



รายงานการวิจัย

ผลของลักษณะรูปทรงของโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่มีต่อการ
อบแห้งยางพาราแผ่น

**Effects of Shapes of Solar Greenhouse Dryer on Rubber Sheet
Drying**

วสันต์ จินธาดา Wasan Jeentada

พรชัย เพชรสงคราม Pornchai Phetsongkram

สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

งบประมาณเงินรายได้ ประจำปี พ.ศ. 2559

กิตติกรรมประกาศ

รายงานวิจัยฉบับนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย งบประมาณเงินรายได้ประจำปี 2559 และความอนุเคราะห์จากสหกรณ์สวนยางพิจิตรจำกัด ตำบลพิจิตร อำเภอนาหม่อม จังหวัดสงขลา ผู้วิจัยจึงขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงต่อการสนับสนุน โครงการวิจัยเรื่องผลของลักษณะรูปทรงของโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่มีต่อการอบแห้งยางพาราแผ่น จากคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย และความอนุเคราะห์จากสหกรณ์สวนยางพิจิตรจำกัด ตำบลพิจิตร อำเภอนาหม่อม จังหวัดสงขลา มา ณ ที่นี้

คณะผู้วิจัย

สิงหาคม 2559



ผลของลักษณะรูปทรงของโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่มีต่อการอบแห้งยางพาราแผ่น

วสันต์ จันทาตา และ พรชัย เพชรสงคราม

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาลักษณะรูปทรงของโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบการพาความร้อนโดยธรรมชาติสำหรับการอบแห้งยางพาราแผ่น ในกรณีที่มีพื้นที่การร่้างเท่ากัน ความสูงเท่ากัน ขนาดช่องระบายอากาศและความสูงของช่องระบายอากาศเท่ากัน ด้วยโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์รูปทรงแตกต่างกัน 3 แบบ คือ 1. โรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ตัวห้องเป็นรูปทรงสี่เหลี่ยมส่วนหลังคาเป็นรูปทรงสามเหลี่ยม 2. โรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ตัวห้องเป็นรูปทรงสี่เหลี่ยมส่วนหลังคาเป็นรูปทรงโค้ง และ 3. โรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์รูปทรงพาราโบลา จากผลการทดลองโดยวิเคราะห์จากโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่มีอุณหภูมิสูงและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศต่ำพบว่าอุณหภูมิเฉลี่ยของโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ทั้งสามแบบไม่แตกต่างกัน อย่างไรก็ตามความชื้นสัมพัทธ์อากาศในโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบที่ 2 มีค่าต่ำที่สุด จึงส่งผลให้โรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบที่ 2 มีคุณสมบัติในการอบแห้งยางพาราแผ่นได้ดีที่สุด ซึ่งมีอุณหภูมิเฉลี่ยสำหรับการอบแห้งยางพาราแผ่น $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ ความชื้นสัมพัทธ์อากาศเฉลี่ย 37% ที่อุณหภูมิสิ่งแวดล้อมเฉลี่ย $35\text{ }^{\circ}\text{C}$ ความชื้นสัมพัทธ์สิ่งแวดล้อมเฉลี่ย 60% ค่ารังสีดวงอาทิตย์ $200\text{--}1,100\text{ W/m}^2$ สามารถอบแห้งยางพาราแผ่นให้มีความชื้นต่ำกว่า 1% มาตรฐานแห้ง เป็นยางพาราแผ่นคุณภาพดี โดยใช้เวลาในการอบแห้งยางพาราแผ่น 5 วัน

คำสำคัญ: อบแห้ง ยางพาราแผ่น พลังงานแสงอาทิตย์ โรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์

Effects of Shapes of Solar Greenhouse Dryer on Rubber Sheet Drying

Wasan Jeentada and Pornchai Phetsongkram

ABSTRACT

This objective is to investigate the geometrical effects of natural convection solar dryer for rubber sheet drying under the 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 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 Dome dryer was lowest. Therefore, the best performance of rubber sheet drying is the Dome solar dryer when the average drying temperature is about 50 °C, 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, Dome dryer can reduce the rubber sheets moisture content to 1% of dry basis within 5 days.

Keywords: Drying, Rubber sheet, Solar energy, Solar greenhouse dryer

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อ	ข
Abstract	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	จ
สารบัญรูป	ฉ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์	1
1.3 ขอบเขตของโครงการ	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 งานวิจัยและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	3
2.2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	7
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงาน	10
3.1 แผนการดำเนินงาน	10
3.2 วัสดุ เครื่องมือและอุปกรณ์	12
3.3 วิธีการทดลอง	17
บทที่ 4 ผลการวิจัยและการวิเคราะห์	24
4.1 ผลการทดลอง	24
บทที่ 5 สรุป	35
5.1 สรุปผลการทดลอง	35
เอกสารอ้างอิง	36
ภาคผนวก	37
ภาคผนวก ก ผลการทดลอง	38
ภาคผนวก ข แบบของโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์	63

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
3.1	แผนการดำเนินงาน	11



สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
2.1	โรงอบแห้งแบบเรือนกระจกแบบรูปโค้ง (Janjai et al., 2011)	3
2.2	โรงอบแห้งแบบเรือนกระจกแบบรูปห้าเหลี่ยม (Barnwal and Tiwari., 2008)	4
2.3	โรงอบแห้งแบบเรือนกระจกรูปทรงโค้ง (Fudholiet al., 2010)	5
2.4	โรงอบแห้งแบบเรือนกระจกรูปทรงสามเหลี่ยม (Fudholiet al., 2010)	5
2.5	โรงอบแห้งแบบเรือนกระจกรูปทรงห้องอบสี่เหลี่ยมหลังคารูปทรงสามเหลี่ยม (Fudholiet al., 2010)	5
2.6	โรงอบแห้งแบบเรือนกระจกรูปทรงห้องสี่เหลี่ยมหลังคารูปทรงโค้ง (Fudholiet al., 2010)	6
2.7	ตากแห้งยางพาราแผ่นดิบ (พีระพงษ์ และคณะ, 2550)	6
2.8	ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนค่าความชื้นกับเวลา (ธงไชย, 2530)	8
2.9	ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการอบแห้งกับอัตราส่วนค่าความชื้น (ธงไชย, 2530)	9
3.1	ลำดับวิธีการดำเนินงาน	10
3.2	โรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ตัวห้องเป็นรูปทรงสี่เหลี่ยมส่วนหลังคาเป็นรูปทรงสามเหลี่ยม	12
3.3	โรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ตัวห้องเป็นรูปทรงสี่เหลี่ยมส่วนหลังคาเป็นรูปทรงโค้ง	12
3.4	โรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์รูปทรงพาราโบลา	13
3.5	ยางพาราแผ่นดิบ	13
3.6	เครื่องวัดอุณหภูมิ	14
3.7	เซนเซอร์วัดความเข้มแสง	14
3.8	แผ่นโพลีคาร์บอเนต	15
3.9	อุปกรณ์วัดความชื้นสัมพัทธ์	16
3.10	ราวตากยางพารา	16
3.11	เครื่องชั่งน้ำหนักที่ใช้ทดสอบ	17
3.12	ความร้อนจากดวงอาทิตย์	17
3.13	ตากยางพาราแผ่นเพื่อให้เสด็จน้ำก่อนเข้าโรงอบแห้งยางพาราแผ่น	18

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
3.14	ซึ่งยางแผ่นดิบ	19
3.15	การตากยางในโรงอบแห้งยางพาราแผ่น	19
3.16	ตั้งระยะห่างของยางพาราแผ่นทั้ง 3 โรงอบ	20
3.17	ปีคประคูโรงอบแห้งยางพาราแผ่น	20
3.18	การวัดอุณหภูมิภายในโรงอบยางพาราแผ่น	21
3.19	การวัดความเร็วของอากาศที่ทางเข้าและทางออกของโรงอบยางแผ่น	21
3.20	วัดความเข้มของแสงอาทิตย์	22
3.21	ซึ่งน้ำหนักยาง	22
3.22	อบยางในเครื่องอบยางที่อุณหภูมิ 103°C	23
4.1	อุณหภูมิอากาศในโรงอบแห้ง ทดลองครั้งที่ 1	26
4.2	อุณหภูมิอากาศในโรงอบแห้ง ทดลองครั้งที่ 2	26
4.3	อุณหภูมิอากาศในโรงอบแห้ง ทดลองครั้งที่ 3	27
4.4	อุณหภูมิอากาศในโรงอบแห้งเฉลี่ย ทดลองครั้งที่ 1	27
4.5	อุณหภูมิอากาศในโรงอบแห้งเฉลี่ย ทดลองครั้งที่ 2	28
4.6	อุณหภูมิอากาศในโรงอบแห้งเฉลี่ย ทดลองครั้งที่ 3	28
4.7	ความชื้นสัมพัทธ์ในโรงอบแห้ง ทดลองครั้งที่ 1	29
4.8	ความชื้นสัมพัทธ์ในโรงอบแห้ง ทดลองครั้งที่ 2	29
4.9	ความชื้นสัมพัทธ์ในโรงอบแห้ง ทดลองครั้งที่ 3	30
4.10	ความชื้นสัมพัทธ์ในโรงอบแห้งเฉลี่ย ทดลองครั้งที่ 1	30
4.11	ความชื้นสัมพัทธ์ในโรงอบแห้งเฉลี่ย ทดลองครั้งที่ 2	31
4.12	ความชื้นสัมพัทธ์ในโรงอบแห้งเฉลี่ย ทดลองครั้งที่ 3	31
4.13	รังสีดวงอาทิตย์ ทดลองครั้งที่ 1	32
4.14	รังสีดวงอาทิตย์ ทดลองครั้งที่ 2	32
4.15	รังสีดวงอาทิตย์ ทดลองครั้งที่ 3	33
4.16	ความชื้นยางพาราแผ่น ทดลองครั้งที่ 1	33
4.17	ความชื้นยางพาราแผ่น ทดลองครั้งที่ 2	34

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
4.18	ความชันข้างพาราเม่น ทดลองครั้งที่ 3	34



บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

ยางพาราเป็นพืชเศรษฐกิจของประเทศไทยที่ปลูกกันอย่างแพร่หลาย โดยยางพาราจะให้ผลผลิตเป็นน้ำยางพาราจากนั้นก็นำน้ำยางพาราไปเปลี่ยนเป็นผลิตภัณฑ์ยางธรรมชาติโดยผ่านกระบวนการแบบต่างๆ ประเทศไทยนั้นภาคใต้มีพื้นที่ปลูกยางมากที่สุด รองลงมาเป็นภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคตะวันออกรวมภาคกลางและภาคเหนือตามลำดับ ซึ่งการส่งออกยางธรรมชาติของไทยส่วนใหญ่จะส่งออกในรูปแบบของวัตถุดิบ ได้แก่ ยางแท่ง ยางแผ่นรมควันและน้ำยางข้น ส่วนยางที่ใช้ในประเทศไทย พบว่า มีการใช้ยางแผ่นรมควันมากที่สุด รองลงมาเป็นน้ำยางข้น ยางแท่งเอสทีอาร์และยางแผ่นผึ่งแห้ง ตามลำดับ (สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2553) ในการผลิตยางแผ่นรมควันนั้นต้องใช้ไม้ฟืนเผาเพื่อให้ความร้อนแก่ยางพาราแผ่นดิบเพื่อลดความชื้นของยางพาราแผ่นดิบดังนั้นการลดความชื้นให้ได้มากที่สุดก่อนการรมควันจะทำให้ประหยัดไม้ฟืนได้มาก จึงได้มีการนำโรงอบแห้งยางพาราแผ่นพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ในการลดความชื้นของยางพาราแผ่นดิบก่อนการรมควันเพื่อเป็นประหยัดไม้ฟืนที่ใช้เป็นเชื้อเพลิงในกระบวนการผลิตยางแผ่นรมควันลงได้ (พลศักดิ์อินทร โยธาและคณะ, 2552) แต่ปัญหาในการสร้างโรงอบแห้งยางพาราแผ่นพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อช่วยลดความชื้นของยางพาราแผ่นดิบก่อนการรมควันนั้นก็จะต้องสร้างโรงอบแห้งยางพาราแผ่นพลังงานแสงอาทิตย์ให้ใกล้กับโรงรมควันยางพาราแผ่นเพื่อความสะดวกในการขนย้ายยางพาราแผ่นเข้าโรงรมควันและพื้นที่ที่จำกัดของบริเวณโรงรมควันยางพาราแผ่นที่จะใช้สร้างโรงอบแห้งยางพาราแผ่นพลังงานแสงอาทิตย์จากปัญหาดังกล่าวนี้จึงต้องใช้พื้นที่บริเวณโรงรมควันยางพาราแผ่นให้คุ้มค่าที่สุด ดังนั้นจึงต้องมีการศึกษาลักษณะรูปทรงของโรงอบแห้งยางพาราแผ่นพลังงานแสงอาทิตย์ที่มีพื้นที่ในการสร้างเท่ากัน มีความสูงของโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์เท่ากัน มีช่องระบายอากาศและความสูงของช่องระบายอากาศเท่ากัน มีสภาวะอากาศภายนอกโรงอบแห้งยางพาราแผ่นพลังงานแสงอาทิตย์เท่ากัน เพื่อหารูปทรงของโรงอบแห้งยางพาราแผ่นพลังงานแสงอาทิตย์ที่มีประสิทธิภาพสูงที่เหมาะสมสำหรับการนำไปใช้ในบริเวณโรงรมควันยางพาราแผ่นของสหกรณ์กองทุนสวนยาง

1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อเปรียบเทียบการอบแห้งยางพาราแผ่นด้วยโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบรูปทรงต่างๆ

2. เพื่อหารูปทรงของโรงอบแห้งยางพาราแผ่นพลังงานแสงอาทิตย์ที่มีประสิทธิภาพสูง

1.3 ขอบเขตของโครงการ

1. โรงอบแห้งยางพาราแผ่นพลังงานแสงอาทิตย์ใช้โพลีคาร์บอเนตปกคลุม
2. โรงอบแห้งยางพาราแผ่นพลังงานแสงอาทิตย์สามารถบรรจุยางพาราแผ่น ได้ครั้งละ 20 แผ่น
3. เปรียบเทียบโรงอบแห้งยางพาราแผ่นพลังงานแสงอาทิตย์ 3 รูปทรง คือ โรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ตัวห้องเป็นรูปทรงสี่เหลี่ยมส่วนหลังคาเป็นรูปทรงสามเหลี่ยม 2. โรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ตัวห้องเป็นรูปทรงสี่เหลี่ยมส่วนหลังคาเป็นรูปทรงโค้ง และ 3. โรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์รูปทรงพาราโบลา
4. ทำการทดลองอบแห้งยางพาราแผ่นด้วยโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้รู้ลักษณะของการอบแห้งยางพาราแผ่นด้วยโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบรูปทรงต่างๆ
2. รู้ถึงลักษณะรูปทรงของโรงอบแห้งยางพาราแผ่นพลังงานแสงอาทิตย์ที่มีประสิทธิภาพสูง
3. นำไปใช้ประโยชน์ในการสร้างและออกแบบโรงอบแห้งยางพาราแผ่นพลังงานแสงอาทิตย์ที่เหมาะสมสำหรับบริเวณที่มีพื้นที่จำกัด

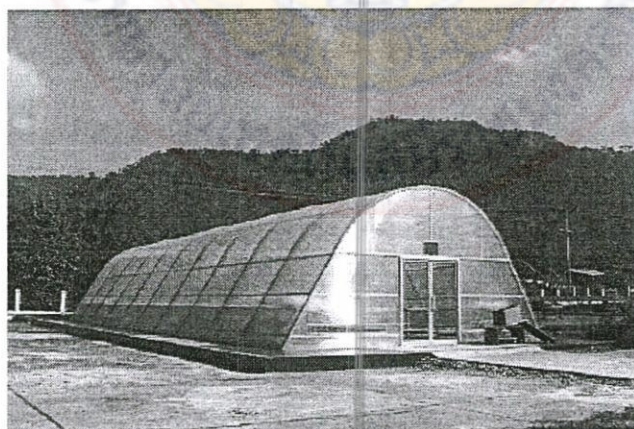
บทที่ 2

งานวิจัยและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ระบบการอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์จะแบ่งออกเป็น 3 แบบหลักคือ 1. การอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบการพาโดยธรรมชาติเป็นระบบการอบแห้งที่ไม่มีการใช้พลังงานไฟฟ้าสามารถแบ่งย่อยออกเป็น 2 แบบคือ 1) ตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์เหมาะสำหรับการอบแห้งวัสดุที่มีปริมาณน้อย 2) โรงอบแห้งแบบเรือนกระจกเหมาะสำหรับการอบแห้งวัสดุที่มีปริมาณมาก 2. การอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบการพาโดยบังคับเป็นระบบการอบแห้งที่มีการใช้พัดลมในการดูดอากาศเพื่อเอาความชื้นออกหรือการใช้พัดลมในการเป่าอากาศเพื่อเพิ่มการไหลเวียนของอากาศ 3. การอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสม เป็นระบบการอบแห้งที่ใช้พลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับพลังงานจากชีวมวล (Fudholiet al., 2010) การอบแห้งยางพาราแผ่นด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ที่จะนำมาใช้กับ โรงรมควันยางพาราแผ่นของสหกรณ์กองทุนสวนยางนั้นเป็นระบบการอบแห้งวัสดุที่มีปริมาณมากดังนั้น โรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบเรือนกระจก (green house) จึงเหมาะกับการนำมาใช้ออบแห้งยางพาราแผ่นด้วยพลังงานแสงอาทิตย์

โรงอบแห้งแบบเรือนกระจกได้มีผู้ทำการทดลองอบแห้งของวัสดุกันอย่างแพร่หลาย ซึ่งจะมีรูปร่างลักษณะของโรงอบแห้งแบบเรือนกระจกนี้แตกต่างกันออกไป Janjai et al. (2011) ทำการทดลองอบแห้งผักและผลไม้ด้วย โรงอบแห้งแบบเรือนกระจกที่สามารถจุผักและผลไม้ได้ 1000 กิโลกรัม โดยใช้รูปทรงของโรงอบแห้งแบบเรือนกระจกเป็นแบบรูปโค้งและใช้พลาสติกใสในการปกคลุมโรงอบแห้งดังแสดงในรูปที่ 2.1



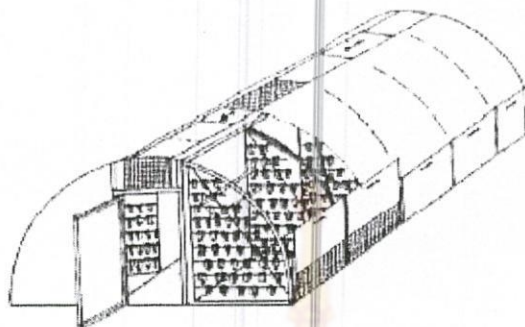
รูปที่ 2.1 โรงอบแห้งแบบเรือนกระจกแบบรูปโค้ง (Janjai et al., 2011)

Barnwal and Tiwari. (2008) ทำการทดลองอบแห้งงุ่นไม่มีเมล็ดด้วยโรงอบแห้งแบบเรือนกระจกที่สามารถจุได้ 100 กิโลกรัม โดยใช้รูปทรงของโรงอบแห้งแบบเรือนกระจกเป็นแบบรูปสี่เหลี่ยมกับรูปสามเหลี่ยมรวมกันและใช้พลาสติกใสในการปกคลุม โรงอบแห้งดังแสดงในรูปที่ 2.2

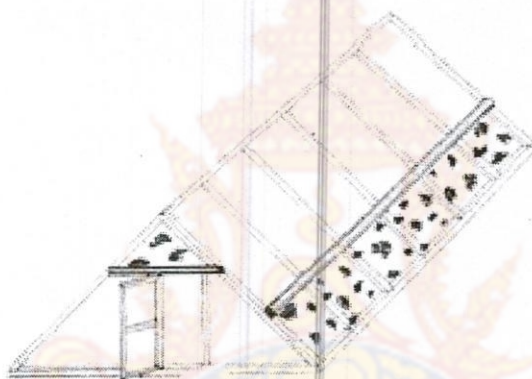


รูปที่ 2.2 โรงอบแห้งแบบเรือนกระจกแบบรูปห้าเหลี่ยม (Barnwal and Tiwari., 2008)

