บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การดำเนินการวิจัยเพื่อออกแบบและสร้างเครื่องอบแห้งใบหม่อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ที่มีประสิทธิภาพ และเพื่อให้การทดสอบประสบผลสำเร็จนั้น จะมีขั้นตอนการสร้างและทดสอบ ดังนี้

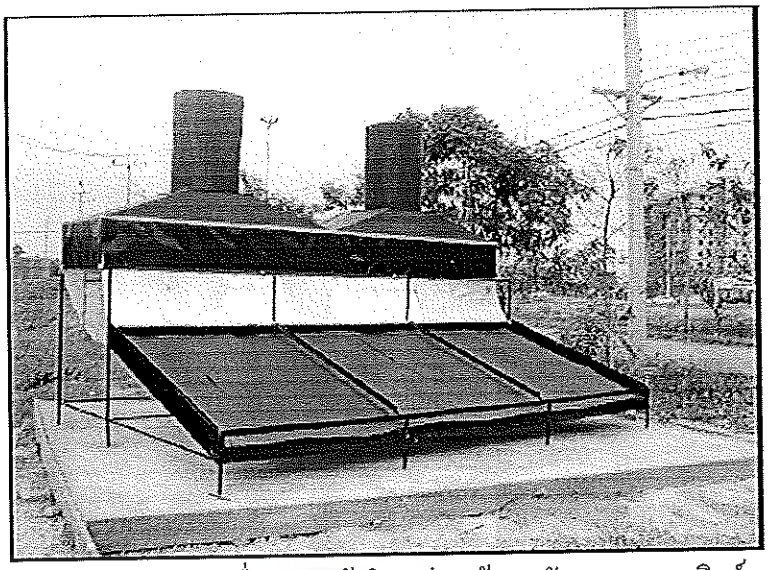
1. อุปกรณ์และเครื่องมือการทดลอง
2. ตำแหน่งการติดตั้งเครื่องมือวัด
3. การคำนวณหาประสิทธิภาพเชิงความร้อนของตัวเก็บรังสีอาทิตย์
4. วิธีการทดสอบสมรรถนะของตัวเก็บรังสีอาทิตย์
5. การคำนวณหาค่าการถ่ายเทความร้อน
6. ข้อมูลรายละเอียดของเครื่องอบแห้งใบหม่อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์
7. วิธีการทดลอง

อุปกรณ์และเครื่องมือการทดลอง

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

1. เครื่องอบแห้งใบหม่อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์

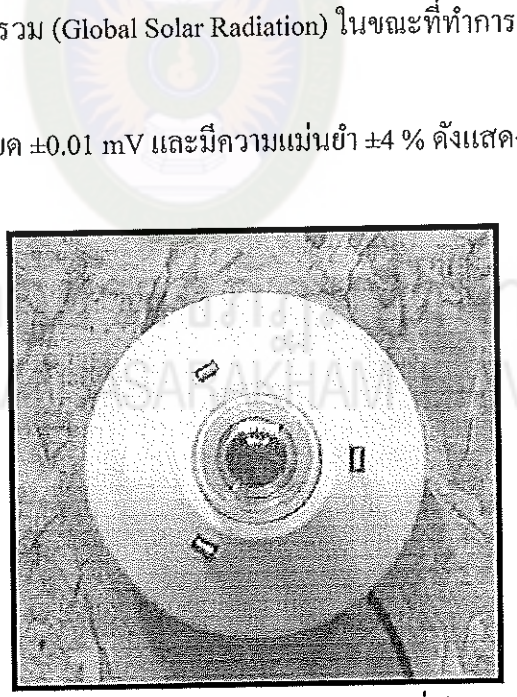
เครื่องอบแห้งใบหม่อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ เป็นเครื่องอบแห้งที่มีการไหลแบบธรรมชาติ (Free Convection Solar Dryer) อาศัยหลักการขยายตัวของอากาศร้อนภายในเครื่องอบแห้ง ทำให้เกิดการหมุนเวียนเพื่อช่วยถ่ายเทความชื้นภายในห้องอบแห้งโดยการพาความร้อน อุณหภูมิของห้องอบแห้งอยู่ระหว่าง 40-60 องศาเซลเซียส



ภาพประกอบ 5 เครื่องอบแห้งใบหม่อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์

