

รายงานการวิจัย

การออกแบบและพัฒนาเตาอบแห้งพลังแสงอาทิตย์แบบแยกส่วน

DESIGN AND DEVELOPMENT OF SPLIT TYPE SOLAR DRYER



ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากเงินงบประมาณรายได้ ประจำปีงบประมาณ 2552

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ชื่อโครงการ การออกแบบและพัฒนาเตาอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบแยกส่วน
DESIGN AND DEVELOPMENT OF SPLIT TYPE SOLAR DRYER

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากเงินงบประมาณรายได้

ประจำปีงบประมาณ 2552 จำนวนเงิน 90,000 บาท

ระยะเวลาทำการวิจัย 1 ปี ตั้งแต่เดือนตุลาคม 2551 ถึง เดือนกันยายน 2552

โดย นายสกันธ์ คล่องบุญจิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม
คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
โทรศัพท์ 0 2739 0653

บทคัดย่อ

โครงการนี้จัดทำขึ้นเพื่อออกแบบสร้างเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่มีขนาดเหมาะสมสำหรับอุตสาหกรรมในครัวเรือน เนื่องจากในปัจจุบันค่าใช้จ่ายในการอบวัตถุดิบต่างๆต้องใช้พลังงานน้ำมัน ก๊าซ หรือ ไฟฟ้า ซึ่งค่าใช้จ่ายมีแนวโน้มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์จะสามารถช่วยลดค่าใช้จ่ายในส่วนของพลังงานเชื้อเพลิง และยังเป็นเครื่องอบแห้งที่ใช้พลังงานจากธรรมชาติเป็นหลัก

เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ประกอบด้วยส่วนหลักๆ 2 ส่วนคือ 1) ตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ ได้ออกแบบให้มีขนาดความยาว 2 เมตร กว้าง 1 เมตร และ 2) แผงรับความร้อนจากดวงอาทิตย์เพื่อช่วยสร้างลมร้อนเข้าสู่ตู้เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์มีขนาดความยาว 2 เมตร และกว้าง 1 เมตร เท่ากับตัวเครื่องอบ โดยทั้ง 2 ส่วนนี้ เชื่อมกันด้วยท่อนำลมร้อนซึ่งมีหน้าที่ผ่านความร้อนจากแผงรับความร้อนเข้าไปสู่ตู้อบ โดยมีพัดลมขนาดเล็กเป็นอุปกรณ์ช่วย

ABSTRACT

This project is how to design and invent the Solar Dryer for the household industry. Since the energy crisis in the present, the prices of fuel, gas and electricity are continuously increasing, this Solar Dryer should be one of the best inventions to cope with this power crisis and it is also the green machine.

The main parts of the Solar Dryer are as following: 1) The oven part is designed with dimensions of 2 meters in length and 1 meter in width and 2) The solar collector panel which produces the hot air into the oven part is designed with dimensions of 2 meters in length and 1 meter in width. These two parts are connected with the hot air tube which can pass the hot air from the solar collector part into the oven part by using the small fan.

RCH
TP
3b3
ส115ก

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....116893
ปี.....1.6 ส.อ. 2554

b. 12326781
i.....

สารบัญเรื่อง

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย-ภาษาอังกฤษ.....	ก
สารบัญ	ข - ค
สารบัญรูป	ง - ฉ
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ที่มาของงานวิจัย	1
1.2 วัตถุประสงค์	1
1.3 ขอบเขตของการศึกษา	1
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
2.1 หลักการพื้นฐานของเทคโนโลยีการอบแห้ง.....	3
2.2 การอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์.....	11
2.3 งานวิจัยและพัฒนาเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่ผ่านมา.....	13
2.4 การพาความร้อน	29
2.5 หลักการคำนวณเพื่อออกแบบเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์.....	30
บทที่ 3 วิธีดำเนินงานการวิจัยและการสร้างชุดเตาอบ	
3.1 การคำนวณและการออกแบบเครื่องอบแห้ง	31
3.2 การเลือกวัสดุและอุปกรณ์เพื่อสร้างเครื่องอบแห้ง	32
3.3 การสร้างโครงเครื่องอบแห้ง	32
3.4 การสร้างแผงรับความร้อนและขาตั้ง	36
3.5 สร้างท่อต่อระหว่างแผงรับกับเครื่องอบแห้ง	40
3.6 สร้างกล่องปิดลม	41
3.7 การประกอบต่อเข้ากับเครื่องอบแห้งและแผงรับ	42

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 ผลการทดลองและการอภิปรายผลการทดลอง	
4.1 การทดสอบสมรรถนะของเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์	44
4.2 ประสิทธิภาพของเครื่องอบแห้ง.....	63
บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ	
5.1 สรุปผลการทดลอง.....	65
5.2 ข้อเสนอแนะ	66
บรรณานุกรม	67
ภาคผนวก	ผ1



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 2.1 แสดงแผนภูมิน้ำประเภตต่างๆ ในวัดอุษึน	4
รูปที่ 2.2 กราฟแสดง Sorption Isotherm ของผลิผลทางการเกษตรทั่วไป	4
รูปที่ 2.3 กราฟแสดงการแปรค่าของความรึอนแฝงของผลิผลทางการเกษตร (Sodha และคณะ ,1987)...	5
รูปที่ 2.4 แสดงแผนภูมิอากาศขึ้นและการเปลี่ยนแปลงสมบัติของอากาศ (Sodha และคณะ ,1987).....	6
รูปที่ 2.5 แสดงการถ่ายเทมวลและความรึอนในการอบแห้ง	7
รูปที่ 2.6 กราฟแสดงการลดลงของความชื้นในการอบแห้งผลิผลทางการเกษตรทั่วไป (Sodha และคณะ ,1987).....	8
รูปที่ 2.7 กราฟแสดงอัตราการแห้งของผลิผลทางการเกษตรระหว่างการอบแห้ง (Sodha และคณะ ,1987)	8
รูปที่ 2.8 แสดงเครื่องอบแห้งแบบรับแสงอาทิตย์โดยตรง (Sodha และคณะ ,1987)	11
รูปที่ 2.9 แสดงเครื่องอบแห้งแบบรับพลังงานแสงอาทิตย์ทางอ้อม (Bala,1998)	12
รูปที่ 2.10 แสดงเครื่องอบแห้งแบบรับพลังงานแสงอาทิตย์โดยตรงและใช้พัดลม (Sodha และคณะ ,1987)	12
รูปที่ 2.11 แสดงเครื่องอบแห้งแบบรับพลังงานแสงอาทิตย์ทางอ้อมและใช้พัดลมดูดอากาศ	13
รูปที่ 2.12 แสดงเครื่องอบแห้งที่พัฒนาขึ้น โดย Exell และ Komsakoo (1976)	14
รูปที่ 2.13 เครื่องอบแห้งที่พัฒนาโดย Wibulswas และคณะ (1977)	14
รูปที่ 2.14 เครื่องอบแห้งแบบตู้ที่พัฒนาโดย Wibulswas และ Thaina (1980)	15
รูปที่ 2.15 โรงบ่มยาสูบที่ใช้พลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานเสริม Boon-Long และคณะ (1984)	16
รูปที่ 2.16 เครื่องอบแห้งที่พัฒนาโดย Thongprasert และคณะ (1985)	16
รูปที่ 2.17 ยึงเก็บและอบแห้งข้าวซึ่งพัฒนาขึ้น โดย Saponronnarit และคณะ (1986)	17
รูปที่ 2.18 ยึงเก็บและอบแห้งข้าวที่พัฒนาขึ้น โดย Praditwong และ Janjai (1990)	18
รูปที่ 2.19 แสดงเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ระดับอุตสาหกรรมที่พัฒนาโดย Janjai (2000) และติดตั้งใช้ งานที่โครงการสวนพระองค์สวนจิตรลดา	18
รูปที่ 2.20 เครื่องอบแห้งที่พัฒนาขึ้น โดย ณัฐวุฒิ คุญฉิ (2534)	19
รูปที่ 2.21 แสดงเครื่องอบแห้งแบบอุโมงค์ลมที่พัฒนาขึ้น โดย Lutz และคณะ (1987)	20
รูปที่ 2.22 แสดงเครื่องอบแห้งแบบอุโมงค์ลมที่พัฒนาขึ้น โดย ต่อมา Janjai และ Hirunlabh (1993)	20
รูปที่ 2.23 แสดงแผงโซลาร์เซลล์และพัดลมที่ติดตั้งกับเครื่องอบแห้งแบบอุโมงค์ลม (Esper,1994)	21
รูปที่ 2.24 แสดงส่วนประกอบของเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์ลม (Esper,1995)	21
รูปที่ 2.25 แสดงส่วนประกอบของส่วนรับรังสีดวงอาทิตย์ (Esper,1995)	22
รูปที่ 2.26 แสดงส่วนประกอบของส่วนอบแห้งผลิผลภัณฑ์ (Esper,1995)	22
รูปที่ 2.27 แสดงเครื่องอบแห้งแบบอุโมงค์ลมที่ติดตั้งใน โครงการสวนพระองค์สวนจิตรลดา	23
รูปที่ 2.28 แสดงเครื่องอบแห้งแบบอุโมงค์ลมที่พัฒนาขึ้น โดย Janjai และคณะ (1998)	24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 2.29 เครื่องอบแห้งแบบอุโมงค์ลมที่พัฒนาขึ้น โดย Janjai และคณะ (1998) และติดตั้งใช้งาน ที่กลุ่มแม่บ้านอำเภอโขงไกรราศ จังหวัดสุโขทัย.....	25
รูปที่ 2.30 เครื่องอบแห้งแบบอุโมงค์ลมที่พัฒนาขึ้น โดย Janjai และคณะ (1998) และติดตั้งใช้งาน ที่กลุ่มแม่บ้านอำเภอแจ้ห่ม จังหวัดลำปาง.....	25
รูปที่ 2.31 เครื่องอบแห้งแบบอุโมงค์ลมที่พัฒนาขึ้น โดย Janjai และคณะ (1998) และติดตั้งใช้งาน ที่โครงการสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี จังหวัดสกลนคร.....	26
รูปที่ 2.32 แสดงเครื่องอบแห้งตะไคร้ที่พัฒนาขึ้น โดย Janjai และคณะ (2002).....	27
รูปที่ 2.33 แสดงเครื่องอบแห้งลำไยที่พัฒนาขึ้น โดย Janjai และ Praditwong (1999)	28
รูปที่ 2.34 แสดงลักษณะของของไหลเมื่อไหลผ่านพื้นผิว	29
รูปที่ 3.1 แสดงภาคใต้วัตถุคิบ	33
รูปที่ 3.2 แสดงโครงสร้างเครื่องอบแห้ง	34
รูปที่ 3.3 แสดงการยึดปิดฝาเครื่องอบแห้ง	34
รูปที่ 3.4 แสดงการพันสื่อด้านนอก	35
รูปที่ 3.5 แสดงการยึดพลาสติกใสด้านบน	35
รูปที่ 3.6 แสดงการประกอบฝาบน	37
รูปที่ 3.7 แสดงช่องทั้ง 10 ช่อง	37
รูปที่ 3.8 แสดงการวางกระจก	38
รูปที่ 3.9 แสดงการเชื่อมขารับแสงให้สามารถปรับได้	38
รูปที่ 3.10 แสดงการล็อกขารับแสง	39
รูปที่ 3.11 แสดงการใช้เหล็กเส้นยึดกระจก	39
รูปที่ 3.12 แสดงท่อลูมิเนียมพรอยด์	40
รูปที่ 3.13 แสดงกล่องพัดลม	41
รูปที่ 3.14 แสดงการต่อท่อ PVC 3 ทาง	42
รูปที่ 3.15 การต่อท่อ 90 องศา	43
รูปที่ 3.16 แสดงการต่อท่อลูมิเนียมเข้ากับพัดลม	43
รูปที่ 3.17 แสดงการต่อเครื่องที่เสร็จแล้ว	43
รูปที่ 4.1 แสดงสายเทอร์โมคอปเปิล	44
รูปที่ 4.2 แสดงเครื่องบันทึกข้อมูล	45
รูปที่ 4.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์อุณหภูมิกับเวลา (9.00-13.00) วันที่ 11 มีนาคม 51	46
รูปที่ 4.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์อุณหภูมิกับเวลา (13.00-17.00) วันที่ 11 มีนาคม 51	46
รูปที่ 4.5 กราฟแสดงความสัมพันธ์อุณหภูมิกับเวลา (9.00-13.00) วันที่ 12 มีนาคม 51	48

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 4.6 กราฟแสดงความสัมพันธ์อุณหภูมิกับเวลา (13.00-17.00) วันที่ 12 มีนาคม 51	48
รูปที่ 4.7 กราฟแสดงความสัมพันธ์อุณหภูมิกับเวลา (09.00-13.00) วันที่ 13 มีนาคม 51	50
รูปที่ 4.8 กราฟแสดงความสัมพันธ์อุณหภูมิกับเวลา (13.00-17.00) วันที่ 13 มีนาคม 51	50
รูปที่ 4.9 กราฟแสดงความสัมพันธ์อุณหภูมิกับเวลา (09.00-13.00) วันที่ 14 มีนาคม 51	52
รูปที่ 4.10 กราฟแสดงความสัมพันธ์อุณหภูมิกับเวลา (13.00-17.00) วันที่ 14 มีนาคม 51	52
รูปที่ 4.11 กราฟแสดงความสัมพันธ์อุณหภูมิกับเวลา (09.00-13.00) วันที่ 18 มีนาคม 51	54
รูปที่ 4.12 กราฟแสดงความสัมพันธ์อุณหภูมิกับเวลา (13.00-17.00) วันที่ 18 มีนาคม 51	54
รูปที่ 4.13 กราฟแสดงความสัมพันธ์อุณหภูมิกับเวลา (09.00-13.00) วันที่ 20 มีนาคม 51	56
รูปที่ 4.14 กราฟแสดงความสัมพันธ์อุณหภูมิกับเวลา (13.00-17.00) วันที่ 20 มีนาคม 51	56
รูปที่ 4.15 กราฟแสดงความสัมพันธ์อุณหภูมิกับเวลา (09.00-13.00) วันที่ 21 มีนาคม 51	58
รูปที่ 4.16 กราฟแสดงความสัมพันธ์อุณหภูมิกับเวลา (13.00-17.00) วันที่ 21 มีนาคม 51	58
รูปที่ 4.17 เครื่องชั่งน้ำหนักแบบดิจิทัล	60

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาของงานวิจัย

ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรมที่สำคัญอันดับต้นๆของโลก ผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรมีหลากหลายชนิดและมีจำนวนมาก ผลิตภัณฑ์ดังกล่าวส่วนใหญ่ต้องผ่านกระบวนการแปรรูปหลังการเก็บเกี่ยวก่อนนำออกจำหน่ายซึ่งกระบวนการแปรรูปที่สำคัญคือ การตากแห้งหรืออบแห้ง ทั้งนี้เพราะการอบแห้งช่วยลดความชื้นของผลิตภัณฑ์ ยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราและแบคทีเรีย ยังช่วยหยุดปฏิกิริยาทางชีวเคมีในผลิตภัณฑ์อีกด้วย

โดยทั่วไปการอบแห้งเป็นกระบวนการที่ใช้ความร้อนในการระเหยน้ำออกจากผลิตภัณฑ์ วิธีการอบแห้งที่เกษตรกรนิยมใช้กันทั่วไปได้แก่ การตากแดดธรรมชาติ ทั้งนี้แม้ทำได้ง่ายและเสียค่าใช้จ่ายน้อย แต่ก็มีปัญหาในเรื่องผลิตภัณฑ์ที่เสียหายระหว่างการตากจากสัตว์และแมลงต่างๆ นอกจากนี้การตากแดดแบบธรรมชาติจะขึ้นกับสภาพดินฟ้าอากาศซึ่งควบคุมไม่ได้ การอบแห้งที่ความชื้นลดลงช้าเกินไปจะมีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์แห้งอีกด้วย

ในปัจจุบันแม้จะมีการพัฒนาเครื่องอบแห้งเชิงกลขึ้นมาหลายแบบ แต่ก็มีราคาแพงซึ่งเกษตรกร หรือผู้ประกอบการขนาดเล็กรายใหญ่ไม่สามารถจัดหาใช้ได้ นอกจากนี้เครื่องอบแห้งเชิงกลดังกล่าวต้องใช้น้ำมันเป็นเชื้อเพลิงซึ่งต้องนำเข้าจากต่างประเทศ และยังส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมอีกด้วย

ประเทศไทยตั้งอยู่ในเขตร้อนซึ่งได้รับพลังงานแสงอาทิตย์ค่อนข้างสูง การใช้เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์จึงนับเป็นการแก้ปัญหาการอบแห้งที่มีความเป็นไปได้สูง ดังนั้นกลุ่มผู้จัดทำจึงศึกษาและออกแบบเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อให้มีความเหมาะสมกับอุตสาหกรรมในครัวเรือน เพื่อเป็นแหล่งข้อมูลและต้นแบบ เพื่อให้ผู้สนใจนำไปศึกษาและพัฒนาไปใช้ต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

1. เพื่อออกแบบและสร้างเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่เหมาะสมกับการใช้งานในอุตสาหกรรมครอบครัวจนถึงอุตสาหกรรมขนาดเล็กในประเทศไทย
2. เพื่อทดสอบสมรรถนะของเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์

1.3 ขอบเขตของโครงการ

1. ศึกษาหลักการทฤษฎีเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์
2. ออกแบบและสร้างเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์
3. ทดลองใช้งานและวิเคราะห์ถึงประสิทธิภาพเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์
4. ปรับปรุงแก้ไขเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ให้มีประสิทธิภาพสูงสุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เพื่อเป็นต้นแบบและข้อมูลสำหรับผู้สนใจนำไปพัฒนาต่อไป
2. เพื่อลดการใช้พลังงานเชื้อเพลิง ค่าใช้จ่าย และเพิ่มผลผลิตในการแปรรูปผลิตภัณฑ์ด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 หลักการพื้นฐานของเทคโนโลยีการอบแห้ง

2.1.1 สมบัติวัสดุชื้น (Properties of Moist Materials)

2.1.1.1 ความชื้นของวัสดุชื้น

วัสดุชื้นประกอบด้วยของแข็ง (Solid Materials) และความชื้น โดยทั่วไปเป็นน้ำในสถานะของเหลว เราสามารถบอกปริมาณความชื้นของวัสดุชื้นในรูปของความชื้นมาตรฐานเปียกหรือมาตรฐานแห้งดังนี้

$$M_w = \frac{m_w}{m_w + m_s}$$

$$M_w = \frac{m_w}{m_s}$$

เมื่อ

M_w	=	ความชื้นมาตรฐานเปียก (kg/kg)
M_s	=	ความชื้นมาตรฐานแห้ง (kg/kg)
m_w	=	มวลของน้ำที่ต้องการระเหย (kg)
m_s	=	มวลของของแข็ง ในปริมาตรที่พิจารณา (kg)

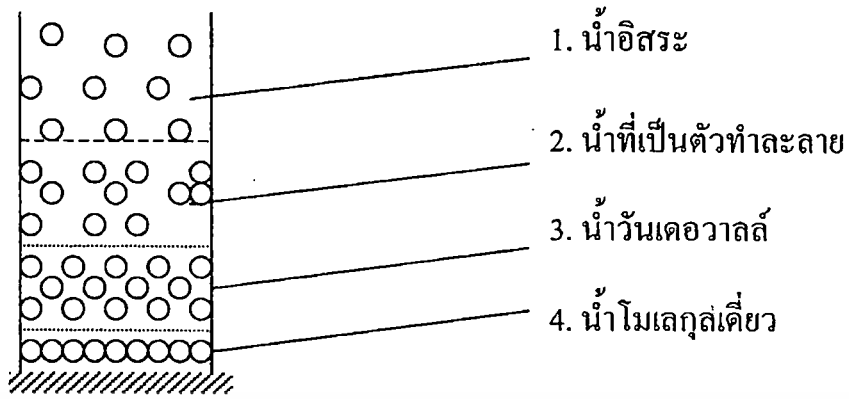
ความชื้นมาตรฐานเปียกมักนิยมใช้ในทางการค้า และสำหรับความชื้นมาตรฐานแห้งมักใช้ในการคำนวณและการศึกษาเชิงวิทยาศาสตร์

2.1.1.2 ลักษณะการเกาะตัวของน้ำบนวัสดุชื้น

น้ำที่เกาะตัวกับของแข็งในวัสดุชื้นสามารถแบ่งได้เป็น 4 ชนิดคือ

1. น้ำอิสระ (Free Water)
2. น้ำที่เป็นตัวทำละลาย (Solvent Water)
3. น้ำที่เกาะตัวโดยแรงแวนเดอร์วาลส์ (Water Attached with Van de Waal Force)
4. น้ำโมเลกุลเดี่ยว (Mono-Molecular Water)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

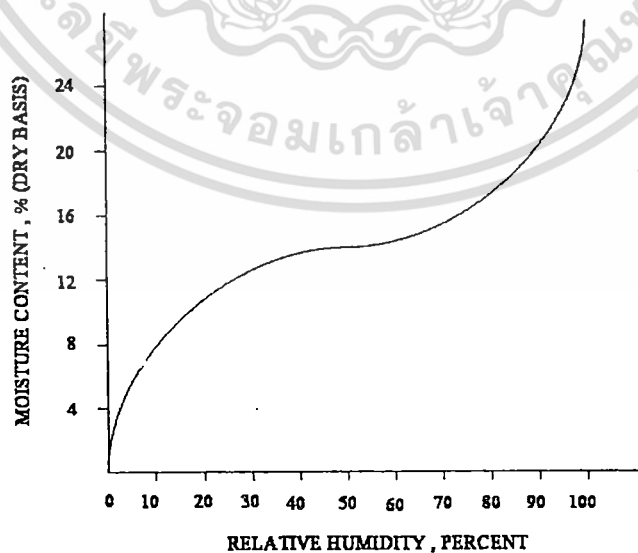


รูปที่ 2.1 แสดงแผนภูมิน้ำประเภทต่างๆ ในวัสดุขึ้น

การเกาะของน้ำอิสระจะอยู่ที่ชั้นนอกสุดของผิวของแข็ง ส่วนน้ำแบบอื่นจะอยู่ติดลงมาจากชั้นน้ำแบบน้ำโมเลกุลเดี่ยว ซึ่งอยู่ที่บริเวณผิวสัมผัสของของแข็ง ในการแยกน้ำแบบอิสระจะใช้พลังงานน้อยที่สุด ส่วนน้ำแบบโมเลกุลเดี่ยวต้องใช้พลังงานในการแยกน้ำออกจากตัววัสดุขึ้นมากที่สุด

2.1.1.3 ความชื้นสมดุล (Equilibrium Moisture Content)

วัสดุขึ้นจะมีการรับและคายความชื้นจากอากาศรอบๆ จนกระทั่งความชื้นมีค่าคงที่หรืออยู่ในสภาวะสมดุลกับอากาศแวดล้อม เรียกความชื้นนี้ว่า ความชื้นสมดุล (Equilibrium Moisture Content) ความชื้นสมดุลจะขึ้นกับธรรมชาติของวัตถุ อุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ ซึ่งสามารถหาได้โดยการทดลอง โดยทั่วไปกราฟที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นสมดุลกับความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศในสภาวะสมดุลที่อุณหภูมิคงที่ จะเรียกว่า Sorption Isotherm ซึ่งของผลิตภัณฑ์การเกษตรส่วนใหญ่จะมีลักษณะเป็นกราฟรูป Sigmoid ดังตัวอย่างในรูปที่ 2.2

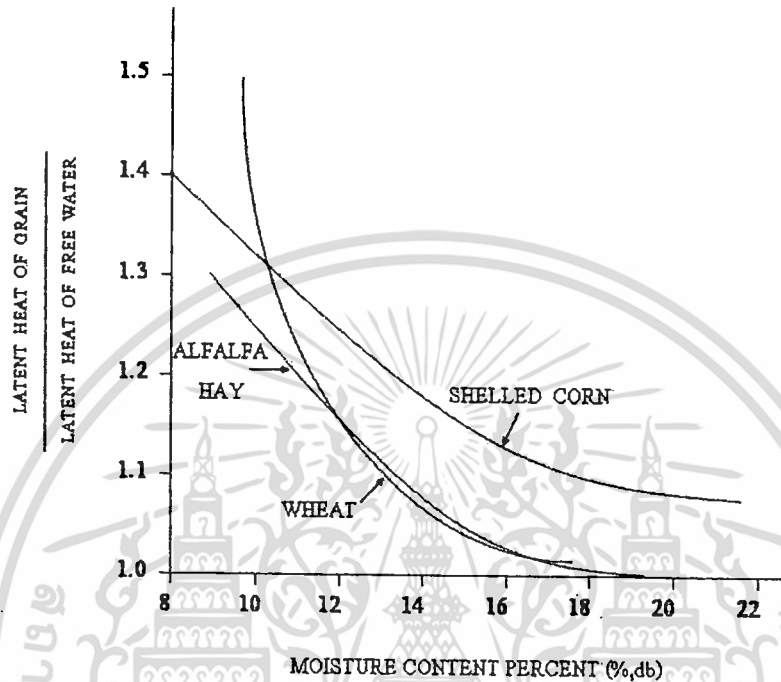


รูปที่ 2.2 กราฟแสดง Sorption Isotherm ของผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรทั่วไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้เผยแพร่ไปเชิงพาณิชย์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.1.4 ความร้อนแฝง (Latent Heat)

ความร้อนแฝง คือ ปริมาณความร้อนที่ต้องการใช้ในการระเหยน้ำออกจากวัตถุดิบซึ่งมีค่าขึ้นกับชนิดและความชื้นของวัตถุ ตัวอย่างความร้อนแฝงของผลิตภัณฑ์การเกษตร แสดง ในรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 กราฟแสดงการแปรค่าของความร้อนแฝงของผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร (Sodha และคณะ, 1987)

ความร้อนแฝงของผลิตภัณฑ์การเกษตรสามารถเขียนในรูปของสูตรเอมไพริคัลได้ ดังนี้

$$\frac{L}{L'} = 1 + a \exp(-bM_d)$$

- เมื่อ
- L = ความร้อนแฝงของวัตถุดิบ (J/kg)
 - L' = ความร้อนแฝงของน้ำ (J/kg)
 - M_d = ความชื้นของวัตถุดิบมาตรฐานแห้ง (%)
 - a และ b = ค่าคงที่ขึ้นกับชนิดของวัตถุ

นอกจากนี้ยังมีคุณสมบัติความร้อนอื่นๆ ของวัตถุดิบที่มีผลต่อการอบแห้ง เช่น ความร้อนจำเพาะ (Specific Heat) สภาพนำความร้อน (Heat Conductivity) สัมประสิทธิ์การพาความร้อน (Convective Heat Transfer Coefficient) และพื้นที่ผิวต่อปริมาตรวัตถุ เป็นต้น สมบัติเหล่านี้มักจะขึ้นกับความชื้นของวัตถุและหาได้โดยการทดลอง

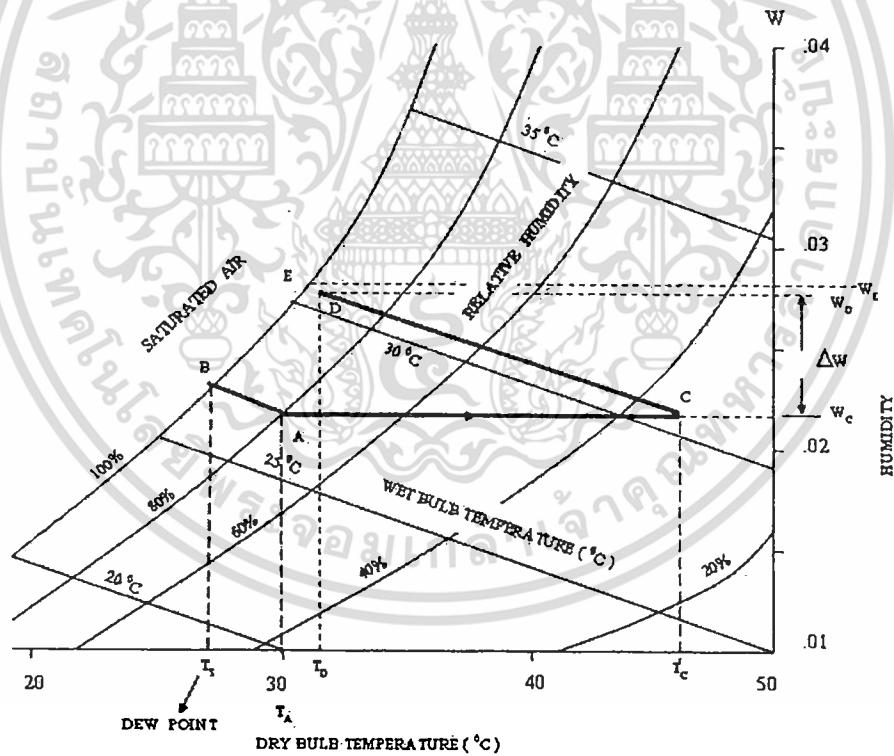
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2 สมบัติของอากาศชื้น (Properties of Moist Air)