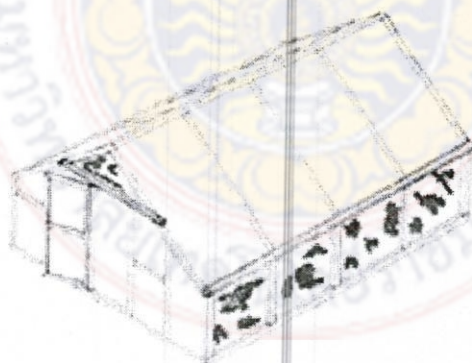
Fudholiet al. (2010) ทบทวนงานวิจัยของทั่วโลกเกี่ยวกับระบบการอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่นิยมนำมาใช้จะมี 3 แบบหลักๆ คือ การอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบการพาโดยธรรมชาติ การอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบการพาโดยบังคับ การอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสม จากการทบทวนงานวิจัยนี้ พบว่า โรงอบแห้งแบบเรือนกระจกที่ใช้พลาสติกใสในการปกคลุมโรงอบแห้งที่นิยมนำมาใช้มีอยู่ 4 รูปแบบ คือ 1. โรงอบแห้งเรือนแบบกระจกเป็นแบบรูปโค้ง (รูปที่ 2.3) 2. โรงอบแห้งเรือนแบบกระจกเป็นแบบรูปสามเหลี่ยม (รูปที่ 2.4) 3. โรงอบแห้งแบบเรือนกระจกรูปทรงห้องอบสี่เหลี่ยมหลังคารูปทรงสามเหลี่ยม (รูปที่ 2.5) และ 4. โรงอบแห้งแบบเรือนกระจกรูปทรงห้องสี่เหลี่ยมหลังคารูปทรงโค้ง (รูปที่ 2.6)



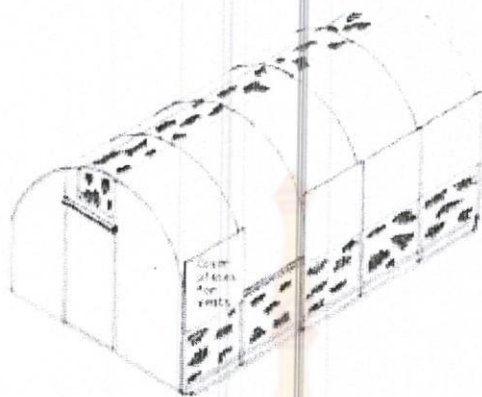
รูปที่ 2.3 โรงอบแห้งแบบเรือนกระจกรูปทรงโค้ง (Fudholiet al., 2010)



รูปที่ 2.4 โรงอบแห้งแบบเรือนกระจกรูปทรงสามเหลี่ยม (Fudholiet al., 2010)

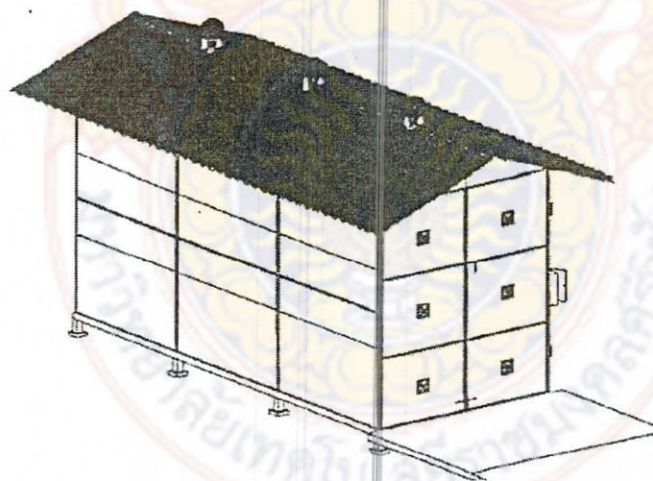


รูปที่ 2.5 โรงอบแห้งแบบเรือนกระจกรูปทรงห้องอบสี่เหลี่ยมหลังคารูปทรงสามเหลี่ยม
(Fudholiet al., 2010)



รูปที่ 2.6 โรงอบแห้งแบบเรือนกระจกรูปทรงห้องสี่เหลี่ยมหลังคารูปทรงโค้ง (Fudholiet al., 2010)

พีระพงษ์ และคณะ (2550) ทำการทดลองตากแห้งยางพาราแผ่นดิบในโรงเรือนตากด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ ดังแสดงในรูปที่ 2.7 ตัวโครงทำด้วยเหล็ก ลาดพื้นคอนกรีต ผนังด้านข้างทำด้วยแผ่นสังกะสี หลังคาปูด้วยกระเบื้องลอนคู่โปร่งใส มีพัดลมระบายอากาศขนาด 24 นิ้ว 3 ตัวติดอยู่ด้านบนหลังคาอาศัยการระบายอากาศโดยธรรมชาติ จากผลการทดลองพบว่าสามารถลดความชื้นยางแผ่นดิบลงได้ถึง 20% เมื่อนำไปรมควันพบว่าใช้ไม้ฟืนลง 31-39%



รูปที่ 2.7 ตากแห้งยางพาราแผ่นดิบ (พีระพงษ์ และคณะ, 2550)

จากการทบทวนเอกสารข้างต้นพบว่าโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบเรือนกระจกที่นำมาใช้อบแห้งวัสดุทางการเกษตรมีอยู่หลากหลายรูปทรง ในงานวิจัยนี้จะพิจารณา 3 รูปทรง คือ โรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ตัวห้องเป็นรูปทรงสี่เหลี่ยมส่วนหลังคาเป็นรูปทรงสามเหลี่ยม 2.

โรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ตัวห้องเป็นรูปทรงสี่เหลี่ยมส่วนหลังคาเป็นรูปทรงโค้ง และ 3. โรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์รูปทรงพาราโบลา เนื่องจากเป็นโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบเรือนกระจกที่มีบริเวณห้องอบแห้งมากสามารถอบแห้งผลิตภัณฑ์ได้ในปริมาณมาก

2.2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

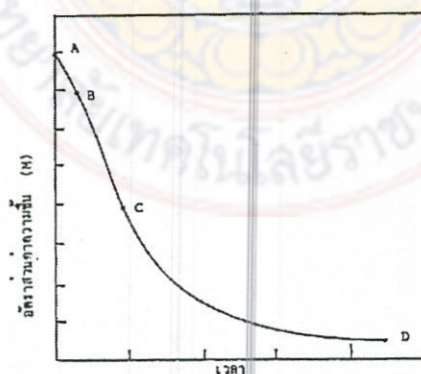
กระบวนการอบแห้งจะใช้อากาศเป็นตัวกลางในการถ่ายเทความร้อนจากอากาศไปยังผลิตภัณฑ์และการถ่ายเทความร้อนจากผลิตภัณฑ์ไปยังอากาศ ความร้อนสัมผัสจากอากาศที่ผลิตภัณฑ์ได้รับส่วนใหญ่จะถูกใช้ในการระเหยน้ำจากผลิตภัณฑ์ ผลิตภัณฑ์จากสิ่งมีชีวิตส่วนใหญ่มีโครงสร้างภายในที่มีลักษณะเป็นรูพรุน

กลไกการอบแห้ง โครงสร้างภายในผลิตภัณฑ์จากสิ่งมีชีวิตส่วนใหญ่ประกอบด้วยช่องว่างเป็นรูพรุนหรือหลอดเล็ก การเคลื่อนที่ของความชื้นจากภายในออกเนื่องมาจากการแพร่ของของเหลวเนื่องจากความแตกต่างของความเข้มข้น การแพร่ของไอเนื่องจากความแตกต่างของความดันไอย่อยซึ่งเกิดจากความแตกต่างของอุณหภูมิ การเคลื่อนที่ของของเหลวเนื่องจากแคปิลลารี (Capillarity) การไหลของไอหรือของเหลวเนื่องจากความแตกต่างของความดันรวม ซึ่งเกิดจากความดันภายนอก การหดตัว อุณหภูมิที่สูง และความเป็นแคปิลลารี (Capillarity) การเคลื่อนที่ของของเหลวเนื่องจากการแพร่ของความชื้นบนผิวของรูพรุนเล็กๆ

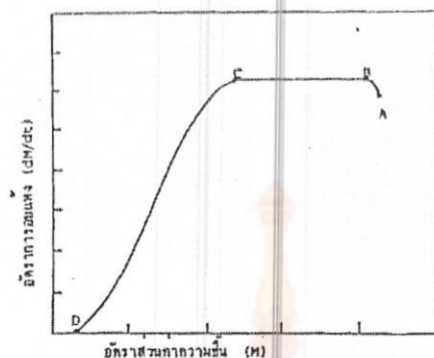
ทฤษฎีที่อธิบายเกี่ยวกับการอบแห้งจะอธิบายเกี่ยวกับกลไกการเคลื่อนที่ของความชื้นภายในผลิตภัณฑ์ ตัวอย่าง ทฤษฎีที่อธิบายการส่งผ่านความร้อนและความชื้นในผลิตภัณฑ์รูพรุนมี เช่น ทฤษฎีการแพร่ (Diffusion Theory) ทฤษฎีแคปิลลารี (Capillary Theory) ทฤษฎีการกลายเป็นไอและการควบแน่น (Vaporization-Condensation Theory)

วิธีทดลองหาอัตราการอบแห้งโดยทั่วๆ ไปคือการติดตามการเปลี่ยนแปลงความชื้นในรูปของความชื้นหรือในรูปอัตราส่วนความชื้นเทียบกับเวลา ดังแสดงในรูป 2.8 เมื่อนำมาเขียนเป็นอัตราการอบแห้ง (dM/dt) จะได้ดังรูป 2.9 ซึ่งแสดงอัตราการอบแห้งจะพบว่าอัตราการอบแห้งจะแบ่งออกเป็น 3 ช่วง คือ ช่วง AB เป็นช่วงที่ผลิตภัณฑ์ได้รับความร้อนมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้น อัตราการอบแห้งจะเพิ่มขึ้นจนถึงจุด B ช่วงที่สอง AB เป็นช่วงเส้นตรงซึ่งเป็นช่วงอัตราการอบแห้งคงที่ การอบแห้งช่วงนี้มักพบกับผลิตภัณฑ์ที่มีความชื้นเริ่มต้นสูง (มากกว่า 70-75 เปอร์เซ็นต์) การเคลื่อนที่ของน้ำจากผิวหน้าผลิตภัณฑ์ไปยังอากาศจะเท่ากับการเคลื่อนที่ของความชื้นภายในผลิตภัณฑ์มายังผิวหน้า การถ่ายเทความร้อนและมวลจะเกิดที่ผิวของผลิตภัณฑ์เท่านั้นเปรียบได้กับการระเหยของน้ำจากเทอร์โมมิเตอร์กระเปาะเปียก ดังนั้นอุณหภูมิผิวหน้าของผลิตภัณฑ์จะเท่ากับอุณหภูมิกระเปาะเปียกของอากาศอบแห้ง อัตราการระเหยที่ผิวหน้าหาได้จากอัตราการแพร่ของความชื้น

ผ่านชั้นผิวของอากาศรอบๆ ผลึกภัณฑ์ซึ่งเป็นสัดส่วนกับผลต่างระหว่างความดันย่อยของไอน้ำที่ผิว (อุณหภูมิกระเปาะเปียก) กับของอากาศรอบข้าง อัตราอบแห้งช่วงนี้สามารถอธิบายได้ในรูปความสัมพันธ์ของสัมประสิทธิ์การถ่ายเทมวลและความร้อน พื้นที่ผิวสัมผัสอากาศและผลต่างของอุณหภูมิเรียกว่าสมการการอบแห้งคงที่ จุด C เป็นจุดที่เปลี่ยนจากอัตราการอบแห้งคงที่เป็นช่วงอัตราการอบแห้งลดลง (CD) ความชื้นจุดนี้เรียกว่า ค่าความชื้นวิกฤติ (Critical Moisture Content) ซึ่งจะขึ้นกับชนิดของผลิตภัณฑ์และสภาวะในการอบแห้ง ในช่วงอัตราการอบแห้งลดลง (CD) ปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์มีค่าต่ำกว่าปริมาณความชื้นวิกฤติ อัตราการเคลื่อนที่ของความชื้นจากภายในผลิตภัณฑ์มายังผิวหน้าต่ำกว่าอัตราการระเหยของน้ำจากผิวหน้าสู่อากาศ น้ำจะเคลื่อนที่จากภายในตัวผลิตภัณฑ์มาที่ผิวของผลิตภัณฑ์ในลักษณะของเหลวและ/หรือไอน้ำและจะถูกควบคุมโดยการต้านทานต่อการเคลื่อนที่ของโมเลกุลของน้ำในผลิตภัณฑ์ทำให้เกิดเกรเดียนต์ความชื้นและอุณหภูมิในผลิตภัณฑ์ อุณหภูมิของผลิตภัณฑ์มีค่าสูงกว่าอุณหภูมิกระเปาะเปียกของอากาศ การเคลื่อนที่ของน้ำในรูปของเหลวจะเกิดขึ้นในระยะแรกขณะที่ผลิตภัณฑ์ยังมีปริมาณความชื้นสูง เมื่อปริมาณความชื้นลดต่ำลงมากแล้วน้ำอาจเคลื่อนที่ในรูปของไอน้ำ และโมเลกุลของน้ำที่เกาะภายในของผนังของช่องว่างมีความหนาเพียงสองสาม โมเลกุล ซึ่งอัตราการอบแห้งลดลงจะถูกควบคุมด้วยตัวแปรภายในได้แก่ การเคลื่อนที่ของความชื้นภายในโครงสร้างผลิตภัณฑ์ เป็นต้น ความสัมพันธ์ของตัวแปรที่ใช้อธิบายอัตราการอบแห้งลดลงเรียกว่า สมการอัตราการอบแห้งลดลง อัตราอบแห้งจะเป็นศูนย์เมื่อผลิตภัณฑ์มีความชื้นที่ปริมาณความชื้นสมดุล (D) ซึ่งหมายความว่าความดันไอของน้ำภายในผลิตภัณฑ์มีค่าเท่ากับความดันไอน้ำของอากาศที่สภาวะนั้นๆ ปกติแล้วที่สภาวะอากาศหนึ่งๆ ค่าความชื้นวิกฤติและปริมาณความชื้นสมดุล ตลอดจนอัตราการอบแห้งจะเป็นลักษณะเฉพาะของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด



รูปที่ 2.8 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนค่าความชื้นกับเวลา (ธงไชย, 2530)



รูปที่ 2.9 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการอบแห้งกับอัตราส่วนค่าความชื้น
(ธงไชย, 2530)

ความชื้นในวัสดุ

ความชื้นเป็นตัวบอกปริมาณของน้ำที่มีอยู่ในวัสดุเมื่อเทียบกับมวลของวัสดุหรือวัสดุแห้ง การบอกความชื้นในวัสดุมี 2 แบบ คือ ความชื้นมาตรฐานเปียกซึ่งเป็นสัดส่วนระหว่างน้ำหนักของน้ำต่อน้ำหนักรวมของวัสดุ ส่วนความชื้นมาตรฐานแห้งเป็นสัดส่วนระหว่างน้ำหนักน้ำต่อน้ำหนักแห้งของวัสดุ ดังสมการ

ความชื้นมาตรฐานเปียก

$$MC_{wb} = m_w / (m_w + m_d) = (m_t - m_d) / m_t \quad (2.1)$$

ความชื้นมาตรฐานแห้ง

$$MC_{db} = m_w / m_d = (m_t - m_d) / m_d \quad (2.2)$$

เมื่อ MC_{wb} คือ ความชื้นมาตรฐานเปียก

MC_{db} คือ ความชื้นมาตรฐานแห้ง

m_t คือ มวลของวัสดุที่เวลาใดๆ (kg)

m_w คือ มวลของน้ำในวัสดุ (kg)

m_d คือ มวลของวัสดุแห้ง (kg)

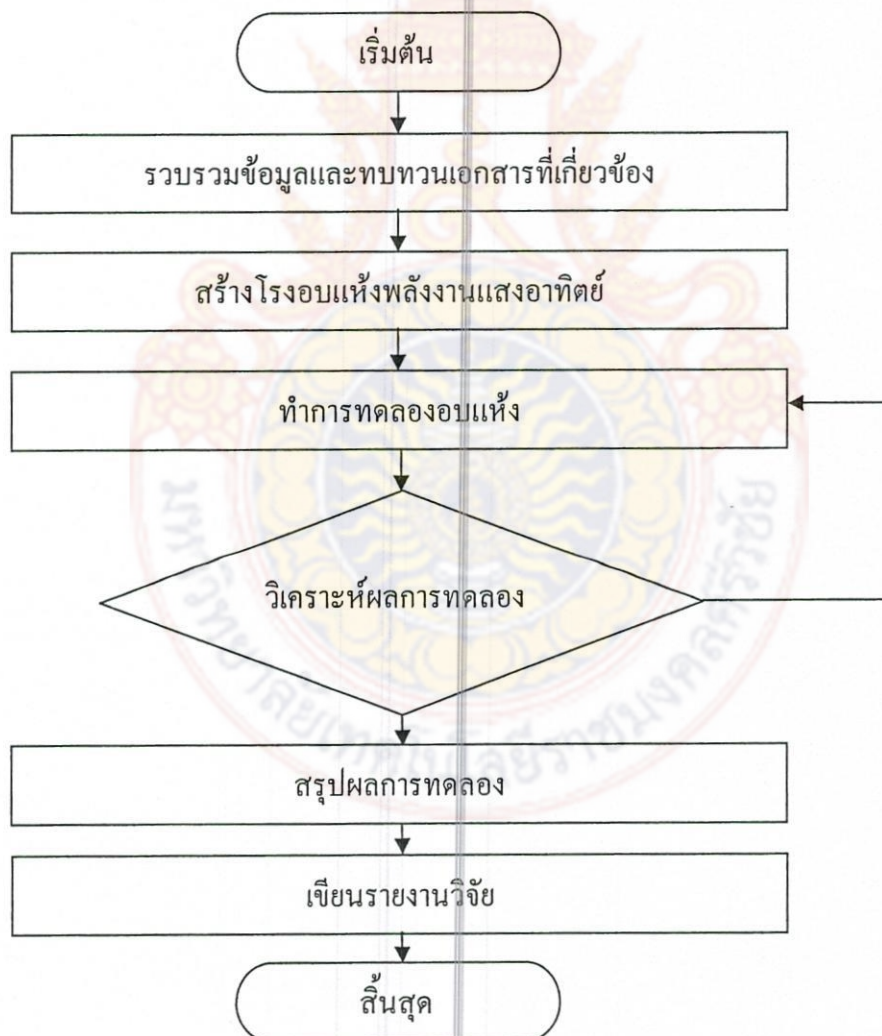
ความชื้นแบบมาตรฐานแห้งนี้นิยมใช้ในการวิเคราะห์กระบวนการอบแห้งทางทฤษฎี เพราะทำให้การคำนวณสะดวกขึ้นเป็นเพราะมวลของวัสดุแห้งมีค่าคงที่ระหว่างการอบแห้ง

บทที่ 3
วิธีการดำเนินงาน

งานวิจัยนี้ทำการทดลองอบแห้งยางพาราแผ่นด้วยโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ 3 รูปทรงที่แตกต่างกัน ซึ่งมีวิธีการดำเนินงานแบ่งเป็นส่วนต่างๆ ดังนี้

3.1 แผนการดำเนินงาน

การทดลองอบแห้งยางพาราแผ่นด้วยโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ 3 รูปทรงที่แตกต่างกัน มีรายละเอียดลำดับวิธีการดำเนินงานดังแสดงในรูปที่ 3.1 และมีแผนการดำเนินงานดังแสดงในตารางที่ 3.1



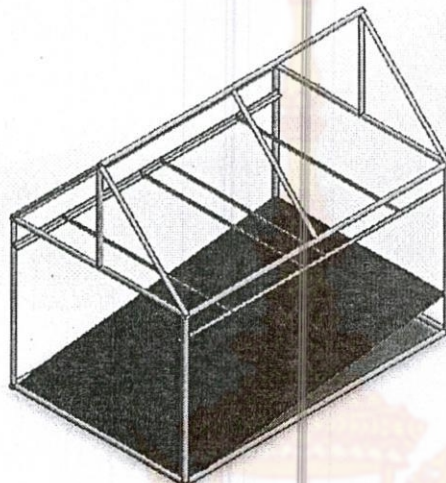
รูปที่ 3.1 ลำดับวิธีการดำเนินงาน

ตารางที่ 3.1 แผนการดำเนินงาน

กิจกรรม	2558				2559							
	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.
รวบรวมข้อมูลและทบทวนเอกสารที่เกี่ยวข้อง												
สร้างโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์												
ทำการทดลองอบแห้ง												
วิเคราะห์ผล												
สรุปผลการทดลอง												
เขียนรายงานวิจัย												

