



ลักษณะรูปทรงของโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่ส่งผลต่อการอบแห้งยางพาราแผ่น

วสันต์ จินชาดา* และ พรชัย เพชรสงคราม

สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

* ผู้นิพนธ์ประสานงาน โทรศัพท์ 0-7431-7100 ต่อ 1915 อีเมล: wasan.j@rmutsv.ac.th DOI: 10.14416/j.kmutnb.2016.03.007

รับเมื่อ 27 พฤศจิกายน 2558 ตอรับเมื่อ 28 มีนาคม 2559 เผยแพร่ออนไลน์ 5 ตุลาคม 2559

© 2017 King Mongkut's University of Technology North Bangkok. All Rights Reserved.

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาลักษณะรูปทรงของโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบการพาความร้อนโดยธรรมชาติ สำหรับการอบแห้งยางพาราแผ่น ในกรณีที่มีพื้นที่การวางตัว ความสูงเท่ากัน ขนาดช่องระบายอากาศและความสูงของช่องระบายอากาศเท่ากัน ด้วยโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์รูปทรงแตกต่างกัน 3 แบบ คือ 1) โรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ตัวห้องเป็นรูปทรงสี่เหลี่ยมส่วนหลังคาเป็นรูปทรงสามเหลี่ยม 2) โรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ตัวห้องเป็นรูปทรงสี่เหลี่ยมส่วนหลังคาเป็นรูปทรงโค้ง และ 3) โรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์รูปทรงพาราโบลา จากผลการทดลองโดยวิเคราะห์จากโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่มีอุณหภูมิสูงและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศต่ำพบว่าอุณหภูมิเฉลี่ยของโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ทั้งสามแบบไม่แตกต่างกัน อย่างไรก็ตามความชื้นสัมพัทธ์อากาศในโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบที่ 2 มีค่าต่ำที่สุด จึงส่งผลให้โรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบที่ 2 มีคุณสมบัติในการอบแห้งยางพาราแผ่นได้ดีที่สุดซึ่งมีอุณหภูมิเฉลี่ยสำหรับการอบแห้งยางพาราแผ่น 50°C ความชื้นสัมพัทธ์อากาศเฉลี่ย 37% ที่อุณหภูมิสิ่งแวดล้อมเฉลี่ย 35°C ความชื้นสัมพัทธ์สิ่งแวดล้อมเฉลี่ย 60% ค่ารังสีดวงอาทิตย์ 200–1,100 W/m² สามารถอบแห้งยางพาราแผ่นให้มีความชื้นต่ำกว่า 1% มาตรฐานแห้ง เป็นยางพาราแผ่นคุณภาพดี โดยใช้เวลาในการอบแห้งยางพาราแผ่น 5 วัน

คำสำคัญ: อบแห้ง, ยางพาราแผ่น, พลังงานแสงอาทิตย์, โรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์

การอ้างอิงบทความ: วสันต์ จินชาดา และ พรชัย เพชรสงคราม, “ลักษณะรูปทรงของโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่ส่งผลต่อการอบแห้งยางพาราแผ่น,” วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, ปีที่ 27, ฉบับที่ 1, หน้า 89–99, ม.ค.-เม.ย. 2560



Geometrical Effects of Solar Greenhouse Dryer on Rubber Sheet Drying

Wasan Jeentada* and Pornchai Phetsongkram

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

* Corresponding Author, Tel. 0-7431-7100 Ext. 1915, E-mail: wasan.j@rmutsv.ac.th DOI: 10.14416/j.kmutnb.2016.03.007

Received 27 November 2015; Accepted 28 March 2016; Published online: 5 October 2016

© 2017 King Mongkut's University of Technology North Bangkok. All Rights Reserved.

Abstract

This objective of the present study was to investigate the geometrical effects of a natural convection solar dryer for rubber sheet drying under controlled parameters, such as base area, dryer height, ventilator size, and height between ventilator and base. The geometric shape of the dryer can be divided into 3 types: 1) house, 2) dome, and 3) parabola tent. From the experimental results of the high temperature and low relative humidity solar dryer, it was found that the average drying temperatures of all types were not different. However, the relative humidity of the dome dryer was lowest. Therefore, the best performance of rubber sheet drying was the dome solar dryer when the average drying temperature was about 50°C, with air relative humidity of 37%, average ambient temperature of 35°C, ambient relative humidity of 60%, and solar radiation of 200–1,100 W/m². Moreover, the dome dryer can reduce the rubber sheets moisture content to a 1% dry basis within 5 days.

Keywords: Drying, Rubber Sheet, Solar Energy, Solar Greenhouse Dryer

1. บทนำ

ยางพาราเป็นพืชอุตสาหกรรมที่สำคัญของประเทศไทย และภูมิภาคอาเซียน ประเทศไทยเป็นผู้ผลิตและส่งออกอันดับหนึ่งของโลก [1] การผลิตยางพาราด้วยการทำยางพาราแผ่นอบแห้งโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์เป็นวิธีหนึ่งที่น่ายมนำมาใช้ การอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์นี้อาจจะใช้วิธีการตากแดดโดยตรงหรืออบแห้งในโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ สำหรับการอบแห้งด้วยโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่ไม่มีการใช้ไฟฟ้าในระหว่างกระบวนการอบแห้งและใช้ต้นทุนในการสร้างต่ำคือโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบการพาความร้อนโดยธรรมชาติ [2], [3] โรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบนี้จะมีอยู่หลายรูปทรงซึ่งลักษณะรูปทรงจะส่งผลต่อการไหลเวียนของอากาศหรือรูปแบบการไหลของอากาศภายในโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ เนื่องจากการขยายตัวของอากาศภายในโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ [4], [5] และลักษณะรูปทรงของโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ก็ยิ่งส่งผลต่อการได้รับพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์ที่เกิดจากมุมตกกระทบระหว่างลำแสงจากดวงอาทิตย์กับการตั้งฉากของหลังคาโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ [6] ขนาดของพื้นที่รับแสงอาทิตย์ที่เกิดขึ้นจากรูปทรงของโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ [7] รูปทรงหลังคาและตำแหน่งช่องระบายอากาศของโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่แตกต่างกันก็ทำให้เกิดการหมุนวนของอากาศในโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แตกต่างกันด้วย [8] ดังนั้นโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบการพาความร้อนโดยธรรมชาติที่ดีควรมีพื้นที่รับความร้อนที่มีมุมตกกระทบของแสงอาทิตย์น้อยเพื่อให้สามารถรับพลังงานจากแสงอาทิตย์ได้ดีซึ่งจะส่งผลให้มีอุณหภูมิภายในโรงอบแห้งสูง มีการระบายอากาศที่ดีเพื่อให้ความชื้นสัมพัทธ์ภายในโรงอบแห้งต่ำและควรมีปริมาตรของห้องอบแห้งใหญ่เพื่อให้สามารถอบแห้งยางพาราแผ่นได้ในปริมาณมาก นอกจากนี้การวางตำแหน่งแนวยาวของโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ในทิศทางทิศตะวันออกกับทิศตะวันตกก็ยิ่งส่งผลต่อ

การรับพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์ด้วย [6] ลักษณะรูปทรงของโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่ใช้วัสดุโปร่งใสปกคลุมที่นิยมใช้งานในปัจจุบันมีอยู่ 3 แบบ คือ 1) โรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ตัวห้องเป็นรูปทรงสี่เหลี่ยมส่วนหลังคาเป็นรูปทรงสามเหลี่ยม [2], [9]–[11] ห้องอบแห้งจะมีขนาดใหญ่สามารถอบแห้งยางพาราแผ่นได้ปริมาณมากแต่หลังคาจะทำให้เกิดมุมตกกระทบของแสงอาทิตย์มากทำให้รับพลังงานจากแสงอาทิตย์ได้ไม่ดี 2) โรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ตัวห้องเป็นรูปทรงสี่เหลี่ยมส่วนหลังคาเป็นรูปทรงโค้ง [2], [12] ห้องอบแห้งจะมีขนาดใหญ่สามารถอบแห้งยางพาราแผ่นได้ปริมาณมากและหลังคาจะทำให้มุมตกกระทบของแสงอาทิตย์น้อยทำให้รับพลังงานจากแสงอาทิตย์ได้ดี และ 3) โรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์รูปทรงพาราโบลา [13]–[15] ห้องอบแห้งจะมีขนาดเล็กอบแห้งยางพาราแผ่นได้ปริมาณน้อยแต่ถ้าต้องการห้องอบแห้งขนาดใหญ่ก็ต้องใช้พื้นที่ในการสร้างมากกว่าโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบที่ 1 และแบบที่ 2 ส่วนหลังคาและผนังด้านข้างจะทำให้มุมตกกระทบของแสงอาทิตย์น้อยทำให้รับพลังงานจากแสงอาทิตย์ได้ดี โรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ทั้ง 3 แบบนี้จะมีอุณหภูมิในโรงอบแห้งอยู่ในช่วง 30–60°C ซึ่งเหมาะกับการอบแห้งยางพาราแผ่น [16] เพราะอุณหภูมิของอากาศในโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์เป็นปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลต่อคุณภาพของการอบแห้งยางพาราแผ่น นอกจากนี้ยังมีปัจจัยอื่นคือความหนาของยางพาราแผ่น ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศในโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์และการเคลื่อนที่ของมวลอากาศในห้องอบแห้ง [16], [17]–[19] จากงานวิจัยที่ผ่านมาอันยังไม่มีเปรียบเทียบลักษณะรูปทรงของโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบการพาความร้อนโดยธรรมชาติที่ใช้วัสดุโปร่งใสปกคลุมเพื่อการอบแห้งยางพาราแผ่นเนื่องจากปัญหาของเกษตรกรชาวสวนยางที่มีพื้นที่จำกัดในการสร้างโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ ดังนั้นจึงต้องใช้พื้นที่ที่มีอยู่ให้เกิดประโยชน์สูงสุด จากปัญหาดังกล่าวนี้จึงต้องมีการศึกษาลักษณะรูปทรงของโรงอบแห้งพลังงาน

แสงอาทิตย์ที่มีพื้นที่ในการสร้างเท่ากัน ความสูงเท่ากัน ขนาดช่องระบายอากาศและความสูงของช่องระบายอากาศเท่ากัน ในสภาวะของการอบแห้งเดียวกัน เพื่อศึกษาลักษณะรูปร่างของโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่ส่งผลต่อกระบวนการอบแห้งยางพาราแผ่นและเป็นแนวทางในการเลือกโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ไปใช้งานจริงให้เหมาะสมกับการอบแห้งยางพาราแผ่น

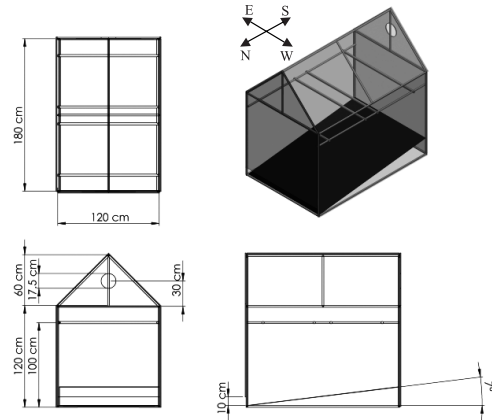
2. วัสดุ อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

2.1 วัสดุ

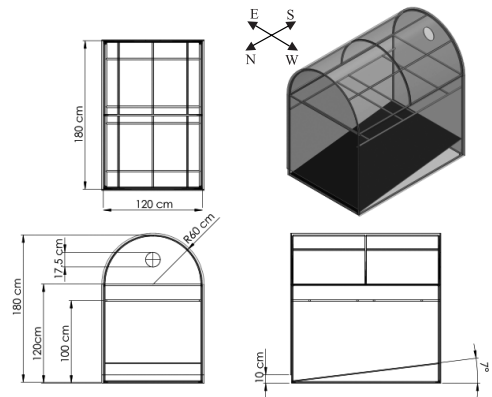
ยางพาราแผ่นที่ได้จากกระบวนการรีดแผ่นแล้วของสหกรณ์สวนยางพิจิตรจำกัด ตำบลพิจิตร อำเภอหนองม่อม จังหวัดสงขลา มีขนาดความหนา 3-5 มิลลิเมตร ความกว้าง 45-50 เซนติเมตร และความยาว 90-100 เซนติเมตร

