

ห้องสมุดคณะเทคโนโลยีการเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าฯ ลาดกระบัง

ใบรับรองปัญหาพิเศษ

เรื่อง

การออกแบบและพัฒนาเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์
ที่เหมาะสมสำหรับวัสดุเกษตร

(Design and Development of the Solar Tunnel Dryer for Agricultural Products)



จัดทำโดย

นาย กิติพงษ์

พรมโย

รหัสนักศึกษา 45040830

ได้รับการพิจารณาเห็นชอบจาก

.....

5 / พ.ค. / 2549

อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ

(อ.พัศกร เขียวตระกูล)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ส่งมอบให้สำหรับศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ราชภัฏนครราชสีมา พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การออกแบบและพัฒนาเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์
ที่เหมาะสมสำหรับวัสดุเกษตร

(Design and Development of the Solar Tunnel Dryer for Agricultural Products)



T096638



นาย กิติพงษ์ พรหมโยธิน รหัสนักศึกษา 45040830

ร.พ.
กบ๗A๗
2548

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 95638
วัน,เดือน,ปี 4 JUN 2009

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาตรี วิทยาศาสตร์บัณฑิต
ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร โครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2548

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นายกิตติพงษ์ พรหมโย 2548: การออกแบบและพัฒนาเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์
ที่เหมาะสมสำหรับวัสดุเกษตร

(Design and Development of the Solar Tunnel Dryer for Agricultural Products). สาขาวิชา

วิศวกรรมแปรรูปอาหารภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร โครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบัน
เทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง.

อาจารย์ที่ปรึกษา : อ. พัสกร เจียรตระกูล

บทคัดย่อ


เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์ (Solar tunnel dryer) มีส่วนประกอบอยู่ 2 ส่วนคือ ส่วนของพื้นที่รับแสงและส่วนของพื้นที่อบแห้ง ปัจจัยที่มีผลต่อการอบแห้งที่สำคัญอย่างหนึ่งคือ อุณหภูมิ ถ้าอุณหภูมิภายในเครื่องอบแห้งนั้นสูง จะทำให้การอบแห้งผลิตภัณฑ์เกิดขึ้นได้เร็ว ผลิตภัณฑ์แห้งเร็วขึ้น การเพิ่มประสิทธิภาพของเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์ เพื่อให้มีอุณหภูมิภายในเพิ่มขึ้นสามารถทำได้โดยการใช้ตัวดูดซับรังสีที่มีลักษณะเป็นลอนหรือคريبวางในตำแหน่งขวางทิศทางการไหลของอากาศภายในพื้นที่รับแสง การเพิ่มทิศทางการไหลของอากาศภายในพื้นที่อบแห้ง โดยการยกแผ่นตัวดูดซับรังสีให้สูงขึ้นจากพื้นฉนวนภายในพื้นที่อบแห้ง เพื่อให้อากาศไหลสัมผัสกับผิวของลังกะสีทั้งทางด้านบนและทางด้านล่าง และการใช้ตัวดูดซับรังสีที่ทำสีดำในพื้นที่อบแห้งจะช่วยเพิ่มพลังงานความร้อนให้กับผลิตภัณฑ์ที่นำมาอบแห้งทำให้การอบแห้งเกิดขึ้นได้เร็ว ซึ่งจากการทดลองโดยการใช้ พื้นที่รับแสงที่ทำจากลังกะสีแผ่นเรียบ พื้นที่รับแสงที่ทำจากลังกะสีลอนวางขวางทิศทางการไหลของอากาศ และพื้นที่รับแสงที่ทำจากลังกะสีลอนวางขวางทิศทางการไหลของอากาศ จะพบว่าพื้นที่รับแสงที่ทำจากลังกะสีลอนวางขวางทิศทางการไหลของอากาศ จะทำให้อุณหภูมิภายในพื้นที่อบแห้งมีค่าสูงสุดเท่ากับ 60.06°C และอุณหภูมิภายในพื้นที่อบแห้งสูงสุดเท่ากับ 63.11°C อากาศได้รับพลังงานความร้อนสูงสุดเท่ากับ 872.97 kJ ความชื้นของต้นหอมที่ได้จากการอบแห้งมีค่าเท่ากับ 5.43% Wet Basis ค่า $\frac{Q}{m}$ มีค่าเท่ากับ 107.83 kJ/kg เมื่อทำการเพิ่มทิศทางการไหลของอากาศโดยการยกแผ่นตัวดูดซับรังสีให้สูงขึ้นจากพื้นฉนวนจะพบว่า พื้นที่รับแสงที่ทำจากลังกะสีลอนวางขวางทิศทางการไหลของอากาศ(ยกสูง) จะทำให้อุณหภูมิภายในพื้นที่รับแสงสูงที่สุดและเพิ่มขึ้นจากเดิมเป็น 64.28°C และอุณหภูมิภายในพื้นที่อบแห้งสูงสุดและเพิ่มขึ้นจากเดิมเป็น 66.39°C อากาศได้รับพลังงานความร้อนเพิ่มขึ้นเป็น 1089.36 kJ ความชื้นของต้นหอมที่ได้จากการอบแห้งมีค่าลดลงเท่ากับ 4.3% Wet Basis และเมื่อทดลองใช้ตัวดูดซับรังสีในพื้นที่อบแห้งทาสีดำและไม่ทาสีดำกับพื้นที่รับแสงที่ทำจากลังกะสีลอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปเผยแพร่ภายนอก

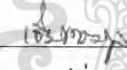
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วางแผนทิศทางการไหลของอากาศ(ยกสูง) จะพบว่าตัวดูดซับรังสีในพื้นที่อบแห้งทาสีดำ $\frac{Q}{m}$ จะมีค่าเท่ากับ 138.64 kJ/kg ซึ่งสูงกว่าค่า $\frac{Q}{m}$ ที่ได้จากการใช้ตัวดูดซับรังสีในพื้นที่อบแห้งไม่ทาสีดำ

เมื่อเลือกปัจจัยที่ทำให้เครื่องมีประสิทธิภาพที่สุดคือ พื้นที่รับแสงมีสังกะสีลอนวางแผนทิศทางการไหลของอากาศยกสูง พื้นที่อบแห้งมีตัวดูดซับรังสีทาสีดำมาทดลองอบกล้วยเล็บมือนางปรากฏว่าต้องใช้เวลาในการอบกล้วยถึง $1\frac{1}{2}$ วันและใช้พลังงานในการอบแห้งเฉลี่ย 1.18 KJ / ลูก จึงจะทำให้กล้วยมีความชื้นเท่ากับกล้วยเล็บมือนางอบแห้งที่ขายตามท้องตลาดซึ่งเท่ากับ 25% Wet Basis สีของกล้วยเล็บมือนางที่ได้ผ่านการอบจากเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์จะมีสีที่สวยงาม คำนี้น้อยกว่ากล้วยเล็บมือนางอบแห้งที่ขายตามท้องตลาด



ลายมือชื่อนักศึกษา



ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา

1/ พ.ศ./2549
วัน / เดือน / ปี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปัญหาพิเศษนี้สามารถสำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี เนื่องจากความกรุณาของบุคคลหลาย ๆ ฝ่ายที่ให้ความร่วมมือ ซึ่งคณะผู้จัดทำขอกราบขอบพระคุณทุก ๆ ท่านมาไว้ ณ ที่นี้ด้วย

อาจารย์พัศกร เจียรตระกูล ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษที่กรุณาติดตามผลงานตลอดทุกขั้นตอนของการดำเนินงาน โดยให้คำปรึกษา คำแนะนำต่าง ๆ ตลอดจนตรวจสอบ และแก้ไข ทำให้ปัญหาพิเศษเล่มนี้เสร็จสมบูรณ์ตรงตามเวลาที่กำหนด

คณาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมแปรรูปอาหารทุกท่านที่ประสิทธิประสาทวิชาความรู้ และให้คำแนะนำต่าง ๆ มาโดยตลอด

บิดามารดาของผู้จัดทำปัญหาพิเศษที่ให้การสนับสนุน และเป็นกำลังใจเสมอมา ขอขอบพระคุณ เจ้าหน้าที่ของภาควิชาวิศวกรรมแปรรูปอาหาร ที่ประสานงานและอำนวยความสะดวกให้แก่ผู้จัดทำปัญหาพิเศษตลอดการดำเนินงาน

สุดท้ายนี้ขอขอบคุณเพื่อนทุกคนที่เป็นกำลังใจ และให้ความช่วยเหลือมาโดยตลอด นับตั้งแต่เข้ามาศึกษาในสถาบันแห่งนี้

และผู้ที่เกี่ยวข้องกับความสำเร็จของปัญหาพิเศษนี้ ซึ่งไม่ได้กล่าวนามไว้ทุกท่าน

นายกิตติพงษ์ พรหมโย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	ก
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญภาพ	ช
รายการสัญลักษณ์	ฎ
บทที่	
1. บทนำ	
1.1 บทนำ	1
1.2 ประเด็นปัญหา	1
1.3 วัตถุประสงค์	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
2. ทฤษฎี	
2.1 แสงอาทิตย์	3
2.2 ประเภทของเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์	5
2.3 การอบแห้ง	15
2.4 การถ่ายเทพลังงานความร้อน	22
3. วิธีการดำเนินการ	
3.1 วัสดุคิบ	25
3.2 อุปกรณ์การทดลอง	25
3.3 วิธีการทดลองการสร้างเครื่อง	25
3.4 วิธีการทดลองการทดสอบลักษณะของตัวดูดซับรังสีและลักษณะ ของการวางของตัวดูดซับรังสีใน พื้นที่รับแสง	28
3.5 วิธีการทดลอง การทดสอบลักษณะทิศทางกรไหลของอากาศในพื้นที่รับแสง	31
3.6 วิธีการทดลองการทดสอบลักษณะตัวดูดซับรังสีในพื้นที่อบแห้ง	33

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	หน้า
3.7 วิธีการทดลองการอบกล้วยเล็บมือนาง	33
4. ผลการทดลอง	
4.1 ผลการทดลองการทดลองการทดสอบลักษณะของตัวคูดซับริ่งสีและลักษณะของการวางของตัวคูดซับริ่งสีในพื้นที่รับแสง	34
4.2 ผลการทดลองการทดสอบลักษณะทิศทางการไหลของอากาศในพื้นที่รับแสง	39
4.3 ผลการทดลองการทดสอบลักษณะตัวคูดซับริ่งสีในพื้นที่อบแห้ง	46
4.4 ผลการทดลองการอบกล้วยเล็บมือนาง	52
5. สรุปผลการทดลอง	
5.1 สรุปผลการทดลอง	58
5.2 ข้อเสนอแนะ	58
เอกสารอ้างอิง	59
ภาคผนวก	
ก อุปกรณ์การทดลอง	61
ข ผลการทดลองการสร้างเครื่อง	64
ค การคำนวณพลังงานความร้อน	70

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
4.1 แสดงค่า สีของกล้วยเล็บมือนางก่อนอบ , ค่า สีของกล้วยเล็บมือนางหลังอบและค่า สีของกล้วยเล็บมือนางอบแห้งที่ขายตามท้องตลาด	56



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 แสดงปริมาณความเข้มของรังสีที่ตกกระทบตามภูมิภาคของโลก	4
2.2 แสดงส่วนประกอบเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์	5
2.3 เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ แบบมีปล่องอากาศ	6
2.4 เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ แบบมีปล่องอากาศ	7
2.5 เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ แบบไม่มีปล่องอากาศ	7
2.6 เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบรับรังสีดวงอาทิตย์โดยตรง (Direct Type) ประเภทการไหลของอากาศเป็นแบบถูกบังคับ	8
2.7 แสดงเครื่องอบแห้งแบบแสงอาทิตย์แบบรับรังสีดวงอาทิตย์โดยทางอ้อม (Indirect Type)	9
2.8 เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบรับรังสีดวงอาทิตย์แบบผสม(Mixed Type)	10
2.9 เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบ Green house	11
2.10 ส่วนต่างๆของพลังงานแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบบนแผงรับแสงอาทิตย์	14
2.11 กราฟการอบแห้งกับเวลา	16
2.12 เส้นลักษณะเฉพาะของการอบแห้ง	17
2.13 กราฟแสดงสัมประสิทธิ์การสูญเสียความร้อน	26
3.1 แบบเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์	26
3.2 แบบด้านหน้าของเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์	26
3.3 แบบด้านข้างของเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์	27
3.4 แบบด้านบนของเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์	27
3.5 แสดงลักษณะของสังกะสีและลักษณะการวางสังกะสีในพื้นที่รับแสง	29
3.6 แสดงจุดที่วัดอุณหภูมิภายใน อุณหภูมิฉนวนใต้เครื่องอบแห้งของพื้นที่รับแสงและพื้นที่อบแห้ง	30
3.7 แสดงลักษณะของสังกะสีและลักษณะการวางสังกะสีในพื้นที่รับแสง ในการปรับทิศทางการไหลของอากาศ	31
4.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง อุณหภูมิองศาเซลเซียสภายในพื้นที่รับแสงกับเวลา ของสังกะสีแต่ละแบบ	34

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่	หน้า
4.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง อุณหภูมิองศาเซลเซียสกับเวลา ภายในพื้นที่อบแห้ง ของสังกะสีแต่ละแบบ	35
4.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานที่อากาศได้รับกับเวลาของสังกะสีแต่ละแบบ	36
4.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นของดินหอมกับเวลาของสังกะสีแต่ละแบบ	37
4.5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า $\frac{Q}{m}$ กับเวลาของสังกะสีแต่ละแบบ	38
4.6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง อุณหภูมิองศาเซลเซียสภายในพื้นที่รับแสงกับเวลา ของสังกะสีแต่ละแบบ	39
4.7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง อุณหภูมิองศาเซลเซียสภายในพื้นที่กับเวลา ของสังกะสีแต่ละแบบ	40
4.8 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานที่อากาศได้รับกับเวลาของสังกะสีแต่ละแบบ	41
4.9 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นของดินหอมกับเวลาของสังกะสีแต่ละแบบ	42
4.10 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นของดินหอมกับเวลาของสังกะสีแผ่นเรียบกับ สังกะสีแผ่นเรียบยกสูง	43
4.11 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นของดินหอมกับเวลาของสังกะสีลอนวาง ขนานทิศทางการไหลของอากาศกับสังกะสีลอนวางขนานทิศทางการไหลของอากาศ (ยกสูง)	43
4.12 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นของดินหอมกับเวลาของสังกะสีลอนวาง ขวางทิศทางการไหลของอากาศกับสังกะสีลอนวางขวางทิศทางการไหลของอากาศ (ยกสูง)	44
4.13 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า $\frac{Q}{m}$ กับเวลาของสังกะสีแต่ละแบบ	45
จากกราฟเมื่อเวลาผ่านไปค่า $\frac{Q}{m}$ ในพื้นที่อบแห้งจะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆจนมีค่าสูงที่สุดที่เวลา	
4.14 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า $\frac{Q}{m}$ กับเวลาของสังกะสีแต่ละแบบ	46
4.15 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า $\frac{Q}{m}$ กับเวลาของสังกะสีแผ่นเรียบ(ยกสูง) ตัวดูดซับ รังสีในพื้นที่อบแห้งทาสีดำกับสังกะสีแผ่นเรียบ(ยกสูง) ตัวดูดซับรังสีในพื้นที่อบแห้ง ไม่ทาสีดำ	47

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่	หน้า
4.16 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นของดินหอมกับเวลาของสังกะสีลอนวาง ขนานทิศทางการไหลของอากาศ(ยกสูง)ตัวดูดซับรังสีในพื้นที่ ออบแห้งทาสีดำ กับ สังกะสีลอนวางขนานทิศทางการไหลของอากาศ(ยกสูง)ตัวดูดซับรังสีในพื้นที่อบแห้ง ไม่ทาสีดำ	48
4.17 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า $\frac{Q}{m}$ กับเวลาของสังกะสีลอนวางขนานทิศทาง การไหลของอากาศ(ยกสูง)ตัวดูดซับรังสีในพื้นที่ ออบแห้งทาสีดำ กับสังกะสีลอนวาง ขนานทิศทางการไหลของอากาศ(ยกสูง) ตัวดูดซับรังสีในพื้นที่อบแห้ง ไม่ทาสีดำ	49
4.18 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นของดินหอมกับเวลาของสังกะสีลอนวาง ขวางทิศทางการไหลของอากาศ(ยกสูง)ตัวดูดซับรังสีในพื้นที่ ออบแห้งทาสีดำ กับ สังกะสีลอนวางขวางทิศทางการไหลของอากาศ(ยกสูง)ตัวดูดซับรังสีในพื้นที่ อบแห้งไม่ทาสีดำ	50
4.19 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า $\frac{Q}{m}$ กับเวลาของสังกะสีลอนวางขวางทิศทางการ ไหลของอากาศ(ยกสูง)ตัวดูดซับรังสีในพื้นที่ ออบแห้งทาสีดำ กับสังกะสีลอนวางขวางทิศ ทางการไหลของอากาศ(ยกสูง) ตัวดูดซับรังสีในพื้นที่อบแห้ง ไม่ทาสีดำ	51
4.20 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง อุณหภูมิองศาเซลเซียสภายในพื้นที่รับแสงกับเวลา	53
4.21 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง อุณหภูมิองศาเซลเซียสภายในพื้นที่อบแห้งกับเวลา	53
4.22 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานที่อากาศได้รับกับเวลา	54
4.23 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นของดินหอมกับเวลา	54
4.24 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานที่กล้วยเล็บมือนางใช้ไปกับเวลา	55
4.25 กล้วยเล็บมือนางก่อนอบแห้ง	56
4.26 กล้วยเล็บมือนางอบแห้ง	56
4.27 กล้วยเล็บมือนางอบแห้งที่ขายตามท้องตลาดกับกล้วยเล็บมือนางอบแห้งจาก เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์	57
ก.1 ดินหอม	61
ก.2 เครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง	61
ก.3 ตู้อบแห้ง ไฟฟ้า Hot Air Oven	62
ก.4 เครื่องวัดอุณหภูมิแบบแผ่รังสี	62
ก.5 เครื่องวัดความเร็วลมแอนนิ โมมิเตอร์	63

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่

หน้า

ก.6 กล้วยเล็บมือนาง	63
ข .1 แสดงค้ำข้างของเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์	64
ข .2 แสดงค้ำบนของเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์	64
ข .3 แสดงพัดลมขนาด 3 นิ้ว 3 ตัว เชื่อมต่อกับแผงวงจรปรับความเร็วรอบ	65
ข .4 แสดงพื้นที่รับแสง	65
ข .5 แสดงพื้นที่อบแห้ง	66
ข .6 แสดงตะแกรงสำหรับวางผลิตภัณฑ์ ที่แบ่งไว้ออกเป็น 6 ส่วน	66
ข .7 แสดงการวางสังกะสีแผ่นเรียบในพื้นที่รับแสง	67
ข .8 แสดงการวางสังกะสีลอนวางขนานทิศทางการไหลของอากาศในพื้นที่รับแสง	67
ข .9 แสดงการวางสังกะสีลอนวางขวางทิศทางการไหลของอากาศในพื้นที่รับแสง	68
ข .10 แสดงตัวดูดซับรังสีที่ทำสีดำในพื้นที่อบแห้ง	68
ข .11 แสดงตัวดูดซับรังสีที่ไม่ทำสีดำในพื้นที่อบแห้ง	69

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายการสัญลักษณ์

T_a	=	อุณหภูมิอากาศภายนอก ($^{\circ}C$)
T_s	=	อุณหภูมิสังกะสี ($^{\circ}C$)
T_l	=	อุณหภูมิฉนวนของพื้นที่รับแสง ($^{\circ}C$)
A	=	พื้นที่สังกะสี (m^2)
k_s	=	ค่า สัมประสิทธิ์การนำความร้อนของสังกะสี ($W/m^{\circ}C$)
k_y	=	ค่า สัมประสิทธิ์การนำความร้อนของสังกะสี ($W/m^{\circ}C$)
k_p	=	ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน ของยิปซัม ($W/m^{\circ}C$)
k_p	=	ค่า สัมประสิทธิ์การนำความร้อน ของโฟม ($W/m^{\circ}C$)
k_w	=	ค่า สัมประสิทธิ์การนำความร้อน ของไม้อัด ($W/m^{\circ}C$)
k_a	=	ค่า สัมประสิทธิ์การนำความร้อน ของอากาศ ($W/m^{\circ}C$)
ΔX_s	=	ความหนาของสังกะสี (m)
ΔX_y	=	ความหนาของยิปซัม (m)
ΔX_p	=	ความหนาของโฟม (m)
ΔX_w	=	ความหนาของไม้อัด (m)
ΔX_l	=	ความสูงจากพื้นฉนวนของสังกะสี (m)
ε	=	ค่า Emissivity
Q_{conv}	=	พลังงานการพาความร้อน (W)
Q_{rad}	=	พลังงานการแผ่รังสีความร้อน (W)
Q_{cond}	=	พลังงานการนำความร้อน (W)
Q_{loss}	=	พลังงานการสูญเสียความร้อน (W)
δ	=	ค่าคงที่ของ Stefan – Boltzman $5.67 \times 10^{-8} (W/m^2 K^4)$
h	=	ค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อน ($W/m^{\circ}C$)
C_p	=	ค่าสัมประสิทธิ์ความร้อนจำเพาะ ($KJ/Kg^{\circ}C$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ภูมิหลังและความสำคัญของปัญหา

การอบแห้งผลิตผลทางการเกษตร ในปัจจุบันเครื่องมืออบแห้งจะใช้พลังงานจากเชื้อเพลิง ซึ่งได้แก่ น้ำมัน ก๊าซหุงต้ม หรือพลังงานไฟฟ้า แต่ปัจจุบันได้เกิดปัญหาการขาดแคลนพลังงาน อันเนื่องมาจากวิกฤตราคาน้ำมันเชื้อเพลิงสูงมากซึ่งน้ำมันเป็นพลังงานเชื้อเพลิงขั้นพื้นฐานในปัจจุบัน จึงส่งผลทำให้ต้นทุนในการอบแห้งสูงขึ้น ดังนั้นจึงจำเป็นต้องหาแหล่งพลังงานอื่นทดแทนในกระบวนการอบแห้ง

ประเทศไทยตั้งอยู่ในเขตร้อนในบริเวณใกล้เส้นศูนย์สูตรทำให้มีแสงแดดตลอดปี โดยมีปริมาณความเข้มของแสงอยู่ที่ $17 \text{ MJ} / \text{m}^2$ ซึ่งเป็นพลังงานที่มากพอที่จะนำมาใช้ประโยชน์ในการอบแห้ง ดังนั้นจึงเหมาะที่จะนำพลังงานเหล่านี้มาใช้ถนอมอาหาร โดยการตากแดด แต่ว่าการอบแห้งที่กระทำโดยทั่วไปนั้นมักจะทำกันอย่างไม่ถูกต้องและไม่ถูกสุขลักษณะ คือ อาหารจะถูกนำมาวางตากแดดไว้หลายๆ โดยไม่มีอะไรมาปกคลุม ทำให้ฝุ่นละอองและเชื้อโรคเข้ามาปนเปื้อนกับอาหารทำให้ อาหารเสื่อมเสียเร็วขึ้น อาหารไม่ถูกสุขลักษณะ ผู้วิจัยจึงเล็งเห็นความสำคัญของการออกแบบและพัฒนาเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์ โดยเน้นถึงการใช้พลังงานอย่างคุ้มค่า โครงสร้างตัวเครื่องที่ง่ายไม่ซับซ้อน วัสดุประกอบในประเทศ มีประสิทธิภาพเหมาะสมกับดินฟ้าอากาศประเทศไทย ราคาถูก เพื่อลดต้นทุนของเครื่องอบแห้งและเป็นแนวทางของเศรษฐกิจพอเพียง สำหรับธุรกิจขนาดเล็หรือ SMEs และเพิ่มประสิทธิภาพของการตากแห้งให้ดียิ่งขึ้น

1.2 ประเด็นปัญหา

ปัจจุบันผลผลิตทางการเกษตรได้ออกสู่ตลาดเป็นจำนวนมากทำ ปัญหาผลผลิตเกินความต้องการของตลาดจึงเกิดขึ้น ทำให้ผลผลิตที่ที่เหลือจากความต้องการนั้นเกิดการเน่าเสียเป็นมูลค่าหลายร้อยล้านบาทต่อปี การแปรรูปผลผลิตทางการเกษตรจึงเป็นแนวทางหนึ่งที่ใช้แก้ปัญหาดังกล่าวนี้ได้ เครื่องอบแห้งจึงได้เข้ามามีบทบาทในการแปรรูป แต่ทว่าเครื่องอบแห้งจำเป็นต้องใช้พลังงานความร้อนจากแหล่งพลังงานต่างๆ เช่น ไม้ ไฟฟ้า น้ำมัน ยิ่งในปัจจุบันได้เกิดปัญหาภาวะการณขาดแคลนน้ำมัน น้ำมันมีราคาแพง ทำให้ต้นทุนในการแปรรูปผลผลิตทางการเกษตรด้วยวิธีอบแห้งมีสูงขึ้น และเนื่องจากประเทศไทยตั้งอยู่ในเขตร้อน ใกล้เส้นศูนย์สูตรทำให้มีแดดตลอดทั้งปี โดยมีปริมาณความเข้มของแสงอาทิตย์เฉลี่ยต่อวัน $17 \text{ MJ} / \text{m}^2$ เป็นพลังงานที่มากพอที่สามารถนำไปใช้อบแห้งได้ การอบแห้งที่ทำโดยทั่วไปมักจะมีปัญหาเรื่องการปนเปื้อนจากฝุ่นละออง แมลง และเชื้อรา นอกจากนี้ยังพบปัญหาฝนตกซึ่งเป็นอุปสรรคในการอบแห้งเป็นอย่างมาก จึงจำเป็นต้องใช้เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เทคโนโลยีมาแก้ปัญหาเหล่านี้ เพราะฉะนั้นจึงได้มีการสร้างเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ขึ้นมา จากนั้นก็ได้มีการพัฒนาแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ทั้งนี้เพื่อให้เครื่องอบแห้งดังกล่าวมีประสิทธิภาพสูงขึ้น และสามารถส่งเสริมให้เกษตรกรนำไปใช้งานได้จริงต่อไป

1.3 วัตถุประสงค์

1. พัฒนาเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์ให้มีประสิทธิภาพดี โดยวัสดุภายในประเทศ
2. หาประสิทธิภาพเชิงความร้อนและสภาวะที่เหมาะสมในการอบแห้ง

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

เป็นแนวทางในการใช้พลังงานให้คุ้มค่าและเกิดประโยชน์สูงสุด เพิ่มความถูกต้องลักษณะให้กับผลิตภัณฑ์ และลดต้นทุนในกระบวนการอบแห้งผลิตภัณฑ์เพื่อเป็นแนวทางของเศรษฐกิจพอเพียงสำหรับธุรกิจขนาดเล็ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักการ

2.1 แสงอาทิตย์

ดวงอาทิตย์เป็นกลุ่มก๊าซร้อนรูปทรงกลมมีความหนาแน่นสูงประมาณ 100 เท่า ของความหนาแน่นน้ำ ดวงอาทิตย์เปรียบได้กับเตาปฏิกรณ์ที่เกิดปฏิกิริยาฟิวชั่นของก๊าซที่เป็นส่วนประกอบต่อเนื่อง ปฏิกิริยาที่สำคัญคือการรวมตัวของก๊าซไฮโดรเจนเป็นเป็นก๊าซฮีเลียม ซึ่งมวลของนิวเคลียสของก๊าซฮีเลียมนั้นมีค่าน้อยกว่าไฮโดรเจนคั้งนั้นมวลของไฮโดรเจนที่หายไปจากกระบวนการฟิวชั่นจะเปลี่ยนไปเป็นพลังงานความร้อน พลังงานความร้อนนี้จะเกิดขึ้นภายในดวงอาทิตย์ซึ่งมีอุณหภูมิหลายล้านองศาเคลวิน จึงเกิดการถ่ายเทความร้อนมาที่ผิวของดวงอาทิตย์และแผ่ออกสู่อวกาศจนถึงโลก