3.2 วัสดุ เครื่องมือและอุปกรณ์

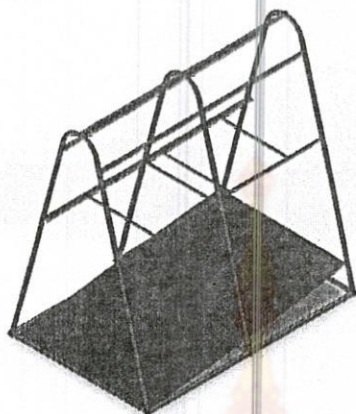
1) ตัวโครงโรงอบแห้งขนาด $1.2 \times 1.8 \times 1.8$ เมตร



รูปที่ 3.2 โรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ตัวห้องเป็นรูปทรงสี่เหลี่ยมส่วนหลังคาเป็นรูปทรงสามเหลี่ยม



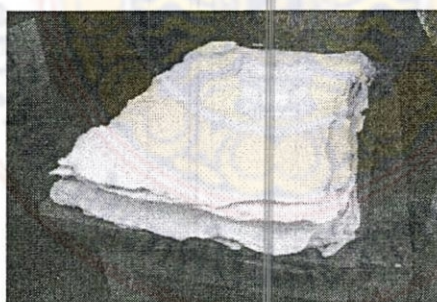
รูปที่ 3.3 โรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ตัวห้องเป็นรูปทรงสี่เหลี่ยมส่วนหลังคาเป็นรูปทรงโค้ง



รูปที่ 3.4 โรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์รูปทรงพาราโบลา

2) ขางพาราแผ่นดิบ

ขางแผ่นดิบที่ใช้ในการอบนั้น จะต้องมีความหนาประมาณ 2 - 4 มม. และต้องเป็นขางแผ่นที่มีความสะอาดค่อนข้างสูง เพราะเมื่ออบขางแผ่นเสร็จแล้วจะทำให้ขางมีความใส ทำให้สามารถเห็นขยะภายในเนื้อขาง ขยะในส่วนนี้จะทำให้ราคายางแผ่นตกได้ ราคาของขางแผ่นจะขึ้นอยู่กับความสะอาดภายในเนื้อขางและความสูงของขาง ซึ่งจะแบ่งเป็นเกรดและแต่ละเกรดราคาไม่เท่ากัน ขึ้นอยู่กับตลาดขางในการทดลองจะใช้ขางพาราแผ่น 64 แผ่น ต่อครั้งการทดลอง โดยทดลองในโรงอบขางพาราแผ่นโรงละ 20 แผ่น และขางตากภายนอกโรง 4 แผ่น



รูปที่ 3.5 ขางพาราแผ่นดิบ

3) เครื่องวัดอุณหภูมิ

ในการทดสอบจำเป็นจะต้องใช้เครื่องมือวัดอุณหภูมิที่มีความเที่ยงตรงพอสมควร และที่ใช้ในการทดลองนี้คือ เทอร์โมมิเตอร์ที่สามารถวัดอุณหภูมิได้ตั้งแต่ 0 ถึง 100 °C ซึ่งจะใช้วัดอุณหภูมิภายในและภายนอกโรงอบยางพารา เพื่อเก็บค่าที่ได้จากการวัดมาทำการวิเคราะห์ผลการทดลอง



รูปที่ 3.6 เครื่องวัดอุณหภูมิ

4) เซนเซอร์วัดความเข้มแสง

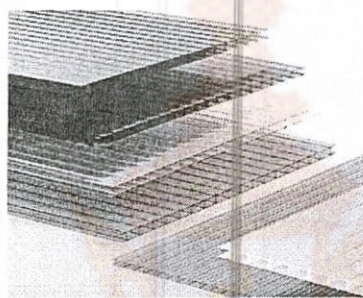
เซนเซอร์วัดความเข้มแสง Solar Radiation Sensor - First Class รุ่น SR 11 ยี่ห้อ Hukseflux เป็นเครื่องวัดความเข้มแสงโดยมีโคมครึ่งวงกลมแก้วแสงมีซีลกันน้ำแต่สามารถจะนำออกมาซ่อมแซมและมีสกรูสามารถปรับระดับฐานติดตั้งในแนวตั้งด้วยท่อ 3/4" เพื่อช่วยลดความยุ่งยากในการติดตั้ง



รูปที่ 3.7 เซนเซอร์วัดความเข้มแสง

5) แผ่นโพลีคาร์บอเนตที่ใช้ในการหุ้มโรงอบยาง

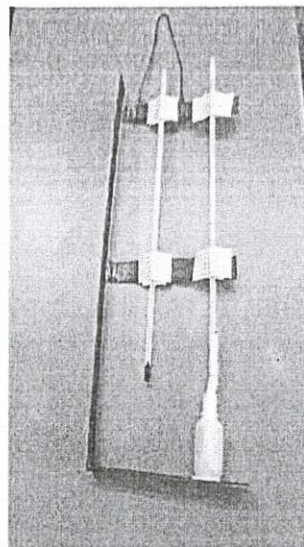
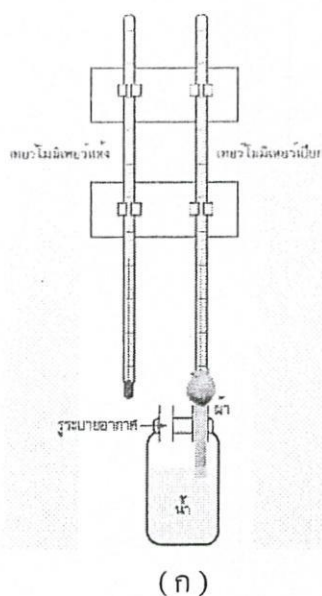
โพลีคาร์บอเนต (PC) พลาสติกวิศวกรรมหรือเทอร์โมพลาสติกที่มีคุณภาพ มีคุณสมบัติที่สำคัญคือมีความโปร่งแสงดีเยี่ยมป้องกันรังสีอุลตราไวโอเลตป้องกันแมลง เชื้อราและความปลอดภัยต่อธรรมชาติ ป้องกันการซึมผ่านความชื้นแข็งแรง ทนทานยากต่อการแตกหัก (ทนทานกว่าอะครีลิก 20 เท่า, กว่ากระจก 250 เท่า)ทนทานความร้อน ความเย็นสูง (อุณหภูมิตั้งแต่ -20°C ถึง 120°C) มีการคงรูป ชีดย่น สามารถตัดโค้งได้ ออกแบบงานได้ตามรูปร่างที่ต้องการสามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ซึ่งในการทดลองนี้จะนำแผ่นโพลีคาร์บอเนตมาหุ้มเพื่อทำการทดลอง



รูปที่ 3.8 แผ่นโพลีคาร์บอเนต

6) อุปกรณ์วัดความชื้นสัมพัทธ์

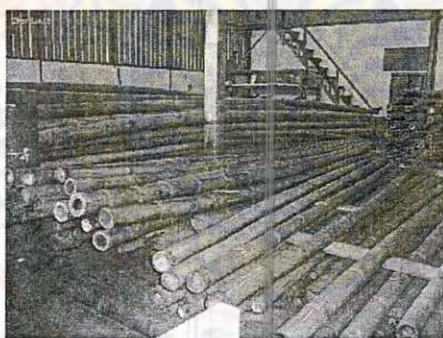
ในการวัดความชื้นสัมพัทธ์ต้องใช้เครื่องมือซึ่งเรียกว่า ไฮโกรมิเตอร์ (Hygrometer) ซึ่งมีอยู่หลายชนิด มีทั้งทำด้วยกระดาษเทอร์มอมิเตอร์ และที่เป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ไฮโกรมิเตอร์ซึ่งสามารถทำได้เองและมีความน่าเชื่อถือเรียกว่า "สลิงไซโครมิเตอร์" (Sling psychrometer) ซึ่งจะประกอบด้วย เทอร์มอมิเตอร์ 2 อัน อันหนึ่งเป็นเทอร์มอมิเตอร์ธรรมดา เรียกว่า เทอร์มอมิเตอร์กระดาษแห้ง ส่วนอีกอันหนึ่งเรียกว่า เทอร์มอมิเตอร์กระดาษเปียก ซึ่งเป็นเทอร์มอมิเตอร์ธรรมดาหุ้มกระดาษด้วยผ้าฝ้ายลินินมีด้ายผูกโยงไปยังแก้วน้ำ ให้น้ำซึมมาตามด้ายดิบจนถึงผ้าฝ้ายลินินถ้าในอากาศมีไอน้ำน้อย หรืออากาศแห้ง น้ำที่ผ้าฝ้ายลินินจะระเหยออกมามาก ในการระเหยของน้ำต้องใช้ความร้อนจำนวนหนึ่ง ซึ่งดึงมาจากภายในเทอร์มอมิเตอร์ ทำให้อุณหภูมิจึงของเทอร์มอมิเตอร์กระดาษเปียกตกลง จึงอ่านค่าได้ต่ำกว่าเทอร์มอมิเตอร์กระดาษแห้ง แต่เมื่ออากาศมีไอน้ำมาก หรือมีความชื้นสูง อากาศโดยรอบจะไม่สามารถรับไอน้ำไว้ได้อีก น้ำที่ผ้าฝ้ายลินินจึงไม่มีการระเหยหรือระเหยได้น้อยมาก ค่าที่อ่านได้จากเทอร์มอมิเตอร์ทั้ง 2 จึงใกล้เคียงกัน



รูปที่ 3.9 อุปกรณ์วัดความชื้นสัมพัทธ์

7) ไม้ตากยาง (ใช้ไม้ไผ่)

ราวตากยางจะใช้เป็นไม้ไผ่ เพราะมีความคงทนแข็งแรงเป็นวัสดุที่หาได้ง่าย ราคาถูก ในการทดลองจะใช้ไม้ไผ่แห้งและทำความสะอาดทุกครั้งก่อนนำไปใช้



รูปที่ 3.10 ราวตากยางพารา

8) เครื่องชั่งน้ำหนัก

ในการทดลองจะต้องนำยางแผ่นมาทำการชั่งน้ำหนักก่อนและหลังทำการอบแห้ง เพื่อที่จะเอาค่าน้ำหนักของยางแผ่นดิบที่ยังอบแห้งไปเปรียบเทียบกับค่าน้ำหนักของยางแผ่นที่ผ่านการอบจนสุกแล้ว เพื่อนำไปวิเคราะห์ผลการทดลองและที่ใช้ในการชั่งน้ำหนักในการทดลองนี้คือ เครื่องชั่ง

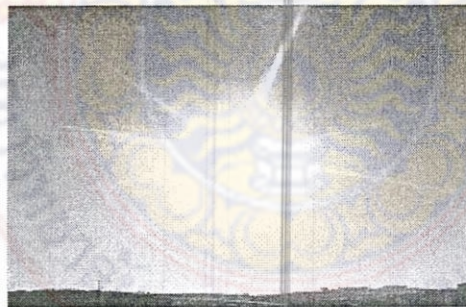
น้ำหนักของ Sartorius รุ่น Miras สามารถชั่งน้ำหนักได้ถึง 50 กิโลกรัม มีความละเอียดถึง 1/1000 กิโลกรัม



รูปที่ 3.11 เครื่องชั่งน้ำหนักที่ใช้ทดสอบ

9) ใช้ความร้อนในการทดสอบ

พลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานสะอาดไม่เกิดมลพิษ และใช้ได้ไม่มีวันหมด ดังนั้นจึงนำพลังงานแสงอาทิตย์มาช่วยในการให้ความร้อนกับโรงรมยางพาราควบคู่ไปกับเชื้อเพลิงอื่นๆ เพื่อลดต้นทุนด้านพลังงาน



รูปที่ 3.12 ความร้อนจากดวงอาทิตย์

3.3 วิธีการทดลอง

ในการทดลองใช้โรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่เหมาะสมสำหรับการอบแห้งยางพาราแผ่นได้ออกแบบมาให้ตัวโรงเรือนมีทิศทางรับแสงมากที่สุด และได้มีการออกแบบการทดลองพร้อมกันทั้งสามแบบ แต่ละแบบจะทดลองสามครั้ง

ในการทดลองแต่ละครั้งจะมีการบันทึกค่าการทดลองดังนี้

- 1) อุณหภูมิภายในตัวเรือนโรงอบแห้ง
- 2) อุณหภูมิภายนอกโรงอบแห้ง
- 3) ค่าความชื้นภายในโรงอบแห้ง
- 4) ระยะเวลาที่ใช้ในการอบแห้งยางพาราแผ่น
- 5) น้ำหนักของยางพาราแผ่น

ในการบันทึกค่าจะมีระยะเวลา 5 วัน แต่每天有ใช้เวลา 8 ชั่วโมง โดยจะเริ่มทดลองตั้งแต่เวลา 08.00 นาฬิกา จนถึงเวลา 16.00 นาฬิกา โดยการบันทึกค่าในวันแรกจะทำการบันทึกค่าทุกๆ ชั่วโมงและวันที่ 2, 3, 4 และ 5 จะทำการบันทึกค่าทุกๆ 2 ชั่วโมง

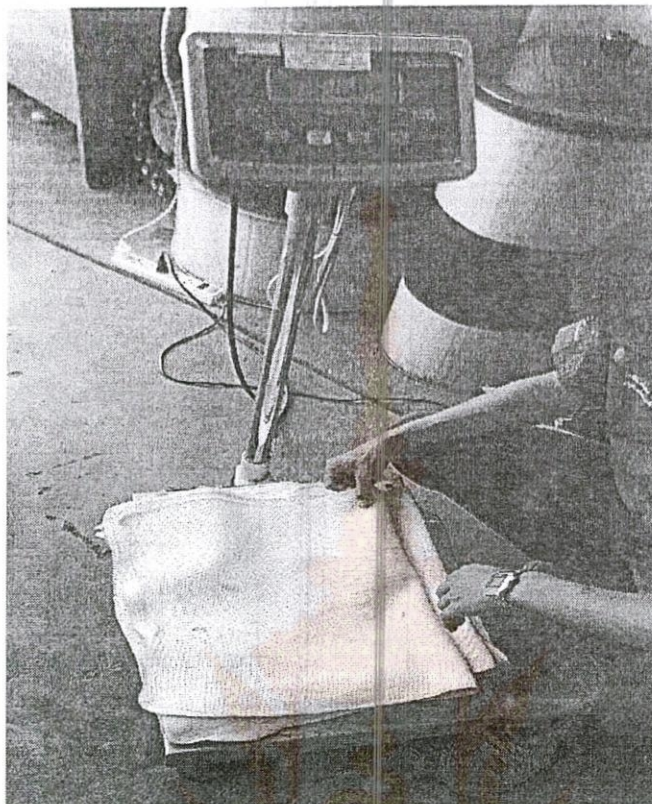
ขั้นตอนการทดลอง

ในการทดลองจะทดลองอบแห้งยางพาราแผ่นในโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์จะทดลองพร้อมกันทั้ง 3 รูปทรง มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

- 1) จัดเตรียมอุปกรณ์การทดลองให้พร้อม
- 2) นำยางแผ่นดิบตากให้เสด็จน้ำพอมากเป็นเวลา 30 นาที แล้วนำยางมาชั่งเพื่อเก็บค่าน้ำหนัก

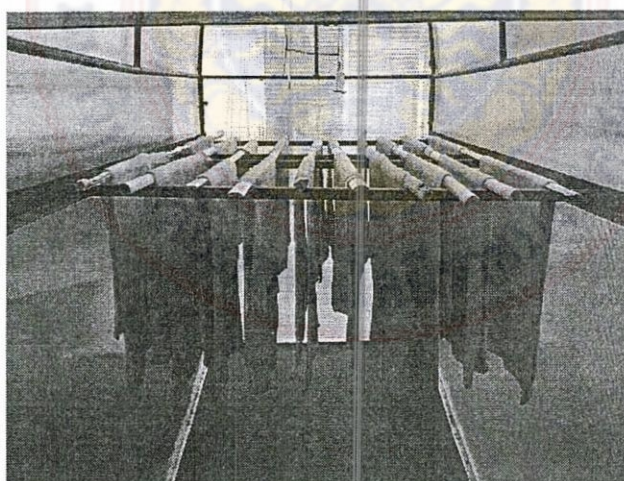


รูปที่ 3.13 ตากยางพาราแผ่นเพื่อให้เสด็จน้ำก่อนเข้าโรงอบแห้งยางพาราแผ่น



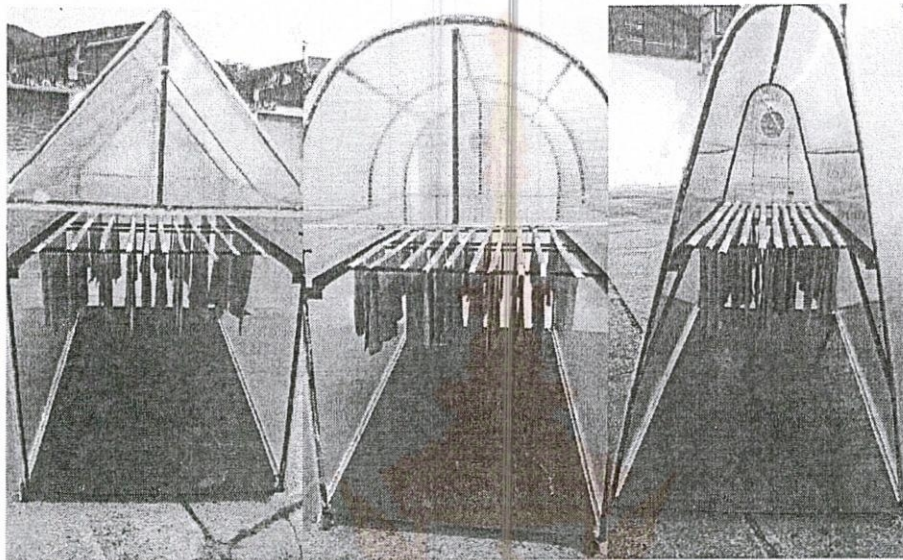
รูปที่ 3.14 ชั่งยางแผ่นดิบ

3) นำยางแผ่นไปตากในโรงอบแห้งยางพาราแผ่นทั้งสามรูปทรง



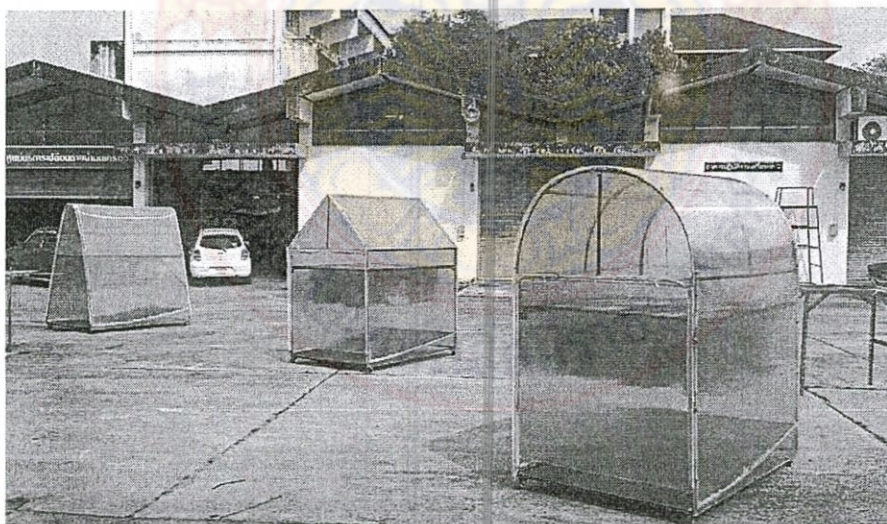
รูปที่ 3.15 การตากยางในโรงอบแห้งยางพาราแผ่น

4) ตั้งระยะห่างระหว่างแผ่นยาง 10 เซนติเมตร แต่โรงอบยางแบบพาราโบลา ต้องตั้งระยะห่าง 5 เซนติเมตร เพราะมีพื้นที่แคบกว่าโรงอบยางแบบอื่น