2. เครื่องวัดค่าพลังงานแสงอาทิตย์ (Pyranometer) ยี่ห้อ Kipp & Zonen รุ่น CM-11 สำหรับใช้ในการวัดค่ารังสีรวม (Global Solar Radiation) ในขณะที่ทำการทดลองการรับรังสีอาทิตย์

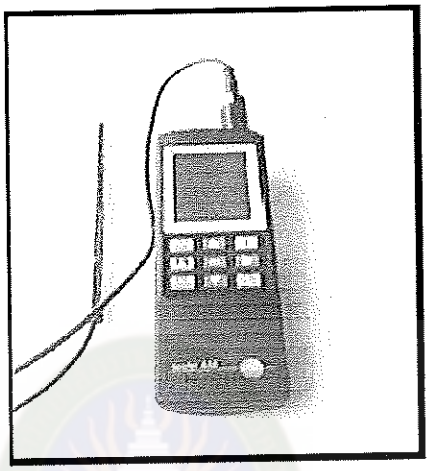
วัดได้ละเอียด ±0.01 mV และมีความแม่นยำ ±4 % ดังแสดงในภาพประกอบ 6



ภาพประกอบ 6 เครื่องวัดค่าพลังงานแสงอาทิตย์ (Pyranometer) ยี่ห้อ Kipp & Zonen รุ่น CM-11

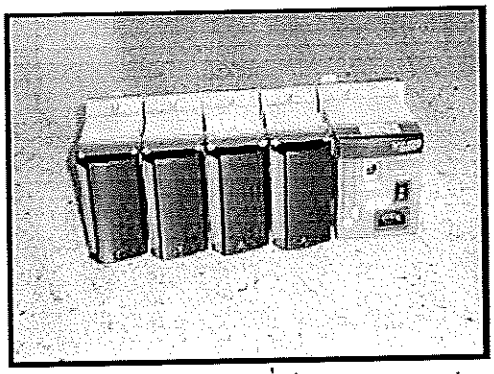
มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนครราม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

3. เครื่องวัดความเร็วลมแบบลวดความร้อน (Hot Wire) ยี่ห้อ TESTO Model 445 ค่าความถูกต้อง ± 0.2 m/s สำหรับใช้วัดความเร็วลมที่ทางเข้า ภายในตัว และทางออกของตัวเก็บรังสีอาทิตย์ ดังแสดงในภาพประกอบ 7



ภาพประกอบ 7 เครื่องวัดความเร็วลมแบบลวดความร้อน (Hot Wire) ยี่ห้อ TESTO 445

4. เครื่องบันทึกข้อมูล (Data Logger) ยี่ห้อ Yokogawa รุ่น MX100มี 40 Channel สำหรับใช้บันทึกข้อมูลอุณหภูมิที่ทางเข้า ทางออก และภายในแผงรับรังสีดวงอาทิตย์ คือช่องของการไหลของอากาศ ผิวของแผ่นดูดกลืนรังสีอาทิตย์ ผิวของกระจก และอุณหภูมิแวดล้อม ค่าความผิดพลาดอยู่ระหว่าง ± 0.005 % สำหรับมาตรฐาน DC- Voltage ที่ให้กระแสไฟฟ้าระหว่าง 20 mV- 20 V ดังภาพประกอบ 8



ภาพประกอบ 8 เครื่องบันทึกข้อมูล (Data Logger) ยี่ห้อ Yokogawa รุ่น MX100 มี40 Channel

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

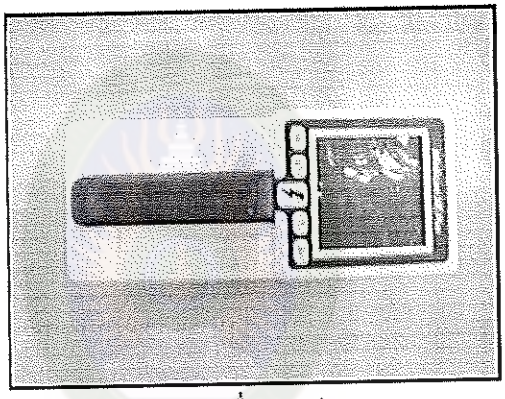
5. เทอร์โมคัปเปิ้ล (Thermocouple) เครื่องวัดอุณหภูมิชนิด K สำหรับวัดอุณหภูมิทั้งภายในและภายนอกของตัวเก็บรังสีอาทิตย์ ใช้ร่วมกับเครื่องบันทึกข้อมูลในข้อ 4

