วารสารสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย **บทความวิจัย**
ปีที่ 23 ฉบับที่ 1 (2560) 55-59
ISSN 1685-408X
Available online at www.tci-thaijo.org/index.php/TSAEJ

ศึกษาการใช้แบบจำลองโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์สะสมความร้อนแบบภาวะเรือนกระจกสำหรับการอบแห้งยางพาราแผ่นแบบมีการป้องกันรังสีอัลตราไวโอเลต(ยูวี) และควบคุมอุณหภูมิของโรงอบ

Study on using a Solar Greenhouse Dryer Model for Drying Rubber Sheets with a Protective Ultraviolet and Thermal Control in Greenhouse Dryer

เวียง อากรชี[1,2]*, ศิวลักษณ์ ปฐวีรัตน์[1] ,วิบูลย์ เทเพนทร์[2] , อุทัย ธานี[2]
Weang Arekornchee[1, 2]*, Siwalak Pathaveerat[1], Viboon Thepent[2], Uthai Thanee[2]

[1]ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร, คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน, นครปฐม, 73140
[1]Department of Agricultural Engineering, Faculty of Engineering at Kamphaengsaen, Kasetsart University - Kamphaengsaen Campus, Nakhon Pathom, 73140
[2]สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร 50 ถนนพหลโยธิน แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900
[2]Agricultural Engineering Research Institute, Department of Agriculture 50 Phaholyothin Road, Chatuchak, Bangkok 10900, Thailand
*Corresponding author: Tel: +66-81-6943288, E-mail: weang_a2@yahoo.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการใช้แบบจำลองโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์สะสมความร้อนแบบภาวะเรือนกระจกสำหรับการทำแห้งยางแผ่นดิบ โดยออกแบบโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์จำลองทรงลูกบาศก์ ขนาด 1.00 x 1.00 x 1.00 m (กว้าง x ยาว x สูง) กรุผนังทุกด้านด้วยแผ่นโพลีคาร์บอเนตใสที่สามารถการป้องกันรังสียูวีได้ 100% ติดตั้งพัดลมขนาด 0.125 kw จำนวน 3 units เพื่อระบายความชื้นอากาศและเพื่อการรักษาระดับอุณหภูมิในโรงอบไม่ให้เกิน 45°C โดยมีอุปกรณ์ควบคุมเปิด-ปิดพัดลมตามอุณหภูมิที่ตั้งไว้ ทำการทดสอบอบแห้งยางพาราแผ่นดิบจำนวนครั้งละ 4 แผ่น(sheet) (1.3 kg/sheet) ผลการทดสอบพบว่าสามารถตากยางแผ่นดิบ จากความชื้นเริ่มต้น 30% ลดลงเหลือ 2.5% ที่อุณหภูมิไม่เกิน 45°C และมีค่ายูวีเป็นศูนย์ ใช้เวลา 4-5 day ผลการวิเคราะห์คุณภาพยางแผ่นหลังอบแห้งผ่านเกณฑ์มาตรฐานทั้งสีและสมบัติความยืดหยุ่น

คำสำคัญ: ยางแผ่นดิบ, แบบจำลองโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์สะสมความร้อนแบบภาวะเรือนกระจก, แผ่นโพลีคาร์บอเนตใส

Abstract

This research was studied on using the solar greenhouse dryer model to dry rubber sheets. The model of the greenhouse was designed in cubic shape which had dimension of 1.00 × 1.00 × 1.00 m (w x l x h). Walls of all sides were made from the transparent polycarbonate with an anti-UV 100%. Three fans with 0.125 kW electric-motor were used to ventilate the air humidity and control the temperature inside the dryer not to exceed 45°C. These fans were automatically operated by an on-off control device to maintain the set temperature. The drying performance test was conducted with 4 rubber sheets for a time drying. Test results showed that–the rubber sheet's moisture content was reduced from the initial 30% w.b. down to 2.5% w.b. at temperature in dryer less than 45°C and the zero UV, which takes the time for drying 4-5 days. The quality of the dried rubber sheets were better than the benchmark in both color and elastic features.