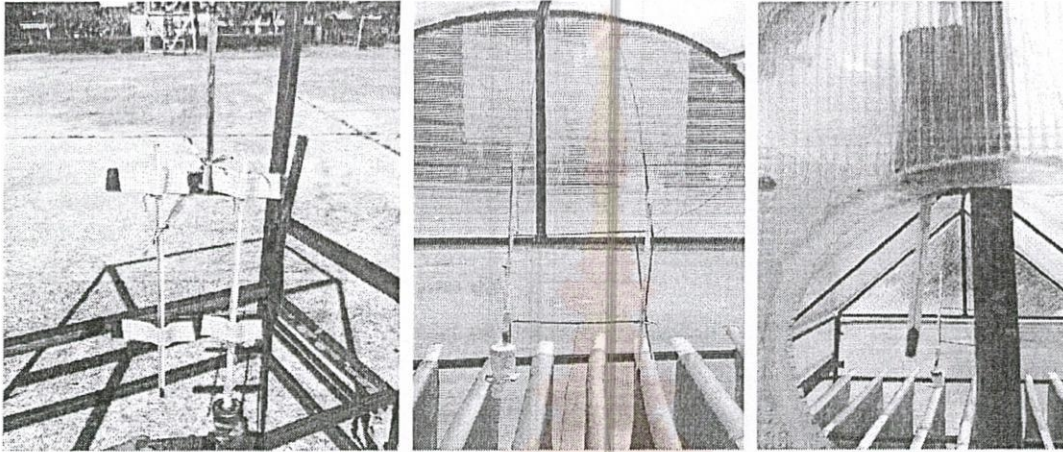
รูปที่ 3.16 ตั้งระยะห่างของยางพาราแผ่นทั้ง 3 โรงอบ

5) ปิดประตูโรงอบแห้งยางพาราแผ่นเพื่อรักษาอุณหภูมิและความชื้น



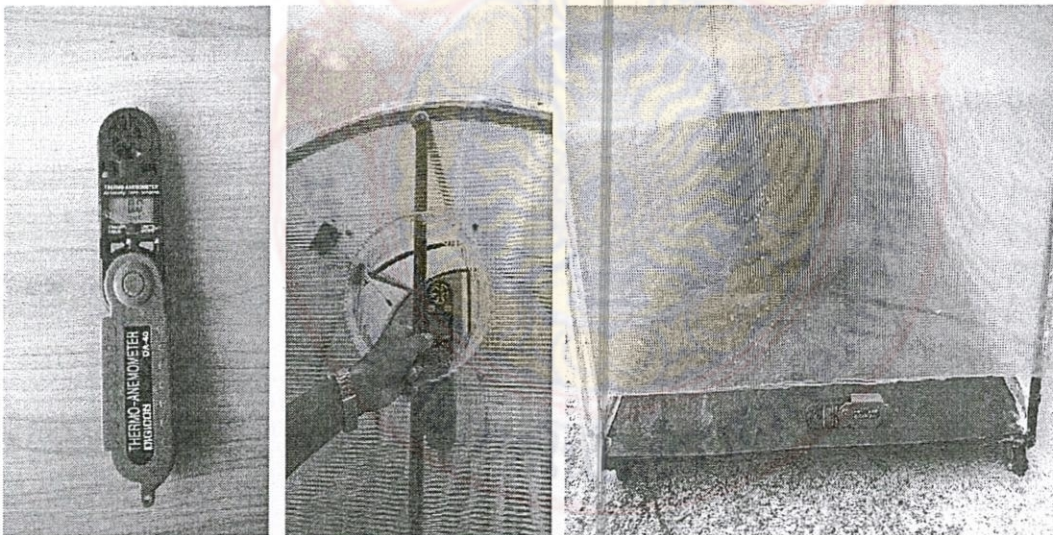
รูปที่ 3.17 ปิดประตูโรงอบแห้งยางพาราแผ่น

6) วัดอุณหภูมิภายใน – ภายนอกโรงอบยางพาราแผ่น และอุณหภูมิที่ช่องระบายความร้อน- ที่ออกจากโรงอบแล้วบันทึกค่าวัดค่าทุกๆ 1 ชั่วโมง โดยวัดด้วยเทอร์โมมิเตอร์



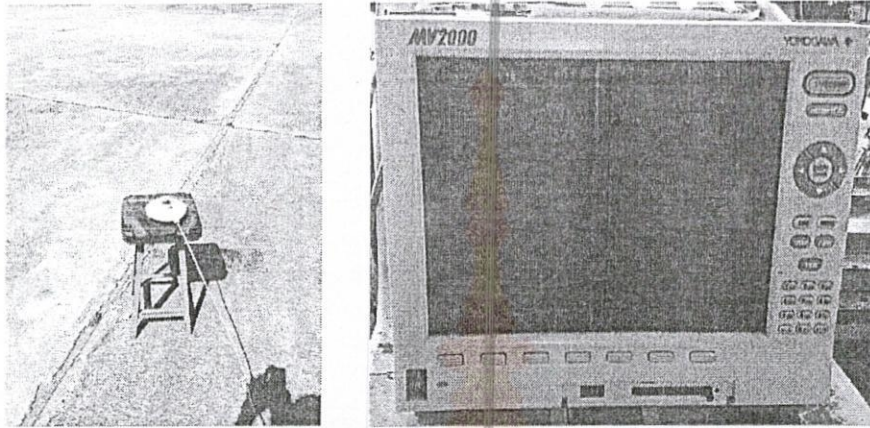
รูปที่ 3.18 การวัดอุณหภูมิภายในโรงอบยางพาราแผ่น

7) วัดความเร็วลมด้วยเครื่องวัดความเร็วลม



รูปที่ 3.19 การวัดความเร็วของอากาศที่ทางเข้าและทางออกของโรงอบยางแผ่น

8) วัดความเข้มของแสงด้วยเครื่อง Data locker MV 2000



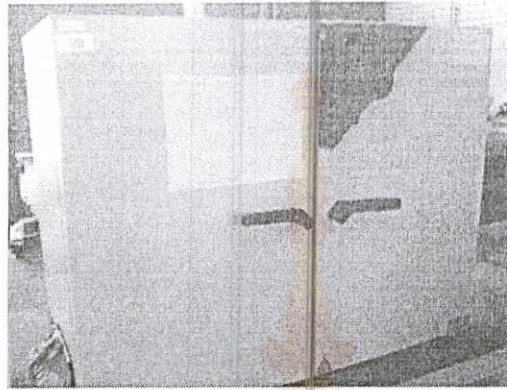
รูปที่ 3.20 วัดความเข้มของแสงอาทิตย์

9) ชั่งน้ำหนักยาง ในการอบยางวันแรกจะชั่งน้ำหนักยางทุก 1 ชั่วโมง และหลังจากวันแรก จะชั่งน้ำหนักยางทุกๆ 2 ชั่วโมง และบันทึกผล



รูปที่ 3.21 ชั่งน้ำหนักยาง

10) เมื่อตากยางจนน้ำหนักยางคงที่แล้วบันทึกค่าที่ได้แล้วนำไปอบต่อในเครื่องอบ



รูปที่ 3.22 อบยางในเครื่องอบยางที่อุณหภูมิ 103°C

11) เมื่ออบยางในเครื่องอบจนน้ำหนักยางคงที่แล้วทำการบันทึกค่าต่างๆที่ได้



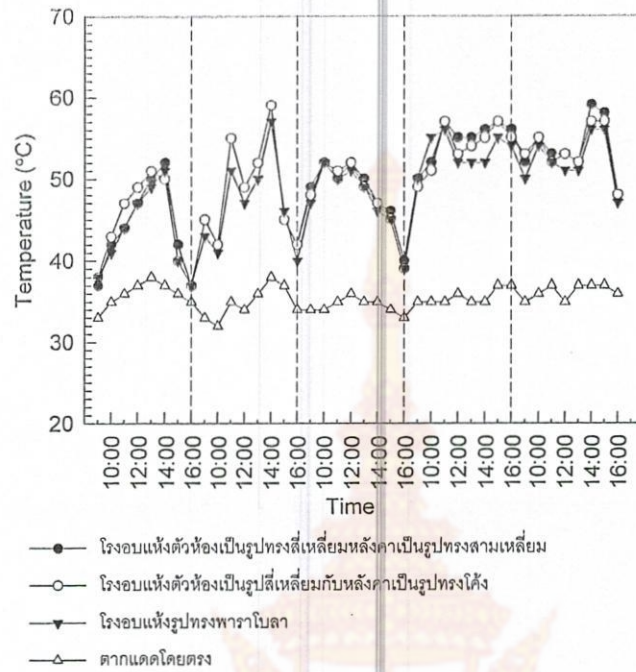
บทที่ 4

ผลการวิจัยและการวิเคราะห์

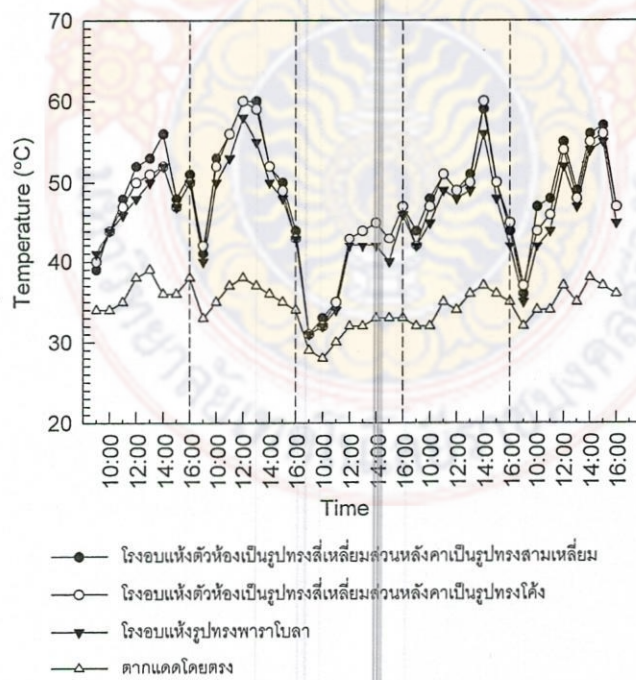
4.1 ผลการทดลอง

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 เพราะบริเวณหลังคาที่เป็นรูปทรงโค้งมีขนาดเล็กจึงไม่ส่งผลต่ออุณหภูมิของโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ ซึ่งอุณหภูมิของอากาศในโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์สูงจะมีความสัมพันธ์กับความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศในโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ด้วยนั่นคือที่อุณหภูมิอากาศในโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์สูงจะส่งผลให้ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศในโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์มีค่าลดลงทำให้เกิดการถ่ายเทความชื้นจากยางพาราแผ่นมายังอากาศในโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ได้ดี ส่วนโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบที่ 3 มีพื้นที่รับพลังงานจากแสงอาทิตย์น้อยกว่าแบบอื่นๆ และยังมีลักษณะรูปทรงที่ลู่เข้าสู่ทางออกของช่องระบายอากาศจึงทำให้อากาศร้อนในโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ไหลออกได้ดีส่งผลให้โรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบที่ 3 มีอุณหภูมิในโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ต่ำเพราะการระบายอากาศทำให้อุณหภูมิภายในโรงอบแห้งต่ำ ดังแสดงค่าอุณหภูมิทุกๆ 1 ชั่วโมงในรูปที่ 4.1-4.3 ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิในแต่ละวันดังรูปที่ 4.4-4.6 ค่าอุณหภูมิของการอบแห้งยางพาราแผ่นด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ยิ่งสูงก็จะทำให้การระเหยความชื้นออกจากยางพาราแผ่นได้ดีแต่ไม่ควรมีอุณหภูมิสูงเกิน 60 °C เพราะจะทำให้เกิดฟองอากาศในเนื้อยางพาราแผ่น 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 มีปริมาตรในโรง

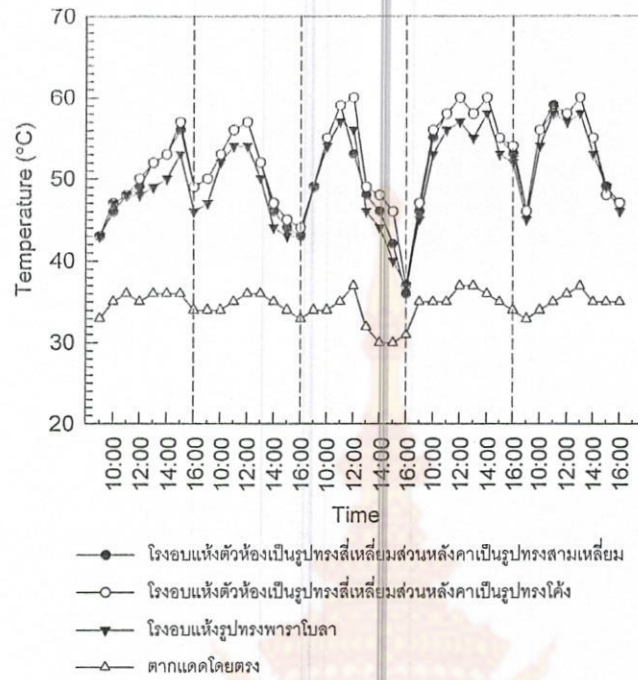
อบแห้งมากกว่ารูปทรงแบบอื่นทำให้มีปริมาณของความชื้นในอากาศต่อปริมาณของอากาศแห้งในโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์มีค่าลดลงจึงส่งผลให้ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศในโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์มีค่าลดลงตามไปด้วยในขณะที่โรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบที่ 1 กับโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบที่ 2 มีอุณหภูมิเฉลี่ยในโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์เท่ากัน ซึ่งเป็นไปตามหลักการไซโครเมตริก ดังแสดงค่าความชื้นสัมพัทธ์ทุกๆ 1 ชั่วโมงในรูปที่ 4.7-4.9 ค่าเฉลี่ยความชื้นสัมพัทธ์ในแต่ละวันดังรูปที่ 4.10-4.12 ซึ่งค่าความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศในโรงอบแห้งต่ำจะทำให้เกิดการระเหยความชื้นที่ผิวของยางพาราแผ่น ได้ดีกว่าที่ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศสูง ที่ค่ารังสีดวงอาทิตย์ 200-1,100 W/m² ดังแสดงในรูปที่ 4.13-4.15 การลดลงของความชื้นของยางพาราแผ่นจากการอบแห้งด้วยโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่ค่าเริ่มต้น 22-40% มาตรฐานแห้ง จนมีความชื้นสุดท้าย 0.3-0.9% มาตรฐานแห้ง ดังแสดงในรูปที่ 4.16-4.18 พบว่าการลดลงของความชื้นของยางพาราแผ่นในช่วงวันแรกจะลดลงอย่างรวดเร็ว เนื่องจากการระเหยของน้ำที่ผิวของยางพาราแผ่นจึงเกิดการระเหยได้เร็ว ส่วนวันถัดมาความชื้นของยางพาราแผ่นจะลดลงอย่างช้าๆ เนื่องจากการระเหยน้ำที่อยู่ภายในเนื้อของยางพาราแผ่น ผลการทดลองใช้เวลาอบแห้งเฉลี่ย 5 วัน จะทำให้ยางพาราแผ่นมีเนื้อยางใสทั่วตลอดทั้งแผ่นสามารถนำยางพาราแผ่นไปจำหน่ายได้ในราคายางพาราแผ่นดิบคุณภาพดี และพบว่า การอบแห้งยางพาราแผ่นด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ ให้ได้ยางพาราแผ่นคุณภาพดี สีสวย ไม่ขึ้นรา ต้องอบแห้งยางพาราแผ่นจนมีความชื้นต่ำกว่า 1% มาตรฐานแห้ง แต่ถ้ายางพาราแผ่นมีความชื้นในช่วง 1-3% มาตรฐานแห้ง ใช้เวลาอบแห้งเฉลี่ย 3 วัน ยางพาราแผ่นจะมีเนื้อยางไม่ใสทั่วตลอดทั้งแผ่นและเมื่อนำไปจำหน่ายก็จะถูกหักราคาให้เหลือเท่ากับราคาของยางพาราแผ่นที่ 5-7% มาตรฐานแห้ง ซึ่งมีราคาแตกต่างกันเฉลี่ย 1 บาท/กิโลกรัม



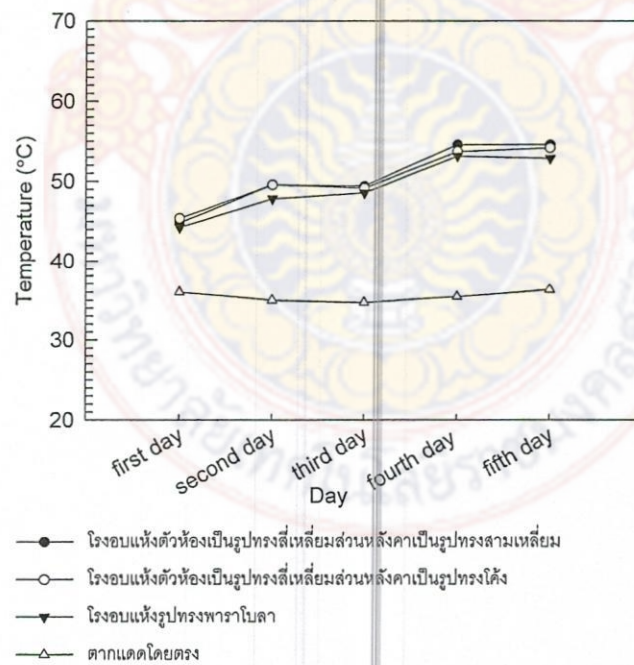
รูปที่ 4.1 อุณหภูมิอากาศในโรงอบแห้ง ทดลองครั้งที่ 1



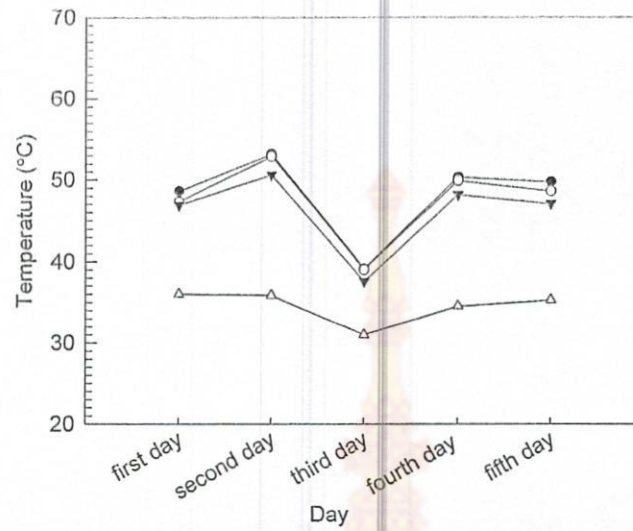
รูปที่ 4.2 อุณหภูมิอากาศในโรงอบแห้ง ทดลองครั้งที่ 2



รูปที่ 4.3 อุณหภูมิอากาศในโรงอบแห้ง ทดลองครั้งที่ 3

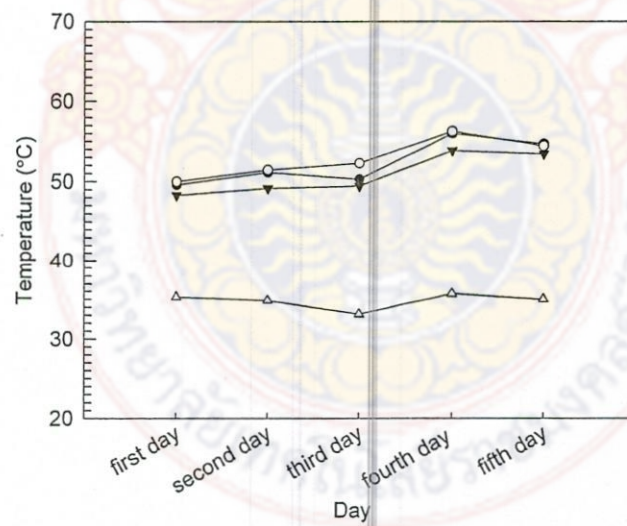


รูปที่ 4.4 อุณหภูมิอากาศในโรงอบแห้งเฉลี่ย ทดลองครั้งที่ 1



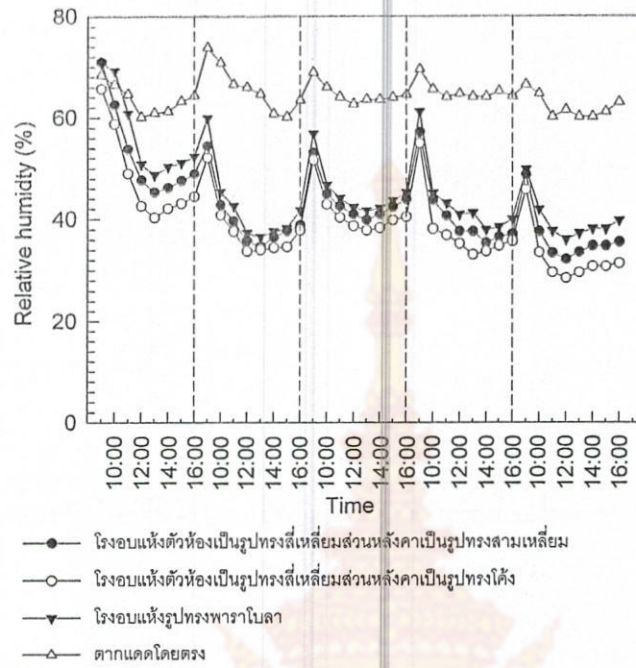
- โรงอบแห้งตัวห้องเป็นรูปทรงสี่เหลี่ยมส่วนหลังคาเป็นรูปทรงสามเหลี่ยม
- โรงอบแห้งตัวห้องเป็นรูปทรงสี่เหลี่ยมส่วนหลังคาเป็นรูปทรงโค้ง
- ▼ โรงอบแห้งรูปทรงพาราโบลา
- △ ตากแดดโดยตรง

