การศึกษาและพัฒนาเครื่องอบกระดาษใบสับปะรดพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับฮีตเตอร์

กุลยศ สุวันทโรจน์
ศุภชัย หลักคำ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนจากงบประมาณ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2555
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

การศึกษาและพัฒนาเครื่องอบกระดาษใบสับปะรดพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับฮีตเตอร์

กุลยศ สุวันทโรจน์
ศุภชัย หลักคำ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนจากงบประมาณ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2555
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

A Study and Development of Solar Hybrid Energy dryer for pineapple leaf paper

Kullayot Suwantaroj
Supachai Lakkam

This Report is Funded by Rajamangala University Phra Nakhon
Fiscal Year 2012

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการอบกระดาษใบสับปะรด จากการเข้าไปศึกษาการทำกระดาษจากใบสับปะรด ในส่วนขั้นตอนการอบแห้งกระดาษเป็นขั้นตอนสุดท้ายหลังจากผ่านขั้นตอนอื่นๆ ซึ่งต้องใช้เวลาในการอบแห้งโดยใช้แสงแดดตามธรรมชาติอย่างน้อย 2-3 วัน หรือมากกว่าหากไม่มีแสงแดดตามธรรมชาติ เพื่อช่วยลดเวลาในการผลิตกระดาษ จึงได้สร้างเครื่องอบกระดาษใบสับปะรดพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับฮีตเตอร์

การพัฒนาเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับฮีตเตอร์ ที่มีความสามารถในการทำงานได้อย่างต่อเนื่อง ซึ่งความร้อนจากแสงอาทิตย์จากแผงรับความร้อนขนาด 1 x 2.6 m^2 ติดตั้งอยู่ส่วนบนของตู้อบทำมุมเอียง 15 องศากับพื้นราบ ห้องอบมีขนาด 1 x 1.05 x 1.30 m^3และได้เพิ่มห้องกระจายอากาศร้อนด้านข้างทั้ง 2 ด้าน เครื่องอบแห้งติดตั้งฮีตเตอร์ขนาด 4 kW โดยมีระบบควบคุมอุณหภูมิสามารถควบคุมอุณหภูมิได้ตามที่ต้องการ ทำงานร่วมกับเครื่องเป่าลมขนาด 0.22 kW ทำหน้าที่เป็นตัวปรับการไหลเวียนความร้อนภายในตู้อบให้อัตราการไหลคงที่ 0.138 m^3/s งานวิจัยมีการทดสอบการอบ 3 แบบ คือ การใช้พลังงานแสงอาทิตย์เพียงอย่างเดียว การใช้พลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับฮีตเตอร์ที่อุณหภูมิ 50 55 และ 60 $^{\circ}$C และ การใช้ฮีตเตอร์เพียงอย่างเดียวที่อุณหภูมิ 50 55 และ 60 $^{\circ}$C โดยอุณหภูมิทั้งสามค่า คืออุณหภูมิอากาศที่ออกจากฮีตเตอร์ ซึ่งตัวแปรในการศึกษา เช่น ความชื้น อุณหภูมิในเครื่องอบ ความชื้นอากาศในเครื่องอบ พลังงานแสงอาทิตย์ ที่มีผลต่อเวลาในการอบกระดาษใบสับปะรด

จากผลการวิจัยเครื่องอบกระดาษใบสับปะรดพลังแสงอาทิตย์ร่วมกับฮีตเตอร์ พบว่าการอบแบบใช้พลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับฮีตเตอร์ที่อุณหภูมิ 60 $^{\circ}$C ใช้เวลาในการอบกระดาษน้อยที่สุดคือเวลา 3 ชั่วโมงครึ่ง โดยกระดาษความชื้นเริ่มต้นเฉลี่ยอยู่ที่ 1043.70 %db และกระดาษแห้งหมดในลดลงมาจนมีความชื้นสุดท้ายเท่ากับ 9.12 %db อุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุดในเครื่องอบสูงขึ้นจนถึง 64.33 $^{\circ}$C มีการใช้พลังงานไฟฟ้า 10.5 kWh ส่วนการอบแบบใช้แสงอาทิตย์เพียงอย่างเดียว อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยในเครื่องอบ 39.89 $^{\circ}$C ใช้เวลาในการอบนานที่สุด 5 ชั่วโมง โดยกระดาษความชื้นแห้งเริ่มต้นเฉลี่ยอยู่ที่ 1070.98 %db ลดลงมาจนมีความชื้นสุดท้ายเท่ากับ 15.84 %db ประหยัดพลังงานมากที่สุด มีการใช้พลังงานไฟฟ้า 1.1 kWh

ABSTRACT

This research was aimed to investigate for pineapple leaf paper drying. In this study process of drying the paper as a final step after the other. Paper drying time takes in solar energy to dry naturally for at least 2-3 days or more without natural sunshine. Solar hybrid energy dryer was designed for drying faster than traditional drying.

The development of solar hybrid energy dryer ability to operate continuously. The solar dryer receives the heat from sunshine by passing into the solar panel dimension 1 x 2.6 m^2 . The panel was installed on the top of the oven which declined 15 degree from the ground. The dimension of the oven is 1 x 1.05 x 1.30 m^3 and have added heat to paraphrase another 2 rooms and heater 4 kW with controller and have added heat to paraphrase another 2 rooms. The dryer installed heater 4 kW with temperature controller and blower 0.22 kW serves as the circulation of heat in the oven to constant flow of 0.138 m^3 / s. Experiment research test 3 types ; the use of solar energy alone, the use of solar heater with a temperature of 50 55 and 60 $^{\circ}$C and the heater only at 50 55 and 60 $^{\circ}$C with three temperature settings. The variables in the study, such as temperature, humidity in the dryer, humidity and Solar energy affect the pineapple leaf paper drying time .

Experimental results from solar heater hybrid with 60 $^{\circ}$C temperature setting was dried in minimum period of 3 hours and half at an average initial moisture content 1043.70% db to the final moisture content of 9.12% db. Highest average temperature in the dryer was 64.33 $^{\circ}$C with electrical energy consumption 10.5 kWh. The use of only solar drying was dried in maximum period of 5 hours at an average initial moisture content 1070.98% db to the final moisture content of 15.84% db. Highest average temperature in the dryer was 39.89 $^{\circ}$C with minimum electrical energy consumption 10.5 kWh.

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ที่สนับสนุน ตลอดจนเจ้าหน้าที่ทุกๆท่านที่อำนวยความสะดวกในการประสานงานทั้งหมดจนบรรลุผลสำเร็จอย่างดียิ่ง

ขอขอบพระคุณบิดา มารดา ของคณะผู้วิจัยทุกท่าน ที่สร้างแรงผลักดันอันก่อให้เกิดกำลังใจในการทำงาน และต่อสู้กับอุปสรรคและสิ่งบั่นทอนกำลังใจต่างๆ ให้ผ่านพ้นมาได้ด้วยดีตลอดทุกครั้ง

ขอกราบขอบพระคุณท่านอธิการบดีมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ผู้ซึ่งให้โอกาสและสนับสนุนงานวิจัยสำหรับครั้งนี้และทุกๆครั้งที่ผ่านมาอย่างดียิ่งมาโดยตลอด

ขอขอบพระคุณกลุ่มแม่บ้านกลุ่มแม่บ้านเกษตรกรบ้านหนองหอย และกลุ่มแม่บ้านเกษตรกรบ้านวังยาวพัฒนา อ.ปราณบุรี จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ให้คำแนะนำ คำปรึกษาและข้อคิดเห็นต่างๆที่เป็นประโยชน์อย่างสูงต่อการวิจัยมาโดยตลอด

ขอขอบพระคุณ คณาจารย์สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ทุกท่าน ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์และกำลังใจตลอดการระยะเวลาการวิจัยที่ผ่านมา รวมถึงผู้มีพระคุณทุกท่านที่มิได้เอ่ยนามไว้ ณ ที่นี้ ผู้วิจัยจึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง มา ณ โอกาสนี้

คณะผู้วิจัย

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	ก
ABSTRACT	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญรูป	ช
สารบัญตาราง	ฎ
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ	ฏ
บทที่ 1	
บทนำ	1
1.1 ความสำคัญและความเป็นมาของงานวิจัย	1
1.2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย	3
1.3. ขอบเขตของการวิจัย	3
1.4. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
บทที่ 2	
วรรณกรรมและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 วรรณกรรมและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	4
2.2 การอบแห้ง	7

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 3	
วิธีดำเนินการวิจัย	11
3.1 การพัฒนาเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับฮีตเตอร์	11
3.2 การออกแบบเครื่องอบกระดาษใบสับปะรด	11
3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง	12
3.4 แผนผังการทดลองเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมฮีตเตอร์	15
3.5 ขั้นตอนในการทำกระดาษจากใบสับปะรด	16
3.6 ลำดับขั้นตอนการทดลอง	20
บทที่ 4	
ผลการวิจัยและการวิจารณ์	23
4.1 ผลการทดลองกรณีใช้ฮีตเตอร์เพียงอย่างเดียว	23
4.2 ผลการทดลองกรณีใช้แสงอาทิตย์เพียงอย่างเดียว	32
4.3 ผลการทดลองกรณีใช้แสงอาทิตย์ร่วมกับฮีตเตอร์	36
4.4 ผลการทดลองเปรียบเทียบกรณีใช้ฮีตเตอร์ แสงอาทิตย์ และแสงอาทิตย์ร่วมกับฮีตเตอร์	48
บทที่ 5	
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	50
5.1 สรุปผลการวิจัย	50
5.2 ข้อเสนอแนะ	51

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บรรณานุกรม 52

ภาคผนวก ก แบบโครงสร้างเครื่องอบกระดาษใบสับปะรด 53

ภาคผนวก ข รูปการจัดอบรมเพื่อเผยแพร่รายงานผลการวิจัย 59

ภาคผนวก ค ค่าผลการทดลอง 64

ภาคผนวก ง ประวัติคณะผู้วิจัย 92

สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 1.1 ป้ายกลุ่มแม่บ้านเกษตรกร	2
รูปที่ 1.2 ผลิตภัณฑ์จากกระดาษใบสับปะรด	2
รูปที่ 1.3 วิธีอบกระดาษแบบวิธีกลุ่มแม่บ้านเกษตรกร	2
รูปที่ 2.1 เครื่องอบแห้งแบบพาความร้อน	4
รูปที่ 2.2 เครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสมผสาน	5
รูปที่ 2.3 เครื่องอบแบบปั๊มความร้อน	6
รูปที่ 2.4 เครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์	6
รูปที่ 2.5 ช่วงต่างๆ ในการอบแห้ง	8
รูปที่ 3.1 ชั้นวางตะแกรง	11
รูปที่ 3.2 แผ่นกระจกสีดำปิดด้านบน	12
รูปที่ 3.3 เครื่องวัดอุณหภูมิ FLUKE 78	13
รูปที่ 3.4 เครื่องวัดความชื้นยี่ห้อ CEM รุ่น ST-321S	13
รูปที่ 3.5 ตาชั่ง T-Scale QHW3	13
รูปที่ 3.6 เครื่องวัดความเข้มแสงอาทิตย์ ยี่ห้อ CEM รุ่น DT-1307	14
รูปที่ 3.7 เครื่องวัดความเร็วลม ยี่ห้อ kimo รุ่น AMI 300	14
รูปที่ 3.8 เครื่องวัดกำลังไฟฟ้า BK Precision 325	14
รูปที่ 3.9 เครื่องวัดหน่วยไฟฟ้า SR Electric	15
รูปที่ 3.10 แผนผังการทดลอง	15
รูปที่ 3.11 ใบสับปะรดหลังการเก็บเกี่ยว	16
รูปที่ 3.12 ใบสับปะรดสับเป็นท่อนๆ	16
รูปที่ 3.13 ถังต้มใบสับปะรด	17

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 3.14 ถังต้มใบสับปะรดขณะต้ม 17

รูปที่ 3.15 ใบสับปะรดที่ต้มแล้ว 18

รูปที่ 3.16 เส้นใยจากใบสับปะรด 18

รูปที่ 3.17 ก้อนใบสับปะรดก้อนละประมาณ 250 กรัม 19

รูปที่ 3.18 การชั่งน้ำหนักใบสับปะรด 19

รูปที่ 3.19 การร่อนใยสับปะรดใส่ลงในตะแกรง 19

รูปที่ 3.20 การผึ่งตะแกรงกระดาษที่ร่อนเสร็จแล้ว 20

รูปที่ 3.21 เครื่องอบกระดาษใบสับปะรดพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับฮีตเตอร์ 21

รูปที่ 3.22 ตำแหน่งเซนเซอร์วัดอุณหภูมิ 21

รูปที่ 3.23 ตำแหน่งเซนเซอร์วัดความชื้น 22

รูปที่ 4.1 กราฟแสดงความชื้นมาตรฐานแห้งกรณีทดลองด้วยฮีตเตอร์อุณหภูมิ 50 $^{\circ}$C 23

รูปที่ 4.2 กราฟแสดงอุณหภูมิกรณีทดลองด้วยฮีตเตอร์อุณหภูมิ 50 $^{\circ}$C 24

รูปที่ 4.3 กราฟแสดงความชื้นกรณีทดลองด้วยฮีตเตอร์อุณหภูมิ 50 $^{\circ}$C 25

รูปที่ 4.4 กราฟแสดงความชื้นมาตรฐานแห้งกรณีทดลองด้วยฮีตเตอร์อุณหภูมิ 55 $^{\circ}$C 26

รูปที่ 4.5 กราฟแสดงอุณหภูมิกรณีทดลองด้วยฮีตเตอร์อุณหภูมิ 55 $^{\circ}$C 27

รูปที่ 4.6 กราฟแสดงความชื้นกรณีทดลองด้วยฮีตเตอร์อุณหภูมิ 55 $^{\circ}$C 28

รูปที่ 4.7 กราฟแสดงความชื้นมาตรฐานแห้งกรณีทดลองด้วยฮีตเตอร์อุณหภูมิ 60 $^{\circ}$C 29

รูปที่ 4.8 กราฟแสดงอุณหภูมิกรณีทดลองด้วยฮีตเตอร์อุณหภูมิ 60 $^{\circ}$C 30

รูปที่ 4.9 กราฟแสดงความชื้นกรณีทดลองด้วยฮีตเตอร์อุณหภูมิ 60 $^{\circ}$C 31

รูปที่ 4.10 กราฟแสดงความชื้นมาตรฐานแห้งกรณีทดลองด้วยแสงอาทิตย์ 32

รูปที่ 4.11 กราฟแสดงอุณหภูมิกรณีทดลองด้วยแสงอาทิตย์ 33

รูปที่ 4.12 กราฟแสดงความชื้นกรณีทดลองด้วยแสงอาทิตย์ 34

รูปที่ 4.13 กราฟแสดงความเข้มแสงอาทิตย์กรณีทดลองด้วยแสงอาทิตย์ 35

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 4.14 กราฟแสดงความชื้นมาตรฐานแห้งกรณีทดลองด้วย
แสงอาอทิตย์ร่วมกับฮีตเตอร์อุณหภูมิ 50 °C 36
รูปที่ 4.15 กราฟแสดงอุณหภูมิกรณีทดลองด้วยแสงอาทิตย์ร่วมกับฮีตเตอร์อุณหภูมิ 50 °C 37
รูปที่ 4.16 กราฟแสดงความชื้นกรณีทดลองด้วยแสงอาทิตย์ร่วมกับฮีตเตอร์อุณหภูมิ 50 °C 38
รูปที่ 4.17 กราฟแสดงความเข้มแสงอาทิตย์กรณีทดลองด้วยแสงอาทิตย์
ฮีตเตอร์อุณหภูมิ 50 °C 39
รูปที่ 4.18 กราฟแสดงความชื้นมาตรฐานแห้งกรณีทดลองด้วยแสงอาทิตย์ร่วมกับ
ฮีตเตอร์อุณหภูมิ 55 °C 40
รูปที่ 4.19 กราฟแสดงอุณหภูมิกรณีทดลองด้วยแสงอาทิตย์ร่วมกับฮีตเตอร์อุณหภูมิ 55 °C 41
รูปที่ 4.20 กราฟแสดงความชื้นกรณีทดลองด้วยแสงอาทิตย์ร่วมกับฮีตเตอร์อุณหภูมิ 55 °C 42
รูปที่ 4.21 กราฟแสดงความเข้มแสงอาทิตย์กรณีทดลองด้วยแสงอาทิตย์ร่วมกับ
ฮีตเตอร์อุณหภูมิ 55 °C 43
รูปที่ 4.22 กราฟแสดงความชื้นมาตรฐานแห้งกรณีทดลองด้วยแสงอาทิตย์ร่วมกับ
ฮีตเตอร์อุณหภูมิ 60 °C 44
รูปที่ 4.23 กราฟแสดงอุณหภูมิกรณีทดลองด้วยแสงอาทิตย์ร่วมกับฮีตเตอร์อุณหภูมิ 60 °C 45
รูปที่ 4.24 กราฟแสดงความชื้นกรณีทดลองด้วยแสงอาทิตย์ร่วมกับฮีตเตอร์อุณหภูมิ 60 °C 46
รูปที่ 4.25 กราฟแสดงความเข้มแสงอาทิตย์กรณีทดลองด้วยแสงอาทิตย์ร่วมกับ
ฮีตเตอร์อุณหภูมิ 60 °C 47
รูปที่ 4.26 กราฟเปรียบเทียบความชื้นมาตรฐานแห้งกรณีทดลองด้วยฮีตเตอร์
แสงอาทิตย์ และ แสงอาทิตย์ร่วมกับฮีตเตอร์ 48
รูปที่ 4.27 กราฟเปรียบเทียบพลังงานไฟฟ้ากรณีทดลองด้วยฮีตเตอร์ แสงอาทิตย์ และ
แสงอาทิตย์ร่วมกับฮีตเตอร์ 49

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ ข.1 รายงานการวิจัย NO.1 60
รูปที่ ข.2 รายงานการวิจัย NO.2 60
รูปที่ ข.3 นิทรรศการ NO. 1 61
รูปที่ ข.4 นิทรรศการ NO. 2 61
รูปที่ ข.5 นิทรรศการ NO. 3 62
รูปที่ ข.6 นิทรรศการ NO. 4 62
รูปที่ ข.7 นิทรรศการ NO. 5 63
รูปที่ ข.8 นิทรรศการ NO. 6 63

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ ค.1 ค่าผลการทดลองการอบกระดาษใบสับปะรดโดยใช้พลังงาน
แสงอาทิตย์เพียงอย่างเดียว ครั้งที่ 1 65
ตารางที่ ค.2 ค่าผลการทดลองการอบกระดาษใบสับปะรดโดยใช้พลังงาน
แสงอาทิตย์เพียงอย่างเดียว ครั้งที่ 2 68
ตารางที่ ค.3 ค่าผลการทดลองการอบกระดาษใบสับปะรดโดยใช้พลังงาน
แสงอาทิตย์เพียงอย่างเดียว ครั้งที่ 3 71
ตารางที่ ค.4 ค่าผลการทดลองการอบกระดาษใบสับปะรดโดยใช้ฮีตเตอร์เพียงอย่างเดียว
ที่อุณหภูมิฮีตเตอร์ 50 องศาเซลเซียส 74
ตารางที่ ค.5 ค่าผลการทดลองการอบกระดาษใบสับปะรดโดยใช้ฮีตเตอร์เพียงอย่างเดียว
ที่อุณหภูมิฮีตเตอร์ 55 องศาเซลเซียส 77
ตารางที่ ค.6 ค่าผลการทดลองการอบกระดาษใบสับปะรดโดยใช้ฮีตเตอร์เพียงอย่างเดียว
ที่อุณหภูมิฮีตเตอร์ 60 องศาเซลเซียส 80
ตารางที่ ค.7 ค่าผลการทดลองการอบกระดาษใบสับปะรดโดยใช้ฮีตเตอร์ร่วมกับแสงอาทิตย์
ที่อุณหภูมิฮีตเตอร์ 50 องศาเซลเซียส 83
ตารางที่ ค.8 ค่าผลการทดลองการอบกระดาษใบสับปะรดโดยใช้ฮีตเตอร์ร่วมกับแสงอาทิตย์
ที่อุณหภูมิฮีตเตอร์ 55 องศาเซลเซียส 86
ตารางที่ ค.9 ค่าผลการทดลองการอบกระดาษใบสับปะรดโดยใช้ฮีตเตอร์ร่วมกับแสงอาทิตย์
ที่อุณหภูมิฮีตเตอร์ 60 องศาเซลเซียส 89

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

สัญลักษณ์และคำย่อ	ความหมาย	หน่วย
M_d	ความชื้นมาตรฐานแห้ง	%d.b.
m_w	มวลของผลิตภัณฑ์ชื้น	kg
m_d	มวลของผลิตภัณฑ์แห้ง	kg
M_w	ความชื้นมาตรฐานเปียก	%w.b.

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและความเป็นมาของงานวิจัย

สับปะรด (Pineapple) มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า Ananas comosus(L.) Merr. .(สุชาดา อุชชิน และรุ่งนภา รัตนพาหิระ, 2546) สับปะรดถือว่าเป็นพืชที่มีความสำคัญในอุตสาหกรรมการเกษตรไทย ซึ่งไทยถือเป็นผู้ผลิตรายใหญ่ในตลาดโลกซึ่งในปี 2553 ในช่วงมกราคม-กรกฎาคม มีผลลิต 1.961 ล้านตัน ซึ่งคิด 10 เปอร์เซ็นต์ของทั้งโลก (สำนักส่งเสริมการค้าสินค้าเกษตร, 2553) นอกจากนิยมบริโภคสดแล้วยังสามารถแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ได้หลายชนิด เช่น สับปะรดกระป๋อง น้ำสับปะรด สับปะรดแช่แข็ง สับปะรดกวน สับปะรดอบแห้งและอื่น ๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งอุตสาหกรรมสับปะรดกระป๋อง เปลือกใช้เป็นอาหารสัตว์ ใบใช้ทำเส้นใยและกระดาษปัจจุบัน ซึ่งทำรายได้เข้าประเทศกว่าหนึ่งหมื่นล้านบาทต่อปี ทำให้มีการปลูกเพิ่มมากขึ้นและมีปริมาณผลผลิตในประเทศมากขึ้นกว่าปี 2552 ร้อยละ 3.2 เนื่องจากราคาสับปะรดมีราคาดีทำให้เกษตรกรนิยมปลูกสับปะรดแทนมันสำปะรังและข้าวโพด โดยเฉพาะอย่างยิ่งในจังหวัดประจวบคีรีขันธ์เป็นจังหวัดที่มีพื้นที่การปลูกสับปะรดเป็นจำนวนมาก ซึ่งถือเป็นอาชีพหลักของเกษตรกรในจังหวัด ซึ่งหลงจากเกษตรกรได้เก็บเกี่ยวผลผลิตเพื่อป้อนเข้าสู่โรงงาน แล้วจะมีการใช้รถไถสับฟันใบสับปะรดทิ้งเป็นจำนวนมากเป็นการสูญเสียโดยเปล่าประโยชน์ เกษตรกรจะเผาทำลายเพื่อเตรียมการเพาะปลูกในรอบต่อไป

ดังนั้นทางสำนักงานเกษตรจังหวัดประจวบคีรีขันธ์ พบว่าใบสับปะรดเป็นพืชที่มีเส้นใยใบปริมาณมากพอควรเมื่อเปรียบเทียบกับต้นปอสาซึ่งนำมาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์หัตถกรรมกระดาษสาที่นิยมอยู่ในปัจจุบัน จึงได้มีการส่งเสริมการทำกระดาษจากใบสับปะรดในระดับชุมชนเพื่อเป็นการส่งเสริมเกษตรกรให้มีรายได้เพิ่มอีกด้วย และยังส่งเสริมให้เป็นสินค้าหนึ่งตำบลหนึ่งผลิตภัณฑ์ของจังหวัด จากการเข้าไปศึกษาการทำกระดาษจากใบสับปะรดของกลุ่มแม่บ้านเกษตรกรบ้านหนองหอย อ.ปราณบุรีดังรูปที่ 1 และศูนย์หัตถกรรมกระดาษสับปะรดปราณบุรี หนองตาแต้ม อ.ปราณบุรี ซึ่งเกษตรกรหรือกลุ่มแม่บ้านนำมาเพื่อมูลค่าในรูปแบบต่างๆ ดอกไม้ดังรูปที่ 2 การ์ดอวยพร กล่องของขวัญ กล่องใส่กระดาษโน้ต แฟ้มเอกสาร อัลบั้มใส่รูป เชือก โคมไฟ และอื่นๆ กระบวนการทำกระดาษใบสับปะรดนั้นมีหลายขั้นตอน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในส่วนขั้นตอนการอบแห้งกระดาษหลังจากผ่านขั้นตอนทั้งหมดแล้ว ซึ่งต้องใช้เวลาในการอบแห้งโดยใช้แสงแดดตามธรรมชาติอย่างน้อย 2-3 วัน หรือมากกว่าหากไม่มีแสงแดดตามธรรมชาติดังรูปที่ 3 และที่สำคัญจะมีเศษสิ่งสกปรกต่างๆ และเชื้อโรค ไม่ว่าจะเป็นมูลสัตว์ปีกและเศษฝุ่น ลงสู่กระดาษได้

จากเหตุผลดังกล่าว ผู้วิจัยจึงออกแบบและสร้างเครื่องอบกระดาษใบสับปะรด เพื่อให้เกษตรกรประหยัดแรงงานในการผลิตกระดาษและประหยัดเวลาในการตากกระดาษ และเอาเวลาที่เหลือมาทำผลิตภัณฑ์จากกระดาษใบสับปะรดโดยการพัฒนาให้สามารถความคุมอุณหภูมิในเครื่องอบ

ให้มีอุณหภูมิเหมาะสมอย่างสม่ำเสมอ เพิ่มพัดลมเพิ่มระบายความร้อนเมื่อความร้อนในสิ่งแวดล้อมสูงเกินไปและยังเป็นไล่ความชื้นในเครื่องอบ

รูปที่ 1.1 ป้ายกลุ่มแม่บ้านเกษตรกร

รูปที่ 1.2 ผลิตภัณฑ์จากกระดาษใบสับปะรด

รูปที่ 1.3 วิธีอบกระดาษแบบวิธีกลุ่มแม่บ้านเกษตรกร

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อพัฒนาเครื่องอบกระดาษใบสับปะรดพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับฮีตเตอร์

1.2.2 เพื่อลดเวลาในการอบกระดาษและผลิตกระดาษได้ปริมาณมากขึ้น

1.2.3 เพื่อศึกษาอุณหภูมิที่เกิดขึ้นในเครื่องอบ

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1.3.1 สร้างเครื่องอบกระดาษใบสับปะรดสามารถควบคุมอุณหภูมิได้

1.3.2 อบกระดาษที่มีขนาดมิติไม่เกิน 100 x 50 เซนติเมตร

1.3.2 อบกระดาษครั้งละ 30 แผ่นใช้เวลาไม่เกิน 5 ชั่วโมงในการอบ

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 ได้เครื่องอบกระดาษใบสับปะรดเพื่อแก้ปัญหาการอบกระดาษใบสับปะรดสำหรับชุมชน

1.4.2 เป็นองค์ความรู้เรื่องการอบกระดาษใบสับปะรดเพื่อลดเวลาในการอบกระดาษและผลิตกระดาษได้ปริมาณมากขึ้นสู่ชุมชน

1.4.3 เป็นองค์ความรู้ด้านอุณหภูมิที่จะทำให้กระดาษที่ได้จากการอบมีคุณภาพเดียวกัน

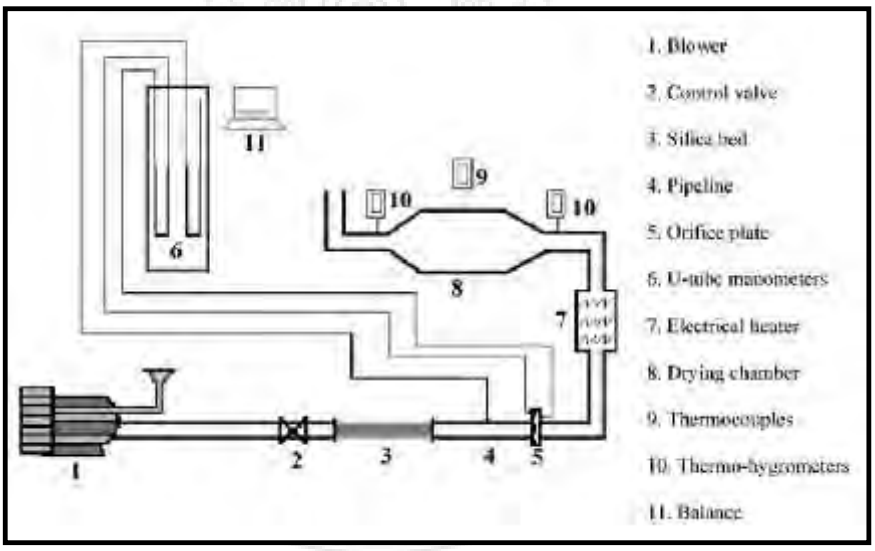
1.4.4 จัดการถ่ายทอดเทคโนโลยีให้กับชุมชน

บทที่ 2

วรรณกรรมและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 วรรณกรรมและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

M.G.A. Vieira และ S.C.S. Rocha (2550) ได้สร้างในเครื่องอบแห้งแบบพาความร้อนดังรูปที่ 2.1 และในสภาพแวดล้อมตามธรรมชาติ โดยศึกษาสมบัติทางกายภาพของกระดาษ(ปริมาณความชื้น, grammage, ความหนา, ความหนาแน่นชัดเจนและแน่นอน, ความพรุน, ยืด, ต้านทานแรงระเบิดและความมั่นคงมิติและการดูดซึมน้ำ) ซึ่งพบว่าได้รับการพิจารณาและอิทธิพลของอุณหภูมิอากาศอบแห้งที่มีต่อคุณภาพและความเร็วสุดท้ายของกระดาษแห้ง, เกี่ยวกับคุณสมบัติเหล่านี้ได้จากการวิเคราะห์และเมื่อเทียบกับกระดาษอบแห้งที่เงื่อนไขสภาพแวดล้อมทางธรรมชาติ โดยใช้หลักการของแสงและกล้องจุลทรรศน์อิเล็กทรอนิคส์ ในการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างบนพื้นผิวกระดาษหลังจากการอบแห้ง การเพิ่มขึ้นของตัวแปรทั้งสองตัว(อุณหภูมิและความเร็วลม) เพิ่มอัตราการอบแห้ง แต่ถ้ามีอุณหภูมิสูงและความเร็วลมสูงจะทำให้คุณภาพกระดาษจะไม่สม่ำเสมอและผิวแห้งเกินไป



รูปที่ 2.1 เครื่องอบแห้งแบบพาความร้อน

2.1.1 การวิจัยเกี่ยวการอบแห้งโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์แบบผสมผสานในไทยและต่างประเทศ

ไพโรจน์ คีรีรัตน์ และคณะ (2549) ได้วิจัยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสมผสานชนิดอุโมงค์ ซึ่งใช้อิฐเป็นตัวเก็บกักความร้อนจากการเผาไหม้ไม้ฟืน เป็นอุปกรณ์ที่ใช้อบแห้งผลิตผลทางการเกษตรโดยอาศัยพลังงานหมุนเวียนทั้งหมด สามารถใช้ได้ตลอดเวลาอย่างต่อเนื่อง จาก

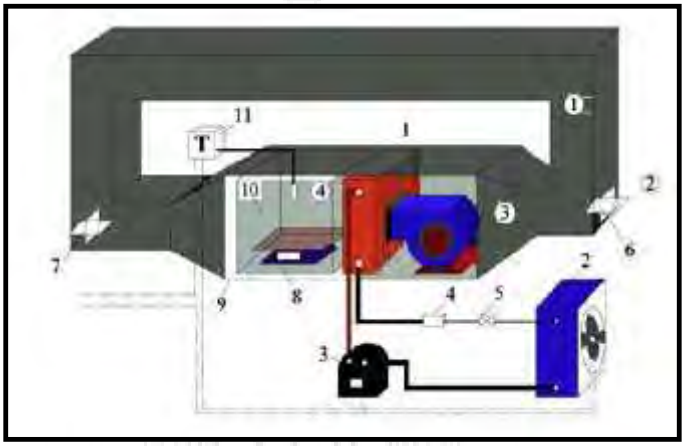
การทดลองอบพริกขี้หนู พบว่าเมื่อใช้แสงอาทิตย์เพียงอย่างเดียวพริกจะแห้งอย่างทั่วถึงภายใน 15 ชั่วโมง 2วัน โดยอุณหภูมิเฉลี่ยในตู้อบมีค่าประมาณ44-59°C เมื่อใช้พลังงานแสงอาทิตย์ผสมผสานกับความร้อนจากการเผาไม้ฟืน พบว่าการใช้พลังงานแสงอาทิตย์ 9 ชั่วโมง และความร้อนจากไม้ฟืนอีก 12 ชั่วโมง ทำให้พริกที่ตำแหน่งด้านหน้าของเครื่องซึ่งอยู่ใกล้เตาเผาแห้งอย่างทั่วถึง แต่พริกที่อยู่ใกล้ทางระบายอากาศออกจากตู้อบยังไม่แห้งสนิททั้งนี้เนื่องมาจากอุณหภูมิที่ต่ำกว่า ดังนั้นจำเป็นต้องมีการสลับถาดเพื่อให้พริกแห้งอย่างทั่วถึงในเวลาใกล้เคียงกัน

