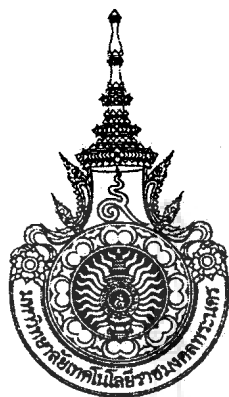


การศึกษาและปรับปรุงเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสมผสาน

นายกุลยศ สุวันทโรจน์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

งานวิจัยนี้ได้รับสนับสนุนจากงบประมาณเงินผลประโยชน์ประจำปีงบประมาณ ๒๕๕๐

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร



A Study and Development of Solar Hybrid Energy Oven

KULLAYOT SUWANTAROJ

Rajamangala University of Technology Phra Nakhon

This Report is Funded by Rajamangala University Phra Nakhon ,

Fiscal Year 2007

ชื่อเรื่อง : การศึกษาและปรับปรุงเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสมผสาน
ผู้วิจัย : กุลยศ สุวันทโรจน์
พ.ศ. : ๒๕๕๐

บทคัดย่อ

บทความนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษา ออกแบบและพัฒนาเตาอบหรือตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสมผสาน เพื่อให้เตาอบสามารถใช้งานร่วมกับฮีตเตอร์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

การพัฒนาตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสมผสานได้เล็งเห็นถึงประโยชน์และความสำคัญของพลังงานแสงอาทิตย์ ซึ่งนำมาใช้เป็นพลังงานทดแทนในรูปแบบการให้ความร้อนโดยช่วยรักษาสภาพแวดล้อมและไม่ก่อให้เกิดมลพิษ ซึ่งนำมาใช้ในแปรรูปสมุนไพร ให้เป็นสมุนไพรอบแห้งเพื่อลดความชื้นและเชื้อราสมุนไพร ซึ่งในปัจจุบันสมุนไพรไทยได้รับความสนใจอย่างมากบางชนิดใช้ขับพิษชนิดต่างๆ จึงได้พัฒนาตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสมผสานนั้นสามารถใช้งานร่วมกับแท่งความร้อนกระแสดร และฮีตเตอร์แบบอินฟราเรด เพื่อให้มีอุณหภูมิภายในเพิ่มมากยิ่งขึ้น โดยนำความร้อนที่ได้ไปใช้ออบพืชสมุนไพรที่ต้องการลักษณะของชุดตู้อบโครงสร้างของตู้อบทำจากอลูมิเนียมขนาด กว้าง ๖๐ เซนติเมตร ยาว ๖๐ เซนติเมตร สูง ๘๐ เซนติเมตร กล่องตู้อบภายในเคลือบสีดำ

จากการทดสอบเก็บข้อมูล ๑๕ วันโดยการหาค่าความชื้นที่ลดลง ใช้ระยะเวลาอบ ๕ ชั่วโมงและเก็บข้อมูลทุกๆ ๒๐ นาทีโดยใช้พีช ๕ ชนิด ได้แก่ ตะไคร้ ใบเตย ใบมะกรูด พริกพันธุ์จินดาแดงใบบัวบก และทำการเก็บข้อมูลในช่วงเวลาที่มีอาทิตย์ตั้งแต่เวลา ๑๐.๐๐ น – ๑๕.๐๐ น. อุณหภูมิสูงสุดภายในตู้อบขณะมีผลิตภัณฑ์ภายในตู้อบ ๕๕ องศาเซลเซียส โดยพีชที่อบแห้งเร็วที่สุด คือใบเตยโดยมีค่าความชื้นเริ่มต้นอยู่ที่ ๕๘๕.๖ เปอร์เซ็นต์มาตรฐานแห้ง และมีความชื้นต่ำสุดอยู่ที่ ๓.๔ เปอร์เซ็นต์มาตรฐานแห้ง ตะไคร้เป็นพีชที่มีความชื้นรองมาจากใบเตย ซึ่งจะมีค่าความชื้นเริ่มต้นอยู่ที่ ๕๖๖.๖ เปอร์เซ็นต์มาตรฐานแห้ง และมีค่าความชื้นต่ำสุด ๓.๓ เปอร์เซ็นต์มาตรฐานแห้งโดยตู้อบที่ใช้แสงอาทิตย์ร่วมกับฮีตเตอร์แบบอินฟราเรด ทำความร้อนสามารถให้ความร้อนแก่ตู้อบได้ดีที่สุด

Title : A Study and Development of Solar Hybrid Energy Oven
Researcher : Mr.Kullayot Suwantaroj
Year : 2007

ABSTRACT

The objective of this paper is to design and develop solar hybrid oven for common usage heat energy between sunshine and heater.

The technology improvement of integrated solar dryer cabinet aims to prove that the solar energy for thermal purpose is the most useful alternative device for energy conservation which helps environment and pollution protection. It can also be an effective equipment for industrial drying process of herbal plants and products in term of dehydration, humidity reduction and fungus termination. The use of solar dryer cabinet can serve the high demand in the market of Thai herbal products which some of which are also used as detoxification. Solar Hybrid Energy Oven choose between infrared heater and DC heater. The outer structure of solar drying cabinet is made of aluminum sheet of 60 cm. wide, 60 cm. long and 80 cm. high. The inner box is coated with black paint.

The experimental process and data collection of solar radiation was carried out for 15 days. The humidity value measurement was conducted during a 5-hour drying process with data collection at every 20 minutes. The herbal plants used in the experiment are lemongrass, pandanus, citrus hystrix leaf, red paprika and gotu kola. The data collection hours are from 10.00 am to 15.00 pm and the finding shows that the highest temperature in the cabinet reaches 99 degree Celsius. The fastest dehydrated and dried plant is pandanus whose initial humidity value is 589.6 % dry basis and humidity mean after drying process is 3.4 % dry basis. Lemongrass contains the second highest initial humidity value which is 566.6 % and humidity mean after drying process is 3.3 % dry basis. This indication confirms that the technology of solar energy combined with infrared heater can most effectively generate the heat in the cabinet to serve the drying process.

กิตติกรรมประกาศ

รายงานการวิจัยฉบับนี้สำเร็จด้วยการสนับสนุนทุนการวิจัยจากงบประมาณผลประโยชน์ประจำปี ๒๕๕๐ ขอขอบพระคุณคณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์ รองคณบดีฝ่ายวิชาการ และอาจารย์และเจ้าหน้าที่ฝ่ายวิจัยทุกท่านที่ให้การสนับสนุน และความสะดวก และชอบใจนักศึกษา ชื่อ นายธุทธนา สุขสุวรรณ นายธีรพล ปลื้มสงวน และนักศึกษาทุกท่านที่ช่วยในการทดลอง เก็บข้อมูลเป็นอย่างดี โดย ตลอดจนขอขอบคุณผู้ที่ให้ความร่วมมือและให้ความอนุเคราะห์ทุกท่านที่ไม่ได้กล่าวไว้ในที่นี้

กุลยศ สุวันทโรจน์



สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ช
สารบัญรูป	ฉ
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ	ฎ
บทที่	
1. บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงการ	1
1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย	2
1.3 ขอบเขตการวิจัย	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 การแผ่รังสีแสงอาทิตย์	3
2.2 การอบแห้ง (Drying)	5
2.3 ความชื้นในวัสดุ(Drying phenomena)	5
2.4 ปรากฏการณ์การอบแห้ง (Drying phenomena)	6
2.5 ประเภทของรังสีอาทิตย์ที่ผิวโลกและมวลอากาศ	7
2.6 การวิเคราะห์การนำความร้อนผ่านผนังของกล่องตู้อบ	11
2.7 ชุดแท่งความร้อนและฮีตเตอร์แบบอินฟราเรด	12
2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	13

สารบัญ(ต่อ)

บทที่

หน้า

3. การออกแบบและการคำนวณ

3.1 การพัฒนาตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสมผสาน	14
3.2 การคำนวณหาพื้นที่สะท้อนแสงด้านบน	14
3.3 การคำนวณหาอัตราการสะท้อนรังสีด้านบน	15
3.4 การคำนวณหาพื้นที่สะท้อนแสงด้านล่าง	15
3.5 การคำนวณหาพื้นที่รับรังสีแสงอาทิตย์ของแผ่นกระจก	16
3.6 การคำนวณหาอัตราการส่งผ่านความร้อน	16
3.7 การคำนวณหาพื้นที่ดูดกลืนรังสีความร้อนแสงอาทิตย์ของกล่องเก็บความร้อน	16
3.8 การคำนวณหาปริมาณความร้อนที่เกิดขึ้นในตู้อบจากรังสีแสงอาทิตย์	18
3.9 การคำนวณหาพื้นที่ป้องกันการสูญเสียความร้อนด้านข้าง	18
3.10 การคำนวณหาพื้นที่ป้องกันการสูญเสียความร้อนด้านหน้า	19
3.11 การคำนวณหาพื้นที่ป้องกันการสูญเสียความร้อน	19
3.12 การคำนวณหาพื้นที่ป้องกันการสูญเสียความร้อน	20
3.13 การคำนวณหาความร้อนที่สูญเสียให้กับผนังเท่ากับ	20
3.14 การคำนวณหาความร้อนสุทธิในตู้อบ	22
3.15 การคำนวณหาค่ากำลังไฟของชุดทำความร้อนใช้ไฟกระแสตรง 12 V DC	22
3.16 การคำนวณหาค่ากำลังไฟของชุดทำความร้อนใช้ไฟกระแสสลับ 220 V AC	23
3.17 การคำนวณหาความสามารถในการจ่ายไฟของแบตเตอรี่	23
3.18 การคำนวณหาระยะเวลาในการชาร์จแบตเตอรี่	24
3.19 การคำนวณจำนวนหน่วยไฟฟ้าที่ใช้งาน	25
3.20 การคำนวณหาอัตราสิ้นเปลืองไฟฟ้า	25
3.21 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง	25
3.22 วัสดุที่ใช้ในการทดลอง	25
3.23 การทดลองในสภาพใช้งานจริง	26
3.24 การวิเคราะห์ผลเพื่อหาสมรรถนะ	26
3.25 การศึกษาความเป็นไปได้	26

สารบัญ(ต่อ)

บทที่	หน้า
4. การทดลองและผลการทดลอง	27
4.1 แผนผังการทดลองตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสมผสาน	27
4.2 ลำดับขั้นตอนการทดลอง	28
4.3 ผลการทดลองโดยใช้แสงอาทิตย์เพียงอย่างเดียว	29
4.4 ผลการทดลองโดยใช้แสงอาทิตย์ร่วมกับชุดทำความร้อน	49
4.5 ผลการโดยใช้แสงอาทิตย์ร่วมกับฮีตเตอร์อินฟราเรด	69
4.6 ผลการเปรียบเทียบค่าอุณหภูมิก่อนและหลังพัฒนา	89
4.7 ผลการทดลองความชื้นของผลิตภัณฑ์ในกรณีต่างๆ	93
4.8 ผลการทดลองการเปรียบเทียบค่าความชื้นของผลิตภัณฑ์ต่างๆ	98
5. สรุปและข้อเสนอแนะ	101
5.1 สรุปผลของตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสมผสาน	102
5.2 ข้อเสนอแนะในการพัฒนาโครงการ	102
บรรณานุกรม	103
ภาคผนวก ก. การเพิ่มมูลค่าของสินค้า	104
ภาคผนวก ข. ตารางคุณสมบัติต่างๆ	106
ภาคผนวก ค. แบบตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์	109

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
4.1 แสดงการอบการอบตะไคร้โดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์เพียงอย่างเดียว	29
4.2 แสดงการอบใบเตยโดยใช้แสงอาทิตย์เพียงอย่างเดียว	33
4.3 แสดงการอบใบมะกรูดโดยใช้แสงอาทิตย์เพียงอย่างเดียว	37
4.4 แสดงการอบพริกพันธุ์จินดาแดงโดยใช้แสงอาทิตย์เพียงอย่างเดียว	41
4.5 แสดงการอบใบบัวบกโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์เพียงอย่างเดียว	45
4.6 แสดงการอบตะไคร้โดยใช้แสงอาทิตย์ร่วมกับชุดทำความร้อน	49
4.7 แสดงการอบใบเตยโดยใช้แสงอาทิตย์ร่วมกับชุดทำความร้อน	53
4.8 แสดงการอบใบมะกรูดโดยใช้แสงอาทิตย์ร่วมกับชุดทำความร้อน	57
4.9 แสดงการอบพริกพันธุ์จินดาแดงโดยใช้แสงอาทิตย์ร่วมกับชุดทำความร้อน	61
4.10 แสดงการอบใบบัวบกโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับชุดทำความร้อน	65
4.11 แสดงการอบตะไคร้โดยใช้แสงอาทิตย์ร่วมกับฮีตเตอร์	69
4.12 แสดงการอบใบเตยโดยใช้แสงอาทิตย์ร่วมกับฮีตเตอร์	73
4.13 แสดงการอบใบมะกรูดโดยใช้แสงอาทิตย์ร่วมกับฮีตเตอร์	77
4.14 แสดงการอบพริกพันธุ์จินดาแดงโดยใช้แสงอาทิตย์ร่วมกับฮีตเตอร์	81
4.15 แสดงการอบใบบัวบกโดยใช้แสงอาทิตย์ร่วมกับฮีตเตอร์	85



สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 แสดงการสะท้อนแสงอาทิตย์ในช่วงเวลาต่างๆ	4
2.2 แสดงการลดความชื้นของวัสดุจากสิ่งมีชีวิตในช่วงอัตราการอบแห้งคงที่และลดลง	6
2.3 แสดงมุมที่บอกตำแหน่งดวงอาทิตย์ และมุมสะท้อนรังสี	9
2.4 แสดงแผ่นดูดกลืนรังสีความร้อน	9
2.5 แสดงแผ่นสะท้อนรังสีแบบราบ	9
2.6 แสดงผิวสะท้อนรังสีทรงกรวย	10
2.7 แสดงผิวสะท้อนรังสีโค้งกลม	10
2.8 แสดงลักษณะผนังของตู้อบ	11
2.9 แสดงวงจรความร้อนของผนังกล่อง	11
3.1 แสดงแผ่นสะท้อนรังสีด้านบน	14
3.2 แสดงแผ่นสะท้อนรังสีด้านล่าง	15
3.3 แสดงแผ่นกระจกสีดำปิดด้านบน	16
3.4 แสดงตู้สะสมความร้อน	17
3.5 แสดงกล่องเก็บความร้อนด้านล่าง	17
3.6 แสดงฉนวนกันความร้อนด้านข้าง	18
3.7 แสดงฉนวนกันความร้อนด้านหน้ากล่องเก็บความร้อน	19
3.8 แสดงชุดให้ความร้อนผสมผสาน	22
3.9 แสดงชุดให้ความร้อนผสมผสานก่อนและหลังการพัฒนา	23
3.10 แสดงแบตเตอรี่ 12 Volt ขนาด 120Amp	24
3.11 แสดงเครื่องชาร์จแบตเตอรี่ ขนาด 5 Amp	24
4.1 กราฟแสดงผลการทดลองค่าอุณหภูมิตู้อบตะไคร้กระณีใช้แสงอาทิตย์อย่างเดียว	30
4.2 กราฟแสดงผลการทดลองค่ามวลของตะไคร้กระณีใช้แสงอาทิตย์อย่างเดียว	31
4.3 กราฟแสดงผลการทดลองค่าความชื้นของตะไคร้กระณีใช้แสงอาทิตย์อย่างเดียว	32
4.4 กราฟแสดงผลการทดลองค่าอุณหภูมิตู้อบใบเตยกระณีใช้แสงอาทิตย์อย่างเดียว	34
4.5 กราฟแสดงผลการทดลองค่ามวลของใบเตยกระณีใช้แสงอาทิตย์อย่างเดียว	35
4.6 กราฟแสดงผลการทดลองค่าความชื้นของใบเตยกระณีใช้แสงอาทิตย์อย่างเดียว	36
4.7 กราฟแสดงผลการทดลองค่าอุณหภูมิตู้อบใบมะกรูดกระณีใช้แสงอาทิตย์อย่างเดียว	38
4.8 กราฟแสดงผลการทดลองค่ามวลของใบมะกรูดกระณีใช้แสงอาทิตย์อย่างเดียว	39

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.9 กราฟแสดงผลการทดลองค่าความชื้นของใบมะกรูดกรณีใช้แสงอาทิตย์อย่างเดียว	40
4.10 กราฟแสดงผลการทดลองค่าอุณหภูมิตู้อบพริกพันธุ์จินดากรณีใช้แสงอาทิตย์อย่างเดียว	42
4.11 กราฟแสดงผลการทดลองค่ามวลของพริกพันธุ์จินดากรณีใช้แสงอาทิตย์อย่างเดียว	43
4.12 กราฟแสดงผลการทดลองค่าความชื้นของพริกพันธุ์จินดากรณีใช้แสงอาทิตย์อย่างเดียว	44
4.13 กราฟแสดงผลการทดลองค่าอุณหภูมิตู้อบใบบัวบกกรณีใช้แสงอาทิตย์อย่างเดียว	46
4.14 กราฟแสดงผลการทดลองค่ามวลของใบบัวบกกรณีใช้แสงอาทิตย์อย่างเดียว	47
4.15 กราฟแสดงผลการทดลองค่าความชื้นของใบบัวบกกรณีใช้แสงอาทิตย์อย่างเดียว	48
4.16 กราฟแสดงผลการทดลองค่าอุณหภูมิตู้อบตะไคร้กรณีใช้แสงอาทิตย์ร่วมกับชุดทำความร้อน	50
4.17 กราฟแสดงผลการทดลองค่ามวลของตะไคร้กรณีใช้แสงอาทิตย์ร่วมกับชุดทำความร้อน	51
4.18 กราฟแสดงผลการทดลองค่าความชื้นของตะไคร้กรณีใช้แสงอาทิตย์ร่วมกับชุดทำความร้อน	52
4.19 กราฟแสดงผลการทดลองค่าอุณหภูมิตู้อบใบเตยกรณีใช้แสงอาทิตย์ร่วมกับชุดทำความร้อน	54
4.20 กราฟแสดงผลการทดลองค่ามวลของใบเตยกรณีใช้แสงอาทิตย์ร่วมกับชุดทำความร้อน	55
4.21 กราฟแสดงผลการทดลองค่าความชื้นของใบเตยกรณีใช้แสงอาทิตย์ร่วมกับชุดทำความร้อน	56
4.22 กราฟแสดงผลการทดลองค่าอุณหภูมิตู้อบใบมะกรูดกรณีใช้แสงอาทิตย์ร่วมกับชุดทำความร้อน	58
4.23 กราฟแสดงผลการทดลองค่ามวลของใบมะกรูดกรณีใช้แสงอาทิตย์ร่วมกับชุดทำความร้อน	59
4.24 กราฟแสดงผลการทดลองค่าความชื้นของใบมะกรูดกรณีใช้แสงอาทิตย์ร่วมกับชุดทำความร้อน	60

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.25 กราฟแสดงผลการทดลองค่าอุณหภูมิคู่อบพริกพันธุ์จินดาแดง กรณีใช้แสงอาทิตย์ร่วมกับชุดทำความร้อน	62
4.26 กราฟแสดงผลการทดลองค่ามวลของพริกพันธุ์จินดาแดง กรณีใช้แสงอาทิตย์ร่วมกับชุดทำความร้อน	63
4.27 กราฟแสดงผลการทดลองค่าความชื้นของพริกพันธุ์จินดาแดง กรณีใช้แสงอาทิตย์ร่วมกับชุดทำความร้อน	64
4.28 กราฟแสดงผลการทดลองค่าอุณหภูมิคู่อบใบบวบก กรณีใช้แสงอาทิตย์ร่วมกับชุดทำความร้อน	66
4.29 กราฟแสดงผลการทดลองค่ามวลของใบบวบก กรณีใช้แสงอาทิตย์ร่วมกับชุดทำความร้อน	67
4.30 กราฟแสดงผลการทดลองค่าความชื้นของใบบวบก กรณีใช้แสงอาทิตย์ร่วมกับชุดทำความร้อน	68
4.31 กราฟแสดงผลการทดลองค่าอุณหภูมิคู่อบตะไคร้กรณีใช้แสงอาทิตย์ร่วมกับฮีตเตอร์	70
4.32 กราฟแสดงผลการทดลองค่ามวลของตะไคร้กรณีใช้แสงอาทิตย์ร่วมกับฮีตเตอร์	71
4.33 กราฟแสดงผลการทดลองค่าความชื้นของตะไคร้กรณีใช้แสงอาทิตย์ร่วมกับฮีตเตอร์	72
4.34 กราฟแสดงผลการทดลองค่าอุณหภูมิคู่อบใบเตยกรณีใช้แสงอาทิตย์ร่วมกับฮีตเตอร์	74
4.35 กราฟแสดงผลการทดลองค่ามวลของใบเตยกรณีใช้แสงอาทิตย์ร่วมกับฮีตเตอร์	75
4.36 กราฟแสดงผลการทดลองค่าความชื้นของใบเตยกรณีใช้แสงอาทิตย์ร่วมกับฮีตเตอร์	76
4.37 กราฟแสดงผลการทดลองค่าอุณหภูมิคู่อบใบมะกรูด กรณีใช้แสงอาทิตย์ร่วมกับฮีตเตอร์	78
4.38 กราฟแสดงผลการทดลองค่ามวลของใบมะกรูดกรณีใช้แสงอาทิตย์ร่วมกับฮีตเตอร์	79
4.39 กราฟแสดงผลการทดลองค่าความชื้นของใบมะกรูด กรณีใช้แสงอาทิตย์ร่วมกับฮีตเตอร์	80
4.40 กราฟแสดงผลการทดลองคู่อบพริกพันธุ์จินดาแดง กรณีใช้แสงอาทิตย์ร่วมกับฮีตเตอร์	82
4.41 กราฟแสดงผลการทดลองค่ามวลของพริกพันธุ์จินดาแดง กรณีใช้แสงอาทิตย์ร่วมกับฮีตเตอร์	83

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.42 กราฟแสดงผลการทดลองค่าความชื้นของพริกพันธุ์จินดาแดง กรณีใช้แสงอาทิตย์ร่วมกับฮีตเตอร์	84
4.43 กราฟแสดงผลการทดลองค่าอุณหภูมิตู้อบใบบั่วบก กรณีใช้แสงอาทิตย์ร่วมกับฮีตเตอร์	86
4.44 กราฟแสดงผลการทดลองค่ามวลของใบบั่วบกกรณีใช้แสงอาทิตย์ร่วมกับฮีตเตอร์	87
4.45 กราฟแสดงผลการทดลองค่าความชื้นของใบบั่วบก กรณีใช้แสงอาทิตย์ร่วมกับฮีตเตอร์	88
4.46 กราฟแสดงผลการทดลองอุณหภูมิตู้อบพริกพันธุ์จินดาแดง กรณีใช้แสงอาทิตย์ร่วมกับฮีตเตอร์ก่อนการพัฒนา	89
4.47 กราฟแสดงผลการทดลองอุณหภูมิตู้อบพริกพันธุ์จินดาแดง กรณีใช้แสงอาทิตย์ร่วมกับฮีตเตอร์หลังการพัฒนา	90
4.48 กราฟแสดงผลการทดลองค่าอุณหภูมิตู้อบไม่มีผลิตภัณฑ์ กรณีใช้แสงอาทิตย์ร่วมกับฮีตเตอร์ก่อนการพัฒนา	91
4.49 กราฟแสดงผลการทดลองค่าอุณหภูมิตู้อบไม่มีผลิตภัณฑ์ กรณีใช้แสงอาทิตย์ร่วมกับฮีตเตอร์หลังการพัฒนา	92
4.50 กราฟแสดงผลการเปรียบเทียบค่าความชื้นของตะไคร้	93
4.51 กราฟแสดงผลการเปรียบเทียบค่าความชื้นของใบเตย	94
4.52 กราฟแสดงผลการเปรียบเทียบค่าความชื้นของใบมะกรูด	95
4.53 กราฟแสดงผลการเปรียบเทียบค่าความชื้นของพริกพันธุ์จินดาแดง	96
4.54 กราฟแสดงผลการเปรียบเทียบค่าความชื้นของใบบั่วบก	97
4.55 กราฟแสดงผลการเปรียบเทียบค่าความชื้นกรณีใช้แสงอาทิตย์เพียงอย่างเดียว	98
4.56 กราฟแสดงผลการเปรียบเทียบค่าความชื้น กรณีใช้แสงอาทิตย์ร่วมกับชุดแห้งความร้อน	99
4.57 กราฟแสดงผลการเปรียบเทียบค่าความชื้นกรณีใช้แสงอาทิตย์ร่วมกับฮีตเตอร์	100

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

สัญลักษณ์และคำย่อ	ความหมาย	หน่วย
α	มุมของแผ่นสะท้อนรังสี (องศา)	องศา
φ	มุมอลติจูด	องศา
R_b	อัตราส่วนของรังสีตรงบนพื้นเอียงต่อรังสีตรงบนพื้นราบ	%
ϕ	มุมละติจูดที่แผ่รับรังสีติดตั้ง	องศา
β	มุมเอียงของแผ่รับรังสีจากแนวระดับ	องศา
δ	มุมที่ดวงอาทิตย์ทำมุมกับแนวระนาบเส้นศูนย์สูตร	องศา
ω	มุมแต่ละชั่วโมงของดวงอาทิตย์	องศา
R_1	ความต้านทานความร้อนของอลูมิเนียม	m^2K/W
R_2	ความต้านทานความร้อนของแผ่นอิพซัม	m^2K/W
R_3	ความต้านทานความร้อนของอลูมิเนียม	m^2K/W
L_1	ความหนาของอลูมิเนียม	mm
L_2	ความหนาของแผ่นกระดาษอัด	mm
L_3	ความหนาของอลูมิเนียม	mm
Tai	อุณหภูมิภายใน	$^{\circ}C$
Tam	อุณหภูมิอากาศภายนอก	$^{\circ}C$
$\dot{Q}_{abs}$	สภาพดูดกลืนรังสี	W/m^2
$\dot{Q}_{ref}$	สภาพสะท้อนรังสี	W/m^2
$\dot{Q}_{tr}$	สภาพส่งผ่านรังสี	W/m^2
A	พื้นที่หน้าตัด	m^2
q_i	ฟลักซ์การแผ่รังสีจากดวงอาทิตย์	W/m^2
q_{loss}	ความร้อนที่สูญเสียให้กับผนัง	W/m^2
R	ความต้านทานของชุดแท่งความร้อน	Ω
I_{TOTAL}	กระแสที่ชุดแท่งความร้อน	A
V , E	แรงเคลื่อนของแหล่งจ่ายไฟ	Volt
w	น้ำหนักเริ่มต้นของวัสดุชิ้น	kg
d	น้ำหนักของวัสดุแห้ง	kg
M_d	เปอร์เซ็นต์ความชื้นแห้งมาตรฐาน	%

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ (ต่อ)

สัญลักษณ์และคำย่อ	ความหมาย	หน่วย
M_w	เปอร์เซ็นต์ความชื้นมาตรฐานเปียก	%
A_{refl}	พื้นที่แผ่นสะท้อน	m^2
A_{insuSI}	พื้นที่ป้องกันการสูญเสียความร้อนด้านข้าง	m^2
A_{insuF}	พื้นที่ป้องกันการสูญเสียความร้อนด้านหน้า	m^2
A_{abs}	พื้นที่แผ่นดูดกลืนความร้อน	m^2
$\dot{Q}_{refT}$	กำลังความร้อนของแผ่นสะท้อนบน	W
$\dot{Q}_{refL}$	กำลังความร้อนของแผ่นสะท้อนด้านล่าง	W
$\dot{Q}_{refTotal}$	กำลังความร้อนของแผ่นสะท้อนรวม	W
A_{abs}	พื้นที่แผ่นดูดกลืนความร้อน	m^2
Q_{total}	ปริมาณความร้อนที่เกิดขึ้นในตู้อบจากรังสีแสงอาทิตย์	W
m	มวล	kg
C_p	ค่าสัมประสิทธิ์ความร้อนที่ความดันคงที่	J/kg K
ΔT	ความแตกต่างของอุณหภูมิทั้ง 2 จุด	$^{\circ}C$
Q	ความร้อน	W
Tai	อุณหภูมิภายในตู้อบ	$^{\circ}C$
Tam	อุณหภูมิภายนอกตู้อบ	$^{\circ}C$

บทที่ 1

บทนำ

งานวิจัยบทนี้กล่าวถึงความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา วัตถุประสงค์การวิจัย ขอบเขตของการศึกษาประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

สถานการณ์ของราคาน้ำมันในตลาดโลกที่ปรับตัวสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง ประกอบกับประเทศไทยมีการขยายตัวทางเศรษฐกิจต่อเนื่องกันมาเป็นระยะเวลาหลายสิบปี ความต้องการพลังงานจึงเพิ่มขึ้นตามการขยายตัวของเศรษฐกิจ โดยเฉพาะความต้องการพลังงานเชิงพาณิชย์เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว โดยแยกตามความต้องการพลังงานทางน้ำมันเชื้อเพลิง ก๊าซธรรมชาติ ถ่านหิน และไฟฟ้า จากความต้องการพลังงานเชิงพาณิชย์ ทำให้รัฐบาลต้องนำเข้าพลังงานจากต่างประเทศปีละหลายล้านบาท ซึ่งเป็นปัญหาที่สำคัญของรัฐบาลในการจัดหาพลังงานมาให้พอเพียงกับความต้องการทั้งทางด้านอุตสาหกรรมตลอดจนความต้องการพลังงานภายในครัวเรือนที่เน้นหนักทางด้านการประกอบอาหารโดยเชื้อเพลิงที่ใช้เป็นเชื้อเพลิงได้จากไม้ฟืน โดยไม้ฟืนจะถูกใช้เป็นเชื้อเพลิงหลักทำให้เกิดการแพร่กระจายของคาร์บอนในชั้นบรรยากาศ เกิดมลภาวะที่มีผลกระทบต่อสุขภาพของมวลมนุษยชาติ

ในพื้นที่โลกส่วนต่างๆมีการแผ่รังสีอาทิตย์อย่างเพียงพอ ดังนั้นพลังงานแสงอาทิตย์จึงเป็นพลังงานที่น่าสนใจในการใช้เป็นพลังงานในการนำไปใช้ประกอบอาหาร อีกทั้งยังช่วยลดการใช้เชื้อเพลิงรูปแบบอื่นและลดการแพร่กระจายของคาร์บอน พลังงานทดแทนจึงมีบทบาทสำคัญ โดยเฉพาะพลังงานจากแสงอาทิตย์เป็นทางเลือกหนึ่งที่น่ามาใช้ในการรูปของพลังงานทดแทนพลังงานแสงอาทิตย์สามารถนำมาใช้ในการรูปของความร้อน เช่น การทำน้ำร้อนหรือนำมาผลิตกระแสไฟฟ้า ปัจจุบันเตาอบหรือตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ได้ถูกพัฒนาขึ้นแล้ว และทำการวิจัยกันอย่างกว้างขวางจนสามารถนำมาใช้ให้เกิดประโยชน์กันอย่างแพร่หลาย ขณะเดียวกันการคิดค้นที่นำพลังงานอื่นเข้ามาผสมผสานกับพลังงานแสงอาทิตย์ในยามที่แสงอาทิตย์ขาดหายไปนั้นก็ยังมีอีกซึ่งเป็นที่มาของการพัฒนาตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสมผสานที่ใช้งานร่วมกับชุดความร้อน(Solar Energy Hybrid Oven)

1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้ตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสมผสานในประเทศ
ไทย

1.2.2 เพื่อพัฒนาและออกแบบตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสมผสาน

1.3 ขอบเขตการวิจัย

1.3.1 ศึกษาและหาแนวทางการปรับปรุง ตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสมผสาน

1.3.2 ศึกษาการกระจายตัวของอุณหภูมิในตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์

1.3.3 ตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสมผสานเป็นตู้อบขนาดห้องปฏิบัติการ

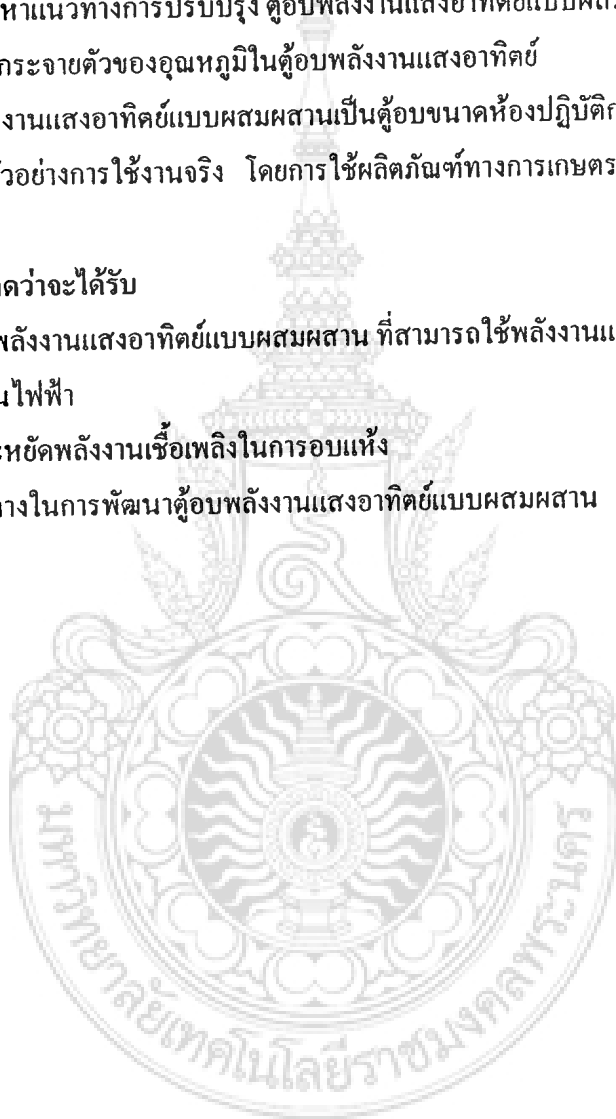
1.3.4 ทดลองตัวอย่างการใช้งานจริง โดยการใช้ผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 ได้ตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสมผสาน ที่สามารถใช้พลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับ
พลังงานไฟฟ้า

1.4.2 ช่วยประหยัดพลังงานเชื้อเพลิงในการอบแห้ง

1.4.3 ได้แนวทางในการพัฒนาตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสมผสาน



บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 การแผ่รังสีแสงอาทิตย์ [1]

2.1.1 ลักษณะของการแผ่รังสี

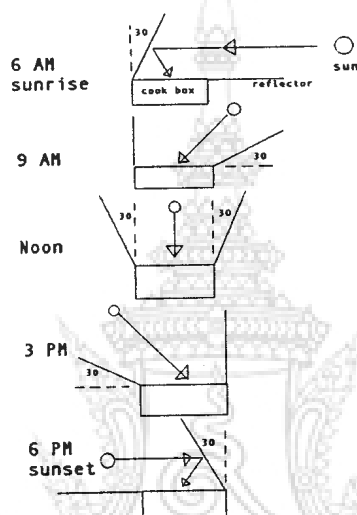
พลังงานคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ปลดปล่อยจากดวงอาทิตย์ได้จากปฏิกิริยาเทอร์โมนิวเคลียร์หลายแบบซึ่งนำไปสู่การเปลี่ยนแปลงไฮโดรเจนเป็นฮีเลียมมวลที่สลายไปในปฏิกิริยาถูกเปลี่ยนเป็นพลังงานตามสมการ $E=mc^2$ มวลของดวงอาทิตย์ลดลงในอัตราประมาณ 4×10^9 kg/s พร้อมกับ มีการปลดปล่อยพลังงานในรูปคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ความถี่ต่างๆในอัตรา 3.85×10^{26} kW รังสีแสงอาทิตย์ตกกระทบเหนือบรรยากาศโลกในอัตรา 1.79×10^{14} kW เมื่อมองจากโลก ดวงอาทิตย์จะรองรับมุมเท่ากับ 32 ลิปดา

2.1.2 ประเภทของรังสีที่ผิวโลก [2]

นอกเหนือจากการดูดกลืนรังสีและการแผ่รังสีโดยก๊าซในบรรยากาศและทำให้สเปกตรัมแสงอาทิตย์เปลี่ยนไปจากสเปกตรัมนอกโลกแล้วโมเลกุลของก๊าซ ฝุ่นละออง เมฆในบรรยากาศ ยังกระจายและสะท้อนรังสีอาทิตย์ทำให้รังสีที่ตกกระทบผิวโลกเปลี่ยนไปได้ทั้งความเข้มรวมทั้ง องค์ประกอบของสเปกตรัม และทิศทางเมื่อเทียบกับรังสีเหนือบรรยากาศมีเทอมที่ใช้เรียกประเภทของรังสีที่ผิวโลกดังนี้

- 1) รังสีตรง (Beam radiatio) เป็นรังสีที่มาจากดวงอาทิตย์โดยตรงและตกบนผิวรับแสงมีทิศทางแน่นอนที่เวลาหนึ่งเวลาใด ทิศรังสีตรงอยู่ในแนวลำแสงอาทิตย์
- 2) รังสีกระจาย (Defuse or Scattered adiation) เป็นรังสีดวงอาทิตย์ส่วนที่ถูกสะท้อน และกระจายโดยก๊าซ ฝุ่นละออง และวัตถุต่างๆที่อยู่ในทางเดินของแสงก่อนตกกระทบผิวรับแสง รังสีกระจายนี้นี้มาจากทุกทิศทางในท้องฟ้า
- 3) รังสีรวม (Total or Global Radiation) ผลรวมของรังสีตรงและรังสีกระจายเรียกว่ารังสีรวม (Total Radiation) ประเทศไทย ตั้งอยู่ ที่ตำแหน่งละติจูดหรือเส้นรุ้ง (Latitude) ที่ 5-12 องศาเหนือ

ความแตกต่างของระยะห่าง ในวงโคจรไม่ใช่ปัจจัยหลัก ที่ทำให้เกิดรังสีดวงอาทิตย์ที่ตกกระทบโลกเปลี่ยนไปได้ มากจนทำให้เกิดฤดูกาลของโลก ซึ่งเป็นผลจากการเอียงเบนของระนาบของอิควเตอร์ของโลก (Equatorial plane) ไปจากระนาบการหมุน (Orbital plane) และการวางตัวขนานของแกนหมุนของโลก ในอวกาศในขณะที่โลกหมุนรอบดวงอาทิตย์ แกนหมุนของโลกที่วางตัวเป็นมุม $23^{\circ} 27'$ หรือ 23.75° กับวงโคจรตลอดเวลา ดังนั้นเมื่อตำแหน่งดวงอาทิตย์ที่ปรากฏบนท้องฟ้า ในแต่ละวันของแต่ละตำแหน่งบนโลกจะแปรเปลี่ยนตลอดปี



รูปที่ 2.1 แสดงการสะท้อนแสงอาทิตย์ในช่วงเวลาต่างๆ

2.1.3 การแผ่รังสี

ประเทศไทยมีพื้นที่ประมาณ 514,000 ตารางกิโลเมตร โดยตั้งอยู่บนคาบสมุทรอินโดจีน เอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ระหว่างเส้นรุ้งขนาน 5 องศาถึง 22 องศาเหนือและอยู่ระหว่างเส้นรอบวง 97 องศาถึง 106 องศาตะวันออกชายฝั่งทะเล ตะวันออกติดกับอ่าวไทย และทะเลจีนใต้มีความยาว 1,875 กิโลเมตร ส่วนชายฝั่งทะเลตะวันตก ติดกับมหาสมุทรอินเดียมีความยาว 75 กิโลเมตร จัดได้ว่าประเทศไทย ตั้งอยู่ภูมิอากาศแบบมรสุมศูนย์สูตร พลังงานที่ได้รับจากการแผ่รังสีทั้งหมด และรังสีกระจายในประเทศไทยทั้งปี ค่าเฉลี่ยของการแผ่รังสีตลอดปีมีค่าประมาณ 16.7×10^6 จูล / ตารางเมตร / วัน เทียบเป็นพลังงานได้ประมาณ 600 วัตต์ / ตารางเมตร

2.1.4 ลักษณะของการแผ่รังสี

พลังงานคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ที่ปล่อยจากดวงอาทิตย์ได้รับจากปฏิกิริยาเทอร์โมนิวเคลียร์หลายแบบนำไปสู่การเปลี่ยนแปลงไฮโดรเจน เป็นฮีเลียมมวลที่สลายไป ในปฏิกิริยาถูกเปลี่ยนเป็นพลังงานตามสมการ $E = mc^2$ มวลของดวงอาทิตย์ลดลงในอัตราประมาณ 4×10^9 กิโลกรัม / นาที พร้อมกับการปลดปล่อยพลังงาน ในรูปแบบของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า โดยมีค่า ความถี่ต่างๆ ในอัตรา 3.85×10^{23} กิโลวัตต์ รังสีแสงอาทิตย์ตกกระทบเหนือบรรยากาศโลกในอัตรา 1.79×10^{14} กิโลวัตต์ เมื่อมองจากโลกดวงอาทิตย์จะรองรับมุมเท่ากับ 32 ลิปดา

ค่าคงที่ของการแผ่รังสี (Solar constant) ที่ระยะทางเฉลี่ยระหว่างโลกกับดวงอาทิตย์ค่าคงที่ของการแผ่รังสีเป็นพลังงาน ได้จากการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ที่ไต่บนพื้นที่ตั้งฉากกับดวงอาทิตย์ที่ระยะทางเฉลี่ยระหว่างโลก- ดวงอาทิตย์ค่าคงที่ของการแผ่รังสีที่นำไปเป็นค่ามาตรฐานในปัจจุบัน มีค่า 1,353 วัตต์ / ตารางเมตร (1.94 แกลอรี่/ตารางฟุต.ชั่วโมง), 428 บี.ที.ยู / ตารางฟุต- ชั่วโมง, หรือ ประมาณ 4,871 กิโลจูล / ตารางเมตร-ชั่วโมง.ค่าดังกล่าวมีความแตกต่างกันตลอดทั้งปีและจะไม่เกิน 1.5 เปอร์เซ็นต์

2.2 การอบแห้ง (Drying) [3]

การอบแห้ง คือการให้พลังงานความร้อนแก่วัสดุอบแห้งเพื่อระเหยน้ำในวัสดุนั้นหรือลดปริมาณความชื้นในที่นี้จะกล่าวถึงการอบแห้งผลิตภัณฑ์อาหารเท่านั้น ซึ่งผลิตภัณฑ์อาหารส่วนมากจะไม่ใช้วัสดุที่สามารถทำให้แห้ง จนความชื้นมีค่าเป็นศูนย์แต่จะมีความชื้นจำนวนหนึ่งแฝงอยู่เช่น ผลไม้ ผักและ เนื้อสัตว์ต่างๆ

2.3 ความชื้นในวัสดุ

ความชื้น ในผลิตภัณฑ์ด้านอาหาร และเมล็ดพืชจะมีทั้งความชื้น ที่เกาะติดที่ผิวของวัสดุ (Unbound moisture) ซึ่งสามารถไล่ความชื้นนี้ออกไปได้หมด โดยเฉพาะการให้ความร้อนความชื้นอาจเกาะติด อยู่ภายในผนังด้านในท่อเล็ก ๆ (Capillaries) ที่อยู่ภายในเนื้อวัสดุ (Bound basis) โดยไม่สามารถไล่ความชื้นภายใน เนื้อวัสดุนี้ได้หมดปริมาณความชื้นในวัสดุสามารถแสดงออกได้เป็น 2 แบบ

2.3.1 แบบที่ 1

ปริมาณความชื้นมาตรฐานเปียก (Wet basis) คือ อัตราส่วนของน้ำหนัก ของน้ำในวัสดุ ต่อ น้ำหนักวัสดุชื้นซึ่งเมื่อคูณด้วย 100 จะมีค่าเป็นเปอร์เซ็นต์ ดังนี้

$$M_w = \frac{w-d}{w} \times 100 \quad (2.1)$$

เมื่อ M_w = เปอร์เซ็นต์ความชื้นมาตรฐานเปียก

w = น้ำหนักเริ่มต้นของวัสดุขึ้น, kg

d = น้ำหนักของวัสดุแห้ง, kg

2.3.2 แบบที่ 2

ปริมาณความชื้นมาตรฐานแห้ง (Dry basis) คือ อัตราส่วนน้ำหนักของน้ำที่อยู่ในวัสดุ ต่อน้ำหนักวัสดุแห้งสามารถหาค่าเป็นเปอร์เซ็นต์ได้ดังนี้

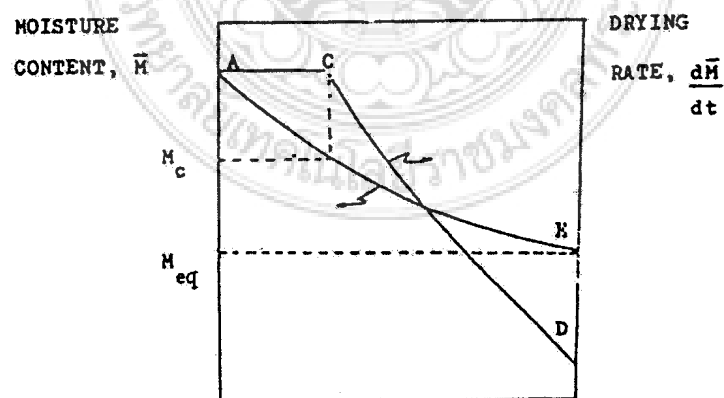
$$M_d = \frac{w-d}{d} \times 100 \quad (2.2)$$

เมื่อ M_d = เปอร์เซ็นต์ความชื้นแห้งมาตรฐาน

การแสดงความชื้นแบบนี้ส่วนใหญ่จะใช้ทางด้านการวิจัยเพราะสามารถคำนวณค่าต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องในกระบวนการอบแห้งได้ง่ายขึ้น เนื่องจากน้ำหนักของวัสดุคงที่

2.4 ปรากฏการณ์การอบแห้ง (Drying phenomena)