รูปที่ 4.5 อุณหภูมิอากาศในโรงอบแห้งเกลือ ทดลองครั้งที่ 2

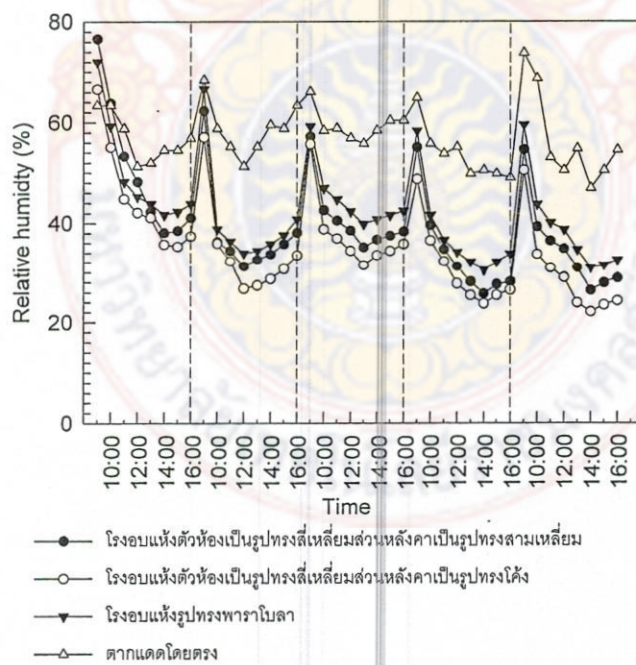


- โรงอบแห้งตัวห้องเป็นรูปทรงสี่เหลี่ยมส่วนหลังคาเป็นรูปทรงสามเหลี่ยม
- โรงอบแห้งตัวห้องเป็นรูปทรงสี่เหลี่ยมส่วนหลังคาเป็นรูปทรงโค้ง
- ▼ โรงอบแห้งรูปทรงพาราโบลา
- △ ตากแดดโดยตรง

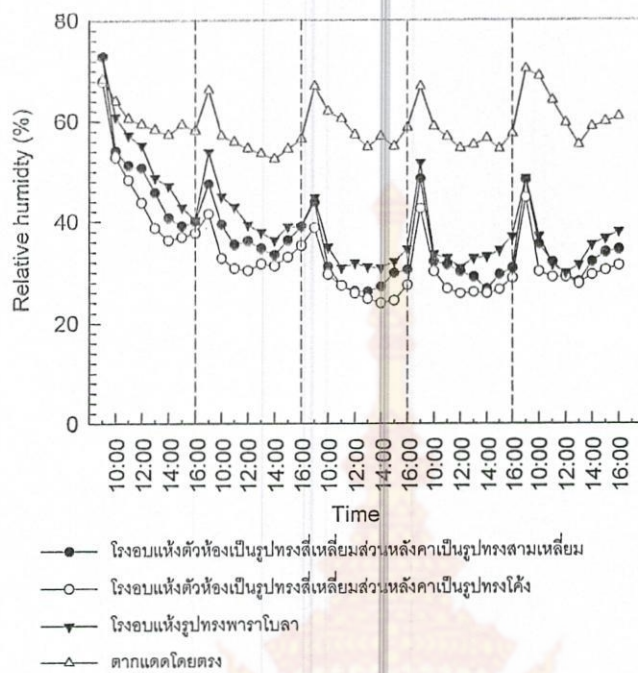
รูปที่ 4.6 อุณหภูมิอากาศในโรงอบแห้งเกลือ ทดลองครั้งที่ 3



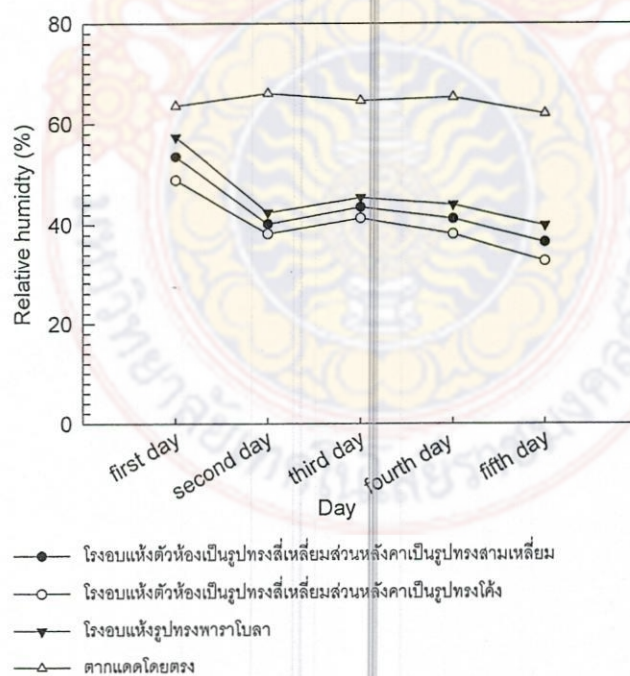
รูปที่ 4.7 ความชื้นสัมพัทธ์ใน โรงอบแห้ง ทดลองครั้งที่ 1



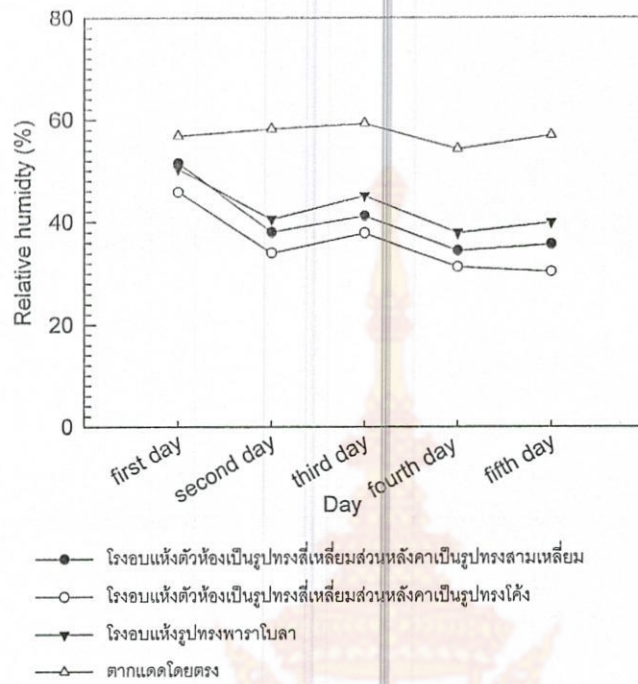
รูปที่ 4.8 ความชื้นสัมพัทธ์ใน โรงอบแห้ง ทดลองครั้งที่ 2



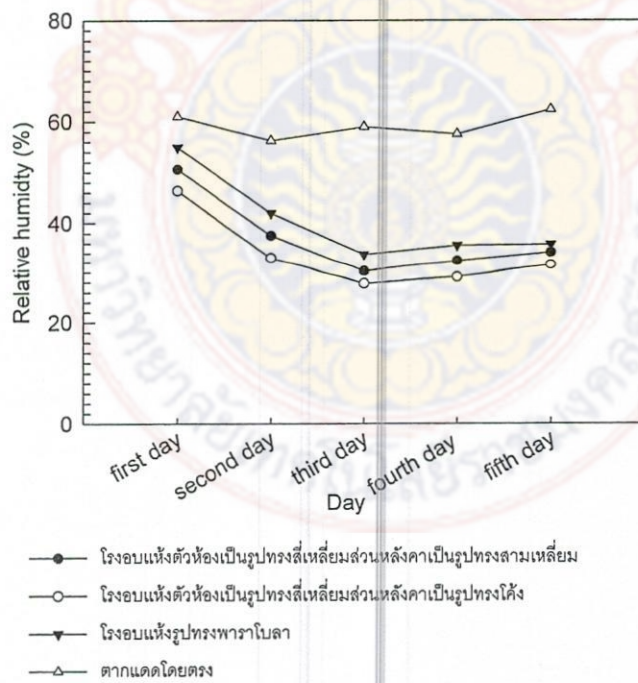
รูปที่ 4.9 ความชื้นสัมพัทธ์ใน โรงอบแห้ง ทดลองครั้งที่ 3



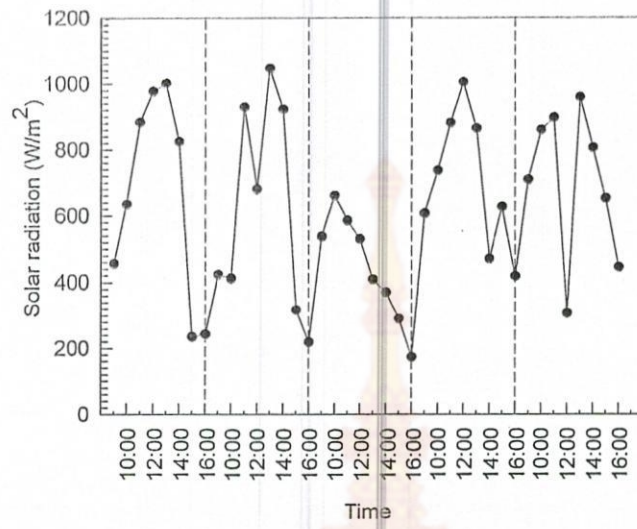
รูปที่ 4.10 ความชื้นสัมพัทธ์ใน โรงอบแห้งเฉลี่ย ทดลองครั้งที่ 1



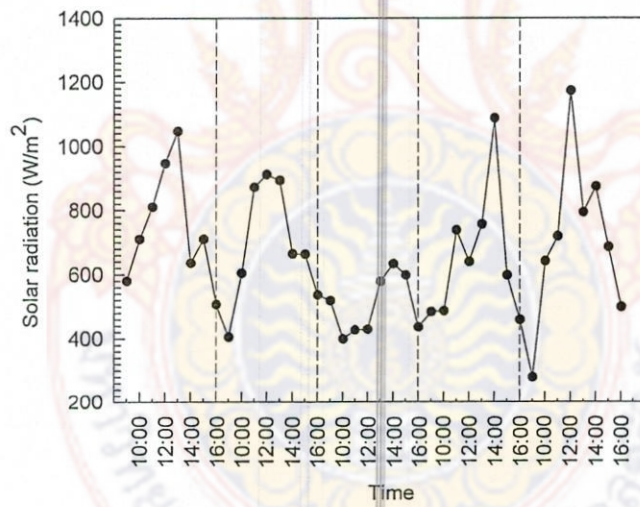
รูปที่ 4.11 ความชื้นสัมพัทธ์ใน โรงอบแห้งเกลือ ทดลองครั้งที่ 2



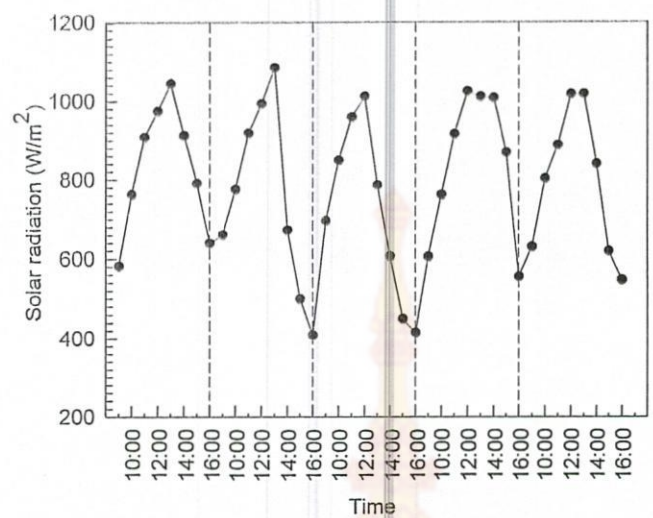
รูปที่ 4.12 ความชื้นสัมพัทธ์ใน โรงอบแห้งเกลือ ทดลองครั้งที่ 3



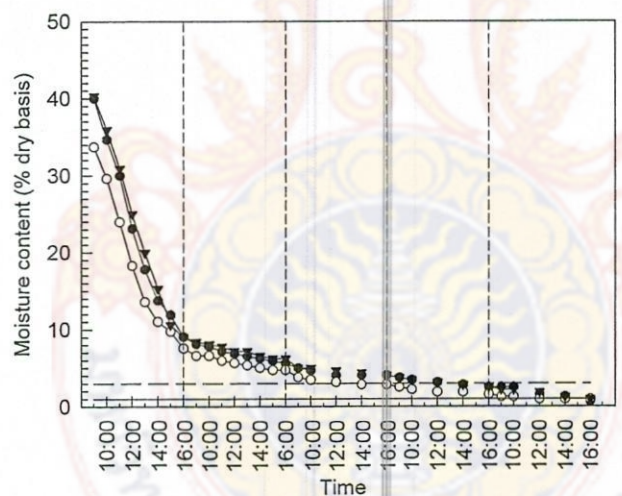
รูปที่ 4.13 รังสีดวงอาทิตย์ ทดลองครั้งที่ 1



รูปที่ 4.14 รังสีดวงอาทิตย์ ทดลองครั้งที่ 2

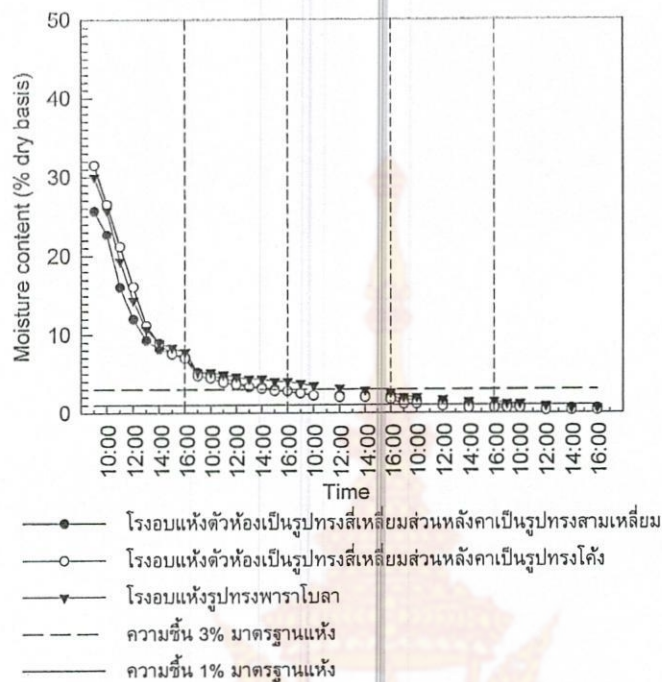


รูปที่ 4.15 รังสีดวงอาทิตย์ ทดลองครั้งที่ 3

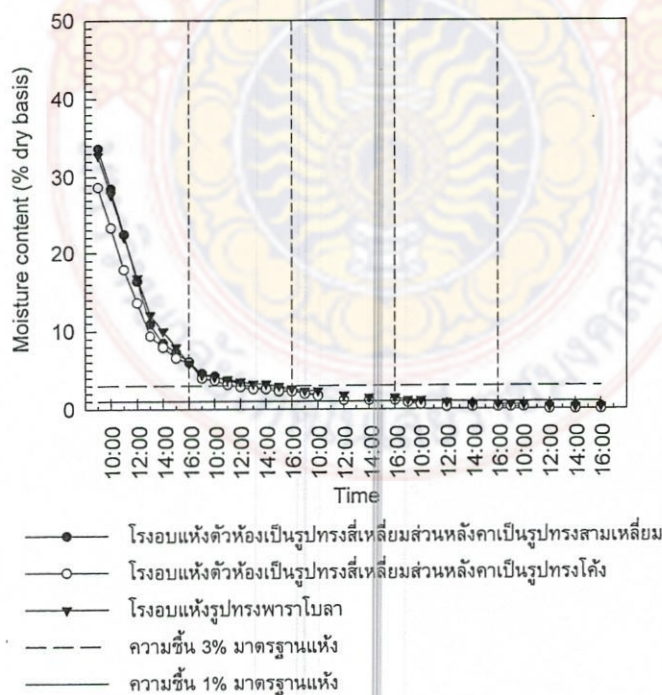


- โรงอบแห้งตัวห้องเป็นรูปทรงสี่เหลี่ยมส่วนหลังคาเป็นรูปทรงสามเหลี่ยม
- โรงอบแห้งตัวห้องเป็นรูปทรงสี่เหลี่ยมส่วนหลังคาเป็นรูปทรงโค้ง
- ▼ โรงอบแห้งรูปทรงพาราโบล่า
- ความชื้น 3% มาตรฐานแห้ง
- ความชื้น 1% มาตรฐานแห้ง

รูปที่ 4.16 ความชื้นยางพาราแผ่น ทดลองครั้งที่ 1



รูปที่ 4.17 ความชื้นยางพาราแผ่น ทดลองครั้งที่ 2



รูปที่ 4.18 ความชื้นยางพาราแผ่น ทดลองครั้งที่ 3

บทที่ 5 สรุป

5.1 สรุปผลการทดลอง

การอบแห้งยางพาราแผ่นด้วยโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่มีรูปทรงแตกต่างกัน 3 แบบ พบว่าโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ตัวห้องเป็นรูปทรงสี่เหลี่ยมส่วนหลังคาเป็นรูปทรงสามเหลี่ยม (แบบที่ 1) กับโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ตัวห้องเป็นรูปทรงสี่เหลี่ยมส่วนหลังคาเป็นรูปทรงโค้ง (แบบที่ 2) มีอุณหภูมิเฉลี่ยเท่ากันแต่ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศในโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบที่ 2 มีค่าต่ำกว่าเป็นผลให้โรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบที่ 2 มีคุณสมบัติในการอบแห้งยางพาราแผ่นได้ดีกว่า ซึ่งมีอุณหภูมิสำหรับการอบแห้งยางพาราแผ่นเฉลี่ย $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ ความชื้นสัมพัทธ์อากาศเฉลี่ย 37% ที่อุณหภูมิสิ่งแวดล้อมเฉลี่ย $35\text{ }^{\circ}\text{C}$ ความชื้นสัมพัทธ์อากาศสิ่งแวดล้อมเฉลี่ย 60% สามารถอบแห้งยางพาราแผ่นให้มีความชื้นต่ำกว่า 1% มาตรฐานแห้ง ซึ่งมีเนื้อยางพาราใสทั่วตลอดทั้งแผ่นเป็นยางพาราแผ่นคุณภาพดี โดยใช้เวลาในการอบแห้ง 5 วัน ดังนั้นการสร้างโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบการพาความร้อนโดยธรรมชาติในกรณีที่มีพื้นที่ในการสร้างจำกัดจึงควรสร้างโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ให้มีรูปทรงตัวห้องเป็นรูปทรงสี่เหลี่ยมส่วนหลังคาเป็นรูปทรงโค้งเพื่อให้โรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์มีอุณหภูมิในโรงอบแห้งสูงและมีความชื้นสัมพัทธ์ในโรงอบแห้งต่ำ

เอกสารอ้างอิง

- ชงไชย ศรีนพคุณ, 2530, สมการอบแห้งและแบบจำลองความชื้นสมดุลของผลิตภัณฑ์เกษตร, วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
- พีระพงษ์ทิมสกุล, ฐานันดรศักดิ์เทพญา, วัชรพงษ์อินนุพัฒน์, 2550, การตากแห้งยางแผ่นดิบที่เหมาะสมต่อการรมควันโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์, ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- พุดศักดิ์อินทรโยธา, ภัคดีบุญเจริญและอรสาไตรภพ, 2552, รวบรวมผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับยางพารา, สำนักงานกองทุนสงเคราะห์การทำสวนยาง, หน้า 58.
- สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2553, ข้อมูลวิชาการยางพารา 2553.
- Barnwal P., Tiwari G.N., 2008, Grape drying by using hybrid photovoltaic-thermal (PV/T) greenhouse dryer: An experimental study, *Solar Energy*, 82, 1131–1144.
- 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.
- Janjai S., Intawee P., Kaewkiew J., Sritus C., Khamvongsa V., 2011, A large-scale solar greenhouse dryer using polycarbonate cover: Modeling and testing in a tropical environment of Lao People's Democratic Republic, *Renewable Energy*, 36, 1053-1062.