กุลยศ สุวันทโรจน์ (2549) ศึกษาออกแบบและสร้างตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสมผสานเพื่อให้ตู้อบสามารถใช้งานร่วมกับชุดทำความร้อนได้อย่างมีประสิทธิภาพลักษณะของชุดตู้อบโครงสร้างของตู้อบทำจากอลูมิเนียมขนาด กว้าง 60 cm ยาว 60 cm สูง 80 cmกล่องตู้อบภายในเคลือบสีดำ ผนังด้านข้างมีแผงป้องกันการสูญเสียความร้อนทำจากไม้หุ้มด้วยแผ่นอลูมิเนียม ด้านบนปิดครอบด้วยกระจกใส ลิ้นชักตะแกรงวางผลิตภัณฑ์และลิ้นชักกระบะใส่วัตถุดูดเก็บความร้อนสามารถเลื่อนเข้าออกทางด้านหน้าได้ แผ่นสะท้อนแสงด้านบนทำจาก กระจกเงาพลาสติกอัดกรอบอลูมิเนียมจำนวน 2 แผ่นเลนส์รวมแสงดัดแปลงจากแผ่นกรองแสงโทรทัศน์จะรวมแสงส่องไปยังแผ่นสะท้อนด้านล่าง เพื่อให้ความร้อนแก่กล่องเก็บความร้อนมากขึ้นและสามารถนำความร้อนนั้นไปใช้อบผลิตภัณฑ์ที่ต้องการ

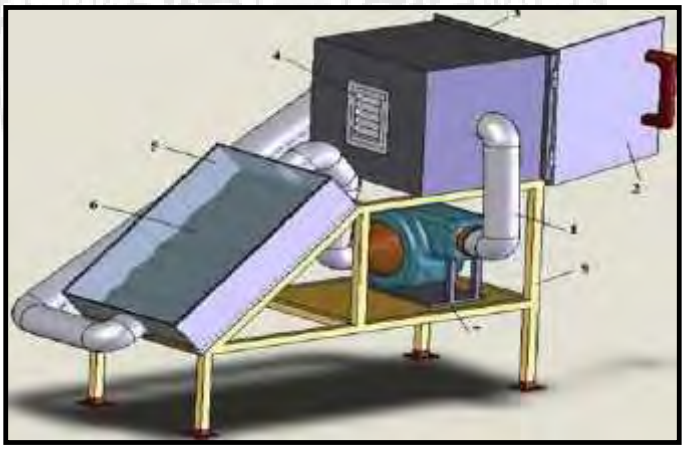
S. Boughali และคณะ (2552) ศึกษาออกแบบและสร้างเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสมผสานต้นแบบสำหรับผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรดังรูปที่ 2.2 โดยให้มีการอัตราการไหลเชิงมวลของอากาศ ระหว่าง 0.04 และ 0.08 kg/m2 s การทดสอบการทดลองที่มีและไม่มีโหลดได้ดำเนินการในฤดูหนาวเพื่อศึกษาพฤติกรรมความร้อนของเครื่องเป่าและผลของการอัตราการไหลเชิงมวลของอากาศสูง เพื่อหาประสิทธิภาพการอบแห้ง ส่วนการใช้ของพลังงานไฟฟ้าและพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกันโดยนำ มะเขือเทศฝานเป็นชิ้นๆเป็นโหลดเพื่อศึกษากับอุณหภูมิที่แตกต่างกันและความเร็วของอากาศแห้ง ที่สิ่งผลอิทธิพลของตัวแปรเหล่านี้ในปริมาณความชื้นออกจากผลิตภัณฑ์และในจลนพลศาสตร์การอบแห้ง

รูปที่ 2.2 เครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสมผสาน

Mustafa Aktas และคณะ (2552) ได้ศึกษา การออกแบบและผลิต โดยเปรียบเทียบเครื่องอบแห้งระหว่างปั๊มความร้อนดังรูปที่ 2.3 กับพลังงานแสงอาทิตย์ ดังรูปที่ 2.4 วิเคราะห์การทดลองโดยการอบแห้งแอปเปิ้ลและเปรียบเทียบทำระหว่างสอง แอปเปิ้ลถูกหั่นหนา 4 mm หนาและถูกทำให้แห้งจาก 4.8 (g น้ำ / g มวลแห้ง) ความชื้น 0.18 (g น้ำ / g มวลแห้ง) ที่ความเร็วลมเชิงมวล 3.3 kg/m^2s-2.4 kg/m^2s ใช้เวลา 3.5 h พบว่าการแพร่กระจายความชื้นมีผลบังคับใช้พบว่า 2.36 × 108 m2 / s ในเครื่องอบแห้งปั๊มความร้อน และ 1.03 × 108 m^2 / s ในเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ ดังรูปที่ 2.4 ซึ่งสรุปว่าในเวลากลางวันควรใช้พลังงานแสงอาทิตย์ ส่วนตอนกลางคืนควรใช้แบบปั๊มความร้อน และหากวิจัยพัฒนาเพิ่มขึ้นควรนำทั้งสองเครื่องมาอยู่ในเครื่องเดียวกันจะดีที่สุด



รูปที่ 2.3 เครื่องอบแบบปั๊มความร้อน



รูปที่ 2.4 เครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์

2.2 การอบแห้ง (Drying) (วิวัฒน์ ตัณฑะพานิชกุล และคณะ , 2548)

การอบแห้งคือ กระบวนการที่ความร้อนถูกถ่ายเทด้วยวิธีใดวิธีหนึ่ง ไปยังวัสดุที่มีความชื้น เพื่อไล่ความชื้นนอกโดยการระเหย โดยอาศัยความร้อนที่ได้รับเป็นความร้อนแฝงของการระเหย สิ่งสำคัญในการอบแห้งคือ การทำให้เกิดการถ่ายเทความร้อนไปยังวัสดุอบแห้งอย่างมีประสิทธิภาพโดยใช้วีการต่างๆ เพื่อให้ความชื้นของวัสดุนั้นมีค่าลดลง

โดยทั่วไปแล้วปริมาณของน้ำที่มีอยู่ในวัสดุอบแห้ง มักจะถูกนิยามในรูปของอัตราส่วนของน้ำในวัสดุต่อมวลทั้งหมดของวัสดุหรือเรียกกันว่าน้ำหนักเปียก นั่นคือใช้มวลของวัสดุขึ้นเป็นมาตรฐานของการคำนวณความชื้น แต่บางครั้งการใช้น้ำหนักเปียกในการคำนวณนั้นในแต่ละวันความชื้นในวัสดุมีค่าไม่เท่ากันอาจทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนได้จึงอาจใช้เป็นน้ำหนักแห้งของวัสดุแทนได้แล้วแต่ผู้ทำการคำนวณจะเลือกใช้

การถนอมอาหารในปัจจุบันใช้วิวัฒนาการทางเทคโนโลยี เพื่อการปรับปรุงวัตถุดิบจำนวนมากพร้อมๆ กันเพื่อเป็นผลิตภัณฑ์อาหารสำเร็จรูปหรือกึ่งสำเร็จรูป หรือปรับปรุงวิธีถนอมอาหารสมัยโบราณให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพดีขึ้น ทั้งในด้านความสะอาด สี กลิ่น รส เนื้อสัมผัส และยืดอายุการเก็บอาหารนั้นให้ได้ยาวนาน

เทคโนโลยีการถนอมผลิตผลพืชสมุนไพรต้องอาศัยความรู้ทางวิทยาศาสตร์พื้นฐาน ได้แก่ เคมี ฟิสิกส์ ชีววิทยา คณิตศาสตร์ และสถิติ ควบคู่กับความรู้ในการแปลรูปผลิตผลการเกษตรให้เป็นผลิตภัณฑ์ชนิดใหม่ หรือปรับปรุงของเดิมให้ดียิ่งขึ้นทั้งในลักษณะที่มองเห็นหรือสัมผัสได้ เช่น สี กลิ่น ความนุ่ม ความเหนียว เป็นต้น

การถนอมอาหาร โดยหลักใหญ่คือ การทำลายหรือฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ที่มีอยู่หรืออาจเกิดขึ้นในอาหาร และทำให้เกิดการเน่าเสียให้หมดไป ปัจจุบันผลิตผลพืชสมุนไพรมีมากขึ้นและประชากรมากขึ้นจึงได้มีการศึกษาค้นคว้าและการทดลองใช้เทคโนโลยี เพื่อถนอมผลิตผลทางพืชสมุนไพรให้สามารถเก็บไว้ได้นาน ซึ่งกรรมวิธีการถนอมอาหารที่ใช้กันมากในปัจจุบันคือ

1. การถนอมอาหารโดยใช้ความร้อนสูง เช่น ผลิตภัณฑ์อาหารกระป๋อง
2. การถนอมอาหารโดยใช้ความเย็น เช่น ผลิตภัณฑ์อาหารเยือกแข็ง
3. การถนอมอาหารโดยการทำให้แห้ง เช่น ปลาเค็ม กาแฟผง ยาสมุนไพร
4. การถนอมอาหารโดยการหมักดอง เช่น ซีอิ้ว น้ำส้มสายชู
5. การถนอมอาหารโดยใช้รังสี เช่น หัวหอมใหญ่

หลักในการทำอาหารให้แห้งคือจะต้องไล่น้ำหรือความชื้นที่มีอยู่ในผลิตผลพืชสมุนไพรออกไปแต่ยังมีความชื้นเหลืออยู่ในผลิตภัณฑ์มากน้อยแล้วแต่ชนิดของพืช

2.2.1 อัตราการอบแห้ง

1) ช่วงการให้ความร้อนเบื้องต้นแก่วัตถุดิบ

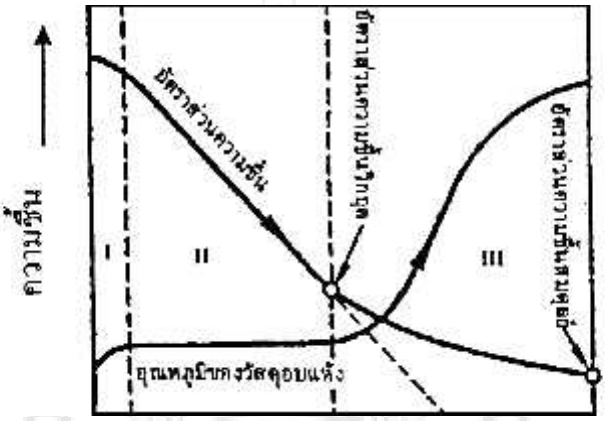
ที่ผิวของวัตถุดิบที่เปียกชื้น ความชื้นผิวจะอยู่ในรูปแบบของน้ำถ้านำเอาวัตถุดิบมาอบแห้งภายใต้เงื่อนไขคงที่ อุณหภูมิของวัตถุดิบจะมีค่าใกล้เคียงกับอุณหภูมิกระเปราะเปียก (Wet bulb temperature) ของกระแสลมร้อน ช่วงเวลาวัตถุดิบใช้ในการเพิ่มอุณหภูมิจนถึงค่านี้ คือ ช่วงการให้ความร้อนเบื้องต้นแก่วัตถุดิบ

2) ช่วงการอบแห้งในช่วงอัตราคงที่

ช่วงที่อัตราการอบแห้งคงที่จะมีปริมาณความชื้นเริ่มลดลงอย่างมากด้วยอัตราคงที่และอุณหภูมิคงที่ ขั้นตอนในการอบแห้งนี้ จะเกิดขึ้นกับผลิตที่อุณหภูมิกระเปราะเบียกของอากาศ อัตราการกำจัดความชื้นจากผลผลิตหรือภายในผลผลิต อัตราการอบแห้งจะดำเนินการต่อไปขณะการเคลื่อนที่ของความชื้นไปยังผิวการระเหยเกิดขึ้นได้รวดเร็วกว่าการระเหยที่เกิดที่ผิว

3) ช่วงการอบแห้งในช่วงอัตราลดลง

เมื่อมีการอบแห้งวัสดุที่เปียกชื้นภายใต้เงื่อนไขของการอบแห้งที่คงที่ เช่น กรณีที่วางวัสดุเปียกชื้นภายในกระแสลมปริมาณมากที่อุณหภูมิความชื้นและความเร็วลมคงที่ ถ้าวัดการเปลี่ยนแปลงมวลและอุณหภูมิของวัสดุอบแห้งนี้กับเวลา จะได้เส้นกราฟคล้ายคลึงกับรูปที่ 2.5 ซึ่งเรียกว่าเส้นลักษณะเฉพาะของการอบแห้ง (Drying characteristic curve)



รูปที่ 2.5 ช่วงต่างๆ ในการอบแห้ง

ช่วงที่ I และ ช่วงที่ II หลังจากที่ความชื้นลดลงถึงปริมาณความชื้นวิกฤต กระบวนการอบแห้งจะดำเนินไปในอัตราลดลง เนื่องจากการระเหยเกิดขึ้นด้วยอัตราลดลง ดั้งนั้นหลังจากถึงจุดปริมาณความชื้นวิกฤตแล้ว อัตราการอบแห้งจะลดลงด้วยความสัมพันธ์เป็นเส้นตรงกับปริมาณความชื้นที่ลดลง บางผลผลิตอาจมีช่วงอัตราลดลงซึ่งจะสังเกตเห็นอัตราการอบแห้งลดลงช่วงที่ II หรือ IIIในช่วงอัตราลดลงพื้นที่ผิวอิ่มตัวจะลดลง ทั้งนี้เนื่องจากการเคลื่อนที่ของความชื้นภายในผลผลิตไม่เพียงพอต่อการระเหยที่ผิว ดั้งนั้นอัตราการอบแห้งจึงลดลงขณะที่พื้นผิวไม่อิ่มตัวเพิ่มขึ้น

โดยทั่วไปความชื้นที่ผิวของวัสดุที่เปียกชื้นจะอยู่ในรูปของน้ำ ถ้านำวัสดุนี้มาอบแห้งภายใต้เงื่อนไขที่คงที่ อุณหภูมิของวัสดุจะมีค่าใกล้เคียงกับอุณหภูมิกระเปาะเปียกของกระแสมร้อนช่วงเวลาที่วัสดุใช้ในการเพิ่มอุณหภูมิจนถึงค่านี้คือ ช่วงที่ 1 ในรูปที่ 2.9 ส่วนช่วงที่ 2 อุณหภูมิของวัสดุจะมีค่าคงที่ประมาณอุณหภูมิกระเปาะเปียก ตราบใดที่ยังมีความชื้นเหลืออยู่ในรูปของน้ำที่ผิววัสดุ ความร้อนทั้งหมดที่วัสดุได้รับในช่วงนี้จะถูกใช้ในการระเหยความชื้นเท่านั้น ดังเห็นได้จากรูปอัตราส่วนความชื้นเฉลี่ยของวัสดุจะลดลงเป็นสัดส่วนกับเวลาในช่วงที่ 2 นี้ ดังนั้นความเร็วของการระเหยจะมีค่าคงที่ ในช่วงที่ 3 ความชื้นในรูปของน้ำที่ผิวของวัสดุจะระเหยหมดไปเพราะการถ่ายเทความชื้นในรูปของน้ำจากส่วนในของวัสดุ เกิดขึ้นไม่ทันกับการระเหยของน้ำจากผิวของวัสดุ ดังนั้นผิวของวัสดุจะอยู่ในสภาพที่แห้งและอุณหภูมิของวัสดุจะเริ่มสูงขึ้น

สรุปแล้วความเร็วของการอบแห้งจะค่อยๆ ลดลง เพราะนอกจากปริมาณความร้อนที่วัสดุได้รับจะลดลงแล้ว ยังต้องใช้ความร้อนนี้ในการระเหยความชื้นและเพิ่มอุณหภูมิของวัสดุ ด้วยการอบแห้งจะสิ้นสุดลงเมื่ออัตราส่วนความชื้นลดลงถึงค่าอัตราส่วนความชื้นสมดุล ค่าของอัตราส่วนความชื้นเฉลี่ยที่จะต่อระหว่างช่วงที่ 2 และช่วงที่ 3 เรียกว่า อัตราส่วนความชื้นวิกฤตผลต่างระหว่างอัตราส่วนความชื้นเฉลี่ยใดๆ และอัตราส่วนความชื้นวิกฤตเรียกว่า อัตราส่วนความชื้นอิสระซึ่งได้แก่ปริมาณความชื้นที่ระเหยออกไปได้โดยการอบแห้ง ในกรณีของวัสดุที่มีช่วงที่ 2 และช่วงที่ 3 ยาวนานมาก จะไม่คำนึงถึงผลช่วงที่ 1 ก็ได้ ส่วนในกรณีของวัสดุที่ไม่เปียกชื้นหรือในกรณีของวัสดุที่มีลักษณะเฉพาะบางชนิด อาจไม่มีช่วงที่ 2 เลยก็ได้

เงื่อนไขของการอบแห้งอาจแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทคือ เงื่อนไขภายนอกวัสดุที่ก่อให้เกิด การอบแห้งและเงื่อนไขภายในตัววัสดุเอง เงื่อนไขภายนอกจะเกี่ยวข้องกับวิธีถ่ายเทความร้อนไปยังวัสดุและวิธีกำจัดไอน้ำที่ระเหยออกมา ส่วนเงื่อนไขภายในได้แก่ องค์ประกอบ รูปทรง อัตราส่วนความชื้น และอัตราส่วนความชื้นสมดุลของวัสดุอบแห้ง เป็นต้น

2.2.2 การคำนวณหาความชื้นในผลผลิต

โดยทั่วไปแล้วปริมาณของน้ำที่มีอยู่ในผลผลิตที่นำมาทำการอบแห้งจะอยู่ในรูปของอัตราส่วนของน้ำต่อมวลทั้งหมด ใช้มวลของผลผลิตที่ชื้น เป็นมาตรฐานของการคำนวณความชื้น แต่ในกระบวนการอบแห้งนั้น มวลของผลผลิตที่ชื้นจะเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา ดังนั้นการใช้มวลของผลผลิตที่แห้งเป็นมาตรฐานจะสะดวก และเหมาะสมกับการหาความชื้นของผลผลิตที่นำมาผ่านกระบวนการอบแห้งมากกว่า

2.2.3 การคำนวณหาความชื้นมาตรฐานแห้ง

ความชื้นมาตรฐานแห้งนี้เป็นที่นิยมใช้กันในการวิเคราะห์ของกระบวนการอบแห้งทางทฤษฎี เพราะช่วยให้การคำนวณสะดวกขึ้น ซึ่งเป็นเพราะมวลของวัสดุแห้งจะมีค่าคงที่หรือเกือบคงที่ระหว่างการอบแห้ง เหตุที่เกือบจะคงที่เป็นเพราะผลผลิตทางเกษตรเป็นสิ่งมีชีวิต มีการหายใจ ดังนั้นจึงดังนั้นเราสามารถหาความชื้นมาตรฐานแหงได้ตามสมการมีการเผาผลาญสารอาหาร ทำให้มวลแห้งมีโอกาสลดลงได้ ส่วนใหญ่แล้วมวลแห้งจะลดลงเล็กน้อย

$$M_d = \frac{m_w - m_d}{m_d} \times 100 \qquad (2.1)$$

เมื่อ M_d คือ ความชื้นมาตรฐานแห้ง (%d.b.)

m_w คือ มวลของผลผลิตชื้น (kg)

m_d คือ มวลของผลผลิตแห้ง (kg)

2.4.4 การคำนวณหาความชื้นมาตรฐานเปียก

การบอกค่าความชื้นก็คือการบอกปริมาณของน้ำที่มีอยู่ในผลผลิต สามารถบอกได้เป็นความชื้นมาตรฐานเปียก

$$M_w = \frac{m_w - m_d}{m_w} \times 100 \qquad (2.2)$$

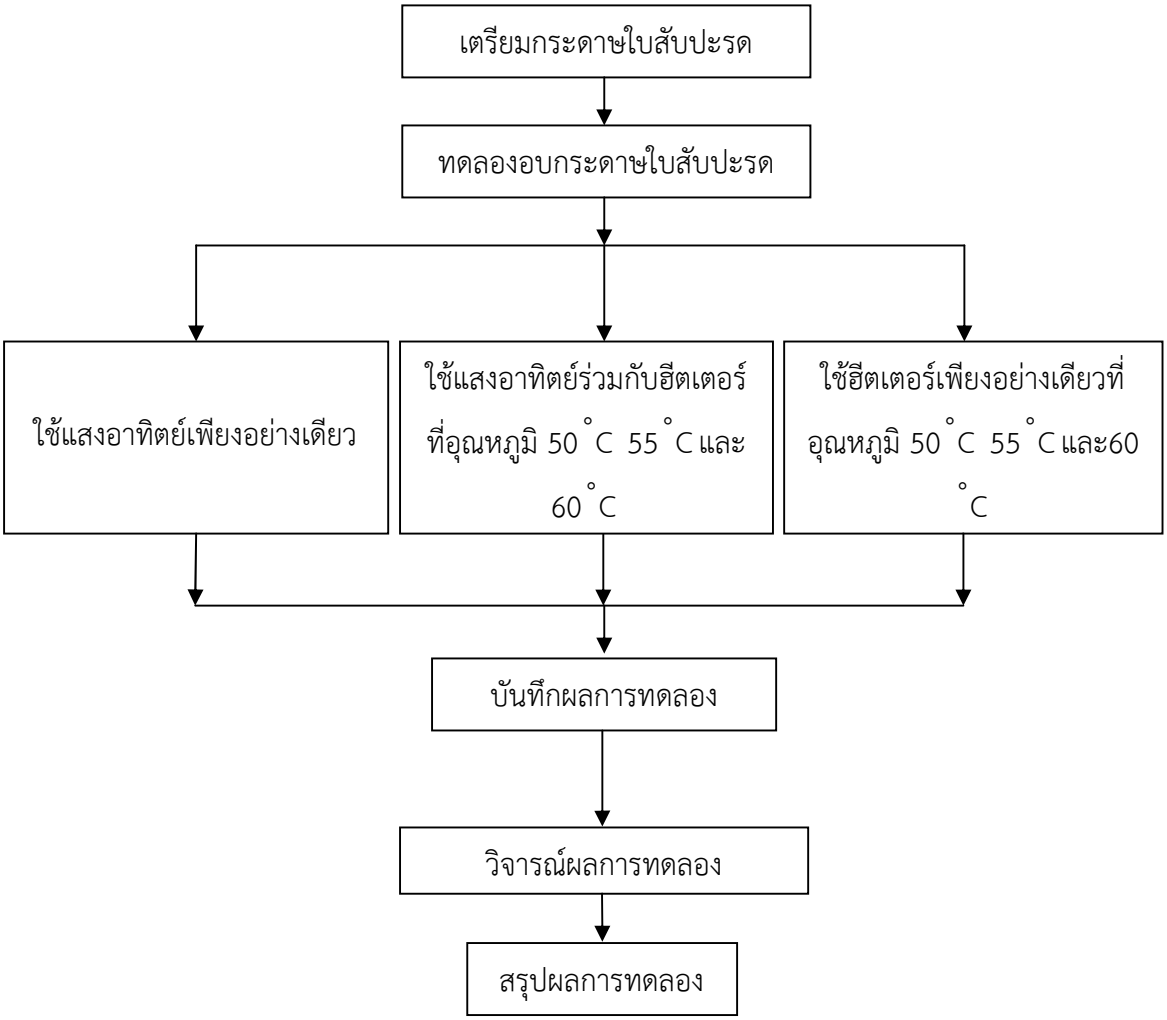
เมื่อ M_w คือ ความชื้นมาตรฐานเปียก (%w.b.)

m_w คือ มวลของผลผลิตชื้น (kg)

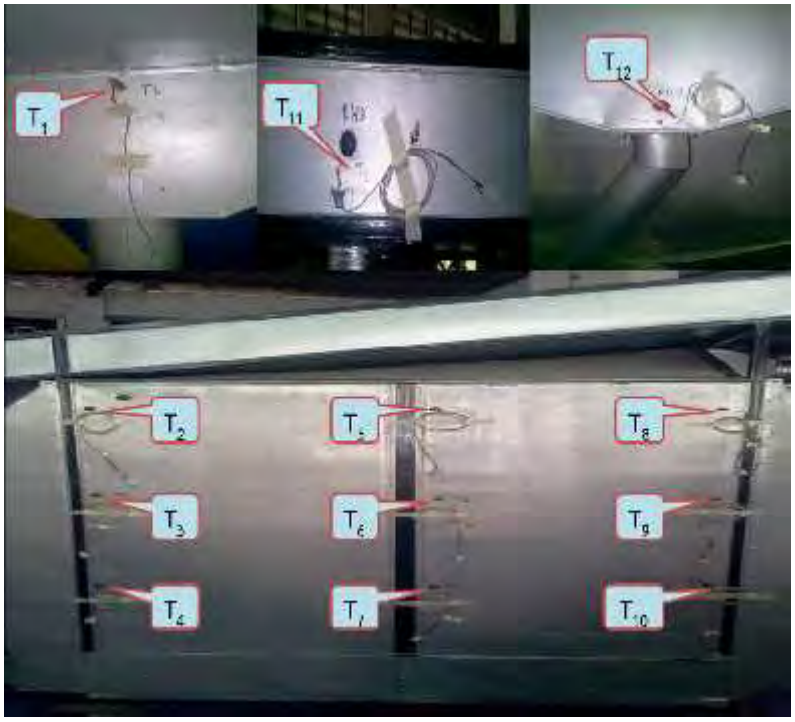
m_d คือ มวลของผลผลิตแห้ง (kg)

CEM

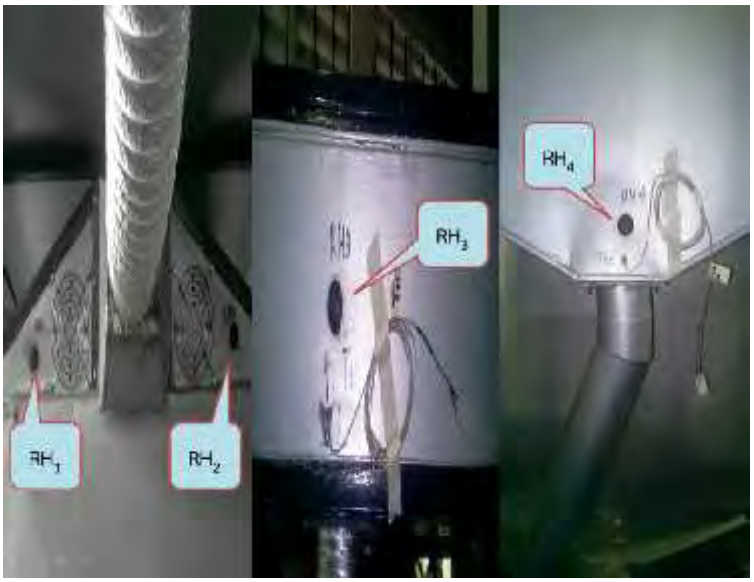
WATT-HOUR METER
No.


เตรียมกระดาษใบสับปะรด
ทดลองอบกระดาษใบสับปะรด
ใช้แสงอาทิตย์เพียงอย่างเดียว
ใช้แสงอาทิตย์ร่วมกับฮีตเตอร์ ที่อุณหภูมิ 50 °C 55 °C และ 60 °C
ใช้ฮีตเตอร์เพียงอย่างเดียวที่ อุณหภูมิ 50 °C 55 °C และ60 °C
บันทึกผลการทดลอง
วิจารณ์ผลการทดลอง
สรุปผลการทดลอง

รูปที่ 3.21 เครื่องอบกระดาษใบสับปะรดพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับฮีตเตอร์



รูปที่ 3.22 ตำแหน่งเซนเซอร์วัดอุณหภูมิ



รูปที่ 3.23 ตำแหน่งเซนเซอร์วัดความชื้น

บทที่ 4

ผลการวิจัยและการวิจารณ์

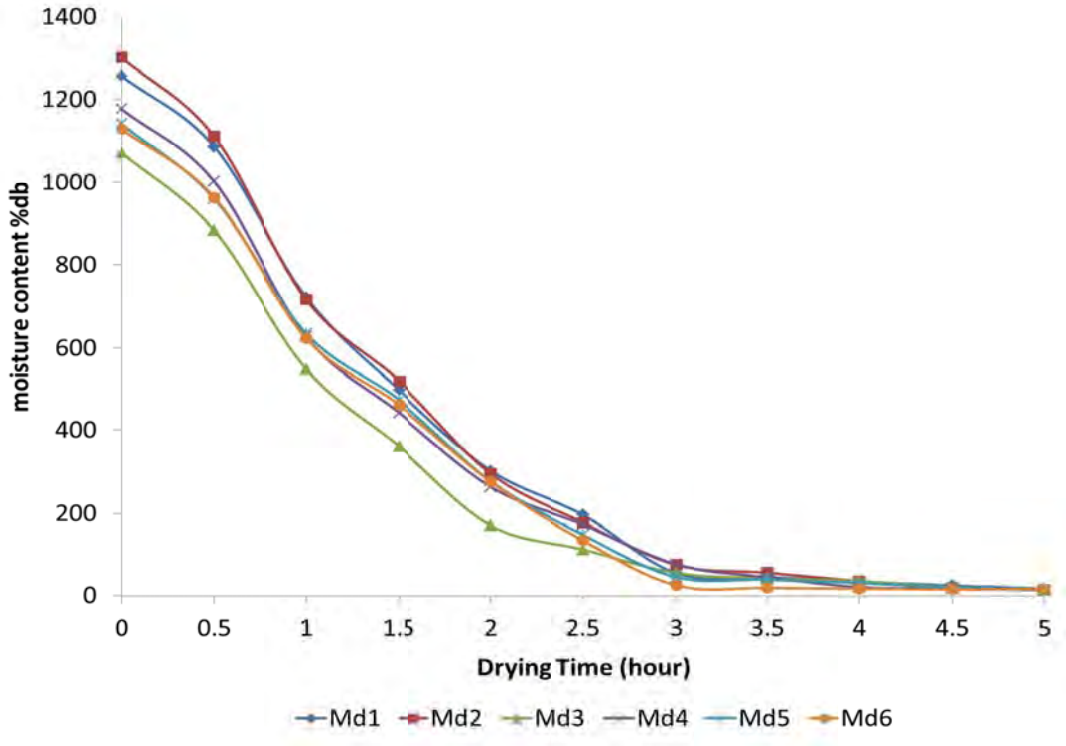
4.1 ผลการทดลองกรณีใช้ฮีตเตอร์เพียงอย่าเดียว โดยมีเงื่อนไขการทดลองดังนี้

4.1.1 ทดลองโดยตั้งอุณหภูมิฮีตเตอร์ ที่อุณหภูมิ 50 °C 55 °C และ 60 °C

4.1.2 อัตราการไหลของลมร้อนที่เข้าตู้อบคงที่ เท่ากับ 0.138 m^3/s

4.1.3 ทดลองอบ 5 ชั่วโมง โดยเริ่มจากเวลา 10.00 น. ถึง 15.00 น.