วัสดุจากสิ่งมีชีวิตส่วนใหญ่ มักมีโครงสร้างภายในเป็นลักษณะรูพรุน เมื่อทำการอบแห้ง วัสดุเหล่านี้ ที่อากาศคงที่ จะได้ อัตราการอบแห้งเป็น 2 ช่วง คือ ช่วง AC อัตราการอบแห้งที่คงที่ (Constant rate period) และ ช่วง CD อัตราการอบแห้งลดลง (Falling rate period)



รูปที่ 2.2 แสดงการลดความชื้นของวัสดุจากสิ่งมีชีวิตในช่วงอัตราการอบแห้งคงที่และลดลง

จุด C คือจุดความชื้นวิกฤต (Critical moisture content) เป็นจุดที่เริ่มมีการเปลี่ยนแปลงช่วงอัตราการอบแห้งคงที่เป็นลดลง ซึ่งจุดความชื้นวิกฤตนี้จะขึ้นอยู่กับชนิดของวัสดุ และสถานะในการอบแห้งช่วง AC เป็นช่วงที่มีอัตราการอบแห้งคงที่ระยะนี้ปริมาณความชื้นในวัสดุจะมีค่าสูงกว่าจุดความชื้นวิกฤตที่ผิวหน้าของวัสดุ จะอยู่ในสภาพอิ่มตัว น้ำเคลื่อนที่จากภายในวัสดุมายังผิวเร็วพอ ๆ กับการระเหย ของน้ำจากผิว การกระจายความชื้นที่ผิวของวัสดุจะมีค่าสม่ำเสมอ ความชื้นจะถูกพาออกไปโดยอากาศ การถ่ายเทความร้อน และมวลจะเกิดขึ้นเฉพาะที่ผิวของวัสดุเท่านั้น วัสดุมีค่าความชื้นต่ำเช่นพวก เมล็ดพืชจะมีระยะนี้สั้นมากหรือไม่มีเลย

จุด E คือ จุดที่ปริมาณความชื้นสมดุลของวัสดุ ความชื้นของวัสดุมีค่าคงที่ทั้งนี้เนื่องจากความดันไอน้ำ จากวัสดุมีค่าเท่ากับความดันไอน้ำในบรรยากาศ ที่อยู่รอบวัสดุนั้นโดยที่ค่าความชื้นนี้จะขึ้นอยู่กับชนิดของวัสดุ อุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ ช่วง CD เป็นช่วงที่อัตราการอบแห้งลดลง ระยะนี้ปริมาณความชื้นในวัสดุจะมีค่าต่ำกว่าปริมาณความชื้นวิกฤต น้ำภายในท่อเล็ก ๆ ในเนื้อวัสดุจะเคลื่อนที่มายังผิวของวัสดุในลักษณะของเหลวหรือ ไอน้ำได้ช้ามากและช้ากว่าการระเหยของน้ำจากผิว

2.5 ประเภทของรังสีอาทิตย์ที่ผิวโลกและมวลอากาศ

รังสีตรง (Beam or direct radiation) เป็นรังสีที่มาจากดวงอาทิตย์โดยตรงและตกลงบนผิวรับแสงมีทิศทางแน่นอนที่เวลาใดเวลาหนึ่งทิศของรังสีตรงอยู่ในแนวลำแสงอาทิตย์

รังสีกระจาย (Diffuse radiation) เป็นรังสีของดวงอาทิตย์ส่วนที่สะท้อนและมีกระจายโดยก๊าซ ฝุ่นละอองและวัตถุต่าง ๆ ที่อยู่แนวเส้นของแสงก่อนตกกระทบผิวรับแสง รังสีกระจายนี้มาจากทุกทิศทุกทางในท้องฟ้า

รังสีรวม (Total or global radiation) เป็นผลรวมของรังสีตรงและรังสีกระจาย ในกรณีที่ผิวรับแสงเป็นพื้นเอียง รังสีรวมจะประกอบด้วยรังสีตรงจากท้องฟ้า ซึ่งรังสีจะกระจายจากท้องฟ้า และรังสีกระจายจากผิวโลกในกรณีนี้เรียก Total radiation ซึ่งกรณีที่ผิวรับแสงเป็นพื้นราบรังสีรวมที่ได้มาจากครึ่งทรงกลมท้องฟ้าไม่มีส่วนที่มาจากผิวโลกกรณีนี้เรียกว่า Global radiation

มุมซิมิธ (Zenith angle, θ_z) คือ มุมระหว่างแนวตั้ง ที่ตั้งฉากกับระนาบระดับและแนวของลำแสงอาทิตย์

มวลอากาศ (Air mass, m) คือ อัตราส่วนของความหนาของบรรยากาศที่รังสีตรงส่องผ่านต่อความหนาของบรรยากาศ ขณะที่ดวงอาทิตย์อยู่เหนือศีรษะ นอกบรรยากาศกำหนดให้มวลอากาศมีค่าเท่ากับ 0 สำหรับที่ระดับน้ำทะเลถ้ามุมซิมิธมีค่าอยู่ระหว่าง 0° ถึง 70°

2.5.1 การประมาณค่ารังสีรวม

การใช้ประโยชน์จากพลังงานแสงอาทิตย์ จำเป็นที่จะต้องทราบศักยภาพของพลังงาน ถ้าการวัดรังสีรวมทำได้สะดวกเราจะทำการวัดโดยตรงเพราะจะทำให้เราทราบค่าที่แน่นอนในสถานที่ซึ่งไม่มีการวัดรังสี รวมประเมินค่าประมาณของรังสีรวมได้จาก ค่าชั่วโมงที่แดดเนื่องจากรังสีรวมความสัมพันธ์ กับชั่วโมงกรณีที่แดดสูงนอกจากนั้นข้อมูลชั่วโมงที่แดดเป็นข้อมูลที่วัด ณ สถานีอุตุนิยมวิทยาทั่วไป

ตัวแปรที่นำมาใช้วิเคราะห์ อาจเป็นข้อมูลดิบ หรือข้อมูลที่ถูกเปลี่ยนให้ไว้มิติการเปลี่ยนให้ข้อมูลไว้มิติมีหลายแบบแล้วแต่ผู้วิเคราะห์ เช่น

1) หาค่ารังสีรวมรายวัน ด้วยค่ารังสีนอกบรรยากาศ หรือค่าเฉลี่ยรังสีรวมบนพื้นผิวโลกในช่วงเวลาหนึ่งๆ

2) หาค่าชั่วโมง ที่มีแดดด้วยความยาวนานของวันหรือ ค่าเฉลี่ยความยาวนานของวันของแต่ละเดือน

3) ประมาณค่ารังสีรวมเมื่อทราบค่าชั่วโมงที่มีแดด

4) ประมาณค่ารังสีกระจายโดยเฉลี่ย ซึ่งเท่ากับจุดตัดของเส้นถดถอย

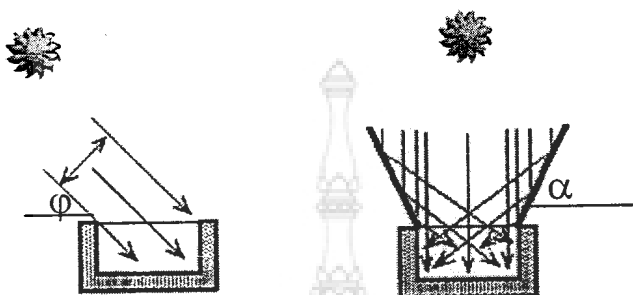
ความสัมพันธ์ระหว่างรังสีรวม และชั่วโมงที่มีแดดจะขึ้นอยู่กับช่วงเวลาต่าง ๆ ของปีอาจทำการวิเคราะห์เป็นรายเดือนได้ และหาเส้นถดถอย สำหรับการประมาณค่ารังสีรวมแต่ละเดือนได้ เพราะในทางปฏิบัติพบว่าบริเวณที่ห่างกันไม่เกิน 50 กิโลเมตรมีค่ารังสีรวมโดยเฉลี่ยไม่ต่างกัน

เนื่องจากภายในช่วงเวลาแต่ละเดือนนั้น ลักษณะลมฟ้าอากาศแตกต่างกันได้ ไม่เหมือนกันทุกวันการวิเคราะห์รายเดือนจะเฉลี่ยผลจากลักษณะแตกต่างเหล่านี้ ทำให้ความสัมพันธ์ระหว่างรังสีรวม และชั่วโมงที่มีแดดมีค่าน้อยลงถ้าจะวิเคราะห์ โดยคำนึงถึงการเปลี่ยนแปลงของลม ฟ้า อากาศเป็นไปได้โดยพิจารณาจากข้อมูล ซึ่งเป็นกลุ่มในเทอมของ Synoptic หรือการหมุนเวียนของสนามบรรยากาศ (Atmospheric field of motion) แทนที่จะจัดเป็นช่องเดือน การวิเคราะห์เบื้องต้นในประเทศไทยแสดงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ในกรณีนี้โดยเฉลี่ยมีค่าสูงกว่า กรณีของการจัดข้อมูลเป็นกลุ่มเดือน ซึ่งแสดงว่าอำนาจการทำ นายรังสีรวมจากค่าชั่วโมงที่มีแดดเมื่อทราบค่า (Synoptic) ของวันจะสูงกว่าเมื่อ พิจารณาเป็นช่วงเดือน

2.5.2 ตำแหน่งของมุมสะท้อนรังสี, α

ในแต่ละชั่วโมงดวงอาทิตย์จะมีการเคลื่อนที่จากตะวันออก ไปสู่ตะวันตกดวงอาทิตย์โดยจะอยู่สูงสุดจากขอบฟ้า ณ เวลาเมื่อดวงอาทิตย์อยู่ในตำแหน่งเที่ยงวัน หรือตำแหน่งดวงอาทิตย์ตรงศีรษะพอดีโดยจะมีค่ามุมเท่ากับ 0 องศา ดังนั้นมุมของดวงอาทิตย์จึงมีค่าตั้งแต่ -90 องศา ถึง 90 องศา

ในทำนองเดียวกันกับมุมออลติจูด (Altitude angle, ϕ) ซึ่งบอกตำแหน่งของดวงอาทิตย์โดยวัดจากวงกลมระนาบขึ้นไปตามวงกลมแนวคิ่ง มีค่าตั้งแต่ 0 องศาถึง 90 องศาที่จุดซีก (Zenith) โดยจุดซีกนี้ คือจุดยอด ของท้องฟ้าที่อยู่เหนือและตรงกับศีรษะนั่นเอง

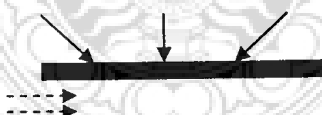


รูปที่ 2.3 แสดงมุมที่บอกตำแหน่งดวงอาทิตย์ และมุมสะท้อนรังสี

2.5.3 แผงรับพลังงานแสงอาทิตย์

แผงรับพลังงานแสงอาทิตย์ ถือเป็นอุปกรณ์สำคัญ และเป็นขบวนการ 2 กระบวนการ คือ กระบวนการดูดกลืนพลังงานแสงอาทิตย์ และกระบวนการเปลี่ยนแปลงพลังงานแสงอาทิตย์ให้เป็นพลังงานความร้อน ผิวดูดกลืนรังสี และผิวสะท้อนรังสีแบบต่าง ๆ กัน ซึ่งสามารถที่จะแบ่งออกได้หลายประเภทดังนี้

แผ่นดูดกลืนรังสีความร้อน (Flat plate collector)



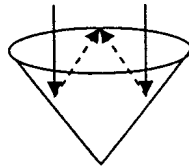
รูปที่ 2.4 แสดงแผ่นดูดกลืนรังสีความร้อน

แผ่นสะท้อนรังสีแบบราบ (Flat plate reflector)



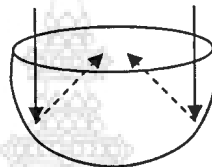
รูปที่ 2.5 แสดงแผ่นสะท้อนรังสีแบบราบ

ผิวสะท้อนรังสีทรงกรวย (Conical reflector)



รูปที่ 2.6 แสดงผิวสะท้อนรังสีทรงกรวย

ผิวสะท้อนรังสีโค้งกลม (Parabolic disc)



รูปที่ 2.7 แสดงผิวสะท้อนรังสีโค้งกลม

ในปัจจุบันได้มีการพัฒนาพลังงานแสงอาทิตย์ในด้านต่างๆและสามารถจำแนกการนำมาใช้งานตามลักษณะการใช้และสภาพอุณหภูมิได้ดังนี้

1. แบบไม่รวมแสง (Non focusing) ให้อุณหภูมิค่อนข้างต่ำอาทิ เครื่องต้มน้ำร้อนเครื่องกลั่นน้ำ เครื่องอบแห้ง
2. แบบรวมแสง (Focusing) ให้ทั้งอุณหภูมิปานกลางและอุณหภูมิสูง สำหรับอุณหภูมิปานกลางใช้สำหรับเครื่องหุงต้มเครื่องทำความเย็นเครื่องกำเนิดไอน้ำที่มีแรงดันต่ำเครื่องสูบน้ำและส่วนที่ให้อุณหภูมิสูงใช้สำหรับทำเตาแสงอาทิตย์ เครื่องกำเนิดกระแสไฟฟ้า แบตเตอรี่ใหม่การผลิตไฮโดรเจน

$$[4] \text{สมการหาค่าการดูดกลืนรังสี} \quad [Q_{\text{abs}}] \quad (2.3)$$

$$Q_{\text{abs}} = \alpha A_{\text{abs}} q_i$$

$$\text{สมการหาค่าการสะท้อนรังสี} \quad [Q_{\text{ref}}] \quad (2.4)$$

$$Q_{\text{ref}} = \rho A_{\text{ref}} q_i$$

$$\text{สมการหาค่าการส่งผ่านรังสี} \quad Q_{\text{tr}} = t A q_i \quad (2.5)$$

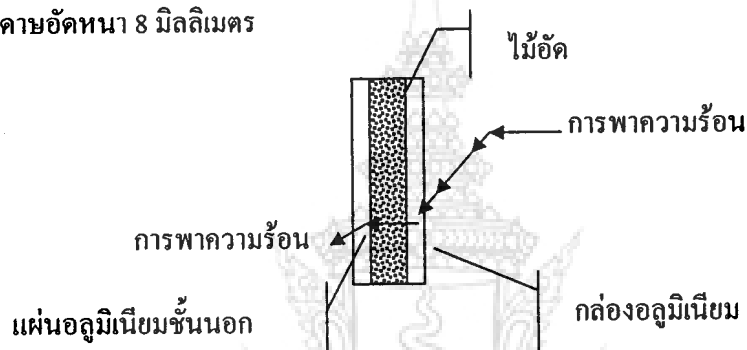
สมการหาค่าการสะท้อนรังสีรวม $\dot{Q}_{\text{refltotal}} = \dot{Q}_{\text{refT}} + \dot{Q}_{\text{refL}}$ (2.6)

สมการปริมาณความร้อนรวม $\dot{Q}_{\text{total}} = \dot{Q}_{\text{abs}} + \dot{Q}_{\text{ref}} + \dot{Q}_{\text{tr}}$ (2.7)

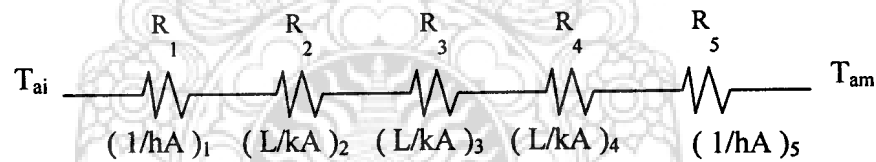
สมการหาพื้นที่สะท้อนแสง [A] $A = (\text{wide} \times \text{length})$ (2.8)

2.6 การวิเคราะห์การนำความร้อนผ่านผนังของกล่องตู้อบ

ผนังของกล่องตู้อบ จะประกอบด้วยอลูมิเนียมหนา 1.2 มิลลิเมตร พื้นสีดำทึบ 2 ชั้น และแผ่น กระดาษอัดหนา 8 มิลลิเมตร



รูปที่ 2.8 แสดงลักษณะผนังของตู้อบ



รูปที่ 2.9 แสดงวงจรความร้อนของผนังกล่อง

$$q_{\text{loss, wall}} = \frac{T_{\text{ai}} - T_{\text{am}}}{R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5} \quad (2.9)$$

$$R_1 = \left(\frac{1}{hA} \right)_1 \quad (2.10)$$

$$R_2 = \left(\frac{L1}{kA} \right)_2 \quad (2.11)$$

$$R_3 = \left(\frac{L3}{kA} \right)_3 \quad (2.12)$$

$$R_4 = \left(\frac{L_4}{kA} \right)_4 \quad (2.13)$$

$$R_5 = \left(\frac{1}{hA} \right)_1 \quad (2.14)$$

เมื่อ

- q_{loss} = ความร้อนที่สูญเสียให้กับผนัง , W
 R_1 = ความต้านทานความร้อนของอลูมิเนียม , m²K/W
 R_2 = ความต้านทานความร้อนของกระดาษอัด , m²K/W
 R_3 = ความต้านทานความร้อนของอลูมิเนียม , m²K/W
 L_1 = ความหนาของ แผ่นอลูมิเนียมภายนอก 0.5 mm
 L_2 = ความหนาของ แผ่นกระดาษอัด 8 mm
 L_3 = ความหนาของ แผ่นกระดาษอัด 8 mm
 T_{ai} = อุณหภูมิอากาศภายใน , °C
 T_{am} = อุณหภูมิอากาศภายนอก , °C
 ค่าการนำความร้อน (k) ของอลูมิเนียม = 237 W/m K
 ค่าการนำความร้อน (k) ของไม้เนื้ออ่อน = 0.011 W/m K
 สัมประสิทธิ์การพาความร้อนแบบอิสระ = 2 - 25 W/m² K

2.7 ชุดแท่งความร้อนและฮีตเตอร์แบบอินฟราเรด

ชุดแท่งความร้อนใช้หุ้มผาของเครื่องขบดดีเซลจำนวน 2 หัวขนาด 300 วัตต์ และฮีตเตอร์จำนวน 1 ตัว ขนาด 500 วัตต์ ซึ่งมีสูตรการคำนวณหากระแสดังนี้

การหาค่าล้งไฟฟ้าของชุดแท่งความร้อนโดยใช้ไฟฟ้ากระแสตรง 12 โวลต์ ต่อแบบขนาน

$$P = I \times E \quad (2.15)$$

การหาค่าล้งไฟฟ้าของชุดแผ่นความร้อนโดยใช้ไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์

$$P = I \times E \quad (2.16)$$

การคำนวณหาความสามารถในการจ่ายไฟของแบตเตอรี่

$$\text{Battery Supply period} ; = \text{ขนาดความจุแบตเตอรี่} / \text{ขนาดการจ่ายกระแส} \quad (2.17)$$

การคำนวณหาระยะเวลาในการชาร์จไฟของเครื่องชาร์จ

$$\text{ระยะเวลาในการชาร์จ} = \text{ขนาดความจุ} / \text{ขนาดการชาร์จ} \quad (2.18)$$

การคำนวณหาจำนวนหน่วยไฟฟ้าที่ใช้งาน

$$\text{จำนวนหน่วยไฟฟ้าที่ใช้งาน} = \text{จำนวนวัตต์} \times \text{จำนวนชั่วโมงใช้งาน} / 1000 \text{ วัตต์} \quad (2.19)$$

การคำนวณหาอัตราสิ้นเปลืองไฟฟ้า

$$\text{อัตราสิ้นเปลืองไฟฟ้า} = \text{จำนวนหน่วยไฟฟ้า} \times \text{ราคาหน่วยไฟฟ้า} \quad (2.20)$$

2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

พัฒนาภรณ์ ใจอุดม [5] ได้ทำการวิจัยการอบพริกชี้หนูดด้วยเครื่องอบแห้งระบบสลับหมุนเวียนลมร้อนโดยการสลับลมร้อนทุก ๆ 7 ชั่วโมงจะใช้เวลาทั้งหมด 14 ชั่วโมงในการอบพริกแห้งจากความชื้นเริ่มต้นที่ 74.91 เปอร์เซ็นต์ (w.b.) จนเหลือความชื้นสุดท้ายที่ 12.42 เปอร์เซ็นต์ (w.b.) ด้วยอุณหภูมิที่ใช้ออบ 75 องศาเซลเซียส

สิทธิศักดิ์ พันธุ์บุญนาถ [6] ได้ทำการวิจัยเรื่องการใช้เตาปิ้งพลังงานแสงอาทิตย์ทำเป็นกล่องด้วยไม้ และมีแผ่นสะท้อนรังสีแสงอาทิตย์ 2 แผ่น ซึ่งทำด้วยเหล็กแสดขนาดของกล่องความกว้าง 30 เซนติเมตร.ยาว 30 เซนติเมตรและสูง 7 เซนติเมตร ซึ่งใช้เวลาในการปิ้ง 35 นาที

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษาและพัฒนาออกแบบตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสมผสานเพื่อทดลองหาค่าความชื้นในการอบพืชและถ่ายเทความร้อนของพืชสมุนไพรต่างชนิด มีรายละเอียดดังนี้

3.1 การพัฒนาตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสมผสาน

ได้รับความร้อนใช้งานในการอบพืชอยู่ 2 แบบคือ

3.1.1 ความร้อนจากพลังงานแสงอาทิตย์

3.1.2 ความร้อนจากพลังงานไฟฟ้าจากชุดทำความร้อนกระแสตรงและฮีตเตอร์แบบอินฟาเรด

3.2 การกำหนดหาพื้นที่สะท้อนแสงด้านบน

แผ่นสะท้อนรังสีแสงอาทิตย์ด้านบนทำจากกระจกเงาพลาสติกขนาด 40 x 60 เซนติเมตร โดยตัดกรอบอลูมิเนียมด้วยและแผ่นไม้รองกระจกขนาดเท่ากับกระจกเงาจำนวน 2 ชุด มาประกอบเข้าด้วยกัน



รูปที่ 3.1 แสดงแผ่นสะท้อนรังสีด้านบน

จากสมการที่ 2.8

$$A_{\text{refT}} = (\text{wide} \times \text{length})$$

แทนค่า

$$A_{\text{refT}} = (0.4 \times 0.6)$$

$$A_{\text{refT}} = 0.48 \text{ m}^2$$

3.3 การคำนวณหาอัตราการสะท้อนรังสีด้านบน

จากสมการที่ 2.4

$$\dot{Q}_{\text{refT}} = \rho A_{\text{refT}} q_i$$

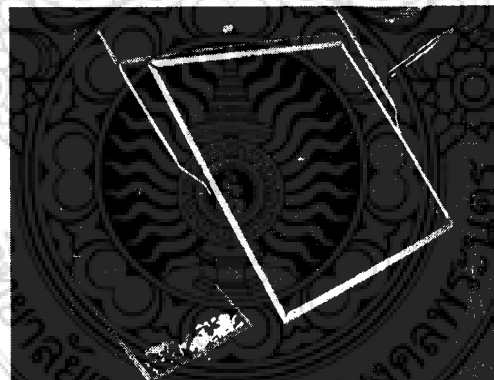
แทนค่า

$$\dot{Q}_{\text{refT}} = 0.212 (0.48 \text{ m}^2) (790 \text{ W / m}^2)$$

$$\dot{Q}_{\text{refT}} = 80.39 \text{ W}$$

3.4 การคำนวณหาพื้นที่สะท้อนแสงด้านล่าง

แผ่นสะท้อนรังสีด้านล่าง ประกอบด้วยเลนูนขนาด 42 x 52 เซนติเมตรและกระจกเงาสะท้อนแสงขนาด 27 x 34 เซนติเมตร



รูปที่ 3.2 แสดงแผ่นสะท้อนรังสีด้านล่าง

จากสมการที่ 2.8

$$A_{\text{refL}} = (\text{wide} \times \text{length})$$

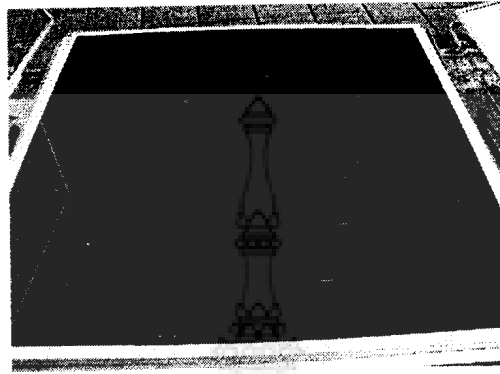
แทนค่า

$$A_{\text{refL}} = (0.42 \times 0.52)$$

$$A_{\text{refL}} = 0.22 \text{ m}^2$$

3.5 การคำนวณหาพื้นที่รับรังสีแสงอาทิตย์ของแผ่นกระจก

แผ่นกระจกสีดำปิดด้านบนทำจากกระจกใสหนา 5 มิลลิเมตรหุ้มขอบอลูมิเนียมด้วยขนาด 60 x 60 เซนติเมตร



รูปที่ 3.3 แสดงแผ่นกระจกสีดำปิดด้านบน

จากสมการที่ 2.8

$$A_r = (\text{wide} \times \text{length})$$

แทนค่า

$$A_r = (0.6 \times 0.6)$$

$$A_r = 0.36 \text{ m}^2$$

3.6 การคำนวณหาอัตราการส่งผ่านความร้อน

จากสมการที่ 2.17

$$Q_r = \tau A_r q_i$$

แทนค่า

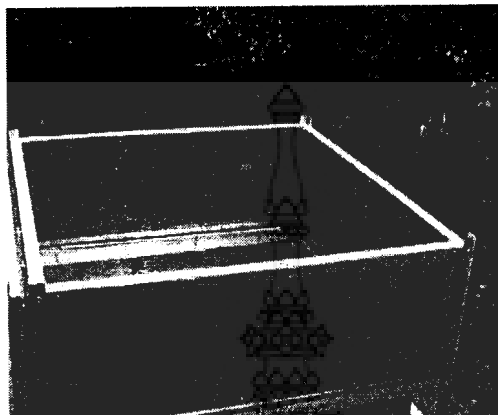
$$Q_r = 0.54 (0.36 \text{ m}^2) (790 \text{ W/m}^2)$$

$$Q_r = 153.57 \text{ W}$$

3.7 การคำนวณหาพื้นที่ดูดกลืนรังสีความร้อนแสงอาทิตย์ของกล่องเก็บความร้อน

ตู้สะสมความร้อนทำจากอลูมิเนียมหนา 1.2 มิลลิเมตรนำมาตัดประกอบเข้ากับโครงโดยมีขนาดดังนี้

แผ่นประกบด้านข้างขนาด 20 x 60 เซนติเมตรจำนวน 3 แผ่นและแผ่นประกบ ด้านหน้า
ขนาด 22.5 x 60 เซนติเมตร จำนวน 1 แผ่นนำทั้งหมดมาประกอบตั้งเป็นกล่องรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสได้
ดังรูป



รูปที่ 3.4 แสดงตู้สะสมความร้อน

กล่องเก็บความร้อนด้านล่างทำจากอลูมิเนียมหนา 1.8 มิลลิเมตร พับขึ้นรูปขนาด
54 x 58 x 8 เซนติเมตร ตัดรางเลื่อนขนาด 2.5 x 50 เซนติเมตร



รูปที่ 3.5 แสดงกล่องเก็บความร้อนด้านล่าง

จากสมการที่ 2.8

แทนค่า

$$A_{\text{abs}} = (\text{wide} \times \text{length})$$

$$A_{\text{abs}} = (0.54 \times 0.58)$$

$$A_{\text{abs}} = 0.31 \text{ m}^2$$

3.8 การคำนวณหาปริมาณความร้อนที่เกิดขึ้นในตู้อบจากรังสีแสงอาทิตย์
จากสมการที่ 2.7

แทนค่า

$$Q_{\text{total}} = \dot{Q}_{\text{abs}} + \dot{Q}_{\text{ref}} + \dot{Q}_{\text{tr}}$$

$$Q_{\text{total}} = (60.73 \text{ W}) + (117.24 \text{ W}) + (153.57 \text{ W})$$

$$Q_{\text{total}} = 331.54 \text{ W}$$

กำหนดให้ความร้อนสูญเสียกับสิ่งแวดล้อม = 15 เปอร์เซ็นต์
เพราะฉะนั้นความร้อนภายในตู้อบ = $331.54 \times 0.85 = 281.81 \text{ W}$

3.9 การคำนวณหาพื้นที่ป้องกันการสูญเสียความร้อนด้านข้าง

ฉนวนกันความร้อนด้านข้างทำจากไม้อัดหนา 0.8 เซนติเมตร โดยหุ้มขอบอลูมิเนียมด้วย
และปิดด้วยแผ่นอลูมิเนียมด้านนอกขนาด 30x60 เซนติเมตร จำนวน 3 แผ่น



รูปที่ 3.6 แสดงฉนวนกันความร้อนด้านข้าง

จากสมการที่ 2.8

$$A_{\text{insuSI}} = (\text{wide} \times \text{length})$$

แทนค่า

$$A_{\text{insuSI}} = (0.44 \times 0.6)$$

$$A_{\text{insuSI}} = 0.792 \text{ m}^2$$

3.10 การคำนวณหาพื้นที่ป้องกันการสูญเสียความร้อนด้านหน้า

คำนวณกันความร้อนด้านหน้าทำจากไม้อัดหนา 0.8 เซนติเมตรยึดติดกับแผ่นประกบด้านหน้าของผู้สะสมความร้อนขนาด 22.5x60 เซนติเมตร จำนวน 1 แผ่น

จากสมการที่ 2.8

$$A_{\text{insuF}} = (\text{wide} \times \text{length})$$

แทนค่า

$$A_{\text{insuF}} = (0.22 \times 0.6)$$

$$A_{\text{insuF}} = 0.132 \text{ m}^2$$

3.11 การคำนวณหาพื้นที่ป้องกันการสูญเสียความร้อน

คำนวณกันความร้อนด้านหน้า กล่องเก็บความร้อนทำจากไม้อัดหนา 0.8 มิลลิเมตร หุ้มกรอบอลูมิเนียมตัวยูขนาด 12x61 เซนติเมตร



รูปที่ 3.7 แสดงคำนวณกันความร้อนด้านหน้ากล่องเก็บความร้อน

จากสมการที่ 2.8

$$A_{\text{insuF}} = (\text{wide} \times \text{length})$$

แทนค่า

$$A_{\text{insuF}} = (0.12 \times 0.61)$$

$$A_{\text{insuF}} = 0.073 \text{ m}^2$$

3.12 การคำนวณหาพื้นที่ป้องกันการสูญเสียความร้อน

จากสมการที่ 2.20

$$A_{\text{insutotal}} = A_{\text{insuSI}} + A_{\text{insuF}}$$

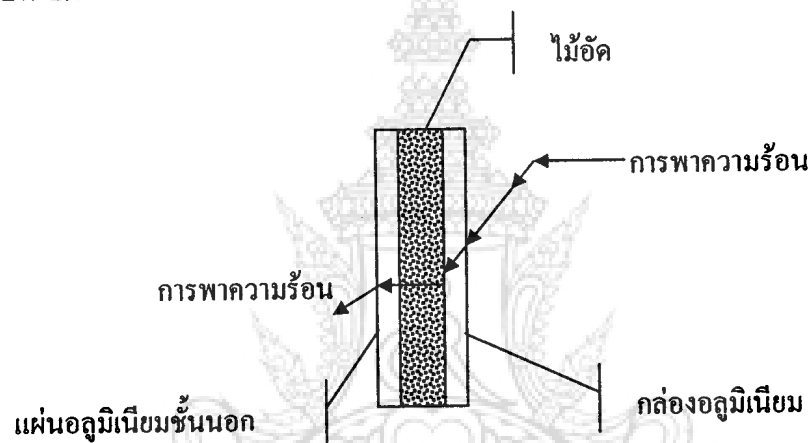
แทนค่า

$$A_{\text{insutotal}} = 0.792 \text{ m}^2 + 0.132 \text{ m}^2 + 0.073 \text{ m}^2$$

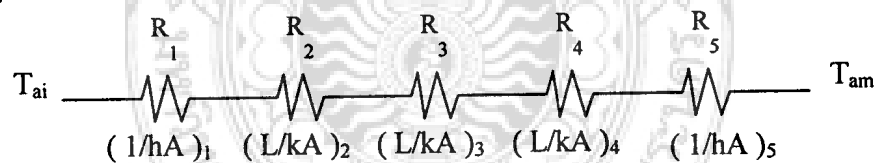
$$A_{\text{insutotal}} = 0.997 \text{ m}^2$$

3.13 การคำนวณหาความร้อนที่สูญเสียให้กับผนังเท่ากับ

จากรูปที่ 2.4



จากรูปที่ 2.5



สมมติให้ค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อน = $2 \text{ W/m}^2 \text{ K}$

จากสมการที่ 2.10

$$R_1 = \left(\frac{1}{hA_{\text{Alu}}} \right)_1$$

แทนค่า

$$R_1 = \left(\frac{1}{2 \times 1.035} \right)$$

$$R_1 = 0.48 \text{ kW}$$

จากสมการที่ 2.11

$$R_2 = \left(\frac{L_2}{kA_{\text{insutotal}}} \right)$$

แทนค่า

$$R_2 = \left(\frac{0.0005}{237 \times 0.997} \right)$$

$$R_2 = 2.1 \times 10^{-06} \text{ kW}$$

จากสมการที่ 2.12

$$R_3 = \left(\frac{L_3}{kA_{\text{insutotal}}} \right)$$

แทนค่า

$$R_3 = \left(\frac{0.008}{0.011 \times 0.997} \right)$$

$$R_3 = 0.73 \text{ kW}$$

จากสมการที่ 2.13

$$R_4 = \left(\frac{L_4}{kA_{\text{AInsutotal}}} \right)$$

แทนค่า

$$R_4 = \left(\frac{0.0005}{237 \times 0.997} \right)$$

$$R_4 = 2.1 \times 10^{-06} \text{ kW}$$

จากสมการที่ 2.14

$$R_5 = \left(\frac{1}{hA_{\text{Alu}}} \right)_1$$

แทนค่า

$$R_5 = \left(\frac{1}{2 \times 1.035} \right)$$

$$R_5 = 0.48 \text{ kW}$$

จากสมการที่ 2.9

$$q_{\text{loss, wall}} = \left(\frac{T_{\text{ai}} - T_{\text{am}}}{R_1} \right)$$

แทนค่า

$$q_{\text{loss, wall}} = \left(\frac{333 - 305}{0.48 + 2.1 \times 10^{-06} + 0.73 + 2.1 \times 10^{-06} + 0.48} \right) \frac{\text{K}}{\text{kW}}$$

$$q_{\text{loss, wall}} = 16.56 \text{ W}$$

3.14 การคำนวณหาความร้อนสุทธิในตู้อบ

จากสมการ 2.24

$$Q_{\text{net}} = Q_{\text{total}} - Q_{\text{loss}}$$

แทนค่า

$$Q_{\text{net}} = 281.81 \text{ W} - 16.56 \text{ W}$$

$$Q_{\text{net}} = 265.25 \text{ W}$$

3.15 การคำนวณหาค่ากำลังไฟของชุดทำความร้อนใช้ไฟกระแสตรง 12 V DC

แท่งความร้อนไฟกระแสตรง 12 Volt ใช้กระแสไฟ 24 Amp ต้องการกำลังไฟฟ้าขนาด

288 W



รูปที่ 3.8 แสดงชุดให้ความร้อนผสมผสาน

จากสมการที่ 2.15

$$P = IE$$

แทนค่า

$$P = 24 \times 12$$

$$\text{Power} = 288 \text{ W}$$

3.16 การคำนวณกำลังไฟของชุดทำความร้อนใช้ไฟกระแสสลับ 220 VAC

ชุดทำความร้อนเป็นฮีตเตอร์แบบอินฟราเรดไฟกระแสสลับ 220 Volt ใช้กระแสไฟฟ้า 2.2 Amp ต้องการ กำลังไฟฟ้าขนาด 500 W

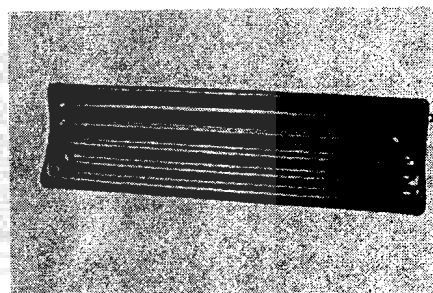
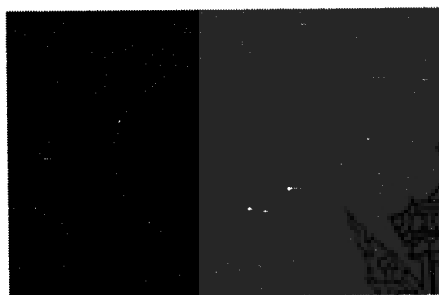
จากสมการที่ 2.16

$$P=IE$$

แทนค่า

$$\text{Power} = 220 \times 2.2$$

$$\text{Power} = 500 \text{ W}$$



ก่อนการพัฒนา

หลังการพัฒนา

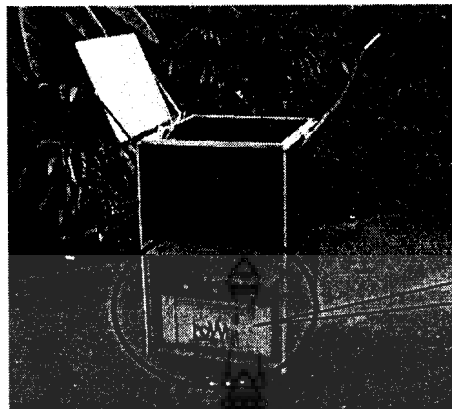
รูปที่ 3.9 แสดงชุดให้ความร้อนผสมผสานก่อนและหลังการพัฒนา

3.17 การคำนวณหาความสามารถในการจ่ายไฟของแบตเตอรี่

แบตเตอรี่ 12 Volt ขนาด 120Amp/h สามารถจ่ายกระแสไฟให้กับชุดทำความร้อนกระแสตรงได้นาน 5 h

จากสมการ 2.19

$$\text{Battery Supply period ; } \frac{120 \text{ Amp}}{24 \text{ Amp/h}} = 5 \text{ h}$$

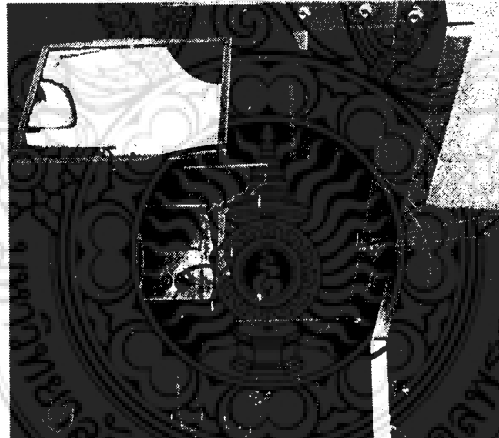


แบตเตอรี่ ขนาด 120Amp

รูปที่ 3.10 แสดงแบตเตอรี่ 12 Volt ขนาด 120Amp

3.18 การคำนวณหาระยะเวลาในการชาร์จแบตเตอรี่

เครื่องชาร์จแบตเตอรี่ ขนาด 5 Amp / h



เครื่องชาร์จแบตเตอรี่

รูปที่ 3.11 เครื่องชาร์จแบตเตอรี่ ขนาด 5 Amp / h

จากสมการ 2.18

	ระยะเวลาในการชาร์จ	=	ขนาดความจุ / ขนาดการชาร์จ
แทนค่า	ระยะเวลาในการชาร์จ	=	120Amp / 5 Amp / h
	ระยะเวลาในการชาร์จ	=	24 h

3.19 คำนวณหาจำนวนหน่วยไฟฟ้าที่ใช้งาน

จากสมการ 2.19

$$\text{จำนวนหน่วยไฟฟ้าที่ใช้งาน} = \text{จำนวนวัตต์} \times \text{จำนวนชั่วโมงใช้งาน} / 1000 \text{ วัตต์}$$

$$\text{แทนค่า} = 500 \times 5 / 1000 \text{ วัตต์}$$

$$\text{จำนวนหน่วยไฟฟ้าที่ใช้งาน} = 2.5 \text{ หน่วย}$$

3.20 คำนวณหาอัตราสิ้นเปลืองไฟฟ้า

เมื่อค่าไฟฟ้าหน่วยละ 2.50 โดยเทียบกับการคำนวณของการกินกระแสไฟฟ้าของฮีตเตอร์ (เครื่องอบแห้ง)

จากสมการ 2.20

$$\text{อัตราสิ้นเปลืองไฟฟ้า} = \text{จำนวนหน่วยไฟฟ้า} \times \text{ราคาหน่วยไฟฟ้า}$$

$$\text{แทนค่า} = 2.5 \times 2.50$$

$$\text{อัตราสิ้นเปลืองไฟฟ้า} = 6.25 \text{ บาท} / 5 \text{ ชั่วโมง}$$

3.21 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

เครื่องมือวัดที่ใช้บันทึกข้อมูลประกอบด้วย

3.21.1 สายเทอร์โมคัปเปิล Type K.

