควรให้ยางพาราแผ่นสัมผัสกับแสงแดดเพราะจะทำให้ยางพาราแผ่นมีเนื้อยางเหนียวเยิ้ม

**คำสำคัญ :** อบแห้ง ยางพาราแผ่น เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์

\*Corresponding author. E-mail : wasan.j@rmutsv.ac.th

### Abstract

This research is to test drying of para rubber sheet using forced convection solar dryer and open sun drying. The solar dryer consisted of the drying room dimension of  $1.95 \times 1.8 \times 1.95$  m (width  $\times$  length  $\times$  height) containing 40 sheets, the dimension of flat plate solar collector of  $1.95 \times 1.8 \times 0.1$  m (width  $\times$  length  $\times$  height) and the ventilation set comprising of 3 cooling fans and solar cell module 40 W. From the experimental results, the average outlet temperature of solar collector was  $44^\circ\text{C}$ . The average temperature and relative humidity were  $51^\circ\text{C}$  and 31 %RH sequentially at the bottom layer of hanging rubber sheet while the average temperature and relative humidity were  $61^\circ\text{C}$  and 24 %RH respectively at the top layer of hanging rubber sheet. Moreover, the average ambient temperature and relative humidity were  $34^\circ\text{C}$  and 62 %RH consecutively when the average solar radiation was  $836 \text{ W/m}^2$ . For solar drying of rubber sheet, the moisture content was lower than 3% dry-basis when the rubber sheets were dried within 5 days. In addition, the rubber sheet appearance was almost transparent. However, when the rubber sheets were dried within 7 days, the moisture content was lower than 1% dry-basis and rubber sheet appearance was all transparent. Furthermore, drying of para rubber sheet should avoid open sun drying because the dried rubber sheet will suffer from melting effect.

**Keywords :** drying, rubber sheet, solar dryer

### บทนำ

ยางพาราเป็นพืชเศรษฐกิจชนิดหนึ่งที่สามารถสร้างรายได้ให้กับชาวเกษตรกรในประเทศไทย ปลูกมากที่สุดในพื้นที่ภาคใต้ รองลงมาเป็นภาคตะวันออกรวมภาคกลาง ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคเหนือ ตามลำดับ (Rubber Authority of Thailand, 2012) ยางพาราแผ่นเป็นการผลิตรูปแบบหนึ่งที่มีจำหน่ายกันในตลาดซึ่งแบ่งออกเป็นยางพาราแผ่นผึ่งแห้ง (Air Dried Sheet, ADS) หรือยางพาราแผ่นดิบ (Unsmoked sheet, USS) และ ยางพาราแผ่นรมควัน (Ribbed Smoked Sheet, RSS) โดยขึ้นอยู่กับวิธีการอบแห้งคือยางพาราแผ่นผึ่งแห้งหรือยางพาราแผ่นดิบจะใช้อากาศร้อนในการอบแห้งส่วนยางพาราแผ่นรมควันจะใช้ควันจากการเผาไหม้ในการอบแห้ง (Tanwanichkul *et al.*, 2013) ในบางอำเภอของจังหวัดที่ไม่มีสหกรณ์ กองทุนสวนยางพาราเกษตรกรจะผลิตยางพาราแผ่นดิบเนื่องจากไม่มีสถานที่รับซื้อน้ำยางสดที่จะนำไปผลิตเป็นยางพาราแผ่นรมควัน การผลิตยางพาราแผ่นดิบจะใช้วิธีการนำยางพาราแผ่นไปตากแดดกลางแจ้ง 1 วัน แล้วนำไปตากในที่ร่มอีก 9-14 วัน เพื่อให้ความชื้นของยางพาราแผ่นดิบได้ตามมาตรฐานของท้องถิ่น ส่วนระยะเวลาของการผลิตยางพาราแผ่นดิบจะขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของน้ำยางในน้ำยางสด อัตราส่วนของกรรมผสมน้ำกับน้ำส้มสาย และสภาวะอากาศในฤดูการนั้นๆ ราคา ยางพาราแผ่นดิบจะแบ่งตามระดับปริมาณความชื้นของยางพาราแผ่นดิบ คือ 44.23 บาท/กิโลกรัม สำหรับยางพาราแผ่นดิบคุณภาพดี (USS) ความชื้นต่ำกว่า 3% มาตรฐานแห้ง 44.05 บาท/กิโลกรัม สำหรับความชื้น 3 - 5% มาตรฐานแห้ง และ 43.05 บาท/กิโลกรัม สำหรับความชื้น 5 - 7% มาตรฐานแห้ง (Rubber Authority of Thailand, 2015) การอบแห้งด้วยพลังงานจากแสงอาทิตย์ถือเป็นการใช้แหล่งพลังงานที่มีอยู่แล้วในธรรมชาติมาใช้ให้เกิดประโยชน์โดยพัฒนาเทคโนโลยีให้เหมาะสมและมีความคุ้มค่าในการนำไปใช้งานเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพและได้มาตรฐาน (Ninchuewong *et al.*, 2012) การผลิตยางพาราแผ่นดิบจากเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ต้องอบแห้งจนมีความชื้นต่ำกว่า 1% มาตรฐานแห้ง เพื่อให้เนื้อยาง