ภาคผนวก



ภาคผนวก ก
ผลการทดลอง



ตาราง ก.1 ผลการทดลองโรงอบแห้งรูปทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้าเป็นรูปสามเหลี่ยมครั้งที่ 1

Date	time	T_d	RH	m_i	m_d	MC_{db}	V_{inlet}	V_{outlet}	T_{outlet}
(d/m/y)	(hr)	(°C)	(%)	(kg)	(kg)	(%)	(m/s)	(m/s)	(m/s)
4/2/2559	9:00	37	70.9	4.48	3.20	40.00	0.1	0.2	32
	10:00	42	62.5	4.31	3.20	34.69	0.3	0.6	36
	11:00	44	53.8	4.16	3.20	30.00	0.6	1.1	38
	12:00	47	47.7	3.94	3.20	23.13	0.1	1.0	44
	13:00	50	45.3	3.77	3.20	17.81	0.7	1.5	48
	14:00	52	46.2	3.64	3.20	13.75	0.9	1.6	50
	15:00	42	47.6	3.58	3.20	11.88	0.1	0.5	43
	16:00	37	48.9	3.49	3.20	9.06	0.3	0.4	35
5/2/2559	9:00	45	54.4	3.46	3.20	8.12	0.0	0.5	39
	10:00	42	42.8	3.45	3.20	7.81	0.0	0.6	36
	11:00	55	39.6	3.43	3.20	7.19	0.3	0.6	41
	12:00	49	35.8	3.42	3.20	6.87	0.3	0.7	42
	13:00	52	34.7	3.41	3.20	6.56	0.6	1.3	40
	14:00	59	36.5	3.40	3.20	6.25	0.1	1.2	49
	15:00	45	37.7	3.39	3.20	5.94	0.0	0.6	40
	16:00	42	38.8	3.38	3.20	5.62	0.0	0.1	37
6/2/2559	9:00	49	53.1	3.36	3.20	5.00	0.4	0.8	46
	10:00	52	44.9	3.35	3.20	4.69	0.8	0.5	49
	11:00	50	42.5		3.20		0.8	1.6	47
	12:00	52	40.9	3.33	3.20	4.06	0.7	1.0	49
	13:00	50	39.8		3.20		0.1	0.9	47
	14:00	47	40.9	3.33	3.20	4.06	0.6	0.7	45
	15:00	46	42.4		3.20		0.2	0.0	44
	16:00	40	43.8	3.33	3.20	4.06	0.0	0.8	37

ตาราง ก.1 ผลการทดลองโรงอบแห้งรูปทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้าเป็นรูปสามเหลี่ยมครั้งที่ 1 (ต่อ)

Date	time	T_d	RH	m_t	m_d	MC_{db}	V_{inlet}	V_{outlet}	T_{outlet}
(d/m/y)	(hr)	(°C)	(%)	(kg)	(kg)	(%)	(m/s)	(m/s)	(m/s)
7/2/2559	9:00	50	57.1	3.32	3.20	3.75	0.0	0.7	47
	10:00	52	43.7	3.31	3.20	3.44	0.5	1.1	53
	11:00	57	40.6		3.20		0.4	0.5	54
	12:00	55	37.6	3.30	3.20	3.12	0.5	1.2	52
	13:00	55	37.6		3.20		1.0	0.8	53
	14:00	56	35.4	3.29	3.20	2.81	0.5	1.0	52
	15:00	57	36.6		3.20		0.3	1.0	50
	16:00	56	37.1	3.28	3.20	2.50	0.6	1.0	53
8/2/2559	9:00	52	48.7	3.28	3.20	2.50	0.5	0.8	47
	10:00	55	37.6	3.28	3.20	2.50	0.4	0.9	51
	11:00	53	33.5		3.20		0.3	1.0	51
	12:00	53	32.3	3.25	3.20	1.56	0.5	0.9	48
	13:00	52	33.7		3.20		0.5	0.8	51
	14:00	59	34.9	3.24	3.20	1.25	0.5	1.0	57
	15:00	58	34.9		3.20		0.8	1.0	55
	16:00	48	35.6	3.22	3.20	0.63	0.7	0.8	47

ตาราง ก.2 ผลการทดลองโรงอบแห้งรูปทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้าเป็นรูปโค้งครั้งที่ 1

Date	time	T _d	RH	m _i	m _d	MC _{db}	V _{inlet}	V _{outlet}	T _{outlet}
(d/m/y)	(hr)	(°C)	(%)	(kg)	(kg)	(%)	(m/s)	(m/s)	(m/s)
4/2/2559	9:00	38	65.7	4.24	3.17	33.75	0.6	1.2	34
	10:00	43	58.8	4.11	3.17	29.65	0.3	0.5	39
	11:00	47	49.0	3.93	3.17	23.97	0.3	0.6	39
	12:00	49	42.6	3.75	3.17	18.30	0.0	0.7	45
	13:00	51	40.3	3.60	3.17	13.56	0.5	1.2	49
	14:00	50	42.1	3.52	3.17	11.04	0.7	0.7	50
	15:00	40	43.1	3.48	3.17	9.78	0.5	0.6	38
	16:00	37	44.5	3.41	3.17	7.57	0.6	0.5	32
5/2/2559	9:00	45	52.1	3.38	3.17	6.62	0.0	0.8	39
	10:00	42	40.8	3.38	3.17	6.62	0.7	0.6	35
	11:00	55	37.6	3.36	3.17	5.99	0.0	0.6	50
	12:00	49	33.8	3.35	3.17	5.68	0.4	1.5	38
	13:00	52	34.1	3.34	3.17	5.36	0.5	0.7	41
	14:00	59	34.5	3.33	3.17	5.05	0.3	0.9	50
	15:00	45	34.7	3.32	3.17	4.73	0.1	0.7	41
	16:00	42	37.8	3.32	3.17	4.73	0.2	0.2	37
6/2/2559	9:00	48	51.6	3.29	3.17	3.79	0.0	0.9	45
	10:00	52	42.9	3.28	3.17	3.47	0.5	0.6	47
	11:00	51	40.3		3.17		0.6	1.2	46
	12:00	52	38.7	3.27	3.17	3.15	0.1	0.9	49
	13:00	49	37.8		3.17		0.8	0.7	47
	14:00	47	38.3	3.26	3.17	2.84	0.7	0.7	44
	15:00	45	39.8		3.17		0.6	0.7	43
	16:00	39	40.4	3.26	3.17	2.84	0.6	0.2	37

ตาราง ก.2 ผลการทดลองโรงอบแห้งรูปทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้าเป็นรูปโถงครั้งที่ 1 (ต่อ)

Date	time	T_d	RH	m_t	m_d	MC_{db}	V_{inlet}	V_{outlet}	T_{outlet}
(d/m/y)	(hr)	(°C)	(%)	(kg)	(kg)	(%)	(m/s)	(m/s)	(m/s)
7/2/2559	9:00	49	54.9	3.25	3.17	2.52	0.5	0.9	46
	10:00	51	38.1	3.24	3.17	2.21	0.8	0.9	49
	11:00	57	36.9		3.17		0.9	1.6	54
	12:00	53	35.3	3.23	3.17	1.89	0.8	1.1	51
	13:00	54	33.2		3.17		0.8	1.8	53
	14:00	55	33.8	3.23	3.17	1.89	0.5	1.1	53
	15:00	57	34.9		3.17		0.6	0.4	47
	16:00	55	35.8	3.22	3.17	1.58	0.2	0.9	50
8/2/2559	9:00	53	45.8	3.21	3.17	1.26	0.5	0.8	47
	10:00	55	33.6	3.21	3.17	1.26	0.0	1.0	51
	11:00	52	29.7		3.17		0.1	0.5	47
	12:00	53	28.5	3.20	3.17	0.95	0.1	0.7	50
	13:00	52	29.7		3.17		0.8	0.7	50
	14:00	57	30.9	3.20	3.17	0.95	0.8	1.0	54
	15:00	57	30.9		3.17		0.6	0.9	53
	16:00	48	31.5	3.20	3.17	0.95	0.6	1.1	45

ตาราง ก.3 ผลการทดลองโรงอบแห้งรูปทรงพาราโบล่าครั้งที่ 1

Date	time	T _d	RH	m _t	m _d	MC _{db}	V _{inlet}	V _{outlet}	T _{outlet}
(d/m/y)	(hr)	(°C)	(%)	(kg)	(kg)	(%)	(m/s)	(m/s)	(m/s)
4/2/2559	9:00	38	70.8	4.49	3.20	40.31	0.1	0.3	34
	10:00	41	69.2	4.35	3.20	35.94	0.3	0.4	37
	11:00	44	60.8	4.19	3.20	30.94	0.3	1.0	38
	12:00	47	50.8	4.00	3.20	25.00	0.2	0.6	43
	13:00	49	48.7	3.84	3.20	20.00	0.7	0.6	45
	14:00	51	50.3	3.69	3.20	15.31	0.9	1.7	49
	15:00	40	51.1	3.54	3.20	10.63	0.7	0.4	38
	16:00	37	52.3	3.49	3.20	9.06	0.5	0.5	32
5/2/2559	9:00	43	59.8	3.47	3.20	8.44	0.3	0.5	39
	10:00	41	45.3	3.46	3.20	8.12	0.8	0.1	38
	11:00	51	42.5	3.45	3.20	7.81	0.7	1.7	39
	12:00	47	37.3	3.43	3.20	7.19	0.5	1.0	41
	13:00	50	36.5	3.43	3.20	7.19	0.6	1.6	45
	14:00	57	37.6	3.41	3.20	6.56	0.5	0.8	52
	15:00	46	38.2	3.40	3.20	6.25	0.7	1.0	42
	16:00	40	41.7	3.40	3.20	6.25	0.2	0.1	39
6/2/2559	9:00	47	56.8	3.36	3.20	5.00	0.5	0.6	45
	10:00	52	46.7	3.36	3.20	5.00	0.8	0.9	45
	11:00	50	44.1		3.20		0.8	0.6	47
	12:00	51	42.3	3.35	3.20	4.69	0.8	0.8	47
	13:00	49	41.6		3.20		0.7	0.7	45
	14:00	46	42.2	3.34	3.20	4.37	0.0	0.9	44
	15:00	45	43.6		3.20		0.4	0.8	43
	16:00	39	45.2	3.33	3.20	4.06	0.0	0.4	37

ตาราง ก.3 ผลการทดลองโรงอบแห้งรูปทรงพาราโบลาครั้งที่ 1 (ต่อ)

Date	time	T_d	RH	m_t	m_d	MC_{db}	V_{inlet}	V_{outlet}	T_{outlet}
(d/m/y)	(hr)	(°C)	(%)	(kg)	(kg)	(%)	(m/s)	(m/s)	(°C)
7/2/2559	9:00	50	61.1	3.32	3.20	3.75	0.3	0.8	47
	10:00	55	45.1	3.31	3.20	3.44	0.8	0.9	51
	11:00	56	43.1		3.20		0.7	0.4	51
	12:00	52	40.9	3.30	3.20	3.12	0.8	0.8	48
	13:00	52	41.2		3.20		0.8	1.7	50
	14:00	52	37.9	3.29	3.20	2.81	1.0	0.8	49
	15:00	55	38.4		3.20		0.7	0.8	52
	16:00	54	39.9	3.28	3.20	2.50	0.7	0.8	50
8/2/2559	9:00	50	49.8	3.27	3.20	2.19	0.5	0.5	48
	10:00	54	41.9	3.27	3.20	2.19	0.5	0.7	51
	11:00	52	37.7		3.20		0.5	0.7	47
	12:00	51	36.1	3.26	3.20	1.87	0.6	0.9	47
	13:00	51	37.3		3.20		0.3	0.4	49
	14:00	56	38.1	3.24	3.20	1.25	0.5	0.8	53
	15:00	56	38.1		3.20		0.6	0.7	53
	16:00	47	39.7	3.23	3.20	0.94	0.4	0.6	46

ตาราง ก.4 ผลการทดลองขางพาราแผ่นที่ตากแดด โดยตรงครั้งที่ 1

Date	time	T _d	RH	m _t	m _d	MC _{db}	Solar radiation
(d/m/y)	(hr)	(°C)	(%)	(kg)	(kg)	(%)	(W/m ²)
4/2/2559	9:00	33	68.4	4.22	3.25	29.85	457
	10:00	35	66.5	3.92	3.25	20.62	635
	11:00	36	64.6	3.71	3.25	14.15	883
	12:00	37	60.1	3.64	3.25	12.00	977
	13:00	38	60.9	3.60	3.25	10.77	1001
	14:00	37	61.2	3.58	3.25	10.15	824
	15:00	36	63.2	3.54	3.25	8.92	235
	16:00	35	64.3	3.50	3.25	7.69	243
5/2/2559	9:00	33	73.8	3.48	3.25	7.08	423
	10:00	32	70.8	3.48	3.25	7.08	412
	11:00	35	66.5	3.47	3.25	6.77	928
	12:00	34	65.9	3.46	3.25	6.46	680
	13:00	36	64.6	3.46	3.25	6.46	1045
	14:00	38	60.7	3.45	3.25	6.15	922
	15:00	37	60.1	3.45	3.25	6.15	317
	16:00	34	63.4	3.44	3.25	5.85	218
6/2/2559	9:00	34	68.9	3.41	3.25	4.92	538
	10:00	34	65.9	3.41	3.25	4.92	659
	11:00	35	64.0				584
	12:00	36	62.6	3.40	3.25	4.62	529
	13:00	35	63.5		3.25		408
	14:00	35	63.5	3.40	3.25	4.62	370
	15:00	34	63.9				290

ตาราง ก.4 ผลการทดลองของพาราแผ่นที่ตากแดดโดยตรงครั้งที่ 1 (ต่อ)

Date	time	T_d	RH	m_t	m_d	MC_{db}	Solar radiation
(d/m/y)	(hr)	(°C)	(%)	(kg)	(kg)	(%)	(W/m^2)
	16:00	33	64.4	3.40	3.25	4.62	173
7/2/2559	9:00	35	69.5	3.38	3.25	4.00	605
	10:00	35	65.5	3.38	3.25	4.00	736
	11:00	35	64.0				881
	12:00	36	64.6	3.37	3.25	3.69	1003
	13:00	35	64.0				863
	14:00	35	64.0	3.37	3.25	3.69	471
	15:00	37	65.1				625
	16:00	37	64.1	3.36	3.25	3.38	418
8/2/2559	9:00	35	66.4	3.35	3.25	3.08	708
	10:00	36	64.6	3.35	3.25	3.08	859
	11:00	37	60.1				896
	12:00	35	61.4	3.34	3.25	2.77	308
	13:00	37	60.1				958
	14:00	37	60.1	3.34	3.25	2.77	805
	15:00	37	61.1				651
	16:00	36	62.9	3.34	3.25	2.77	446

ตาราง ก.5 ผลการทดลอง โรงอบแห้งรูปทรงสี่เหลี่ยมส่วนหลังคาเป็นรูปสามเหลี่ยมครั้งที่ 2

Date	time	T _d	RH	m _t	m _d	MC _{db}	V _{inlet}	V _{outlet}	T _{outlet}
(d/m/y)	(hr)	(°C)	(%)	(kg)	(kg)	(%)	(m/s)	(m/s)	(m/s)
3/3/2559	9:00	39	76.6	4.61	3.67	25.61	0.0	0.7	38
	10:00	44	63.8	4.50	3.67	22.62	0.0	0.1	40
	11:00	48	53.3	4.26	3.67	16.08	0.0	0.9	42
	12:00	52	48.2	4.11	3.67	11.99	0.0	0.0	48
	13:00	53	42.3	4.01	3.67	9.26	0.2	0.3	52
	14:00	56	38.1	3.97	3.67	8.17	0.0	0.7	51
	15:00	48	38.5	3.95	3.67	7.63	0.0	0.1	46
	16:00	51	41.1	3.93	3.67	7.08	0.0	1.2	43
4/3/2559	9:00	41	62.3	3.86	3.67	5.18	0.0	0.4	39
	10:00	53	36.3	3.85	3.67	4.90	0.0	0.7	47
	11:00	56	34.4	3.83	3.67	4.36	0.7	0.0	47
	12:00	60	31.2	3.82	3.67	4.09	0.0	1.5	58
	13:00	60	32.6	3.79	3.67	3.27	1.1	0.6	57
	14:00	52	33.7	3.79	3.67	3.27	0.0	0.1	44
	15:00	50	35.8	3.78	3.67	3.00	0.0	0.3	45
	16:00	44	38.1	3.77	3.67	2.72	0.0	0.6	42
5/3/2559	9:00	31	57.2	3.76	3.67	2.45	0.0	0.0	28
	10:00	33	42.6	3.75	3.67	2.18	0.0	0.3	29
	11:00	35	40.5				0.0	0.9	31
	12:00	43	38.5	3.75	3.67	2.18	0.0	0.2	37
	13:00	44	35.1				0.0	0.5	42
	14:00	45	36.7	3.75	3.67	2.18	0.0	0.8	41
	15:00	43	37.5				0.0	0.6	39
	16:00	47	38.3	3.75	3.67	2.18	0.1	0.9	37

ตาราง ก.5 ผลการทดลองโรงอบแห้งรูปทรงสี่เหลี่ยมส่วนหลังคาเป็นรูปสามเหลี่ยมครั้งที่ 2 (ต่อ)

Date	time	T _d	RH	m _i	m _d	MC _{db}	V _{inlet}	V _{outlet}	T _{outlet}
(d/m/y)	(hr)	(°C)	(%)	(kg)	(kg)	(%)	(m/s)	(m/s)	(m/s)
6/3/2559	9:00	44	55.1	3.73	3.67	1.63	0.0	0.8	40
	10:00	48	39.6	3.73	3.67	1.63	0.1	0.8	42
	11:00	51	34.7				0.0	1.5	42
	12:00	49	31.1	3.72	3.67	1.36	0.0	0.7	46
	13:00	51	28.1				0.0	2.0	44
	14:00	59	25.7	3.71	3.67	1.09	1.2	1.0	48
	15:00	50	27.5				0.0	1.5	44
	16:00	44	28.1	3.70	3.67	0.82	0.3	0.3	39
7/3/2559	9:00	36	54.6	3.70	3.67	0.82	0.2	0.6	34
	10:00	47	39.3	3.70	3.67	0.82	0.6	1.8	40
	11:00	48	36.4				0.7	0.9	44
	12:00	55	34.8	3.69	3.67	0.54	0.5	0.6	46
	13:00	49	30.9				0.9	0.4	43
	14:00	56	26.4	3.69	3.67	0.54	0.0	0.9	48
	15:00	57	27.9				0.3	1.5	50
	16:00	47	28.8	3.69	3.67	0.54	0.0	1.3	42

ตาราง ก.6 ผลการทดลอง โรงอบแห้งรูปทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้าหลังคาเป็นรูปโค้งครั้งที่ 2