3.21.2 เครื่องบันทึกอุณหภูมิ 4 ช่อง ยี่ห้อ DIGICON (DT-6365)

3.21.3 ตราชั่ง ขนาด 1 กิโลกรัม. ความละเอียด 5 กรัม

3.22 วัสดุที่ใช้ในการทดลอง

3.22.1 ใบมะกรูดจำนวน (1000 กรัม)

3.22.2 ตะไคร้จำนวน (1000 กรัม)

3.22.3 ใบบัวบกจำนวน (1000 กรัม)

3.22.4 พริกพันธุ์จินดาแดงจำนวน (1000 กรัม)

3.22.5 ใบเตยจำนวน (1000 กรัม)

3.23 การทดลองในสภาพใช้งานจริง

ในการทดลองจะทำการทดลองตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสมผสาน ทั้ง 3 แบบ คือ แบบใช้ความร้อนจากแสงอาทิตย์เพียงอย่างเดียว การทดลองโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับชุดแลกเปลี่ยนความร้อนและการใช้ พลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับฮีตเตอร์

3.23.1 เตรียมวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ประกอบด้วย ตะไคร้ ใบเตย ใบมะกรูด พริกพันธุ์จินดาแดง ใบบัวบก

3.23.2 นำตะไคร้ ใบเตย ใบมะกรูด พริกพันธุ์จินดาแดง ใบบัวบก ไปวางไว้ในกล่องสะสมความร้อนทั้ง 3 แบบ

3.23.3 เริ่มทำการทดลองและวัดค่าต่างๆโดยจะทำการเก็บข้อมูลต่างๆต่อไปนี้ทุกๆ 20 นาทีคือ

- 1) อุณหภูมิอากาศภายนอก
- 2) อุณหภูมิอากาศภายในกล่องสะสมความร้อน
- 3) อุณหภูมิใต้ตะแกรง
- 4) อุณหภูมิผิวกระจก
- 5) มวลของผลิตภัณฑ์

3.23.4 นำผลที่ได้จากการทดลองมาทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบในแต่ละแบบ

3.24 การวิเคราะห์ผลเพื่อหาสมรรถนะ

การวิเคราะห์เพื่อหาสมรรถนะของตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสมผสานจะวิเคราะห์จากผลการทดลองหาค่าความชื้นซึ่งอยู่ในรูปของกราฟความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิที่ได้ จากพืชสมุนไพรที่ทำการอบภายในตู้กับเวลาที่ใช้ในการทดลองภายในตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสมผสานนำผลการทดลองที่ได้ของตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสมผสานมาทำการวิเคราะห์

3.25 การศึกษาความเป็นไปได้

จากการทดลองสังเกตสภาพต่างๆของตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสมผสานเพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการนำมาใช้ในประเทศไทย โดยมีรายละเอียดดังนี้

3.25.1 ระยะเวลาในการอบ

3.25.2 คุณภาพในการอบ

3.25.3 ปริมาณของ ตะไคร้ ใบเตย ใบมะกรูด พริกพันธุ์จินดาแดง ใบบัวบก

บทที่ 4

การทดลองและผลการทดลอง

ในการทดลองจะทำการทดลองอบพีช 5 ชนิดได้แก่ ตะไคร้ ใบมะกรูด ใบเตย ใบบัวบก
พริกพันธุ์จินดาแดง ในเงื่อนไขต่าง ๆ ตามแผนผังการทดลองดังนี้

4.1 แผนผังการทดลองตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสมผสาน



4.2 ลำดับขั้นตอนการทดลอง

4.2.1 ทำการชั่งมวลผลิตภัณฑ์จำนวน 1000 กรัม

4.2.2 นำผลิตภัณฑ์ที่ชั่งมวล 1000 กรัม เข้าสู่อุปกรณ์งานแสงอาทิตย์แบบผสมผสาน

4.2.3 เริ่มทำการทดลองและวัดค่าต่างๆ โดยจะทำการเก็บข้อมูลต่างๆต่อไปจากนี้ทุกๆ 20 นาที

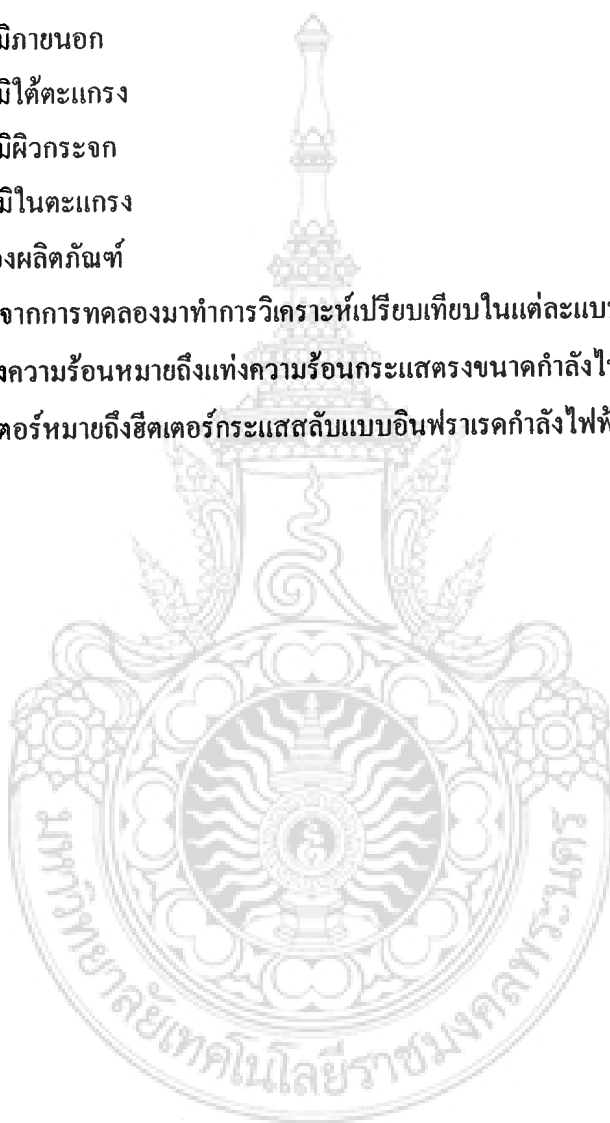
คือ

1. อุณหภูมิภายนอก
2. อุณหภูมิใต้ตะแกรง
3. อุณหภูมิผิวกระจก
4. อุณหภูมิในตะแกรง
5. มวลของผลิตภัณฑ์

4.2.4 นำผลที่ได้จากการทดลองมาทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบในแต่ละแบบ

หมายเหตุ แท่งความร้อนหมายถึงแท่งความร้อนกระแสดรขนาดกำลังไฟฟ้าขนาด 288 W

ฮีตเตอร์หมายถึงฮีตเตอร์กระแสดรแบบอินฟราเรดกำลังไฟฟ้าขนาด 500 W

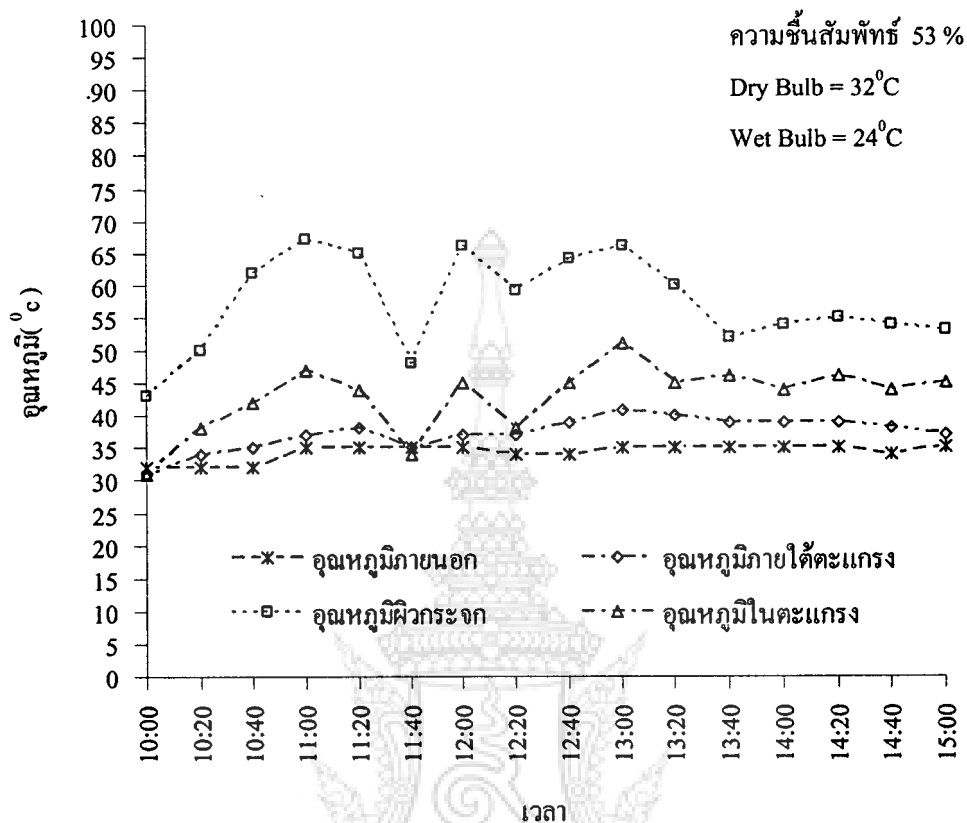


4.3 ผลการทดลองโดยใช้แสงอาทิตย์เพียงอย่างเดียว

4.3.1 ผลการทดลองอบตะไคร้โดยใช้แสงอาทิตย์เพียงอย่างเดียว

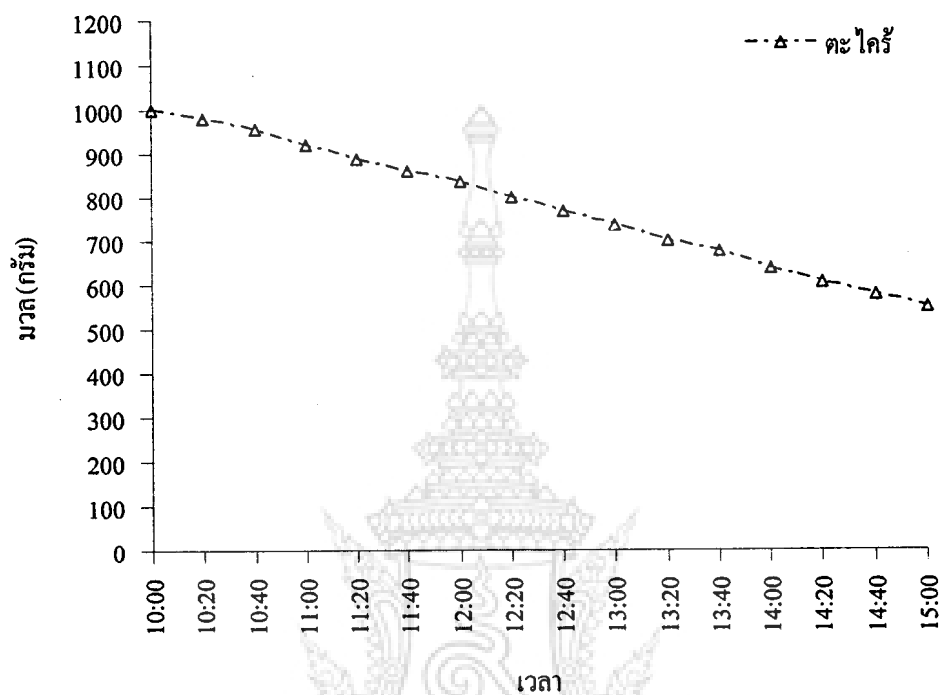
ตารางที่ 4.1 แสดงการอบตะไคร้โดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์เพียงอย่างเดียว

เวลา min	มวล gm	ความชื้น %	อุณหภูมิ ภายนอก °C	อุณหภูมิ ภายใต้ ตะแกรง °C	อุณหภูมิ ผิว กระฉก °C	อุณหภูมิ ใน ตะแกรง °C	มวล สุดท้าย gm	ความชื้น มาตรฐาน แห้ง %
10.00	1000	85.0	32	31	43	31	150	566.6
10.20	980	84.6	32	34	50	38	150	553.3
10.40	955	84.2	32	35	62	42	150	536.6
11.00	920	83.2	35	37	67	47	150	511.3
11.20	890	83.1	35	38	65	44	150	493.3
11.40	860	82.5	35	35	48	34	150	473.3
12.00	835	82.0	35	37	66	45	150	456.6
12.20	800	81.2	34	37	59	38	150	433.3
12.40	770	80.5	34	39	64	45	150	413.3
13.00	735	79.5	35	41	66	51	150	390.0
13.20	700	78.5	35	40	60	45	150	366.6
13.40	675	77.7	35	39	52	46	150	350.0
14.00	635	76.3	35	39	54	44	150	323.3
14.20	605	75.2	35	39	55	46	150	303.3
14.40	575	73.9	34	38	54	44	150	283.3
15.00	550	72.7	35	37	53	45	150	266.6



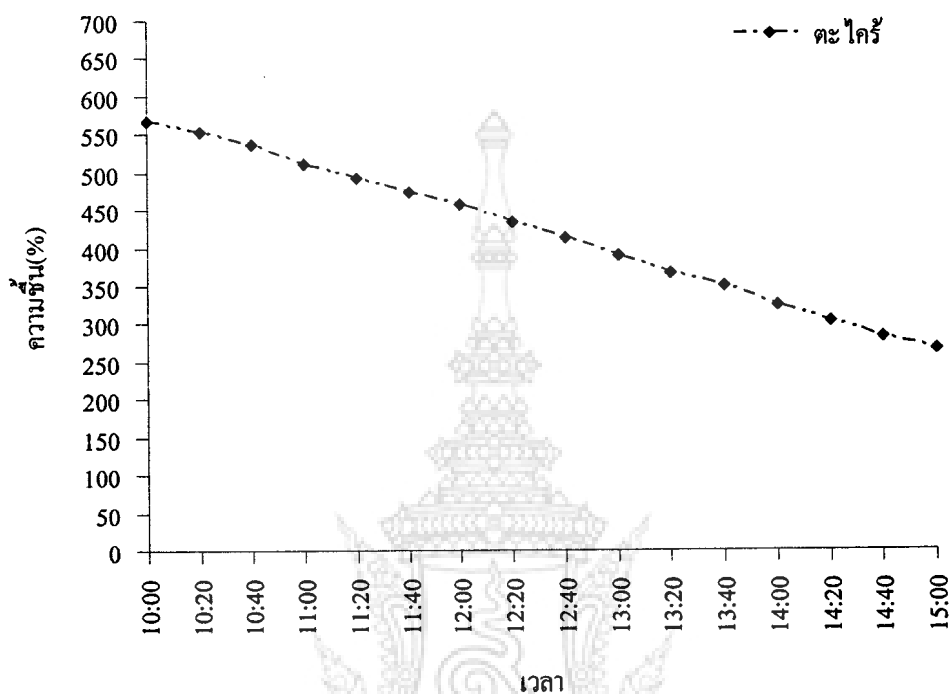
รูปที่ 4.1 กราฟแสดงผลการทดลองค่าอุณหภูมิตู้อบตะไคร้กรณีใช้แสงอาทิตย์อย่างเดียว

จากรูปที่ 4.1 กราฟแสดงผลการทดลองตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสมผสานกรณีใช้แสงอาทิตย์เพียงอย่างเดียว ในการทดลองอบหาค่าความชื้น ใช้ผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร คือ ตะไคร้ จำนวน 1000 กรัม ใช้ระยะเวลาอบ 5 ชั่วโมงและเก็บข้อมูลทุก ๆ 20 นาที อุณหภูมิภายนอกเฉลี่ยอยู่ที่ 34 องศาเซลเซียส อุณหภูมิภายใต้ตะแกรงจึงมีค่าสูงสุดมีค่าเท่ากับ 41 องศาเซลเซียส อุณหภูมิผิวกระจกสูงสุดมีค่าเท่ากับ 67 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิภายในตะแกรงอบสูงสุด ตลอดการอบมีค่าเท่ากับ 52 องศาเซลเซียส



รูปที่ 4.2 กราฟแสดงผลการทดลองค้ำมวลของมะพร้าวกรณีใช้แสงอาทิตย์อย่างเดียว

จากรูป 4.2 กราฟแสดงผลค้ำมวลของมะพร้าว กรณีที่ใช้แสงอาทิตย์เพียงอย่างเดียวในการทดลองหาค่าความชื้น โดยใช้ผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร คือ มะพร้าว จำนวน 1000 กรัมโดยใช้เวลาอบ 5 ชั่วโมงและเก็บข้อมูลทุกๆ 20 นาที ซึ่งอุณหภูมิภายในตะแกรงอบสูงสุดมีค่าเท่ากับ 47 องศาเซลเซียส โดยอยู่ในช่วงเวลา 11.00 น. ตลอดระยะเวลาในการทดลองอบมะพร้าวซึ่งมีค้ำมวลสุดท้ายเท่ากับ 550 กรัม หรือคิดเป็น 45 เปอร์เซ็นต์ของความชื้นผลิตภัณฑ์



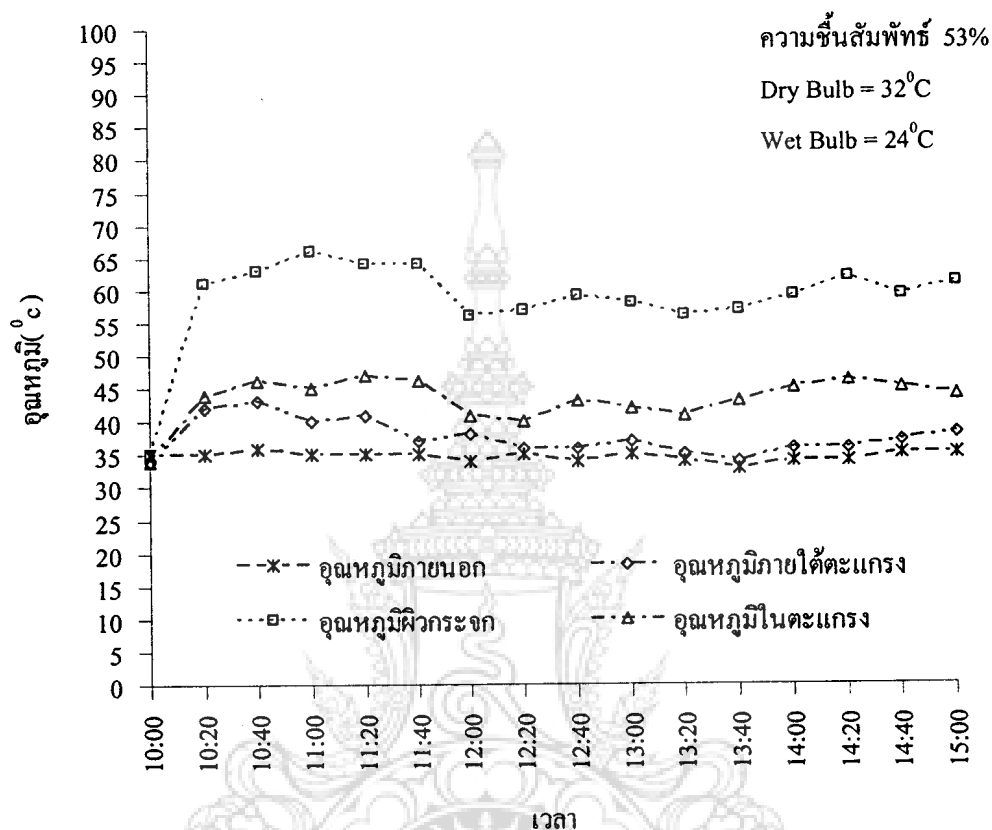
รูปที่ 4.3 กราฟแสดงผลการทดลองค่าความชื้นของตะไคร้กรณีใช้แสงอาทิตย์อย่างเดียว

จากรูปที่ 4.3 กราฟแสดงค่าความชื้นของตะไคร้ในกรณีใช้แสงอาทิตย์เพียงอย่างเดียวในการทดลองหาค่าความชื้น โดยใช้ผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรคือตะไคร้ จำนวน 1000 กรัม โดยใช้ระยะเวลาอบ 5 ชั่วโมง และเก็บข้อมูลทุกๆ 20 นาที ซึ่งพบว่า อุณหภูมิภายในตะแกรงอบสูงสุดมีค่าเท่ากับ 47 องศาเซลเซียส อยู่ในช่วงเวลา 11.00 น. และตลอดการทดลองอบตะไคร้ มีค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นเริ่มต้นอยู่ที่ 566.6 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานแห้ง และมีค่าความชื้นจากการทดลองอบต่ำสุดมีค่าเท่ากับ 266.6 เปอร์เซ็นต์

4.3.2 ผลการทดลองอบ ใบเคยใช้แสงอาทิตย์เพียงอย่างเดียว

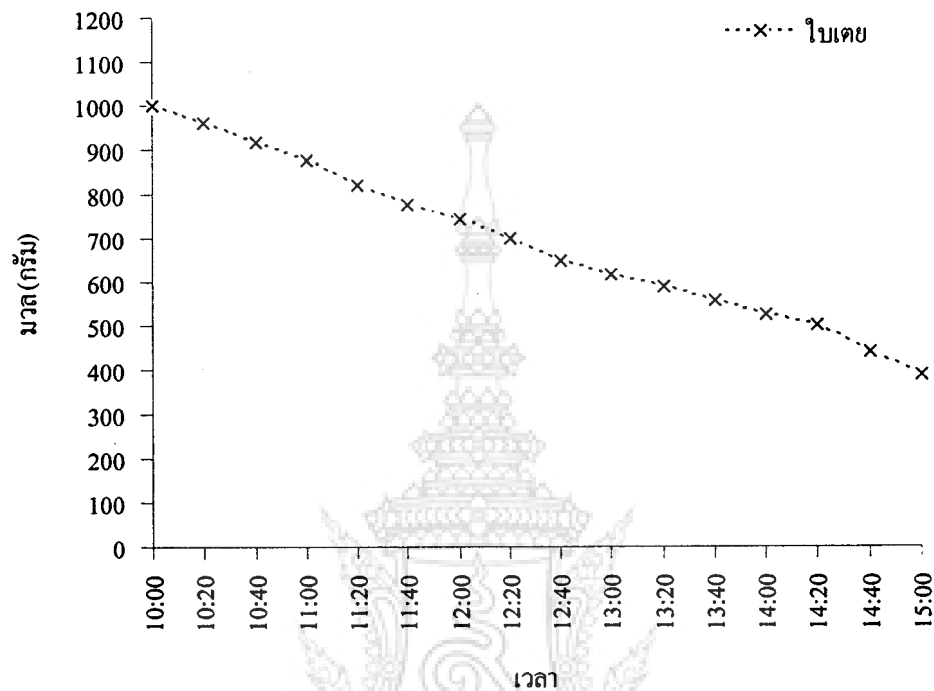
ตารางที่ 4.2 แสดงการอบใบเคยโดยใช้แสงอาทิตย์เพียงอย่างเดียว

เวลา min	มวล gm	ความชื้น %	อุณหภูมิ ภายนอก °C	อุณหภูมิ ภายใต้ ตะแกรง °C	อุณหภูมิ ผิว กระจก °C	อุณหภูมิ ใน ตะแกรง °C	มวล สุดท้าย gm	ความชื้น มาตรฐาน แห้ง %
10.00	1000	85.5	35	34	35	34	145	589.6
10.20	960	84.8	35	42	61	44	145	562.0
10.40	915	84.1	35	43	63	46	145	531.0
11.00	875	83.4	35	40	66	45	145	503.4
11.20	820	82.3	35	41	64	47	145	465.5
11.40	775	81.2	35	37	64	46	145	434.4
12.00	745	80.5	34	38	56	41	145	413.7
12.20	700	79.2	35	36	57	40	145	382.7
12.40	650	77.6	34	36	59	43	145	348.2
13.00	615	76.4	35	37	58	42	145	324.1
13.20	590	75.4	34	35	56	41	145	306.8
13.40	555	73.8	33	34	57	43	145	282.7
14.00	525	72.3	34	36	59	45	145	262.0
14.20	500	71.0	34	36	62	46	145	244.8
14.40	440	67.0	35	37	59	45	145	203.4
15.00	390	62.8	35	38	61	44	145	168.9



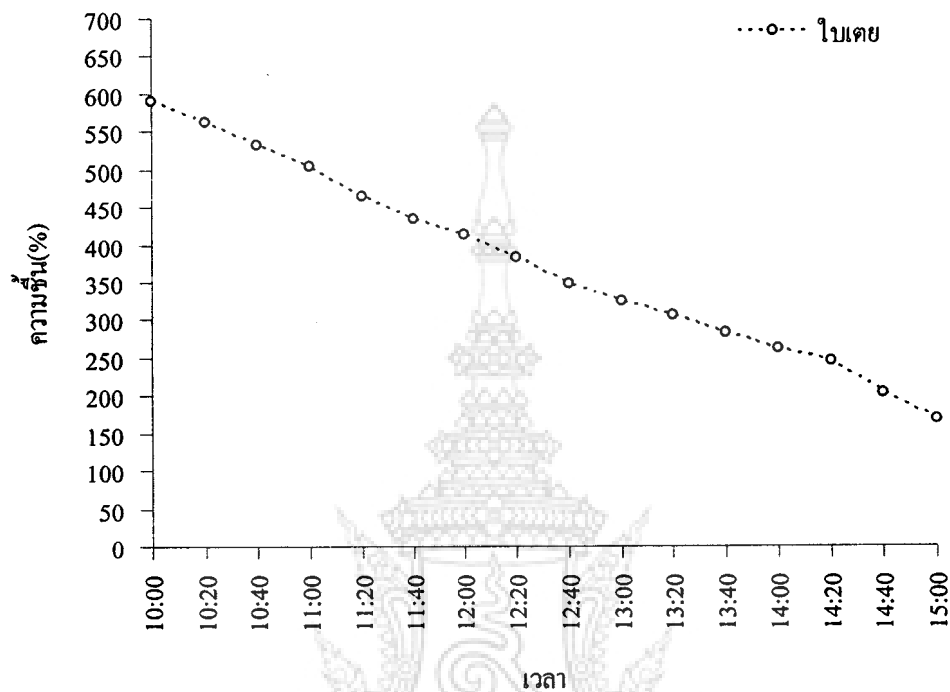
รูปที่ 4.4 กราฟแสดงผลการทดลองค่าอุณหภูมิตู้อบตะไบนเตกรณี่ใช้แสงอาทิตย์อย่างเดียว

จากรูปที่ 4.4 กราฟแสดงผลการทดลองตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสมผสานกรณี่ใช้แสงอาทิตย์เพียงอย่างเดียว ในการทดลองอบหาค่าความชื้นของผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรคือ ไบโตะจำนวน 1000 กรัม โดยใช้ระยะเวลาอบ 5 ชั่วโมง และเก็บข้อมูลทุกๆ 20 นาที อุณหภูมิภายนอกเฉลี่ยอยู่ที่ 34 องศาเซลเซียส อุณหภูมิภายใต้ตะแกรงมีค่าสูงสุดเท่ากับ 43 องศาเซลเซียส อุณหภูมิผิวกระจกสูงสุดมีค่าเท่ากับ 66 องศาเซลเซียสและอุณหภูมิภายในตะแกรงอบสูงสุดตลอดระยะเวลาในการทดลองอบมีค่าเท่ากับ 47 องศาเซลเซียส



รูปที่ 4.5 กราฟแสดงผลการทดลองค่ามวลของใบเดี่ยวกรณีใช้แสงอาทิตย์อย่างเดียว

จากรูปที่ 4.5 กราฟแสดงค่ามวลของใบเดี่ยว ในกรณีที่ใช้แสงอาทิตย์เพียงอย่างเดียวในการทดลองหาค่าความชื้นโดยใช้ผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรคือ ใบเดี่ยว จำนวน 1000 กรัม ซึ่งระยะเวลาในการอบ 5 ชั่วโมงและเก็บข้อมูลทุกๆ 20 นาที พบว่าอุณหภูมิภายในตะแกรงอบสูงสุดมีค่าเท่ากับ 47 องศาเซลเซียส อยู่ในช่วงเวลา 11.20 น. ซึ่งตลอดระยะเวลาการทดลองอบใบเดี่ยวมีค่ามวลสุดท้ายเท่ากับ 390 กรัม หรือคิดเป็น 61 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานเปียกของผลิตภัณฑ์



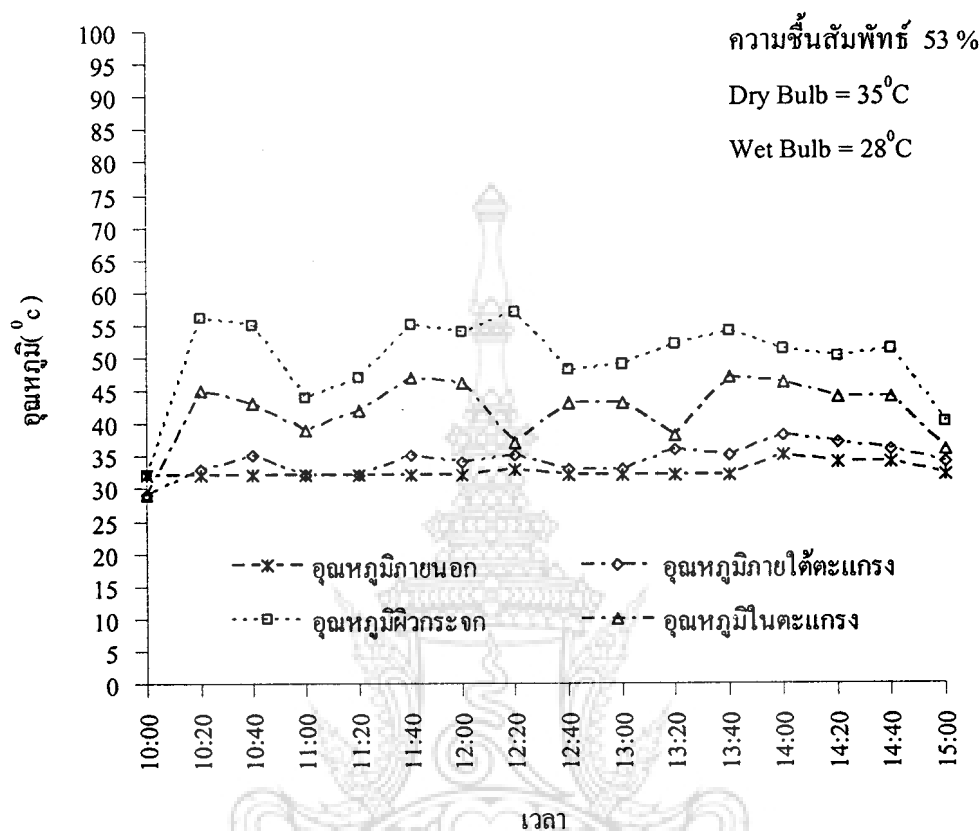
รูปที่ 4.6 กราฟแสดงผลการทดลองค่าความชื้นของใบเตยกรณีใช้แสงอาทิตย์อย่างเดียว

จากรูปที่ 4.6 กราฟแสดงค่าความชื้นของ ใบเตย ในกรณีที่ใช้แสงอาทิตย์เพียงอย่างเดียว ทดลองอบหาค่าความชื้น โดยใช้ผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรคือ ใบเตยจำนวน 1000 กรัม ใช้ระยะเวลาในการอบ 5 ชั่วโมง และเก็บข้อมูลทุก ๆ 20 นาที และพบว่าอุณหภูมิภายในตะแกรงอบสูงสุดมีค่าเท่ากับ 47 องศาเซลเซียส อยู่ในช่วงเวลา 11.20 น. ตลอดการทดลองใบเตย มีค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นเริ่มต้นอยู่ที่ 589.6 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งค่าความชื้นจากการทดลองอบต่ำสุดมีค่าเท่ากับ 168.9 เปอร์เซ็นต์ มาตรฐานแห้ง

4.3.3 ผลการทดลองอบ ไบเมกรูดใช้แสงอาทิตย์เพียงอย่างเดียว

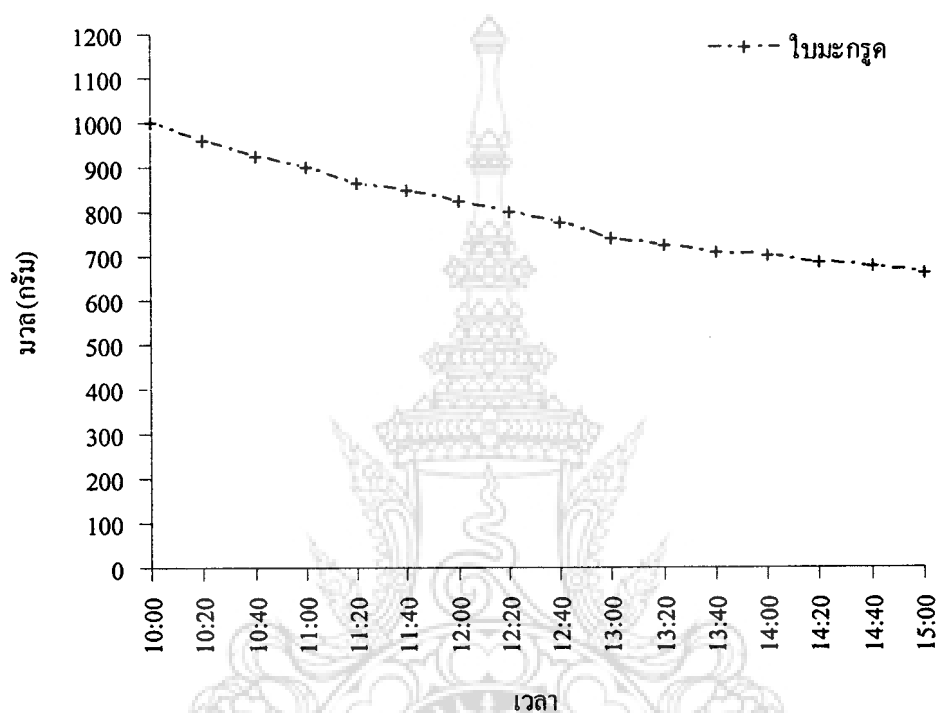
ตารางที่ 4.3 แสดงการอบไบเมกรูดโดยใช้แสงอาทิตย์เพียงอย่างเดียว

เวลา min	มวล gm	ความชื้น %	อุณหภูมิ ภายนอก °C	อุณหภูมิ ภายใต้ ตะแกรง °C	อุณหภูมิ ผิว กระจก °C	อุณหภูมิ ใน ตะแกรง °C	มวล สุดท้าย gm	ความชื้น มาตรฐาน แห้ง %
10.00	1000	72	32	29	32	29	280	257.1
10.20	960	70.8	32	33	56	45	280	242.8
10.40	925	69.7	32	35	55	43	280	230.3
11.00	900	68.8	32	32	44	39	280	221.4
11.20	865	67.6	32	32	47	42	280	208.9
11.40	850	67	32	35	55	47	280	203.5
12.00	825	66	32	34	54	46	280	194.6
12.20	800	65	33	35	57	37	280	185.7
12.40	775	63.8	32	33	48	43	280	176.7
13.00	740	62.2	32	33	49	43	280	164.3
13.20	725	61.4	32	36	52	38	280	158.9
13.40	710	60.6	32	35	54	47	280	153.5
14.00	700	60	35	38	51	46	280	150
14.20	685	59.1	34	37	50	44	280	144.6
14.40	675	58.5	34	36	51	44	280	141
15.00	660	57.6	32	34	40	36	280	135.7



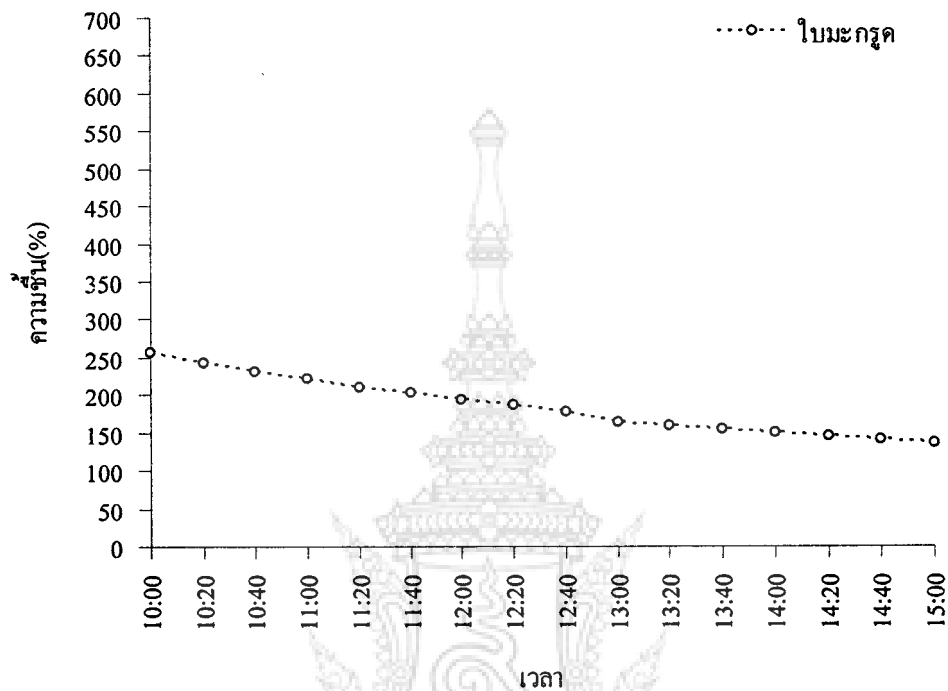
รูปที่ 4.7 กราฟแสดงผลการทดลองค่าอุณหภูมิตู้อบไอบะกรุคกรณีใช้แสงอาทิตย์อย่างเดียว

จากรูปที่ 4.7 กราฟแสดงผลการทดลองตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสมผสานกรณีใช้แสงอาทิตย์เพียงอย่างเดียว ในการทดลองอบเพื่อหาค่าความชื้น โดยใช้ผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรคือ ไอบะกรุคจำนวน 1000 กรัมใช้ระยะเวลาอบ 5 ชั่วโมงและเก็บข้อมูลทุกๆ 20 นาทีอุณหภูมิภายนอกเฉลี่ยอยู่ที่ 32 องศาเซลเซียส อุณหภูมิภายใต้ตะแกรงมีค่าสูงสุดเท่ากับ 38 องศาเซลเซียส อุณหภูมิผิวกระจกสูงที่สุดมีค่าเท่ากับ 57 องศาเซลเซียส โดยที่ค่าอุณหภูมิภายในตะแกรงอบสูงสุดตลอดระยะเวลาการทดลองอบมีค่าเท่ากับ 47 องศาเซลเซียส



รูปที่ 4.8 กราฟแสดงผลการทดลองค่ามวลของใบมะกรูดกรณีใช้แสงอาทิตย์อย่างเดียว

จากรูปที่ 4.8 กราฟแสดงค่ามวลของ ใบมะกรูด ในกรณีใช้แสงอาทิตย์เพียงอย่างเดียวในการทดลองอบหาค่าความชื้น โดยใช้ผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร คือ ใบมะกรูด จำนวน 1000 กรัม ใช้ระยะเวลาอบ 5 ชั่วโมง และเก็บข้อมูลทุกๆ 20 นาที ซึ่งพบว่าอุณหภูมิภายในตะแกรงอบมีค่าสูงสุดเท่ากับ 47 เซลเซียสซึ่งอยู่ในช่วงเวลา 11.40 น.-13.40 น. ตลอดระยะเวลาการทดลองอบใบมะกรูดมีค่ามวลสุดท้ายเท่ากับ 660 กรัม หรือคิดเป็น 34 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานเปียกของผลิตภัณฑ์



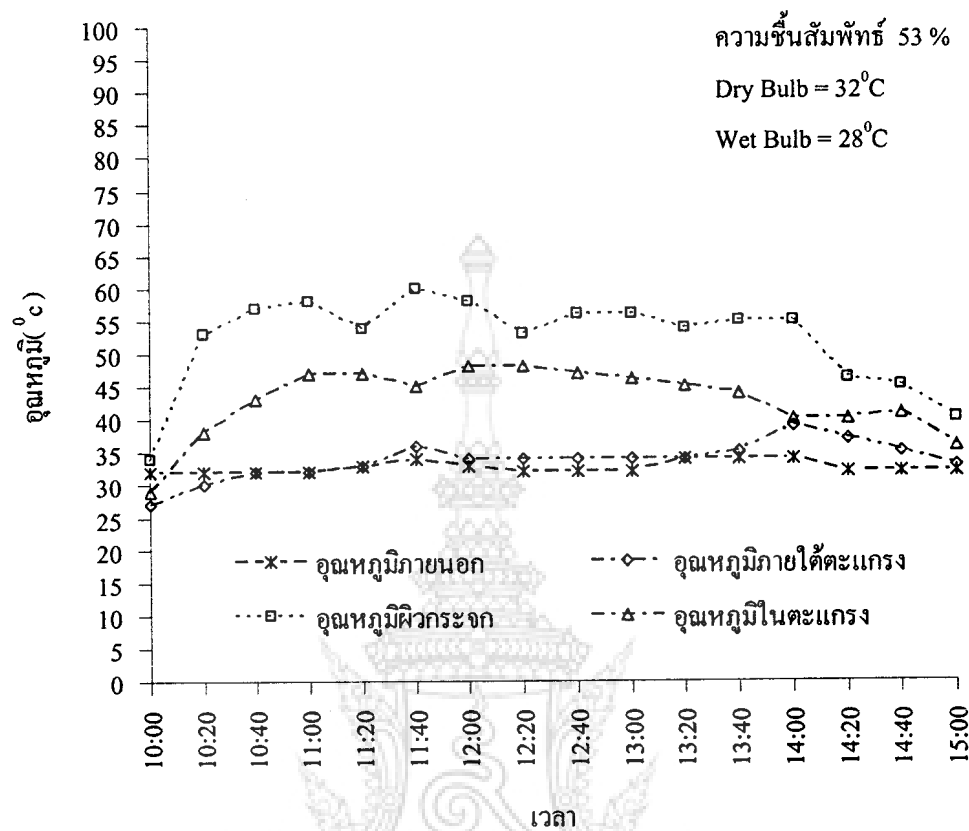
รูปที่ 4.9 กราฟแสดงผลการทดลองค่าความชื้นของโคมะกรุดกรณีใช้แสงอาทิตย์อย่างเดียว

จากรูปที่ 4.9 กราฟแสดงค่าความชื้นของ โคมะกรุด กรณีที่ใช้แสงอาทิตย์เพียงอย่างเดียว ในการทดลองหาค่าความชื้น โดยใช้ผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร คือ โคมะกรุด จำนวน 1000 กรัม โดยใช้ระยะเวลาในการอบ 5 ชั่วโมงและเก็บข้อมูลทุก ๆ 20 นาที พบว่าอุณหภูมิภายในตะแกรงอบ สูงสุดมีค่าเท่ากับ 47 องศาเซลเซียส ซึ่งอยู่ในช่วงเวลา 11.40 น.- 13.40 น. ตลอดการทดลองอบโคมะกรุดมีค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นเริ่มต้นระหว่าง 257.1 เปอร์เซ็นต์โดยมาตรฐานแห่งความชื้นจากการทดลองต่ำสุดมีค่าเท่ากับ 135.7 เปอร์เซ็นต์ มาตรฐานแห่ง

4.3.4 ผลการทดลองอบ พริกพันธุ์จินดาแดง ใช้แสงอาทิตย์เพียงอย่างเดียว

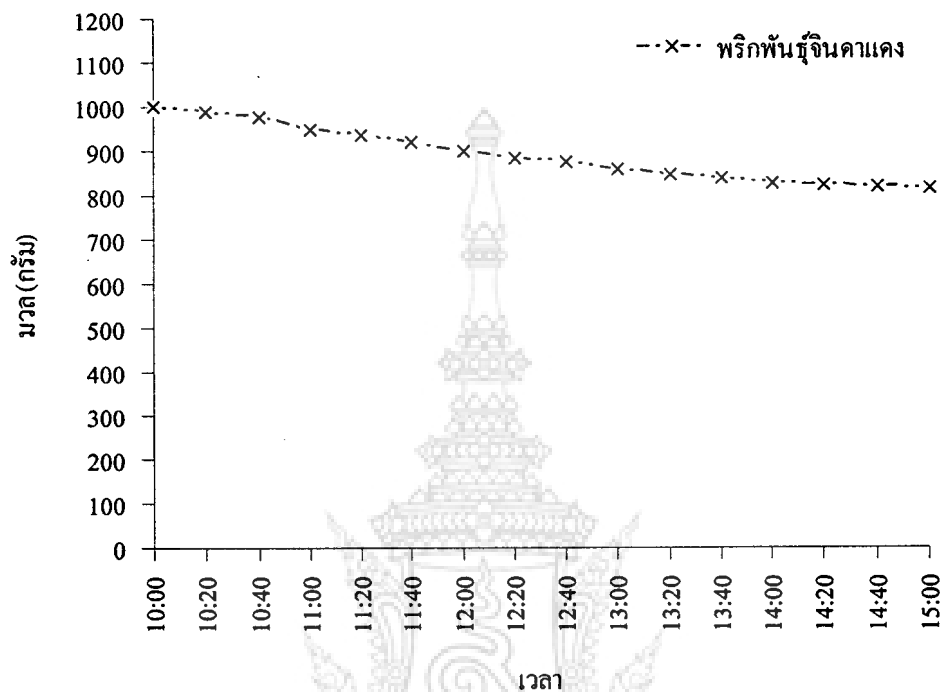
ตารางที่ 4.4 แสดงการอบพริกพันธุ์จินดาแดงโดยใช้แสงอาทิตย์เพียงอย่างเดียว

เวลา min	มวล gm	ความชื้น %	อุณหภูมิ ภายนอก °C	อุณหภูมิ ภายใต้ ตะแกรง °C	อุณหภูมิ ผิวกระจก °C	อุณหภูมิ ใน ตะแกรง °C	มวล สุดท้าย gm	ความชื้น มาตรฐาน แห้ง %
10.00	1000	75	32	27	34	29	250	300
10.20	990	74.7	32	30	53	38	250	296
10.40	975	74.3	32	32	57	43	250	290
11.00	950	73.6	32	32	58	47	250	280
11.20	935	73.2	33	33	54	47	250	274
11.40	920	72.8	34	36	60	45	250	268
12.00	900	72	33	34	58	48	250	260
12.20	885	71.7	32	34	53	48	250	254
12.40	875	71.4	32	34	56	47	250	250
13.00	860	70.9	32	34	56	46	250	244
13.20	850	70.5	34	34	54	45	250	240
13.40	840	70.2	34	35	55	44	250	236
14.00	830	69.8	34	39	55	40	250	232
14.20	825	69.6	32	37	46	40	250	230
14.40	820	69.5	32	35	45	41	250	228
15.00	815	69.3	32	33	40	36	250	226



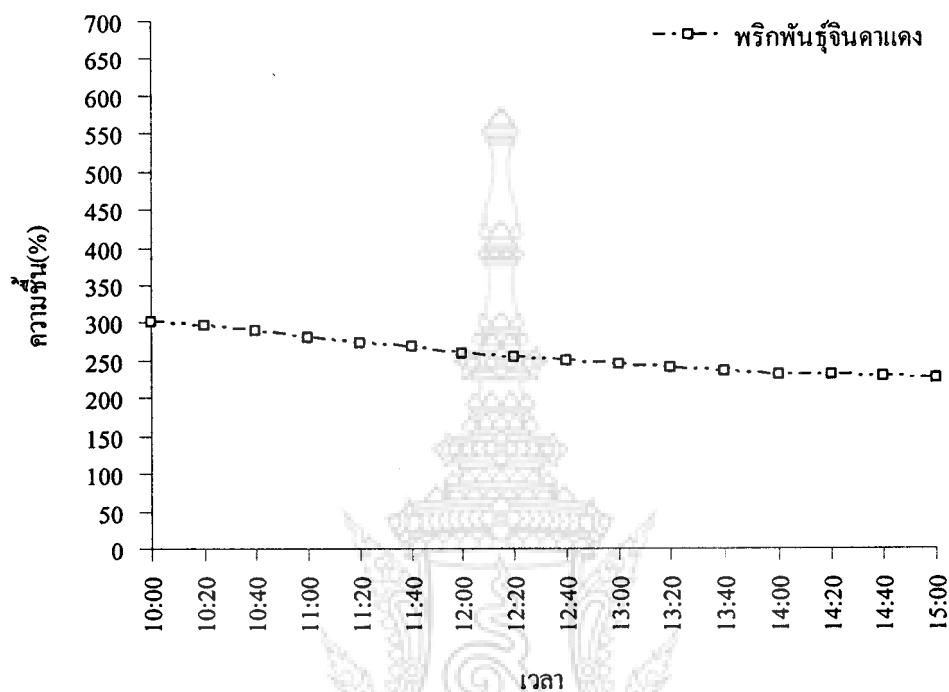
รูปที่ 4.10 กราฟแสดงผลการทดลองค่าอุณหภูมิตู้อบพริกพันธุ์จินดา กรณีใช้แสงอาทิตย์อย่างเดียว

จากรูปที่ 4.10 กราฟแสดงผลการทดลองตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสมผสาน โดยใช้แสงอาทิตย์เพียงอย่างเดียว ซึ่งในการทดลองหาค่าความชื้น โดยใช้ผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร คือ พริกพันธุ์จินดาแดงจำนวน 1000 กรัม ระยะเวลาอบ 5 ชั่วโมงและเก็บข้อมูลทุกๆ 20 นาที อุณหภูมิภายนอกเฉลี่ยอยู่ที่ 32 องศาเซลเซียส อุณหภูมิภายใต้ตะแกรงสูงสุดมีค่าเท่ากับ 39 องศาเซลเซียส อุณหภูมิผิวกระจกสูงสุด มีค่าเท่ากับ 60 องศาเซลเซียส ค่าอุณหภูมิภายในตะแกรงอบสูงสุดตลอดการทดลองมีค่าเท่ากับ 48 องศาเซลเซียส



รูปที่ 4.11 กราฟแสดงผลการทดลองค่ามวลของพริกพันธุ์จินดาแดงกรณีใช้แสงอาทิตย์อย่างเดียว

จากรูปที่ 4.11 กราฟแสดงค่ามวลของพริกพันธุ์จินดาแดงกรณีที่ใช้แสงอาทิตย์เพียงอย่างเดียวในการทดลองหาค่าความชื้น โดยใช้ผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรคือพริกพันธุ์จินดาแดงจำนวน 1000 กรัมโดยใช้ระยะเวลาอบ 5 ชั่วโมง เก็บข้อมูลทุกๆ 20 นาที พบว่าอุณหภูมิภายในตะแกรงอบนั้นมีค่าสูงสุดเท่ากับ 48 องศาเซลเซียส อยู่ในช่วงเวลา 12.00 น.- 12.20 น.และตลอดการทดลองอบพริกพันธุ์จินดาแดง มวลสุดท้ายมีค่าเท่ากับ 815 กรัม หรือคิดเป็น 18.5 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานเปียกของผลิตภัณฑ์



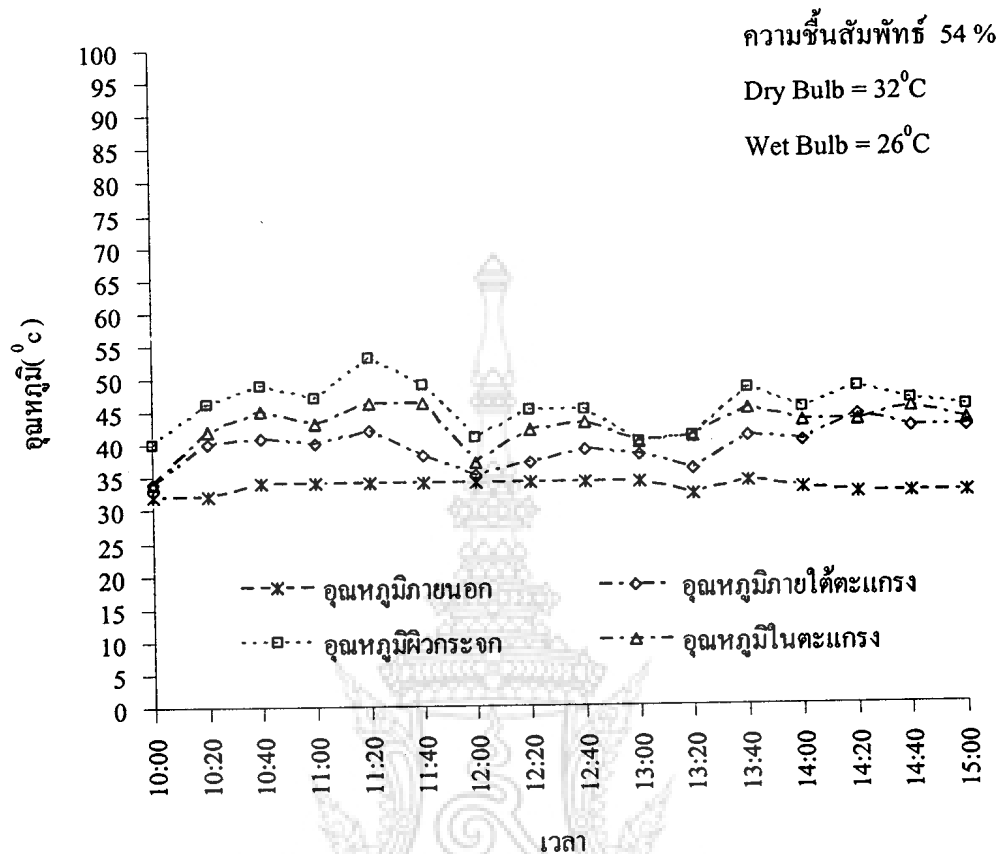
รูปที่ 4.12 กราฟแสดงผลการทดลองค่าความชื้นของพริกพันธุ์จินดาแดง
กรณีใช้แสงอาทิตย์อย่างเดียว

จากรูปที่ 4.12 กราฟแสดงความชื้นของพริกพันธุ์จินดาแดงกรณีใช้แสงอาทิตย์เพียงอย่างเดียวในการทดลองหาค่าความชื้นโดยใช้ผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรคือ พริกพันธุ์จินดาแดงจำนวน 1000 กรัมใช้ระยะเวลาอบ 5 ชั่วโมงและเก็บข้อมูลทุกๆ 20 นาทีซึ่งพบว่าอุณหภูมิภายในตะแกรงอบอบสูงสุดมีค่าเท่ากับ 48 องศาเซลเซียสอยู่ในช่วงเวลา 12.00-12.20 น.ตลอดการทดลองอบพริกพันธุ์จินดาแดงมีค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้น เริ่มต้นอยู่ที่ 300 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานแห้ง โดยค่าความชื้นจากการทดลองต่ำสุดมีค่าเท่ากับ 226 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานแห้ง

4.3.5 ผลการทดลองอบใบบัวบกใช้แสงอาทิตย์เพียงอย่างเดียว

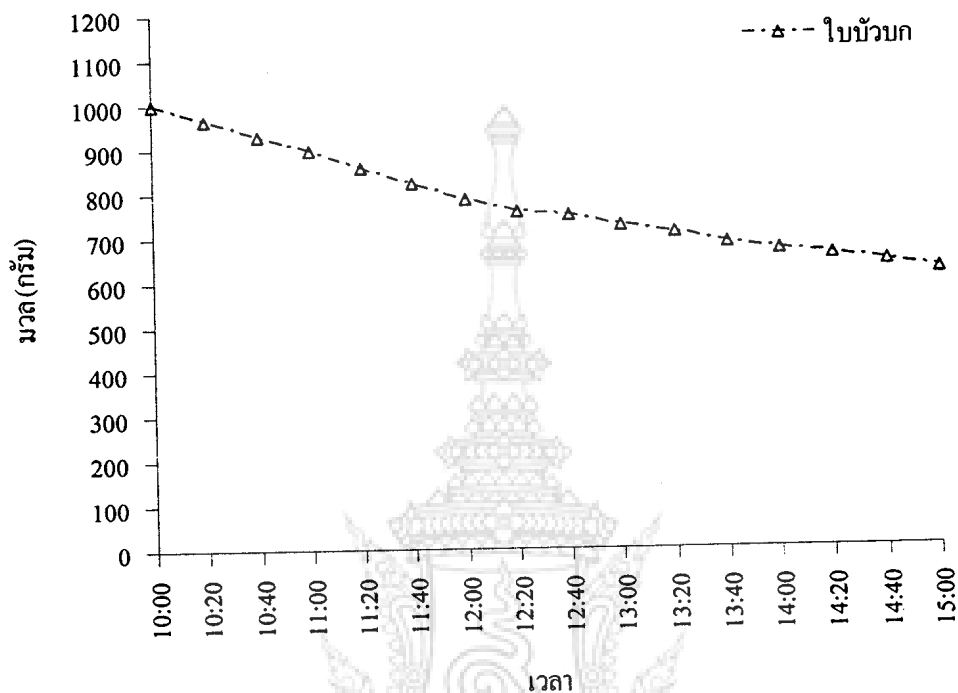
ตารางที่ 4.5 แสดงการอบใบบัวบกโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์เพียงอย่างเดียว

เวลา min	มวล gm	ความชื้น %	อุณหภูมิ ภายนอก °C	อุณหภูมิ ภายใต้ ตะแกรง °C	อุณหภูมิ ผิว กระฉก °C	อุณหภูมิ ใน ตะแกรง °C	มวล สุดท้าย gm	ความชื้น มาตรฐาน แห้ง %
10.00	1000	87.0	32	34	40	34	130	669.2
10.20	965	86.5	32	40	46	42	130	642.3
10.40	930	86.0	34	41	49	45	130	615.3
11.00	895	85.4	34	40	47	43	130	588.4
11.20	855	84.7	34	42	53	46	130	557.6
11.40	820	84.1	34	38	49	46	130	530.7
12.00	785	82.4	34	35	41	37	130	503.8
12.20	755	82.7	34	37	45	42	130	480.7
12.40	750	82.6	34	39	45	43	130	476.9
13.00	725	82.0	34	38	40	40	130	457.6
13.20	710	81.6	32	36	41	41	130	446.1
13.40	685	81.0	34	41	48	45	130	426.9
14.00	670	80.5	33	40	45	43	130	415.3
14.20	655	80.1	32	44	48	43	130	403.8
14.40	640	79.6	32	42	46	45	130	392.3
15.00	620	79.0	32	42	45	43	130	376.9



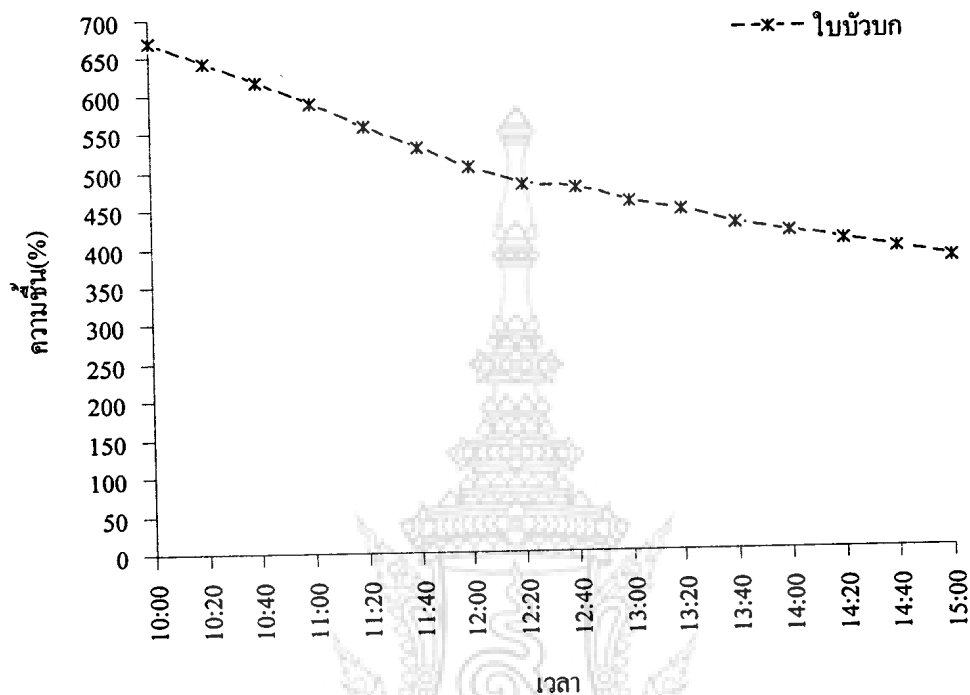
รูปที่ 4.13 กราฟแสดงผลการทดลองค่าอุณหภูมิตู้อบไบบัวบก กรณีใช้แสงอาทิตย์อย่างเดียว

จากรูปที่ 4.13 ผลการทดลองตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสมผสานโดยใช้แสงอาทิตย์เพียงอย่างเดียว ในการทดลองอบเพื่อหาค่าความชื้นโดยที่ใช้ผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร คือ ไบบัวบก จำนวน 1000 กรัม ใช้ระยะเวลาอบ 5 ชั่วโมง และเก็บข้อมูลทุกๆ 20 นาที ซึ่งอุณหภูมิภายนอกเฉลี่ยอยู่ที่ 33 องศาเซลเซียส โดยอุณหภูมิภายใต้ตะแกรงสูงสุด 44 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิผิวกระจกสูงสุดเท่ากับ 53 องศาเซลเซียสอุณหภูมิภายในตะแกรงอบสูงสุด ตลอดระยะเวลาในการทดลองอบมีค่าเท่ากับ 46 องศาเซลเซียส



รูปที่ 4.14 กราฟแสดงผลการทดลองค้ำมวลของไบบัวบกกรณีใช้แสงอาทิตย์อย่างเดียว

จากรูปที่ 4.14 กราฟแสดงค้ำมวลของ ไบบัวบก ในกรณีที่ใช้แสงอาทิตย์เพียงอย่างเดียว โดยการทดลองหาค่าความชื้นใช้ผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรคือ ไบบัวบกจำนวน 1000 กรัม โดยใช้ระยะเวลาอบ 5 ชั่วโมง และทำการเก็บข้อมูลทุก ๆ 20 นาที พบว่าอุณหภูมิภายในตะแกรงอบสูงสุดเท่ากับ 46 องศาเซลเซียส อยู่ในช่วงเวลา 11.20 น.- 11.40 น. ตลอดระยะเวลาการทดลองไบบัวบกมวลสุดท้ายมีค่าเท่ากับ 620 กรัม คิดเป็น 64.1 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานเปียกของผลิตภัณฑ์



รูปที่ 4.15 กราฟแสดงผลการทดลองค่าความชื้นของใบข้าวบดในกรณีใช้แสงอาทิตย์เพียงอย่างเดียว

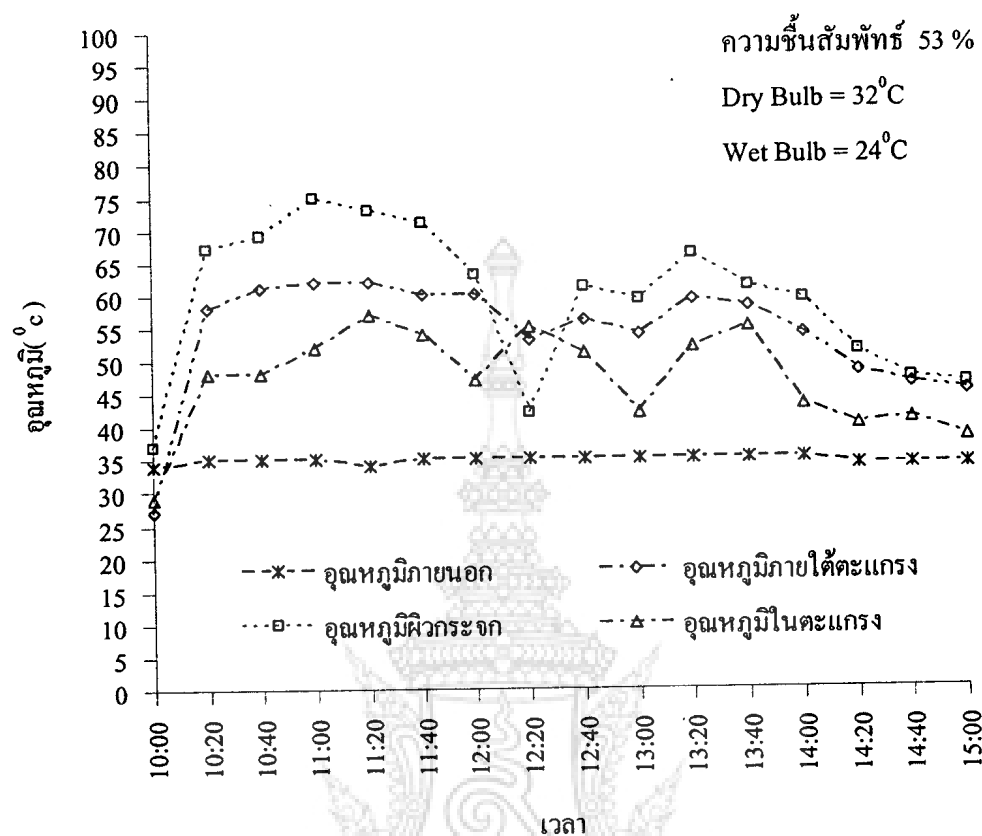
จากรูปที่ 4.15 กราฟแสดงค่าความชื้นของใบข้าวบดในกรณีใช้แสงอาทิตย์เพียงอย่างเดียว ในการทดลองอบเพื่อหาค่าความชื้นโดยใช้ผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรคือ ใบข้าวบด จำนวน 1000 กรัม ใช้ระยะเวลาอบเวลาในการอบ 5 ชั่วโมง และทำการเก็บข้อมูลทุก ๆ 20 นาที พบว่าอุณหภูมิภายใน ตะแกรงอบสูงสุดมีค่าเท่ากับ 46 องศาเซลเซียส โดยอยู่ในช่วงเวลา 11.20 - 11.40 น. ตลอดระยะเวลา ในการทดลอง ใบข้าวบด ซึ่งมีค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นเริ่มต้นอยู่ที่ 641 เปอร์เซ็นต์ มาตรฐานแห้งและความชื้นจากการทดลองต่ำสุดมีค่าเท่ากับ 359 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานแห้ง

4.4 ผลการทดลองโดยใช้แสงอาทิตย์ร่วมกับชุดทำความร้อน

4.4.1 ผลการทดลองอบตะไคร้ ใช้แสงอาทิตย์ร่วมกับชุดทำความร้อน

ตารางที่ 4.6 แสดงการอบตะไคร้โดยใช้แสงอาทิตย์ร่วมกับชุดทำความร้อน

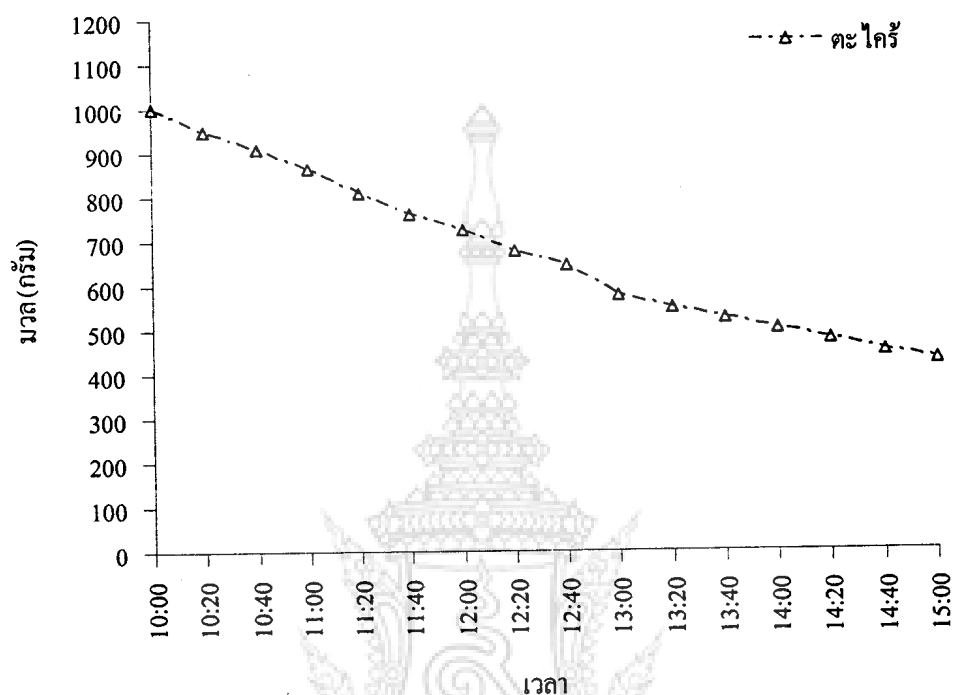
เวลา min	มวล gm	ความชื้น %	อุณหภูมิ ภายนอก °C	อุณหภูมิ ภายใต้ ตะแกรง °C	อุณหภูมิ ผิว กระจก °C	อุณหภูมิ ใน ตะแกรง °C	มวล สุดท้าย gm	ความชื้น มาตรฐาน แห้ง %
10.00	1000	85	34	27	37	29	150	566.6
10.20	950	84.2	35	58	67	48	150	533.3
10.40	910	83.5	35	61	69	48	150	506.6
11.00	865	82.6	35	62	75	52	150	476.6
11.20	810	81.4	34	62	73	57	150	440.0
11.40	760	80.2	35	60	71	54	150	406.6
12.00	725	79.3	35	60	63	47	150	383.3
12.20	675	77.7	35	53	42	55	150	350.0
12.40	645	76.7	35	56	61	51	150	330.0
13.00	575	73.9	35	54	59	42	150	283.3
13.20	550	72.7	35	59	66	52	150	266.6
13.40	525	71.4	35	58	61	55	150	250.0
14.00	500	70.0	35	54	59	43	150	233.3
14.20	475	68.4	34	48	51	40	150	216.6
14.40	450	66.6	34	46	47	41	150	200.0
15.00	430	65.1	34	45	46	38	150	186.6



รูปที่ 4.16 กราฟแสดงผลการทดลองค่าอุณหภูมิตู้อบตะไคร้

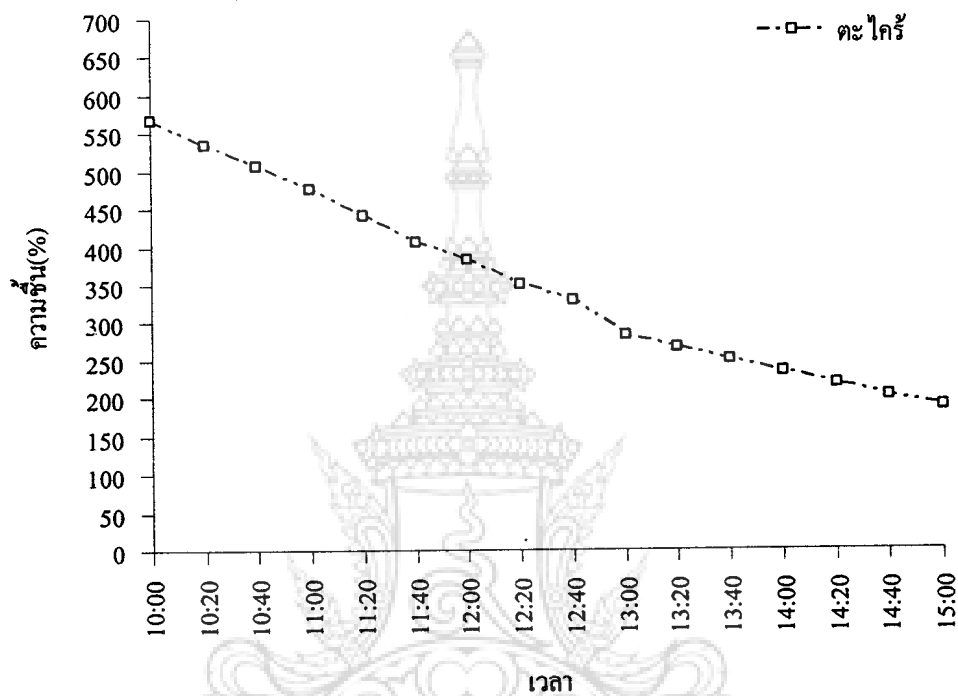
กรณีใช้แสงอาทิตย์ร่วมกับชุดทำความร้อน

จากรูปที่ 4.16 กราฟแสดงผลการทดลองตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสมผสานโดยใช้แสงอาทิตย์ร่วมกับชุดทำความร้อน ในการทดลองหาค่าความชื้นผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร คือ ตะไคร้จำนวน 1000 กรัม ใช้ระยะเวลาอบ 5 ชั่วโมง และเก็บข้อมูลทุกๆ 20 นาที อุณหภูมิภายนอกเฉลี่ยอยู่ที่ 34 องศาเซลเซียส อุณหภูมิภายในโรงเรือนสูงสุดมีค่าเท่ากับ 62 องศาเซลเซียส อุณหภูมิในที่ร่มสูงสุดมีค่าเท่ากับ 75 องศาเซลเซียส และค่าอุณหภูมิภายในโรงเรือนอบ ตลอดการทดลองมีค่าเท่ากับ 57 องศาเซลเซียส



รูปที่ 4.17 กราฟแสดงผลการทดลองค่ามวลของตะไคร้
กรณีใช้แสงอาทิตย์ร่วมกับชุดทำความร้อน

จากรูปที่ 4.17 กราฟแสดงค่ามวลของ ตะไคร้ ในกรณีที่ใช้แสงอาทิตย์เพียงอย่างเดียวในการทดลองหาค่าความชื้น โดยใช้ผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร คือ ตะไคร้ จำนวน 1000 กรัมระยะเวลาอบ 5 ชั่วโมงและเก็บข้อมูลทุกๆ 20 นาทีซึ่งพบว่าอุณหภูมิภายในตะแกรงอบสูงสุดมีค่าเท่ากับ 57 องศาเซลเซียส อยู่ในช่วงเวลา 11.20 น. ตลอดการทดลอง ตะไคร้ มีมวลสุดท้ายเท่ากับ 430 กรัม หรือคิดเป็น 57 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานเปียกของผลิตภัณฑ์



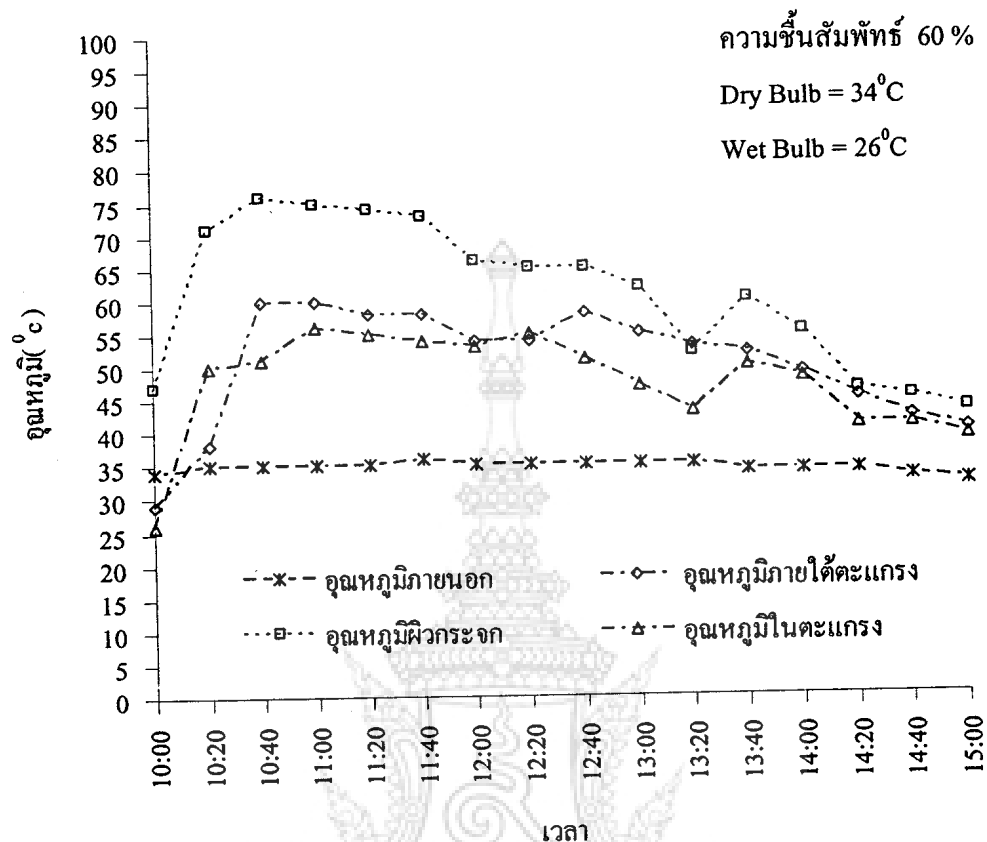
รูปที่ 4.18 กราฟแสดงผลการทดลองค่าความชื้นของตะไคร้
กรณีใช้แสงอาทิตย์ร่วมกับชุดแห้งความร้อน

จากรูปที่ 4.18 กราฟแสดงค่าความชื้นของ ตะไคร้จากการทดลอง ในกรณีที่ใช้แสงอาทิตย์ร่วมกับชุดแห้งความร้อน การทดลองหาค่าความชื้นโดยใช้ผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร คือ ตะไคร้ จำนวน 1000 กรัม ใช้ระยะเวลาอบ 5 ชั่วโมงและเก็บข้อมูลทุกๆ 20 นาที อุณหภูมิภายในตะแกรงอบ สูงสุดมีค่าเท่ากับ 57 องศาเซลเซียส ในช่วงเวลา 11:20 น.ตลอดระยะเวลาในการทดลองอบ ตะไคร้ มีค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นเริ่มต้นระหว่าง 412.3 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานแห้งและความชื้นจากการทดลองต่ำสุดมีค่าเท่ากับ 120.5 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานแห้ง

4.4.2 ผลการทดลองอบ ใบเตย ใช้แสงอาทิตย์ร่วมกับชุดทำความร้อน

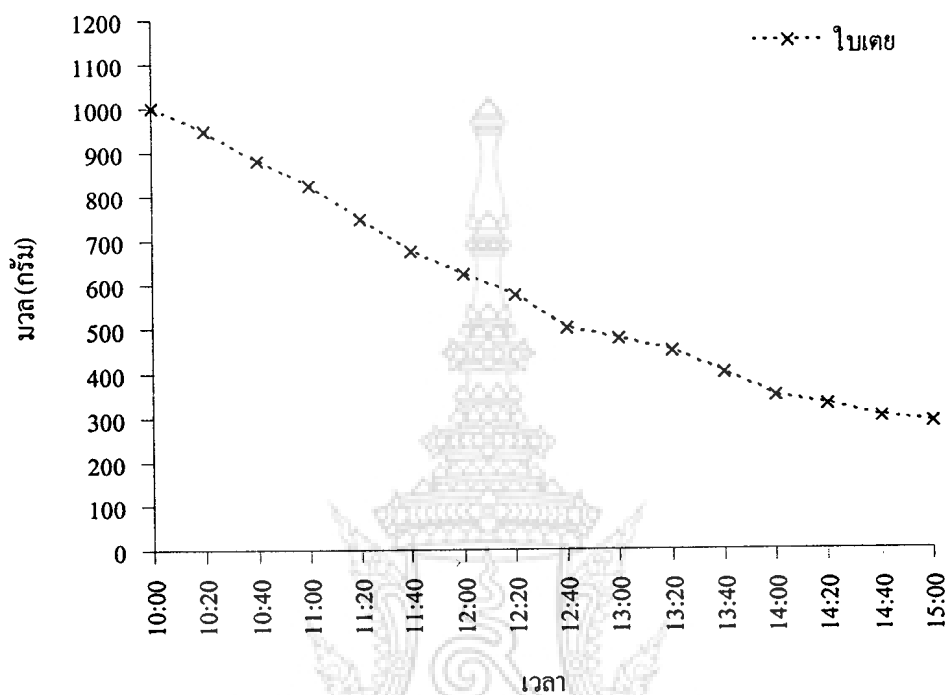
ตารางที่ 4.7 แสดงการอบใบเตยโดยใช้แสงอาทิตย์ร่วมกับชุดทำความร้อน

เวลา min	มวล gm	ความชื้น %	อุณหภูมิ ภายนอก °C	อุณหภูมิ ภายใต้ ตะแกรง °C	อุณหภูมิ ผิว กระฉก °C	อุณหภูมิ ใน ตะแกรง °C	มวล สุดท้าย gm	ความชื้น มาตรฐาน แห้ง %
10.00	1000	85.5	34	29	47	26	145	589.6
10.20	950	84.7	35	38	71	50	145	555.1
10.40	880	83.5	35	60	76	51	145	506.8
11.00	825	82.4	35	60	75	56	145	468.9
11.20	750	80.6	35	58	74	55	145	417.2
11.40	675	78.5	36	58	73	54	145	365.5
12.00	625	76.8	35	54	66	53	145	331.0
12.20	575	74.7	35	54	65	55	145	296.5
12.40	500	71.0	35	58	65	51	145	244.8
13.00	475	69.4	35	55	62	47	145	227.5
13.20	450	67.7	35	53	52	43	145	210.3
13.40	400	63.7	34	52	60	50	145	175.8
14.00	350	58.5	34	49	55	48	145	141.3
14.20	330	56.0	34	45	46	41	145	127.5
14.40	300	51.6	33	42	45	41	145	106.8
15.00	290	50	32	40	43	39	145	100



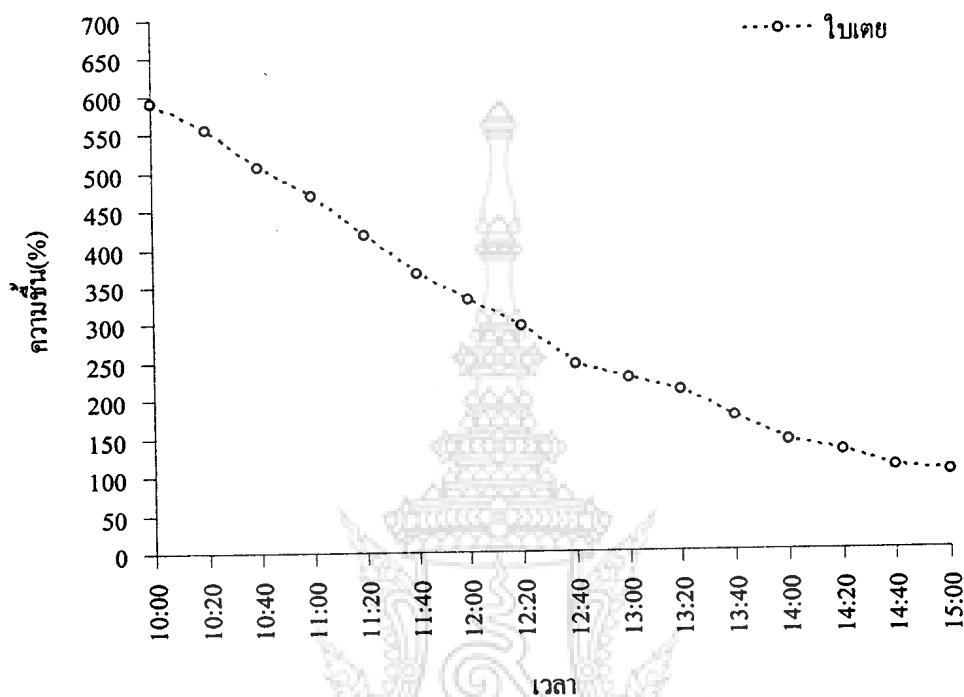
รูปที่ 4.19 กราฟแสดงผลการทดลองค่าอุณหภูมิตู้อบใบเตย
กรณีใช้แสงอาทิตย์ร่วมกับชุดทำความร้อน

จากรูปที่ 4.19 กราฟแสดงผลการทดลองตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสมผสานโดยใช้แสงอาทิตย์ร่วมกับชุดทำความร้อน การทดลองอบหาค่าความชื้นโดยใช้ผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร คือ ใบเตย จำนวน 1000 กรัม ใช้ระยะเวลาอบ 5 ชั่วโมง และทำการเก็บข้อมูลทุกๆ 20 นาที อุณหภูมิภายนอกเฉลี่ยอยู่ที่ 34 องศาเซลเซียส อุณหภูมิภายใต้ตะแกรงสูงสุดมีค่าเท่ากับ 60 องศาเซลเซียส โดยที่อุณหภูมิผิวกระฉกสูงสุดนั้นมีค่าเท่ากับ 76 องศาเซลเซียส และค่าอุณหภูมิภายในตะแกรงอบตลอดการทดลอง สูงสุดมีค่าเท่ากับ 56 องศาเซลเซียส



รูปที่ 4.20 กราฟแสดงผลการทดลองค่ามวลของใบเตยกรณีใช้แสงอาทิตย์ร่วมกับชุดทำความร้อน

จากรูปที่ 4.20 กราฟแสดงค่ามวลของ ใบเตย จากการทดลองโดยในกรณีที่ใช้แสงอาทิตย์ร่วมกับชุดทำความร้อนในการทดลองหาค่าความชื้น โดยใช้ผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร คือใบเตย จำนวน 1000 กรัมโดยใช้ระยะเวลาอบ 5 ชั่วโมงและเก็บข้อมูลทุกๆ 20 นาทีซึ่งพบว่าอุณหภูมิภายในตะแกรงอบสูงสุดมีค่าเท่ากับ 56 องศาเซลเซียส อยู่ในช่วงเวลา 11.00 น. ตลอดการทดลองใบเตยมีค่ามวลสุดท้ายเท่ากับ 290 กรัม หรือคิดเป็น 71 เปอร์เซ็นต์ของความชื้นมาตรฐานเปียกผลิตภัณฑ์



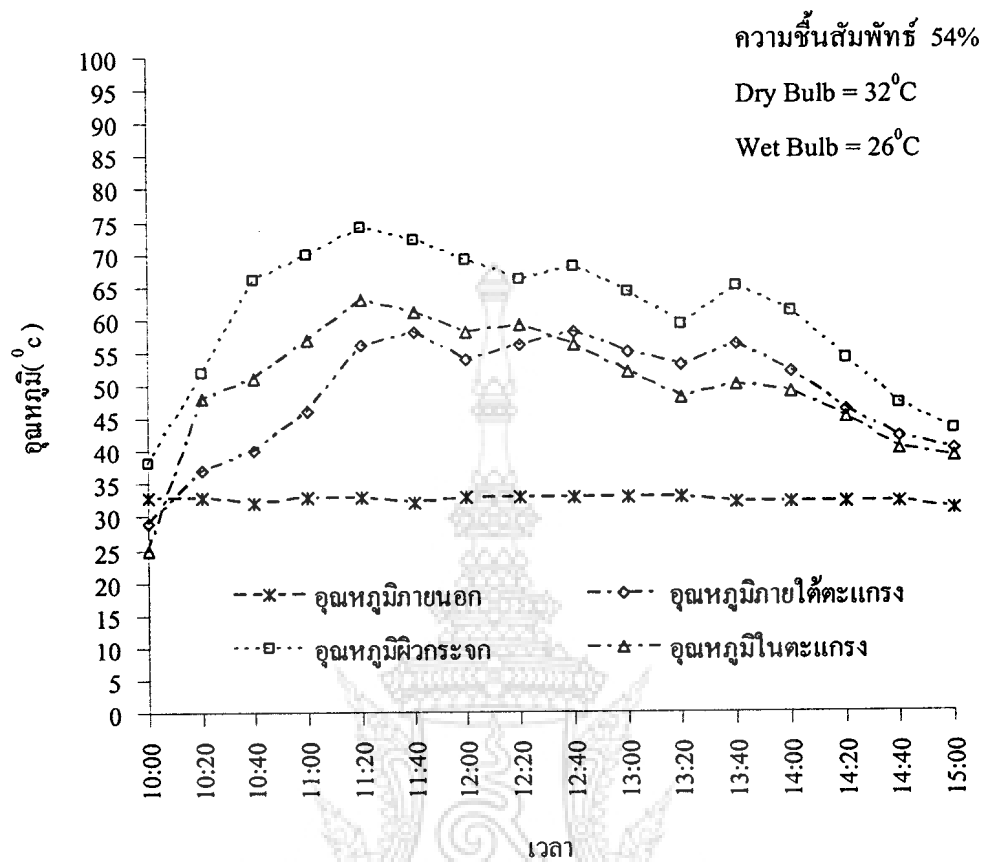
รูปที่ 4.21 กราฟแสดงผลการทดลองค่าความชื้นของไผ่เตย
กรณีใช้แสงอาทิตย์ร่วมกับชุดทำความร้อน

จากรูปที่ 4.21 กราฟแสดงค่าความชื้นของ ไผ่เตย จากการทดลองในกรณีที่ใช้แสงอาทิตย์ร่วมกับชุดทำความร้อนในการทดลองอบหาค่าความชื้นโดยใช้ผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรคือ ไผ่เตย จำนวน 1000 กรัมโดยใช้ระยะเวลาอบ 5 ชั่วโมงและทำการเก็บข้อมูลทุกๆ 20 นาที อุณหภูมิภายในตะแกรงอบสูงสุดมีค่าเท่ากับ 56 องศาเซลเซียส อยู่ในช่วงเวลา 11.20 น. ตลอดการทดลองไผ่เตย มีค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นเริ่มต้นอยู่ที่ 589.6 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานแห้ง และค่าความชื้นจากการทดลองต่ำสุดเท่ากับ 100 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานแห้ง

4.4.3 ผลการทดลองอบ ไบโม่กรดโดยใช้แสงอาทิตย์ร่วมกับชุดแท่งความร้อน

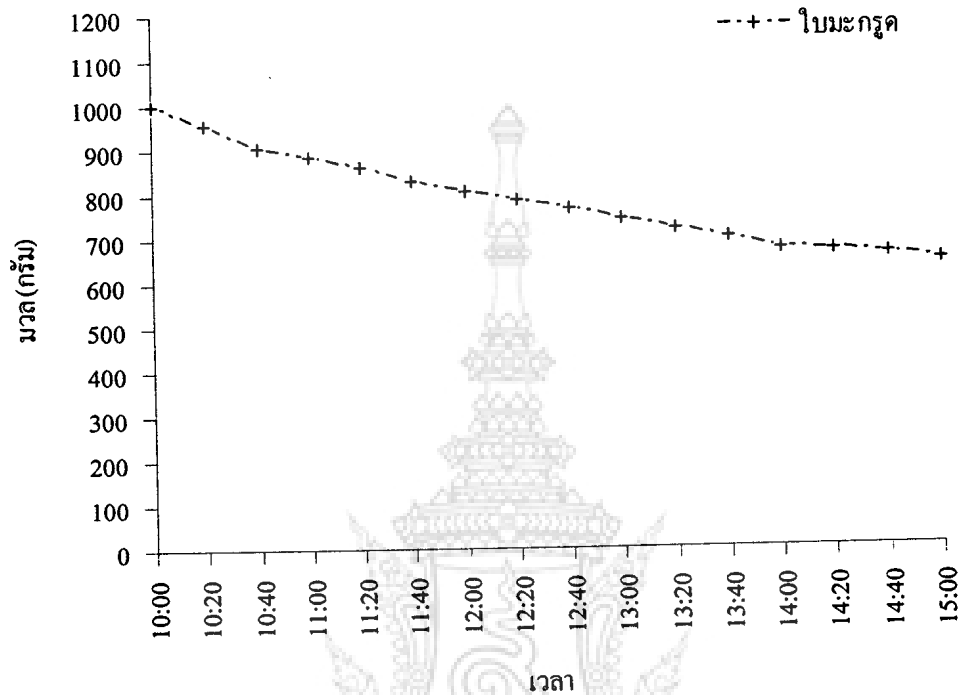
ตารางที่ 4.8 แสดงการอบไบโม่กรดโดยใช้แสงอาทิตย์ร่วมกับชุดแท่งความร้อน

เวลา min	มวล gm	ความชื้น %	อุณหภูมิ ภายนอก °C	อุณหภูมิ ภายใต้ ตะแกรง °C	อุณหภูมิ ผิว กระจก °C	อุณหภูมิ ใน ตะแกรง °C	มวล สุดท้าย gm	ความชื้น มาตรฐาน แห้ง %
10.00	1000	72	33	29	38	25	280	257.1
10.20	955	70.6	33	37	52	48	280	241
10.40	905	69	32	40	66	51	280	223.3
11.00	885	68.3	33	46	70	57	280	216
11.20	860	67.4	33	56	74	63	280	207.1
11.40	830	66.2	32	58	72	61	280	196.4
12.00	805	65.2	33	54	69	58	280	187.5
12.20	785	64.3	33	56	66	59	280	180.3
12.40	765	63.3	33	58	68	56	280	173.2
13.00	740	62	33	55	64	52	280	164.3
13.20	715	60.8	33	53	59	48	280	155.3
13.40	695	59.7	32	56	65	50	280	148.2
14.00	670	58	32	52	61	49	280	139.2
14.20	665	57.8	32	46	54	45	280	137.5
14.40	655	57	32	42	47	40	280	133.9
15.00	640	56.2	31	40	43	39	280	128.5



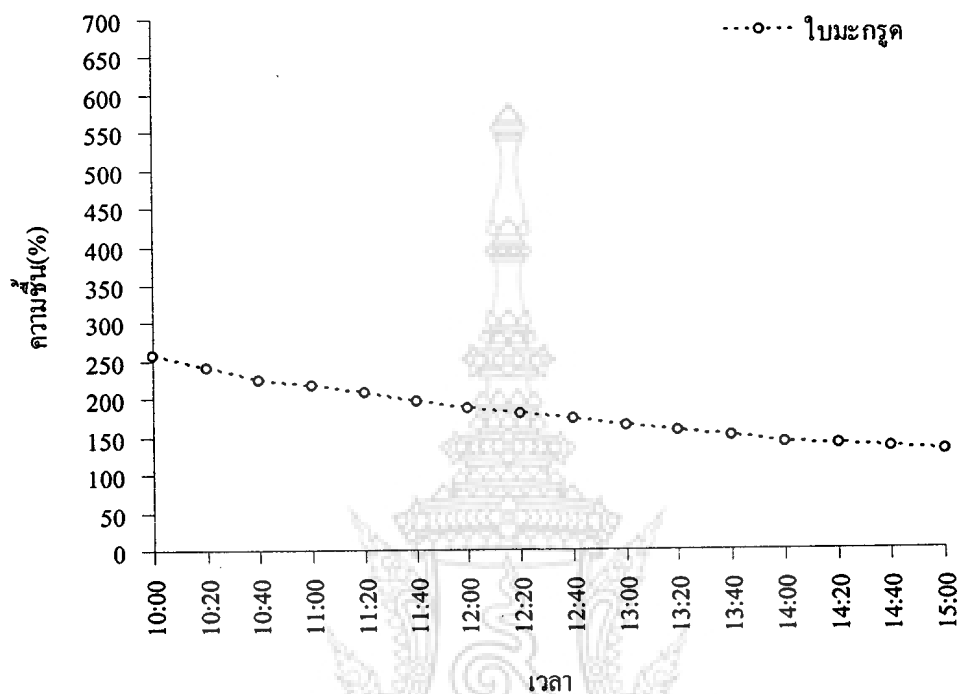
รูปที่ 4.22 กราฟแสดงผลการทดลองค่าอุณหภูมิตู้อบไอบะกรูด
กรณีใช้แสงอาทิตย์ร่วมกับชุดทำความร้อน

จากรูปที่ 4.22 กราฟแสดงผลการทดลองตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสมผสานโดยใช้แสงอาทิตย์ร่วมกับชุดทำความร้อน การทดลองอบหาค่าความชื้นโดยใช้ผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรคือไอบะกรูด จำนวน 1000 กรัมใช้ระยะเวลาอบ 5 ชั่วโมง และเก็บข้อมูลทุกๆ 20 นาที โดยอุณหภูมิภายนอกเฉลี่ยอยู่ที่ 32 องศาเซลเซียส อุณหภูมิภายใต้ตะแกรงมีค่าสูงสุดเท่ากับ 58 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิที่ผิวกระจกสูงสุดมีค่าเท่ากับ 74 องศาเซลเซียส โดยที่อุณหภูมิภายในตะแกรงอบตลอดการทดลองอบสูงสุดมีค่าเท่ากับ 63 องศาเซลเซียส



รูปที่ 4.23 กราฟแสดงผลการทดลองค่ามวลของใบมะกรูด
กรณีใช้แสงอาทิตย์ร่วมกับชุดทำความร้อน