อากาศซึ่งใช้เป็นตัวกลางในการพาความร้อนไปสู่วัตถุขึ้น และพาความชื้นจากวัตถุนั้นออกมาภายนอก จะประกอบด้วยอากาศแห้งและไอน้ำ ซึ่งมีสมบัติแสดงได้ด้วยตัวแปร 7 ตัวดังนี้

1. อุณหภูมิกระเปาะแห้ง (T_{db})
2. อุณหภูมิกระเปาะเปียก (T_{wb})
3. อุณหภูมิจุดน้ำค้าง (Dew-point Temperature)
4. ความชื้นสัมพัทธ์ (Relative Humidity, rh)
5. ความชื้นสัมบูรณ์ (Absolute Humidity) หรืออัตราส่วนความชื้น (Humidity Ratio)
6. เอลทาลปี (Enthalpy)
7. ปริมาตรจำเพาะ (Specific Volume)

ตัวแปรทั้ง 7 มีความสัมพันธ์กันและสามารถแสดงเป็นแผนภูมิอากาศชื้น (Psychrometric Chart) ดังรูปที่ 2.4 ในกระบวนการอบแห้ง สมบัติของอากาศจะมีการเปลี่ยนแปลงดังที่แสดงไว้ในแผนภูมิดังกล่าว



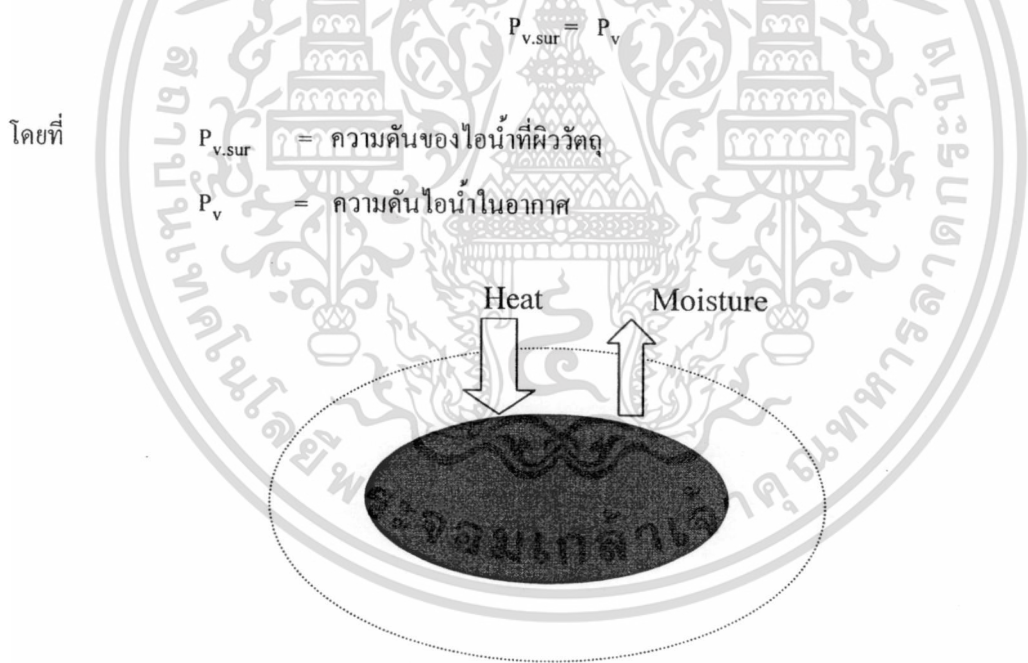
รูปที่ 2.4 แสดงแผนภูมิอากาศชื้นและการเปลี่ยนแปลงสมบัติของอากาศ (Sodha และ คณะ, 1987)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในกระบวนการอบแห้ง อุณหภูมิกระเปาะแห้งของอากาศจะลดลงเข้าหาอุณหภูมิจุดน้ำค้าง ในขณะที่อุณหภูมิกระเปาะเปียกจะมีค่าคงที่ จากแผนภูมิความชื้นของรูปที่ 2.4 เมื่ออากาศชื้นถูกทำให้ร้อนขึ้นโดยไม่มีการเพิ่มหรือลดปริมาณไอน้ำ อัตราส่วนความชื้นจะมีค่าคงที่ แสดงได้ด้วยเส้นตรง AC ในรูปที่ 2.4 ถ้านำอากาศร้อนนี้ไปใช้ในการอบแห้ง อุณหภูมิกระเปาะแห้งจะลดลง และความชื้นสัมพัทธ์จะเพิ่มขึ้นเนื่องจากอากาศถ่ายเทความร้อนให้กับวัตถุชื้นและรับความชื้นจากวัตถุนั้น การเปลี่ยนแปลงอากาศนี้แทนได้ด้วยเส้นตรง CD ในแผนภูมิอากาศชื้นรูปที่ 2.4

2.1.3 การอบแห้ง

การอบแห้งเป็นการแยกน้ำออกจากวัตถุชื้น (Moist Material) โดยการทำให้น้ำเปลี่ยนสถานะเป็นไอน้ำ โดยอาศัยความร้อน สำหรับการอบแห้งผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรมักเป็นการอบแห้งแบบพาความร้อน (Convective Drying) โดยจะเป่าอากาศร้อนผ่านผลิตภัณฑ์ที่เป็นวัตถุชื้น ความร้อนอากาศจะถ่ายเทไปยังวัตถุที่มีอุณหภูมิสูงขึ้น น้ำในวัตถุจะเปลี่ยนเป็นไอน้ำระเหยออกมา การถ่ายเทมวลของน้ำจากวัตถุชื้นไปยังอากาศจะหยุดเมื่อความดันไอน้ำที่ผิววัตถุเท่ากับความดันไอน้ำในอากาศหรือ

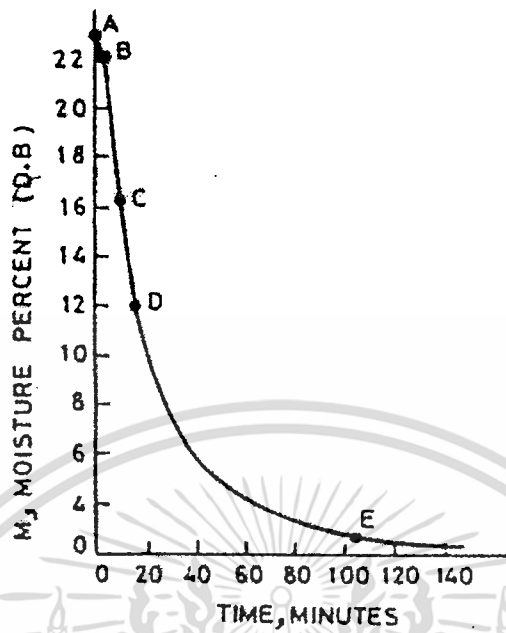


รูปที่ 2.5 แสดงการถ่ายเทมวลและความร้อนในการอบแห้ง

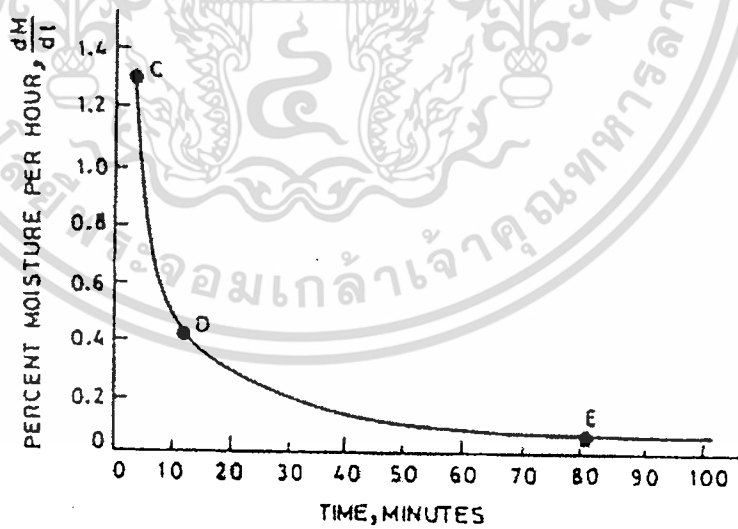
การเคลื่อนตัวของน้ำจากภายในวัตถุชื้นออกมาที่ผิว เป็นกระบวนการที่ซับซ้อนและขึ้นกับโครงสร้างของวัตถุนั้น ตัวอย่างกระบวนการเหล่านี้ได้แก่ การแพร่ (Diffusion) การไหลภายในท่อเล็กในโครงสร้างของวัตถุ (Capillary Flow)

ในการอบแห้งผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร การลดลงของความชื้นจะมีลักษณะดังรูปที่ 2.6 หรือแสดงในรูปของอัตราการแห้ง (Drying Rate) ดังรูปที่ 2.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.6 กราฟแสดงการลดลงของความชื้นในการอบแห้งผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรทั่วไป (Sodha และคณะ, 1987)



รูปที่ 2.7 กราฟแสดงอัตราการแห้งของผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรระหว่างการอบแห้ง (Sodha และคณะ, 1987)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยทั่วไปอัตราการแห้งของผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรจะแบ่งได้เป็น 2 ช่วง ได้แก่ ช่วงอัตราการแห้งคงที่ (Constant-Rate Regime) ซึ่งเป็นช่วงแรกของการอบแห้ง และช่วงอัตราการแห้งลดลง (Falling-Rate Regime) ซึ่งต่อจากช่วงแรก ในช่วงอัตราการแห้งคงที่การระเหยของน้ำจะเกิดที่ผิวของผลิตภัณฑ์ ลักษณะการระเหยจะคล้ายกับการระเหยน้ำจากภาชนะ เราสามารถเขียนอัตราการแห้งในช่วงเวลานี้เป็นรูปสมการ ได้ดังนี้

$$\frac{dM}{dt} = \frac{h_c A}{L} [T_a - T_{sur}]$$

เมื่อ

dM/dt = อัตราการแห้ง (kg/s)
 h_c = สัมประสิทธิ์การนำความร้อนของฟิล์มอากาศที่อยู่เหนือผิวผลิตภัณฑ์ (Thermal Conductance of Air Film) ($W/m^2 \cdot K$)
 A = พื้นที่ผิวของผลิตภัณฑ์ (m^2)
 L = ความร้อนแฝงของน้ำในผลิตภัณฑ์ (J/kg)
 T_a = อุณหภูมิของอากาศที่ใช้ในการอบแห้ง (K)
 T_{sur} = อุณหภูมิของอากาศที่ใช้ในการอบแห้ง (K)

สำหรับช่วงที่อัตราการแห้งลดลง (Falling-Rate Regime) โดยทั่วไปเราสามารถเขียนอัตราการแห้งในรูปสมการได้ดังนี้

$$\frac{dM}{dt} = -k(M - M_e)$$

เมื่อ

M_e = ความชื้นสมดุล (Equilibrium Moisture Content) ของผลิตภัณฑ์ (%db)
 M = ความชื้นของผลิตภัณฑ์ (%db)
 k = ค่าคงที่การอบแห้ง (Drying Constant) (s^{-1})

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.4 ผลของตัวแปรต่างๆที่มีผลต่อการอบแห้ง

ตัวแปรสำคัญที่มีผลต่อการลดลงของความชื้นของวัสดุ ได้แก่

1. อุณหภูมิอากาศที่ใช้ในการอบแห้ง ถ้าอุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้งมีค่าสูง อัตราการแห้ง (Drying Rate) จะมีค่าสูงกว่ากรณีของอากาศที่มีอุณหภูมิต่ำ
2. ความชื้นสัมพัทธ์ อากาศที่มีชื้นสัมพัทธ์ต่ำจะสามารถรับความชื้นที่ถ่ายเทจากวัสดุขึ้นได้มากกว่ากรณีที่อากาศมีชื้นสัมพัทธ์สูง
3. ความเร็วอากาศที่ไหลผ่านวัสดุขึ้น ถ้าความเร็วอากาศมีค่าสูงความชื้นจากวัสดุจะถ่ายเทออกมาสู่อากาศได้ดีกว่ากรณีอากาศที่อยู่นิ่งหรือเคลื่อนที่ด้วยความเร็วต่ำ แต่ผลดังกล่าวจะมีค่อนข้างน้อยเมื่อเทียบกับผลจากอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ

2.1.5 ประเภทการอบแห้ง

การอบแห้งแบบพาความร้อน โดยทั่วไปแบ่งได้ 2 แบบ คือ

2.1.5.1 การอบแห้งแบบชั้นบาง (Thin Layer Drying)

การอบแห้งแบบนี้ วัสดุขึ้นจะเรียงเป็นชั้นบางๆ หรือเพียงหนึ่งชั้นของเมล็ดพืช กรณีที่การอบเมล็ดพืชแบบชั้นบาง การลดลงของความชื้นสามารถเขียนเป็นสมการ ได้ดังนี้

$$\frac{M(t) - M_e}{M_o - M_e} = \exp(-kt)$$

เมื่อ

$M(t)$	=	ความชื้นขณะเวลา t (%db)
M_e	=	ความชื้นสมดุล (%db)
M_o	=	ความชื้นเริ่มต้น (%db)
k	=	ค่าคงที่การอบแห้ง (s^{-1})

2.1.5.2 การอบแห้งชั้นหนา (Deep Bed Drying)

เป็นการอบแห้งที่วัสดุซ้อนกันหลายชั้น ตัวอย่างเช่น การอบแห้งข้าวในเครื่องอบแห้งแบบใช้อากาศแวดล้อม (In-Bin Drying) ในการคำนวณการลดลงของความชื้นในเครื่องอบแห้ง โดยทั่วไปจะพิจารณาว่า การอบแห้งชั้นหนาประกอบด้วย การอบแห้งชั้นบางหลายๆชั้น เรียงซ้อนกัน และทำการหาสมการสมดุลของมวลและพลังงานที่เกิดขึ้นในแต่ละชั้น (Bakker-Arkema, 1974)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 การอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์

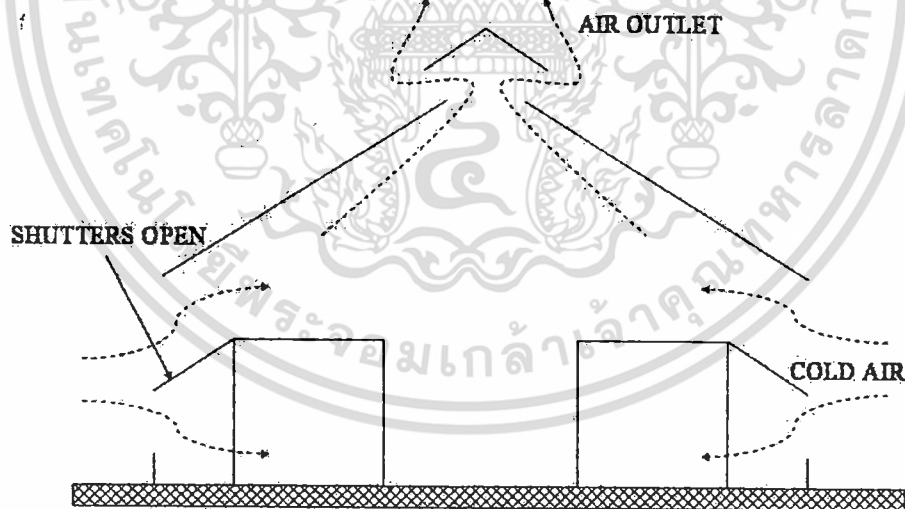
เป็นการอบแห้งผลิตภัณฑ์โดยใช้ความร้อนจากพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อระเหยน้ำจากผลิตภัณฑ์ซึ่งอาศัยการพาความร้อน โดยทั่วไปสามารถแบ่งการอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบพาความร้อนได้เป็น 2 แบบคือการพาความร้อนตามธรรมชาติ (Natural Convection Dryer) ซึ่งอาศัยแรงลอยตัวเนื่องจากการพาความร้อน และแบบการพาความร้อนแบบบังคับอากาศ (Forced-Convection Dryer) ซึ่งอาศัยแรงดันจากพัดลมในการพาความร้อนไปยังผลิตภัณฑ์ นอกจากนี้ ยังอาจแบ่งชนิดของการอบแห้งตามวิธีการรับรังสี โดยสามารถแบ่งได้ 3 แบบได้แก่ แบบรับรังสีโดยตรง (Direct Mode Dryer) แบบรับรังสีโดยอ้อม (Indirect Mode Dryer) และแบบผสม (Mixed Mode Dryer) สำหรับรายละเอียดของเครื่องอบแห้งชนิดต่างๆ จะกล่าวในรายละเอียดตามหัวข้อต่างๆ ดังนี้

2.2.1 เครื่องอบแห้งแบบพาความร้อนตามธรรมชาติ (Natural Convection Dryer)

เครื่องอบแห้งแบบนี้ยังสามารถแบ่งได้ 2 ประเภท

2.2.1.1 แบบรับพลังงานแสงอาทิตย์โดยตรง (Direct Mode)

เครื่องอบแห้งแบบนี้ รังสีดวงอาทิตย์จะตกลงบนผลผลิตที่ต้องการอบแห้งโดยตรง ความชื้นจากผลิตภัณฑ์จะถูกพาขึ้นไปด้านบนโดยการไหลของอากาศที่เกิดจากการพาความร้อนตามธรรมชาติ รังสีดวงอาทิตย์จะส่งผ่านวัสดุโปร่งแสง ซึ่งอาจเป็นพลาสติกหรือกระจกก็ได้ แผ่นโปร่งแสงดังกล่าวทำหน้าที่ป้องกันการสูญเสียความร้อนโดยการพาความร้อนและการแผ่รังสีความร้อน ทั้งยังป้องกันฝุ่นละออง ฝน และแมลงรบกวนต่างๆ

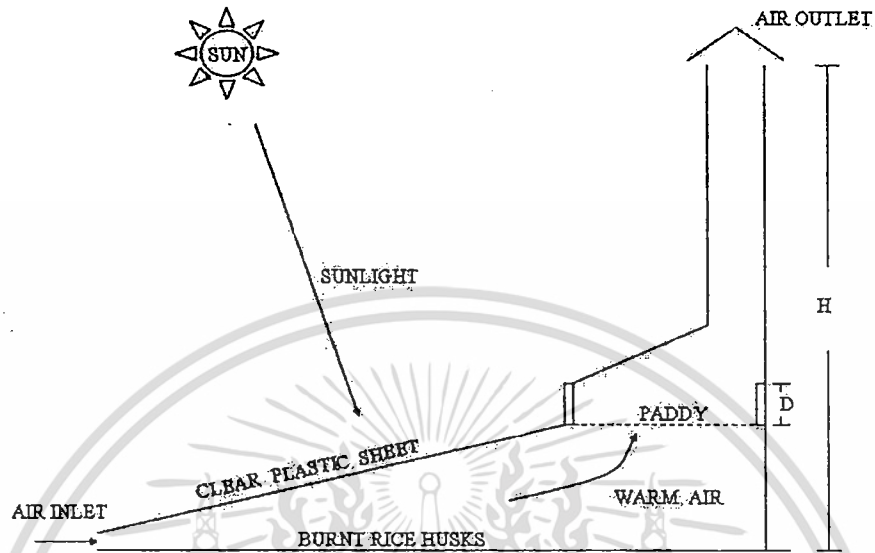


รูปที่ 2.8 แสดงเครื่องอบแห้งแบบรับแสงอาทิตย์โดยตรง (Sodha และคณะ,1987)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.1.2 แบบรับพลังงานแสงอาทิตย์ทางอ้อม (indirect mode)

เครื่องอบแห้งแบบนี้จะมีแผงรับรังสีดวงอาทิตย์ ซึ่งทำงานโดยอาศัยการพาความร้อนแบบธรรมชาติ (Natural Convection) อากาศร้อนที่ได้จะลอยตัวและไหลผ่านผลิตภัณฑ์ที่ต้องการอบแห้ง

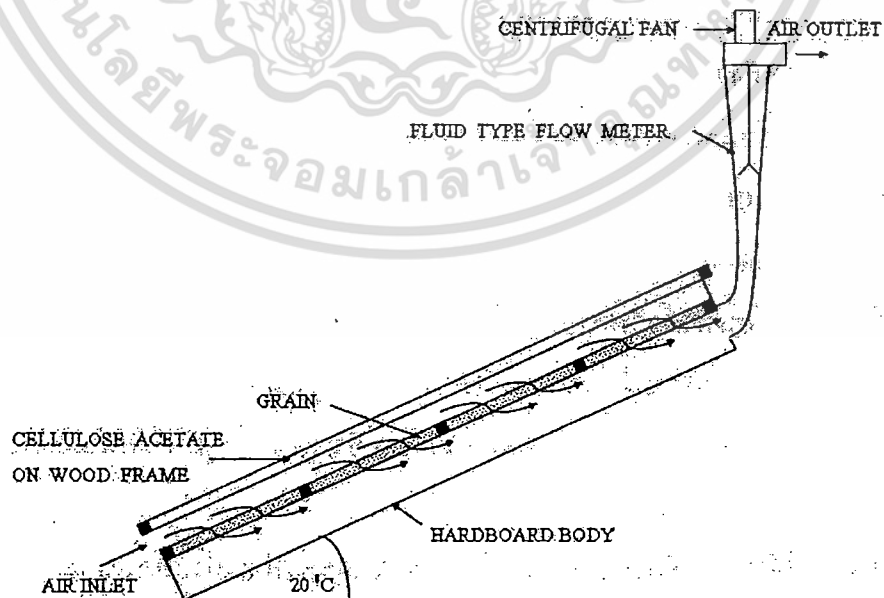


รูปที่ 2.9 แสดงเครื่องอบแห้งแบบรับพลังงานแสงอาทิตย์ทางอ้อม (Bala,1998)

2.2.2 เครื่องอบแห้งแบบพาความร้อนโดยบังคับอากาศ (Forced-Convection Dryer)

2.2.2.1 แบบรับพลังงานแสงอาทิตย์โดยตรง

เครื่องอบแห้งแบบนี้ ผลิตภัณฑ์ที่ต้องการอบแห้งจะรับรังสีดวงอาทิตย์โดยตรง อากาศร้อนจะถูกดูดผ่านผลิตภัณฑ์โดยอาศัยพัดลมดังตัวอย่างในรูปที่ 2.10

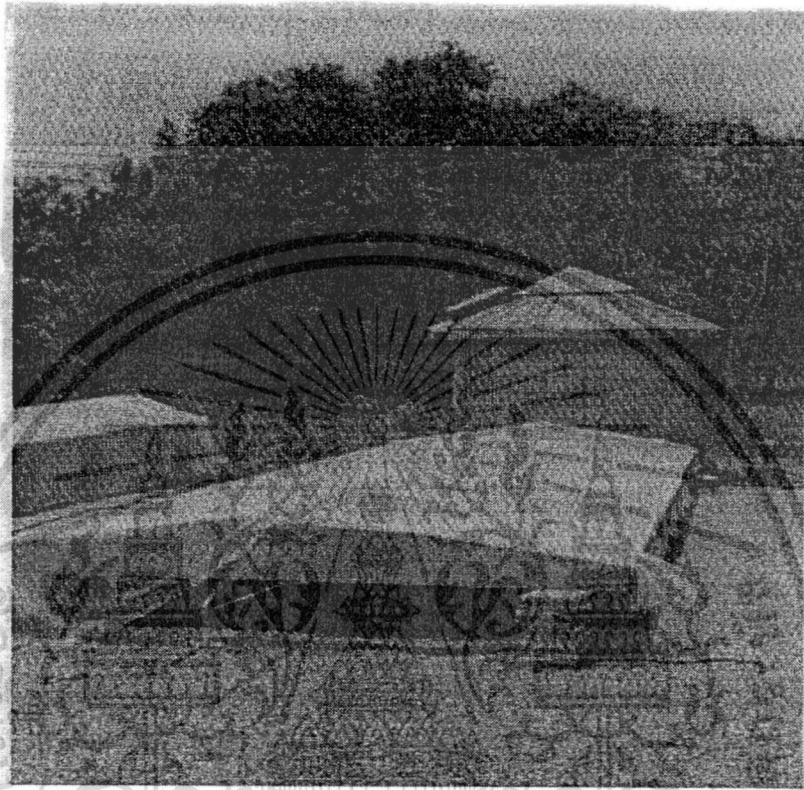


รูปที่ 2.10 แสดงเครื่องอบแห้งแบบรับพลังงานแสงอาทิตย์โดยตรงและใช้พัดลม (Sodha และคณะ,1987)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2.2 แบบรับรังสีพลังงานแสงอาทิตย์ทางอ้อม (Indirect Mode)

เครื่องอบแห้งแบบนี้จะมีแผงรับรังสีดวงอาทิตย์แบบแผ่นราบซึ่งทำหน้าที่ผลิตอากาศแล้วเป่าหรือดูดผ่านส่วนที่บรรจุผลิตภัณฑ์ซึ่งอยู่แยกส่วนจากแผงรับรังสีดวงอาทิตย์ ดังตัวอย่างรูปที่ 2.11



รูปที่ 2.11 แสดงเครื่องอบแห้งแบบรับพลังงานแสงอาทิตย์ทางอ้อมและใช้พัดลมดูดอากาศ

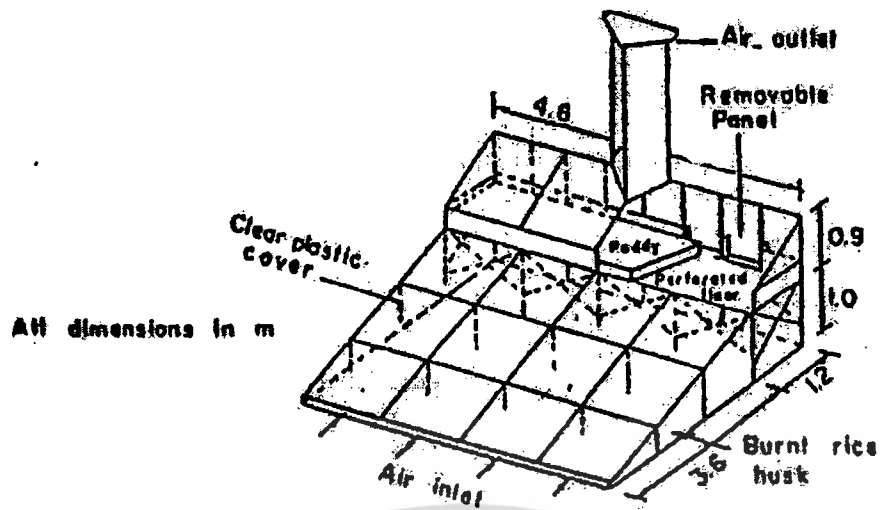
2.3 งานวิจัยและพัฒนาเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่ผ่านมา

จากศักยภาพของพลังงานแสงอาทิตย์ และปัญหาการตกแห้งผลิตภัณฑ์การเกษตร ในช่วงเวลากว่า 20 ปีที่ผ่านมา จึงได้มีการวิจัยและพัฒนาเครื่องอบแห้ง ซึ่งใช้พลังงานแสงอาทิตย์เป็นแหล่งกำเนิดความร้อนขึ้นหลายแบบซึ่งสามารถกล่าวโดยสรุปได้ดังนี้

Exell และ Kornsakoo (1976) ได้พัฒนาเครื่องอบแห้งที่มีโครงสร้างแบบไม้ไผ่ประกอบด้วยส่วนที่เป็นส่วนผลิตอากาศร้อนทำด้วยพลาสติก และส่วนที่เก็บข้าวเปลือก ทำด้วยไม้ไผ่ยกพื้นให้อากาศร้อนไหลผ่านจากด้านล่าง เกิดการพาความร้อนโดยธรรมชาติ (Natural Convection) สามารถอบข้าวเปลือกได้ครั้งละ 1 ตัน ใช้เวลาประมาณ 1 วัน ในวันที่แสงแดดดี และ 2-3 วัน ในช่วงฤดูฝน ลักษณะของเครื่องแสดงไว้ดังรูปที่ 2.12