Date	time	T _d	RH	m _t	m _d	MC _{db}	V _{inlet}	V _{outlet}	T _{outlet}
(d/m/y)	(hr)	(°C)	(%)	(kg)	(kg)	(%)	(m/s)	(m/s)	(m/s)
3/3/2559	9:00	40	66.6	4.72	3.59	31.48	0.0	0.7	38
	10:00	44	55.1	4.54	3.59	26.46	0.0	0.3	40
	11:00	47	44.8	4.35	3.59	21.17	0.0	0.6	41
	12:00	50	42.1	4.17	3.59	16.16	0.0	0.0	47
	13:00	51	41.1	3.99	3.59	11.14	0.0	0.7	48
	14:00	52	35.7	3.91	3.59	8.91	0.0	0.7	46
	15:00	47	35.3	3.86	3.59	7.52	0.0	1.0	44
	16:00	50	37.4	3.84	3.59	6.96	0.4	1.0	47
4/3/2559	9:00	42	57.1	3.76	3.59	4.74	0.0	0.2	38
	10:00	52	35.9	3.75	3.59	4.46	0.0	1.0	45
	11:00	56	32.2	3.73	3.59	3.90	0.0	0.3	50
	12:00	60	26.8	3.72	3.59	3.62	0.1	1.0	54
	13:00	59	27.4	3.71	3.59	3.34	1.1	0.8	57
	14:00	52	28.7	3.70	3.59	3.06	0.9	0.6	50
	15:00	49	30.7	3.69	3.59	2.79	0.0	0.2	47
	16:00	43	33.5	3.69	3.59	2.79	0.0	0.0	41
5/3/2559	9:00	31	55.7	3.68	3.59	2.51	0.0	0.0	29
	10:00	32	38.8	3.67	3.59	2.23	0.0	0.0	29
	11:00	35	36.9		3.59		0.0	0.5	33
	12:00	43	34.4	3.66	3.59	1.95	0.0	0.5	41
	13:00	44	31.4		3.59		0.5	0.8	41
	14:00	45	33.5	3.66	3.59	1.95	0.0	0.8	42
	15:00	43	34.4		3.59		0.0	0.6	40

ตาราง ก.6 ผลการทดลองโรงอบแห้งรูปทรงสี่เหลี่ยมส่วนหลังคาเป็นรูปโค้งครั้งที่ 2 (ต่อ)

Date	time	T _d	RH	m _t	m _d	MC _{db}	V _{inlet}	V _{outlet}	T _{outlet}
(d/m/y)	(hr)	(°C)	(%)	(kg)	(kg)	(%)	(m/s)	(m/s)	(m/s)
5/3/2559	16:00	47	35.8	3.65	3.59	1.67	0.0	0.0	46
6/3/2559	9:00	42	48.7	3.63	3.59	1.11	0.4	0.6	39
	10:00	47	36.5	3.63	3.59	1.11	0.0	0.7	43
	11:00	51	32.2		3.59		0.1	0.7	44
	12:00	49	27.7	3.62	3.59	0.84	0.0	0.8	46
	13:00	50	25.4		3.59		0.0	0.9	44
	14:00	60	23.7	3.61	3.59	0.56	0.7	0.9	50
	15:00	50	25.4		3.59		0.0	0.9	46
	16:00	45	26.5	3.61	3.59	0.56	0.0	0.5	40
7/3/2559	9:00	37	50.5	3.61	3.59	0.56	0.4	0.2	34
	10:00	44	33.7	3.61	3.59	0.56	0.4	1.0	40
	11:00	46	30.8		3.59		0.0	0.5	44
	12:00	54	28.9	3.60	3.59	0.28	0.5	0.6	46
	13:00	48	23.9		3.59		0.2	1.0	44
	14:00	55	22.1	3.60	3.59	0.28	0.0	0.8	48
	15:00	56	23.5				0.0	0.9	47
	16:00	47	24.3	3.60	3.59	0.28	0.0	0.4	43

ตาราง ก.7 ผลการทดลองโรงอบแห้งรูปทรงพาราโบลาครั้งที่ 2

Date	time	T _d	RH	m _t	m _d	MC _{db}	V _{inlet}	V _{outlet}	T _{outlet}
(d/m/y)	(hr)	(°C)	(%)	(kg)	(kg)	(%)	(m/s)	(m/s)	(m/s)
3/3/2559	9:00	41	72.0	4.51	3.47	29.97	0.0	0.7	38
	10:00	44	59.3	4.36	3.47	25.65	0.1	0.5	40
	11:00	46	48.2	4.14	3.47	19.31	0.2	0.4	42
	12:00	48	45.3	3.97	3.47	14.41	0.0	0.0	46
	13:00	50	43.8	3.84	3.47	10.66	0.3	0.4	43
	14:00	52	41.7	3.78	3.47	8.93	0.0	0.6	44
	15:00	47	42.3	3.76	3.47	8.36	0.2	0.5	39
	16:00	50	43.8	3.74	3.47	7.78	0.5	1.0	41
4/3/2559	9:00	40	66.6	3.65	3.47	5.19	0.0	0.2	36
	10:00	50	38.8	3.65	3.47	5.19	0.0	0.7	41
	11:00	53	36.3	3.64	3.47	4.90	0.6	0.7	41
	12:00	58	33.9	3.63	3.47	4.61	0.1	1.0	55
	13:00	55	34.4	3.62	3.47	4.32	0.2	1.0	52
	14:00	50	35.8	3.62	3.47	4.32	0.8	1.0	44
	15:00	48	37.6	3.61	3.47	4.03	0.4	0.6	44
	16:00	43	40.8	3.61	3.47	4.03	0.0	0.0	41
5/3/2559	9:00	31	59.2	3.60	3.47	3.75	0.0	0.0	29
	10:00	32	46.9	3.59	3.47	3.46	0.0	0.0	30
	11:00	34	44.7		3.47		0.0	0.2	32
	12:00	42	42.3	3.58	3.47	3.17	0.6	0.6	37
	13:00	42	39.8		3.47		0.0	0.0	38
	14:00	42	40.8	3.57	3.47	2.88	0.0	0.4	39
	15:00	40	41.6		3.47		0.0	0.0	35
	16:00	46	42.4	3.56	3.47	2.59	0.2	0.7	36

ตาราง ก.7 ผลการทดลองโรงอบแห้งรูปทรงพาราโบลาครั้งที่ 2 (ต่อ)

Date	time	T_d	RH	m_t	m_d	MC_{db}	V_{inlet}	V_{outlet}	T_{outlet}
(d/m/y)	(hr)	(°C)	(%)	(kg)	(kg)	(%)	(m/s)	(m/s)	(m/s)
6/3/2559	9:00	42	58.3	3.54	3.47	2.02	0.0	0.9	39
	10:00	45	41.6	3.54	3.47	2.02	0.0	0.7	35
	11:00	49	36.6		3.47		0.1	1.0	43
	12:00	48	34.1	3.53	3.47	1.73	0.3	0.3	38
	13:00	49	32.1		3.47		0.2	1.6	41
	14:00	56	30.4	3.52	3.47	1.44	0.9	1.8	48
	15:00	48	32.1		3.47		0.0	1.0	40
	16:00	42	33.8	3.52	3.47	1.44	0.5	0.2	35
7/3/2559	9:00	35	59.5	3.51	3.47	1.15	0.2	0.3	33
	10:00	42	43.7	3.51	3.47	1.15	0.5	0.4	35
	11:00	44	40.1		3.47		0.3	0.7	39
	12:00	52	38.7	3.50	3.47	0.86	0.5	1.1	43
	13:00	47	34.6		3.47		0.8	1.3	43
	14:00	54	30.9	3.49	3.47	0.58	0.0	1.0	47
	15:00	55	31.4		3.47		0.4	0.8	48
	16:00	45	32.5	3.49	3.47	0.58	0.0	0.4	39

ตาราง ก.8 ผลการทดลองของพาราแผ่นที่ตากแดดโดยตรงครั้งที่ 2

Date	time	T _d	RH	m _i	m _d	MC _{db}	Solar radiation
(d/m/y)	(hr)	(°C)	(%)	(kg)	(kg)	(%)	(W/m ²)
3/3/2559	9:00	34	63.4	4.67	3.81	22.57	580
	10:00	34	63.4	4.45	3.81	16.80	710
	11:00	35	58.8	4.23	3.81	11.02	811
	12:00	38	51.3	4.12	3.81	8.14	947
	13:00	39	52.0	4.09	3.81	7.35	1047
	14:00	36	54.5	4.06	3.81	6.56	636
	15:00	36	54.5	4.03	3.81	5.77	711
	16:00	38	56.9	3.95	3.81	3.67	507
4/3/2559	9:00	33	68.4	3.94	3.81	3.41	406
	10:00	35	58.8	3.93	3.81	3.15	604
	11:00	37	55.2	3.93	3.81	3.15	873
	12:00	38	51.3	3.92	3.81	2.89	912
	13:00	37	55.2	3.92	3.81	2.89	894
	14:00	36	59.5	3.91	3.81	2.62	664
	15:00	35	58.8	3.91	3.81	2.62	663
	16:00	34	63.4	3.91	3.81	2.62	537
5/3/2559	9:00	29	66.1	3.89	3.81	2.10	519
	10:00	28	58.4	3.89	3.81	2.10	400
	11:00	30	58.8				427
	12:00	32	56.9	3.89	3.81	2.10	429
	13:00	32	55.8				578
	14:00	33	58.4	3.88	3.81	1.84	633
	15:00	33	60.4				597

ตาราง ก.8 ผลการทดลองของพาราแผ่นที่ตากแดดโดยตรงครั้งที่ 2 (ต่อ)

Date	time	T_d	RH	m_t	m_d	MC_{db}	Solar radiation
(d/m/y)	(hr)	(°C)	(%)	(kg)	(kg)	(%)	(W/m^2)
	16:00	33	60.4	3.88	3.81	1.84	436
6/3/2559	9:00	32	64.9	3.86	3.81	1.31	484
	10:00	32	55.8	3.86	3.81	1.31	487
	11:00	35	53.8				738
	12:00	34	55.1	3.85	3.81	1.05	640
	13:00	36	49.8				757
	14:00	37	50.5	3.85	3.81	1.05	1086
	15:00	36	49.8				598
	16:00	35	49.0	3.84	3.81	0.79	459
7/3/2559	9:00	32	73.8	3.84	3.81	0.79	280
	10:00	34	68.7	3.84	3.81	0.79	641
	11:00	34	53.0				719
	12:00	37	50.5	3.84	3.81	0.79	1172
	13:00	35	54.8				793
	14:00	38	46.9	3.84	3.81	0.79	874
	15:00	37	50.5				686
	16:00	36	54.5	3.83	3.81	0.52	498

ตาราง ก.9 ผลการทดลองโรงอบแห้งรูปทรงสี่เหลี่ยมส่วนหลังคาเป็นรูปสามเหลี่ยมครั้งที่ 3

Date	time	T_d	RH	m_t	m_d	MC_{db}	V_{inlet}	V_{outlet}	T_{outlet}
(d/m/y)	(hr)	(°C)	(%)	(kg)	(kg)	(%)	(m/s)	(m/s)	(m/s)
14/3/2559	9:00	43	72.8	4.41	3.30	33.64	0.0	0.8	34
	10:00	46	54.1	4.24	3.30	28.48	0.0	0.5	38
	11:00	48	51.2	4.04	3.30	22.42	0.2	0.9	41
	12:00	49	50.7	3.84	3.30	16.36	0.7	1.2	45
	13:00	52	45.7	3.66	3.30	10.91	0.2	1.2	49
	14:00	53	40.7	3.58	3.30	8.48	1.2	0.9	49
	15:00	56	39.1	3.54	3.30	7.27	0.7	1.0	51
	16:00	49	39.9	3.50	3.30	6.06	0.0	0.7	45
15/3/2559	9:00	50	47.4	3.45	3.30	4.55	0.3	0.5	45
	10:00	53	39.4	3.44	3.30	4.24	0.4	0.9	47
	11:00	56	35.4	3.42	3.30	3.64	0.6	0.8	45
	12:00	57	36.1	3.41	3.30	3.33	0.0	1.5	45
	13:00	52	34.7	3.39	3.30	2.73	0.0	0.7	47
	14:00	46	33.4	3.39	3.30	2.73	0.0	1.3	44
	15:00	44	36.2	3.39	3.30	2.73	0.1	0.3	41
	16:00	43	38.9	3.38	3.30	2.42	0.5	0.2	40
16/3/2559	9:00	49	43.7	3.37	3.30	2.12	0.2	0.8	43
	10:00	55	31.1	3.36	3.30	1.82	0.1	0.9	48
	11:00	59	27.4		3.30		0.0	0.9	55
	12:00	53	26.3	3.34	3.30	1.21	0.2	1.2	55
	13:00	48	26.2		3.30		0.0	0.3	40
	14:00	46	27.2	3.34	3.30	1.21	0.0	0.0	39
	15:00	42	29.9		3.30		0.5	0.8	36
	16:00	36	30.5	3.34	3.30	1.21	0.0	0.0	32

ตาราง ก.9 ผลการทดลองโรงอบแห้งรูปทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้าเป็นรูปสามเหลี่ยมครั้งที่ 3 (ต่อ)

Date	time	T_d	RH	m_t	m_d	MC_{db}	V_{inlet}	V_{outlet}	T_{outlet}
(d/m/y)	(hr)	(°C)	(%)	(kg)	(kg)	(%)	(m/s)	(m/s)	(m/s)
17/3/2559	9:00	46	48.4	3.33	3.30	0.91	0.1	0.9	40
	10:00	55	32.1	3.33	3.30	0.91	0.0	0.4	42
	11:00	58	31.5		3.30		0.0	0.9	50
	12:00	60	30.1	3.32	3.30	0.61	0.0	0.8	53
	13:00	58	29.1		3.30		0.8	1.0	53
	14:00	60	26.7	3.32	3.30	0.61	0.7	1.0	54
	15:00	55	29.6		3.30		0.6	0.8	50
	16:00	53	30.8	3.31	3.30	0.30	0.6	1.1	50
18/3/2559	9:00	46	48.2	3.31	3.30	0.30	0.0	1.2	39
	10:00	56	35.4	3.31	3.30	0.30	0.0	1.2	48
	11:00	59	32.0		3.30		0.6	1.1	54
	12:00	58	29.5	3.31	3.30	0.30	0.0	0.1	54
	13:00	60	28.2		3.30		0.3	0.8	54
	14:00	55	32.1	3.31	3.30	0.30	0.4	0.9	52
	15:00	49	33.9		3.30		0.0	0.0	46
	16:00	47	34.4	3.31	3.30	0.30	0.1	0.5	40

ตาราง ก.10 ผลการทดลองโรงอบแห้งรูปทรงสี่เหลี่ยม ส่วนหลังคาเป็นรูปโค้งครึ่งที่ 3

Date	time	T _d	RH	m _t	m _d	MC _{db}	V _{inlet}	V _{outlet}	T _{outlet}
(d/m/y)	(hr)	(°C)	(%)	(kg)	(kg)	(%)	(m/s)	(m/s)	(m/s)
14/3/2559	9:00	43	67.9	4.53	3.52	28.69	0.2	0.6	41
	10:00	47	52.8	4.34	3.52	23.30	0.0	0.6	40
	11:00	48	48.3	4.15	3.52	17.90	0.0	0.6	46
	12:00	50	43.8	4.00	3.52	13.64	0.7	0.9	47
	13:00	52	38.7	3.85	3.52	9.38	0.9	0.9	50
	14:00	53	36.3	3.80	3.52	7.95	0.1	0.6	48
	15:00	57	36.9	3.75	3.52	6.53	0.5	0.9	53
	16:00	49	37.7	3.73	3.52	5.97	0.0	0.4	47
15/3/2559	9:00	50	41.5	3.66	3.52	3.98	0.2	0.7	45
	10:00	53	32.8	3.65	3.52	3.69	0.3	0.9	47
	11:00	56	30.8	3.63	3.52	3.13	0.6	1.0	47
	12:00	57	30.4	3.62	3.52	2.84	0.0	0.8	53
	13:00	52	31.7	3.61	3.52	2.56	0.1	0.7	51
	14:00	47	31.3	3.61	3.52	2.56	0.0	0.7	45
	15:00	45	33.0	3.60	3.52	2.27	0.4	0.6	43
	16:00	44	35.2	3.60	3.52	2.27	0.8	1.0	41
16/3/2559	9:00	49	38.7	3.59	3.52	1.99	0.7	2.0	44
	10:00	55	29.6	3.58	3.52	1.70	0.0	0.6	50
	11:00	59	27.4		3.52		0.0	0.6	55
	12:00	60	25.8	3.56	3.52	1.14	0.5	1.1	54
	13:00	49	24.7		3.52		0.0	0.0	40
	14:00	48	23.9	3.56	3.52	1.14	0.0	0.7	38
	15:00	46	24.4		3.52		0.6	0.7	36
	16:00	37	27.5	3.56	3.52	1.14	0.5	0.5	32

ตาราง ก.10 ผลการทดลองโรงอบแห้งรูปทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้าส่วนหลังคาเป็นรูปโค้งครั้งที่ 3 (ต่อ)

Date	time	T_d	RH	m_t	m_d	MC_{db}	V_{inlet}	V_{outlet}	T_{outlet}
(d/m/y)	(hr)	(°C)	(%)	(kg)	(kg)	(%)	(m/s)	(m/s)	(m/s)
17/3/2559	9:00	47	42.5	3.55	3.52	0.85	0.1	0.8	40
	10:00	56	30.2	3.54	3.52	0.57	0.7	0.9	50
	11:00	58	26.8		3.52		0.0	1.1	49
	12:00	60	25.8	3.53	3.52	0.28	0.1	0.2	52
	13:00	58	26.1		3.52		0.5	1.9	52
	14:00	60	25.8	3.53	3.52	0.28	1.0	1.1	53
	15:00	55	26.6		3.52		0.2	0.8	50
	16:00	54	28.9	3.53	3.52	0.28	0.3	1.5	51
18/3/2559	9:00	46	44.7	3.53	3.52	0.28	0.1	1.0	41
	10:00	56	30.2	3.53	3.52	0.28	0.0	1.0	52
	11:00	58	29.1		3.52		0.0	1.4	55
	12:00	58	29.1	3.52	3.52	0.00	0.0	0.9	54
	13:00	60	27.8		3.52		0.4	0.8	56
	14:00	55	29.6	3.52	3.52	0.00	0.1	0.3	51
	15:00	48	30.5		3.52		0.0	0.8	46
	16:00	47	31.4	3.52	3.52	0.00	0.0	0.5	48

ตาราง ก.11 ผลการทดลองโรงอบแห้งรูปทรงพาราโบลาครั้งที่ 3

Date	time	T _d	RH	m _t	m _d	MC _{db}	V _{inlet}	V _{outlet}	T _{outlet}
(d/m/y)	(hr)	(°C)	(%)	(kg)	(kg)	(%)	(m/s)	(m/s)	(m/s)
14/3/2559	9:00	43	72.8	4.50	3.39	32.74	0.4	0.7	38
	10:00	47	60.8	4.33	3.39	27.73	0.0	1.1	38
	11:00	48	57.2	4.14	3.39	22.12	0.1	0.6	42
	12:00	48	55.2	3.96	3.39	16.81	1.0	1.3	42
	13:00	49	48.7	3.80	3.39	12.09	0.8	1.4	47
	14:00	50	47.1	3.73	3.39	10.03	0.0	0.2	47
	15:00	53	42.8	3.66	3.39	7.96	0.6	0.5	47
	16:00	46	40.3	3.59	3.39	5.90	0.6	0.4	44
15/3/2559	9:00	47	53.8	3.54	3.39	4.42	0.0	0.2	43
	10:00	52	44.9	3.53	3.39	4.13	0.0	0.5	47
	11:00	54	42.9	3.52	3.39	3.83	0.3	2.0	43
	12:00	54	39.3	3.51	3.39	3.54	0.0	0.8	49
	13:00	50	37.8	3.50	3.39	3.24	0.0	0.8	46
	14:00	44	36.2	3.50	3.39	3.24	0.0	0.8	43
	15:00	43	38.9	3.49	3.39	2.95	0.3	0.7	41
	16:00	43	38.9	3.48	3.39	2.65	0.3	0.7	40
16/3/2559	9:00	49	44.7	3.47	3.39	2.36	0.8	2.0	43
	10:00	54	34.9	3.47	3.39	2.36	0.6	0.8	42
	11:00	57	30.9		3.39		0.0	0.3	50
	12:00	56	31.8	3.45	3.39	1.77	0.0	0.6	44
	13:00	46	31.1		3.39		0.0	0.0	39
	14:00	44	30.9	3.44	3.39	1.47	0.3	0.6	31
	15:00	40	32.1		3.39		0.0	1.1	30
	16:00	37	34.5	3.44	3.39	1.47	0.3	0.9	32