จากรูปที่ 4.23 กราฟแสดงค่ามวลของ ใบมะกรูด จากการทดลองในกรณีที่ใช้แสงอาทิตย์ร่วมกับชุดทำความร้อนการทดลองหาค่าความชื้นโดยใช้ผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรคือใบมะกรูด จำนวน 1000 กรัม ใช้ระยะเวลาอบ 5 ชั่วโมงและเก็บข้อมูลทุก ๆ 20 นาที ซึ่งพบว่าอุณหภูมิภายในตะแกรงอบสูงสุดมีค่าเท่ากับ 63 องศาเซลเซียส ซึ่งอยู่ในช่วงเวลา 11.20 น. ตลอดการทดลองอบใบมะกรูดมีค่ามวลสุดท้ายเท่ากับ 640 กรัมหรือคิดเป็น 36 เปอร์เซ็นต์ของความชื้นมาตรฐานเปียกของผลิตภัณฑ์



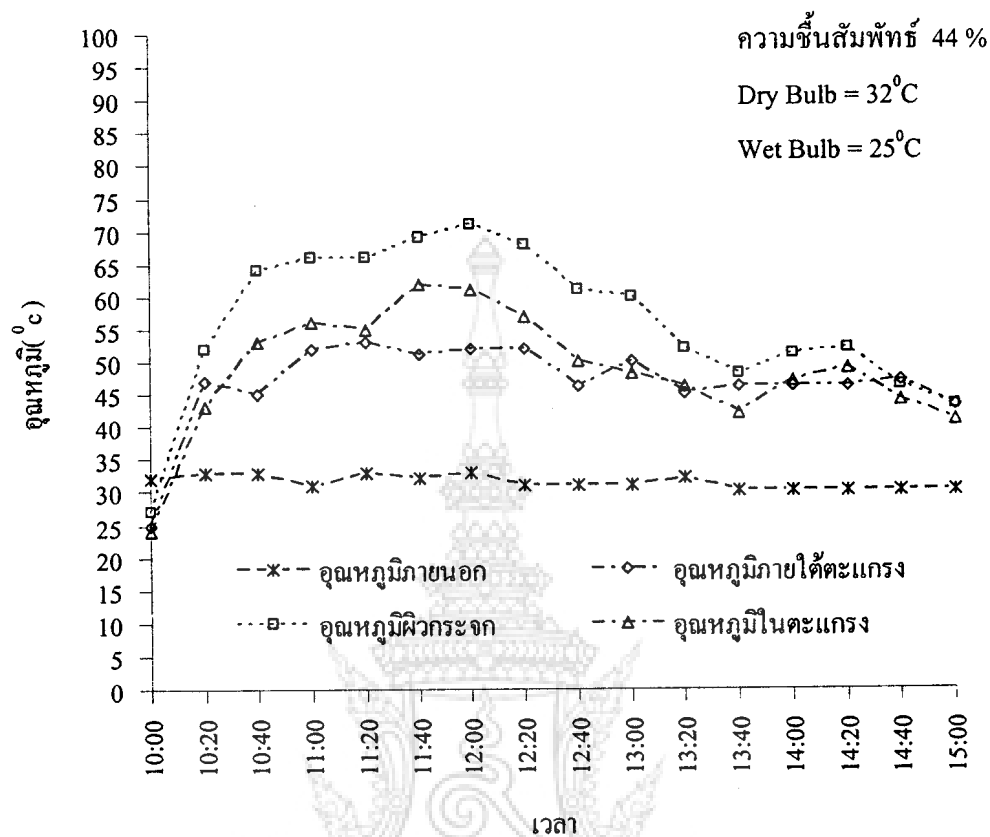
รูปที่ 4.24 กราฟแสดงผลการทดลองค่าความชื้นของใบมะกรูด
กรณีใช้แสงอาทิตย์ร่วมกับชุดทำความร้อน

จากรูปที่ 4.24 กราฟแสดงค่าความชื้นของใบมะกรูดจากการทดลองในกรณีที่ใช้แสงอาทิตย์ร่วมกับชุดทำความร้อนในการทดลองหาค่าความชื้นโดยใช้ผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรคือใบมะกรูดจำนวน 1000 กรัมใช้ระยะเวลาอบ 5 ชั่วโมงและเก็บข้อมูลทุกๆ 20 นาที อุณหภูมิภายในตะแกรงอบสูงสุดมีค่าเท่ากับ 63 องศาเซลเซียส ในช่วงเวลา 11.20 น. ตลอดระยะเวลาการทดลอง ใบมะกรูดมีค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้น เริ่มต้นอยู่ที่ 258 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานแห้ง มีค่าความชื้นจากการทดลองอบมีค่าต่ำสุดมีค่าเท่ากับ 128.5 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานแห้ง

4.4.4 ผลการทดลองอบพริกพันธุ์จินดาแดง ใช้แสงอาทิตย์ร่วมกับชุดทำความร้อน

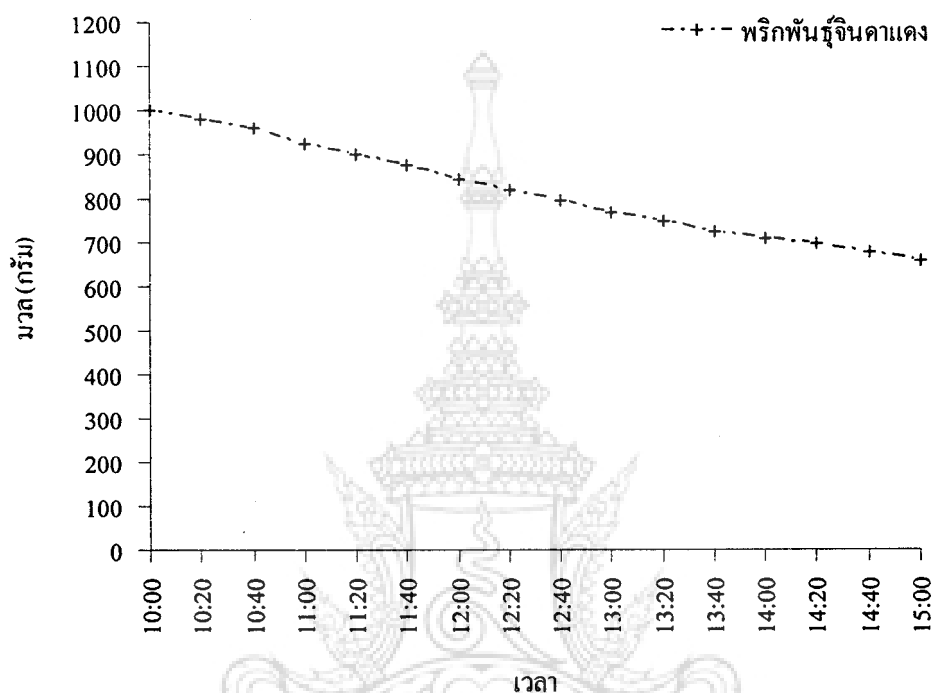
ตารางที่ 4.9 แสดงการอบพริกพันธุ์จินดาแดง โดยใช้แสงอาทิตย์ร่วมกับชุดทำความร้อน

เวลา min	มวล gm	ความชื้น %	อุณหภูมิ ภายนอก °C	อุณหภูมิ ภายใต้ ตะแกรง °C	อุณหภูมิ ผิว กระฉอก °C	อุณหภูมิ ใน ตะแกรง °C	มวล สุดท้าย gm	ความชื้น มาตรฐาน แห้ง %
10.00	1000	75	32	25	27	24	250	300
10.20	980	74.2	33	47	52	43	250	292
10.40	960	73.9	33	45	64	53	250	284
11.00	925	72.9	31	52	66	56	250	270
11.20	900	72	33	53	66	55	250	260
11.40	875	71.4	32	51	69	62	250	250
12.00	845	70.4	33	52	71	61	250	238
12.20	820	69.5	31	52	68	57	250	228
12.40	795	68.5	31	46	61	50	250	218
13.00	770	67.5	31	50	60	48	250	208
13.20	750	66.6	32	45	52	46	250	200
13.40	725	65.5	30	46	48	42	250	190
14.00	710	64.7	30	46	51	47	250	184
14.20	695	64	30	46	52	49	250	178
14.40	675	62.9	30	47	46	44	250	170
15.00	655	61.8	30	43	43	41	250	162



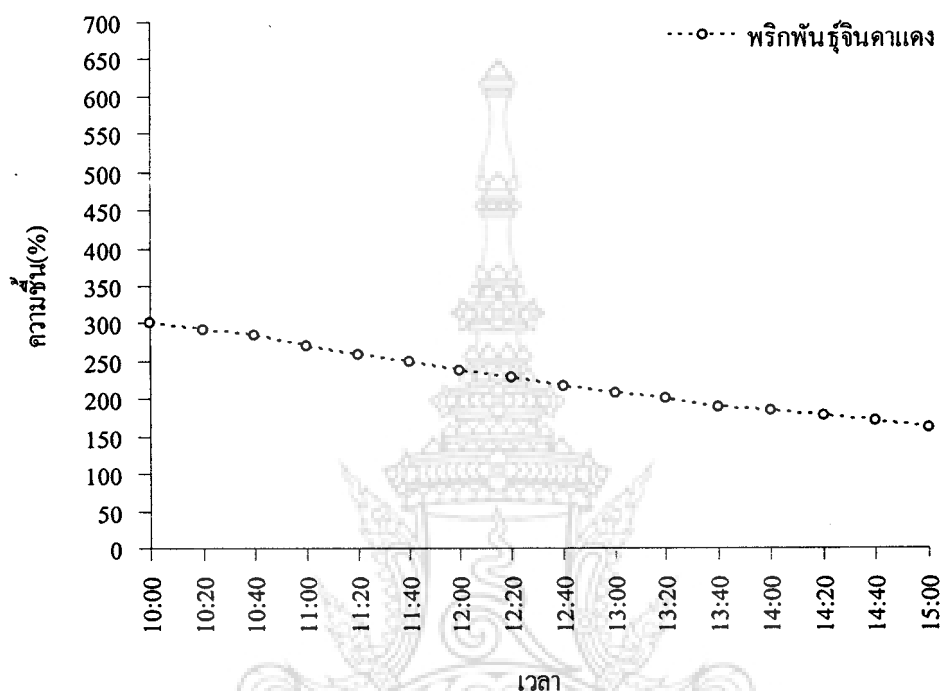
รูปที่ 4.25 กราฟแสดงผลการทดลองค่าอุณหภูมิตู้อบพริกพันธุ์จินดาแดง
กรณีใช้แสงอาทิตย์ร่วมกับชุดทำความร้อน

จากรูปที่ 4.25 กราฟแสดงผลการทดลองตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสมผสานกรณีใช้แสงอาทิตย์ร่วมกับชุดทำความร้อน การทดลองอบหาค่าความชื้น โดยใช้ผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร คือ พริกพันธุ์จินดาแดง จำนวน 1000 กรัม ใช้ระยะเวลาอบ 5 ชั่วโมง และเก็บข้อมูลทุก ๆ 20 นาที อุณหภูมิภายนอกเฉลี่ยอยู่ที่ 32 องศาเซลเซียส อุณหภูมิภายใต้ตะแกรงสูงสุ่มมีค่า 53 องศาเซลเซียส อุณหภูมิผิวกระจกสูงสุ่มมีค่าเท่ากับ 71 องศาเซลเซียส และค่าอุณหภูมิภายในตะแกรงอบตลอดการทดลองอบสูงสุ่มมีค่าเท่ากับ 62 องศาเซลเซียส



รูปที่ 4.26 กราฟแสดงผลการทดลองค่ามวลของพริกพันธุ์จินดาแดง
กรณีใช้แสงอาทิตย์ร่วมกับชุดทำความร้อน

จากรูปที่ 4.26 กราฟแสดงค่ามวลของพริกพันธุ์จินดาแดง กรณีใช้แสงอาทิตย์ร่วมกับชุดทำความร้อนในการทดลองหาค่าความชื้น โดยใช้ผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร คือ พริกพันธุ์จินดาแดงจำนวน 1000 กรัม ใช้ระยะเวลาอบ 5 ชั่วโมงและเก็บข้อมูลทุกๆ 20 นาทีซึ่งพบว่าอุณหภูมิภายในตะแกรงอบสูงสุดมีค่าเท่ากับ 62 องศาเซลเซียส อยู่ในช่วงเวลา 11:40 น. ตลอดระยะเวลาทดลองอบพริกพันธุ์จินดาแดง มีค่ามวลสุดท้ายเท่ากับ 655 กรัม คิดเป็น 34.5 เปอร์เซ็นต์ของความชื้นมาตรฐานเปียกของผลิตภัณฑ์



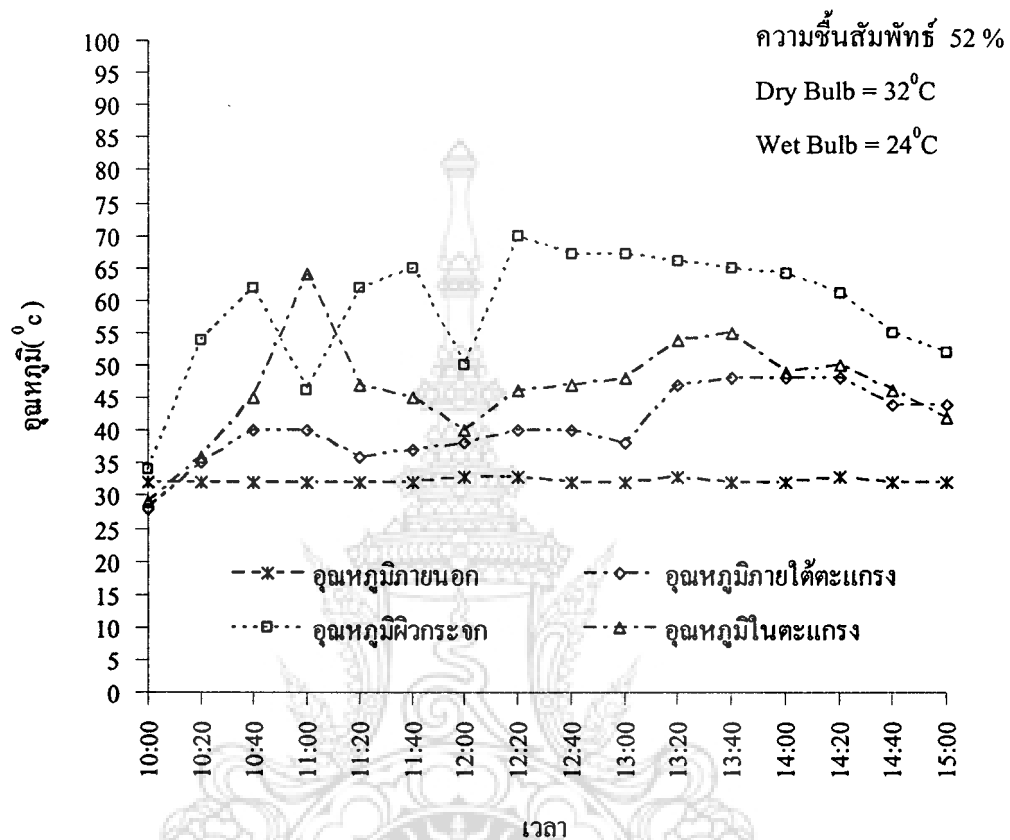
รูปที่ 4.27 กราฟแสดงผลการทดลองค่าความชื้นของพริกพันธุ์จินดาแดง
กรณีใช้แสงอาทิตย์ร่วมกับชุดทำความร้อน

จากรูปที่ 4.27 กราฟแสดงค่าความชื้นพริกพันธุ์จินดาแดงในกรณีที่ใช้แสงอาทิตย์ร่วมกับชุดทำความร้อน การทดลองหาค่าความชื้นโดยใช้ผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรคือ พริกพันธุ์จินดาแดง จำนวน 1000 กรัม ใช้ระยะเวลาอบ 5 ชั่วโมงและเก็บข้อมูลทุกๆ 20 นาทีซึ่งพบว่าอุณหภูมิภายในตะแกรงอบสูงสุดมีค่า 62 องศาเซลเซียส ในช่วงเวลา 11.40 น. ตลอดการทดลองพริกพันธุ์จินดาแดงมีค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นอยู่ที่ 300 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานแห้ง ค่าความชื้นจากการทดลองอบต่ำสุดมีค่าเท่ากับ 162 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานแห้ง

4.4.5 ผลการทดลองอบไบนัวบกใช้แสงอาทิตย์ร่วมกับชุดทำความร้อน

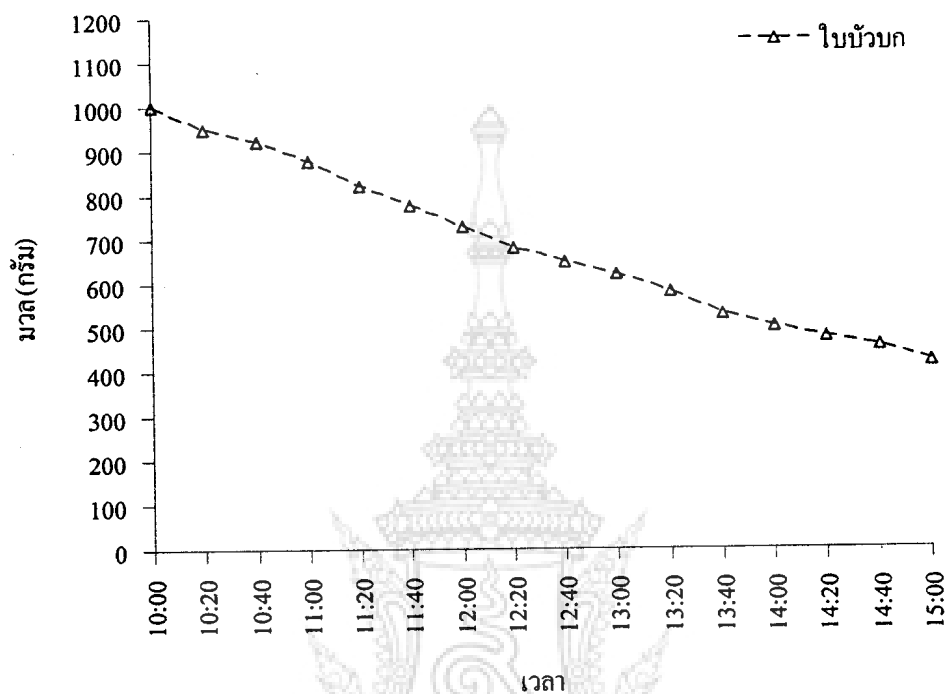
ตารางที่ 4.10 แสดงการอบไบนัวบกโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับชุดทำความร้อน

เวลา min	มวล gm	ความชื้น %	อุณหภูมิ ภายนอก °C	อุณหภูมิ ภายใต้ ตะแกรง °C	อุณหภูมิ ผิว กระฉก °C	อุณหภูมิ ใน ตะแกรง °C	มวล สุดท้าย gm	ความชื้น มาตรฐาน แห้ง %
10.00	1000	87.0	32	28	34	29	130	669.2
10.20	950	86.3	32	35	54	36	130	630.7
10.40	920	85.8	32	40	62	45	130	607.6
11.00	875	85.1	32	40	46	64	130	573.0
11.20	820	84.1	32	36	62	47	130	530.7
11.40	775	83.2	32	37	65	45	130	496.1
12.00	730	82.1	33	38	50	40	130	461.5
12.20	680	80.8	33	40	70	46	130	423.0
12.40	650	80.0	32	40	67	47	130	400.0
13.00	620	79.0	32	38	67	48	130	376.9
13.20	580	77.5	33	47	66	54	130	346.1
13.40	530	75.4	32	48	65	55	130	307.6
14.00	500	74.0	32	48	64	49	130	284.6
14.20	475	72.6	33	48	61	50	130	265.3
14.40	455	71.4	32	44	55	46	130	250.0
15.00	420	69.0	32	44	52	42	130	223.0



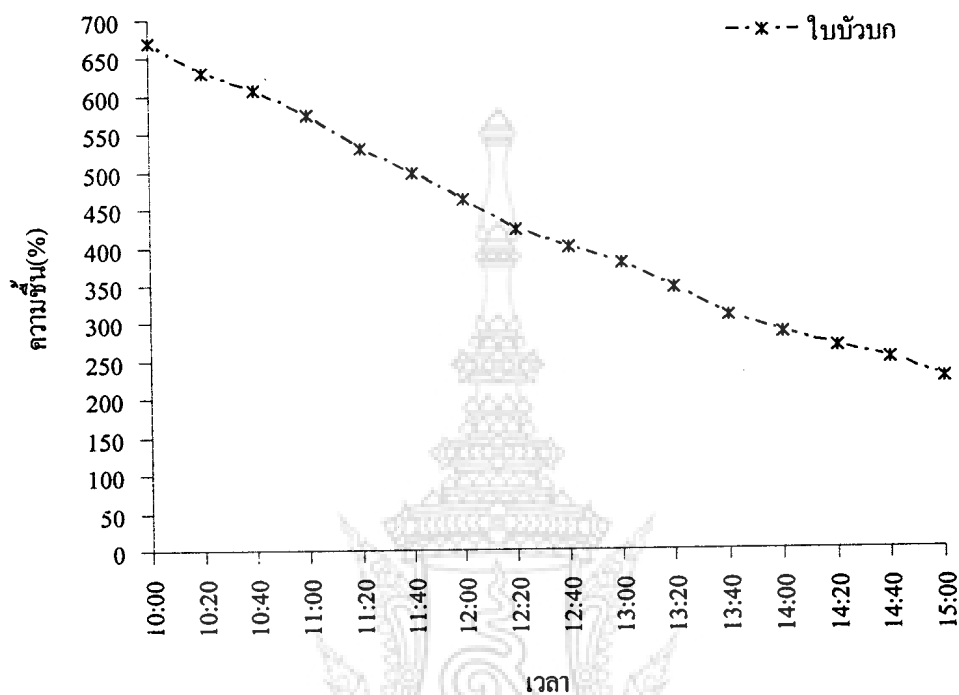
รูปที่ 4.28 กราฟแสดงผลการทดลองค่าอุณหภูมิตู้อบใบบวบ
กรณีใช้แสงอาทิตย์ร่วมกับชุดทำความร้อน

จากรูปที่ 4.28 ผลการทดลองตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสมผสานโดยใช้แสงอาทิตย์ร่วมกับชุดทำความร้อนการทดลองอบหาค่าความชื้นโดยใช้ผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรคือ ใบบวบ จำนวน 1000 กรัมใช้ระยะเวลาอบ 5 ชั่วโมงและเก็บข้อมูลทุกๆ 20 นาที อุณหภูมิภายนอกเฉลี่ยอยู่ที่ 28 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิภายในตู้อบสูงสุดมีค่าเท่ากับ 48 องศาเซลเซียส อุณหภูมิผิวกระจกสูงสุดมีค่าเท่ากับ 70 องศาเซลเซียส อุณหภูมิภายในตู้อบสูงสุด ตลอดระยะเวลาในการทดลองมีค่าเท่ากับ 64 องศาเซลเซียส



รูปที่ 4.29 กราฟแสดงผลการทดลองค่ามวลของไบบัวบก
กรณีใช้แสงอาทิตย์ร่วมกับชุดทำความร้อน

จากรูปที่ 4.29 กราฟแสดงค่ามวลของไบบัวบก จากการทดลอง ในกรณีที่ใช้แสงอาทิตย์ร่วมกับชุดทำความร้อน ในการทดลองหาค่าความชื้นโดยใช้ผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร คือไบบัวบก จำนวน 1000 กรัม ใช้ระยะ เวลาอบ 5 ชั่วโมง และเก็บข้อมูลทุกๆ 20 นาที ซึ่งพบว่าอุณหภูมิภายในตะแกรงอบสูงสุดมีค่า 64 องศาเซลเซียส อยู่ในช่วงเวลา 11.00 น.ตลอดระยะเวลาในการทดลองอบไบบัวบก มีค่ามวลสุดท้ายเท่ากับ 420 กรัม หรือคิดเป็น 58 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานเปียกของผลิตภัณฑ์



รูปที่ 4.30 กราฟแสดงผลการทดลองค่าความชื้นของข้าวขาว
กรณีใช้แสงอาทิตย์ร่วมกับชุดทำความร้อน

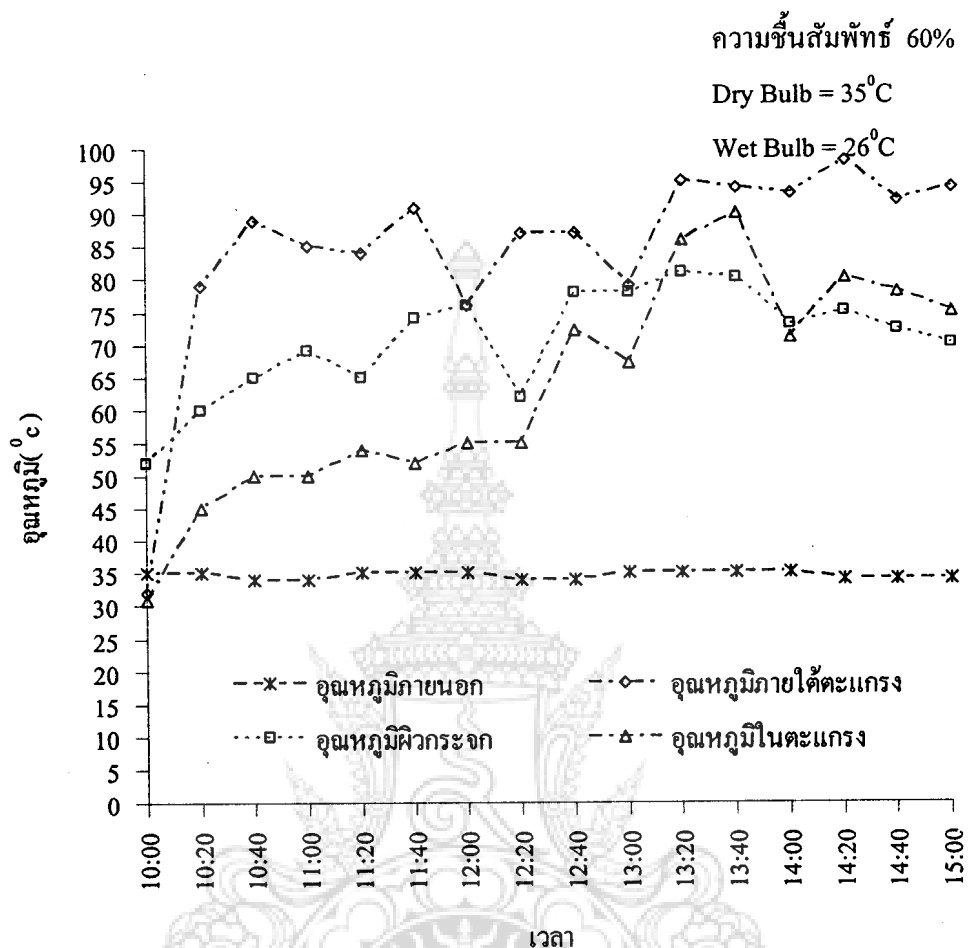
จากรูปที่ 4.30 กราฟแสดงค่าความชื้นของข้าวขาว กรณีที่ใช้แสงอาทิตย์ร่วมกับชุดทำความร้อนการทดลองหาค่าความชื้น ใช้ผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร คือ ข้าวขาวจำนวน 1000 กรัม ใช้ระยะเวลาอบ 5 ชั่วโมงและเก็บข้อมูลทุกๆ 20 นาที พบว่าอุณหภูมิภายในตะแกรงอบมีค่าสูงสุดเท่ากับ 64 องศาเซลเซียส ในช่วงเวลา 11.00 น.ตลอดการทดลอง ข้าวขาวมีค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นที่ระหว่าง 641 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานแห้งความชื้นจากการทดลองต่ำสุด มีค่าเท่ากับ 211 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานแห้ง

4.5 ผลการใช้แสงอาทิตย์ร่วมกับฮีตเตอร์อินฟราเรด

4.5.1 ผลการทดลองอบตะไคร้ใช้แสงอาทิตย์ร่วมกับฮีตเตอร์

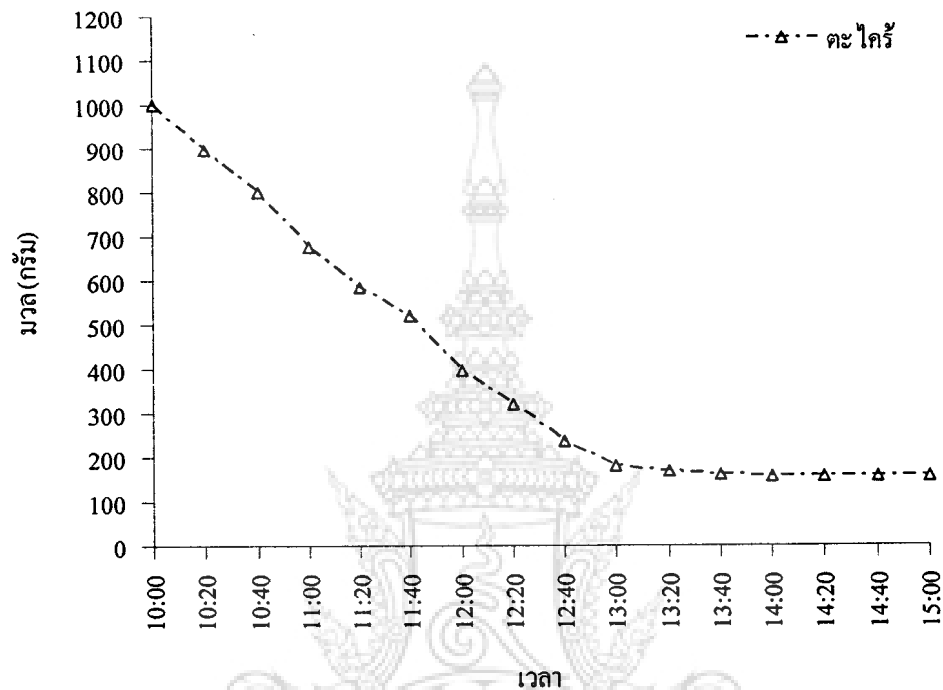
ตารางที่ 4.11 แสดงการอบตะไคร้โดยใช้แสงอาทิตย์ร่วมกับฮีตเตอร์

เวลา min	มวล gm	ความชื้น %	อุณหภูมิ ภายนอก °C	อุณหภูมิ ภายใต้ ตะแกรง °C	อุณหภูมิ ผิว กระจก °C	อุณหภูมิ ใน ตะแกรง °C	มวล สุดท้าย gm	ความชื้น มาตรฐาน แห้ง %
10.00	1,000	85	35	32	52	31	150	566.6
10.20	895	83.2	35	79	60	45	150	496.6
10.40	800	81.2	34	89	65	50	150	433.3
11.00	675	77.7	34	85	69	50	150	350.0
11.20	585	74.3	35	84	65	54	150	290.0
11.40	520	71.1	35	91	74	52	150	246.6
12.00	395	62.0	35	76	76	55	150	163.3
12.20	320	53.1	34	87	62	55	150	113.3
12.40	235	36.1	34	87	78	72	150	56.6
13.00	180	16.6	35	79	78	67	150	20
13.20	170	11.7	35	95	81	86	150	13.3
13.40	160	6.25	35	94	80	90	150	6.6
14.00	155	3.2	35	93	73	71	150	3.3
14.20	155	3.2	34	98	75	80	150	3.3
14.40	155	3.2	34	92	72	78	150	3.3
15.00	155	3.2	34	94	70	75	150	3.3



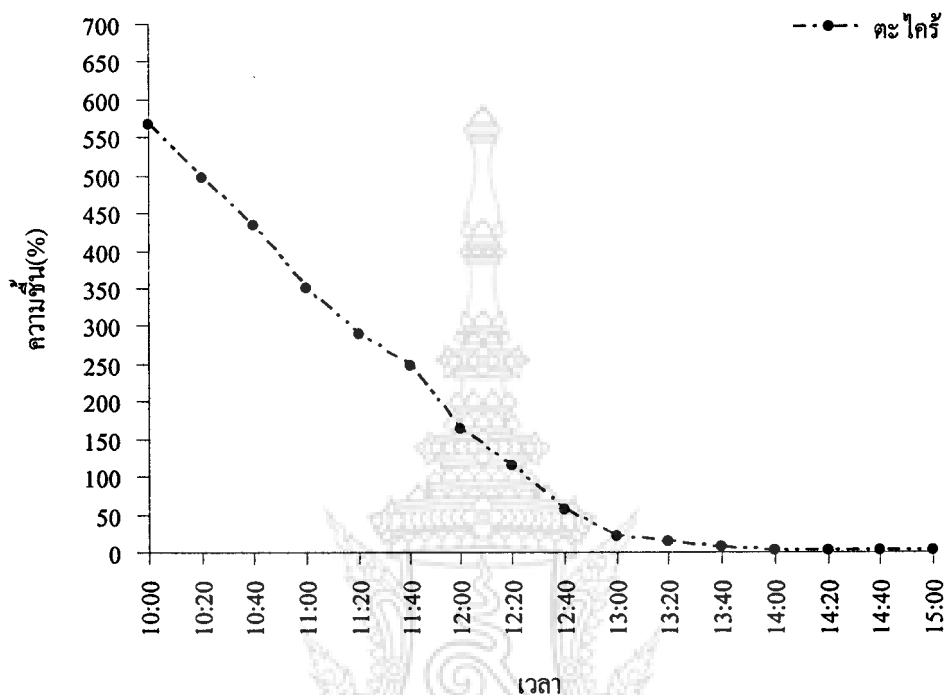
รูปที่ 4.31 กราฟแสดงผลการทดลองค่าอุณหภูมิตู้อบตะไคร้กรณีใช้แสงอาทิตย์ร่วมกับฮีตเตอร์

จากรูปที่ 4.31 กราฟแสดงผลการทดลองตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสมผสานโดยใช้แสงอาทิตย์ร่วมกับฮีตเตอร์การทดลองอบหาค่าความชื้นโดยใช้ผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร คือ ตะไคร้ จำนวน 1000 กรัมใช้ระยะเวลาอบ 5 ชั่วโมง เก็บข้อมูลทุกๆ 20 นาที และอุณหภูมิภายนอกเฉลี่ยอยู่ที่ 34 องศาเซลเซียส โดยอุณหภูมิภายใต้ตะแกรงสูงสุดมีค่าเท่ากับ 98 องศาเซลเซียส อุณหภูมิผิวกระจกสูงสุดมีค่าเท่ากับ 81 องศาเซลเซียส และค่าอุณหภูมิภายในตะแกรงอบตลอดระยะเวลาในการทดลองมีค่าเท่ากับ 90 องศาเซลเซียส



รูปที่ 4.32 กราฟแสดงผลการทดลองค่ามวลของตะไคร้กรณีใช้แสงอาทิตย์ร่วมกับฮีตเตอร์

จากรูปที่ 4.32 กราฟแสดงค่ามวลของตะไคร้จากการทดลองอบ ในกรณีที่ใช้แสงอาทิตย์ร่วมกับฮีตเตอร์ ในการทดลองหาค่าความชื้นโดยใช้ผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร คือ ตะไคร้จำนวน 1000 กรัมใช้ระยะเวลาอบ 5 ชั่วโมงและเก็บข้อมูลทุกๆ 20 นาที พบว่าอุณหภูมิภายในตะแกรงอบสูงสุดมีค่าเท่ากับ 90 องศาเซลเซียส อยู่ในช่วงเวลา 13.40 น. ตลอดการทดลองอบตะไคร้มีค่ามวลสุดท้ายมีค่าเท่ากับ 155 กรัม หรือคิดเป็น 84.5 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานเปียกของผลิตภัณฑ์



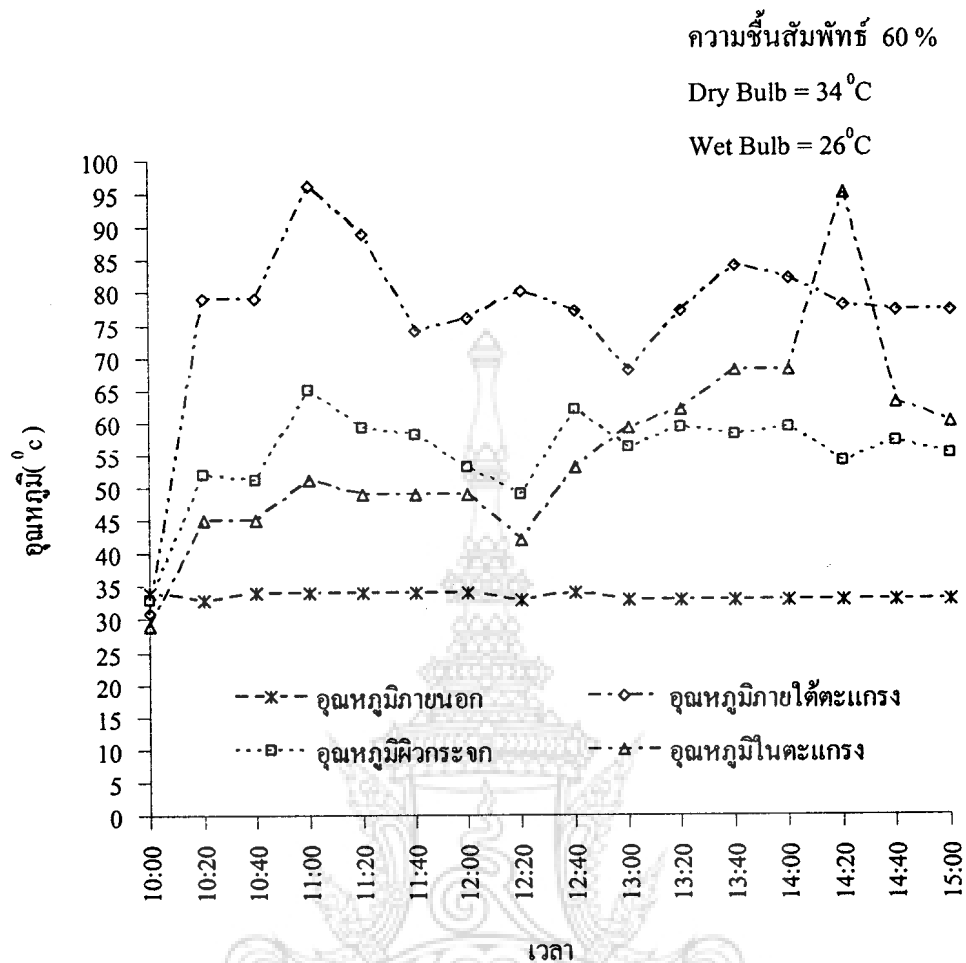
รูปที่ 4.33 กราฟแสดงผลการทดลองค่าความชื้นของตะไคร้กรณีใช้แสงอาทิตย์ร่วมกับฮีตเตอร์

จากรูปที่ 4.33 กราฟแสดงค่าความชื้นของตะไคร้ จากการทดลองอบกรณีที่ใช้แสงอาทิตย์ร่วมกับฮีตเตอร์ ในการทดลองอบหาค่าความชื้นโดยใช้ผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร คือ ตะไคร้ จำนวน 1000 กรัม ใช้ระยะเวลาอบ 5 ชั่วโมงและ เก็บข้อมูลทุกๆ 20 นาที ซึ่งพบว่าอุณหภูมิภายในตะแกรงอบสูงสุดมีค่าเท่ากับ 98 องศาเซลเซียสซึ่งอยู่ในช่วงเวลา 13.40 น.ตลอดระยะเวลาในการทดลองอบ ตะไคร้มีค่าเปอร์เซ็นต์ ความชื้นเริ่มต้นอยู่ที่ 566.6 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานแห้ง และความชื้นจากการทดลองอบต่ำสุดมีค่าเท่ากับ 3.3 เปอร์เซ็นต์

4.5.2 ผลการทดลองอบ ไบเอย ใช้แสงอาทิตย์ร่วมกับฮีตเตอร์

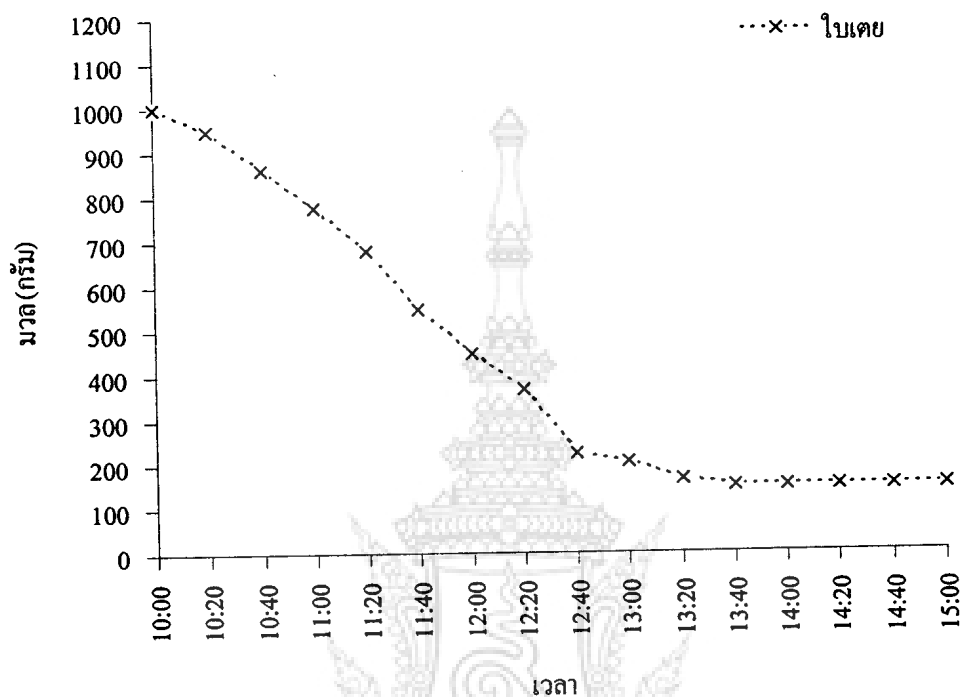
ตารางที่ 4.12 แสดงการอบไบเอยโดยใช้แสงอาทิตย์ร่วมกับฮีตเตอร์

เวลา min	มวล gm	ความชื้น %	อุณหภูมิ ภายนอก °C	อุณหภูมิ ภายใต้ ตะแกรง °C	อุณหภูมิ ผิว กระฉก °C	อุณหภูมิ ใน ตะแกรง °C	มวล สุดท้าย gm	ความชื้น มาตรฐาน แห้ง %
10.00	1000	85.5	34	31	33	29	145	589.6
10.20	950	84.7	33	79	52	45	145	555.1
10.40	860	83.1	34	79	51	45	145	493.1
11.00	775	81.2	34	96	65	51	145	434.4
11.20	680	78.6	34	89	59	49	145	368.9
11.40	550	73.6	34	74	58	49	145	279.3
12.00	450	67.7	34	76	53	49	145	210.3
12.20	369	60.7	33	80	49	42	145	154.4
12.40	225	35.5	34	77	62	53	145	55.1
13.00	205	19.2	33	68	56	59	145	41.3
13.20	165	12.1	33	77	59	62	145	13.7
13.40	150	3.3	33	84	58	68	145	3.4
14.00	150	3.3	33	82	59	68	145	3.4
14.20	150	3.3	33	78	54	95	145	3.4
14.40	150	3.3	33	77	57	63	145	3.4
15.00	150	3.3	33	77	55	60	145	3.4



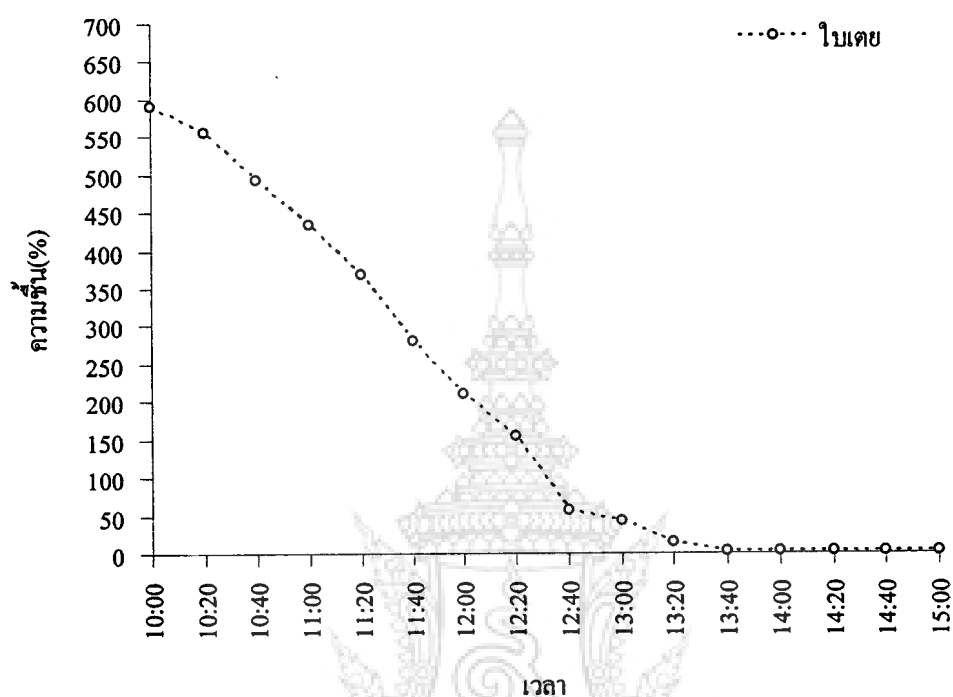
รูปที่ 4.34 กราฟแสดงผลการทดลองค่าอุณหภูมิตู้อบใบเตยกรณีใช้แสงอาทิตย์ร่วมกับฮีตเตอร์

จากรูปที่ 4.34 กราฟแสดงผลการทดลองตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสมผสานโดยใช้แสงอาทิตย์ร่วมกับฮีตเตอร์ ทดลองอบหาค่าความชื้น โดยที่ใช้ผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร คือ ใบเตย จำนวน 1000 กรัมใช้เวลาอบ 5 ชั่วโมงและทำการเก็บข้อมูลทุกๆ 20 นาที อุณหภูมิภายนอกเฉลี่ยอยู่ที่ 33 องศาเซลเซียส อุณหภูมิภายในใต้ตะแกรงสูงสุ่มมีค่าเท่ากับ 96 องศาเซลเซียส อุณหภูมิผิวกระจกสูงสุ่มมีค่าเท่ากับ 65 องศาเซลเซียส อุณหภูมิภายในตะแกรงอบตลอดการทดลองสูงสุ่มมีค่าเท่ากับ 95 องศาเซลเซียส



รูปที่ 4.35 กราฟแสดงผลการทดลองค่ามวลของใบเตยกรณีใช้แสงอาทิตย์ร่วมกับฮีตเตอร์

จากรูปที่ 4.35 กราฟแสดงค่ามวลของใบเตย จากการทดลองกรณีที่ใช้แสงอาทิตย์ร่วมกับฮีตเตอร์ ในการทดลองหาค่าความชื้น ใช้ผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร คือ ใบเตย จำนวน 1000 กรัม ใช้ระยะเวลาอบ 5 ชั่วโมง และเก็บข้อมูลทุก ๆ 20 นาที พบว่าอุณหภูมิภายในตะแกรงอบสูงสุดมีค่าเท่ากับ 95 องศาเซลเซียส ซึ่งอยู่ในช่วงเวลา 14.20 น. ตลอดระยะเวลาในการทดลองอบ ใบเตยมีค่ามวลสุดท้ายเท่ากับ 145 กรัม หรือคิดเป็น 85.5 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานเปียกของความชื้นของผลิตภัณฑ์



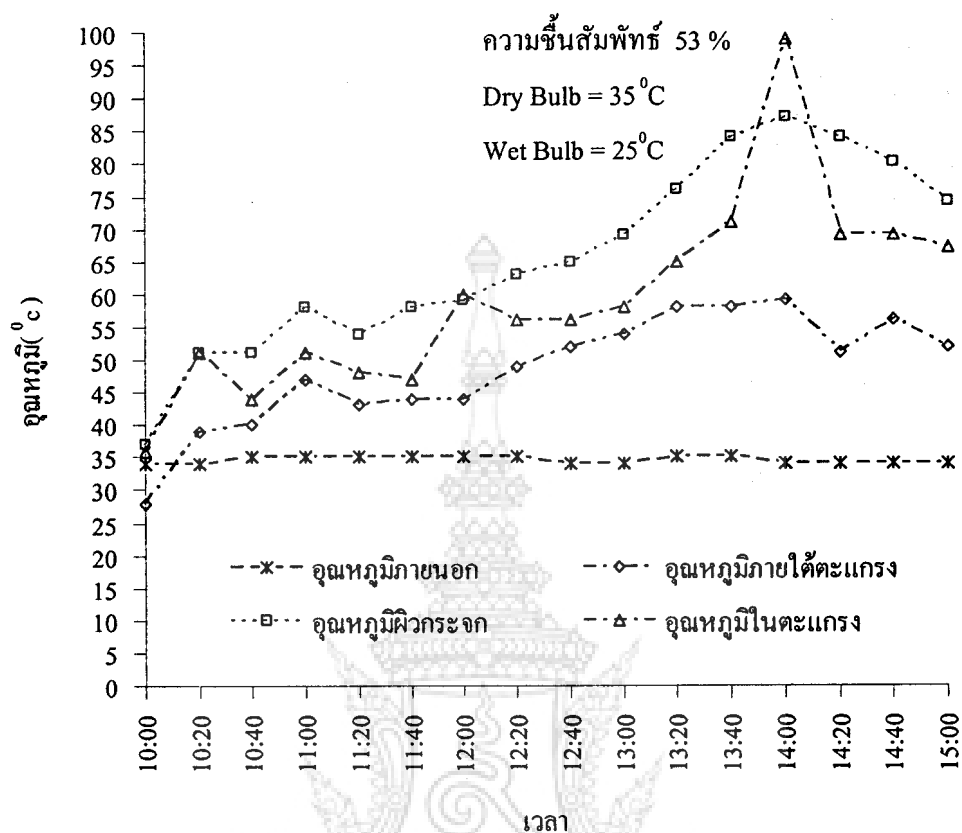
รูปที่ 4.36 กราฟแสดงผลการทดลองค่าความชื้นของใบเตยกรณีใช้แสงอาทิตย์ร่วมกับฮีตเตอร์

จากรูปที่ 4.36 กราฟแสดงค่าความชื้น ของใบเตยจากการทดลอง ในกรณีที่ใช้แสงอาทิตย์ร่วมกับฮีตเตอร์ ในการทดลองหาค่าความชื้น โดยใช้ผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร คือ ใบเตยจำนวน 1000 กรัมใช้เวลาอบ 5 ชั่วโมง เก็บข้อมูลทุกๆ 20 นาที ซึ่งพบว่าอุณหภูมิภายในตะแกรงอบสูงสุดมีค่าเท่ากับ 95 องศาเซลเซียส อยู่ในช่วงเวลา 14.20 น. ตลอดระยะเวลาในการทดลองอบ ใบเตยมีค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นเริ่มต้นอยู่ที่ 589.6 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานแห้ง มีค่าความชื้นจากการทดลองอบต่ำสุดมีค่าเท่ากับ 3.4 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานแห้ง

4.5.3 ผลการทดลองอบ ไบมะกรูดใช้แสงอาทิตย์ร่วมกับฮีตเตอร์

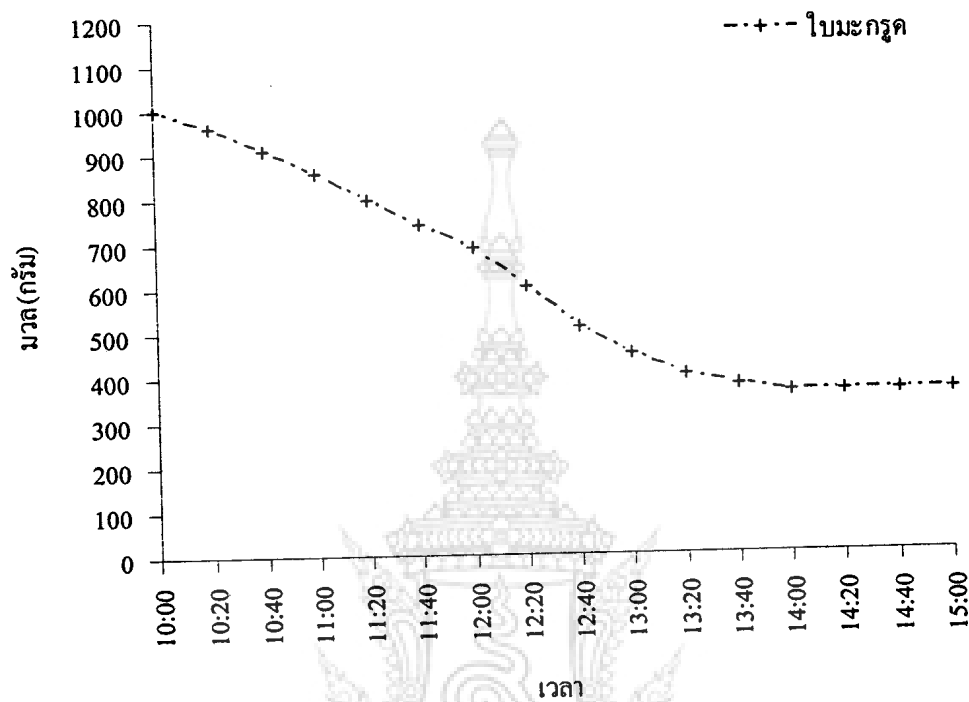
ตารางที่ 4.13 แสดงการอบไบมะกรูดโดยใช้แสงอาทิตย์ร่วมกับฮีตเตอร์

เวลา min	มวล gm	ความชื้น %	อุณหภูมิ ภายนอก °C	อุณหภูมิ ภายใต้ ตะแกรง °C	อุณหภูมิ ผิว กระฉก °C	อุณหภูมิ ใน ตะแกรง °C	มวล สุดท้าย gm	ความชื้น มาตรฐาน แห้ง %
10.00	1000	75	34	28	37	36	280	257.1
10.20	960	71	34	39	51	51	280	242.8
10.40	910	66	35	40	51	44	280	225
11.00	855	60.5	35	47	58	51	280	205.3
11.20	795	54.5	35	43	54	48	280	183.9
11.40	740	49	35	44	58	47	280	164.3
12.00	690	44	35	44	59	60	280	146.4
12.20	600	35	35	49	63	56	280	114.3
12.40	510	26	34	52	65	56	280	82.1
13.00	450	20	34	54	69	58	280	60.7
13.20	400	15	35	58	76	65	280	42.9
13.40	375	12.5	35	58	84	71	280	33.9
14.00	360	11	34	59	87	99	280	28.6
14.20	360	11	34	51	84	69	280	28.6
14.40	360	11	34	56	80	69	280	28.6
15.00	360	11	34	52	74	67	280	28.6



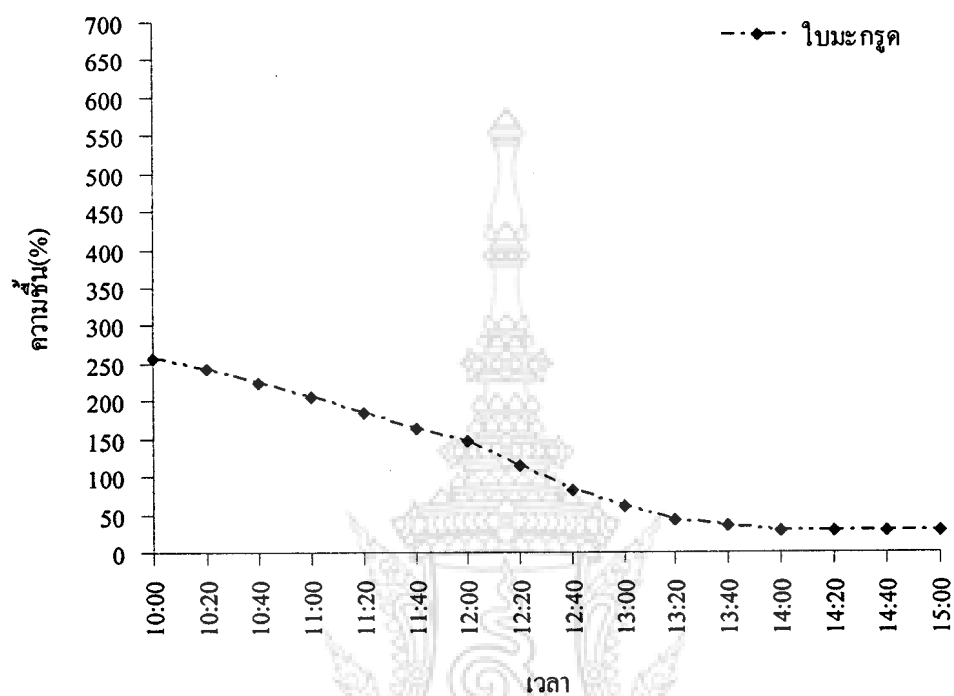
รูปที่ 4.37 กราฟแสดงผลการทดลองค่าอุณหภูมิห้องใบมะกรูดกรณีใช้แสงอาทิตย์ร่วมกับฮีตเตอร์

จากรูปที่ 4.37 กราฟแสดงผลการทดลองค่าอุณหภูมิห้องใบมะกรูดกรณีใช้แสงอาทิตย์แบบผสมผสานโดยใช้แสงอาทิตย์ร่วมกับฮีตเตอร์ ในการทดลองหาค่าความชื้นโดยใช้โดยผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร คือ ใบมะกรูดจำนวน 1000 กรัมใช้ระยะเวลาอบ 5 ชั่วโมงและเก็บข้อมูลทุกๆ 20 นาทีที่อุณหภูมิภายนอกเฉลี่ยที่ 34 องศาเซลเซียส อุณหภูมิภายใต้ตะแกรงสูงที่สุดมีค่า 59 องศาเซลเซียส อุณหภูมิผิวกระจกสูงที่สุดมีค่า 87 องศาเซลเซียส ค่าอุณหภูมิภายในตะแกรงอบสูงที่สุด ตลอดระยะเวลาในการทดลองมีค่าเท่ากับ 99 องศาเซลเซียส



รูปที่ 4.38 กราฟแสดงผลการทดลองค่ามวลของไผ่กระจูดกรณีใช้แสงอาทิตย์ร่วมกับฮีตเตอร์

จากรูปที่ 4.38 กราฟแสดงค่ามวลของไผ่กระจูด ในกรณีที่ใช้แสงอาทิตย์ร่วมกับฮีตเตอร์ ในการทดลองหาค่าความชื้นโดยใช้ผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรคือ ไผ่กระจูด จำนวน 1000 กรัม ใช้ระยะเวลาอบ 5 ชั่วโมง ทำการเก็บข้อมูลทุกๆ 20 นาที พบว่าอุณหภูมิภายในตะแกรงอบสูงสุดมีค่าเท่ากับ 99 องศาเซลเซียสอยู่ในช่วงเวลา 14.00 น. ตลอดระยะเวลาการทดลอง ไผ่กระจูดมีค่ามวลสุดท้ายเท่ากับ 360 กรัม หรืออาจคิดเป็น 64 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานเปียกของผลิตภัณฑ์



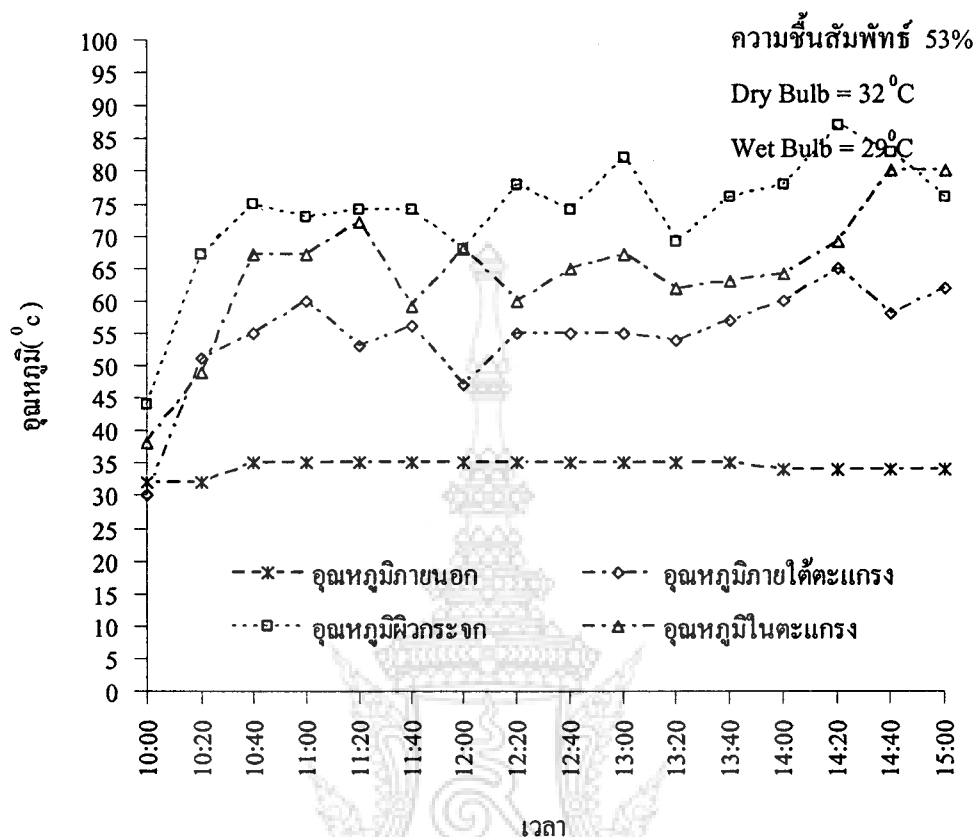
รูปที่ 4.39 กราฟแสดงผลการทดลองค่าความชื้นของใบมะกรูดกรณีใช้แสงอาทิตย์ร่วมกับฮีตเตอร์

จากรูปที่ 4.39 กราฟแสดงค่าความชื้นของใบมะกรูด กรณีใช้แสงอาทิตย์ร่วมกับฮีตเตอร์ ในการทดลองอบหาค่าความชื้นโดยใช้ผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรคือ ใบมะกรูดจำนวน 1000 กรัมใช้ระยะเวลาอบ 5 ชั่วโมง ทำการเก็บข้อมูลทุกๆ 20 นาที พบว่าอุณหภูมิภายในตะแกรงอบสูงสุดมีค่าเท่ากับ 99 องศาเซลเซียส ซึ่งอยู่ในช่วงเวลา 14.00 น.ตลอดระยะเวลาในการทดลองใบมะกรูดมีค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้น อยู่ที่ 258 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานแห้งความชื้นต่ำสุดมีค่าเท่ากับ 28.6 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานแห้ง

4.5.4 ผลการทดลองอบ พริกพันธุ์จินดาแดงใช้แสงอาทิตย์ร่วมกับฮีตเตอร์

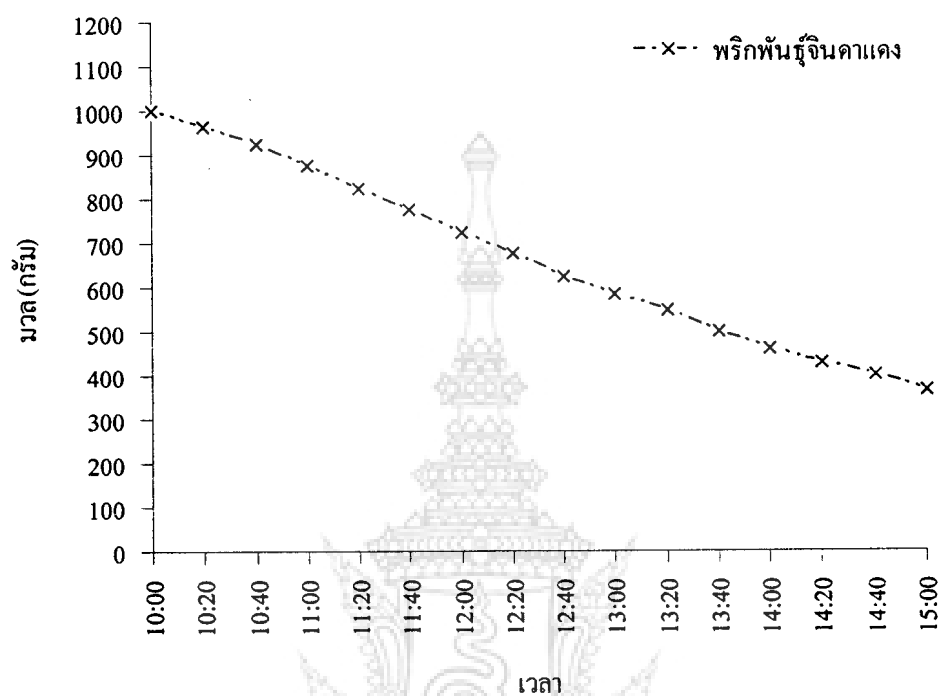
ตารางที่ 4.14 แสดงการอบพริกพันธุ์จินดาแดงโดยใช้แสงอาทิตย์ร่วมกับฮีตเตอร์

เวลา min	มวล gm	ความชื้น %	อุณหภูมิ ภายนอก °C	อุณหภูมิ ภายใต้ ตะแกรง °C	อุณหภูมิ ผิว กระฉก °C	อุณหภูมิ ใน ตะแกรง °C	มวล สุดท้าย gm	ความชื้น มาตรฐาน แห้ง %
10.00	1000	75	32	30	44	38	250	300
10.20	965	74	32	51	67	49	250	286
10.40	925	73	35	55	75	67	250	270
11.00	875	71.4	35	60	73	67	250	250
11.20	825	69.6	35	53	74	72	250	230
11.40	775	67.7	35	56	74	59	250	210
12.00	725	65.5	35	47	68	68	250	190
12.20	675	62.9	35	55	78	60	250	170
12.40	625	60	35	55	74	65	250	150
13.00	585	57.2	35	55	82	67	250	134
13.20	550	54.5	35	54	69	62	250	120
13.40	500	50	35	57	76	63	250	100
14.00	460	45.6	34	60	78	64	250	84
14.20	430	41.8	34	65	87	69	250	72
14.40	400	37.5	34	58	83	80	250	60
15.00	365	31.5	34	62	76	80	250	46



รูปที่ 4.40 กราฟแสดงผลการทดลองตู้อบฟริกพันธุ์จินดาแดงกรณีใช้แสงอาทิตย์ร่วมกับฮีตเตอร์

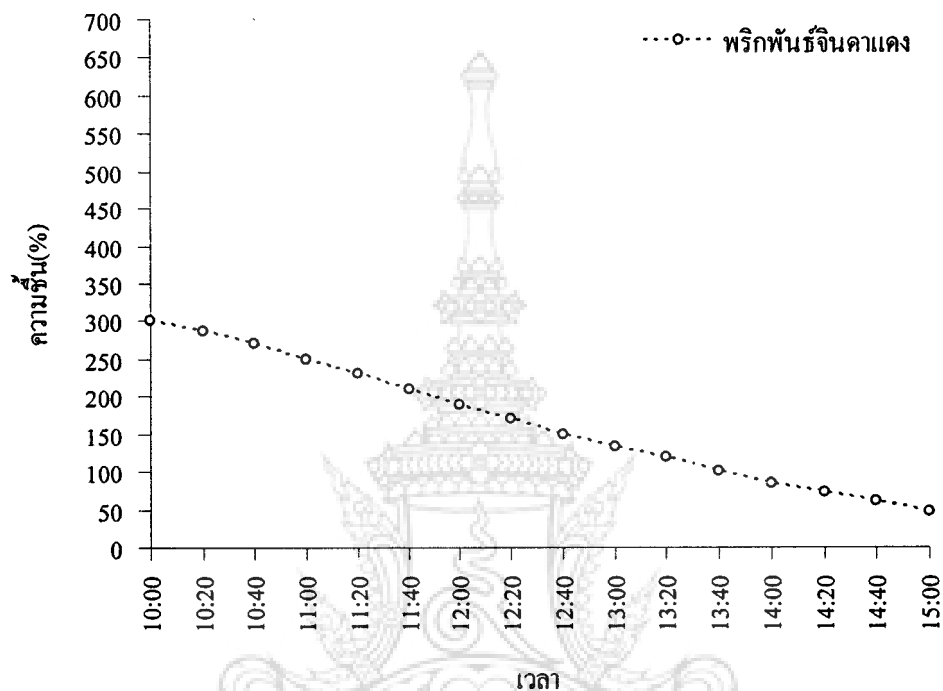
จากรูปที่ 4.40 กราฟแสดงผลการทดลองตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสมผสานโดยใช้แสงอาทิตย์ร่วมกับฮีตเตอร์ทดลองอบหาค่าความชื้นใช้ผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรคือ ฟริกพันธุ์จินดาแดงจำนวน 1000 กรัม ใช้เวลาอบ 5 ชั่วโมงและเก็บข้อมูลทุกๆ 20 นาที โดยอุณหภูมิภายนอกเฉลี่ย 34 องศาเซลเซียส อุณหภูมิภายในโรงเรือนสูงสุด 87 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิในที่ร่ม สูงสุด 65 องศาเซลเซียส อุณหภูมิในที่แดดอบ ตลอดการทดลองอบสูงสุด 80 องศาเซลเซียส



รูปที่ 4.41 กราฟแสดงผลการทดลองค่ามวลของพริกพันธุ์จินดาแดง

กรณีใช้แสงอาทิตย์ร่วมกับฮีตเตอร์

จากรูปที่ 4.41 กราฟแสดงค่ามวล พริกพันธุ์จินดาแดงจากการทดลองกรณีใช้แสงอาทิตย์ร่วมกับฮีตเตอร์ในการทดลองอบหาค่าความชื้นโดยใช้ผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร คือ พริกพันธุ์จินดาแดงจำนวน 1000 กรัม ระยะเวลาอบ 5 ชั่วโมง เก็บข้อมูลทุกๆ 20 นาที อุณหภูมิภายในตะแกรงอบสูงสุ่มมีค่า 80 องศาเซลเซียส ช่วงเวลา 14.00-15.00 น. ตลอดระยะเวลาในการทดลองอบ พริกพันธุ์จินดาแดงมีค่ามวลสุดท้ายเท่ากับ 365 กรัมหรือคิดเป็น 63.5 เปอร์เซ็นต์เปียกของผลิตภัณฑ์



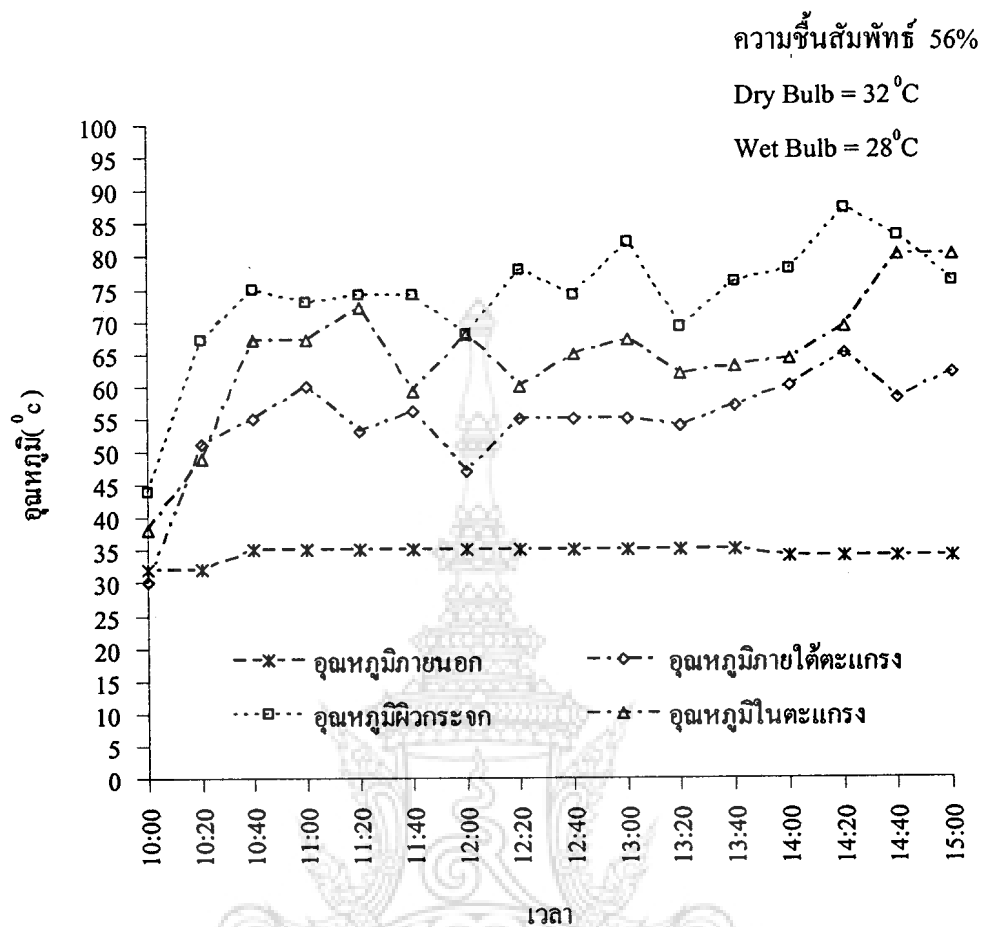
รูปที่ 4.42 กราฟแสดงผลการทดลองค่าความชื้นของพริกพันธุ์จินดาแดง
กรณีใช้แสงอาทิตย์ร่วมกับฮีตเตอร์

จากรูปที่ 4.42 กราฟแสดงค่าความชื้น ของพริกพันธุ์จินดาแดงกรณีที่ใช้แสงอาทิตย์ร่วมกับฮีตเตอร์ ทดลองอบหาค่าความชื้น โดยใช้ผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรคือ พริกพันธุ์จินดาแดงจำนวน 1000 กรัม ระยะเวลาอบ 5 ชั่วโมงและเก็บข้อมูลทุก ๆ 20 นาที ซึ่งพบว่าอุณหภูมิภายในตะแกรงอบสูงสุดมีค่า 80 องศาเซลเซียส โดยอยู่ในช่วงเวลา 14.00 - 15.00 น.ซึ่งตลอดระยะเวลาในการทดลองอบพริกพันธุ์จินดาแดง มีค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นเริ่มต้นอยู่ที่ 300 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานแห้งความชื้นจากการทดลองอบมีค่าต่ำสุดเท่ากับ 46 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานแห้ง

4.5.5 ผลการทดลองอบ ไบ๊วบก ใช้แสงอาทิตย์ร่วมกับฮีตเตอร์

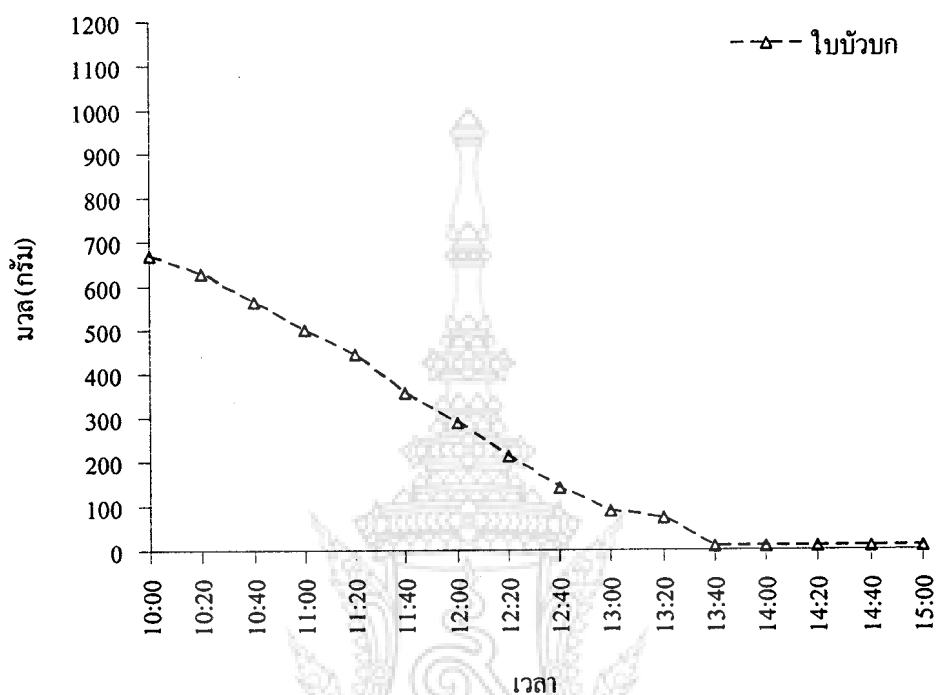
ตารางที่ 4.15 แสดงการอบไบ๊วบกโดยใช้แสงอาทิตย์ร่วมกับฮีตเตอร์

เวลา min	มวล gm	ความชื้น %	อุณหภูมิ ภายนอก °C	อุณหภูมิ ภายใต้ ตะแกรง °C	อุณหภูมิ ผิว กระจก °C	อุณหภูมิ ใน ตะแกรง °C	มวล สุดท้าย gm	ความชื้น มาตรฐาน แห้ง %
10.00	1000	87.0	33	32	33	33	130	669.2
10.20	945	86.2	34	40	52	29	130	626.9
10.40	865	84.9	34	53	60	31	130	565.3
11.00	780	83.3	34	72	67	46	130	500.0
11.20	705	81.5	34	67	70	56	130	442.3
11.40	595	78.1	34	67	73	47	130	357.6
12.00	505	74.2	34	69	71	62	130	288.4
12.20	405	67.9	34	73	63	61	130	211.5
12.40	310	58.0	33	67	64	71	130	138.4
13.00	245	46.9	33	72	67	53	130	88.4
13.20	225	42.2	33	65	67	78	130	73.0
13.40	140	7.1	33	72	63	54	130	7.6
14.00	140	7.1	33	74	65	52	130	7.6
14.20	140	7.1	33	69	60	51	130	7.6
14.40	140	7.1	33	69	58	54	130	7.6
15.00	140	7.1	33	68	52	52	130	7.6



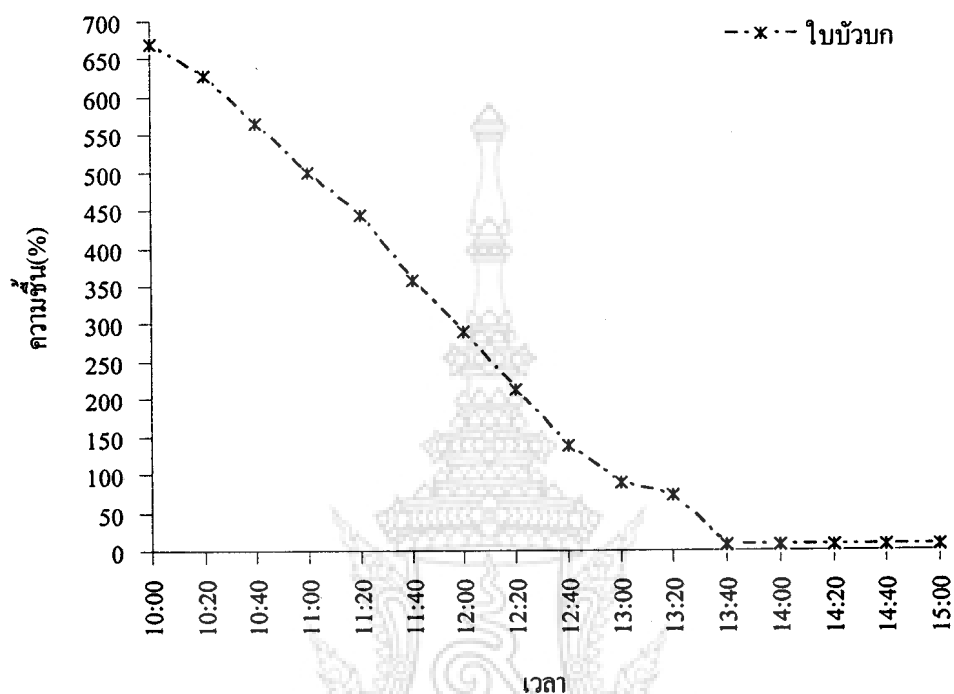
รูปที่ 4.43 กราฟแสดงผลการทดลองค่าอุณหภูมิห้องใบบวบกรณีใช้แสงอาทิตย์ร่วมกับฮีตเตอร์

จากรูปที่ 4.43 กราฟแสดงผลการทดลอง ตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสมผสานกรณีที่ใช้แสงอาทิตย์ร่วมกับฮีตเตอร์ ทดลองอบหาค่าความชื้นซึ่งใช้ผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรคือ ใบบวบก จำนวน 1000 กรัม ใช้ระยะเวลาอบ 5 ชั่วโมงและเก็บข้อมูลทุกๆ 20 นาทีอุณหภูมิภายนอกเฉลี่ยอยู่ที่ 32 องศาเซลเซียส อุณหภูมิภายใต้ตะแกรงสูงสุดมีค่า 74 องศาเซลเซียส อุณหภูมิผิวกระจกสูงสุดมีค่า 70 องศาเซลเซียส อุณหภูมิภายในตะแกรงอบตลอดเวลาในการทดลองมีค่า 78 องศาเซลเซียส



รูปที่ 4.44 กราฟแสดงผลการทดลองค่ามวลของไบบัวบกกรณีใช้แสงอาทิตย์ร่วมกับฮีตเตอร์

จากรูปที่ 4.44 กราฟแสดงค่ามวลของ ไบบัวบก กรณีที่ใช้แสงอาทิตย์ร่วมกับฮีตเตอร์ในการทดลองอบหาค่าความชื้น โดยใช้ผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรคือ ไบบัวบก จำนวน 1000 กรัมโดยใช้เวลา 5 ชั่วโมงและ เก็บข้อมูลทุกๆ 20 นาที อุณหภูมิภายในตะแกรงอบสูงสุดมีค่า 56 องศาเซลเซียสอยู่ในช่วงเวลา 11.20 น. โดยตลอดระยะเวลาในการทดลองอบ ไบบัวบกมีค่ามวลสุดท้าย 135 กรัม หรือคิดเป็น 86.5 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานเปียกของผลิตภัณฑ์

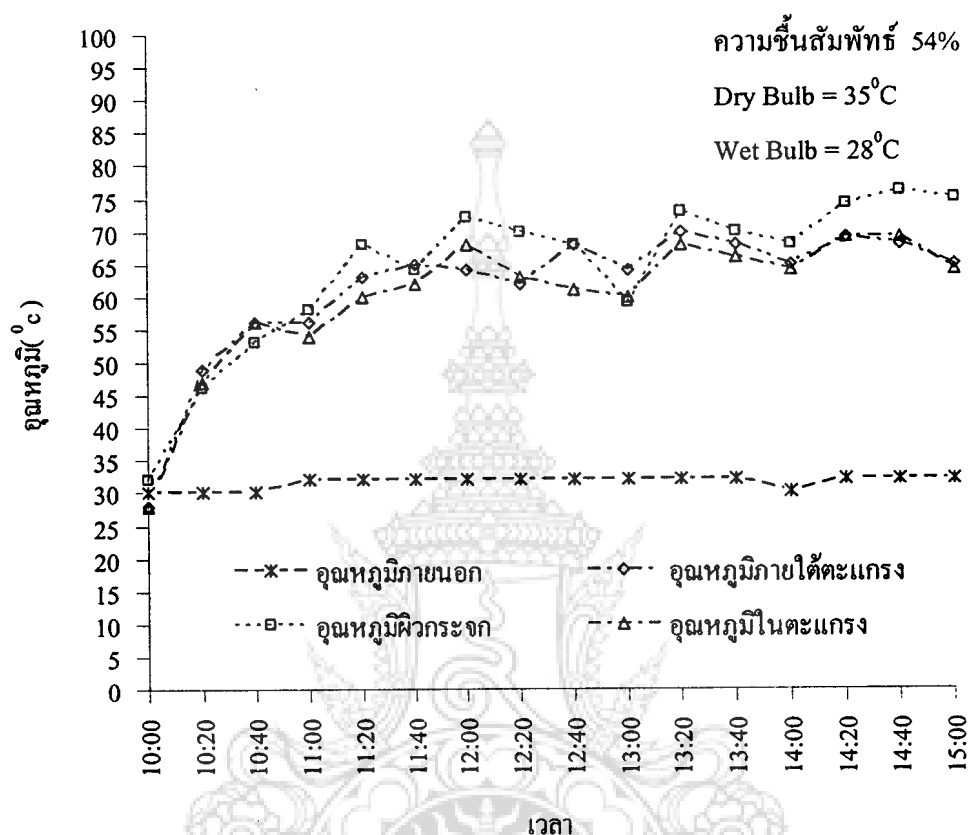


รูปที่ 4.45 กราฟแสดงผลการทดลองค่าความชื้นของใบบัวบกในกรณีใช้แสงอาทิตย์ร่วมกับฮีตเตอร์

จากรูปที่ 4.45 กราฟแสดงค่าความชื้นของใบบัวบกในกรณีใช้แสงอาทิตย์ร่วมกับฮีตเตอร์ ในการทดลองอบหาค่าความชื้น โดยใช้ผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรคือ ใบบัวบก จำนวน 1000 กรัม ใช้ระยะเวลาอบ 5 ชั่วโมงและเก็บข้อมูลทุก ๆ 20 นาที ซึ่งจะพบว่าอุณหภูมิ ภายในตะแกรงอบสูงสุดมีค่าเท่ากับ 56 องศาเซลเซียส อยู่ในช่วงเวลา 11.20 น. ตลอดระยะเวลาในการทดลองอบ ใบบัวบกมีค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นเริ่มต้นอยู่ที่ 641 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานแห้งความชื้นจากการทดลองอบต่ำสุดมีค่าเท่ากับ 7.6 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานแห้ง

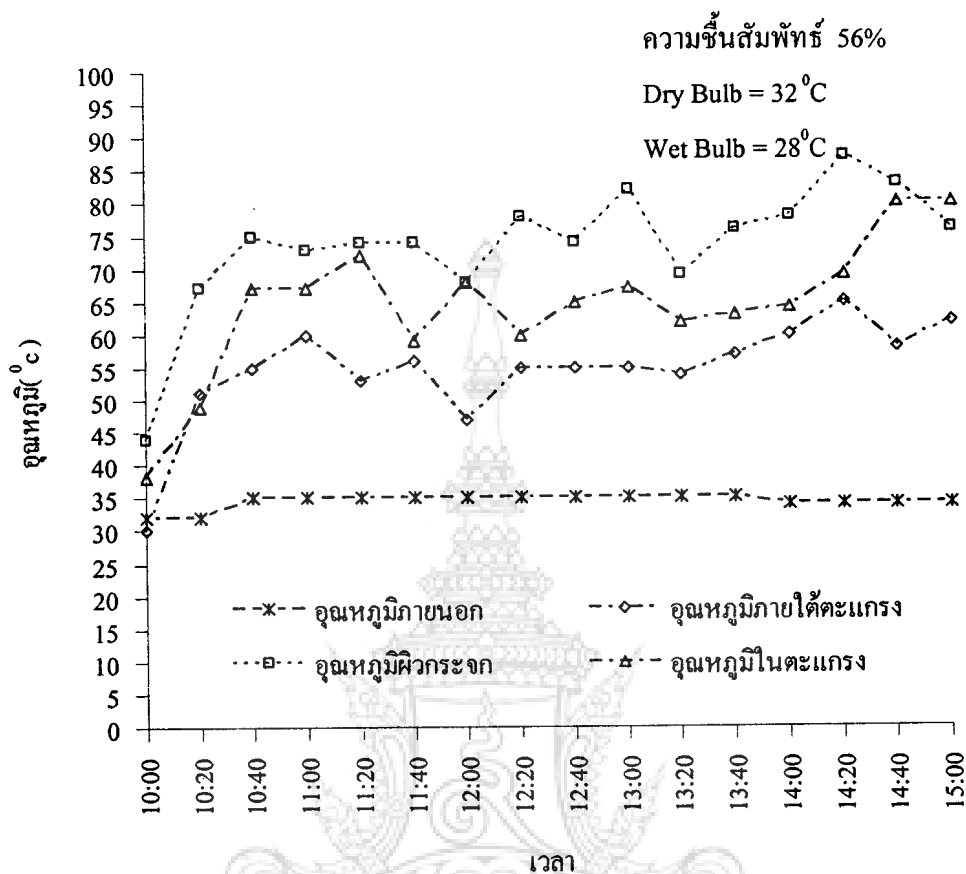
4.6 ผลการเปรียบเทียบค่าอุณหภูมิก่อนและหลังพัฒนา

4.6.1 ผลการทดลองอุณหภูมิตู้อบพริกพันธุ์จินดาแดง



รูปที่ 4.46 กราฟแสดงผลการทดลองอุณหภูมิตู้อบพริกพันธุ์จินดาแดง
กรณีใช้แสงอาทิตย์ร่วมกับฮีตเตอร์ก่อนการพัฒนา

จากรูปที่ 4.46 กราฟแสดงผลการทดลอง ตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสมผสานก่อนการพัฒนาโดยใช้เลนส์ร่วมแสงในการให้ความร้อนแสงอาทิตย์ร่วมกับฮีตเตอร์แบบแผ่นความร้อน 1000 วัตต์ ในการทดลองอบหาค่าความชื้น โดยใช้ผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร คือ พริกพันธุ์จินดาแดง จำนวน 1000 กรัม ซึ่งอุณหภูมิภายในตู้อบ ตลอดการทดลองอบมีค่า 85.6 องศาเซลเซียส พริกพันธุ์จินดาแดง น้ำหนัก 1000 กรัม ลดลง 380 กรัม คิดเป็น 62.0 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานเปียกของผลิตภัณฑ์

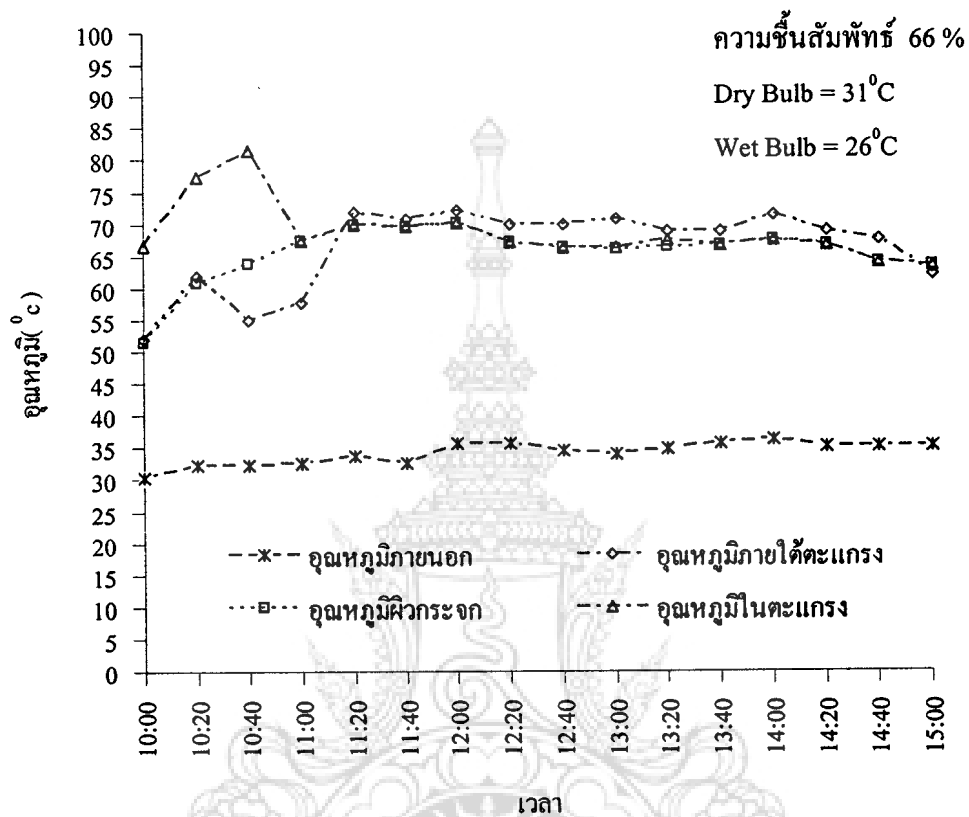


รูปที่ 4.47 กราฟแสดงผลการทดลองอุณหภูมิตู้อบพริกพันธุ์จินดาแดง

กรณีใช้แสงอาทิตย์ร่วมกับฮีตเตอร์หลังการพัฒนา

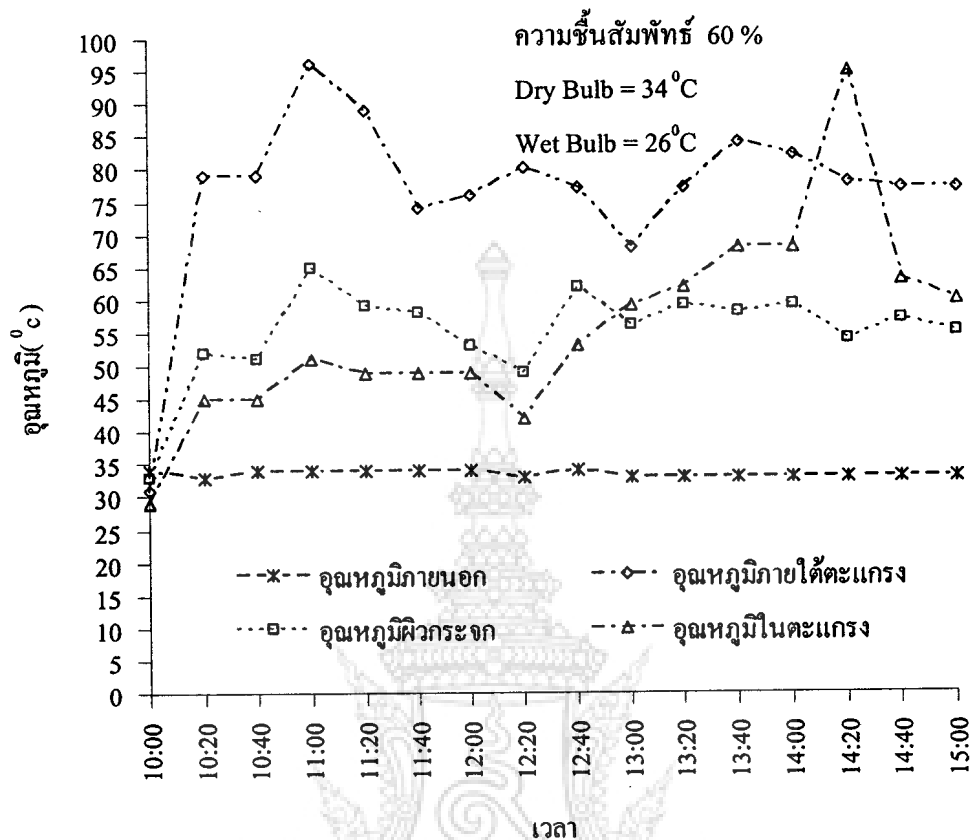
จากรูปที่ 4.47 กราฟแสดงผลการทดลอง ตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสมผสานหลังการพัฒนาโดยใช้แสงอาทิตย์ร่วมกับฮีตเตอร์ 500 วัตต์ ไม่ใช้เลนส์ร่วมแสงในการให้ความร้อนจากการทดลองอบหาค่าความชื้น โดยใช้ผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร คือ พริกพันธุ์จินดาแดง 1000 กรัม เวลาอบ 5 ชั่วโมง ทำการเก็บข้อมูลทุกๆ 20 นาทีโดยอุณหภูมิภายนอกเฉลี่ยอยู่ที่ 34 องศาเซลเซียส และที่อุณหภูมิภายใต้แสงแรงสูงที่สุดมีค่า 74 องศาเซลเซียส อุณหภูมิในที่ร่มสูงที่สุดมีค่า 73 องศาเซลเซียส ค่าอุณหภูมิภายในตู้อบสูงที่สุดมีค่าเท่ากับ ตลอดระยะเวลาในการทดลองอบสูงที่สุดมีค่าเท่ากับ 78 องศาเซลเซียส โดยอบพริกพันธุ์จินดาแดงมีมวล 1000 กรัมค่ามวลลดลงเหลือ 365 กรัม คิดเป็น 63.5 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานแห้งของผลิตภัณฑ์ และคิดอัตราสิ้นเปลืองค่าไฟฟ้าในการทดลองอบพริกพันธุ์จินดาแดง ภายในเวลา 5 ชั่วโมง 6.25 บาทคิดอัตราสิ้นเปลืองค่าไฟฟ้าในการทดลองอบพริกพันธุ์จินดาแดง ภายใน 5 ชั่วโมงมีค่า 12.5 บาทจะเห็นได้ว่าค่าความแตกต่างของอัตราการสิ้นเปลืองค่าไฟฟ้ามีค่าเท่ากับ 12.5 บาท / 5 ชั่วโมง

4.6.2 ผลการทดลองอุณหภูมิตู้อบไม่มีผลิตภัณฑ์



รูปที่ 4.48 กราฟแสดงผลการทดลองค่าอุณหภูมิตู้อบไม่มีผลิตภัณฑ์
กรณีใช้แสงอาทิตย์ร่วมกับฮีตเตอร์ก่อนการพัฒนา

จากรูปที่ 4.48 กราฟแสดงผลการทดลอง ตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสมผสานก่อนการพัฒนาใช้แสงอาทิตย์ร่วมกับแผ่นความร้อนแบบใช้เลนส์ รวมแสงสะท้อนด้านล่าง การทดลองอบไม่มีผลิตภัณฑ์ในตู้อบ โดยใช้แผ่นสะท้อนด้านบน 2 แผ่นและมีเลนส์รวมแสงสะท้อนจากด้านล่างจะเห็นว่า ช่วงอุณหภูมิภายในตะแกรงรอบตลอดการทดลองสูงสุดมีค่า 90 อุณหภูมิที่ผิวกระจกภายในจะสูง เนื่องจากได้รับความร้อนจากเลนส์รวมแสงด้านล่างจึงทำให้อุณหภูมิใต้ตะแกรงสูงขึ้นด้วย

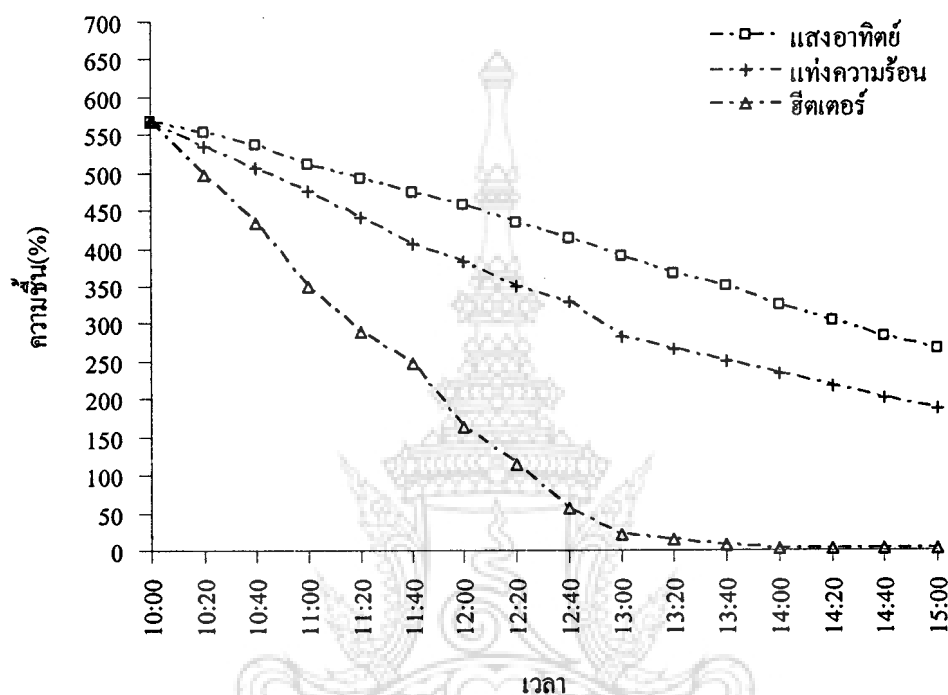


รูปที่ 4.49 กราฟแสดงผลการทดลองค่าอุณหภูมิตู้อบไม่มีผลิตภัณฑ์
กรณีใช้แสงอาทิตย์ร่วมกับฮีตเตอร์หลังการพัฒนา

จากรูปที่ 4.49 กราฟแสดงผล การทดลองตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสมผสาน หลังการพัฒนาใช้แสงอาทิตย์ร่วมกับฮีตเตอร์ไม่ใช้เลนส์รวมแสงสะท้อนด้านล่าง ในการทดลองอบโดยมีผลิตภัณฑ์ภายในตู้อบ คือ ใบเตยจำนวน 1000 กรัม ใช้เวลาอบ 5 ชั่วโมง เก็บข้อมูลทุกๆ 20 นาที อุณหภูมิภายนอกเฉลี่ยอยู่ที่ 33 องศาเซลเซียส อุณหภูมิภายใต้ตะแกรงสูงสุดมีค่า 96 องศาเซลเซียส อุณหภูมิฟิวกระจกสูงสุดมีค่าเท่ากับ 65 องศาเซลเซียส อุณหภูมิภายในตะแกรงอบตลอดการทดลองสูงสุดมีค่าเท่ากับ 95 องศาเซลเซียส

4.7 ผลการทดลองความชื้นของผลิตภัณฑ์ในกรณีต่างๆ

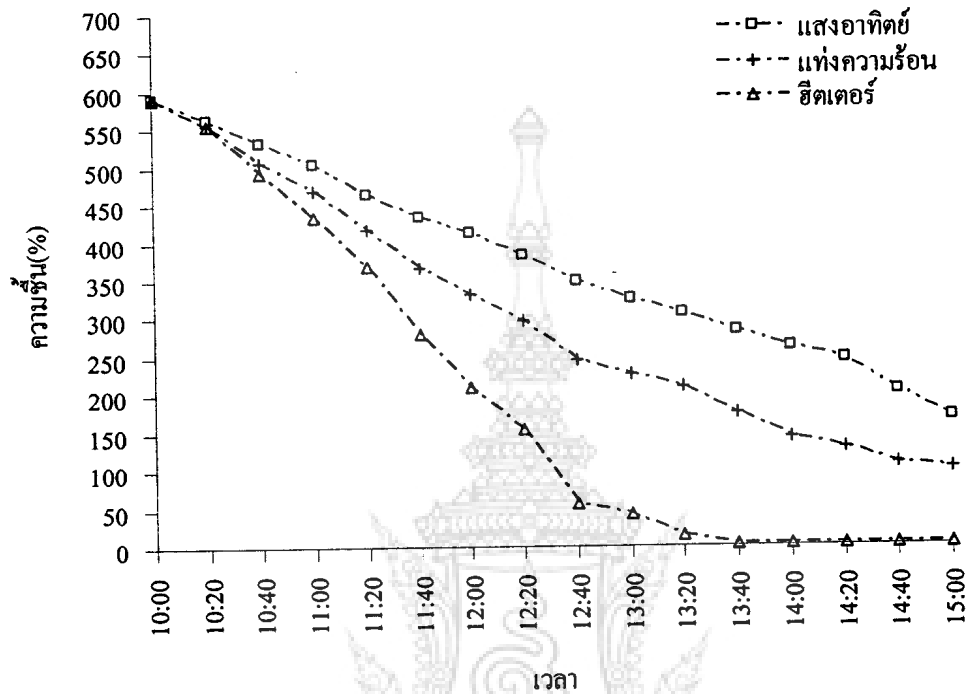
4.7.1 ผลการทดลองความชื้นของตะไคร้



รูปที่ 4.50 กราฟแสดงผลการเปรียบเทียบค่าความชื้นของตะไคร้

จากรูปที่ 4.50 กราฟเปรียบเทียบแสดงผลค่าความชื้นมาตรฐานแห้งของ ตะไคร้ กรณีใช้แสงอาทิตย์เพียงอย่างเดียว แสงอาทิตย์ร่วมกับชุดทำความร้อน และแสงอาทิตย์ร่วมกับไอน้ำในการทดลองเพื่อหาค่าความชื้น โดยใช้ผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร คือ ตะไคร้จำนวน 1000 กรัม ซึ่งใช้ระยะเวลาในการอบ 5 ชั่วโมง และเก็บข้อมูลทุกๆ 20 นาที กรณีอบใช้แสงอาทิตย์เพียงอย่างเดียว ตะไคร้มีค่าความชื้นต่ำสุดมีค่า 266.6 เปอร์เซ็นต์ใช้แสงอาทิตย์ร่วมกับชุดทำความร้อนตะไคร้มีค่าความชื้นต่ำสุด 186.6 เปอร์เซ็นต์ และใช้แสงอาทิตย์ร่วมกับไอน้ำในการอบตะไคร้ความชื้นมีค่า 3.3 เปอร์เซ็นต์ จะเห็นได้ว่ากรณีใช้แสงอาทิตย์ร่วมกับไอน้ำ ค่าความร้อนภายในตู้อบสูงกว่ากรณีที่ใช้แสงอาทิตย์เพียงอย่างเดียว และค่าความร้อนภายในตู้อบสูงกว่า กรณีใช้แสงอาทิตย์ร่วมกับชุดทำความร้อน

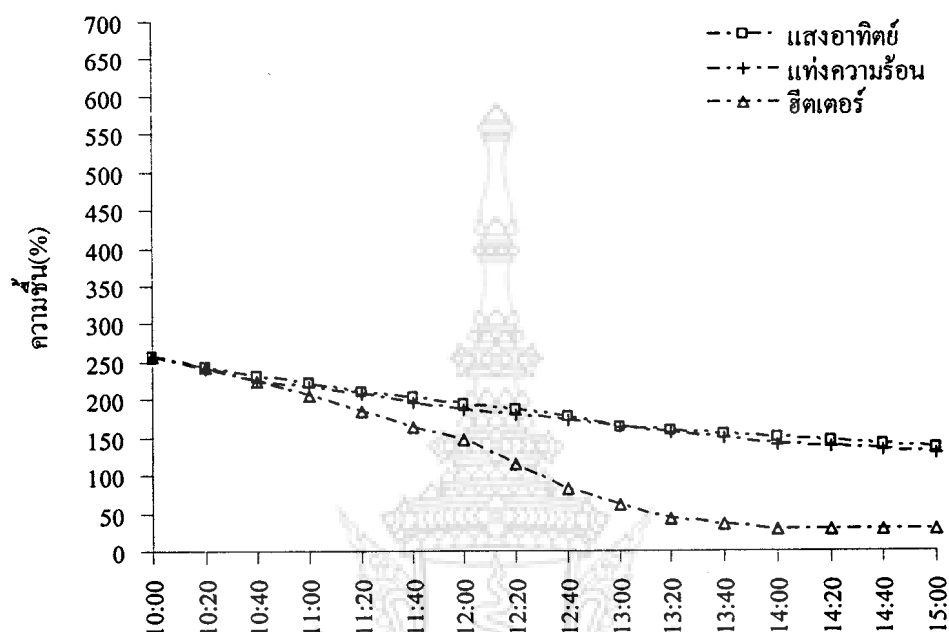
4.7.2 ผลการทดลองความชื้นของใบเตย



รูปที่ 4.51 กราฟแสดงผลการเปรียบเทียบค่าความชื้นของใบเตย

จากรูปที่ 4.51 กราฟเปรียบเทียบแสดงผล ค่าความชื้นมาตรฐานแห้งของ ใบเตย กรณีใช้แสงอาทิตย์เพียงอย่างเดียว แสงอาทิตย์ร่วมกับชุดแหล่งความร้อน และแสงอาทิตย์ร่วมกับฮีตเตอร์ในการทดลองอบเพื่อหาค่าความชื้นโดยใช้ผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร คือ ใบเตยจำนวน 1000 กรัม โดยใช้ระยะเวลาในการอบ 5 ชั่วโมงและเก็บข้อมูลทุกๆ 20 นาที ซึ่งกรณีใช้แสงอาทิตย์เพียงอย่างเดียว ใบเตยมีค่าความชื้น 168.9 เปอร์เซ็นต์ ใช้แสงอาทิตย์ร่วมกับชุดแหล่งความร้อน ใบเตยมีค่าความชื้นต่ำสุด 100 เปอร์เซ็นต์และใช้แสงอาทิตย์ร่วมกับฮีตเตอร์ ใบเตยมีค่าความชื้นต่ำสุด 3.4 เปอร์เซ็นต์ จะเห็นได้ว่ากรณีใช้แสงอาทิตย์ร่วมกับฮีตเตอร์ค่าความร้อนภายในตู้อบสูงกว่ากรณีที่ใช้แสงอาทิตย์เพียงอย่างเดียวและอุณหภูมิภายในตู้อบสูงกว่ากรณีใช้แสงอาทิตย์ร่วมกับชุดแหล่งความร้อน

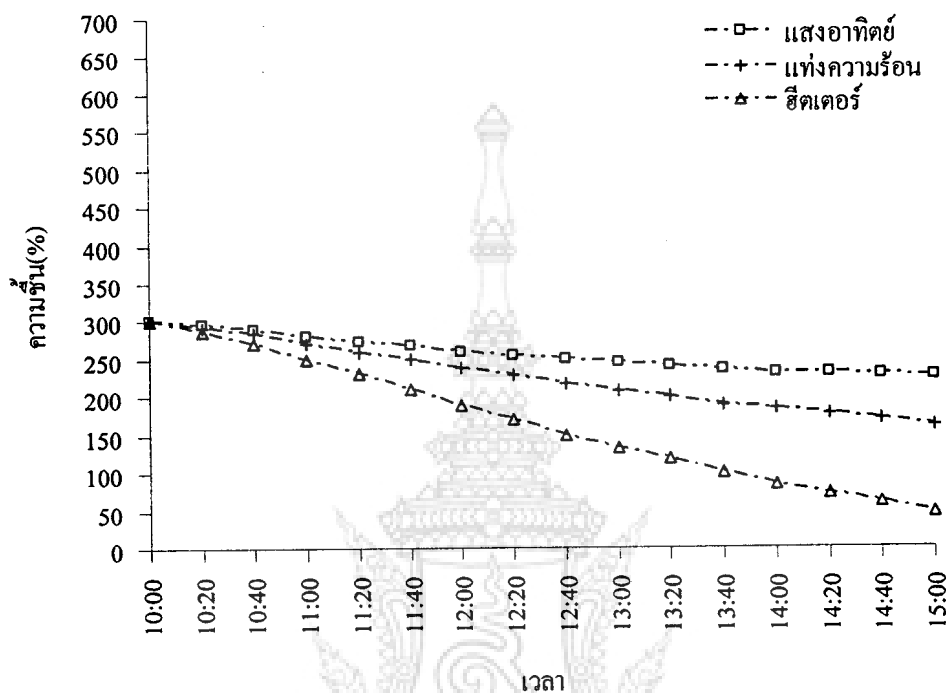
4.7.3 ผลการทดลองความชื้นของใบมะกรูด



รูปที่ 4.52 กราฟแสดงผลการเปรียบเทียบค่าความชื้นของใบมะกรูด

จากรูปที่ 4.52 กราฟเปรียบเทียบแสดงค่าความชื้นมาตรฐานแห้งของ ใบมะกรูดในกรณีใช้แสงอาทิตย์เพียงอย่างเดียว แสงอาทิตย์ร่วมกับชุดแห้งความร้อน และแสงอาทิตย์ร่วมกับฮีตเตอร์ ในการทดลองอบเพื่อหาค่าความชื้น โดยใช้ผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร คือ มะกรูด จำนวน 1000 กรัม โดยใช้ระยะเวลาในการอบ 5 ชั่วโมง และเก็บข้อมูลทุก ๆ 20 นาที ในกรณีใช้แสงอาทิตย์เพียงอย่างเดียว ใบมะกรูดมีค่าความชื้นต่ำสุด 135.7 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้แสงอาทิตย์ร่วมกับชุดแห้งความร้อน ใบมะกรูดมีค่าความชื้นต่ำสุด 128.5 เปอร์เซ็นต์ และกรณีใช้แสงอาทิตย์ร่วมกับฮีตเตอร์ ใบมะกรูดมีค่าความชื้นต่ำสุด 28.6 เปอร์เซ็นต์ จะเห็นได้ว่ากรณีใช้แสงอาทิตย์ร่วมกับฮีตเตอร์ ให้ค่าความร้อนภายในตู้อบสูงกว่า กรณีที่ใช้แสงอาทิตย์เพียงอย่างเดียว และความร้อนภายในตู้อบสูงกว่า กรณีใช้แสงอาทิตย์ร่วมกับชุดแห้งความร้อน

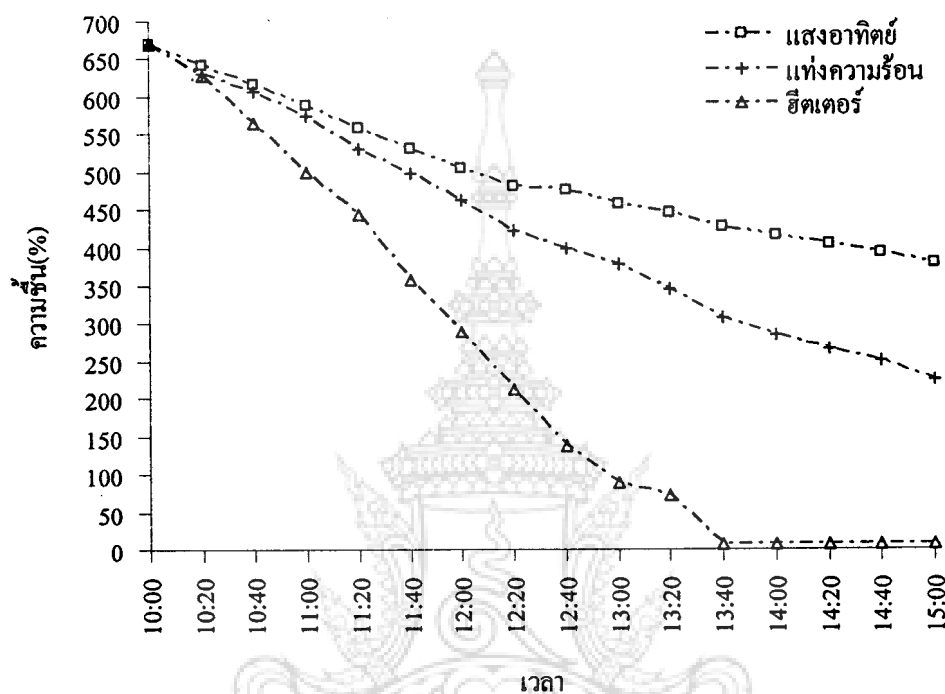
4.7.4 ผลการทดลองความชื้นของพริกพันธุ์จินดาแดง



รูปที่ 4.53 กราฟแสดงผลการเปรียบเทียบค่าความชื้นของพริกพันธุ์จินดาแดง

จากรูปที่ 4.53 กราฟเปรียบเทียบแสดงค่าความชื้นมาตรฐานแห้งของพริกพันธุ์จินดาแดง กรณีที่ใช้แสงอาทิตย์เพียงอย่างเดียว แสงอาทิตย์ร่วมกับชุดทำความร้อน และแสงอาทิตย์ร่วมกับฮีตเตอร์ การทดลองหาค่าความชื้นซึ่งจะใช้ผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร คือ พริกพันธุ์จินดาแดงจำนวน 1000 กรัม ใช้ระยะเวลาในการอบ 5 ชั่วโมง เก็บข้อมูลทุก ๆ 20 นาที กรณีที่ใช้แสงอาทิตย์เพียงอย่างเดียว พริกพันธุ์จินดาแดงมีค่าความชื้นอยู่ที่ 226 เปอร์เซ็นต์ ใช้แสงอาทิตย์ร่วมกับชุดทำความร้อน พริกพันธุ์จินดาแดง มีค่าความชื้น 162 เปอร์เซ็นต์ใช้แสงอาทิตย์ร่วมกับฮีตเตอร์ พริกพันธุ์จินดาแดง มีค่าความชื้น 46 เปอร์เซ็นต์ จะเห็นได้ว่ากรณีที่ใช้แสงอาทิตย์ร่วมกับฮีตเตอร์ ให้ค่าความชื้นภายในตู้อบสูงกว่าใช้แสงอาทิตย์เพียงอย่างเดียว และสูงกว่าใช้แสงอาทิตย์ร่วมกับชุดทำความร้อน

4.7.5 ผลการทดลองความชื้นของใบบัวบก

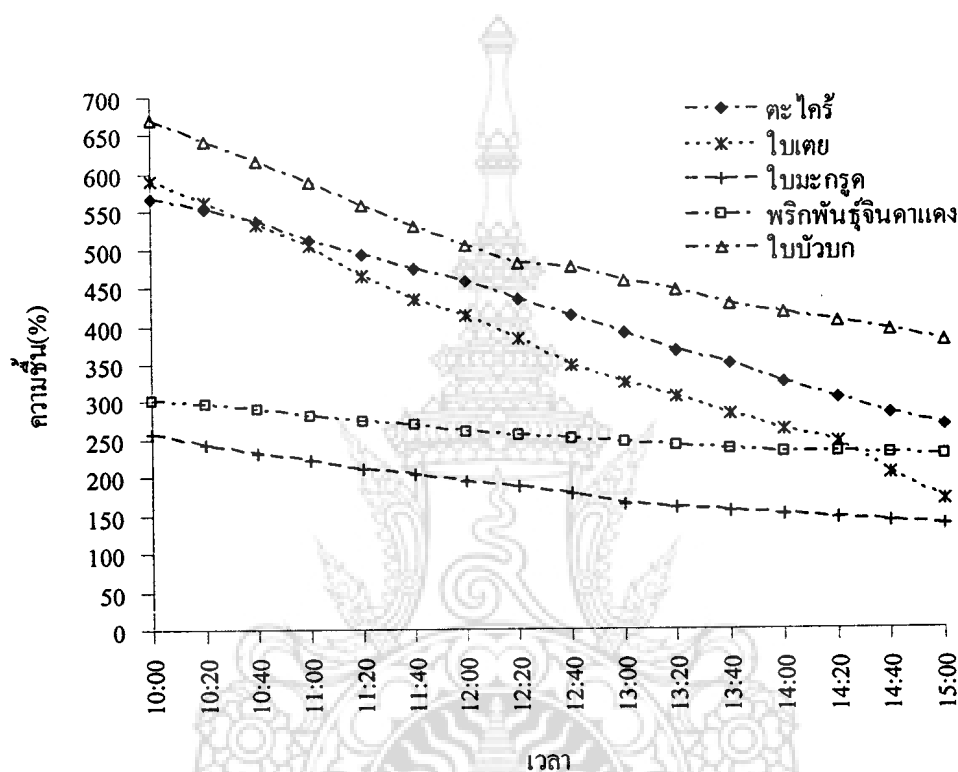


รูปที่ 4.54 กราฟแสดงผลการเปรียบเทียบค่าความชื้นของใบบัวบก

จากรูปที่ 4.54 กราฟเปรียบเทียบค่าของความชื้นมาตรฐานแห้งของใบบัวบกในกรณีที่ใช้แสงอาทิตย์เพียงอย่างเดียว แสงอาทิตย์ร่วมกับชุดทำความร้อน และแสงอาทิตย์ร่วมกับฮีตเตอร์ในการทดลองหาความชื้น ซึ่งใช้ผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรคือใบบัวบกจำนวน 1000 กรัมโดยใช้เวลาในการอบ 5 ชั่วโมง ทำการเก็บข้อมูลทุกๆ 20 นาที ในกรณีใช้แสงอาทิตย์เพียงอย่างเดียวใบบัวบกมีค่าความชื้นเท่ากับ 376.9 เปอร์เซ็นต์ ใช้แสงอาทิตย์ร่วมกับชุดทำความร้อนใบบัวบกมีค่าความชื้น 223.3 เปอร์เซ็นต์และใช้แสงอาทิตย์ร่วมกับฮีตเตอร์ ใบบัวบกมีค่าความชื้นเท่ากับ 7.6เปอร์เซ็นต์จะเห็นว่ากรณีใช้แสงอาทิตย์ร่วมกับฮีตเตอร์ ให้ค่าความชื้นภายในตู้อบ สูงกว่าใช้แสงอาทิตย์เพียงอย่างเดียวและจะสูงกว่ากรณีใช้แสงอาทิตย์ร่วมกับชุดทำความร้อน

4.8 ผลการทดลองการเปรียบเทียบค่าความชื้นของผลิตภัณฑ์ต่างๆ

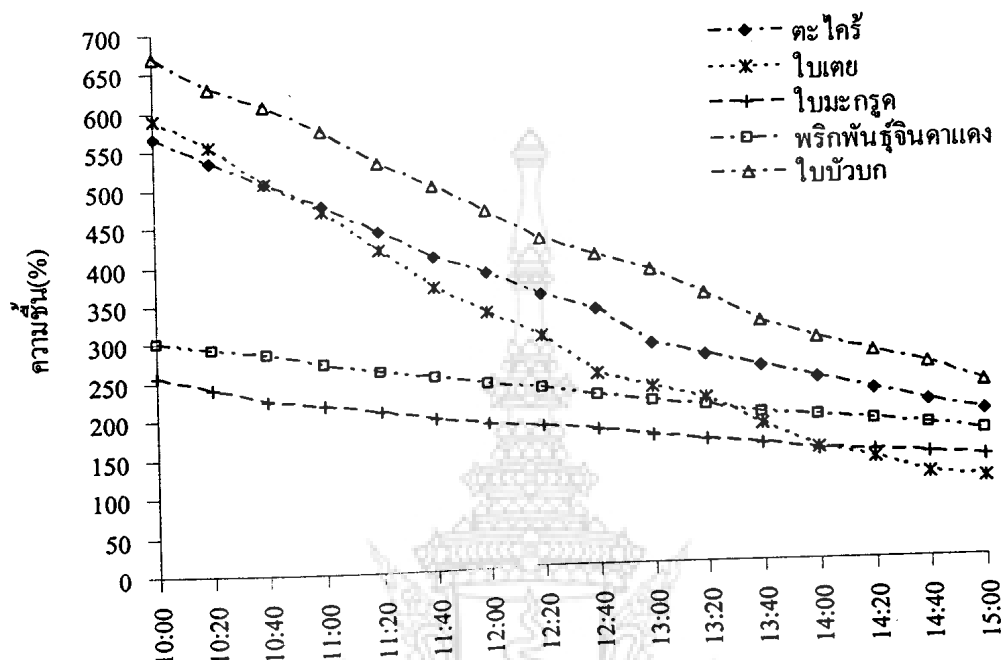
4.8.1 ผลการทดลองการเปรียบเทียบค่าความชื้นของผลิตภัณฑ์ต่างๆ กรณีใช้แสงอาทิตย์เพียงอย่างเดียว



รูปที่ 4.55 กราฟแสดงผลการเปรียบเทียบค่าความชื้นกรณีใช้แสงอาทิตย์เพียงอย่างเดียว

จากรูปที่ 4.55 กราฟเปรียบเทียบแสดงค่าความชื้นมาตรฐานแห้งของพืช 5 ชนิดจำนวน 1000 กรัม กรณีใช้แสงอาทิตย์เพียงอย่างเดียว โดยใช้ระยะเวลาในการอบ 5 ชั่วโมงเก็บข้อมูลทุก ๆ 20 นาที จากการทดลองการอบพืช 5 ชนิดจะเห็นได้ว่า ค่าความชื้นของพืชแต่ละชนิดไม่เท่ากันเมื่ออบด้วยแสงอาทิตย์เพียงอย่างเดียวให้ความร้อนน้อยทำให้ความชื้นของพืชลดลงได้น้อยมากซึ่งพืชที่ลดลงได้เร็วที่สุดเรียงลำดับได้ดังนี้ ตะไคร้มีค่าความชื้นมาตรฐานแห้งต่ำสุดอยู่ที่ 266.6 เปอร์เซ็นต์ ใบเตย มีค่าความชื้นมาตรฐานแห้งต่ำสุดอยู่ที่ 168.9 เปอร์เซ็นต์ ใบมะกรูด มีความชื้นมาตรฐานแห้งต่ำสุดอยู่ที่ 135.7 เปอร์เซ็นต์ พริกพันธุ์จินดาแดงมีความชื้นมาตรฐานแห้งต่ำสุดอยู่ที่ 226 เปอร์เซ็นต์ และใบบัวบก มีค่าความชื้นมาตรฐานแห้งต่ำสุดอยู่ที่ 376.9 เปอร์เซ็นต์

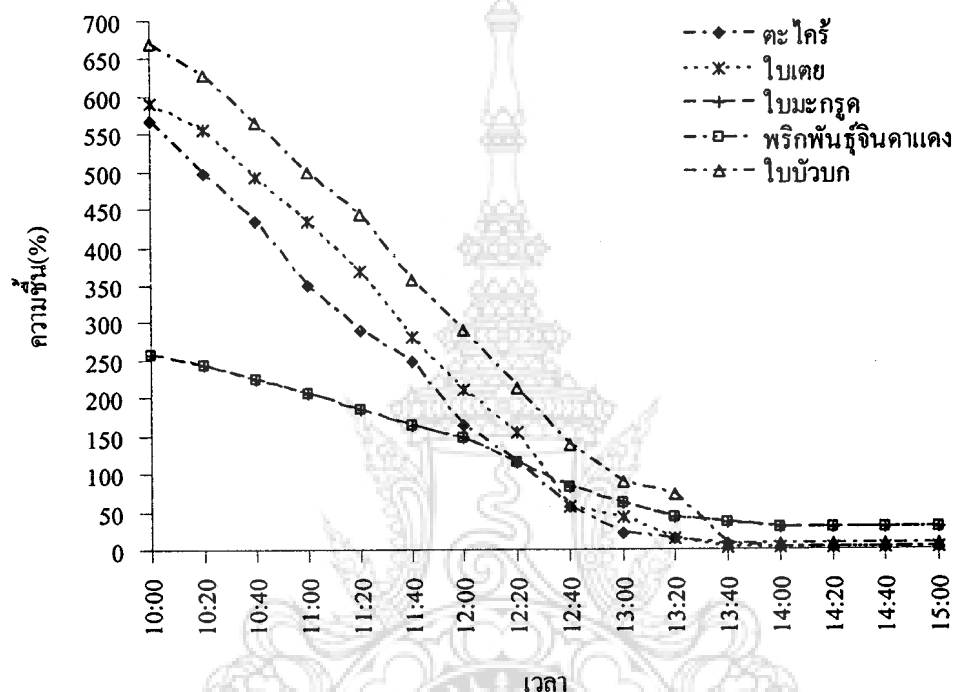
4.8.2 ผลการทดลองการเปรียบเทียบค่าความชื้นของผลิตภัณฑ์ต่างๆ กรณีใช้แสงอาทิตย์ร่วมกับชุดทำความร้อน



รูปที่ 4.56 กราฟแสดงผลการเปรียบเทียบค่าความชื้นกรณีใช้แสงอาทิตย์ร่วมกับชุดทำความร้อน

จากรูปที่ 4.56 กราฟเปรียบเทียบ แสดงค่าความชื้นมาตรฐานแห้งของพืช 5 ชนิดจำนวน 1000 กรัมกรณีใช้แสงอาทิตย์ร่วมกับชุดทำความร้อนโดยใช้ระยะเวลาในการอบ 5 ชั่วโมงและเก็บข้อมูลทุกๆ 20 นาที จากการทดลองการอบพืช 5 ชนิดจะเห็นได้ว่าค่าความชื้นของพืชแต่ละชนิดไม่เท่ากัน เมื่ออบด้วยแสงอาทิตย์ร่วมกับชุดทำความร้อน ที่ให้ความร้อนน้อยทำให้ความชื้น ของพืชลดลงได้น้อยพืชที่ลดลงได้เร็วที่สุด เรียงลำดับได้ดังนี้ ใบเตยมีค่าความชื้นมาตรฐานแห้งต่ำสุดอยู่ที่ 100 เปอร์เซ็นต์ ตะไคร้มีค่าความชื้นมาตรฐานแห้งต่ำสุดอยู่ที่ 186.6 เปอร์เซ็นต์และใบมะกรูดมีค่าความชื้นมาตรฐานแห้งต่ำสุด 128.5 เปอร์เซ็นต์และพริกพันธุ์จินดาแดงมีค่าความชื้นมาตรฐานแห้งต่ำสุดอยู่ที่ 162 เปอร์เซ็นต์ และใบบัวบกมีค่าความชื้นแห้งต่ำสุดอยู่ที่ 223.0 เปอร์เซ็นต์

4.8.3 ผลการทดลองการเปรียบเทียบค่าความชื้นของผลิตภัณฑ์ต่างๆ กรณีใช้แสงอาทิตย์ร่วมกับฮีตเตอร์อินฟราเรด



รูปที่ 4.57 กราฟแสดงผลการเปรียบเทียบค่าความชื้นกรณีใช้แสงอาทิตย์ร่วมกับฮีตเตอร์

จากรูปที่ 4.57 กราฟเปรียบเทียบแสดงค่าความชื้นมาตรฐานแห้งของพืช 5 ชนิดจำนวน 1000 กรัมในกรณีใช้แสงอาทิตย์ร่วมกับฮีตเตอร์โดยใช้ระยะเวลาในการอบ 5 ชั่วโมงเก็บข้อมูลทุกๆ 20 นาทีจากการทดลองการอบพืช 5 ชนิด โดยจะ เห็นได้ว่าค่าความชื้นของพืชแต่ละชนิดไม่เท่ากัน เมื่ออบด้วยแสงอาทิตย์ร่วมกับฮีตเตอร์ให้ความร้อนมากที่สุดและดีที่สุดทำให้ความชื้นของพืชลดลงได้รวดเร็ว โดยพืชที่ความชื้นลดลงได้รวดเร็วที่สุดเรียงลำดับดังนี้ ใบเตยค่าความชื้นมาตรฐานแห้งต่ำสุดอยู่ที่ 3.4 เปอร์เซ็นต์ และ ตะไคร้ มีค่าความชื้นมาตรฐานแห้งต่ำสุดอยู่ที่ 3.3 เปอร์เซ็นต์ โดยที่ ใบมะกรูด มีค่าความชื้นมาตรฐานแห้งต่ำสุดอยู่ที่ 26.6 เปอร์เซ็นต์ พริกพันธุ์จินดาแดงมีค่าความชื้นมาตรฐานแห้งต่ำสุดอยู่ที่ 46 เปอร์เซ็นต์ความชื้นมาตรฐานแห้งและใบบัวบกมีค่าความชื้นมาตรฐานแห้งต่ำสุดอยู่ที่ 7.6 เปอร์เซ็นต์

บทที่ 5

สรุปและข้อเสนอแนะ

จากการทดลองดูออบพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสมผสาน ซึ่งทำการทดลองหาค่าความชื้นของผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรใช้พืช 5 ชนิดคือได้แก่ ตะไคร้ ใบเตย ใบมะกรูด พริกพันธุ์จินดาแดง และใบบัวบกโดยนำดูออบพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสมผสานมาวางบริเวณที่สามารถรับแสงอาทิตย์ได้ทั่วถึงโดยใช้เวลาในการอบ 5 ชั่วโมงเริ่มเก็บข้อมูลตั้งแต่เวลา 10.00-15.00 น และเก็บข้อมูลทุกๆ 20 นาทีใช้เวลาเก็บข้อมูล 15 วันและทดลองอบ 3 แบบคือ อบด้วยพลังงานแสงอาทิตย์เพียงอย่างเดียว อบโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับชุดทำความร้อน อบด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับฮีตเตอร์ ซึ่งสรุปว่าการอบพืชด้วยแสงอาทิตย์ร่วมกับฮีตเตอร์ค่าความชื้นลดลงได้เร็วกว่าทั้ง 2 แบบ เพราะพลังงานความร้อนที่ได้พลังงานรวมมีค่าสูงกว่า ทำให้อุณหภูมิสูงกว่าทั้งสองแบบทำให้ความชื้นลดลง โดยพืชที่นำมาทำการทดลองนั้นมีความชื้นที่ไม่เท่ากัน อีกทั้งโครงสร้างของพืช สี ความหนา จึงทำให้ความชื้นของพืชทั้ง 5 ชนิดลดลงไม่เท่ากัน ทั้งนี้อุณหภูมิในการทดลองอบขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมของอากาศในแต่ละวัน โดยพืชที่อบแห้งเร็วที่สุดคือใบเตย โดยมีค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นเริ่มต้น 58.9 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานแห้ง หลังจากอบพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับฮีตเตอร์ เปอร์เซ็นต์ความชื้นสุดท้าย 3.4 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานแห้ง เพราะใบเตยเป็นพืชที่มีความบางของใบ จึงทำให้ความร้อนจะสามารถซึมผ่าน เข้าไปไล่ความชื้นออกได้อย่างรวดเร็วส่วนตะไคร้เป็นพืชที่มีความชื้นรองลงมาจากใบเตย โดยมีค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นเริ่มต้น 56.6 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานแห้ง หลังจากอบพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับฮีตเตอร์ เปอร์เซ็นต์ความชื้นสุดท้าย 3.3 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานแห้ง ตะไคร้มีความหนากว่าใบเตย จึงทำให้ความร้อนซึมผ่านน้อยกว่า ใบเตย ส่วนใบบัวบกเป็นพืชที่มีเปอร์เซ็นต์ความชื้นเริ่มต้นมากที่สุด เนื่องจากใบบัวบกมีลำต้นกลวงด้านใน และมีน้ำอยู่จึงทำให้มีความชื้นมากทำให้ความร้อนซึมผ่านได้ช้า ใบบัวบกมีค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นเริ่มต้น 66.2 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานแห้ง หลังจากอบพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับฮีตเตอร์ เปอร์เซ็นต์ความชื้นสุดท้าย 7.6 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานแห้ง ใบมะกรูดเป็นพืชที่มีความหนาทำให้ความร้อนจึงซึมผ่านได้น้อย โดยมีค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นเริ่มต้น 257.1 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานแห้ง หลังจากอบพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับฮีตเตอร์ เปอร์เซ็นต์ความชื้นสุดท้าย 26.6 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานแห้ง และพริกพันธุ์จินดาแดง เป็นพืชที่มีชั้นผนังที่หนา ซึ่งด้าน

ในมีเนื้อของพริก และเมล็ดมีความชื้นอยู่มาก มีมีค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นเริ่มต้น 300 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานแห้ง หลังจากอบพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับฮีตเตอร์ เปอร์เซ็นต์ความชื้นสุดท้าย 46 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานแห้ง จึงทำให้ความร้อนซึมผ่านได้ยากทำให้ความชื้นลดลงน้อยกว่าพืชชนิดอื่น ๆ

5.1 สรุปผลของตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสมผสาน

5.1.1 จากการทดลอง ตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสมผสาน พบว่าตู้อบสามารถใช้งานร่วมกับฮีตเตอร์ ในกรณีอบพริกพันธุ์จินดาแดง จำนวน 1000 กรัมในอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ก่อนที่จะพัฒนาอบได้ค่าความชื้นมาตรฐานแห้งต่ำสุดอยู่ที่ 64.2 เปอร์เซ็นต์ มาตรฐานแห้ง และเมื่อได้ทำการพัฒนาสามารถอบได้ค่าความชื้นมาตรฐานแห้งต่ำสุดอยู่ที่ 46 เปอร์เซ็นต์

5.1.2 จากผลการทดลอง ตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสมผสาน กรณีใช้แสงอาทิตย์ร่วมกับฮีตเตอร์สามารถให้ความร้อนแก่ตู้อบได้ดีที่สุด

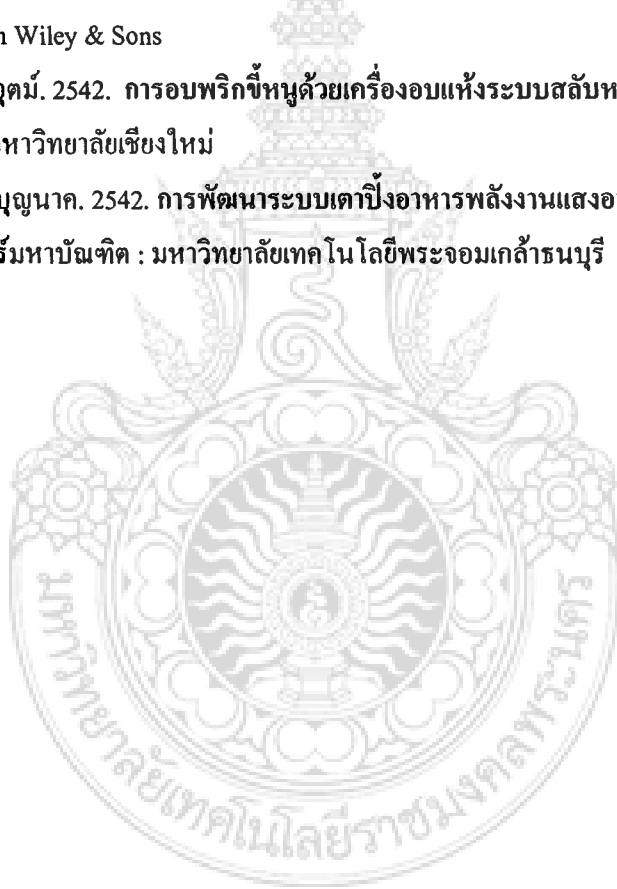
5.1.3 อุณหภูมิสูงสุดภายใน ตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสมผสาน จะมีผลัดกันภายในตู้อบ 99 องศาเซลเซียส

5.2 ข้อเสนอแนะในการพัฒนาโครงการ

5.2.1 ตู้อบไม่สามารถปรับทิศทางรับแสงอาทิตย์ได้เอง เมื่อตำแหน่งดวงอาทิตย์เปลี่ยนไปจึงควรมีอุปกรณ์สำหรับปรับตำแหน่งของตู้อบ เพื่อให้แผ่นสะท้อนอยู่ในตำแหน่งที่รองรับแสงอาทิตย์ได้ตลอดเวลา