Keywords: rubber sheet, solar greenhouse dryer model; transparent polycarbonate sheet

1 บทนำ

ประเทศไทยผลิตยางพาราเป็นสินค้ามากที่สุดประเทศหนึ่งในโลก ในปี 2557 ไทยมีผลผลิตยางพารา 4.0 ล้านตัน (ธวัฒน์ชัย และคณะ, 2553) โดยส่วนใหญ่จะส่งออกในหลายรูปแบบผลิตภัณฑ์ด้วยกัน และที่สำคัญหนึ่งในผลิตภัณฑ์ยางพารานั้นคือยางแผ่นดิบ (Rubber sheet) ซึ่งการทำยางแผ่นดิบแห้งมีกรรมวิธีหลักอยู่ 2 อย่าง คือยางแผ่นรมควัน (Ribbed Smoke Sheet, RSS) เป็นการรมควันในโรงรมยาง (Smokehouse) และอีกวิธีหนึ่งคือการอบแห้งยางแผ่นดิบด้วยลมร้อน(Air dry sheet, ADS) เป็นยางแผ่นที่สีสวยเพราะอบแห้งจากลมร้อนสะอาด สำหรับการประเมินคุณภาพยางแผ่นดิบแห้งนั้นขึ้นอยู่กับ สีความชื้นในแผ่นยาง เนื้อสัมผัสของยาง และคุณภาพของยางแผ่น ซึ่งในการทำยางแผ่นดิบแห้งนั้นมีวิธีการที่แตกต่างกันไป จากการ

สำรวจพบว่า แบบเกษตรกรภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ชาวสวนยางขนาดเล็ก นิยมเอายางแผ่นที่รีดสะเด็ดน้ำประมาณ 2 hr มาตากแดดตรงๆ ประมาณ 2 day แล้วเอาไปตากต่อในห้องที่มีหลังคากระเบื้องใสลดแสงลงเหลือประมาณ 30% ของพื้นที่หลังคา อีก 2-3 day ดัง Figure 1

Figure 1 Rubber sheet drying method of farmer in north-east of Thailand.

ส่วนการทำยางแผ่นดิบแห้งระดับอุตสาหกรรมจะใช้โรงอบลมร้อนและรมควันขนาดใหญ่ โดยนำยางแผ่นดิบที่รีดและสะเด็ดน้ำตากไว้กลางแจ้ง 1 day แล้วนำเข้าห้องอบลมร้อน อีกประมาณ 3 day ดัง Figure 2

Figure 2 Rubber sheet drying method of commercial scale.

แหล่งความร้อนในการผลิตยางแผ่นรมควันและการอบแห้งลมร้อนในปัจจุบันมีการใช้ไม้ฟืนยางพาราเป็นเชื้อเพลิงแต่ไม้ฟืนยางพารามีราคาสูงขึ้น และเป็นที่ต้องการของท้องตลาดจึงมีแนวโน้มที่จะขาดแคลนในอนาคต การนำแหล่งความร้อนจากพลังงานแสงอาทิตย์ในการทำยางพาราแผ่นดิบนับว่ามีความสำคัญมากเพราะเป็นพลังงานที่สะอาดมีอยู่ในธรรมชาติและประเทศไทยมีศักยภาพในการใช้พลังงานแสงอาทิตย์เนื่องจากมีแสงอาทิตย์เกือบตลอดปี โดยเฉลี่ย 18.2 MJ m^{-2} day^{-1} (บงกชและสุขฤดี, 2550) แต่ปัญหาที่สำคัญที่เป็นข้อจำกัดของการตากยางพาราแผ่นคือรังสียูวีที่มีอยู่ในแสงอาทิตย์จะทำให้คุณภาพของยางแผ่นเสื่อมลง ซึ่งรังสียูวีในแสงอาทิตย์แบ่งตามช่วงความยาวคลื่นแสงได้ 3 ชนิด คือ ยูวีเอ UVA มีความถี่ระหว่าง 315-400 nm ยูวีบี UVB มีความถี่ระหว่าง 280-315 nm ยูวีซี UVC มีความถี่ระหว่าง 200-280 nm รังสียูวีซี UVC จะถูกชั้นบรรยากาศของโลกสกัดกั้นเอาไว้ เหลือเพียงรังสียูวีเอ UVA และยูวีบี UVB เท่านั้นที่ทะลุผ่านชั้นบรรยากาศมาสู่พื้นผิวของโลกได้ ดัง Figure 3.