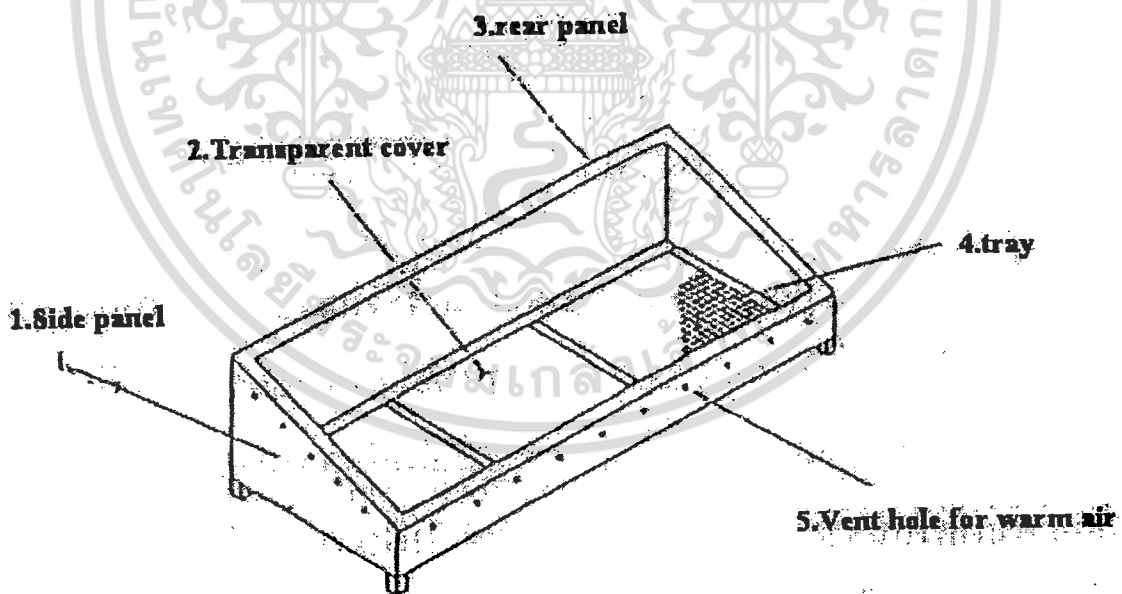
Exell (1980) ได้เสนอวิธีออกแบบและคำนวณขนาดของส่วนประกอบของเครื่องอบแห้งที่พัฒนาจากข้างต้นและได้นำไปทดลองใช้ แต่ไม่ได้รับความนิยมเพราะประโยชน์เชิงเศรษฐกิจที่ได้ค่อนข้างน้อยและยังเกิดปัญหากับพลาสติกที่คลุมส่วนต่างๆ มักฉีกขาดง่าย เนื่องจากลมและการรบกวนจากสัตว์ต่างๆด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.12 แสดงเครื่องอบแห้งที่พัฒนาขึ้นโดย Exell และ Kornsakoo (1976)

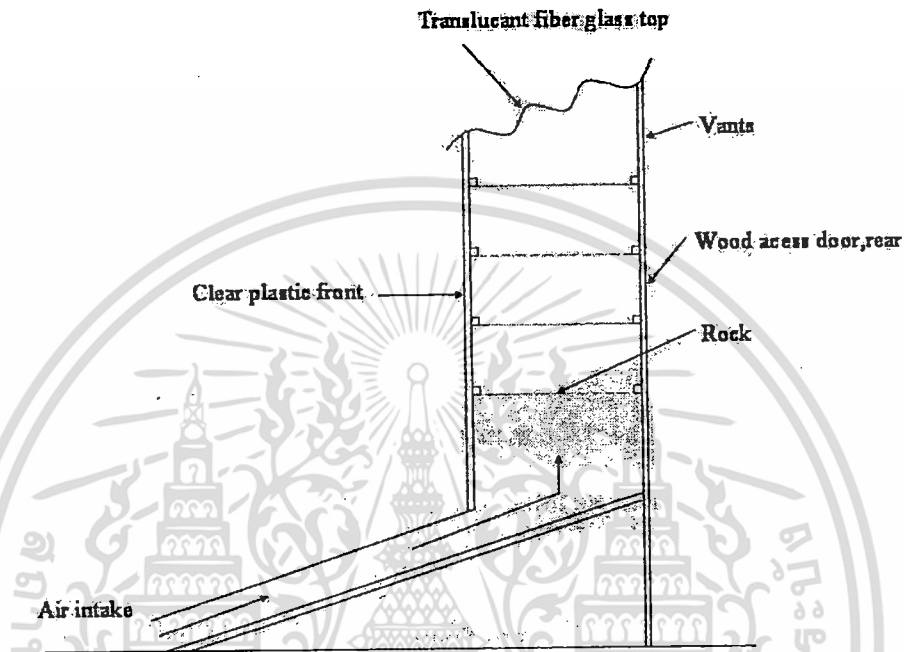
Wibulswas และ Thaina (1977) ได้พัฒนาเครื่องอบแห้งที่มีลักษณะเป็นตู้ โดยมีพื้นที่รับแสง 0.23 ตารางเมตร ปิดด้วยกระจกใสทำมุมเอียง 18 องศา กับแนวระดับ จากการทดลองผ่าซุงน้ำ พบว่ามีอัตราการแห้งประมาณ $4.2 \text{ Kg/m}^2\text{-day}$ ลักษณะของเครื่องอบแห้งดังกล่าวแสดงไว้ดังรูปที่ 2.13



รูปที่ 2.13 เครื่องอบแห้งที่พัฒนาโดย Wibulswas และคณะ (1977)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

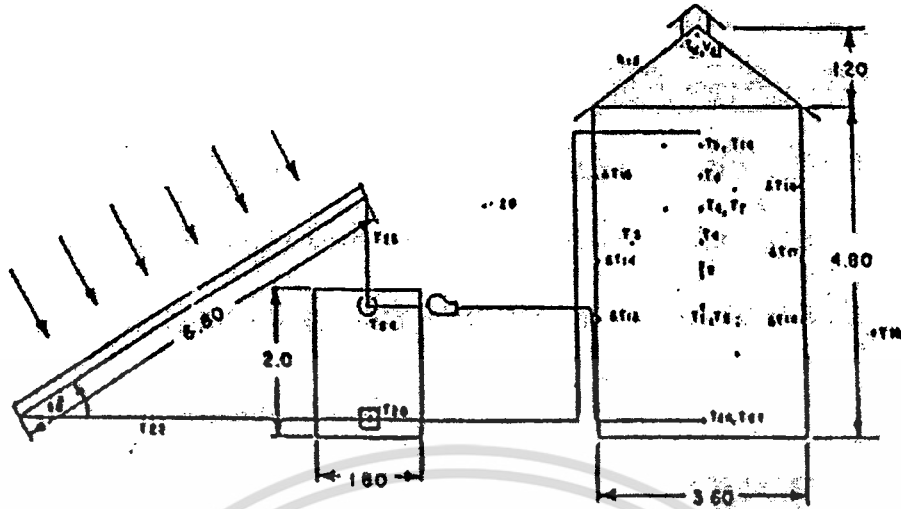
Wibulswas และ Thaina (1980) พัฒนาเครื่องอบแห้งแบบพาความร้อนตามธรรมชาติ (Natural Convection Dryer) ซึ่งประกอบด้วยแผงรับรังสีดวงอาทิตย์ขนาด 1.92 ตารางเมตร และภายในตู้อมมีชั้นวางผลิตภัณฑ์ 5 ชั้น จากการทดลองพบว่าอัตราการแห้งประมาณ $5 \text{ kg/m}^2\text{-day}$ ลักษณะของเครื่องอบแห้งดังกล่าวไว้ในรูปที่ 2.14 เครื่องอบแห้งดังกล่าวมีความจุค่อนข้างน้อยจึงเหมาะสมที่จะใช้ในครัวเรือน



รูปที่ 2.14 เครื่องอบแห้งแบบตู้ที่พัฒนาโดย Wibulswas และ Thaina (1980)

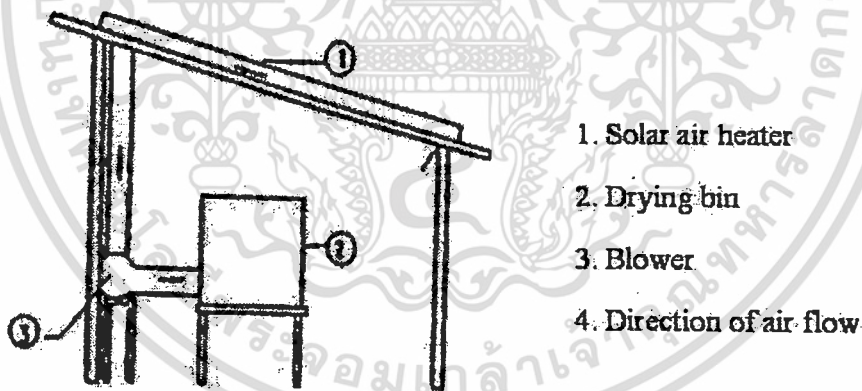
Boon-Long และคณะ (1984) ได้ทำการดัดแปลงโรงบ่มใบยาสูบ เพื่อใช้บ่มใบยาสูบด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ โรงอบดังกล่าวมีขนาด $3.6 \times 3.6 \times 4.8$ ลูกบาศก์เมตร ใช้แผงรับรังสีขนาด 38.5 ตารางเมตรและมีระบบพลังงานเสริมเป็นก๊าซหุงต้มเป็นเชื้อเพลิงและยังมีถังเก็บความร้อนขนาด 6 ลูกบาศก์เมตร ภายเคลื่อนด้วยมอเตอร์ขนาด 1.50 กิโลวัตต์ และ 0.76 กิโลวัตต์ จากการทดสอบพบว่าต้องใช้พลังงานความร้อนโดยเฉลี่ยจากแหล่งพลังงานเสริม 28.9MJ ต่อกิโลกรัมของยาสูบแห้ง การใช้พลังงานแสงอาทิตย์ช่วยประหยัดเชื้อเพลิง 16 % ลักษณะโรงบ่มดังกล่าว แสดงไว้ดังรูป 2.15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.15 โรงบ่มยาสูบที่ใช้พลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานเสริม Boon-Long และคณะ,1984)

Thongprasert และคณะ (1985) ได้พัฒนาเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบพาความร้อน โดยบังคับอากาศ (Forced Convection Dryer) ซึ่งประกอบด้วยแผงรับรังสีดวงอาทิตย์ขนาด 3.74×4.48 เมตร มีพัดลมดูดอากาศร้อนผ่านชั้นของข้าวเข้าไปในถัง ลักษณะของเครื่องอบแห้งไว้ในรูปที่ 2.16



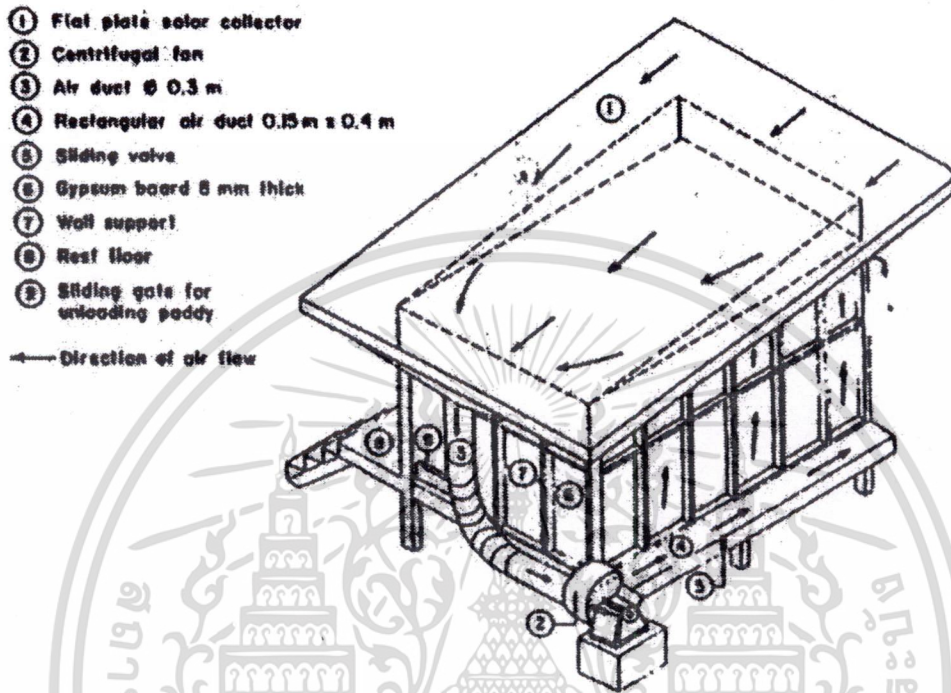
รูปที่ 2.16 เครื่องอบแห้งที่พัฒนาโดย Thongprasert และคณะ (1985)

จากการนำเครื่องอบไปทดสอบอบข้าว 1 ตัน จากความชื้น 17-21% (wb) ให้ลดลงเหลือ 14 % (wb) จะใช้เวลาในการอบ 1-4 วัน ต่อการอบ 1 งวด จากการวิเคราะห์ทางเศรษฐกิจพบว่า เครื่องอบนี้จะคุ้มต่อการลงทุนเมื่อพิจารณาการสูญเสียของเมล็ดข้าว เทียบกับการตากแดดตามธรรมชาติ

Soponronnarit และคณะ (1986) ได้พัฒนาถังข้าวที่สร้างด้วยไม้ หลังคาเป็นสังกะสี ที่อำเภอกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม โดยได้พัฒนาหลังคาที่เป็นสังกะสีให้เป็นแหล่งกำเนิดความร้อน อากาศร้อนที่ได้จากแผงรับรังสีจะถูกดูดเข้าไปด้านล่างของถังเก็บข้าวและเป่าผ่านมวลข้าว ซึ่งดังกล่าวสามารถเก็บข้าวที่อบแล้วได้ 10 ตัน ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

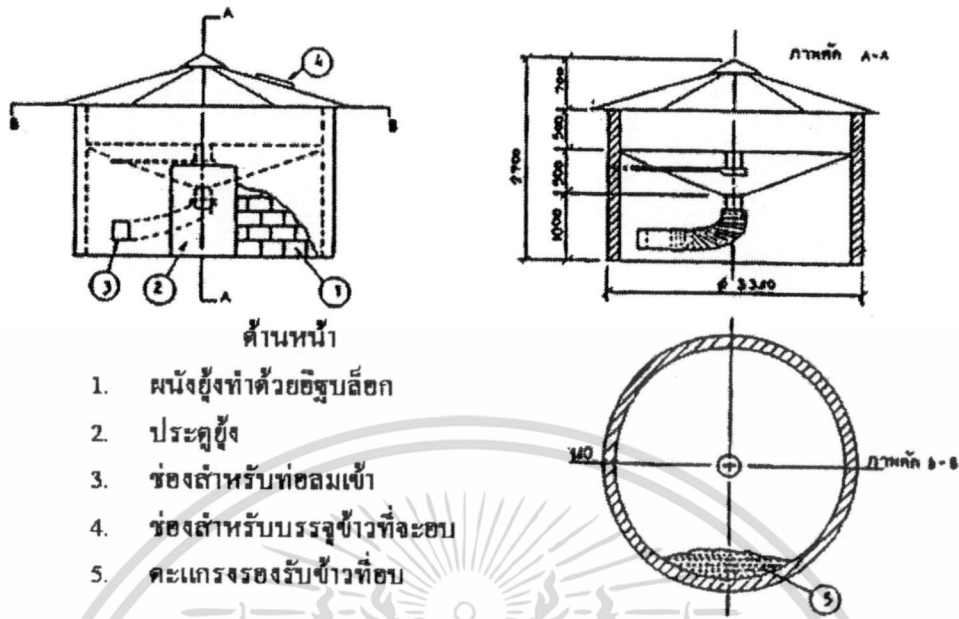
สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

เครื่องดูดอากาศขับเคลื่อนด้วยเครื่องยนต์ดีเซล จากการทดสอบอบข้าวนาปีและนาปรังพบว่ายิ่งดังก้าวสามารถช่วยลดความชื้นของข้าวในอัตรา 0.64 % ต่อชั่วโมง ยิ่งข้าวนี้ก็จะคุ้มต่อการลงทุน โดยจะต้องอบข้าวทั้งนาปีและนาปรัง โดยระยะเวลาคุ้มทุนอยู่ในช่วง 2.3 – 14.8 ปี ลักษณะของยิ่งดังก้าวแสดงไว้ในรูปที่ 2.17



รูปที่ 2.17 ยิ่งเก็บและอบแห้งข้าวซึ่งพัฒนาขึ้นโดย Soponronnarit และคณะ (1986)

Praditwong และ Janjai (1990) ได้พัฒนา ยิ่งเก็บและอบข้าวแห้งที่มหาวิทยาลัยศิลปากร จังหวัด นครปฐม ลักษณะของยิ่งมีลักษณะเป็นทรงกระบอกก่อด้วยอิฐบล็อกพิเศษ ซึ่งออกแบบโดยรองศาสตราจารย์สถาพร เขียวมด แห่งสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ อิฐบล็อกดังกล่าวสามารถสร้างเป็นยิ่งเก็บข้าวได้โดยไม่ต้องอาศัยเหล็กหรือปูนซีเมนต์เชื่อมต่อ ทำให้สะดวกและประหยัดแรงงานในการก่อสร้าง ตัวยิ่งแบ่งเป็น 2 ชั้น โดยที่ชั้นบนใช้สำหรับอบข้าวและชั้นล่างใช้เป็นที่สำหรับเก็บข้าวที่อบแห้งแล้ว ทำให้ไม่ต้องเสียแรงงานในการขนย้ายข้าวที่อบเสร็จแล้ว อากาศร้อนจากแผงรับรังสีจะถูกดูด โดยเครื่องเป่าอากาศ (Blower) ซึ่งขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ขนาด 1 กิโลวัตต์และเป่าอากาศร้อนผ่านมวลข้าวจากด้านล่าง ยิ่งข้าวนี้ใช้อบข้าวได้ครั้งละ 1 - 2 ตัน และเก็บข้าวแห้งได้ 5 ตัน เมื่อวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายรายปี (Annual Cost Analysis) พบว่ายิ่งอบแห้งข้าวนี้ จะคุ้มทุนภายในเวลา 5-8 ปี ลักษณะของยิ่งอบข้าวแห้งดังกล่าวแสดงไว้ในรูปที่ 2.18

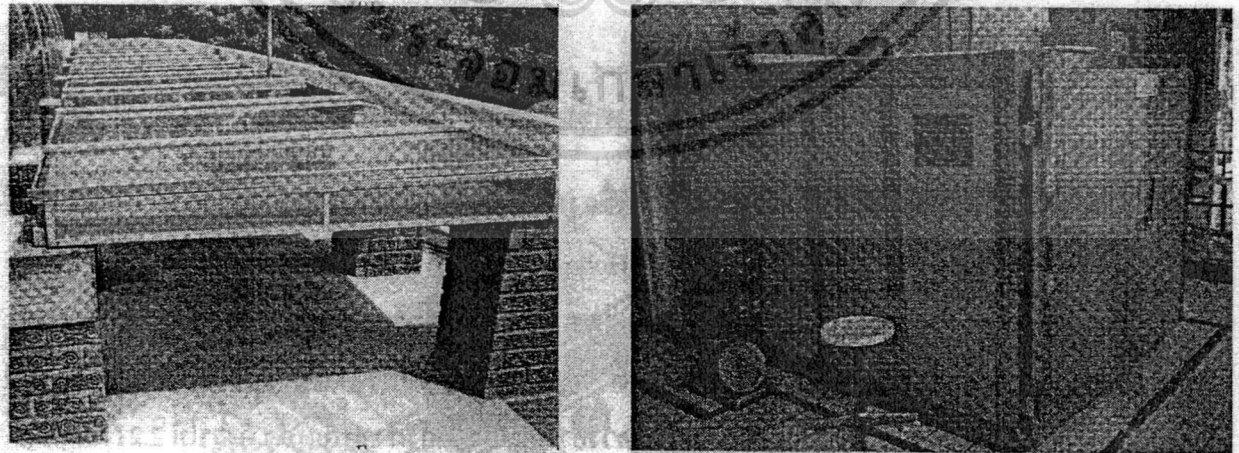


- ด้านหน้า
1. ผนังยั้งทำด้วยอิฐบุลึก
 2. ประคูดั้ง
 3. ช่องสำหรับท่อลมเข้า
 4. ช่องสำหรับบรรจุข้าวที่จะอบ
 5. ตะแกรงรองรับข้าวที่อบ

รูปที่ 2.18 ยั้งเก็บและอบแห้งข้าวที่พัฒนาขึ้นโดย Praditwong และ Janjai (1990)

นอกจากนี้ Janjai และ Doe (1991) ยังได้พัฒนาวิธีคำนวณค่าพลังงานแสงอาทิตย์ เพื่อใช้ในการออกแบบเครื่องอบแห้งดังกล่าวไว้ด้วย

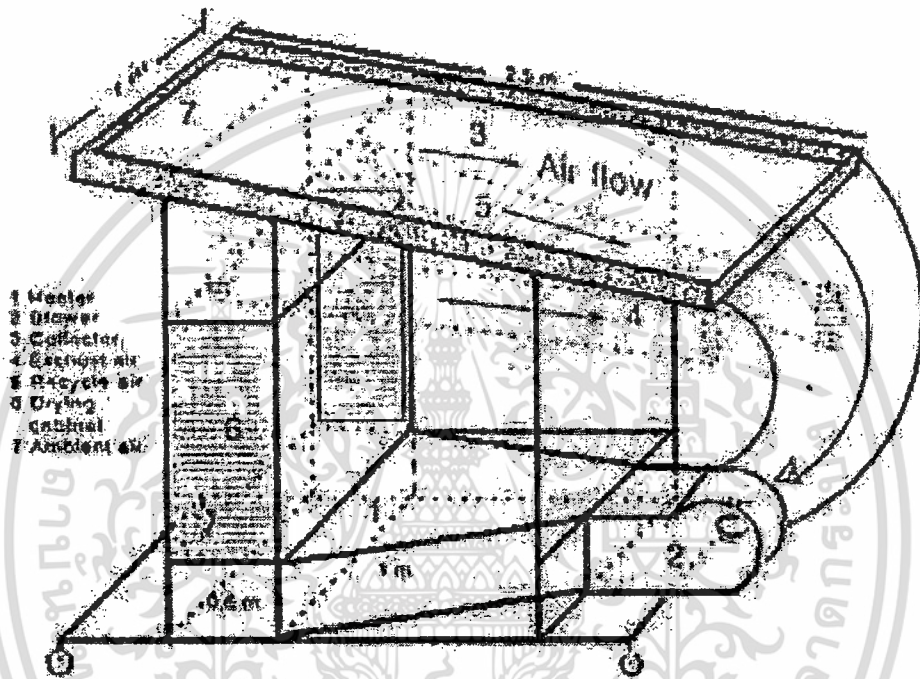
Janjai (2000) ได้พัฒนาเครื่องอบแห้งระดับอุตสาหกรรมสำหรับอบกล้วย ซึ่งรับอากาศร้อนจากแผงรับพลังงานแสงอาทิตย์ขนาด 24 ตารางเมตร และมีแหล่งพลังงานเสริมจากก๊าซหุงต้ม เครื่องอบดังกล่าวสามารถอบกล้วยที่ความชื้น 75 % (wb) จำนวน 200 กิโลกรัม ให้เหลือความชื้นที่ 25 % (wb) โดยใช้เวลา 3 วัน เครื่องอบแห้งดังกล่าวติดตั้งใช้งานที่โครงการส่วนพระองค์สวนจิตรลดา ดังรูปที่ 2.19



รูปที่ 2.19 แสดงเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ระดับอุตสาหกรรมที่พัฒนาโดย Janjai (2000) และติดตั้งใช้งานที่โครงการส่วนพระองค์สวนจิตรลดา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

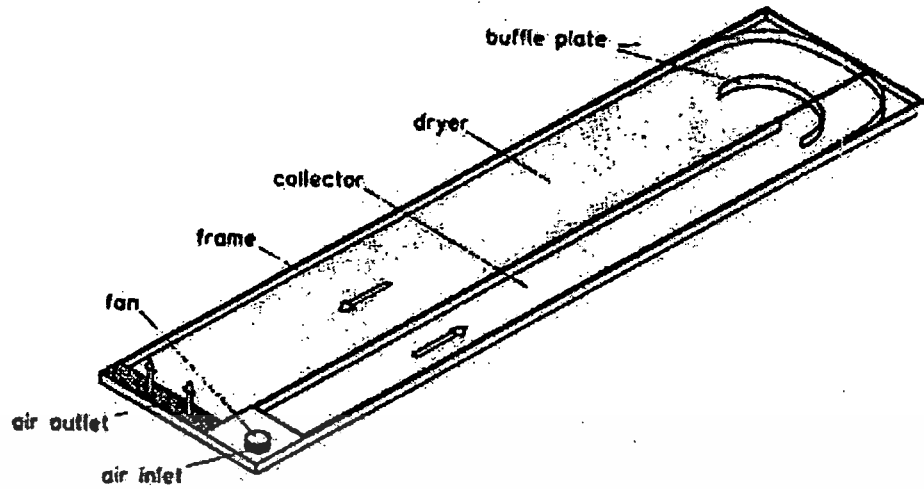
ณัฐวุฒิ ดุษฎี (2534) ได้พัฒนาเครื่องอบแห้งผลไม้ โดยใช้พลังงานจากแสงอาทิตย์เป็นพลังงานเสริม ซึ่งประกอบด้วยแผงรับรังสีดวงอาทิตย์ขนาด 2.5 ตารางเมตร ห้องอบมีขนาด 0.6×1.0×1.0 ลูกบาศก์เมตร ลวดต้านทานความร้อน ขนาด 830 วัตต์ จำนวน 3 ตัว เครื่องเป่าอากาศที่ขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ขนาด 0.76 กิโลวัตต์ และระบบไหลเวียนของอากาศที่นำอากาศร้อนกลับมาใช้ใหม่ จากการทดสอบอบกล้วยพบว่า สามารถช่วยประหยัดพลังงานเมื่อเทียบกับการอบด้วยไฟฟ้า 33 % และมีเวลาคุ้มทุน 4.8 ปี ลักษณะของเครื่องอบแห้งดังกล่าวแสดงไว้ในรูปที่ 2.20 เครื่องอบแห้งดังกล่าวเป็นระบบค่อนข้างเล็ก และใช้เงินลงทุนค่อนข้างสูงเมื่อเทียบกับผลิตภัณฑ์ที่อบได้



รูปที่ 2.20 เครื่องอบแห้งที่พัฒนาขึ้นโดย ณัฐวุฒิ ดุษฎี (2534)

กรณีของเครื่องอบแห้งแบบอุโมงค์ลม เครื่องอบแห้งดังกล่าวพัฒนาขึ้นครั้งแรกโดยสถาบันวิศวกรรมเกษตรเขตร้อน มหาวิทยาลัยโฮเฮนไฮม์ (Hohenheim University) ประเทศสหพันธ์สาธารณรัฐเยอรมัน ในช่วงต้นทศวรรษ 1980 (Lutz และคณะ 1987) โดยเครื่องอบแห้งดังกล่าวรุ่นแรกจะประกอบด้วยแผงรับรังสีดวงอาทิตย์วางขนานกับส่วนที่ใช้วางผลิตภัณฑ์ด้านบนของทั้งสองส่วนปิดด้วยพลาสติกใสและมีพัดลมดูดอากาศจากภายนอกให้ผ่านส่วนแผงรับรังสีดวงอาทิตย์เข้าไปยังส่วนอบแห้ง ดังรูปที่ 2.21

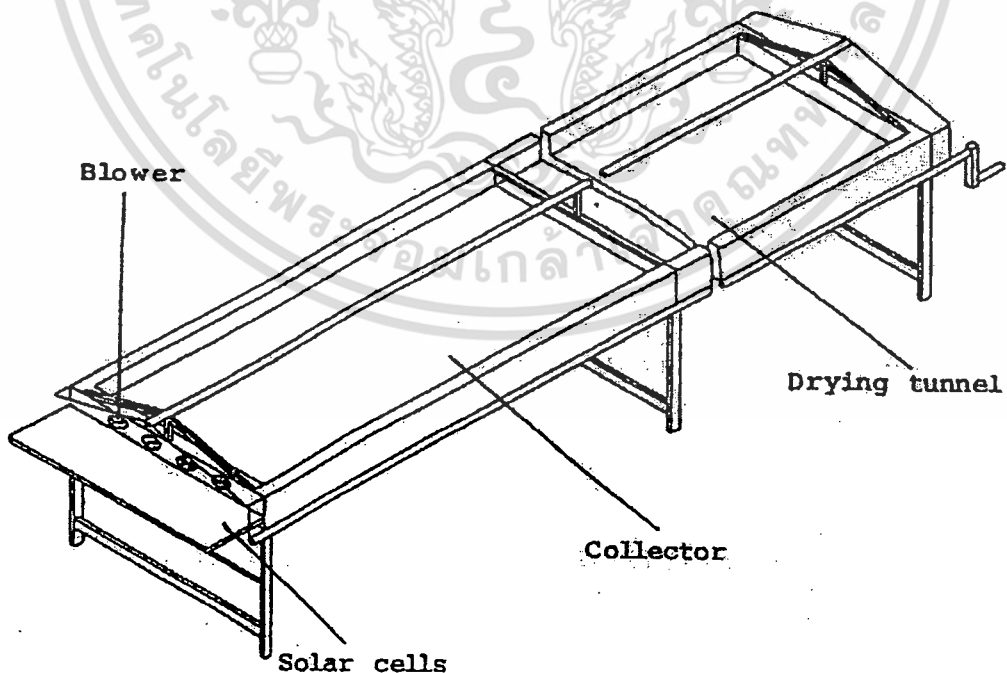
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.21 แสดงเครื่องอบแห้งแบบอุโมงค์ลมที่พัฒนาขึ้นโดย Lutz และคณะ (1987)

