

การออกแบบและพัฒนาเครื่องอบแห้งแบบใช้พลังงานแสงอาทิตย์และไฟฟ้าร่วมกัน
DESIGN AND DEVELOPMENT OF SOLAR DRYER BY CO-DRYING
WITH ELECTRICITY



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2545

b.....
i.....

เลขหมู่.....

เลขทะเบียน 4993.7

วันที่ขึ้น 2 มี.ย. 2547

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2545

ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การออกแบบและพัฒนาเครื่องอบแห้งแบบใช้พลังงานแสงอาทิตย์และไฟฟ้าร่วมกัน

ผู้จัดทำ

1. นายเนตร อนันตทัศน์
2. นายชัยวัฒน์ รักอักษร
3. นายอาทิตย์ กมลโสภณวสิน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การออกแบบและพัฒนาเครื่องอบแห้งแบบใช้พลังงานแสงอาทิตย์และไฟฟ้าร่วมกัน

เนตร	อนันตทัศน์	
ชัยวัฒน์	รักอักษร	
อาทิตย์	กมลโสภณวสิน	
วสุ	อุดมเพทายกุล	อาจารย์ที่ปรึกษา
วัชร	เพิ่มชาติ	อาจารย์ที่ปรึกษา
วีระชัย	ลิมพรชัยเจริญ	อาจารย์ที่ปรึกษา

ปีการศึกษา 2545

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ เสนอการศึกษาการออกแบบและพัฒนาเครื่องอบแบบใช้แสงอาทิตย์และไฟฟ้าร่วมกัน โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบ และ สร้างเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์โดยใช้พลังงานไฟฟ้าร่วมในการให้ความร้อน ตลอดจนศึกษาถึงปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อการอบแห้งวัสดุที่เลือกใช้ในการทดลอง เครื่องอบแห้งที่สร้างขึ้นประกอบด้วยแผงรับแสงอาทิตย์ขนาด 2 ตารางเมตร วางอยู่บนตู้อบขนาด $0.8 \times 0.8 \times 1.4$ (ก x ย x ส) ลูกบาศก์เมตร ภายในตู้อบมีลักษณะเป็นชั้นขนาด 0.73×0.73 ตารางเมตร จำนวน 6 ชั้น มีพัดลมแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางซึ่งขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ขนาด $\frac{1}{4}$ แรงม้า ต่อเชื่อมอยู่เพื่อใช้ดูดลมร้อนจากแผงรับแสงอาทิตย์และเป่าเข้าทางด้านล่างของตู้อบ และใช้ขดลวดความร้อนขนาด 1,100 วัตต์ จำนวน 2 ตัว เป็นแหล่งให้ความร้อนร่วม ในการทดลองได้เลือกใช้กล้วยน้ำว้าเป็นตัวอย่างในการทดสอบ

ผลการศึกษาพบว่า เครื่องอบแห้งที่สร้างขึ้นสามารถอบกล้วยน้ำว้าได้ครั้งละ 20 กิโลกรัมโดยอบกล้วยน้ำว้าจากความชื้นเริ่มต้น 70 เปอร์เซ็นต์ จนเหลือความชื้นสุดท้าย 35 เปอร์เซ็นต์ ใช้เวลาในการอบประมาณ 12 ชั่วโมง และใช้พลังงานไฟฟ้าประมาณ 5 กิโลวัตต์-ชั่วโมง ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับ การอบโดยใช้ไฟฟ้าเพียงอย่างเดียว พบว่าสามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าประมาณ 50 เปอร์เซ็นต์ และจากการวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่า อัตราการไหลที่เหมาะสมสำหรับการอบกล้วยน้ำว้าของเครื่องอบแห้งที่สร้างขึ้นนี้ มีค่าอยู่ที่ 2.4 ลูกบาศก์เมตรต่ออนาที

**DESIGN AND DEVELOPMENT OF SOLAR DRYER BY CO-DRYING
WITH ELECTRICITY**

Mr. Nate	Anantathat	
Mr. Chaiwat	Rakagsorn	
Mr. Arthid	Kamolsoaponvasin	
Mr. Vasu	Udompetaikul	Advisor
Mr. Watchara	Permchart	Advisor
Mr. Weerachai	Limpornchaijareorn	Advisor

Year 2002

ABSTRACT

This project presents the development of a solar dryer by co-drying with electricity. The objectives of the study are to design and build a combined solar and electricity dryer as well as investigate the influences of various parameters on drying processes of the selected agricultural product (banana). The solar dryer composed of a 2 m² solar collector fixed over the drying chamber of 0.8 x 0.8 x 1.4 (WxLxH) m³. There were six trays of 0.73 x 0.73 m² each in drying chamber. And, there was a ¼ hp centrifugal fan connected under a solar collector to induce hot air trough a solar collector and blow into drying chamber trough a heater box contained 2,200W of an electric heater.

The experimental results showed that the solar dryer can dry the banana of about 20 kg per batch from the initial moisture content of 70% (wb) to final moisture content of 35% (wb) by taking time of about 12 hr and 5 kW-hr of electric power. This solar dryer can reduce 50% of the electricity consumption when compared to those of an electric oven. Moreover, from the statistical analyses, it was found that the optimal value of air flow rate for drying of banana was at 2.4 m³/min.

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
สารบัญ	ก
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญภาพ	ช
สัญลักษณ์และคำย่อ	ญ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 หลักการและเหตุผล	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ	1
1.3 ขอบเขตการศึกษา	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	3
2.1 การอบแห้ง	3
2.2 การวัดความชื้นวัสดุ	3
2.3 เงื่อนไขของการอบแห้ง	3
2.4 การนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ในการอบแห้ง	5
2.4.1 ลักษณะของการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์	5
2.4.2 ประเภทของรังสีอาทิตย์	7
2.4.3 เครื่องมือวัดความเข้มแสงอาทิตย์	7
2.4.4 หลักการอบแห้งโดยใช้แสงอาทิตย์	7
2.5 การหาประสิทธิภาพของแผงรับแสงอาทิตย์แบบแผ่นเรียบ	8
2.5.1 การนำความร้อน	9
2.5.2 การพาความร้อน	10
2.5.2.1 ค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อน	11
2.5.2.2 การหาค่า Nusselt number	12
2.5.3 การแผ่รังสีความร้อน	13

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.5.4 ประสิทธิภาพของแผงรับแสงอาทิตย์	16
2.6 การเพิ่มประสิทธิภาพของเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์	16
2.6.1 แผงรับแสงอาทิตย์	17
2.6.2 ส่วนของตู้อบ	17
2.7 ข้อควรทราบบางประการในการออกแบบและสร้างแผงรับแสงอาทิตย์	18
2.8 ลักษณะของการตั้งแผงรับแสงแผ่นราบ	18
2.9 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	19
บทที่ 3 ขั้นตอนการดำเนินงาน	29
3.1 การออกแบบเครื่องอบแห้ง	29
3.1.1 การคำนวณอัตราการไหล	29
3.1.2 การคำนวณขนาดของตู้อบ	30
3.1.3 การคำนวณพื้นที่ของแผงรับแสงอาทิตย์	31
3.1.4 การคำนวณขนาดของพัดลม	32
3.1.5 การคำนวณขนาดของแหล่งความร้อน	33
3.2 การสร้างเครื่องอบแห้ง	34
3.2.1 แผงรับแสงอาทิตย์	34
3.2.2 ส่วนของตู้อบและกล่อง Heater	34
3.3 รายละเอียดของเครื่องอบแห้งที่สร้างขึ้น	40
3.4 หลักการทำงานของเครื่องอบแห้ง	41
3.5 การทดสอบหาประสิทธิภาพของแผงรับแสงอาทิตย์	41
3.5.1 วัตถุประสงค์การทดลอง	41
3.5.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง	41
3.5.3 ขั้นตอนการทดสอบ	44
3.6 การทดสอบอบกล้วยน้ำว้าโดยใช้พลังงานไฟฟ้า	44
3.7 การทดสอบอบกล้วยน้ำว้าโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับพลังงานไฟฟ้า	44

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิเคราะห์ผล	45
4.1 ผลการทดสอบหาประสิทธิภาพของแผงรับแสงอาทิตย์	45
4.2 ผลการทดสอบการอบกลั่นน้ำว่าโดยใช้พลังงานไฟฟ้า	45
4.3 ผลการทดสอบการอบกลั่นน้ำว่าโดยใช้แสงอาทิตย์ร่วมกับไฟฟ้า	45
บทที่ 5 สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ	49
5.1 สรุปผลการศึกษา	49
5.2 ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม	50
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก ข้อมูลการทดสอบ	51
ภาคผนวก ข เอกสารประกอบข้อมูลการทดสอบ	63
กิตติกรรมประกาศ	70
เอกสารอ้างอิง	71



สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางภาคผนวก ก	51
1 ความสัมพันธ์ของอัตราการไหล ความเร็วและความถี่ของ Heater	53
2 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพแผงรับแสงแบบบังคับที่อัตราการไหล 1.8 m ³ /min	53
3 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพแผงรับแสงแบบบังคับที่อัตราการไหล 2.4 m ³ /min	53
4 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพแผงรับแสงแบบบังคับที่อัตราการไหล 3.0 m ³ /min	54
5 การอบกล้วยโดยใช้ Heater เพียงอย่างเดียวที่อัตราการไหล 1.8 m ³ /min	55
6 อบกล้วยโดยใช้ Heater เพียงอย่างเดียวที่อัตราการไหล 2.4 m ³ /min	56
7 อบกล้วยโดยใช้ Heater เพียงอย่างเดียวที่อัตราการไหล 3.0 m ³ /min	57
8 อบกล้วยโดยใช้ Heater และ แสงแดดที่อัตราการไหล 1.8 m ³ /min	58
9 อบกล้วยโดยใช้ Heater และ แสงแดดที่อัตราการไหล 2.4 m ³ /min	59
10 อบกล้วยโดยใช้ Heater และ แสงแดดที่อัตราการไหล 3.0 m ³ /min	60
11 วิเคราะห์ความแปรปรวน ANOVA และทดสอบทางสถิติของข้อมูลความชื้นกล้วย	61
12 เปรียบเทียบค่าความชื้นเฉลี่ยระหว่างแบบใช้ Heater อย่างเดียว และ แบบ Heater ร่วมกับ แสงแดด โดยพิจารณาที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95 %	61
13 เปรียบเทียบค่าความชื้นเฉลี่ยชั้นของถาด โดยพิจารณาที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95 %	62
14 เปรียบเทียบค่าความชื้นเฉลี่ยตำแหน่งที่วางบนถาด โดยพิจารณาที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95 %	62

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกรอบแห้งกับเวลา	4
2.2 เส้นลักษณะเฉพาะของกรอบแห้ง	4
2.3 กราฟสเปกตรัมของการแผ่คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจากดวงอาทิตย์	6
2.4 กราฟแสดงความเข้มแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบเหนือบรรยากาศโลก	6
2.5 ตู้อบแห้งโดยที่วัสดุถูกแสงอาทิตย์โดยตรง	8
2.6 ตู้อบแห้งโดยที่วัสดุไม่ถูกแสงอาทิตย์โดยตรง	8
2.7 การนำความร้อน	10
2.8 การพาความร้อน	11
2.9 แสดงภาพตัดของแผงรับแสงอาทิตย์	13
2.10 วงจรไฟฟ้าแสดงการสูญเสียความร้อน	14
2.11 กราฟแสดงสัมประสิทธิ์การสูญเสียความร้อน	17
2.12 แสดงการติดตั้งแผงระบบเส้นศูนย์สูตร (Equatorial Mounting)	18
2.13 เครื่องอบแห้งแบบ Greenhouse and Air Collector	19
2.14 เครื่องอบแห้งของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี	19
2.15 เครื่องอบแห้งผลไม้	20
2.16 รูปตัดขวางของแผงรับแสงอาทิตย์	20
2.17 ด้านหน้าของเครื่องอบผลไม้	21
2.18 แสดงภายในของตู้อบ	21
2.19 แบบแสดงขนาดเครื่องอบแห้งปลาหมึกแบบโมดูล	22
2.20 ภาพตัดตามยาวของแผงรับแสงอาทิตย์	23
2.21 การวางตระแกรงภายในตู้อบ	23
2.22 เครื่องอบแห้งทั้งส่วนตู้อบและแผงรับแสงอาทิตย์	24
2.23 เครื่องอบแห้งด้านข้าง	24
2.24 เครื่องอบแห้งผลิตภัณฑ์เนื้อปลาระดับอุตสาหกรรม	25
2.25 Solar Collector	26
2.26 เครื่องอบแห้งกระเทียมโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับพลังงานก๊าซชีวมวล	26
2.27 เครื่องอบแห้งแบบต่าง ๆ	27

สารบัญภาพ (ต่อ)

	หน้า
2.28 ประสิทธิภาพของตัวรับรังสีแผ่นเรียบทำอากาศร้อนแบบเปลือยและแบบมีกระจกใสปิดที่ชั้นอากาศหนึ่ง	27
3.1 รูปตัดขวางของตัวแผงรับแสงอาทิตย์	34
3.2 แผงรับแสงอาทิตย์ที่สร้างเสร็จ	34
3.3 แบบแสดงขนาดของตู้อบแห้ง	35
3.4 แบบแสดงขนาดของถาดอบแห้ง	35
3.5 แบบแสดงขนาดของกล่อง Heater	36
3.6 แบบแสดงขนาดของเครื่องอบแห้ง	36
3.7 ลักษณะการต่อท่อดูดลมร้อนจากแผงรับแสงอาทิตย์	37
3.8 พัดลมดูดอากาศ (Blower)	37
3.9 กล่อง Heater	37
3.10 แสดงการติดตั้งอุปกรณ์จับยึดขดลวดทำความร้อนภายในกล่อง	38
3.11 ขดลวดความร้อนแบบครีป (Heater)	38
3.12 การวางตะแกรงภายในตู้อบแห้ง	38
3.13 แสดงตะแกรงวางวัสดุอบแห้ง	39
3.14 วาล์วปีกผีเสื้อ (Throttle valve)	39
3.15 เครื่องควบคุมอุณหภูมิ (Thermostat) และรีเลย์ (Relay)	39
3.16 เครื่องอบแห้งเมื่อประกอบเสร็จเรียบร้อยแล้ว	40
3.17 เครื่องบันทึกข้อมูล (Data logger)	42
3.18 เทอร์โมคัปเปิล Type K Glass Braided	42
3.19 เครื่องมือวัดความเร็วลม (Anemometer)	42
3.20 เครื่องวัดปริมาณความเข้มของแสงอาทิตย์พาราโนมิเตอร์ (Pyranometer)	43
3.21 เครื่องควบคุมความเร็วรอบของมอเตอร์ (Inverter)	43
4.1 Solar radiation curve	46
4.2 Collector efficiency curve	47
4.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของ ความชื้น เวลา และกำลังไฟฟ้าเมื่อทดสอบอบกล้วยน้ำว่าโดยใช้พลังงานไฟฟ้า	47

สารบัญญภาพ (ต่อ)

	หน้า
4.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของ ความขึ้น เวลา และ กำลังไฟฟ้า เมื่อทดสอบบอบกล้ำยน้ำว่าโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์และไฟฟ้าร่วมกัน	48
4.5 กราฟเปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้า	48



สัญลักษณ์และคำย่อ

- C_a = ค่าความร้อนจำเพาะของอากาศ, (kJ / kg °C)
- D_h = เส้นผ่าศูนย์กลางไฮดรอลิก (Hydraulic Diameter) (m)
- e_c = ประสิทธิภาพตัวรับรังสี, เศษส่วน
- F_R = แฟกเตอร์การดึงความร้อนมาใช้ของตัวรับแสง
- F' = แฟกเตอร์ประสิทธิภาพตัวรับแสง
- F'' = แฟกเตอร์การไหล
- g = ค่าคงที่ของแรงดึงดูดของโลก = 9.81 m/s²
- Gr = Grasshof number
- G_t = ค่าความเข้มของแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบบนแผงรับแสงอาทิตย์ (W / m²)
- I_t = อัตราการตกกระทบของรังสีแสงอาทิตย์ทั้งรังสีตรงและรังสีกระจายบนพื้นที่หนึ่งหน่วยบนแผงรับแสงอาทิตย์ (W / m²)
- k_a = ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของอากาศ = 0.0293 W / m.°C
- k_t = ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของแผ่นฉนวนกันความร้อน = 0.038 W / m.°C
- k_w = ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของแผ่นไม้ = 0.055 W / m.°C
- l_a = ช่องว่างจากแผ่นดูดซับความร้อนถึงแผ่นกระจก (m)
- l_b = ช่องว่างจากแผ่นดูดซับความร้อนถึงฉนวน (m)
- m = มวลของของไหล (kg)
- \dot{m} = อัตราการไหลของอากาศ (kg / s)
- Q_L = อัตราการสูญเสียพลังงานความร้อน (Bottom heat loss) (W)
- Q_{Lb} = พลังงานความร้อนที่สูญเสียทางด้านล่าง (Side heat loss) (W)
- Q_{Ls} = พลังงานความร้อนที่สูญเสียทางด้านข้าง (Top heat loss) (W)
- Q_s = อัตราการสะสมพลังงานความร้อนที่ผิวรับรังสี (W)
- S = มุมเอียงของแผงรับแสงอาทิตย์ (องศา)
- T_{av} = อุณหภูมิเฉลี่ยระหว่างแผ่นเพลท (°C)
- T_{sky} = อุณหภูมิท้องฟ้า (°C)
- β = ค่าสัมประสิทธิ์ของการขยายตัวของอากาศทางปริมาตร
(Coefficient of volume expansion)
- ν = ค่าความหนืดจลน์ (Kinematic viscosity) (m²/s)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

ในปัจจุบันพลังงานนับว่าเป็นสิ่งจำเป็นและสำคัญต่อการครองชีพและเศรษฐกิจของประเทศ โดยเฉพาะอย่างยิ่งความต้องการในการใช้พลังงานจากน้ำมันและไฟฟ้าที่มีปริมาณความต้องการที่สูงขึ้นตามลำดับ พลังงานที่สามารถลดการใช้พลังงานจากน้ำมันและไฟฟ้าได้และมีอยู่อย่างเหลือเฟือโดยไม่ต้องซื้อคือ “พลังงานจากแสงแดด” และเนื่องจากประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรมถ้าหากว่าเรานำเอาพลังงานจากแสงแดดมาใช้เป็นประโยชน์ต่อผลผลิตทางการเกษตร เช่น ในการตากแห้งเมล็ดเพื่อจะเก็บเอาไว้ทำพันธุ์หรือเก็บเข้ายุ้งฉาง จะเป็นประโยชน์อย่างมาก จากแนวความคิดนี้คณะผู้จัดทำจึงดำเนินการออกแบบและสร้าง “เครื่องอบแห้งแบบใช้พลังงานแสงอาทิตย์และไฟฟ้าร่วมกัน” ซึ่งเครื่องอบนี้สามารถช่วยลดระยะเวลาในการอบผลิตภัณฑ์ให้ได้เร็วกว่าการตากแดดในสภาพปกติ และเครื่องอบแห้งนี้ยังสามารถป้องกันความเสียหายของผลิตภัณฑ์อันเกิดขึ้นจากการรบกวนของสัตว์และแมลงต่าง ๆ ได้

1.1 หลักการและเหตุผล

การตากแดดเป็นอีกวิธีหนึ่งที่นิยมใช้ในการลดความชื้นผลผลิตทางการเกษตรเพราะสามารถทำได้ง่ายแต่ก็มีข้อจำกัดเรื่องระยะเวลาที่ใช้ในการตากเนื่องจากไม่สามารถควบคุมพลังงานแสงอาทิตย์ได้ ทำให้ระยะเวลาที่ใช้ในการตากแดดและคุณภาพของผลผลิตที่ได้มีความไม่แน่นอน

เพื่อแก้ปัญหาดังกล่าวข้างต้นจึงมีการนำพลังงานไฟฟ้ามาใช้ในการผลิตความร้อนเพื่อใช้ในการอบแห้งซึ่งจะได้คุณภาพของผลผลิตที่ดีและแน่นอนกว่า แต่การใช้พลังงานไฟฟ้าเพียงอย่างเดียวนั้นจะทำให้ต้นทุนในการอบแห้งสูงขึ้น จึงนำพลังงานแสงอาทิตย์มาเป็นพลังงานเสริมจะช่วยลดค่าใช้จ่ายค่ากระแสไฟฟ้าลงได้ จากเหตุผลดังกล่าวข้างต้นจึงได้ดำเนินการออกแบบและพัฒนาเครื่องอบแห้งแบบใช้พลังงานแสงอาทิตย์และไฟฟ้าร่วมกัน เพื่อเป็นแนวทางที่จะทำให้ระยะเวลาและคุณภาพของผลผลิตที่อบลดความชื้นมีความแน่นอนซึ่งเหมาะสมในการใช้ประกอบอาชีพของกลุ่มเกษตรกรขนาดเล็กและขนาดกลางเพื่อใช้ในการแปรรูปผลผลิต ซึ่งจะทำให้สามารถเก็บรักษาผลผลิตไว้ได้นานขึ้น และช่วยเพิ่มคุณค่าของผลผลิตขึ้นอีกด้วย

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

- ออกแบบและสร้างเครื่องอบแห้งแบบใช้พลังงานแสงอาทิตย์และไฟฟ้าร่วมกัน
- ศึกษาถึงปัจจัยที่คาดว่าจะมีผลต่อประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องอบแห้งที่สร้างขึ้น

1.3 ขอบเขตการศึกษา

- ทดสอบเครื่องอบแห้งโดยการอบกล้วยน้ำว้าโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์และไฟฟ้าร่วมกัน
- ทดสอบเครื่องอบแห้งโดยไม่มีลมหมุนเวียนเอาลมร้อนกลับมาใช้

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- ได้คู่มือแห่งต้นแบบเพื่อใช้ในการอบแห้งผลผลิตทางการเกษตร และเป็นแนวทางในการประยุกต์ และ สามารถใช้กับผลผลิตทางการเกษตรอื่น ๆ ได้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักการ

2.1 การอบแห้ง

การอบแห้ง (Drying) คือวิธีการลดความชื้นโดยการระเหย อันเนื่องมาจากความร้อนที่ถูกถ่ายเทด้วยวิธีการใดวิธีการหนึ่งไปยังวัสดุที่มีความชื้น ความร้อนที่วัสดุได้รับจะนำไปเป็นความร้อนแฝงของการระเหย โดยการอบแห้งมีจุดประสงค์เพื่อรักษาคุณภาพของผลผลิตให้สามารถเก็บไว้ได้นานๆ และช่วยลดน้ำหนักของผลผลิตในการเก็บและขนส่ง

2.2 การวัดความชื้นวัสดุ

การวัดความชื้นวัสดุ ส่วนใหญ่จะคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักของน้ำในวัสดุเทียบกับน้ำหนักของวัสดุ แบ่งเป็น 2 วิธีคือ

- คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ตามมาตรฐานเปียก (Wet basis) เป็นการวัดโดยใช้น้ำหนักของผลผลิตที่ชื้นเป็นหลัก หาได้จากสูตรที่ (2.1)

$$\text{เปอร์เซ็นต์ความชื้นฐานเปียก (Wet basis)} = \frac{W_w}{W_w + W_d} \times 100 \quad (2.1)$$

- คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ตามมาตรฐานแห้ง (Dry basis) เป็นการวัดโดยใช้น้ำหนักของผลผลิตที่แห้งเป็นหลัก หาได้จากสูตรที่ (2.2)

$$\text{เปอร์เซ็นต์ความชื้นฐานแห้ง (Dry basis)} = \frac{W_w}{W_d} \times 100 \quad (2.2)$$

โดย W_w = น้ำหนักของน้ำที่อยู่ในเนื้อวัสดุ, kg

W_d = น้ำหนักของเนื้อวัสดุที่แห้ง, kg

2.3 เงื่อนไขของการอบแห้ง

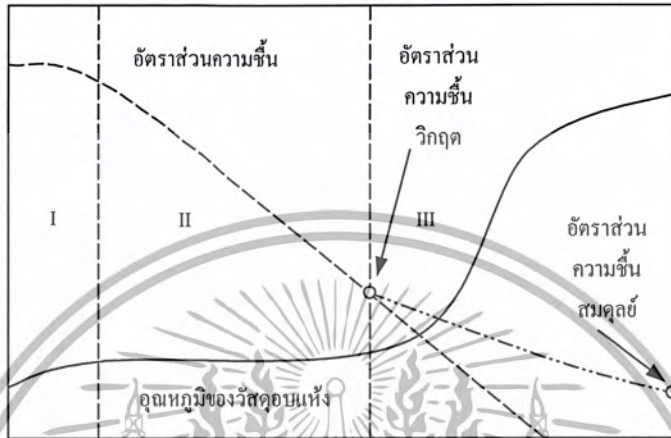
เงื่อนไขของการอบแห้ง แบ่งได้เป็น 2 ประเภทดังนี้

- เงื่อนไขภายนอกวัสดุ เช่น วิธีการถ่ายเทความร้อนไปยังวัสดุ วิธีการกำจัดความชื้นที่ระเหยออกมาจากวัสดุ ความชื้นที่อิ่มตัวของอากาศ ความดัน เป็นต้น

- เงื่อนไขภายในวัสดุ เช่น การนำความร้อนของวัสดุขึ้น ความพรุนของของแข็ง อุณหภูมิของ

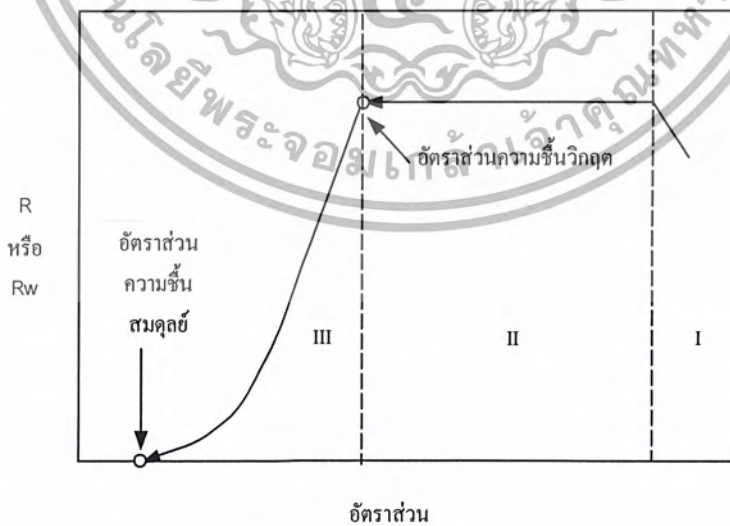
วัสดุชั้น อัตราส่วนความชื้น เป็นต้น

ในการอบแห้งวัสดุเปียกชื้นจะกระทำภายใต้เงื่อนไขการอบแห้งคงที่ ถ้าทำการทดลองวัดการเปลี่ยนแปลงมวลและอุณหภูมิของวัสดุอบแห้งกับเวลาจะได้กราฟความสัมพันธ์ ดังภาพที่ 2.1