มีความใสทั่วตลอดทั้งแผ่นเป็นยางพาราแผ่นคุณภาพดี (Tassanakul, 2011; Jeentada *et al.*, 2014; Jeentada *et al.*, 2015) และอุณหภูมิอบแห้งยางพาราแผ่นดิบที่เหมาะสมควรอบแห้งด้วยอุณหภูมิต่ำในวันแรกเพื่อป้องกันไม่ให้เนื้อยางเกิดฟองอากาศแล้วเพิ่มอุณหภูมิขึ้นในวันต่อมาแต่ไม่ควรเกิน 60 °C (Tanwanichkul *et al.*, 2013) เนื่องจากยางพาราแผ่นดิบคุณภาพดีต้องมีลักษณะ ความชื้นต่ำกว่า 3% มาตรฐานแห้ง แผ่นยางสะอาดไม่มีรอยคราบน้ำกรดหรือเหนียวเยิ้ม เมื่อยกแผ่นยางขึ้นส่องดูต้องไม่มีสิ่งสกปรกหรือจุดต่างดำเจือปนในเนื้อยาง ไม่มีจุดฟองอากาศ แผ่นบาง มีความหนาของแผ่น 3-4 มิลลิเมตร แผ่นยางเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า ความกว้าง 40-45 เซนติเมตร ความยาว 80-85 เซนติเมตร เนื้อยางแห้ง สีของแผ่นยางสม่ำเสมอเป็นสีเดียวกันตลอดแผ่น ไม่ต่างดำหรือสลับลายหรือมีสีคล้ำจนเกินไป แผ่นยางมีลายดอกนูนเด่นชัด มีความยืดหยุ่น เมื่อดึงแผ่นยางออกดูเนื้อยางจะต้องไม่ขาดง่ายหรือเป็นรูพรุน (Rubber Authority of Thailand, 2012) เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์นั้นแบ่งได้เป็น 2 แบบ คือ เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์พาความร้อนแบบธรรมชาติ และเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์พาความร้อนแบบบังคับ (Prakash and Kumar, 2014; Fudholi *et al.*, 2010; Sharma *et al.*, 2009; Augustus Leon, 2002) โดยสามารถแบ่งย่อยออกเป็น 3 แบบ คือ 1. เครื่องอบแห้งแบบห้องอบแห้งสัมผัสกับแสงแดด 2. เครื่องอบแห้งแบบห้องอบแห้งไม่สัมผัสกับแสงแดดและใช้แผงรับรังสีดวงอาทิตย์ 3. เครื่องอบแห้งแบบห้องอบแห้งสัมผัสกับแสงแดดและใช้แผงรับรังสีดวงอาทิตย์ (Mustayen *et al.*, 2014; Singh and Kumar, 2012; Bennamoun, 2011) งานวิจัยนี้จึงได้นำเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบบังคับที่มีห้องอบแห้งสัมผัสกับแสงแดด และใช้แผงรับรังสีดวงอาทิตย์มาประยุกต์ใช้กับการอบแห้งยางพาราแผ่นเพื่อต้องการให้ห้องอบแห้งมีอุณหภูมิ 60 °C แต่ใช้พื้นที่ของแผงรับรังสีดวงอาทิตย์น้อยเพื่อการประหยัดพื้นที่ของการสร้างเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ แต่การอบแห้งยางพาราแผ่นด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ถ้าให้แสงอาทิตย์สัมผัสกับยางพาราแผ่นโดยตรงจะทำให้ยางพาราแผ่นเหนียวเยิ้ม (Jeentada *et al.*, 2015) จึงใช้สแตนเลสสีดำปกคลุมยางพาราแผ่นภายในห้องอบแห้ง เพื่อต้องการให้เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ผลิตยางพาราแผ่นดิบเป็นยางพาราแผ่นดิบคุณภาพดี

## วิธีดำเนินการวิจัย

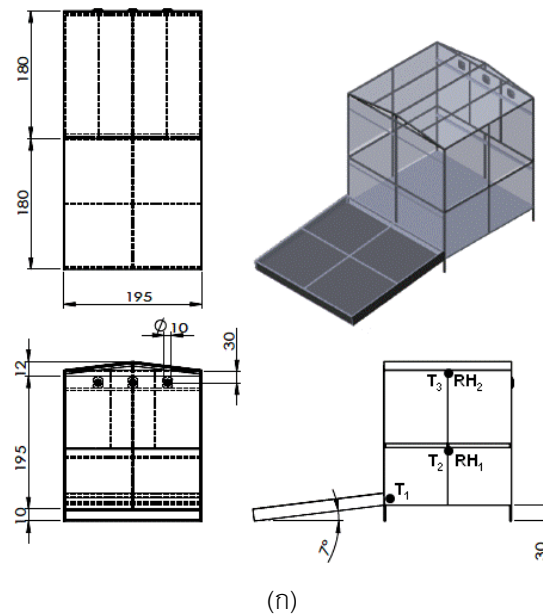
### วัสดุ

ยางพาราแผ่นหลังจากกระบวนการรีดแผ่นของการผลิตยางพาราแผ่นดิบจากเกษตรกร ตำบลควนลัง อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา โดยการผลิตยางพาราแผ่นจากน้ำยางสดความเข้มข้นของเนื้อยาง 27 เปอร์เซ็นต์ จำนวน 100 กิโลกรัม ผสมกับน้ำจำนวน 120 กิโลกรัม และผสมกับน้ำส้มยางหรือน้ำส้มข่ายาง 5.4 ลิตร (มีอัตราส่วนของน้ำส้มยาง 0.55 ลิตร ต่อ น้ำ 10 ลิตร) ยางพาราแผ่นมีความหนา 3-4 มิลลิเมตร กว้าง 45-50 เซนติเมตร ยาว 85-90 เซนติเมตร