เนื่องจากเครื่องอบแห้งดังกล่าวไม่สามารถทำงานได้ดีในช่วงฤดูฝน ดังนั้น Eddy และคณะ (1991) จึงได้คิดตั้งเตาเผาชีวมวลเพื่อเป็นแหล่งความร้อนเสริมในกรณีที่รังสีดวงอาทิตย์ไม่เพียงพอถึงแม้ว่าผลการทดสอบสมรรถนะจะพบว่า เครื่องอบแห้งดังกล่าวสามารถลดระยะเวลาในการอบแห้งได้ถึง 40 % เมื่อเทียบกับการตากแดดธรรมชาติ แต่อย่างไรก็ตามการใช้เตาเผาชีวมวลยังมีปัญหาเรื่องการเติมเชื้อเพลิงและการควบคุมอุณหภูมิซึ่งทำให้การใช้งานเครื่องอบแห้งไม่คุ้มค่าง

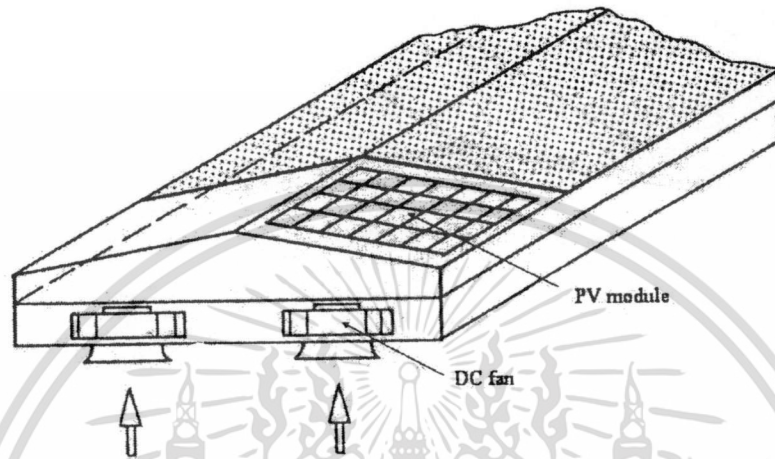
ต่อมา Janjaj และ Hirunlabh (1993) ได้ดัดแปลงเครื่องอบแห้งพลังแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์ลมให้มีโครงสร้างดังรูปที่ 2.22 และได้ทดสอบสมรรถนะของเครื่องอบแห้งดังกล่าวที่มหาวิทยาลัยศิลปากรพบว่าเครื่องอบแห้งดังกล่าวมีสมรรถนะดีโดยสามารถอบกล้วย 50 กิโลกรัมให้แห้งภายใน 2 – 3 วัน อีกทั้งผลิตภัณฑ์ที่ได้ยังมีคุณภาพดีโดยมีระยะเวลาคุ้มทุนประมาณ 1-3 ปี



รูปที่ 2.22 แสดงเครื่องอบแห้งแบบอุโมงค์ลมที่พัฒนาขึ้นโดย ต่อมา Janjaj และ Hirunlabh (1993)

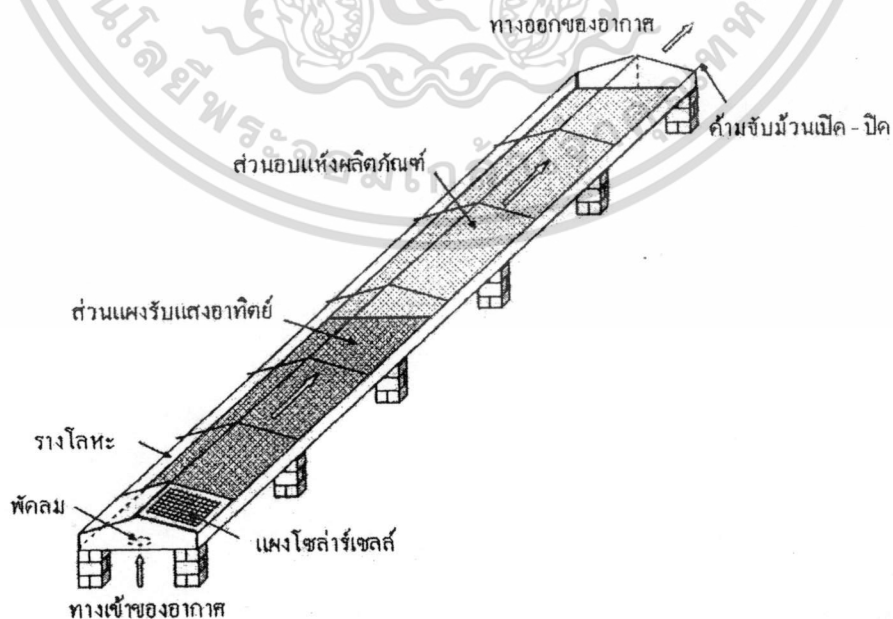
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Esper (1994) ได้ศึกษาการใช้แผงโซลาร์เซลล์เป็นตัวขับเคลื่อนพัดลมไปควบคุมอัตราการไหลอากาศภายในเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์ลม รูปที่ 2.23 โดยได้ทำการศึกษาลักษณะที่เหมาะสมสำหรับระบบดังกล่าวจากลักษณะ I - V ของทั้งแผงโซลาร์เซลล์และพัดลม จากผลการศึกษาดังกล่าวทำให้ทราบขนาดกำลังไฟฟ้าที่เหมาะสมในการทำงานซึ่งทำให้สามารถเลือกขนาดแผงโซลาร์เซลล์ให้พอเหมาะกับการใช้งานได้



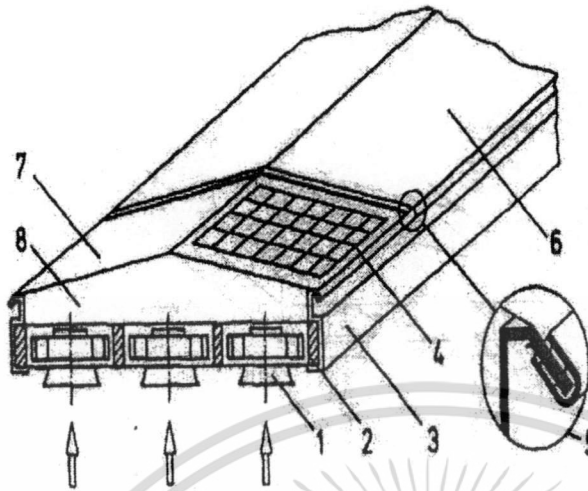
รูปที่ 2.23 แสดงแผงโซลาร์เซลล์และพัดลมที่ติดตั้งกับเครื่องอบแห้งแบบอุโมงค์ลม (Esper, 1994)

ต่อมา Esper (1995) ได้ทำการปรับปรุงส่วนประกอบต่างๆ ของเครื่องอบแห้งแบบอุโมงค์ลมให้มีลักษณะเป็นส่วนตัว (Module) เพื่อให้สามารถสร้าง ประกอบ และขนส่งได้สะดวก ลักษณะและส่วนประกอบต่างๆ ของเครื่องอบแห้งที่ปรับปรุงแล้ว แสดงไว้ในรูปที่ 2.24 , 2.25 และ 2.26



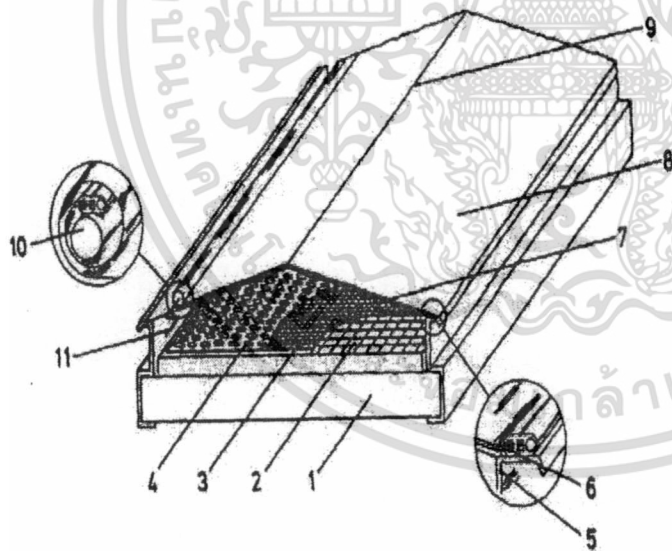
รูปที่ 2.24 แสดงส่วนประกอบของเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์ลม (Esper, 1995)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ ห้ามนำไปเผยแพร่ในสื่อใดๆ ทั้งสิ้น โดยไม่ได้รับอนุญาตจากเจ้าของลิขสิทธิ์
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



1. พัดลม
2. แผ่นฉนวนด้านล่าง
3. รางโลหะ
4. แผงโซลาร์เซลล์
5. ตัวยึดพลาสติก
6. ฟืนพลาสติกแบบบางใส
7. แผ่นเหล็ก

รูปที่ 2.25 แสดงส่วนประกอบของส่วนรับรังสีดวงอาทิตย์ (Esper, 1995)

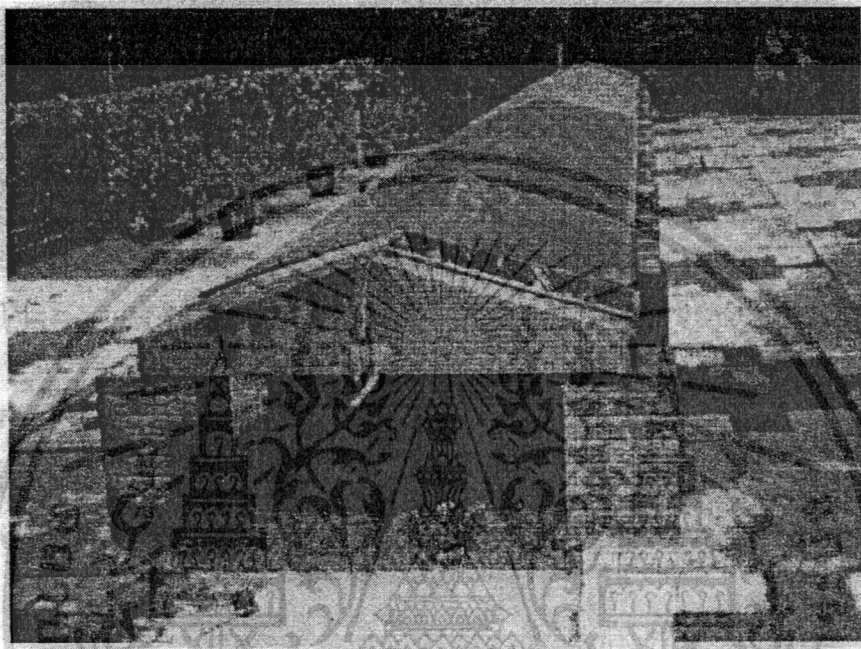


1. แผ่นฉนวนด้านล่าง
2. ตะแกรงเหล็ก
3. ตาข่ายพลาสติก
4. ผลิตภัณฑ์ที่ต้องการอบ
5. โครงเหล็ก
6. พลาสติกยึด
7. ฉนวน
8. ฟืนพลาสติกแบบมีโพรงอากาศ
9. ลวดสลิง
10. ท่อเหล็ก
11. ค้ำจับสำหรับเปิด-ปิดเครื่องอบแห้ง

รูปที่ 2.26 แสดงส่วนประกอบของส่วนอบแห้งผลิตภัณฑ์ (Esper, 1995)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Schirmer และคณะ (1996) ได้ทดสอบสมรรถนะของเครื่องอบแห้งแบบอุโมงค์ลมที่ใช้แผงโซลาร์เซลล์ ขับเคลื่อนพัดลมในการอบแห้งกล้วย โดยได้ติดตั้งเครื่องอบแห้งแบบอุโมงค์ลมที่โครงการสวนพระองค์สวนจิตรลดา รูปที่ 2.27 และพบว่าเครื่องอบแห้งแบบอุโมงค์ลมสามารถอบกล้วยได้ครั้งละประมาณ 200 -300 กิโลกรัม ภายในระยะเวลา 3-5 วัน และผลิตภัณฑ์ที่ได้ยังมีคุณภาพดีอีกด้วย นอกจากนี้ยังพบว่าเครื่องอบแห้งแบบอุโมงค์ลมมีระยะคุ้มทุนประมาณ 3 ปี อย่างไรก็ตามเครื่องอบแห้งแบบอุโมงค์ลมยังมีปัญหาด้านการใช้งานในฤดูฝน ซึ่งพลาสติกคลุมถึกขาดเนื่องจากน้ำฝนขังด้านบน

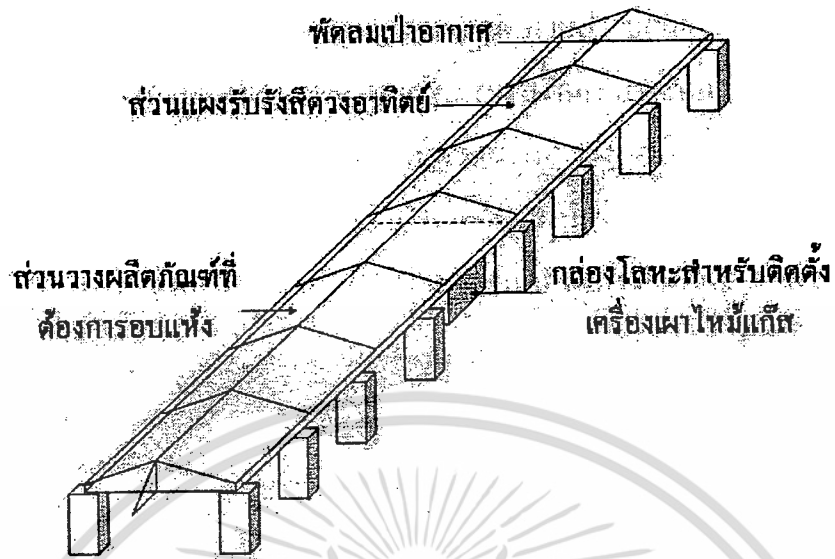


รูปที่ 2.27 แสดงเครื่องอบแห้งแบบอุโมงค์ลมที่ติดตั้งในโครงการสวนพระองค์สวนจิตรลดา

Bala และคณะ (2003) ได้ทดสอบสมรรถนะของเครื่องอบแห้งแบบอุโมงค์ลมในการอบแห้งสับปะรด และพบว่าเครื่องอบแห้งดังกล่าวมีสมรรถนะสูงสามารถอบแห้งสับปะรดได้ประมาณ 120 - 150 กิโลกรัม ให้แห้งในระยะเวลา 3-5 วัน นอกจากนี้ผลิตภัณฑ์ที่ได้ก็มีคุณภาพดีกว่าที่ได้จากการตากแดดธรรมชาติ

เนื่องจากเครื่องอบแห้งแบบอุโมงค์ลมที่ Esper (1995) ปรับปรุงขึ้นยังคงมีราคาค่อนข้างแพง อีกทั้งยังมีปัญหาการใช้งานในประเทศซึ่งมีฤดูฝนยาวนานถึง 6 เดือน ดังนั้น Janjai et al.(1998) จึงได้ปรับปรุงเครื่องอบแห้งดังกล่าวอีกครั้งหนึ่งโดยใช้แผ่นแนวด้านหลังทำด้วยใยแก้วปิดด้วยแผ่นสังกะสี ซึ่งมีราคาถูกกว่าแผ่นโฟม โพลียูรีเทน นอกจากนี้ยังได้ติดตั้งเครื่องทำความร้อนด้วยแก๊สที่บริเวณรอยต่อระหว่างส่วนแผงรับรังสีและส่วนอบแห้ง และยังได้เปลี่ยนจากการให้พลาสติกแบบมีโพรงอากาศ (Bubble Foil) ที่ใช้คลุมด้านบนให้เป็นพลาสติกใสแบบคงทนต่อรังสีอัลตราไวโอเล็ต (UV-Stabilized Plastic Sheet) ลักษณะของเครื่องอบแห้งที่ปรับปรุงแล้วแสดงในรูปที่ 2.28

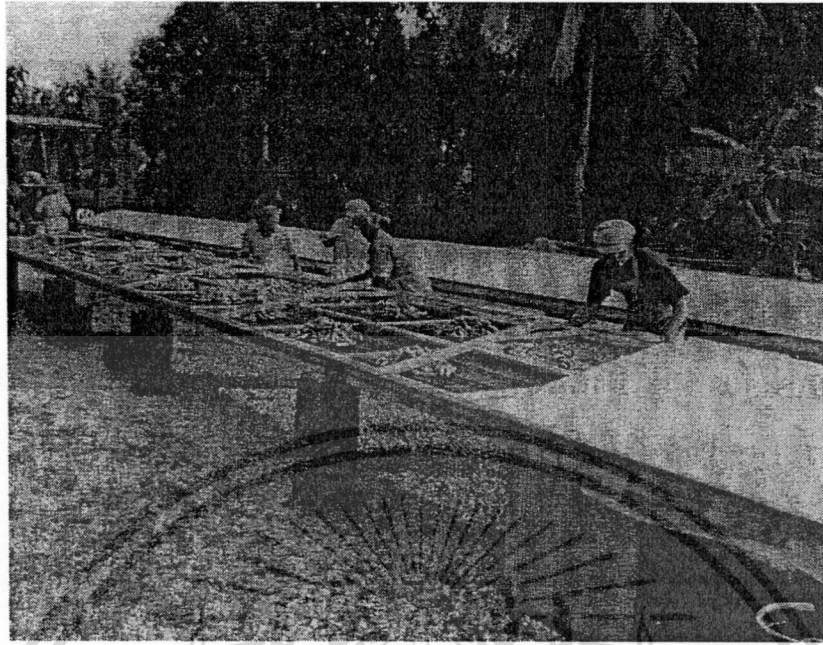
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



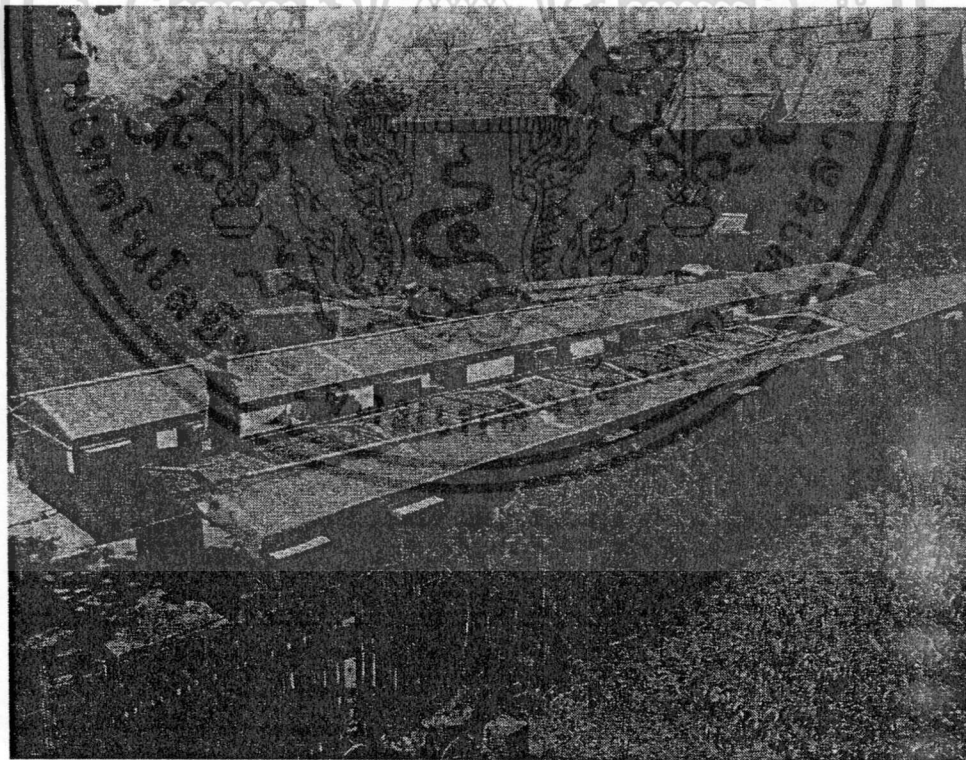
รูปที่ 2.28 แสดงเครื่องอบแห้งแบบอุโมงค์ลมที่พัฒนาขึ้นโดย Janjai และคณะ (1998)

เครื่องอบแห้งที่ Janjai และคณะ (1998) ปรับปรุงแล้วได้นำไปติดตั้งใช้งานจริงหลายแห่ง เช่นที่กลุ่มบ้านอำเภอกรโกราช จังหวัดสุโขทัย 2 เครื่อง ที่บ้านใหม่สามัคคี อำเภอแจ้ห่ม จังหวัดลำปาง 2 เครื่อง ที่วังวีร์ สอร์ท อำเภอเมือง จังหวัดนครนายก 1 เครื่อง และที่โครงการส่วนพระองค์สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ อำเภอกุสุมาลย์ จังหวัดสกลนคร 1 เครื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

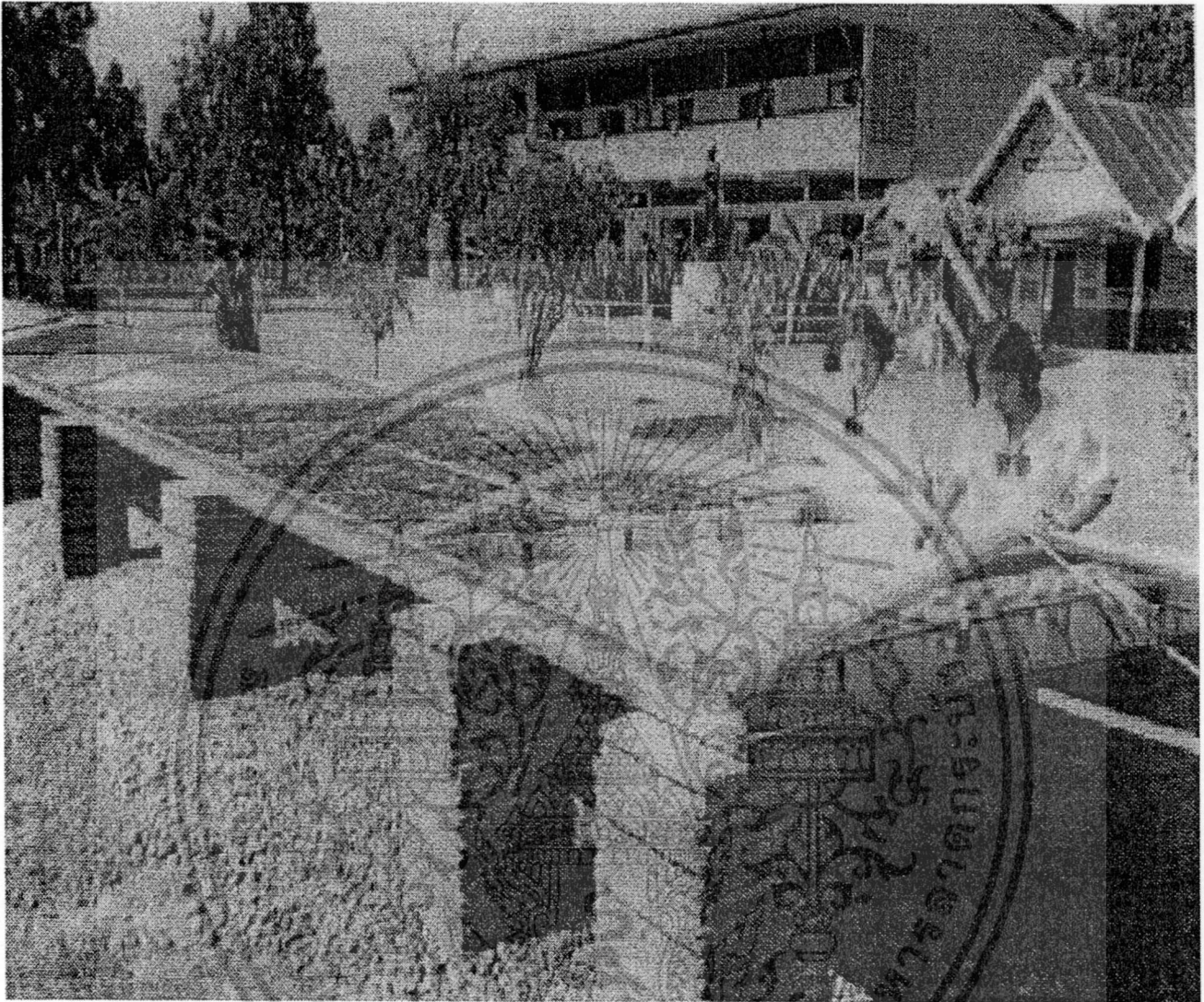


รูปที่ 2.29 เครื่องอบแห้งแบบอุโมงค์ลมที่พัฒนาขึ้นโดย และคณะ (1998) และติดตั้งใช้งานที่กลุ่มแม่บ้าน
อำเภอองไกรราช จังหวัดสุโขทัย



รูปที่ 2.30 เครื่องอบแห้งแบบอุโมงค์ลมที่พัฒนาขึ้นโดย Janjai และคณะ (1998) และติดตั้งใช้งานที่กลุ่มแม่บ้าน
อำเภอแจ้ห่ม จังหวัดลำปาง

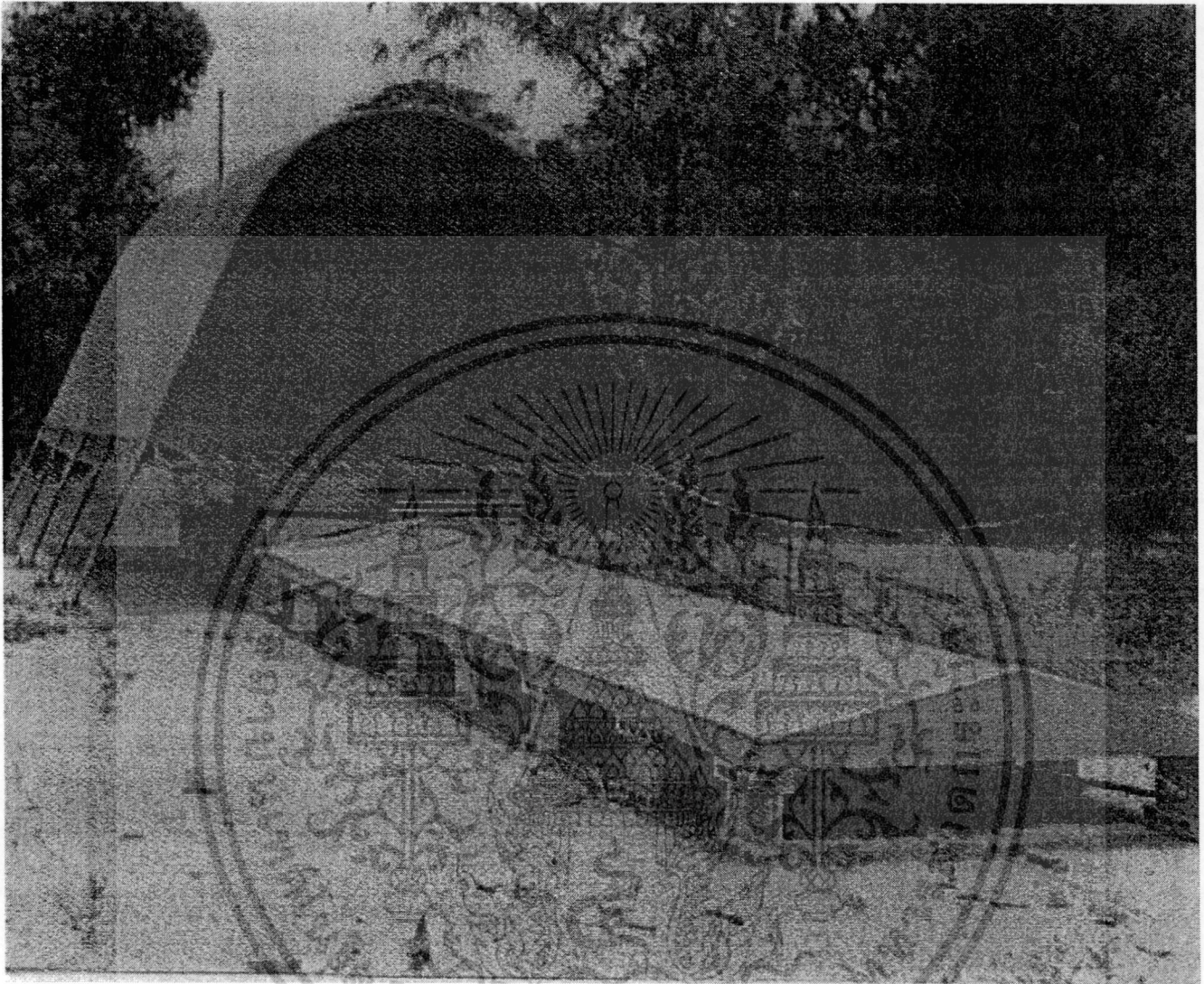
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.31 เครื่องอบแห้งแบบอุโมงค์ลมที่พัฒนาขึ้นโดย Janjai และคณะ (1998) และติดตั้งใช้งานที่โครงการสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี จังหวัดสกลนคร