ภาพที่ 2.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างการอบแห้งกับเวลา

ถ้าทำการทดลองวัดอัตราการอบแห้งกับอัตราส่วนความชื้น จะได้กราฟความสัมพันธ์ที่เรียกว่า “เส้นลักษณะเฉพาะของการอบแห้ง” ดังภาพที่ 2.2



ภาพที่ 2.2 เส้นลักษณะเฉพาะของการอบแห้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปทั้งสองเบื้องต้น พบว่าการอบแห้งแบ่งเป็น 3 ช่วงใหญ่ๆ คือ

ช่วงการให้ความร้อนเบื้องต้นกับวัสดุ ความชื้นที่ผิวของวัสดุจะอยู่ในรูปของเหลว ถ้านำวัสดุขึ้นมาอบคงไว้ภายใต้สภาวะการอบแห้งคงที่ อุณหภูมิของวัสดุจะมีค่าใกล้เคียงกับอุณหภูมิกระเปาะเปียกของกระแสลมร้อน ช่วงเวลาที่วัสดุใช้เพื่อเพิ่มอุณหภูมิจนถึงค่าอุณหภูมิกระเปาะเปียกนี้คือช่วง I ดังแสดงในภาพที่ 2.1 และภาพที่ 2.2

ช่วงการอบแห้งที่อัตราเร็วคงที่ เนื่องจากความร้อนที่ถ่ายเทจากอากาศมายังวัสดุขึ้น ทำให้เกิดการถ่ายเทความร้อนและการถ่ายเทมวลชื้นพร้อมกัน ในช่วงนี้ความร้อนทั้งหมดที่วัสดุได้รับจะถูกใช้ในการระเหยน้ำออกไปจากวัสดุ ความร้อนที่วัสดุได้รับในช่วงนี้คือ ความร้อนแฝงที่ใช้ในการระเหยนั่นเอง การอบแห้งในช่วงนี้จึงไม่ขึ้นกับเงื่อนไขภายในวัสดุ แต่จะขึ้นกับเงื่อนไขภายนอกวัสดุที่ใช้ในการอบแห้ง ช่วงการอบแห้งที่อัตราเร็วคงที่ คือช่วงที่ II

ช่วงการอบแห้งที่อัตราเร็วลดลง ในตอนนี้อุณหภูมิที่อยู่ในรูปของเหลวจะระเหยหมดเนื่องจากการถ่ายเทความร้อนของของเหลวจากส่วนในของวัสดุเกิดขึ้นไม่ทันกับการระเหยของของเหลวหรือจากน้ำจากผิวของวัสดุ จะทำให้อัตราการอบแห้งของวัสดุลดลง โดยเรียกอัตราส่วนความชื้นที่เปลี่ยนจากช่วงของการอบแห้งที่อัตราเร็วคงที่เป็นช่วงการอบแห้งที่อัตราเร็วในการอบแห้งลดลงว่า

“อัตราส่วนความชื้นสมดุล” ช่วงการอบแห้งที่ความเร็วลดลง คือช่วงที่ III

ช่วงการอบแห้งทั้ง 3 ช่วงนี้ได้นำมาใช้เป็นแนวทางในการออกแบบและพัฒนาเครื่องอบแห้งแบบใช้พลังงานแสงอาทิตย์และไฟฟ้าร่วมกันในรายงานฉบับนี้ โดยเน้นถึงการนำเอาพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด เพื่อลดการใช้พลังงานไฟฟ้าที่มีค่าใช้จ่ายสูง

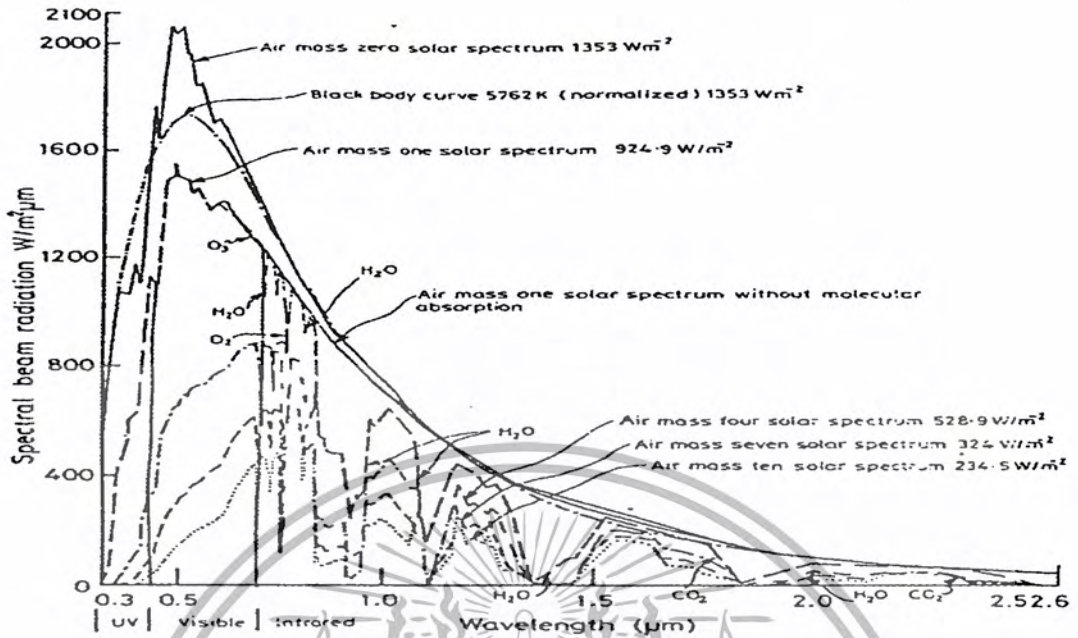
2.4 การนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ในการอบแห้ง

2.4.1 ลักษณะของการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์

รังสีอาทิตย์เป็นพลังงานในรูปแบบของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ได้จากปฏิกิริยา Thermonuclear โดยมวลของดวงอาทิตย์ที่สลายไปในปฏิกิริยา จะถูกเปลี่ยนไปเป็นพลังงานตามสมการ $E = mc^2$ โดยมวลจะลดลงในอัตรา 4×10^{19} kg/s พร้อมกับปลดปล่อยพลังงานในรูปคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีความถี่ต่างๆ ออกมาในอัตรา 3.85×10^{23} kW

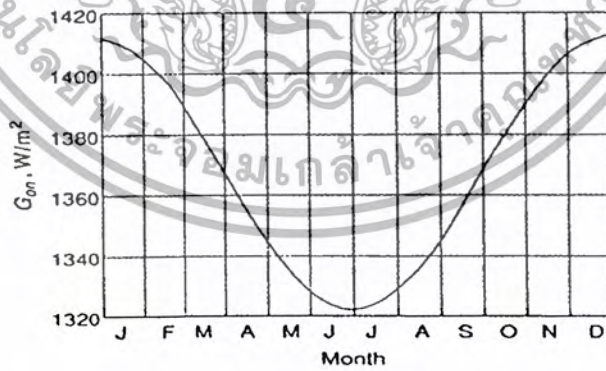
สเปกตรัมของการแผ่คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจากดวงอาทิตย์จะมีองค์ประกอบต่างจากสเปกตรัมของการแผ่รังสีของวัตถุดำที่อุณหภูมิใดอุณหภูมิหนึ่ง เพราะอุณหภูมิที่ตำแหน่งต่างๆ บนดวงอาทิตย์ไม่เท่ากัน ถ้าจะประมาณลักษณะสเปกตรัมของรังสีอาทิตย์ด้วยสเปกตรัมที่ได้จากวัตถุดำที่อุณหภูมิใดๆ แล้ว พบว่า สเปกตรัมของรังสีอาทิตย์จะมีลักษณะใกล้เคียงกับสเปกตรัมของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่แผ่จากวัตถุดำที่อุณหภูมิ 5762 K ดังภาพที่ 2.3 และอุณหภูมิ 5762 K นี้เรียกว่า

“อุณหภูมิประสิทธิผล” (Effective temperature)



ภาพที่ 2.3 สเปกตรัมของการแผ่คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจากดวงอาทิตย์

เนื่องจากโลกไม่ได้โคจรรอบดวงอาทิตย์เป็นวงกลม ระยะห่างจากโลกกับดวงอาทิตย์จึงเปลี่ยนไปตลอดปี พลังงานแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบเหนือบรรยากาศโลกจึงมีค่าต่างกันทุกวัน ดังภาพที่ 2.4



ภาพที่ 2.4 ความเข้มแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบเหนือบรรยากาศโลก

พลังงานแสงอาทิตย์เกือบทั้งหมด (> 99%) จะอยู่ในช่วงความยาวคลื่นไม่เกิน 4,000 นาโนเมตร และสเปกตรัมแสงอาทิตย์แบ่งได้เป็น 3 ชุด ตามค่าความยาวคลื่นได้แก่ ช่วง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อัลตราไวโอเล็ต (< 0.38 ไมโครเมตร) ช่วงที่ตามนุษย์สามารถมองเห็นได้ (0.38-0.78 ไมโครเมตร) และช่วงอินฟราเรด (> 0.78 ไมโครเมตร)

นอกจากนี้เรายังสามารถแบ่งสเปกตรัมแสงอาทิตย์ตามสมดุทธ์พลังงานในบรรยากาศโลกได้เป็น 2 ชุด ได้แก่ คลื่นสั้น (0-4 ไมโครเมตร) และคลื่นยาว (5-50 ไมโครเมตร) ดังนั้นรังสีอาทิตย์ถือว่าเป็นรังสีคลื่นสั้น

2.4.2 ประเภทของรังสีอาทิตย์

รังสีอาทิตย์แบ่งออกเป็น 2 ชนิดคือ รังสีตรง (Direct radiation) และรังสีกระจาย (Diffuse radiation) ผลรวมของรังสีตรงและรังสีกระจายเรียกว่า “รังสีรวม” (Total radiation) โดยกรณีที่พื้นผิวรับแสงเป็นพื้นเอียง (Inclined surface) รังสีรวมจะประกอบด้วย รังสีจากท้องฟ้า รังสีกระจายจากท้องฟ้า และรังสีกระจายจากพื้นโลก

กรณีที่พื้นผิวรับแสงเป็นพื้นเรียบ (Horizontal surface) รังสีรวมประกอบด้วย รังสีตรงจากท้องฟ้า และรังสีกระจายจากท้องฟ้า แต่จะไม่มีรังสีกระจายจากพื้นโลก

2.4.3 เครื่องมือวัดความเข้มแสงอาทิตย์แบ่งได้เป็น 2 แบบ

- เครื่องมือวัดพลังงานแสงอาทิตย์ทั้งหมด (Total or global solar radiation) จะวัดพลังงานแสงอาทิตย์ทั้งแบบรังสีตรงและแบบรังสีกระจาย เครื่องมือที่ใช้วัดคือ ไพรานอมิเตอร์ (Pyranometer)

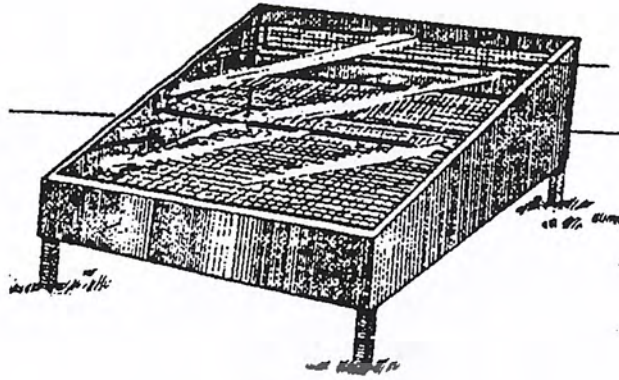
- เครื่องมือวัดพลังงานแสงอาทิตย์แบบรังสีตรง แบบนี้วัดเฉพาะพลังงานแบบคลื่นสั้นหรือแบบรังสีตรง เครื่องมือที่ใช้วัดคือ ไพเรลิโอมิเตอร์ (Pyrheliometer)

2.4.4 หลักการอบแห้งโดยใช้แสงอาทิตย์

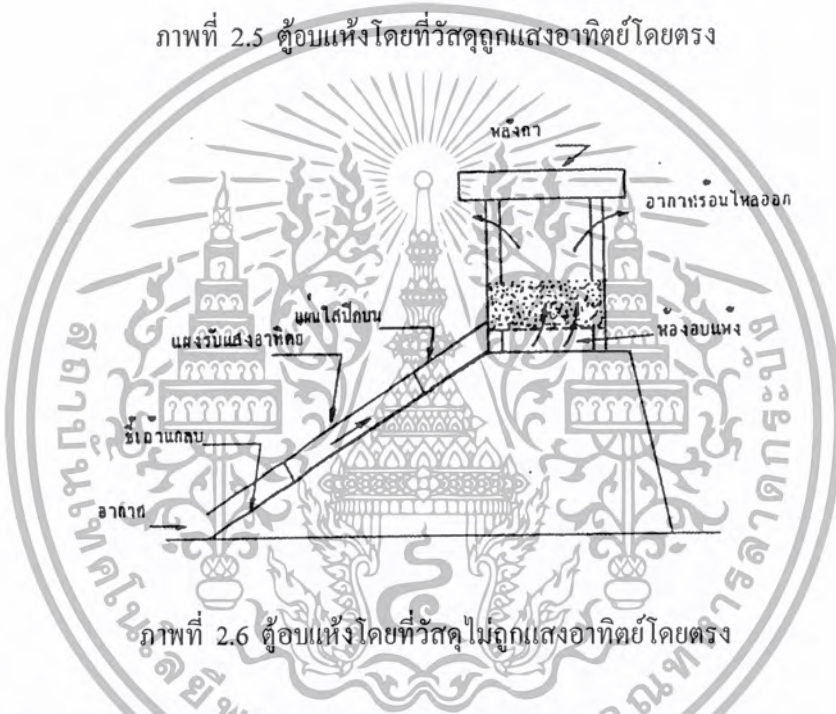
หลักการอบแห้งโดยใช้แสงอาทิตย์ คือ การทำให้อากาศเคลื่อนที่ผ่านแผงรับแสงแบบเรียบ (Flat-Plat Solar Collector) ซึ่งด้านบนเป็นวัสดุโปร่งใส และด้านล่างเป็นแผ่นดูดซับพลังงานจากรังสีแสงอาทิตย์ซึ่งจะเปลี่ยนรังสีแสงอาทิตย์เป็นพลังงานความร้อน ความร้อนที่ได้จะเกิดการถ่ายเทความร้อนด้วยการพาไปสู่อากาศที่พัดผ่านมากลายเป็นลมร้อนเพื่อใช้ในการอบแห้งต่อไป การอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์มี 2 แบบ คือ

- การอบแห้งโดยให้วัสดุถูกแสงอาทิตย์โดยตรง (Drying) หมายถึง การอบแห้งโดยให้วัสดุถูกแสงอาทิตย์โดยตรง ลมร้อนจะพาเอาไอน้ำออกไปด้วย ดังแสดงในภาพที่ 2.5

- การอบแห้งโดยที่วัสดุไม่ถูกแสงอาทิตย์โดยตรง (Drydratation) เพียงแต่ใช้แสงอาทิตย์ทำให้อากาศมีอุณหภูมิสูงขึ้น แล้วให้อากาศร้อนผ่านไปยังวัสดุ ดังแสดงในภาพที่ 2.6



ภาพที่ 2.5 ตู้อบแห้งโดยที่วัสดุถูกแสงอาทิตย์โดยตรง



ภาพที่ 2.6 ตู้อบแห้งโดยที่วัสดุไม่ถูกแสงอาทิตย์โดยตรง

2.5 การหาประสิทธิภาพของแผงรับแสงอาทิตย์แบบแผ่นเรียบ

การนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุดนั้น ขึ้นอยู่กับการเลือกใช้อุปกรณ์รับแสง และสถานที่ติดตั้งที่เหมาะสม แผงรับแสงอาทิตย์ (Solar collector) เป็นอุปกรณ์ที่เปลี่ยนรูปพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานความร้อน ชิ้นส่วนสำคัญของแผงรับแสงอาทิตย์ประกอบด้วย แผ่นดูดซับพลังงานแสงอาทิตย์ (Flat-plate solar collector) กระจกใส และฉนวน แสดงในภาพที่ 2.9

แผ่นดูดซับความร้อนสีดำด้านใช้ในการถ่ายเทพลังงานที่ดูดซับได้ไปยังของไหลซึ่งได้แก่อากาศ กระจกช่วยในการลดการสูญเสียความร้อนเนื่องจากการพาและการการแผ่รังสีให้แก่สิ่งแวดล้อม ในขณะที่ฉนวนช่วยในการลดการสูญเสียความร้อนเนื่องจากการนำความร้อนผ่านผนังด้านข้างของแผงรับแสงอาทิตย์ ซึ่งอาจจะใช้ใยแก้ว ใยสังเคราะห์ พลาสติก แผ่นไม้อัด การเลือกใช้ฉนวนชนิดใดนั้นขึ้นอยู่กับงบประมาณในการสร้างเป็นสำคัญ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การสูญเสียพลังงานความร้อนทางด้านบนของแผงรับแสงอาทิตย์ เกิดจากการสูญเสียพลังงานความร้อนโดยการพาความร้อนและการแผ่รังสีความร้อนจากแผ่นดูดซับพลังงานแสงอาทิตย์สู่ แผ่นกระจกใส (Cover) และจาก Cover ออกสู่สิ่งแวดล้อมโดยรอบ ลักษณะการถ่ายเทความร้อนมี 3 ลักษณะด้วยกันคือ การนำความร้อน การพาความร้อน และการแผ่รังสีความร้อน ต่อไปจะกล่าวถึงการคำนวณการสูญเสียพลังงานความร้อนในแต่ละลักษณะที่เกี่ยวข้องกับการคำนวณการสูญเสียความร้อนของแผงรับแสงอาทิตย์ดังนี้

ใช้สมการพลังงานอธิบายการทำงานของแผงรับแสงอาทิตย์แบบแผ่นเรียบ โดยแสดงให้เห็นว่าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบแผงรับแสงอาทิตย์นั้นถูกใช้ประโยชน์ และมีการสูญเสียพลังงานอย่างไร สมการพลังงานของแผงรับแสงอาทิตย์เขียนดังสมการที่ (2.3)

$$Q_u = A_c [(\tau\alpha)I_t - U_L(T_p - T_a)] \tag{2.3}$$

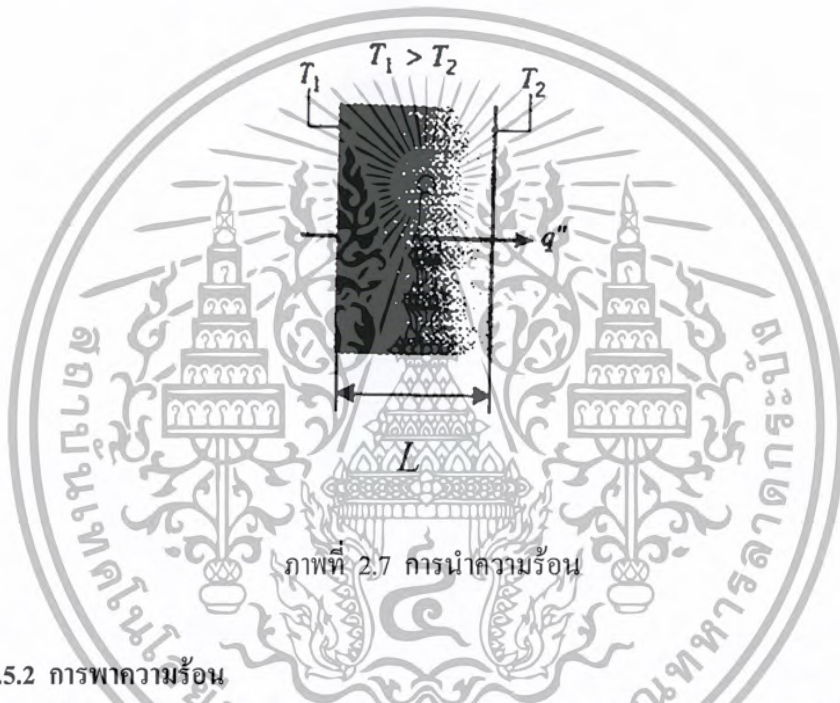
- โดย
- Q_u = อัตราพลังงานความร้อนที่นำไปใช้, W
 - A_c = พื้นที่ผิวรับแสง, m^2
 - I_t = อัตราการตกกระทบของรังสีแสงอาทิตย์บนพื้นที่หนึ่งหน่วย, W/m^2
 - τ = ค่าการทะลุผ่านของแสงของ Cover
 - α = ค่าการดูดกลืนรังสีของ Cover
 - U_L = สัมประสิทธิ์การสูญเสียความร้อนของแผงรับแสง, $W/m^2 \cdot ^\circ C$
 - T_c = อุณหภูมิของแผ่นดูดซับความร้อน, $^\circ C$
 - T_a = อุณหภูมิของอากาศล้อมรอบ, $^\circ C$

2.5.1 การนำความร้อน

การนำความร้อน เป็นรูปแบบหนึ่งของการถ่ายเทความร้อนในการแลกเปลี่ยนพลังงานจากบริเวณที่มีอุณหภูมิสูงไปยังบริเวณที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าโดยการเคลื่อนที่แบบจลน์ (Kinetic motion) หรือการชนกันโดยตรงของโมเลกุลซึ่งเป็นลักษณะที่เกิดขึ้นในของไหลที่หยุดนิ่ง ส่วนในกรณีของโลหะนั้นเป็นการไหลของอิเล็กตรอน สำหรับของแข็งที่เป็นตัวนำไฟฟ้าที่ดีจะมีจำนวนอิเล็กตรอนอิสระมากมายที่เคลื่อนไหวอยู่ภายในโครงสร้างของโมเลกุล ซึ่งอาจกล่าวได้ว่าวัตถุที่เป็นตัวนำไฟฟ้าที่ดีจะเป็นตัวนำความร้อนที่ดีตามไปด้วย ตัวนำความร้อนดังกล่าวได้แก่ เงิน ทองแดง อะลูมิเนียม สังกะสี โดยในรายงานฉบับนี้เลือกใช้แผ่นสังกะสีมาทำเป็นแผ่นดูดซับพลังงานแสงอาทิตย์ เนื่องจากมีราคาถูก หาซื้อได้สะดวก สมการที่ใช้คำนวณการนำความร้อนเขียน ดังสมการที่ (2.4)

$$Q_{cond} = \frac{kA\Delta T}{L} \quad (2.4)$$

โดย Q_{cond} = อัตราการนำความร้อน, W
 A = พื้นที่หน้าตัดที่ความร้อนผ่าน, m^2
 ΔT = ผลต่างของอุณหภูมิ, $^{\circ}C$
 k = ค่าสภาพการนำ, $W/m^{\circ}C$
 L = ระยะการนำความร้อน, m



ภาพที่ 2.7 การนำความร้อน

2.5.2 การพาความร้อน

เมื่อของไหลไหลผ่านวัตถุที่เป็นของแข็งหรือไหลผ่านในช่องทางการไหล โดยที่อุณหภูมิของของไหลและผิวของของแข็งมีค่าต่างกัน การถ่ายเทความร้อนระหว่างของไหลและผิวของของแข็งกลไกการถ่ายเทความร้อนแบบนี้เรียกว่า “ การพาความร้อนแบบบังคับ ”

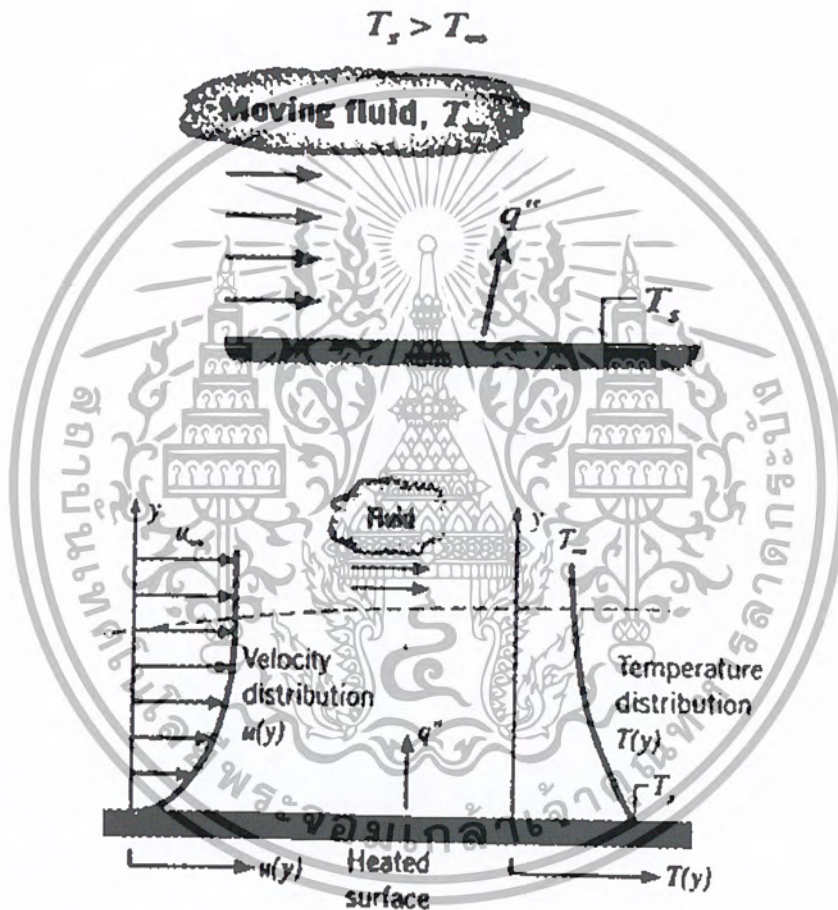
ถ้าการเคลื่อนที่ของของไหลเกิดขึ้นโดยการใช้พัดลมเป็นตัวทำให้เกิดแรงกระทำทำให้ของไหลไหลผ่านบนพื้นผิวที่มีการถ่ายเทความร้อนแบบนี้เรียกว่า “ การพาความร้อนแบบบังคับ ” (Forced convection)

ถ้าการเคลื่อนที่ของของไหลเกิดจากแรงลอยตัว ซึ่งมีผลมาจากความแตกต่างของความหนาแน่นของอุณหภูมิภายในของไหล การถ่ายเทความร้อนแบบนี้เรียกว่า “ การพาความร้อนแบบอิสระ ” หรือการพาความร้อนแบบธรรมชาติ (Free or natural convection) โดยการพาความร้อนมีสูตรคำนวณดังสมการที่ (2.5)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$Q_{conv} = hA_c \Delta T \quad (2.5)$$

โดย Q_{conv} = อัตราการพาความร้อน, W
 A_c = พื้นที่สัมผัสระหว่างของไหลกับผนังถ่ายเทความร้อน, m^2
 ΔT = ผลต่างอุณหภูมิระหว่างของไหลกับผนังถ่ายเทความร้อน, $^{\circ}C$
 h = สัมประสิทธิ์การพาความร้อน, $W / m^2 \text{ } ^{\circ}C$