### อุปกรณ์

เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์มีขนาดห้องอบแห้ง 1.95 × 1.8 × 1.95 เมตร (กว้าง × ยาว × สูง) ปกคลุมด้วยกระจกใสหนา 5 มิลลิเมตร ภายในห้องอบแห้งมีการติดตั้งสแตนเลสสีดำชนิดกรองแสง 80% แสงผ่านได้ 20% ห่างจากกระจก 15 เซนติเมตร ห้องอบแห้งสามารถบรรจุยางพาราแผ่นได้ครั้งละ 40 แผ่น เทียบเป็นปริมาณการกรีดยาง 13 ไร่ แผงรับรังสีดวงอาทิตย์มีขนาด 1.95 × 1.8 × 0.1 เมตร (กว้าง × ยาว × สูง) คิดเป็นอัตราส่วนพื้นที่ห้องอบแห้งต่อพื้นที่แผงรับรังสีดวงอาทิตย์เท่ากับ 1 : 1 ด้านบนปกคลุมด้วยกระจกหนา 5 มิลลิเมตร ด้านล่าง และด้านข้างปิดด้วยสังกะสีทาสีดำแล้วปิดทับด้วยฉนวนยาง Aeroflex หนา 0.5 นิ้ว ใช้พัดลมระบายอากาศกระแสตรง 12 โวลต์ ยี่ห้อ OLBO รุ่น TSF-12025H ขนาด 6 นิ้ว

มีอัตราการระบายอากาศ 72 CFM จำนวน 3 ตัว ขับด้วยพลังงานไฟฟ้าจากแผงโซลาร์เซลล์ขนาด 40 วัตต์ จำนวน 1 แผง บันทึกค่าอุณหภูมิด้วยสายเทอร์โมคัปเปิลชนิด K ติดตั้งที่ตำแหน่งทางออกของแผงรับรังสีดวงอาทิตย์ ( $T_1$ ) ชั้นแขวนยางพาราแผ่นด้านล่าง ( $T_2$ ) ชั้นแขวนยางพาราแผ่นด้านบน ( $T_3$ ) และอุณหภูมิสิ่งแวดล้อม ( $T_{\text{ambient}}$ ) ที่ตำแหน่งห่างจากเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ 2 เมตร สูงจากพื้น 1.5 เมตร บันทึกค่าความชื้นสัมพัทธ์ด้วยเครื่องวัดความชื้นสัมพัทธ์อากาศยี่ห้อ Primus รุ่น HM-004 ค่าความผิดพลาด  $\pm 2\%$  RH ติดตั้งที่ตำแหน่งชั้นแขวนยางพาราแผ่นด้านล่าง ( $RH_1$ ) ชั้นแขวนยางพาราแผ่นด้านบน ( $RH_2$ ) และความชื้นสัมพัทธ์สิ่งแวดล้อม ( $RH_{\text{ambient}}$ ) ที่ตำแหน่งห่างจากเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ 2 เมตร สูงจากพื้น 1.5 เมตร บันทึกค่ารังสีดวงอาทิตย์ด้วยเครื่องวัดรังสีดวงอาทิตย์ยี่ห้อ Kipp & Zonen รุ่น CMP11 ค่าความผิดพลาด  $\pm 2\%$  ติดตั้งที่ตำแหน่งห่างจากเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ 2 เมตร สูงจากพื้น 1.5 เมตร ดังแสดงในภาพที่ 1 โดยต่อเข้าเครื่องบันทึกข้อมูล (data logger) ยี่ห้อ Yokogawa รุ่น MV 2000 ค่าความผิดพลาด  $\pm 0.15\%$  สำหรับวัดค่าอุณหภูมิ และ  $\pm 0.05\%$  สำหรับวัดค่าความชื้นสัมพัทธ์ เครื่องชั่งน้ำหนัก ยี่ห้อ Sartorius รุ่น Miras ค่าความผิดพลาด  $\pm 5$  g



(ข)

ภาพที่ 1 (ก) แบบเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ (ข) ลักษณะจริงเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์