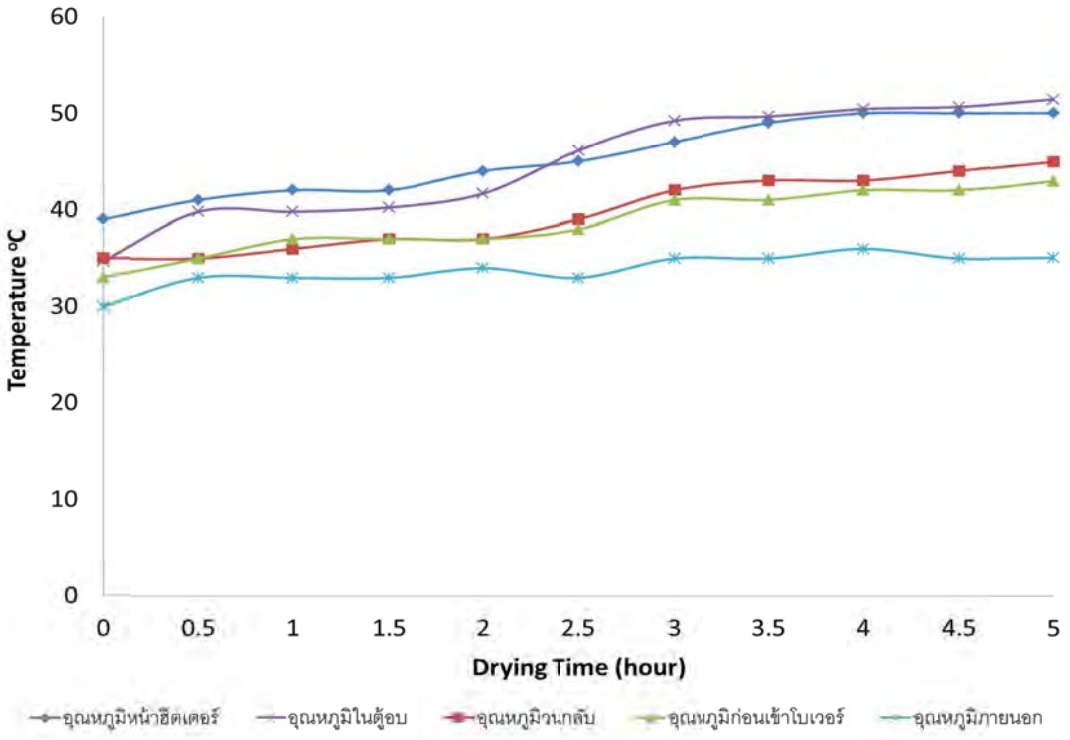
4.1.4 ทดลองในร่มหรือบริเวณที่ไม่มีแสงอาทิตย์



รูปที่ 4.1 กราฟแสดงความชื้นมาตรฐานแห้งกรณีทดลองด้วยฮีตเตอร์อุณหภูมิ 50 °C

จากรูปที่ 4.1 กราฟแสดงความชื้นมาตรฐานแห้งกรณีทดลองด้วยฮีตเตอร์เพียงอย่างเดียว ที่อุณหภูมิฮีตเตอร์ 50 °C โดยใช้ผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร คือ ใบสับปะรด จำนวน 30 ตะแกรง น้ำหนักโดยเฉลี่ยตะแกรงละ 845.97 กรัม ใช้ระยะเวลาอบ 5 ชั่วโมงอัตราการไหลของลมที่เข้าตู้อบ

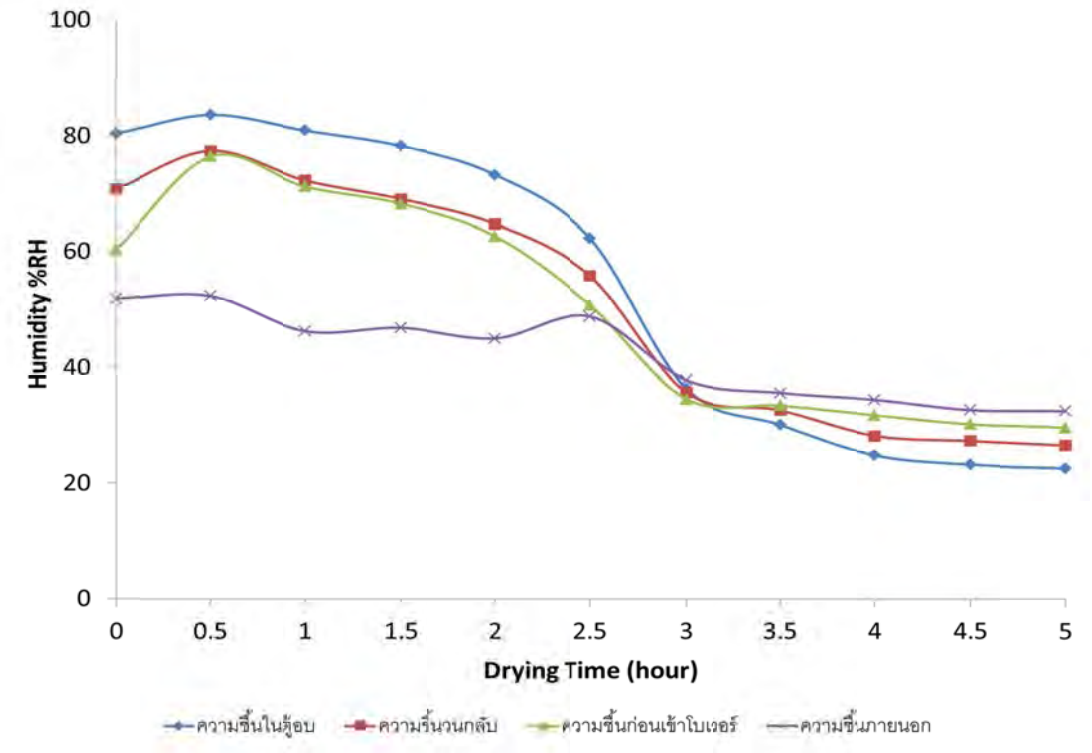
0.138 m^3/s และเก็บข้อมูลทุก ๆ 30 นาที จากตัวอย่างทั้ง 6 แผ่น ความชื้นมาตรฐานแห้งเริ่มต้นเฉลี่ยอยู่ที่ 1179.48 %db และลดลงมาจนมีความชื้นมาตรฐานแห้งเท่ากับ 55.5 %db ในชั่วโมงที่ 3 และลดลงจนต่ำสุดที่ 14.76 %db ในชั่วโมงที่ 5 จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่า ผลิตภัณฑ์เริ่มแห้งในชั่วโมงที่ 3 และมาแห้งหมดทั้ง 30 แผ่น ในชั่วโมงที่ 5



รูปที่ 4.2 กราฟแสดงอุณหภูมิกรณีทดลองด้วยฮีตเตอร์อุณหภูมิ 50 °C

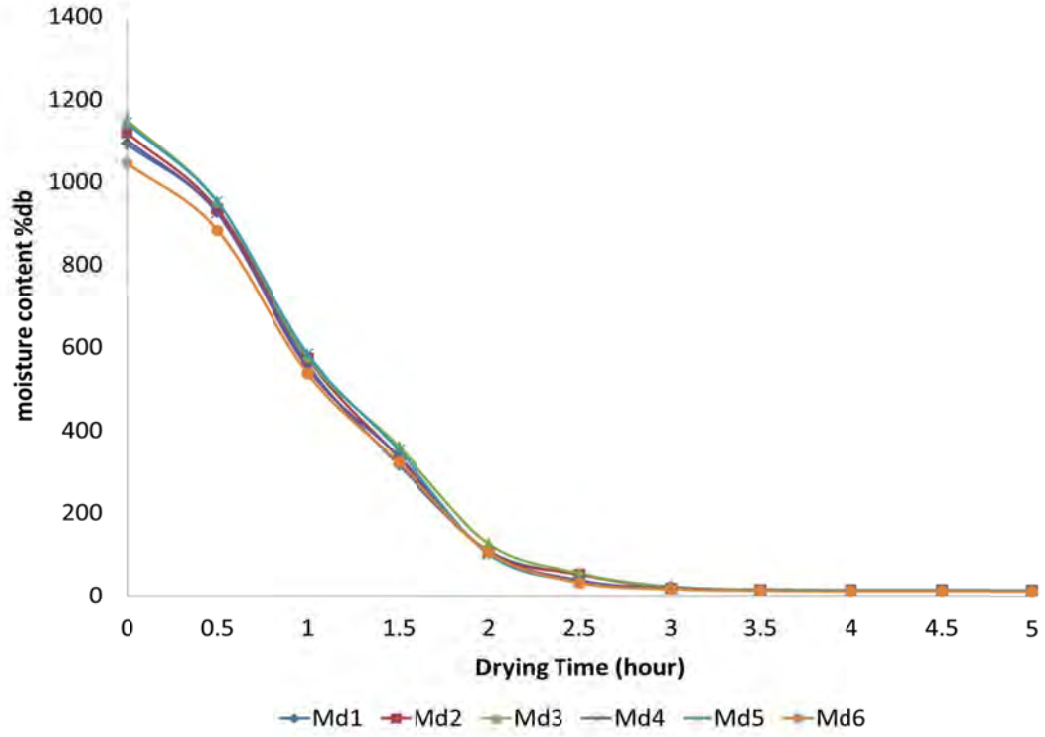
จากรูปที่ 4.2 กราฟแสดงอุณหภูมิกรณีทดลองด้วยฮีตเตอร์เพียงอย่างเดียวที่อุณหภูมิ ฮีตเตอร์ 50 °C โดยใช้ผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร คือ ใบสับปะรด จำนวน 30 ตะแกรง น้ำหนักโดยเฉลี่ยตะแกรงละ 845.97 กรัม ใช้ระยะเวลาอบ 5 ชั่วโมงอัตราการไหลของลมที่เข้าตู้อบ 0.138 m^3/s และเก็บข้อมูลทุก ๆ 30 นาที อุณหภูมิหน้าฮีตเตอร์เริ่มต้นที่ 39 °C และเพิ่มขึ้นจนมีอุณหภูมิถึง 50 °C ในชั่วโมงที่ 2.5 อุณหภูมิเฉลี่ยในตู้อบเริ่มต้นที่ 34.67 °C และเพิ่มขึ้นจนมีอุณหภูมิถึง 49.22 °C ในชั่วโมงที่ 3 และมีอุณหภูมิสูงสุด 51.44 °C ในชั่วโมงที่ 5 อุณหภูมิวนกลับเริ่มต้นที่ 35 °C และสูงสุดที่ 45 °C อุณหภูมิก่อนเข้าเครื่องเป่าลม เริ่มต้นที่ 33 °C สูงสุดที่ 43 °C อุณหภูมิภายนอกเฉลี่ยอยู่ที่ 33.82 °C จากผลการทดลองดังกล่าวจะเห็นได้ว่าอุณหภูมิเฉลี่ยในตู้อบจะมีค่าสูงกว่าอุณหภูมิฮีตเตอร์ที่ตั้งค่าไว้ 1-2 °C เนื่องจากการสะสมของความร้อนหรือผลิตภัณฑ์บางแผ่นเริ่มแห้งจึงคายความร้อน

ในตัวเองออกมาจึงทำให้อุณหภูมิในตู้อบสูงกว่าที่ตั้งไว้และอุณหภูมิวนกลับเมื่อมาถึงจุดก่อนเข้าเครื่องเป่าลม จะมีอุณหภูมิที่ลดลงไป 1-2 °C เนื่องจากการสูญเสียความร้อนให้กับสิ่งแวดร้อนโดยผ่านผนังและกระจกของกล่องรับแสงอาทิตย์



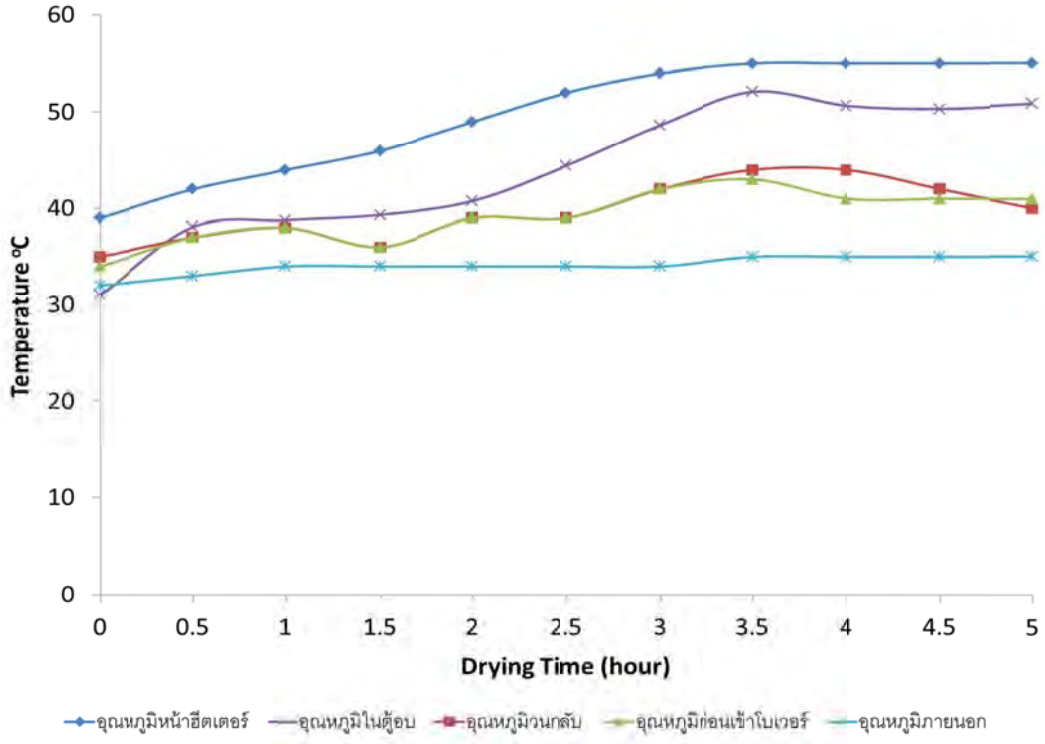
รูปที่ 4.3 กราฟแสดงความชื้นกรณีทดลองด้วยฮีตเตอร์อุณหภูมิ 50 °C

จากรูปที่ 4.3 กราฟแสดงความชื้นกรณีทดลองด้วยฮีตเตอร์เพียงอย่างเดียวที่อุณหภูมิฮีตเตอร์50 °C โดยใช้ผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร คือ ใบสับปะรด จำนวน 30 ตะแกรง น้ำหนักโดยเฉลี่ยตะแกรงละ 845.97 กรัม ใช้ระยะเวลาอบ 5 ชั่วโมงอัตราการไหลของลมที่เข้าตู้อบ 0.138 m^3/s และเก็บข้อมูลทุก ๆ 30 นาที ความชื้นในตู้อบเริ่มที่ 80.39 %RH จากนั้นเพิ่มขึ้นเป็น 83.74 %RH และลดลงมาจนถึง 22.59 %RH ในชั่วโมงที่ 5 ความชื้นวนกลับเริ่มต้นที่ 70.83 %RH จากนั้นเพิ่มขึ้นเป็น 77.48 %RH และลดลงมาจนถึง 26.52 %RH ในชั่วโมงที่ 5 ความชื้นก่อนเข้าเครื่องเป่าลมเริ่มต้นที่ 60.33 %RH จากนั้นเพิ่มขึ้นเป็น 76.51 %RH และลดลงมาถึง 29.60 %RH ความชื้นภายนอกเริ่มต้นที่ 51.88 %RH และลดลงมาถึง 32.45 %RH ในชั่วโมงที่ 5 จากผลการทดลองดังกล่าวจะเห็นได้ว่าความชื้นในเครื่องอบทุกจุดที่ทำการตรวจวัดจะมีค่าต่ำกว่าความชื้นภายนอกในชั่วโมงที่ 3.5 เนื่องจากผลิตภัณฑ์เริ่มแห้งจึงทำให้มีค่าความชื้นลดลงมากจนต่ำกว่าความชื้นภายนอก



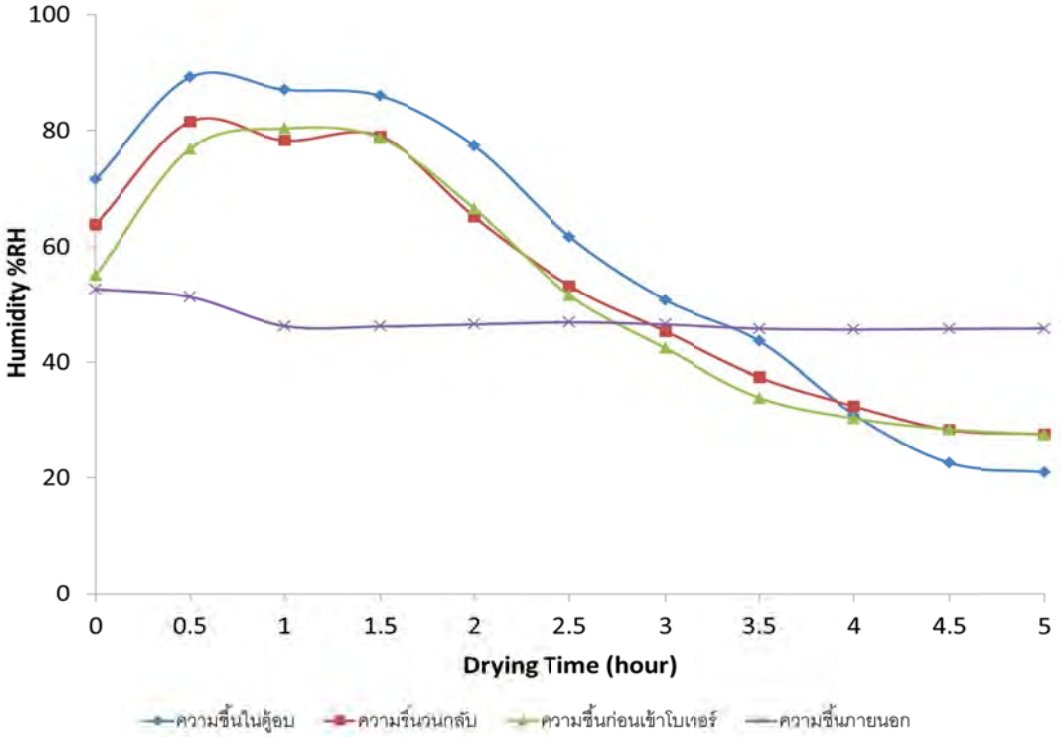
รูปที่ 4.4 กราฟแสดงความชื้นมาตรฐานแห้งกรณีทดลองด้วยฮีตเตอร์อุณหภูมิ 55 $^{\circ}$C

จากรูปที่ 4.4 กราฟแสดงความชื้นมาตรฐานแห้งกรณีทดลองด้วยฮีตเตอร์เพียงอย่างเดียวที่อุณหภูมิฮีตเตอร์ 55 $^{\circ}$C โดยใช้ผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร คือ ใบสับปะรด จำนวน 30 ตะแกรง น้ำหนักโดยเฉลี่ยตะแกรงละ 837.67 กรัม ใช้ระยะเวลาอบ 5 ชั่วโมงอัตราการไหลของลมที่เข้าตู้อบ 0.138 m^3/s และเก็บข้อมูลทุก ๆ 30 นาที จากตัวอย่างทั้ง 6 แผ่น ความชื้นมาตรฐานแห้งเริ่มต้นเฉลี่ยอยู่ที่ 1109.47 %db และลดลงมาจนมีความชื้นมาตรฐานแห้งเท่ากับ 18.21 %db ในชั่วโมงที่ 3 และลดลงจนต่ำสุดที่ 13.05 %db ในชั่วโมงที่ 5 จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่า ผลิตภัณฑ์เริ่มแห้งในชั่วโมงที่ 3 และมาแห้งหมดทั้ง 30 แผ่น ในชั่วโมงที่ 5



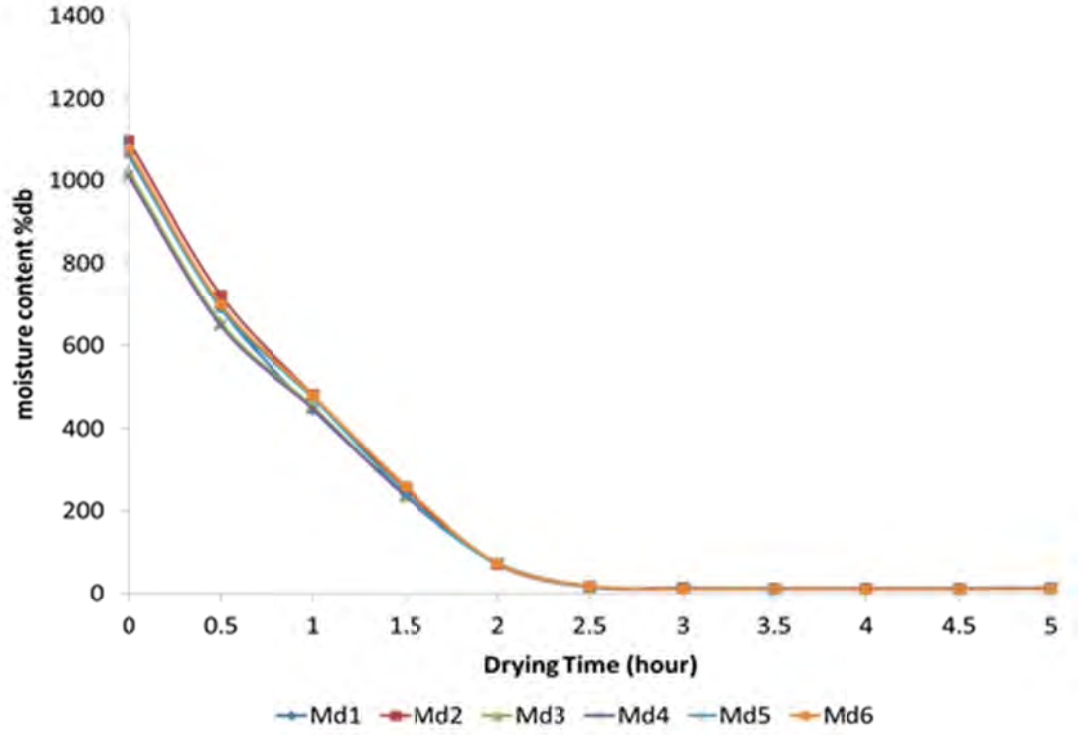
รูปที่ 4.5 กราฟแสดงอุณหภูมิกรณีทดลองด้วยฮีตเตอร์อุณหภูมิ 55 °C

จากรูปที่ 4.5 กราฟแสดงอุณหภูมิกรณีทดลองด้วยฮีตเตอร์เพียงอย่างเดียวที่อุณหภูมิ ฮีตเตอร์ 55 °C โดยใช้ผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร คือ ใบสับปะรด จำนวน 30 ตะแกรง น้ำหนักโดยเฉลี่ยตะแกรงละ 837.67 กรัม ใช้ระยะเวลาอบ 5 ชั่วโมงอัตราการไหลของลมที่เข้าตู้อบ 0.138 m^3/s และเก็บข้อมูลทุก ๆ 30 นาที อุณหภูมิหน้าฮีตเตอร์เริ่มต้นที่ 39 °C และเพิ่มขึ้นจนมีอุณหภูมิถึง 55 °C ในชั่วโมงที่ 3 อุณหภูมิเฉลี่ยในตู้อบเริ่มต้นที่ 34.56 °C และเพิ่มขึ้นจนมีอุณหภูมิถึง 54.78 °C ในชั่วโมงที่ 3 และมีอุณหภูมิสูงสุด 57.11 °C ในชั่วโมงที่ 5 อุณหภูมิวนกลับเริ่มต้นที่ 35 °C และสูงสุดที่ 44 °C ในชั่วโมงที่ 3.5 และลดลงเหลือ 40 °C ในชั่วโมงที่ 5 อุณหภูมิก่อนเข้าเครื่องเป่าลม เริ่มต้นที่ 34 °C และสูงสุดที่ 43 °C ในชั่วโมงที่ 3.5 และลดลงเหลือ 41 °C ในชั่วโมงที่ 5 อุณหภูมิภายนอกเฉลี่ยอยู่ที่ 34.09 °C จากผลการทดลองดังกล่าวจะเห็นได้ว่าอุณหภูมิเฉลี่ยในตู้อบจะมีใกล้เคียงกับอุณหภูมิฮีตเตอร์ที่ตั้งไว้ในชั่วโมงที่ 3 และสูงขึ้นจนถึง 57.11 °C ในชั่วโมงที่ 5 เนื่องจากการสะสมของความร้อนหรือผลิตภัณฑ์บางแผ่นเริ่มแห้งจึงคายความร้อนในตัวเองออกมาจึงทำให้อุณหภูมิในตู้อบสูงกว่าที่ตั้งไว้และอุณหภูมิที่วนกลับสูงสุดที่ชั่วโมงที่ 3.5 และอุณหภูมิก่อนเข้าเครื่องเป่าลมก็สูงสุดที่ชั่วโมงที่ 3.5 และลดลงมาเมื่อครบ 5 ชั่วโมง เนื่องจากผลิตภัณฑ์ที่อบในกรณีนี้เริ่มแห้งในชั่วโมงที่ 3.5 จึงทำให้อุณหภูมิทั้งสองจุดลดลง



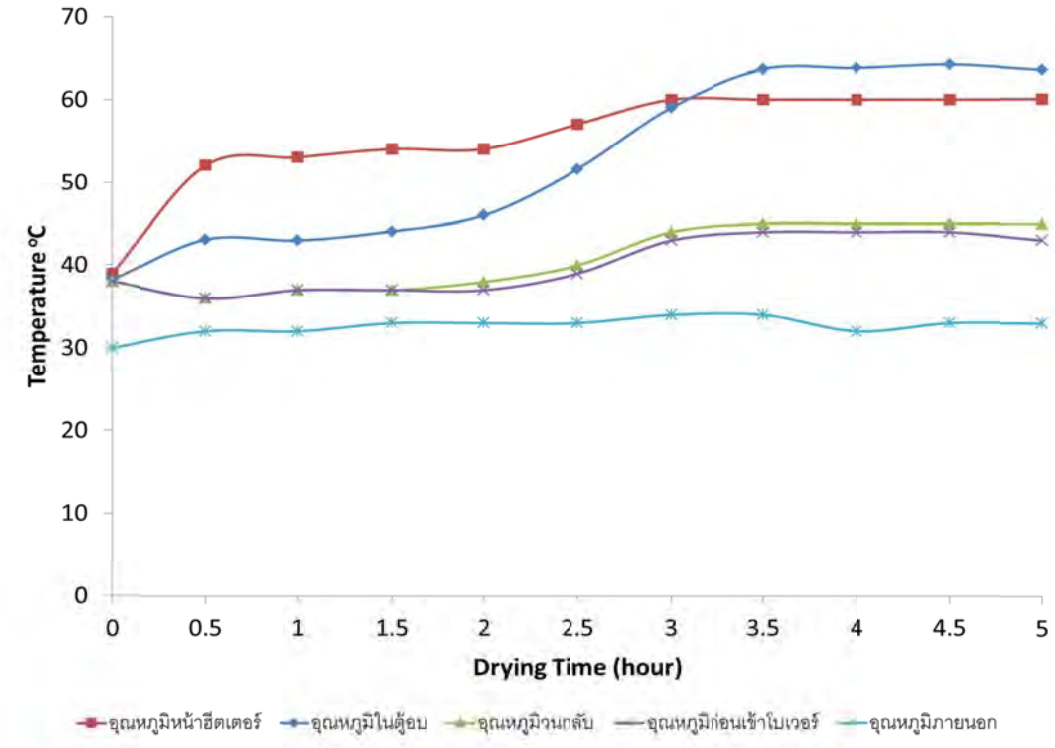
รูปที่ 4.6 กราฟแสดงความชื้นกรณีทดลองด้วยฮีตเตอร์อุณหภูมิ 55 °C

จากรูปที่ 4.6 กราฟแสดงความชื้นกรณีทดลองด้วยฮีตเตอร์เพียงอย่างเดียวที่อุณหภูมิฮีตเตอร์55 °C โดยใช้ผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร คือ ใบสับปะรด จำนวน 30 ตะแกรง น้ำหนักโดยเฉลี่ยตะแกรงละ 837.67 กรัม ใช้ระยะเวลาอบ 5 ชั่วโมงอัตราการไหลของลมที่เข้าตู้อบ 0.138 m^3/s และเก็บข้อมูลทุก ๆ 30 นาที ความชื้นในตู้อบเริ่มที่ 71.51 %RH จากนั้นเพิ่มขึ้นเป็น 89.26 %RH และลดลงมาจนถึง 21.11 %RH ในชั่วโมงที่ 5 ความชื้นวนกลับเริ่มต้นที่ 63.75 %RH จากนั้นเพิ่มขึ้นเป็น 81.52 %RH และลดลงมาจนถึง 27.59 %RH ในชั่วโมงที่ 5 ความชื้นก่อนเข้าเครื่องเป่าลมเริ่มต้นที่ 55.10 %RH จากนั้นเพิ่มขึ้นเป็น 76.82 %RH และลดลงมาถึง 27.49 %RH ความชื้นภายนอกเริ่มต้นที่ 52.71 %RH และลดลงมาถึง 45.84 %RH ในชั่วโมงที่ 5 จากผลการทดลองดังกล่าวจะเห็นได้ว่าความชื้นในเครื่องอบทุกจุดที่ทำการตรวจวัดจะมีค่าต่ำกว่าความชื้นภายนอกในชั่วโมงที่ 3.5 เนื่องจากผลิตภัณฑ์เริ่มแห้งจึงทำให้มีค่าความชื้นลดลงมากจนต่ำกว่าความชื้นภายนอก



รูปที่ 4.7 กราฟแสดงความชื้นมาตรฐานแห้งกรณีทดลองด้วยฮีตเตอร์อุณหภูมิ 60 $^{\circ}$C

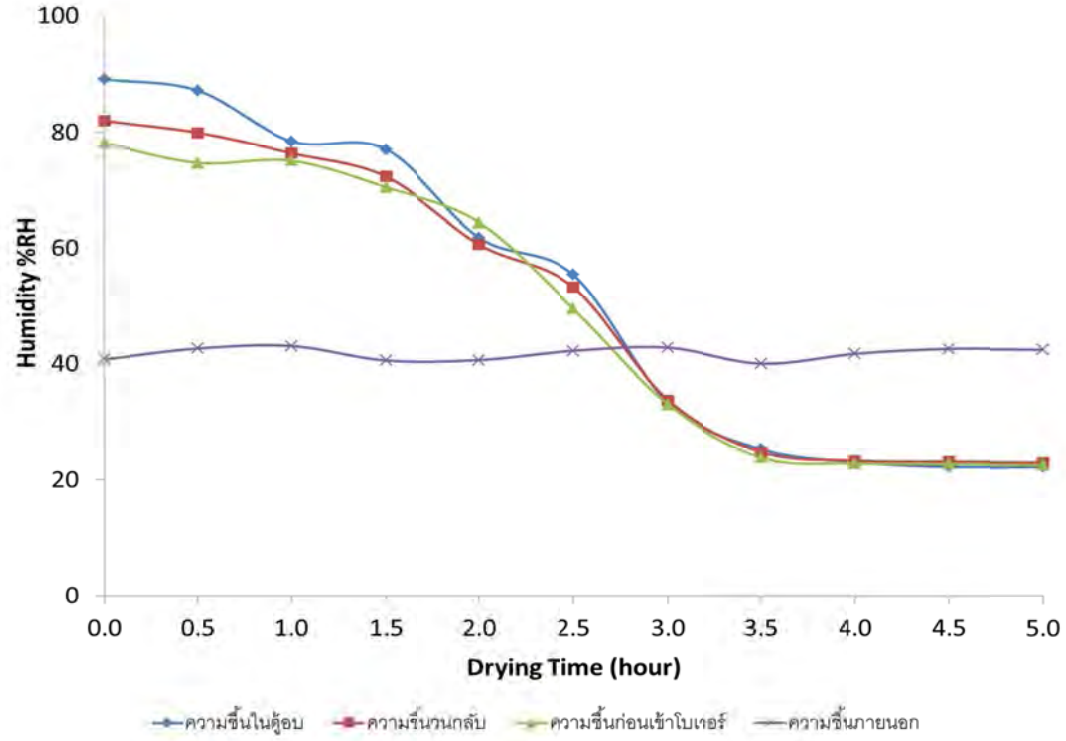
จากรูปที่ 4.7 กราฟแสดงความชื้นมาตรฐานแห้งกรณีทดลองด้วยฮีตเตอร์เพียงอย่างเดียวที่อุณหภูมิฮีตเตอร์ 60 $^{\circ}$C โดยใช้ผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร คือ ใบสับปะรด จำนวน 30 ตะแกรง น้ำหนักโดยเฉลี่ยตะแกรงละ 852.31 กรัม ใช้ระยะเวลาอบ 5 ชั่วโมงอัตราการไหลของลมที่เข้าตู้อบ 0.138 m^3/s และเก็บข้อมูลทุก ๆ 30 นาที จากตัวอย่างทั้ง 6 แผ่น ความชื้นมาตรฐานแห้งเริ่มต้นเฉลี่ยอยู่ที่ 1057.12 %db และลดลงมาจนมีความชื้นมาตรฐานแห้งเท่ากับ 17.48 %db ในชั่วโมงที่ 2.5 และลดลงจนต่ำสุดที่ 11.97 %db ในชั่วโมงที่ 3 จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่า ผลิตภัณฑ์เริ่มแห้งในชั่วโมงที่ 2.5 และมาแห้งหมดทั้ง 30 แผ่น ในชั่วโมงที่ 5



รูปที่ 4.8 กราฟแสดงอุณหภูมิกรณีทดลองด้วยฮีตเตอร์อุณหภูมิ 60 °C

จากรูปที่ 4.8 กราฟแสดงอุณหภูมิกรณีทดลองด้วยฮีตเตอร์เพียงอย่างเดียวที่อุณหภูมิ ฮีตเตอร์ 60 °C โดยใช้ผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร คือ ใบสับปะรด จำนวน 30 ตะแกรง น้ำหนักโดยเฉลี่ยตะแกรงละ 852.31 กรัม ใช้ระยะเวลาอบ 5 ชั่วโมงอัตราการไหลของลมที่เข้าตู้อบ 0.138 m^3/s และเก็บข้อมูลทุก ๆ 30 นาที อุณหภูมิหน้าฮีตเตอร์เริ่มต้นที่ 39 °C และเพิ่มขึ้นจนมีอุณหภูมิถึง 60 °C ในชั่วโมงที่ 3 อุณหภูมิเฉลี่ยในตู้อบเริ่มต้นที่ 38.22 °C และเพิ่มขึ้นจนมีอุณหภูมิถึง 59 °C ในชั่วโมงที่ 3 และมีอุณหภูมิสูงสุด 63.56 °C ในชั่วโมงที่ 5 อุณหภูมิวนกลับเริ่มต้นที่ 38 °C และสูงสุดที่ 45 °C ในชั่วโมงที่ 3.5 และทรงตัวจนถึงชั่วโมงที่ 5 อุณหภูมิก่อนเข้าเครื่องเป่าลม เริ่มต้นที่ 38 °C และสูงสุดที่ 44 °C ในชั่วโมงที่ 3.5 และทรงตัวจนถึงชั่วโมงที่ 5 อุณหภูมิภายนอกเฉลี่ยอยู่ที่ 32.64 °C จากผลการทดลองดังกล่าวจะเห็นได้ว่าอุณหภูมิเฉลี่ยในตู้อบจะมีใกล้เคียงกับอุณหภูมิฮีตเตอร์ที่ตั้งไว้ในชั่วโมงที่ 3 และสูงขึ้นจนถึง 63.56 °C ในชั่วโมงที่ 5 เนื่องจากการสะสมของความร้อนหรือผลิตภัณฑ์บางแผ่นเริ่มแห้งจึงคายความร้อนในตัวเองออกมาจึงทำให้อุณหภูมิในตู้อบสูงกว่าที่ตั้งไว้และอุณหภูมิที่วนกลับ