ภาพที่ 2.8 การพาความร้อน

2.5.2.1 ค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อน

ค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนมีค่าแตกต่างกันไป ขึ้นอยู่กับตัวแปรหลายอย่าง เช่น ความร้อนจำเพาะของของไหล อัตราการไหลของของไหล เขียนสมการสัมประสิทธิ์การพาความร้อนได้ดังสมการที่ (2.6)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$h = \frac{Nu k}{L} \quad (2.6)$$

โดย	h	=	สัมประสิทธิ์ของการถ่ายเทความร้อน, $W/m^2 \text{ } ^\circ C$
	Nu	=	Nusselt number
	K	=	ค่าสภาพนำความร้อนของวัสดุ, $W/m \text{ } ^\circ C$
	L	=	Characteristic length ของระบบ, m

2.5.2.2 การหาค่า Nu (Nusselt number)

การหาค่า Nu เพื่อนำไปใช้ในการคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน จำเป็นต้องใช้วิธีการวิเคราะห์แบบ (Dimensional analysis) และใช้สัญลักษณ์ดังสมการที่ (2.7)

$$Nu = 0.664 (Re)^{1/2} (Pr)^{1/3} \quad (2.7)$$

โดย	Re	=	Reynold number ของของไหล	$= \frac{\rho V D}{\mu}$
	Pr	=	Prandtl number	
	ρ	=	ความหนาแน่นของอากาศ, kg/m^3	
	V	=	ความเร็วของอากาศ, m/s	
	D	=	เส้นผ่าศูนย์กลางท่อ, m	
	μ	=	ความหนืด (Viscosity), $N.s/m^2$	

Watmuff et al. (1997) ได้คิดค้นสมการที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างสัมประสิทธิ์การส่งผ่านความร้อนกับความเร็วม เมื่อเกิดการสูญเสียความร้อนของแผ่นดูดซับพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งอยู่กลางแจ้งและมีลมพัดผ่าน โดยสมการที่ (2.8) คิดผลของการพาความร้อนและการแผ่รังสีอิสระด้วย

$$h_w = 2.8 + 3V \quad (2.8)$$

โดย	h_w	=	สัมประสิทธิ์การพาความร้อน, $W / m \text{ } ^\circ C$
	V	=	ความเร็วม, m/s

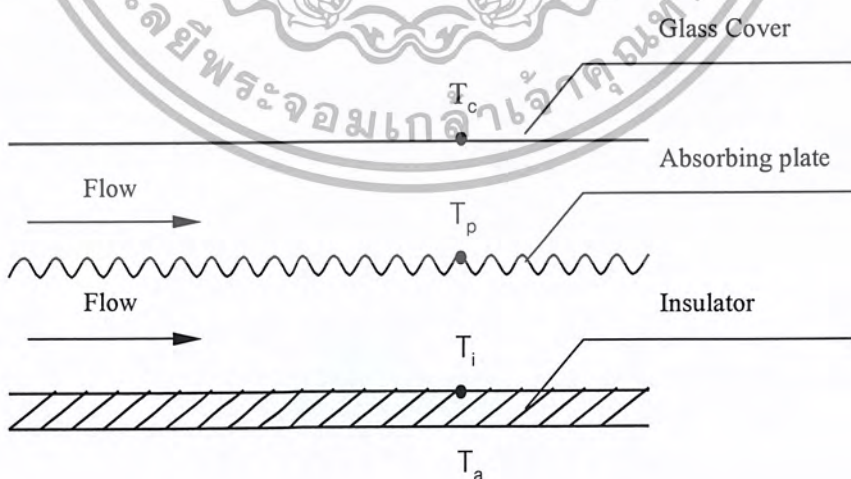
2.5.4 การแผ่รังสีความร้อน (Radiation heat transfer)

การแผ่รังสีความร้อน คือ พลังงานที่ถูกส่งออกไปโดยสารซึ่งอยู่ที่อุณหภูมิจำกัดแน่นอน ถึงแม้ว่าเราจะเน้นการแผ่รังสีจากผิวของวัตถุแข็งก็ตาม การส่งออกของรังสีอาจเกิดขึ้นได้จากของเหลวและก๊าซโดยไม่คำนึงถึงรูปแบบของสาร การส่งออกรังสีเชื่อว่าเป็นการเปลี่ยนการจัดเรียงตัวของอิเล็กตรอนขององค์ประกอบอะตอมหรือโมเลกุล พลังงานของสนามการแผ่รังสีนั้นจะถูกนำออกไปโดยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ในขณะที่การถ่ายเทพลังงานโดยการนำหรือการพาต้องการวัสดุตัวกลาง แต่การแผ่รังสีไม่ต้องการ ในความเป็นจริง การถ่ายเทโดยการแผ่รังสีเกิดขึ้นอย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุด ในสุญญากาศ สามารถคำนวณหาการสูญเสียความร้อนของแผงรับแสงอาทิตย์ ได้ดังสมการที่ (2.9)

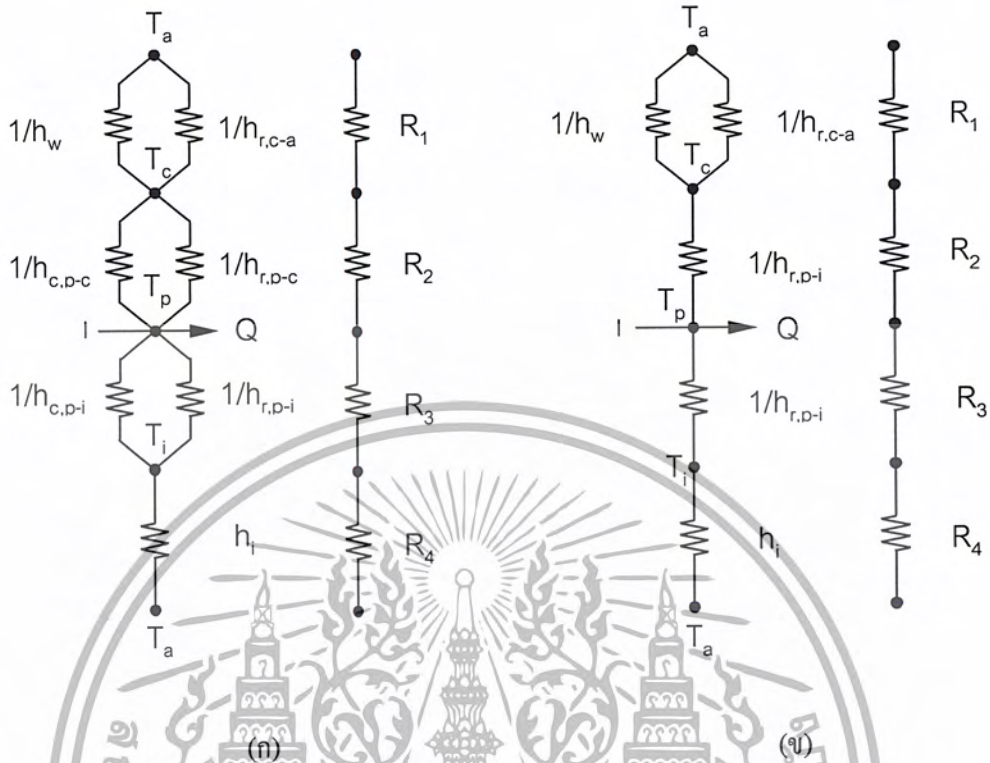
$$Q_{rad} = \varepsilon A c \delta (T_s^4 - T_\infty^4) \quad (2.9)$$

โดย Q_{rad} = อัตราการแผ่รังสีความร้อน, W
 σ = ค่าคงที่ของ Stefan-Boltzman = $5.67 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2\text{-K}^4$
 ε = Emissivity ของแผ่นดูดซับพลังงานแสงอาทิตย์
 T_s = อุณหภูมิของแผ่นดูดซับพลังงานแสงอาทิตย์, K
 T_∞ = อุณหภูมิของของไหล, K

การวิเคราะห์การสูญเสียพลังงานความร้อนทางด้านบนของแผงรับแสงอาทิตย์ นิยมเขียนให้อยู่ในรูปวงจร ไฟฟ้า ซึ่งจะช่วยให้การคำนวณ ดังแสดงในภาพที่ 2.10



ภาพที่ 2.9 แสดงภาพตัดของแผงรับแสงอาทิตย์



ภาพที่ 2.10 วงจรไฟฟ้าแสดงการสูญเสียความร้อน
 (ก) กรณีการพาความร้อนแบบอิสระ (ข) การพาความร้อนแบบบังคับ

การสูญเสียความร้อนของแผงรับแสงอาทิตย์ส่วนมากเกิดขึ้นด้านบนของแผงโดย การพา และการแผ่รังสี การสูญเสียความร้อนที่ส่วนล่างของแผงโดยการนำความร้อน ดังนั้นค่าสัมประสิทธิ์การสูญเสียความร้อนรวมของแผงจะเป็นดังสมการดังนี้

โดย
$$U_L = U_t + U_b \tag{2.10}$$

$$U_t = \frac{1}{(R_1 + R_2)} \tag{2.11}$$

$$U_b = \frac{1}{(R_3 + R_4)} \tag{2.12}$$

$$R_1 = \frac{1}{(h_w + h_{r,c-a})} \tag{2.13}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$h_w = 2.8 + 3.0V \quad (2.14)$$

$$h_{r,c-a} = \frac{\sigma \varepsilon_c (T_c + 0.0552T_a^{1.5}) [T_c^2 + (0.0552T_a^{1.5})^2] (T_c - 0.0552T_a^{1.5})}{(T_c - T_a)} \quad (2.15)$$

และ
$$R_2 = \frac{1}{h_{c,p-c} + h_{r,p-c}} \quad (2.16)$$

$$h_{c,p-c} = Nu \cdot k_a / l_a \quad (2.17)$$

$$h_{r,p-c} = \sigma (T_p + T_c) (T_p^2 + T_c^2) / [(1/\varepsilon_p) + (1/\varepsilon_c) - 1] \quad (2.18)$$

และ
$$R_3 = 1 / (h_{c,p-i} + h_{r,p-i}) \quad (2.19)$$

$$h_{c,p-i} = Nu \cdot k_a / l_b \quad (2.20)$$

$$h_{r,p-i} = \sigma (T_p + T_i) (T_p^2 + T_i^2) / [(1/\varepsilon_p) + (1/\varepsilon_i) - 1] \quad (2.21)$$

และ
$$R_4 = \frac{1}{h_i} = \frac{L_w}{k_w} + \frac{L_i}{k_i} + \frac{L_w}{k_w} \quad (2.22)$$

- โดย U_L = สัมประสิทธิ์การสูญเสียความร้อนรวมของแผงรับแสงอาทิตย์, $W/m^2 \cdot ^\circ C$
 U_i = สัมประสิทธิ์การสูญเสียความร้อนด้านบนของแผงรับแสง, $W/m^2 \cdot ^\circ C$
 U_b = สัมประสิทธิ์การสูญเสียความร้อนด้านล่างของแผงรับแสง, $W/m^2 \cdot ^\circ C$
 h_w = ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของลม, $W/m^2 \cdot ^\circ C$
 $h_{c,p-c}$ = ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนระหว่างแผ่นดูดซับความร้อนและแผ่นกระจก, $W/m^2 \cdot ^\circ C$
 $h_{c,p-i}$ = ค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนระหว่างแผ่นดูดซับความร้อนกับฉนวน, $W/m^2 \cdot ^\circ C$
 $h_{r,p-c}$ = ค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีจากแผ่นดูดซับความร้อนไปยังแผ่นกระจก, $W/m^2 \cdot ^\circ C$
 $h_{r,p-i}$ = ค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีจากแผ่นดูดซับความร้อนไปยังฉนวน, $W/m^2 \cdot ^\circ C$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

L_t	=	ความหนาของแผ่นฉนวนกันความร้อน, m
L_w	=	ความหนาของแผ่นไม้, m
k_a	=	ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของอากาศ = 0.0293 W / m.°C
k_t	=	ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของแผ่นฉนวนกันความร้อน = 0.038 W / m.°C
k_w	=	ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของแผ่นไม้ = 0.055 W/m.°C
σ	=	5.56×10^{-8} , W / m.K
ε_p	=	ค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีของแผ่นดูดซับความร้อน = 0.95
ε_c	=	ค่าสัมประสิทธิ์การแผ่ความร้อนของแผ่นฉนวนกันความร้อน = 0.90
ε_i	=	ค่าสัมประสิทธิ์การแผ่ความร้อนของแผ่นไม้ = 0.8
l_a	=	ช่องว่างจากแผ่นดูดซับความร้อนถึงแผ่นกระจก, m
l_b	=	ช่องว่างจากแผ่นดูดซับความร้อนถึงฉนวน, m
T_c	=	อุณหภูมิของแผ่นกระจก, °C
T_i	=	อุณหภูมิของแผ่นฉนวน, °C
T_p	=	อุณหภูมิของแผ่นดูดซับความร้อน, °C
v	=	ความเร็วรับแสงเหนือแสงอาทิตย์, m/s

2.5.5 ประสิทธิภาพของแผงรับแสงอาทิตย์

ประสิทธิภาพของแผงรับแสงอาทิตย์ หมายถึง อัตราส่วนของพลังงานความร้อนที่นำมาใช้ได้จากแผงรับต่อพลังงานจากดวงอาทิตย์ที่ให้กับแผงรับแสงอาทิตย์นั้น คำนวณได้ดังนี้

$$\eta = \frac{\tau\alpha - U_L(T_p - T_a)}{I} \quad (2.23)$$

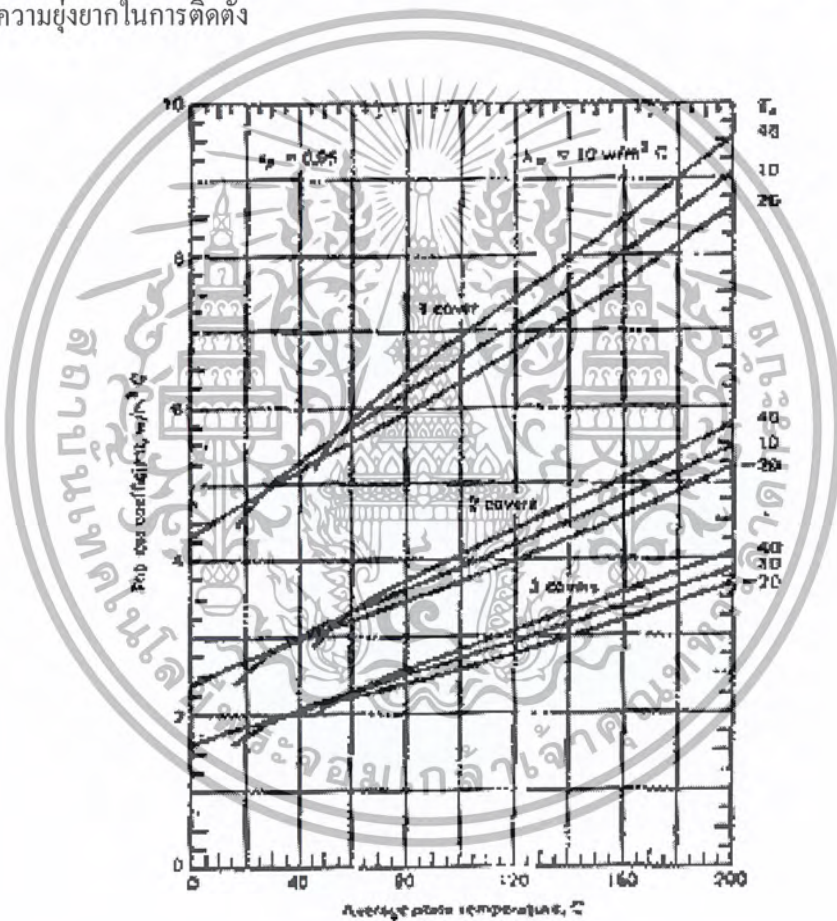
โดย η = ประสิทธิภาพแผงรับแสงอาทิตย์

2.6 การเพิ่มประสิทธิภาพของเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์

การอบแห้งมีหลักการคือ จะทำอย่างไรให้อากาศมีร้อน แล้วพาอากาศร้อนเข้าไปยังผลิตภัณฑ์ การเกษตรที่ต้องการจะอบนั้น เพื่อที่จะพาความชื้นภายในผลผลิตออกไป การผลิตลมร้อนเพื่อใช้ในเครื่องอบแห้งจำเป็นต้องมีอุณหภูมิเพียงพอและมีความสม่ำเสมอเพื่อให้การอบแห้งเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ ในการเพิ่มประสิทธิภาพของเครื่องอบแห้งแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ

2.6.1 แผงรับแสงอาทิตย์

การเพิ่มจำนวน Cover ของแผงรับแสงสามารถลดการสูญเสียความร้อนทางด้านบนของแผงรับแสงได้ แต่การเพิ่มจำนวน Cover ก็มีข้อจำกัดคือ ถ้าเพิ่ม Cover มากเกิน 2 ชั้น อัตราการลดสัมประสิทธิ์การสูญเสียความร้อนจะลดลง จากกราฟภาพที่ 2.14 จะเห็นว่าการเพิ่มจำนวน Cover จาก 1 ชั้นเป็น 2 ชั้น สามารถลดสัมประสิทธิ์การสูญเสียความร้อนลงไปได้ประมาณ 50% แต่การเพิ่มจาก 2 ชั้นเป็น 3 ชั้น สามารถลดลงได้เพียง 30% ถ้าเพิ่มจำนวน Cover มากขึ้นอัตราการลดสัมประสิทธิ์การสูญเสียความร้อนจะลดลงมาก อีกทั้งการเพิ่มจำนวน Cover ยังส่งผลถึงต้นทุนในการสร้างและความยุ่งยากในการติดตั้ง



ภาพที่ 2.11 กราฟแสดงสัมประสิทธิ์การสูญเสียความร้อน

2.6.2 ตู้อบ

การสร้างระบบ Greenhouse กระทำโดยการใช้วัสดุโปร่งแสงปิดด้านบนของตู้อบให้แสงอาทิตย์ส่องเข้ามาในตู้อบก็จะสามารถเพิ่มอุณหภูมิในตู้อบให้สูงขึ้น

2.7 ข้อควรทราบบางประการในการออกแบบและสร้างแผงรับแสงอาทิตย์

- ไม่ควรนำแผงรับแสงอาทิตย์นำไปใช้งานขณะที่ไม่มีของไหลอยู่ภายใน มิฉะนั้นความร้อนที่เกิดขึ้นจะสูงมาก ทำให้กระจกขยายตัวมากกว่าปกติ และทำให้เสียหาย

- วัสดุฉนวนที่นำมาบุ ในตัวรับแสง มักมีความชื้นเมื่อได้รับความร้อนเพิ่มขึ้น ความชื้นจะระเหยขึ้นมาและกลั่นตัวเป็นหยดน้ำ ที่ผิวของฝากระจกด้านในทำให้บังแสงแดดที่ส่องเข้ามา ความชื้นที่เกิดขึ้นนี้ จะกัดกร่อนแผ่นดูดซับแสง

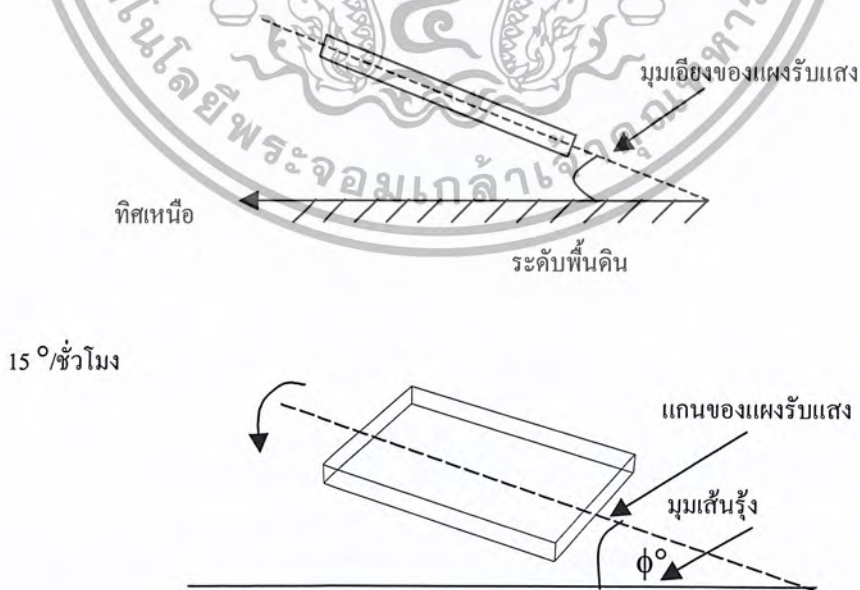
- ต้องเว้นช่องว่างไว้สำหรับการขยายตัวของฝากระจก มิฉะนั้นจะเกิดความเค้นเนื่องจากความร้อนจะทำให้กระจกแตก และขอบของแผงรับแสงควรทำให้ลาดเอียง เพื่อป้องกันน้ำฝนขังบนกระจก

2.8 ลักษณะของการติดตั้งแผงรับแสงแผ่นเรียบ

กรณีที่ติดตั้งอยู่กับที่ จะต้องวางให้แกนของแผงรับอยู่ในแนวเหนือ และแกนรับแสงทำมุมยกขึ้นกับพื้นดินเท่ากับเท่ากับเส้นรุ้ง (Latitude) โดยมุมยกจะขึ้นอยู่กับของสถานที่ที่ทำการติดตั้งแผงรับแสง เช่น หากทำการติดตั้งแผงรับแสงที่กรุงเทพฯ แผงรับแสงจะต้องทำมุมยกขึ้น 14° ซึ่งทำให้แผงรับแสงทำมุมตั้งฉากกับดวงอาทิตย์และรับแสงได้เต็มที่ กรณีติดตั้งหมุนตามดวงอาทิตย์ มี 2 ระบบ

- ระบบเส้นศูนย์สูตร หรือ ระบบเอควาเตอร์ (Equatorial mounting) ลักษณะติดตั้งแบบเดียวกันกับ กรณีที่อยู่กับที่ เพียงแต่ใช้กลไกขยับให้แผงรับแสงหมุนรอบแกนโดยหมุนช้าๆ 15° เนื่องจากโลกจะหมุนรอบดวงอาทิตย์ 24 ชั่วโมง หรือ 360°

- ระบบอซิมูท (Azimuth) แผงรับแสงจะหมุนติดตามดวงอาทิตย์

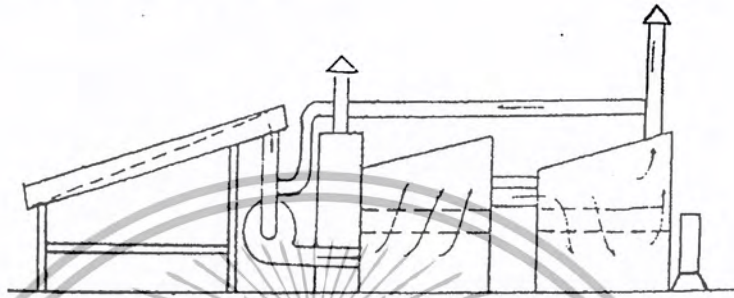


ภาพที่ 2.12 แสดงการติดตั้งแผงแบบระบบเส้นศูนย์สูตร (Equatorial mounting)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

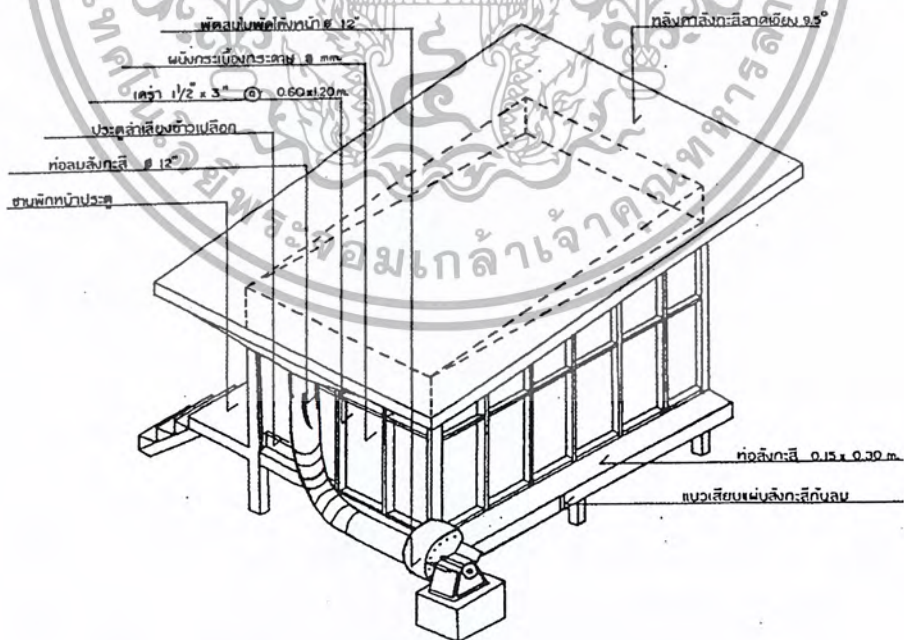
2.9 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Li Zongran and Lui Senyuan (1984) ได้ทำการสร้างเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์แบบ Greenhouse and air collector มีขนาดพื้นที่ Collector 31 m^2 มีพื้นที่ Greenhouse 27 m^2 ดังภาพที่ 2.13 อากาศร้อนที่ Blower ดูดเข้ามาจะไหลไปตามชั้นของวัสดุ ด้วยอัตราการไหล 800 m^3 อุณหภูมิ $50\text{-}70^\circ\text{C}$ ใช้เวลาในการอบแห้งผลไม้ 6 วัน