## วิธีการวิจัย

ทดลองอบแห้งยางพาราแผ่นครั้งละ 40 แผ่น แบ่งแขวนยางพาราแผ่นเป็น 2 ชั้นๆ ละ 20 แผ่น แขวงให้มีระยะห่างระหว่างแผ่น 15 เซนติเมตร โดยติดตั้งไม้แขวนยางตามแนวยาวของเครื่องอบแห้ง ชั้นล่าง 10 แถว อยู่สูงจากพื้นห้องอบแห้ง 0.80 เมตร ชั้นบน 10 แถว อยู่สูงจากพื้นห้องอบแห้ง 1.60 เมตร แต่ละแถวแขวนยางพาราแผ่นได้ 2 แผ่น เก็บค่าการทดลองตั้งแต่เวลา 09:00 - 16:00 นาฬิกา ของทุกวันที่ทำการทดลองในช่วงเดือนมกราคม-กุมภาพันธ์ อบแห้งยางพาราแผ่นแต่ละครั้งจนยางพาราแผ่นมีความชื้นต่ำกว่า 3% มาตรฐานแห้ง และมีความใสของเนื้อเยื่อทั่วตลอดทั้งแผ่น ทำการทดลอง 3 ครั้ง เพื่อยืนยันผลการทดลอง บันทึกค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์สิ่งแวดล้อม อุณหภูมิทางออกของแผงรับรังสีดวงอาทิตย์ อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ที่ตำแหน่งชั้นแขวนยางพาราแผ่นด้านล่าง อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ที่ตำแหน่งชั้นแขวนยางพาราแผ่นด้านบน ค่ารังสีดวงอาทิตย์ ทุกๆ 10 นาที บันทึกค่าน้ำหนักยางพาราแผ่นทุกๆ 1 ชั่วโมง โดยสุ่มยางพาราแผ่นตัวอย่างในเครื่องอบแห้ง 4 แผ่น จากชั้นแขวนยางพาราแผ่นด้านบน 2 แผ่น และชั้นแขวนยางพาราแผ่นด้านล่าง 2 แผ่น พร้อมทั้งนำยางพาราแผ่นตัวอย่างจากการทดลองด้วยตากแดดโดยตรง 4 แผ่น ที่ทดลองในช่วงเวลาเดียวกันอยู่ที่ตำแหน่งห่างจากเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ 2 เมตร สูงจากพื้น 1.5 เมตร และแขวนยางพาราแผ่นให้มีระยะห่างระหว่างแผ่น 15 เซนติเมตร มาชั่งน้ำหนักวิเคราะห์ลักษณะการลดลงของความชื้นในยางพาราแผ่นที่ได้จากกระบวนการอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ (solar dryer) และการตากแดดโดยตรง (open sun) ตามความชื้นมาตรฐานแห้งดังสมการที่ (1) จนยางพาราแผ่นมีความชื้นต่ำกว่า 3% มาตรฐานแห้ง

$$M_{db} = \left( \frac{m_w}{m_d} \right) \times 100\% = \left( \frac{m_t - m_d}{m_d} \right) \times 100\% \quad (1)$$

เมื่อ  $M_{db}$  คือ ความชื้นมาตรฐานแห้ง (% dry-basis)

$m_w$  คือ มวลน้ำในยางพาราแผ่น (kg)

$m_d$  คือ มวลแห้งของยางพาราแผ่น (kg) เป็นค่ามวลของยางพาราแผ่นที่ปราศจากความชื้นในเนื้อเยื่อ

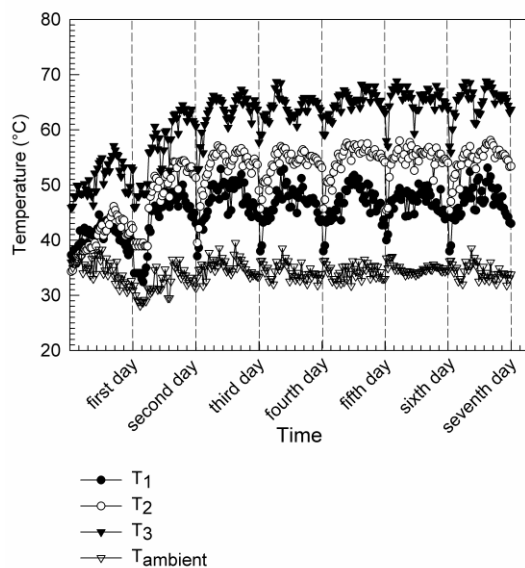
ตามมาตรฐานของ ASAE 1982 (Chen, 2003)

$m_t$  คือ มวลยางพาราแผ่นที่เวลาใดๆ (kg)

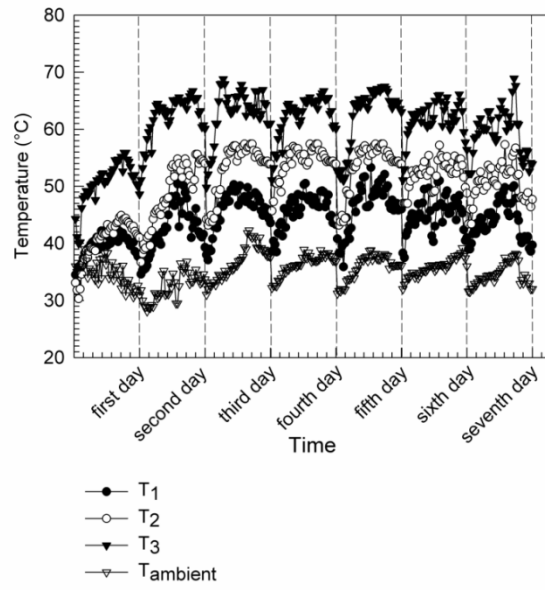
## ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล

ผลการทดลองอบแห้งยางพาราแผ่นทั้ง 3 ครั้ง โดยการเฉลี่ยค่าอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และรังสีดวงอาทิตย์ ในช่วงเวลา 09:00 - 16:00 นาฬิกา ของทุกวันที่ทำการทดลองทั้ง 3 ครั้ง พบว่า เครื่องอบแห้งมีอุณหภูมิทางออกของแผงรับรังสีดวงอาทิตย์เฉลี่ย 44 °C อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ที่ตำแหน่งชั้นแขวนยางพาราแผ่นด้านล่างเฉลี่ย 51 °C และ 31 %RH อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ที่ตำแหน่งชั้นแขวนยางพาราแผ่นด้านบนเฉลี่ย 61 °C และ 24 %RH อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์สิ่งแวดล้อมเฉลี่ย 34 °C และ 62 %RH ค่ารังสีดวงอาทิตย์เฉลี่ย 836 W/m<sup>2</sup> ดังแสดงในภาพที่ 2-10 การอบแห้งในช่วง 4 ชั่วโมงแรกอุณหภูมิของอากาศเมื่อไหลผ่านแผงรับรังสีดวงอาทิตย์จะมีค่าเพิ่มขึ้นแต่เมื่ออากาศไหลผ่านยางพาราแผ่น

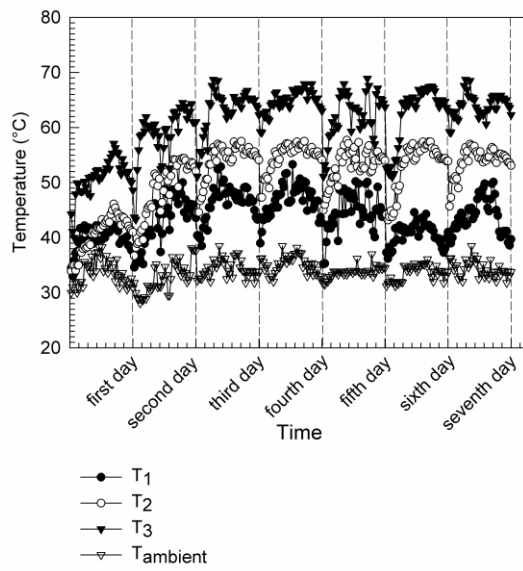
ด้านล่างของห้องอบแห้งอุณหภูมิของอากาศจะลดลง เนื่องจากมีความชื้นของยางพาราแผ่นปล่อยออกมามากทำให้อุณหภูมิด้านล่างของห้องอบแห้งต่ำกว่าอุณหภูมิของอากาศที่ออกจากแผงรับรังสีดวงอาทิตย์เมื่ออบแห้งเกิน 4 ชั่วโมง ปริมาณความชื้นที่ปล่อยออกมาจากยางพาราแผ่นน้อยลงทำให้อุณหภูมิด้านล่างของห้องอบแห้ง สูงกว่าอุณหภูมิของอากาศที่ออกจากแผงรับรังสีดวงอาทิตย์ ส่วนอุณหภูมิด้านบนของห้องอบแห้งสูงกว่าอุณหภูมิของอากาศที่ออกจากแผงรับรังสีดวงอาทิตย์ และอุณหภูมิด้านล่างของห้องอบแห้ง เนื่องจากหลังคาของห้องอบแห้งปกคลุมด้วยกระจกสามารถรับพลังงานความร้อนจากรังสีดวงอาทิตย์ จึงช่วยเพิ่มอุณหภูมิให้กับอากาศที่ใช้ในการอบแห้งได้ ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศด้านล่างของห้องอบแห้งมีค่าสูงกว่าด้านบนของห้องอบแห้ง เนื่องจากด้านบนของห้องอบแห้งมีอุณหภูมิสูงกว่า จึงส่งผลให้ค่าความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศมีค่าลดลง การอบแห้งยางพาราแผ่นที่ความชื้นเริ่มต้นเฉลี่ย 43% มาตรฐานแห้ง พบว่า ยางพาราแผ่นใช้เวลาในการอบแห้ง 5 วัน ก็จะทำให้มีความชื้นต่ำกว่า 3% มาตรฐานแห้ง ตามมาตรฐานยางพาราแผ่นคุณภาพดีแต่เนื้อยางยังมีความใสไม่ทั่วตลอดทั้งแผ่น ซึ่งเมื่อนำไปจำหน่ายก็จะถูกหักราคาโดยจะจำหน่ายได้ในราคาของยางพาราแผ่นดิบที่ระดับความชื้น 5-7% มาตรฐานแห้งมีราคาสูงกว่ายางแผ่นดิบที่ระดับความชื้น 3% มาตรฐานแห้ง แต่เมื่ออบแห้งยางพาราแผ่นจนเนื้อยางมีความใสทั่วตลอดทั้งแผ่นปรากฏว่าความชื้นยางพาราแผ่นมีค่าต่ำกว่า 1% มาตรฐานแห้ง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Tassanakul, 2011 Jeentada *et al.*, 2014 และ Jeentada *et al.*, 2015 โดยใช้เวลาในการอบแห้ง 7 วัน ดังแสดงในภาพที่ 11-13 ในขณะที่ยางพาราแผ่นจากการตากแดดโดยตรงเนื้อยางพาราแผ่นยังมีความใสไม่ทั่วตลอดทั้งแผ่น และการใช้สแลนมาบังแสงแดดในเครื่องอบแห้งจะช่วยให้ยางพาราแผ่นไม่อ่อนตัวเหนียวเยิ้ม เนื่องจากยางพาราแผ่นไม่โดนแสงแดดซึ่งแตกต่างกับการตากยางพาราแผ่นด้วยการตากแดดโดยตรงที่ทำให้ยางพาราแผ่นอ่อนตัวเหนียวเยิ้ม เนื่องมาจากยางพาราแผ่นสัมผัสกับแสงแดด