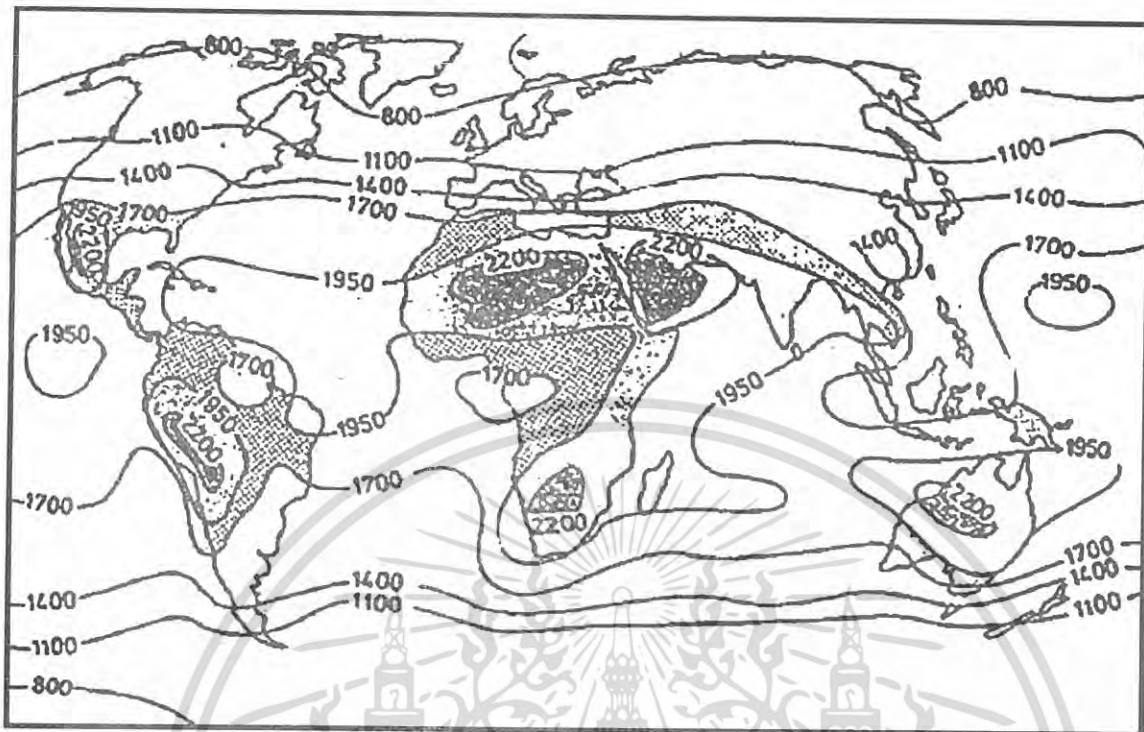
การแผ่รังสีความร้อนของดวงอาทิตย์จะอยู่ในรูปของการแผ่รังสี โดยจะแผ่รังสีผ่านชั้นบรรยากาศของโลกและแผ่รังสีลงสู่พื้นโลกอีกครั้งหนึ่งการแผ่รังสี สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ประเภทคือ

2.1.1 รังสีตรง (Beam or Direct Radiation) คือ รังสีที่มาจากดวงอาทิตย์โดยตรงและตกลงผิวรับแสง มีทิศทางแน่นอนที่เวลาใดเวลาหนึ่งซึ่งทิศทางของรังสีตกอยู่ในแนวลำแสงอาทิตย์

2.1.2 รังสีกระจาย (Diffuse Radiation) คือ รังสีดวงอาทิตย์ส่วนที่ถูกสะท้อนจากบรรยากาศของโลกและวัตถุต่างๆที่อยู่ในแนวทางเดินของแสงก่อนตกกระทบพื้นผิวรับแสง รังสีกระจายนี้มาจากทุกทิศทางของท้องฟ้า

2.1.3 รังสีรวม (Total or Global Radiation) คือผลรวมของรังสีตรงและรังสีกระจายที่ตกกระทบผิวรับแสง ในกรณีที่ผิวรับแสงเป็นพื้นเอียง รังสีรวมจะประกอบด้วย รังสีตรงจากท้องฟ้า รังสีกระจายจากท้องฟ้าและผิวโลกเรียกรังสีรวมนี้ว่า Total Radiation ค่าความเข้มของแสงที่ผ่านมายังโลกนั้นยังขึ้นอยู่กับระยะห่างโลกกับดวงอาทิตย์และขึ้นอยู่กับมุมเอียงของโลกคั้งนั้นค่าความเข้มของของรังสีจะแตกต่างกันตามฤดูกาลและตำแหน่งของรังสีที่ตกกระทบลงบนผิวโลก ดังภาพที่ 1 แสดงปริมาณความเข้มของรังสีที่ตกกระทบตามภูมิภาคของโลก จากภาพที่ 2.1 ค่าความเข้มของแสงในหน่วย W/m^2 ในแต่ละภูมิภาคมีค่าความเข้มของแสงไม่เท่ากันเนื่องจากในแต่ละภูมิภาคตั้งอยู่ในตำแหน่งที่ต่างกัน ประเทศที่ตั้งอยู่ในเส้นศูนย์สูตรก็จะมีโอกาสได้รับพลังงานแสงอาทิตย์สูงกว่าประเทศที่ตั้งอยู่เหนือเขตเส้นศูนย์สูตร ซึ่งประเทศไทยตั้งอยู่ใกล้เส้นศูนย์สูตรจึงทำให้มีปริมาณความเข้มแสงที่เพียงพอ สามารถนำไปใช้เป็นพลังงานในการอบแห้งได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 1 แสดงปริมาณความเข้มของรังสีที่ตกกระทบตามภูมิภาคของโลก
ที่มา : รัฐธิปัตย์ ปางวัชรกร (2545)

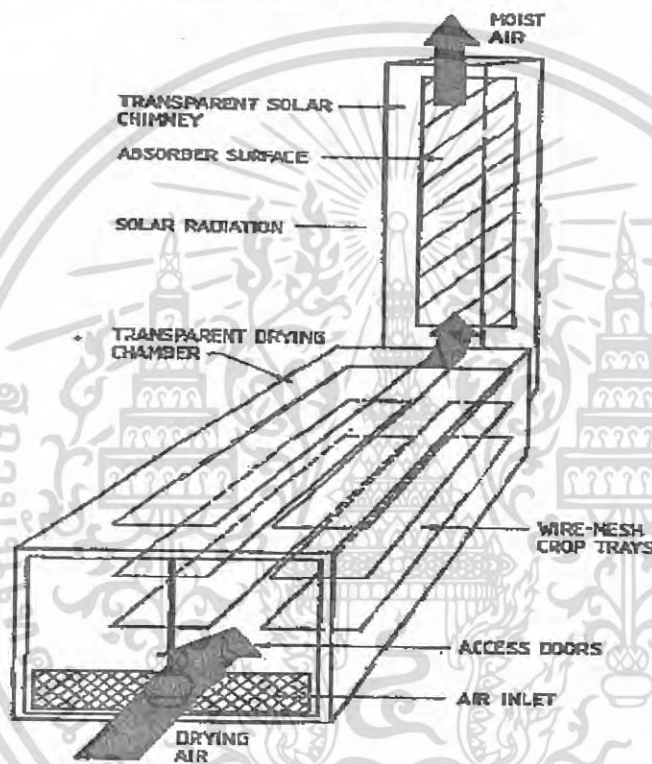
2.2 การอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์

มนุษย์รู้จักการเก็บรักษาผลผลิตทางการเกษตรไว้ได้นานๆ ด้วยการลดความชื้นก่อนที่จะนำไปเก็บไว้ในยุ้งฉาง โดยกางผืนผ้าบนลานกว้างๆ เพื่อให้ความร้อนจากแสงอาทิตย์ทำให้ความชื้นในผลผลิตนั้นๆ กลายเป็นไอน้ำแล้วระเหยออกไป ซึ่งเราเรียกวิธีการดังกล่าวว่า “การอบแห้ง” การอบแห้งด้วยวิธีการดังกล่าวมีข้อเสียอยู่หลายประการ อาทิ ปัญหาความสกปรกอันเนื่องมาจากฝุ่นละออง ปัญหาจากแมลงต่างๆ ปัญหาฝนตก เป็นต้น ทำให้ผลผลิตที่ผ่านการอบแห้งมาไม่มีความดีพอ จึงได้มีการทำ เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ขึ้นเพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าว ซึ่งจะทำให้การอบแห้งเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ และได้ผลตามที่ต้องการ ในปัจจุบันเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์สามารถแบ่งได้ออกเป็นหลายประเภท แต่จากการสำรวจสามารถสรุปแบ่งประเภทของเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.1 เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบรับรังสีดวงอาทิตย์โดยตรง (Direct Type)

เครื่องอบแห้งประเภทนี้มีส่วนประกอบหลักอยู่ 3 ส่วนคือ ช่องอากาศเข้า ใช้วัสดุโสมมาทำเป็นหลังคาและช่องระบายอากาศ รังสีดวงอาทิตย์จะทะลุผ่านหลังคาไปสัมผัสกับวัสดุที่นำมาอบแห้งโดยตรง การระเหยน้ำออกจากวัสดุเกิดขึ้นความร้อนจากแสงอาทิตย์ และอากาศภายในสามารถระบายออกไปทางช่องระบายอากาศดังภาพที่ 2

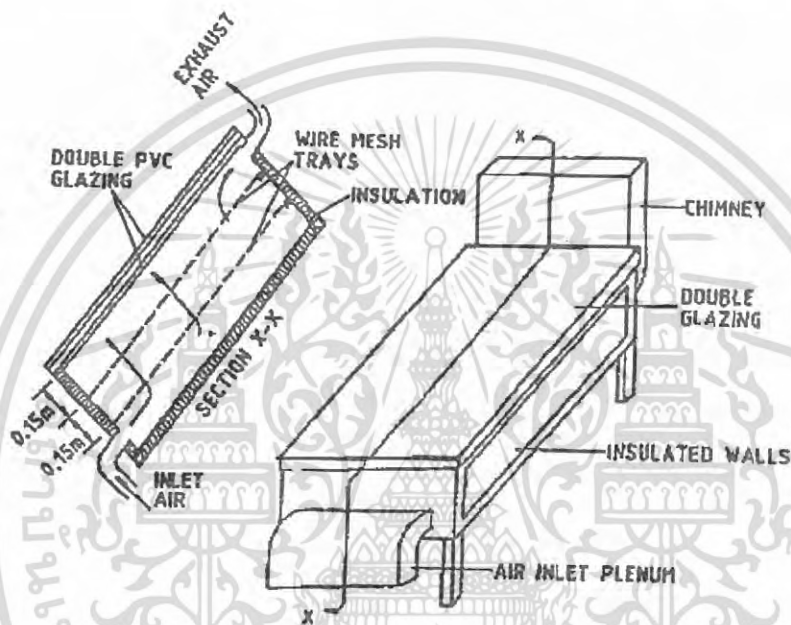


ภาพที่ 2 แสดงส่วนประกอบเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์
ที่มา : O.V. Ekechukwu and B. Norton (1997)

2.2.1.1 เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบรับรังสีดวงอาทิตย์โดยตรง (Direct Type) ประเภทการไหลของอากาศเป็นแบบธรรมชาติการเคลื่อนที่ของอากาศแบบนี้สามารถเกิดขึ้นได้อย่างต่อเนื่องจากความแตกต่างของอุณหภูมิ กล่าวคือ อากาศที่มีอุณหภูมิสูงจะมีความหนาแน่นต่ำกว่าอากาศที่มีอุณหภูมิต่ำทำให้เกิดการไหลเวียนของอากาศเครื่องอบแห้งแบบนี้มีต้นทุนต่ำดูแลรักษาง่าย แต่มีข้อเสียคือ มีประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อนและการถ่ายเทมวลสารมีค่าน้อยทำให้มีประสิทธิภาพในการอบแห้งต่ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

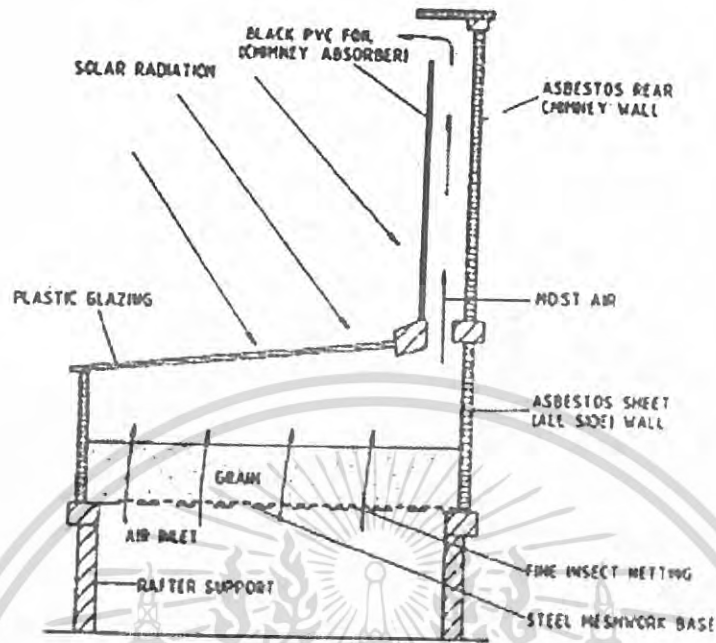
- แบบมีปล่องระบายอากาศ สร้างปล่องระบายอากาศขึ้นเพื่อช่วยให้การเคลื่อนที่และการระบายอากาศภายในเครื่องอบเคลื่อนที่ได้ดียิ่งขึ้นซึ่งมีผลต่อประสิทธิภาพการอบแห้ง ปล่องระบายอากาศนี้เปรียบเสมือนส่วนประกอบของช่องระบายอากาศเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ทุกๆ ไปเพื่อที่จะนำ อากาศที่รับความชื้นภายในเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์ออกไปสู่ภายนอกเครื่อง ดังภาพที่ 3 , 4



ภาพที่ 3 เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ แบบมีปล่องอากาศ

ที่มา : O.V. Ekechukwu , B. Norton (1997)

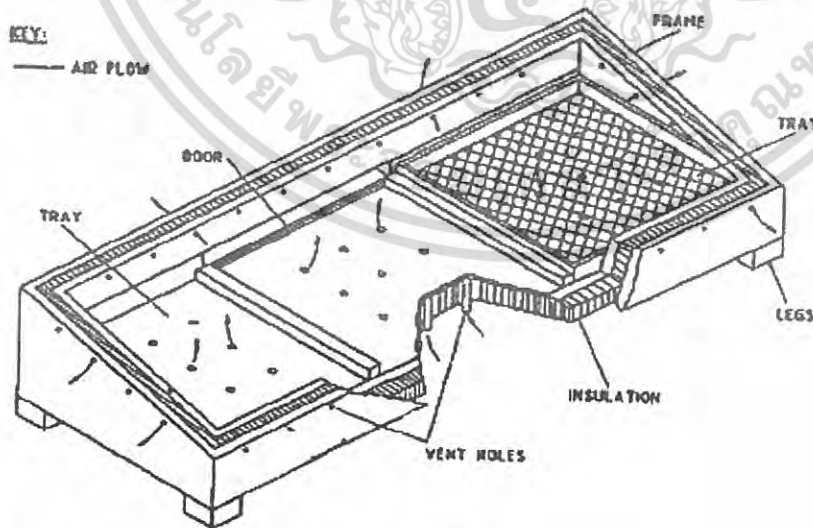
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4 เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ แบบมีปล่องอากาศ

ที่มา : O.V. Ekechukwu , B. Norton (1997)

- แบบไม่มีปล่องระบายอากาศ โดยมากมักจะเป็นเครื่องที่มีขนาดเล็กมีลักษณะเป็นตู้อบ (Cabinet Dryer) ดังภาพที่ 5 แต่เครื่องอบชนิดนี้จะมีช่องระบายอากาศทำหน้าที่เช่นเดียวกับปล่องระบายอากาศคือ นำอากาศที่รับความชื้นจากวัสดุที่นำมาอบออกไปสู่ภายนอกเครื่องอบ

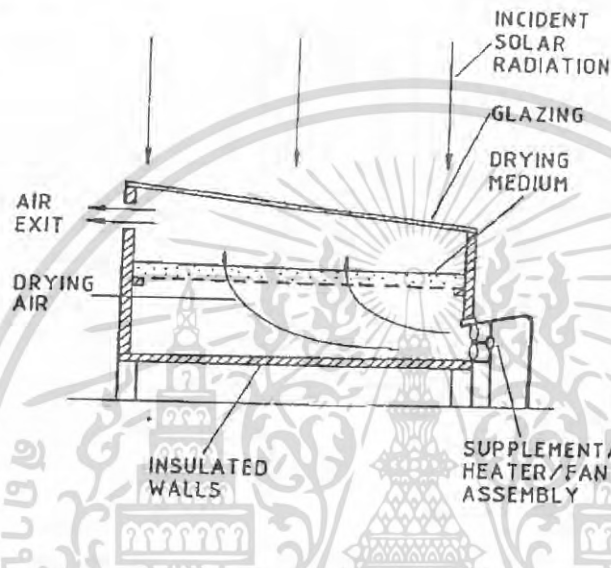


ภาพที่ 5 เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ แบบไม่มีปล่องอากาศ

ที่มา : O.V. Ekechukwu , B. Norton (1997)

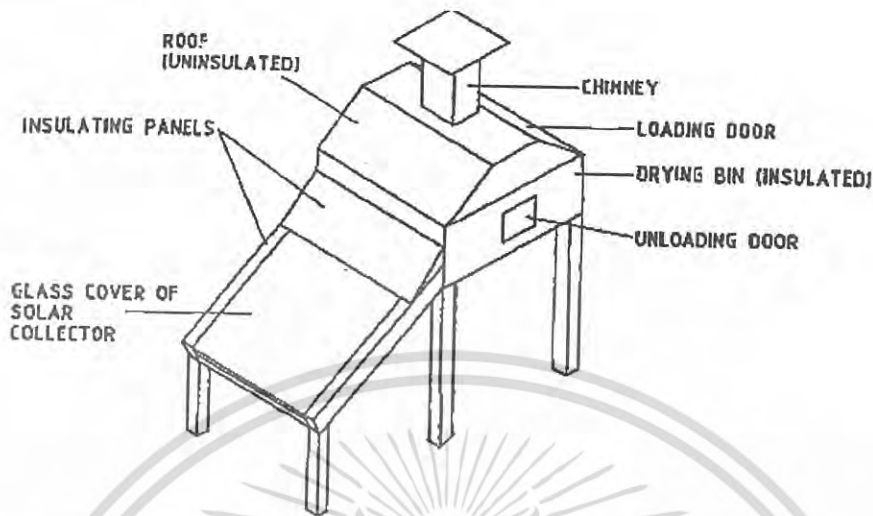
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.1.2 เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบรับรังสีดวงอาทิตย์โดยตรง (Direct Type) ประเภทการไหลของอากาศเป็นแบบถูกบังคับ เครื่องอบชนิดนี้จะใช้พัดลมช่วยในการไหลของอากาศทำให้อากาศมีสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนและถ่ายเทมวลสารสูงขึ้นเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในการอบแห้งแต่มีข้อเสียคือ ต้องเสียค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้นในส่วนของพัดลมและเรื่องการดูแลรักษา ดังภาพที่ 6



ภาพที่ 6 เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบรับรังสีดวงอาทิตย์โดยตรง (Direct Type) ประเภทการไหลของอากาศเป็นแบบถูกบังคับ ที่มา: O.V. Ekechukwu , B. Norton (1997)

2.2.2 เครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์แบบรับรังสีดวงอาทิตย์โดยทางอ้อม (Indirect Type) เครื่องอบแห้งประเภทนี้ประกอบด้วย ส่วนรับแสงอาทิตย์ พัดลม และห้องอบแห้ง ซึ่งห้องอบแห้งนั้นจะป้องกันไม่ให้แสงอาทิตย์ผ่านเข้ามาสัมผัสกับผลิตภัณฑ์ที่นำมาอบ โดยตรง การอบแห้งจะอาศัยความร้อนจากพื้นที่รับแสงเป็นหลักคือ ส่วนรับแสงจะถ่ายเทพลังงานความร้อนให้กับอากาศแล้วจึงไหลผ่านไปยังผลผลิตในห้องอบแห้ง ดังภาพที่ 7



ภาพที่ 7 แสดงเครื่องอบแห้งแบบแสงอาทิตย์แบบรับรังสีดวงอาทิตย์โดยทางอ้อม (Indirect Type)
ที่มา : O.V. Ekechukwu , B. Norton (1997)

2.2.2.1 เครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์แบบรับรังสีดวงอาทิตย์โดยทางอ้อม (Indirect Type)
ประเภทการไหลของอากาศร้อนเป็นแบบธรรมชาติ เครื่องอบประเภทนี้ประกอบด้วย 3 ส่วนหลักคือ
พื้นที่รับแสง ห้องอบแห้ง และช่องระบายอากาศ แต่จะมีจุดเด่นคือที่ห้องอบแห้งจะทำด้วยวัสดุทึบ
แสงที่ป้องกันแสงอาทิตย์ผ่านทะลุได้

- แบบมีปล่องระบายอากาศ การทำปล่องขึ้นเพื่อช่วยให้การเคลื่อนที่และการระบายอากาศ
ภายในเครื่องอบไหลได้ดียิ่งขึ้นซึ่งมีผลต่อประสิทธิภาพการอบแห้งปล่องนี้เปรียบเสมือนช่องทาง
ออกของอากาศเครื่องอบ เพื่อนำอากาศภายในเครื่องอบที่ได้รับความร้อนจากวัสดุที่นำมาอบออกสู่
ภายนอกเครื่องอบ

- แบบไม่มีปล่องระบายอากาศ หลักการทำงานเหมือนกันกับแบบที่มีปล่องระบายอากาศแต่
จะทำช่องระบายอากาศให้อากาศไหลผ่านได้ เหมาะสมกับเครื่องอบแห้งที่มีขนาดเล็กๆ

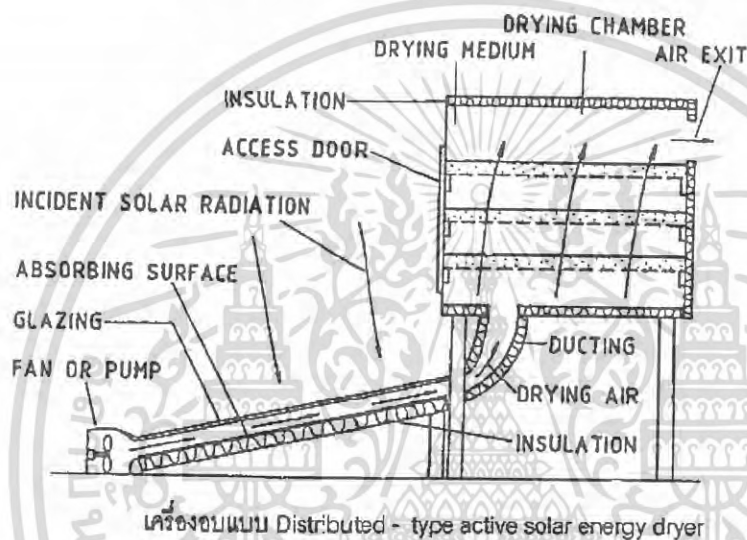
2.2.2.2 เครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์แบบรับรังสีดวงอาทิตย์โดยทางอ้อม (Indirect Type)
ประเภทการไหลของอากาศร้อนเป็นแบบถูกบังคับ การบังคับให้อากาศไหลสามารถทำได้โดยการ
ใช้พัดลม ทำให้อากาศมีสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนและการถ่ายเทมวลสารสูงขึ้น เป็นการเพิ่ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประสิทธิภาพในการอบแห้งแต่มีข้อเสียคือ ต้องเสียค่าใช้จ่ายเพิ่มในส่วนของการพัฒนาและการดูแลรักษาเช่นเดียวกับเครื่องอบแห้งแบบแรกข้างต้น

2.2.3 เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบรับรังสีดวงอาทิตย์แบบผสม(Mixed Type)

เป็นการนำหลักการของเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบแรกและแบบที่สองมาใช้ร่วมกันคือ ได้รับความร้อนจากแสงอาทิตย์โดยตรงและได้จากอากาศร้อนที่ไหลผ่านส่วนรับรังสี ดังภาพที่ 8



ภาพที่ 8 เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบรับรังสีดวงอาทิตย์แบบผสม(Mixed Type)

ที่มา : O.V. Ekechukwu , B. Norton (1997)

2.2.3.1 เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบรับรังสีดวงอาทิตย์แบบผสม(Mixed Type)

ประเภทการไหลของอากาศร้อนเป็นแบบธรรมชาติ

- แบบมีปล่องระบายอากาศ

- แบบไม่มีปล่องระบายอากาศ คือจะใช้ช่องระบายอากาศซึ่งเป็นส่วนประกอบหลักของเครื่องอบทำหน้าที่ระบายอากาศภายในเครื่องออกสู่ภายนอก

2.2.3.2 เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบรับรังสีดวงอาทิตย์แบบผสม(Mixed Type)

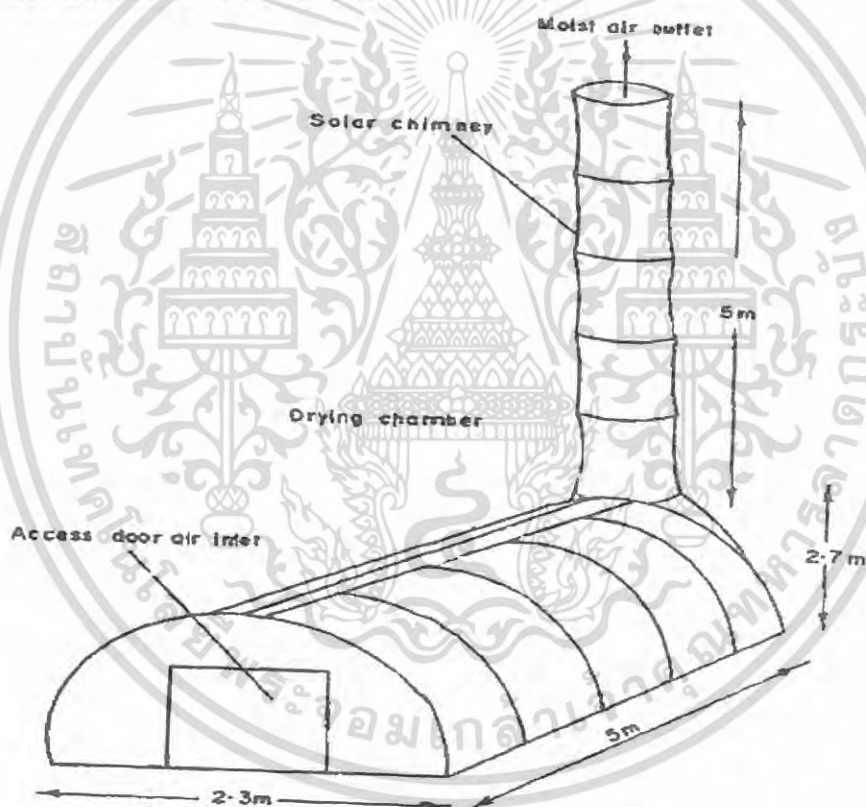
ประเภทการไหลของอากาศร้อนเป็นแบบถูกบังคับ เพื่อให้เกิดการไหลของอากาศซึ่งจะทำให้อากาศมีสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนและถ่ายเทมวลสารสูงขึ้น ทำให้ประสิทธิภาพในการอบแห้งนั้นดียิ่งขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.4 เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบ Green House

เครื่องอบแห้งประเภทนี้มีลักษณะคล้ายบ้านหรือ โรงเรือนแต่มีจุดเด่นคือ หลังคาจะมุงปิดด้วยวัสดุโปร่งแสง เช่น กระดาษใส พลาสติก เพื่อให้แสงอาทิตย์ผ่านเข้ามาภายในเครื่องอบ และมีช่องให้อากาศได้ระบายออกเพื่อให้เกิดการเคลื่อนที่ของอากาศและถ่ายเทอากาศภายในโรงเรือนได้ดียิ่งขึ้น

2.2.4.1 เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบ Green house ชนิดรับรังสีโดยตรง (Direct Type) คือ ได้รับพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์โดยตรง เครื่องอบแห้งประเภทนี้ บางแบบจะปิดด้วยกระดาษใส หรือ พลาสติก เพื่อเพิ่มปริมาณแสงอาทิตย์ให้ผ่านเข้ามาภายในได้มากขึ้นจึงทำให้ปริมาณความร้อนที่ได้รับมีค่าเพิ่มขึ้น ดังภาพที่ 9