ภาพที่ 2.13 เครื่องอบแห้งแบบ Greenhouse and air collector

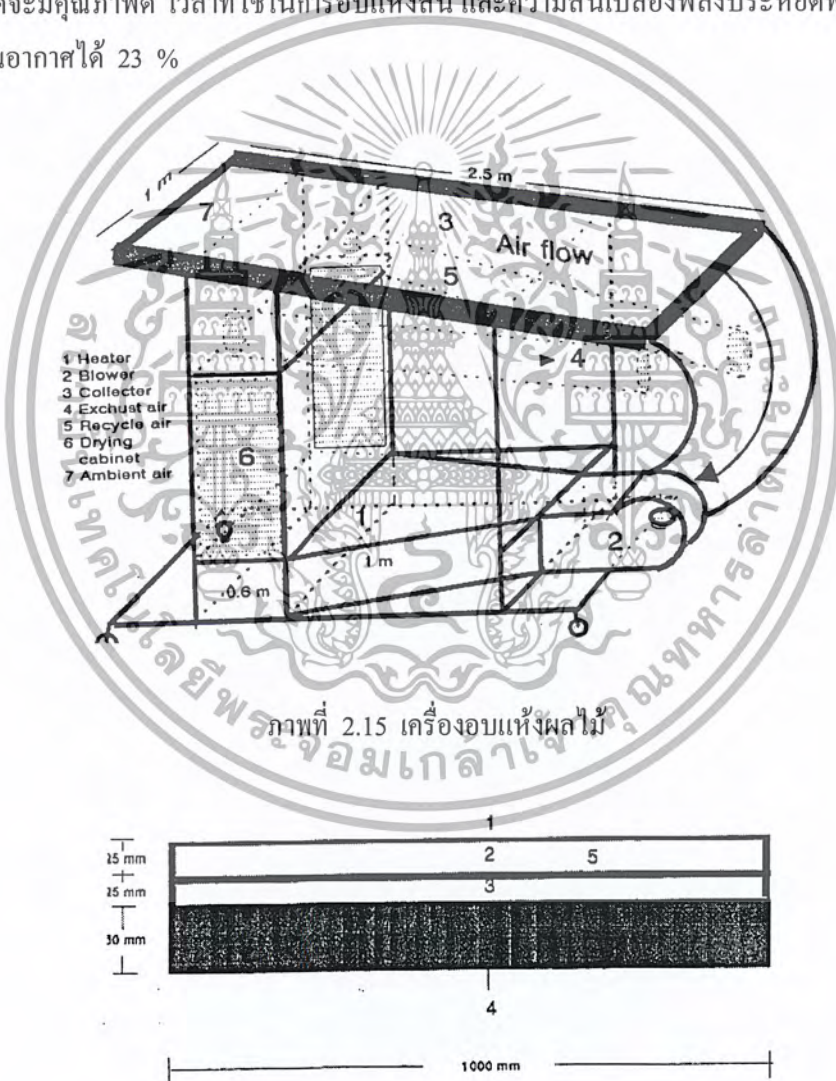
สมชาติ โสภณธรรมฤทธิ์ (2531) ได้สร้างเครื่องอบแห้งพลังแสงอาทิตย์แบบตัวรับแสงเป็นแผ่นเรียบมีกระจก 1 ชั้น โดยใช้พัดลมช่วยถ่ายเทอากาศภายในตู้อบดังรูปที่ 2.14 พบว่าอุณหภูมิลมร้อนที่ได้นั้นไม่สม่ำเสมอ โดยได้ใช้ข้าวเปลือกเป็นวัสดุในการทดสอบอบแห้ง



ภาพที่ 2.14 เครื่องอบแห้งของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

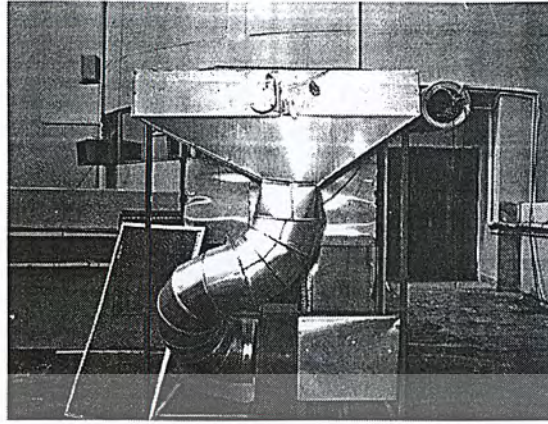
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ณัฐวุฒิ คุชฎี (2534) พัฒนาระบบอบแห้งผลไม้โดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์เป็น พลังงานเสริม จากการทดสอบอบกล้วยพบว่า เมื่อเพิ่มอัตราการไหลจำเพาะของอากาศ ความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะจะลดลงจนถึงอัตราการไหลจำเพาะค่าหนึ่งแล้ว เมื่อเพิ่มต่อไปความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะจะเพิ่มขึ้น และเมื่ออัตราส่วนเวียนกลับของอากาศเพิ่มขึ้น ความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะจะ ลดลงคุณภาพของกล้วยอบแห้งจะดีที่สุดที่อุณหภูมิ 60 °C สำหรับการใช่แบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อหาแนวทางการอบแห้งที่เหมาะสม โดยการแปรค่าอัตราการไหลจำเพาะของอากาศ อัตราส่วนอากาศเวียนกลับและอุณหภูมิ พบว่าควรอบแห้งที่อุณหภูมิ 60°C โดยใช้อัตราการไหลจำเพาะของอากาศประมาณ 10.5 กิโลกรัมอากาศแห้งต่อชั่วโมง-กิโลกรัมกล้วยแห้ง อัตราส่วนอากาศเวียนกลับ 90-95 % ผลผลิตกัณฑ์ที่ได้จะมีคุณภาพดี เวลาที่ใช้ในการอบแห้งสั้น และความสิ้นเปลืองพลังงานประหยัดพลังงานไฟฟ้าของตัวอุ่นอากาศได้ 23 %



- 1) กระบอก 2) ช่องอากาศ 3) ช่องอากาศ 4) ฉนวน 5) แผ่นดูดซับความร้อน
ภาพที่ 2.16 รูปตัดขวางของแผงรับแสงอาทิตย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.17 ด้านหน้าของเครื่องอบผลไม้

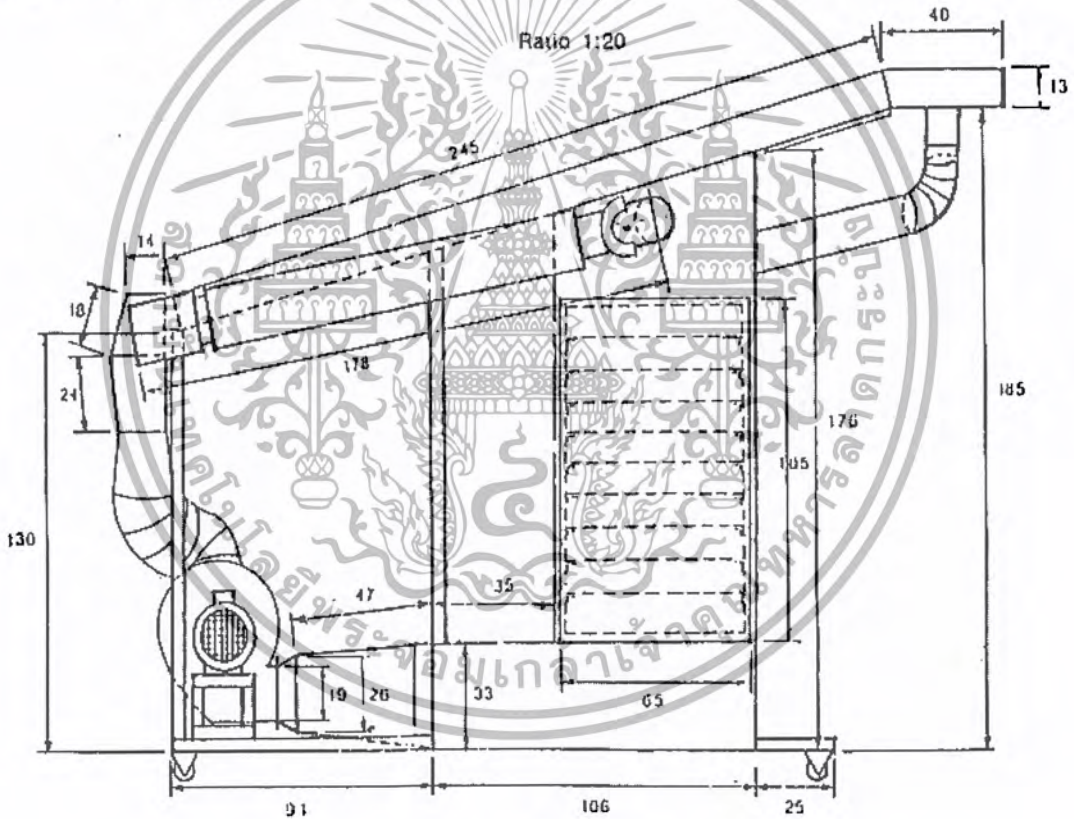


ภาพที่ 2.18 แสดงภายในของตู้อบ

ศิรินุช จินดารักษ์ (2536) ศึกษาสมรรถนะของเครื่องอบแห้งแบบโมดูลเพื่อการอบปลาหมึก เครื่องอบแห้งแบบโมดูลสามารถทำงานได้ 24 ชั่วโมง โดยใช้พลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานเสริม ระบบหมุนเวียนอากาศที่ผ่านการอบแห้งแล้วกลับมาใช้ใหม่ โคนใช้วาล์วปีกผีเสื้อในการปรับอัตราส่วนของอากาศ จากการทดสอบพบว่าสภาวะอบแห้งที่เหมาะสมสำหรับการอบแห้งปลาหมึกประมาณ 10 kg. (135 ตัว) ที่ความชื้นเริ่มต้นประมาณ 82 %wb จนกระทั่งความชื้นลดลงเหลือประมาณ 25 %wb นั้น แบ่งการอบออกเป็น 2 ช่วง โดยช่วงแรกทำการอบแห้งที่อุณหภูมิสูง 60°C เป็นเวลา 5 ชม. ความชื้นในช่วงแรกนี้ลดลงประมาณ 54 %wb และทำการอบแห้งต่อในช่วงที่ 2 ใช้ อุณหภูมิ 40°C เป็นเวลา 9 ชั่วโมง จะได้ความชื้นสุดท้ายตามต้องการรวมเวลาที่ใช้ในการอบแห้งทั้งหมด 14 ชั่วโมง อัตราการไหลของอากาศที่ใช้ในการอบแห้งคือ 0.048 kg/s และอัตราการไหลเวียนกลับของอากาศที่ผ่านการอบแห้งแล้วมีค่า 80% ของอากาศที่ใช้ในการอบแห้งทั้งหมด และความสัมพันธ์พลังงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความร้อนที่ใช้ในการอบแห้งพบว่าประสิทธิภาพของแผงรับแสงอาทิตย์มีค่า 28.84 % มีการใช้พลังงานจากแหล่งพลังงานต่าง ๆ คือ พลังงานไฟฟ้าที่ใช้กับขดลวดความร้อน 5.46 MJ/kg H₂O evap. พลังงานความร้อนที่ได้จากพลังงานแสงอาทิตย์ 1.87 MJ/kg H₂O evap. และพลังงานความร้อนที่ได้จากมอเตอร์ของพัดลมเป่าอากาศ 1.57 MJ/kg H₂O evap. รวมเป็นพลังงานความร้อนที่ใช้ในการอบแห้งทั้งหมด 8.86 MJ/kg H₂O evap. คิดเป็น 61.63, 20.65 และ 17.72 % ของพลังงานที่สิ้นเปลืองทั้งหมดตามลำดับเมื่อเปรียบเทียบการอบแห้งที่ไม่มีการนำความร้อนที่ผ่านการอบแห้งแล้วกลับมาใช้ใหม่กับการอบแห้งที่มีการนำอากาศร้อนที่ใช้แล้วกลับมาใช้ใหม่ 80 % พบว่าสามารถประหยัดพลังงานได้ 25.86 % ของพลังงานที่สิ้นเปลืองทั้งหมดในการอบแห้งแบบไม่มีการนำความร้อนที่ใช้แล้วกลับมาใช้ใหม่ ต้นทุนที่ใช้ในการระเหยน้ำ 1 kg ออกจากปลาหมึกแห้งสำหรับเครื่องอบแห้งชนิดนี้มีค่า 13.34 Baht/ kg H₂O evap. เมื่อกำหนดอายุการใช้งานของเครื่องอบแห้ง 15 ปี

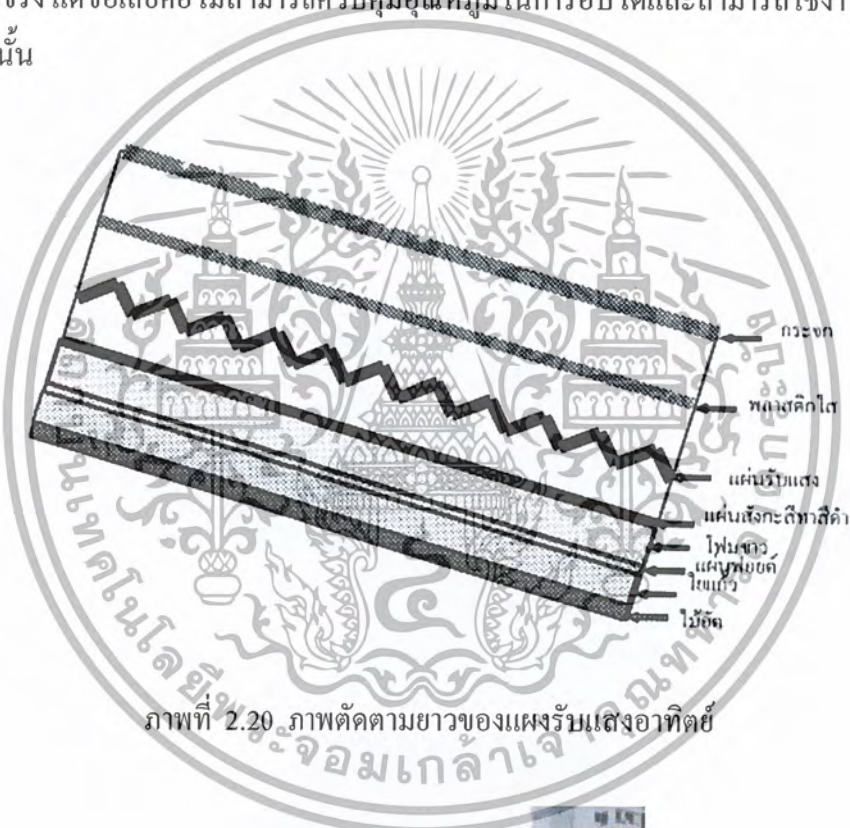


ภาพที่ 2.19 แบบแสดงขนาดเครื่องอบแห้งปลาหมึกแบบโมดูล

นิตย์ นามวงษ์ และคณะ (2542) ศึกษาการออกแบบและสร้างเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์ตลอดจนศึกษาการเพิ่มสมรรถนะของเครื่องอบแห้ง โดยใช้ส่วน โปร่งแสง Cover 2 ชั้น การปรับเปลี่ยนลักษณะการไหลของลมร้อนที่แผงรับแสง และการเพิ่มระบบ Greenhouse ให้กับตู้อบแห้ง จากการศึกษาพบว่าการใช้ Cover 1 ชั้น มีสัมประสิทธิ์การสูญเสียความร้อนรวมประมาณ 6 W/m² °C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วน การใช้ Cover 2 ชั้นมีสัมประสิทธิ์การสูญเสียความร้อนรวมประมาณ $3.5 \text{ W/m}^2\text{ }^{\circ}\text{C}$ การทดสอบปรับเปลี่ยนลักษณะการไหลของลมร้อนที่แผ่รับแสงพบว่า การไหลของลมร้อนทิศทางเดียวมีสัมประสิทธิ์การสูญเสียความร้อนรวมประมาณ $3.4 \text{ W/m}^2\text{ }^{\circ}\text{C}$ และการไหลของลมร้อนสองทิศทางมีสัมประสิทธิ์การสูญเสียความร้อนรวมประมาณ $3.9 \text{ W/m}^2\text{ }^{\circ}\text{C}$ นอกจากนี้การเพิ่มระบบ Greenhouse ที่ด้านบนของตู้อบแห้ง ทำให้อุณหภูมิอบแห้งเพิ่มขึ้นประมาณ $5\text{-}10 \text{ }^{\circ}\text{C}$ การคำนวณหาประสิทธิภาพของแผ่รับแสงอาทิตย์เมื่อมี Cover 2 ชั้น และให้ลมร้อนไหลทิศทางเดียวมีค่ามากกว่า 50% ตลอดช่วงเวลาที่มิแสงแดด เครื่องอบแห้งนี้มีขนาดเล็กและราคาถูกลงซึ่งมีความเป็นไปได้ที่จะส่งเสริมให้เกษตรกรนำไปใช้งานได้จริง แต่ข้อเสียคือไม่สามารถควบคุมอุณหภูมิในการอบได้และสามารถใช้งานได้เฉพาะที่มีแสงแดดเท่านั้น

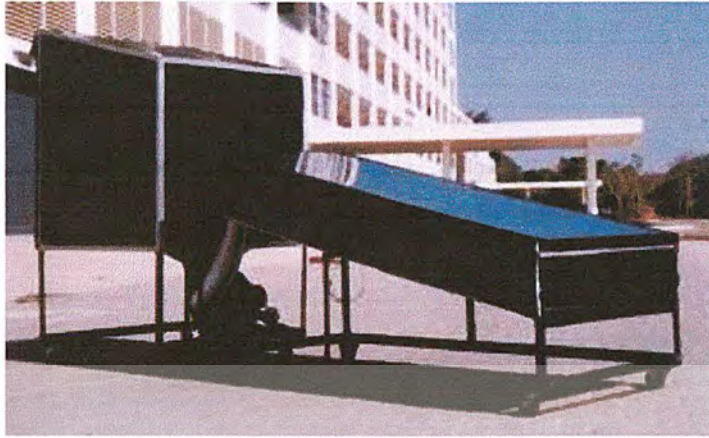


ภาพที่ 2.20 ภาพตัดตามยาวของแผ่รับแสงอาทิตย์



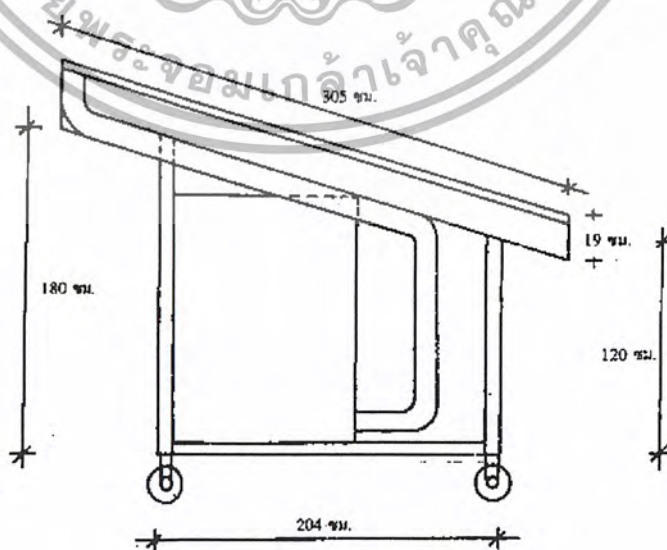
ภาพที่ 2.21 การวางตะแกรงภายในตู้อบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

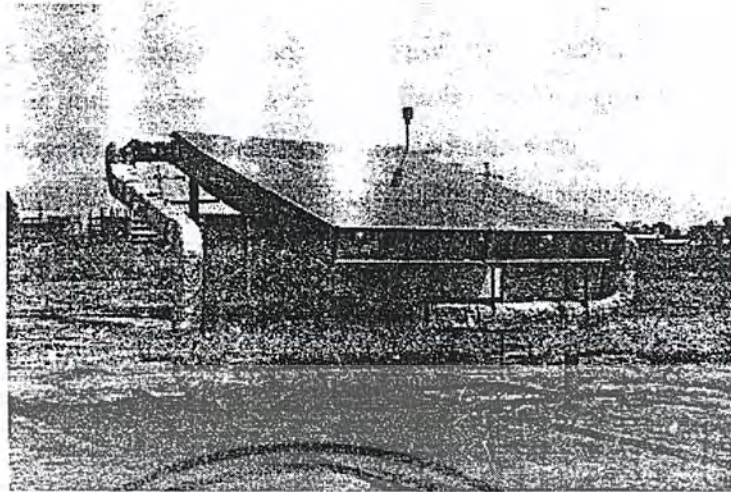


ภาพที่ 2.22 เครื่องอบแห้งทั้งส่วนตู้อบและแผงรับแสงอาทิตย์

ตั้งวาลย์ เติ้งพิ๊ด และ วิวัฒน์พงษ์ รัศมีวิเชียร (2539) ศึกษาการอบแห้งผลิตภัณฑ์เนื้อปลาด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ระดับอุตสาหกรรมในครัวเรือน เพื่อพัฒนาคุณภาพและมาตรฐานการอบแห้งผลิตภัณฑ์เนื้อปลา โดยใช้ตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ ซึ่งเป็นตู้อบแห้งแบบผสมขนาด 1.5 m^3 โดยใช้พลังงานเสริมจากก๊าซ LPG แผงรับรังสีแสงอาทิตย์มีขนาด 7.5 m^2 อบแห้งผลิตภัณฑ์ได้ครั้งละ 100 kg . เมื่อใช้อัตราการไหลของอากาศ 0.1 kg/s ประสิทธิภาพแผงรับรังสีมีค่า 39.1% และประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเครื่องอบแห้งคิดเป็น 50% ใช้เวลาในการอบแห้งประมาณ 20 ชั่วโมง ความชื้นก่อนอบผลิตภัณฑ์เนื้อจะมีค่ามากกว่าปลาคือ 77% และ 64% ตามลำดับ ความชื้นหลังการอบมีค่าใกล้เคียงกันคือ 17% และ 16% ตามลำดับ โดยอัตราการอบแห้งของเนื้อจะมีค่ามากกว่าปลา



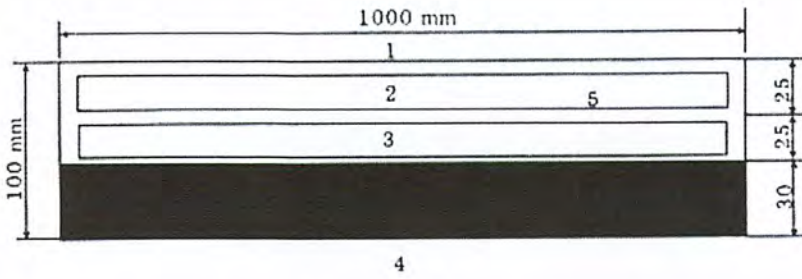
ภาพที่ 2.23 เครื่องอบแห้งด้านข้าง



ภาพที่ 2.24 เครื่องอบแห้งผลิตภัณฑ์เนื้อปลาระดับอุตสาหกรรม

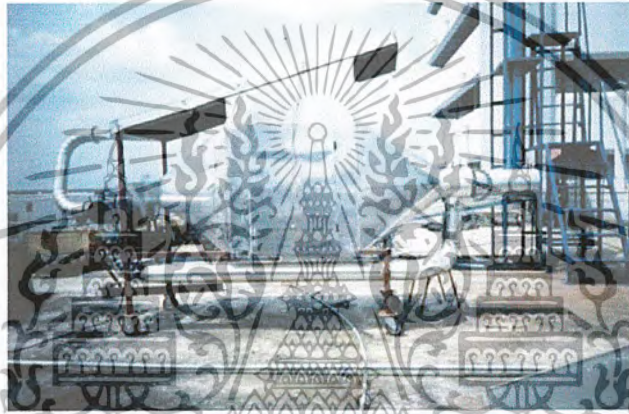
โสรจ คิริเลิศ (2538) ศึกษาการอบแห้งกระเทียมโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับพลังงานจากก๊าซชีววมวล, เครื่องอบแห้งสามารถทำงานได้ 24 ชั่วโมง โดยใช้พลังงานความร้อนเสริมจากก๊าซชีววมวล มีระบบปรับอัตราการไหลของอากาศให้คงที่ได้ตามต้องการ ตู้ที่ใช้อบแห้งผลิตภัณฑ์มีขนาด 0.6 m^3 ซึ่งสามารถวางถาดสำหรับอบแห้งกระเทียมได้ 8 ถาด จากการทดลองพบว่าสภาวะที่เหมาะสมของการอบแห้งกระเทียมหนัก 30 kg ที่มีความชื้นเริ่มต้นประมาณ 67% มาตรฐานเปียกจนมีความชื้นสุดท้ายประมาณ 60% มาตรฐานเปียกแบ่งการอบแห้งออกเป็น 2 แบบ โดยแบบที่ 1 ทำการอบแห้งโดยใช้พลังงานจากก๊าซชีววมวลเพียงอย่างเดียว อุณหภูมิในการอบแห้งเฉลี่ย 55.6°C ใช้เวลาในการอบแห้ง 14 ชั่วโมง และแบบที่ 2 ทำการอบแห้งโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับพลังงานจากก๊าซชีววมวลอุณหภูมิในการอบแห้งเฉลี่ย 45.4°C ใช้เวลาในการอบแห้ง 15 ชั่วโมง อัตราการไหลของอากาศที่ใช้ในการอบแห้งคือ 0.17 kg/s ทั้ง 2 กรณี เมื่อศึกษาถึงความสิ้นเปลืองพลังงานความร้อนที่ใช้ในการพบว่า แบบที่ 1 และแบบที่ 2 มีการใช้พลังงานจากแหล่งพลังงาน 2 แหล่งที่เหมือนกัน คือ พลังงานความร้อนจากก๊าซชีววมวลและพลังงานไฟฟ้าที่ให้กับมอเตอร์ของพัดลมเป่าอากาศ แต่แบบที่ 2 ซึ่งใช้พลังงานจากแสงอาทิตย์ร่วมด้วยสามารถประหยัดพลังงานได้เท่ากับ 49% ของพลังงานความร้อนที่สิ้นเปลืองทั้งหมด ซึ่งสรุปได้ว่าแบบที่ 2 มีต้นทุนที่ใช้ในการอบแห้งต่อกิโลกรัมกระเทียมแห้ง 21.25 Baht/kg , 16.44 Baht/kg , และ 13.02 Baht/kg ระยะเวลาทำการอบแห้ง 60, 90, และ 140 วันต่อปี ตามลำดับ ต้นทุนที่ใช้ในการอบแห้งสำหรับการระเหยน้ำออกจากกระเทียมมีค่า $94.93 \text{ Baht/kg H}_2\text{O evap}$, $73.50 \text{ Baht/kg H}_2\text{O evap}$ และ $58.19 \text{ Baht/kg H}_2\text{O evap}$ ระยะเวลาทำการอบแห้ง 60, 90 และ 140 วันต่อปี ตามลำดับ พบว่าทำการอบแห้งที่ 140 วันต่อปีให้ผลตอบแทนที่ดีที่สุด คือ มีจุดคุ้มทุนอยู่ที่ภายใน 1 ปี 3 เดือน, 2 ปี และ 5 ปีตามลำดับ (ในกรณีไม่คิดค่าแรงงานในการอบแห้ง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



1. Cover 2. Air gap 3. Air channel 4. Micro fiber insulation 5. Absorber

ภาพที่ 2.25 Solar Collector



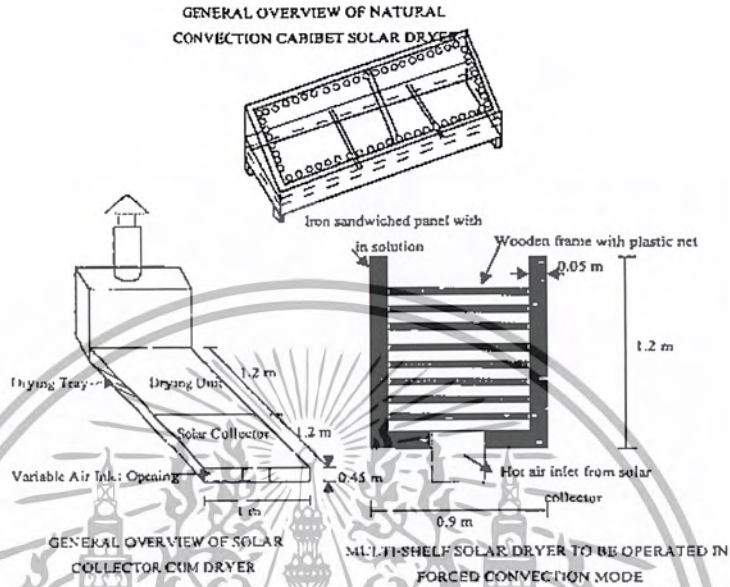
ภาพที่ 2.26 เครื่องอบแห้งกระเทียม โดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับพลังงานก๊าซชีววมวล