เนื่องจากความต้องการเครื่องทดสอบแห้งของอุตสาหกรรมไส้กรอก Janjai และคณะ (2002) จึงได้พัฒนาเครื่องอบตะไคร้พลังงานแสงอาทิตย์ ซึ่งทำงานโดยใช้อากาศร้อนจากแผงรับรังสีดวงอาทิตย์ขนาด 10 ตารางเมตร ลักษณะเครื่องอบแห้งไว้ดังรูปที่ 2.32

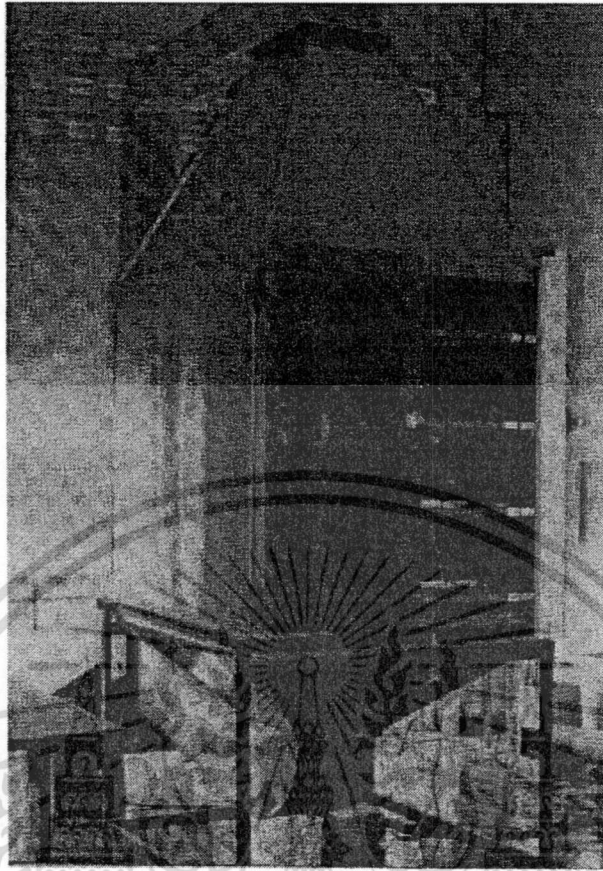
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.32 แสดงเครื่องอบแห้งตะไคร้ที่พัฒนาขึ้นโดย Janjai และคณะ (2002)

นอกจากนี้ Janjai และ Praditwong (1999) ยังได้พัฒนาเครื่องอบลำไย ซึ่งใช้แผงรับรังสีดวงอาทิตย์ขนาด 6 ตารางเมตร เครื่องอบแห้งดังกล่าวสามารถอบลำไยได้ครั้งละ 100 กิโลกรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.33 แสดงเครื่องอบแห้งลำไยที่พัฒนาขึ้นโดย Janjai และ Praditwong (1999)

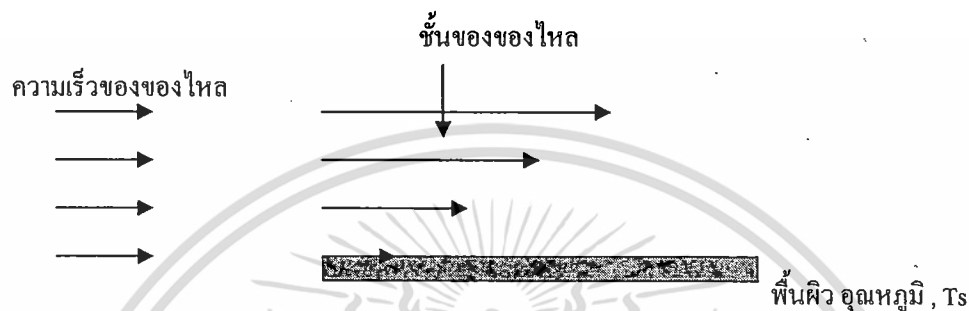
จากการศึกษาทบทวนรายงานการวิจัยและพัฒนาเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่ผ่านมาพบประเด็นปัญหาที่สำคัญ ได้แก่ เครื่องอบแห้งส่วนใหญ่เป็นการวิจัยและพัฒนาภายในสถาบันการศึกษาเพื่อหวังผลเชิงวิชาการเท่านั้น โดยมีการนำไปใช้งานจริงน้อยมาก และยังมีปัญหาต่างๆ ที่สำคัญ เช่น การใช้งานไม่คล่องตัว หรือใช้งานในสภาพแวดล้อมจริงไม่ได้ผลและเครื่องอบแห้งบางชนิด เช่น เครื่องอบแห้งแบบพาความร้อนตามธรรมชาติได้ประโยชน์ค่อนข้างน้อยเมื่อเทียบกับการตากแดดตามธรรมชาติ นอกจากนี้เครื่องอบแห้งส่วนใหญ่ไม่สามารถนำมาใช้ในการทำผลิตภัณฑ์อบแห้งในเชิงพาณิชย์ได้ เพราะมีขนาดระดับครัวเรือน และให้ผลตอบแทนเชิงเศรษฐกิจต่ำ ถึงแม้ว่าคณะนักวิจัยของมหาวิทยาลัยศิลปากรจะได้มีการพัฒนาเครื่องอบแห้งระดับอุตสาหกรรมบ้างแล้วก็ตาม แต่ก็ยังจำเป็นต้องทำการปรับปรุงจุดบกพร่องต่างๆ เพื่อให้เครื่องอบแห้งมีสมรรถนะดียิ่งขึ้น

ดังนั้นในโครงการวิจัยนี้ ผู้ดำเนินโครงการจึงเสนอที่จะทำการวิจัยและพัฒนาเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ 3 แบบ เพื่อใช้ทำผลิตภัณฑ์อบแห้งเชิงพาณิชย์ ได้แก่ แบบเรือนกระจก แบบอุโมงค์ลม และแบบใช้อากาศร้อนจากหลังคา โดยแต่ละแบบมีความเหมาะสมกับผลิตภัณฑ์แต่ละประเภท ได้แก่ เครื่องเทศ ผลไม้ และสมุนไพร ตามลำดับ หลังจากนั้นจะติดตั้งสาธิตใช้งานในโครงการส่วนพระองค์สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี อำเภอสวนผึ้ง จังหวัดราชบุรี และพื้นที่อื่นๆ ของประเทศตามรายละเอียดต่างๆ ที่จะกล่าวในบทต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 การพาความร้อน

การพาความร้อนคือการถ่ายเทความร้อนโดยผ่านตัวกลางที่มีการเคลื่อนที่ ได้แก่ ของไหลต่างๆที่มีการไหล โดยที่เมื่อของไหลเกิดการไหลจะมีการเปลี่ยนแปลงความเร็วไปตามชั้นของของไหล และถ้ามีความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างของไหลกับของพื้นผิวที่ของไหลไหลผ่านก็จะมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิไปตามชั้นของของไหลด้วย



รูปที่ 2.34 แสดงลักษณะของของไหลเมื่อไหลผ่านพื้นผิว

เมื่อพื้นผิวมีอุณหภูมิสูงกว่าบรรยากาศ อากาศที่อยู่บริเวณใกล้กับพื้นผิวก็จะมีอุณหภูมิสูงกว่าอากาศที่อยู่บริเวณห่างจากพื้นผิว โดยที่อากาศที่มีอุณหภูมิสูงจะมีความหนาแน่นต่ำกว่าอากาศที่มีอุณหภูมิต่ำ

ดังนั้นอากาศที่อยู่ใกล้กับพื้นผิวก็จะลอยตัว ส่วนอากาศที่อยู่บริเวณที่ห่าง มีความหนาแน่นสูงกว่าก็จะจมตัวลงมาแทนที่ นั่นคืออากาศมีการไหลได้เองตามธรรมชาติ และมีการพาความร้อนไปด้วย เรียกว่าการพาความร้อนแบบธรรมชาติ หรือการพาความร้อนแบบอิสระ (Natural or Free Convection)

ส่วนการใช้กำลังงานกลส่งของไหลให้ไหลเพื่อช่วยในการถ่ายเทความร้อนโดยการพาความร้อนเช่น การใช้ปั๊มสูบน้ำหล่อเย็น การใช้พัดลมเป่าอากาศ การใช้เครื่องเป่าลมร้อน เรียกว่าการพาความร้อนแบบบังคับ (Force Convection)

2.5 หลักการคำนวณเพื่อออกแบบเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์

2.5.1 สมการหาปริมาณน้ำที่ต้องการระเหยออกจากผลิตภัณฑ์

$$m_w = m_i \left[\frac{M_i - M_f}{100 - M_f} \right]$$

เมื่อ	m_w	=	มวลของน้ำที่ต้องการระเหย (kg)
	m_i	=	มวลของผลิตภัณฑ์ที่ต้องการอบแห้ง (kg)
	M_i	=	ความชื้นของผลิตภัณฑ์ (%wb)
	M_f	=	ความชื้นของผลิตภัณฑ์ที่ต้องการ (%wb) (wb หมายถึง การเปรียบเทียบปริมาณความชื้นกับน้ำหนักรวมของของแข็ง)

2.5.2 สมการหาปริมาณความร้อนที่ต้องใช้

$$Q_{dry} = m_w L$$

เมื่อ	Q_{dry}	=	ปริมาณความร้อนที่จำเป็นต้องใช้ (MJ)
	m_w	=	มวลของน้ำที่ต้องการระเหย (kg)
	L	=	ความร้อนที่ต้องใช้ระเหยน้ำ 1 kg (MJ/kg)

ค่า L ในที่นี้จะรวมความร้อนแฝงที่ใช้ในการระเหยน้ำกับความร้อนที่สูญเสียจากเครื่องอบแห้งโดยใช้การประมาณค่าจากประสบการณ์ทดสอบเครื่องอบแห้งแบบต่างๆ ของมหาวิทยาลัยไฮเซนไฮนส์ (Muhlbauer, 2003) ซึ่งมีค่าเท่ากับ 6MJ/kg ดังนั้นแทนค่าต่างๆ สมการจะได้ 2.3.3 สมการหาพื้นที่รับรังสีดวงอาทิตย์ของเครื่องอบแห้งซึ่งหมายถึงพื้นที่ฐานของเครื่องอบแห้งแบบเรือนกระจก

$$A_t = \frac{Q_{dry}}{n H_t N_d}$$

เมื่อ	A_t	=	พื้นที่รับรังสีดวงอาทิตย์ (m^2)
	H_t	=	ความเข้มรังสีดวงอาทิตย์บนพื้นที่ราบ (MJ/m^2 -day)
	N_d	=	จำนวนวันที่ใช้ในการอบแห้งแต่ละครั้ง (Day)
	n	=	ประสิทธิภาพของเครื่องอบแห้งในฐานะที่เป็นแผงรับรังสี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

วิธีดำเนินงานการวิจัยและการสร้างชุดเตาอบ

3.1 การคำนวณและการออกแบบเครื่องอบแห้ง

ทางกลุ่มผู้จัดทำต้องการคำนวณหาปริมาณความร้อนที่ต้องการใช้ในการอบ โดยเริ่มต้นจากการคำนวณหาปริมาณน้ำที่ต้องการระเหยออกจากผลิตภัณฑ์ภายใน 2 วัน โดยอ้างอิงจากค่าความชื้นเริ่มต้นของผลิตภัณฑ์ที่มีการนำมาผ่านการอบแห้ง เช่น พริก กลัวย ลำไย ซึ่งความชื้นเริ่มต้นอยู่ที่ประมาณ 80% (wb) และความชื้นหลังผ่านการอบแห้งให้อยู่ที่ประมาณ 25% (wb) กลุ่มผู้จัดทำได้กำหนดมวลเริ่มต้นในการอบแห้งผลิตภัณฑ์แต่ละครั้งไว้ที่ 5 kg

เมื่อแทนค่าตัวแปรต่างๆลงในสมการ 2.5.1 จะได้

$$m_w = 5 \left[\frac{80 - 25}{100 - 25} \right] = 3.57 \text{ กิโลกรัม}$$

นำค่ามวลของน้ำที่ต้องการระเหยมาแทนในสมการ 2.5.2 จะได้

$$Q_{dry} = 3.57 \times 6 = 21.42 \text{ MJ}$$

ในการคำนวณหาค่า A_t จำเป็นต้องประมาณค่าจำนวนที่ต้องใช้ในการระเหยน้ำออกจากผลิตภัณฑ์ให้เหมาะสมกับผลิตภัณฑ์ ทั้งนี้เพราะการอบแห้งที่ใช้เวลาเร็วเกินไป จะทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่แห้งแข็ง แต่ถ้าอบให้แห้งช้าเกินไปจะทำให้เกิดเชื้อรา ในการทดลองครั้งนี้จะกำหนดใช้เวลาในการผลิตผลิตภัณฑ์ ประมาณ 2 วัน และตั้งค่าประสิทธิภาพของเครื่องอบแห้งในการแปลงรังสีดวงอาทิตย์ให้เป็นความร้อน (n) = 0.3 และใช้ค่าความเข้มรังสีดวงอาทิตย์เฉลี่ยของประเทศไทยเท่ากับ $18.2 \text{ MJ/m}^2\text{-day}$ (เสริม จันทร์ฉาย และ จรุงแสง ลักษณะส่ง 2542) เพื่อนำไปแทนค่าในสมการ

$$A_t = \frac{21.42}{0.3 \times 18.2 \times 2} = 1.96 \text{ m}^2$$

เนื่องจากค่าที่คำนวณมาเท่ากับ 1.96 m^2 จึงกำหนดให้พื้นที่ฐานของเครื่องอบแห้งมีความยาวเท่ากับ 2 m. และความกว้างเท่ากับ 1 m หรือมีพื้นที่รับแสงรวมเท่ากับ 2 m^2

3.2 การเลือกวัสดุและอุปกรณ์เพื่อสร้างเครื่องอบแห้ง

3.2.1 ด้านบนเครื่องอบแห้ง

เลือกใช้วัสดุโปร่งแสงที่ใช้คลุมเครื่องอบแห้ง เลือกใช้แผ่นพลาสติกใส หนา 1 mm. เพื่อให้เกิดผลสภาวะเรือนกระจก ซึ่งเป็นวัสดุโปร่งแสง มีคุณสมบัติเป็นรังสีคลื่นสั้นจากดวงอาทิตย์ส่งผ่านได้ดี และเมื่อรังสีคลื่นสั้นจากดวงอาทิตย์ส่งผ่านแผ่นพลาสติกทำให้เปลี่ยนเป็นรังสีคลื่นยาวจึงทำให้รังสีดวงอาทิตย์ส่งผ่านจากภายในออกมาภายนอกได้น้อย และได้สร้างช่องอากาศเพื่อเป็นฉนวนกันเพื่อช่วยลดการสูญเสียความร้อน โดยการใช้แผ่นพลาสติกใสคลุมอีกชั้น ห่างกันประมาณ 2 mm.

3.2.2 โครงสร้างและผนังเครื่องอบแห้ง

เพื่อเป็นตู้เก็บความร้อนโดยใช้แผ่นสังกะสีปิดทุกด้าน ยกเว้นด้านบนจะใช้แผ่นพลาสติกใสคลุมเพื่อให้แสงอาทิตย์ส่องไปยังผลิตภัณฑ์ที่ทำกรอบแห้ง

3.2.3 แผงรับรังสีดวงอาทิตย์

กำหนดให้มี กว้าง 1 m. ยาว 2 m. โดยใช้ไม้อัด หนา 10 mm. กั้นเป็นทางลมเข้า จำนวน 10 ช่อง ความสูงกล่อง 80 mm. ทาสีดำทั้งหมด ด้านบนใช้กระจกใสขนาดกว้าง 1 m. ยาว 2 m. หนาประมาณ 3 mm. ปิดตัวกล่องรับรังสี และปิดอีกชั้นสูงขึ้นมา 2 mm. เพื่อสร้างฉนวนช่วยลดการสูญเสียความร้อนของกล่อง

3.2.4 ท่อทางเดินลมจากแผงรับรังสีดวงอาทิตย์เข้าสู่อบ

เลือกใช้ท่อ PVC ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.2 นิ้ว

3.3 การสร้างโครงเครื่องอบแห้ง

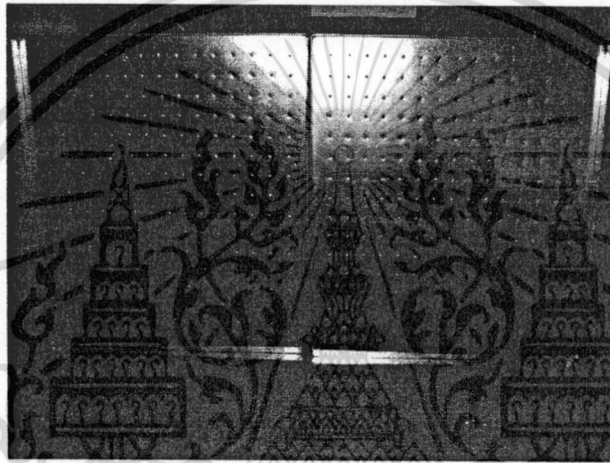
1. วัสดุที่ใช้ทำ

- เหล็กฉาก 2 เมตร จำนวน 4 ชิ้น
- เหล็กฉาก 1 เมตร จำนวน 9 ชิ้น
- เหล็กฉาก 60 เซนติเมตร จำนวน 4 ชิ้น
- NUT ขนาด M 6 x 1.25 จำนวน 113 ตัว
- BOLT ขนาด M 6 x 1.25 จำนวน 113 ตัว
- แผ่นฉนวนกันความร้อน จำนวน 24 ตัว
- แผ่นสังกะสีเบอร์ 26
- ด้านข้าง 1 x 1 เมตร จำนวน 2 แผ่น
- ด้านหลัง 2 x 1 เมตร จำนวน 1 แผ่น (เจาะรูขนาด 2 นิ้วครึ่ง จำนวน 2 รู)
- ด้านหน้า 2 x 1 เมตร จำนวน 1 แผ่น (ด้านหน้าทำการเจาะรูเพื่อให้เป็นช่องใส่ถาดเลื่อนเข้าเลื่อนออกได้)
- รีเวด ใยยืด โครงสังกะสีเข้ากับโครงเหล็กฉาก

- แผ่นพลาสติกใสขนาด 210 x 110 เมตร จำนวน 1 ผืน
- ซิลิโคลนยาแนว จำนวน 2 หลอด

ถาดใส่ผลิตภัณฑ์ในการตากขนาด 100 x 85 เซนติเมตรจำนวน 2 ถาด (ถาดจะทำการเจาะรูเพื่อให้ความร้อนขึ้นด้านบน)

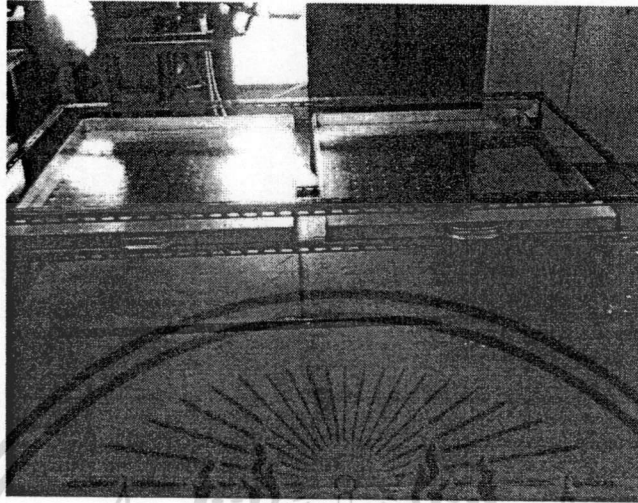
หมายเหตุ ถาดสั่งทำเพราะเราต้องการให้ได้ขนาดตามที่ต้องการ เป็นถาดที่มีขนาดใหญ่หาซื้อไม่ได้จึงสั่งทำ และถ้าทำการขึ้นรูปเองราคาใกล้เคียงกับสั่งทำดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 แสดงถาดใส่วัตุดิบ

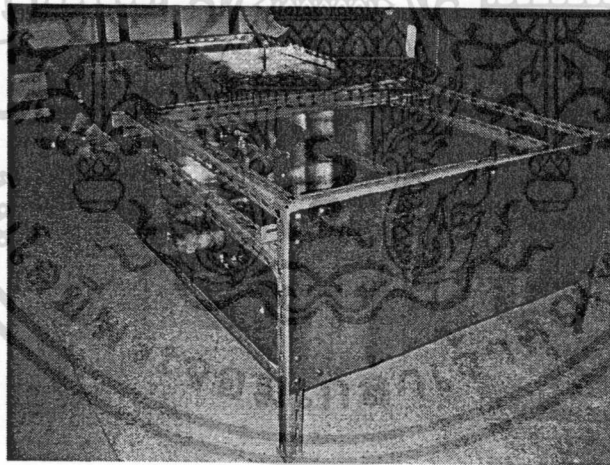
2. ขั้นตอนการสร้าง

1. ทำการขึ้นโครง โดยจะใช้เหล็กฉากทำตัวโครง เป็นลักษณะ 2 ชั้น ส่งความร้อนเข้ามาทางชั้นที่ 1 และจะลอยขึ้นไปยังชั้นที่ 2 ชั้นที่ 2 จะไว้วางถาดผลิตภัณฑ์สามารถเลื่อนเข้าออกได้ ดังรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 แสดงโครงสร้างเครื่องอบ

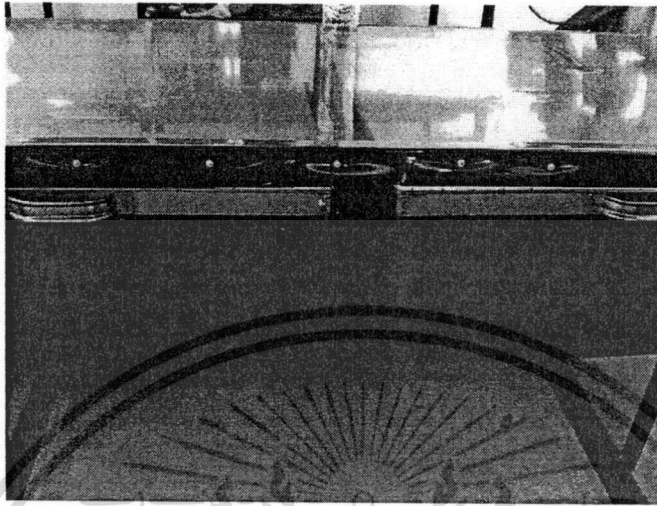
2. ทำการยึดฝาปิดด้านข้าง ด้านหน้า ด้านหลัง โดยใช้แผ่นสังกะสีที่ตัดเตรียมไว้ ทำการเจาะรูยึดสกรู เข้ากับโครง และใช้ลูกรีดเวดิงยึดตามที่เจาะรูไว้ ส่วนด้านบนจะใช้พลาสติกใสคลุม ดังรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 แสดงการยึดปิดฝาเครื่องอบ

3. ทำการยาสีโคลนตามรอยร้าวต่างๆ บริเวณขอบต่างๆ
4. ทำการพ่นสีดำบริเวณด้านนอกทั้งหมด เพื่อให้เครื่องดูความร้อน ดังรูปที่ 3.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.4 แสดงการพันสีด้านนอก

5. ทำการยึดพลาสติกด้านบนเพื่อป้องกันแมลง และ การเกิดภาวะเรื้อนกระจกโดยการยึดพลาสติกให้ตึงแล้วทำการยิงรีเวตตามขอบพลาสติกเข้ากับโครง ดังรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5 แสดงการยึดพลาสติกด้านบน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการวิจัยเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 การสร้างแผงรับความร้อนและขาตั้ง

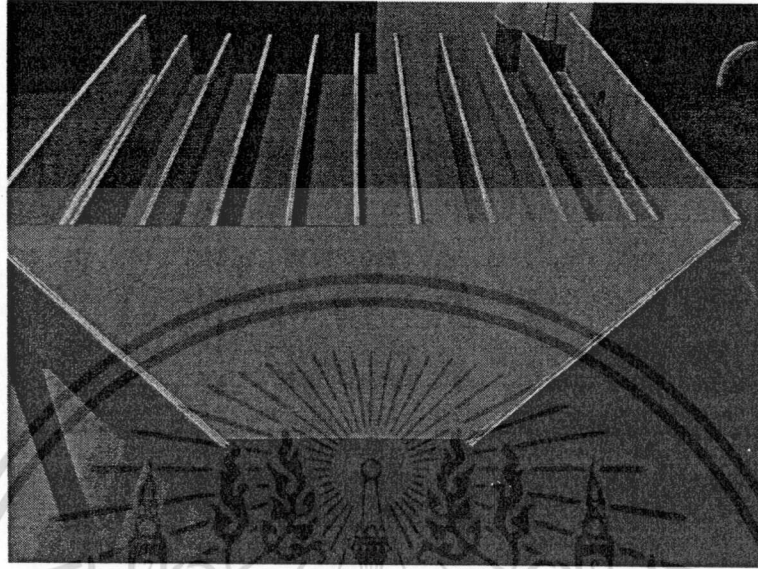
ออกแบบให้เครื่องรับความร้อนมีขนาด 2 x 1 เมตร

1. วัสดุที่ใช้ทำ

- ตัดไม้อัดหนา 10 มิลลิเมตร 1 แผ่น ขนาด 2x1 เมตร
- ตัดไม้ขนาด 90 x 10 เซนติเมตรจำนวน 9 แผ่น ทำเป็นแผงกันความร้อน
- ตัดไม้ขนาด 140 x 100 เซนติเมตรจำนวน 1 แผ่น ทำมุม 45 องศาเป็นฐานตัวล่าง
- ตัดไม้ขนาด 100 x 40 เซนติเมตรจำนวน 1 แผ่น ทำมุม 45 องศาเป็นที่ปิดหัวตัวบน
- ตัดไม้ขนาด 100 x 15 เซนติเมตรจำนวน 2 แผ่น ทำกรอบด้านข้าง
- ตัดไม้ขนาด 20.2x 15 เซนติเมตรจำนวน 1 แผ่น เจาะรูขนาด เพื่อใส่ท่ออลูมิเนียมฟรอยด์
- เหล็กฉาก 4 เซนติเมตรยาว 100 เซนติเมตรจำนวน 3 เส้น
- เหล็กฉาก 4 เซนติเมตรยาวจำนวน 2 เส้น
- เหล็กเพลลา กลม กล่อง ขนาด 2 อัน
- NUT 2 ตัว M6x1.25
- BOLT 2 ตัว M6x1.25
- ตะปูตอกไม้
- แผ่นอลูมิเนียมฟรอยด์
- สเปรย์สีดำ 3 กระป๋อง
- กระดาษหนา 5 มม. ขนาด 1x1 เมตร จำนวน 2 แผ่น

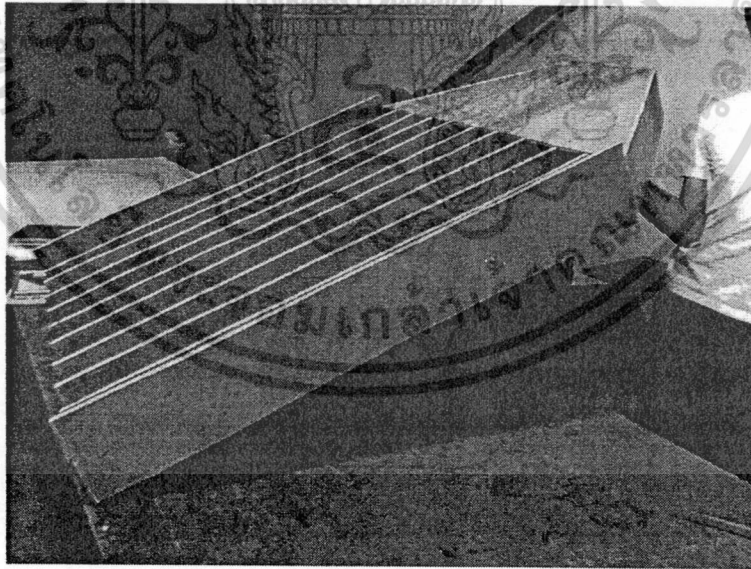
3.4.1 ขั้นตอนการประกอบแผงรับความร้อนและขาตั้ง

1. ประกอบแผ่นประกบข้างเข้ากับฐานด้วยตะปูทั้ง 2 ข้าง
2. ประกอบฝาบนเข้าด้วยกันและยึดด้วยตะปู ดังรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.6 แสดงการประกอบฝาบน