ภาพที่ 9 เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบ Green house

ที่มา : O.V. Ekechukwu, B. Norton (1997)

- แบบมีปล่องระบายอากาศ เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์จะมีปล่องระบายอากาศเพื่อทำให้การไหลของอากาศภายในโรงเรือนดีขึ้น ซึ่งเป็นส่วนประกอบแทนในส่วนของช่องระบายอากาศภายในโรงเรือนนั่นเอง ลักษณะปล่องระบายอากาศโดยมากจะติดตั้งอยู่ด้านบนสุดของเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โรงเรือน เนื่องจากอากาศร้อนมีความหนาแน่นต่ำจะเกิดการไหลไปยังบริเวณที่มีความหนาแน่นของอากาศสูงกว่าจึงลอยตัวสูงขึ้น ปล่อยจึงต้องติดอยู่เหนือบนสุดของโรงเรือน

2.2.4.2 เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบ Green house ชนิดรับรังสีโดยตรง (Direct Type) ประเภทการไหลของอากาศร้อนเป็นแบบบังคับ ใช้หลักการที่กล่าวไว้ข้างต้นคือ ใช้พัดลมสร้างแรงดันอากาศให้อากาศภายในเกิดการเคลื่อนที่

2.2.4.3 เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ Green house ประเภทรับพลังงานจากดวงอาทิตย์ทางอ้อม (Indirect Type)

- เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ Green house ประเภทรับพลังงานจากดวงอาทิตย์ทางอ้อม (Indirect Type) ชนิดการไหลของอากาศร้อนเป็นแบบธรรมชาติ
- เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ Green house ประเภทรับพลังงานจากดวงอาทิตย์ทางอ้อม (Indirect Type) ชนิดการไหลของอากาศร้อนเป็นแบบบังคับ โดยจะใช้หลังคาที่ทำเป็นพื้นที่ยึดรับแสงและเปิดด้วยกระจก พัดลมจะดูดอากาศร้อนจากพื้นที่รับแสงเข้าสู่ห้องอบแห้ง ซึ่งวัสดุที่นำมาอบแห้งจะได้รับความร้อนจากพื้นที่รับแสงเพียงอย่างเดียว

2.2.4.4 เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ ชนิดรับพลังงานแสงอาทิตย์โดยผสม (Mixed Type) คือได้รับพลังงานแสงอาทิตย์ทั้งทางตรงและทางอ้อม มีทั้งแบบ การไหลของอากาศเป็นแบบธรรมชาติ และการไหลของอากาศเป็นแบบบังคับ

หน้าที่สำคัญของพื้นที่รับรังสีคือ ต้องดูดซับความร้อนจากแสงอาทิตย์ได้ดีในขณะเดียวกันต้องป้องกันการสูญเสียผ่านลงไปยังด้านล่างให้มากที่สุดเพื่อเก็บพลังงานความร้อนที่ได้นำไปใช้ประโยชน์ โดยทั่วไปแล้วพื้นที่รับแสงจะประกอบด้วย ตัวดูดซับรังสี(Absorber) แผ่นปิดใส (transparent cover) อาจทำด้วยพลาสติกหรือกระจก โปร่งแสงและฉนวนที่อยู่ทางด้านล่าง (Insulator)

2.3 ส่วนประกอบเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ มีส่วนประกอบที่สำคัญอยู่ 3 ส่วน คือ

2.3.1 แผ่นปิดใส (Transparent cover) ควรมีคุณสมบัติทนทานต่อสภาพอากาศและลดการสูญเสียความร้อนเพื่อทำให้อุณหภูมิภายในตู้อบสูงขึ้น ดังนั้นวัสดุที่นำมาใช้ในส่วนนี้ต้องมีคุณสมบัติดังนี้

- ยอมให้รังสีแสงอาทิตย์ผ่านได้สูง
- ควบคุมค่ารังสีอินฟราเรดได้สูงและยอมให้รังสีอินฟราเรดผ่านได้ต่ำ
- ทนทานต่อสภาพอากาศได้ดีเช่น ฝน ลม อุณหภูมิอากาศ
- ติดตั้งและทำความสะอาดง่าย
- น้ำหนักเบา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เราสามารถเพิ่มประสิทธิภาพของแผงรับแสงอาทิตย์ให้ดูความร้อนได้มากขึ้น โดยเพิ่มจำนวน แผ่นปิดใสใช้ปิดแผงรับแสงอาทิตย์ อาจจะเป็นสองหรือสามชั้นก็ได้ แต่การเพิ่มจำนวนแผ่นปิดใสอาจไม่มีประโยชน์หากแผงรับแสงอาทิตย์ฉาบไว้ด้วยวัสดุที่ดูความร้อนได้ดีและคายความร้อนได้ช้าเพราะอาจกลายเป็นการลดปริมาณความร้อนที่ผ่านทะลุกระจกเข้ามากระทบแผงรับแสงอาทิตย์

2.3.2 ฉนวนความร้อน (Insulation)

ทำหน้าที่ลดการสูญเสียความร้อนของตัวดูดซับรังสี ดังนั้นในส่วนประกอบนี้มีคุณสมบัติคือ ไม่ยอมให้ความร้อนไหลผ่านออกไปนั่นเอง ฉนวนความร้อนจึงต้องมีคุณสมบัติดังนี้

- มีค่านำความร้อนต่ำ
- ทนทานต่ออุณหภูมิสูง
- ดูดซับน้ำได้ต่ำ
- ป้องกันการกัดแทะจากหนูและแมลง
- ยากต่อการไหม้ไฟ
- ยึดและหัดตัวต่ำ

2.3.3 ตัวดูดซับรังสี (Absorber)

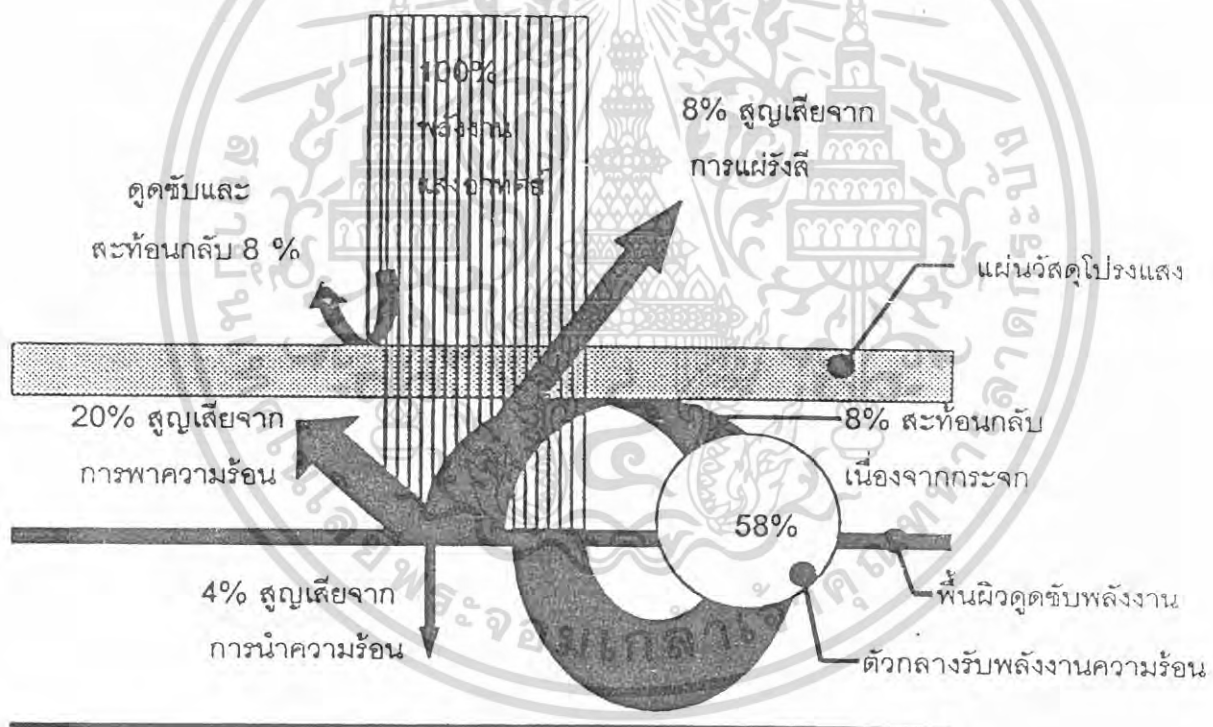
ทำหน้าที่ดูดซับรังสีจากแสงอาทิตย์ และเปลี่ยนเป็นพลังงานความร้อน โดยถ่ายเทความร้อนให้กับอากาศเหนือผิวตัวดูดซับรังสี ดังนั้นตัวดูดซับรังสีจึงเป็นส่วนประกอบที่สำคัญ มาก จึงจำเป็นที่ต้องใช้วัสดุที่มีคุณสมบัติดังนี้

- มีค่าการดูดซับสูง
- มีค่าการปลดปล่อยต่ำ
- ทนความร้อนสูง
- มีค่านำความร้อนสูง
- ไม่ขยายหรือหดตัวเมื่อถูกความร้อน
- ไม่เกิดสนิมได้ง่าย
- ผูกเกาะติดได้ง่าย
- มีอายุการใช้งานที่นาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 ส่วนต่างๆของพลังงานแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบแผงรับแสงอาทิตย์

พลังงานแสงอาทิตย์เมื่อส่องมากระทบแผงรับแสงอาทิตย์ที่ปิดด้วยวัสดุโปร่งใส ปริมาณความร้อนประมาณ 8 % จะถูกแผ่นวัสดุโปร่งใสดูดซับและสะท้อนกลับที่เหลือนอกนั้นประมาณ 92% จะถูกส่งผ่านไปยังพื้นผิวดูดซับพลังงาน พลังงานความร้อนประมาณ 20% จะสูญเสียไปจากการพาความร้อนของอากาศที่คั่นระหว่างแผ่นวัสดุโปร่งใสกับพื้นผิวดูดซับพลังงานอีก 16% จะสูญเสียไปจากการแผ่รังสีของพื้นที่ผิว แต่จะได้กลับคืนมา 8% เนื่องจากการสะท้อนกลับที่แผ่นวัสดุโปร่งใส และพลังงานอีก 4% จะสูญเสียไปจากการนำความร้อนของพื้นผิวดูดซับพลังงาน สรุปแล้วเราจะได้พลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์มาใช้ประมาณ 58% คือ 50% จากการที่ตัวกลางสะสมพลังงานความร้อนดูมาโดยตรง และอีก 8% จากการสะท้อนกลับที่แผ่นวัสดุโปร่งใส ดังภาพที่ 10



ภาพที่ 10 ส่วนต่างๆของพลังงานแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบบนแผงรับแสงอาทิตย์

ที่มา : นิตย นามวงษ์ และคณะ, การออกแบบและพัฒนาเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์

ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.1 การสูญเสียความร้อนแบ่งตามพื้นที่การสูญเสียความร้อน แบ่งเป็น 2 แบบ ดังนี้

1. การสูญเสียความร้อนทางด้านบน ความร้อนจะถูกถ่ายเทจากฝาปิดไปรังสีออกสู่บรรยากาศโดยการพาความร้อนและโดยการแผ่รังสีอินฟราเรด

2. การสูญเสียความร้อนทางด้านล่างในกรณีที่แผงรับแสงอาทิตย์เป็นแบบชั้นเดียวคือ จากแผ่น รับแสงลงมาทางด้านล่างโดยกานนำความร้อนผ่านทางฉนวนและจากผิวฉนวนสู่บรรยากาศ โดยการพาและการแผ่รังสีความร้อน

ปกติแล้วการสูญเสียความร้อนทางด้านบนจะสูงกว่าทางด้านล่างมาก

2.5 การอบแห้ง

การอบแห้ง(Drying) คือวิธีการลดความชื้น โดยการระเหย อันเนื่องมาจากความร้อนที่ถูกถ่ายเทด้วยวิธีใดวิธีหนึ่ง ไปยังวัสดุที่มีความชื้น ซึ่งความร้อนที่วัสดุได้รับนี้ จะนำไปเป็นความร้อนแฝงของการระเหย โดยการอบแห้งนี้ มีจุดประสงค์เพื่อรักษาคุณภาพของผลผลิตให้เก็บไว้ได้นานๆ และยังช่วยลดน้ำหนักของผลผลิตในกานเก็บและขนส่งอีกด้วย

2.5.1 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการอบแห้ง

ในการอบแห้งอาหารต่างๆ ไปมีปัจจัยหลายประการที่จะทำให้การอบแห้งอาหารนั้นเกิดได้เร็วหรือช้าพอสรุปได้ดังนี้

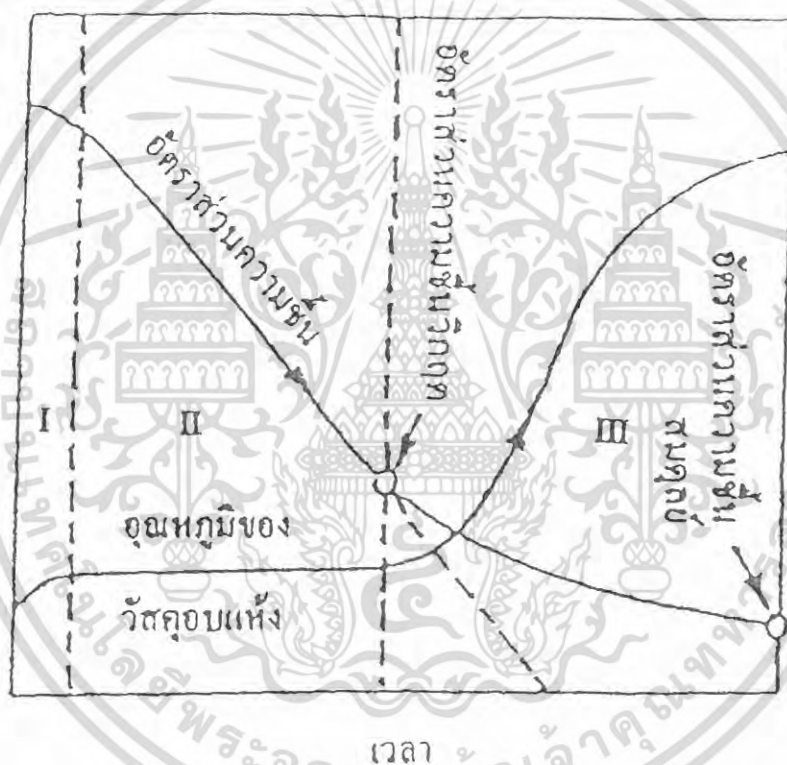
1. ลักษณะธรรมชาติของอาหาร อาหารที่มีรูพรุนมากๆจะมีอัตราการอบแห้งเร็ว
2. ขนาดและรูปร่างของอาหารส่วนใหญ่จะต้องคำนึงถึงเฉพาะความหนาของอาหาร เนื่องจากอัตราการอบแห้งเป็นสัดส่วนผกผันกับความหนาของอาหาร ยิ่งอาหารหนามากเท่าไรการอบแห้งจะเกิดได้ช้า
3. ปริมาณอาหารที่ใส่ในเครื่องอบแห้งและการจัดเรียงเป็นปัจจัยที่สำคัญอย่างหนึ่ง การใส่อาหารปริมาณมากเกินไปเข้าไปในเครื่องอบแห้งจะทำให้การอบแห้งทำได้ไม่ทั่วถึง โดยเฉพาะบริเวณช่วงกลางๆน้ำจะระเหยออกได้ไม่ดีความร้อนเข้าไปไม่ค่อยถึงยิ่งถ้าจัดเรียงตัวกันได้ไม่ดีแล้วจะทำให้อัตราการอบแห้งเกิดได้ช้ามาก
4. ความสัมพันธ์ ของอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และความเร็วลม ความชื้นของอากาศ เป็นสิ่งที่สำคัญมาก การระเหยน้ำออกจะทำได้ดีหรือไม่ ขึ้นกับความชื้นของอากาศ และความเร็วลม นอกจากนี้อุณหภูมิที่ใช้ออบก็จะเป็นปัจจัยที่สำคัญเช่นกัน
5. ความดันเกี่ยวเนื่องกับการระเหยของน้ำเนื่องจากในที่มีความดันต่ำๆลงมาน้ำก็จะเดือดได้ที่อุณหภูมิต่ำลง ดังนั้นการทำแห้งภายใต้ความดันจะทำให้การอบแห้งเร็วขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.2 เงื่อนไขของการอบแห้ง แบ่งเป็น 2 ประเภทดังนี้

1. เงื่อนไขภายนอกวัสดุ เช่น วิธีการถ่ายเทความร้อน ไปยังวัสดุ วิธีการกำจัดความชื้นที่ระเหยออกมาจากวัสดุ ความชื้นอิ่มตัวของอากาศ ความดัน เป็นต้น
2. เงื่อนไขภายในวัสดุ เช่น การนำความร้อนของวัสดุขึ้น ความพรุนของของแข็ง อุณหภูมิวัสดุขึ้น อัตราส่วนความชื้น เป็นต้น

ในการอบแห้งวัสดุเปียกชื้นจะกระทำภายใต้เงื่อนไขการอบแห้งคงที่ถ้าทำการทดลองวัดการเปลี่ยนแปลงมวลและอุณหภูมิของวัสดุอบแห้งกับเวลาจะได้เส้นกราฟดังแสดงในภาพที่ 11

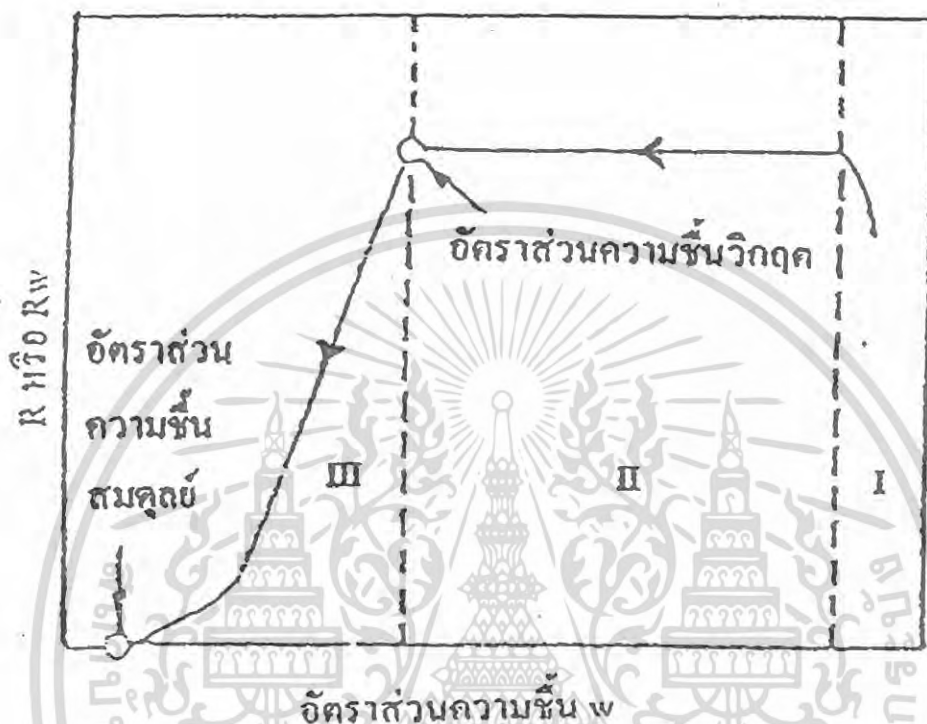


ภาพที่ 11 กราฟการอบแห้งกับเวลา

ที่มา : นิตยน์ นามวงษ์ และคณะ, การออกแบบและพัฒนาเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์, ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถ้าวัดอัตราการอบแห้งกับอัตราส่วนความชื้น จะได้เส้นกราฟที่เรียกว่า “เส้นลักษณะเฉพาะของการอบแห้ง” เป็นไปดังภาพที่ 12



ภาพที่ 12 เส้นลักษณะเฉพาะของการอบแห้ง

ที่มา : นิตย นามวงษ์ และคณะ, การออกแบบและพัฒนาเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์, ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

จากภาพทั้งสองเบื้องต้น พบว่าการอบแห้งแบ่งออกเป็น 3 ช่วงใหญ่ๆ คือ

1. ช่วงการไหลให้ความร้อนเบื้องต้นแก่วัสดุ ที่ผิวของวัสดุชื้น ความชื้นจะอยู่ในรูปของของเหลว ถ้านำวัสดุชื้นนี้มาอบภายใต้สภาวะการอบแห้งคงที่ อุณหภูมิของวัสดุจะมีค่าใกล้เคียงกับอุณหภูมิกระเปาะเปียกของกระแสลมร้อนช่วงเวลาที่ใช้เพื่อเพิ่ม อุณหภูมิ จนถึง ค่าอุณหภูมิกระเปาะเปียกนี้ คือ ช่วง I ดังแสดงในภาพที่ 11 และ ภาพที่ 12

2. ช่วงการอบแห้งที่อัตราเร็วคงที่ เนื่องจากความร้อนที่ถ่ายเทจากอากาศมายังวัสดุชื้น ทำให้เกิดการถ่ายเทความร้อนและการถ่ายเทมวลชื้นพร้อมกัน ในช่วงนี้ความร้อนทั้งหมด ที่วัสดุได้รับจะถูกใช้ในการระเหยน้ำออกไปจากวัสดุ ความร้อนที่วัสดุได้รับช่วงนี้คือ ความร้อนแฝงในการระเหยนั่นเอง การอบแห้งในช่วงนี้จึงไม่ขึ้นกับเงื่อนไขภายในวัสดุ แต่ขึ้นกับเงื่อนไขภายนอกวัสดุที่ใช้ในการอบแห้ง ช่วงการอบแห้งที่อัตราเร็วคงที่ คือ ช่วง II

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ช่วงการอบแห้งที่อัตราเร็วลดลง ในตอนนี้เมื่อความชื้นที่อยู่ในภาวะของเหลวจะระเหยหมด เนื่องจากการถ่ายเทความร้อน ของของเหลว จากส่วนในของวัสดุ เกิดขึ้นไม่ทันกับการระเหย ของของเหลว หรือจากน้ำ จากผิวของวัสดุ จะทำให้อัตราการอบแห้งในวัสดุลดลง โดยเรียกว่า อัตราส่วน ความชื้นที่เปลี่ยนช่วงจากช่วงของการอบแห้งที่อัตราเร็วคงที่ เป็นช่วงการอบแห้งที่ อัตราเร็วลดลง ว่า “อัตราส่วนความชื้นสมดุล” ช่วงการอบแห้งที่ความเร็วลดลงคือช่วงที่ III

2.6 การวัดความชื้นของผลผลิต

การวัดความชื้นของผลผลิตนั้น ส่วนใหญ่จะคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ มี 2 วิธี

2.6.1 คิดเป็นเปอร์เซ็นต์มาตรฐานเปียก (Wet Basis) เป็นการวัด โดยใช้น้ำหนักของผลผลิต ที่ชื้นเป็นหลักหาได้จากสูตร

$$\text{เปอร์เซ็นต์ความชื้น (Wet Basis)} = \frac{W_w}{W_w + W_d} \times 100 \quad \text{--- (1)}$$

2.6.2 คิดเป็นเปอร์เซ็นต์มาตรฐานแห้ง (Dry Basis) เป็นการวัด โดยใช้น้ำหนักของผลผลิต เป็นหลักหาได้จากสูตร

$$\text{เปอร์เซ็นต์ความชื้น (Dry Basis)} = \frac{W_w}{W_d} \times 100 \quad \text{--- (2)}$$

โดย W_w = น้ำหนักของน้ำที่อยู่ภายในเนื้อของวัสดุ (kg)

W_d = น้ำหนักของเนื้อวัสดุที่แห้ง (kg)

2.7 การวัดพลังงานแสงอาทิตย์

พลังงานแสงอาทิตย์ส่วนที่สามารถนำมาใช้งาน ได้แบ่งเป็น 2 ชนิดตามความยาวคลื่น คือ

1. พลังงานแสงอาทิตย์ชนิดคลื่นสั้นหรือพลังงานแบบรังสีตรง (Beam radiation)

พลังงานชนิดนี้ได้มาจากการแผ่รังสีดวงอาทิตย์โดยตรง

2 พลังงานชนิดคลื่นยาว หรือพลังงานแบบรังสีกระจาย (Diffuse solar radiation)

พลังงานชนิดนี้ไม่ได้แผ่รังสีมาจากดวงอาทิตย์โดยตรง แต่มาจากแหล่งอื่นที่ไม่ได้รับพลังงาน แสงอาทิตย์จันตนเองมีอุณหภูมิสูงมากขึ้น แล้วจึงได้แผ่รังสีออกมาให้แผ่นรับรังสี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7.1 เครื่องมือวัดปริมาณแสงอาทิตย์ แบ่งได้เป็น 2 แบบ

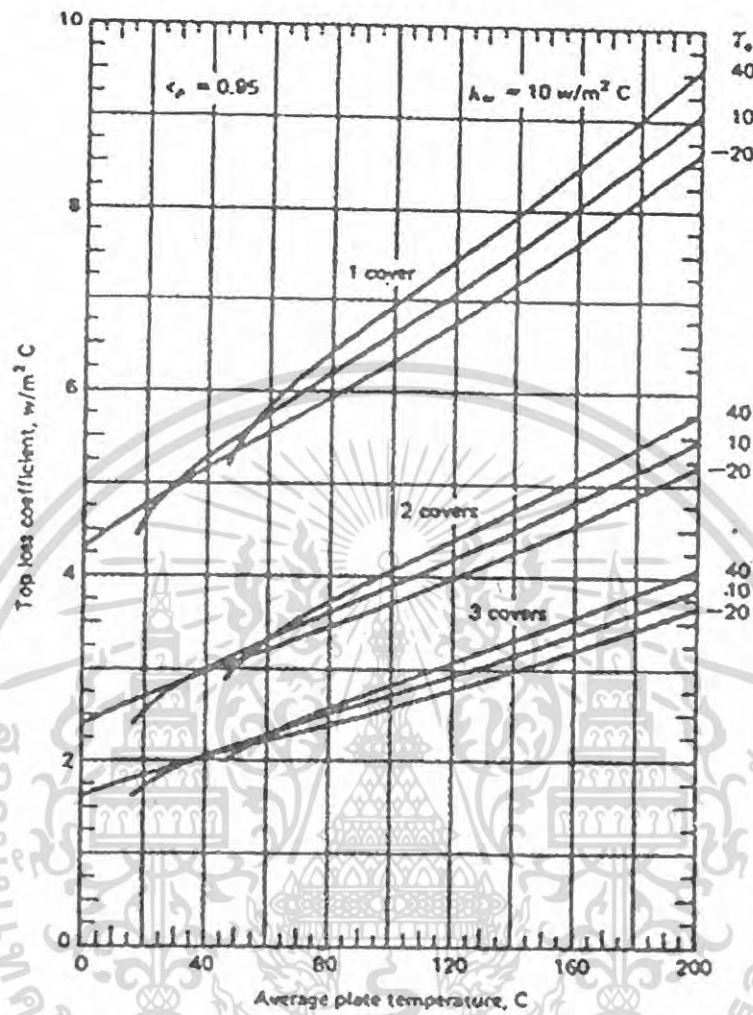
1. เครื่องมือวัดพลังงานแสงอาทิตย์ทั้งหมด (Total or global solar radiation) จะวัดพลังงานแสงอาทิตย์ทั้งแบบรังสีตรงและแบบรังสีกระจายเครื่องมือที่ใช้วัดคือ ไพรานอมิเตอร์ (Pyranometer)
2. เครื่องมือวัดพลังงานแสงอาทิตย์แบบรังสีตรง แบบนี้วัดเฉพาะพลังงานแบบคลื่นสั้นหรือแบบรังสีตรง เครื่องมือที่ใช้วัดคือ ไพร์เฮลิโอมิเตอร์ (Pyrheliometer)

2.7.2 การเพิ่มประสิทธิภาพของเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์

การอบแห้งมีหลักการคือ จะทำอย่างไรให้อากาศมีความร้อนแล้วพาอากาศร้อนเข้าไปยังผลิตภัณฑ์ที่ต้องการจะอบนั้น เพื่อที่จะพาความชื้นภายในผลผลิตออกไป การผลิตลมร้อนเพื่อใช้ในเครื่องอบแห้งจำเป็นต้องมีอุณหภูมิเพียงพอและมีความสม่ำเสมอเพื่อให้การอบแห้งเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ ในการเพิ่มประสิทธิภาพของเครื่องอบแห้งแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ

2.7.2.1 ส่วนแผงรับแสงอาทิตย์

การเพิ่มจำนวน cover ของแผงรับแสงสามารถลดการสูญเสียทางด้านบนของแผงรับแสงได้ แต่การเพิ่มจำนวน cover ก็มีข้อจำกัดคือ ถ้าเพิ่ม cover มากเกิน 2 ชั้น อัตราลดสัมประสิทธิ์การสูญเสียความร้อนจะลดลง จากกราฟภาพ 14 จะเห็นว่า การเพิ่มจำนวน cover จาก 1 ชั้น เป็น 2 ชั้น สามารถลดสัมประสิทธิ์การสูญเสียความร้อนได้ประมาณ 50% แต่การเพิ่มจาก 2 ชั้น เป็น 3 ชั้น สามารถลดได้เพียง 30% ถ้าเพิ่มจำนวน cover มากขึ้น อัตราการลดสัมประสิทธิ์การสูญเสียความร้อนจะลดลงมาก อีกทั้งการเพิ่มจำนวน cover ยังส่งผลถึงต้นทุนในการสร้าง และความยุ่งยากในการติดตั้ง ดังภาพที่ 13



ภาพที่ 13 กราฟแสดงสัมประสิทธิ์การสูญเสียความร้อน
 ที่มา : นิตย นามวงษ์ และคณะ, การออกแบบและพัฒนาเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์,
 ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

การทำแผ่นดูดซับแสงเป็นครีบบจะสามารถเพิ่มพื้นที่ในการดูดซับแสงของแผ่นดูดซับแสงได้
 และยังเพิ่มพื้นที่ผิวในการถ่ายเทความร้อน อีกทั้งยังทำให้การไหลของอากาศภายในแผ่นดูดซับแสง
 ปั่นป่วน อากาศจะสัมผัสกับแผ่นดูดซับแสงนานขึ้น ทำให้เกิดการถ่ายเทความร้อนจากแผ่นดูดซับ
 ไปสู่อากาศมากขึ้นส่งผลให้อากาศมีอุณหภูมิสูงขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7.2.2 ส่วนของตู้อบ

การสร้างระบบ Greenhouse กระทำได้โดยการใช้วัสดุโปร่งแสงปิดด้านบนของตู้อบเพื่อให้ แสงอาทิตย์ ส่องเข้ามาในตู้อบก็จะสามารถเพิ่มอุณหภูมิตู้อบให้สูงขึ้นได้ อัตราส่วนของพื้นที่อบแห้งต่อพื้นที่รับแสง ควรอยู่ในอัตราส่วนที่เหมาะสมในการอบแห้ง เพราะถ้าอัตราส่วนระหว่างพื้นที่อบแห้งต่อพื้นที่รับแสงไม่เหมาะสมแล้วจะทำให้การอบแห้งภายในเครื่องอบแห้ง เป็นไปอย่างไม่มีประสิทธิภาพ เช่น พื้นที่รับแสงมีน้อยกว่าพื้นที่อบแห้งจะทำให้ ผลผลิตแห้งไม่แห้งตามที่ต้องการ ผลผลิตแห้งจะเสื่อมเสีย ไม่ได้ตรงตามคุณภาพ หรือ พื้นที่รับแสงมีมากเกินไป ก็จะเป็นการสิ้นเปลืองต้นทุน สิ้นเปลืองวัสดุโดยเปล่าประโยชน์ และการเพิ่มตัวดูดซับรังสีที่ทาสีดำในตู้อบ จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการอบแห้งให้ดียิ่งขึ้น

2.9 การคำนวณอัตราการสูญเสียพลังงานความร้อนจากแผงรับแสงอาทิตย์

สมการสำหรับคำนวณอัตราการสูญเสียพลังงานความร้อนจากแผงรับแสงอาทิตย์เขียนได้เป็น

$$Q_L = Q_{Lb} + Q_{Lr} + Q_{Ls} \quad \text{--- (I)}$$

โดย Q_L = พลังงานความร้อนที่สูญเสียทางด้านบน
 Q_{Lb} = พลังงานความร้อนที่สูญเสียทางด้านล่าง
 Q_{Ls} = พลังงานความร้อนที่สูญเสียทางด้านข้าง

2.10 การถ่ายเทความร้อน

การสูญเสียพลังงานความร้อนทางด้านบนของแผงรับแสงอาทิตย์เกิดจาก การสูญเสียพลังงานความร้อนโดยการพาและการแผ่รังสีจากผิวรับแสงผู้ cover และ จาก cover ออกสู่บรรยากาศโดยรอบ ลักษณะการถ่ายเทความร้อนมี 3 ลักษณะด้วยกันคือ การนำ การพา และการแผ่รังสี ต่อไปนี้จะกล่าวถึงการคำนวณในแต่ละแบบที่เกี่ยวข้องกับการคำนวณการสูญเสียความร้อนของแผงรับแสงอาทิตย์

ก. การนำความร้อน

การนำความร้อน เป็นรูปแบบหนึ่งของการถ่ายเทความร้อนในลักษณะของการแลกเปลี่ยนพลังงานจากบริเวณที่มีอุณหภูมิสูง ไปยังบริเวณที่มีอุณหภูมิต่ำ โดยเคลื่อนที่แบบจลน์ (Kinetic motion) หรือการชนกันโดยตรงของ โมเลกุลซึ่งเป็นลักษณะที่เกิดขึ้นในของไหลที่หุดหนึ่ง ส่วนในกรณีของ โลหะนั้นเป็นการไหลของกระแสอิเล็กตรอน สำหรับของแข็งที่เป็นตัวนำไฟฟ้าที่ดี จะมีจำนวนอิเล็กตรอนอิสระมากมายที่เคลื่อนที่ไหวอยู่ภายใน โครงสร้างของ โมเลกุล ซึ่งอาจกล่าวได้ว่าวัตถุที่เป็นตัวนำไฟฟ้าที่ดี จะเป็นตัวนำความร้อนที่ดีตามไปด้วย สมการที่ใช้คำนวณการนำความร้อนเขียนดังสมการ

$$Q_{\text{cond}} = \frac{KA\Delta T}{L} \quad \text{--- (2)}$$

โดย Q_{cond} = อัตราการนำความร้อน (W)

A = พื้นที่หน้าตัดที่ความร้อนผ่าน

ΔT = ผลต่างของอุณหภูมิ ($^{\circ}C$)

K = ค่าสภาพนำความร้อนของวัตถุ ($W / m^{\circ}C$)

L = ระยะการนำความร้อน (m)

ข. การพาความร้อน

เมื่อของไหลไหลผ่านวัตถุที่เป็นของแข็งหรือภายในช่องทางการไหล โดยที่อุณหภูมิของของไหลและผิวของๆแข็งมีค่าแตกต่างกัน การถ่ายเทความร้อนระหว่างของไหลและผิวของของแข็งจะเกิดขึ้นเมื่อของไหลเคลื่อนที่สัมผัสกับของแข็ง กลไกการถ่ายเทความร้อนแบบนี้เรียกว่า “การถ่ายเทความร้อน” ถ้าการเคลื่อนที่ของๆไหลเกิดขึ้น โดยการทำขึ้นเอง จะเรียกว่า “การพาความร้อนแบบบังคับ” (Forced convection) ถ้าการเคลื่อนที่ของของไหลเกิดจากแรงลอยตัว ซึ่งผลมาจากความแตกต่างของความหนาแน่นที่เกิดจากความแตกต่างของอุณหภูมิภายในของไหล การถ่ายเทเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความร้อนแบบนี้เรียกว่า “การพาความร้อนแบบอิสระ” หรือ “การพาความร้อนแบบธรรมชาติ” (Free or natural convection) การพาความร้อนมีสูตรคำนวณดังสมการ

$$Q_{\text{convd}} = hA_c \Delta T \quad \text{--- (3)}$$

โดย Q_{convd} = อัตราการพาความร้อน (W)
 A_c = พื้นที่สัมผัสระหว่างของไหลกับผนังถ่ายเทความร้อน (m^2)
 ΔT = ผลต่างอุณหภูมิระหว่างของไหลกับผนังถ่ายเทความร้อน ($^{\circ}C$)
 h = สัมประสิทธิ์การพาความร้อน ($W/m^{\circ}C$)

สมการหาค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนในเครื่องอบแห้ง

$$h = 2.3(T_p - T_a)^{0.25} \quad \text{---(4)}$$

โดย T_p = อุณหภูมิของผลิตภัณฑ์ที่อยู่ภายในเครื่องอบแห้ง ($^{\circ}C$)
 T_a = อุณหภูมิของอากาศภายนอกเครื่องอบแห้ง ($^{\circ}C$)

ค. การแผ่รังสีความร้อน (Radiation heat transfer)

การแผ่รังสีความร้อน คือ พลังงานที่ถูกส่งออกไปโดยสารซึ่งอยู่ที่อุณหภูมิจำกัดที่แน่นอนถึงแม้ว่าจะเน้นการแผ่รังสีจากผิวของวัตถุแข็งก็ตาม การส่งออกของรังสีอาจเกิดขึ้นได้จากของเหลวและก๊าซด้วย โดยไม่คำนึงถึงรูปแบบของสาร การส่งออกรังสีเชื่อว่าเป็นการเปลี่ยนการจัดเรียงตัวของอิเล็กตรอนขององค์ประกอบอะตอมหรือโมเลกุล พลังงานของสนามการแผ่รังสีนี้จะถูกนำออกไปโดยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ในขณะการถ่ายเทพลังงาน โดยการนำหรือการพาต้องการวัสดุตัวกลาง แต่การแผ่รังสีไม่ต้องการ ในความเป็นจริง การถ่ายเทโดยการแผ่รังสีเกิดขึ้นอย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุด ในสุญญากาศ ในการคำนวณหาการสูญเสียความร้อนของอุปกรณ์แสงอาทิตย์ กรณีแผ่นเพลททั้งสองขนานกัน และมีพื้นที่เท่ากัน หาได้จากสมการ

$$Q_{\text{rad}} = \varepsilon A_c \delta (T_s^4 - T_a^4) \quad \text{---(5)}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดย	Q_{rad}	อัตราการแผ่รังสีความร้อน (W)
	δ	ค่าคงที่ของ Stefan - Boltzman = $5.67 * 10^{-8}$ (W / m ² K ⁴)
	ϵ	Emissivity ของ สังกะสี
	T_s	อุณหภูมิของแผ่นเพลท (K)
	T_a	อุณหภูมิของอากาศ (K)
	A_c	พื้นที่ของแผ่นเพลท (m ²)

สมการคำนวณปริมาณพลังงานความร้อนที่ใช้ในการอบแห้ง

$$Q = m C_p \Delta T \quad \text{---(6)}$$

โดยที่ m = ปริมาณน้ำหนักที่หายไป (Kg)
 C_p = ค่าความจุความร้อน (KJ / Kg°C)
 ΔT = ผลต่างของอุณหภูมิเริ่มต้นกับอุณหภูมิสุดท้าย (°C)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 วัสดุที่ใช้ในการทดลอง

- 3.1.1 ต้นหอมสด หั่นให้มีลักษณะเป็นท่อน แต่ละท่อนมีความยาว 0.5 เซนติเมตร
- 3.1.2 กล้วยเล็บมือนางสุกงอม
- 3.1.3 กล้วยเล็บมือนางที่ผ่านการอบแล้ว

3.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

- 3.2.1 เทอร์โมมิเตอร์
- 3.2.2 เครื่องชั่งทศนิยม 2 ตำแหน่ง
- 3.2.3 เครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง
- 3.2.4 ตู้อบไฟฟ้า Hot Air Oven
- 3.2.5 เครื่องวัดความเร็วลม Anemometer
- 3.2.6 เครื่องวัดอุณหภูมิแบบแผ่รังสี
- 3.2.7 อลูมิเนียมฟลอย
- 3.2.8 แผ่น Lable
- 3.2.9 เครื่องวัดสี Minolta

3.3 ขั้นตอนดำเนินงาน

สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ขั้นตอนดังนี้

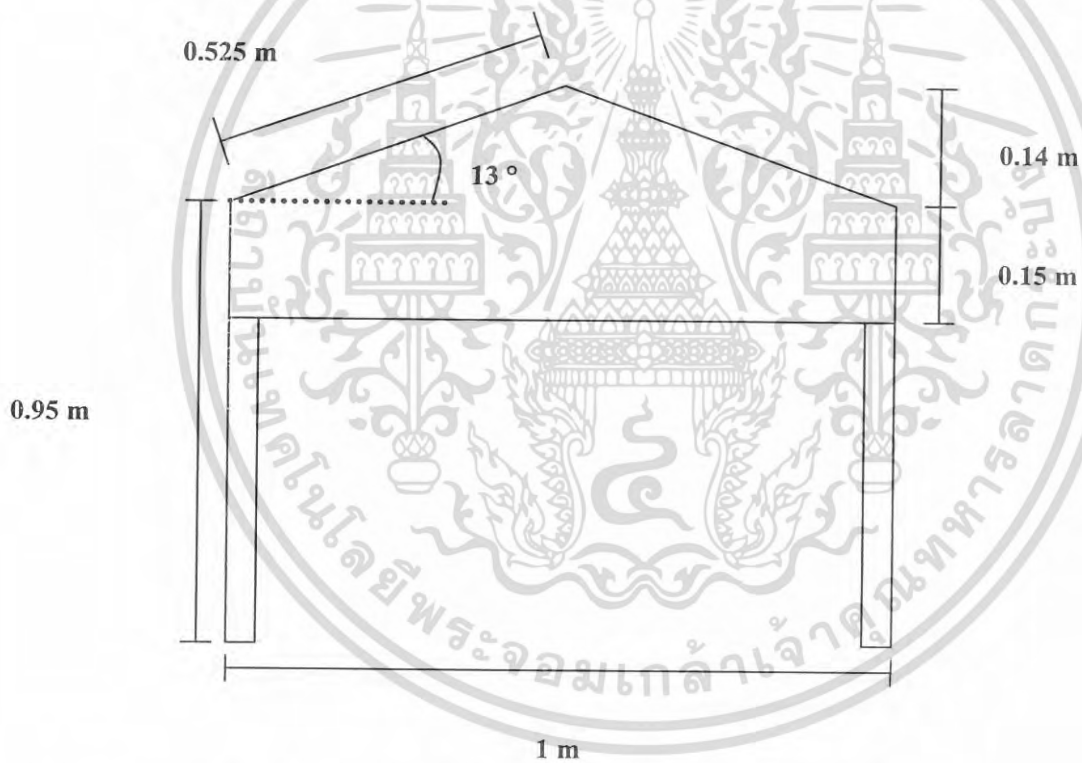
3.3.1 การสร้างเครื่อง

เครื่องอบแห้งมีลักษณะเป็นกล่อง 5 เหลี่ยม วางสูงจากพื้น 0.6 เมตร เครื่องมีความกว้าง 1 m ความยาว 2 m ความสูงจากฐานถึงजू 0.24 m หลังคาทำมุมเอียง 13° กับแนวระดับ ฉนวนมีทั้งหมด 3 ชั้น ชั้นแรก คือ ไม้อัด โฟม และแผ่นยิปซัมตามลำดับ โครงสร้างของเครื่องจะใช้เหล็กฉากมาประกอบเป็นโครงแล้ว วัสดุข้าง ด้านหน้าและด้านหลังด้วย ไม้อัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

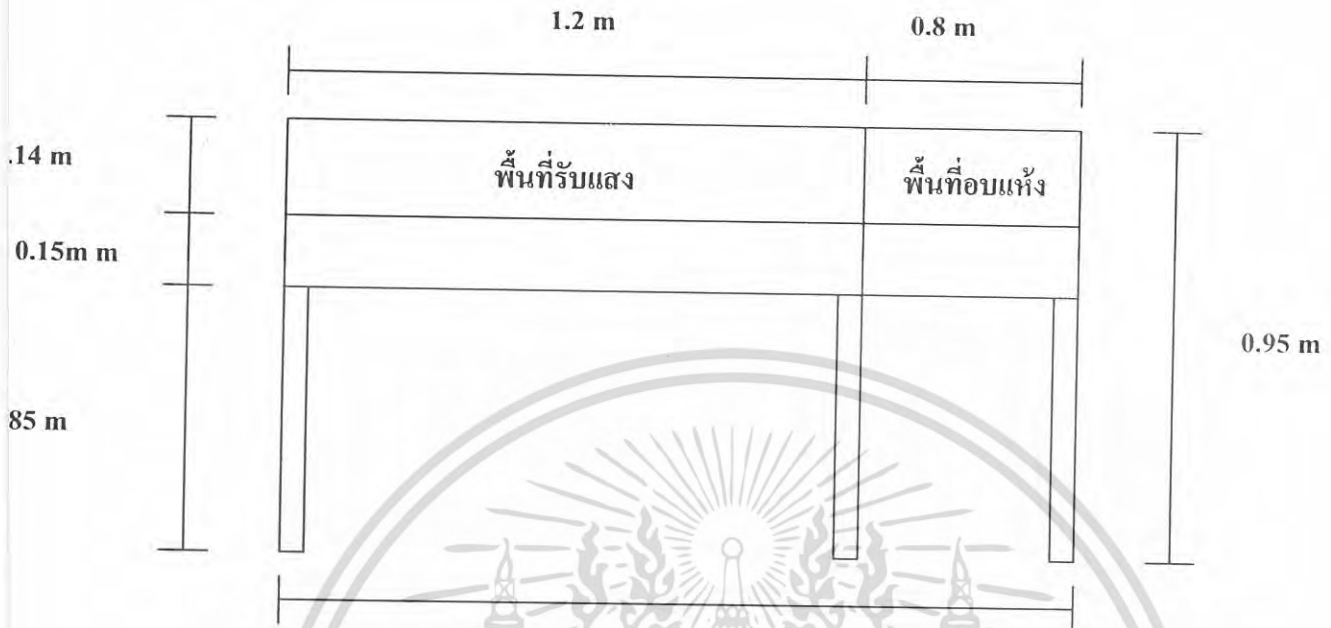


ภาพที่ 3.1 แบบเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์

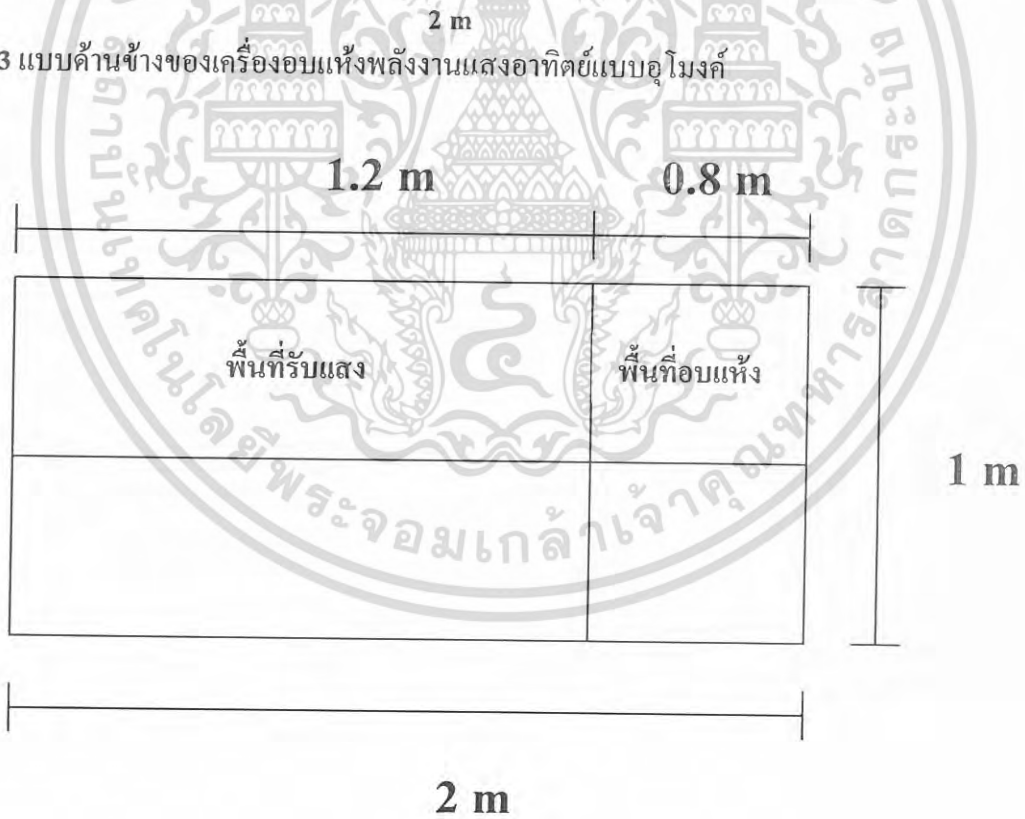


ภาพที่ 3.2 แบบด้านหน้าของเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.3 แบบด้านข้างของเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์



ภาพที่ 3.4 แบบด้านบนของเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่สร้างขึ้นแบ่งออกเป็น 2 ส่วนดังนี้

3.3.1.1 ส่วนของพื้นที่รับแสง

ในส่วนของพื้นที่รับแสงจะมีความยาว 1.2 m ภายในมีตัวดูดซับรังสีที่ทำจากสังกะสีทาสีดำ วางอยู่ที่ชั้นบนสุดของฉนวน ด้านหน้าของพื้นที่รับแสง จะติดตั้งพัดลมขนาด 3 นิ้วครึ่ง 3 ตัวที่ต่อกับ วงจรปรับความเร็วรอบ ซึ่งพัดลมจะอาศัยพลังงานจาก แบตเตอรี่ขนาด 12 V

3.3.1.2 ส่วนของพื้นที่อบแห้ง

ในส่วนของพื้นที่อบแห้งจะมีความยาว 0.8 m ภายในมีตัวดูดซับรังสีที่ทำจากสังกะสีทาสีดำ วางไว้ชั้นบนสุดของฉนวน และมีตะแกรงสำหรับวางวัตถุดิบ ที่ยกให้สูงจากพื้นเพื่อให้วัตถุดิบ ได้รับความร้อนทั้งทางด้านบนและด้านล่าง ด้านหลังของพื้นที่อบแห้งจะเป็นช่องสี่เหลี่ยมผืนผ้าเล็กๆ เพื่อระบายอากาศ

3.3.2 การทดสอบสมรรถนะ

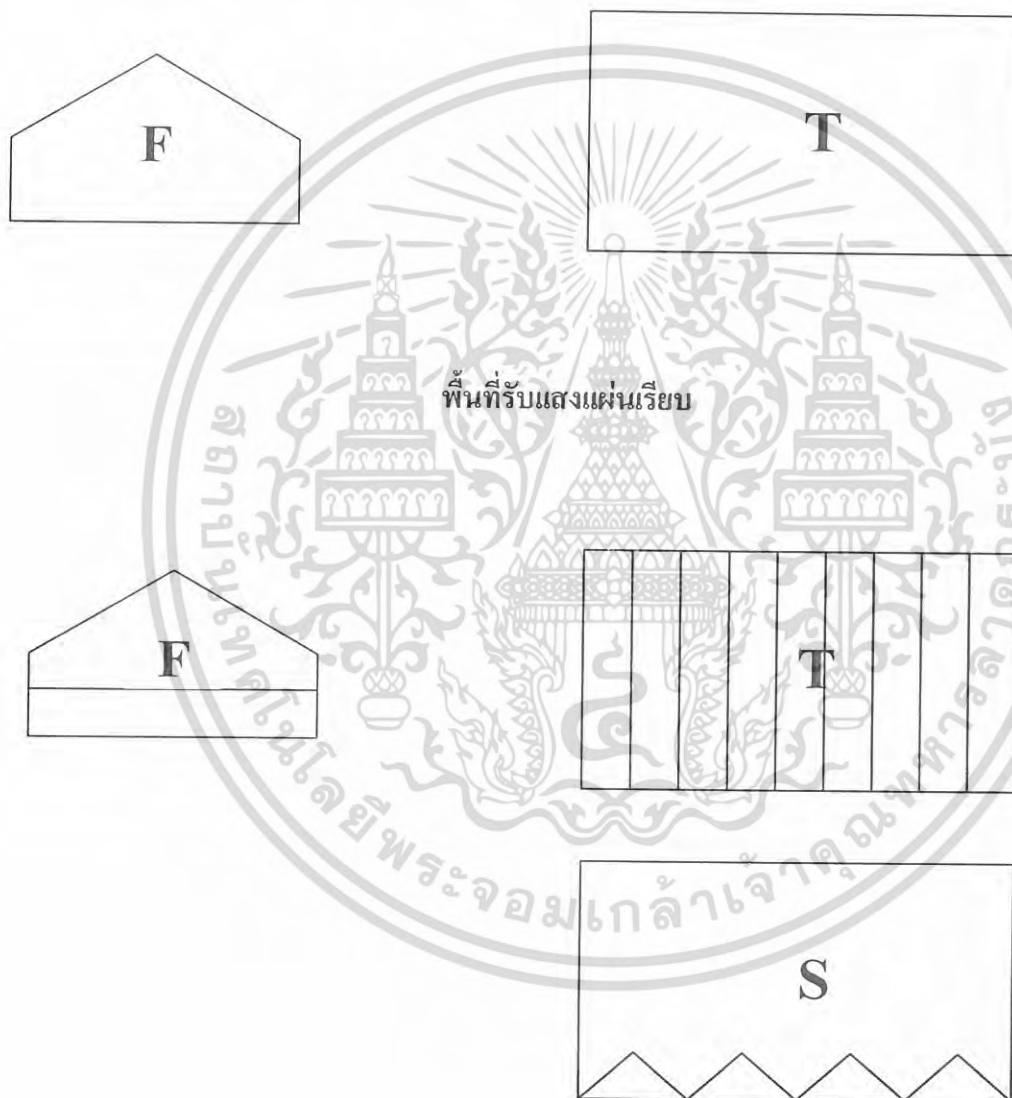
3.3.2.1 การทดสอบลักษณะของตัวดูดซับรังสีและลักษณะของการวางของตัวดูดซับรังสีใน พื้นที่รับแสง

1. นำแผ่นสังกะสีแผ่นเรียบทาสีดำมาวางไว้บนฉนวนในส่วนของพื้นที่รับแสง
2. นำแผ่นสังกะสีแผ่นเรียบทาสีดำมาวางไว้บนฉนวนในส่วนของพื้นที่รับแสง
3. นำดินหอมมาหั่นให้มีขนาด 5 มิลลิเมตรหลังจากนั้นนำดินหอมที่หั่นไปวางบนตะแกรงในส่วนของพื้นที่อบแห้ง ซึ่งพื้นที่อบแห้งนั้นจะแบ่งพื้นที่ออกเป็น 6 ส่วน ทำการทดลองโดยใช้ความเร็วพัดลม 0.1 m/s
4. วัดอุณหภูมิของพื้นที่รับแสงและพื้นที่อบแห้งที่แบ่งไว้ออกเป็น 9 จุดจากนั้นวัดอุณหภูมิที่ผิวของตัวดูดซับรังสี
5. วัดอุณหภูมิที่ผิวของฉนวนใต้เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่แบ่งออกเป็น 9 จุด
6. วัดอุณหภูมิของดินหอม
7. เก็บตัวอย่างดินหอมทั้ง 6 จุด จากนั้นนำไปชั่งที่เครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง บันทึกน้ำหนักแล้วนำไปอบในตู้อบไฟฟ้า Hot Air Oven ที่อุณหภูมิ 105°C เป็นเวลา 15 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำดินหอมไปชั่งน้ำหนักแล้วบันทึกผล
8. ทำการทดลองตั้งแต่วันที่ 9.00 – 15.00 น. โดยทำการวัดค่าและเก็บตัวอย่างทุกๆ ชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

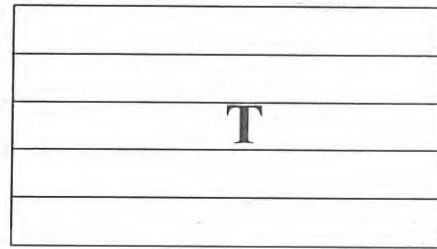
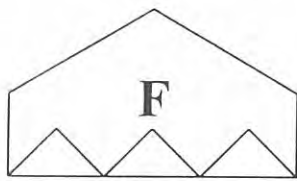
3.3.2.1.1 การวิเคราะห์ผล