วีระวุฒิ ลิ้มตระกูล (2538) การศึกษาเปรียบเทียบวิธีการอบแห้งกล้วยแบบต่างๆ , การศึกษาเปรียบเทียบวิธีการอบแห้งแบบต่างๆ โดยทดสอบเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์แบบตู้โดยอากาศไหลเวียนตามธรรมชาติ, เครื่องอบแห้งแบบตู้โดยอากาศไหลเวียนตามธรรมชาติและใช้ LPG เป็น เชื้อเพลิงและเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์แบบตู้โดยอากาศไหลเวียนแบบบังคับ จากการทดสอบเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์แบบตู้โดยอากาศไหลเวียนตามธรรมชาติ พบว่าการอบแห้งแบบหมุนเวียนใช้เวลาในการอบแห้งเฉลี่ยงวดละ 7 วัน เป็นเวลา 57 ชม. จะสิ้นเปลืองพลังงานความร้อนทั้งสิ้น $19.2 \text{ MJ/kg H}_2\text{O evap}$ และมีประสิทธิภาพของระบบอบแห้งด้วยแสงอาทิตย์แบบตู้โดยอากาศไหลเวียนตามธรรมชาติเฉลี่ย 11.1 % เครื่องอบแห้งแบบตู้โดยอากาศไหลเวียนตามธรรมชาติและใช้ LPG เป็นเชื้อเพลิงพบว่าเครื่องอบแห้งแบบหมุนเวียนใช้เวลาในการอบแห้งเฉลี่ยงวดละ 3, 4 และ 5 วันเป็นเวลา 46, 45 , และ 45 ชั่วโมง จะสิ้นเปลืองพลังงานความร้อนทั้งสิ้น 10.2 , 8.6 , และ 8.4 $\text{ MJ/kg H}_2\text{O evap}$ และมีประสิทธิภาพการอบแห้งด้วยแสงอาทิตย์แบบตู้โดยอากาศไหลเวียนตามธรรมชาติเท่ากับ 23.6 , 28

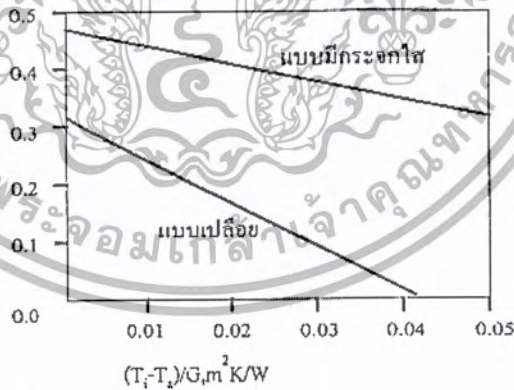
และ 30% ตามลำดับเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์แบบตู้โดยบังคับการไหลของอากาศ พบว่าการอบแห้งแบบหมุนเวียนใช้เวลาในการอบแห้งเฉลี่ยงวดละ 5 วันเป็นเวลา 44 ชั่วโมง จะสิ้นเปลืองพลังงาน

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความร้อนทั้งสิ้น 14.9 MJ/kg H₂O evap และมีประสิทธิภาพของระบบอบแห้งด้วยแสงอาทิตย์แบบตู้ โดยบังคับการไหลของอากาศเฉลี่ยเท่ากับ 15.8 %



ภาพที่ 2.27 เครื่องอบแห้งแบบต่างๆ



ภาพที่ 2.28 ประสิทธิภาพของตัวรับรังสีแผ่นเรียบทำอากาศร้อนแบบเปลือยและแบบมีกระจกใสปิดที่ชั้นอากาศนี้

วรวิทย์ รุ่งจิวยักษ์ (2538) ศึกษากระบวนการกลั่นน้ำด้วยแสงอาทิตย์ขนาดอุตสาหกรรมจากการทดสอบตัวรับรังสีแบบแผ่นเรียบมีพื้นที่ 23.1 m² อัตราการไหลของอากาศมีค่า 0.26 kg/s จะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มีประสิทธิภาพเฉลี่ย 32.1 % และแบบแผ่นลอนมีพื้นที่การรับแสงและอัตราการไหลของอากาศเท่ากับแบบแผ่นเรียบจะมีประสิทธิภาพเฉลี่ย 37.4 % เมื่อทดสอบการอบแห้งกล้วยน้ำว้าพบว่าการอบแห้งแบบหมุนเวียน ใช้เวลาในการอบแห้งเฉลี่ยชุดละ 5 วัน เป็นเวลา 44 ชั่วโมง จะสิ้นเปลืองพลังงานทั้งหมดเท่ากับ 14.93 MJ/kg H₂O evap. จากการประเมินความเหมาะสมทางด้านเศรษฐศาสตร์พบว่าการอบแห้งแบบหมุนเวียนสามารถให้ผลผลิตกล้วยอบแห้งได้ประมาณปีละ 56,102 kg มีรายได้เฉลี่ย 1,876,426 บาท ซึ่งมีต้นทุนการสร้างโรงงานอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ และ LPG ประมาณ 1,994,731 บาท และมีต้นทุนเฉลี่ยปีละ 1,255,495 บาท

จากการศึกษาพบว่าการอบแห้งแบบตู้ เป็นการอบแห้งผลิตภัณฑ์ด้วยลมร้อนภายในตู้ ซึ่งมีถาดบรรจุผลิตภัณฑ์อยู่ วิธีการอบแห้งแบบนี้เป็นแบบมาตรฐาน มีที่ใช้กันโดยทั่วไปสำหรับอุตสาหกรรมอุณหภูมิที่ใช้กันโดยทั่วไปสำหรับการอบแห้งประมาณ 60-70 °C ถ้าใช้สูงกว่านี้จะทำให้ได้ผลิตภัณฑ์มีสีเข้ม ไม่สวย ผิวอาจเหี่ยยุ่นมาก เป็นต้น เวลาที่ใช้ในการอบแห้งอาจจะหลายสิบชั่วโมง



บทที่ 3
ขั้นตอนการดำเนินงาน

3.1 การออกแบบเครื่องอบแห้ง

ในการเลือกประเภทของเครื่องอบแห้ง จะพิจารณาจากผลิตภัณฑ์ที่จะนำมาอบแห้ง คือ ผลไม้ ซึ่งจะต้องทำการอบแบบต่อเนื่องและไม่สามารถวางวัสดุเป็นกองได้ ดังนั้น เครื่องอบแห้งที่เหมาะสมคือ เครื่องอบแห้งแบบตู้ (Cabinet dryer) ชนิดถาดอยู่กับที่และออกแบบให้ตัวตู้อบอยู่ใต้แผงรับรังสี เพื่อเป็นการประหยัดพื้นที่ และให้อัตรการไหลของอากาศไหลตั้งฉากกับถาด

เมื่อเลือกชนิดของเครื่องอบแห้งได้แล้ว ขั้นตอนต่อไปคือการคำนวณขนาดของเครื่องอบแห้ง โดยเครื่องอบแห้งประกอบด้วย แผงรับแสงอาทิตย์ ตู้อบแห้ง พัดลมเป่าอากาศ ขดลวดความร้อน ระบบควบคุมความเร็วของมอเตอร์ และอุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิ

3.1.1 การคำนวณอัตราการไหล

ในการออกแบบถาดต้องการอบแห้งผลไม้จำนวน 35 kg จากความชื้นเริ่มต้น 240 % เหลือ 55 % มาตรฐานเปียก จะต้องระเหยน้ำออก 19 kg และได้ผลไม้แห้ง 16 kg หากสมมุติว่าอากาศที่ใช้อบแห้งมีอุณหภูมิ 60°C และอากาศออกจากตู้อบมีอุณหภูมิ 45°C จะสามารถคำนวณหาอัตราการไหลได้ดังนี้

$$m_a C_p (T_{mix} - T_f) = m_w h_{fg} \quad (3.1)$$

- เมื่อ
- m_a = มวลอากาศแห้ง, kg
 - C_p = ความร้อนจำเพาะของอากาศ, kJ/kg°C
 - T_{mix} = อุณหภูมิก่อนเข้าตู้อบ, °C
 - T_f = อุณหภูมิออกจากตู้อบ, °C
 - m_w = ปริมาณที่ระเหย, kg
 - h_{fg} = ความร้อนแฝงของการระเหยน้ำ, kJ/kg

จากสมการ (5.1) จะสามารถคำนวณหามวลของอากาศได้ดังนี้

$$\begin{aligned} m_a &= \frac{m_w h_{fg}}{C_p (T_{mix} - T_f)} \\ &= \frac{19 \times 2500}{1 (60 - 45)} \end{aligned} \quad (3.2)$$

$$\text{คังนั้มนวลอากาศหั่ง} = 3167 \text{ kg}$$

ถ้าต้องการอบหั่งอบหั่งให้เสร็จภายใน 12 hr จะคังนวนอัตราการไหลของอากาศได้ว่า

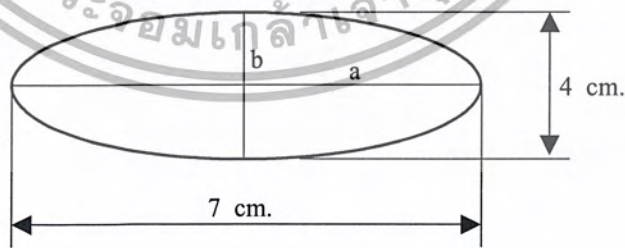
$$\begin{aligned} m_a &= \frac{3167 \text{ kg}}{12 \text{ hr}} \times \frac{1 \text{ hr}}{3600 \text{ s}} \\ &= 0.073 \frac{\text{kg}}{\text{s}} \end{aligned}$$

3.1.2 การคังนวนขนาดของตู้อบ

ในการคังนวนปริมาตรของตู้อบหั่งสามารถคังนวนจากปริมาตรของกล้วยที่ตังการอบหั่ง โดยที่กล้วยมีความชื้นเริ่มต้น 240% มาตรฐานหั่ง จำนวน 35 kg คังนั้กล้วยจำนวนนี้สามารถคังนวนหาปริมาตรได้จากความหนาแน่นของกล้วยที่ความชื้นดังกล่าว

$$\begin{aligned} m_a &= 1060 - 0.1017 M \\ &= 1060 - (0.1017 \times 240) \\ &= 1035.6 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \\ \text{ปริมาตรของกล้วยทั้งหมด} &= \frac{35 \text{ kg} \cdot \text{m}^3}{1035.6 \text{ kg}} \\ &= 0.034 \text{ m}^3 \end{aligned} \quad (3.3)$$

ถ้ากำหนดให้กล้วยหนึ่งลูกมีขนาดคังนี้คือ กล้วยที่ทับแล้วมีขนาด กว้าง 4 cm. ยาว 7 cm. และหนา 0.7 cm. คังนั้กล้วยหนึ่งลูกมีปริมาตรเท่ากับ



$$\text{พื้นที่วงรี} = \pi ab \quad (3.4)$$

$$\begin{aligned} \text{ปริมาตรของกล้วยหนึ่งลูก} &= \pi abt \\ &= \pi (0.035 \times 0.02 \times 0.007) \text{ m}^3 \end{aligned} \quad (3.5)$$

$$\begin{aligned}
 \text{ปริมาตรของกล้วยหนึ่งลูก} &= 1.54 \times 10^{-5} \frac{m^3}{\text{ลูก}} \\
 &= \frac{0.034 \text{ } m^3 \text{ ลูก}}{1.54 \times 10^{-5} \text{ } m^3} \\
 \text{ดังนั้น จำนวนกล้วยทั้งหมด} &= 2208 \text{ ลูก}
 \end{aligned}$$

ถ้ากำหนดว่าถาดมีขนาด $(0.73 \times 0.73) m^2$ เพราะฉะนั้นหนึ่งถาดจะวางกล้วยได้เต็มที่เท่ากับ 190 ลูก กล้วยหนึ่งลูกมีพื้นที่ $(0.07 \times 0.04) m^2$ แต่ในการอบกล้วยจะต้องจัดระยะไม่ให้กล้วยชิดกันเกินไป เพื่อให้อากาศสัมผัสผิวกล้วยมากที่สุดโดยทดสอบวางกล้วยซึ่งมีขนาดแตกต่างกันบนถาดพบว่าสามารถวางกล้วยได้ทั้งหมด 8 แถวๆ ละ 12 ลูกรวมเป็น 96 ลูก ดังนั้นจำนวนถาดจะเท่ากับ

$$\begin{aligned}
 \text{จำนวนถาด} &= \frac{2208 \text{ ลูก} \cdot \text{ถาด}}{96 \text{ ลูก}} \\
 &= 23 \text{ ถาด}
 \end{aligned}$$

ถ้ากำหนดว่าช่องว่างระหว่างถาดเท่ากับ 15 cm. เพื่อให้สะดวกในการทำงาน และเพื่อให้ขนาดของตู้อบสามารถอยู่ได้แพร่รับแสงอาทิตย์ได้ ดังนั้นปริมาตรของตู้อบแห้ง กว้าง×ยาว×สูงเท่ากับ $(0.8 \times 0.8 \times 1.4) m^3$ จำนวนถาดที่เหมาะสมกับขนาดความสูงของตู้เท่ากับ 7 ถาด

3.1.3 การคำนวณพื้นที่ของแผงรับแสงอาทิตย์

พื้นที่แผงรับแสงอาทิตย์สามารถคำนวณได้จากสมการ

$$m_a C_p (T_o - T_i) = e_c A_c G_T \quad (3.6)$$

เมื่อ	T_o	=	อุณหภูมิออก แผงรับแสงอาทิตย์, °C
	T_i	=	อุณหภูมิเข้า แผงรับแสงอาทิตย์, °C
	e_c	=	ประสิทธิภาพตัวรับรังสี, เศษส่วน
	A_c	=	พื้นที่แผงรับแสงอาทิตย์
	G_T	=	ค่าความเข้มของแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบบนแผงรับแสงอาทิตย์, W/m ²

จากสมการ (3.6) สามารถคำนวณพื้นที่แผงรับแสงอาทิตย์ได้ว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$A_C = \frac{m_a C_p (T_o - T_i)}{e_c G_T} \quad (3.7)$$

ถ้ากำหนดให้ประสิทธิภาพแผงรับแสงอาทิตย์เท่ากับ 0.6 ค่าความเข้มแสงอาทิตย์เท่ากับ 0.65 kW/m^2 อุณหภูมิออกและเข้าแผงรับแสงอาทิตย์มีค่า 55 และ $30 \text{ }^\circ\text{C}$ ตามลำดับ จะคำนวณพื้นที่แผงรับแสงอาทิตย์ได้เท่ากับ

$$A_C = \frac{0.073 \times 1(55 - 30)}{0.6 \times 0.65}$$

$$A_C = 4.6 \text{ m}^2$$

ในการออกแบบได้ใช้แผงรับแสงอาทิตย์แบบอากาศไหลผ่านทั้งด้านบนและด้านล่างของแผ่นดูดซับความร้อน ดังนั้นจึงใช้พื้นที่แผงรับแสงอาทิตย์เท่ากับ 2 m^2

3.1.4 การคำนวณขนาดของพัดลม

ในการคำนวณขนาดของพัดลม สามารถคำนวณจากความดันที่สูญเสียและอัตราการไหลของอากาศ ซึ่งสามารถคำนวณกำลังงานของพัดลม ได้ดังนี้

$$P_f = \frac{QP}{e_f} \quad (3.8)$$

เมื่อ P_f = กำลังงาน
 Q = อัตราการไหลเชิงปริมาตรของอากาศ
 P = การสูญเสียความดัน
 e_f = ประสิทธิภาพของพัดลม

สมมติให้ประสิทธิภาพของพัดลมเท่ากับ 0.5 ความหนาแน่นของอากาศ 1 kg/m^3 และจากการทดสอบประมาณได้ว่า การสูญเสียความดันเท่ากับ 2345 Pa และให้ประสิทธิภาพของมอเตอร์เท่ากับ 50% กำลังที่ใช้มอเตอร์เท่ากับ

$$P_f = \frac{0.073 \times 2345}{0.5}$$

$$P_f = 342 \text{ W}$$

$$P_m = \frac{342 \text{ W}}{0.5} = 684 \text{ W}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในที่นี้เลือกพัดลมแบบแรงเหวี่ยง แบบใบพัดโค้งหน้า เลือคมอเตอร์ขนาด 760 W เพื่อป้องกันการทำงานเกินกำลังของมอเตอร์ และ ตามขนาดที่มีวางจำหน่าย

3.1.5 การคำนวณขนาดของแหล่งความร้อน

การใช้แสงอาทิตย์ในการอบแห้งนั้นมีความไม่แน่นอนของความเข้มแสง ซึ่งเนื่องจากสภาพอากาศปิด มีเมฆมากหรือมีฝนตกดังนั้นตู้อบแห้งที่ดีควรมีแหล่งความร้อนเสริม เพื่อความสะดวกจึงเลือกใช้พลังงานไฟฟ้ามาใช้เป็นพลังงานหลัก และใช้พลังงานความร้อนของแสงอาทิตย์เป็นแหล่งพลังงานเสริมเพื่อช่วยลดค่าไฟฟ้า ขนาดของขดลวดความร้อนคำนวณได้จากสมการที่ (3.9)

$$Q = \dot{m} c_a \Delta T \quad (3.9)$$

เมื่อ \dot{m} = อัตราการไหลของอากาศ, kg/s
 c_a = ค่าความร้อนจำเพาะของอากาศ, kJ/kg °C
 ΔT = ความแตกต่างของอุณหภูมิที่ใช้อบแห้ง และ อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม, °C

ถ้ากำหนดให้อุณหภูมิอบแห้งและอุณหภูมิสิ่งแวดล้อมเท่ากับ 85 และ 25 °C ตามลำดับ สาเหตุที่ต้องการออกแบบให้ใช้อุณหภูมิอบแห้ง 85 °C เพราะเพื่อเป็นการเผื่อไว้ในกรณีที่ต้องการอบแห้งผลผลิตชนิดอื่นด้วย

$$Q = 0.073 \times 1(85 - 25)$$

$$Q = 4.83 \text{ kW}$$

ในการออกแบบใช้ขดลวดความร้อนขนาด 1,100 W จำนวน 2 ตัว ต่อขนานกัน รวม 2,000 W จากการทดสอบวัดค่าอุณหภูมิที่ขดลวดสามารถทำได้จริง พบว่าการใช้ขดลวดความร้อนจำนวน 2 ตัว สามารถเพิ่มอุณหภูมิในตู้อบได้ถึง 85 °C การออกแบบ จึงไม่จำเป็นต้องติดตั้งขดลวดความร้อนถึง 4,380 W

3.2 การสร้างเครื่องอบแห้ง

3.2.1 แผงรับแสงอาทิตย์

มีขนาดพื้นที่เท่ากับ 2 m² วางเอียง 14° กับแนวระดับส่วนบนใช้กระจกเป็น cover โดย

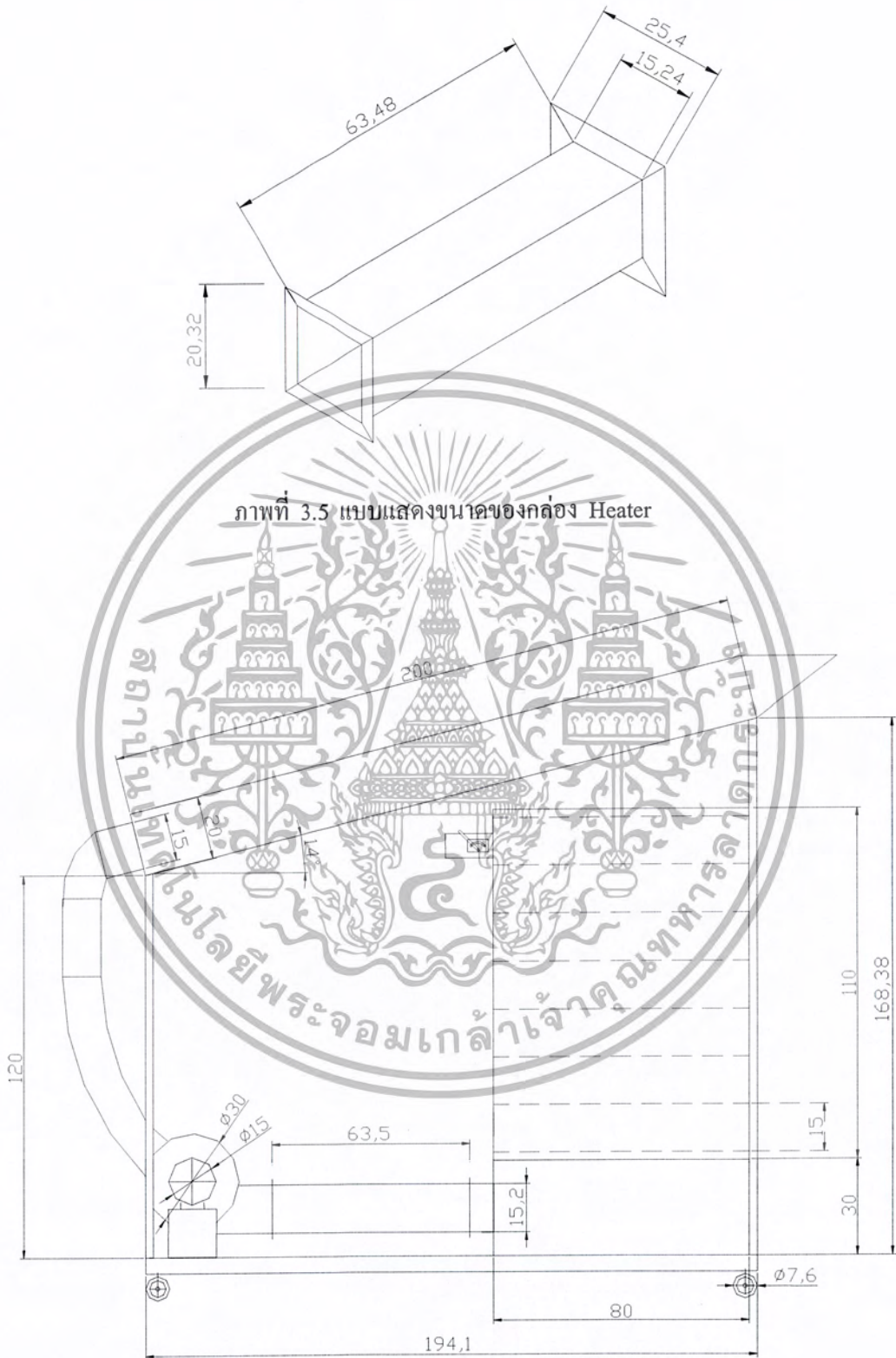
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1100 W มีเครื่องควบคุมอุณหภูมิ (Thermostat) ควบคุมอุณหภูมิภายในตู้อบ และมีช่องท่อเปิดระบายความชื้นออกทางด้านหลังของผู้ โดยที่ช่องท่อนำอากาศออกนี้มีวาล์วปีกผีเสื้อสำหรับปรับอัตราการไหลออกของอากาศภายในตู้อบ



ภาพที่ 3.4 แบบแสดงขนาดของถาดอบแห้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.6 แบบแสดงขนาดของเครื่องอบแห้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.7 ลักษณะการต่อท่อดูดลมร้อนจากแผงรับแสงอาทิตย์



ภาพที่ 3.8 พัดลมดูดอากาศ (Blower)



ภาพที่ 3.9 กล่อง Heater

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้ภาพที่ 3.9 กล่อง Heater นั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.10 แสดงการติดตั้งอุปกรณ์จับยึดควบคุมทำความร้อนภายในกล่อง

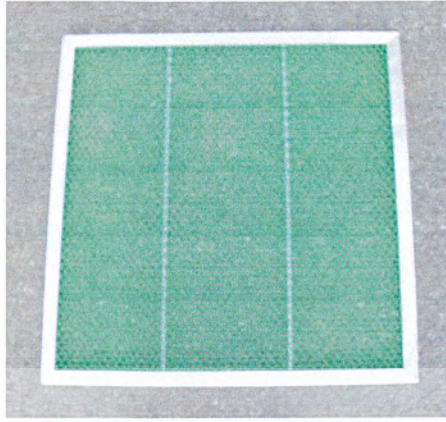


ภาพที่ 3.11 ขดลวดความร้อนแบบครีป (Heater)



ภาพที่ 3.12 การวางตะแกรงภายในตู้อบแห้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.13 แสดงตะแกรงวางวัสดุอบแห้ง



ภาพที่ 3.14 วาล์วปีกผีเสื้อ (Throttle valve)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ภาพที่ 3.15 เครื่องควบคุมอุณหภูมิ (Thermostat) และรีเลย์ (Relay) ปะไซ้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.16 เครื่องอบแห้งเมื่อประกอบเสร็จเรียบร้อยแล้ว

3.3 รายละเอียดของเครื่องอบแห้งที่สร้างขึ้น

- ตู้อบแห้ง มีรูปทรงสี่เหลี่ยม มีขนาดกว้าง 0.8 m. ยาว 0.8 m. สูง 1.4 m. ภายในมีถาดอบแห้งซึ่งวางซ้อนกันตามความสูงของตู้อบแห้ง จำนวน 6 ถาด ถาดอบแห้งมีรูปทรงสี่เหลี่ยมทำด้วยตาข่ายพลาสติก ขึ้นโครงและขอบด้วยเหล็กฉากขนาด 1 นิ้ว แบบบาง และค้ำโครงด้วยเหล็กเส้นขนาด $\frac{1}{4}$ นิ้ว

- แผงรับแสงอาทิตย์ เป็นแบบอากาศไหลผ่านแผ่นดูดซับความร้อนทั้งด้านบนและด้านล่าง มีพื้นที่รับแสง 2 m² ทำด้วยแผ่นสังกะสีแบบลอนเล็ก มีกระจกใสบิดด้านบนของแผงรับแสงอาทิตย์ 1 แผ่น หนา 5 mm. ขนาดชั้นอากาศ 7.5 cm. ด้านล่างและด้านข้างบุด้วยฉนวน Thermo-flex หนา 1 นิ้ว และปิดทับด้วยไม้อัดหนา 3 mm. ทั้งด้านบนและด้านใน

- ท่อลม สำหรับนำอากาศจากแผงรับแสงอาทิตย์เข้าสู่ตู้อบแห้งเป็นท่อ Flexible ทำด้วยอะลูมิเนียม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 นิ้ว

- พัดลมเป่าอากาศ ใช้พัดลมแบบเหวี่ยง (Centrifugal fan) ชนิดใบพัดโค้งหน้า ขนาด 8 นิ้ว มอเตอร์ไฟฟ้า 3 Phase ขนาด 760 W สามารถให้ปริมาณลม 52 m³/min.

- ขดลวดความร้อนไฟฟ้าแบบครีป จำนวน 2 ตัว ตัวละ 1100 W ขนาด 2.54 × 60 cm.

- ก่อตั้งติดตั้งขดลวดความร้อน ทรงสี่เหลี่ยมขนาดกว้าง 15 cm. ยาว 62 cm. และสูง 15 cm. ด้านในติดตั้งอุปกรณ์จับยึดขาของขดลวดความร้อนจำนวน 2 ตัว ทำด้วยเหล็กแผ่น ขนาด 2.54 cm. หนา 3 mm.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- เครื่องปรับความเร็วรอบของมอเตอร์ (Inverter) ขนาด 7 HP ใช้เพื่อควบคุมอัตราการไหลของอากาศ
- เทอร์โมสตัต (Thermostat) ขนาดช่วงอุณหภูมิทำงาน 30 - 120 °C
- คอนแทคเตอร์ (Contacter) ขนาด 20 Amp

3.4 หลักการทำงานของเครื่องอบแห้ง

ตู้อบแห้งนี้จะทำงานโดยใช้พลังงานความร้อนจาก 2 แหล่ง คือ พลังงานแสงอาทิตย์จากแผงรับแสงอาทิตย์ที่อยู่ด้านบนของเครื่องอบแห้ง เมื่อแผงได้รับแสงอาทิตย์ก็จะทำให้อากาศร้อน และเมื่อพลังงานแสงอาทิตย์ทำให้อากาศร้อนมีอุณหภูมิสูงไม่ถึงตามที่กำหนด หรือในเวลาที่ไม่มีแสงอาทิตย์ เครื่องก็จะใช้ความร้อนจากแหล่งความร้อนเสริม คือ ไฟฟ้า โดยอัตโนมัติ ซึ่งจะทำให้ภายในเครื่องอบแห้งจะมีอุณหภูมิคงที่ตลอดเวลาที่ทำการอบแห้ง ระบบการไหลเวียนของอากาศจะเป็นแบบบังคับ โดยใช้ Blower เป่าอากาศร้อนให้ไหลผ่านชั้นของวัสดุที่อยู่ภายในตู้อบแห้ง อากาศร้อนที่ไหลผ่านวัสดุก็จะพาความชื้นออกจากวัสดุ และเคลื่อนที่ออกจากตู้อบแห้งทางท่อนำอากาศออก โดยที่ท่อนำอากาศออกนี้มีวาล์วปีกผีเสื้อสำหรับปรับอัตราการไหลออกของอากาศภายในตู้อบ

แผงรับแสงอาทิตย์มีพื้นที่เก็บสะสมพลังงานความร้อน 2 m^2 ทำมุมเอียง 14° รังสีรวมบนแผงรับแสงอาทิตย์ถูกบันทึกโดย พาราโนมิเตอร์ (Pyranometer) และเครื่องมือบันทึกค่าอุณหภูมิ (Data logger) ซึ่งในการอ่านค่าอุณหภูมิจากตำแหน่งต่าง ๆ ของแผงรับแสงอาทิตย์จะต่อสายเทอร์โมคัปเปิล (Thermocouple sensor) เข้ากับแผงรับแสงอาทิตย์ โดยจะติดตั้งที่แผ่นดูดซับความร้อน (Absorber plate) แผ่นกระจก (Glass cover) และฉนวน (Insulator)

อุปกรณ์ในการวัดความเร็วลมเหนือแผง (Anemometer) จะเป็นข้อมูลที่ช่วยวัดการสูญเสียความร้อนเนื่องจากการพาของของไหล (ลม) เหนือแผงรับแสงอาทิตย์ ถ้าความเร็วลมเหนือแผงมาก จะทำให้การสูญเสียความร้อนมากตามไปด้วย

3.5 การทดสอบหาประสิทธิภาพของแผงรับแสงอาทิตย์

3.5.1 วัดอุปสงค์การทดลอง

- เพื่อหาประสิทธิภาพของแผงรับแสงอาทิตย์ เมื่อมีอัตราการไหลของอากาศแตกต่างกัน

3.5.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

- เครื่องบันทึกข้อมูล (Data logger) FLUKE HYDRA เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการบันทึกค่าอุณหภูมิที่จุดต่าง ๆ โดยอุปกรณ์ตัวนี้จะต่อกับสายเทอร์โมคัปเปิล ซึ่งปลายอีกข้างหนึ่งจะนำไปติดตั้งไว้ในจุดที่ต้องการอ่านค่าอุณหภูมิ ดังแสดงในภาพที่ 3.17



ภาพที่ 3.17 เครื่องบันทึกข้อมูล (Data logger)

- สายเทอร์โมคัปเปิล Type K Glass Braided ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.3 mm. เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการวัดค่าอุณหภูมิ โดยนำไปต่อกับเครื่องบันทึกข้อมูล Data logger



ภาพที่ 3.18 เทอร์โมคัปเปิล Type K Glass Braided

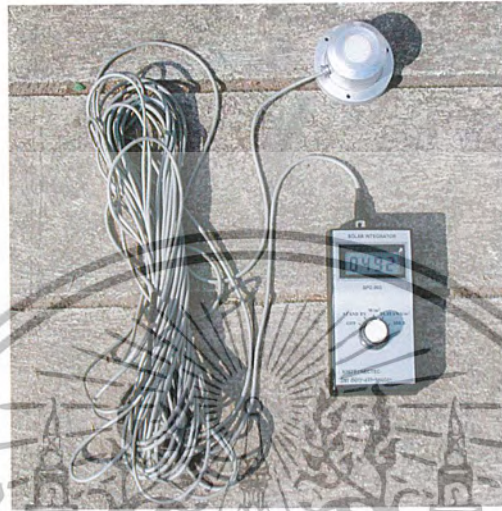
- เครื่องวัดความเร็วลม Kanomax Anemometer Model 6631 เป็นอุปกรณ์ที่ใช้วัดความเร็วลมในขณะที่ทดลอง และความเร็วลมในการดูดลมของ blower โดยนำตัว sensor ไปวัดยังจุดที่ต้องการวัดค่าความเร็วลม ดังแสดงในภาพที่ 3.19



ภาพที่ 3.19 เครื่องวัดความเร็วลม (Anemometer)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- เครื่องมือวัดปริมาณความเข้มของแสงอาทิตย์พาราโนมิเตอร์ (Pyranometer) โดยนำตัว sensor ไปวางในที่ที่เราต้องการวัดความเข้มของแสงอาทิตย์แล้วอ่านค่าที่ได้จากเครื่องมือ



ภาพที่ 3.20 เครื่องวัดปริมาณความเข้มของแสงอาทิตย์ (Solar Integrator)

- เครื่องควบคุมความเร็วรอบของมอเตอร์ (Inverter)



ภาพที่ 3.21 เครื่องควบคุมความเร็วรอบของมอเตอร์ (Inverter)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษานำเท่านั้น ไม่ควรเอาไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.3 ขั้นตอนการทดสอบ

- เริ่มทำการทดสอบที่เวลา 9.00-15.00
- ก่อนทำการทดสอบตรวจเช็คและติดตั้งอุปกรณ์ที่ใช้ในการวัดค่าและเก็บข้อมูลต่างๆ
- ปรับเครื่องควบคุมความเร็วรอบของมอเตอร์ (Inverter) ให้มีอัตราการไหลของอากาศ $1.8 \text{ m}^3/\text{min}$ ตามลำดับ วัดค่าและจดบันทึกอุณหภูมิของอากาศ กระจก แผ่นรับแสงอาทิตย์ แผ่นพื้นฉนวน ความเร็วลม และปริมาณความชื้นของแสงอาทิตย์ทุก ๆ 15 นาที
- นำค่าที่ได้จากการทดสอบมาคำนวณหาค่าเฉลี่ยของค่าความชื้นแสงของรังสี อุณหภูมิของอากาศ แผ่นดูดซับความร้อน แผ่นกระจก ค่าความเร็วลมเหนือแผงรับแสงอาทิตย์
- ทำการคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์การสูญเสียความร้อนทั้งหมดของแผงรับแสงอาทิตย์ โดยไม่ต้องคิดค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนเนื่องจากใช้ Blower เป็นตัวพาความร้อน
- เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Solar radiation and Collector efficiency curve
- ทำการทดสอบซ้ำจากข้อ 1-6 แต่ปรับให้มีอัตราการไหลของอากาศ 2.4 และ $3.0 \text{ m}^3/\text{min}$ ตามลำดับ

3.6 การทดสอบอบกล้วยน้ำว้าโดยใช้พลังงานไฟฟ้า

ขั้นตอนการทดสอบ

- เตรียมกล้วยน้ำว้า โดยปอกเปลือกและตัดกล้วยให้แบน จากนั้นนำไปเรียงบนถาดๆ ละ 15 ลูก จำนวน 3 ถาด จากนั้นนำเข้าเครื่องอบที่อุณหภูมิ $60 \text{ }^{\circ}\text{C}$ อัตราการไหลของลม 1.8, 2.4 และ $3.0 \text{ m}^3/\text{min}$ ตามลำดับ
- ชั่งน้ำหนักตัวอย่างกล้วยทุก 3 ชั่วโมง จนครบ 12 ชั่วโมง
- บันทึกการใช้กำลังไฟฟ้าทุก 30 นาที
- คำนวณหาความชื้นของกล้วยที่จุดต่างๆ เทียบกับเวลา

3.7 การทดสอบอบกล้วยน้ำว้าโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับพลังงานไฟฟ้า

ขั้นตอนการทดสอบ แบ่งเป็น 2 ช่วงเวลา

- ระหว่างเวลา 10.00-16.00 น. ดำเนินการทดสอบเช่นเดียวกับ 6.2 พร้อมกับวัดและบันทึก อุณหภูมิของอากาศ กระจก แผ่นสะสมความร้อน ฉนวน ความเร็วลมเหนือแผง และค่าความชื้นของแสงอาทิตย์ทุก 15 นาที เพื่อคำนวณหาค่าพลังงานแสงอาทิตย์ที่นำไปใช้ประโยชน์และประสิทธิภาพของแผงรับแสงอาทิตย์
- ระหว่างเวลา 16.00-22.00 น. ดำเนินการทดสอบในห้องปฏิบัติการ

บทที่ 4

ผลการทดลองและวิเคราะห์ผล

4.1 ผลการทดสอบหาประสิทธิภาพของแผงรับแสงอาทิตย์

จากการทดสอบหาประสิทธิภาพของแผงรับแสงพบว่า การพาความร้อนแบบธรรมชาติจะมีสัมประสิทธิ์การสูญเสียความร้อนมากกว่าแบบการพาความร้อนแบบบังคับ เนื่องจากการพาความร้อนแบบธรรมชาติจะสูญเสียความร้อนไปโดยการพาความร้อน ซึ่งความร้อนส่วนนี้เราไม่ได้นำไปใช้งาน แต่การพาความร้อนแบบบังคับเราจะนำความร้อนจากการพาโดยใช้อากาศเป็นตัวพาความร้อนจากแผงรับแสงมาใช้งาน ทำให้สัมประสิทธิ์การสูญเสียความร้อนน้อยกว่าแบบการพาความร้อนแบบธรรมชาติ และถ้าปริมาณความเข้มของแสงอาทิตย์ที่ส่องลงมากระทบที่แผงรับแสงมีค่ามากก็จะทำให้ประสิทธิภาพของแผงรับแสงมีค่ามากขึ้นไปด้วย แต่ประสิทธิภาพของแผงยังขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง เช่น ระยะเวลาที่ใช้ในการทดสอบ ปริมาณกรไหลของอากาศที่ผ่านแผงรับแสง สภาพของฤดูกาลและตำแหน่งที่ทำการทดสอบแผง และการทดสอบยังมีค่าผิดพลาดและตัวแปรบางอย่างที่ไม่สามารถควบคุมได้ จากการทดสอบค่าได้ประสิทธิภาพดังนี้

- การพาความร้อนแบบบังคับที่อัตราการไหล $1.8 \text{ m}^3/\text{min}$ มีประสิทธิภาพประมาณ 45 %
- การพาความร้อนแบบบังคับที่อัตราการไหล $2.4 \text{ m}^3/\text{min}$ มีประสิทธิภาพประมาณ 40 %
- การพาความร้อนแบบบังคับที่อัตราการไหล $3.0 \text{ m}^3/\text{min}$ มีประสิทธิภาพประมาณ 38 %

4.2 ผลการทดสอบการอบกล้วยน้ำว้าโดยใช้พลังงานไฟฟ้า

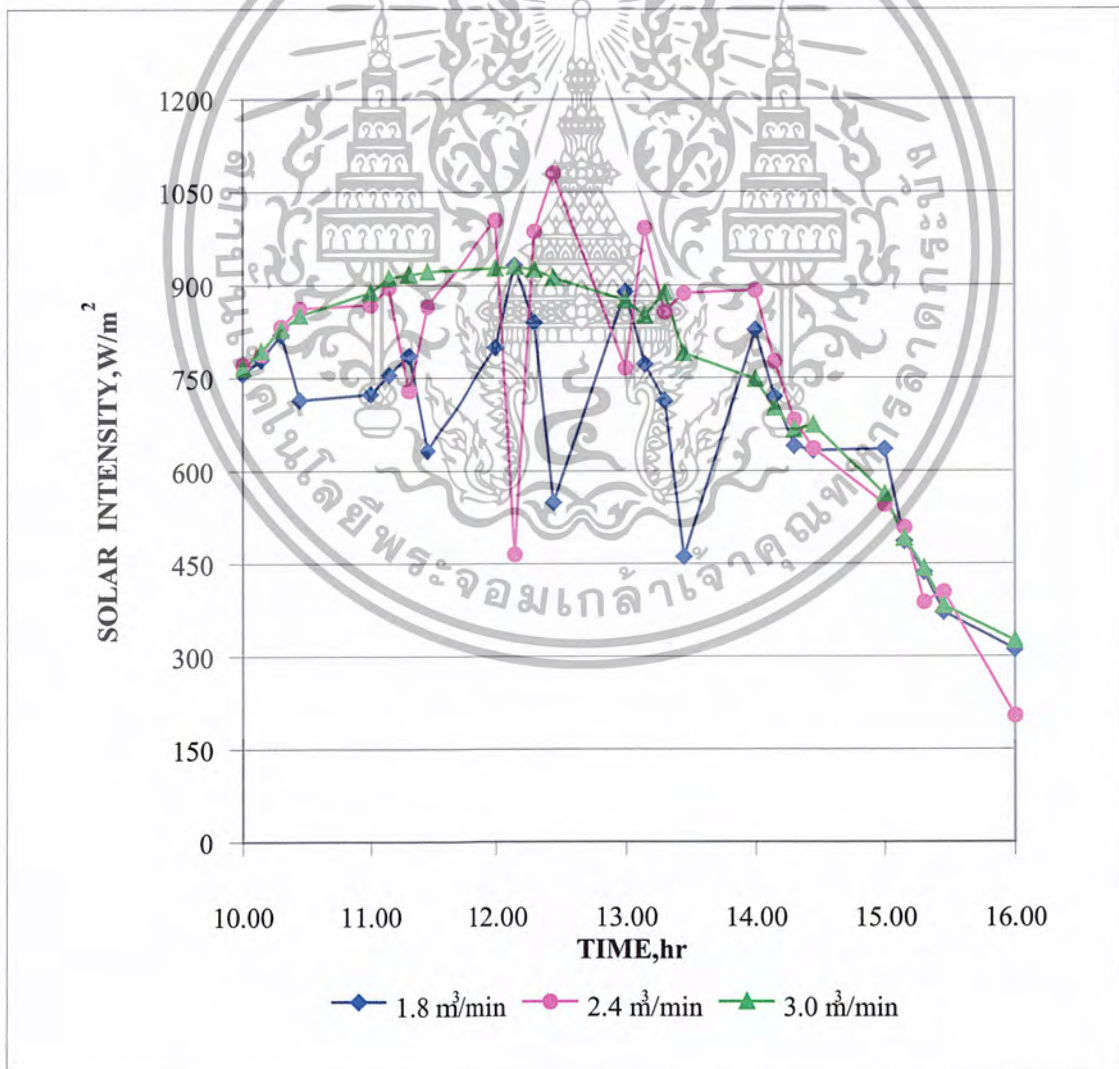
จากภาพที่ 4.3 พบว่า อัตราการไหลของลม 2.4 และ $3.0 \text{ m}^3/\text{min}$ สามารถลดความชื้นของกล้วยเฉลี่ยจาก 70%wb ลงเหลือประมาณ 35%wb ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับกล้วยตากที่มีวางจำหน่ายในท้องตลาด ส่วนที่อัตราการไหลของลม $1.8 \text{ m}^3/\text{min}$ พบว่าอัตราการลดความชื้นใกล้เคียงกับที่อัตราการไหลอื่น แต่ความชื้นเมื่ออบ 12 ชั่วโมงยังคงสูง (47%wb) อาจเนื่องจากกล้วยมีความชื้นเริ่มต้นสูง (75%wb) เมื่อพิจารณาการใช้พลังงานไฟฟ้าของ Heater พบว่า อัตราการไหลของลม 1.8 และ $2.4 \text{ m}^3/\text{min}$ จะใช้พลังงานไฟฟ้าประมาณ 10 kW-hr ส่วนที่อัตราการไหลของลม $3.0 \text{ m}^3/\text{min}$ ใช้พลังงานไฟฟ้าประมาณ 20 kW-hr

4.3 ผลการทดสอบการอบกล้วยน้ำว้าโดยใช้แสงอาทิตย์ร่วมกับไฟฟ้า

จากภาพที่ 4.4 พบว่าการลดลงของความชื้นและปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้ามีความแปรปรวนมากกว่าการอบแห้งแบบใช้พลังงานไฟฟ้าเพียงอย่างเดียว เพราะมีความแปรปรวนจากพลังงานแสงอาทิตย์ที่แตกต่างกันในแต่ละวัน โดยที่ 6 ชั่วโมงแรกเป็นการใช้พลังงานร่วมและ 6 ชั่วโมง

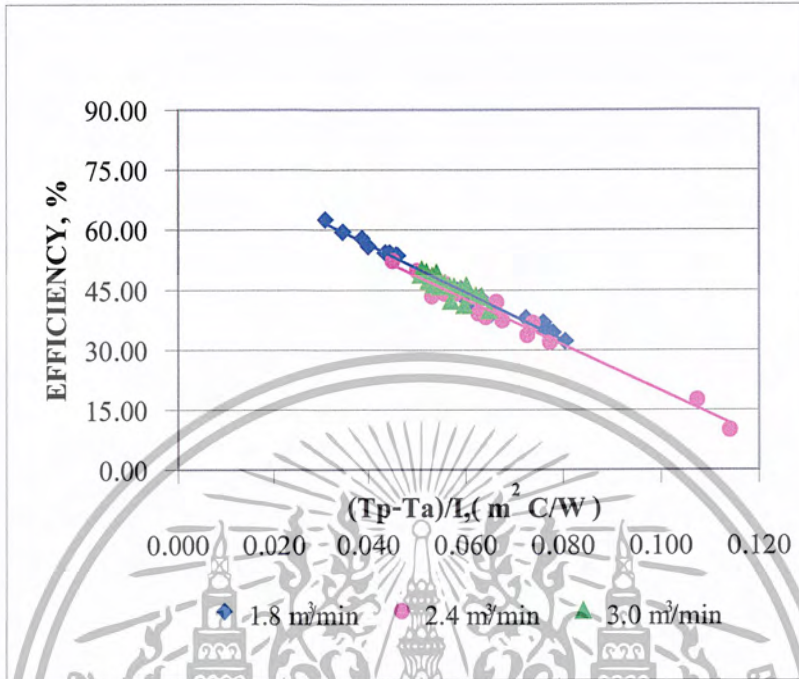
หลังเป็นการใช้พลังงานไฟฟ้าเพียงอย่างเดียว ที่อัตราการไหลของลม 1.8 และ 2.4 m³/min มีอัตราการลดลงของความชื้นใกล้เคียงกับการใช้พลังงานไฟฟ้าเพียงอย่างเดียว ส่วนที่อัตราการไหลของลม 3.0 m³/min มีอัตราการลดลงของความชื้นสูงกว่า เนื่องจากในวันที่ทำการทดลองมีปริมาณความร้อนจากแสงอาทิตย์มากกว่าวันอื่นๆ แต่ 6 ชั่วโมงหลังมีอัตราการลดความชื้นใกล้เคียงกับการใช้พลังงานไฟฟ้าเพียงอย่างเดียว หากพิจารณาการใช้พลังงานไฟฟ้าที่ 6 ชั่วโมงแรกจะช่วยประหยัด พลังงานไฟฟ้าได้กว่า 50 % ส่วนที่ 6 ชั่วโมงหลังมีแนวโน้มเดียวกันกับการใช้พลังงานไฟฟ้าเพียงอย่างเดียว

จากภาพที่ 4.5 พบว่า การใช้พลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับพลังงานไฟฟ้าจะช่วยลด พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการอบแห้งลงได้ 5.4, 4.7 และ 3.5 kW-hr เมื่ออัตราการไหลของลม 1.8, 2.4 และ 3.0 m³/min ตามลำดับ โดยพลังงานที่ลดลงมีค่าใกล้เคียงกับพลังงานความร้อนที่ได้รับจากแผงรับรังสี

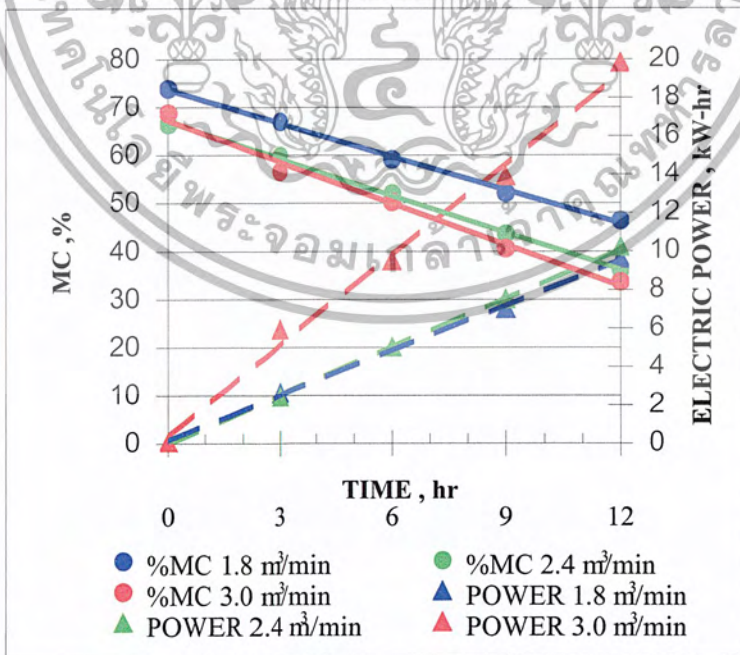


ภาพที่ 4.1 Solar radiation curve

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้ภายในเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

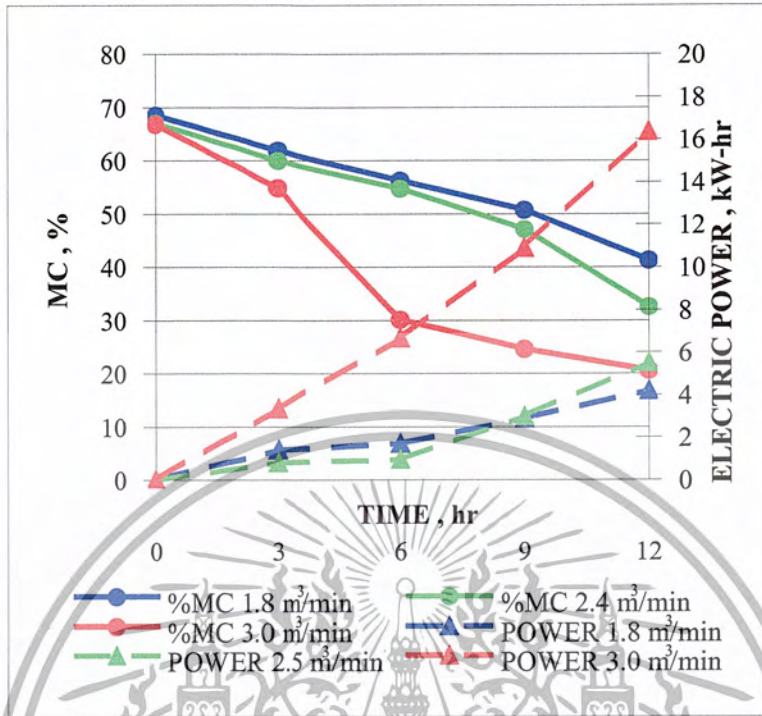


ภาพที่ 4.2 Collector efficiency curve

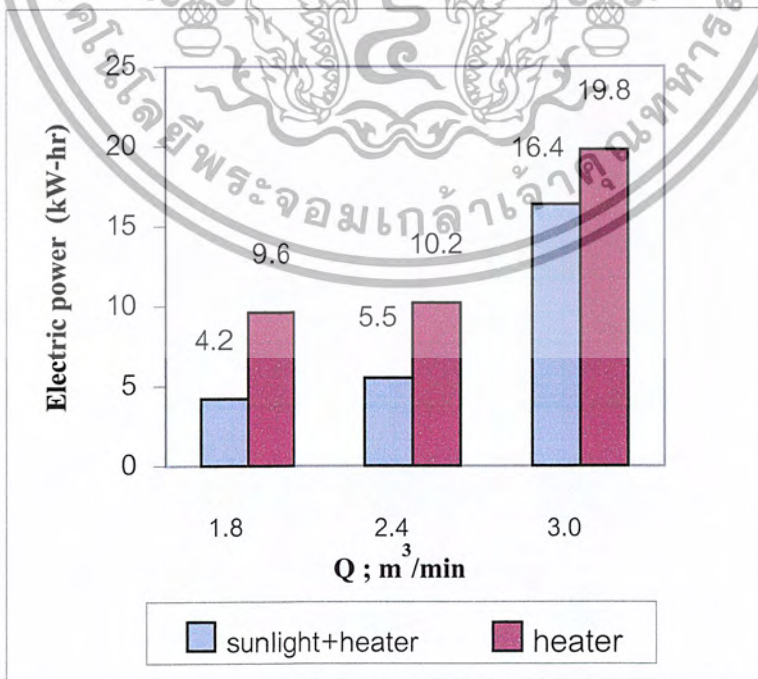


ภาพที่ 4.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของ ความชื้น เวลา และ กำลังไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับเมื่อทดสอบอบกล้วยน้ำว้าโดยใช้พลังงานไฟฟ้า ภายใต้เงื่อนไขไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของ ความชื้น เวลา และ กำลังไฟฟ้า เมื่อทดสอบอบกล้วยน้ำว้าโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์และไฟฟ้าร่วมกัน



ภาพที่ 4.5 กราฟเปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ในวงจำกัดเท่านั้น การนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการศึกษา

- การทดสอบหาประสิทธิภาพของแผงรับแสงอาทิตย์พบว่า การพาความร้อนแบบธรรมชาติจะมีสัมประสิทธิ์การสูญเสียความร้อนมากกว่าแบบการพาความร้อนแบบบังคับ เนื่องจากการพาความร้อนแบบธรรมชาติจะสูญเสียความร้อนไปโดยการพาความร้อนมากกว่าแบบบังคับ