จะสูงกว่าอุณหภูมิก่อนเข้าเครื่องเป่าลม 1 °C เนื่องจากการสูญเสียความร้อนให้กับสิ่งแวดล้อมโดยผ่านผนังและกระจกของกล่องรับแสงอาทิตย์



รูปที่ 4.9 กราฟแสดงความชื้นกรณีทดลองด้วยฮีตเตอร์อุณหภูมิ 60 °C

จากรูปที่ 4.9 กราฟแสดงความชื้นกรณีทดลองด้วยฮีตเตอร์เพียงอย่างเดียวที่อุณหภูมิฮีตเตอร์55 °C โดยใช้ผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร คือ ใบสับปะรด จำนวน 30 ตะแกรง น้ำหนักโดยเฉลี่ยตะแกรงละ 852.31 กรัม ใช้ระยะเวลาอบ 5 ชั่วโมงอัตราการไหลของลมที่เข้าตู้อบ 0.138 m^3/s และเก็บข้อมูลทุก ๆ 30 นาที ความชื้นในตู้อบเริ่มที่ 89.18 %RH และลดลงมาจนถึง 22.38 %RH ในชั่วโมงที่ 5 ความชื้นวนกลับเริ่มต้นที่ 81.97 %RH และลดลงมาจนถึง 23.10 %RH ในชั่วโมงที่ 5 ความชื้นก่อนเข้าเครื่องเป่าลมเริ่มต้นที่ 78.11 %RH และลดลงมาถึง 22.70 %RH ความชื้นภายนอกเริ่มต้นที่ 40.76 %RH และลดลงมาถึง 42.51 %RH ในชั่วโมงที่ 5 จากผลการทดลองดังกล่าวจะเห็นได้ว่าความชื้นในเครื่องอบทุกจุดที่ทำการตรวจวัดจะมีค่าต่ำกว่าความชื้นภายนอกในชั่วโมงที่ 3 เนื่องจากผลิตภัณฑ์เริ่มแห้งจึงทำให้มีค่าความชื้นลดลงมากจนต่ำกว่าความชื้นภายนอก

4.2 ผลการทดลองกรณีใช้แสงอาทิตย์เพียงอย่าเดียว โดยมีเงื่อนไขการทดลองดังนี้

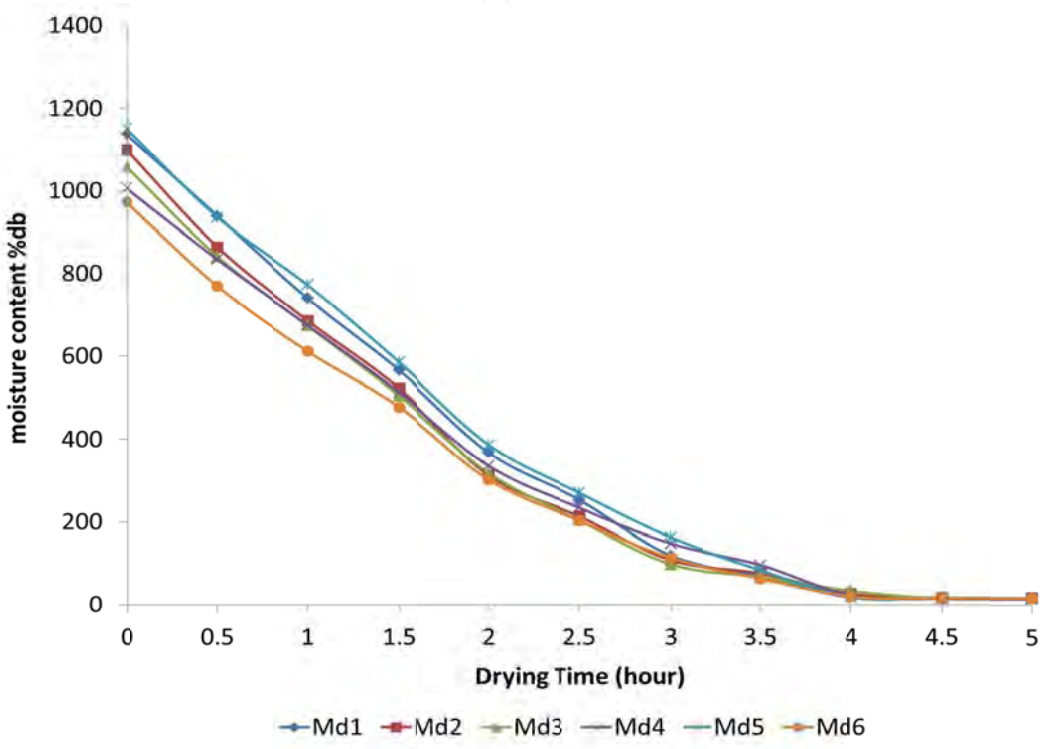
4.2.1 ทดลองโดยตัดการทำงานของฮีตเตอร์ และทดลอง 3 ครั้ง

4.2.2 อัตราการไหลของลมร้อนที่เข้าตู้อบคงที่ เท่ากับ 0.138 m^3/s

4.2.3 ทดลองอบ 5 ชั่วโมง โดยเริ่มจากเวลา 10.00 น. ถึง 15.00 น.

4.2.4 ทดลองในบริเวณที่มีแสงอาทิตย์ส่องถึงไม่มีร่มไม้บัง

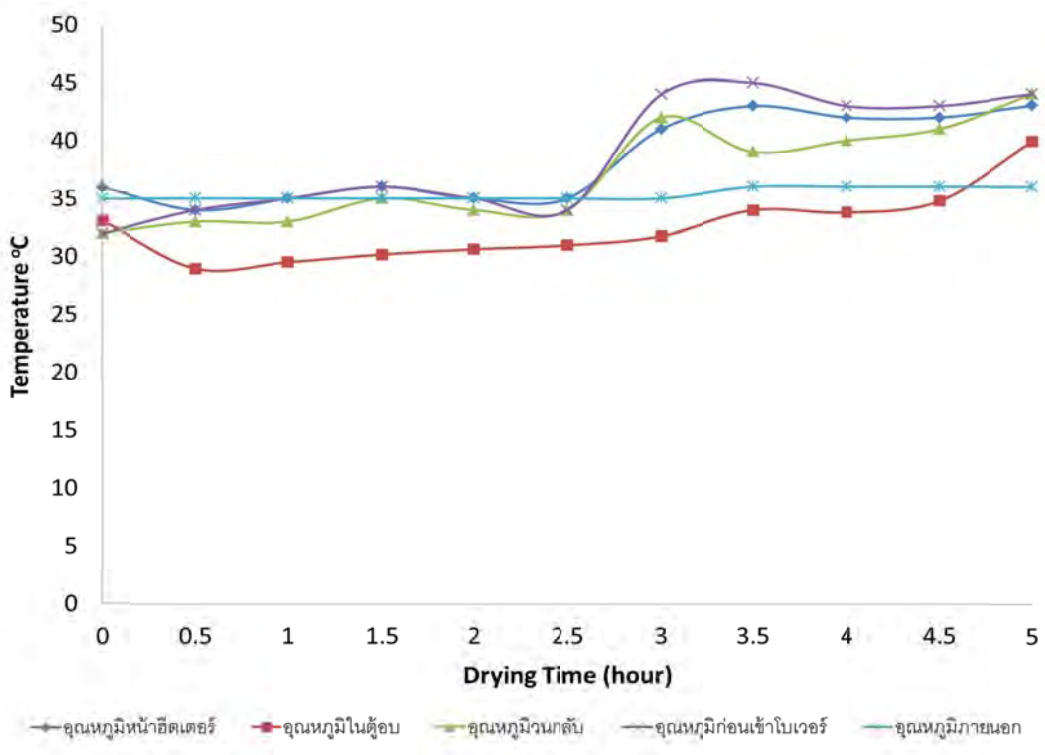
เนื่องจากการทดลองทั้งสามครั้งมีผลการทดลองที่ใกล้เคียงกันมากเพราะสภาพแวดล้อมและสภาพดินฟ้าอากาศใกล้เคียงกันจึงขอแสดงผลการทดลองให้ดูเพียงแค่ครั้งเดียว



รูปที่ 4.10 กราฟแสดงความชื้นมาตรฐานแห้งกรณีทดลองด้วยแสงอาทิตย์

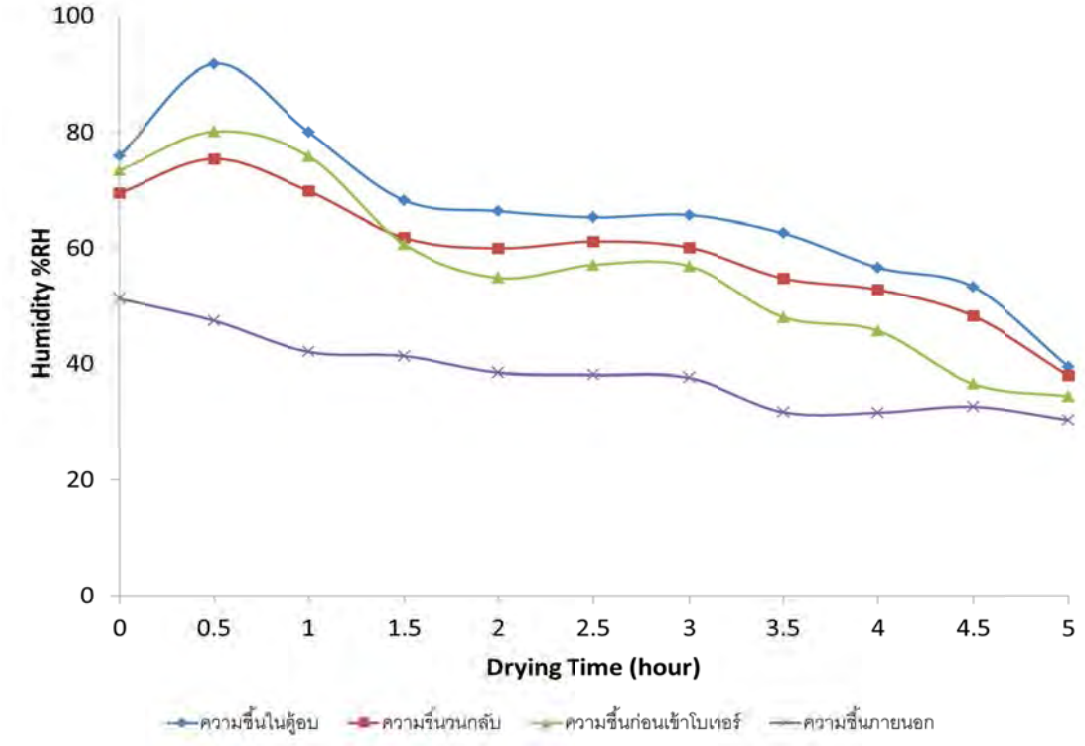
จากรูปที่ 4.10 กราฟแสดงความชื้นมาตรฐานแห้งกรณีทดลองด้วยแสงอาทิตย์เพียงอย่างเดียวที่อุณหภูมิภายนอกเฉลี่ย 35.36 $^{\circ}C$ โดยใช้ผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร คือ ใบสับปะรด จำนวน 30 ตะแกรง น้ำหนักโดยเฉลี่ยตะแกรงละ 881.39 กรัม ใช้ระยะเวลาอบ 5 ชั่วโมงอัตราการไหลของลมที่เข้าตู้อบ 0.138 m^3/s และเก็บข้อมูลทุก ๆ 30 นาที จากตัวอย่างทั้ง 6 แผ่น ความชื้นมาตรฐานแห้งเริ่มต้นเฉลี่ยอยู่ที่ 1070.98 %db และลดลงมาจนมีความชื้นมาตรฐานแห้งเท่ากับ 15.84 %db ใน

ชั่วโมงที่ 4.5 และทรงตัวจนถึงชั่วโมงที่ 5 จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่า ผลิตภัณฑ์เริ่มแห้งในชั่วโมงที่ 4.5 และมาแห้งหมดทั้ง 30 แผ่น ในชั่วโมงที่ 5



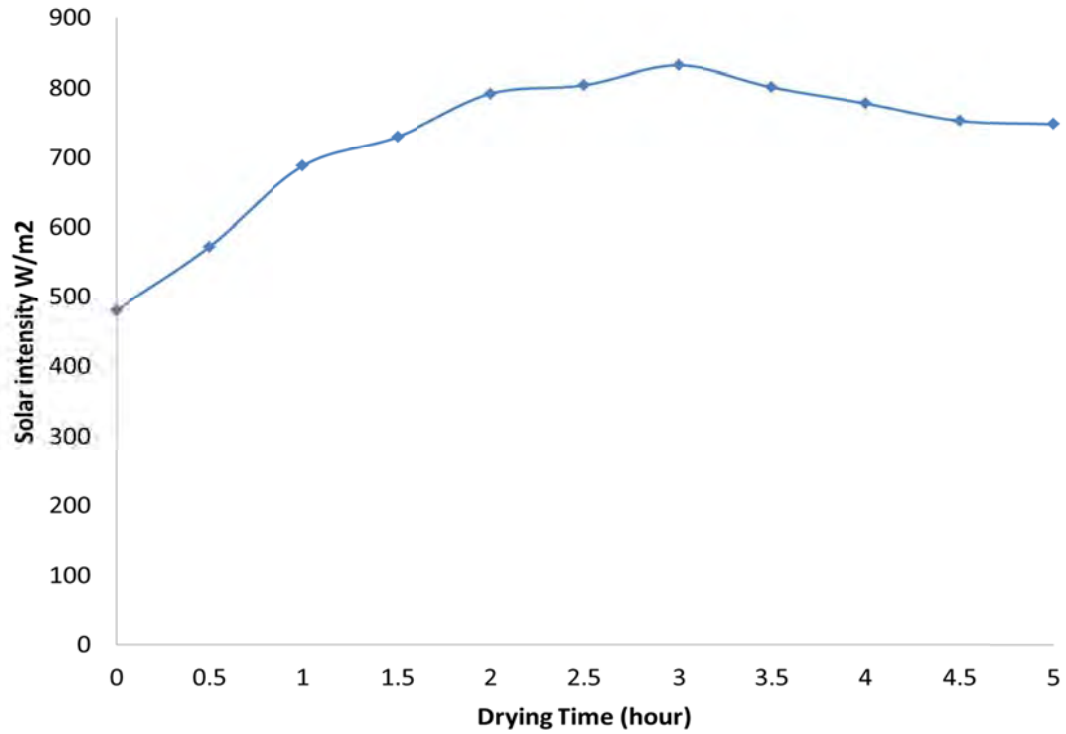
รูปที่ 4.11 กราฟแสดงอุณหภูมิกรณีทดลองด้วยแสงอาทิตย์

จากรูปที่ 4.11 กราฟแสดงอุณหภูมิกรณีทดลองด้วยแสงอาทิตย์เพียงอย่างเดียวที่อุณหภูมิภายนอกเฉลี่ย 35.36 °C โดยใช้ผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร คือ ใบสับปะรด จำนวน 30 ตะแกรง น้ำหนักโดยเฉลี่ยตะแกรงละ 881.39 กรัม ใช้ระยะเวลาอบ 5 ชั่วโมงอัตราการไหลของลมที่เข้าตู้อบ 0.138 m^3/s และเก็บข้อมูลทุก ๆ 30 นาที อุณหภูมิหน้าฮีตเตอร์เริ่มต้นที่ 36 °C และเพิ่มขึ้นจนมีอุณหภูมิถึง 43 °C ในชั่วโมงที่ 5 อุณหภูมิเฉลี่ยในตู้อบเริ่มต้นที่ 33.11 °C จากนั้นลดลงมาแล้วกลับขึ้นไปใหม่จนมีอุณหภูมิถึง 39.89 °C ในชั่วโมงที่ 5 อุณหภูมิวนกลับเริ่มต้นที่ 32 °C และสูงสุดที่ 44 °C อุณหภูมิก่อนเข้าเครื่องเป่าลม เริ่มต้นที่ 32 °C สูงสุดที่ 44 °C จากผลการทดลองดังกล่าวจะเห็นได้ว่าอุณหภูมิเฉลี่ยในตู้อบจะมีค่าสูงกว่าอุณหภูมิภายนอก 4-5 °C เนื่องจากการสะสมของความร้อนหรือผลิตภัณฑ์บางแผ่นเริ่มแห้งจึงคายความร้อนในตัวเองออกมาจึงทำให้อุณหภูมิในตู้อบสูงกว่าอุณหภูมิภายนอกและอุณหภูมิวนกลับมีค่าเท่ากันกับอุณหภูมิก่อนเข้าเครื่องเป่าลม เนื่องจากแสงอาทิตย์ตกกระทบเต็มพื้นที่กระจกรับแสงอาทิตย์ จึงทำให้อุณหภูมิทั้งสองจุดเท่ากัน



รูปที่ 4.12 กราฟแสดงความชื้นกรณีทดลองด้วยแสงอาทิตย์

จากรูปที่ 4.12 กราฟแสดงความชื้นกรณีทดลองด้วยแสงอาทิตย์เพียงอย่างเดียวที่อุณหภูมิภายนอก 35.36 $^{\circ}$C โดยใช้ผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร คือ ใบสับปะรด จำนวน 30 ตะแกรง น้ำหนักโดยเฉลี่ยตะแกรงละ 881.39 กรัม ใช้ระยะเวลาอบ 5 ชั่วโมงอัตราการไหลของลมที่เข้าตู้อบ 0.138 m^3/s และเก็บข้อมูลทุก ๆ 30 นาที ความชื้นในตู้อบเริ่มที่ 76 %RH จากนั้นเพิ่มขึ้นเป็น 91.78 %RH และลดลงมาจนถึง 39.58 %RH ในชั่วโมงที่ 5 ความชื้นวนกลับเริ่มต้นที่ 69.51 %RH จากนั้นเพิ่มขึ้นเป็น 75.43 %RH และลดลงมาจนถึง 38.01 %RH ในชั่วโมงที่ 5 ความชื้นก่อนเข้าเครื่องเป่าลมเริ่มต้นที่ 73.45 %RH จากนั้นเพิ่มขึ้นเป็น 80.12 %RH และลดลงมาถึง 34.44 %RH ความชื้นภายนอกเริ่มต้นที่ 51.23 %RH และลดลงมาถึง 30.38 %RH จากผลการทดลองดังกล่าวจะเห็นได้ว่าความชื้นในเครื่องอบทุกจุดที่ทำการตรวจวัดจะมีค่าสูงกว่าความชื้นภายนอกเนื่องจากผลิตภัณฑ์เริ่มแห้งในชั่วโมงที่ 4.5 จึงทำให้มีค่าความสูงกว่าชื้นความชื้นภายนอก



รูปที่ 4.13 กราฟแสดงความเข้มแสงอาทิตย์กรณีทดลองด้วยแสงอาทิตย์

จากรูปที่ 4.13 กราฟแสดงความเข้มแสงอาทิตย์กรณีทดลองด้วยแสงอาทิตย์เพียงอย่างเดียว ที่อุณหภูมิภายนอก 35.36 $^{\circ}$C โดยใช้ผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร คือ ใบสับปะรด จำนวน 30 ตะแกรง น้ำหนักโดยเฉลี่ยตะแกรงละ 881.39 กรัม ใช้ระยะเวลาอบ 5 ชั่วโมงอัตราการไหลของลมที่เข้าตู้อบ 0.138 m^3/s และเก็บข้อมูลทุก ๆ 30 นาที ความเข้มแสงอาทิตย์เริ่มต้นที่ 480 W/m^2 และเพิ่มขึ้นจนสูงสุดที่ 832 W/m^2 ในชั่วโมงที่ 3 หรือเวลา 13.00 น. และลดลงเหลือ 748 W/m^2 ในชั่วโมงที่ 5 ของการอบ

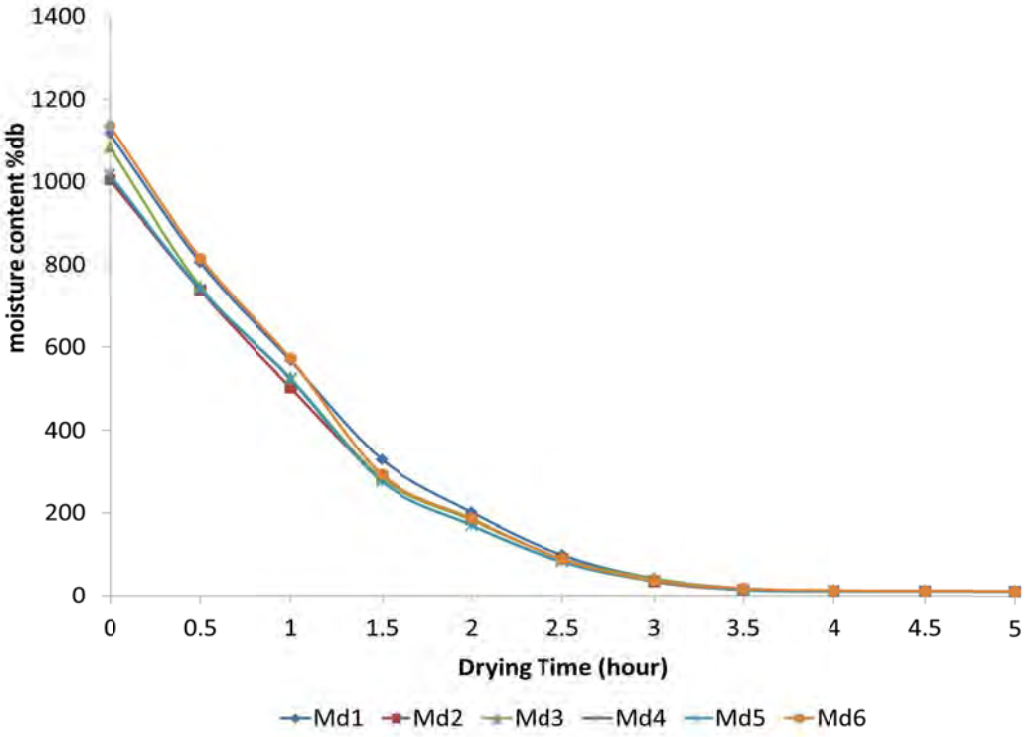
4.3 ผลการทดลองกรณีใช้แสงอาทิตย์ร่วมกับฮีตเตอร์ โดยมีเงื่อนไขการทดลองดังนี้

4.3.1 ทดลองโดยใช้แสงอาทิตย์ร่วมกับฮีตเตอร์ ที่อุณหภูมิ 50 °C 55 °C และ 60 °C

4.3.2 อัตราการไหลของลมร้อนที่เข้าตู้อบคงที่ เท่ากับ 0.138 m^3/s

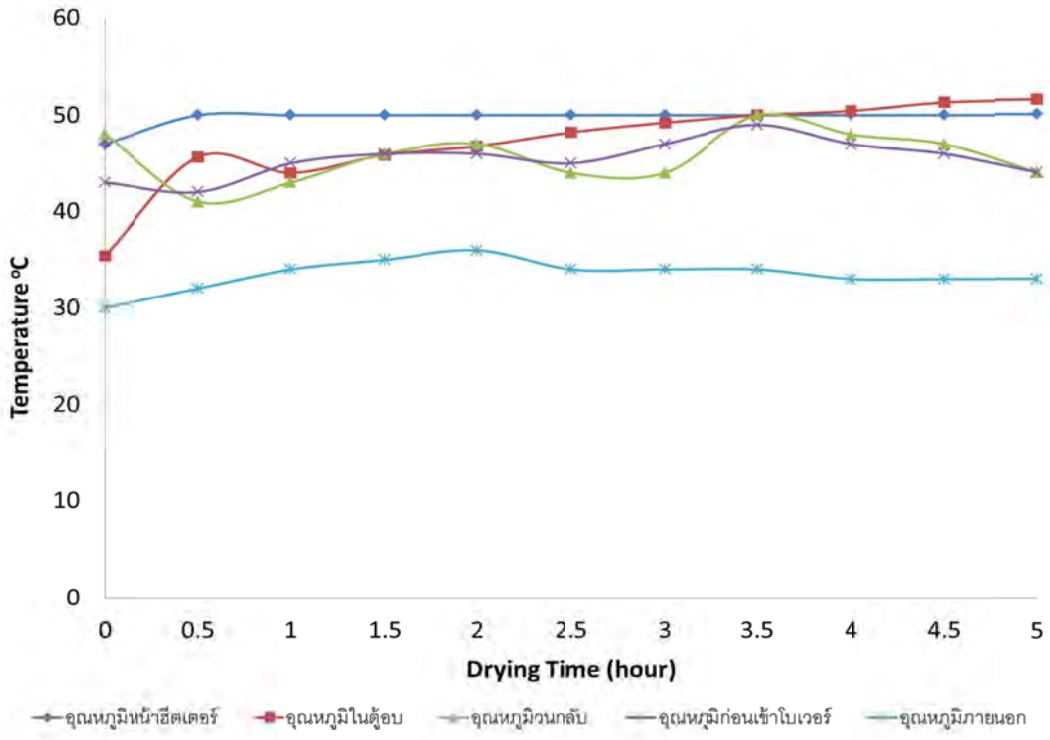
4.3.3 ทดลองอบ 5 ชั่วโมง โดยเริ่มจากเวลา 10.00 น. ถึง 15.00 น.

4.3.4 ทดลองในบริเวณที่มีแสงอาทิตย์ส่องถึงไม่มีร่มไม้บัง



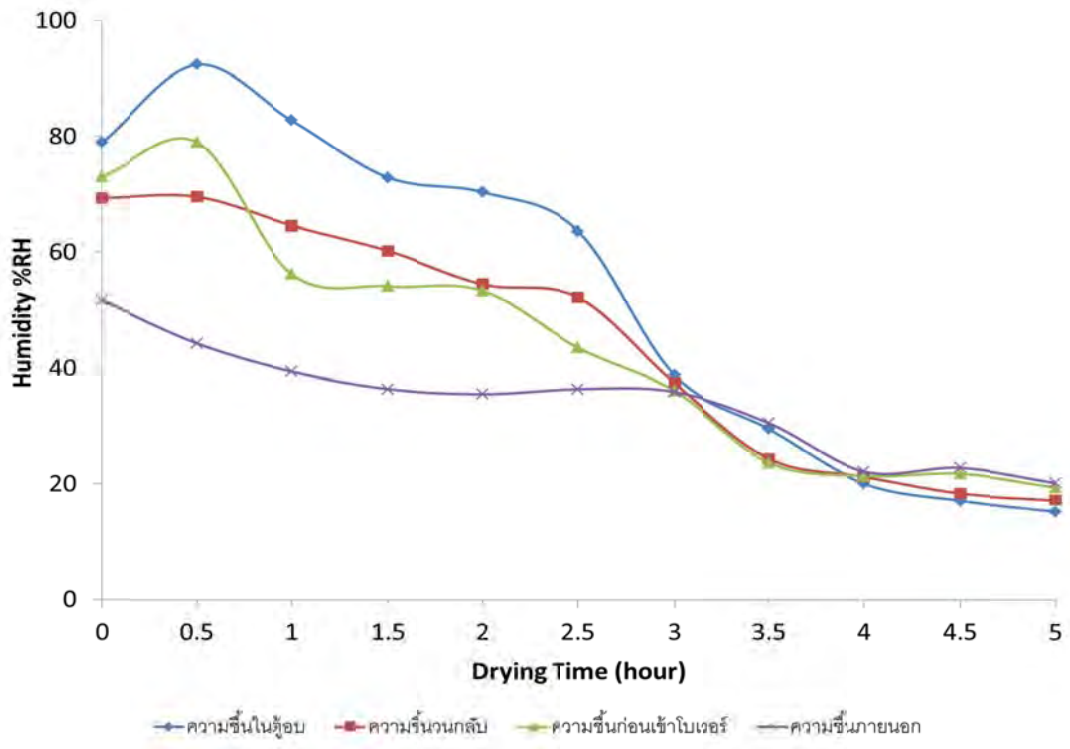
รูปที่ 4.14 กราฟแสดงความชื้นมาตรฐานแห้งกรณีทดลองด้วยแสงอาทิตย์ร่วมกับฮีตเตอร์อุณหภูมิ 50 °C

จากรูปที่ 4.14 กราฟแสดงความชื้นมาตรฐานแห้งกรณีทดลองด้วยแสงอาทิตย์ร่วมกับฮีตเตอร์ที่อุณหภูมิฮีตเตอร์ 50 °C โดยใช้ผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร คือ ใบสับปะรด จำนวน 30 ตะแกรง น้ำหนักโดยเฉลี่ยตะแกรงละ 912.02 กรัม ใช้ระยะเวลาอบ 5 ชั่วโมงอัตราการไหลของลมที่เข้าตู้อบ 0.138 m^3/s และเก็บข้อมูลทุก ๆ 30 นาที จากตัวอย่างทั้ง 6 แผ่น ความชื้นมาตรฐานแห้งเริ่มต้นเฉลี่ยอยู่ที่ 1062.91 %db และลดลงมาจนมีความชื้นมาตรฐานแห้งเท่ากับ 11.90 %db ในชั่วโมงที่ 4 และลดลงจนต่ำสุดที่ 11.19 %db ในชั่วโมงที่ 4.5 และทรงตัวจนถึงชั่วโมงที่ 5 จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่า ผลิตภัณฑ์เริ่มแห้งในชั่วโมงที่ 4 และมาแห้งหมดทั้ง 30 แผ่น ในชั่วโมงที่ 5



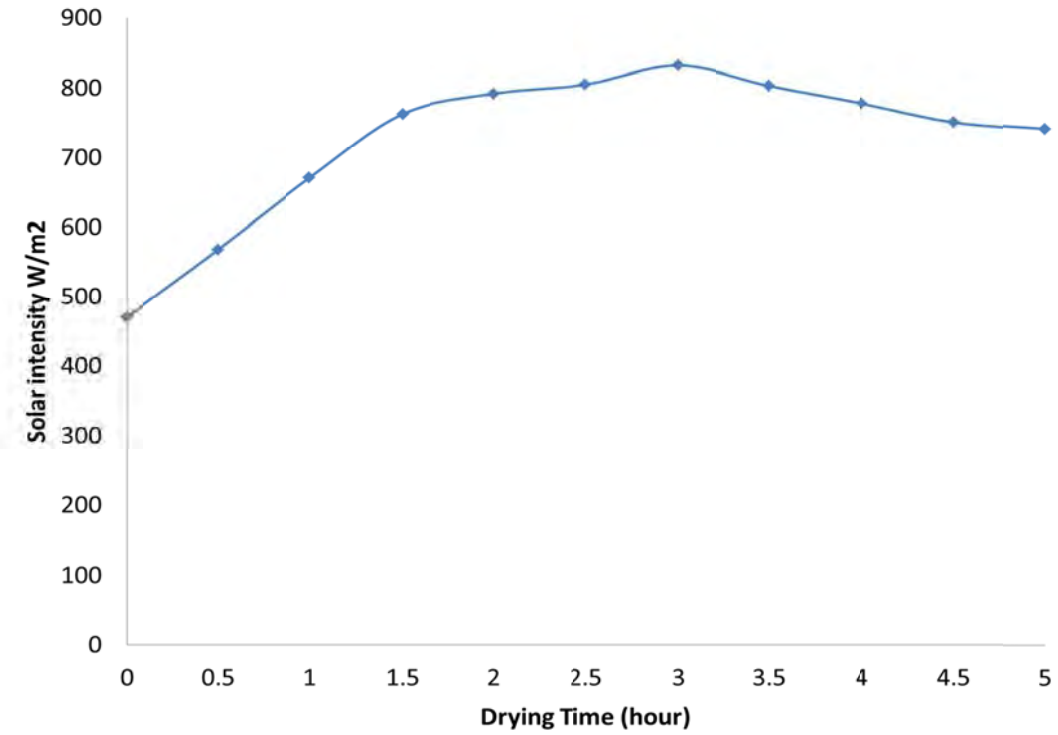
รูปที่ 4.15 กราฟแสดงอุณหภูมิกรณีทดลองด้วยแสงอาทิตย์ร่วมกับฮีตเตอร์อุณหภูมิ 50 °C

จากรูปที่ 4.15 กราฟแสดงอุณหภูมิกรณีทดลองด้วยแสงอาทิตย์ร่วมกับฮีตเตอร์ที่อุณหภูมิฮีตเตอร์ 50 °C โดยใช้ผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร คือ ใบสับปะรด จำนวน 30 ตะแกรง น้ำหนักโดยเฉลี่ยตะแกรงละ 912.02 กรัม ใช้ระยะเวลาอบ 5 ชั่วโมงอัตราการไหลของลมที่เข้าตู้อบ 0.138 m^3/s และเก็บข้อมูลทุก ๆ 30 นาที อุณหภูมิหน้าฮีตเตอร์เริ่มต้นที่ 47 °C และเพิ่มขึ้นจนมีอุณหภูมิถึง 50 °C ในชั่วโมงที่ 0.5 อุณหภูมิเฉลี่ยในตู้อบเริ่มต้นที่ 35.44 °C และเพิ่มขึ้นจนมีอุณหภูมิถึง 50 °C ในชั่วโมงที่ 3.5 และมีอุณหภูมิสูงสุด 51.56 °C ในชั่วโมงที่ 5 อุณหภูมิวนกลับเริ่มต้นที่ 48 °C และสูงสุดที่ 50 °C ในชั่วโมงที่ 3.5 และลดลงมาเหลือ 44 °C ในชั่วโมงที่ 5 อุณหภูมิก่อนเข้าเครื่องเป่าลมเริ่มต้นที่ 43 °C และสูงสุดที่ 49 °C ในชั่วโมงที่ 3.5 และลดลงเหลือ 44 °C ในชั่วโมงที่ 5 อุณหภูมิภายนอกเฉลี่ยอยู่ที่ 33.45 °C จากผลการทดลองดังกล่าวจะเห็นได้ว่าอุณหภูมิหน้าฮีตเตอร์จะถึงตามที่ได้ตั้งค่าไว้โดยใช้เวลาเพียง 0.5 ชั่วโมง อุณหภูมิเฉลี่ยในตู้อบจะมีใกล้เคียงกับอุณหภูมิฮีตเตอร์ที่ตั้งไว้ในชั่วโมงที่ 3.5 และสูงขึ้นจนถึง 51.56 °C ในชั่วโมงที่ 5 เนื่องจากการสะสมของความร้อนหรือผลิตภัณฑ์บางแผ่นเริ่มแห้งจึงคายความร้อนในตัวเองออกมาจึงทำให้อุณหภูมิในตู้อบสูงกว่าที่ตั้งไว้และอุณหภูมิที่วนกลับและอุณหภูมิก่อนเข้าเครื่องเป่าลมจะมีค่าสูงสุดอยู่ที่ชั่วโมงที่ 3.5 และลดลงในชั่วโมงที่ 4-5 เนื่องจากระดับความเข้มแสงอาทิตย์เริ่มลดลงจึงทำให้อุณหภูมิในสองจุดนี้ลดลงตาม