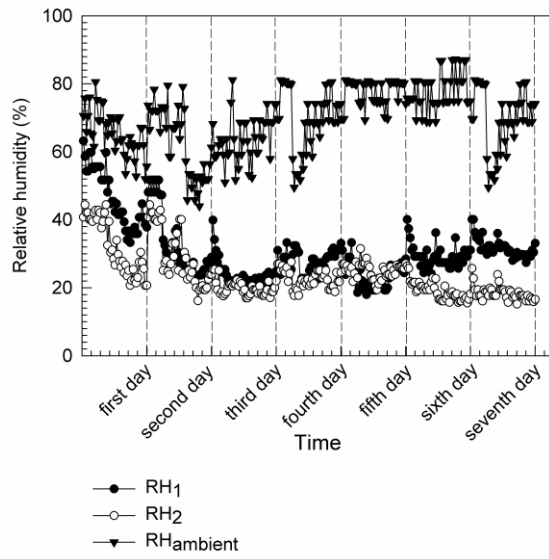
ภาพที่ 2 อุณหภูมิการทดลองครั้งที่ 1



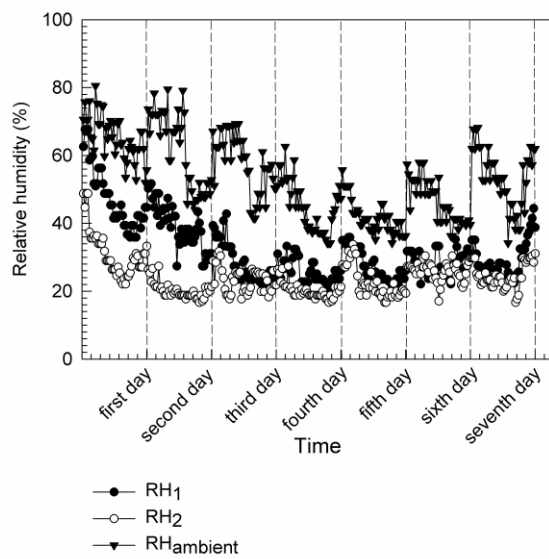
ภาพที่ 3 อุณหภูมิการทดลองครั้งที่ 2



ภาพที่ 4 อุณหภูมิการทดลองครั้งที่ 3

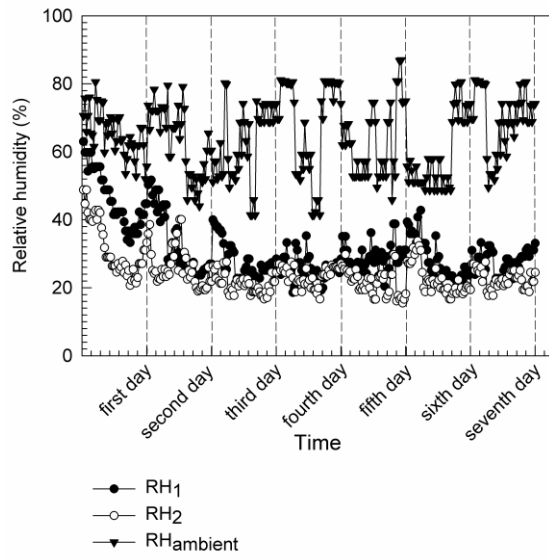


ภาพที่ 5 ความชื้นสัมพัทธ์การทดลองครั้งที่ 1

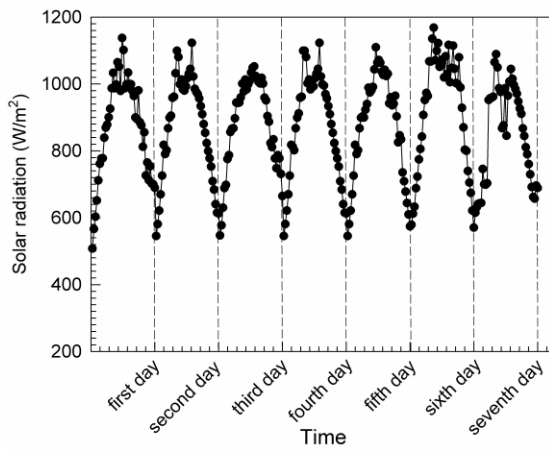


ภาพที่ 6 ความชื้นสัมพัทธ์การทดลองครั้งที่ 2