จากกราฟแนวโน้มระหว่างอุณหภูมิเฉลี่ยภายในพื้นที่รับแสงกับเวลา และกราฟแนวโน้มความชื้นของดินหอม (Wet Basis) กับเวลา (ชั่วโมง) นำไปวิเคราะห์ผลการทดลองเพื่อดูว่าตัวดูดซับรังสีลักษณะใด ที่จะทำให้อากาศได้รับพลังงานมากที่สุด มีการสูญเสียพลังงานความร้อนน้อยที่สุด มีอุณหภูมิเฉลี่ยภายในพื้นที่รับแสงมากที่สุด ความชื้นดินหอมลดลงเร็วที่สุด



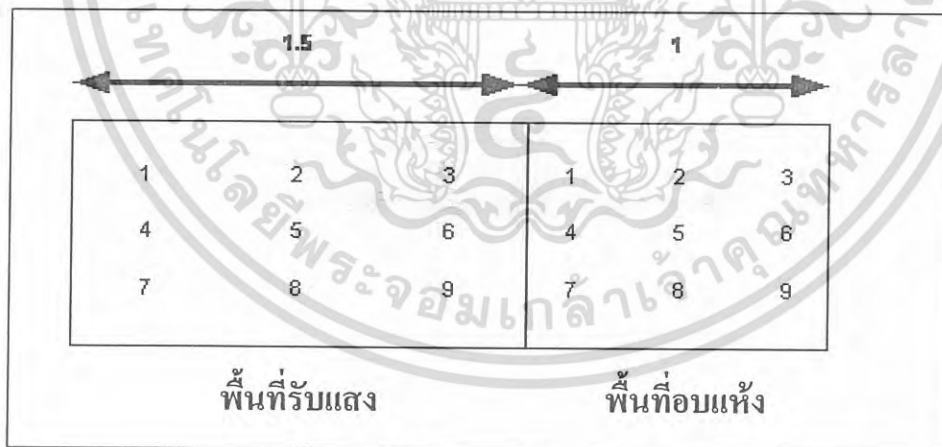
พื้นที่รับแสงสังกะสีลอนวางขนานทิศทางการไหลของอากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



พื้นที่รับแสงรังสีดวงอาทิตย์ในทิศทางทิศทางการไหลของอากาศ

ภาพที่ 3.5 แสดงลักษณะของรังสีและลักษณะการวางรังสีในพื้นที่รับแสง



ภาพที่ 3.6 แสดงจุดที่วัดอุณหภูมิภายใน อุณหภูมิจนวนใต้เครื่องอบแห้งของพื้นที่รับแสงและพื้นที่อบแห้ง

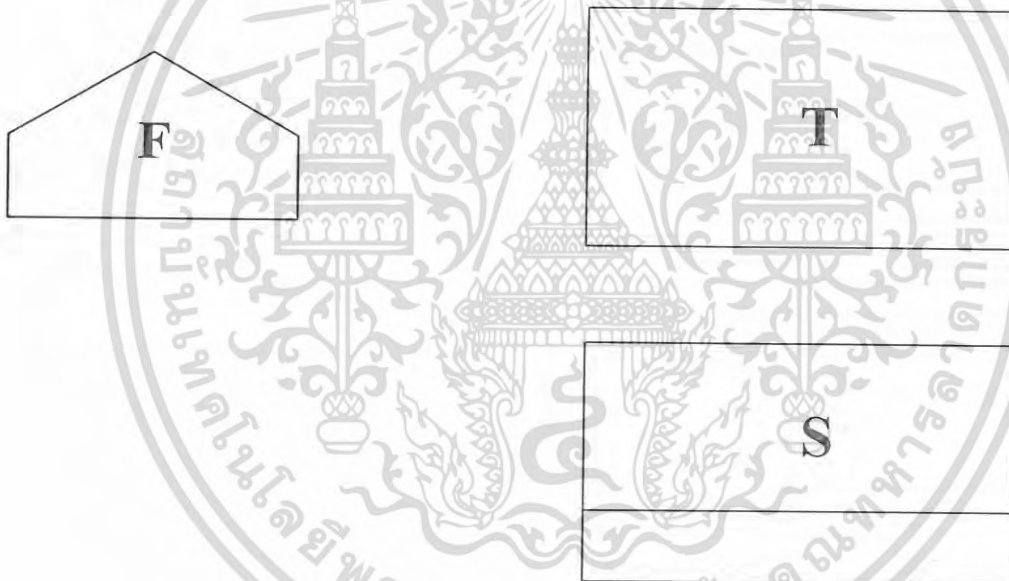
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.2.2 การทดสอบลักษณะทิศทางการไหลของอากาศในพื้นที่รับแสง

1. ยกสังกะสีในพื้นที่รับแสงให้สูงจากฉนวน 5 cm.
2. ทำการทดลองเหมือนเดิมในหัวข้อ 3.3.2.1

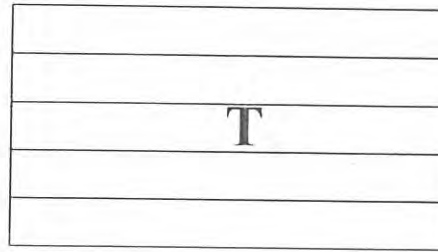
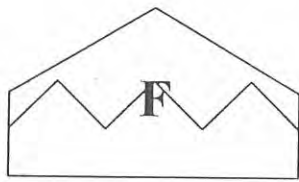
3.3.2.2.1 การวิเคราะห์ผล

จากกราฟแนวโน้มระหว่างอุณหภูมิเฉลี่ยภายในพื้นที่รับแสงกับเวลา และกราฟแนวโน้มความชื้นของดินหอม(Wet Basis) กับเวลา(ชั่วโมง) นำไปวิเคราะห์ผลการทดลองเพื่อดูว่าทิศทางการไหลของอากาศลักษณะใด ที่จะทำให้อากาศได้รับพลังงานมากที่สุด มีการสูญเสียพลังงานความร้อนน้อยที่สุด มีอุณหภูมิเฉลี่ยภายในพื้นที่รับแสงมากที่สุด ความชื้นดินหอมลดลงเร็วที่สุด

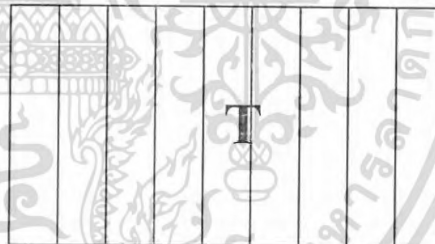
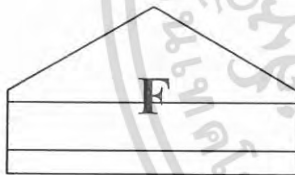


พื้นที่รับแสงสังกะสีแผ่นเรียบ(ยกสูง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



พื้นที่รับแสงสี่เหลี่ยมวางขนานทิศทางการไหลของอากาศ(ยกสูง)



สี่เหลี่ยมวางขนานทิศทางการไหลของอากาศ(ยกสูง)

ภาพที่ 3.7 แสดงลักษณะของสี่เหลี่ยมและลักษณะการวางสี่เหลี่ยมในพื้นที่รับแสง ในการปรับทิศทาง
ทางการไหลของอากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.2.3 การทดสอบลักษณะตัวดูดซับรังสีในพื้นที่อบแห้ง

1. เปลี่ยนตัวดูดซับรังสีในพื้นที่อบแห้งเป็น สังกะสีแผ่นเรียบไม่ทาสีดำ
2. ทำการทดลองเหมือนเดิมในหัวข้อ 3.3.2.1 และ 3.3.2.2

3.3.2.3.1 การวิเคราะห์ผล

จากราฟแนวโน้มระหว่างค่า $\frac{Q}{m}$ (KJ/Kg) กับเวลา (ชั่วโมง) เวลา และกราฟแนวโน้ม ความชื้นของดินหอม (Wet Basis) กับเวลา (ชั่วโมง) เพื่อดูว่าตัวดูดซับรังสีในพื้นที่อบแห้งลักษณะใด ทำให้ดินหอมได้รับพลังงานความร้อนมากที่สุด ความชื้นดินหอมลดลงเร็วที่สุด

3.3.2.4 วิธีการทดลองการอบกล้วยเล็บมือนาง

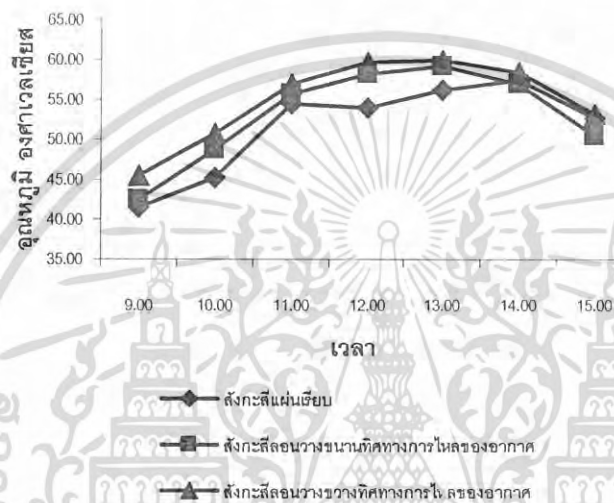
1. เลือกลักษณะตัวดูดซับรังสีและรูปแบบการวางตัวดูดซับรังสีในพื้นที่รับแสงและ ลักษณะตัวดูดซับรังสีภายในพื้นที่อบแห้งที่ดีที่สุด จากการทดลอง 3.3.2.1 , 3.3.2.2 และ 3.3.3.3 มาใช้ในการทดลองนี้
2. นำกล้วยเล็บมือนางที่มีลักษณะสุกงอมมาปอกเปลือก
3. นำกล้วยเล็บมือนาง ไปชั่งน้ำหนักด้วยเครื่องชั่งทศนิยม 2 ตำแหน่ง และนำไป วัดค่าสี ด้วยเครื่องวัดค่าสี ที่แสดงค่าสีออกมาเป็นค่า L , a , b แล้วบันทึกน้ำหนักและค่าสีที่วัดได้
4. นำกล้วยเล็บมือนางมาวางในพื้นที่อบแห้งที่แบ่งออกเป็น 6 จุด ทำการทดลอง โดยใช้ความเร็วพัดลม 0.1 m/s
5. วัดอุณหภูมิที่ผิว ชั่งน้ำหนักและวัดค่าสีของกล้วยเล็บมือนาง แล้วบันทึกผล ทุกๆ ชั่วโมง
6. ทำการทดลองตั้งแต่ เวลา 9.00 – 15.00 น. ทุกวันจนกว่า กล้วยเล็บมือนางที่นำมาอบจะ ความชื้นเท่ากับกล้วยเล็บมือนางอบแห้งที่ขายตามท้องตลาด

3.3.2.4.1 การวิเคราะห์ผล

ค่าพลังงานที่ใช้ในการอบกล้วยเล็บมือนาง และ เปรียบเทียบลักษณะสีของกล้วยเล็บมือนาง ที่อบจากเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์กับกล้วยเล็บมือนางอบแห้งที่ขายตามท้องตลาด

บทที่ 4

ผลการทดลอง

4.1 ผลการทดลองการทดสอบลักษณะของตัวดูดซับรังสีและลักษณะของการวางของตัวดูดซับรังสี
ในพื้นที่รับแสง

ภาพที่ 4.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง อุณหภูมิองศาเซลเซียสภายในพื้นที่รับแสงกับเวลาของสังกะสีแต่ละแบบ

เมื่อเวลาผ่านไปอุณหภูมิภายในพื้นที่รับแสงจะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆจนมีอุณหภูมิสูงสุดที่เวลา 12.00 – 13.00 น. จากนั้นอุณหภูมิภายในพื้นที่รับแสงก็จะลดลง โดยพื้นที่รับแสงที่ทำจากสังกะสีแผ่นเรียบจะมีอุณหภูมิภายในพื้นที่รับแสงเริ่มต้นเท่ากับ 41.56°C และมีอุณหภูมิสูงสุดเท่ากับ 57.4°C ที่เวลา 14.00 น. พื้นที่รับแสงที่ทำจากสังกะสีลอนวางขนานทิศทางการไหลของอากาศจะมีอุณหภูมิภายในพื้นที่รับแสงเริ่มต้น เท่ากับ 42.44°C และมีอุณหภูมิสูงสุดเท่ากับ 59.33°C ที่เวลา 13.00 น. พื้นที่รับแสงที่ทำจากสังกะสีลอนวางขวางทิศทางการไหลของอากาศ จะมีอุณหภูมิภายในพื้นที่รับแสงเริ่มต้น เท่ากับ 45.44°C และมีอุณหภูมิสูงสุดเท่ากับ 60.06°C ที่เวลา 13.00 น. ซึ่งจะเห็นว่าพื้นที่รับแสงที่ทำจากสังกะสีลอนวางขวางทิศทางการไหลของอากาศจะทำให้อุณหภูมิภายในพื้นที่รับแสงสูงที่สุด รองลงมาคือพื้นที่รับแสงที่ทำจากสังกะสีลอนวางขนานทิศทางการไหลของอากาศ และสุดท้ายพื้นที่รับแสงที่ทำจากสังกะสีแผ่นเรียบจะมีอุณหภูมิภายในพื้นที่รับแสงต่ำสุด ทั้งนี้เพราะสังกะสีลอนวางขวางทิศทางการไหลของอากาศจะมีพื้นที่รับแสง มากกว่าสังกะสีแผ่นเรียบและการวางสังกะสีลอนในแนวขวางทิศทางการไหลของอากาศ จะทำให้อากาศเกิดการไหลเอวสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบปั่นป่วนภายในพื้นที่รับแสง ทำให้อากาศสัมผัสกับกับแผ่นสังกะสีได้นาน เกิดการถ่ายเทพลังงานความร้อนให้กับอากาศอย่างทั่วถึง ส่วนสังกะสีลอนวางขนานทิศทางการไหลของอากาศจะมีพื้นที่รับแสงมากกว่าสังกะสีแผ่นเรียบเท่านั้น แต่ไม่ได้ทำให้อากาศภายในพื้นที่รับแสงเกิดการไหลแบบปั่นป่วน อุณหภูมิภายในพื้นที่รับแสงจึงน้อยกว่าอุณหภูมิภายในพื้นที่รับแสงที่ได้จากสังกะสีลอนวางขวางทิศทางการไหลของอากาศ และสังกะสีแผ่นเรียบจะมีพื้นที่รับแสงน้อยกว่าสังกะสีแบบลอนและไม่ทำให้อากาศเกิดการไหลแบบปั่นป่วน การแลกเปลี่ยนพลังงานเกิดขึ้นน้อย อุณหภูมิภายในพื้นที่รับแสงจึงน้อยกว่า

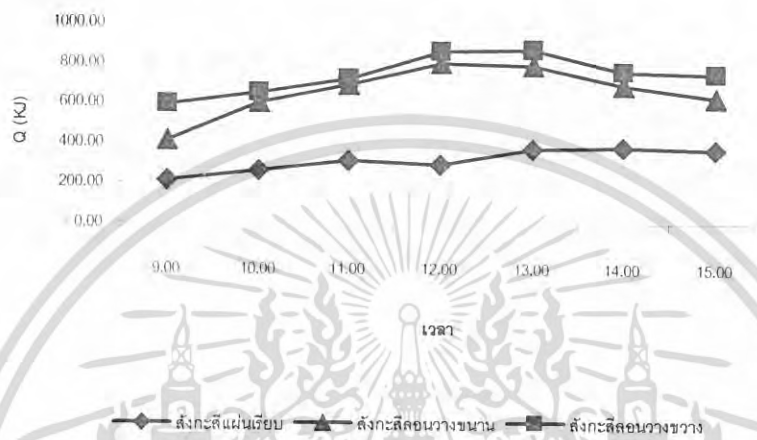


ภาพที่ 4.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง อุณหภูมิองศาเซลเซียสกับเวลา ภายในพื้นที่อบแห้งของสังกะสีแต่ละแบบ

เมื่อเวลาผ่านไปอุณหภูมิภายในพื้นที่อบแห้งจะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆจนมีอุณหภูมิสูงที่สุดที่เวลา 12.00 – 13.00 น. จากนั้นอุณหภูมิภายในพื้นที่อบแห้งก็จะลดลง โดยพื้นที่อบแห้งที่ได้ความร้อนจากพื้นที่รับแสงที่ทำจากสังกะสีแผ่นเรียบจะมีอุณหภูมิภายในพื้นที่อบแห้งเริ่มต้นเท่ากับ 42.67°C และมีอุณหภูมิสูงสุดเท่ากับ 57.56°C ที่เวลา 12.00 น. พื้นที่อบแห้งที่ได้รับพลังงานความร้อนจากพื้นที่รับแสงที่ทำจากสังกะสีลอนวางขนานทิศทางการไหลของอากาศจะมีอุณหภูมิภายในพื้นที่อบแห้งเริ่มต้น เท่ากับ 40.47°C และมีอุณหภูมิสูงสุดเท่ากับ 60.39°C ที่เวลา 12.00 น. พื้นที่อบแห้งที่ได้รับพลังงานความร้อนจากพื้นที่รับแสงที่ทำจากสังกะสีลอนวางขวางทิศทางการไหลของอากาศ จะมีอุณหภูมิภายในพื้นที่อบแห้งเริ่มต้น เท่ากับ 40.17°C และมีอุณหภูมิสูงสุดเท่ากับ 63.11°C ที่เวลา 13.00 น. ทั้งนี้พื้นที่อบแห้งที่ต่อกับพื้นที่รับแสงที่มีอุณหภูมิสูง พื้นที่อบแห้งก็จะจะมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

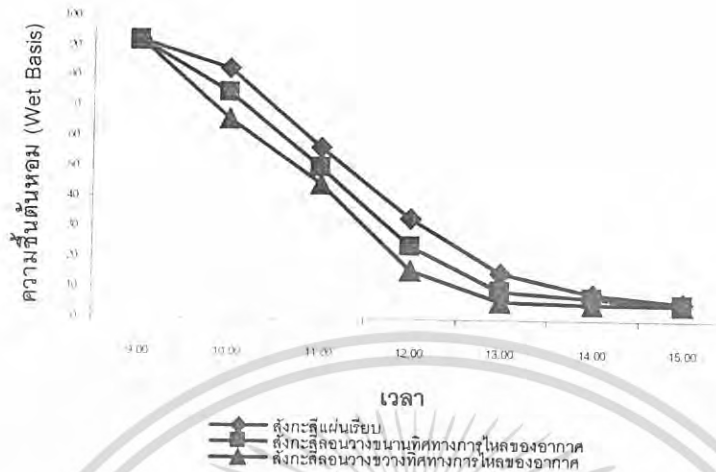
อุณหภูมิสูง ไปด้วยเพราะพื้นที่รับแสงจะสร้างอากาศร้อนแล้วถ่าย เทพลังงานความร้อนให้กับพื้นที่
อบแห้ง



ภาพที่ 4.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานที่อากาศได้รับกับเวลาของสี่ทิศแต่ละแบบ

จากกราฟเมื่อเวลาผ่านไปอากาศจะได้รับพลังงานเพิ่มขึ้น ทำให้อุณหภูมิภายในพื้นที่รับแสงเพิ่มขึ้น โดยพื้นที่อบแห้งที่ทำจากสี่ทิศแผ่เรียบจะทำให้ได้รับอากาศได้รับพลังงานสูงสุดเท่ากับ 381.39 kJ ที่เวลา 14.00 น. พื้นที่อบแห้งที่ทำจากสี่ทิศลอนวางขนานทิศทางการไหลของอากาศ จะทำให้อากาศได้รับพลังงานความร้อนเท่ากับ 801.79 kJ ที่เวลา 12.00 น. พื้นที่รับแสงที่ทำจากสี่ทิศลอนวางขวางทิศทางการไหลของอากาศจะทำให้อากาศได้รับพลังงานสูงสุดถึง 872.97 kJ ที่เวลา 13.00 น. โดยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์ที่สร้างขึ้นจะมีการสูญเสียพลังงานความร้อนทางด้านบน 6.88 % สูญเสียพลังงานความร้อนทางด้านล่าง 2.06 % และสูญเสียพลังงานความร้อนทางด้านข้าง 7.78 % ซึ่งจะเห็นว่าสี่ทิศลอนวางขวางทิศทางการไหลของอากาศจะทำให้อากาศได้รับพลังงานสูงสุด ทำให้อุณหภูมิภายในพื้นที่รับแสงสูงที่สุด รองลงมาคือพื้นที่รับแสงที่ทำจากสี่ทิศลอนวางขนานกับอากาศจึงมีอุณหภูมิ และสุดท้ายคือพื้นที่รับแสงที่ทำจากสี่ทิศแผ่เรียบ

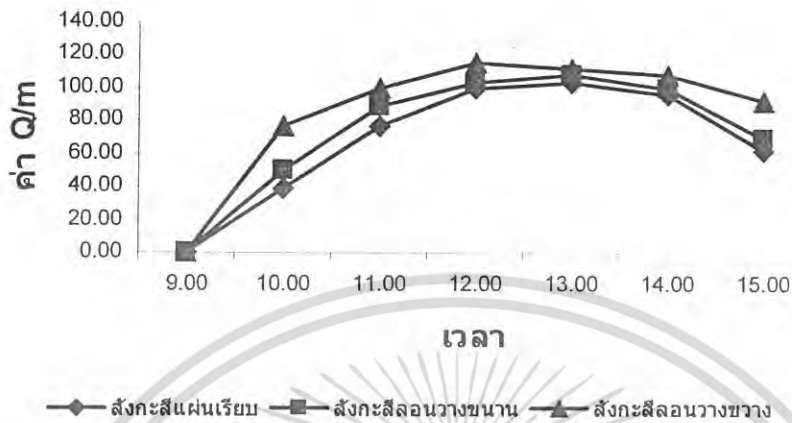
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นของต้นหอมกับเวลาของสังกะสีแต่ละแบบ

จากกราฟเมื่อเวลาผ่านไปความชื้นของต้นหอมจะลดลงเรื่อยๆ โดยต้นหอมที่ได้รับความร้อนจากพื้นที่รับแสงที่ทำจากสังกะสีแผ่นเรียบจะมีความชื้นเริ่มต้นเท่ากับ 91.68 % Wet Basis และมีความชื้นลดลงเหลือ 5.87 % Wet Basis ต้นหอมที่ได้รับความร้อนจากพื้นที่รับแสงที่ทำจากสังกะสีลอนวางขนานทิศทางการไหลของอากาศจะมีความชื้นเริ่มต้นเท่ากับ 91.82 % Wet Basis และมีความชื้นลดลงเหลือ 5.05 % Wet Basis ต้นหอมที่ได้รับความร้อนจากพื้นที่รับแสงที่ทำจากสังกะสีลอนวางขวางทิศทางการไหลของอากาศจะมีความชื้นเริ่มต้นเท่ากับ 91.91 % Wet Basis และมีความชื้นลดลงเหลือ 5.42 % Wet Basis ซึ่งจะเห็นว่าพื้นที่รับแสงที่ทำจากสังกะสีลอนวางขวางทิศทางการไหลของอากาศทำให้ต้นหอมเกิดกานอบแห้งได้เร็ว และต้นหอมมีความชื้นลดลงเหลือน้อยที่สุดเพราะอากาศได้รับพลังงานความร้อนจากพื้นที่รับแสงมากที่สุด รองลงมาคือสังกะสีลอนวางขนานทิศทางการไหลของอากาศ ทำให้ต้นหอมมีความชื้นลดลงเหลือใกล้เคียงกับสังกะสีลอนวางขวางทิศทางการไหลของอากาศ แต่จะใช้เวลาการอบแห้งนานกว่าและสุดท้ายสังกะสีแผ่นเรียบเพราะได้รับพลังงานจากทำให้ความชื้นของต้นหอมน้อยสุดและใช้เวลาในการอบแห้งนาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

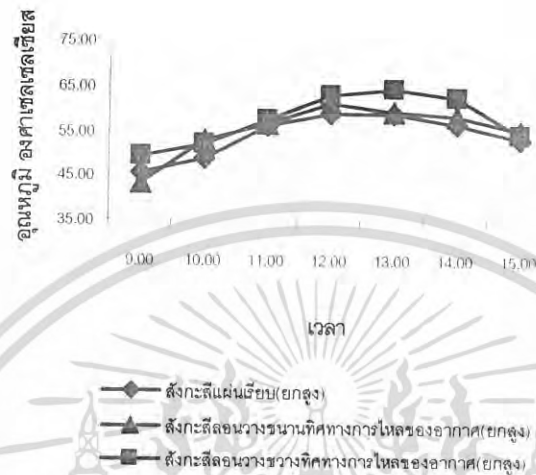


ภาพที่ 4.5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า $\frac{Q}{m}$ กับเวลาของสังกะสีแต่ละแบบ

จากกราฟเมื่อเวลาผ่านไปค่า $\frac{Q}{m}$ ในพื้นที่อบแห้งจะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆจนมีค่าสูงที่สุดที่เวลา 12.00 – 13.00 น. จากนั้นก็จะลดลง โดยค่า $\frac{Q}{m}$ ที่ได้จากพื้นที่รับแสงที่ทำจากสังกะสีแผ่นเรียบจะมีค่าสูงสุดเท่ากับ 103.98 kJ/kg ที่เวลา 13.00 น. ค่า $\frac{Q}{m}$ ที่ได้จากพื้นที่รับแสงที่ทำจากสังกะสีลอนวางขนานทิศทางการไหลของอากาศจะมีค่าสูงสุดเท่ากับ 107.83 kJ/kg ที่เวลา 13.00 น. ค่า $\frac{Q}{m}$ จากพื้นที่รับแสงที่ทำจากสังกะสีลอนวางขวางทิศทางการไหลของอากาศ จะมีค่าสูงสุดเท่ากับ 115.53 kJ/kg ที่เวลา 12.00 น. จะเห็นว่าค่า $\frac{Q}{m}$ จากพื้นที่รับแสงที่ทำจากสังกะสีลอนวางขวางทิศทางการไหลของอากาศจะมีค่าสูงที่สุดเพราะต้นหอมได้รับพลังงานความร้อนจากพื้นที่รับแสงมากที่สุด ดังนั้นในการเลือกใช้ตัวดูดซับรังสีในพื้นที่รับแสงควรตัวดูดซับรังสีที่มีลักษณะเป็นลอนและวางในตำแหน่งที่ขวางทิศทางการเพราะจะทำให้มีอุณหภูมิภายในพื้นที่รับแสงและพื้นที่อบแห้งมากที่สุด มีการถ่ายเทพลังงานความร้อนให้กับอากาศมากที่สุด ต้นหอมได้รับพลังงานความร้อนมากที่สุด การอบแห้งเกิดขึ้นได้เร็วและความชื้นต้นหอมเหลือน้อยที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 ผลการทดลองการทดสอบลักษณะทิศทางการไหลของอากาศในพื้นที่รับแสง

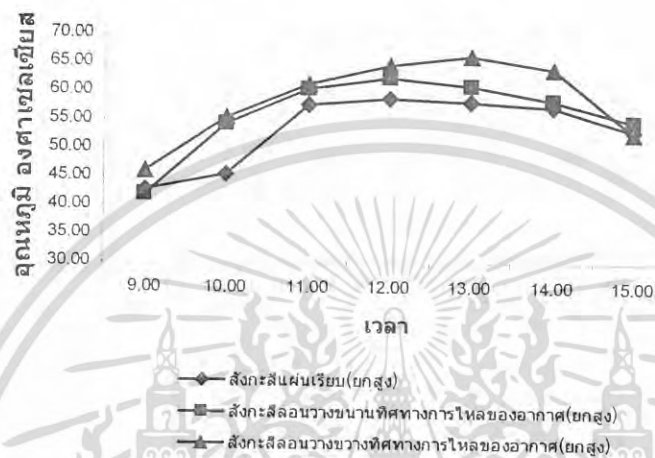


ภาพที่ 4.6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง อุณหภูมิอากาศเซลเซียสภายในพื้นที่รับแสงกับเวลาของสังกะสีแต่ละแบบ

เมื่อเวลาผ่านไปอุณหภูมิภายในพื้นที่รับแสงจะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆจนมีอุณหภูมิสูงสุดที่เวลา 12.00 – 13.00 น. จากนั้นอุณหภูมิภายในพื้นที่รับแสงก็จะลดลง โดยพื้นที่รับแสงที่ทำจากสังกะสีแผ่นเรียบ(ยกสูง)จะมีอุณหภูมิภายในพื้นที่รับแสงเริ่มต้นเท่ากับ 45.44°C และมีอุณหภูมิสูงสุดเท่ากับ 59.56°C ที่เวลา 13.00 น. พื้นที่รับแสงที่ทำจากสังกะสีลอนวางขนานทิศทางการไหลของอากาศ(ยกสูง)จะมีอุณหภูมิภายในพื้นที่รับแสงเริ่มต้นเท่ากับ 43.33°C และมีอุณหภูมิสูงสุดเท่ากับ 61.06°C ที่เวลา 12.00 น. พื้นที่รับแสงที่ทำจากสังกะสีลอนวางขวางทิศทางการไหลของอากาศ(ยกสูง) จะมีอุณหภูมิภายในพื้นที่รับแสงเริ่มต้น เท่ากับ 49.11°C และมีอุณหภูมิสูงสุดเท่ากับ 64.28°C ที่เวลา 13.00 น. ซึ่งจะเห็นว่าพื้นที่รับแสงที่ทำจากสังกะสีลอนวางขวางทิศทางการไหลของอากาศ(ยกสูง) จะทำให้อุณหภูมิภายในพื้นที่รับแสงสูงที่สุด รองลงมาคือพื้นที่รับแสงที่ทำจากสังกะสีลอนวางขนานทิศทางการไหลของอากาศ(ยกสูง) และสุดท้ายพื้นที่รับแสงที่ทำจากสังกะสีแผ่นเรียบ(ยกสูง)จะมีอุณหภูมิภายในพื้นที่รับแสงต่ำสุด ซึ่งจะเห็นว่าอุณหภูมิพื้นที่รับแสงที่ได้จากสังกะสีที่ยกสูงขึ้นจากพื้นฉนวนจะมีค่าสูงกว่าอุณหภูมิของพื้นที่รับแสงที่ทำจากสังกะสีวางติดกับพื้นฉนวน เพราะสังกะสีที่ยกสูงขึ้นจะทำให้อากาศไหลผ่านทั้งด้านบนและทางด้านล่างของสังกะสี พื้นที่ผิวสัมผัสระหว่างอากาศกับสังกะสีเพิ่มขึ้นจึงเกิดการแลกเปลี่ยนพลังงานความร้อน ได้มากขึ้นและ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

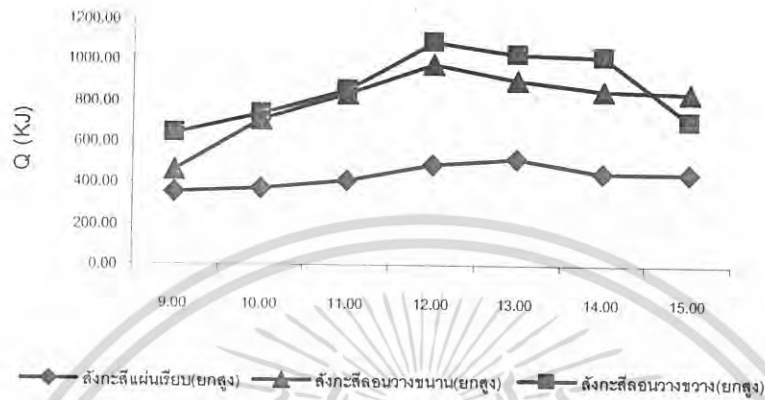
แลกเปลี่ยนกันได้อย่างทั่วถึง ทำให้อุณหภูมิภายในพื้นที่รับแสงสูงขึ้นเร็วและมีค่ามากกว่าพื้นที่รับแสงที่ทำจากสังกะสีวางติดกับพื้นฉนวน



ภาพที่ 4.7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง อุณหภูมิองศาเซลเซียสกับเวลา ของสังกะสีแต่ละแบบ

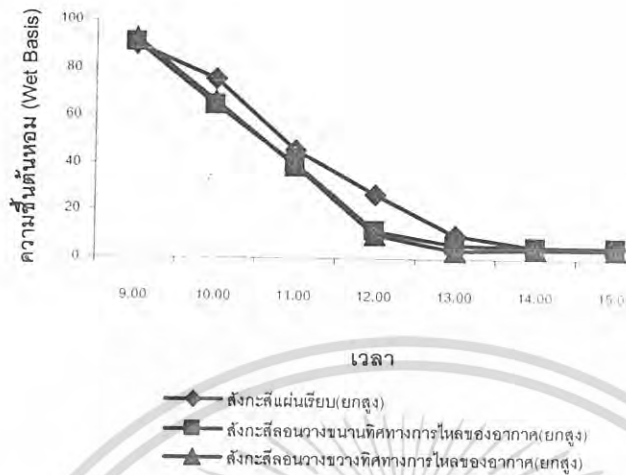
เมื่อเวลาผ่านไปอุณหภูมิภายในพื้นที่อบแห้งจะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆจนมีอุณหภูมิสูงที่สุดที่เวลา 12.00 –13.00 น. จากนั้นอุณหภูมิภายในพื้นที่อบแห้งก็จะลดลง โดยพื้นที่อบแห้งที่ได้ความร้อนจากพื้นที่รับแสงที่ทำจากสังกะสีแผ่นเรียบ(ยกสูง)จะมีอุณหภูมิภายในพื้นที่อบแห้งเริ่มต้นเท่ากับ 42.83°C และมีอุณหภูมิสูงสุดเท่ากับ 59.00°C ที่เวลา 12.00 น. พื้นที่อบแห้งที่ได้รับพลังงานความร้อนจากพื้นที่รับแสงที่ทำจากสังกะสีลอนวางขนานทิศทางการไหลของอากาศ(ยกสูง)จะมีอุณหภูมิภายในพื้นที่อบแห้งเริ่มต้น เท่ากับ 41.94°C และมีอุณหภูมิสูงสุดเท่ากับ 62.39°C ที่เวลา 12.00 น. พื้นที่อบแห้งที่ได้รับพลังงานความร้อนจากพื้นที่รับแสงที่ทำจากสังกะสีลอนวางขวางทิศทางการไหลของอากาศ(ยกสูง) จะมีอุณหภูมิภายในพื้นที่อบแห้งเริ่มต้น เท่ากับ 46°C และมีอุณหภูมิสูงสุดเท่ากับ 71°C ที่เวลา 13.00 น. จะเห็นว่าอุณหภูมิภายในพื้นที่อบแห้งที่ได้รับพลังงานความร้อนจากพื้นที่รับแสงที่ทำจากสังกะสียกสูงจากพื้นฉนวนจะมีค่ามากกว่าอุณหภูมิภายในพื้นที่อบแห้งที่ได้รับพลังงานความร้อนจากพื้นที่รับแสงที่ทำจากสังกะสีวางติดกับพื้นฉนวน เพราะพื้นที่รับแสงที่ทำจากสังกะสียกสูงจากพื้นฉนวนจะมีการแลกเปลี่ยนพลังงานความร้อนระหว่างอากาศกับสังกะสีได้ดีกว่าอุณหภูมิภายในพื้นที่รับแสงจึงมีค่าที่สูงกว่า ส่งผลให้อุณหภูมิภายในพื้นที่อบแห้งสูงตามไปด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.8 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานที่อากาศได้รับกับเวลาของสังกะสีแต่ละแบบ

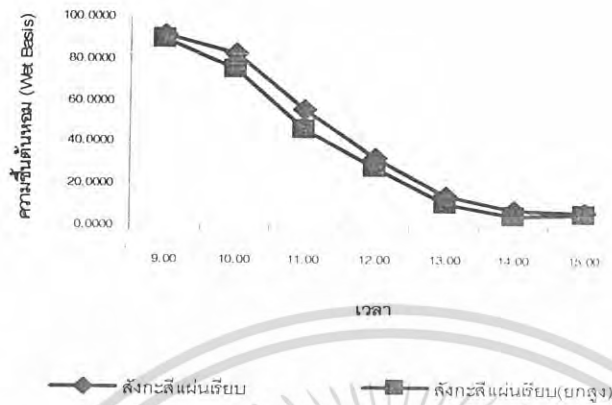
จากกราฟเมื่อเวลาผ่านไปอากาศจะได้รับพลังงานเพิ่มขึ้น ทำให้อุณหภูมิภายในพื้นที่รับแสงเพิ่มขึ้น โดยพื้นที่อบแห้งที่ทำจากสังกะสีแผ่นเรียบ(ยกสูง)จะทำให้ได้รับอากาศได้รับพลังงานสูงสุดเท่ากับ 522.53 kJ ที่เวลา 13.00 น. พื้นที่อบแห้งที่ทำจากสังกะสีลอนวางขนานทิศทางการไหลของอากาศ(ยกสูง) จะทำให้อากาศได้รับพลังงานความร้อนเท่ากับ 979.39 kJ ที่เวลา 12.00 น. พื้นที่รับแสงที่ทำจากสังกะสีลอนวางขวางทิศทางการไหลของอากาศ(ยกสูง)จะทำให้อากาศได้รับพลังงานสูงที่สุดถึง 1089.36 kJ ที่เวลา 12.00 น. โดยจะมีการสูญเสียพลังงานความร้อนทางด้านบน 6.88% สูญเสียพลังงานความร้อนทางด้านล่าง 2.06% และ% สูญเสียพลังงานความร้อนทางด้านข้าง 7.78% จะเห็นว่าพลังงานที่อากาศได้รับภายในพื้นที่รับแสงที่ทำจากสังกะสียกสูงจากพื้นฉนวนมีค่ามากกว่า พื้นที่รับแสงที่ทำจากสังกะสีวางติดกับพื้นฉนวน เพราะสังกะสีที่ยกสูงขึ้นจะทำให้พื้นที่ผิวในการแลกเปลี่ยนพลังงานความร้อนระหว่างสังกะสีกับอากาศเพิ่มขึ้น จึงมีการแลกเปลี่ยนพลังงานความร้อน ได้ดีและเร็วขึ้นส่งผลให้อุณหภูมิภายในพื้นที่รับแสงสูงขึ้นไปด้วย



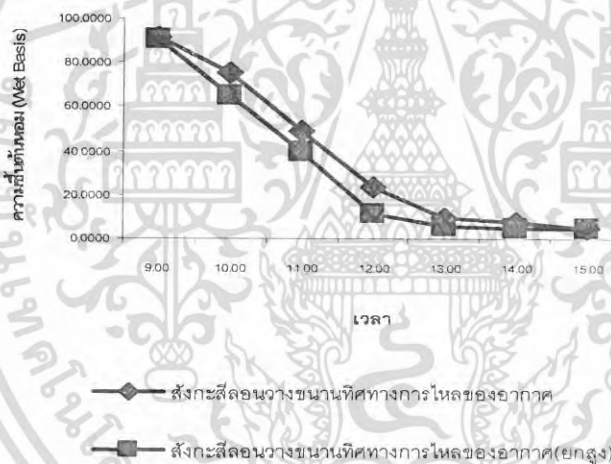
ภาพที่ 4.9 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นของดินหอมกับเวลาของสังกะสีแต่ละแบบ

จากกราฟเมื่อเวลาผ่านไปความชื้นของดินหอมจะลดลงเรื่อยๆ โดยดินหอมที่ได้รับความร้อนจากพื้นที่รับแสงที่ทำจากสังกะสีแผ่นเรียบ(ยกสูง)จะมีความชื้นเริ่มต้นเท่ากับ 89.63% Wet Basis และมีความชื้นลดลงเหลือ 5.18 % Wet Basis ดินหอมที่ได้รับความร้อนจากพื้นที่รับแสงที่ทำจากสังกะสีลอนขวางบนทิศทางการไหลของอากาศ(ยกสูง)จะมีความชื้นเริ่มต้นเท่ากับ 90.4 % Wet Basis และมีความชื้นลดลงเหลือ 4.78% Wet Basis ดินหอมที่ได้รับความร้อนจากพื้นที่รับแสงที่ทำจากสังกะสีลอนขวางทิศทางการไหลของอากาศจะมีความชื้นเริ่มต้นเท่ากับ 92.58 % Wet Basis และมีความชื้นลดลงเหลือ 4.3% Wet Basis

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

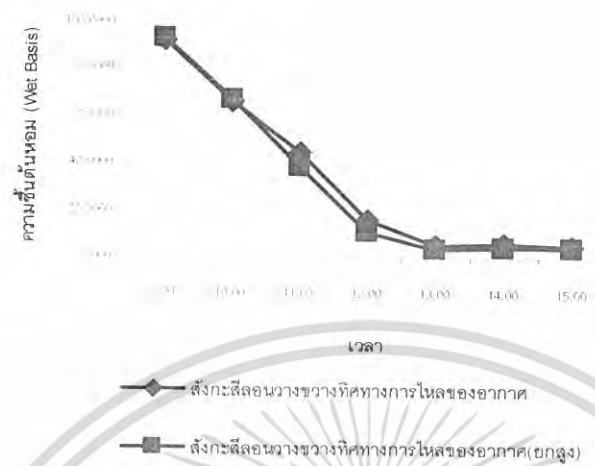


ภาพที่ 4.10 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นของดินหอมกับเวลาของสิ่งเกสรี่แผ่นเรียบกับสิ่งเกสรี่แผ่นเรียบยกสูง



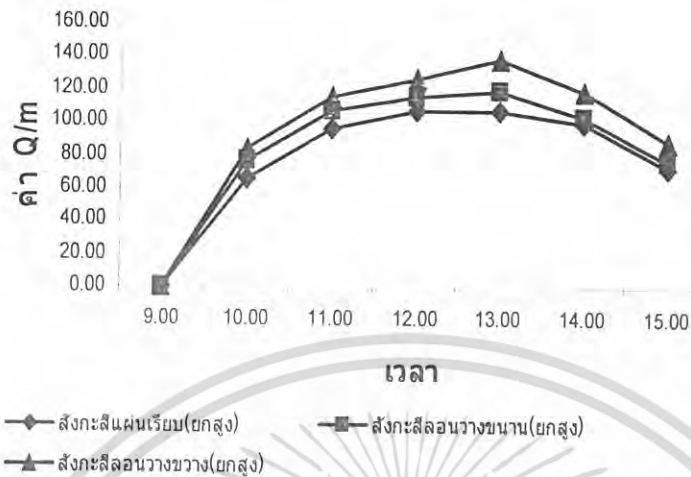
ภาพที่ 4.11 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นของดินหอมกับเวลาของสิ่งเกสรี่ลอนวางขนานทิศทางการไหลของอากาศกับสิ่งเกสรี่ลอนวางขนานทิศทางการไหลของอากาศ (ยกสูง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.12 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นของดินหอมกับเวลาของรังกะสีลอนวางขวางทิศทางการไหลของอากาศกับรังกะสีลอนวางขวางทิศทางการไหลของอากาศ (ยกสูง)

จากภาพที่ 4.9, 4.10 และ 4.11 จะเห็นว่าดินหอมที่ได้รับพลังงานความร้อนจากพื้นที่รับแสงที่ทำจากรังกะสียกสูงจากพื้นฉนวนจะทำให้ดินหอมเกิดการอบแห้งได้เร็วและความชื้นของดินหอมลดลงเร็วกว่าพื้นที่รับแสงที่ทำจากรังกะสีวางติดกับพื้นฉนวน เพราะว่าพื้นที่รับแสงที่ทำจากรังกะสียกสูงจากพื้นฉนวนจะมีการแลกเปลี่ยนพลังงานความร้อนที่ดีกว่า อุณหภูมิภายในพื้นที่รับแสงและพื้นที่อบแห้งสูงกว่า การอบแห้งจึงเกิดขึ้นได้เร็ว

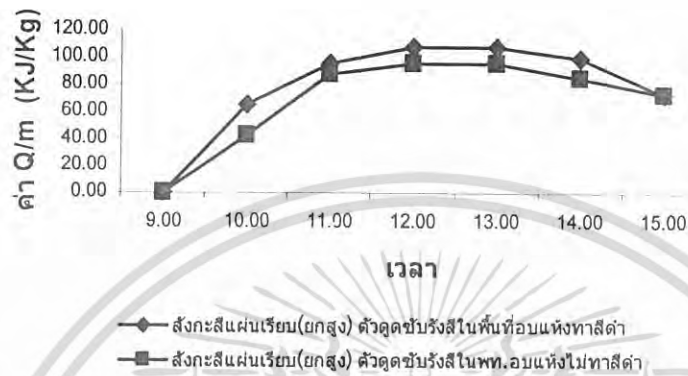


ภาพที่ 4.13 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า $\frac{Q}{m}$ กับเวลาของถังกะต้แต่ละแบบ

จากกราฟเมื่อเวลาผ่านไปค่า $\frac{Q}{m}$ ในพื้นที่อบแห้งจะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆจนมีค่าสูงที่สุดที่เวลา 12.00 – 13.00 น. จากนั้นก็จะลดลง โดยค่า $\frac{Q}{m}$ ที่ได้จากพื้นที่รับแสงที่ทำจากถังกะต้สี่เหลี่ยมเรียบ(ยกสูง)จะมีค่าสูงสุดเท่ากับ 107.83 kJ/kg ที่เวลา 12.00 น. ค่า $\frac{Q}{m}$ ที่ได้จากพื้นที่รับแสงที่ทำจากถังกะต้หลอดสูญญากาศ(ยกสูง)จะมีค่าสูงสุดเท่ากับ 119.38 kJ/kg ที่เวลา 13.00 น. ค่า $\frac{Q}{m}$ จากพื้นที่รับแสงที่ทำจากถังกะต้ท่ออากาศ(ยกสูง)จะมีค่าสูงสุดเท่ากับ 138.64 kJ/kg ที่เวลา 13.00 น. จะเห็นว่าค่า $\frac{Q}{m}$ ที่ได้จากพื้นที่รับแสงที่ทำจากถังกะต้ยกสูงขึ้นจากพื้นฉนวน จะมีค่ามากกว่าค่า $\frac{Q}{m}$ ที่ได้จากพื้นที่รับแสงที่ทำจากถังกะต้วางติดกับพื้นฉนวน เพราะถังกะต้ที่ยกสูงขึ้นจากพื้นจะมีการแลกเปลี่ยนพลังงานความร้อนระหว่างอากาศกับถังกะต้ได้ดีกว่า ทำให้อุณหภูมิภายในพื้นที่รับแสงและพื้นที่อบแห้งมีค่ามากกว่าจึงส่งผลให้ดินหอมได้รับพลังงานความร้อนที่มากกว่าค่า $\frac{Q}{m}$ จึงมากขึ้นตามไปด้วย ดังนั้นในการเลือกใช้ตัวดูดซับรังสีควรใช้ตัวดูดซับรังสีที่มีลักษณะเป็นลอนวางในตำแหน่งที่ขวางทิศทางการไหลของอากาศและควรยกถังกะต้ให้สูงขึ้นจากพื้นฉนวนภายในพื้นที่รับแสงเพื่อเป็นการเพิ่มพื้นที่ผิวในการแลกเปลี่ยนพลังงานความร้อนระหว่างอากาศกับถังกะต้ ซึ่งจะทำให้การแลกเปลี่ยนพลังงานความร้อนเกิดได้ดีขึ้น อุณหภูมิภายในพื้นที่รับแสงและพื้นที่อบแห้งมีค่าสูงขึ้นซึ่ง ส่งผลให้การอบแห้งเกิดขึ้นได้เร็วขึ้นด้วยเช่นกัน

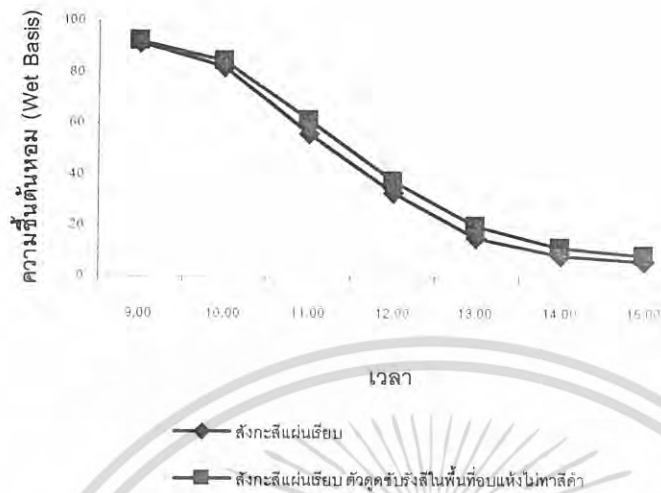
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 ผลการทดลอง การทดสอบลักษณะตัวดูดซับรังสีในพื้นที่อบแห้ง



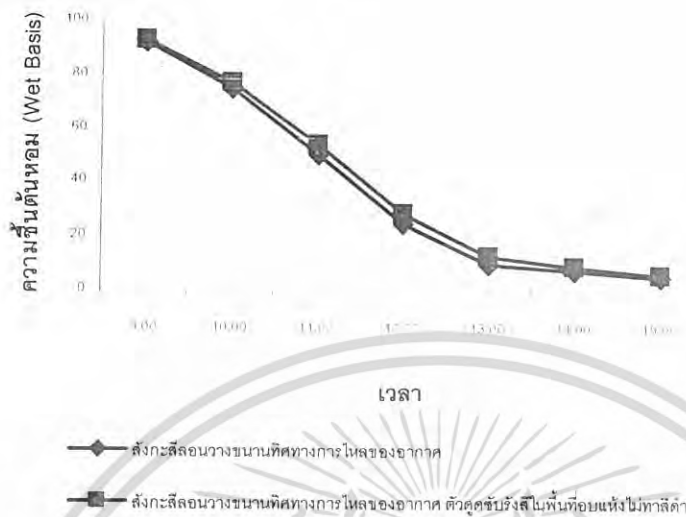
ภาพที่ 4.14 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นของต้นหอมกับเวลาของสังกะสีแผ่นเรียบ (ยกสูง) ตัวดูดซับรังสีในพื้นที่อบแห้งทาสีดำกับสังกะสีแผ่นเรียบ(ยกสูง) ตัวดูดซับรังสีในพื้นที่อบแห้งไม่ทาสีดำ

ต้นหอมในพื้นที่อบแห้งที่มีตัวดูดซับรังสีทาสีดำ ที่ติดกับพื้นที่รับแสงที่ทำจากสังกะสีแผ่นเรียบ(ยกสูง)จะมีความชื้นเริ่มต้นเท่ากับ 89.63 % Wet Basis และมีความชื้นลดลงเหลือเท่ากับ 5.18 % Wet Basis ส่วนต้นหอมในพื้นที่อบแห้งที่มีตัวดูดซับรังสีไม่ทาสีดำ ที่ติดกับพื้นที่รับแสงที่ทำจากสังกะสีแผ่นเรียบ(ยกสูง)จะมีความชื้นเริ่มต้นเท่ากับ 91.3 % Wet Basis และมีความชื้นลดลงเหลือเท่ากับ 5.076 % Wet Basis ซึ่งจากกราฟจะเห็นว่าพื้นที่อบแห้งที่มีตัวดูดซับรังสีทาสีดำจะทำให้ต้นหอมเกิดการอบแห้งได้เร็วกว่าพื้นที่อบแห้งที่มีตัวดูดซับรังสีไม่ทาสีดำ เพราะตัวดูดซับรังสีที่ทาสีดำจะมีพลังงานการแผ่รังสีความร้อนให้กับต้นหอมในปริมาณที่มากกว่าตัวดูดซับรังสีไม่ทาสีดำ ต้นหอมจึงได้รับพลังงานความร้อนที่มากกว่า การอบแห้งจึงเกิดขึ้นได้เร็วกว่า



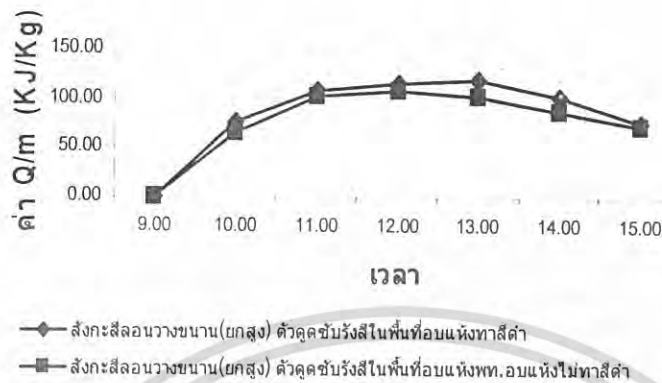
ภาพที่ 4.15 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า $\frac{Q}{m}$ กับเวลาของสั้กะสิ้แผ่นเรีัยบ(ยกสูง) ตัวคูดซั้บริงสิ้ในพื้นท้อบแห่งทาสีค้ำกับสั้กะสิ้แผ่นเรีัยบ(ยกสูง) ตัวคูดซั้บริงสิ้ในพื้นท้อบแห่งไม้ทาสีค้ำ

พื้นที่รับแสงที่ทำจากสั้กะสิ้แผ่นเรีัยบ(ยกสูง)ติดกับพื้นท้อบแห่งที่มีตัวคูดซั้บริงสิ้ทาสีค้ำจะมีค่า $\frac{Q}{m}$ สูงสุดเท่ากับ 107.83 kJ/kg ที่เวลา 12.00 น. ส่วนพื้นที่รับแสงที่ทำจากสั้กะสิ้แผ่นเรีัยบ(ยกสูง)ติดกับพื้นท้อบแห่งที่มีตัวคูดซั้บริงสิ้ไม้ทาสีค้ำจะมีค่า $\frac{Q}{m}$ สูงสุดเท่ากับ 96.28 kJ/kg ที่เวลา 12.00 น. จากกราฟจะเห็นว่า พื้นที่รับแสงที่มีตัวคูดซั้บริงสิ้ทาสีค้ำจะให้ค่า $\frac{Q}{m}$ มากกว่าพื้นที่อบแห้งที่มีตัวคูดซั้บริงสิ้ไม้ทาสีค้ำเพราะตัวคูดซั้บริงสิ้ที่ทาสีค้ำจะมีพลังงานการแผ่รังสีความร้อนให้กับต้นหอมในปริมาณที่มากกว่าตัวคูดซั้บริงสิ้ไม้ทาสีค้ำ ทำให้ต้นหอมได้รับพลังงานความร้อนที่มากกว่าอุณหภูมิของต้นหอมจึงสูงขึ้นมากกว่า ค่า $\frac{Q}{m}$ จึงมากขึ้นตามไปด้วย



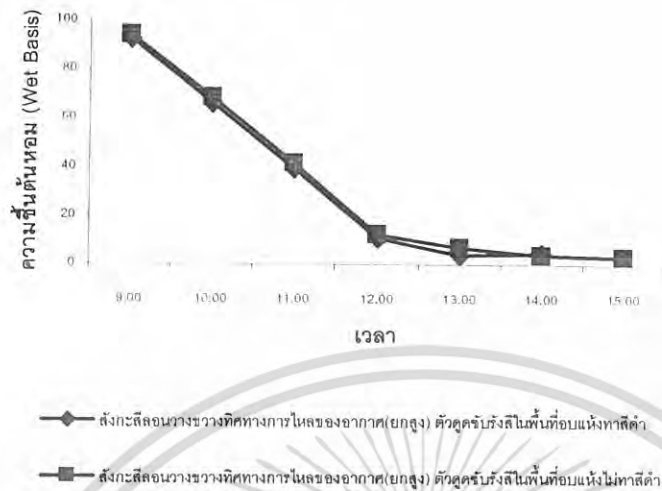
ภาพที่ 4.16 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นของต้นหอมกับเวลาของสังกะสีลอนวางขนานทิศทางการไหลของอากาศ(ยกสูง)ตัวดูดซับรังสีในพื้นที่อบแห้งทาสีดำ กับสังกะสีลอนวางขนานทิศทางการไหลของอากาศ(ยกสูง)ตัวดูดซับรังสีในพื้นที่อบแห้งไม่มีทาสีดำ

ต้นหอมในพื้นที่อบแห้งที่มีตัวดูดซับรังสีทาสีดำ ที่ติดกับพื้นที่รับแสงที่ทำจากสังกะสีลอนวางขนานทิศทางการไหลของอากาศ(ยกสูง)จะมีความชื้นเริ่มต้นเท่ากับ 90.4% Wet Basis และมีความชื้นลดลงเหลือเท่ากับ 4.78% Wet Basis ส่วนต้นหอมในพื้นที่อบแห้งที่มีตัวดูดซับรังสีไม่มีทาสีดำ ที่ติดกับพื้นที่รับแสงที่ทำจากสังกะสีลอนวางขนานทิศทางการไหลของอากาศ(ยกสูง)จะมีความชื้นเริ่มต้นเท่ากับ 91.08 % Wet Basis และมีความชื้นลดลงเหลือเท่ากับ 5.32 % Wet Basis ซึ่งจากกราฟจะเห็นว่าพื้นที่อบแห้งที่มีตัวดูดซับรังสีทาสีดำจะทำให้ต้นหอมเกิดการอบแห้งได้เร็วกว่าพื้นที่อบแห้งที่มีตัวดูดซับรังสีไม่มีทาสีดำ เพราะตัวดูดซับรังสีที่ทาสีดำจะมีพลังงานการแผ่รังสีความร้อนให้กับต้นหอมในปริมาณที่มากกว่าตัวดูดซับรังสีไม่มีทาสีดำต้นหอมจึงได้รับพลังงานความร้อนที่มากกว่า การอบแห้งจึงเกิดขึ้นได้เร็วกว่า