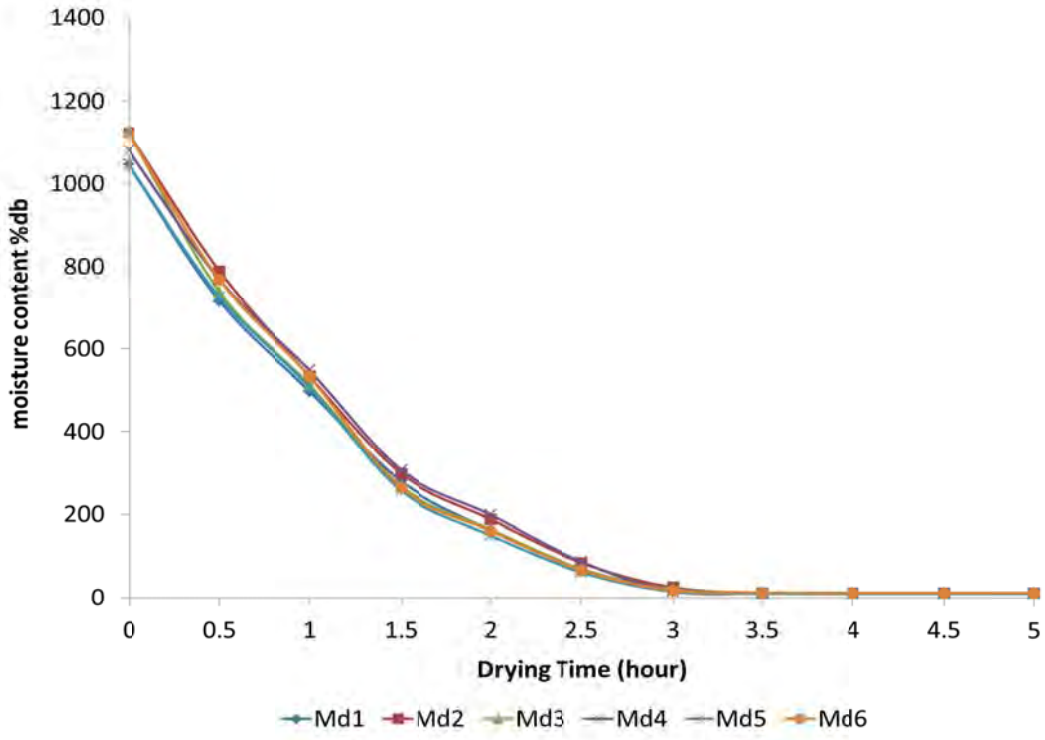
รูปที่ 4.16 กราฟแสดงความชื้นกรณีทดลองด้วยแสงอาทิตย์ร่วมกับฮีตเตอร์อุณหภูมิ 50 °C

จากรูปที่ 4.16 กราฟแสดงความชื้นกรณีทดลองด้วยแสงอาทิตย์ร่วมกับฮีตเตอร์อุณหภูมิฮีตเตอร์50 °C โดยใช้ผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร คือ ใบสับปะรด จำนวน 30 ตะแกรง น้ำหนักโดยเฉลี่ยตะแกรงละ 912.02 กรัม ใช้ระยะเวลาอบ 5 ชั่วโมงอัตราการไหลของลมที่เข้าตู้อบ 0.138 m^3/s และเก็บข้อมูลทุก ๆ 30 นาที ความชื้นในตู้อบเริ่มที่ 78.95 %RH จากนั้นเพิ่มขึ้นเป็น 92.38 %RH และลดลงมาจนถึง 15.19 %RH ในชั่วโมงที่ 5 ความชื้นวนกลับเริ่มต้นที่ 69.37 %RH และลดลงมาจนถึง 17.30 %RH ในชั่วโมงที่ 5 ความชื้นก่อนเข้าเครื่องเป่าลมเริ่มต้นที่ 73.18 %RH จากนั้นเพิ่มขึ้นเป็น 78.98 %RH และลดลงมาถึง 19.45 %RH ความชื้นภายนอกเริ่มต้นที่ 51.76 %RH และลดลงมาถึง 20.22 %RH ในชั่วโมงที่ 5 จากผลการทดลองดังกล่าวจะเห็นได้ว่าความชื้นในเครื่องอบทุกจุดที่ทำการตรวจวัดจะมีค่าต่ำกว่าความชื้นภายนอกในชั่วโมงที่ 4 เนื่องจากผลิตภัณฑ์เริ่มแห้งจึงทำให้มีค่าความชื้นลดลงมากจนต่ำกว่าความชื้นภายนอก



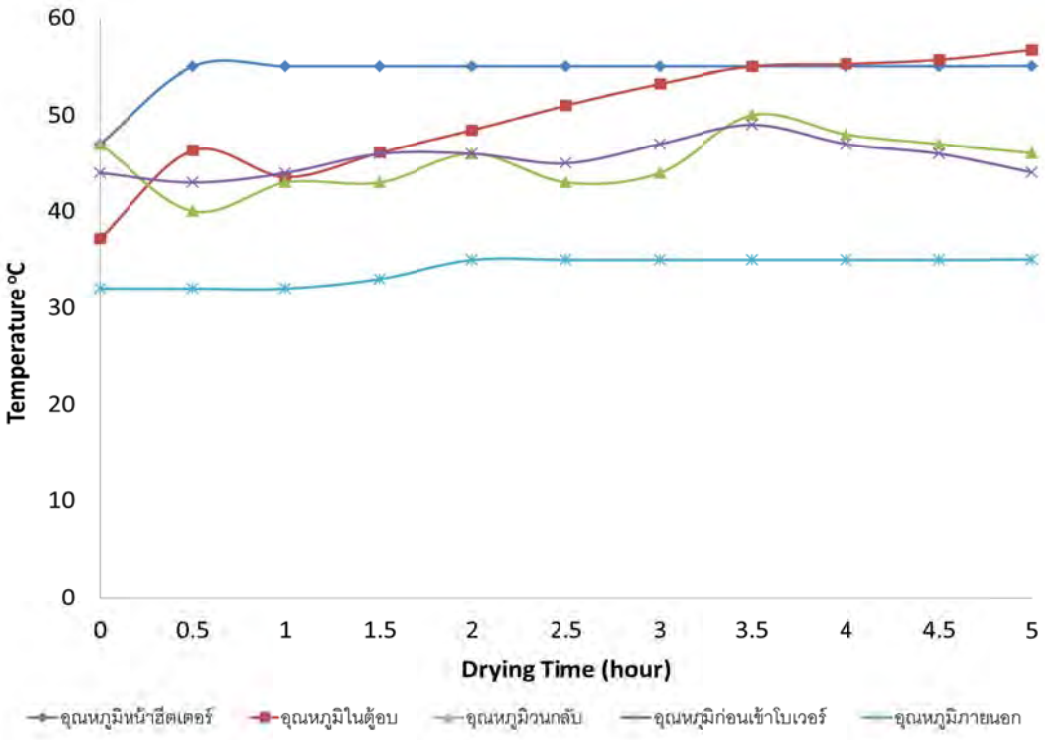
รูปที่ 4.17 กราฟแสดงความเข้มแสงอาทิตย์กรณีทดลองด้วยแสงอาทิตย์ร่วมกับฮีตเตอร์อุณหภูมิ 50 $^{\circ}$C

จากรูปที่ 4.17 กราฟแสดงความเข้มแสงอาทิตย์กรณีทดลองด้วยแสงอาทิตย์ร่วมกับฮีตเตอร์ที่อุณหภูมิภายนอก 33.45 $^{\circ}$C โดยใช้ผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร คือ ใบสับปะรด จำนวน 30 ตะแกรง น้ำหนักโดยเฉลี่ยตะแกรงละ 912.02 กรัม ใช้ระยะเวลาอบ 5 ชั่วโมงอัตราการไหลของลมที่เข้าตู้อบ 0.138 m^3/s และเก็บข้อมูลทุก ๆ 30 นาที ความเข้มแสงอาทิตย์เริ่มต้นที่ 470 W/m^2 และเพิ่มขึ้นจนสูงสุดที่ 832 W/m^2 ในชั่วโมงที่ 3 หรือเวลา 13.00 น. และลดลงเหลือ 740 W/m^2 ในชั่วโมงที่ 5 ของการอบ



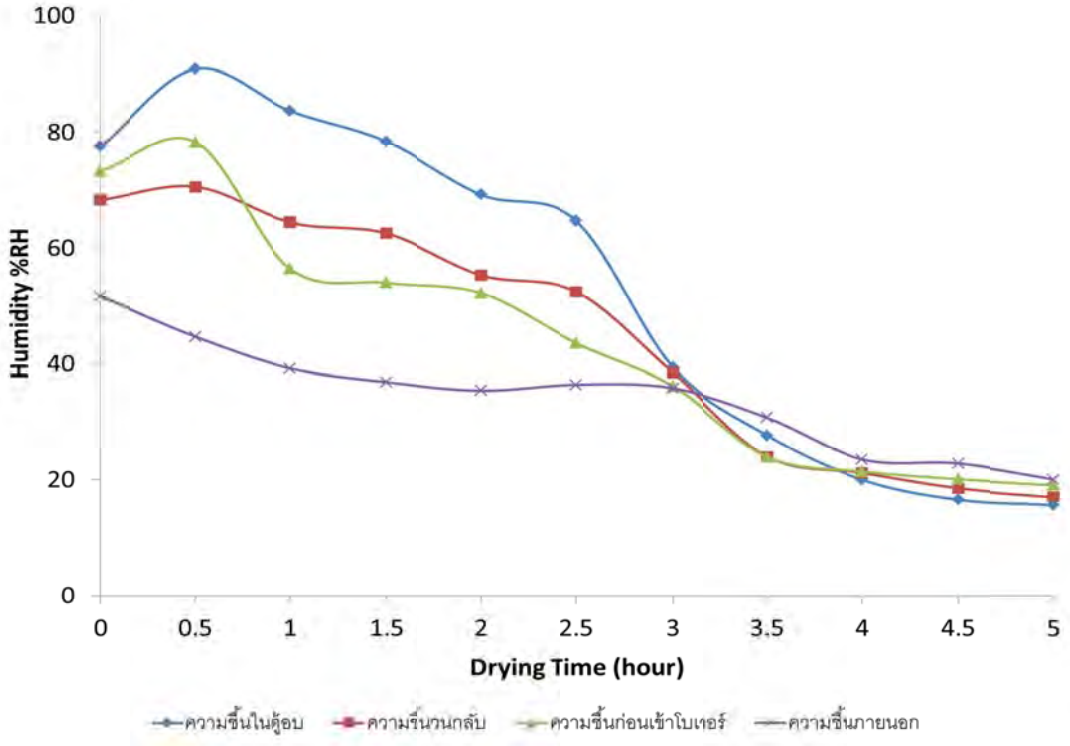
รูปที่ 4.18 กราฟแสดงความชื้นมาตรฐานแห้งกรณีทดลองด้วยแสงอาทิตย์ร่วมกับฮีตเตอร์อุณหภูมิ 55 $^{\circ}$C

จากรูปที่ 4.18 กราฟแสดงความชื้นมาตรฐานแห้งกรณีทดลองด้วยแสงอาทิตย์ร่วมกับฮีตเตอร์ที่อุณหภูมิฮีตเตอร์ 55 $^{\circ}$C โดยใช้ผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร คือ ใบสับปะรด จำนวน 30 ตะแกรง น้ำหนักโดยเฉลี่ยตะแกรงละ 898.09 กรัม ใช้ระยะเวลาอบ 5 ชั่วโมงอัตราการไหลของลมที่เข้าตู้อบ 0.138 m^3/s และเก็บข้อมูลทุก ๆ 30 นาที จากตัวอย่างทั้ง 6 แผ่น ความชื้นมาตรฐานแห้งเริ่มต้นเฉลี่ยอยู่ที่ 1091.61 %db และลดลงมาจนมีความชื้นมาตรฐานแห้งเท่ากับ 11.50 %db ในชั่วโมงที่ 3.5 และลดลงจนต่ำสุดที่ 10.71 %db ในชั่วโมงที่ 4 และทรงตัวจนถึงชั่วโมงที่ 5 จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่า ผลิตภัณฑ์เริ่มแห้งในชั่วโมงที่ 3.5 และมาแห้งหมดทั้ง 30 แผ่น ในชั่วโมงที่ 4 เนื่องจากเมื่อทำการอบจนครบ 5 ชั่วโมงแล้วความชื้นมาตรฐานแห้งไม่ลดลงอีก



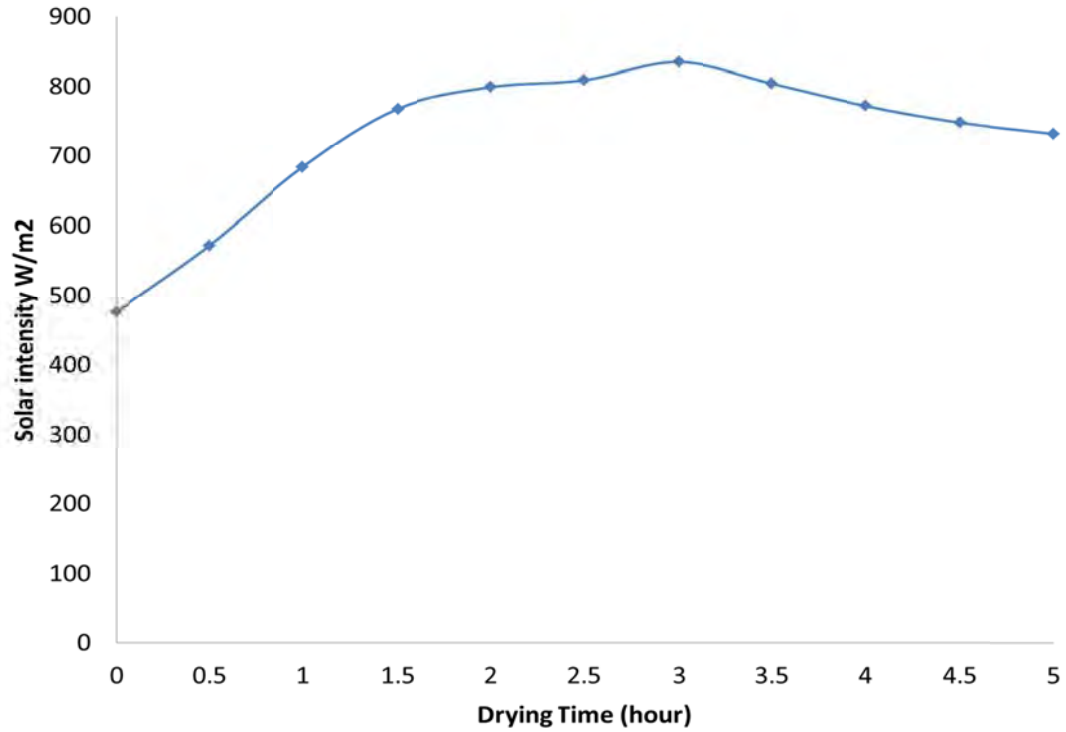
รูปที่ 4.19 กราฟแสดงอุณหภูมิกรณีทดลองด้วยแสงอาทิตย์ร่วมกับฮีตเตอร์อุณหภูมิ 55 °C

จากรูปที่ 4.19 กราฟแสดงอุณหภูมิกรณีทดลองด้วยแสงอาทิตย์ร่วมกับฮีตเตอร์ที่อุณหภูมิฮีตเตอร์ 55 °C โดยใช้ผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร คือ ใบสับปะรด จำนวน 30 ตะแกรง น้ำหนักโดยเฉลี่ยตะแกรงละ 898.09 กรัม ใช้ระยะเวลาอบ 5 ชั่วโมงอัตราการไหลของลมที่เข้าตู้อบ 0.138 m^3/s และเก็บข้อมูลทุก ๆ 30 นาที อุณหภูมิหน้าฮีตเตอร์เริ่มต้นที่ 47 °C และเพิ่มขึ้นจนมีอุณหภูมิถึง 50 °C ในชั่วโมงที่ 0.5 อุณหภูมิเฉลี่ยในตู้อบเริ่มต้นที่ 37.22 °C และเพิ่มขึ้นจนมีอุณหภูมิถึง 55 °C ในชั่วโมงที่ 3.5 และมีอุณหภูมิสูงสุด 56.67 °C ในชั่วโมงที่ 5 อุณหภูมิวนกลับเริ่มต้นที่ 49 °C และสูงสุดที่ 50 °C ในชั่วโมงที่ 3.5 และลดลงมาเหลือ 45 °C ในชั่วโมงที่ 5 อุณหภูมิก่อนเข้าเครื่องเป่าลมเริ่มต้นที่ 47 °C และสูงสุดที่ 49 °C ในชั่วโมงที่ 3.5 และลดลงเหลือ 44 °C ในชั่วโมงที่ 5 อุณหภูมิภายนอกเฉลี่ยอยู่ที่ 34 °C จากผลการทดลองดังกล่าวจะเห็นได้ว่าอุณหภูมิหน้าฮีตเตอร์จะถึงตามที่ได้ตั้งค่าไว้โดยใช้เวลาเพียง 0.5 ชั่วโมง อุณหภูมิเฉลี่ยในตู้อบจะมีใกล้เคียงกับอุณหภูมิฮีตเตอร์ที่ตั้งไว้ในชั่วโมงที่ 3.5 และสูงขึ้นจนถึง 56.67 °C ในชั่วโมงที่ 5 เนื่องจากการสะสมของความร้อนหรือผลิตภัณฑ์บางแผ่นเริ่มแห้งจึงคายความร้อนในตัวเองออกมาจึงทำให้อุณหภูมิในตู้อบสูงกว่าที่ตั้งไว้และอุณหภูมิที่วนกลับและอุณหภูมิก่อนเข้าเครื่องเป่าลมจะมีค่าสูงสุดอยู่ที่ชั่วโมงที่ 3.5 และลดลงในชั่วโมงที่ 4-5 เนื่องจากระดับความเข้มแสงอาทิตย์เริ่มลดลงจึงทำให้อุณหภูมิในสองจุดนี้ลดลงตาม



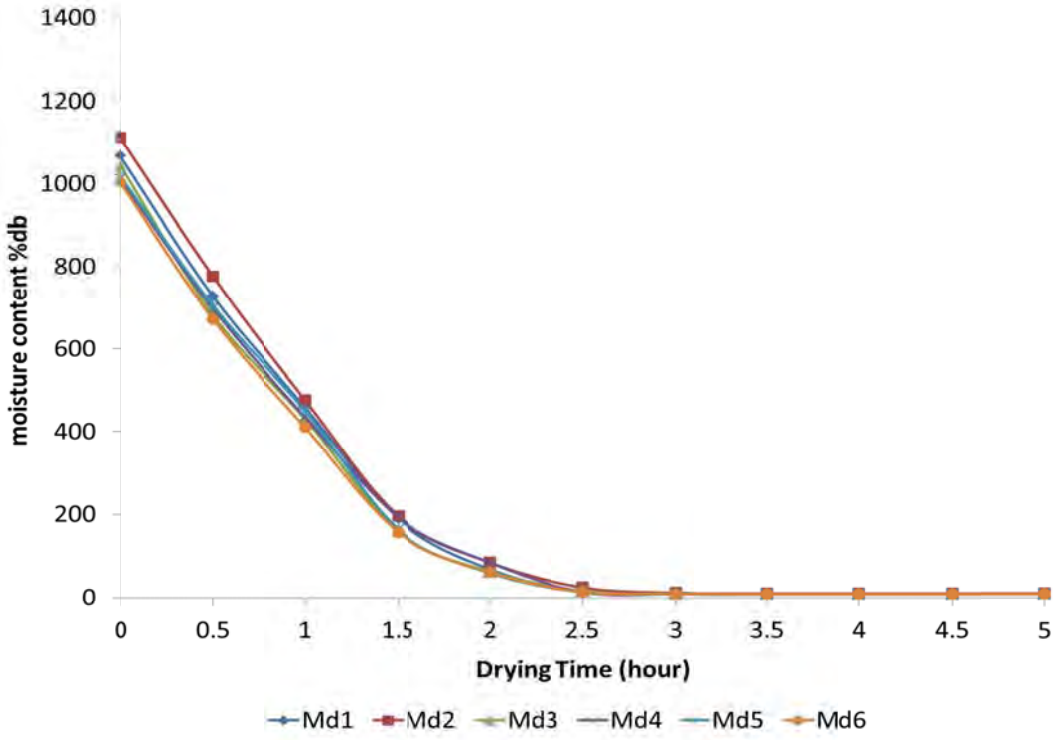
รูปที่ 4.20 กราฟแสดงความชื้นกรณีทดลองด้วยแสงอาทิตย์ร่วมกับฮีตเตอร์อุณหภูมิ 55 $^{\circ}$C

จากรูปที่ 4.20 กราฟแสดงความชื้นกรณีทดลองด้วยแสงอาทิตย์ร่วมกับฮีตเตอร์อุณหภูมิฮีตเตอร์55 $^{\circ}$C โดยใช้ผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร คือ ใบสับปะรด จำนวน 30 ตะแกรง น้ำหนักโดยเฉลี่ยตะแกรงละ 898.09 กรัม ใช้ระยะเวลาอบ 5 ชั่วโมงอัตราการไหลของลมที่เข้าตู้อบ 0.138 m^3/s และเก็บข้อมูลทุก ๆ 30 นาที ความชื้นในตู้อบเริ่มที่ 77.55 %RH จากนั้นเพิ่มขึ้นเป็น 90.89 %RH และลดลงมาจนถึง 15.60 %RH ในชั่วโมงที่ 5 ความชื้นวนกลับเริ่มต้นที่ 68.27 %RH จากนั้นเพิ่มขึ้นเป็น 70.56 %RH และลดลงมาจนถึง 17.10 %RH ในชั่วโมงที่ 5 ความชื้นก่อนเข้าเครื่องเป่าลมเริ่มต้นที่ 73.28 %RH จากนั้นเพิ่มขึ้นเป็น 78.34 %RH และลดลงมาถึง 19.20 %RH ความชื้นภายนอกเริ่มต้นที่ 51.56 %RH และลดลงมาถึง 20.21 %RH ในชั่วโมงที่ 5 จากผลการทดลองดังกล่าวจะเห็นได้ว่าความชื้นในเครื่องอบทุกจุดที่ทำการตรวจวัดจะมีค่าต่ำกว่าความชื้นภายนอกในชั่วโมงที่ 3.5 เนื่องจากผลิตภัณฑ์เริ่มแห้งจึงทำให้มีค่าความชื้นลดลงมากจนต่ำกว่าความชื้นภายนอก



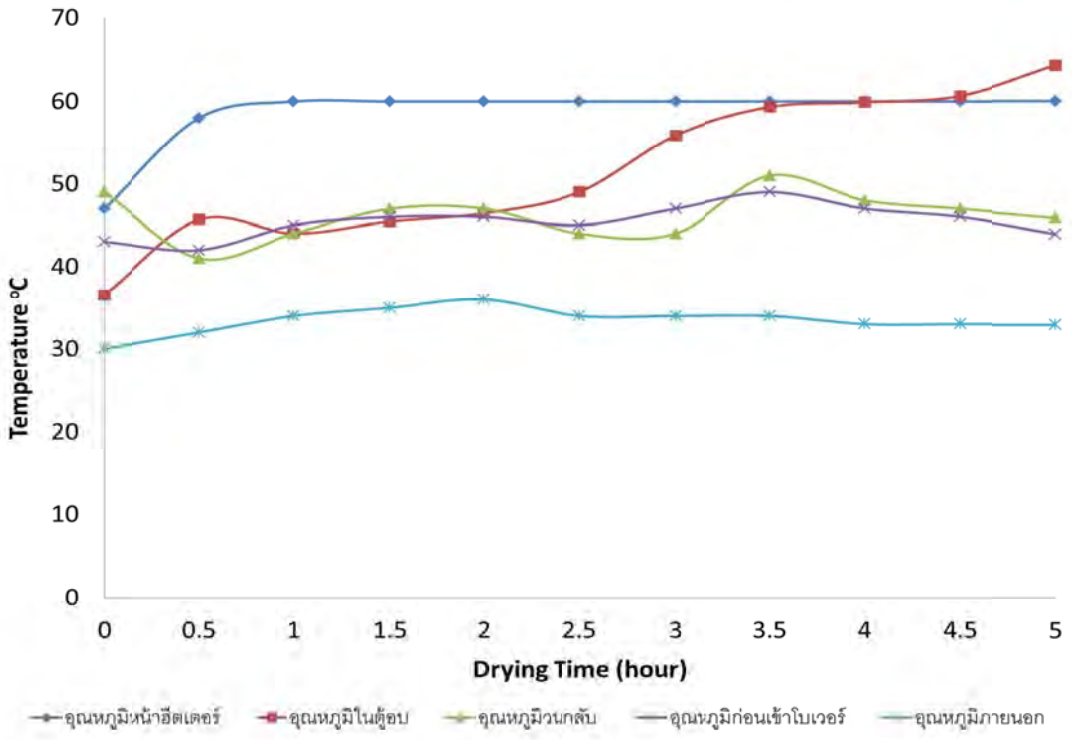
รูปที่ 4.21 กราฟแสดงความเข้มแสงอาทิตย์กรณีทดลองด้วยแสงอาทิตย์ร่วมกับฮีตเตอร์อุณหภูมิ 55 $^{\circ}$C

จากรูปที่ 4.21 กราฟแสดงความเข้มแสงอาทิตย์กรณีทดลองด้วยแสงอาทิตย์ร่วมกับฮีตเตอร์ที่อุณหภูมิภายนอก 34 $^{\circ}$C โดยใช้ผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร คือ ใบสับปะรด จำนวน 30 ตะแกรง น้ำหนักโดยเฉลี่ยตะแกรงละ 898.09 กรัม ใช้ระยะเวลาอบ 5 ชั่วโมงอัตราการไหลของลมที่เข้าตู้อบ 0.138 m^3/s และเก็บข้อมูลทุก ๆ 30 นาที ความเข้มแสงอาทิตย์เริ่มต้นที่ 476 W/m^2 และเพิ่มขึ้นจนสูงสุดที่ 835 W/m^2 ในชั่วโมงที่ 3 หรือเวลา 13.00 น. และลดลงเหลือ 732 W/m^2 ในชั่วโมงที่ 5 ของการอบ



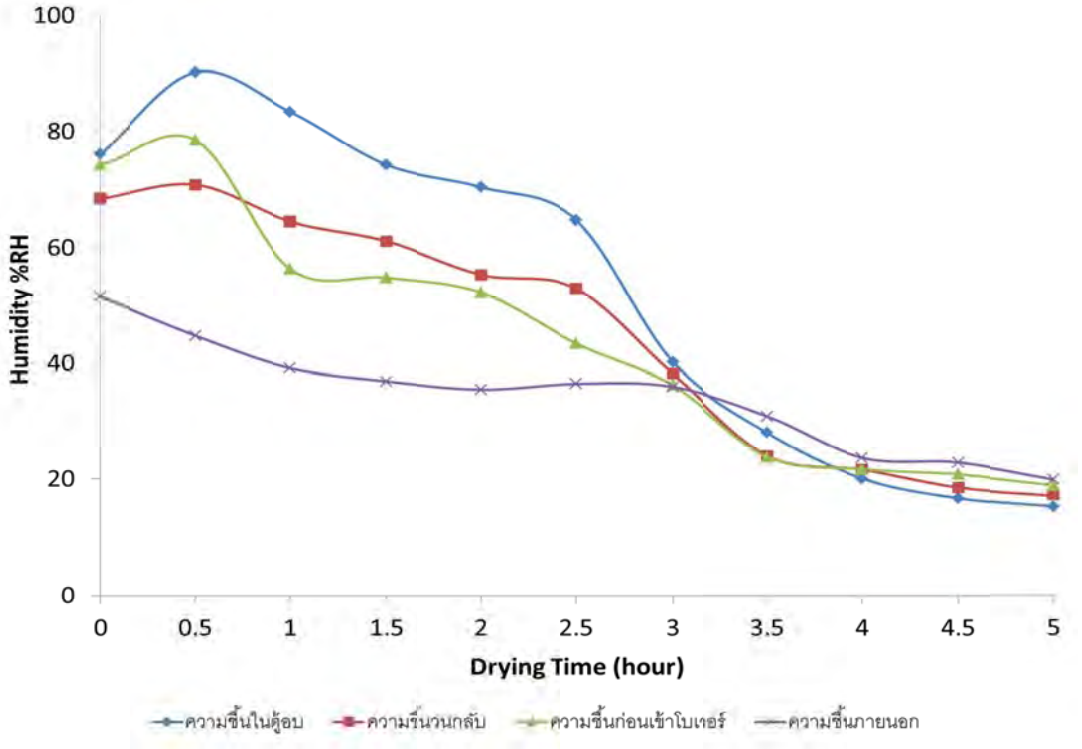
รูปที่ 4.22 กราฟแสดงความชื้นมาตรฐานแห้งกรณีทดลองด้วยแสงอาทิตย์ร่วมกับฮีตเตอร์อุณหภูมิ 60 $^{\circ}$C

จากรูปที่ 4.22 กราฟแสดงความชื้นมาตรฐานแห้งกรณีทดลองด้วยแสงอาทิตย์ร่วมกับฮีตเตอร์ที่อุณหภูมิฮีตเตอร์ 60 $^{\circ}$C โดยใช้ผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร คือ ใบสับปะรด จำนวน 30 ตะแกรง น้ำหนักโดยเฉลี่ยตะแกรงละ 922.20 กรัม ใช้ระยะเวลาอบ 5 ชั่วโมงอัตราการไหลของลมที่เข้าตู้อบ 0.138 m^3/s และเก็บข้อมูลทุก ๆ 30 นาที จากตัวอย่างทั้ง 6 แผ่น ความชื้นมาตรฐานแห้งเริ่มต้นเฉลี่ยอยู่ที่ 1043.70 %db และลดลงมาจนมีความชื้นมาตรฐานแห้งเท่ากับ 9.89 %db ในชั่วโมงที่ 2.5 และลดลงจนต่ำสุดที่ 9.12 %db ในชั่วโมงที่ 3 และทรงตัวจนถึงชั่วโมงที่ 5 จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่า ผลิตภัณฑ์เริ่มแห้งในชั่วโมงที่ 3 และมาแห้งหมดทั้ง 30 แผ่น ในชั่วโมงที่ 3.5 เนื่องจากเมื่อทำการอบจนครบ 5 ชั่วโมงแล้วความชื้นมาตรฐานแห้งไม่ลดลงอีก



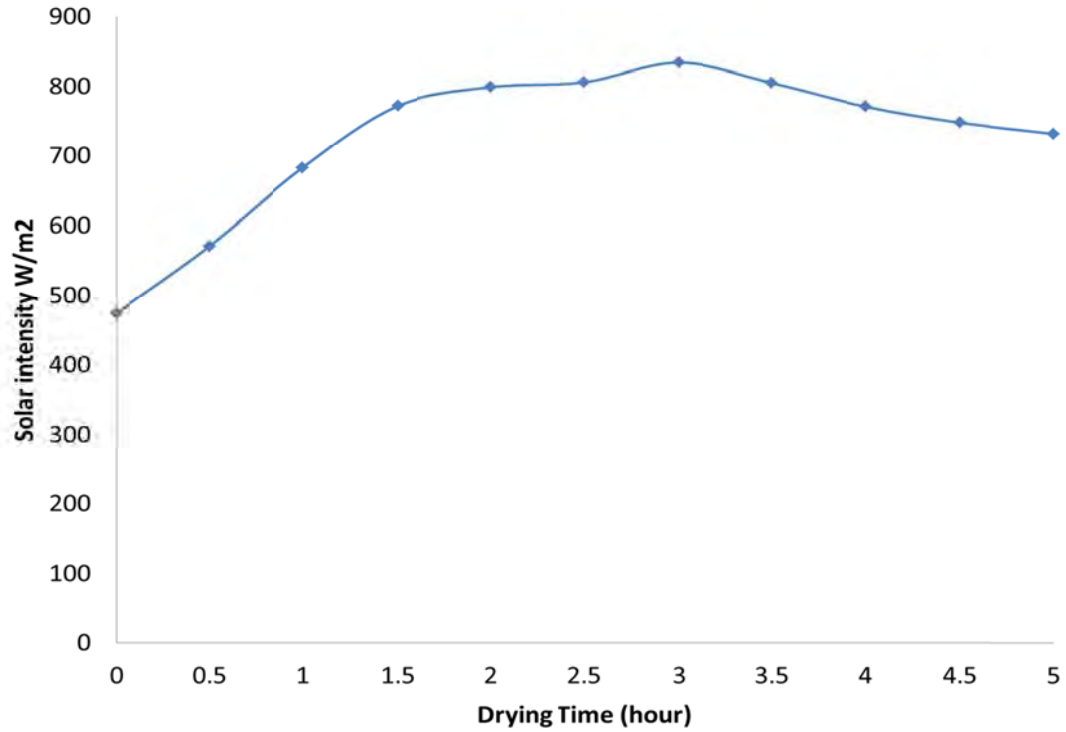
รูปที่ 4.23 กราฟแสดงอุณหภูมิกรณีทดลองด้วยแสงอาทิตย์ร่วมกับฮีตเตอร์อุณหภูมิ 60 °C