- ปริมาณความเข้มของแสงอาทิตย์ที่ส่องลงมากระทบที่แผงรับแสงอาทิตย์ถ้ามีค่ามากก็จะทำให้ประสิทธิภาพของแผงรับแสงมีค่ามากตามไปด้วย แต่ประสิทธิภาพของแผงยังขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง เช่น ระยะเวลาที่ใช้ในการทดสอบ ปริมาณการไหลของอากาศที่ผ่านแผงรับแสง สภาพของฤดูกาลและตำแหน่งที่ทำการทดสอบแผง

- ประสิทธิภาพของแผงรับแสงอาทิตย์จะมีค่ามากที่สุดคือ ประมาณ 50 % เมื่อรังสีแสงอาทิตย์เป็นแบบรังสีรวมและการพาความร้อนเป็นแบบบังคับ

- การอบกล้วยน้ำว้าโดยใช้พลังงานไฟฟ้าจาก Heater เพียงอย่างเดียว พบว่า ในทุกอัตราการไหลของลม ที่ทำการทดสอบมีอัตราการลดความชื้นของกล้วยเฉลี่ย 3 %wb ต่อชั่วโมง

- ที่อัตราการไหลของลม 1.8 และ 2.4 m³/min พบว่า Heater จะใช้พลังงานไฟฟ้าประมาณ 10 kW-hr ส่วนที่อัตราการไหลของลม 3.0 m³/min ใช้พลังงานไฟฟ้าประมาณ 20 kW-hr

- การอบกล้วยน้ำว้าโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับพลังงานไฟฟ้าพบว่า การลดลงของความชื้นและปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้ามีความแปรปรวนมากกว่าการอบแห้งแบบใช้พลังงานไฟฟ้าเพียงอย่างเดียว เพราะมีความแปรปรวนจากพลังงานแสงอาทิตย์ที่แตกต่างกันในแต่ละวัน โดยที่ 6 ชั่วโมงแรกเป็นการใช้พลังงานร่วมและ 6 ชั่วโมงหลังเป็นการใช้พลังงานไฟฟ้าเพียงอย่างเดียว

- ที่อัตราการไหลของลม 1.8 และ 2.4 m³/min มีอัตราการลดลงของความชื้นใกล้เคียงกับการใช้พลังงานไฟฟ้าเพียงอย่างเดียว ส่วนที่อัตราการไหลของลม 3.0 m³/min มีอัตราการลดลงของความชื้นสูงกว่า เนื่องจากวันที่ทำการทดสอบมีปริมาณความร้อนจากแสงอาทิตย์มากกว่าวันอื่นๆ

- การอบกล้วยน้ำว้าโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับพลังงานไฟฟ้า การลดลงของความชื้นมีแนวโน้มใกล้เคียงกับการอบโดยใช้พลังงานไฟฟ้าเพียงอย่างเดียว สามารถลดพลังงานไฟฟ้าของ Heater ลงได้ 5.4 , 4.7 และ 3.5 kW-hr ที่อัตราการไหลของลม 1.8 , 2.4 และ 3.0 m³/min ตามลำดับ ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับพลังงานความร้อนที่ได้รับจากแผงรับรังสี

5.2 ข้อเสนอแนะ

- ควรมีการตรวจสอบรอยร้าวอย่างดีเพื่อป้องกันการสูญเสียความร้อนในส่วนต่างๆ ของเครื่องอบ ซึ่งรอยร้าวที่อาจเกิดขึ้นได้นั้นสามารถพบได้ในบริเวณรอยต่อต่างๆ เช่น รอยต่อของท่ออะลูมิเนียมจากแผงรับแสงเข้า Blower บริเวณประตูของตู้อบ การป้องกันรอยร้าวอาจทำได้โดยการซีลรอยร้าวด้วย Silicon เป็นต้น

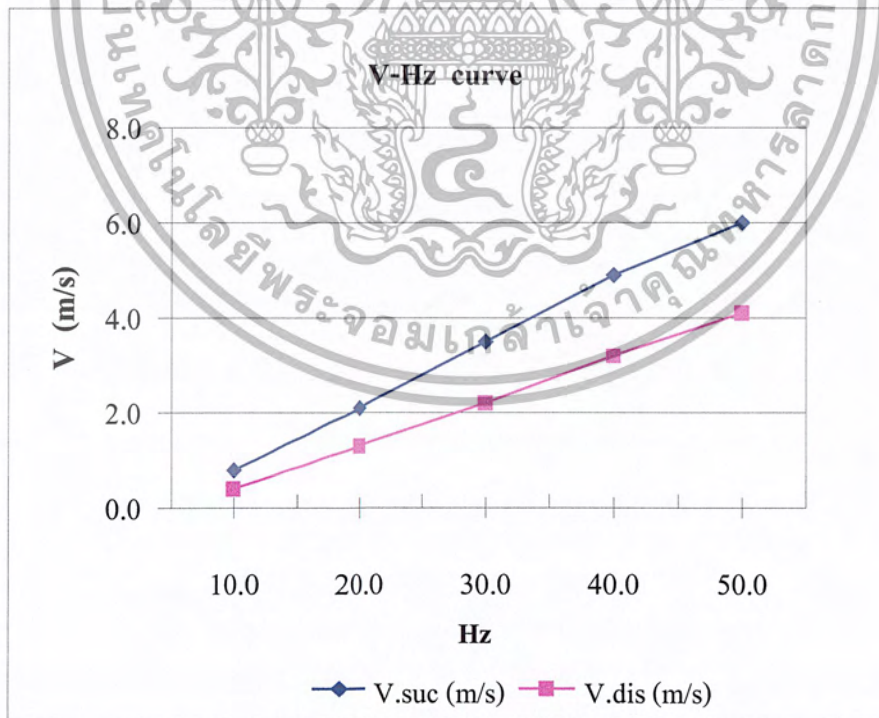
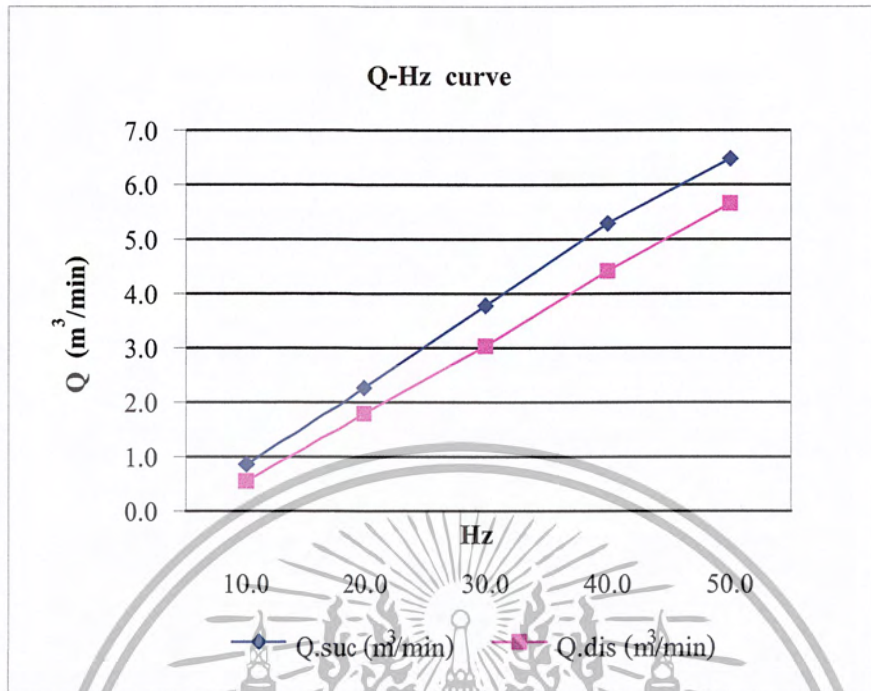
- การทดลองเปรียบเทียบควรทำที่สภาพอากาศใกล้เคียงกันให้มากที่สุด ซึ่งการทดลองในแต่ละครั้ง ถ้าสภาพอากาศมีความแตกต่างกันจะทำให้การเปรียบเทียบการทดสอบเกิดความผิดพลาดได้

- ในงานวิจัยนี้ไม่ได้ทดสอบการนำลมร้อนที่ใช้อบแล้วนำกลับมาใช้อีก ควรมีการทดสอบอัตราการนำลมร้อนที่ใช้อบแล้วกลับมาใช้ใหม่เพื่อประหยัดพลังงานไฟฟ้าและเพิ่มประสิทธิภาพให้กับเครื่องอบ





เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก1 แสดงความสัมพันธ์ของอัตราการไหล ความเร็วและความถี่ของ Heater

Hz	V.suc (m/s)	V.dis (m/s)	A.suc (m ²)	A.dis (m ²)	Q.suc (m ³ /min)	Q.dis (m ³ /min)
10.0	0.8	0.4	0.018	0.023	0.864	0.552
20.0	2.1	1.3	0.018	0.023	2.268	1.794
30.0	3.5	2.2	0.018	0.023	3.780	3.036
40.0	4.9	3.2	0.018	0.023	5.292	4.416
50.0	6.0	4.1	0.018	0.023	6.480	5.658

ตารางที่ ก2 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพแผงรับแสงแบบบังคับที่อัตราการไหล 1.8 m³/min

Time	T _a (°K)	I _t (W/m ²)	U _t (W/m ² .°C)	U _b (W/m ² .°C)	U _L (W/m ² .°C)	U _L (T _P -T _A) (W/m ²)	Q _U (W)	η	(T _P - T _A)/I m ² .C/W
10.00-11.00	306.35	767.50	5.12	1.03	6.15	271.47	704.68	44.53	0.058
11.00-12.00	307.18	724.25	5.05	1.04	6.08	288.73	604.73	39.77	0.066
12.00-13.00	306.85	780.25	4.75	1.02	5.77	170.85	910.86	58.60	0.037
13.00-14.00	307.50	709.25	4.86	1.02	5.89	209.34	728.01	48.96	0.053
14.00-15.00	308.98	704.75	4.78	1.03	5.81	222.30	696.96	48.24	0.054
15.00-16.00	308.48	482.00	4.88	1.02	5.91	201.75	384.71	37.32	0.072

ตารางที่ ก3 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพแผงรับแสงแบบบังคับที่อัตราการไหล 2.4 m³/min

Time	T _a (°K)	I _t (W/m ²)	U _t (W/m ² .°C)	U _b (W/m ² .°C)	U _L (W/m ² .°C)	U _L (T _P -T _A) (W/m ²)	Q _U (W)	η	(T _P - T _A)/I m ² .C/W
10.00-11.00	307.13	813.75	5.24	1.03	6.28	280.56	760.59	45.55	0.055
11.00-12.00	307.60	840.00	5.04	1.04	6.08	280.49	801.99	46.40	0.055
12.00-13.00	308.53	884.75	5.31	1.05	6.36	345.11	752.81	36.83	0.068
13.00-14.00	308.98	876.00	5.24	1.04	6.28	331.68	763.91	41.54	0.061
14.00-15.00	309.75	746.75	5.27	1.04	6.31	302.09	615.41	39.12	0.065
15.00-16.00	310.88	461.25	4.95	1.02	5.98	194.47	365.54	38.02	0.070

ตารางที่ ก4 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพแผงรับแสงแบบบังคับที่อัตราการไหล $3.0 \text{ m}^3/\text{min}$

Time	T_a (°K)	I_t (W/m^2)	U_t ($\text{W}/\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$)	U_b ($\text{W}/\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$)	U_L ($\text{W}/\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$)	$U_L(T_p - T_A)$ (W/m^2)	Q_U (W)	η	$(T_p - T_A)/I$ ($\text{m}^2 \cdot \text{C}/\text{W}$)
10.00-11.00	302.15	809.50	4.96	1.02	5.98	264.71	783.22	47.27	0.055
11.00-12.00	303.88	909.50	4.89	1.03	5.92	282.06	908.37	48.98	0.052
12.00-13.00	304.63	924.00	5.34	1.04	6.38	342.29	819.75	42.94	0.058
13.00-14.00	306.23	851.25	5.13	1.03	6.16	284.14	812.92	46.59	0.054
14.00-15.00	307.05	697.25	5.06	1.03	6.09	235.31	661.11	46.26	0.055
15.00-16.00	306.43	469.00	4.79	1.01	5.80	166.94	428.67	44.50	0.061



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก5 อบกล้วย เริ่มอบเวลา 10.00 น. ทดสอบแบบใช้ Heater ที่ $1.8 \text{ m}^3/\text{min}$

ภาค	จำนวนชั่วโมงที่อบ	ความชื้นของกล้วยที่(% wb)															
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	เฉลี่ย
บน	0	64.02	66.04	61.21	72.38	74.07	66.09	75.80	71.85	70.56	75.62	72.89	76.54	75.10	75.89	74.40	71.50
	3	59.45	60.60	51.62	67.62	70.97	62.38	69.34	67.34	66.53	70.39	66.24	68.43	68.53	70.30	68.41	65.88
	6	49.21	51.74	38.86	59.16	64.46	51.79	60.47	60.56	59.26	63.21	58.21	63.02	60.65	63.87	62.07	57.77
	9	41.23	39.04	35.84	48.16	49.83	45.78	58.51	54.75	52.39	54.83	51.91	57.72	52.07	55.57	55.51	50.21
	12	34.30	36.11	27.28	47.85	48.14	36.26	46.75	47.67	47.23	52.37	45.11	51.60	47.69	51.89	51.18	44.76
กลาง	0	64.32	77.09	75.50	75.34	75.14	67.90	75.15	73.09	77.29	74.45	76.77	76.45	76.13	72.52	72.60	73.98
	3	55.42	75.48	69.70	69.77	69.35	58.45	68.68	64.51	70.80	67.27	70.89	69.66	69.52	66.00	62.21	67.18
	6	44.95	64.73	62.99	62.97	63.19	47.29	60.35	54.94	63.46	59.28	64.37	62.01	61.77	58.23	49.01	58.64
	9	36.24	59.41	57.77	57.46	57.99	38.64	53.33	47.66	57.67	53.26	59.19	55.57	55.25	51.59	40.60	52.11
	12	26.56	53.79	52.35	51.28	52.33	30.82	46.42	41.25	52.15	47.59	54.25	48.58	48.35	45.65	35.24	45.77
ล่าง	0	78.53	77.37	78.37	75.30	73.17	75.80	75.31	73.98	75.06	77.18	74.59	75.09	75.35	79.06	77.53	76.11
	3	72.15	70.04	71.46	67.78	65.00	67.93	67.40	65.17	66.47	67.88	65.46	64.98	66.27	72.15	69.42	67.97
	6	66.46	62.73	64.79	60.45	56.97	60.51	61.94	58.87	60.07	58.85	57.68	57.02	59.02	66.99	63.03	61.03
	9	60.91	55.20	57.98	52.98	48.63	52.82	56.09	52.34	53.66	51.61	50.34	50.08	52.51	61.93	57.02	54.27
	12	55.97	49.17	52.27	46.50	41.34	46.48	50.83	46.64	48.31	47.14	44.21	44.60	47.18	57.55	51.98	48.68

ชั่วโมงการอบและค่าพลังงานไฟฟ้า

จำนวนชั่วโมงที่อบ	กำลังไฟฟ้า (kW-hr)	กำลังไฟฟ้าสุทธิ (kW-hr)
0	57.7	0.0
3	60.3	2.6
6	62.7	5.0
9	64.7	7.0
12	67.3	9.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก6 อบกัวย เริ่มอบเวลา 10.00 น. ทดสอบแบบใช้ Heater ที่ $2.4 \text{ m}^3/\text{min}$

ภาค	จำนวน ชั่วโมง ที่อบ	ความชื้นของกัวยที่(% wb)															
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	เฉลี่ย
บน	0	65.18	60.30	67.47	65.90	66.80	66.16	65.61	66.82	65.71	67.22	65.35	66.40	66.90	66.08	65.23	65.81
	3	59.20	62.70	62.07	59.87	60.93	60.39	60.14	61.22	59.85	60.64	58.96	60.50	61.24	60.78	57.95	60.43
	6	51.94	64.70	55.06	51.82	53.18	53.01	52.84	53.32	52.38	52.49	51.10	52.85	53.88	54.24	48.98	53.45
	9	44.29	67.30	47.09	43.11	44.27	44.95	44.44	44.07	44.17	42.88	42.28	43.98	45.44	46.81	39.48	45.64
	12	37.46	66.51	39.54	35.61	36.16	37.42	36.45	35.93	36.88	34.87	34.55	35.97	37.92	39.93	32.08	38.49
กลาง	0	66.33	60.74	66.88	66.23	65.81	66.60	66.92	66.68	67.20	67.05	65.50	66.86	66.55	65.33	66.71	66.09
	3	61.17	53.17	60.60	60.73	59.78	60.82	61.02	60.99	61.42	60.36	59.03	60.49	59.75	58.47	59.28	59.81
	6	54.86	45.02	52.94	54.12	52.83	53.88	53.89	53.97	54.29	52.03	50.84	52.01	51.74	50.26	50.59	52.22
	9	48.18	37.31	44.76	46.94	45.04	46.34	45.97	46.21	46.24	43.52	42.68	43.29	43.70	42.10	42.11	44.29
	12	41.45	67.34	37.32	39.96	37.74	39.02	38.48	38.77	38.59	35.89	35.29	35.43	36.26	34.60	34.89	39.40
ล่าง	0	67.09	61.38	68.43	67.03	66.19	65.41	65.74	67.90	66.65	67.13	65.27	66.42	65.02	66.58	67.15	66.23
	3	59.75	54.60	61.37	60.84	59.33	57.91	58.35	60.64	60.28	59.35	56.96	58.36	54.32	57.84	58.82	58.58
	6	50.67	47.26	52.92	53.62	51.36	49.08	50.05	51.65	53.16	50.23	47.01	48.53	43.56	49.45	49.86	49.89
	9	41.03	39.01	44.13	46.02	43.04	39.95	41.72	41.91	45.33	41.15	37.51	38.75	33.70	41.17	41.04	41.03
	12	33.07	39.01	36.78	39.14	36.03	32.17	34.65	33.97	37.99	33.73	30.05	31.58	26.34	34.22	33.40	34.14

ชั่วโมงการอบและค่าพลังงานไฟฟ้า

จำนวนชั่วโมงที่อบ	กำลังไฟฟ้า (kW-hr)	กำลังไฟฟ้าสุทธิ (kW-hr)
0	79.4	0.0
3	81.8	2.4
6	84.4	5.0
9	86.9	7.5
12	89.6	10.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก7 อบก๊วย เริ่มอบเวลา 10.00 น. ทดลองแบบใช้ Heater 3.0 m³/min

ภาค	จำนวน ชั่วโมง ที่อบ	ความชื้นของก๊วยที่(% wb)															
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	เฉลี่ย
บน	0	70.24	67.47	69.52	65.16	71.46	69.40	67.11	69.11	70.21	69.79	69.17	67.16	68.93	69.28	69.27	68.89
	3	59.39	58.21	60.50	54.64	62.19	57.12	57.65	60.47	61.06	59.99	60.55	57.25	55.73	54.79	56.26	58.39
	6	51.01	51.88	54.99	53.52	50.85	54.45	51.70	53.81	53.89	52.45	53.72	52.79	54.03	51.00	51.18	52.75
	9	40.11	43.28	46.83	43.79	42.22	45.91	43.46	44.71	43.93	41.96	44.21	44.60	45.06	39.95	41.30	43.42
	12	32.40	36.78	40.10	36.43	35.92	38.62	36.67	37.03	35.82	34.13	36.53	37.97	37.35	31.79	34.18	36.11
กลาง	0	70.28	66.85	69.24	68.62	69.58	70.18	79.23	57.14	71.22	67.11	69.21	69.77	71.08	66.90	70.03	69.10
	3	58.12	52.68	52.30	52.64	53.04	54.26	57.45	55.18	54.88	51.57	54.77	57.33	58.24	56.18	58.33	55.13
	6	53.98	51.71	51.14	51.40	49.40	53.42	48.67	52.82	46.24	47.69	49.98	48.73	47.85	50.68	49.13	50.19
	9	45.58	44.40	41.86	42.01	38.66	44.53	37.95	43.28	33.54	38.42	39.29	37.65	35.40	42.39	38.41	40.22
	12	39.53	38.59	34.87	35.31	31.89	37.67	30.85	22.21	26.79	31.91	31.45	30.15	28.04	36.23	31.44	32.46
ล่าง	0	70.60	69.75	67.59	67.55	67.43	68.43	69.27	66.33	66.80	67.38	67.22	69.80	66.62	71.55	68.22	68.30
	3	55.59	57.80	57.63	58.19	53.40	55.44	58.61	54.71	56.26	54.26	56.71	57.91	54.92	56.24	54.76	56.16
	6	45.49	49.56	50.55	49.11	49.22	48.50	50.85	46.84	48.87	45.02	49.14	48.89	47.18	44.07	45.72	47.93
	9	33.79	39.22	42.33	40.17	40.19	38.75	41.05	37.69	39.83	35.49	40.97	38.98	38.70	31.82	35.76	38.32
	12	28.29	32.74	36.70	34.48	34.76	32.80	34.46	32.03	33.80	29.71	35.02	32.50	33.01	25.79	29.74	32.39

ชั่วโมงการอบและค่าพลังงานไฟฟ้า

จำนวนชั่วโมงที่อบ	กำลังไฟฟ้า(kW-hr)	กำลังไฟฟ้าสุทธิ(kW-hr)
0	89.7	0.0
3	95.6	5.9
6	99.2	9.5
9	103.6	13.9
12	109.5	19.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก8 อบกกล้วย เริ่มอบเวลา 10.00 น. ทดลองแบบใช้ Heater และ แสงแดด 1.8 m³/min

ภาค	จำนวนชั่วโมงที่อบ	ความชื้นของกล้วยที่(% wb)															
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	เฉลี่ย
บน	0	69.41	67.85	67.01	70.08	69.16	68.53	69.57	69.71	69.52	68.80	66.99	68.34	69.73	68.65	65.59	68.60
	3	62.72	62.14	61.17	64.25	62.63	61.92	62.89	64.12	63.24	62.78	60.57	60.37	63.11	62.33	57.89	62.14
	6	57.24	57.58	56.52	58.96	56.53	55.92	54.25	59.37	57.73	58.01	55.75	54.21	57.63	57.03	51.42	56.54
	9	51.48	53.32	52.24	54.17	50.85	50.49	51.20	54.75	52.45	52.95	50.65	47.49	52.06	51.68	45.15	51.40
	12	42.30	46.19	45.43	45.73	41.39	41.58	39.87	46.54	43.11	44.11	42.12	37.47	42.15	42.21	36.29	42.43
กลาง	0	70.44	68.14	69.23	69.27	67.78	69.10	69.06	72.59	68.81	67.54	68.38	68.90	69.93	66.25	69.39	68.99
	3	63.92	62.52	63.68	63.35	62.05	63.30	63.49	61.89	62.88	61.86	62.27	62.21	63.80	59.48	62.00	62.58
	6	57.67	57.67	58.64	57.76	56.62	57.63	58.29	55.40	57.44	57.04	56.75	56.31	58.43	53.94	55.43	57.00
	9	50.92	52.81	53.50	52.07	51.36	52.36	52.99	49.01	51.96	51.92	50.84	49.87	52.28	47.88	48.01	51.19
	12	39.56	44.73	44.54	42.77	42.64	43.62	44.00	38.26	37.60	44.06	41.05	39.69	41.92	38.58	37.04	41.34
ล่าง	0	68.65	69.95	69.24	67.27	68.89	66.91	67.65	68.52	68.40	67.04	69.64	66.90	68.94	68.07	66.56	68.18
	3	61.99	63.59	63.02	60.99	61.88	60.25	59.81	60.48	60.66	59.93	61.61	59.35	60.38	60.63	60.00	60.97
	6	56.36	58.45	57.65	55.57	55.52	54.34	54.01	54.62	55.16	54.35	54.89	54.21	54.55	55.33	55.27	55.35
	9	50.77	53.05	51.88	50.29	62.12	48.79	48.34	48.64	49.60	48.62	47.12	40.22	47.32	49.17	50.43	49.76
	12	41.60	44.42	43.15	42.32	39.17	40.56	39.67	39.71	41.46	40.70	36.21	32.26	36.79	40.07	43.30	40.09

ชั่วโมงการอบและค่าพลังงานไฟฟ้า

จำนวนชั่วโมงที่อบ	กำลังไฟฟ้า(kW-hr)	กำลังไฟฟ้าสุทธิ(kW-hr)
0	67.6	0.0
3	69.0	1.4
6	69.3	1.7
9	70.5	2.9
12	71.8	4.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก9 อบกล้วย เริ่มอบเวลา 10.00 น. ทดลองแบบใช้ Heater และ แสงแดด 2.4 m³/min

ภาค	จำนวนชั่วโมงที่อบ	ความชื้นของกล้วยที่(% wb)															
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	เฉลี่ย
บน	0	66.10	66.54	67.51	67.75	67.52	65.87	66.05	66.81	67.41	67.52	66.88	66.88	66.85	67.40	68.25	67.02
	3	60.17	60.23	60.57	61.20	61.16	58.48	59.71	60.52	60.45	60.26	60.40	60.75	60.01	60.42	61.55	60.39
	6	56.11	55.68	55.04	56.01	56.14	52.36	55.48	55.81	55.32	55.12	56.04	56.67	55.11	55.07	56.47	55.50
	9	50.04	49.00	47.09	49.18	49.18	44.16	48.18	49.05	47.60	46.51	48.71	49.90	47.30	46.59	48.41	48.06
	12	13.76	32.12	15.84	32.61	32.61	20.56	27.85	23.13	29.49	10.10	25.45	27.09	5.49	18.96	25.26	22.69
กลาง	0	67.19	67.58	66.94	66.98	66.63	67.75	67.36	67.34	66.70	67.28	66.80	67.15	66.14	67.27	66.51	67.04
	3	60.10	60.70	60.36	60.28	60.13	60.47	60.65	59.98	59.76	59.52	59.12	59.03	58.92	59.30	58.89	59.81
	6	54.91	55.64	55.59	55.05	54.99	54.42	55.48	54.12	54.67	54.10	53.94	53.28	54.00	53.57	53.16	54.46
	9	46.82	47.93	48.45	48.22	48.45	46.76	47.69	45.59	46.99	45.62	45.71	44.44	46.29	44.43	44.98	46.56
	12	37.32	25.21	26.24	23.11	32.54	16.96	26.11	28.18	30.18	21.11	21.74	24.89	26.39	14.90	20.72	25.04
ล่าง	0	67.44	66.97	67.14	66.76	67.35	66.70	66.53	66.76	67.12	67.24	66.37	66.79	67.29	66.43	67.22	66.94
	3	61.93	60.19	60.04	60.08	61.47	59.68	59.58	59.45	60.22	58.98	58.81	59.23	59.79	59.43	60.26	59.94
	6	57.15	54.77	54.33	54.60	56.62	53.79	54.08	53.65	54.81	52.45	53.06	53.63	54.53	54.42	55.21	54.47
	9	51.19	47.27	46.16	47.51	50.31	46.29	46.71	45.81	47.20	43.34	45.35	45.81	45.90	46.73	48.33	46.93
	12	30.28	25.48	20.17	29.41	17.90	19.38	22.97	13.96	3.02	9.40	18.67	12.18	17.93	15.01	21.28	18.47

ชั่วโมงการอบและค่าพลังงานไฟฟ้า

จำนวนชั่วโมงที่อบ	กำลังไฟฟ้า (kW-hr)	กำลังไฟฟ้าสุทธิ (kW-hr)
0	73.5	0.0
3	74.3	0.8
6	74.5	1.0
9	76.5	3.0
12	79.0	5.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก10 อบกัวย เริ่มอบเวลา 10.00 น. ทดลองแบบใช้ Heater และ แสงแดด 3.0 m³/min

ภาค	จำนวน ชั่วโมงที่อบ	ความชื้นของกล้วยที่(% wb)															
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	เฉลี่ย
บน	0	67.18	65.66	66.77	66.41	66.60	66.94	68.21	66.12	66.77	65.82	65.90	66.42	66.23	66.21	65.99	66.48
	3	56.26	56.01	55.45	55.43	56.09	57.33	59.49	55.32	56.74	53.92	55.31	54.88	56.40	55.60	56.84	56.07
	6	31.22	34.77	32.37	31.94	31.40	33.11	38.62	30.71	34.09	28.38	31.99	27.19	33.17	31.01	36.60	32.44
	9	25.20	28.72	26.60	26.21	25.42	27.11	32.18	24.17	27.98	22.60	26.00	20.89	27.18	24.93	30.86	26.40
	12	21.06	24.16	22.36	21.93	21.28	22.76	27.35	19.36	23.19	18.58	21.85	16.60	22.92	20.84	26.33	22.04
กลาง	0	66.60	66.55	66.58	65.89	66.28	67.28	66.66	66.75	69.67	68.48	63.51	70.26	66.97	66.54	67.41	67.03
	3	55.08	55.75	54.31	48.69	54.00	56.16	53.20	54.74	57.62	56.94	50.43	60.57	54.90	54.89	55.16	54.83
	6	30.54	33.22	31.25	21.34	26.50	29.78	25.16	29.79	29.77	30.36	23.99	37.57	29.49	31.42	29.17	29.29
	9	24.65	27.11	25.57	17.43	20.59	23.80	19.66	20.10	24.21	21.91	23.38	31.33	23.72	27.08	24.02	23.64
	12	20.47	22.83	21.58	15.17	16.90	19.58	16.53	19.30	20.00	19.78	22.83	19.61	19.82	21.59	20.14	19.74
ล่าง	0	66.45	68.07	67.65	67.57	67.45	66.39	67.19	66.50	65.96	67.21	67.03	66.69	66.24	67.15	66.67	66.95
	3	53.96	56.73	55.77	53.97	54.47	52.52	54.15	53.67	51.66	55.40	55.19	50.74	51.42	54.17	52.78	53.77
	6	29.42	32.77	31.43	27.67	28.90	26.26	28.17	28.49	25.56	33.20	32.39	23.46	25.86	27.19	28.36	28.61
	9	24.36	27.05	26.12	22.78	23.88	21.52	22.89	23.23	20.89	27.94	27.00	18.99	22.68	24.62	24.67	23.91
	12	20.35	22.79	22.01	19.34	20.24	18.16	19.31	19.22	17.49	23.66	22.89	16.01	17.82	20.64	20.00	20.00

ชั่วโมงการอบและค่าพลังงานไฟฟ้า

จำนวน ชั่วโมงที่อบ	กำลังไฟฟ้า(kW-hr)	กำลังไฟฟ้าสุทธิ(kW-hr)
0	111.7	0.0
3	115.1	3.4
6	118.4	6.7
9	122.7	11.0
12	128.1	16.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก11 วิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และทดสอบทางสถิติของข้อมูลความชื้นกล้วย

K value	Factor	Degrees of freedom	Sum of squares	Mean square	F value	prob
2	A	5	22718.591	4543.718	449.5961	0.0000
4	B	2	102.672	51.336	5.0796	0.0071
6	AB	10	424.665	42.466	4.2020	0.0000
8	C	4	75.449	18.862	1.8664	0.1183
10	AC	20	445.050	22.252	2.2019	0.0034
12	BC	8	220.964	27.620	2.7330	0.0072
14	ABC	40	666.649	16.666	1.6491	0.0148
-15	Error	180	1819.120	10.106		
Total		269	26473.159			

Coefficient of Variation: 7.37%

หมายเหตุ

A หมายถึง ออบกล้วยแบบ Heater และ ไฟฟ้า

B " ชั้นของถาด

C " ตำแหน่งที่วางบนถาด

ตารางที่ ก12 เปรียบเทียบค่าความชื้นเฉลี่ยระหว่างแบบใช้ Heater อย่างเดียว และ แบบ Heater ร่วมกับ แสงแดด โดยพิจารณาที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95 %

วิธีที่ใช้ในการอบ	อัตราการไหล m ³ /hr	ความชื้นเฉลี่ย (%)	เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย
Heater	1.8	52.15	a
	2.4	47.14	b
	3.0	40.61	c
Heater และ แสงแดด	1.8	50.73	d
	2.4	43.52	e
	3.0	24.61	f

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก13 เปรียบเทียบค่าความชื้นเฉลี่ยชั้นของถาดโดยพิจารณาที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95 %

ชั้นของถาด	ความชื้นเฉลี่ย (%)	เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย
บน	43.92	a
กลาง	43.04	ab
ล่าง	42.42	b

ตารางที่ ก14 เปรียบเทียบค่าความชื้นเฉลี่ยตำแหน่งที่วางบนถาดโดยพิจารณาที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95 %

ตำแหน่งที่วางบนถาด	ความชื้นเฉลี่ย (%)	เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย
ซ้ายข้างในสุด	43.83	a
ขวาข้างในสุด	43.27	ab
กลางถาด	43.49	ab
ซ้ายข้างนอกสุด	42.50	b
ขวาข้างนอกสุด	42.54	b

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การออกแบบและพัฒนาเครื่องอบแห้งแบบใช้พลังงานแสงอาทิตย์และไฟฟ้าร่วมกัน
DESIGN AND DEVELOPMENT OF SOLAR DRYER BY CO-DRYING WITH ELECTRICITY

นักศึกษาผู้จัดทำ

ชัยวัฒน์ รักอักษร, เนตร อนันตทัตน์, อาทิตย์ กมลโสภณวสิน

Chaiwat Rakagsorn, Nate Anantathat, Arthid Kamolsoponvasin,

อาจารย์ที่ปรึกษา

วสุ อุดมเพทายกุล, วรัชระ เพิ่มชาติ, วีระชัย ลิ้มพรชัยเจริญ

Vasu Udompetaikul, Watchara Permchat, Verachai Limpornchaicharern

ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ถ.ฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ เสนอการศึกษาการออกแบบและพัฒนาเครื่องอบแห้งแบบใช้แสงอาทิตย์ และไฟฟ้าร่วมกัน โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบ และ สร้างเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์โดยใช้พลังงานไฟฟ้าร่วมในการให้ความร้อนตลอดจนศึกษาถึงปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อเครื่องอบแห้งวัสดุที่เลือกใช้ในการทดลอง เครื่องอบแห้งที่สร้างขึ้นประกอบด้วยแผงรับแสงอาทิตย์ขนาด 2 ตารางเมตร วางอยู่บนตู้อบขนาด $0.8 \times 0.8 \times 1.4$ (ก x ย x ส) ลูกบาศก์เมตร ภายในตู้อบมีลักษณะเป็นชั้นขนาด 0.73×0.73 ตารางเมตร จำนวน 6 ชั้น มีพัดลมแบบหมุนเหวี่ยงถูกเชื่อมต่อกับแกนมอเตอร์ขนาด $\frac{1}{4}$ แรงม้า ดูดลมร้อนจากแผงรับแสงอาทิตย์เพื่อเป่าเข้าทางด้านล่างของตู้อบ และใช้ขดลวดความร้อนขนาด 1,100 วัตต์ จำนวน 2 ตัว เป็นแหล่งให้ความร้อนร่วม ในการทดลองได้เลือกใช้กล้วยน้ำว้าเป็นตัวอย่งในการทดสอบ

ผลการศึกษาพบว่าเครื่องอบแห้งที่สร้างขึ้นสามารถอบกล้วยน้ำว้าได้ครั้งละ 20 กิโลกรัม โดยอบกล้วยน้ำว้าจากความชื้นเริ่มต้น 70 เปอร์เซ็นต์ จนเหลือความชื้นสุดท้าย 35 เปอร์เซ็นต์ ใช้เวลาในการอบประมาณ 12 ชั่วโมง ใช้พลังงานไฟฟ้าประมาณ 5 กิโลวัตต์-ชั่วโมง ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับการอบโดยใช้ไฟฟ้าเพียงอย่างเดียว พบว่าสามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าประมาณ 50 เปอร์เซ็นต์ และจากการวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่า อัตราการไหลที่เหมาะสมสำหรับการอบกล้วยน้ำว้าของเครื่องอบแห้งที่สร้างขึ้นนี้ มีค่าอยู่ที่ 2.4 ลูกบาศก์เมตรต่อนาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Abstract

This project presents the development of a solar dryer by co-drying with electricity. The objectives of the study are to design and build a combined solar and electricity dryer and investigate the effects of various parameters on drying processes of the selected agricultural product banana. The solar dryer composed of a 2 m² solar collector fixed over the drying chamber of 0.8 x 0.8 x 1.4 (WxLxH) m³. There were six trays of 0.73 x 0.73 m² each in drying chamber. And, there was a ¼ hp blower connected under a solar collector to induce hot air through a solar collector and blow into drying chamber through a heater box contained 2,200W of an electric heater.

The experimental results showed that the solar dryer can dry the banana of about 20 kg per batch from the initial moisture content of 70% wb to final moisture content of 35% wb by taking time of about 12 hr and 5 kW-hr of electric power. This solar dryer can reduce 50% of the electricity consumption when compared to those of an electric oven. Moreover, from the statistical analyses, it was found that the optimal value of air flow rate for drying of banana was at 2.4 m³/min.

1. บทนำ

การตากแดดนิยมใช้ในการลดความชื้นผลผลิตทางการเกษตรเพราะสามารถทำได้ง่ายแต่ก็มีข้อจำกัดเรื่องระยะเวลาที่ใช้ในการตากเนื่องจากไม่สามารถควบคุมพลังงานแสงอาทิตย์ได้ ทำให้ระยะเวลาที่ใช้ในการตากแดดและคุณภาพของผลผลิตที่ได้มีความไม่แน่นอน

จากเหตุผลดังกล่าวจึงทำให้เกิดการออกแบบและพัฒนาเครื่องอบแห้งแบบใช้พลังงานแสงอาทิตย์และไฟฟ้าร่วมกัน เพื่อเป็นแนวทางที่จะทำให้ระยะเวลาและคุณภาพของผลผลิตที่อบลดความชื้นมีความแน่นอนซึ่งเหมาะสมในการใช้ประกอบอาชีพของกลุ่มเกษตรกรขนาดเล็กและขนาดกลางเพื่อใช้ในการแปรรูปผลผลิต ซึ่งจะทำให้สามารถเก็บรักษามผลผลิตไว้ได้นานขึ้น ตลอดจนยังสามารถเพิ่มคุณค่าของผลผลิตขึ้นอีกด้วย

2. วัตถุประสงค์ของโครงการ

2.1 ออกแบบและสร้างเครื่องอบแห้งแบบใช้พลังงานแสงอาทิตย์และไฟฟ้าร่วมกัน

2.2 ทดสอบเครื่องอบแห้งที่สร้างขึ้น

3. ขั้นตอนการดำเนินงาน

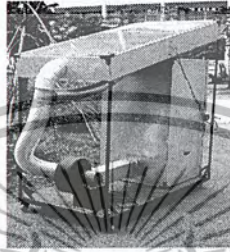
3.1 การออกแบบและสร้าง

เครื่องอบแห้งนี้ใช้พลังงานความร้อนจาก 2 แหล่ง คือ พลังงานความร้อนจากฮีตเตอร์เป็นพลังงานหลักและใช้พลังงานความร้อนจากแผงรับแสงอาทิตย์ที่อยู่ด้านบนของเครื่องอบแห้งเป็นพลังงานเสริม การไหลของอากาศในตู้อบเป็นแบบบังคับ (Force convection) โดยใช้ Blower

ในการออกแบบต้องการอบกล้วยจำนวน 35 กิโลกรัม จากความชื้นเริ่มต้นประมาณ 70%wb เหลือ 35%wb จะต้องระเหยน้ำออก 19 กิโลกรัม และได้กล้วยอบแห้ง 16 กิโลกรัม หากสมมุติว่าอากาศที่ใช้ออบแห้งมี

อุณหภูมิ 60°C และอากาศออกจากตู้อบ 45°C จึงออกแบบให้ใช้พลังงานจากขดลวดความร้อน (Heater) แบบครีป 2 ตัวๆ ละ 1,100 W แผงรับแสงมีพื้นที่รับแสง 2 m² วางเอียง 14° กับแนวระดับเนื่องจากที่กรุงเทพฯ ตั้งอยู่ที่เส้นละติจูด 14° เหนือ ใช้กระจกใสหนา 5 mm อยู่ด้านบนสุด ใช้สังกะสีแบบลอนทาสีดำด้านเป็นแผ่นดูดซับความร้อน (Absorber) อยู่ตรงกลาง และบุฉนวนด้านล่างและด้านข้าง

ตู้อบที่ออกแบบและสร้างมีขนาด (0.8×0.8×1.4) m³, ภาตอบแห้งขนาด (0.73 × 0.73) m² พัดลมที่ใช้เป็นแบบเหวี่ยงใบพัดโค้งหน้าขนาด 8 นิ้ว มอเตอร์ไฟฟ้าขนาด ¼ HP ความเร็วรอบ 1,445 RPM ควบคุมอุณหภูมิโดยใช้ Thermostat เครื่องอบแห้งเมื่อสร้างเสร็จแสดงในภาพที่ 1



ภาพที่ 1 เครื่องอบแห้งเมื่อสร้างเสร็จ

3.2 การทดสอบอบกล้วยน้ำว้าโดยใช้พลังงานไฟฟ้า ดำเนินการทดสอบดังนี้

- เตรียมกล้วยน้ำว้าโดยปอกเปลือกและทับกล้วยให้แบน จากนั้นนำไปเรียงบนภาตๆ ละ 15 ลูก จำนวน 3 ภาต จากนั้นนำเข้าเครื่องอบที่อุณหภูมิ 60°C อัตราการไหลของลม 1.8, 2.4 และ 3.0 m³/min ตามลำดับ

- ชั่งน้ำหนักตัวอย่างกล้วยทุก 3 ชั่วโมง จนครบ 12 ชั่วโมง
- บันทึกการใช้กำลังไฟฟ้าทุก 30 นาที
- คำนวณหาความชื้นของกล้วยที่จุดต่างๆ เทียบกับเวลา

3.3 การทดสอบอบกล้วยน้ำว้าโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับพลังงานไฟฟ้า แบ่งการทดสอบเป็น 2 ช่วงเวลา

- ระหว่างเวลา 10.00-16.00 น. ดำเนินการทดสอบเช่นเดียวกับ 6.2 พร้อมกับวัดและบันทึกอุณหภูมิของอากาศ กระจก แผ่นสะสมความร้อน ฉนวน ความเร็วลมเหนือแผง และค่าความเข้มของแสงอาทิตย์ทุก 15 นาที เพื่อคำนวณหาค่าพลังงานแสงอาทิตย์ที่นำไปใช้ประโยชน์และประสิทธิภาพของแผงรับแสงอาทิตย์
- ระหว่างเวลา 16.00-22.00 น. ดำเนินการทดสอบในห้องปฏิบัติการ พลังงานความร้อนจากแผงรับแสงอาทิตย์ที่นำไปใช้ประโยชน์ได้ (Q_u) แสดงดังสมการที่ 1

$$Q_u = A_c[(\tau\alpha)_l - U_l(T_p - T_a)] \quad (1)$$

เมื่อ Q_u = อัตราพลังงานความร้อนที่นำไปใช้ (W)
 A_c = พื้นที่ผิวรับแสง (m²)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

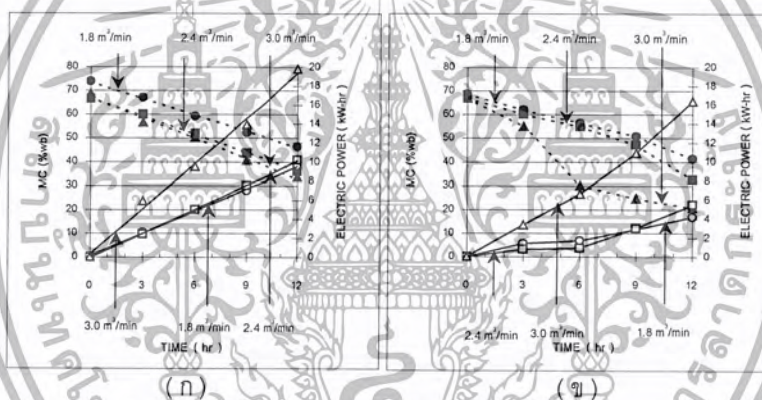
$\tau\alpha$	=	ค่าการทะลุผ่านและการดูดกลืนรังสีของกระจกบนแผงรับแสงอาทิตย์
I_L	=	ความเข้มของรังสีแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบบนพื้นที่หนึ่งหน่วยบนแผง รับแสงอาทิตย์
U_L	=	สัมประสิทธิ์การสูญเสียความร้อนของแผงรับแสง ($W/m^2 \text{ } ^\circ C$)
T_p	=	อุณหภูมิของแผ่นดูดซับความร้อน ($^\circ C$)
T_a	=	อุณหภูมิของอากาศล้อมรอบ ($^\circ C$)

ประสิทธิภาพของแผงรับแสงอาทิตย์ (η) หมายถึง อัตราส่วนของพลังงานความร้อนที่นำมาใช้ได้ จากแผงรับต่อพลังงานจากดวงอาทิตย์ที่ให้กับแผงรับแสงอาทิตย์นั้นแสดงดังสมการที่ 2

$$\eta = [\tau\alpha - U_L(T_p - T_a)] / I_L \quad (2)$$

4. ผลการทดสอบ

4.1 ผลการทดสอบบอกล้วยน้ำว่าโดยใช้พลังงานไฟฟ้า



หมายเหตุ Moisture content (% wb), — Electric Power (kW.hr)

ภาพที่ 2. (ก) พลังงานไฟฟ้าเพียงอย่างเดียว (ข) พลังงานแสงอาทิตย์และไฟฟ้าร่วมกัน

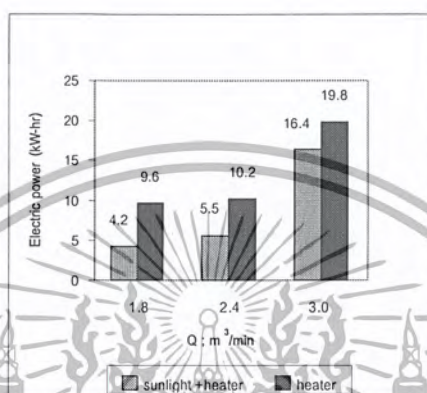
จากภาพที่ 2ก. พบว่า อัตราการไหลของลม 2.4 และ 3.0 m^3/min สามารถลดความชื้นของกล้วยเฉลี่ยจาก 70%wb ลงเหลือประมาณ 35%wb ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับกล้วยตากที่มีวางจำหน่ายในท้องตลาด ส่วนที่อัตราการไหลของลม 1.8 m^3/min พบว่าอัตราการลดความชื้นใกล้เคียงกับที่อัตราการไหลอื่น แต่ความชื้นเมื่ออบ 12 ชั่วโมงยังคงสูง (47%wb) อาจเนื่องจากกล้วยมีความชื้นเริ่มต้นสูง (75%wb) เมื่อพิจารณาการใช้พลังงานไฟฟ้าของ Heater พบว่า อัตราการไหลของลม 1.8 และ 2.4 m^3/min จะใช้พลังงานไฟฟ้าประมาณ 10 kW-hr ส่วนที่อัตราการไหลของลม 3.0 m^3/min ใช้พลังงานไฟฟ้าประมาณ 20 kW-hr

4.2 ผลการทดสอบบอกล้วยน้ำว่าโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับพลังงานไฟฟ้า

จากภาพที่ 2ข. พบว่า การลดลงของความชื้นและปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้ามีความแปรปรวนมากกว่าการอบแห้งแบบใช้พลังงานไฟฟ้าเพียงอย่างเดียว เพราะมีความแปรปรวนจากพลังงานแสงอาทิตย์ที่แตกต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในแต่ละวัน โดยที่ 6 ชั่วโมงแรกเป็นการใช้พลังงานร่วมและ 6 ชั่วโมงหลังเป็นการใช้พลังงานไฟฟ้าเพียงอย่างเดียว ที่อัตราการไหลของลม 1.8 และ 2.4 m³/min มีอัตราการลดลงของความชื้นใกล้เคียงกับการใช้พลังงานไฟฟ้าเพียงอย่างเดียว ส่วนที่อัตราการไหลของลม 3.0 m³/min มีอัตราการลดลงของความชื้นสูงกว่า เนื่องจากในวันที่ทำการทดลองมีปริมาณความร้อนจากแสงอาทิตย์มากกว่าวันอื่นๆ แต่ 6 ชั่วโมงหลังมีอัตราการลดความชื้นใกล้เคียงกับการใช้พลังงานไฟฟ้าเพียงอย่างเดียว หากพิจารณาการใช้พลังงานไฟฟ้าที่ 6 ชั่วโมงแรกจะช่วยประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้กว่า 50% ส่วนที่ 6 ชั่วโมงหลังมีแนวโน้มเดียวกันกับการใช้พลังงานไฟฟ้าเพียงอย่างเดียว



ภาพที่ 3. เปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้า

จากภาพที่ 3. พบว่า การใช้พลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับพลังงานไฟฟ้าจะช่วยลดพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการอบแห้งลงได้ 5.4, 4.7 และ 3.5 kW-hr เมื่ออัตราการไหลของลม 1.8, 2.4 และ 3.0 m³/min ตามลำดับ โดยพลังงานที่ลดลงมีค่าใกล้เคียงกับพลังงานความร้อนที่ได้รับจากแผงรับรังสี

5. สรุป

5.1 ในการทดสอบอบกล้วยน้ำว้าโดยใช้พลังงานไฟฟ้าจาก Heater เพียงอย่างเดียว พบว่า ในทุกอัตราการไหลของลม ที่ทำการทดสอบมีอัตราการลดความชื้นของกล้วยเฉลี่ย 3%wb ต่อชั่วโมง และใช้พลังงานไฟฟ้าประมาณ 10 kW-hr

5.2 ในการทดสอบอบกล้วยน้ำว้าโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับพลังงานไฟฟ้า พบว่า การลดลงของความชื้นมีแนวโน้มใกล้เคียงกับการอบโดยใช้พลังงานไฟฟ้าเพียงอย่างเดียว สามารถลดพลังงานไฟฟ้าของ Heater ลงได้ 5.4, 4.7 และ 3.5 kW-hr ที่อัตราการไหลของลม 1.8, 2.4 และ 3.0 m³/min ตามลำดับ ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับพลังงานความร้อนที่ได้รับจากแผงรับรังสี

5.3 แผงรับแสงอาทิตย์ที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพประมาณ 50 % เมื่อรังสีแสงอาทิตย์เป็นแบบรังสีรวม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีกรนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

1. นิตย นามวงษ์ " การออกแบบและพัฒนาเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์ " ปรินญาณิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต วิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2542
2. ณัฐวุฒิ ดุษฎี " การพัฒนาระบบอบแห้งผลไม้โดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานเสริม " วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต วิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2534
3. วีระวุฒิ ลิ้มตระกูล " การศึกษาวิธีการอบแห้งกล้วยแบบต่างๆ " วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต วิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2538
4. วรวิทย์ รุ่งจิราภักษ์ " การศึกษาระบบอบแห้งกล้วยน้ำว้าด้วยแสงอาทิตย์ขนาดอุตสาหกรรม " วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีพลังงาน สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2538
5. เขียวเทพ เพทายบรรลือ " J-Chart : วิธีทั่วไปเพื่อหาขนาดเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์อย่างง่าย " วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต วิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2541
6. ธงชัย ศิริประยูทธ์ " พลังงานแสงแดด (Introduction to solar energy) " วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาวิทยาศาสตร์ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2532
7. จรัล จันทลักษณ์ และอนันต์ชัย เชื้อธรรม " สถิติเบื้องต้นแบบประยุกต์ " พิมพ์ครั้งที่ 2, 2529
8. J.A.Duffie and W.A.Beckman "Solar engineering of thermal processes" John Wiley and Sons, 1991, pp. 250-329

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ ภาควิชาวิศวกรรมเกษตรที่ให้คำปรึกษาและแนะนำที่เป็นประโยชน์ในการทำงาน ตลอดจนเพื่อนร่วมภาคที่ให้ความช่วยเหลือในด้านต่าง ๆ จนทำให้ปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

สุดท้ายนี้ ขอกราบขอบพระคุณสมาชิกครอบครัวทุกคนที่มอบความรัก ความห่วงใย กำลังใจ และการช่วยเหลืออย่างต่อเนื่องตลอดการศึกษาของคณะผู้จัดทำและขอบคุณห้องสมุดของคณะและสถาบัน สำหรับหนังสือและแหล่งข้อมูลอันทรงคุณค่าสำหรับปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้



ขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

17 มีนาคม 2546

คณะผู้จัดทำ

เอกสารอ้างอิง

1. นิตย์ นามวงษ์ “ การออกแบบและพัฒนาเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์ ” ปรินิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต วิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2542
2. ณัฐวุฒิ คุชฎี “ การพัฒนาระบบอบแห้งผลไม้โดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานเสริม ” วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต วิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2534
3. วีระวุฒิ ลิ่มตระกูล “ การศึกษาวิธีการอบแห้งกล้วยแบบต่างๆ ” วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต วิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2538
4. วรวิทย์ รุ่งจิรวารักษ์ “ การศึกษาระบบอบแห้งกล้วยน้ำว้าด้วยแสงอาทิตย์ขนาดอุตสาหกรรม ” วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีพลังงาน สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2538
5. เขียวเทพ เพทายบรรลือ “ J-Chart: วิธีทั่วไปเพื่อหาขนาดเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์อย่างง่าย ” วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต วิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2541
6. ธงชัย ศิริประยุกต์ “ พลังงานแสงแดด (Introduction to solar energy) ” วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาวิทยาศาสตร์ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2532
7. จรัล จันทลักษณ์ และอนันต์ชัย เขื่อนธรรม “ สถิติเบื้องต้นแบบประยุกต์ ” พิมพ์ครั้งที่ 2, 2529
8. J.A.Duffie and W.A.Beckman “Solar engineering of thermal processes” John Wiley and Sons, 1991, pp. 250-329