ภาพที่ 4.17 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า $\frac{Q}{m}$ กับเวลาของรังสีคลื่นวิทยุจากดาวเทียมวิทยุทางไกลของอากาศ(ยกสูง)ตัวดูดซับรังสีในพื้นที่ ออบแห่งทาสีดำ กับรังสีคลื่นวิทยุจากดาวเทียมวิทยุทางไกลของอากาศ(ยกสูง) ตัวดูดซับรังสีในพื้นที่ออบแห่งไม่ทาสีดำ

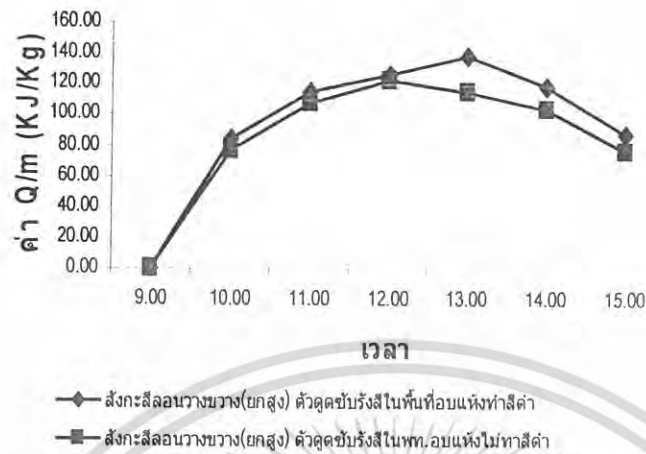
พื้นที่รับแสงที่ทำจากรังสีคลื่นวิทยุจากดาวเทียมวิทยุทางไกลของอากาศ(ยกสูง)ติดกับพื้นที่ออบแห่งที่มีตัวดูดซับรังสีทาสีดำจะมีค่า $\frac{Q}{m}$ สูงสุดเท่ากับ 119.38 kJ/kg ที่เวลา 13.00 น. ส่วนพื้นที่รับแสงที่ทำจากรังสีคลื่นวิทยุจากดาวเทียมวิทยุทางไกลของอากาศ(ยกสูง)ติดกับพื้นที่ออบแห่งที่มีตัวดูดซับรังสีไม่ทาสีดำจะมีค่า $\frac{Q}{m}$ สูงสุดเท่ากับ 107.83 kJ/kg ที่เวลา 12.00 น. จากกราฟจะเห็นว่าพื้นที่รับแสงที่มีตัวดูดซับรังสีทาสีดำจะให้ค่า $\frac{Q}{m}$ มากกว่าพื้นที่ออบแห่งที่มีตัวดูดซับรังสีไม่ทาสีดำ เพราะตัวดูดซับรังสีที่ทาสีดำจะมีพลังงานการแผ่รังสีความร้อนให้กับต้นหอมในปริมาณที่มากกว่าตัวดูดซับรังสีไม่ทาสีดำ ทำให้ต้นหอมได้รับพลังงานความร้อนที่มากกว่าอุณหภูมิของต้นหอมจึงสูงขึ้นมากกว่า ค่า $\frac{Q}{m}$ จึงมากขึ้นตามไปด้วย



ภาพที่ 4.18 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นของต้นหอมกับเวลาของสังกะสีลอนวางขวางทิศทางการไหลของอากาศ(ยกสูง)ตัวคูคชั้บรังสีในพื้นที่ อบแห้งทาสีดำ กับสังกะสีลอนวางขวางทิศทางการไหลของอากาศ(ยกสูง)ตัวคูคชั้บรังสีในพื้นที่อบแห้งไม่ทาสีดำ

ต้นหอมในพื้นที่อบแห้งที่มีตัวคูคชั้บรังสีทาสีดำ ที่ติดกับพื้นที่รับแสงที่ทำจากสังกะสีลอนวางขวางทิศทางการไหลของอากาศ(ยกสูง)จะมีความชื้นเริ่มต้นเท่ากับ 92.58% Wet Basis และมีความชื้นลดลงเหลือเท่ากับ 4.3% Wet Basis ส่วนต้นหอมในพื้นที่อบแห้งที่มีตัวคูคชั้บรังสีไม่ทาสีดำ ที่ติดกับพื้นที่รับแสงที่ทำจากสังกะสีลอนวางขวางทิศทางการไหลของอากาศ(ยกสูง)จะมีความชื้นเริ่มต้นเท่ากับ 93.51 % Wet Basis และมีความชื้นลดลงเหลือเท่ากับ 3.32 % Wet Basis ซึ่งจากกราฟจะเห็นว่าพื้นที่อบแห้งที่มีตัวคูคชั้บรังสีทาสีดำจะทำให้ต้นหอมเกิดการอบแห้งได้เร็วกว่าพื้นที่อบแห้งที่มีตัวคูคชั้บรังสีไม่ทาสีดำ เพราะตัวคูคชั้บรังสีที่ทาสีดำจะมีพลังงานการแผ่รังสีความร้อนให้กับต้นหอมในปริมาณที่มากกว่าตัวคูคชั้บรังสีไม่ทาสีดำต้นหอมจึงได้รับพลังงานความร้อนที่มากกว่า การอบแห้งจึงเกิดขึ้นได้เร็วกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.19 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า $\frac{Q}{m}$ กับเวลาของรังสีดวงอาทิตย์จากทิศทางการไหลของอากาศ(ยกสูง)ตัวดูดซับรังสีในพื้นที่ อบแห้งทาสีดำ กับรังสีดวงอาทิตย์จากทิศทางการไหลของอากาศ(ยกสูง) ตัวดูดซับรังสีในพื้นที่อบแห้ง ไม่ทาสีดำ

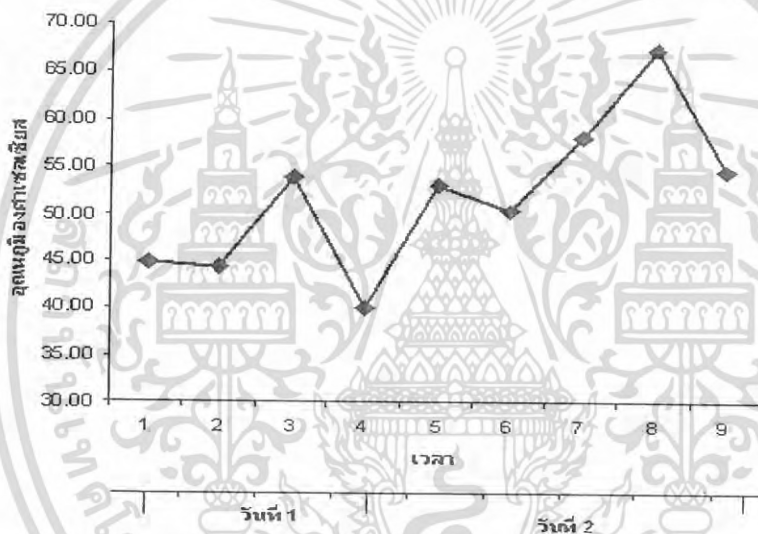
พื้นที่รับแสงที่ทำจากรังสีดวงอาทิตย์จากทิศทางการไหลของอากาศ(ยกสูง)ติดกับพื้นที่อบแห้งที่มีตัวดูดซับรังสีทาสีดำจะมีค่า $\frac{Q}{m}$ สูงสุดเท่ากับ 138.64 kJ/kg ที่เวลา 13.00 น. ส่วนพื้นที่รับแสงที่ทำจากรังสีดวงอาทิตย์จากทิศทางการไหลของอากาศ(ยกสูง)ติดกับพื้นที่อบแห้งที่มีตัวดูดซับรังสีไม่ทาสีดำจะมีค่า $\frac{Q}{m}$ สูงสุดเท่ากับ 123.24 kJ/kg ที่เวลา 12.00 น. จากกราฟจะเห็นว่า พื้นที่รับแสงที่มีตัวดูดซับรังสีทาสีดำจะให้ค่า $\frac{Q}{m}$ มากกว่าพื้นที่อบแห้งที่มีตัวดูดซับรังสีไม่ทาสีดำเพราะตัวดูดซับรังสีที่ทาสีดำจะมีพลังงานการแผ่รังสีความร้อนให้กับต้นหอม ในปริมาณที่มากกว่าตัวดูดซับรังสีไม่ทาสีดำ ทำให้ต้นหอมได้รับพลังงานความร้อนที่มากกว่าอุณหภูมิของต้นหอมจึงสูงขึ้นมากกว่า ค่า $\frac{Q}{m}$ จึงมากขึ้นตามไปด้วย

ดังนั้นจึงควร ใช้พื้นที่อบแห้งที่มีตัวดูดซับรังสีทาสีดำคู่กับพื้นที่รับแสงที่ทำจากรังสีดวงอาทิตย์จากทิศทางการไหลของอากาศ(ยกสูง)กับเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ในการอบแห้งผลิตภัณฑ์ เพราะจะทำให้อุณหภูมิภายในพื้นที่รับแสงและพื้นที่อบแห้งมีค่ามาก มีการแลกเปลี่ยนพลังงานความร้อนระหว่างอากาศกับรังสีได้อย่างทั่วถึง การอบแห้งเกิดขึ้นได้เร็ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

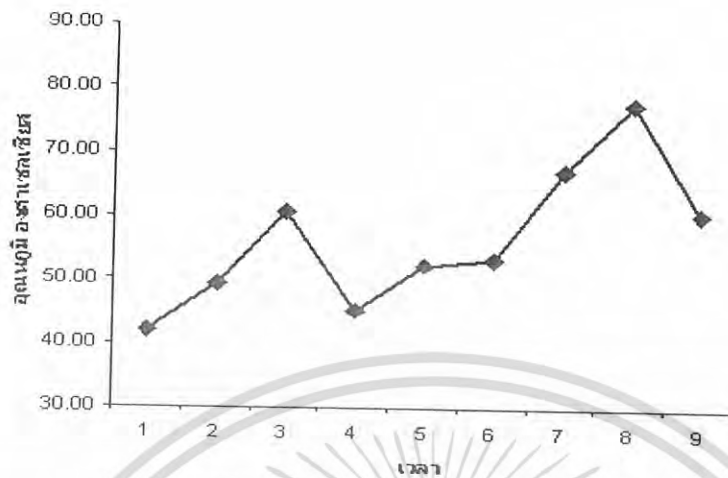
4.4 ผลการทดลอง การอบกล้วยเล็บมือนาง

เลือกปัจจัยที่ทำให้เครื่องมีประสิทธิภาพดีที่สุดคือ พื้นที่รับแสงมีสังกะสีลอนวางขวางทิศทางการไหลของอากาศสูง พื้นที่อบแห้งมีตัวดูดซับรังสีทาสีดำมาทดลองอบกล้วยเล็บมือนาง กล้วยเล็บมือนางอบแห้งที่ขายตามท้องตลาดจะมีค่าความสว่าง(L) เท่ากับ 42 ค่าความเป็นสีแดงเท่ากับ 8.9 และค่าความเป็นสีเหลืองเท่ากับ 8.14 ซึ่งความชื้นของกล้วยเล็บมือนางอบแห้งที่ขายตามท้องตลาดจะมีค่าเท่ากับ 24.74 % Wet Basis



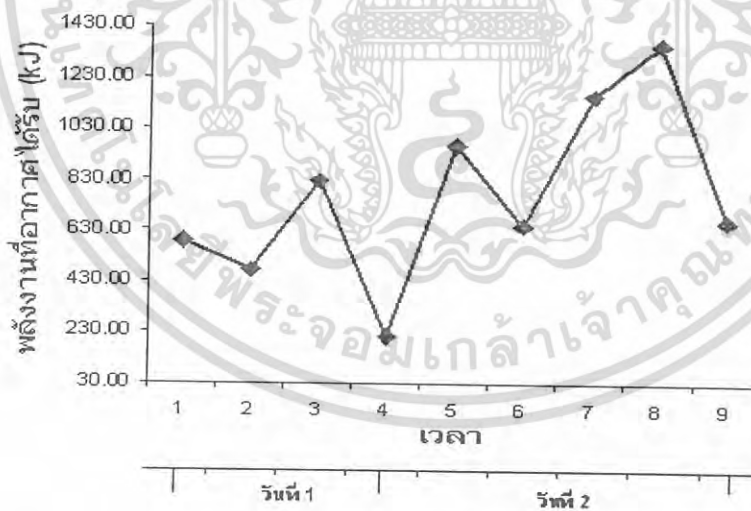
ภาพที่ 4.20 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง อุณหภูมิองศาเซลเซียสภายในพื้นที่รับแสงกับเวลา

จากกราฟจะเห็นว่าอุณหภูมิภายในพื้นที่รับแสงในแต่ละวันแตกต่างกัน โดยครั้งแรกของการอบกล้วย อุณหภูมิภายในพื้นที่รับแสงจะมีค่าสูงสุดเท่ากับ 53.89°C ที่เวลา 11.00 น. ส่วนในวันที่ 2 ของการอบกล้วย อุณหภูมิภายในพื้นที่รับแสงจะมีค่าสูงสุดเท่ากับ 67.67°C ที่เวลา 13.00 น. เพราะปริมาณแสงแดดที่ได้รับในแต่ละวันนั้นแตกต่างกันยิ่งส่งผลให้อุณหภูมิภายในพื้นที่รับแสงต่างกันไปด้วย



ภาพที่ 4.21 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง อุณหภูมิองศาเซลเซียสภายในพื้นที่อบแห้งกับเวลา

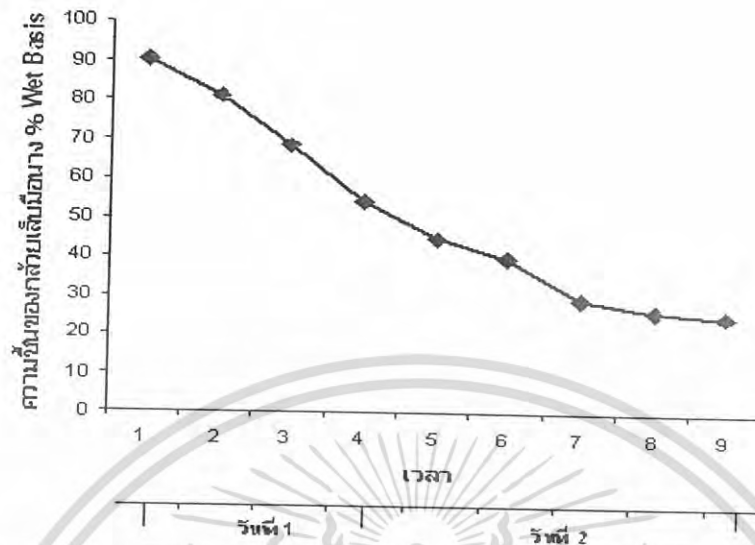
จากกราฟอุณหภูมิในพื้นที่อบแห้งของการอบกล้วยเล็บมือนางในครั้งแรกมีค่าสูงสุดเท่ากับ 60.72°C ที่เวลา 11.00 น. และในวันที่ 2 ของการอบกล้วยเล็บมือนาง อุณหภูมิภายในพื้นที่อบแห้งจะมีค่าสูงสุดเท่ากับ 77.67°C ที่เวลา 13.00 น.



ภาพที่ 4.22 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานที่อากาศได้รับกับเวลา

จากกราฟการอบกล้วยเล็บมือนางในวันแรกอากาศจะได้รับพลังงานสูงสุดเท่ากับ 819.18 kJ ที่เวลา 11.00 น. และในวันที่ 2 ของการอบกล้วยเล็บมือนางอากาศจะได้รับพลังงานสูงสุดเท่ากับ 1357.73 kJ ที่เวลา 13.00 น. จะเห็นว่าเมื่ออากาศได้รับพลังงานความร้อนที่มาก จะส่งผลให้อุณหภูมิภายในพื้นที่รับแสงและพื้นที่อบแห้งสูงตามไปด้วย

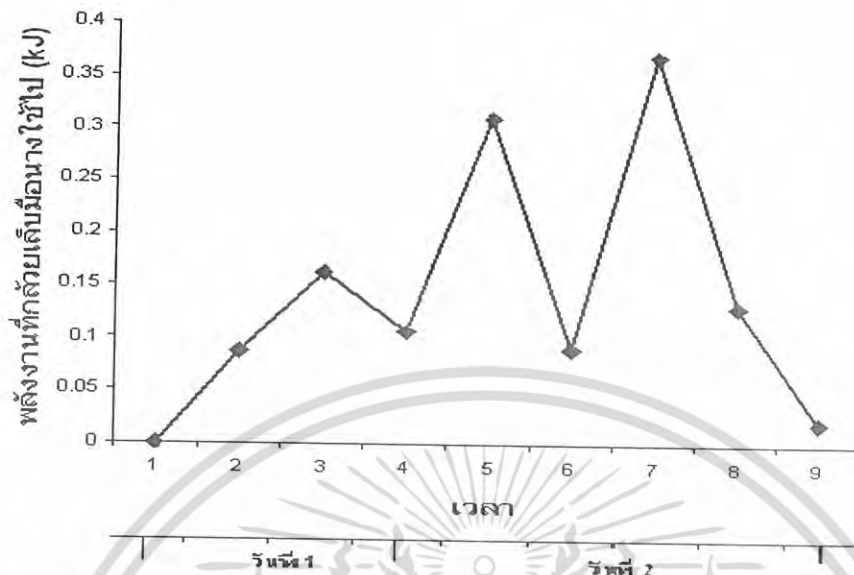
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.23 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นของกล้วยตากแห้งกับเวลา

จากกราฟกล้วยตากแห้งมีความชื้นเริ่มต้นเท่ากับ 90% Wet Basis ในครั้งแรกของการอบกล้วยตากแห้งจะทำให้กล้วยตากแห้งมีความชื้นลดลงเหลือเท่ากับ 54.23 % Wet Basis ส่วนในวันที่สองของการอบกล้วยตากแห้งจะทำให้กล้วยตากแห้งมีความชื้นลดลงเหลือเท่ากับ 25.31 % Wet Basis ซึ่งมีความชื้นเท่ากับกล้วยตากแห้งที่ขายตามท้องตลาด ดังนั้นในการอบกล้วยตากแห้งด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์ที่สร้างขึ้นมาจะใช้เวลาในการอบแห้งทั้งหมด $1\frac{1}{2}$ วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.24 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานที่กลัวยึดมือนางใช้ไปกับเวลา

จากกราฟพลังงานความร้อนที่กลัวยึดมือนางใช้ไปจะขึ้นอยู่กับปริมาณพลังงานความร้อนที่อากาศได้รับถ้าอากาศได้รับพลังงานความร้อนมาก ก็จะถ่ายเทให้กับกลัวยึดมือนางใช้ไปได้มากขึ้น การอบแห้งก็จะเกิดขึ้นได้เร็ว ในการอบแห้งกลัวยึดมือนางให้มีความชื้นเท่ากลับกลัวยึดมือนางอบแห้งที่ขายตามท้องตลาดจะใช้พลังงานไปทั้งหมด 1.14 kJ ต่อลูก

ตารางที่ 4.1 แสดงค่า สีของกล้วยเล็บมือนางก่อนอบ , ค่า สีของกล้วยเล็บมือนางหลังอบและค่า สีของกล้วยเล็บมือนางอบแห้งที่ขายตามท้องตลาด

ค่าสีของกล้วยเล็บมือนางก่อนอบ			ค่าสีของกล้วยเล็บมือนางหลังอบ			ค่าสีของกล้วยเล็บมือนางที่ขายตามท้องตลาด		
L	a	b	L	a	b	L	a	b
67.94	-1.41	21.84	44.11	10.96	14.01	40.03	9.25	6.51



ภาพที่ 4.25 กล้วยเล็บมือนางก่อนอบแห้ง



เอกสารนี้เป็นภาพที่ 4.26 กล้วยเล็บมือนางอบแห้งเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.27 กกล้วยเล็บมือนางอบแห้งที่ขายตามท้องตลาดกับกล้วยเล็บมือนางอบแห้งจากเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์

จากภาพจะเห็นว่ากล้วยเล็บมือนางอบแห้งที่อบจากเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์จะมีสีน้ำตาล ไม่ดำคล้ำ ไม่เหมือนกล้วยเล็บมือนางที่ขายตามท้องตลาด เนื่องจากกล้วยเล็บมือนางอบแห้งที่ขายตามท้องตลาดนั้นจะอบแห้งกล้วยด้วยเครื่องอบแห้งซึ่งมีอุณหภูมิที่สูงและให้ความร้อนได้เร็ว จึงทำให้เกิดปฏิกิริยา Blowing Reaction ได้มาก กล้วยจึงมีสีดำคล้ำมาก ส่วนเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์นั้นจะค่อยๆ ให้ความร้อนกับกล้วยที่นำมาอบ อุณหภูมิภายในเครื่องไม่สูงเท่ากับเครื่องอบแห้ง กล้วยจึงเกิด ปฏิกิริยา Blowing Reaction ได้น้อยและช้า กล้วยจึงมีสีที่คล้ำดำน้อยกว่า สีของกล้วยจึงสวยกว่า ส่วนรสชาติของกล้วยเล็บมือนางอบแห้งที่ได้จากเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์จะมีความหวานและอร่อยใกล้เคียงกับกล้วยเล็บมือนางอบแห้งที่ขายตามท้องตลาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง

5.1 สรุปผลการทดลอง

ปัจจัยที่มีผลต่อการอบแห้งอย่างหนึ่งก็คือ อุณหภูมิ ถ้าอุณหภูมิภายในเครื่องอบแห้งนั้นสูงก็จะทำให้การอบแห้งเกิดขึ้นได้เร็ว ความชื้นของผลิตภัณฑ์ลดลงเร็วขึ้น การเพิ่มประสิทธิภาพของเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอิมมูโมงค์สามารถทำได้โดยใช้ตัวดูดซับรังสีที่มีลักษณะเป็นลอนหรือเป็นครีบกี้ให้สูงขึ้นจากพื้นจนวนเพื่อให้อากาศได้สัมผัสทั้งทางด้านบนและทางด้านล่างของตัวดูดซับรังสีแล้ววางตัวดูดซับรังสีให้อยู่ในตำแหน่งที่ขวางทิศทางการไหลของอากาศภายในพื้นที่รับแสง จะทำให้อุณหภูมิภายในพื้นที่รับแสงและพื้นที่อบแห้งสูงขึ้น การอบแห้งเกิดขึ้นได้เร็ว และการเพิ่มตัวดูดซับรังสีที่ทำสีดำในพื้นที่อบแห้งก็จะช่วยเพิ่มพลังงานความร้อนที่ถ่ายเทให้กับผลิตภัณฑ์ที่นำมาอบแห้งในพื้นที่อบแห้ง จะทำให้การอบแห้งเกิดขึ้นได้เร็วเพิ่มขึ้น และเมื่อทำการเพิ่มประสิทธิภาพในลักษณะดังกล่าวมาอบกล้วยเล็บมือนาง ต้องใช้เวลาในการอบกล้วย $1\frac{1}{2}$ วัน และใช้พลังงานความร้อนในการอบไป 1.14 kJ ต่อลูกจึงจะได้กล้วยเล็บมือนางอบแห้งที่มีความชื้นเท่ากับกล้วยเล็บมือนางอบแห้งที่ขายตามท้องตลาด และสีของกล้วยเล็บมือนางอบแห้งที่อบจากเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์จะมีสีน้ำตาล ไม่ดำคล้ำ เหมือน ไม่เหมือนกล้วยเล็บมือนางที่ขายตามท้องตลาด

5.6 ข้อเสนอแนะ

ผลการทดลองที่ได้มีความแตกต่างกันน้อยทั้งนี้เนื่องจากเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่สร้างขึ้นมามีขนาดเล็ก ดังนั้นถ้าเพิ่มขนาดของเครื่องให้ใหญ่ขึ้นก็จะทำให้เห็นความแตกต่างในผลการทดลองมากขึ้น

เอกสารอ้างอิง

จิรสรณ์ สันติศิริสมบุรณ์, “การประมาณค่าการแผ่รังสีอาทิตย์ในประเทศไทย”, ปรินญา วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต, สาขาเทคโนโลยีพลังงาน, คณะพลังงานและวัสดุ, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2539

ธงชัย ศิริประยูคค์, “พลังงานแสงแดด”, ภาควิชาวิทยาศาสตร์ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม และวิทยาศาสตร์สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

ปรินญานิพนธ์เรื่อง “แผ่รังสีแสงอาทิตย์สำหรับเครื่องอบแห้งธัญพืช”, สาขาวิชา วิศวกรรมเคมี คณะ วิศวกรรมศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, พ.ศ. 2541

ปรินญานิพนธ์เรื่อง “การปรับปรุงประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศโดยใช้ดินเป็นแหล่งระบายความร้อนทิ้ง”, สาขาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, พ.ศ. 2541

พงษ์เจต พรหมวงศ์, “ตำราชุดวิศวกรรมศาสตร์ การถ่ายเทความร้อน”, ภาควิชา วิศวกรรมเครื่องกล สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพมหานคร 2534

รัฐชิตย์ ปางวัชรกร “การพัฒนาเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอูโมงค์”, สาขาวิชา วิชาการหลังการเก็บเกี่ยว คณะ อุตสาหกรรมเกษตร, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, พ.ศ. 2545

ลมชาติ โสภณธฤทธิ, ทนงเกียรติ เกียรติศิริโรจน์, กฤษณพงษ์ กิรติกร, “อนุกรมพลังงาน นอกแบบและการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ”, คณะพลังงานและวัสดุ, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2531

อนุตร จำลองกุล, “พลังงานทดแทน 1”, ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องจักรกลเกษตร คณะ วิศวกรรมและเทคโนโลยีการเกษตร, สถาบันเทคโนโลยีราชมงคลคลองหกปทุมธานี, พ.ศ.2541

Frank p. Incropera, David P, DeWitt, “Fundamentals of Heat and mass Transfer”, School of Mechanical Engineering Purdue University, Fourth edition, John Wiley and Sons, New York 1996.