จากรูปที่ 4.23 กราฟแสดงอุณหภูมิกรณีทดลองด้วยแสงอาทิตย์ร่วมกับฮีตเตอร์ที่อุณหภูมิฮีตเตอร์ 60 °C โดยใช้ผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร คือ ใบสับปะรด จำนวน 30 ตะแกรง น้ำหนักโดยเฉลี่ยตะแกรงละ 922.20 กรัม ใช้ระยะเวลาอบ 5 ชั่วโมงอัตราการไหลของลมที่เข้าตู้อบ 0.138 m^3/s และเก็บข้อมูลทุก ๆ 30 นาที อุณหภูมิหน้าฮีตเตอร์เริ่มต้นที่ 47 °C และเพิ่มขึ้นจนมีอุณหภูมิถึง 60 °C ในชั่วโมงที่ 1 อุณหภูมิเฉลี่ยในตู้อบเริ่มต้นที่ 36.56 °C และเพิ่มขึ้นจนใกล้เคียงกับอุณหภูมิที่ตั้งค่าไว้ในชั่วโมงที่ 3.5 และมีอุณหภูมิสูงสุด 64.33 °C ในชั่วโมงที่ 5 อุณหภูมิวนกลับเริ่มต้นที่ 49 °C และสูงสุดที่ 51 °C ในชั่วโมงที่ 3.5 และลดลงมาเหลือ 46 °C ในชั่วโมงที่ 5 อุณหภูมิก่อนเข้าเครื่องเป่าลมเริ่มต้นที่ 43 °C และสูงสุดที่ 49 °C ในชั่วโมงที่ 3.5 และลดลงเหลือ 44 °C ในชั่วโมงที่ 5 อุณหภูมิภายนอกเฉลี่ยอยู่ที่ 33.45 °C จากผลการทดลองดังกล่าวจะเห็นได้ว่าอุณหภูมิหน้าฮีตเตอร์จะถึงตามที่ได้ตั้งค่าไว้โดยใช้เวลาเพียง 1 ชั่วโมง อุณหภูมิเฉลี่ยในตู้อบจะมีใกล้เคียงกับอุณหภูมิฮีตเตอร์ที่ตั้งไว้ในชั่วโมงที่ 3.5 และสูงขึ้นจนถึง 64.33 °C ในชั่วโมงที่ 5 เนื่องจากการสะสมของความร้อนหรือผลิตภัณฑ์บางแผ่นเริ่มแห้งจึงคายความร้อนในตัวเองออกมาจึงทำให้อุณหภูมิในตู้อบสูงกว่าที่ตั้งไว้และอุณหภูมิที่วนกลับและอุณหภูมิก่อนเข้าเครื่องเป่าลมจะมีค่าสูงสุดอยู่ที่ชั่วโมงที่ 3.5 และลดลงในชั่วโมงที่ 4-5 เนื่องจากระดับความเข้มแสงอาทิตย์เริ่มลดลงจึงทำให้อุณหภูมิในสองจุดนี้ลดลงตาม



รูปที่ 4.24 กราฟแสดงความชื้นกรณีทดลองด้วยแสงอาทิตย์ร่วมกับฮีตเตอร์อุณหภูมิ 60 °C

จากรูปที่ 4.24 กราฟแสดงความชื้นกรณีทดลองด้วยแสงอาทิตย์ร่วมกับฮีตเตอร์อุณหภูมิฮีตเตอร์60 °C โดยใช้ผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร คือ ใบสับปะรด จำนวน 30 ตะแกรง น้ำหนักโดยเฉลี่ยตะแกรงละ 922.20 กรัม ใช้ระยะเวลาอบ 5 ชั่วโมงอัตราการไหลของลมที่เข้าตู้อบ 0.138 m^3/s และเก็บข้อมูลทุก ๆ 30 นาที ความชื้นในตู้อบเริ่มที่ 76.05 %RH จากนั้นเพิ่มขึ้นเป็น 90.25 %RH และลดลงมาจนถึง 15.23 %RH ในชั่วโมงที่ 5 ความชื้นวนกลับเริ่มต้นที่ 68.37 %RH จากนั้นเพิ่มขึ้นเป็น 70.78 %RH และลดลงมาจนถึง 17.20 %RH ในชั่วโมงที่ 5 ความชื้นก่อนเข้าเครื่องเป่าลมเริ่มต้นที่ 74.18 %RH จากนั้นเพิ่มขึ้นเป็น 78.50 %RH และลดลงมาถึง 19.01 %RH ความชื้นภายนอกเริ่มต้นที่ 51.57 %RH และลดลงมาถึง 20.01 %RH ในชั่วโมงที่ 5 จากผลการทดลองดังกล่าวจะเห็นได้ว่าความชื้นในเครื่องอบทุกจุดที่ทำการตรวจวัดจะมีค่าต่ำกว่าความชื้นภายนอกในชั่วโมงที่ 3.5 เนื่องจากผลิตภัณฑ์เริ่มแห้งจึงทำให้มีค่าความชื้นลดลงมากจนต่ำกว่าความชื้นภายนอก

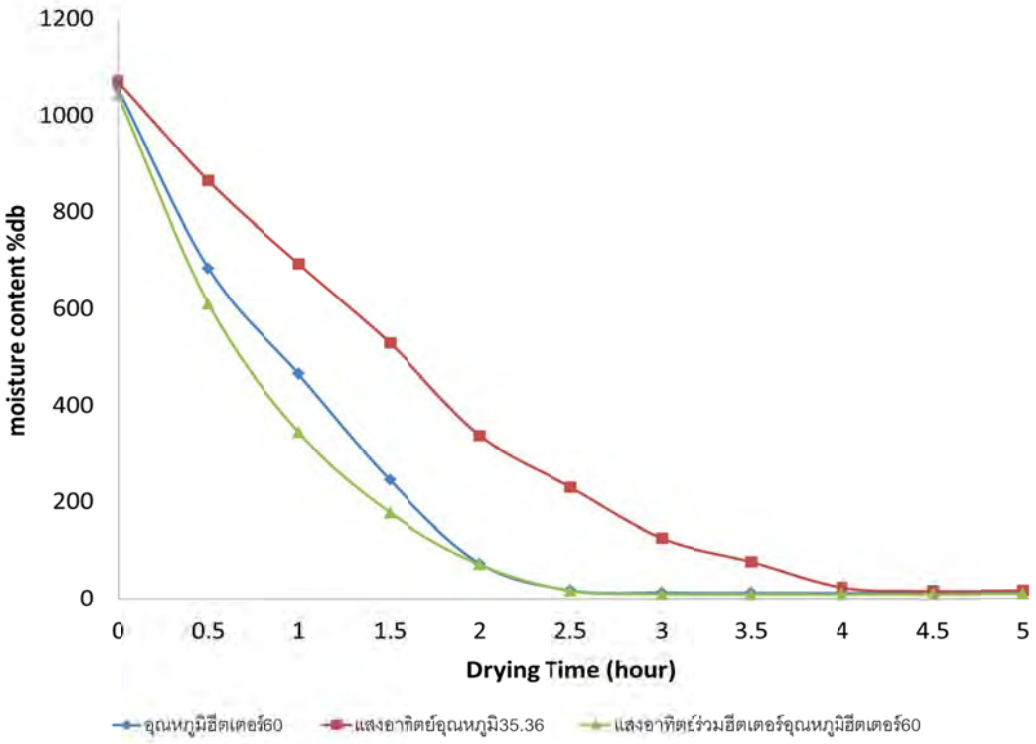


รูปที่ 4.25 กราฟแสดงความเข้มแสงอาทิตย์กรณีทดลองด้วยแสงอาทิตย์ร่วมกับฮีตเตอร์อุณหภูมิ 60 $^{\circ}$C

จากรูปที่ 4.25 กราฟแสดงความเข้มแสงอาทิตย์กรณีทดลองด้วยแสงอาทิตย์ร่วมกับฮีตเตอร์ที่อุณหภูมิภายนอก 33.45 $^{\circ}$C โดยใช้ผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร คือ ใบสับปะรด จำนวน 30 ตะแกรง น้ำหนักโดยเฉลี่ยตะแกรงละ 922.20 กรัม ใช้ระยะเวลาอบ 5 ชั่วโมงอัตราการไหลของลมที่เข้าตู้อบ 0.138 m^3/s และเก็บข้อมูลทุก ๆ 30 นาที ความเข้มแสงอาทิตย์เริ่มต้นที่ 474 W/m^2 และเพิ่มขึ้นจนสูงสุดที่ 834 W/m^2 ในชั่วโมงที่ 3 หรือเวลา 13.00 น. และลดลงเหลือ 732 W/m^2 ในชั่วโมงที่ 5 ของการอบ

4.4 ผลการทดลองเปรียบเทียบกรณีใช้ฮีตเตอร์ แสงอาทิตย์และแสงอาทิตย์ร่วมกับฮีตเตอร์

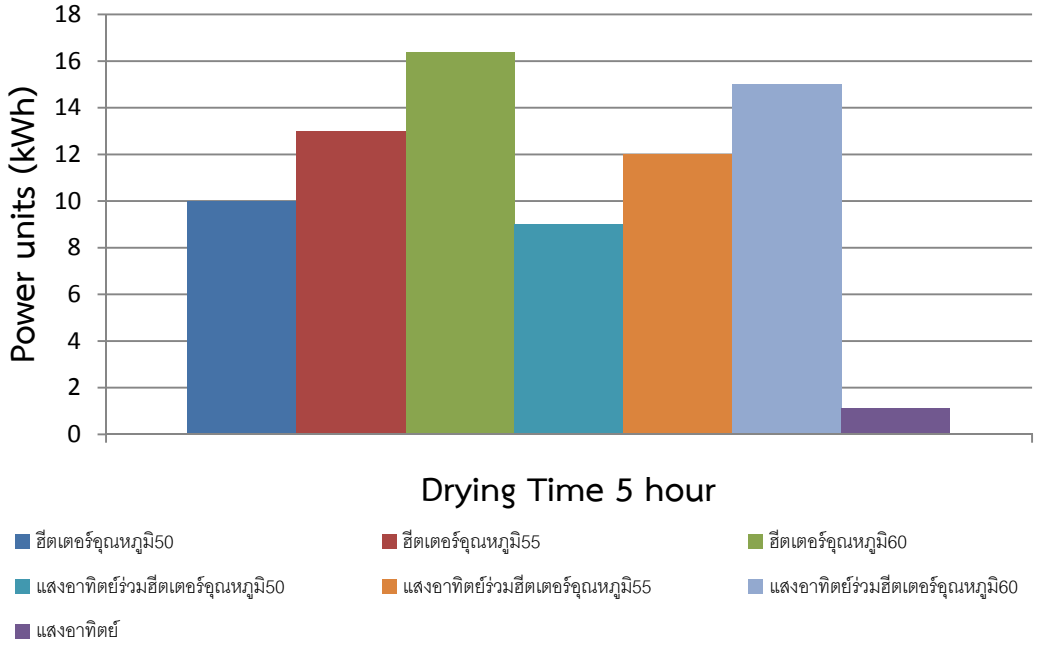
4.4.1 เปรียบเทียบค่าความชื้นมาตรฐานแห้งของผลการทดลองกรณีใช้ฮีตเตอร์ แสงอาทิตย์และแสงอาทิตย์ร่วมกับฮีตเตอร์ โดยนำผลการทดลองที่มีค่าความชื้นมาตรฐานแห้งน้อยที่สุดในแต่ละกรณีมาเปรียบเทียบ



รูปที่ 4.26 กราฟเปรียบเทียบความชื้นมาตรฐานแห้งกรณีทดลองด้วยฮีตเตอร์ แสงอาทิตย์ และ แสงอาทิตย์ร่วมกับฮีตเตอร์

จากรูปที่ 4.26 กราฟเปรียบเทียบความชื้นมาตรฐานแห้งกรณีทดลองด้วยฮีตเตอร์ ฮีตเตอร์ร่วมกับแสงอาทิตย์และแสงอาทิตย์ โดยนำผลการทดลองที่ดีที่สุดในแต่กรณี จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่า การทดลองในกรณีใช้ฮีตเตอร์ร่วมกับแสงอาทิตย์มีการลดลงของความชื้นมาตรฐานแห้งที่ใกล้เคียงกันโดยกรณีทดลองด้วยฮีตเตอร์ค่าความชื้นมาตรฐานแห้งอยู่ที่ 9.12%db และกรณีทดลองด้วยฮีตเตอร์ค่าความชื้นมาตรฐานแห้งอยู่ที่ 11.17%db และกรณีทดลองใช้แสงอาทิตย์ค่าความชื้นอยู่ที่ 15.84%db จากผลผลการเปรียบเทียบดังกล่าวจะเห็นได้ว่าค่าความชื้นมาตรฐานแห้งในกรณีทดลองด้วยแสงแดดร่วมกับฮีตเตอร์จะมีค่าน้อยที่สุดแต่ระยะเวลาในการแห้งใกล้เคียงกันกับกรณีทดลองด้วยฮีตเตอร์

4.4.2 เปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้าของผลการทดลองกรณีใช้ฮีตเตอร์ แสงอาทิตย์และแสงอาทิตย์ร่วมกับฮีตเตอร์ โดยนำค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าในแต่ละกรณีมาเปรียบเทียบ



รูปที่ 4.27 กราฟเปรียบเทียบพลังงานไฟฟ้ากรณีทดลองด้วยฮีตเตอร์ แสงอาทิตย์ และแสงอาทิตย์ร่วมกับฮีตเตอร์

จากรูปที่ 4.27 กราฟเปรียบเทียบพลังงานไฟฟ้ากรณีทดลองด้วยฮีตเตอร์ แสงอาทิตย์ และแสงอาทิตย์ร่วมกับฮีตเตอร์เมื่อทำการอบครบ 5 ชั่วโมงการใช้พลังงานไฟฟ้าในกรณีทดลองด้วยฮีตเตอร์ที่อุณหภูมิฮีตเตอร์ 50 °C จะใช้พลังงานไฟฟ้าเท่ากับ 10 kWh ที่อุณหภูมิฮีตเตอร์55 °C จะใช้พลังงานไฟฟ้าเท่ากับ 13 kWh ที่อุณหภูมิฮีตเตอร์ 60 °C จะใช้พลังงานไฟฟ้าเท่ากับ 16.4 kWh กรณีทดลองด้วย แสงอาทิตย์จะใช้พลังงานไฟฟ้าเท่ากับ 1.1 kWh กรณีทดลองด้วยแสงอาทิตย์ร่วมกับฮีตเตอร์ที่อุณหภูมิฮีตเตอร์50 °C จะใช้พลังงานไฟฟ้าเท่ากับ 9 kWh ที่อุณหภูมิฮีตเตอร์55 °C จะใช้พลังงานไฟฟ้าเท่ากับ 12 kWh ที่อุณหภูมิฮีตเตอร์60 °C จะใช้พลังงานไฟฟ้าเท่ากับ 15 kWh จากผลการเปรียบเทียบดังกล่าว จะเห็นได้ว่า กรณีทดลองด้วยแสงอาทิตย์เพียงอย่างเดียวจะมีการใช้พลังงานไฟฟ้าน้อยที่สุด ลองลงมาคือกรณีแสงอาทิตย์ร่วมกับฮีตเตอร์ และกรณีฮีตเตอร์เพียงอย่างเดียวจะมีการใช้พลังงานมากที่สุด

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

5.1.1 จากการทดลอง พบว่าเครื่องอบกระดาษใบสับปะรดพลังแสงอาทิตย์ร่วมกับฮีตเตอร์ สามารถอบกระดาษได้ครั้งละ 30 แผ่น โดยใช้เวลาในการอบเฉลี่ย 5 ชั่วโมง /ครั้ง

กรณีทดลองที่อุณหภูมิฮีตเตอร์ 50 °C ในการทดลองด้วยฮีตเตอร์เพียงอย่างเดียว พบว่าอุณหภูมิเฉลี่ยในตู้อบเริ่มต้นที่ 34.67 °C และสูงสุดที่ 51.44 °C ใช้พลังงานไฟฟ้าในการทดลอง 15 kWh ระยะเวลาในการทำให้กระดาษแห้งอยู่ที่ 5 ชั่วโมง ในการทดลองด้วยแสงอาทิตย์ร่วมกับฮีตเตอร์ พบว่าอุณหภูมิเฉลี่ยในตู้อบเริ่มต้นที่ 35.44 °C และสูงสุดที่ 51.56 °C ใช้พลังงานไฟฟ้าในการทดลอง 14 kWh ระยะเวลาในการทำให้กระดาษแห้งอยู่ที่ 5 ชั่วโมง

กรณีทดลองที่อุณหภูมิฮีตเตอร์ 55 °C ในการทดลองด้วยฮีตเตอร์เพียงอย่างเดียว พบว่าอุณหภูมิเฉลี่ยในตู้อบเริ่มต้นที่ 34.56 °C และสูงสุดที่ 57.11 °C ใช้พลังงานไฟฟ้าในการทดลอง 18 kWh ระยะเวลาในการทำให้กระดาษแห้งอยู่ที่ 4 ชั่วโมง ในการทดลองด้วยแสงอาทิตย์ร่วมกับฮีตเตอร์ พบว่าอุณหภูมิเฉลี่ยในตู้อบเริ่มต้นที่ 37.22 °C และสูงสุดที่ 56.67 °C ใช้พลังงานไฟฟ้าในการทดลอง 17 kWh ระยะเวลาในการทำให้กระดาษแห้งอยู่ที่ 4 ชั่วโมง

กรณีทดลองที่อุณหภูมิฮีตเตอร์ 60 °C ในการทดลองด้วยฮีตเตอร์เพียงอย่างเดียว พบว่าอุณหภูมิเฉลี่ยในตู้อบเริ่มต้นที่ 38.22 °C และสูงสุดที่ 63.56 °C ใช้พลังงานไฟฟ้าในการทดลอง 21 kWh ระยะเวลาในการทำให้กระดาษแห้งอยู่ที่ 3.5 ชั่วโมง ในการทดลองด้วยแสงอาทิตย์ร่วมกับฮีตเตอร์ พบว่าอุณหภูมิเฉลี่ยในตู้อบเริ่มต้นที่ 36.56 °C และสูงสุดที่ 64.33 °C ใช้พลังงานไฟฟ้าในการทดลอง 20 kWh ระยะเวลาในการทำให้กระดาษแห้งอยู่ที่ 3.5 ชั่วโมง

5.1.2 จากผลการทดลอง กรณีทดลองด้วยแสงอาทิตย์เพียงอย่างเดียวจากการทดลองทั้ง 3 ครั้ง พบว่าอุณหภูมิเฉลี่ยในตู้อบเริ่มต้นที่ 33.11 °C และสูงสุดที่ 39.89 °C ใช้พลังงานไฟฟ้าในการทดลอง 1.1 kWh ระยะเวลาในการทำให้กระดาษแห้งอยู่ที่ 5 ชั่วโมง

5.13 จากการทดลองในภาพรวมพบว่าการอบแบบใช้พลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับฮีตเตอร์ที่อุณหภูมิ 60 °C ใช้เวลาในการอบกระดาษน้อยที่สุดคือ เวลา 3 ชั่วโมงครึ่ง โดยกระดาษความชื้นเริ่มต้นเฉลี่ยอยู่ที่ 1043.70 %db และกระดาษแห้งหมดใน ลดลงมาจนมีความชื้นสุดท้ายเท่ากับ 9.12

°C

°C

บรรณานุกรม

สุชาดา อุชชิน และ รุ่งนภา รัตนพาหิระ. 2546. **การผลิตเส้นใยสับปะรดเพื่ออุตสาหกรรมสิ่งทอโดยวิธีการแช่ฟอก**. นิทรรศการงานวิจัย 60 ปี มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สำนักส่งเสริมการค้าสินค้าเกษตร. 2553. **สับปะรด**. ประจำเดือน กันยายน 2553.

วิวัฒน์ ตัณฑะพานิชกุล และคณะ. 2548**. เทคโนโลยีอบแห้งในอุตสาหกรรมอาหาร**. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร. สำนักพิมพ์ สสท.

Arun S. Mujumdar and el . 2006. **Handbook of Industrial Drying.** 3rd edition . CRC Press.

บงกช ประสิทธิ์ และ อนันต์ พงศ์ธรกุลพานิช. 2550. **การออกแบบเครื่องอบแห้งกระดาษเยื่อกล้วย**. การประชุมเชิงวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทยครั้งที่ 3. 23-25 พฤษภาคม 2550.

M.G.A. Vieira, S.C.S. Rocha. 2007 **Drying conditions influence on physical properties of recycled paper**. Chemical Engineering and Processing 46. pp 955–963.

ไพโรจน์ คีรีรัตน์ สิทธิสันต์ กังประเสริฐกุล และคณะ. 2549. **สมรรถนะของเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสมผสานชนิดอุโมงค์ในการอบพริกขี้หนู**. การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทยครั้งที่ 20. 18-20 ตุลาคม 2549. นครราชสีมา.

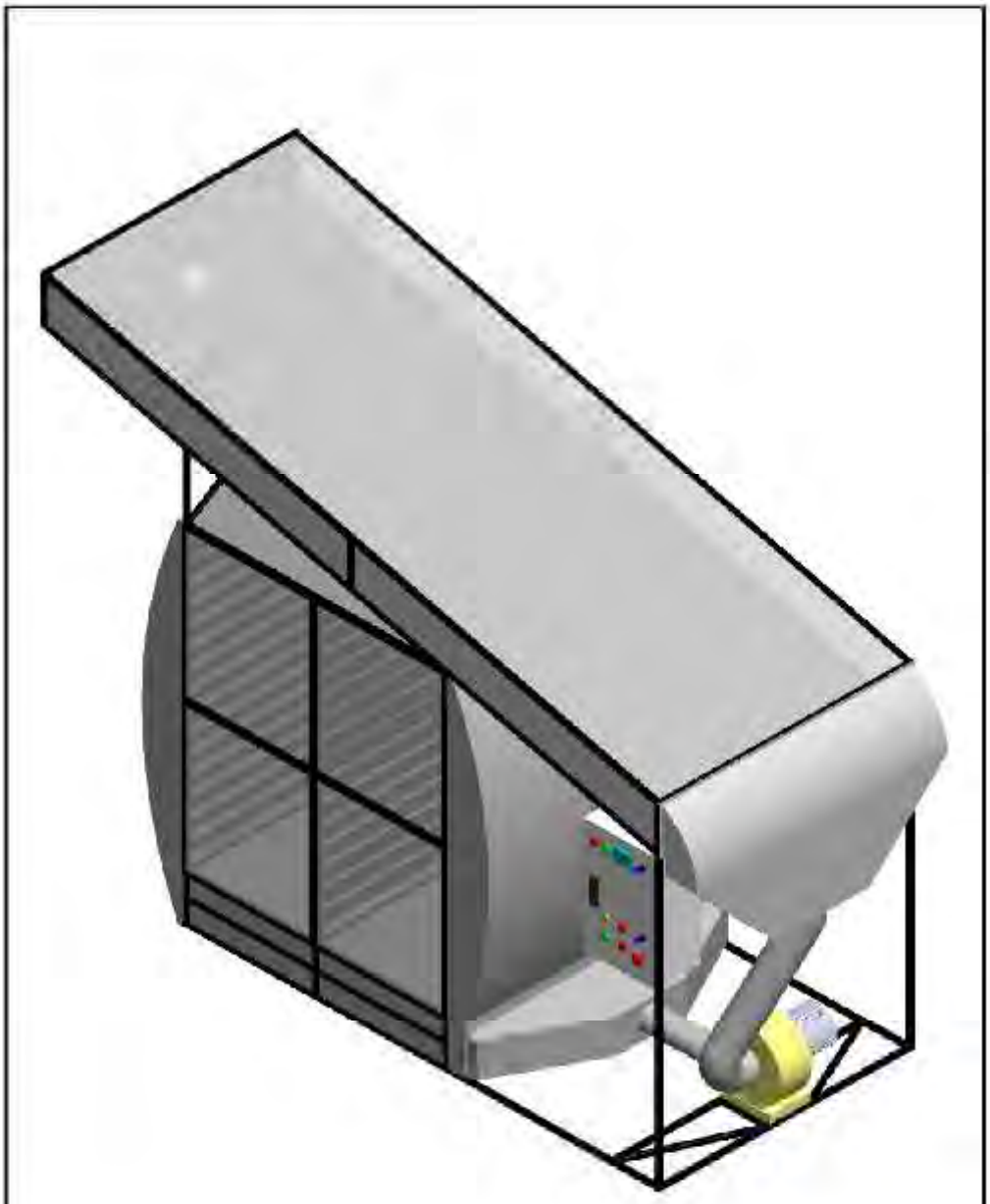
กุลยศ สุวันทโรจน์. 2549. **ตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสมผสาน**. การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทยครั้งที่ 20. 18-20 ตุลาคม 2549. นครราชสีมา.

S. Boughali and el. 2009. **Crop drying by indirect active hybrid solar – Electrical dryer in the eastern Algerian Septentrional Sahara**. Solar Energy Vol 83. pp 2223–2232.

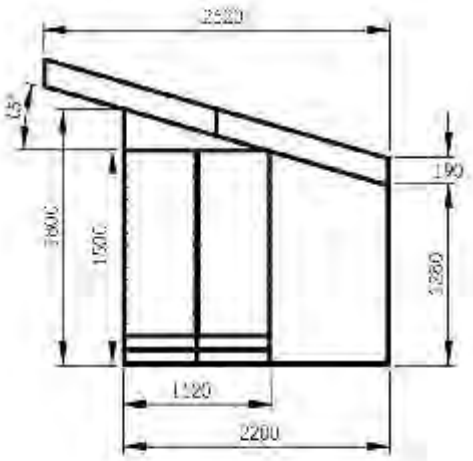
Mustafa Aktas and el . 2009. **Determination of drying characteristics of apples in a heat pump and solar dryer**. Desalination Vol 239. pp 266–275.

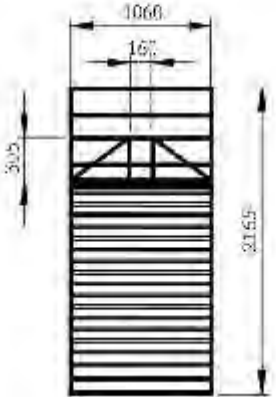
ภาคผนวก ก

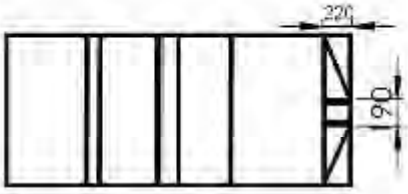
แบบโครงสร้างเครื่องอบกระดาษใบสับปะรด



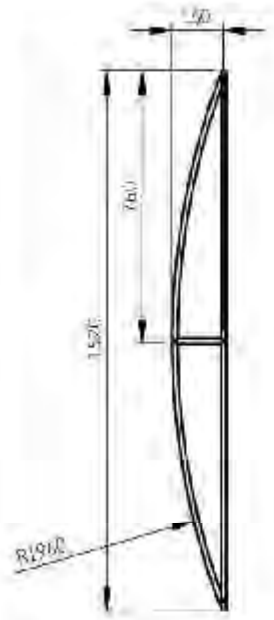
DRAWING PROGRAM	Solidworks		TITLE :		
DRAW	นาย[illegible]	27 May 2012	ASSEMBLY : เครื่องสกัดกระดาษใบสับปะรด พร้อมเครื่องทำเชือกกระดาษ		
DESIGNER	นาย[illegible]	27 May 2012			
APPROVED	อาจารย์[illegible]	27 May 2012	RAJAMANGALA UNIVERSITY OF TECHNOLOGY PHRA-NAKHON		
DIMENSION : mm.	NAME	DATE	Status	SCALE : 1:1	SHEET : 1

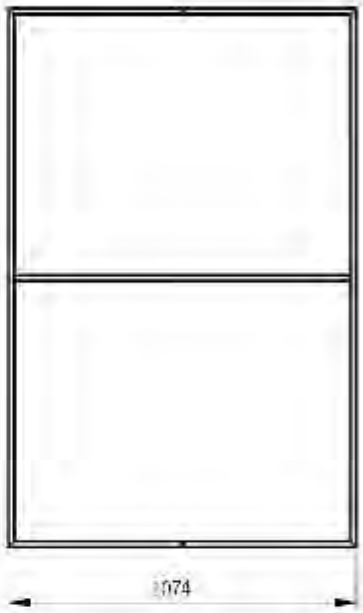




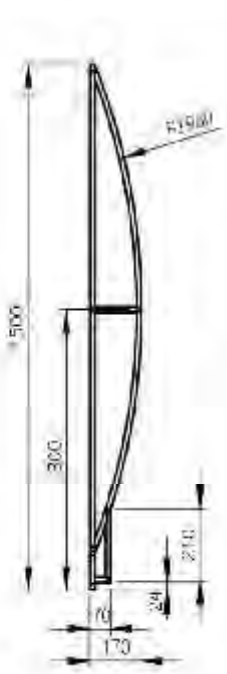


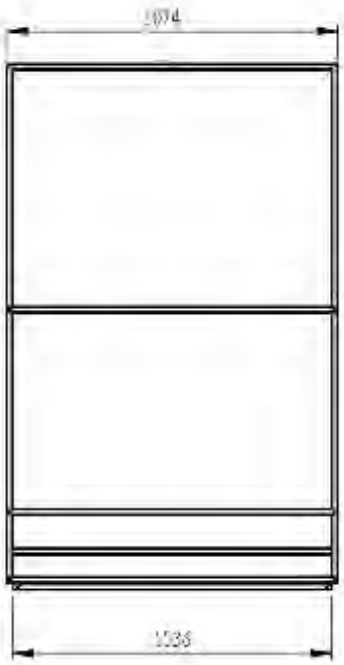
DRAWING PROGRAM	Solidworks		TITLE : โครงสร้างเครื่อง		
DRAW	นายปิยรัฐน์ คล่องวิถี	27 May 2012	ASSEMBLY : เครื่องอบกระดาษโบสถ์ประหยัดพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับอัดเหยื่อ		
DESIGNER	นายปิยรัฐน์ คล่องวิถี	27 May 2012			
APPROVED	อาจารย์ดุสิต สุวิมล์ธรรม	27 May 2012	RAJAMANGALA UNIVERSITY OF TECHNOLOGY PHRA-NAKHON		
DIMENSION : mm.	NAME	DATE		SCALE : 1:1	SHEET : 2

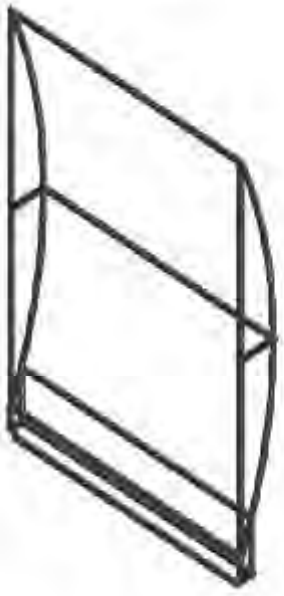




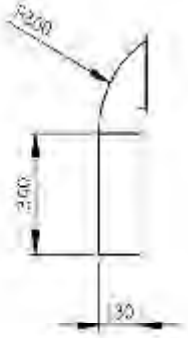
DRAWING PROGRAM	Solidworks		TITLE : โครงสร้างห้องบรรจุสมดุลน้ำหนัก		
DRAW	นายปิยวัฒน์ คงอยู่ดี	27 May 2012	ASSEMBLY : เครื่องอบกระดาษใบลับประสิทธิภาพสูงงานเสร็จพิเศษร่วมกับชีพเหลือ		
DESIGNER	นายวิชัย ศรีสังวาลย์	27 May 2012			
APPROVED	อาจารย์ภูรยส ฤทธิเดชไกรจน์	27 May 2012	RAJAMANGALA UNIVERSITY OF TECHNOLOGY PHRA-NAKHON		
DIMENSION : mm.	NAME	DATE	Version	SCALE : 1:1	SHEET : 3

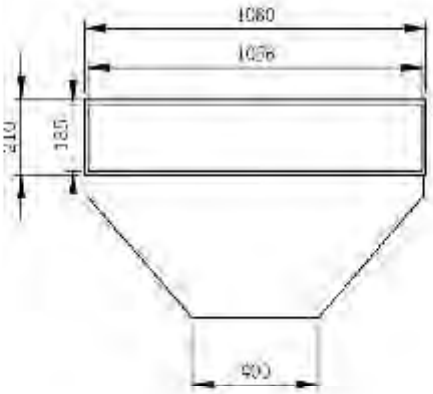


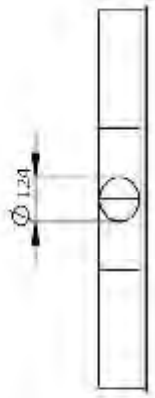




DRAWING PROGRAM	SolidWorks		TITLE : โครงสร้างของบรรจุรถด้านขวา		
DRAW	นายปิยรัตน์ กระจ่างวิถี	27 May 2012	ASSEMBLY : เครื่องอบกระดาษใบลับประสิทธิภาพแสงอาทิตย์ร่วมกับฮีตเตอร์		
DESIGNER	นายปิยรัตน์ กระจ่างวิถี	27 May 2012			
APPROVED	อาจารย์ดร. สุรินทร์ โรจน	27 May 2012	RAJAMANGALA UNIVERSITY OF TECHNOLOGY PHRA-NAKHON		
DIMENSION : mm.	NAME	DATE		SCALE : 1:1	SHEET : 5







DRAWING PROGRAM	Solidworks		ชื่อชิ้นงาน		
DRAW	นายปิยวัฒน์ สลุงวัฒิ	27 May 2012	ASSEMBLY : เครื่องลบกระดานไวท์บอร์ดพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับมือเตอร์		
DESIGNER	นายปิยวัฒน์ สลุงวัฒิ	27 May 2012			
APPROVED	[illegible]	27 May 2012	RAJAMANGALA UNIVERSITY OF TECHNOLOGY PHRA-NAKHON		
DIMENSION : mm.	NAME	DATE		SCALE : 1:1	SHEET : 1

ภาคผนวก ข

รูปการจัดอบรมเพื่อเผยแพร่รายงานผลการวิจัย

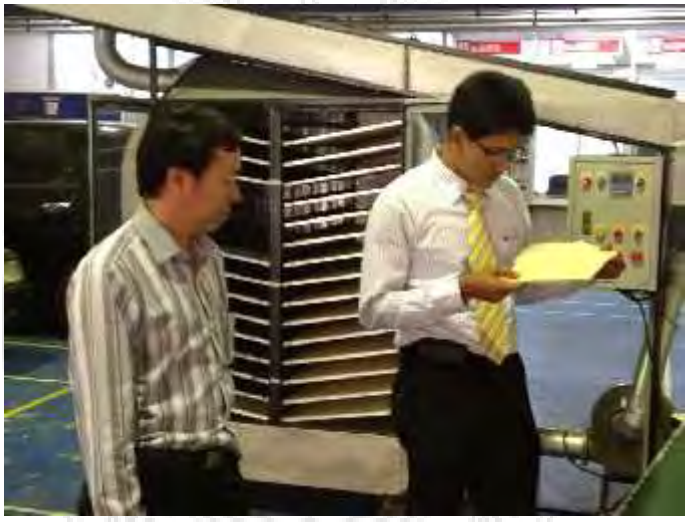
รูปที่ ข.1 รายงานการวิจัย NO.1

รูปที่ ข.2 รายงานการวิจัย NO. 2

รูปที่ ข.3 นิทรรศการ NO. 1

รูปที่ ข.4 นิทรรศการ NO. 2

รูปที่ ข.5 นิทรรศการ NO. 3



รูปที่ ข.6 นิทรรศการ NO. 4

รูปที่ ข.7 นิทรรศการ NO. 5

รูปที่ ข.8 นิทรรศการ NO. 6

ภาคผนวก ค

ค่าผลการทดลอง

ตารางที่ ข.1 ค่าผลการทดลองการอบกระดาษใบสับปะรดโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์เพียงอย่างเดียว ครั้งที่ 1 (อุณหภูมิ) (6 มกราคม 2556)

เวลา(h)	อุณหภูมิ (^{0}C)													
	T1 อุณหภูมิหน้าฮีตเตอร์	T2 ในตู้แถวบน	T3 ในตู้แถวกลาง	T4 ในตู้แถวล่าง	T5 ในตู้แถวบน	T6 ในตู้แถวกลาง	T7 ในตู้แถวล่าง	T8 ในตู้แถวบน	T9 ในตู้แถวกลาง	T10 ในตู้แถวล่าง	T11 อุณหภูมิวนกลับ	T12 อุณหภูมิก่อนเข้าโบเวอร์	T13 อุณหภูมิภายนอก	เฉลี่ยอุณหภูมิในตู้อบ
0.00	36.00	33.00	33.00	33.00	34.00	32.00	33.00	34.00	33.00	33.00	32.00	32.00	35.00	33.11
0.50	34.00	29.00	28.00	29.00	29.00	30.00	28.00	30.00	28.00	30.00	33.00	34.00	35.00	29.00
1.00	35.00	30.00	28.00	30.00	30.00	30.00	28.00	30.00	30.00	30.00	33.00	35.00	35.00	29.56
1.50	36.00	30.00	29.00	30.00	30.00	31.00	29.00	31.00	31.00	31.00	35.00	36.00	35.00	30.22
2.00	35.00	31.00	30.00	31.00	30.00	31.00	30.00	31.00	31.00	31.00	34.00	35.00	35.00	30.67
2.50	35.00	31.00	32.00	31.00	30.00	31.00	30.00	31.00	32.00	31.00	34.00	34.00	35.00	31.00
3.00	41.00	32.00	32.00	32.00	31.00	33.00	30.00	32.00	32.00	32.00	42.00	44.00	35.00	31.78
3.50	43.00	36.00	33.00	32.00	34.00	35.00	34.00	34.00	34.00	34.00	39.00	45.00	36.00	34.00
4.00	42.00	36.00	33.00	32.00	33.00	34.00	34.00	33.00	34.00	35.00	40.00	43.00	36.00	33.78
4.50	42.00	36.00	35.00	35.00	35.00	32.00	34.00	36.00	35.00	35.00	41.00	43.00	36.00	34.78
5.00	43.00	40.00	37.00	39.00	40.00	40.00	42.00	40.00	39.00	42.00	44.00	44.00	36.00	39.89

ตารางที่ ข.1 ค่าผลการทดลองการอบกระดาษใบสับปะรดโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์เพียงอย่างเดียวที่ ครั้งที่ 1 (น้ำหนักกระดาษ) (6 มกราคม 2556) (ต่อ)

เวลา(h)	น้ำหนักกระดาษ+ตะแกรง (g)						น้ำหนักจริง (g)					
	m1	m2	m3	m4	m5	m6	m1	m2	m3	m4	m5	m6
0.00	832.10	825.10	830.90	819.40	834.40	813.60	272.30	266.40	266.50	257.70	271.50	247.70
0.50	788.40	772.70	780.80	779.30	787.70	766.70	228.60	214.00	216.40	217.60	224.80	200.80
1.00	744.60	733.10	742.20	742.20	752.20	730.30	184.80	174.40	177.80	180.50	189.30	164.40
1.50	706.30	696.90	703.60	704.60	711.60	699.40	146.50	138.20	139.20	142.90	148.70	133.50
2.00	662.70	650.20	660.50	663.20	668.50	658.80	102.90	91.50	96.10	101.50	105.60	92.90
2.50	637.60	628.30	634.30	639.60	643.30	635.90	77.80	69.60	69.90	77.90	80.40	70.00
3.00	607.90	604.80	609.90	619.50	619.90	615.10	48.10	46.10	45.50	57.80	57.00	49.20
3.50	596.90	597.80	602.80	607.40	602.80	603.60	37.10	39.10	38.40	45.70	39.90	37.70
4.00	585.60	586.80	595.10	590.10	588.50	593.60	25.80	28.10	30.70	28.40	25.60	27.70
4.50	585.30	584.7	590.9	588.3	588.20	592.70	25.50	26.00	26.50	26.60	25.30	26.80
5.00	585.30	584.7	590.9	588.3	588.20	592.70	25.50	26.00	26.50	26.60	25.30	26.80

ตารางที่ ข.1 ค่าผลการทดลองการอบกระดาษใบสับปะรดโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์เพียงอย่างเดียวที่ ครั้งที่ 1 (ความชื้นมาตรฐานแห้งและความชื้น) (6 มกราคม 2556) (ต่อ)

เวลา(h)	M_dความชื้นมาตรฐานแห้ง (%db)						ความชื้น (%RH)				
	M_d1	M_d2	M_d3	M_d4	M_d5	M_d6	RH1	RH2	RH3	RH4	RH5
0.00	1137.73	1100.00	1058.70	1006.01	1151.15	972.29	75.21	76.78	69.51	73.45	51.23
0.50	939.09	863.96	840.87	833.91	935.94	769.26	90.43	93.12	75.43	80.12	47.43
1.00	740.00	685.59	673.04	674.68	772.35	611.69	80.45	79.64	69.84	75.89	42.03
1.50	565.91	522.52	505.22	513.30	585.25	477.92	67.93	68.47	61.76	60.65	41.32
2.00	367.73	312.16	317.83	335.62	386.64	302.16	65.92	66.75	59.97	54.82	38.47
2.50	253.64	213.51	203.91	234.33	270.51	203.03	64.55	65.94	61.16	57.10	38.10
3.00	118.64	107.66	97.83	148.07	162.67	112.99	65.73	65.58	60.09	56.86	37.62
3.50	68.64	76.13	66.96	96.14	83.87	63.20	63.72	61.42	54.73	48.04	31.73
4.00	17.27	26.58	33.48	21.89	17.97	19.91	57.48	55.72	52.75	45.68	31.65
4.50	15.91	17.12	15.22	14.16	16.59	16.02	55.59	50.89	48.23	36.58	32.67
5.00	15.91	17.12	15.22	14.16	16.59	16.02	40.58	38.58	38.01	34.44	30.38

ตารางที่ ข.2 ค่าผลการทดลองการอบกระดาษใบสับปะรดโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์เพียงอย่างเดียว ครั้งที่ 2 (อุณหภูมิ) (12 มกราคม 2556)

เวลา(h)	อุณหภูมิ (^{0}C)													
	T1 อุณหภูมิหน้าฮีตเตอร์	T2 ในตู้แถวบน	T3 ในตู้แถวกลาง	T4 ในตู้แถวล่าง	T5 ในตู้แถวบน	T6 ในตู้แถวกลาง	T7 ในตู้แถวล่าง	T8 ในตู้แถวบน	T9 ในตู้แถวกลาง	T10 ในตู้แถวล่าง	T11 อุณหภูมิวนกลับ	T12 อุณหภูมิก่อนเข้าโบเวอร์	T13 อุณหภูมิภายนอก	เฉลี่ยอุณหภูมิในตู้อบ
0.00	35.00	32.00	33.00	33.00	34.00	32.00	33.00	34.00	33.00	33.00	32.00	32.00	35.00	33.00
0.50	35.00	30.00	28.00	30.00	30.00	30.00	27.00	29.00	28.00	30.00	33.00	34.00	35.00	29.11
1.00	36.00	30.00	29.00	30.00	30.00	30.00	28.00	30.00	30.00	31.00	34.00	35.00	35.00	29.78
1.50	36.00	30.00	29.00	30.00	31.00	31.00	29.00	31.00	31.00	31.00	35.00	36.00	35.00	30.33
2.00	37.00	31.00	30.00	31.00	32.00	32.00	30.00	31.00	31.00	31.00	34.00	35.00	35.00	31.00
2.50	37.00	32.00	31.00	31.00	32.00	32.00	30.00	32.00	32.00	32.00	34.00	34.00	35.00	31.56
3.00	40.00	32.00	32.00	32.00	33.00	33.00	32.00	32.00	33.00	32.00	41.00	44.00	35.00	32.33
3.50	42.00	34.00	32.00	32.00	34.00	35.00	34.00	34.00	34.00	34.00	39.00	45.00	36.00	33.67
4.00	42.00	36.00	33.00	33.00	33.00	34.00	34.00	33.00	34.00	35.00	40.00	43.00	36.00	33.89
4.50	42.00	36.00	35.00	35.00	35.00	32.00	34.00	36.00	35.00	35.00	41.00	43.00	36.00	34.78
5.00	43.00	40.00	37.00	39.00	40.00	40.00	42.00	40.00	39.00	42.00	44.00	44.00	36.00	39.89

ตารางที่ ข.2 ค่าผลการทดลองการอบกระดาษใบสับปะรดโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์เพียงอย่างเดียวที่ ครั้งที่ 2 (น้ำหนักกระดาษ) (12 มกราคม 2556) (ต่อ)

เวลา(h)	น้ำหนักกระดาษ+ตะแกรง (g)						น้ำหนักจริง (g)					
	m1	m2	m3	m4	m5	m6	m1	m2	m3	m4	m5	m6
0.00	821.50	825.50	838.30	815.30	837.90	816.50	260.60	265.70	272.80	254.50	275.10	252.50
0.50	780.80	774.10	785.20	773.20	791.20	772.60	219.90	214.30	219.70	212.40	228.40	208.60
1.00	739.00	734.50	746.60	734.10	753.70	736.20	178.10	174.70	181.10	173.30	190.90	172.20
1.50	703.70	700.30	708.00	696.50	711.10	700.30	142.80	140.50	142.50	135.70	148.30	136.30
2.00	660.10	653.60	662.90	655.10	668.00	659.70	99.20	93.80	97.40	94.30	105.20	95.70
2.50	638.00	631.70	636.70	631.50	642.80	636.80	77.10	71.90	71.20	70.70	80.00	72.80
3.00	609.30	606.20	612.30	611.40	619.40	612.00	48.40	46.40	46.80	50.60	56.60	48.00
3.50	598.30	599.20	605.20	599.30	604.30	600.50	37.40	39.40	39.70	38.50	41.50	36.50
4.00	587.00	588.20	596.50	587.00	590.00	590.50	26.10	28.40	31.00	26.20	27.20	26.50
4.50	586.70	586.1	592.3	585.2	589.70	589.60	25.80	26.30	26.80	24.40	26.90	25.60
5.00	586.70	586.1	592.3	585.2	589.70	589.60	25.80	26.30	26.80	24.40	26.90	25.60

ตารางที่ ข.2 ค่าผลการทดลองการอบกระดาษใบสับปะรดโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์เพียงอย่างเดียวที่ ครั้งที่ 2 (ความชื้นมาตรฐานแห้งและความชื้น) (12 มกราคม 2556) (ต่อ)

เวลา(h)	M_dความชื้นมาตรฐานแห้ง (%db)						ความชื้น (%RH)				
	M_d1	M_d2	M_d3	M_d4	M_d5	M_d6	RH1	RH2	RH3	RH4	RH5
0.00	1068.61	1075.66	1091.27	1123.56	1080.69	1063.59	74.13	78.08	68.45	74.75	51.03
0.50	886.10	848.23	859.39	921.15	880.26	861.29	89.35	94.42	74.37	81.42	47.23
1.00	698.65	673.01	690.83	733.17	719.31	693.55	79.37	80.94	68.78	77.19	41.83
1.50	540.36	521.68	522.27	552.40	536.48	528.11	66.85	69.77	60.70	61.95	41.12
2.00	344.84	315.04	325.33	353.37	351.50	341.01	64.84	68.05	58.91	56.12	38.27
2.50	245.74	218.14	210.92	239.90	243.35	235.48	63.47	67.24	60.10	58.40	37.90
3.00	117.04	105.31	104.37	143.27	142.92	121.20	64.65	66.88	59.03	58.16	37.42
3.50	67.71	74.34	73.36	85.10	78.11	68.20	62.64	62.72	53.67	49.34	31.53
4.00	17.04	25.66	35.37	25.96	16.74	22.12	56.40	57.02	51.69	46.98	31.45
4.50	15.70	16.37	17.03	17.31	15.45	17.97	54.51	52.19	47.17	37.88	32.47
5.00	15.70	16.37	17.03	17.31	15.45	17.97	39.50	39.88	36.95	35.74	30.18

ตารางที่ ข.3 ค่าผลการทดลองการอบกระดาษใบสับปะรดโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์เพียงอย่างเดียว ครั้งที่ 3 (อุณหภูมิ) (13 มกราคม 2556)

เวลา(h)	อุณหภูมิ (^{0}C)													
	T1 อุณหภูมิหน้าฮีตเตอร์	T2 ในตู้แถวบน	T3 ในตู้แถวกลาง	T4 ในตู้แถวล่าง	T5 ในตู้แถวบน	T6 ในตู้แถวกลาง	T7 ในตู้แถวล่าง	T8 ในตู้แถวบน	T9 ในตู้แถวกลาง	T10 ในตู้แถวล่าง	T11 อุณหภูมิวนกลับ	T12 อุณหภูมิก่อนเข้าโบเวอร์	T13 อุณหภูมิภายนอก	เฉลี่ยอุณหภูมิในตู้อบ
0.00	35.00	32.00	33.00	33.00	34.00	32.00	33.00	34.00	33.00	33.00	32.00	32.00	35.00	33.00
0.50	36.00	30.00	29.00	31.00	30.00	30.00	27.00	30.00	28.00	30.00	34.00	34.00	35.00	29.44
1.00	36.00	31.00	29.00	31.00	30.00	30.00	39.00	30.00	30.00	31.00	34.00	36.00	35.00	31.22
1.50	36.00	31.00	30.00	32.00	32.00	31.00	29.00	31.00	31.00	31.00	34.00	36.00	35.00	30.89
2.00	37.00	32.00	31.00	32.00	32.00	32.00	30.00	31.00	32.00	32.00	34.00	37.00	35.00	31.56
2.50	37.00	33.00	31.00	33.00	33.00	32.00	30.00	32.00	32.00	32.00	34.00	34.00	35.00	32.00
3.00	40.00	33.00	32.00	33.00	33.00	33.00	31.00	32.00	33.00	32.00	40.00	44.00	35.00	32.44
3.50	42.00	33.00	33.00	34.00	35.00	35.00	34.00	34.00	33.00	34.00	39.00	45.00	36.00	33.89
4.00	42.00	36.00	33.00	34.00	35.00	34.00	34.00	33.00	34.00	35.00	40.00	44.00	36.00	34.22
4.50	42.00	36.00	35.00	36.00	35.00	32.00	34.00	36.00	35.00	35.00	42.00	43.00	36.00	34.89
5.00	43.00	41.00	41.00	42.00	40.00	40.00	42.00	40.00	39.00	42.00	44.00	44.00	36.00	40.78

ตารางที่ ข.3 ค่าผลการทดลองการอบกระดาษใบสับปะรดโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์เพียงอย่างเดียวที่ ครั้งที่ 3 (น้ำหนักกระดาษ) (13มกราคม 2556) (ต่อ)

เวลา(h)	น้ำหนักกระดาษ+ตะแกรง (g)						น้ำหนักจริง (g)					
	m1	m2	m3	m4	m5	m6	m1	m2	m3	m4	m5	m6
0.00	833.70	828.60	839.80	820.90	838.90	822.10	272.80	268.80	274.30	258.10	274.90	255.10
0.50	783.40	776.70	787.80	780.30	793.70	779.70	222.50	216.90	222.30	217.50	229.70	212.70
1.00	742.90	738.40	750.50	742.50	757.50	744.60	182.00	178.60	185.00	179.70	193.50	177.60
1.50	706.10	702.70	710.40	703.40	713.40	707.20	145.20	142.90	144.90	140.60	149.40	140.20
2.00	660.50	654.00	663.30	660.00	668.30	664.60	99.60	94.20	97.80	97.20	104.30	97.60
2.50	637.10	630.80	635.80	635.10	641.80	640.40	76.20	71.00	70.30	72.30	77.80	73.40
3.00	609.80	606.70	612.80	616.40	619.80	617.00	48.90	46.90	47.30	53.60	55.80	50.00
3.50	597.70	598.60	604.60	603.20	603.60	604.40	36.80	38.80	39.10	40.40	39.60	37.40
4.00	586.70	587.90	596.20	591.20	589.60	594.70	25.80	28.10	30.70	28.40	25.60	27.70
4.50	586.50	585.9	592.1	589.5	589.40	593.90	25.60	26.10	26.60	26.70	25.40	26.90
5.00	586.50	585.9	592.1	589.5	589.40	593.90	25.60	26.10	26.60	26.70	25.40	26.90

ตารางที่ ข.3 ค่าผลการทดลองการอบกระดาษใบสับปะรดโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์เพียงอย่างเดียวที่ ครั้งที่ 3 (ความชื้นมาตรฐานแห้งและความชื้น) (13 มกราคม 2556) (ต่อ)

เวลา(h)	M_dความชื้นมาตรฐานแห้ง (%db)						ความชื้น (%RH)				
	M_d1	M_d2	M_d3	M_d4	M_d5	M_d6	RH1	RH2	RH3	RH4	RH5
0.00	1145.66	1110.81	1092.61	1027.07	1178.60	990.17	73.65	75.22	67.95	71.89	49.67
0.50	915.98	877.03	866.52	849.78	968.37	808.97	92.86	95.55	77.86	82.55	49.86
1.00	731.05	704.50	704.35	684.72	800.00	658.97	75.80	74.99	65.19	71.24	37.38
1.50	563.01	543.69	530.00	513.97	594.88	499.15	71.25	71.79	65.08	63.97	44.64
2.00	354.79	324.32	325.22	324.45	385.12	317.09	66.70	67.53	60.75	55.60	39.25
2.50	247.95	219.82	205.65	215.72	261.86	213.68	63.98	65.37	60.59	56.53	37.53
3.00	123.29	111.26	105.65	134.06	159.53	113.68	71.33	71.18	65.69	62.46	43.22
3.50	68.04	74.77	70.00	76.42	84.19	59.83	62.83	60.53	53.84	47.15	30.84
4.00	17.81	26.58	33.48	24.02	19.07	18.38	57.05	55.29	52.32	45.25	31.22
4.50	16.89	17.57	15.65	16.59	18.14	14.96	58.37	53.67	51.01	39.36	35.45
5.00	16.89	17.57	15.65	16.59	18.14	14.96	39.35	37.35	36.78	33.21	29.15

ตารางที่ ข.4 ค่าผลการทดลองการอบกระดาษใบสับปะรดโดยใช้ฮีตเตอร์เพียงอย่างเดียวที่อุณหภูมิฮีตเตอร์ 50 องศาเซลเซียส (อุณหภูมิ) (22 ธันวาคม 2555)

เวลา(h)	อุณหภูมิ (^{0}C)													
	T1 อุณหภูมิหน้าฮีตเตอร์	T2 ในตู้แถวบน	T3 ในตู้แถวกลาง	T4 ในตู้แถวล่าง	T5 ในตู้แถวบน	T6 ในตู้แถวกลาง	T7 ในตู้แถวล่าง	T8 ในตู้แถวบน	T9 ในตู้แถวกลาง	T10 ในตู้แถวล่าง	T11 อุณหภูมิวนกลับ	T12 อุณหภูมิก่อนเข้าโบเวอร์	T13 อุณหภูมิภายนอก	เฉลี่ยอุณหภูมิในตู้อบ
0.00	39.00	37.00	36.00	35.00	36.00	33.00	33.00	36.00	34.00	32.00	35.00	33.00	30.00	34.67
0.50	41.00	38.00	39.00	40.00	40.00	40.00	41.00	39.00	41.00	40.00	35.00	35.00	33.00	39.78
1.00	44.00	38.00	39.00	41.00	40.00	40.00	40.00	39.00	41.00	40.00	36.00	37.00	33.00	39.78
1.50	46.00	39.00	40.00	41.00	40.00	40.00	41.00	40.00	41.00	40.00	37.00	37.00	33.00	40.22
2.00	49.00	40.00	41.00	42.00	42.00	42.00	43.00	41.00	43.00	41.00	37.00	37.00	34.00	41.67
2.50	50.00	46.00	46.00	46.00	45.00	46.00	48.00	46.00	47.00	45.00	39.00	38.00	33.00	46.11
3.00	50.00	48.00	49.00	47.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	49.00	42.00	41.00	35.00	49.22
3.50	50.00	49.00	49.00	49.00	51.00	50.00	50.00	50.00	50.00	49.00	43.00	41.00	35.00	49.67
4.00	50.00	51.00	49.00	50.00	52.00	51.00	50.00	51.00	50.00	50.00	43.00	42.00	36.00	50.44
4.50	50.00	51.00	48.00	51.00	52.00	51.00	51.00	51.00	51.00	50.00	44.00	42.00	35.00	50.67
5.00	50.00	52.00	50.00	51.00	53.00	52.00	51.00	51.00	52.00	51.00	45.00	43.00	35.00	51.44

ตารางที่ ข.4 ค่าผลการทดลองการอบกระดาษใบสับปะรดโดยใช้ฮีตเตอร์เพียงอย่างเดียวที่อุณหภูมิฮีตเตอร์50 องศาเซลเซียส (น้ำหนักกระดาษ) (22 ธันวาคม 2555) (ต่อ)

เวลา(h)	น้ำหนักกระดาษ+ตะแกรง (g)						น้ำหนักจริง (g)					
	m1	m2	m3	m4	m5	m6	m1	m2	m3	m4	m5	m6
0.00	846.10	850.20	829.80	848.80	856.00	841.20	287.70	293.00	271.70	288.70	286.60	278.90
0.50	809.70	810.10	786.40	809.00	814.20	803.60	251.30	252.90	228.30	248.90	244.80	241.30
1.00	732.90	728.00	708.70	724.50	739.20	726.50	174.50	170.80	150.60	164.40	169.80	164.20
1.50	685.12	686.80	665.20	682.80	702.00	689.90	126.72	129.60	107.10	122.70	132.60	127.60
2.00	643.70	639.80	620.70	642.20	656.40	647.50	85.30	82.60	62.60	82.10	87.00	85.20
2.50	621.10	615.10	607.30	621.60	626.60	615.40	62.70	57.90	49.20	61.50	57.20	53.10
3.00	591.20	593.80	594.20	600.00	603.00	590.80	32.80	36.60	36.10	39.90	33.60	28.50
3.50	589.30	589.80	591.30	592.90	601.60	589.40	30.90	32.60	33.20	32.80	32.20	27.10
4.00	587.00	585.50	589.50	587.50	599.70	589.00	28.60	28.30	31.40	27.40	30.30	26.70
4.50	584.90	582.00	586.20	586.80	597.30	588.60	26.50	24.80	28.10	26.70	27.90	26.30
5.00	583.10	581.20	584.60	585.70	595.80	588.50	24.70	24.00	26.50	25.60	26.40	26.20

ตารางที่ ข.4 ค่าผลการทดลองการอบกระดาษใบสับปะรดโดยใช้ฮีตเตอร์เพียงอย่างเดียวที่อุณหภูมิฮีตเตอร์ 50 องศาเซลเซียส (ความชื้นมาตรฐานแห้งและความชื้น) (22 ธันวาคม 2555) (ต่อ)

เวลา(h)	M_dความชื้นมาตรฐานแห้ง (%db)						ความชื้น (%RH)				
	M_d1	M_d2	M_d3	M_d4	M_d5	M_d6	RH1	RH2	RH3	RH4	RH5
0.00	1257.08	1301.91	1071.12	1177.43	1140.69	1128.63	80.54	80.23	70.83	60.33	51.88
0.50	1085.38	1110.05	884.05	1001.33	959.74	963.00	85.48	81.99	77.48	76.51	52.40
1.00	723.11	717.22	549.14	627.43	635.06	623.35	81.66	80.41	72.36	71.28	46.28
1.50	497.74	520.10	361.64	442.92	474.03	462.11	81.19	75.53	69.15	68.34	46.86
2.00	302.36	295.22	169.83	263.27	276.62	275.33	75.88	70.82	64.83	62.75	45.03
2.50	195.75	177.03	112.07	172.12	147.62	133.92	65.95	58.80	55.86	50.78	48.84
3.00	54.72	75.12	55.60	76.55	45.45	25.55	36.81	35.95	35.72	34.60	37.84
3.50	45.75	55.98	43.10	45.13	39.39	19.38	30.45	29.78	32.63	33.45	35.64
4.00	34.91	35.41	35.34	21.24	31.17	17.62	25.34	24.21	28.21	31.78	34.45
4.50	25.00	18.66	21.12	18.14	20.78	15.86	23.56	22.78	27.32	30.21	32.67
5.00	16.51	14.83	14.22	13.27	14.29	15.42	22.74	22.43	26.52	29.60	32.45

ตารางที่ ข.5 ค่าผลการทดลองการอบกระดาษใบสับปะรดโดยใช้ฮีตเตอร์เพียงอย่างเดียวที่อุณหภูมิฮีตเตอร์ 55 องศาเซลเซียส (อุณหภูมิ) (23 ธันวาคม 2555)

เวลา(h)	อุณหภูมิ (^{0}C)													
	T1 อุณหภูมิหน้าฮีตเตอร์	T2 ในตู้แถวบน	T3 ในตู้แถวกลาง	T4 ในตู้แถวล่าง	T5 ในตู้แถวบน	T6 ในตู้แถวกลาง	T7 ในตู้แถวล่าง	T8 ในตู้แถวบน	T9 ในตู้แถวกลาง	T10 ในตู้แถวล่าง	T11 อุณหภูมิวนกลับ	T12 อุณหภูมิก่อนเข้าโบเวอร์	T13 อุณหภูมิภายนอก	เฉลี่ยอุณหภูมิในตู้อบ
0.00	39.00	38.00	36.00	36.00	36.00	32.00	32.00	35.00	34.00	32.00	35.00	34.00	32.00	34.56
0.50	42.00	41.00	42.00	43.00	43.00	44.00	44.00	42.00	44.00	43.00	37.00	37.00	33.00	42.89
1.00	44.00	42.00	43.00	44.00	43.00	44.00	45.00	43.00	45.00	44.00	38.00	38.00	34.00	43.67
1.50	46.00	42.00	43.00	45.00	44.00	45.00	46.00	43.00	46.00	45.00	36.00	36.00	34.00	44.33
2.00	49.00	43.00	43.00	47.00	45.00	47.00	50.00	44.00	48.00	48.00	39.00	39.00	34.00	46.11
2.50	52.00	46.00	45.00	55.00	48.00	51.00	55.00	47.00	53.00	55.00	39.00	39.00	34.00	50.56
3.00	55.00	53.00	55.00	55.00	55.00	55.00	55.00	55.00	55.00	55.00	42.00	42.00	34.00	54.78
3.50	55.00	58.00	58.00	60.00	57.00	59.00	59.00	59.00	59.00	58.00	44.00	43.00	35.00	58.56
4.00	55.00	57.00	57.00	58.00	56.00	57.00	58.00	56.00	57.00	56.00	44.00	41.00	35.00	56.89
4.50	55.00	55.00	54.00	57.00	57.00	58.00	58.00	57.00	57.00	57.00	42.00	41.00	35.00	56.67
5.00	55.00	55.00	57.00	58.00	56.00	58.00	58.00	57.00	58.00	57.00	40.00	41.00	35.00	57.11

ตารางที่ ข.5 ค่าผลการทดลองการอบกระดาษใบสับปะรดโดยใช้ฮีตเตอร์เพียงอย่างเดียวที่อุณหภูมิฮีตเตอร์ 55 องศาเซลเซียส (น้ำหนักกระดาษ) (23 ธันวาคม 2555) (ต่อ)

เวลา(h)	น้ำหนักกระดาษ+ตะแกรง (g)						น้ำหนักจริง (g)					
	m1	m2	m3	m4	m5	m6	m1	m2	m3	m4	m5	m6
0.00	817.10	826.00	844.00	832.80	841.40	828.90	258.90	262.30	272.70	267.10	269.80	264.80
0.50	780.70	785.90	800.60	793.00	799.60	791.30	222.50	222.20	229.30	227.30	228.00	227.20
1.00	701.10	708.40	718.70	710.00	719.90	711.20	142.90	144.70	147.40	144.30	148.30	147.10
1.50	648.50	657.00	671.70	662.50	669.60	661.60	90.30	93.30	100.40	96.80	98.00	97.50
2.00	603.50	608.10	620.50	611.30	615.20	611.50	45.30	44.40	49.20	45.60	43.60	47.40
2.50	591.10	596.30	605.00	596.30	600.50	594.40	32.90	32.60	33.70	30.60	28.90	30.30
3.00	584.60	589.10	597.50	591.80	596.70	590.90	26.40	25.40	26.20	26.10	25.10	26.80
3.50	583.00	588.30	596.20	591.10	596.50	590.00	24.80	24.60	24.90	25.40	24.90	25.90
4.00	582.80	588.20	596.10	590.70	596.20	589.80	24.60	24.50	24.80	25.00	24.60	25.70
4.50	582.80	588.20	596.10	590.70	596.20	589.80	24.60	24.50	24.80	25.00	24.60	25.70
5.00	582.80	588.20	596.10	590.70	596.20	589.80	24.60	24.50	24.80	25.00	24.60	25.70

ตารางที่ ข.5 ค่าผลการทดลองการอบกระดาษใบสับปะรดโดยใช้ฮีตเตอร์เพียงอย่างเดียวที่อุณหภูมิฮีตเตอร์ 55 องศาเซลเซียส (ความชื้นมาตรฐานแห้งและความชื้น) (23 ธันวาคม 2555) (ต่อ)