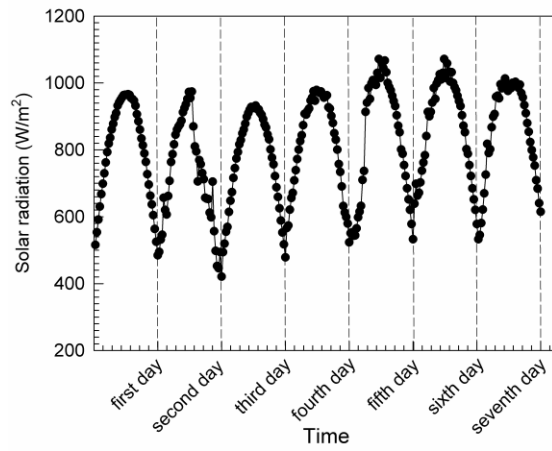




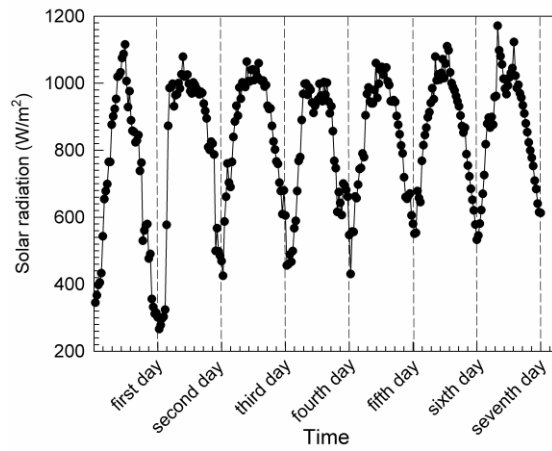
ภาพที่ 7 ความชื้นสัมพัทธ์การทดลองครั้งที่ 3



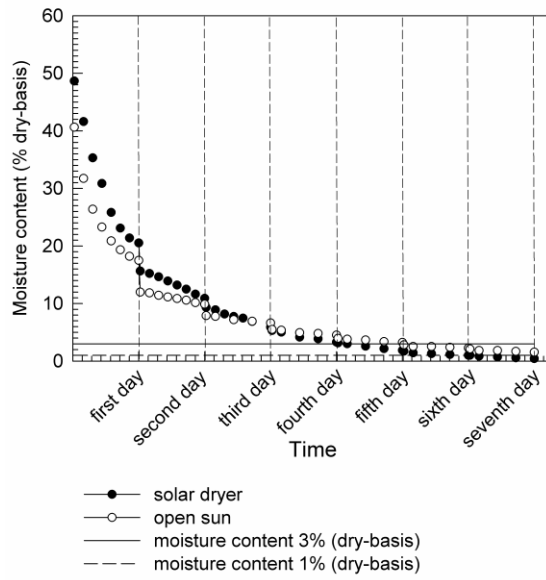
ภาพที่ 8 รังสีดวงอาทิตย์การทดลองครั้งที่ 1



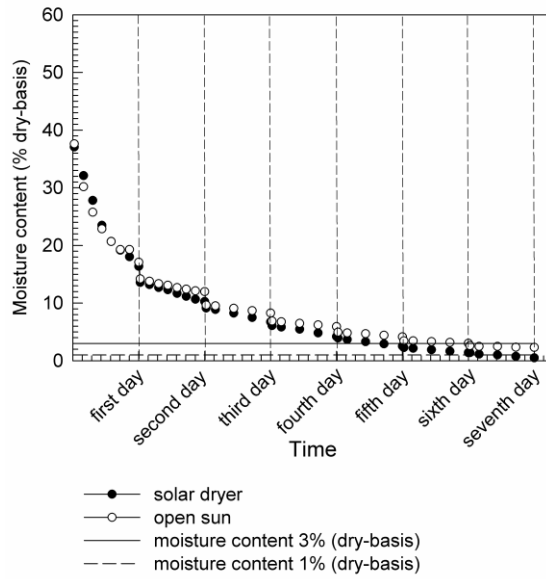
ภาพที่ 9 รังสีดวงอาทิตย์การทดลองครั้งที่ 2



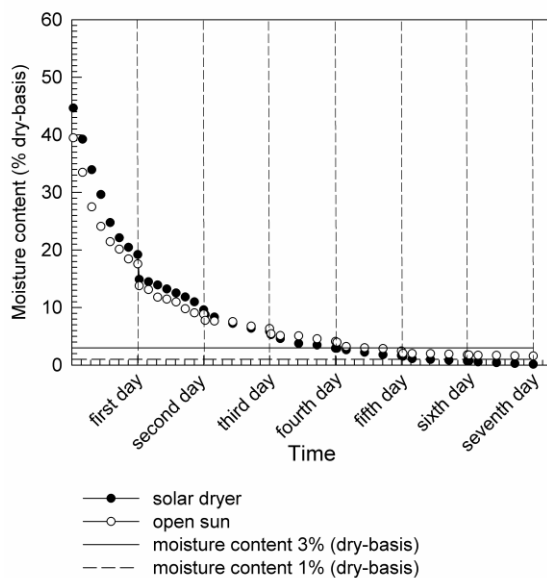
ภาพที่ 10 รังสีดวงอาทิตย์การทดลองครั้งที่ 3



ภาพที่ 11 ความชื้นยางพาราแผ่นการทดลองครั้งที่ 1



ภาพที่ 12 ความชื้นยางพาราแผ่นการทดลองครั้งที่ 2



ภาพที่ 13 ความชื้นยางพาราแผ่นการทดลองครั้งที่ 3

### สรุปผลการวิจัย

การอบแห้งยางพาราแผ่นด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ โดยการพาความร้อนแบบบังคับมีอุณหภูมิทางออกของแผงรับรังสีดวงอาทิตย์ 32 - 53 °C อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ที่ตำแหน่งชั้นแขวนยางพาราแผ่นด้านล่าง 30 - 58 °C และ 18 - 67 %RH อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ที่ตำแหน่งชั้นแขวนยางพาราแผ่นด้านบน 40 - 69 °C และ 16 - 48 %RH อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์สิ่งแวดล้อม 29 - 39 °C และ 35 - 72 %RH ค่ารังสีดวงอาทิตย์ 356 - 1171 W/m<sup>2</sup> อุณหภูมิในเครื่องอบแห้งสูงกว่าสิ่งแวดล้อมเฉลี่ย 17 °C ที่ตำแหน่งชั้นแขวนยางพาราแผ่นด้านล่าง และเฉลี่ย 27 °C ที่ตำแหน่งชั้นแขวนยางพาราแผ่นด้านบน ความชื้นสัมพัทธ์อากาศในเครื่องอบแห้งต่ำกว่าสิ่งแวดล้อมเฉลี่ย 31 %RH ที่ตำแหน่งชั้นแขวนยางพาราแผ่นด้านล่าง และเฉลี่ย 38 %RH ที่ตำแหน่งชั้นแขวนยางพาราแผ่นด้านบน การอบแห้งยางพาราแผ่นด้วยพลังงานแสงอาทิตย์เมื่ออบแห้งจนความชื้นยางพาราแผ่นต่ำกว่า 3% มาตรฐานแห้ง ใช้เวลาอบแห้ง 5 วัน เนื้อยางพาราแผ่นจะยังไม่ใสทั่วตลอดทั้งแผ่นแต่เมื่ออบแห้งจนความชื้นของยางพาราแผ่นต่ำกว่า 1% มาตรฐานแห้ง ใช้เวลาอบแห้ง 7 วัน เนื้อยางพาราแผ่นจึงจะใสทั่วตลอดทั้งแผ่นทำให้ยางพาราแผ่นที่ได้จากกระบวนการอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์เป็นยางพาราแผ่นดิบคุณภาพดี และการอบแห้งยางพาราแผ่นด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ไม่ควรให้ยางพาราแผ่นสัมผัสกับแสงแดดเพราะจะทำให้ยางพาราแผ่นมีเนื้อเยื่อเหนียวเยิ้ม

### กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ขอขอบคุณทุนสนับสนุนการวิจัยจากคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย และเกษตรกรชาวสวนยาง ตำบลควนลัง อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา ที่ทำให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

## เอกสารอ้างอิง

- Augustus Leon, M., Kumar, S., & Bhattacharya, S.C. (2002). A comprehensive procedure for performance evaluation of solar food dryers. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 6, 367–393.
- Bennamoun, L. (2011). Reviewing the experience of solar drying in Algeria with presentation of the different design aspects of solar dryers. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15, 3371–3379.
- Chen, C. (2003). Evaluation of air oven moisture content determination methods for rough rice. *Biosystems Engineering*, 86, 447–457.
- Fudholi, A., Sopian K., Ruslan M.H., Alghoul M.A., & Sulaiman M.Y. (2010). Review of solar dryers for agricultural and marine products. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 14, 1–30.
- Jeentada, W., Phetsongkram, P., & Chankrachang, T. (2015). Experiment of rubber sheet drying using solar dryer. In *Proceeding Mechanical Engineering Network of Thailand*. (pp. 29–34). Thailand: Nakhonratchasima. (in Thai)
- Jeentada, W., Tippracha, P., & Naemsai, T. (2014). Rubber sheet drying by solar greenhouse dryer for household industry. In *Proceeding Mechanical Engineering Network of Thailand*. (pp. 115–122). Thailand: Khon Kaen. (in Thai)
- Mustayen, A.G.M.B., Mekhilef S., & Saidur, R. (2014). Performance study of different solar dryers: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 34, 463–470.
- Ninchuewong, T., Ekphon, A., Tirawanichakul, S., & Tirawanichakul, Y. (2012). Drying of air dried sheet rubber using hot air dryer and solar dryer for small entrepreneurs and small rubber cooperatives. *Burapha Science Journal*, 17(2), 50–59. (in Thai)
- Prakash, O., & Kumar, A. (2014). Solar greenhouse drying: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 29, 905–910.
- Rubber Authority of Thailand. (2012). Rubber planting area. *Rubber Technical Information*, 33-38. (in Thai)
- Rubber Authority of Thailand. (2015). *Rubber price*. Retrieved September 17, 2015, from [http://www.rubberthai.com/price/price\\_index.htm](http://www.rubberthai.com/price/price_index.htm). (in Thai)
- Sharma, A., Chen, C.R., & Lan, N.V. (2009). Solar-energy drying systems: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 13, 1185–1210.
- Singh, S., & Kumar, S. (2012). Testing method for thermal performance based rating of various solar dryer designs. *Solar Energy*, 86, 87–98.
- Tanwanichkul, B., Thepa, S., & Rordprapat, W. (2013). Thermal modeling of the forced convection sandwich greenhouse drying system for rubber sheets. *Energy Conversion and Management*, 74, 511–523.
- Tassanakul, P. (2011). Solar drying chamber combined with furnace for rubber sheet. *Para Rubber Journal*, 32(2), 12-16. (in Thai)