บรรณานุกรม

1. จงจิตร หิรัญลาภ. 2541. กระบวนการพลังงานแสงอาทิตย์ในรูปความร้อน. กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
2. ทนงเกียรติ เกียรติศิริโรจน์. 2531. อนุกรมพลังงานนอกแบบและการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ. เล่มที่ 1 สำนักพิมพ์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
3. สมชาติ ไสภณณฤทธิ์. 2540. การอบแห้งเมล็ดพืชและอาหารบางประเภท. พิมพ์ครั้งที่ 7. กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
4. Frank P. Incropera and David P. De Witt. Fundamentals of Heat and Mass Transfer. 3rd ed. Singapore : John Wiley & Sons
5. พัฒนภรณ์ ใจอุดม. 2542. การอบพริกชี้ฟ้าด้วยเครื่องอบแห้งระบบสลับหมุนเวียนลมร้อน. วิทยานิพนธ์ : มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
6. สิทธิศักดิ์ พันธุ์บุญนาท. 2542. การพัฒนาระบบเตาปิ้งอาหารพลังงานแสงอาทิตย์. วิทยานิพนธ์ วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต : มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี



ภาคผนวก





ภาคผนวก ก
การเพิ่มมูลค่าของสินค้า

ตารางที่ ก.1 การเพิ่มมูลค่าของพืชสมุนไพรอบแห้งแปรรูป

พืชสมุนไพร	ราคาก่อนอบ	ราคาหลังอบ	แหล่งข้อมูล
ตะไคร้	15บาท/กิโลกรัม	40-50บาท/ขีด	ตลาดนนทบุรี
ใบเตย	10บาท/กิโลกรัม	50-60บาท/ขีด	ตลาดนนทบุรี
ใบมะกรูด	30บาท/กิโลกรัม	60-80บาท/ขีด	ตลาดนนทบุรี
พริกพันธุ์จินดาแดง	60บาท/กิโลกรัม	20บาท/ขีด	ตลาดนนทบุรี
ใบบัวบก	25บาท/กิโลกรัม	40-50บาท/ขีด	ตลาดนนทบุรี



ภาคผนวก ข
ตารางคุณสมบัติต่างๆ



ตารางที่ ข.1 สมบัติทางฟิสิกส์และความร้อนของโลหะ(ของแข็ง)

ชนิดของโลหะ	สมบัติที่ 300K				K(W/mK)ที่อุณหภูมิต่างๆ (K)			
	ρ (kg/m ³)	C_p (J/kgK)	K (W/mK)	$\alpha \times 10^6$ (m ² /s)	400	600	800	1000
อลูมิเนียมบริสุทธิ์	2702	903	237	97.1	240	231	218	-
โครเมียม	7160	449	93.7	29.1	90.9	80.7	71.3	65.4
ทองแดงบริสุทธิ์	8933	385	401	117	393	379	366	352
ตะกั่ว	11340	129	35.3	24.1	34.0	31.4	-	-
เหล็กบริสุทธิ์	7870	447	80.2	23.1	69.5	54.7	43.3	32.8
เหล็กกล้าC=0.5%	7833	465	54	14.7	50.9	44.2	37.6	32.5
C=1.0%	7801	473	43	11.7	42.7	38.9	34.1	30.5
C=1.5%	7753	486	36	9.7	36.0	34.5	31.7	29.1
เหล็กผสมโครเมียมต่ำ								
Cr=0.65%	7822	444	37.7	10.9	38.2	36.7	33.3	26.9
Cr=1.0%	7858	442	42.3	12.2	42.0	39.1	34.5	27.4
Cr=1.02%	7836	443	48.9	14.1	46.8	42.1	36.3	28.2
เหล็กผสมลิทอน								
0.1%<Si≤0.6%	7817	446	51.9	14.9	49.8	44.0	37.4	29.3
เหล็กกล้าไร้สนิม								
AISI 302	8055	480	15.1	3.91	17.3	20.0	22.8	25.4
AISI 304	7900	477	14.9	3.95	16.6	19.8	22.6	25.4
AISI 316	8238	468	13.4	3.48	15.2	18.3	21.3	24.2
AISI 347	7978	480	14.2	3.71	15.8	18.9	21.9	24.7
เงิน	10500	235	429	174	425	412	396	379
แพลทินัมบริสุทธิ์	21450	133	71.6	25.1	71.8	73.2	75.6	78.7

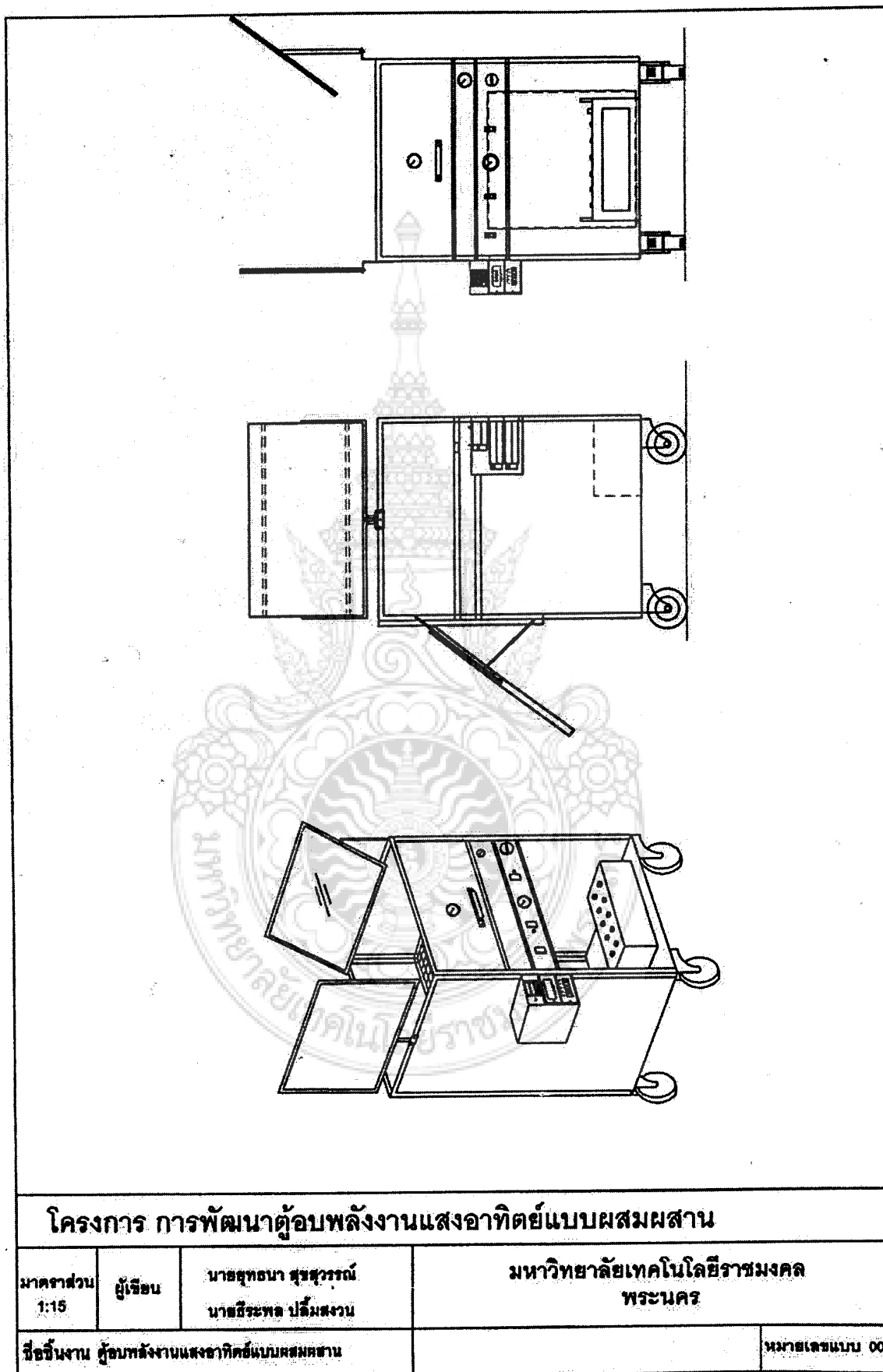
ตารางที่ ข.1 (ต่อ) สมบัติทางฟิสิกส์และความร้อนของโลหะ(ของแข็ง)

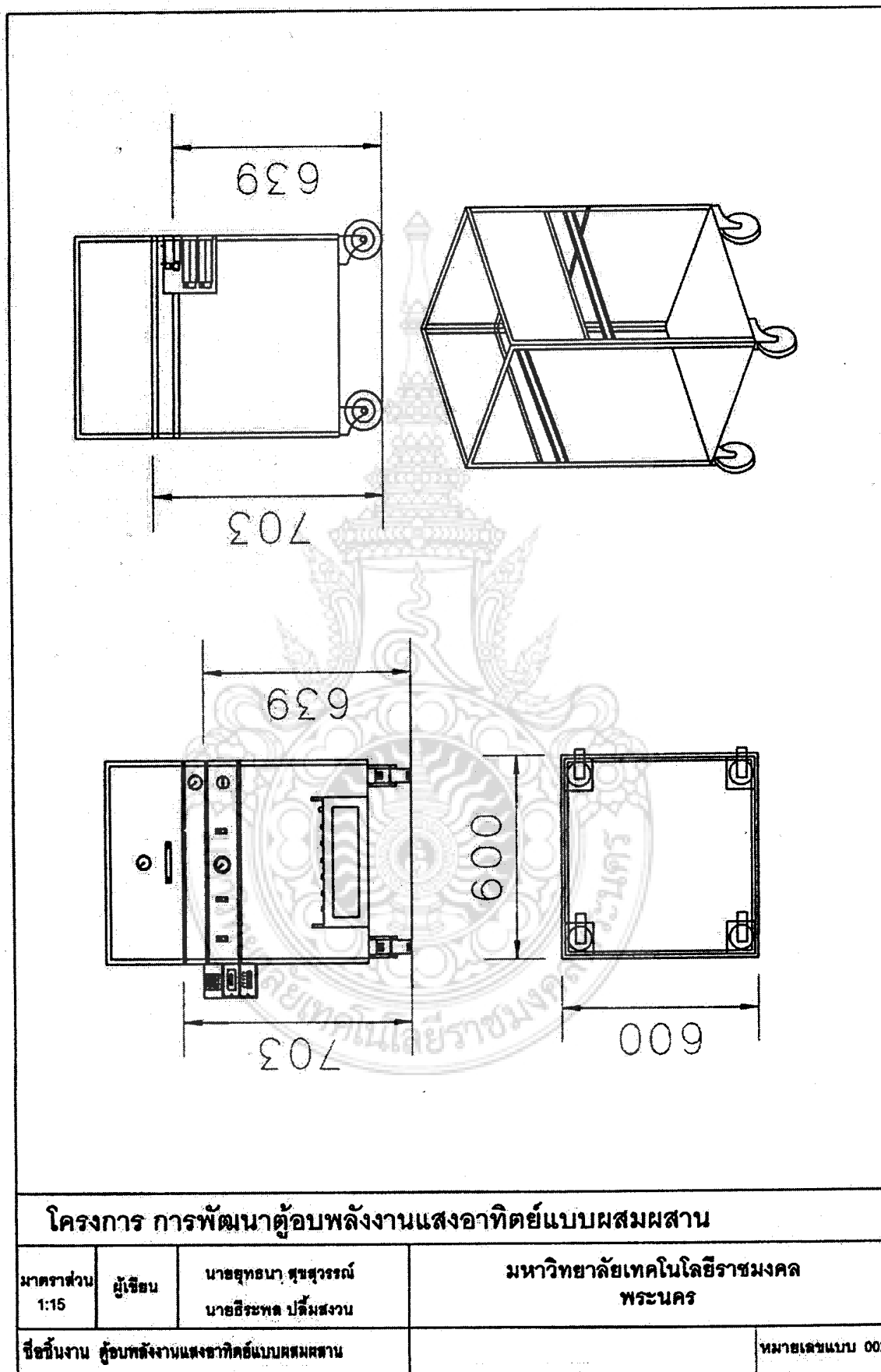
ชนิดของโลหะ	สมบัติที่ 300K				K(W/mK)ที่อุณหภูมิต่างๆ (K)			
	ρ (kg/m ³)	C_p (J/kgK)	K (W/mK)	$\alpha \times 10^6$ (m ² /s)	400	600	800	1000
สังกะสี	7140	389	116	41.8	111	103	-	-
แมกนีเซียม	1740	1024	156	87.6	153	149	146	-
ซิลิคอน	2330	712	148	89.2	98.9	61.9	42.2	31.2

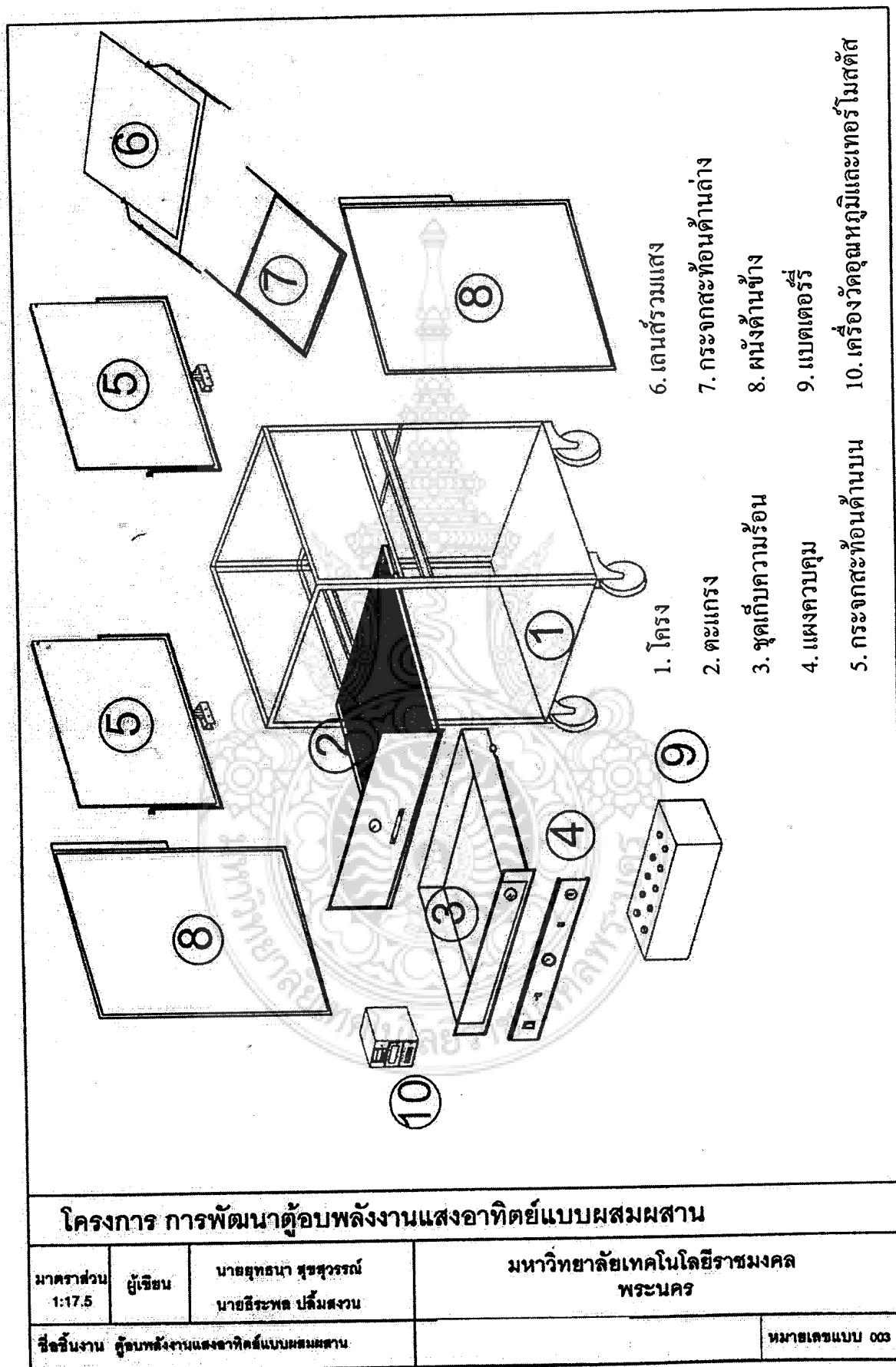


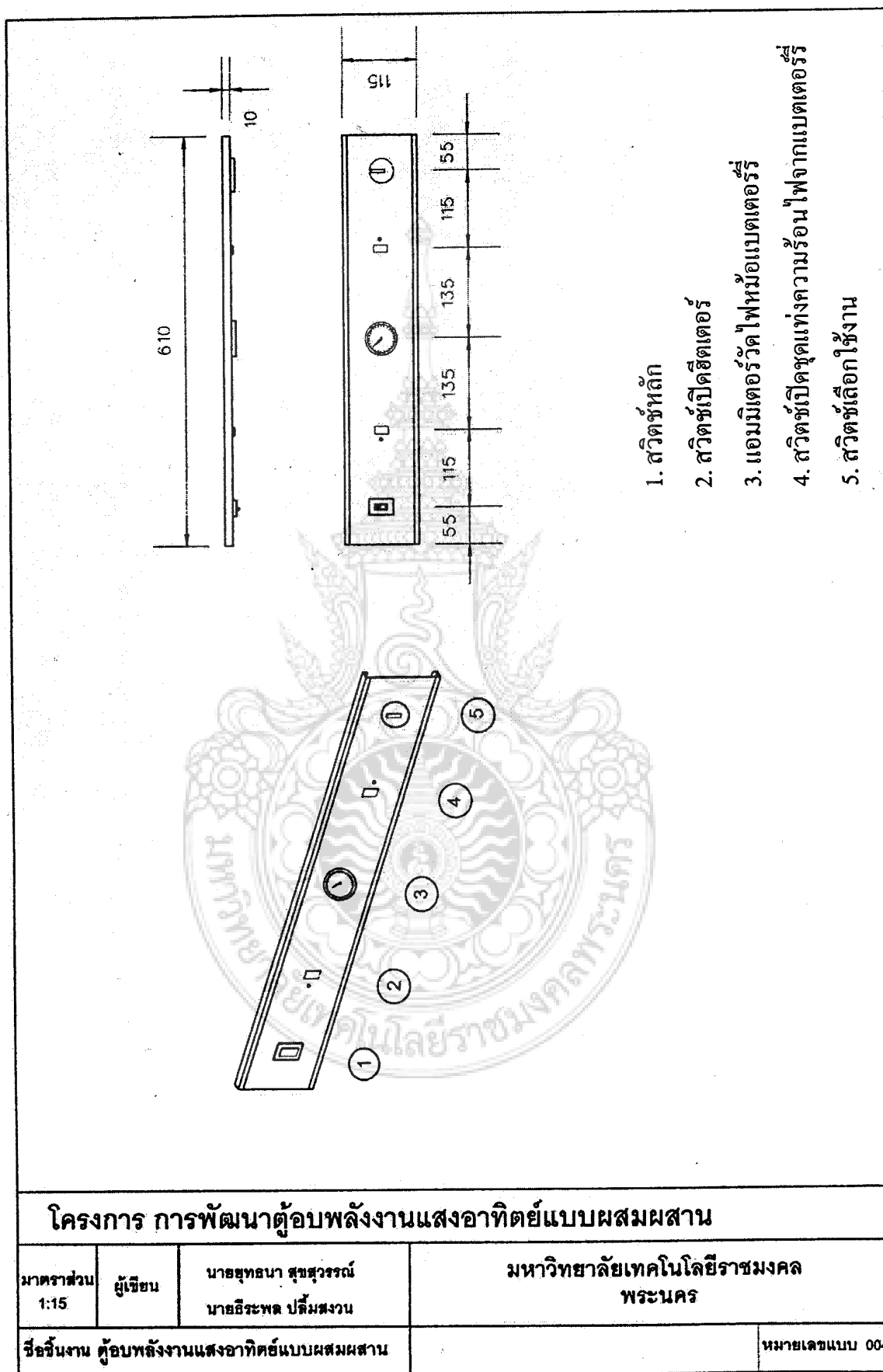
ภาคผนวก ค
แบบคู่มือพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสมผสาน





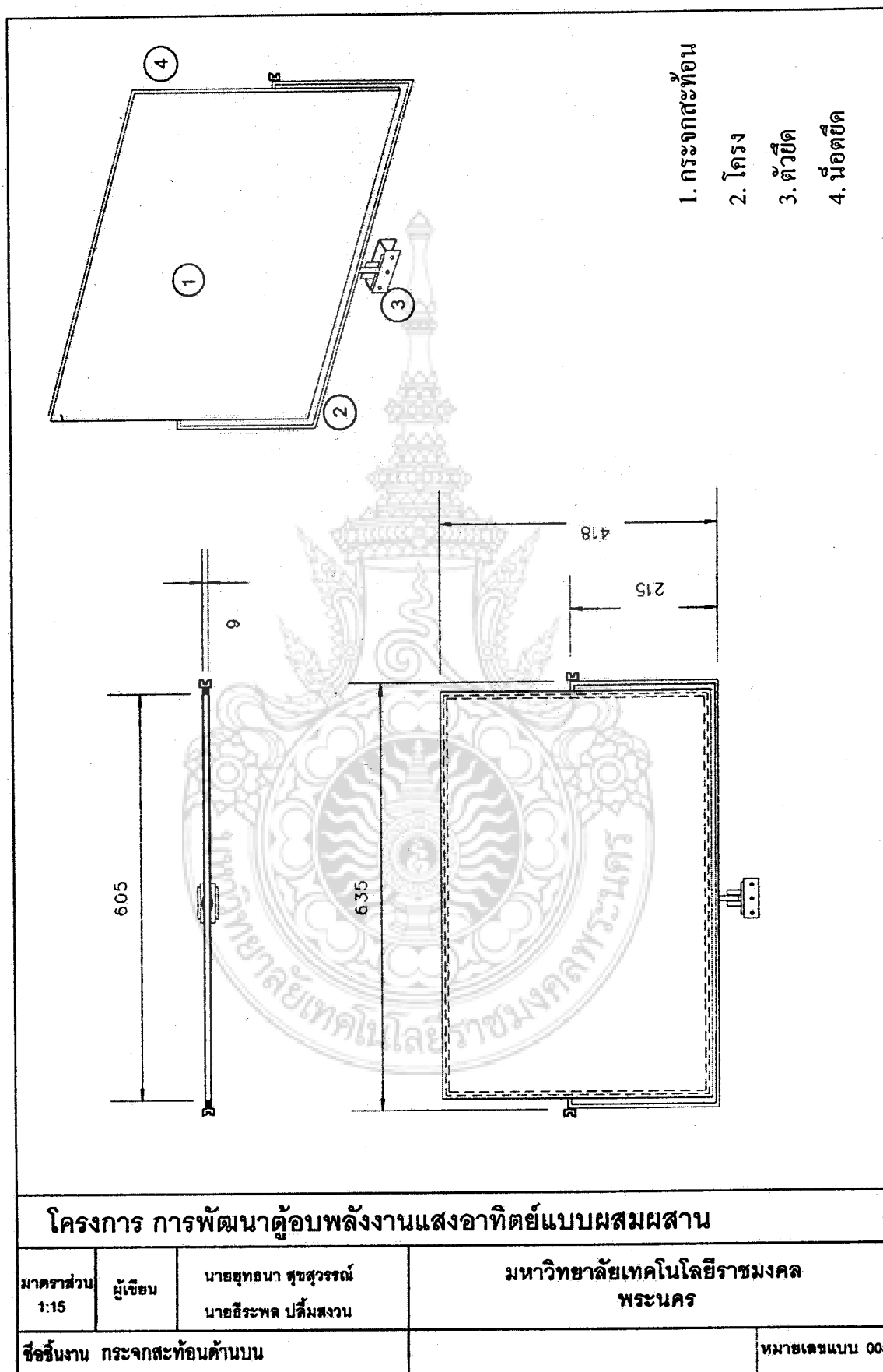


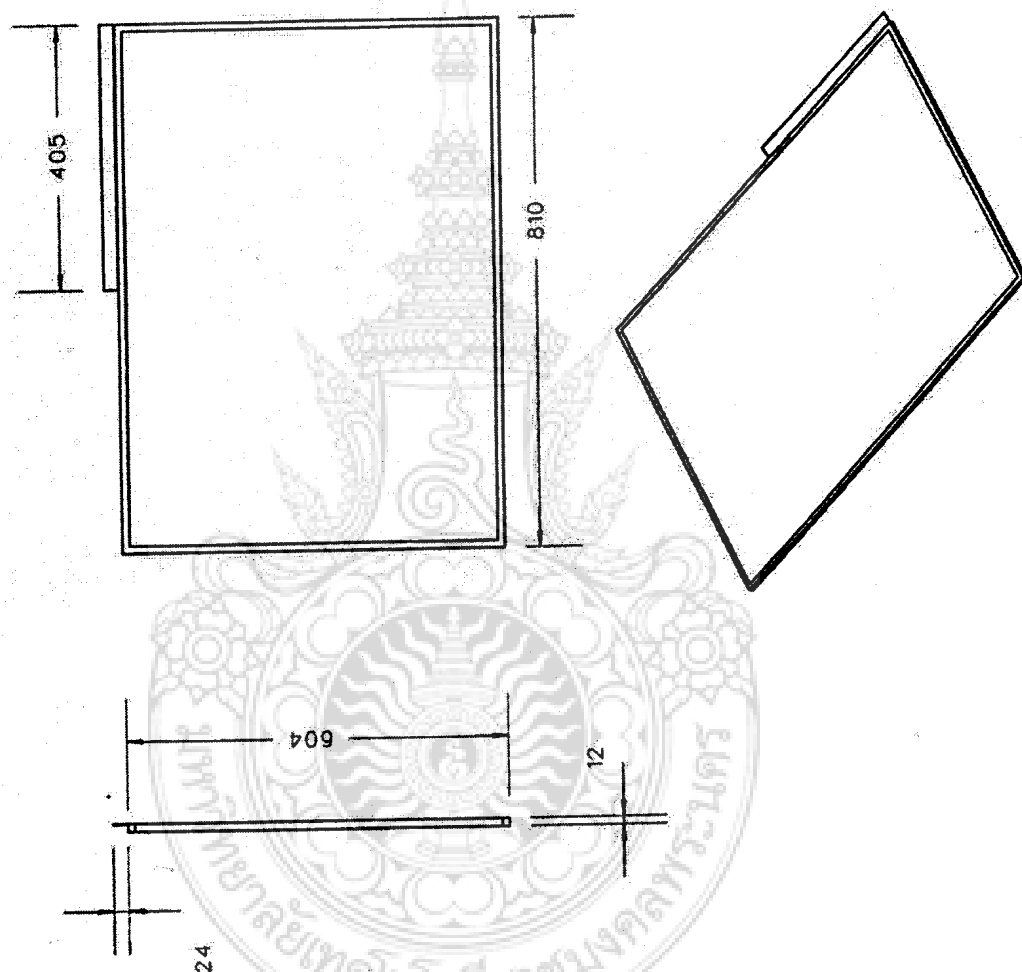




โครงการ การพัฒนาตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสมผสาน

มาตราส่วน 1:15	ผู้เขียน นายสุทธนา สุขสุวรรณ นายธีระพล ปิ๊ดมสงวน	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล พระนคร
ชื่อชิ้นงาน ตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสมผสาน		หมายเลขแบบ 004





โครงการ การพัฒนาตู้ อุปกรณ์พลังงานแสงอาทิตย์แบบผสมผสาน

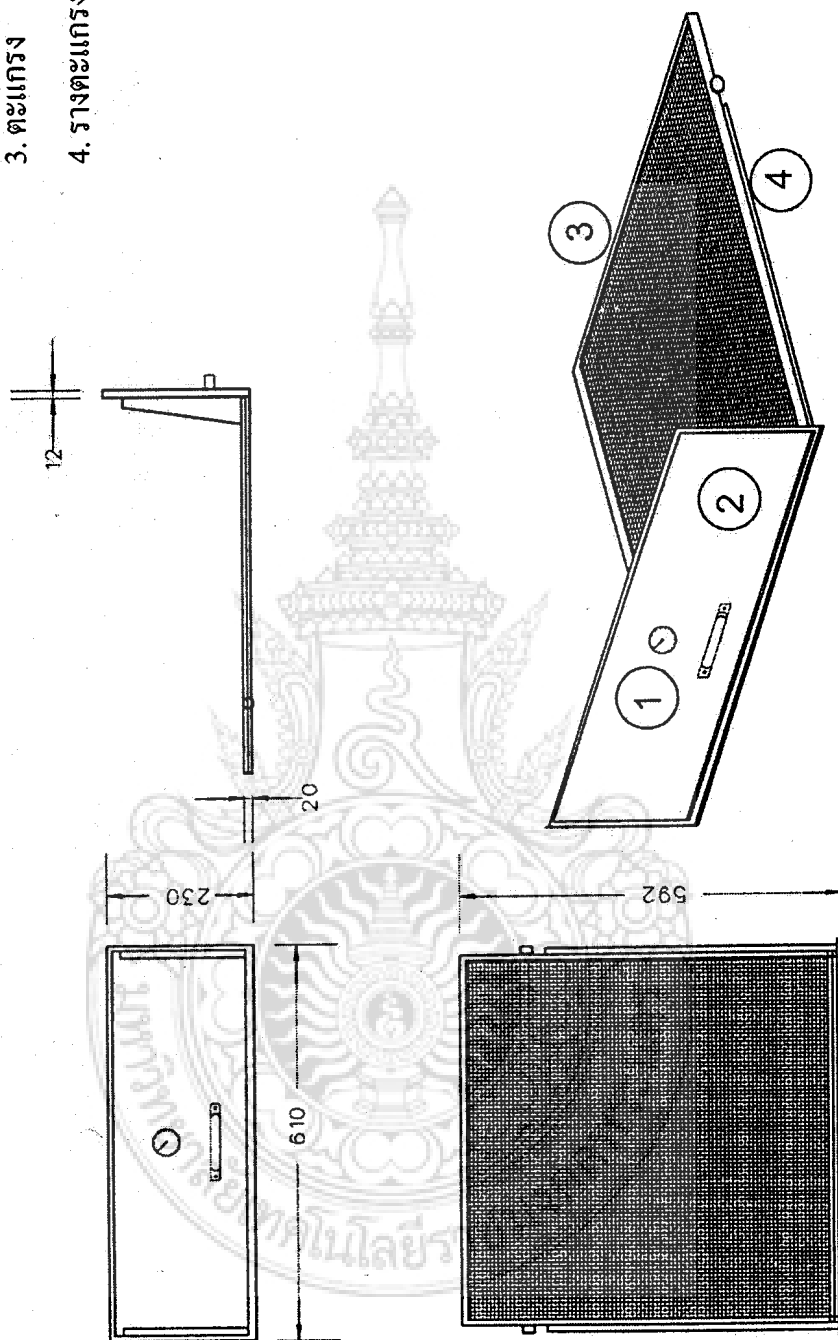
มาตรฐาน 1:15	ผู้เขียน นายอุทกนา สุสุวรรณ์ นายธีระพล ปิสิมสงวน	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล พระนคร
ชื่อชิ้นงาน ผังตู้		หมายเลขแบบ 008

1. เทอร์โมมิเตอร์

2. แผ่นปิด

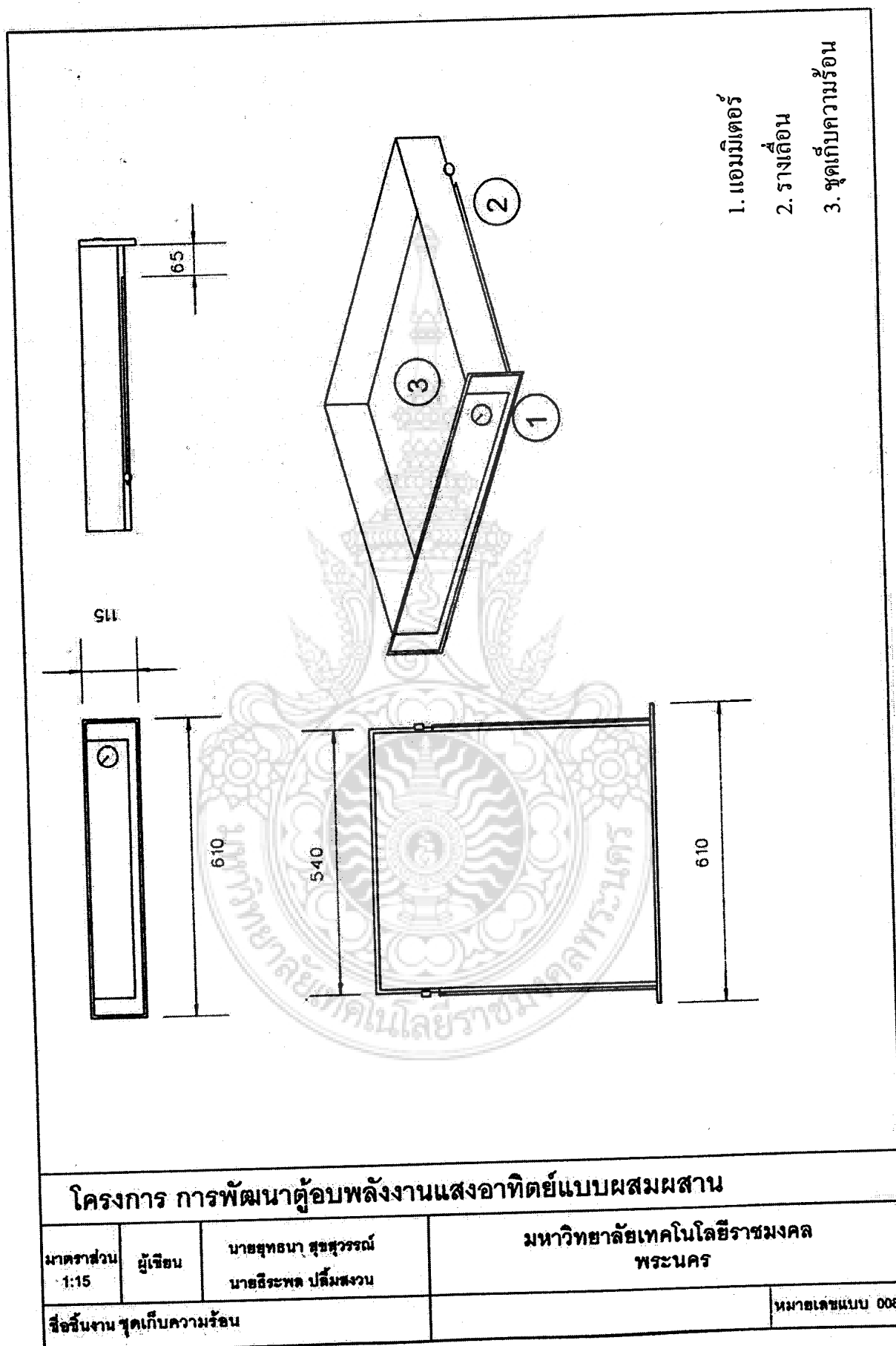
3. ตะแกรง

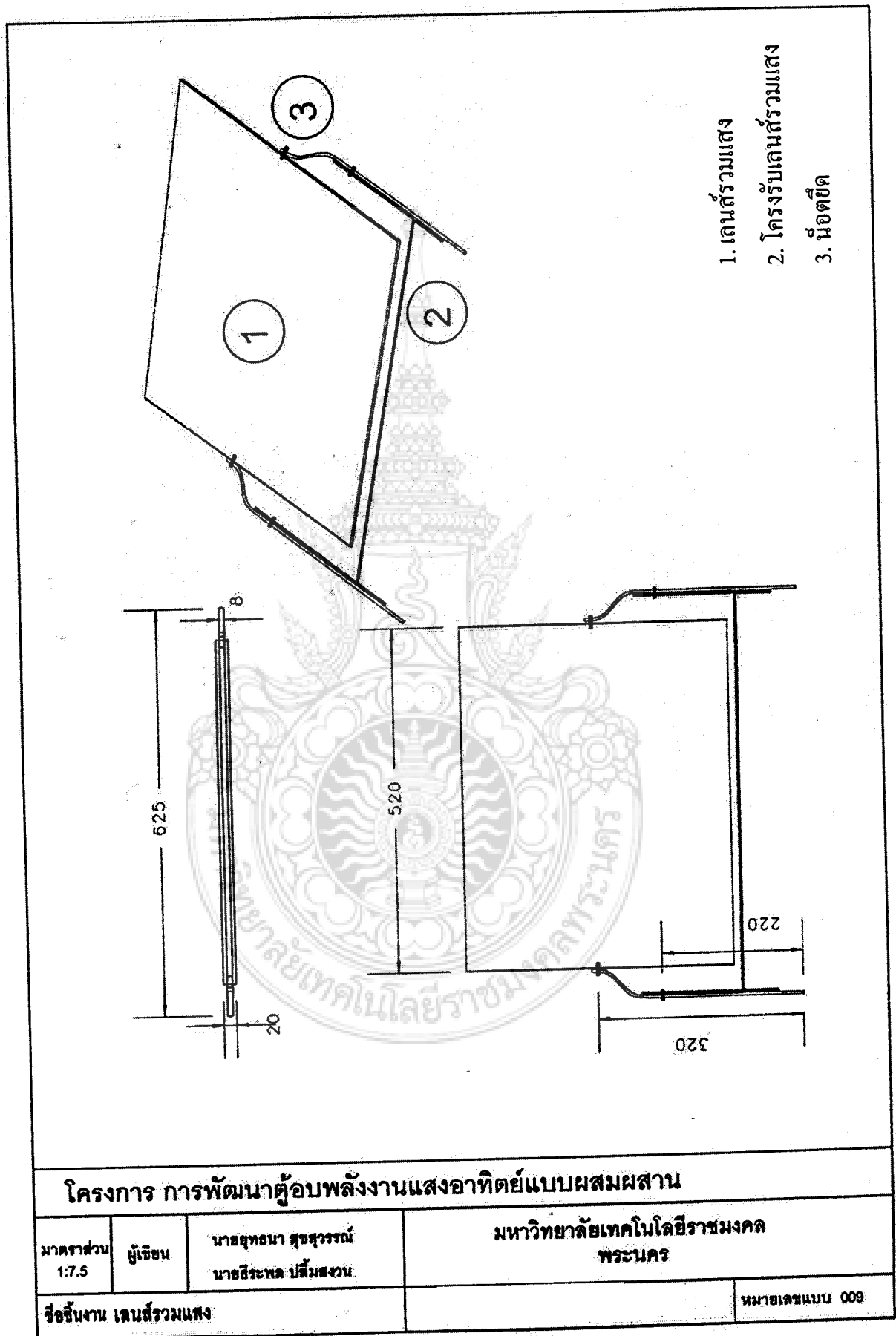
4. รางตะแกรง

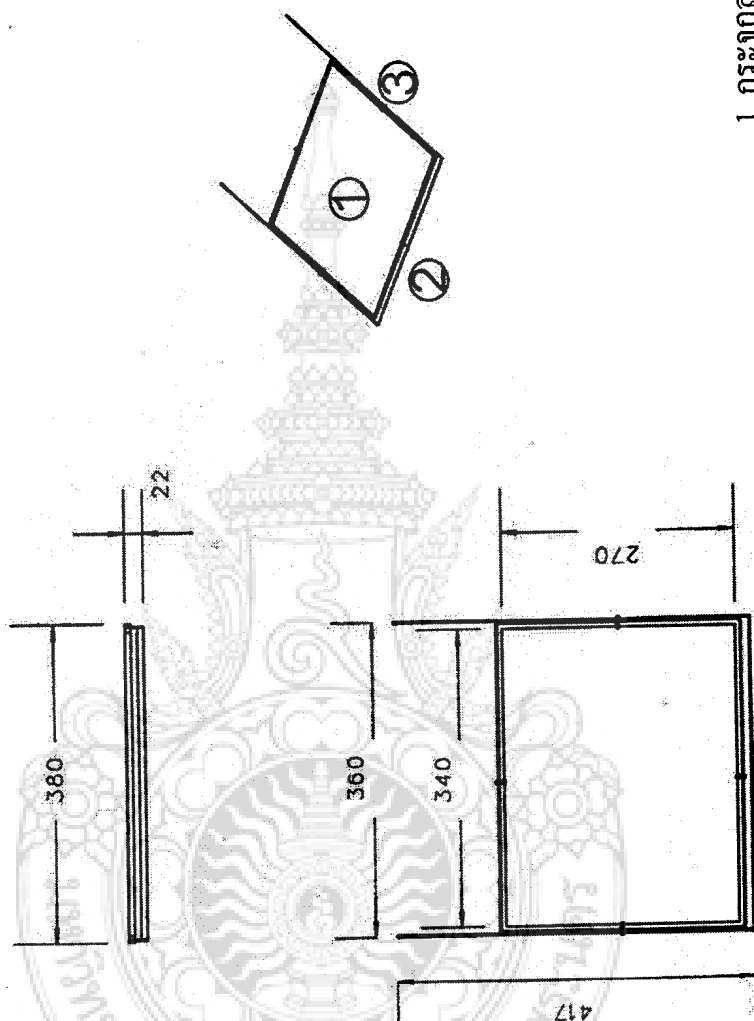


โครงการ การพัฒนาตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสมผสาน

มาตราส่วน 1:15	ผู้เขียน นายยุทธนา สุขสุวรรณ นายธีระพล ปลื้มสงวน	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล พระนคร	หมายเลขแบบ 007
ชื่อชิ้นงาน ตะแกรง			



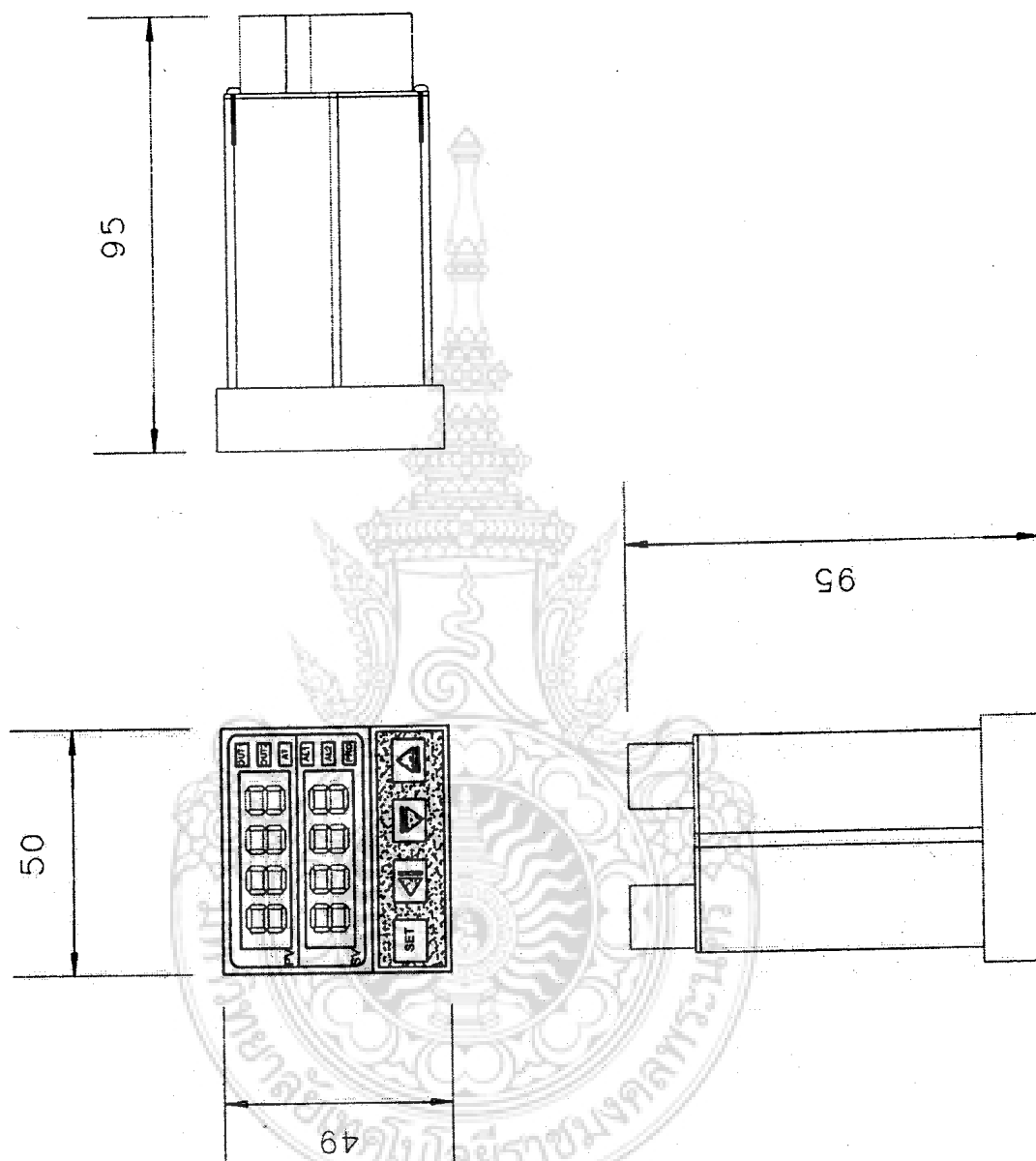




1. กระจกสะท้อนด้านล่าง
2. โครงรับกระจกสะท้อน
3. จุดหมุน

โครงการ การพัฒนาตู้บปล้งงานแสงอาทิตย์แบบผสมผสาน

มาตราส่วน 1:7.5	ผู้เขียน	นายสุทนต์ สุขสุวรรณ นายธีระพล ปลื้มสงวน	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล พระนคร
ชื่อชิ้นงาน กระจกสะท้อนด้านล่าง			หมายเลขแบบ 010



โครงการ การพัฒนาตู้อปพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสมผสาน

มาตราส่วน 1:10	ผู้เขียน	นายอุทกนา สุขสุวรรณ นายธีระพล ปลื้มสงวน	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล พระนคร
ชื่อชิ้นงาน เทอร์โมสตัท			หมายเลขแบบ 011