2.1 อุปกรณ์

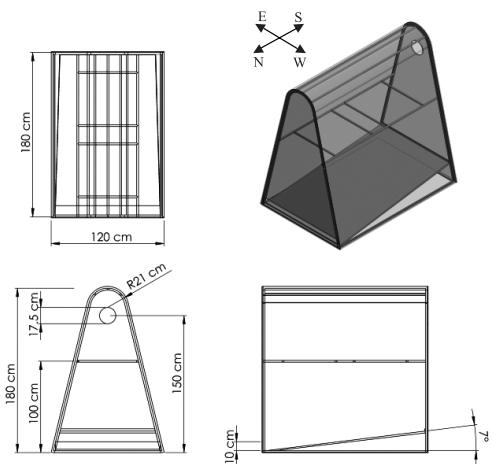
โรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ 3 แบบ คือ 1) โรงอบแห้งตัวห้องเป็นรูปทรงสี่เหลี่ยมส่วนหลังคาเป็นรูปทรงสามเหลี่ยม 2) โรงอบแห้งตัวห้องเป็นรูปทรงสี่เหลี่ยมส่วนหลังคาเป็นรูปทรงโค้ง และ 3) โรงอบแห้งรูปทรงพาราโบลา มีพื้นที่รับแสงจากดวงอาทิตย์ตามทิศทางการเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์จากทิศตะวันออกมายังทิศตะวันตก 7.2, 7.7 และ 6.7 ตารางเมตร ตามลำดับโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ปกคลุมด้วยโพลีคาร์บอเนตใสหนา 6 มิลลิเมตร ส่วนพื้นด้านล่างทำด้วยเหล็กแผ่นหนา 1 มิลลิเมตร พ่นด้วยสีดำ โดยที่โรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์มีขนาดความกว้าง ความยาว ความสูงเท่ากัน และมีช่องระบายอากาศขนาดเท่ากันอยู่ที่ตำแหน่งสูงจากพื้นเท่ากัน ดังแสดงในรูปที่ 1-3 ใช้สายเทอร์โมคัปเปิลชนิด K เครื่องวัดความชื้นสัมพัทธ์อากาศยี่ห้อ Primus รุ่น HM-004 ค่าความผิดพลาด $\pm 2\%$ RH เครื่องวัดรังสีดวงอาทิตย์ยี่ห้อ Kipp & Zonen รุ่น CMP11 ค่าความผิดพลาด $\pm 2\%$ โดยต่อเข้ากับเครื่องบันทึกข้อมูล (Data Logger) ยี่ห้อ Yokogawa รุ่น MV 2000 ค่าความผิดพลาด $\pm 0.15\%$



รูปที่ 1 โรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบที่ 1



รูปที่ 2 โรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบที่ 2



รูปที่ 3 โรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบที่ 3

สำหรับวัดค่าอุณหภูมิ และ $\pm 0.05\%$ สำหรับวัดค่าความชื้นสัมพัทธ์ เครื่องชั่งน้ำหนัก ยี่ห้อ Sartorius รุ่น Miras ค่าความผิดพลาด ± 5 g

2.3 วิธีการทดลอง

2.3.1 ติดตั้งโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ทั้ง 3 แบบที่มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย โดยให้ตำแหน่งแนวยาวของโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์อยู่ขวางกับทิศทางการเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์ที่เคลื่อนที่จากทิศตะวันออกไปยังทิศตะวันตกดังแสดงในรูปไอโซเมตริกของรูปที่ 1-3

2.3.2 นำยางพาราแผ่นที่ได้จากกระบวนการรีดแผ่นแขวนในโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ โรงละ 10 แผ่น วางให้มีระยะห่างระหว่างแผ่น 10 เซนติเมตร จากนั้นทำการวัดค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศภายในโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่ตำแหน่งกึ่งกลางของโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์และสูงจากพื้น 1.2 เมตร ส่วนข้างนอกโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ (สิ่งแวดล้อม) ทำการวัดค่าอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์และรังสีดวงอาทิตย์ที่ตำแหน่งห่างจากโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ 3 เมตร และสูงจากพื้น 1.2 เมตร ทดลองในช่วงเดือนกุมภาพันธ์-มีนาคม ตั้งแต่เวลา 08:00-16:00 นาฬิกา ของทุกวันที่ทำการทดลองในแต่ละครั้ง โดยอบแห้งยางพาราแผ่นจนยางพาราแผ่นมีความชื้นต่ำกว่า 3% มาตรฐานแห้งและยางพาราแผ่นมีเนื้อยางใสทั่วตลอดทั้งแผ่น

2.3.3 บันทึกค่าน้ำหนักยางพาราแผ่น โดยใช้ยางพาราแผ่นตัวอย่างโรงละ 4 แผ่นมาชั่งน้ำหนักทุก 1 ชั่วโมง ใน 2 วันแรก และวันถัดไปจะบันทึกน้ำหนักทุก 2 ชั่วโมง ส่วนค่าอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และรังสีดวงอาทิตย์ จะบันทึกทุก ๆ 1 ชั่วโมง

2.3.4 หาค่าความชื้นของยางพาราแผ่นมาตรฐานแห้งดังสมการที่ (1) ตามมาตรฐานของ ASAE 1982 [20]

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

เมื่อ M_{db} คือความชื้นมาตรฐานแห้ง (%d.b.)

m_w คือมวลน้ำในยางพาราแผ่น (kg)

m_d คือมวลแห้งของยางพาราแผ่น (kg)

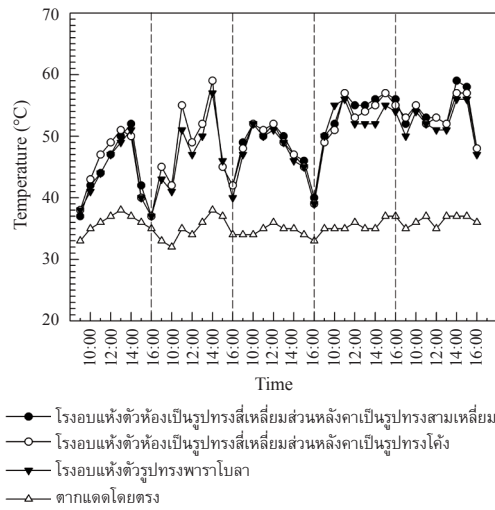
m_t คือมวลยางพาราแผ่นที่เวลาใดๆ (kg)

2.3.5 วิเคราะห์คุณสมบัติของโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์จากคุณสมบัติที่มีอุณหภูมิสูง ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศต่ำและเหมาะสมต่อการอบแห้งยางพาราแผ่น

3. ผลการทดลองและอภิปรายผล

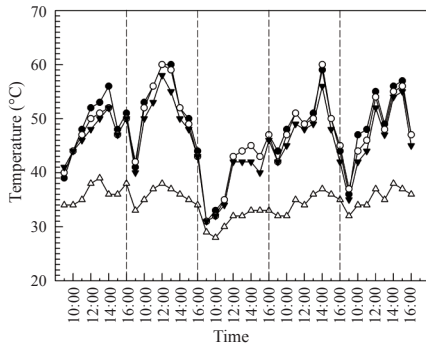
การทดลองอบแห้งยางพาราแผ่นด้วยโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ทั้ง 3 ครั้ง อุณหภูมิของโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบที่ 1 กับแบบที่ 2 มีอุณหภูมิใกล้เคียงกันในขณะที่โรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบที่ 3 มีอุณหภูมิต่ำกว่าแบบอื่นๆ ซึ่งมีอุณหภูมิเฉลี่ยของการทดลองรวมทั้งสิ้น 15 วัน คือ โรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบที่ 1 มีอุณหภูมิเฉลี่ย 50°C แบบที่ 2 มีอุณหภูมิเฉลี่ย 50°C และแบบที่ 3 มีอุณหภูมิเฉลี่ย 48°C ขณะที่สิ่งแวดล้อมมีอุณหภูมิเฉลี่ย 35°C เนื่องจากโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบที่ 1 กับแบบที่ 2 มีพื้นที่รับพลังงานจากแสงอาทิตย์ใกล้เคียงกันและในขณะที่โรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบที่ 2 หลังคาเป็นรูปทรงโค้งที่ทำให้เกิดมุมตกกระทบของแสงอาทิตย์น้อยก็ยังไม่ทำให้โรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบที่ 2 มีอุณหภูมิสูงกว่าโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบที่ 1 เพราะบริเวณหลังคาที่เป็นรูปทรงโค้งมีขนาดเล็กจึงไม่ส่งผลกระทบต่ออุณหภูมิของโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ ซึ่งอุณหภูมิของอากาศในโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์สูงจะมีความสัมพันธ์กับความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศในโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ด้วยนั่นคือที่อุณหภูมิอากาศในโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์สูงจะส่งผลให้ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศในโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์มีค่าลดลง ทำให้เกิดการถ่ายเทความชื้นจากยางพาราแผ่นมายังอากาศในโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ได้ดี ส่วนโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบที่ 3 มีพื้นที่รับพลังงานจากแสงอาทิตย์น้อยกว่าแบบอื่นๆ และยังมีลักษณะ

รูปทรงที่ลู่เข้าสู่ทางออกของช่องระบายอากาศจึงทำให้อากาศร้อนในโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ไหลออกได้ดีส่งผลให้โรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบที่ 3 มีอุณหภูมิในโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ต่ำเพราะการระบายอากาศทำให้อุณหภูมิภายในโรงอบแห้งต่ำ [18], [21] ดังแสดงค่าอุณหภูมิทุก ๆ 1 ชั่วโมงในรูปที่ 4-6 ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิในแต่ละวันดังรูปที่ 7-9 ค่าอุณหภูมิของการอบแห้งยางพาราแผ่นด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ยิ่งสูงก็จะทำให้การระเหยความชื้นออกจากยางพาราแผ่นได้ดีแต่ไม่ควรมีอุณหภูมิสูงเกิน 60°C [22] เพราะจะทำให้เกิดฟองอากาศในเนื้อยางพาราแผ่น [16] ความชื้นสัมพัทธ์ของโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบที่ 2 มีค่าต่ำที่สุด ถัดขึ้นมาเป็นโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบที่ 1 และแบบที่ 3 ตามลำดับ มีค่าความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยของการทดลองรวมทั้งสิ้น 15 วัน คือ โรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบที่ 1 มีความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 40% แบบที่ 2 มีความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 37% และแบบที่ 3 มีความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 43% ที่ความชื้นสัมพัทธ์สิ่งแวดล้อมเฉลี่ย 60% เนื่องจากโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบที่ 2 มีปริมาตรในโรงอบแห้งมากกว่ารูปทรงแบบอื่นทำให้มีปริมาณของความชื้นในอากาศต่อปริมาณของอากาศแห้งในโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์มีค่าลดลง จึงส่งผลให้ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศในโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์มีค่าลดลงตามไปด้วยในขณะที่โรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบที่ 1 กับโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบที่ 2 มีอุณหภูมิเฉลี่ยในโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์เท่ากันซึ่งเป็นไปตามหลักการไซโครเมตริก [21] ดังแสดงค่าความชื้นสัมพัทธ์ทุก ๆ 1 ชั่วโมงในรูปที่ 10-12 ค่าเฉลี่ยความชื้นสัมพัทธ์ในแต่ละวันดังรูปที่ 13-15 ซึ่งค่าความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศในโรงอบแห้งต่ำจะทำให้เกิดการระเหยความชื้นที่ผิวยางพาราแผ่นได้ดีกว่าที่ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศสูง ที่ค่ารังสีดวงอาทิตย์ $200-1,100 \text{ W/m}^2$ ดังแสดงในรูปที่ 16-18 การลดลงของความชื้นยางพาราแผ่นจากการอบแห้งด้วยโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่ค่าเริ่มต้น $22-40\%$ มาตรฐานแห้ง



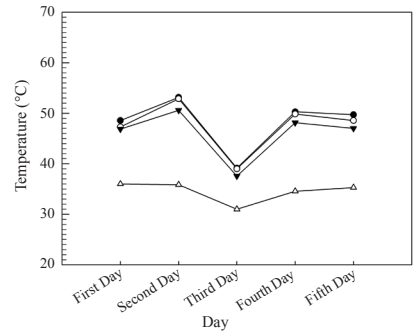
รูปที่ 4 อุณหภูมิอากาศในโรงอบแห้ง ทดลองครั้งที่ 1

จนมีความชื้นสุดท้าย $0.3-0.9\%$ มาตรฐานแห้ง ดังแสดงในรูปที่ 19-21 พบว่าการลดลงของความชื้นยางพาราแผ่นในช่วงวันแรกจะลดลงอย่างรวดเร็วซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ เถลิงราช และคณะ [16] อนุสรณ์ และคณะ [23] และ วสันต์ และคณะ [24] เนื่องจากเป็นการระเหยของน้ำที่ผิวยางพาราแผ่นจึงเกิดการระเหยได้เร็ว ส่วนวันถัดมาความชื้นของยางพาราแผ่นจะลดลงอย่างช้าๆ เนื่องจากเป็นกระบวนการระเหยน้ำที่อยู่ภายในเนื้อของยางพาราแผ่น [16] ผลการทดลองใช้เวลาอบแห้งเฉลี่ย 5 วัน จะทำให้ยางพาราแผ่นมีเนื้อยางใสทั่วตลอดทั้งแผ่นสามารถนำยางพาราแผ่นไปจำหน่ายได้ในราคายางพาราแผ่นดิบคุณภาพดี ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ปรีดีเปรม [17] และ วสันต์ และคณะ [24] ที่พบว่า การอบแห้งยางพาราแผ่นด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ให้ได้ยางพาราแผ่นคุณภาพดี สีสวย ไม่ขึ้นรา ต้องอบแห้งยางพาราแผ่นจนมีความชื้นต่ำกว่า 1% มาตรฐานแห้ง แต่ถ้ายางพาราแผ่นมีความชื้นอยู่ในช่วง $1-3\%$ มาตรฐานแห้ง ใช้เวลาอบแห้งเฉลี่ย 3 วัน ยางพาราแผ่นจะมีเนื้อยางไม่ใสทั่วตลอดทั้งแผ่นและเมื่อนำไปจำหน่ายก็จะถูกหักราคาให้เหลือเท่ากับราคาของยางพาราแผ่นที่ $5-7\%$ มาตรฐานแห้ง ซึ่งมีราคาแตกต่างกันเฉลี่ย 1 บาท/กิโลกรัม



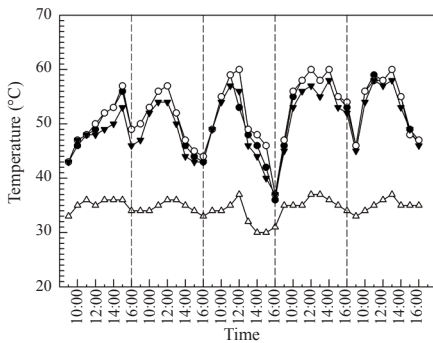
- โรงอบแห้งตัวห้องเป็นรูปทรงสี่เหลี่ยมส่วนหลังคาเป็นรูปทรงสามเหลี่ยม
- โรงอบแห้งตัวห้องเป็นรูปทรงสี่เหลี่ยมส่วนหลังคาเป็นรูปทรงโค้ง
- ▼ โรงอบแห้งตัวรูปทรงพาราโบลา
- △ ตากแดดโดยตรง

รูปที่ 5 อุณหภูมิอากาศในโรงอบแห้ง ทดลองครั้งที่ 2



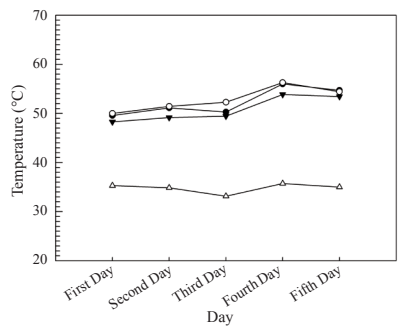
- โรงอบแห้งตัวห้องเป็นรูปทรงสี่เหลี่ยมส่วนหลังคาเป็นรูปทรงสามเหลี่ยม
- โรงอบแห้งตัวห้องเป็นรูปทรงสี่เหลี่ยมส่วนหลังคาเป็นรูปทรงโค้ง
- ▼ โรงอบแห้งตัวรูปทรงพาราโบลา
- △ ตากแดดโดยตรง

รูปที่ 8 อุณหภูมิอากาศในโรงอบแห้งเจดีย์ ทดลองครั้งที่ 2



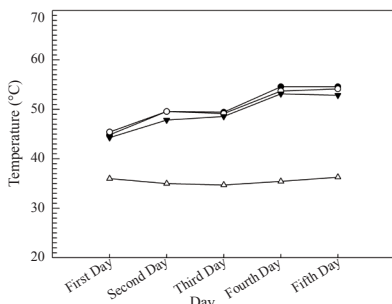
- โรงอบแห้งตัวห้องเป็นรูปทรงสี่เหลี่ยมส่วนหลังคาเป็นรูปทรงสามเหลี่ยม
- โรงอบแห้งตัวห้องเป็นรูปทรงสี่เหลี่ยมส่วนหลังคาเป็นรูปทรงโค้ง
- ▼ โรงอบแห้งตัวรูปทรงพาราโบลา
- △ ตากแดดโดยตรง

รูปที่ 6 อุณหภูมิอากาศในโรงอบแห้ง ทดลองครั้งที่ 3



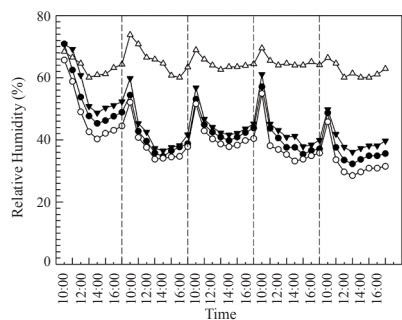
- โรงอบแห้งตัวห้องเป็นรูปทรงสี่เหลี่ยมส่วนหลังคาเป็นรูปทรงสามเหลี่ยม
- โรงอบแห้งตัวห้องเป็นรูปทรงสี่เหลี่ยมส่วนหลังคาเป็นรูปทรงโค้ง
- ▼ โรงอบแห้งตัวรูปทรงพาราโบลา
- △ ตากแดดโดยตรง

รูปที่ 9 อุณหภูมิอากาศในโรงอบแห้งเจดีย์ ทดลองครั้งที่ 3



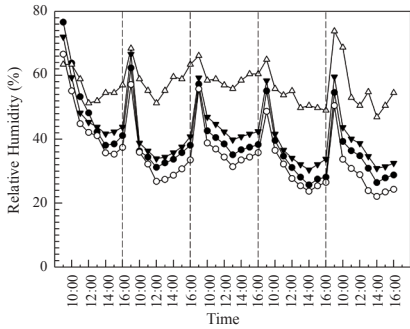
- โรงอบแห้งตัวห้องเป็นรูปทรงสี่เหลี่ยมส่วนหลังคาเป็นรูปทรงสามเหลี่ยม
- โรงอบแห้งตัวห้องเป็นรูปทรงสี่เหลี่ยมส่วนหลังคาเป็นรูปทรงโค้ง
- ▼ โรงอบแห้งตัวรูปทรงพาราโบลา
- △ ตากแดดโดยตรง

รูปที่ 7 อุณหภูมิอากาศในโรงอบแห้งเจดีย์ ทดลองครั้งที่ 1



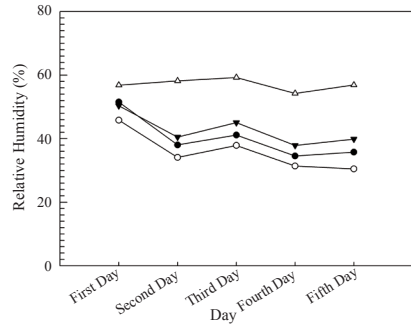
- โรงอบแห้งตัวห้องเป็นรูปทรงสี่เหลี่ยมส่วนหลังคาเป็นรูปทรงสามเหลี่ยม
- โรงอบแห้งตัวห้องเป็นรูปทรงสี่เหลี่ยมส่วนหลังคาเป็นรูปทรงโค้ง
- ▼ โรงอบแห้งตัวรูปทรงพาราโบลา
- △ ตากแดดโดยตรง

รูปที่ 10 ความชื้นสัมพัทธ์ในโรงอบแห้ง ทดลองครั้งที่ 1



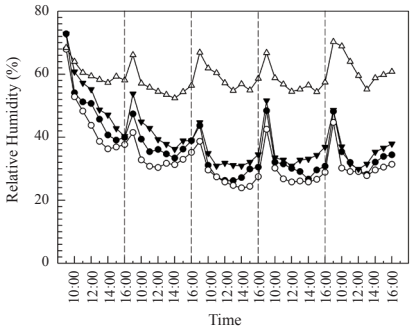
- โรงอบแห้งตัวห้องเป็นรูปทรงสี่เหลี่ยมส่วนหลังคาเป็นรูปทรงสามเหลี่ยม
- โรงอบแห้งตัวห้องเป็นรูปทรงสี่เหลี่ยมส่วนหลังคาเป็นรูปทรงโค้ง
- ▼ โรงอบแห้งตัวรูปทรงพาราโบลา
- ▲ ตากแดดโดยตรง

รูปที่ 11 ความชื้นสัมพัทธ์ในโรงอบแห้ง ทดลองครั้งที่ 2



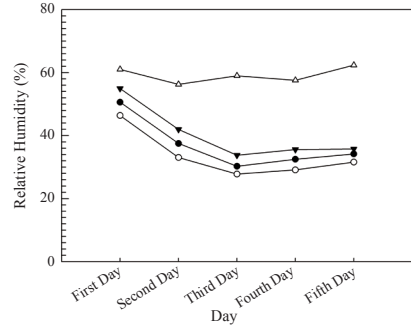
- โรงอบแห้งตัวห้องเป็นรูปทรงสี่เหลี่ยมส่วนหลังคาเป็นรูปทรงสามเหลี่ยม
- โรงอบแห้งตัวห้องเป็นรูปทรงสี่เหลี่ยมส่วนหลังคาเป็นรูปทรงโค้ง
- ▼ โรงอบแห้งตัวรูปทรงพาราโบลา
- ▲ ตากแดดโดยตรง

รูปที่ 14 ความชื้นสัมพัทธ์ในโรงอบแห้งเฉลี่ย ทดลองครั้งที่ 2



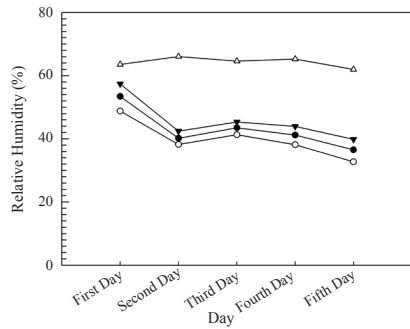
- โรงอบแห้งตัวห้องเป็นรูปทรงสี่เหลี่ยมส่วนหลังคาเป็นรูปทรงสามเหลี่ยม
- โรงอบแห้งตัวห้องเป็นรูปทรงสี่เหลี่ยมส่วนหลังคาเป็นรูปทรงโค้ง
- ▼ โรงอบแห้งตัวรูปทรงพาราโบลา
- ▲ ตากแดดโดยตรง

รูปที่ 12 ความชื้นสัมพัทธ์ในโรงอบแห้ง ทดลองครั้งที่ 3



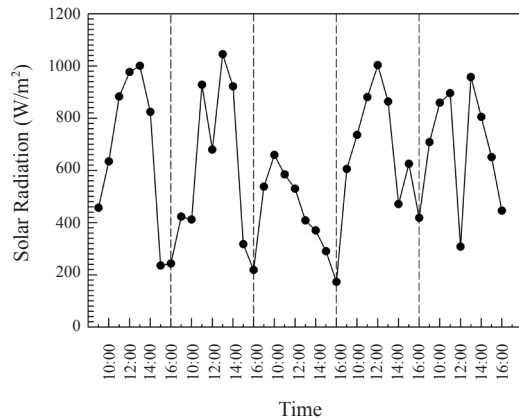
- โรงอบแห้งตัวห้องเป็นรูปทรงสี่เหลี่ยมส่วนหลังคาเป็นรูปทรงสามเหลี่ยม
- โรงอบแห้งตัวห้องเป็นรูปทรงสี่เหลี่ยมส่วนหลังคาเป็นรูปทรงโค้ง
- ▼ โรงอบแห้งตัวรูปทรงพาราโบลา
- ▲ ตากแดดโดยตรง

รูปที่ 15 ความชื้นสัมพัทธ์ในโรงอบแห้งเฉลี่ย ทดลองครั้งที่ 3

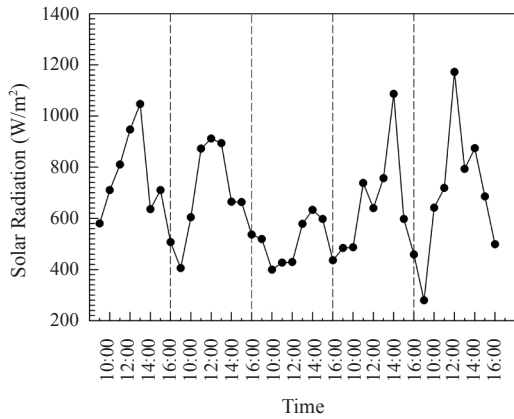


- โรงอบแห้งตัวห้องเป็นรูปทรงสี่เหลี่ยมส่วนหลังคาเป็นรูปทรงสามเหลี่ยม
- โรงอบแห้งตัวห้องเป็นรูปทรงสี่เหลี่ยมส่วนหลังคาเป็นรูปทรงโค้ง
- ▼ โรงอบแห้งตัวรูปทรงพาราโบลา
- ▲ ตากแดดโดยตรง

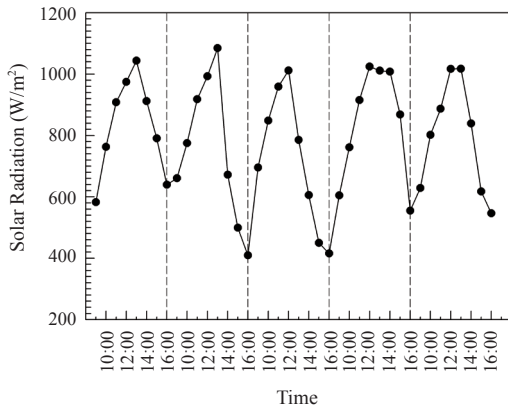
รูปที่ 13 ความชื้นสัมพัทธ์ในโรงอบแห้งเฉลี่ย ทดลองครั้งที่ 1



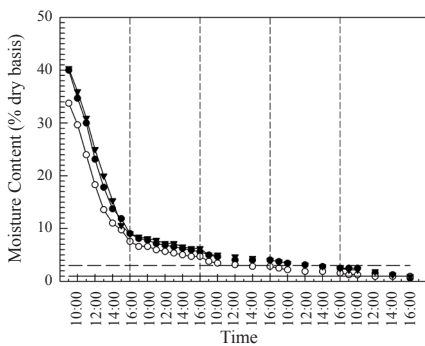
รูปที่ 16 รังสีดวงอาทิตย์ ทดลองครั้งที่ 1



รูปที่ 17 รังสีดวงอาทิตย์ ทดลองครั้งที่ 2

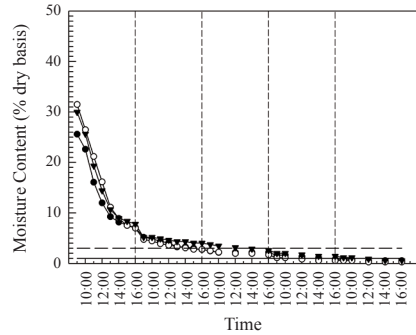


รูปที่ 18 รังสีดวงอาทิตย์ ทดลองครั้งที่ 3



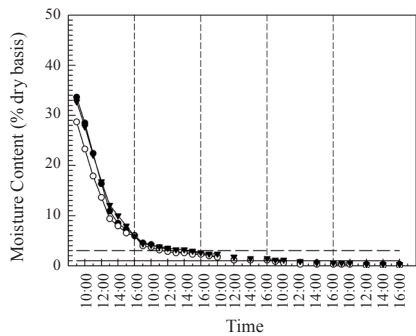
- โรงอบแห้งตัวห้องเป็นรูปทรงสี่เหลี่ยมส่วนหลังคาเป็นรูปทรงสามเหลี่ยม
- โรงอบแห้งตัวห้องเป็นรูปทรงสี่เหลี่ยมส่วนหลังคาเป็นรูปทรงโค้ง
- ▼ โรงอบแห้งตัวรูปทรงพาราโบลา
- ความชื้น 3% มาตรฐานแห้ง
- ความชื้น 1% มาตรฐานแห้ง

รูปที่ 19 ความชื้นยางพาราแผ่น ทดลองครั้งที่ 1



- โรงอบแห้งตัวห้องเป็นรูปทรงสี่เหลี่ยมส่วนหลังคาเป็นรูปทรงสามเหลี่ยม
- โรงอบแห้งตัวห้องเป็นรูปทรงสี่เหลี่ยมส่วนหลังคาเป็นรูปทรงโค้ง
- ▼ โรงอบแห้งตัวรูปทรงพาราโบลา
- ความชื้น 3% มาตรฐานแห้ง
- ความชื้น 1% มาตรฐานแห้ง

รูปที่ 20 ความชื้นยางพาราแผ่น ทดลองครั้งที่ 2



- โรงอบแห้งตัวห้องเป็นรูปทรงสี่เหลี่ยมส่วนหลังคาเป็นรูปทรงสามเหลี่ยม
- โรงอบแห้งตัวห้องเป็นรูปทรงสี่เหลี่ยมส่วนหลังคาเป็นรูปทรงโค้ง
- ▼ โรงอบแห้งตัวรูปทรงพาราโบลา
- ความชื้น 3% มาตรฐานแห้ง
- ความชื้น 1% มาตรฐานแห้ง

รูปที่ 21 ความชื้นยางพาราแผ่น ทดลองครั้งที่ 3

4. สรุป

การอบแห้งยางพาราแผ่นด้วยโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่มีรูปทรงแตกต่างกัน 3 แบบ พบว่าโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ตัวห้องเป็นรูปทรงสี่เหลี่ยมส่วนหลังคาเป็นรูปทรงสามเหลี่ยม (แบบที่ 1) กับโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ตัวห้องเป็นรูปทรงสี่เหลี่ยมส่วนหลังคาเป็นรูปทรงโค้ง (แบบที่ 2) มีอุณหภูมิเฉลี่ยเท่ากัน แต่ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศในโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบที่ 2 มีค่าต่ำกว่าเป็นผลให้โรงอบแห้ง



พลังงานแสงอาทิตย์แบบที่ 2 มีคุณสมบัติในการอบแห้ง ยางพาราแผ่นได้ดีกว่า ซึ่งมีอุณหภูมิสำหรับการอบแห้ง ยางพาราแผ่นเฉลี่ย 50°C ความชื้นสัมพัทธ์อากาศเฉลี่ย 37% ที่อุณหภูมิสิ่งแวดล้อมเฉลี่ย 35°C ความชื้นสัมพัทธ์ อากาศสิ่งแวดล้อมเฉลี่ย 60% สามารถอบแห้งยางพารา แผ่นให้มีความชื้นต่ำกว่า 1% มาตรฐานแห้ง ซึ่งมีเนื้อ ยางพาราใส่ทั่วตลอดทั้งแผ่นเป็นยางพาราแผ่นคุณภาพดี โดยใช้เวลาในการอบแห้ง 5 วัน ดังนั้นการสร้างโรงอบแห้ง พลังงานแสงอาทิตย์แบบการพาความร้อนโดยธรรมชาติ ในกรณีที่มีพื้นที่ในการสร้างจำกัดจึงควรสร้างโรงอบแห้ง พลังงานแสงอาทิตย์ให้มีรูปทรงตัวห้องเป็นรูปทรง สี่เหลี่ยมส่วนหลังคาเป็นรูปทรงโค้งเพื่อให้โรงอบแห้ง พลังงานแสงอาทิตย์มีอุณหภูมิในโรงอบแห้งสูงและมีความชื้นสัมพัทธ์ในโรงอบแห้งต่ำ

5. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ขอขอบคุณทุนสนับสนุนการวิจัยจากคณะ วิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย และความอนุเคราะห์จากสหกรณ์สวนยางพิจิตรจำกัด ต.พิจิตร อ.นาหม่อม จ.สงขลา

เอกสารอ้างอิง

[1] Rubber Research Institute of Thailand, "Rubber technical information annual report," Department of Agriculture, 2012 (in Thai).

[2] A. Fudholi, K. Sopian, M. H. Ruslan, M. A. Alghoul, and M. Y. Sulaiman, "Review of solar dryers for agricultural and marine products," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 14, pp. 1–30, 2010.

[3] A. G. M. B. Mustayen, S. Mekhilef, and R. Saidur, "Performance study of different solar dryers: A review," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 34, pp. 463–470, 2014.

[4] Department of Alternative Energy Development

and Efficiency, "Solar energy technology," Ministry of Energy, pp. 13 (in Thai).

[5] Department of Alternative Energy Development and Efficiency, "Alternative energy encyclopedia," Ministry of Energy, pp. 31 (in Thai).

[6] W. M. El-Maghlany, M. A. Teamah, and H. Tanaka, "Optimum design and orientation of the greenhouses for maximum capture of solar energy in North Tropical Region," *Energy Conversion and Management*, vol. 105, pp. 1096–1104, 2015.

[7] U. Cakir and E. Sahin, "Using solar greenhouses in cold climates and evaluating optimum type according to sizing, position and location: A case study," *Computers and Electronics in Agriculture*, vol. 117, pp. 245–257, 2015.

[8] P. Somsila and U. Teeboonma, "Air affecting inside Para rubber solar greenhouse dryer of incline roof type," *Science and Technology Mahasarakham University Journal*, pp. 340–346, 2013 (in Thai).

[9] V. P. Sethi and S. Arora, "Improvement in greenhouse solar drying using inclined north wall reflection," *Solar Energy*, vol. 83, pp. 1472–1484, 2009.

[10] A. Kumar and G. N. Tiwari, "Thermal modeling of a natural convection greenhouse drying system for jaggery: An experimental validation," *Solar Energy*, vol. 80, pp. 1135–1144, 2006.

[11] P. Barnwal and G.N. Tiwari, "Grape drying by using hybrid photovoltaic-thermal (PV/T) greenhouse dryer: An experimental study," *Solar Energy*, vol. 82, pp. 1131–1144, 2008.

[12] O. Prakash and A. Kumar, "Solar greenhouse drying: A review," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 29, pp. 905–910, 2014.



- [13] S. Janjai, N. Lamlert, P. Intawee, B. Mahayothee, B. K. Bala, M. Nagle, and J. Muller, "Experimental and simulated performance of a PV-ventilated solar greenhouse dryer for drying of peeled longan and banana," *Solar Energy*, vol. 83, pp. 1550–1565, 2009.
- [14] N. S. Rathore and N. L. Panwar, "Experimental studies on hemi cylindrical walk-in type solar tunnel dryer for grape drying," *Applied Energy*, vol. 87, pp. 2764–2767, 2010.
- [15] S. Janjai, P. Intawee, J. Kaewkiew, C. Sritus, and V. Khamvongsa, "A large-scale solar greenhouse dryer using polycarbonate cover: Modeling and testing in a tropical environment of Lao People's Democratic Republic," *Renewable Energy*, vol. 36, pp. 1053–1062, 2011.
- [16] T. Ninchuewong, A. Ekphon, S. Tirawanichakul, and Y. Tirawanichakul, "Drying of air dried sheet rubber using hot air dryer and solar dryer for small entrepreneurs and small rubber cooperatives," *Burapha Science Journal*, vol. 17, pp. 50–59, 2012 (in Thai).
- [17] P. Tassanakul, "Solar drying chamber combined with furnace for rubber sheet," *Para Rubber Journal*, vol. 32, pp. 12–16, 2011 (in Thai).
- [18] A. Taikhao and S. Teekasap, "Natural convection and forced convection solar dryers," *EAU Heritage Journal*, vol. 7, pp. 23–31, 2013 (in Thai).
- [19] W. Jeentada, P. Kongboon, S. Boonyanuwat, and C. Sirirak, "Thin-layer drying models for para rubber sheet," *KKU Engineering Journal*, vol. 41, pp. 99–108, 2014 (in Thai).
- [20] C. Chen, "Evaluation of air oven moisture content determination methods for rough rice," *Biosystems Engineering*, vol. 86, pp. 447–457, 2003.
- [21] T. Naemsai, J. Jareanjit, and W. Jeentada, "Effect of free convection on rubber sheets drying process using energy and exergy analyses," *Rmutsb Academic Journal*, vol. 3, pp. 66–78, 2015 (in Thai).
- [22] B. Tanwanichkul, S. Thepa, and W. Rordprapat, "Thermal modeling of the forced convection Sandwich Greenhouse drying system for rubber sheets," *Energy Conversion and Management*, vol. 74, pp. 511–523, 2013.
- [23] A. Chitboonsri, S. Pramuang, and W. Somkhunthot, "Solar energy – glycerol fuel rubber dryer in the industrial scale," *Ladkrabang Engineering Journal*, vol. 31, pp. 19–24, 2014 (in Thai).
- [24] W. Jeentada, P. Tippracha, and T. Naemsai, "Rubber sheet drying by solar greenhouse dryer for household industry," in *Mechanical Engineering Network of Thailand (ME-NETT)*, Khon Kaen, 2014, pp. 115–122, (in Thai).