เวลา(h)	M_dความชื้นมาตรฐานแห้ง (%db)						ความชื้น (%RH)				
	M_d1	M_d2	M_d3	M_d4	M_d5	M_d6	RH1	RH2	RH3	RH4	RH5
0.00	1093.09	1120.00	1150.92	1103.15	1143.32	1046.32	72.30	70.71	63.75	55.10	52.70
0.50	925.35	933.49	951.83	923.87	950.69	883.55	89.48	89.04	81.52	76.82	51.35
1.00	558.53	573.02	576.15	550.00	583.41	536.80	87.79	86.41	78.24	80.35	46.28
1.50	316.13	333.95	360.55	336.04	351.61	322.08	86.61	85.41	79.00	78.65	46.21
2.00	108.76	106.51	125.69	105.41	100.92	105.19	82.86	71.74	65.12	66.49	46.56
2.50	51.61	51.63	54.59	37.84	33.18	31.17	67.21	56.28	53.26	51.63	46.93
3.00	21.66	18.14	20.18	17.57	15.67	16.02	56.77	44.87	45.39	42.44	46.56
3.50	14.29	14.42	14.22	14.41	14.75	12.12	44.69	42.68	37.45	33.90	45.83
4.00	13.36	13.95	13.76	12.61	13.36	11.26	30.43	31.56	32.44	30.34	45.67
4.50	13.36	13.95	13.76	12.61	13.36	11.26	22.45	22.73	28.34	28.45	45.78
5.00	13.36	13.95	13.76	12.61	13.36	11.26	20.87	21.35	27.59	27.49	45.84

ตารางที่ ข.6 ค่าผลการทดลองการอบกระดาษใบสับปะรดโดยใช้ฮีตเตอร์เพียงอย่างเดียวที่อุณหภูมิฮีตเตอร์ 60 องศาเซลเซียส (อุณหภูมิ) (24 ธันวาคม 2555)

เวลา(h)	อุณหภูมิ (^{0}C)													
	T1 อุณหภูมิหน้าฮีตเตอร์	T2 ในตู้แถวบน	T3 ในตู้แถวกลาง	T4 ในตู้แถวล่าง	T5 ในตู้แถวบน	T6 ในตู้แถวกลาง	T7 ในตู้แถวล่าง	T8 ในตู้แถวบน	T9 ในตู้แถวกลาง	T10 ในตู้แถวล่าง	T11 อุณหภูมิวนกลับ	T12 อุณหภูมิก่อนเข้าโบเวอร์	T13 อุณหภูมิภายนอก	เฉลี่ยอุณหภูมิในตู้อบ
0.00	39.00	38.00	37.00	37.00	38.00	38.00	39.00	39.00	39.00	39.00	38.00	38.00	30.00	38.22
0.50	52.00	47.00	42.00	43.00	42.00	43.00	43.00	42.00	43.00	43.00	36.00	36.00	32.00	43.11
1.00	53.00	43.00	42.00	43.00	42.00	43.00	44.00	43.00	44.00	43.00	37.00	37.00	32.00	43.00
1.50	54.00	43.00	43.00	45.00	43.00	45.00	45.00	44.00	45.00	44.00	37.00	37.00	33.00	44.11
2.00	54.00	42.00	43.00	47.00	44.00	47.00	49.00	46.00	49.00	47.00	38.00	37.00	33.00	46.00
2.50	57.00	43.00	44.00	52.00	48.00	55.00	57.00	53.00	57.00	55.00	40.00	39.00	33.00	51.56
3.00	60.00	50.00	49.00	63.00	65.00	55.00	61.00	65.00	60.00	63.00	44.00	43.00	34.00	59.00
3.50	60.00	61.00	62.00	65.00	63.00	64.00	65.00	63.00	65.00	65.00	45.00	44.00	34.00	63.67
4.00	60.00	62.00	63.00	65.00	62.00	65.00	65.00	63.00	65.00	64.00	45.00	44.00	32.00	63.78
4.50	60.00	62.00	64.00	66.00	63.00	65.00	65.00	63.00	65.00	65.00	45.00	44.00	33.00	64.22
5.00	60.00	61.00	63.00	65.00	62.00	64.00	65.00	62.00	65.00	65.00	45.00	44.00	33.00	63.56

ตารางที่ ข.6 ค่าผลการทดลองการอบกระดาษใบสับปะรดโดยใช้ฮีตเตอร์เพียงอย่างเดียวที่อุณหภูมิฮีตเตอร์ 60 องศาเซลเซียส (น้ำหนักกระดาษ) (24 ธันวาคม 2555) (ต่อ)

เวลา(h)	น้ำหนักกระดาษ+ตะแกรง (g)						น้ำหนักจริง (g)					
	m1	m2	m3	m4	m5	m6	m1	m2	m3	m4	m5	m6
0.00	810.10	819.20	834.00	827.50	836.10	830.50	252.30	257.60	262.90	265.50	273.80	266.10
0.50	729.10	738.00	747.70	740.60	747.10	745.20	171.30	176.40	176.60	178.60	184.80	180.80
1.00	676.50	686.60	700.70	693.10	696.80	695.60	118.70	125.00	129.60	131.10	134.50	131.20
1.50	631.50	637.70	649.50	641.90	642.40	645.50	73.70	76.10	78.40	79.90	80.10	81.10
2.00	595.10	598.30	612.00	603.50	602.30	603.60	37.30	36.70	40.90	41.50	40.00	39.20
2.50	583.40	586.50	598.70	590.00	589.60	591.30	25.60	24.90	27.60	28.00	27.30	26.90
3.00	582.60	586.10	597.40	588.50	588.70	589.60	24.80	24.50	26.30	26.50	26.40	25.20
3.50	582.30	585.90	597.20	588.50	588.60	589.50	24.50	24.30	26.10	26.50	26.30	25.10
4.00	582.30	585.90	597.20	588.50	588.60	589.50	24.50	24.30	26.10	26.50	26.30	25.10
4.50	582.30	585.90	597.20	588.50	588.60	589.50	24.50	24.30	26.10	26.50	26.30	25.10
5.00	582.30	585.90	597.20	588.50	588.60	589.50	24.50	24.30	26.10	26.50	26.30	25.10

ตารางที่ ข.6 ค่าผลการทดลองการอบกระดาษใบสับปะรดโดยใช้ฮีตเตอร์เพียงอย่างเดียวที่อุณหภูมิฮีตเตอร์ 60 องศาเซลเซียส (ความชื้นมาตรฐานแห้งและความชื้น) (24ธันวาคม 2555) (ต่อ)

เวลา(h)	M_dความชื้นมาตรฐานแห้ง (%db)						ความชื้น (%RH)				
	M_d1	M_d2	M_d3	M_d4	M_d5	M_d6	RH1	RH2	RH3	RH4	RH5
0.00	1062.67	1098.14	1023.50	1010.88	1070.09	1077.43	89.38	88.98	81.97	78.11	40.76
0.50	689.40	720.47	654.70	647.28	689.74	700.00	88.54	85.88	79.95	74.73	42.63
1.00	447.00	481.40	453.85	448.54	474.79	480.53	79.65	77.26	76.41	75.10	43.06
1.50	239.63	253.95	235.04	234.31	242.31	258.85	77.43	76.69	72.32	70.48	40.55
2.00	71.89	70.70	74.79	73.64	70.94	73.45	63.02	60.55	60.59	64.40	40.63
2.50	17.97	15.81	17.95	17.15	16.67	19.03	57.43	53.31	53.22	49.49	42.24
3.00	14.29	13.95	12.39	10.88	12.82	11.50	34.73	32.02	33.78	33.08	42.78
3.50	12.90	13.02	11.54	10.88	12.39	11.06	25.89	24.81	24.85	23.86	40.02
4.00	12.90	13.02	11.54	10.88	12.39	11.06	23.89	22.26	23.33	22.86	41.72
4.50	12.90	13.02	11.54	10.88	12.39	11.06	22.75	21.78	23.17	22.79	42.57
5.00	12.90	13.02	11.54	10.88	12.39	11.06	22.62	22.14	23.10	22.70	42.51

ตารางที่ ข.7 ค่าผลการทดลองการอบกระดาษใบสับปะรดโดยใช้ฮีตเตอร์ร่วมกับแสงอาทิตย์ที่อุณหภูมิฮีตเตอร์ 50 องศาเซลเซียส (อุณหภูมิ) (29 ธันวาคม 2555)

เวลา(h)	อุณหภูมิ (^{0}C)													
	T1 อุณหภูมิหน้าฮีตเตอร์	T2 ในตู้แถวบน	T3 ในตู้แถวกลาง	T4 ในตู้แถวล่าง	T5 ในตู้แถวบน	T6 ในตู้แถวกลาง	T7 ในตู้แถวล่าง	T8 ในตู้แถวบน	T9 ในตู้แถวกลาง	T10 ในตู้แถวล่าง	T11 อุณหภูมิวนกลับ	T12 อุณหภูมิก่อนเข้าโบเวอร์	T13 อุณหภูมิภายนอก	เฉลี่ยอุณหภูมิในตู้อบ
0.00	47.00	37.00	36.00	35.00	36.00	34.00	32.00	39.00	36.00	34.00	48	43	30.00	35.44
0.50	50.00	44.00	44.00	46.00	46.00	47.00	47.00	45.00	46.00	46.00	41	42	32.00	45.67
1.00	50.00	43.00	42.00	44.00	44.00	45.00	46.00	43.00	44.00	45.00	43	45	34.00	44.00
1.50	50.00	45.00	44.00	47.00	47.00	46.00	48.00	44.00	45.00	47.00	46	46	35.00	45.89
2.00	50.00	45.00	45.00	47.00	50.00	47.00	50.00	44.00	45.00	48.00	47	46	36.00	46.78
2.50	50.00	46.00	47.00	50.00	51.00	48.00	50.00	47.00	47.00	48.00	44	45	34.00	48.22
3.00	50.00	47.00	50.00	50.00	51.00	48.00	51.00	50.00	48.00	48.00	44	47	34.00	49.22
3.50	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50	49	34.00	50.00
4.00	50.00	50.00	51.00	51.00	51.00	50.00	51.00	50.00	51.00	49.00	48	47	33.00	50.44
4.50	50.00	50.00	52.00	53.00	52.00	51.00	52.00	51.00	51.00	50.00	47	46	33.00	51.33
5.00	50.00	51.00	52.00	53.00	52.00	51.00	52.00	51.00	52.00	50.00	44	44	33.00	51.56

ตารางที่ ข.7 ค่าผลการทดลองการอบกระดาษใบสับปะรดโดยใช้ฮีตเตอร์ร่วมกับแสงอาทิตย์ที่อุณหภูมิฮีตเตอร์ 50 องศาเซลเซียส (น้ำหนักกระดาษ) (29ธันวาคม 2555) (ต่อ)

เวลา(h)	น้ำหนักกระดาษ+ตะแกรง (g)						น้ำหนักจริง (g)					
	m1	m2	m3	m4	m5	m6	m1	m2	m3	m4	m5	m6
0.00	832.80	829.00	830.30	842.90	827.30	832.10	264.20	276.40	270.10	269.80	269.40	270.90
0.50	764.90	761.90	753.20	775.80	760.50	761.70	196.30	209.30	193.00	203.00	202.60	200.50
1.00	713.40	703.30	702.80	721.70	708.30	708.40	144.80	150.70	142.60	150.80	150.40	147.20
1.50	661.90	649.10	647.80	662.40	648.50	647.30	93.30	96.50	87.60	91.00	90.60	86.10
2.00	634.00	623.70	624.60	635.70	622.90	623.80	65.40	71.10	64.40	65.40	65.00	62.60
2.50	611.70	599.90	603.50	608.20	601.70	602.50	43.10	47.30	43.30	44.20	43.80	41.30
3.00	599.40	586.10	592.40	590.70	590.50	591.20	30.80	33.50	32.20	33.00	32.60	30.00
3.50	594.10	581.30	586.70	584.40	585.30	586.90	25.50	28.70	26.50	27.80	27.40	25.70
4.00	592.90	580.50	585.80	583.80	584.60	585.90	24.30	27.90	25.60	27.10	26.70	24.70
4.50	592.80	580.20	585.70	583.60	584.50	585.60	24.20	27.60	25.50	27.00	26.60	24.40
5.00	592.80	580.20	585.70	583.60	584.50	585.60	24.20	27.60	25.50	27.00	26.60	24.40

ตารางที่ ข.7 ค่าผลการทดลองการอบกระดาษใบสับปะรดโดยใช้ฮีตเตอร์ร่วมกับแสงอาทิตย์ที่อุณหภูมิฮีตเตอร์ 50 องศาเซลเซียส (ความชื้นมาตรฐานแห้งและความชื้น) (29 ธันวาคม 2555) (ต่อ)

เวลา(h)	M_dความชื้นมาตรฐานแห้ง (%db)						ความชื้น (%RH)				
	M_d1	M_d2	M_d3	M_d4	M_d5	M_d6	RH1	RH2	RH3	RH4	RH5
0.00	1117.51	1005.60	1084.65	1014.88	1017.84	1136.99	78.32	79.57	69.37	73.18	51.76
0.50	804.61	737.20	746.49	738.84	740.66	815.53	94.56	90.20	69.56	78.98	44.32
1.00	567.28	502.80	525.44	523.14	524.07	572.15	85.32	80.20	64.65	56.32	39.43
1.50	329.95	286.00	284.21	276.03	275.93	293.15	80.42	65.32	60.32	54.21	36.45
2.00	201.38	184.40	182.46	170.25	169.71	185.84	75.89	64.82	54.56	53.45	35.56
2.50	98.62	89.20	89.91	82.64	81.74	88.58	72.12	55.32	52.31	43.56	36.43
3.00	41.94	34.00	41.23	36.36	35.27	36.99	42.38	35.28	37.45	36.12	35.97
3.50	17.51	14.80	16.23	14.88	13.69	17.35	30.87	28.21	24.35	23.67	30.56
4.00	11.98	11.60	12.28	11.98	10.79	12.79	20.45	19.58	21.21	21.35	22.12
4.50	11.52	10.40	11.84	11.57	10.37	11.42	17.32	16.80	18.32	21.76	22.78
5.00	11.52	10.40	11.84	11.57	10.37	11.42	15.56	14.82	17.20	19.45	20.22

ตารางที่ ข.8 ค่าผลการทดลองการอบกระดาษใบสับปะรดโดยใช้ฮีตเตอร์ร่วมกับแสงอาทิตย์ที่อุณหภูมิฮีตเตอร์ 55 องศาเซลเซียส (อุณหภูมิ) (30 ธันวาคม 2555)

เวลา(h)	อุณหภูมิ (^{0}C)													
	T1 อุณหภูมิหน้าฮีตเตอร์	T2 ในตู้แถวบน	T3 ในตู้แถวกลาง	T4 ในตู้แถวล่าง	T5 ในตู้แถวบน	T6 ในตู้แถวกลาง	T7 ในตู้แถวล่าง	T8 ในตู้แถวบน	T9 ในตู้แถวกลาง	T10 ในตู้แถวล่าง	T11 อุณหภูมิวนกลับ	T12 อุณหภูมิก่อนเข้าโบเวอร์	T13 อุณหภูมิภายนอก	เฉลี่ยอุณหภูมิในตู้อบ
0.00	47.00	38.00	37.00	37.00	39.00	36.00	39.00	39.00	36.00	34.00	49	47	32.00	37.22
0.50	55.00	44.00	45.00	46.00	48.00	47.00	47.00	48.00	46.00	46.00	41	42	32.00	46.33
1.00	55.00	41.00	42.00	43.00	43.00	43.00	47.00	46.00	44.00	43.00	44	45	32.00	43.56
1.50	55.00	42.00	42.00	47.00	47.00	46.00	50.00	48.00	47.00	46.00	47	46	33.00	46.11
2.00	55.00	46.00	43.00	50.00	51.00	46.00	52.00	51.00	49.00	48.00	47	46	35.00	48.44
2.50	55.00	51.00	47.00	52.00	52.00	48.00	52.00	53.00	53.00	51.00	44	45	35.00	51.00
3.00	55.00	53.00	53.00	54.00	55.00	50.00	54.00	53.00	53.00	54.00	44	46	35.00	53.22
3.50	55.00	55.00	55.00	54.00	57.00	53.00	55.00	55.00	55.00	56.00	50	50	35.00	55.00
4.00	55.00	56.00	55.00	54.00	58.00	54.00	55.00	55.00	55.00	55.00	48	47	35.00	55.22
4.50	55.00	56.00	56.00	54.00	58.00	54.00	56.00	55.00	56.00	56.00	47	46	35.00	55.67
5.00	55.00	57.00	56.00	55.00	59.00	56.00	56.00	56.00	57.00	58.00	45	44	35.00	56.67

ตารางที่ ข.8 ค่าผลการทดลองการอบกระดาษใบสับปะรดโดยใช้ฮีตเตอร์ร่วมกับแสงอาทิตย์ที่อุณหภูมิฮีตเตอร์ 55 องศาเซลเซียส (น้ำหนักกระดาษ) (30 ธันวาคม 2555) (ต่อ)

เวลา(h)	น้ำหนักกระดาษ+ตะแกรง (g)						น้ำหนักจริง (g)					
	m1	m2	m3	m4	m5	m6	m1	m2	m3	m4	m5	m6
0.00	839.80	842.40	833.00	849.20	833.90	839.30	270.60	281.60	274.90	290.70	274.20	277.50
0.50	761.90	765.30	745.90	772.10	757.10	758.90	192.70	204.50	187.80	213.60	197.40	197.10
1.00	710.40	706.70	695.50	718.00	704.90	705.60	141.20	145.90	137.40	159.50	145.20	143.80
1.50	658.90	652.50	640.50	658.70	645.10	644.50	89.70	91.70	82.40	100.20	85.40	82.70
2.00	631.00	627.10	617.30	632.00	619.50	621.00	61.80	66.30	59.20	73.50	59.80	59.20
2.50	608.70	603.30	596.20	604.50	598.30	599.70	39.50	42.50	38.10	46.00	38.60	37.90
3.00	596.40	589.50	585.10	587.00	587.10	588.40	27.20	28.70	27.00	28.50	27.40	26.60
3.50	595.40	586.50	583.20	585.90	586.00	587.40	26.20	25.70	25.10	27.40	26.30	25.60
4.00	595.30	586.20	583.10	585.70	585.90	587.10	26.10	25.40	25.00	27.20	26.20	25.30
4.50	595.30	586.20	583.10	585.70	585.90	587.10	26.10	25.40	25.00	27.20	26.20	25.30
5.00	595.30	586.20	583.10	585.70	585.90	587.10	26.10	25.40	25.00	27.20	26.20	25.30

ตารางที่ ข.8 ค่าผลการทดลองการอบกระดาษใบสับปะรดโดยใช้ฮีตเตอร์ร่วมกับแสงอาทิตย์ที่อุณหภูมิฮีตเตอร์ 55 องศาเซลเซียส (ความชื้นมาตรฐานแห้งและความชื้น) (30 ธันวาคม 2555) (ต่อ)

เวลา(h)	M_dความชื้นมาตรฐานแห้ง (%db)						ความชื้น (%RH)				
	M_d1	M_d2	M_d3	M_d4	M_d5	M_d6	RH1	RH2	RH3	RH4	RH5
0.00	1046.61	1124.35	1127.23	1081.71	1047.28	1122.47	76.52	78.57	68.27	73.28	51.65
0.50	716.53	789.13	738.39	768.29	725.94	768.28	91.23	90.55	70.56	78.34	44.67
1.00	498.31	534.35	513.39	548.37	507.53	533.48	84.21	83.21	64.43	56.43	39.23
1.50	280.08	298.70	267.86	307.32	257.32	264.32	79.87	76.97	62.57	53.98	36.89
2.00	161.86	188.26	164.29	198.78	150.21	160.79	75.92	62.43	55.32	52.21	35.43
2.50	67.37	84.78	70.09	86.99	61.51	66.96	71.12	58.21	52.43	43.56	36.45
3.00	15.25	24.78	20.54	15.85	14.64	17.18	42.18	36.75	38.54	36.21	35.86
3.50	11.02	11.74	12.05	11.38	10.04	12.78	30.70	24.78	24.03	23.98	30.78
4.00	10.59	10.43	11.61	10.57	9.62	11.45	20.68	19.32	21.21	21.45	23.55
4.50	10.59	10.43	11.61	10.57	9.62	11.45	17.78	15.32	18.54	20.12	22.86
5.00	10.59	10.43	11.61	10.57	9.62	11.45	16.53	14.67	17.10	19.20	20.21

ตารางที่ ข.9 ค่าผลการทดลองการอบกระดาษใบสับปะรดโดยใช้ฮีตเตอร์ร่วมกับแสงอาทิตย์ที่อุณหภูมิฮีตเตอร์ 60 องศาเซลเซียส (อุณหภูมิ) (5 มกราคม 2556)

เวลา(h)	อุณหภูมิ (^{0}C)													
	T1 อุณหภูมิหน้าฮีตเตอร์	T2 ในตู้แถวบน	T3 ในตู้แถวกลาง	T4 ในตู้แถวล่าง	T5 ในตู้แถวบน	T6 ในตู้แถวกลาง	T7 ในตู้แถวล่าง	T8 ในตู้แถวบน	T9 ในตู้แถวกลาง	T10 ในตู้แถวล่าง	T11 อุณหภูมิวนกลับ	T12 อุณหภูมิก่อนเข้าโบเวอร์	T13 อุณหภูมิภายนอก	เฉลี่ยอุณหภูมิในตู้อบ
0.00	47.00	47.00	36.00	35.00	36.00	34.00	32.00	39.00	36.00	34.00	49.00	43.00	30.00	36.56
0.50	58.00	44.00	44.00	46.00	46.00	47.00	47.00	45.00	46.00	46.00	41.00	42.00	32.00	45.67
1.00	60.00	43.00	42.00	44.00	44.00	45.00	46.00	43.00	44.00	45.00	44.00	45.00	34.00	44.00
1.50	60.00	45.00	44.00	46.00	45.00	46.00	47.00	44.00	45.00	47.00	47.00	46.00	35.00	45.44
2.00	60.00	45.00	45.00	47.00	46.00	47.00	49.00	44.00	45.00	50.00	47.00	46.00	36.00	46.44
2.50	60.00	48.00	45.00	50.00	46.00	49.00	54.00	47.00	47.00	55.00	44.00	45.00	34.00	49.00
3.00	60.00	55.00	46.00	55.00	55.00	57.00	60.00	57.00	57.00	61.00	44.00	47.00	34.00	55.89
3.50	60.00	57.00	57.00	60.00	58.00	60.00	60.00	61.00	60.00	61.00	51.00	49.00	34.00	59.33
4.00	60.00	60.00	58.00	64.00	59.00	62.00	58.00	59.00	59.00	60.00	48.00	47.00	33.00	59.89
4.50	60.00	60.00	59.00	63.00	59.00	61.00	63.00	59.00	60.00	62.00	47.00	46.00	33.00	60.67
5.00	60.00	62.00	64.00	65.00	64.00	65.00	65.00	64.00	65.00	65.00	46.00	44.00	33.00	64.33

ตารางที่ ข.9 ค่าผลการทดลองการอบกระดาษใบสับปะรดโดยใช้ฮีตเตอร์ร่วมกับแสงอาทิตย์ที่อุณหภูมิฮีตเตอร์ 60 องศาเซลเซียส (น้ำหนักกระดาษ) (5 มกราคม 2555) (ต่อ)

เวลา(h)	น้ำหนักกระดาษ+ตะแกรง (g)						น้ำหนักจริง (g)					
	m1	m2	m3	m4	m5	m6	m1	m2	m3	m4	m5	m6
0.00	824.7	833.5	829.9	839.1	838.0	837.5	267.40	277.70	274.90	272.50	273.30	267.20
0.50	746.8	756.4	742.8	762.0	761.2	757.1	189.50	200.60	187.80	195.40	196.50	186.80
1.00	685.3	687.8	682.4	697.9	699.0	693.8	128.00	132.00	127.40	131.30	134.30	123.50
1.50	623.8	623.6	617.4	638.6	629.2	632.7	66.50	67.80	62.40	72.00	64.50	62.40
2.00	595.9	598.2	594.2	611.9	603.6	609.2	38.60	42.40	39.20	45.30	38.90	38.90
2.50	583.6	584.4	583.1	594.4	592.4	597.9	26.30	28.60	28.10	27.80	27.70	27.60
3.00	582.6	581.4	581.2	593.3	591.3	596.9	25.30	25.60	26.20	26.70	26.60	26.60
3.50	582.5	581.1	581.1	593.1	591.2	596.6	25.20	25.30	26.10	26.50	26.50	26.30
4.00	582.5	581.1	581.1	593.1	591.2	596.6	25.20	25.30	26.10	26.50	26.50	26.30
4.50	582.5	581.1	581.1	593.1	591.2	596.6	25.20	25.30	26.10	26.50	26.50	26.30
5.00	582.5	581.1	581.1	593.1	591.2	596.6	25.20	25.30	26.10	26.50	26.50	26.30

ตารางที่ ข.9 ค่าผลการทดลองการอบกระดาษใบสับปะรดโดยใช้ฮีตเตอร์ร่วมกับแสงอาทิตย์ที่อุณหภูมิฮีตเตอร์ 60 องศาเซลเซียส (ความชื้นมาตรฐานแห้งและความชื้น) (5 มกราคม 2555) (ต่อ)

เวลา(h)	M_dความชื้นมาตรฐานแห้ง (%db)						ความชื้น (%RH)				
	M_d1	M_d2	M_d3	M_d4	M_d5	M_d6	RH1	RH2	RH3	RH4	RH5
0.00	1067.69	1112.66	1045.42	1012.24	1020.08	1004.13	74.52	77.57	68.37	74.18	51.57
0.50	727.51	775.98	682.50	697.55	705.33	671.90	90.05	90.45	70.78	78.50	44.79
1.00	458.95	476.42	430.83	435.92	450.41	410.33	86.85	80.01	64.49	56.36	39.17
1.50	190.39	196.07	160.00	193.88	164.34	157.85	80.44	67.97	61.14	54.84	36.92
2.00	68.56	85.15	63.33	84.90	59.43	60.74	75.92	64.82	55.34	52.29	35.49
2.50	14.85	24.89	17.08	13.47	13.52	14.05	72.12	57.32	52.94	43.43	36.47
3.00	10.48	11.79	9.17	8.98	9.02	9.92	42.28	38.28	38.23	36.23	35.97
3.50	10.04	10.48	8.75	8.16	8.61	8.68	30.80	25.21	24.01	23.81	30.88
4.00	10.04	10.48	8.75	8.16	8.61	8.68	20.58	19.58	21.62	21.71	23.66
4.50	10.04	10.48	8.75	8.16	8.61	8.68	17.58	15.80	18.54	20.80	22.87
5.00	10.04	10.48	8.75	8.16	8.61	8.68	15.53	14.92	17.20	19.01	20.01

ภาคผนวก ง

ประวัติคณะผู้วิจัย

<u>หัวหน้าโครงการ</u>

1. ชื่อ–นามสกุล (ภาษาไทย) นายกุลยศ สุวันทโรจน์
   (ภาษาอังกฤษ) Mr.KullayotSuwantaroj
2. หมายเลขประจำตัวประชาชน 3 8101 00152 36 5
3. ตำแหน่งปัจจุบัน อาจารย์ระดับ 7
4. หน่วยงานและสถานที่ที่ติดต่อได้สะดวก พร้อมหมายเลขโทรศัพท์ โทรสาร และ e-mail

สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
1381 ถ.พิบูลสงคราม แขวงบางซื่อ เขตบางซื่อ กรุงเทพฯ 10800
โทรศัพท์:02-9132424 ต่อ 138
โทรสาร:02-9132424 ต่อ 138
E– mail :ellipse_b@hotmail.com

5. ประวัติการศึกษา

ระดับปริญญา	อักษรย่อปริญญา	วิชาเอก	สถานศึกษา	ปีที่สำเร็จ	ประเทศ
ปริญญาโท	วศ.ม.	วิศวกรรมเครื่องกล	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ	2546	ไทย
ปริญญาตรี	วศ.บ.	วิศวกรรมเครื่องกล (เกียรตินิยมอันดับสอง)	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ	2541	ไทย

6. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) ระบุสาขาวิชาการ
   วิศวกรรมยานยนต์
   การอนุรักษ์พลังงานในโรงานและอาคาร
   การผลิตไบโอดีเซลชุมชน
   สิ่งประดิษฐ์ทางการเกษตร
7. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ โดยระบุสถานภาพในการทำการวิจัยว่าเป็นผู้อำนวยการแผนงานวิจัยหัวหน้าโครงการวิจัยหรือผู้ร่วมวิจัยในแต่ละข้อเสนอการวิจัย
   7.1 หัวหน้าโครงการวิจัย : -
   7.2งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว :ดังตารางที่แสดงถัดไป

ผลงานวิจัย	ปีที่พิมพ์	การเผยแพร่	แหล่งทุน	ตำแหน่ง
1. ตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสมผสาน	2549	การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 20	ม. เทคโนโลยีราชมงคลพระนคร	ผู้วิจัย
2.เครื่องสับต้นข้าวโพด	2551	การประชุมวิชาการ มหาวิทยาลัยรังสิต	ม. เทคโนโลยีราชมงคลพระนคร	ผู้วิจัย
3. เครื่องอัดก้อนเชื้อเห็ด	2553	สิทธิบัตรเลขที่ 29165	สกว	นักวิจัย
4.เครื่องทดสอบพฤติกรรมวัสดุความเสียดทาน		วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ปีที่ 22 ฉบับที่ 2	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร	ผู้ร่วมโครงการ

7.3งานวิจัยที่กำลังทำ : -

ผู้ร่วมโครงการ

1. ชื่อ-นามสกุล (ภาษาไทย) นายศุภชัย หลักคำ
(ภาษาอังกฤษ) Mr. SupachaiLakkam
2. หมายเลขบัตรประจำตัวประชาชน 3 1201 01788 03 1
3. ตำแหน่งบริหาร/วิชาการ ที่เป็นปัจจุบัน
ตำแหน่งบริหาร -
ตำแหน่งวิชาการ อาจารย์ ระดับ –(พนักงานมหาวิทยาลัย)
4. หน่วยงานและสถานที่ที่ติดต่อได้สะดวก พร้อมหมายเลขโทรศัพท์ โทรสาร และ e-mail
สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
1381 ถ.พิบูลสงคราม แขวงบางซื่อ เขตบางซื่อกรุงเทพฯ 10800
โทรศัพท์:02-9132424 ต่อ 138
โทรสาร:02-9132424 ต่อ 138
E-mail: bus_supachai@hotmail.com
5. ประวัติการศึกษา

ระดับปริญญา	อักษรย่อปริญญา	วิชาเอก	สถานศึกษา	ปีที่สำเร็จ	ประเทศ
ปริญญาโท	M.Sc.	Automotive Engineering	The SirindhornInternational Thai-German Graduate School of Engineering (TGGS) มหาวิทยาลัย เทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ	2552	ไทย
ปริญญาตรี	วศ.บ.	วิศวกรรมเครื่องกล (เกียรตินิยมอันดับสอง)	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร	2549	ไทย

6. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญเป็นพิเศษ (ซึ่งอาจแตกต่างจากวุฒิการศึกษา) ระบุสาขาวิชาการ
- เทคนิคการจำลองด้วยคอมพิวเตอร์ (Computation and Simulation Techniques)
- เทคโนโลยีและการจัดการด้านพลังงาน (Energy Technology and Management)

7. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ โดยระบุสถานภาพในการทำวิจัยว่าเป็นผู้อำนวยแผนงานวิจัย หัวหน้าโครงการวิจัยหรือผู้ร่วมวิจัยในแต่ละข้อเสนอการวิจัย

7.1 หัวหน้าโครงการวิจัย :

7.2งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว :ดังตารางที่แสดงถัดไป

ผลงานวิจัย	ปีที่พิมพ์	การเผยแพร่	แหล่งทุน	ตำแหน่ง
1.Effectiveness and Efficiency Research of brake pads in noise and friction coefficients	พ.ศ.2552	Industry Subcontracting Exhibition of Thailand 2009	บริษัท คอมแพ็คอินเตอร์เนชั่นแนล (1994) จำกัด และ Industrial Technology Assistance Program (iTAP)	ผู้ช่วยวิจัย
2.Investigation of Brake Noise Parameters Using Single Dynamometer	Apr.2009	The 5th International Conference on Automotive Engineering ICAE-5	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ	นักวิจัย/ผู้นำเสนอ
3.Econo Power Car	June.2010	The 2nd RMUTP International Conference : Green Technology and Productivity	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร	ผู้ร่วมวิจัย/ผู้นำเสนอ
4.Analysis of Clutch Materials behaviour : Comparison between Coefficient of Friction Testing and Full Size Testing		รอเผยแพร่	EXEDY Friction Material Co. LTD	ผู้ช่วยวิจัย
5.Study and Trend of Development for Electric Railway and Related Industries in Thailand (Phase 2)		รอเผยแพร่	Industrial Technology Assistance Program (iTAP)	ผู้ร่วมวิจัย
6.โครงการศึกษาเครื่องยนต์แก๊สโซลีนและดีเซลขนาดเล็ก 1 สูบ เพื่อจัดทำร่างกฎกระทรวงเฉพาะด้านประสิทธิภาพพลังงาน ตาม พ.ร.บ. การส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ.2550		รอเผยแพร่	กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน	ผู้ช่วยผู้เชียวชาญด้านเครื่องยนต์
7.Design and Development of Bus structure for single and double deck		รอเผยแพร่	กรมขนส่งทางบก	ผู้ช่วยวิจัย/วิศวกรโครงการ
8.เครื่องทดสอบพฤติกรรมวัสดุความเสียดทาน		วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ปีที่ 22 ฉบับที่ 2	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร	หัวหน้าโครงการ

7.3งานวิจัยที่กำลังทำ:ดังตารางที่แสดงถัดไป

ชื่อข้อเสนอการวิจัย	**แหล่งทุน**	**ตำแหน่ง**	**สถานภาพ**
1.Design and Development of Bus structure for single and double deck	กรมขนส่งทางบก	ผู้ช่วยวิจัย/วิศวกรโครงการ	80%