6. เครื่องวัดสี (Hunter Lab) สำหรับวัดสีผงใบหม่อนหลังการอบแห้ง

ค่า *L แสดงค่าความสว่าง มีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 100

ค่า *a แสดงค่าสีแดง เมื่อ *a เป็นบวกจะแสดงค่าสีแดงและเป็นลบจะแสดงค่าสีเขียว

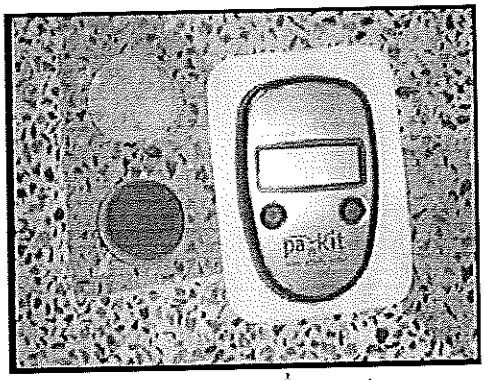
ค่า *b แสดงค่าสีเหลือง เมื่อ *b เป็นบวกจะแสดงค่าสีเหลืองและเป็นลบจะแสดงค่าสีน้ำเงิน ดังภาพประกอบ 9



ภาพประกอบ 9 เครื่องวัดสี (Hunter Lab)

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

7. เครื่องวัดค่าวอเตอร์แอกติวิตี้ (aw) ใช้สำหรับวัดปริมาณน้ำที่เหลืออยู่ในวัสดุที่ทดลอง ดังภาพประกอบ 10



ภาพประกอบ 10 เครื่องวัดค่า aw

ตำแหน่งการติดตั้งเครื่องมือวัด

ในการทดสอบตัวเก็บรังสีอาทิตย์ มีตำแหน่งการวัดค่าอุณหภูมิ และความเร็วลมภายในตัวเก็บรังสีอาทิตย์ ตามลำดับดังนี้

1. วัดอุณหภูมิ ในตัวเก็บรังสีอาทิตย์จะมีการวัดอุณหภูมิ ดังนี้

1.1 วัดอุณหภูมิของอากาศที่ทางเข้า ทางออกและช่องอากาศระหว่างแผ่นดูดกลืนรังสีอาทิตย์

1.2 วัดอุณหภูมิที่ผิวแผ่นดูดกลืนรังสีอาทิตย์

1.3 วัดอุณหภูมิที่ผิวกระจก

1.4 วัดอุณหภูมิขาเข้าห้องอบแห้ง

1.5 วัดอุณหภูมิขาออกห้องอบแห้ง

1.6 วัดอุณหภูมิแวดล้อม

2. วัดรังสีแสงอาทิตย์ ติดตั้งเครื่องวัดค่าพลังงานแสงอาทิตย์ (Pyranometer) ในการวัดความเข้มรังสีอาทิตย์ที่ตกกระทบบนระนาบตัวเก็บรังสี ในตำแหน่งระนาบเดียวกันกับแผงตัวเก็บรังสีอาทิตย์

3. วัดความเร็วลม ติดตั้งเครื่องวัดความเร็วลมแบบลวดความร้อน (Hot Wire) ยี่ห้อ TESTO Model 445 ที่ตำแหน่งจุดศูนย์กลางท่อทางออกของเครื่องอบแห้ง (Chimney) เนื่องจากเป็นจุดที่อากาศไหลคงที่มากที่สุด

วัดค่าต่าง ๆ และทำการบันทึกทุกตำแหน่งทุก 30 นาที ตลอดของช่วงการทดสอบตั้งแต่เวลา 08.00-16.00 น

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

การคำนวณหาประสิทธิภาพเชิงความร้อนของตัวเก็บรังสีอาทิตย์

มาตรฐานการทดสอบตัวเก็บรังสีอาทิตย์ที่ใช้ของเหลวและอากาศ มีหลักสำคัญสามารถหาได้ดังนี้

$$Qu = m\& \, Cp(To-Ti)$$

สมการแสดงสมรรถนะทางความร้อนของตัวเก็บรังสีอาทิตย์ที่ทำงานภายใต้สภาวะคงที่ ซึ่งสามารถเขียนใหม่ ดังนี้