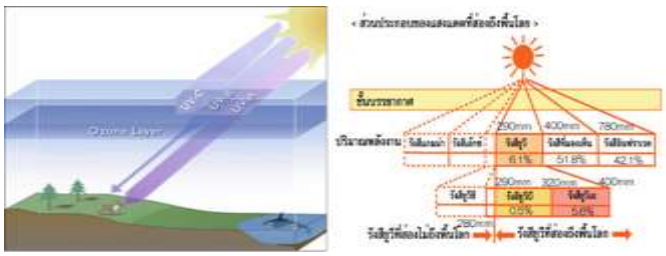

Figure 3 Ultraviolet radiation (UV) (Solar Radiation: online).

จากงานวิจัยพัฒนาโรงอบแห้งยางพาราแผ่นดิบโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์มา เช่น งานวิจัยของกรมวิชาการเกษตร โดยปรีดิ์เปรม (2551) ทำการวิจัยและพัฒนาโรงอบยางแผ่นพลังงานแสงอาทิตย์มีขนาดความจุ 15 m^3 หรือ 2.00 x 2.50 x 3.00 m (กว้าง x ยาว x สูง) ผนังและหลังคาบุด้วยสังกะสีทาสีดำเพื่อรับความร้อนจากแสงอาทิตย์ให้มากที่สุดและป้องกันแสงอัลตราไวโอเลต (UV) ที่จะมาสัมผัสผิวแผ่นยางดิบโดยตรงซึ่งเป็นสาเหตุที่ทำให้แผ่นยางเสื่อมสภาพได้ โดยโรงอบยางแผ่นมีแผงรับความร้อนจากดวงอาทิตย์ทำด้วยแผ่นพลาสติกลอนเล็ก มีพื้นที่ 63 m^2 เพื่อให้แสงอาทิตย์ตกกระทบและกักเก็บความร้อนเท่าที่จะรับได้แล้วแผ่ความร้อนเข้าห้องอบ แต่ก็ยังมีปัญหาการกระจายลมร้อนและการระบายความชื้นไม่ดีนักทำให้การอบแห้งยางแผ่นดิบได้ไม่สม่ำเสมอเท่าที่ควร ดัง Figure 4

Figure 4 Rubber sheet greenhouse dryer of Department of Agriculture.

การสะสมความร้อนจากพลังงานแสงอาทิตย์แบบภาวะเรือนกระจกที่เมื่อรังสีดวงอาทิตย์ส่งผ่านกระจกหรือพลาสติกใสเข้าไปภายในแล้วเปลี่ยนเป็นความร้อน และแผ่รังสีอินฟราเรดออกมาแต่ไม่สามารถผ่านกระจกหรือพลาสติกออกมาข้างนอกได้ ทำให้อากาศภายในโรงอบร้อนขึ้นโดยไม่ต้องใช้แผงรับแสงอาทิตย์สามารถลดค่าใช้จ่ายในการการก่อสร้างลงได้ (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงานและภาควิชาฟิสิกส์คณะวิทยาศาสตร์มหาวิทยาลัยศิลปากร, 2547)

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อทำการทดสอบการอบแห้งยางแผ่นดิบจากแบบจำลองโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์สะสมความร้อนโดยตรงที่ใช้วัสดุป้องกันรังสียูวี และควบคุมอุณหภูมิภายในโรงอบแห้งไม่ให้สูงเกินถึงจุดทำให้ให้ยางแผ่นเสียหาย