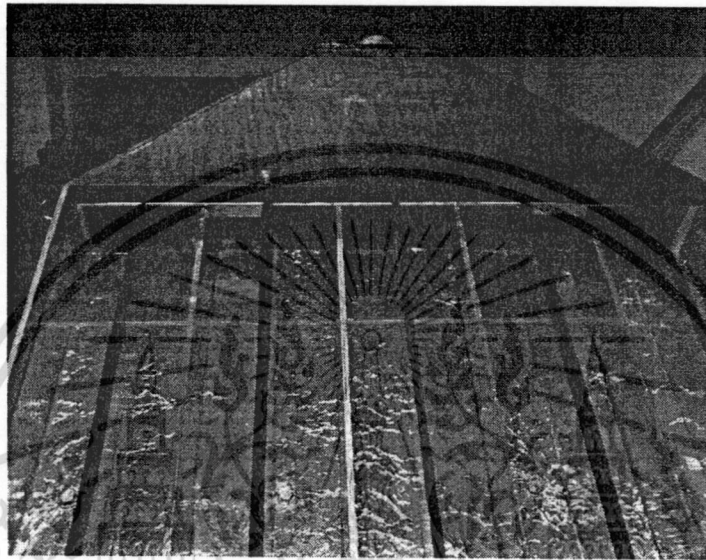
3. ประกอบช่องภายใน จำนวน 10 ช่องโดยใช้ตะปูยึด ดังรูปที่ 3.7



รูปที่ 3.7 แสดงช่องทั้ง 10 ช่อง

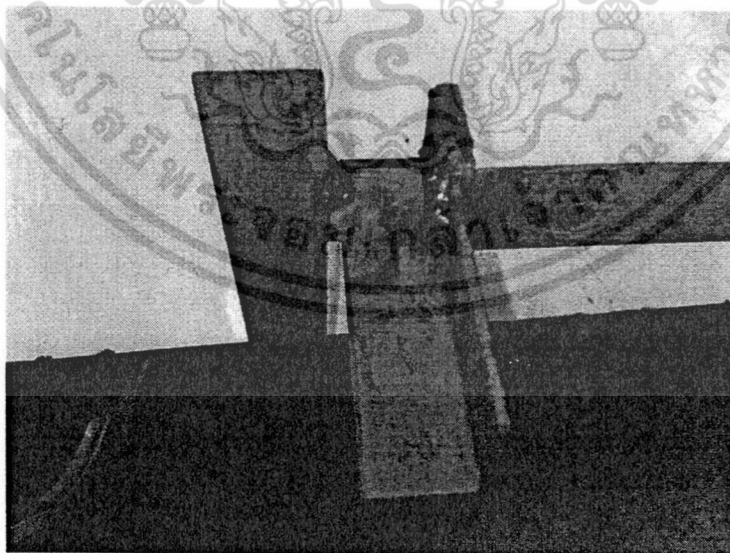
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ทำการติดลุมิเนียมฟรอยด์เข้ากับแผงรับภายในด้านในทั้งหมดโดยใช้กาวเป็นตัวยึด
5. ทำการวางกระจกที่แผงรับ จำนวน 2 ชั้น ซ้อนกัน ดังรูปที่ 3.8
6. ทำการลือกระจกเข้ากับแผงรับ



รูปที่ 3.8 แสดงการวางกระจก

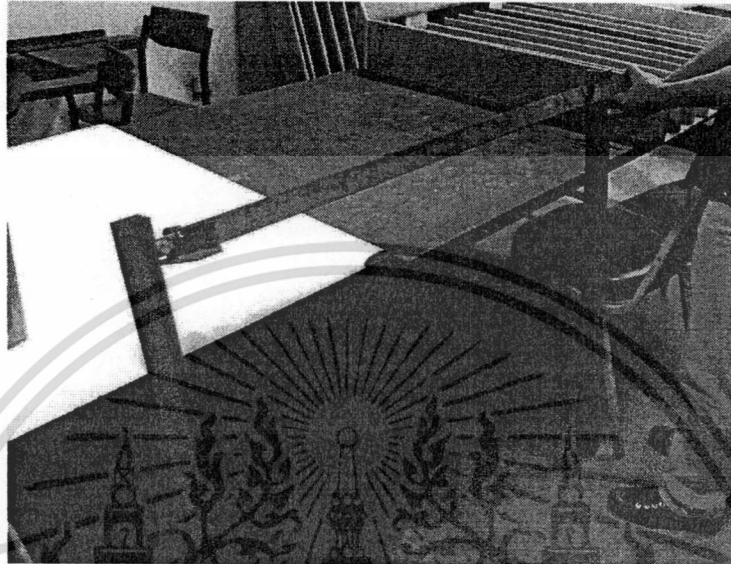
7. ทำการเชื่อมขาแผงรับความร้อน โดยใช้เหล็กฉากขนาด 15 เซนติเมตร ทำขาทั้ง 2 ข้าง ดังรูปที่ 3.9



รูปที่ 3.9 แสดงการเชื่อมขารับแสงให้สามารถปรับได้

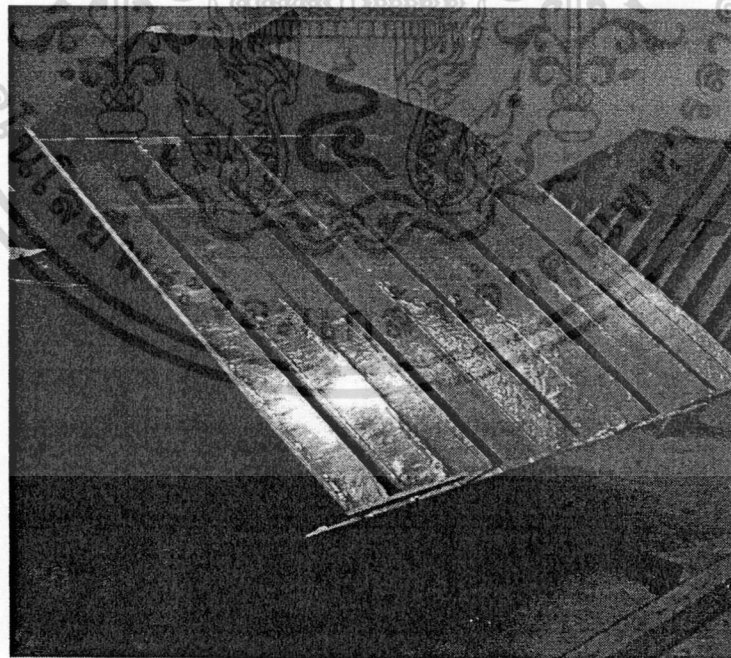
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษานี้เท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 38
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8. ทำการทำตัวล็อกขาเข้ากับแผงรับ โดยใช้สกรูเป็นตัวล็อกแผงรับที่สามารถปรับองศาได้ ดังรูปที่ 3.10



รูปที่ 3.10 แสดงการล็อกขารับแสดง

9. ใช้เหล็กเส้นยึดกระจกป้องกันกระจกหลุดออกมา จำนวน 2 เส้น ดังรูป 3.11



รูปที่ 3.11 แสดงการใช้เหล็กเส้นยึดกระจก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

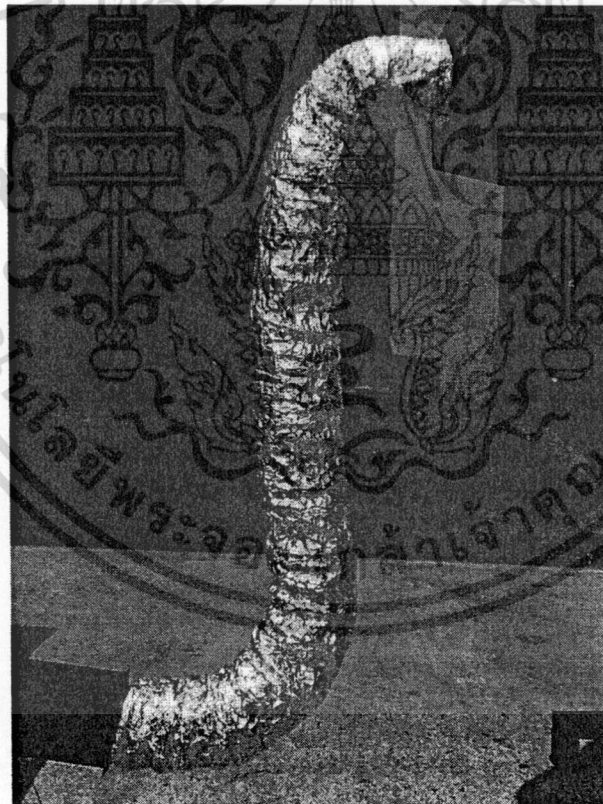
3.5 สร้างท่อต่อระหว่างแผงรับกับเครื่องอบแห้ง

1. วัสดุที่ใช้ทำ

- ลวดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.5 มิลลิเมตร
- กระดาษสา
- อลูมิเนียมฟรอยด์
- กาวลาเทกซ์

3.5.1 ขั้นตอนการทำ

1. นำขดลวดมาขดให้ได้ความยาว 2 เมตร
2. หุ้มด้วยกระดาษสา
3. หุ้มด้วยอลูมิเนียมฟรอยด์ ดังรูปที่ 3.12



รูปที่ 3.12 แสดงท่ออลูมิเนียมฟรอยด์

3.6 สร้างกล่องพัฒนา

1.วัสดุที่ใช้ทำ

- พัฒลมสำหรับใช้คู่อากาศขนาด 3 นิ้ว 1 ตัว
- แผ่นสังกะสี
- ท่อพีวีซีขนาด 2.5 นิ้ว 2 ตัว
- ซิลิโคน

3.6.1 ขั้นตอนการทำ

1. นำแผ่นกะสีมาพับให้เป็นกล่องสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาด 1 กล่อง
2. นำพัฒลมขนาด 3 นิ้วมาติดที่กล่องตรงกลาง
3. ทำการต่อท่อขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางขนาด 2 นิ้วที่หัวและท้ายกล่องดังรูปที่ 3.13
4. ทำการยาซิลิโคนที่รอยรั่วต่างๆ
5. ทำการต่อสายพัฒลมเข้ากับหม้อแปลงไฟฟ้า



รูปที่ 3.13 แสดงกล่องพัฒนา

3.7 การประกอบท่อเข้ากับเครื่องอบแห้งและแผงรับ

1. วัสดุที่ใช้ทำ

- ข้อต่อ PVC เกลียวนอก 2 ตัว
- ข้อต่อ PVC เกลียวใน 2 ตัว
- ข้อต่อ PVC 3 ทาง 1 ตัว
- ข้องอ PVC 90 องศา 2 ตัว
- ท่อ PVC ตรง ยาว 30 เซนติเมตร 2 ตัว
- ท่อ PVC ตรง ยาว 10 เซนติเมตร 4 ตัว

* หมายเหตุ ท่อที่ใช้จะมีขนาด 2.5 นิ้ว

3.7.1 ขั้นตอนการประกอบ

1. ทำการประกอบท่อ PVC 3 ทางเข้ากับ ท่อ PVC ตรง ดังรูปที่ 3.14



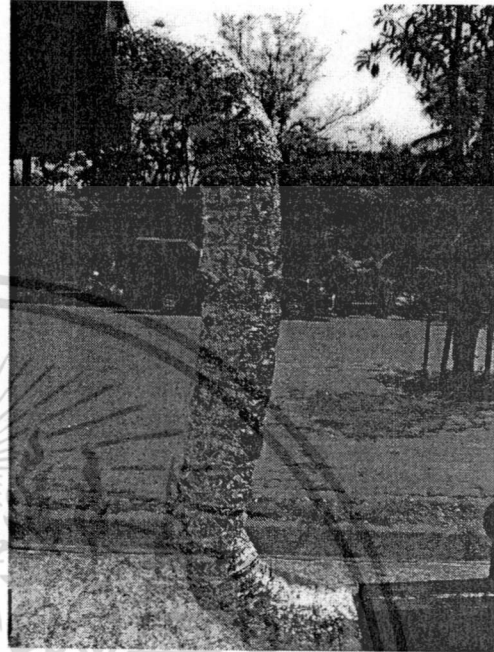
รูปที่ 3.14 แสดงการต่อท่อ PVC 3 ทาง

2. ทำการต่อท่อข้องอ 90 องศาเข้ากับท่อตรง และ ต่อเข้ากับเครื่องอบ ดังรูปที่ 3.15
3. นำท่ออลูมิเนียมต่อที่หัวของแผงรับความร้อนและต่อเข้ากับกล่องพัดลม ดังรูปที่ 3.16
4. ทำการพันสีภายนอกทั้งหมดทั้งตัวรับแสงและเครื่องอบ โดยใช้สีดำ ดังรูปที่ 3.17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

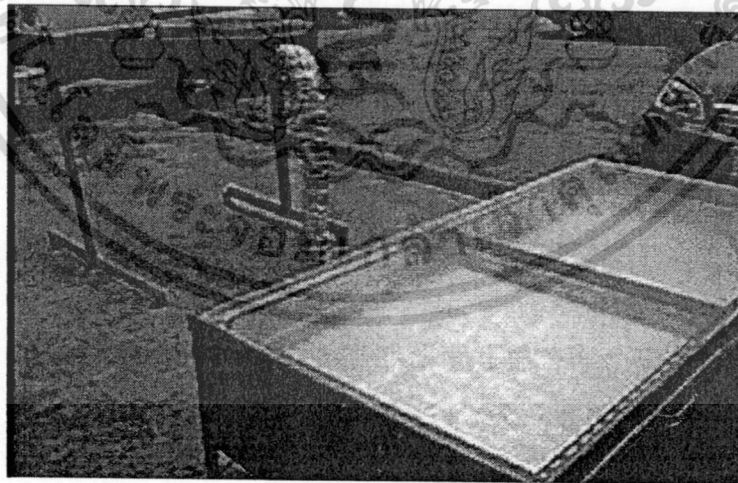


รูปที่ 3.15 การต่อท่อ 90 องศา



รูปที่ 3.16 แสดงการต่อท่อลูมิเนียมเข้ากับพัดลม

5. เมื่อทำการต่อท่อเข้ากับแผงรับและตัวเครื่องอบเสร็จแล้ว ดังรูปที่ 3.17



รูปที่ 3.17 แสดงการต่อเครื่องที่เสร็จแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลองและการอภิปรายผลการทดลอง

4.1 การทดสอบสมรรถนะของเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์

หลังจากที่ได้ทำการสร้างเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์สำเร็จแล้วทางผู้จัดทำได้ทำการทดสอบสมรรถนะของเครื่องอบแห้งดังกล่าว โดยดำเนินการรายละเอียดการทดลองดังนี้

1. ทำการวัดอุณหภูมิภายในเครื่องอบ
2. ทำการวัดหาค่าความชื้น
3. ทำการอบผลิตภัณฑ์

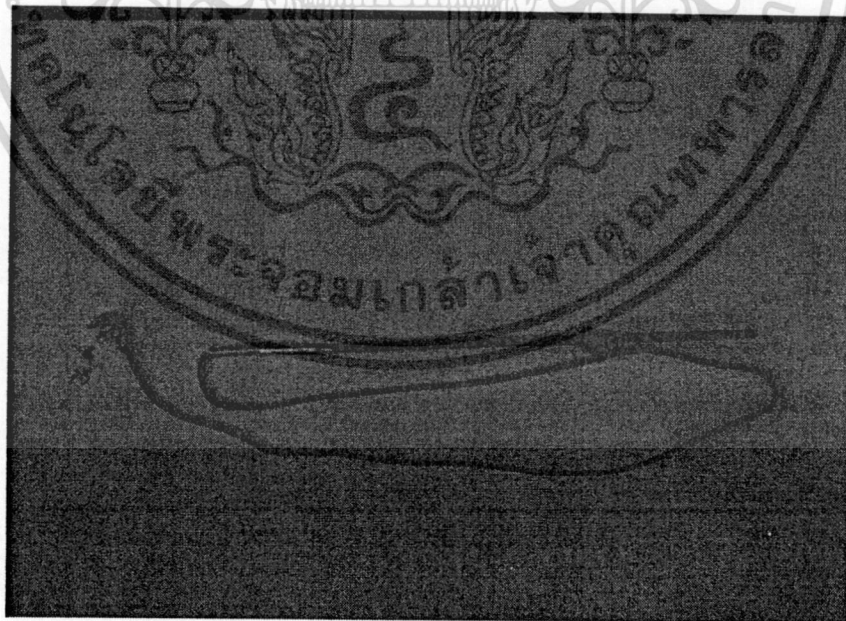
4.1.1 การวัดอุณหภูมิภายในเครื่องอบ

เป็นการทดสอบสมรรถนะของเครื่องอบว่าสามารถเก็บความร้อนได้เท่าไร

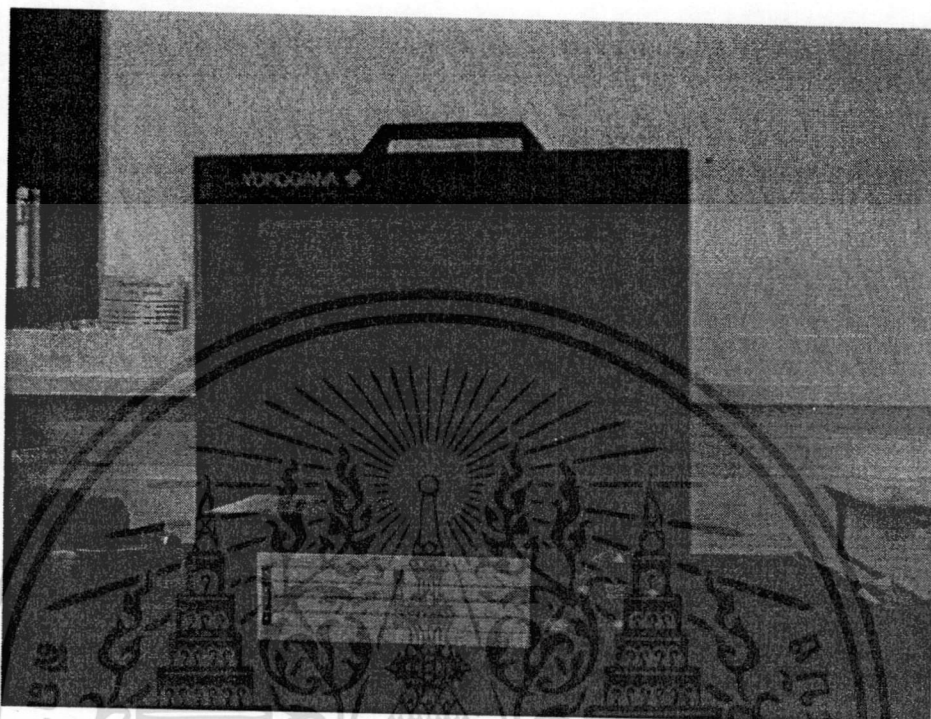
อุปกรณ์การวัดและบันทึกข้อมูล

ในการทดสอบสมรรถนะของเครื่องอบแห้งจะใช้อุปกรณ์วัดต่างๆ ดังนี้

1. สายเทอร์โมคอปเปิลชนิดเค (K-type Thermocouple) สำหรับวัดอุณหภูมิอากาศภายในเครื่องอบแห้ง
2. เครื่องบันทึกข้อมูล (Data Logger)



รูปที่ 4.1 แสดงสายเทอร์โมคอปเปิล

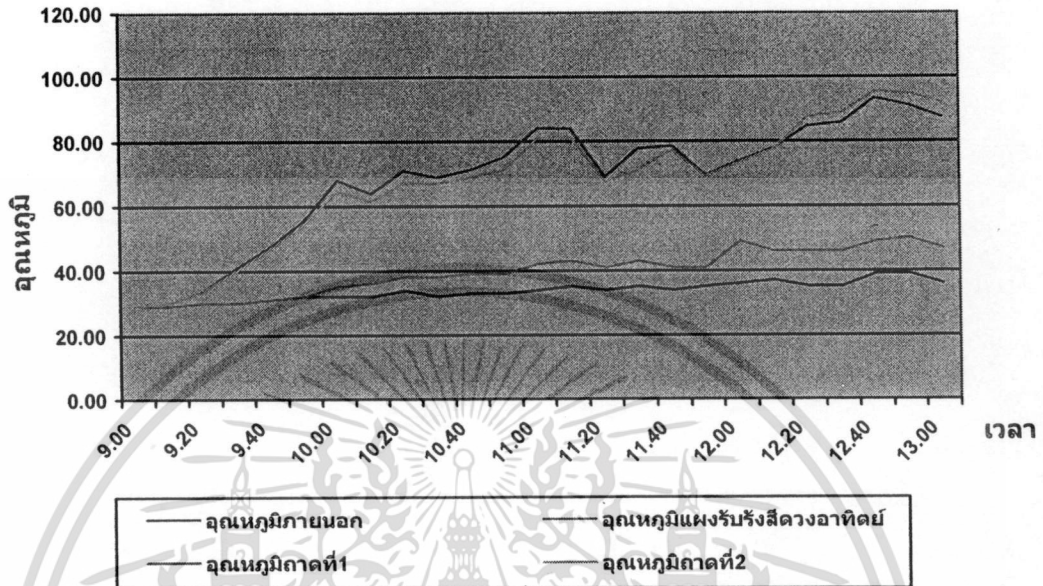


รูปที่ 4.2 แสดงเครื่องบันทึกข้อมูล

วิธีการทดลอง

1. ทำการต่อสายเทอร์โมคอปเปิลเข้ากับตัวเครื่องบันทึกข้อมูล
2. ทำการเซ็ทข้อมูลที่ตัวบันทึกข้อมูล
3. นำตัวเทอร์โมคอปเปิลวางไว้บนตัวถาดที่ 1 และ 2
4. เริ่มบันทึกข้อมูล โดยจะวัดอุณหภูมิ ทุกๆ 10 นาที เป็นเวลา 8 ชั่วโมง

1. การทดลองครั้งที่ 1 (วันที่ 11 มีนาคม 51)



รูปที่ 4.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์อุณหภูมิกับเวลา (9.00-13.00)



รูปที่ 4.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์อุณหภูมิกับเวลา (13.00-17.00)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากกราฟเราจะทำการวิเคราะห์ที่จุดดังนี้

1. อุณหภูมิภายนอก

อุณหภูมิต่ำสุดอยู่ที่ 29.00 องศาเซลเซียส อยู่ในช่วงเวลาเริ่มทำการทดลอง

อุณหภูมิสูงสุดอยู่ที่ 39.00 องศาเซลเซียส อยู่ในช่วงเวลาประมาณ 12.40-12.50 น.

อุณหภูมิโดยเฉลี่ยอยู่ที่ 34.06 องศาเซลเซียส

2. อุณหภูมิแผงรับรังสีดวงอาทิตย์

อุณหภูมิต่ำสุดอยู่ที่ 29.00 องศาเซลเซียส อยู่ในช่วงเวลาเริ่มทำการทดลอง

อุณหภูมิสูงสุดอยู่ที่ 49.00 องศาเซลเซียส อยู่ในช่วงเวลาประมาณ 12.00-12.40 น.

อุณหภูมิโดยเฉลี่ยอยู่ที่ 38.40 องศาเซลเซียส

3. อุณหภูมิภาคที่ 1

อุณหภูมิต่ำสุดอยู่ที่ 29.00 องศาเซลเซียส อยู่ในช่วงเวลาเริ่มทำการทดลอง

อุณหภูมิสูงสุดอยู่ที่ 93.50 องศาเซลเซียส อยู่ในช่วงเวลาประมาณ 12.40 น.

อุณหภูมิโดยเฉลี่ยอยู่ที่ 62.89 องศาเซลเซียส

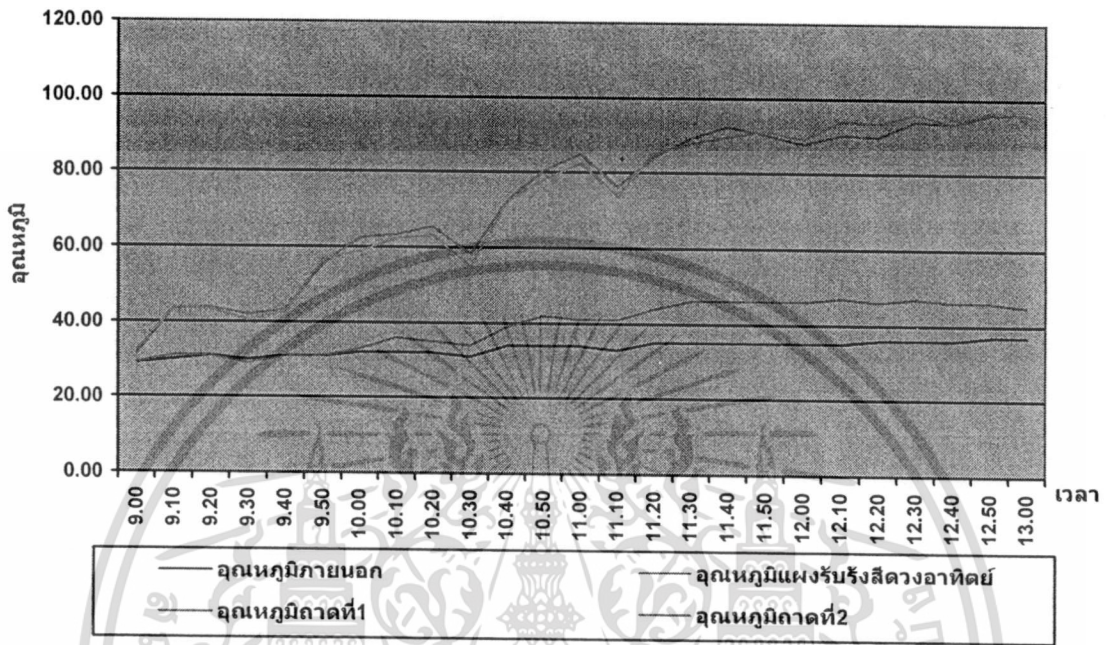
4. อุณหภูมิภาคที่ 2

อุณหภูมิต่ำสุดอยู่ที่ 29.00 องศาเซลเซียส อยู่ในช่วงเวลาเริ่มทำการทดลอง

อุณหภูมิสูงสุดอยู่ที่ 95.30 องศาเซลเซียส อยู่ในช่วงเวลาประมาณ 12.40 น.

อุณหภูมิโดยเฉลี่ยอยู่ที่ 62.85 องศาเซลเซียส

2. การทดลองครั้งที่ 2 (วันที่ 12 มีนาคม 51)



รูปที่ 4.5 กราฟแสดงความสัมพันธ์อุณหภูมิกับเวลา (9.00-13.00)



รูปที่ 4.6 กราฟแสดงความสัมพันธ์อุณหภูมิกับเวลา (13.00-17.00)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากกราฟเราจะทำการวิเคราะห์ที่จุดดังนี้

1. อุณหภูมิภายนอก

อุณหภูมิต่ำสุดอยู่ที่ 29.00 องศาเซลเซียส อยู่ในช่วงเวลาเริ่มทำการทดลอง
อุณหภูมิสูงสุดอยู่ที่ 39.00 องศาเซลเซียส อยู่ในช่วงเวลาประมาณ 13.10 น.
อุณหภูมิโดยเฉลี่ยอยู่ที่ 34.77 องศาเซลเซียส

2. อุณหภูมิแผงรับรังสีดวงอาทิตย์

อุณหภูมิต่ำสุดอยู่ที่ 29.00 องศาเซลเซียส อยู่ในช่วงเวลาเริ่มทำการทดลอง
อุณหภูมิสูงสุดอยู่ที่ 47.00 องศาเซลเซียส อยู่ในช่วงเวลาประมาณ 12.10-13.20 น.
อุณหภูมิโดยเฉลี่ยอยู่ที่ 39.73 องศาเซลเซียส

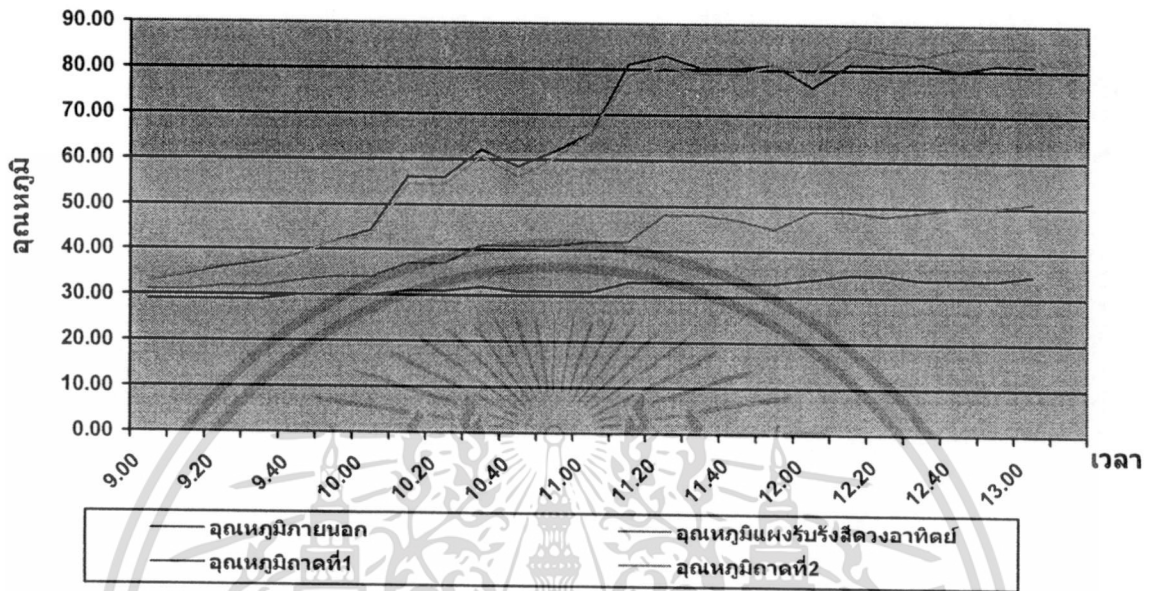
3. อุณหภูมิถาดที่ 1

อุณหภูมิต่ำสุดอยู่ที่ 31.30 องศาเซลเซียส อยู่ในช่วงเวลาเริ่มทำการทดลอง
อุณหภูมิสูงสุดอยู่ที่ 96.00 องศาเซลเซียส อยู่ในช่วงเวลาประมาณ 13.00-13.20 น.
อุณหภูมิโดยเฉลี่ยอยู่ที่ 75.93 องศาเซลเซียส

4. อุณหภูมิถาดที่ 2

อุณหภูมิต่ำสุดอยู่ที่ 32.20 องศาเซลเซียส อยู่ในช่วงเวลาเริ่มทำการทดลอง
อุณหภูมิสูงสุดอยู่ที่ 96.70 องศาเซลเซียส อยู่ในช่วงเวลาประมาณ 12.50 น.
อุณหภูมิโดยเฉลี่ยอยู่ที่ 73.82 องศาเซลเซียส

3. การทดลองครั้งที่ 3 (วันที่ 13 มีนาคม 51)



รูปที่ 4.7 กราฟแสดงความสัมพันธ์อุณหภูมิกับเวลา (09.00-13.00)



รูปที่ 4.8 กราฟแสดงความสัมพันธ์อุณหภูมิกับเวลา (13.00-17.00)

จากกราฟเราจะทำการวิเคราะห์ที่ลจุดดังนี้

1. อุณหภูมิภายนอก

อุณหภูมิต่ำสุดอยู่ที่ 29.00 องศาเซลเซียส อยู่ในช่วงเวลาเริ่มทำการทดลอง

อุณหภูมิสูงสุดอยู่ที่ 35.00 องศาเซลเซียส อยู่ในช่วงเวลาประมาณ 12.10-14.00 น.