$Qu = AcFR[GT(\square\square)-UL(Ti-Ta)]$

โดยที่ □□ คือ ค่าการส่งผ่านของแผ่นกระจกและค่าการการดูดกลืนของแผ่นดูดกลืน ซึ่งขึ้นอยู่กับสัดส่วนของรังสีตรง รังสีกระจายและรังสีสะท้อนจากพื้นดินไปยังตัวเก็บรังสี สมการสามารถใช้หาประสิทธิภาพชั่วขณะได้ ดังสมการดังนี้

$$\square i = Qu = FR(\square\square)\text{-}FRUL(Ti\text{-}Ta)$$

$$AcGT \quad GT$$

และ

$$\square i = m\& \, Cp(To\text{-}Ti)$$

$$AcGT$$

$$m\& = \square \, A \, v \; (kg/s)$$

□ คือ ความหนาแน่นของอากาศ (kg/m3)

A คือ พื้นที่หน้าตัดของปล่อง Chimney (m^2)

v คือ อัตราการไหลของอากาศ (m/s)

โดยที่ Qu คือ ค่าความร้อนที่นำไปใช้ประโยชน์ ถ้า Qu > 0 แสดงว่ารังสีที่ถูกดูดกลืนมากกว่าค่าความร้อนที่สูญเสีย (W)

□i คือ ประสิทธิภาพเชิงความร้อนชั่วขณะของตัวเก็บรังสีอาทิตย์ (%)

m• คือ อัตราการไหลเชิงมวล (kg/s)

Cp คือ ค่าความจุความร้อนจำเพาะ (kJ/kg °C)

To คือ อุณหภูมิเฉลี่ยของอากาศที่ทางออกของตัวเก็บรังสีอาทิตย์ (°C)

Ti คือ อุณหภูมิเฉลี่ยของอากาศที่ทางเข้าของตัวเก็บรังสีอาทิตย์ (°C)

Ta คือ อุณหภูมิของอากาศแวดล้อม (°C)

Ac คือ พื้นที่ของตัวเก็บรังสีอาทิตย์ (m^2)

FR คือ แฟคเตอร์การนำความร้อนมาใช้ของตัวเก็บรังสีอาทิตย์ (ไร้หน่วย)

UL คือ สัมประสิทธิ์การสูญเสียความร้อนจากผิวดูดรังสีสู่สิ่งแวดล้อม (W/ m^2°C)

GT คือ รังสีดวงอาทิตย์ที่ตกกระทบบนระนาบตัวเก็บรังสีอาทิตย์ (W/ m^2)

โดยทั่วไปการทดสอบจะนำตัวเก็บรังสีอาทิตย์มาดำเนินการภายใต้สภาวะที่ใกล้เคียงกับสภาวะคงที่ จะต้องวัดข้อมูลเพื่อนำมาคำนวณค่า Qu จากสมการ ทำการวัดค่า GT, Ti และ Ta ซึ่งสามารถวิเคราะห์โดยใช้สมการการทดสอบกลางแจ้งจะทำการทดสอบในช่วงเวลาเที่ยงของวันที่อากาศแจ่มใสซึ่งจะมีรังสีตรงสูงและค่อนข้างตั้งฉากกับตัวเก็บรังสีอาทิตย์

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ตัวปรับค่ามุมตกกระทบของรังสีอาทิตย์ (K) สามารถใช้คำนวณหาค่าการหักเหจากค่าปกติของมุมรังสีตกกระทบบนช่องรับแสง สำหรับระบบทรงกระบอกจำเป็นต้องมีการปรับค่ามุมตกกระทบทั้งสองแกน โดยแยกพิจารณาสำหรับระนาบตามยาวและตามขวาง สำหรับจานกลมนั้นเนื่องจากมีความสมมาตรอยู่แล้ว ดั้งนั้นการปรับค่ามุมตกกระทบเพียงค่าเดียวก็เพียงพอแล้ว ถ้าระบบไม่สมมาตรทั้งหมดก็จำเป็นต้องมีการปรับค่าทั้งสองแกน ตามสมการ

$$K = \frac{\square i}{FR(\square\square)n}$$

โดยที่ K คือ ตัวปรับค่ามุมตกกระทบของรังสีอาทิตย์ (องศา)

n คือ ค่าปกติของมุมรังสีตกกระทบบนช่องรับแสงอาทิตย์ (Normal Direction) (ไร้หน่วย)

การคำนวณหาค่าการถ่ายเทความร้อน

ข้อมูลรายละเอียดของเครื่องอบแห้งใบหม่อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์