ตาราง ก.11 ผลการทดลองโรงอบแห้งรูปทรงพาราโบลาครั้งที่ 3 (ต่อ)

Date	time	T_d	RH	m_t	m_d	MC_{db}	V_{inlet}	V_{outlet}	T_{outlet}
(d/m/y)	(hr)	(°C)	(%)	(kg)	(kg)	(%)	(m/s)	(m/s)	(m/s)
17/3/2559	9:00	45	51.6	3.43	3.39	1.18	0.1	0.8	39
	10:00	53	33.5	3.43	3.39	1.18	0.1	0.9	43
	11:00	56	32.8		3.39		0.6	1.1	49
	12:00	57	30.9	3.42	3.39	0.88	0.0	0.7	51
	13:00	55	32.8		3.39		0.5	1.0	50
	14:00	58	33.1	3.41	3.39	0.59	0.5	0.7	50
	15:00	53	34.3		3.39		0.8	0.8	49
	16:00	52	36.9	3.41	3.39	0.59	0.2	0.8	47
18/3/2559	9:00	45	48.6	3.41	3.39	0.59	0.3	1.1	41
	10:00	54	37.0	3.41	3.39	0.59	0.6	1.1	43
	11:00	58	31.5		3.39		0.0	1.1	50
	12:00	57	29.9	3.40	3.39	0.29	0.4	0.9	50
	13:00	58	31.5		3.39		0.0	0.6	54
	14:00	53	35.3	3.40	3.39	0.29	0.3	0.8	50
	15:00	49	36.6		3.39		0.4	0.5	45
	16:00	46	37.9	3.40	3.39	0.29	0.1	0.5	40

ตาราง ก.12 ผลการทดลองยางพาราแผ่นที่ตากแดดโดยตรงครั้งที่ 3

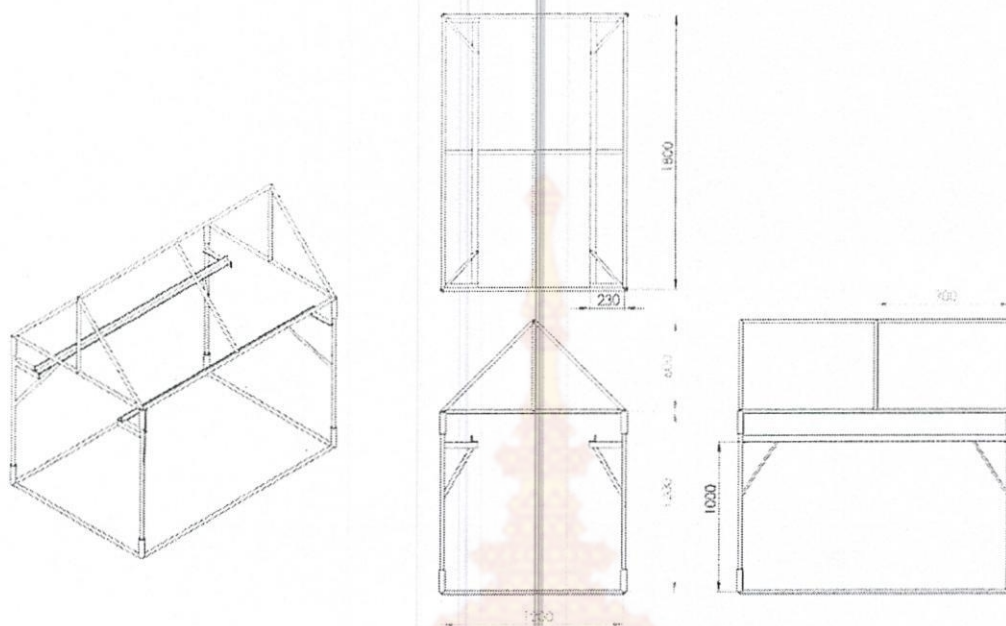
Date	time	T _d	RH	m _t	m _d	MC _{db}	Solar radiation
(d/m/y)	(hr)	(°C)	(%)	(kg)	(kg)	(%)	(W/m ²)
14/3/2559	9:00	33	68.4	3.70	3.04	21.71	583
	10:00	35	64.0	3.42	3.04	12.50	763
	11:00	36	60.5	3.30	3.04	8.55	908
	12:00	35	59.4	3.26	3.04	7.24	975
	13:00	36	58.3	3.24	3.04	6.58	1043
	14:00	36	57.3	3.22	3.04	5.92	912
	15:00	36	59.3	3.20	3.04	5.26	791
	16:00	34	58.1	3.19	3.04	4.93	639
15/3/2559	9:00	34	66.1	3.14	3.04	3.29	660
	10:00	34	57.1	3.13	3.04	2.96	775
	11:00	35	55.8	3.12	3.04	2.63	918
	12:00	36	54.5	3.11	3.04	2.30	993
	13:00	36	53.5	3.11	3.04	2.30	1084
	14:00	35	52.4	3.11	3.04	2.30	672
	15:00	34	54.4	3.11	3.04	2.30	499
	16:00	33	56.4	3.11	3.04	2.30	409
16/3/2559	9:00	34	66.9	3.09	3.04	1.64	696
	10:00	34	61.9	3.09	3.04	1.64	849
	11:00	35	60.4		3.04		959
	12:00	37	57.2	3.08	3.04	1.32	1012
	13:00	32	54.8		3.04		785
	14:00	30	56.9	3.08	3.04	1.32	606
	15:00	30	54.9		3.04		450

ตาราง ก.12 ผลการทดลองขางพาราแผ่นที่ตากแดดโดยตรงครั้งที่ 3 (ต่อ)

Date	time	T _d	RH	m _t	m _d	MC _{db}	Solar radiation
(d/m/y)	(hr)	(°C)	(%)	(kg)	(kg)	(%)	(W/m ²)
	16:00	31	58.6	3.08	3.04	1.32	416
17/3/2559	9:00	35	66.8	3.07	3.04	0.99	604
	10:00	35	58.8	3.06	3.04	0.66	761
	11:00	35	56.8		3.04		915
	12:00	37	54.5	3.06	3.04	0.66	1024
	13:00	37	55.2		3.04		1011
	14:00	36	56.5	3.05	3.04	0.33	1008
	15:00	35	54.4		3.04		868
	16:00	34	57.4	3.05	3.04	0.33	555
18/3/2559	9:00	33	70.3	3.05	3.04	0.33	629
	10:00	34	68.9	3.05	3.04	0.33	802
	11:00	35	64.0		3.04		887
	12:00	36	59.5	3.05	3.04	0.33	1017
	13:00	37	55.2		3.04		1017
	14:00	35	58.8	3.05	3.04	0.33	839
	15:00	35	59.8		3.04		618
	16:00	35	60.8	3.05	3.04	0.33	546

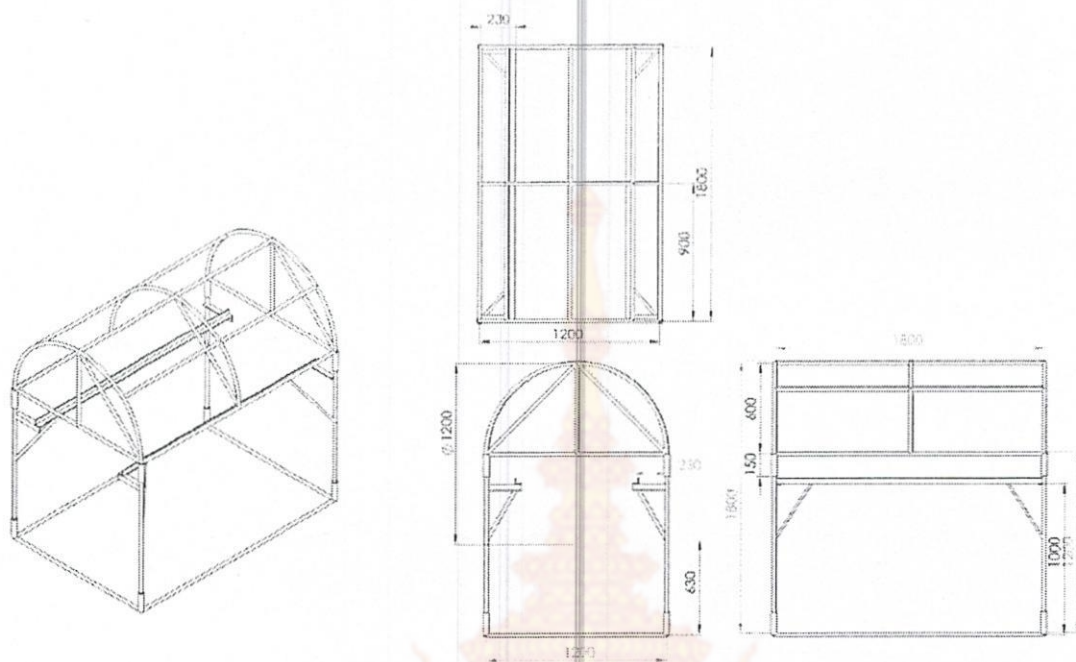
ภาคผนวก ข
แบบของโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์





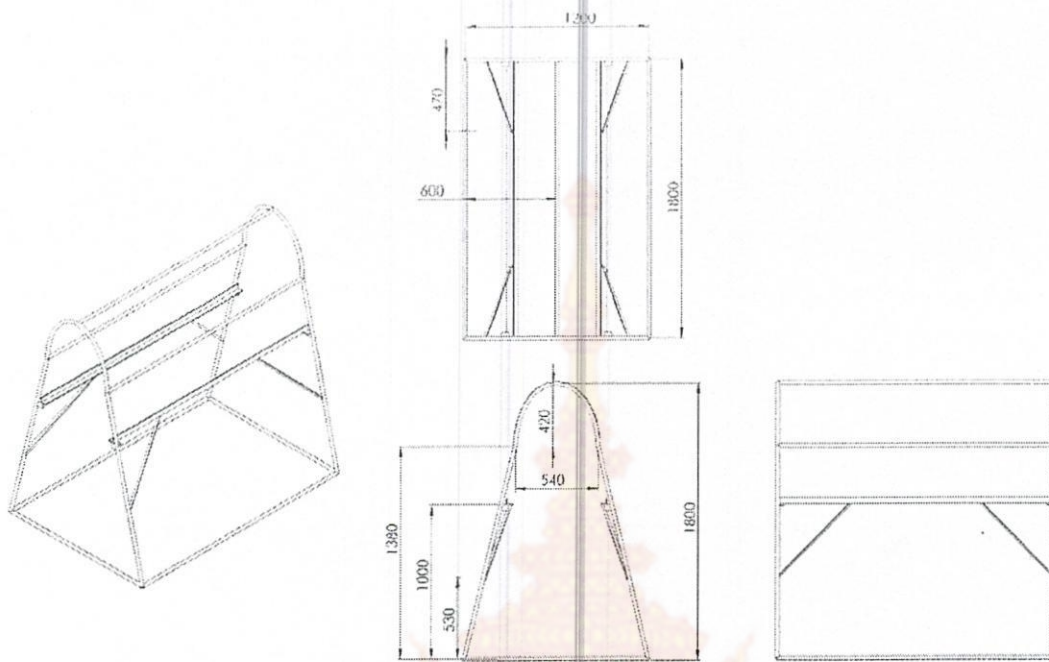
รูปที่ ข.1 แบบของโรงอบแห้งตัวห้องเป็นรูปทรงสี่เหลี่ยมส่วนหลังคาเป็นรูปสามเหลี่ยม





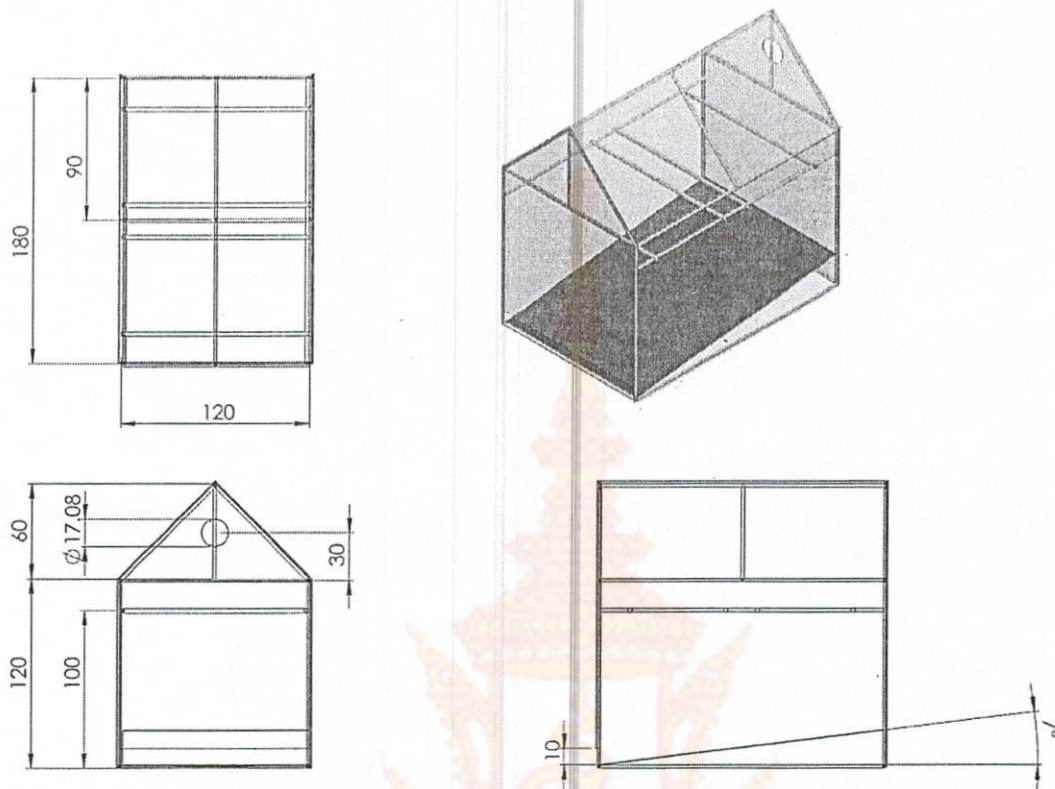
รูปที่ ข.2 แบบของโรงอบแห้งตัวห้องเป็นรูปทรงสี่เหลี่ยมส่วนหลังคาเป็นรูปโค้ง



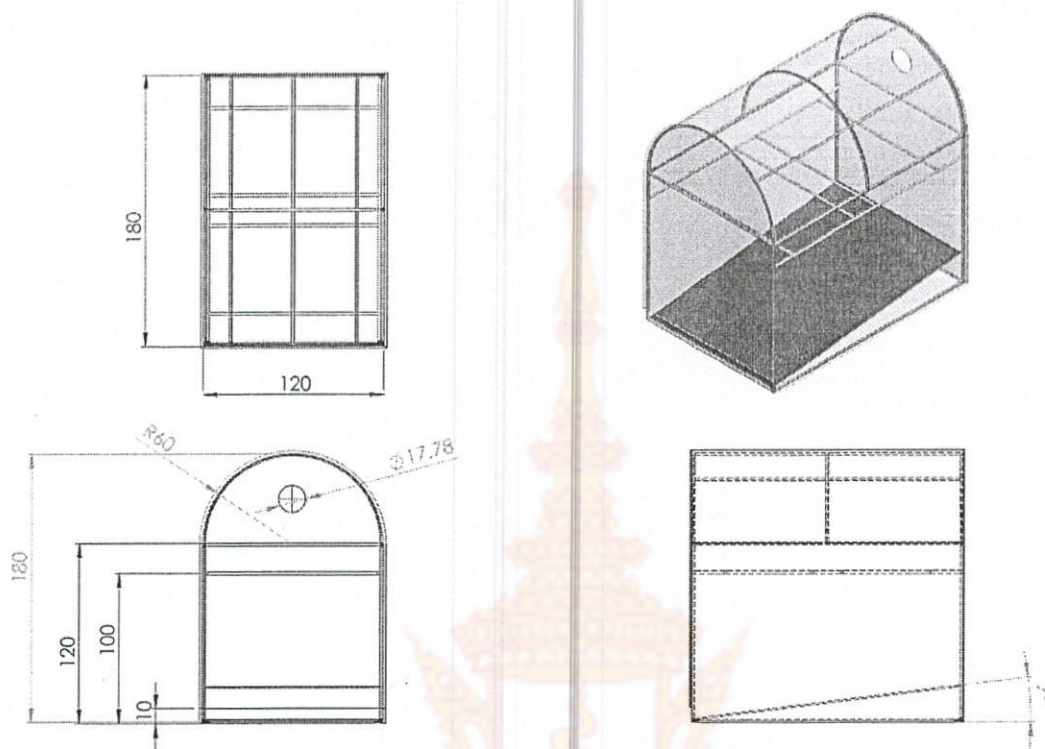


รูปที่ ข.3 แบบของโรงอบแห้งรูปทรงพาราโบล่า



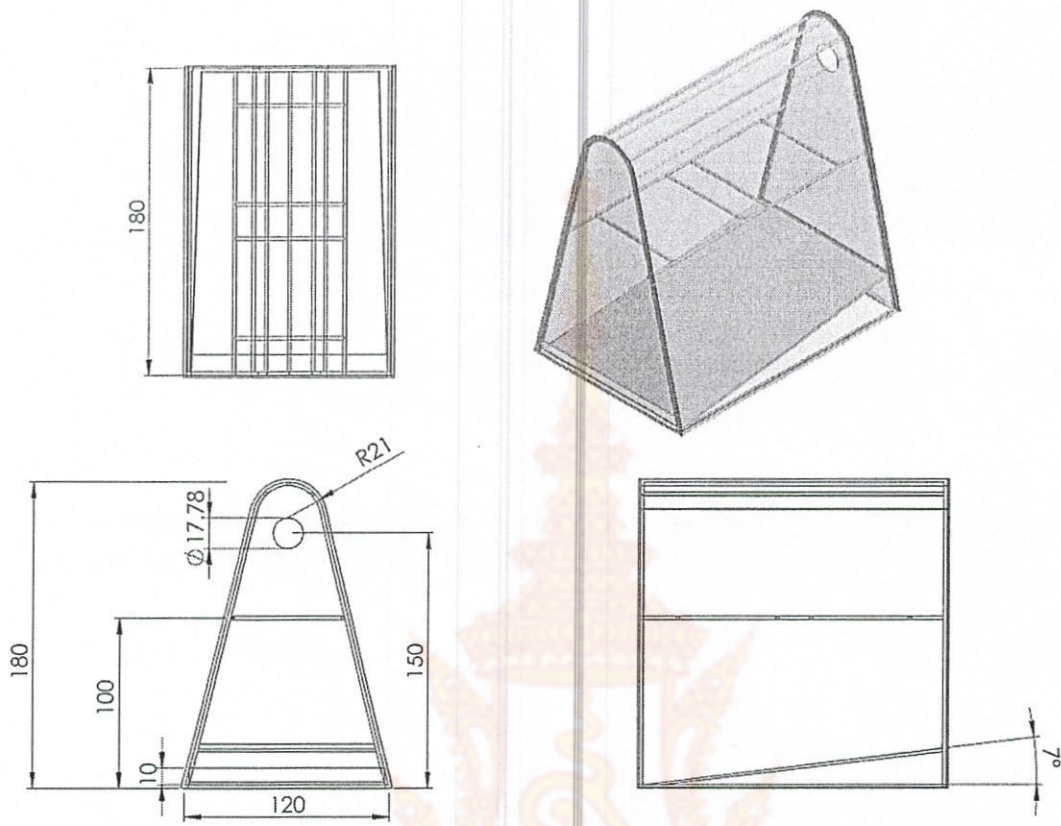


รูปที่ ข.4 แบบติดตั้งแผ่นโพลีคาร์บอเนตเข้ากับโครงสร้างโรงอบแห้งตัวห้องเป็นรูปทรงสี่เหลี่ยมส่วนหลังคาเป็นรูปสามเหลี่ยม



รูปที่ ข.5 แบบติดตั้งแผ่นโพลีคาร์บอเนตเข้ากับโครงสร้างโรงอบแห้งตัวห้องเป็นรูปทรงสี่เหลี่ยม
ส่วนหลังคาเป็นรูปโค้ง





รูปที่ ข.6 แบบติดตั้งแผ่นไฟเบอร์บอนเข้ากับโครงสร้างโรงอบแห้งรูปทรงพาราโบลา