2 อุปกรณ์และวิธีดำเนินการ

2.1 วัสดุอุปกรณ์ในการทดลอง

1) แบบจำลองโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์สะสมความร้อนแบบภาวะเรือนกระจก ขนาด 1.00 x 1.00 x 1.00 m (กว้าง x ยาว x สูง) กรุผนังด้านข้างและด้านบนด้วยแผ่นโพลีคาร์บอเนตใส หนา 6 mm สามารถป้องกันรังสียูวีได้ 100% (การรับรองจากบริษัทที่ได้รับมาตรฐานอุตสาหกรรม) จำนวน 2 โรง

2) ติดตั้งพัดลมระบายความชื้นและควบคุมอุณหภูมิภายในโรงอบ ขนาด 0.125 kw จำนวน 3 units ไว้กับโรงอบแห้งที่ 1

3) อุปกรณ์ในการวัด บันทึกข้อมูล อุณหภูมิ ความชื้น ของอากาศ และควบคุมการ เปิด-ปิด พัดลมตามค่าอุณหภูมิที่ตั้งไว้ (4 5°C) ใช้ Data Logger รุ่น AP-17000, Sila Co., Ltd, Bangkok, Thailand เครื่องมือวัดค่ารังสียูวี UV Meter รุ่น SP-82UV Spectrum 250nm-390 nm, LEGA Co., Ltd. และเครื่องวัดความเข็มแสง Light Meter CEM รุ่น DT-8809A

4) ยางพาราแผ่นดิบ ขนาด 350 x 800 x 3 mm (กว้าง x ยาว x หนา) น้ำหนักเฉลี่ยแผ่นละ 1.3 kg

2.2 การทดสอบ

1) นำยางพาราแผ่นดิบที่รีดแล้วทิ้งให้สะเด็ดน้ำ 2 hr จำนวน 12 sheets แบ่งเป็น 3 ส่วนๆละ 4 sheets เพื่อทำแห้งใน 3 แบบคือ 1.นำไปตากในที่ร่ม 2. ตากในโรงอบแห้งที่มีพัดลมระบายอากาศโดยตั้งอุณหภูมิ เปิด-ปิด พัดลมที่ 45°C และ 3. ตากในโรงอบแห้งที่ระบายความชื้นตามธรรมชาติไม่มีพัดลมระบายอากาศ เป็นเวลา 7 day บันทึกค่าการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิที่เวลาต่างกันในหนึ่งวันของการอบแห้ง ทั้ง 3 แบบ โดย Data Logger (รุ่น AP-17000, Sila Co., Ltd, Bangkok, Thailand)

2) วัดค่าความเข้มแสงด้วย Light Meter CEM รุ่น DT-8809A Thailand และวัดค่ารังสียูวี ด้วย UV Meter รุ่น SP-82 UV Spectrum 250nm-390 nm, LEGA Co., Ltd. Thailand ทั้งภายในและภายนอกโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ ที่เวลาต่างกันในหนึ่งวัน คือ เวลา 08:00 12:30 17:00 o'clock

3) หาความชื้นที่ลดลงโดยทำการชั่งน้ำหนักยางพาราแผ่นดิบที่ทำแห้งทั้ง 3 แบบ โดยทำการชั่งน้ำหนักเริ่มต้น และชั่งน้ำหนักที่ลดลงทุกวัน ในเวลา 17:00 o'clock ของทุกวัน โดยเครื่องชั่งดิจิตอล พิกัดโหลด 5.00 kg รุ่น CAS SW-5 ประเทศเกาหลี

4) นำตัวอย่างยางพาราแผ่นดิบที่ตากและอบแห้ง ทั้ง 3 แบบที่ได้ไปเปรียบเทียบอัตราการลดความชื้น และวิเคราะห์คุณภาพยางแผ่น ซึ่งมาตรฐานในการทดสอบคุณภาพยางแผ่นโดยตรงยังไม่มี แต่จะปรับใช้มาตรฐานการทดสอบและรับรองคุณภาพยางแท่งเอสทีอาร์แทน (STR, Standard Thai Rubber) โดยการทดสอบต่างๆจะมีมาตรฐานที่ใช้ได้แก่ การทดสอบปริมาณสิ่งสกปรก ปริมาณสิ่งระเหย ปริมาณเถ้า ใช้มาตรฐาน ASTM D1278-91a : Standard Test Method for Rubber From Natural Sources-Chemical Analysis การทดสอบปริมาณไนโตรเจน ใช้มาตรฐาน ASTM D 3533-90 : Standard Test Method for Testing Rubber-Nitrogen Content การทดสอบดัชนีความอ่อนตัวใช้มาตรฐาน ASTM D 3194-84 : Standard Method of Testing Rubber from Natural Sources-Plasticity Retention Index (PRI) การทดสอบความหนืดใช้มาตรฐาน ASTM D 1646-94 : Standard Test Method for Rubber-Viscosity, Stress-Relaxation, and Pre-Vulcanization Characteristics (Mooney Viscometer) และการทดสอบสีของแผ่นยางใช้มาตรฐาน ASTM D 3157-84 : Standard Test Method for Rubber from Natural Sources-Color

3 ผลและวิจารณ์

จากการทดสอบตากแห้งยางพาราแผ่นดิบ 3 แบบ คือ 1. นำไปตากในที่ร่ม 2. ตากในโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิย์ที่มีพัดลมระบายอากาศโดยตั้งอุณหภูมิ เปิด-ปิด พัดลมที่ 45°C และ 3. ตากในโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่ระบายความชื้นตามธรรมชาติไม่มีพัดลมระบายอากาศ เพื่อศึกษาถึงอัตราการลดความชื้น ผลกระทบของความร้อนหรืออุณหภูมิที่สูงเกิน และรังสียูวี ต่อคุณภาพของยางแผ่น ดัง Figure 5

Figure 5 Rubber sheet drying test in the solar greenhouse dryer model controlled and uncontrolled temperature.

ผลการทดลองที่ได้พบว่าวันที่แดดแรงอุณหภูมิภายในโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์จะสูงขึ้นกว่าด้านนอกเฉลี่ยมากกว่า 10°C และในโรงอบแห้งที่ไม่มีพัดลมระบายอากาศอุณหภูมิจะขึ้นสูงเป็นอันตรายต่อคุณภาพยางแผ่นซึ่งจากงานวิจัยที่มีมาพบว่าไม่ควรเกิน 50°C และจากกราฟ Figure 6 แสดงการเปรียบเทียบให้เห็นถึงอุณหภูมิในช่วงหนึ่งวันที่มีการอบแห้งยางแผ่นดิบโดยเฉพาะช่วงเวลาประมาณ 08:00-17:00 o'clock เมื่ออุณหภูมิภายนอกขึ้นสูงสุด 36°C จะส่งผลให้อุณหภูมิภายในโรงอบแห้งที่ไม่ติดพัดลมระบายอากาศสูงถึง 58°C แต่เมื่อติดตั้งระบบพัดลมระบายอากาศและความชื้นโดยตั้งให้พัดลมเปิดที่ 45°C ก็จะรักษาอุณหภูมิไว้ได้ตามที่ตั้ง

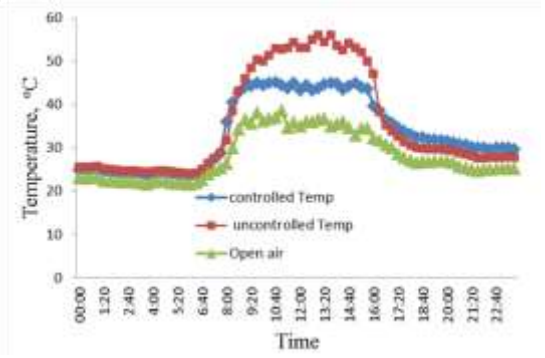

Figure 6 Comparison of air temperature on drying day.

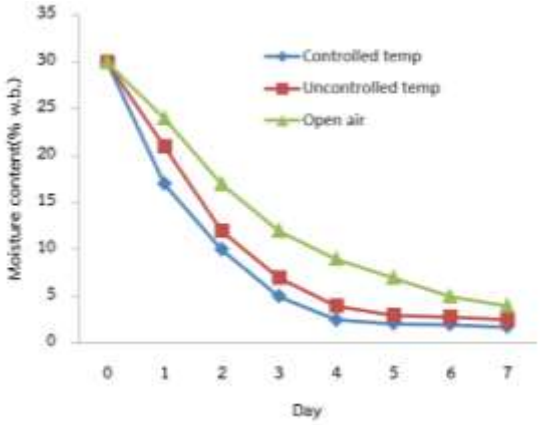

Figure 7 Comparison of moisture contents of rubber sheet drying.

Table 1 Measurement of light and UV intensive.

Topic	Time of the day		
	08:00	12:30	17:00
light outside (Wm^{-2})	196	832	204
light inside (Wm^{-2})	175	725	197
UV outside, (uW/cm^2)	252	1,256	259
UV inside (uW/cm^2)	0	0	0

จาก Table 1 พบว่าค่าของความเข้มแสงจะสูงในช่วงเที่ยงหรือบ่ายและมีค่ารังสียูวีเพิ่มขึ้นตามความเข้มแสงด้วย ส่วนในโรงอบแห้งที่กรุด้วยแผ่นโพลีคาร์บอเนตใสมีค่ารังสียูวีเป็นศูนย์ สรุปว่าแผ่นโพลีคาร์บอเนตใส สามารถป้องกันรังสียูวีเข้าไปในโรงอบแห้งได้ 100%.

จาก Figure 7 เปรียบเทียบอัตราการลดความชื้นจากการอบแห้งยางแผ่นดิบในโรงอบแห้งทั้ง 2 แบบ เปรียบเทียบกับการตากในที่ร่ม พบว่าการใช้โรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์สามารถลดความชื้นได้เร็วกว่าการตากในที่ร่ม และโรงอบแห้งที่มีการควบคุมอุณหภูมิภายในไม่ให้เกิน 45°C โดยใช้พัดลมระบายอากาศ จะลดความชื้นได้เร็วกว่าโรงอบแห้งที่ไม่มีพัดลมระบายความชื้น ถึงแม้ว่าโรงที่ไม่ติดตั้งพัดลมจะมีอุณหภูมิสูงถึง 58°C ในช่วงแดดแรง แสดงว่าการลดความชื้นของโรงอบแห้งที่มีประสิทธิภาพต้องอาศัยปัจจัยสำคัญคือ ความร้อนและการระบายอากาศชื้นออก และแผ่นยางในโรงอบที่อุณหภูมิสูงยังมีลักษณะเหนียวและเยิ้มจากการสัมผัสซึ่งต้องพิจารณาจากผลการวิเคราะห์คุณภาพเพื่อเทียบกับมาตรฐานต่อไป

Table 2 The quality analysis of dried rubber sheet of 3 drying methods.

Sample No.	Dried rubber sheet testing result						
	VM	Ash	N	(P_O)	(PRI)	ML (1+4)	Color
	Max %	**Max %**	**Max %**	**min**	**min**	**100 ^{0}C**	**max**
Drying in shade	0.48	0.33	0.37	58.0	87.0	75.4	6.0
Controlled temp	0.49	0.34	0.38	55.0	86.4	76.2	6.0
Uncontrolled temp	0.52	0.36	0.40	45.0	76.5	78.3	8.0
Std valuve	0.80	0.40	0.60	30	60	100	6.0

Table 2 แสดงค่าในการวิเคราะห์คุณภาพยางแผ่นตามมาตรฐานยางแผ่นไทย โดยค่า VM Max % คือปริมาณสิ่งระเหย (% โดยน้ำหนัก), Ash Max % คือปริมาณเถ้า(% โดยน้ำหนัก), N Max %ปริมาณไนโตรเจน(% โดยน้ำหนัก), (P_O) min คือความ

อ่อนตัวเริ่มแรก, (PRI) คือดัชนีความอ่อนตัว, ML (1+4) 100^{0}C คือค่าความหนืด และ color คือค่าสี ของแผ่นยาง ซึ่งจากค่าวิเคราะห์ผลสรุปได้ว่ายางแผ่นที่ผ่านการอบแห้งในโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่มีการควบคุมอุณหภูมิและป้องกันรังสียูวีมีค่าใกล้เคียงกับการตากในร่ม และผ่านตามค่ามาตรฐานสมบัติยางแผ่นของไทย ส่วนการตากในโรงอบแห้งที่ไม่ควบคุมอุณหภูมิ จะมีคุณภาพห่างจากค่ามาตรฐานมากกว่า