อุณหภูมิโดยเฉลี่ยอยู่ที่ 31.93 องศาเซลเซียส

2. อุณหภูมิแผงรับรังสีดวงอาทิตย์

อุณหภูมิต่ำสุดอยู่ที่ 31.00 องศาเซลเซียส อยู่ในช่วงเวลาเริ่มทำการทดลอง

อุณหภูมิสูงสุดอยู่ที่ 51.00 องศาเซลเซียส อยู่ในช่วงเวลาประมาณ 13.00-13.10 น.

อุณหภูมิโดยเฉลี่ยอยู่ที่ 42.28 องศาเซลเซียส

3. อุณหภูมิถาดที่ 1

อุณหภูมิต่ำสุดอยู่ที่ 32.90 องศาเซลเซียส อยู่ในช่วงเวลาเริ่มทำการทดลอง

อุณหภูมิสูงสุดอยู่ที่ 81.30 องศาเซลเซียส อยู่ในช่วงเวลาประมาณ 12.30 น.

อุณหภูมิโดยเฉลี่ยอยู่ที่ 64.62 องศาเซลเซียส

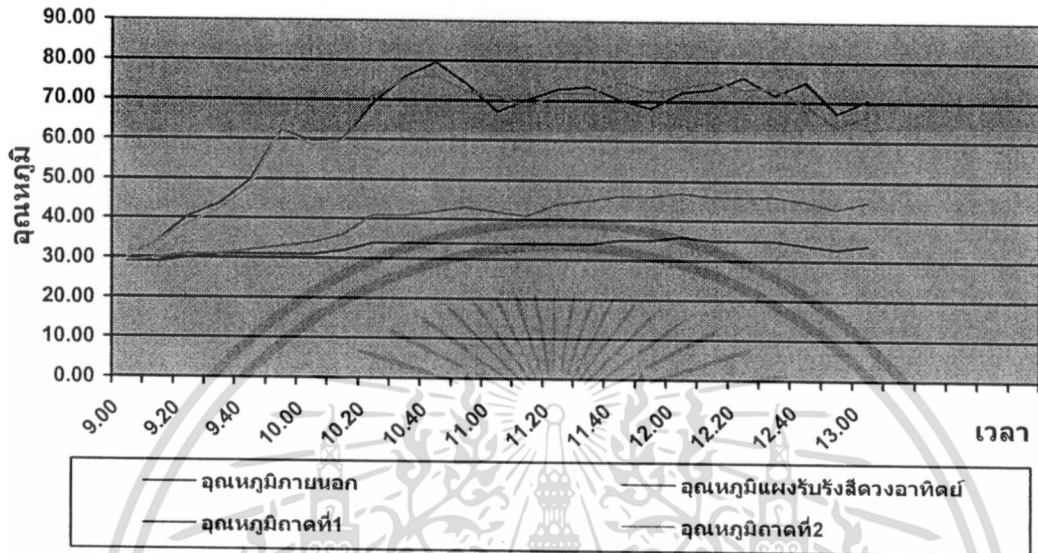
4. อุณหภูมิถาดที่ 2

อุณหภูมิต่ำสุดอยู่ที่ 32.90 องศาเซลเซียส อยู่ในช่วงเวลาเริ่มทำการทดลอง

อุณหภูมิสูงสุดอยู่ที่ 85.00 องศาเซลเซียส อยู่ในช่วงเวลาประมาณ 12.10-13.00 น.

อุณหภูมิโดยเฉลี่ยอยู่ที่ 65.51 องศาเซลเซียส

4. การทดลองครั้งที่ 4 (วันที่ 14 มีนาคม 51)



รูปที่ 4.9 กราฟแสดงความสัมพันธ์อุณหภูมิกำลังกับเวลา (09.00-13.00)



รูปที่ 4.10 กราฟแสดงความสัมพันธ์อุณหภูมิกำลังกับเวลา (13.00-17.00)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากกราฟเราจะทำการวิเคราะห์ที่จุดดังนี้

1. อุณหภูมิภายนอก

อุณหภูมิต่ำสุดอยู่ที่ 29.00 องศาเซลเซียส อยู่ในช่วงเวลาเริ่มทำการทดลอง
อุณหภูมิสูงสุดอยู่ที่ 35.00 องศาเซลเซียส อยู่ในช่วงเวลาประมาณ 11.40-14.40 น.
อุณหภูมิโดยเฉลี่ยอยู่ที่ 34.22 องศาเซลเซียส

2. อุณหภูมิแผงรับรังสีดวงอาทิตย์

อุณหภูมิต่ำสุดอยู่ที่ 29.00 องศาเซลเซียส อยู่ในช่วงเวลาเริ่มทำการทดลอง
อุณหภูมิสูงสุดอยู่ที่ 47.00 องศาเซลเซียส อยู่ในช่วงเวลาประมาณ 12.00 น.
อุณหภูมิโดยเฉลี่ยอยู่ที่ 40.30 องศาเซลเซียส

3. อุณหภูมิถาดที่ 1

อุณหภูมิต่ำสุดอยู่ที่ 30.00 องศาเซลเซียส อยู่ในช่วงเวลาเริ่มทำการทดลอง
อุณหภูมิสูงสุดอยู่ที่ 79.50 องศาเซลเซียส อยู่ในช่วงเวลาประมาณ 10.40 น.
อุณหภูมิโดยเฉลี่ยอยู่ที่ 61.26 องศาเซลเซียส

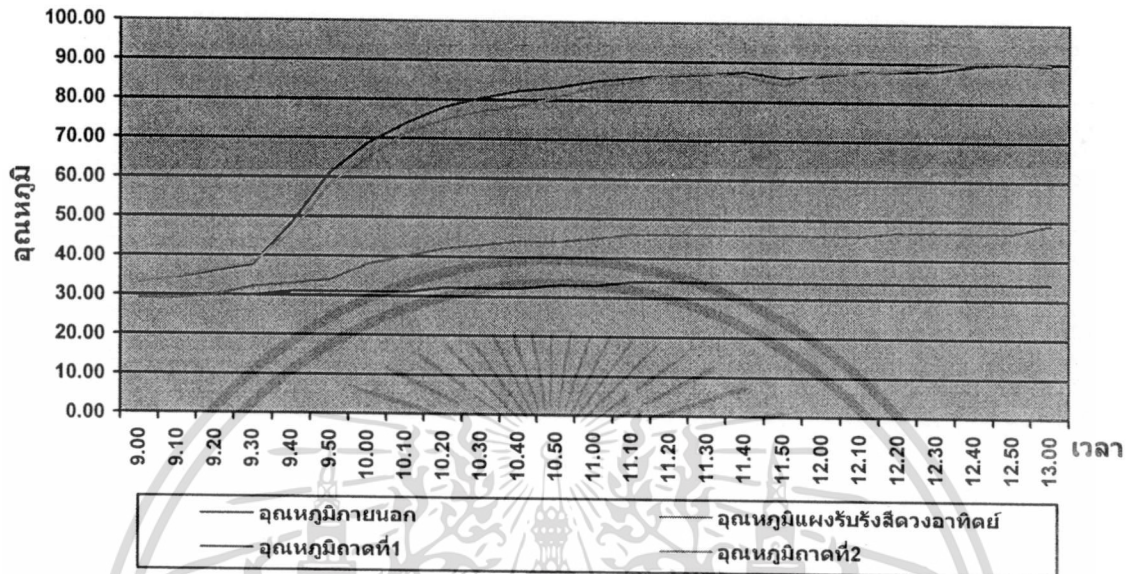
4. อุณหภูมิถาดที่ 2

อุณหภูมิต่ำสุดอยู่ที่ 30.00 องศาเซลเซียส อยู่ในช่วงเวลาเริ่มทำการทดลอง
อุณหภูมิสูงสุดอยู่ที่ 76.00 องศาเซลเซียส อยู่ในช่วงเวลาประมาณ 10.40 น.
อุณหภูมิโดยเฉลี่ยอยู่ที่ 60.04 องศาเซลเซียส

* ไม่ได้เปิดพัดลมดูดอากาศ

เนื่องจากต้องการจะทำการเปรียบเทียบว่าการปิดพัดลมดูดอากาศจะทำให้อุณหภูมิภายในเครื่องอบสูงขึ้นหรือไม่
ผลที่ได้คือ เมื่อปิดพัดลมดูดอากาศอุณหภูมิภายในเครื่องอบต่ำกว่าการเปิดพัดลมดูดอากาศไว้

5. การทดลองครั้งที่ 5 (วันที่ 18 มีนาคม 51)



รูปที่ 4.11 กราฟแสดงความสัมพันธ์อุณหภูมิกับเวลา (09.00-13.00)



รูปที่ 4.12 กราฟแสดงความสัมพันธ์อุณหภูมิกับเวลา (13.00-17.00)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากกราฟเราจะทำการวิเคราะห์ที่ละจุดดังนี้

1. อุณหภูมิภายนอก

อุณหภูมิต่ำสุดอยู่ที่ 29.00 องศาเซลเซียส อยู่ในช่วงเวลาเริ่มทำการทดลอง
อุณหภูมิสูงสุดอยู่ที่ 35.00 องศาเซลเซียส อยู่ในช่วงเวลาประมาณ 13.20-15.40 น.
อุณหภูมิโดยเฉลี่ยอยู่ที่ 33.10 องศาเซลเซียส

2. อุณหภูมิแผงรับรังสีดวงอาทิตย์

อุณหภูมิต่ำสุดอยู่ที่ 29.00 องศาเซลเซียส อยู่ในช่วงเวลาเริ่มทำการทดลอง
อุณหภูมิสูงสุดอยู่ที่ 49.00 องศาเซลเซียส อยู่ในช่วงเวลาประมาณ 13.00 น.
อุณหภูมิโดยเฉลี่ยอยู่ที่ 42.69 องศาเซลเซียส

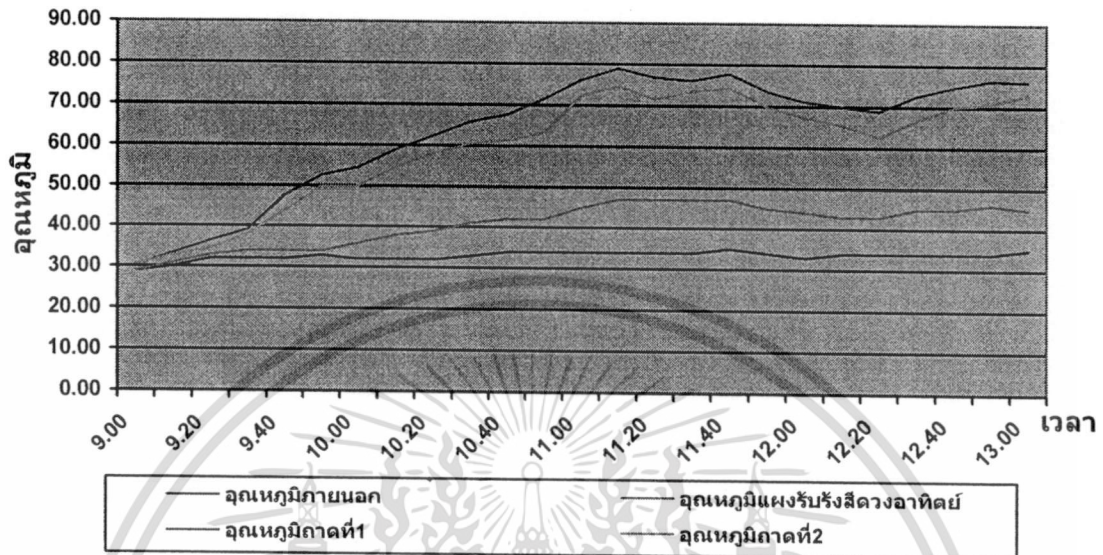
3. อุณหภูมิภาคที่ 1

อุณหภูมิต่ำสุดอยู่ที่ 33.00 องศาเซลเซียส อยู่ในช่วงเวลาเริ่มทำการทดลอง
อุณหภูมิสูงสุดอยู่ที่ 90.70 องศาเซลเซียส อยู่ในช่วงเวลาประมาณ 13.10-13.30 น.
อุณหภูมิโดยเฉลี่ยอยู่ที่ 76.25 องศาเซลเซียส

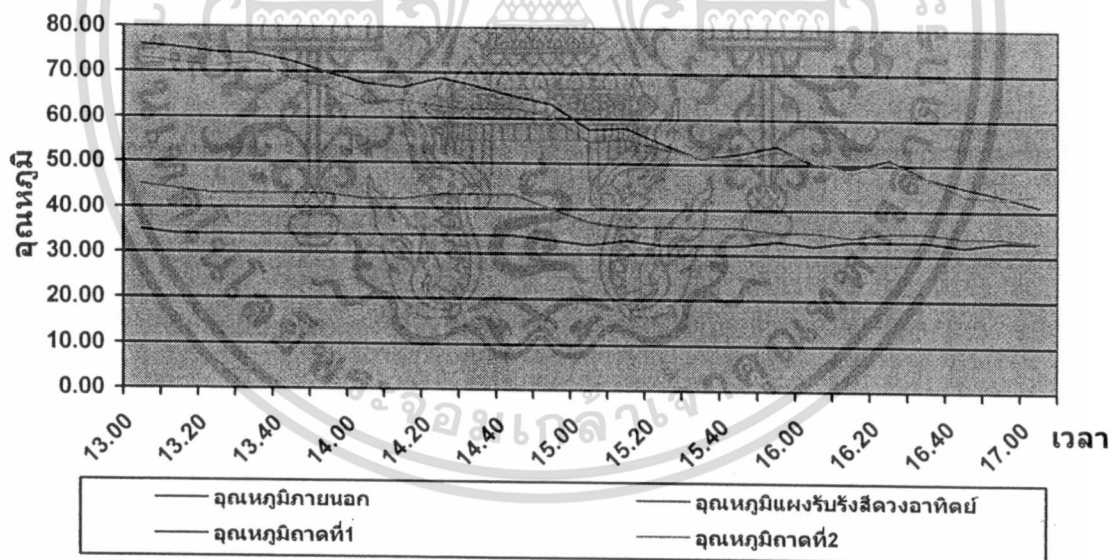
4. อุณหภูมิภาคที่ 2

อุณหภูมิต่ำสุดอยู่ที่ 33.00 องศาเซลเซียส อยู่ในช่วงเวลาเริ่มทำการทดลอง
อุณหภูมิสูงสุดอยู่ที่ 91.40 องศาเซลเซียส อยู่ในช่วงเวลาประมาณ 13.30 น.
อุณหภูมิโดยเฉลี่ยอยู่ที่ 73.02 องศาเซลเซียส

6. การทดลองครั้งที่ 6 (วันที่ 20 มีนาคม 51)



รูปที่ 4.13 กราฟแสดงความสัมพันธ์อุณหภูมิกับเวลา (09.00-13.00)



รูปที่ 4.14 กราฟแสดงความสัมพันธ์อุณหภูมิกับเวลา (13.00-17.00)

จากกราฟเราจะทำการวิเคราะห์ที่จุดดังนี้

1. อุณหภูมิภายนอก

อุณหภูมิต่ำสุดอยู่ที่ 29.00 องศาเซลเซียส อยู่ในช่วงเวลาเริ่มทำการทดลอง
อุณหภูมิสูงสุดอยู่ที่ 35.00 องศาเซลเซียส อยู่ในช่วงเวลาประมาณ 11.40-13.00 น.
อุณหภูมิโดยเฉลี่ยอยู่ที่ 33.12 องศาเซลเซียส

2. อุณหภูมิแผงรับรังสีดวงอาทิตย์

อุณหภูมิต่ำสุดอยู่ที่ 29.00 องศาเซลเซียส อยู่ในช่วงเวลาเริ่มทำการทดลอง
อุณหภูมิสูงสุดอยู่ที่ 47.00 องศาเซลเซียส อยู่ในช่วงเวลาประมาณ 11.10-11.40 น.
อุณหภูมิโดยเฉลี่ยอยู่ที่ 39.73 องศาเซลเซียส

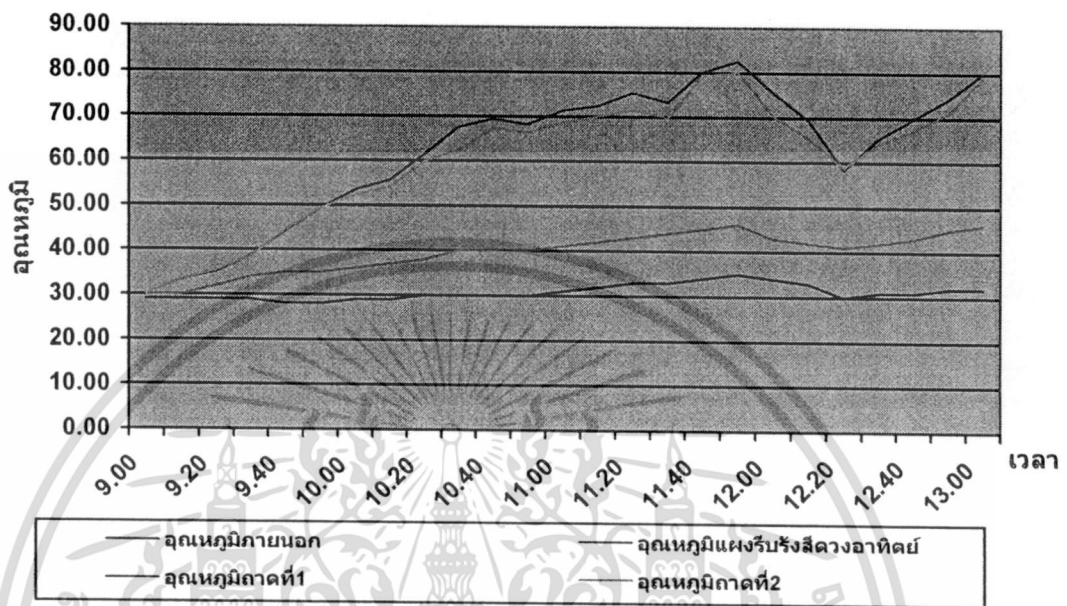
3. อุณหภูมิภาคที่ 1

อุณหภูมิต่ำสุดอยู่ที่ 30.20 องศาเซลเซียส อยู่ในช่วงเวลาเริ่มทำการทดลอง
อุณหภูมิสูงสุดอยู่ที่ 78.90 องศาเซลเซียส อยู่ในช่วงเวลาประมาณ 11.10 น.
อุณหภูมิโดยเฉลี่ยอยู่ที่ 62.75 องศาเซลเซียส

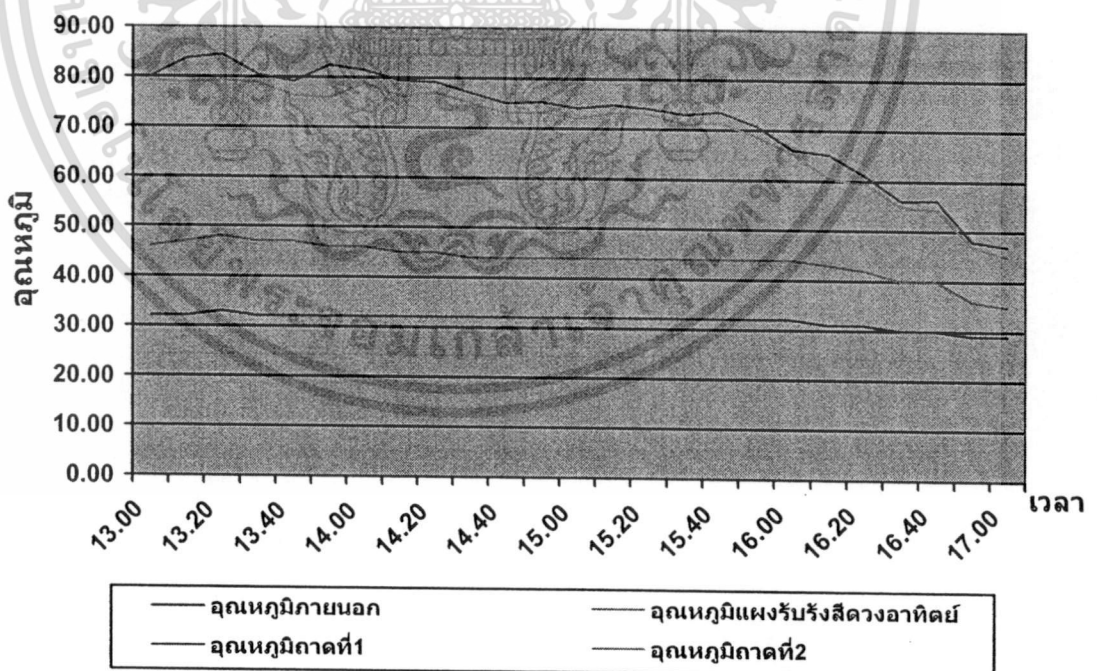
4. อุณหภูมิภาคที่ 2

อุณหภูมิต่ำสุดอยู่ที่ 30.70 องศาเซลเซียส อยู่ในช่วงเวลาเริ่มทำการทดลอง
อุณหภูมิสูงสุดอยู่ที่ 74.50 องศาเซลเซียส อยู่ในช่วงเวลาประมาณ 11.10 น.
อุณหภูมิโดยเฉลี่ยอยู่ที่ 58.35 องศาเซลเซียส

7. การทดลองครั้งที่ 7 (วันที่ 21 มีนาคม 51)



รูปที่ 4.15 กราฟแสดงความสัมพันธ์อุณหภูมิกับเวลา (09.00-13.00)



รูปที่ 4.16 กราฟแสดงความสัมพันธ์อุณหภูมิกับเวลา (13.00-17.00)

จากกราฟเราจะทำการวิเคราะห์ที่จุดดังนี้

1. อุณหภูมิภายนอก

อุณหภูมิต่ำสุดอยู่ที่ 29.00 องศาเซลเซียส อยู่ในช่วงเวลาเริ่มทำการทดลอง
อุณหภูมิสูงสุดอยู่ที่ 35.00 องศาเซลเซียส อยู่ในช่วงเวลาประมาณ 11.50 น.
อุณหภูมิโดยเฉลี่ยอยู่ที่ 31.18 องศาเซลเซียส

2. อุณหภูมิแผงรับรังสีดวงอาทิตย์

อุณหภูมิต่ำสุดอยู่ที่ 30.00 องศาเซลเซียส อยู่ในช่วงเวลาเริ่มทำการทดลอง
อุณหภูมิสูงสุดอยู่ที่ 48.00 องศาเซลเซียส อยู่ในช่วงเวลาประมาณ 13.20 น.
อุณหภูมิโดยเฉลี่ยอยู่ที่ 40.67 องศาเซลเซียส

3. อุณหภูมิถาดที่ 1

อุณหภูมิต่ำสุดอยู่ที่ 30.10 องศาเซลเซียส อยู่ในช่วงเวลาเริ่มทำการทดลอง
อุณหภูมิสูงสุดอยู่ที่ 84.50 องศาเซลเซียส อยู่ในช่วงเวลาประมาณ 13.20 น.
อุณหภูมิโดยเฉลี่ยอยู่ที่ 66.16 องศาเซลเซียส

4. อุณหภูมิถาดที่ 2

อุณหภูมิต่ำสุดอยู่ที่ 30.10 องศาเซลเซียส อยู่ในช่วงเวลาเริ่มทำการทดลอง
อุณหภูมิสูงสุดอยู่ที่ 79.30 องศาเซลเซียส อยู่ในช่วงเวลาประมาณ 13.20 น.
อุณหภูมิโดยเฉลี่ยอยู่ที่ 64.64 องศาเซลเซียส

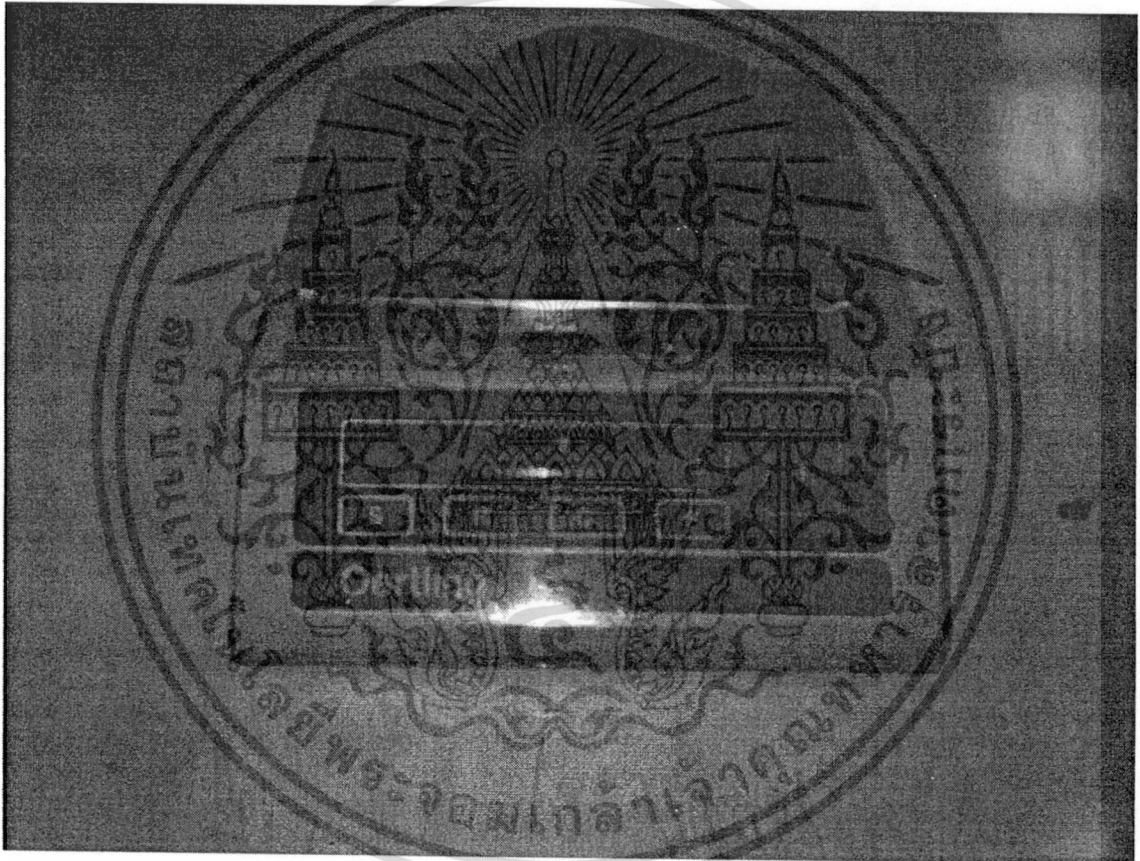
4.1.2 การวัดค่าความชื้น

เป็นการทดสอบสมรรถนะของเครื่องอบว่าสามารถนำความชื้นออกจากตัวผลิตภัณฑ์ได้มากเท่าไร

อุปกรณ์การวัดและบันทึกข้อมูล

ในการทดสอบสมรรถนะของเครื่องอบแห้งจะใช้อุปกรณ์วัดต่างๆ ดังนี้

1. ถาดใส่น้ำ
2. เครื่องชั่งน้ำหนักแบบดิจิตอล



รูปที่ 4.17 เครื่องชั่งน้ำหนักแบบดิจิตอล

วิธีการทดลอง

1. นำน้ำมาใส่ถาด
2. ทำการชั่งน้ำหนักน้ำบนเครื่องชั่งน้ำหนักแบบดิจิตอล โดยน้ำในแต่ละถาดหนัก 350 กรัม
3. นำถาดใส่น้ำวางไว้บนตัวถาดที่ 1 และ 2
4. เริ่มทำบันทึกข้อมูล จะวัดเพียงครั้งเดียวคือ 8 ชั่วโมง วัด 1 ครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลอง

1. การทดลองครั้งที่ 1 (วันที่ 13 มีนาคม 51)

เริ่มจากถาดที่ 1 มีน้ำหนักเริ่มต้น 350 กรัม ซึ่งถูกนำไปวางไว้บนถาดที่ 1 ของเครื่องอบ เมื่อเวลาผ่านไป 8 ชั่วโมง น้ำหนักสุดท้ายของน้ำเหลือ 101 กรัม

ต่อไปถาดที่ 2 มีน้ำหนักเริ่มต้น 350 กรัม ซึ่งถูกนำไปวางไว้บนถาดที่ 2 ของเครื่องอบ เมื่อเวลาผ่านไป 8 ชั่วโมง น้ำหนักสุดท้ายของน้ำเหลือ 82 กรัม

2. การทดลองครั้งที่ 2 (วันที่ 14 มีนาคม 51)

เริ่มจากถาดที่ 1 มีน้ำหนักเริ่มต้น 350 กรัม ซึ่งถูกนำไปวางไว้บนถาดที่ 1 ของเครื่องอบ เมื่อเวลาผ่านไป 8 ชั่วโมง น้ำหนักสุดท้ายของน้ำเหลือ 200 กรัม

ต่อไปถาดที่ 2 มีน้ำหนักเริ่มต้น 350 กรัม ซึ่งถูกนำไปวางไว้บนถาดที่ 2 ของเครื่องอบ เมื่อเวลาผ่านไป 8 ชั่วโมง น้ำหนักสุดท้ายของน้ำเหลือ 186 กรัม

4.1.3 การอบผลิตภัณฑ์

อุปกรณ์การวัดและบันทึกข้อมูล

ในการทดสอบสมรรถนะของเครื่องอบแห้งจะใช้อุปกรณ์วัดต่างๆ ดังนี้

1. เครื่องชั่งน้ำหนักแบบดิจิทัล

วิธีการทดลอง

ในการทดลองอบแห้งจะใช้พริกสดแดงและพริกชี้หนูแดง โดยการทดลองแต่ละครั้งจะดำเนินการดังนี้
ทดลองพริกสดแดง

1. ชั่งน้ำหนักพริกสดแดงที่จะทำการอบแห้ง
2. นำพริกสดแดงที่ชั่งน้ำหนักแล้วเข้าไปวางไว้บนถาดในเครื่องอบ
3. แบ่งตัวอย่างพริกสดแดงใส่ถาด 1 และ 2 จำนวนถาดละ 2500 g
4. เริ่มทำบันทึกข้อมูล จะวัดเพียงครั้งเดียวคือ 8 ชั่วโมง วัด 1 ครั้ง

ผลการทดลอง

1. การทดลองครั้งที่ 1 (วันที่ 17 มีนาคม 51)

เริ่มจากถาดที่ 1 มีน้ำหนักของพริกสดแดงเริ่มต้น 2500 กรัม ซึ่งถูกนำไปวางไว้บนถาดที่ 1 ของเครื่องอบ เมื่อเวลาผ่านไป 8 ชั่วโมง น้ำหนักสุดท้ายของพริกสดแดงเหลือ 1500 กรัม

ต่อไปถาดที่ 2 มีน้ำหนักของพริกสดแดงเริ่มต้น 2500 กรัม ซึ่งถูกนำไปวางไว้บนถาดที่ 2 ของเครื่องอบ เมื่อเวลาผ่านไป 8 ชั่วโมง น้ำหนักสุดท้ายของพริกสดแดงเหลือ 1438 กรัม

2. การทดลองครั้งที่ 2 (วันที่ 18 มีนาคม 51)

เริ่มจากถาดที่ 1 มีน้ำหนักของพริกสดแดงเริ่มต้น 1500 กรัม ซึ่งถูกนำไปวางไว้บนถาดที่ 1 ของเครื่องอบ เมื่อเวลาผ่านไป 8 ชั่วโมง น้ำหนักสุดท้ายของพริกสดแดงเหลือ 531.5 กรัม

ถาดที่ 2 มีน้ำหนักของพริกสดแดงเริ่มต้น 1438 กรัม ซึ่งถูกนำไปวางไว้บนถาดที่ 2 ของเครื่องอบ เมื่อเวลาผ่านไป 8 ชั่วโมง น้ำหนักสุดท้ายของพริกสดแดงเหลือ 561.5 กรัม

3. การทดลองครั้งที่ 3 (วันที่ 19 มีนาคม 51)

เริ่มจากถาดที่ 1 มีน้ำหนักของพริกสดแดงเริ่มต้น 531.5 กรัม ซึ่งถูกนำไปวางไว้บนถาดที่ 1 ของเครื่องอบ เมื่อเวลาผ่านไป 8 ชั่วโมง น้ำหนักสุดท้ายของพริกสดแดงเหลือ 340 กรัม

ต่อไปถาดที่ 2 มีน้ำหนักของพริกสดแดงเริ่มต้น 561.5 กรัม ซึ่งถูกนำไปวางไว้บนถาดที่ 2 ของเครื่องอบ เมื่อเวลาผ่านไป 8 ชั่วโมง น้ำหนักสุดท้ายของพริกสดแดงเหลือ 355 กรัม

ทดลองพริกชี้หนูแดง

1. ชั่งน้ำหนักพริกชี้หนูแดงที่จะทำการอบแห้ง
2. นำพริกชี้หนูแดงที่ชั่งน้ำหนักแล้วเข้าไปวางไว้บนถาดในเครื่องอบ
3. แบ่งตัวอย่างพริกชี้หนูแดงใส่ถาด 1 และ 2 จำนวนถาดละ 2500 g
4. แบ่งตัวอย่างพริกชี้หนูแดงวางไว้บนถาดเครื่องอบให้ตากแดดธรรมชาติสำหรับการเปรียบเทียบกับ การอบแห้งภายในเครื่องอบ จำนวน 1000 กรัม
5. เริ่มทำบันทึกข้อมูล จะวัดเพียงครั้งเดียวคือ 8 ชั่วโมง วัด 1 ครั้ง

ผลการทดลอง

1. การทดลองครั้งที่ 1 (วันที่ 20 มีนาคม 51)

เริ่มจากถาดที่ 1 มีน้ำหนักของพริกชี้หนูแดงเริ่มต้น 2500 กรัม ซึ่งถูกนำไปวางไว้บนถาดที่ 1 ของเครื่องอบ เมื่อเวลาผ่านไป 8 ชั่วโมง น้ำหนักสุดท้ายของพริกชี้หนูแดงเหลือ 1598.4 กรัม

ต่อไปถาดที่ 2 มีน้ำหนักของพริกชี้หนูแดงเริ่มต้น 2500 กรัม ซึ่งถูกนำไปวางไว้บนถาดที่ 2 ของเครื่องอบ เมื่อเวลาผ่านไป 8 ชั่วโมง น้ำหนักสุดท้ายของพริกชี้หนูแดงเหลือ 1513.7 กรัม

ถาดที่ใส่พริกชี้หนูแดงนอกเครื่องอบมีน้ำหนักเริ่มต้น 1000 กรัม เมื่อเวลาผ่านไป 8 ชั่วโมง น้ำหนักสุดท้ายของพริกชี้หนูแดงเหลือ 778.3 กรัม

2. การทดลองครั้งที่ 2 (วันที่ 21 มีนาคม 51)

เริ่มจากถาดที่ 1 มีน้ำหนักของพริกชี้หนูแดงเริ่มต้น 1598.4 กรัม ซึ่งถูกนำไปวางไว้บนถาดที่ 1 ของเครื่องอบ เมื่อเวลาผ่านไป 8 ชั่วโมง น้ำหนักสุดท้ายของพริกชี้หนูแดงเหลือ 841 กรัม

ต่อไปถาดที่ 2 มีน้ำหนักของพริกชี้หนูแดงเริ่มต้น 1513.7 กรัม ซึ่งถูกนำไปวางไว้บนถาดที่ 2 ของเครื่องอบ เมื่อเวลาผ่านไป 8 ชั่วโมง น้ำหนักสุดท้ายของพริกชี้หนูแดงเหลือ 735.7 กรัม

ถาดที่ใส่พริกชี้หนูแดงนอกเครื่องอบมีน้ำหนักเริ่มต้น 778.3 กรัม เมื่อเวลาผ่านไป 8 ชั่วโมง น้ำหนักสุดท้ายของพริกชี้หนูแดงเหลือ 558.3 กรัม

4.2 ประสิทธิภาพของเครื่องอบแห้ง

ค่าประสิทธิภาพของเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์จะแปรผันตามความเข้มของรังสีดวงอาทิตย์ และสภาพแวดล้อมในบริเวณที่ทำการอบในแต่ละวัน เช่น ท้องฟ้ามีเมฆมากหรือเงาของอาคารบ้านเรือนมาบังก็จะทำให้เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์มีประสิทธิภาพน้อยลง

จากการคำนวณและออกแบบเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ในโครงการนี้ ได้ทำการทดลองเพื่อหาค่าประสิทธิภาพของเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่สร้างขึ้นมา โดยทำการอบพริกชี้หูสดแดงและใช้ระยะเวลา 2 วันในการอบตามการคำนวณ เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ในโครงการนี้สามารถนำความชื้นออกจากพริกชี้หูสดแดงได้ 3.43 กิโลกรัม จากน้ำหนักเริ่มต้น 5 กิโลกรัม ค่าอุณหภูมิภายในเครื่องอบแห้งเฉลี่ยในการอบของทั้ง 2 วันอยู่ที่ 62.98 องศาเซลเซียส อุณหภูมิเฉลี่ยภายนอกอยู่ที่ 32.15 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิเฉลี่ยของแผงรับความร้อนอยู่ที่ 40.2 องศาเซลเซียส ซึ่งค่าประสิทธิภาพเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ในโครงการนี้สามารถคำนวณได้จากความชื้นที่ลดได้จากการอบสามารถหาความร้อนที่เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ในโครงการนี้ทำได้คือ

$$Q_{dy} = 3.43 \text{ kg} \times 6 \text{ MJ/kg}$$

$$= 20.58 \text{ MJ}$$

นำค่าความร้อนที่เครื่องอบแห้งสามารถทำได้มาคำนวณหาค่าประสิทธิภาพแทนใน สมการที่ 2.3.3 จะ ได้ โดยทำการย้ายข้างเพื่อหาค่าประสิทธิภาพที่เครื่องสามารถทำได้

$$2 = \frac{20.58}{n \times 18.2 \times 2}$$

$$n = \frac{20.58}{18.2 \times 2 \times 2}$$

$$= 0.282$$

จากการคำนวณหาขนาดเครื่องอบแห้ง กำหนดค่าประสิทธิภาพไว้ที่ 0.3 คิดเป็นการทำงาน 100% แต่เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์เมื่อนำไปทดลองจริงมีค่าประสิทธิภาพ 0.282 สามารถคิดเป็น เปอร์เซนต์การทำงานได้โดย

$$\text{ค่าประสิทธิภาพการทำงาน} = \frac{n \text{ จริง}}{n \text{ คำนวณ}}$$

$$= \frac{0.282}{0.3}$$

$$= 0.94 \times 100$$

$$= 94 \%$$

เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ในโครงการครั้งนี้เมื่อนำไปอบผลิตภัณฑ์จริงมีประสิทธิภาพในการอบ 94 %



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

จากการทดลอง จะสรุปได้ 3 ส่วน คือ

1. อุณหภูมิ
2. ค่าความชื้น
3. ผลลัพท์

5.1.1 อุณหภูมิ

เครื่องอบสามารถทำความร้อน ได้สูงสุด 96.70 องศาเซลเซียส ในวันที่ 12 มีนาคม 2551 ในช่วงเวลา 12.50 – 13.00 น. เนื่องจากในช่วงนี้อากาศร้อน ท้องฟ้าปลอดโปร่ง ไม่มีเมฆปกคลุม อุณหภูมิภายนอกจะอยู่ที่ 34.77 องศาเซลเซียส โดยเฉลี่ยตลอดช่วงเวลาดังกล่าว

5.1.2 ค่าความชื้น

เครื่องอบสามารถ พาคความชื้นออกไปได้ 76.58 เปอร์เซ็นต์ การทดลอง วันที่ 13 มีนาคม 51 เวลา 9.00-17.00น. โดยที่อุณหภูมิภายนอกโดยเฉลี่ยที่ 31.93 องศาเซลเซียส

การคำนวณค่าความชื้น เริ่มจากชั่งน้ำหนักน้ำเริ่มต้นได้ 350 กรัม คือ 100 เปอร์เซ็นต์ และน้ำหนักน้ำสุดท้ายที่ได้คือ 82 กรัม จะเท่ากับ $(82 \times 100) / 350 = 23.42$ เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นเครื่องอบสามารถนำพาคความชื้นออกไปได้จะเท่ากับ $100 - 23.42 = 76.58$ เปอร์เซ็นต์

5.1.3 ผลลัพท์

แบ่งเป็น 2 ชนิด

1. พริกสดแดง เริ่มต้นการอบที่ 5 กิโลกรัม ใช้เวลา 3 วันจะเหลือน้ำหนักสุทธิ 695 กรัม

2. พริกชี้หนูแดง เริ่มต้นการอบที่ 5 กิโลกรัม ใช้เวลา 2 วันจะเหลือน้ำหนักสุทธิ 1.57 กิโลกรัม

พริกชี้หนูแดงวางไว้นอกเครื่องอบให้ตากแดดธรรมชาติโดยเริ่มต้นอบที่ 1 กิโลกรัม ใช้เวลา 2 วันจะเหลือน้ำหนักสุทธิ 558.3 กรัม เมื่อเปรียบเทียบกับที่ 5 กิโลกรัม จะได้น้ำหนักสุทธิ $558.3 \times 5 = 2.79$ กิโลกรัม

5.2 ข้อเสนอแนะ

จากการทดสอบเครื่องอบแห้งพบว่า การที่จะให้เครื่องอบมีประสิทธิภาพการใช้งานที่ดีนั้น นอกจากจะต้องสร้างให้ชุดเครื่องอบมีการระบายความชื้นที่ดี และมีการสูญเสียพลังงานความร้อนน้อยที่สุดแล้ว จุดที่จะทำการตั้งแผงรับพลังงานความร้อนก็เป็นสิ่งที่สำคัญ ในการใช้งานจริงจึงควรที่จะทำการตรวจสอบสถานที่ใช้งานด้วยว่าตำแหน่งใดที่จะทำให้เครื่องอบได้รับพลังงานแสงอาทิตย์มากที่สุด



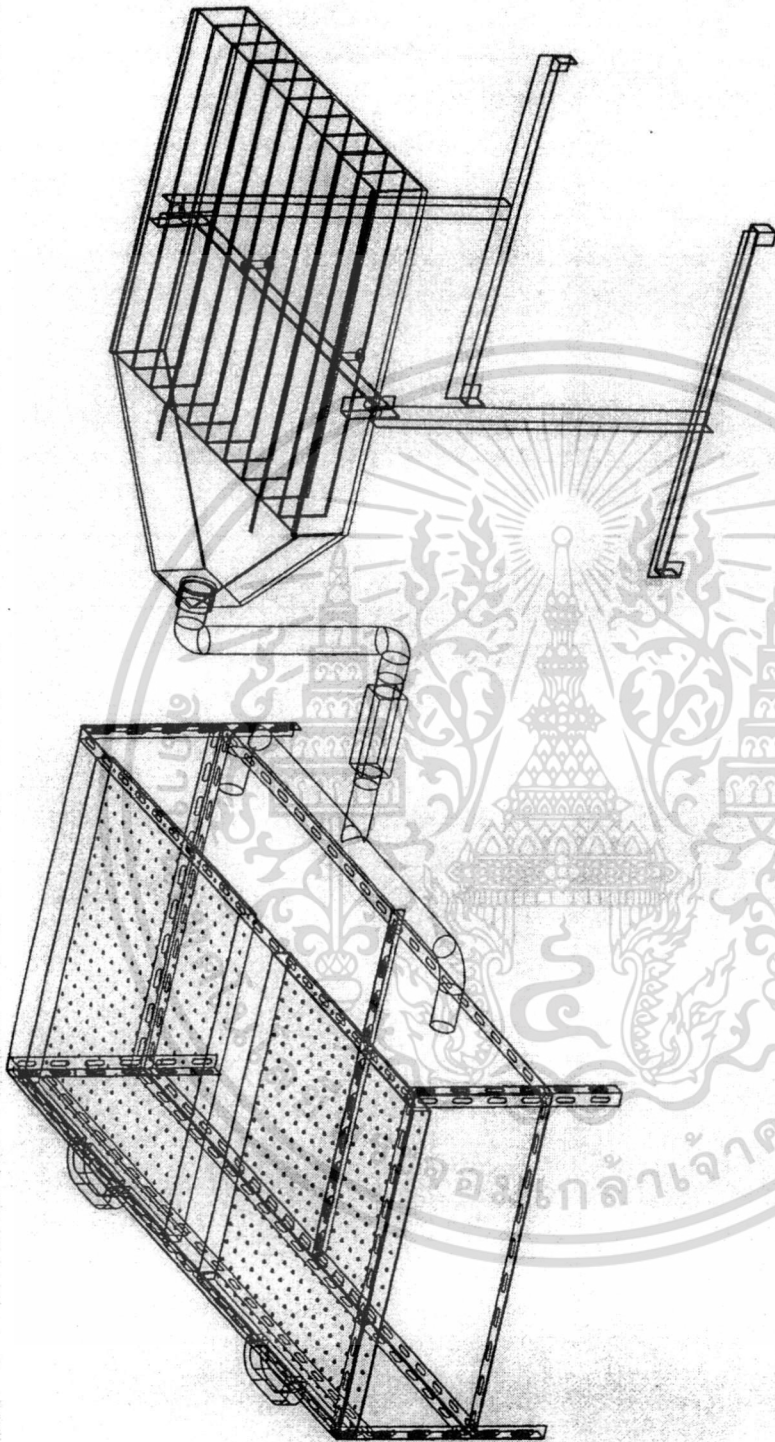
บรรณานุกรม

- ดร.นักสิทธิ์ คุ้มฉายชัย, (2530), “การถ่ายเทความร้อน”, พิมพ์ครั้งที่ 3 กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์ ฟิสิกส์เซนเตอร์
- รศ.มนตรี พิรุณเกษตร, (2541), “การถ่ายเทความร้อน”, พิมพ์ครั้งที่ 1 กรุงเทพฯ : บริษัท วิทย์พัฒน์ จำกัด
- อ.สิทธิพร พึ่งใหญ่, (2545), “พื้นฐานอุณหพลศาสตร์-กลศาสตร์ของไหล”, พิมพ์ครั้งที่ 1 กรุงเทพฯ : หจก. วี.เจ.พรินต์ติ้ง
- กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงานกระทรวงพลังงาน และ ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร, (2547), “เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์”, พิมพ์ครั้งที่ 1 กรุงเทพฯ : บริษัท จิริงรัชต์ จำกัด
- รศ.มนตรี พิรุณเกษตร, (2548), “อุณหพลศาสตร์ 1”, พิมพ์ครั้งที่ 3 กรุงเทพฯ : บริษัท จุณพับลีซิ่ง จำกัด
- David A. Bainbridge, (1981), “The Integral Passive Solar Water Heater Book”, New York, USA
- <http://www.builditsolar.com/index.htm>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

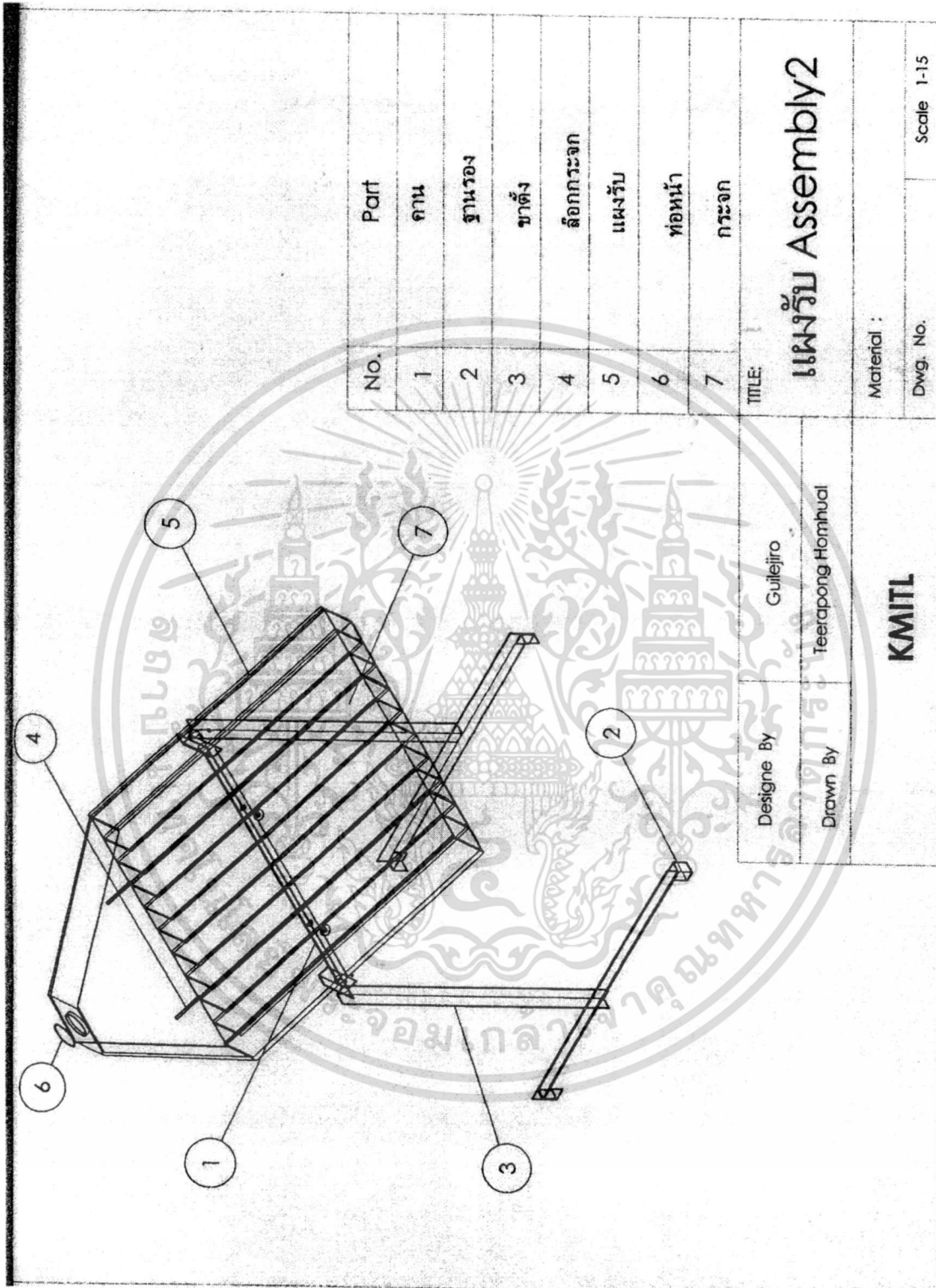


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Design By	Teerapong Homhual	TITLE:	The Solar Crop Dryers Assembly 1
Drawn By	Teerapong Homhual	Material :	
KMITL		Dwg. No.	
		Scale	1-15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



No.	Part
1	กาน
2	ฐานรอง
3	ขาตั้ง
4	ล็อกกระบอก
5	แม่พิมพ์
6	ท่อหน้า
7	กระบอก

TITLE: **แม่พิมพ์ Assembly2**

Material : _____

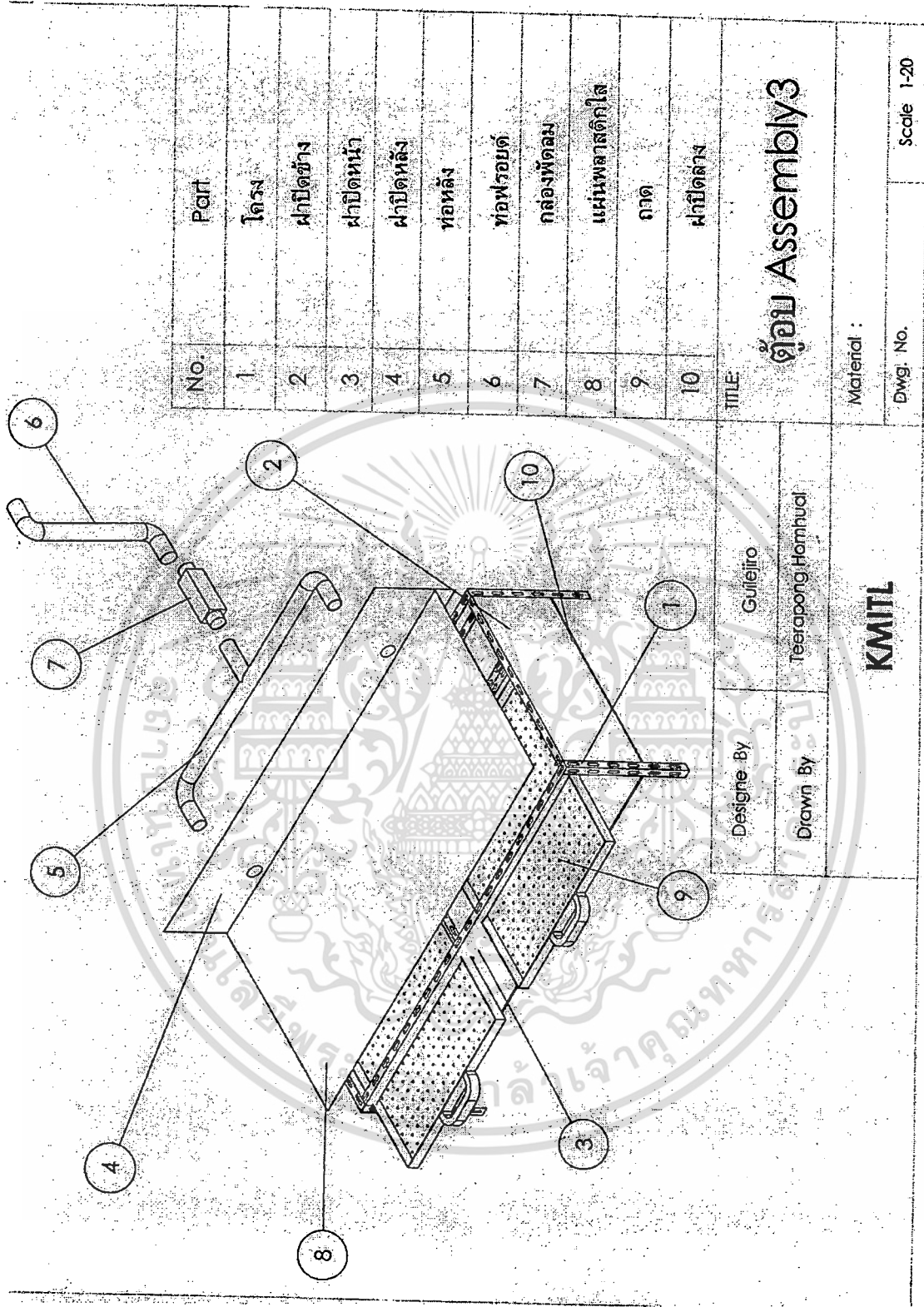
Dwg. No. _____ Scale 1-15

Design By: **Guilejro**

Drawn By: **Teerapong Homhual**

KMITL

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



No.	Part
1	ฝาปิดข้าง
2	ฝาปิดข้าง
3	ฝาปิดหน้า
4	ฝาปิดหลัง
5	ท่อนล่าง
6	ท่อนยาว
7	กล่องปิดมุม
8	แผ่นพลาสติกใส
9	ถาด
10	ฝาปิดกลาง

TITLE: **ตู้อบ Assembly3**

Material :

Dwg. No. Scale 1-20

Design By: Guljeitro

Drawn By: Teerapong Hamnuai

KMITL

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้