John A. Duffie and William A. Beckman, “Solar Energy Thermal Process”, John Wiley and Sons, 1974

Li Zonggran and Liu Senyuan, “Solar drying in China”, Guangzhou Institute of Energy Conversion, Chinese Academy of Sciences, ReG.SEM. On simulation and design in SOL.EN.APPLNS, 1984

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

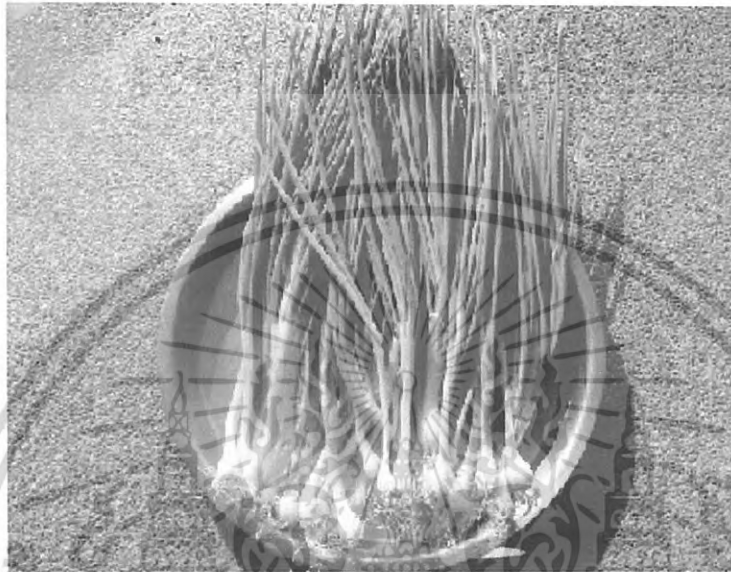
O.V. Ekechukwu and B. Norton , “ Review of solar – energy drying systems II: and overview

Of solar drying technology ” , 1997



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก
อุปกรณ์การทดลอง

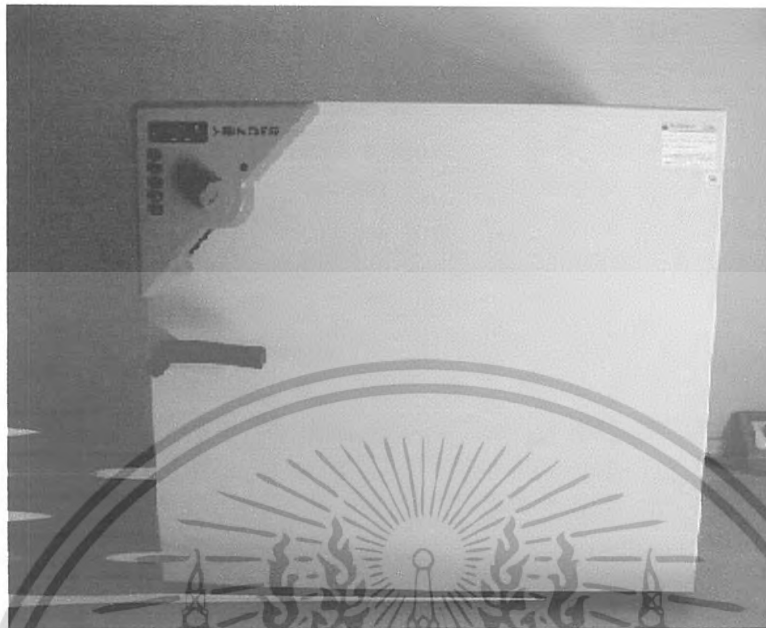


ภาพที่ ก.1 ต้นหอม



ภาพที่ ก.2 เครื่องซ่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ ก.3 ตู้อบแห้งไฟฟ้า Hot Air Oven

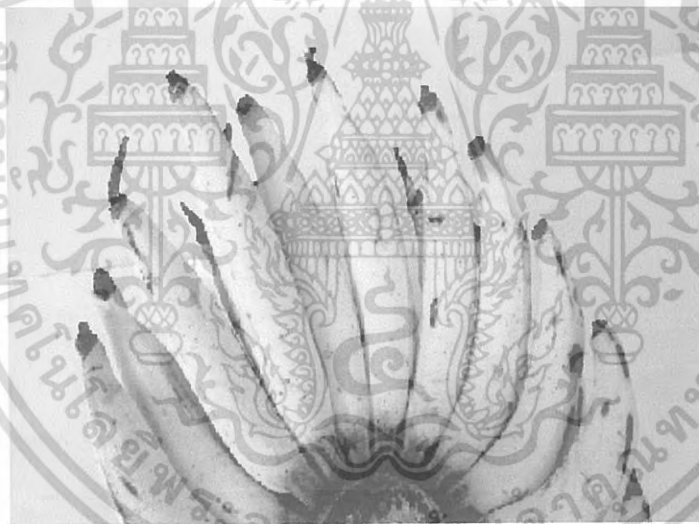


ภาพที่ ก.4 เครื่องวัดอุณหภูมิแบบแผ่รังสี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ ก.5 เครื่องวัดความเร็วลมแอนนิโมมิเตอร์

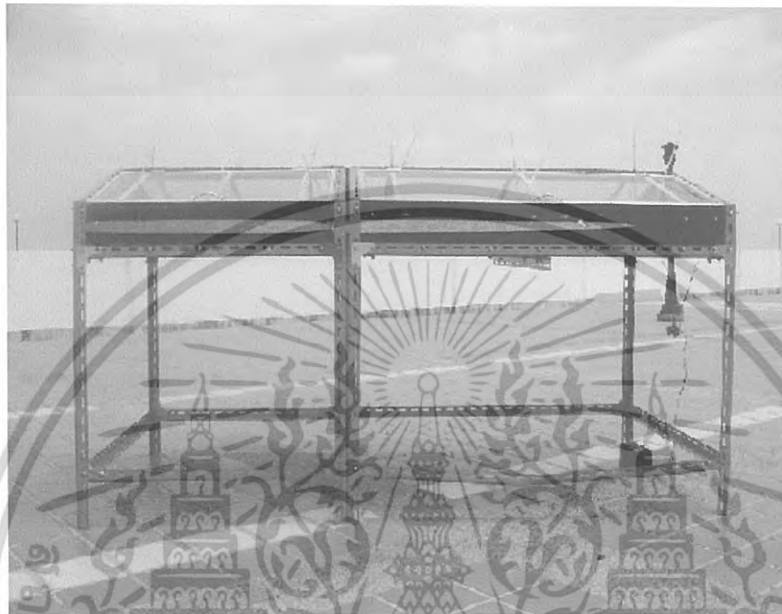


ภาพที่ ก.6 กลัวยเล็บมือนาง

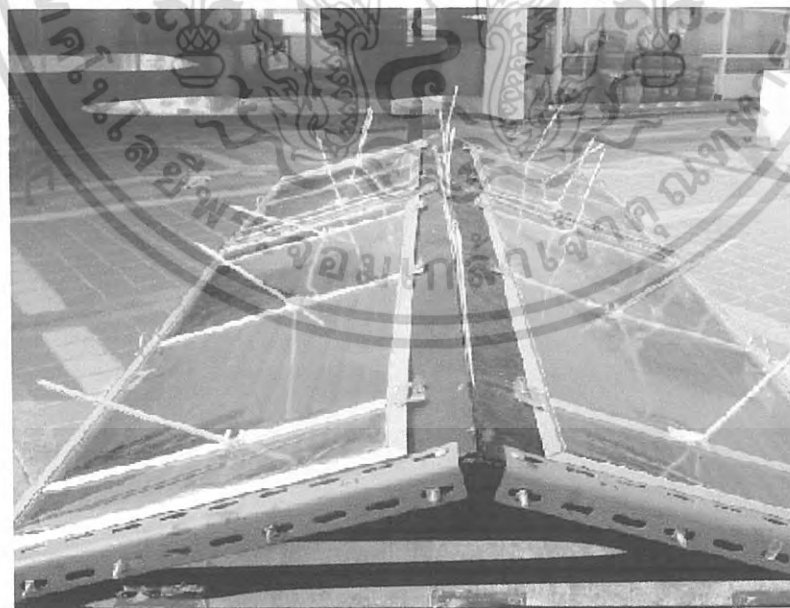
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

ผลการทดลองการสร้างเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์

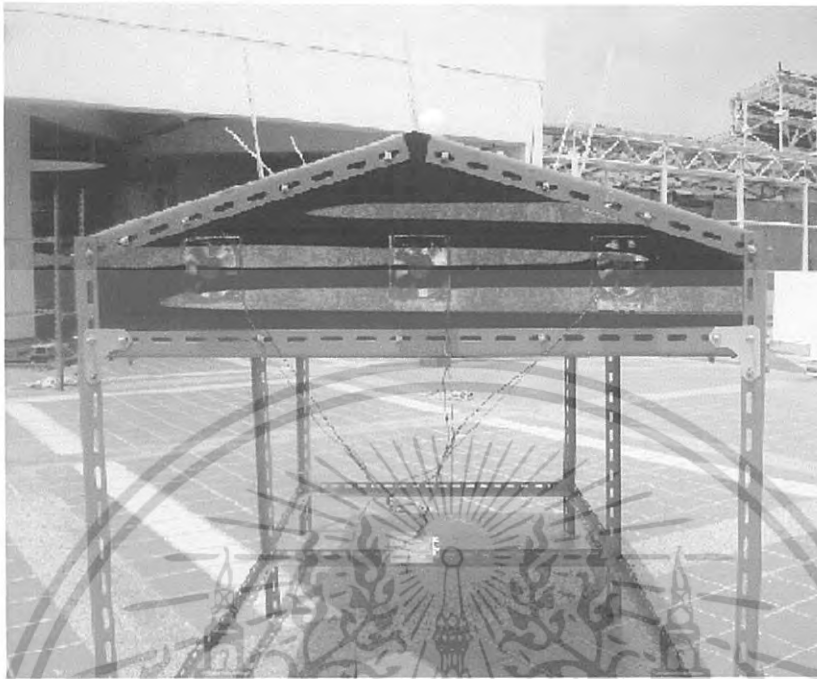


ภาพที่ ข .1 แสดงด้านข้างของเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์



ภาพที่ ข .2 แสดงด้านบนของเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

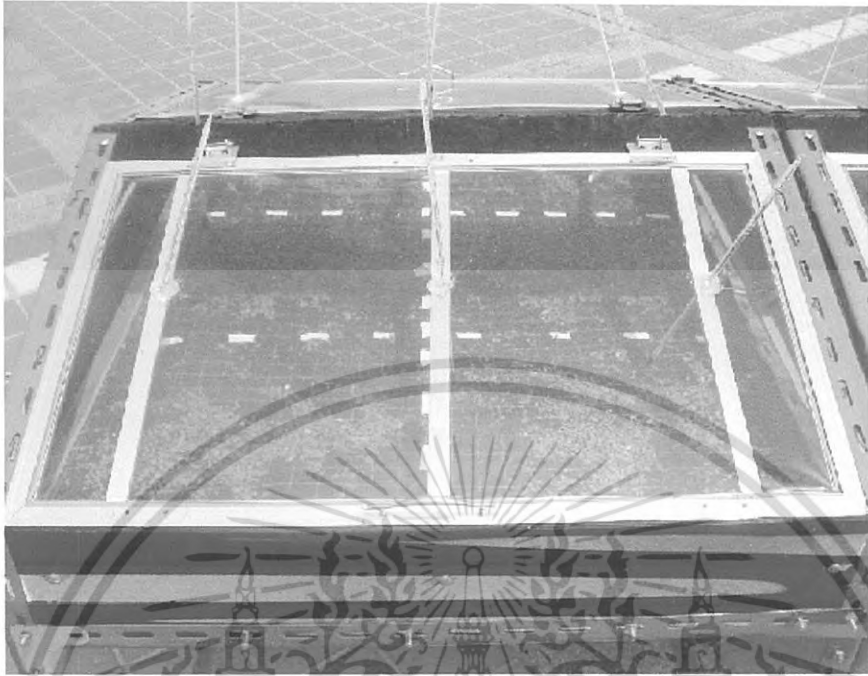


ภาพที่ ข .3 แสดงพัดลมขนาด 3 นิ้ว 3 ตัว เชื่อมต่อกับแผงวงจรปรับความเร็วรอบ



ภาพที่ ข .4 แสดงพื้นที่รับแสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

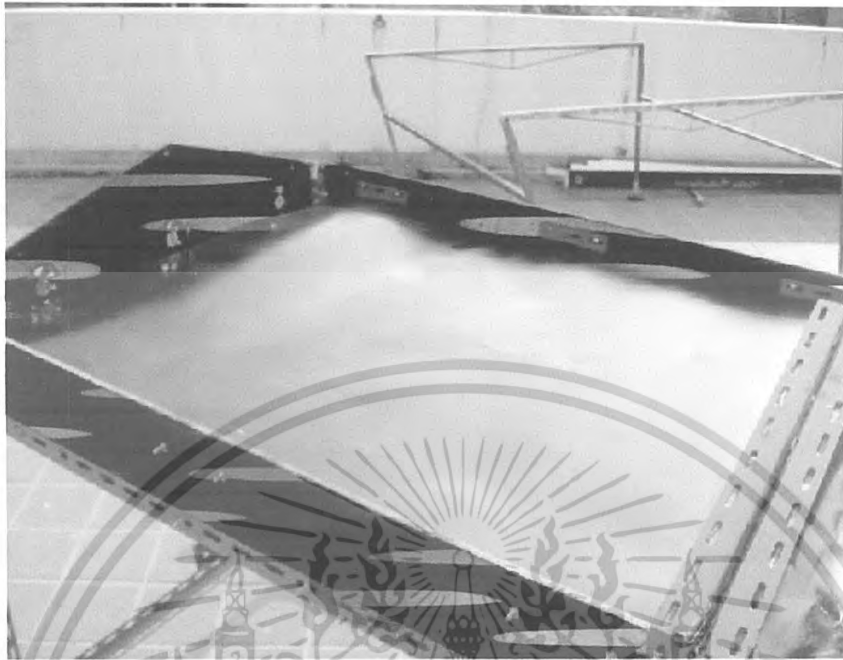


ภาพที่ ข.5 แสดงพื้นที่อบแห้ง

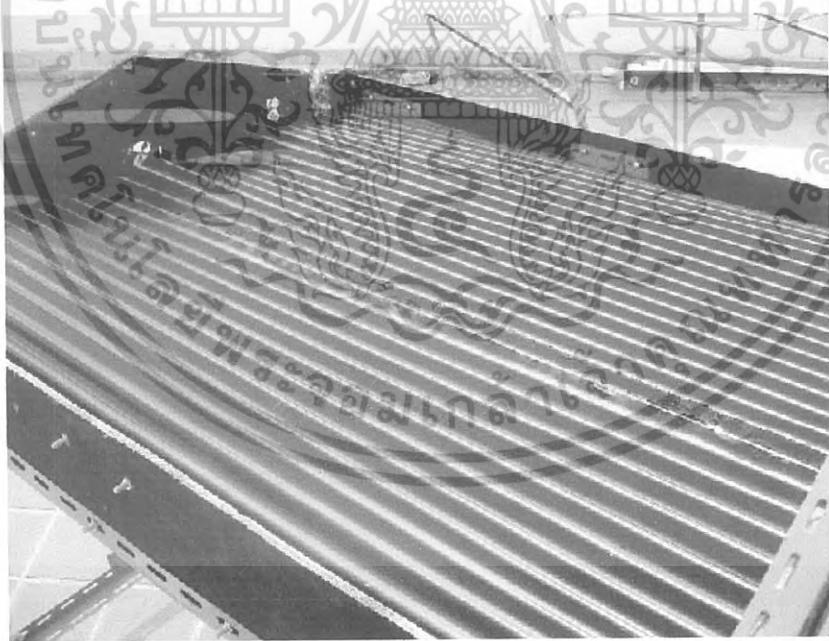


ภาพที่ ข.6 แสดงตะแกรงสำหรับวางผลิตภัณฑ์ ที่แบ่งไว้ออกเป็น 6 ส่วน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

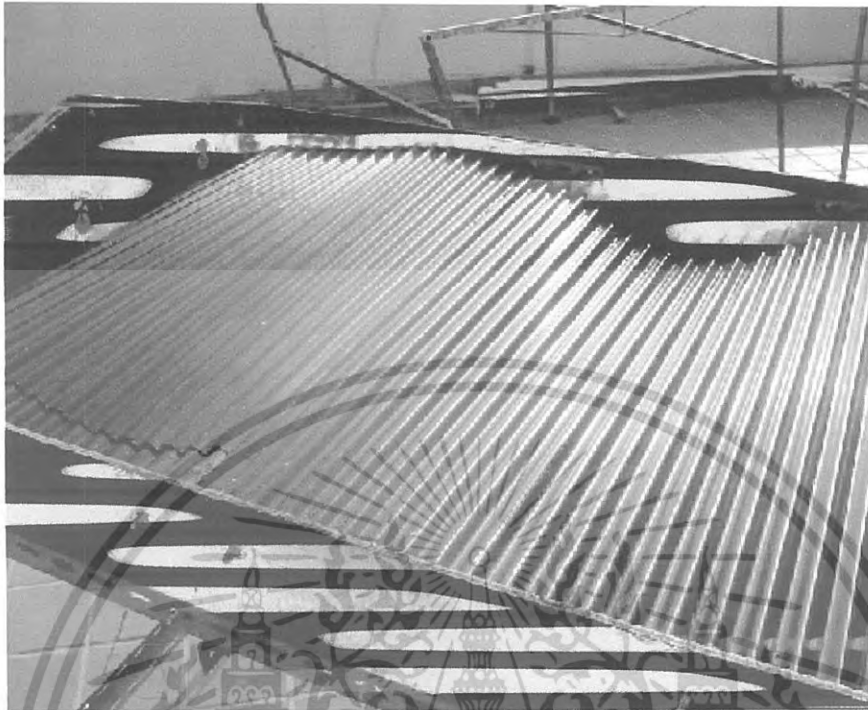


ภาพที่ ข.7 แสดงการวางตั้งกะสีแผ่นเรียบในพื้นที่รับแสง



ภาพที่ ข.8 แสดงการวางตั้งกะสีลอนวางขนานทิศทางการไหลของอากาศในพื้นที่รับแสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

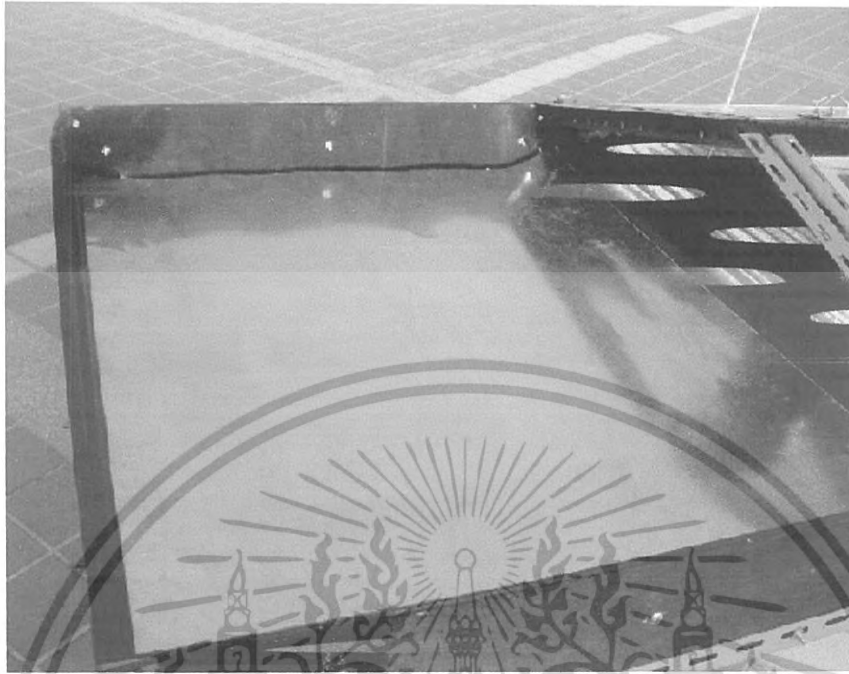


ภาพที่ ข .9 แสดงการวางแผงเซลล์แสงสว่างทางทิศทางการไหลของอากาศในพื้นที่รับแสง



ภาพที่ ข .10 แสดงตัวดูดซับรังสีที่ทาสีดำในพื้นที่อบแห้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ ข .11 แสดงตัวดูคชั้บรังสีที่ไมทาสีดำในพื้นที่อบแห้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

แสดงการคำนวณหาพลังงานที่ให้กับอากาศ

การคำนวณหาพลังงานที่อากาศได้รับ กรณีตัวดูดซับรังสีในพื้นที่รับแสงวางกับพื้นฉนวน ตัวอย่างการคำนวณจาก พื้นที่รับแสงสังกะสีแผ่นเรียบ พื้นที่อบแห้งมีตัวดูดซับรังสีทาสีดำ ที่เวลา 12.00 น. มีข้อมูลดังนี้

อุณหภูมิอากาศ (T_a)	= 36.5 °C
อุณหภูมิสังกะสี (T_s)	= 62 °C
อุณหภูมิฉนวนของพื้นที่รับแสง (T_I)	= 38.7 °C
พื้นที่สังกะสี (A)	= 1.16 m ²
ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของสังกะสี (k_s)	= 112.2 (W/m°C)
ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน ของยิปซัม (k_y)	= 0.48 (W/m°C)
ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน ของโฟม (k_p)	= 0.12 (W/m°C)
ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน ของไม้อัด (k_w)	= 0.12 (W/m°C)
ความหนาของสังกะสี (ΔX_s)	= 0.0005 m
ความหนาของยิปซัม (ΔX_y)	= 0.01 m
ความหนาของโฟม (ΔX_p)	= 0.03 m
ความหนาของไม้อัด (ΔX_w)	= 0.01 m
ค่า Emissivity ของสังกะสี	= 0.95

การคำนวณหาพลังงานการพาความร้อนจากสังกะสีให้กับอากาศที่ไหลผ่าน
สมการการพาความร้อน

$$Q_{convection} = hA \Delta T$$

หาค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนจากสมการการหาค่าหาค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนภายใน
เครื่องอบแห้ง

$$\begin{aligned} h &= 2.3 \times (T_s - T_a)^{0.25} \\ &= 2.3 \times (62 - 36.5)^{0.25} \\ &= 5.168 \text{ (W/m}^2\text{C)} \end{aligned}$$

ดังนั้น

$$\begin{aligned} Q_{convection} &= 5.168 \times 1.16 \times (62 - 36.5) \\ &= 152.409 \text{ W} \end{aligned}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การคำนวณพลังงานการแผ่รังสีความร้อนของสังกะสี

สมการการแผ่รังสีความร้อน

$$Q_{rad} = \varepsilon A_c \delta (T_s^4 - T_a^4)$$

ค่าคงที่ของ Stefan – Boltzman

$$= 5.67 \times 10^{-8} (W / m^2 K^4)$$

$$= 0.95 \times 1.16 \times 5.66 \times 10^{-8} (335^4 - 309.5^4)$$

$$= 212.57 \text{ W}$$

การคำนวณพลังงานความร้อนที่สูญเสียทางด้านล่าง

สมการการนำความร้อน

$$Q_{loss} = Q_{cond} = \frac{T_s - T_l}{\frac{\Delta X_s}{k_s A} + \frac{\Delta X_y}{k_y A} + \frac{\Delta X_p}{k_p A} + \frac{\Delta X_w}{k_w A}}$$

$$= \frac{62 - 38.7}{\frac{5 \times 10^{-4}}{112.2 \times 1.16} + \frac{1 \times 10^{-2}}{0.48 \times 1.16} + \frac{3 \times 10^{-3}}{0.12 \times 1.16} + \frac{1 \times 10^{-2}}{0.12 \times 1.16}}$$

$$= 76.077 \text{ W}$$

ดังนั้นพลังงานความร้อนที่ให้กับอากาศ

$$Q_{total} = Q_{conv} + Q_{rad} - Q_{loss}$$

$$= 152.409 + 212.57 - 76.077$$

$$= 288.9 \text{ W}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การคำนวณหาพลังงานที่อากาศได้รับ กรณีตัวดูดซับรังสีในพื้นที่รับแสงยกสูงจากพื้นถนน ตัวอย่างการคำนวณจาก พื้นที่รับแสงสังกะสีแผ่นเรียบ(ยกสูง) พื้นที่อบแห้งมีตัวดูดซับรังสีทาสีดำ ที่เวลา 12.00 น.มีข้อมูลดังนี้

อุณหภูมิอากาศ (T_a)	= 35 °C
อุณหภูมิสังกะสี (T_s)	= 69 °C
อุณหภูมิเฉลี่ยภายในพื้นที่รับแสง	= 58.39 °C
อุณหภูมิผิวนูนของพื้นที่รับแสง (T_f)	= 38.4 °C
พื้นที่สังกะสี (A)	= 1.16 m ²
ค่า สัมประสิทธิ์การนำความร้อนของสังกะสี (k_s)	= 112.2 (W/m°C)
ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน ของยิปซัม (k_g)	= 0.48 (W/m°C)
ค่า สัมประสิทธิ์การนำความร้อน ของโฟม (k_p)	= 0.12 (W/m°C)
ค่า สัมประสิทธิ์การนำความร้อน ของไม้อัด (k_w)	= 0.12 (W/m°C)
ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของอากาศ ที่อุณหภูมิ 58.39°C (k_a)	= 0.028 (W/m°C)
ความสูงของสังกะสี (ΔX_s)	= 0.05 m
ความหนาของสังกะสี (ΔX_g)	= 0.0005 m
ความหนาของยิปซัม (ΔX_p)	= 0.01 m
ความหนาของโฟม (ΔX_p)	= 0.03 m
ความหนาของไม้อัด (ΔX_w)	= 0.01 m
ค่า Emissivity ของสังกะสี	= 0.95

การคำนวณหาพลังงานการพาความร้อนจากสังกะสีให้กับอากาศที่ไหลผ่าน
สมการการพาความร้อน

$$Q_{convection} = hA \Delta T$$

หาค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนจากสมการหาค่าหาค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนภายใน
เครื่องอบแห้ง

$$\begin{aligned} h &= 2.3 \times (T_s - T_a)^{0.25} \\ &= 2.3 \times (69 - 35)^{0.25} \\ &= 5.554 \text{ (W/m}^2\text{°C)} \end{aligned}$$

ดังนั้น

$$\begin{aligned} Q_{convection} &= 5.554 \times 1.16 \times (69 - 35) \\ &= 219.046 \text{ W} \end{aligned}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การคำนวณพลังงานการแผ่รังสีความร้อนของสังกะสี

สมการการแผ่รังสีความร้อน $Q_{rad} = \varepsilon A_c \delta (T_s^4 - T_a^4)$
 ค่าคงที่ของ Stefan – Boltzman $= 5.67 \times 10^{-8} (W / m^2 K^4)$
 $= 0.95 \times 1.16 \times 5.66 \times 10^{-8} (342^4 - 308^4)$
 $= 291.99 \text{ W}$

การคำนวณพลังงานความร้อนที่สูญเสียทางด้านล่าง

สมการการนำความร้อน $Q_{loss} = Q_{cond} = \frac{T_s - T_l}{\frac{\Delta X_s}{k_s A} + \frac{\Delta X_y}{k_y A} + \frac{\Delta X_p}{k_p A} + \frac{\Delta X_w}{k_w A} + \frac{\Delta X_l}{k_a A}}$
 $= \frac{62 - 38.7}{\frac{5 \times 10^{-4}}{112.2 \times 1.16} + \frac{1 \times 10^{-2}}{0.48 \times 1.16} + \frac{3 \times 10^{-3}}{0.12 \times 1.16} + \frac{1 \times 10^{-2}}{0.12 \times 1.16} + \frac{5 \times 10^{-2}}{0.028 \times 1.16}}$
 $= 16.431 \text{ W}$

ดังนั้นพลังงานความร้อนที่ให้กับอากาศ $Q_{total} = Q_{conv} + Q_{rad} - Q_{loss}$
 $= 219.046 + 291.99 - 16.431$
 $= 494.61 \text{ W}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การคำนวณค่า $\frac{Q}{m}$ (KJ/Kg)

ตัวอย่างการคำนวณจาก พื้นที่รับแสงรังสีกะสิแผ่นเรียบ(ยกสูง) พื้นที่อบแห้งมีตัวดูดซับรังสีทาสีดำ ที่เวลา 12.00 น. มีข้อมูลดังนี้

อุณหภูมิเริ่มต้นของต้นหอม = 30 °C

อุณหภูมิต้นหอมที่เวลา 12.00 น. = 58 °C

ความชื้นต้นหอม = 90 % Wet Basis

จากสมการ

ดังนั้น

หาค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนจาก

$$Q = mC_p \Delta T$$

$$\frac{Q}{m} = C_p \Delta T$$

$$C_p = 0.837 + 3.349 X_w$$

$$= 0.837 + 3.349 \times 0.9$$

$$= 3.8511 (\text{KJ} / \text{Kg}^\circ\text{C})$$

$$\frac{Q}{m} = 3.8511 \times (58 - 30)$$

$$= 107.83 (\text{KJ} / \text{Kg})$$

ดังนั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การคำนวณหาพลังงานที่กล้วยใช้ไป

ตัวอย่างการคำนวณจากเวลา 12.00 น. ของกล้วยจุดที่ 1 มีข้อมูลดังนี้

อุณหภูมิเริ่มต้นของกล้วย	= 28 °C
อุณหภูมิกล้วยที่เวลา 12.00 น.	= 39.88 °C
น้ำหนักกล้วยที่เวลา 11.00 น.	= 0.01476 Kg
น้ำหนักกล้วยที่เวลา 12.00 น.	= 0.01299 Kg
ความชื้นกล้วย	= 90% Wet Basis
จากสมการ	

หาค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนจาก

$$Q = mC_p \Delta T$$

$$C_p = 0.837 + 3.349X_w$$

$$= 0.837 + 3.349 \times 0.9$$

$$= 3.8511 (KJ/Kg^{\circ}C)$$

ดังนั้น

$$Q = (0.01476 - 0.01299) \times 3.8511 \times (39.88 - 28)$$

$$= 0.081 KJ$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้