4 สรุป

แบบจำลองโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์สะสมความร้อนแบบภาวะเรือนกระจกในการอบแห้งยางพาราแผ่นดิบ โดยการกรุผนังโรงอบแห้งด้วยแผ่นโพลีคาร์บอเนตใสสามารถป้องกันรังสียูวีได้ 100% และการติดตั้งพัดลมระบายอากาศเพื่อควบคุมอุณหภูมิภายในโรงอบแห้งไม่ให้เกิน 45^{o}C เป็นการป้องกันคุณภาพยางเสียหายจากความร้อนที่สูงเกินจน และยังเป็นการช่วยให้การระบายความชื้นออกจากโรงอบแห้งขณะลดความชื้นเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพการลดความชื้นได้เร็วขึ้น โดยที่ยางแผ่นหลังการอบแห้งมีคุณภาพดีผ่านตามมาตรฐานยางแผ่นไทย

ข้อเสนอแนะ

ผลที่ได้จากการใช้แบบจำลองโรงอบแห้งยางพาราแผ่นดิบสะสมความร้อนแบบภาวะเรือนกระจก สามารถเป็นข้อมูลในการขยายให้เหมาะสมกับเกษตรกรหรือผู้ประกอบการทำยางแผ่นได้

5 กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยนี้เริ่มดำเนินการจนได้ผลการวิจัยพอสมควรโดยได้รับการสนับสนุนจากทีมงานวิจัยที่เกี่ยวข้องหลายหน่วยด้วยกัน ได้แก่ เจ้าหน้าที่กลุ่มวิจัยวิศวกรรมผลิตพืช สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม เจ้าหน้าที่ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมจันทบุรี ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมขอนแก่น ที่สนับสนุนการสร้างและทดสอบ ขอขอบคุณ สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ที่ให้ทุนสนับสนุนงานวิจัย นอกจากนี้ยังมีผู้ที่ได้ให้ความช่วยเหลือสนับสนุนในด้านต่างๆ แต่มิได้เอ่ยนามไว้ ซึ่งล้วนแต่มีส่วนส่งเสริมให้โครงการวิจัยนี้ดำเนินงานจนเป็นผลสำเร็จ ซึ่งคณะผู้วิจัยขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

6 เอกสารอ้างอิง

ธวัฒน์ชัย เทพนวล สุวิทย์ เพชรห้วยลึก ชุลกิพลี กาซอ พรศักดิ์ สมประสงค์ และ ภรพนา บัวเพชร. 2553. บทความวิจัย. “การใช้พลังงานของโรงอบยางแผ่นดิบพลังงานร่วมแสงอาทิตย์และชีวมวล” วารสารมหาวิทยาลัยทักษิณ ปีที่ 12 ฉบับที่ 3 ตุลาคม 2552-มกราคม 2553.

บงกช ประสิทธิ์ และ สุขฤดี นาถกรณกุล. 2550. การใช้เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์แปรรูปผลิตผลทางการเกษตร. วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัดพิษณุโลก.

ปรีดิ์เปรม ทัศนกุล. 2551. "การสร้างโรงอบยางแผ่นดิบพลังงานแสงอาทิตย์" วารสารสวนยาง สำนักงานกองทุนสงเคราะห์การทำสวนยาง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ฉบับที่ 153 ปีที่ 41

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงานร่วมกับภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร. 2547. รายงานวิจัย. การพัฒนาสาธิตและเผยแพร่เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับผลิตผลทางการเกษตร.

Solar Radiation. แหล่งข้อมูล : http://topicstock.pantip.com/supachalasai/topicstock/2011/10/S11202823/S11202823.html. เข้าถึงเมื่อวันที่ 15 ม.ค. 2560.