1. รายละเอียดของแผงตัวเก็บรังสีดวงอาทิตย์

1.1 โครงร่างตัวเรือนทำจากแผ่นเหล็กเรียบหนา 2 mm

1.2 ความกว้างของแผงตัวเก็บรังสีดวงอาทิตย์ 5.00 m

1.3 ความยาวของแผงรับรังสีดวงอาทิตย์ 2.00 m

1.4 ความหนาของแผงตัวเก็บรังสีดวงอาทิตย์ 2.00 mm

1.5 ระยะห่างระหว่างแผ่นดูดกลืนรังสีดวงอาทิตย์กับกระจก 6.5 cm

1.6 ระยะห่างระหว่างแผ่นดูดกลืนรังสีดวงอาทิตย์กับโครงด้านล่าง 6.5 mm

1.7 ความยาวของแผ่นดูดกลืนรังสีแสงอาทิตย์ 2.00 m

1.8 กระจกใส หนา 5.00 mm

2. ค่าการแผ่รังสีของแผ่นดูดกลืน 0.84

3. ค่าการแผ่รังสีของกระจก 0.88

4. ค่าการดูดกลืนรังสีของกระจก แบบ Non effective 0.40

5. ค่าการดูดผ่านรังสีของกระจก 0.88

6. ค่าการนำความร้อนของฉนวนไม้อัด 0.115 $W/m^2\ ^\circ C$

7. ค่าการนำความร้อนของฉนวนใยแก้ว 0.0389 $W/m^2\ ^\circ C$

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

8. อัตราการไหลเชิงมวลของอากาศที่ไหลผ่านแผงรับรังสีดวงอาทิตย์ (m) 0.259 kg/s

9. ความจุความร้อนของอากาศที่ไหลผ่านแผงรับรังสีดวงอาทิตย์ 1006 J/ kg °C

10. เวลาเริ่มทำการทดสอบ 8.00 a.m.

11. เวลาสิ้นสุดการทดสอบ 4.00 p.m.

12. ความหนาของฉนวนใยแก้ว 50.8 mm.

13. ความหนาของไม้อัด 6 mm

14. สถานที่ทดลอง ณ บ้านนาสีนวน ตำบลนาสีนวน จังหวัดมหาสารคาม

วิธีการทดลอง

ใบหม่อนที่ใช้เป็นใบหม่อนพันธุ์บุรีรัมย์ 60 ในการศึกษาครั้งนี้ได้รับความอนุเคราะห์จากศูนย์นวัตกรรมหม่อนไหม จังหวัดมหาสารคาม

1. เตรียมตัวอย่างใบหม่อน นำใบหม่อน 20 กิโลกรัม แบ่งเป็น 2 ส่วนเท่า ๆ กัน ล้างให้สะอาด ผึ่งในตะแกรงนาน 1 ชั่วโมง หั่นตามยาว กว้างประมาณ 1-2 เซนติเมตร

2. ติดตั้งอุปกรณ์และเครื่องมือวัดค่าต่างๆ ได้แก่ เครื่องมือวัดค่าพลังงานแสงอาทิตย์ สายเทอร์โมคับเปิ้ลกับเครื่องบันทึกอุณหภูมิ และเครื่องมือวัดความเร็วลม ดังรายละเอียดที่กล่าวมาแล้วข้างต้น ตามที่แสดงจุดวัด

3. ทำการวัดอุณหภูมิ ความเร็วลม ในเครื่องอบแห้งที่ยังไม่ได้ใส่วัสดุอบแห้งบันทึกข้อมูลเริ่มต้น

4. นำใบหม่อนเข้าห้องอบแห้งตามปริมาณ โดยเกลี่ยให้ทั่วบนถาด ส่วนเทคนิคนำค่าตัวอย่างมาบันทึกค่านั้น ทำโดยการวางถาดเล็กของค่าตัวอย่างให้กระจายทั่วพื้นที่ถาดใหญ่ในห้องอบแห้งแต่ละถาดเป็น 10 จุด แล้วนำใบหม่อนมาหาค่าเฉลี่ยทั้ง 10 ถาด จากนั้นนำค่าที่ได้มาหาเปอร์เซ็นความชื้น

5. นำใบหม่อนเข้าห้องอบแห้ง ทำการวัดอุณหภูมิและความเร็วลม ชั่งน้ำหนักตัวอย่างในเครื่องอบแห้งทุก ๆ 30 นาที บันทึกข้อมูล

6. คำนวณหาอัตราการอบแห้ง

7. บดใบหม่อนแห้งให้ละเอียดแล้ว นำไปทดสอบสีด้วยเครื่องวัดสีและวัดค่า Aw

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY