

ศึกษาวิเคราะห์โรงอบกล้วยตากพลังงานแสงอาทิตย์แบบกรีนเฮาส์

กรณีศึกษา : บริษัท สิริวานิช (เอส แอนด์ดับเบิลยู) จำกัด

Study Analysis oven dried banana plant solar green house

A Case Study in Sirivanich (S & W) Company

นายเอกพงษ์ ทะจะกัน

นายรัชชัย ขอนพันธ์

นายรัฐพงศ์ ชาญพฤติ

15506566

ร.ร.

0878๗

2553

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมเครื่องกล ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ปีการศึกษา 2553

ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์
วันที่รับ..... 20 ส.ค. 2554
เลขทะเบียน..... 15506566
เลขเรียกหนังสือ..... ร.ร.
มหาวิทยาลัยนเรศวร 0878 ๗

2553



ใบรับรองโครงการวิศวกรรมเครื่องกล

หัวข้อโครงการ : ศึกษาวิเคราะห์โรงอบกล้วยตากพลังงานแสงอาทิตย์แบบกรีนเฮาส์
กรณีศึกษา : บริษัท ศิริวานิช (เอส แอนด์ ดีบีเบิ้ลยู) จำกัด

ผู้ดำเนินโครงการ : นายเอกพงษ์ ทะจะกัน รหัสประจำตัว 50383271
นายธงชัย ขอนพันธ์ รหัสประจำตัว 50380294
นายรัฐพงศ์ ชาญพุดติ รหัสประจำตัว 50382281

ที่ปรึกษาโครงการวิจัย : อาจารย์ ศิษย์ภูษณ์ท์ แคนลา
ภาควิชา : วิศวกรรมเครื่องกล
ปีการศึกษา : 2553

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครสวรรค์ อนุมัติให้โครงการฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตร วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะกรรมการสอบโครงการ

..... ประธานกรรมการ

(อาจารย์ศิษย์ภูษณ์ท์ แคนลา)

..... กรรมการ

(อาจารย์สุรัตน์ ปัญญาแก้ว)

..... กรรมการ

(ผศ.ดร.กฤษยา กนกजारูจิตร)

หัวข้อโครงการวิจัย : ศึกษาวิเคราะห์โรงอบกล้วยตากพลังงานแสงอาทิตย์แบบกรีนเฮาส์
กรณีศึกษา : บริษัท ศิริวานิช (เอส แอนด์ ดับเบิลยู) จำกัด

ผู้ดำเนินงานวิจัย : นายเอกพงษ์ ทะจะกัน รหัสประจำตัว 50383271
นายธงชัย ขอนพันธ์ รหัสประจำตัว 50380294
นายรัฐพงศ์ ชาญพุดติ รหัสประจำตัว 50382281

ปริญญา : วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเครื่องกล
สาขาวิชา : วิศวกรรมเครื่องกล
สถาบันการศึกษา : มหาวิทยาลัยนเรศวร
ปีการศึกษา : 2553
อาจารย์ที่ปรึกษา : อาจารย์ ศิษฐ์ภัณฑิ์ แคนลา
สถานที่ติดต่อ/หมายเลขโทรศัพท์ : ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัดพิษณุโลก 055-964230-31

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษากระบวนการทำกล้วยตากด้วยโรงอบกล้วยตากพลังงานแสงอาทิตย์แบบกรีนเฮาส์และศึกษาค่ามาตรฐานความชื้นของกล้วยตาก พร้อมทั้งเปรียบเทียบความชื้นสัมพัทธ์และอุณหภูมิของอากาศ อัตราส่วนความชื้นของอากาศ มวลไอน้ำของอากาศ เอนทัลปีของอากาศ และพลังงานความร้อนของอากาศ เพื่อตรวจสอบวิเคราะห์โรงอบกล้วยตากพลังงานแสงอาทิตย์แบบกรีนเฮาส์ของบริษัท ศิริวานิช (เอส แอนด์ ดับเบิลยู) จำกัด ซึ่งเปอร์เซ็นต์ความชื้นของกล้วยที่สูญเสียไปเฉลี่ยประมาณ 50 % ของเนื้อกล้วยที่พิจารณาทั้งหมด มีปริมาณมวลไอน้ำของอากาศในโรงอบกล้วยโดยเฉลี่ยประมาณ 367.1 kg water vapor และสามารถรับค่าพลังงานความร้อนอยู่ประมาณ 40 % เมื่อเทียบกับค่าพลังงานแสงอาทิตย์ต่อพื้นที่เฉลี่ยจากแผนที่ศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์ของประเทศไทย(พ.ศ. 2542)

ผลจากการศึกษาและเปรียบเทียบค่าต่างๆพบว่า บริเวณทางออกของโรงอบกล้วยที่มีการเชื่อมต่อกับโรงพักกล้วยมีการถ่ายเทอุณหภูมิและความชื้นของอากาศได้ไม่เต็มที่เท่าที่ควร ดังนั้นควรปรับปรุงพื้นที่ทางออกของอากาศของโรงอบกล้วยเพื่อช่วยในการถ่ายเทอุณหภูมิและความชื้นของอากาศได้ดียิ่งขึ้น และควรมีการทำความสะอาดหลังคา(แผ่นโพลีคาร์บอเนต)ของโรงอบกล้วยตากพลังงานแสงอาทิตย์แบบกรีนเฮาส์เพื่อเป็นการช่วยเพิ่มสมรรถนะของโรงอบกล้วยในการรับพลังงานแสงอาทิตย์ได้ดียิ่งขึ้น

Project Title : Study Analysis oven dried banana plant solar green house
A Case Study in Sirivanich (S & W) Company

The research is conducted : Mr. Akekapong Tajakun ID 50383271
Mr. Thongchai Khonpan ID 50380294
Mr. Nuttapong Chanpruet ID 50382281

Degree : Engineer Graduates Mechanical of Engineering

Major : Mechanical of Engineering

University : Naresuan University

Academic Year : 2010

Project Advisor : Mr. Sitphan Kanla

Contact address / phone number : Department of Mechanical Engineering ,Faculty of Engineering
: Naresuan University, Phitsanulok 055-964230-31

.....

Abstract

This research is a process of making a commercial oven dried banana solar green house and to study the moisture content of dried banana standard. And to compare the relative humidity and air temperature. Humidity ratio of air Mass of water vapor the air. Apply million year-end of the air. And heat the air. Analysis to determine commercial solar oven dried banana Green House of Sirivanich (S & W) Limited. The percentage moisture content of bananas lost an average 50% of the total banana flesh. Mass of water vapor content of air in the oven banana plant was about 367.1 kg water vapor and can obtain the heat for about 40% compared with the average solar energy per area of solar energy potential map of Thailand (2542).

Results from the study and compare the values found. The solution of baking banana plants that are connected to the police station with bananas, temperature and humidity of the air flow is not good enough. So, should improve the exit area of air drying of banana plants to assist in the transfer of air temperature and humidity better. And there should be cleaning the roof (polycarbonate sheet) of the oven dried banana plant solar green house in order to improve the performance of banana plants drying in the solar energy better.

กิตติกรรมประกาศ

การจัดทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ได้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี เนื่องจากได้รับความกรุณาของผู้มีพระคุณให้การสนับสนุนและส่งเสริม ข้อเสนอแนะ และข้อแนะนำต่างๆในการจัดทำปริญญานิพนธ์ ข้าพเจ้าจึงได้ถือโอกาสนี้แสดงความขอบคุณบุคคลผู้มีพระคุณต่างๆดังต่อไปนี้

ขอกราบขอบคุณท่านอาจารย์ ศิษย์ภัณฑท์ แคนลา ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาโครงการวิจัยนี้ ซึ่งได้ให้ความรู้ แนวความคิด ข้อมูลต่างๆที่ใช้ในการทำปริญญานิพนธ์ ทั้งการเอาใจใส่ดูแลการตรวจในการดำเนินงานเป็นอย่างดี จึงทำให้การทำปริญญานิพนธ์สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบคุณ คุณศิริ วรสุวานิช และครอบครัว ที่ช่วยในการเอื้อเฟื้อสถานที่ เครื่องมือต่างๆที่ใช้ในการทำปริญญานิพนธ์ ช่วยให้การแนะนำข้อมูลความรู้ต่างๆ ที่ใช้ในการทำปริญญานิพนธ์ อีกทั้งเรื่องอาหารและของว่างต่างๆ แก่ข้าพเจ้า จึงทำให้การทำปริญญานิพนธ์สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบคุณ สำนักหอสมุดมหาวิทยาลัยนเรศวร ที่ช่วยในการค้นคว้าหาข้อมูลต่างๆ เกี่ยวกับการทำโครงการวิจัยนี้ จึงทำให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบคุณ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล ที่ได้ให้การเอื้อเฟื้อสถานที่ในการทำโครงการวิจัยนี้ จึงทำให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบพระคุณบิดามารดา ที่ให้การอุปการะทั้งในด้านการเงินและทางด้านจิตใจ ที่ให้การสนับสนุนส่งเสริมในเรื่องการศึกษาจนสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ประโยชน์และคุณค่าที่พึงมาของปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ขอมอบเป็นกตัญญูตเวทิตคุณแด่ บพภการี นูรพจารย์ และผู้มีพระคุณทุกท่านด้วยความเคารพอย่างสูง

เอกพงษ์ ทะจะกัน

ธงชัย ขอนพันธ์

นัฐพงศ์ ชาญพฤติ

สารบัญ

บทที่	หน้า
บทคัดย่อ	I
บทคัดย่อ (ภาษาอังกฤษ)	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VI
สารบัญรูปภาพ	VII
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความสำคัญและที่มาของโครงการ	1
1.2 วัตถุประสงค์	1
1.3 ขอบเขต	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
1.5 ระยะเวลาในการดำเนินการวิจัย	2
1.6 ขั้นตอนและแผนการดำเนินการ	2
1.7 สถานที่ในการดำเนินการวิจัย	3
1.8 งบประมาณในการดำเนินงานวิจัย	3
บทที่ 2 หลักการและทฤษฎี	
2.1 กัญชาหว่า	4
2.2 การผลิตกัญชากาก	5
2.3 โรงอบกัญชากากพลังงานแสงอาทิตย์แบบกรีนเฮาส์และ โรงเก็บพักกัญชา	8
2.4 คุณสมบัติทางอากาศของโรงอบกัญชากากพลังงานแสงอาทิตย์แบบกรีนเฮาส์	11
2.5 การวัดความชื้นมาตรฐานของกัญชากาก	18
บทที่ 3 การดำเนินงานวิจัย	
3.1 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้	19
3.2 การสำรวจ	19
3.3 การตรวจวัด	22

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
บทที่ 4 ผลจากการศึกษา	
4.1 กระบวนการผลิตกล้วยตาก	29
4.2 ผลการวัดความชื้นมาตรฐานของกล้วย	39
4.3 ผลการวัดคุณสมบัติทางอากาศของ โรงอบกล้วยตากพลังงาน แสงอาทิตย์แบบกรีนเฮาส์	41
บทที่ 5 สรุปผล	
5.1 กระบวนการผลิตกล้วยตาก	49
5.2 ผลของการวัดความชื้นมาตรฐานของกล้วยตาก	50
5.3 ผลของคุณสมบัติทางอากาศของ โรงอบกล้วยตากพลังงานแสงอาทิตย์แบบกรีนเฮาส์	50
5.4 วิจารณ์และข้อเสนอแนะ	52
บรรณานุกรม	53
ภาคผนวก ก	55
ภาคผนวก ข	59
ภาคผนวก ค	62
ภาคผนวก ง	78
ภาคผนวก จ	83
ประวัติผู้จัดทำโครงการ	91

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1.1 ขั้นตอนและแผนการดำเนินการ	2
2.1 วิธีการผลิตกล้วยตากในแบบต่าง ๆ	7
1ก. แสดงน้ำหนักกล้วยตากวันที่ 9 พฤศจิกายน พ.ศ. 2553	55
2ก. ความชื้นมาตรฐานแห้งและความชื้นมาตรฐานเปียก กล้วยตากวันที่ 9 พฤศจิกายน พ.ศ. 2553	56
3ก. แสดงน้ำหนักกล้วยตากวันที่ 10 พฤศจิกายน พ.ศ. 2553	56
4ก. ความชื้นมาตรฐานแห้งและความชื้นมาตรฐานเปียก กล้วยตากวันที่ 10 พฤศจิกายน พ.ศ. 2553	58
1ค. ผลการตรวจวัดความชื้นสัมพัทธ์และอุณหภูมิของอากาศ	62
2ค. แสดงค่ามวลไอน้ำ(m_v) และพลังงานความร้อน(Q)	76
1ง. แสดงอัตราการผ่านของแสงของแผ่น โพลีคาร์บอเนตแบบลูกฟูกสีต่างๆ	79
2ง. แสดงสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนและค่าเปอร์เซ็นต์การส่องสว่างของแสงของแผ่น โพลีคาร์บอเนตแบบลูกฟูกของสีต่างๆ ชนิดแบบ Twinlite Standard	79
3ง. แสดงสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนและค่าเปอร์เซ็นต์การส่องสว่างของแสงของแผ่น โพลีคาร์บอเนตแบบลูกฟูกของสีต่างๆชนิดแบบ Twinlite Cool 6 mm.	80
4ง. แสดงปริมาณของแสงส่องผ่านและปริมาณความร้อนส่องผ่านของแผ่น โพลีคาร์บอเนตแบบตัน (Solid Polycarbonate) สีต่างๆ	82

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 ต้นกล้วยน้ำหว่าพันธุ์มะลิอ่อน	4
2.2 ผลกล้วยน้ำหว่าพันธุ์มะลิอ่อน	4
2.3 กล้วยตากแบบพลังงานแสงอาทิตย์	5
2.4 กล้วยตากแบบใช้ตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์	6
2.5 กล้วยตากแบบใช้ตู้อบแก๊ส LPG	6
2.6 กล้วยตากแบบใช้พลังงานแสงอาทิตย์แบบกรีนเฮาส์	6
2.7 โรงอบกล้วยตากพลังงานแสงอาทิตย์แบบกรีนเฮาส์และโรงเก็บพักกล้วย	8
2.8 โรงอบกล้วยตากพลังงานแสงอาทิตย์แบบกรีนเฮาส์	9
2.9 ลักษณะภายในโรงอบกล้วยตากพลังงานแสงอาทิตย์แบบกรีนเฮาส์	10
2.10 โรงเก็บพักกล้วย	10
2.11 แสดงเส้นคุณสมบัติทางอากาศต่างๆบนแผนภูมิไซโครเมตริก	11
2.12 กระบวนการทำความร้อนและเพิ่มความชื้นของอากาศ (Heating and Humidification process)	12
2.13 แสดงตำแหน่งของทางเข้าและทางออกของอากาศที่ไหลผ่าน โรงอบกล้วยตาก	14
2.14 แสดงกระบวนการทำความร้อนและความชื้นภายใน โรงอบกล้วยตาก	15
2.15 แสดงแผนภาพกระบวนการทำความร้อนและเพิ่มความชื้นของอากาศ	15
2.16 แสดงกระบวนการทำความร้อนและเพิ่มความชื้นของอากาศบนแผนภูมิไซโครเมตริก	16
3.1 โรงอบกล้วยตากพลังงานแสงอาทิตย์แบบกรีนเฮาส์	19
3.2 ประตูทางเข้าของโรงอบกล้วยตาก	20
3.3 ประตูทางออกของโรงอบกล้วยตาก	20
3.4 โรงเก็บพักกล้วย	20
3.5 ลักษณะการแต่งกาย	21
3.6 การล้างมือ	21
3.7 ล้างรองเท้าด้วยน้ำที่สะอาด	21
3.8 การวัดขนาด	22
3.9 การเขียนแบบโรงอบกล้วยตาก	22

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.10 แบบของโรงอบกล้วยตากพลังงานแสงอาทิตย์แบบกรีนเฮาส์ และโรงเก็บพักกล้วย	23
3.11 ลักษณะของโรงอบกล้วยตากพลังงานแสงอาทิตย์แบบกรีนเฮาส์	23
3.12 ขนาดของโรงอบกล้วยตากพลังงานแสงอาทิตย์แบบกรีนเฮาส์	23
3.13 ลักษณะของโรงเก็บพักกล้วย	24
3.14 ขนาดของโรงเก็บพักกล้วย	24
3.15 จุดตรวจวัดด้านหน้าพัดลมตัวที่ 1	25
3.16 จุดตรวจวัดด้านหน้าพัดลมตัวที่ 2	25
3.17 วัดความเร็วอากาศด้านหลังพัดลม	25
3.18 ตำแหน่งการตรวจวัด 12 จุดด้านหลังพัดลม	25
3.19 การตรวจวัดความเร็วอากาศประตูทางออก	26
3.20 แสดงตำแหน่งของการตรวจวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์	26
3.21 ตำแหน่งเครื่องวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ	27
3.22 แสดงค่าการตรวจวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ในระบบคอมพิวเตอร์	27
3.23 การชั่งน้ำหนักกล้วย	28
4.1 แสดงการรับซื้อกล้วย	29
4.2 แสดงการชั่งน้ำหนักกล้วยกล้วยและจัดเรียงกล้วย	29
4.3 แสดงการล้างทำความสะอาดกล้วย	30
4.4 แสดงการพักกล้วยให้สะเด็ดน้ำ	30
4.5 แสดงการบ่มกล้วยชั้นที่หนึ่ง	30
4.6 แสดงการบ่มกล้วยชั้นที่สอง	31
4.7 แสดงการสังเกตและทดสอบกล้วยก่อนปลอกเปลือก	31
4.8 แสดงการปลอกเปลือกกล้วยและชั่งน้ำหนักเนื้อกล้วย	31
4.9 แสดงการจัดเรียงและขนย้ายกล้วยเข้าสู่โรงอบกล้วย	32
4.10 แสดงการตากกล้วยแดดที่ 1	32
4.11 แสดงตัวอย่างลักษณะและสีของกล้วยก่อนตากแดดที่ 1	33

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.12 แสดงตัวอย่างลักษณะและสีของกล้วยหลังตากแดดที่ 1	33
4.13 แสดงการพอกกล้วยภายในโรงอบกล้วย	34
4.14 แสดงตัวอย่างลักษณะและสีของกล้วยก่อนตากแดดที่ 2	34
4.15 แสดงตัวอย่างลักษณะและสีของกล้วยหลังตากแดดที่ 2	35
4.16 แสดงการเคล้าน้ำเกลือ	35
4.17 แสดงตัวอย่างลักษณะและสีของกล้วยก่อนตากแดดที่ 3	36
4.18 แสดงตัวอย่างลักษณะและสีของกล้วยหลังตากแดดที่ 3	37
4.19 แสดงตัวอย่างลักษณะและสีของกล้วยหลังตากแดดที่ 4	37
4.20 แสดงการตัดแยกกล้วยเพื่อทำเป็นกล้วยกลมและกล้วยแบน	38
4.21 แสดงการนำกล้วยเข้าอบในตู้อบและลักษณะและสีของกล้วยหลังการอบ	38
4.22 แสดงลักษณะของกล้วยเกรด A1, A2 และ A3 และการเก็บกล้วยรักษาไว้ในห้องเย็น	39
4.23 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับความขึ้นมาตรฐานของกล้วยกลุ่มที่ 1 (ปลูกวันที่ 09/11/2553)	40
4.24 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับความขึ้นมาตรฐานของกล้วยกลุ่มที่ 2 (ปลูกวันที่ 10/11/2553)	40
4.25 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับความขึ้นสัมพัทธ์และอุณหภูมิของอากาศ วันที่ 9 พฤศจิกายน พ.ศ.2553	42
4.26 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับความขึ้นสัมพัทธ์และอุณหภูมิของอากาศ วันที่ 10 พฤศจิกายน พ.ศ.2553	42
4.27 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับความขึ้นสัมพัทธ์และอุณหภูมิของอากาศ วันที่ 11 พฤศจิกายน พ.ศ.2553	43
4.28 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับความขึ้นสัมพัทธ์และอุณหภูมิของอากาศ วันที่ 12 พฤศจิกายน พ.ศ.2553	43
4.29 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับความขึ้นสัมพัทธ์และอุณหภูมิของอากาศ วันที่ 13 พฤศจิกายน พ.ศ.2553	44
4.30 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับผลต่างอัตราส่วนความชื้นของอากาศ	45
4.31 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับอัตราการไหลเชิงมวลไอน้ำของอากาศ	46

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.32 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาเก็บผลต่างเอนทาลปีของอากาศ	47
4.33 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาเก็บพลังงานความร้อนของอากาศ	48
1ง. โรงอบกล้วยตากพลังงานแสงอาทิตย์แบบกรีนเฮาส์	78
2ง. แผ่นโพลีคาร์บอเนตแบบลูกฟูก (Twin wall polycarbonate)	78
3ง. แผ่นโพลีคาร์บอเนตแบบแผ่นตัน (Solid Polycarbonate)	80
4ง. โพลีคาร์บอเนตแบบตันชนิดขรุขระ (Embossed Sheet Polycarbonate)	81
5ง. แผ่นโพลีคาร์บอเนตแบบลอน (Corrugate Sheet Polycarbonate)	81



บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของโครงการ

จังหวัดพิษณุโลกเป็นแหล่งผลิตกล้วยตากที่สำคัญเป็นที่ขึ้นชื่อในความอร่อยของกล้วยตาก มะลิอ่อนมีการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์จำหน่ายทั้งในประเทศไทยและต่างประเทศซึ่งสร้างรายได้ให้กับเกษตรกรและผู้ผลิตได้เป็นอย่างดี กระบวนการแปรรูปที่สำคัญคือ การตากแห้งหรือการอบแห้ง

โดยทั่วไปวิธีการอบแห้งที่เกษตรกรนิยมใช้กันแพร่หลาย ได้แก่การตากแดดตามธรรมชาติเพราะทำงานง่ายและเสียค่าใช้จ่ายน้อย แต่ก็มักประสบปัญหาผลผลิตผลเสียหายระหว่างการตากเช่นการถูกทำลายโดยสัตว์และแมลงรวมถึง การปนเปื้อนจากสิ่งสกปรกต่างๆทั้งยังการตากแดดตามธรรมชาติ จะขึ้นกับสภาพดินฟ้าอากาศที่ควบคุมไม่ได้โดยความชื้นของผลผลิตจะลดลงได้ในช่วงที่ท้องฟ้ามีเมฆมากหรือเสียหายจากการเปียกฝน ทำให้เกิดผลเสียต่อผลผลิตและคุณภาพของผลิตภัณฑ์แห้ง และการอบแห้งวิธีหนึ่งที่ใช้กัน และได้คุณภาพของกล้วยที่ดีขึ้นก็คือการอบด้วยเตาอบ โดยใช้เชื้อเพลิงก๊าซหุงต้มเป็นเชื้อเพลิงแต่ก็มีปัญหาด้านราคาของเตาอบที่สูงและการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง ฉะนั้นจึงได้มีผู้คิดค้นและสร้างเครื่องอบแห้งแบบต่างๆเพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าวขึ้นและยังได้พัฒนาเป็นโรงอบกล้วยตากพลังงานแสงอาทิตย์แบบกรีนเฮาส์ โดยนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้แทนพลังงานจากน้ำมันเชื้อเพลิงก๊าซหุงต้มเพื่อเป็นการช่วยลดปริมาณการใช้เชื้อเพลิงและมีคุณภาพที่ดีขึ้น

จากแนวคิดนี้ทางผู้ดำเนินโครงการจึงมีความสนใจ และได้ทำการศึกษาและทำการวิเคราะห์โรงอบกล้วยตากพลังงานแสงอาทิตย์แบบกรีนเฮาส์ ซึ่งทำการสร้างโดยบริษัท ศิริวานิช(เอส แอนด์ ดับเบิ้ลยู) เพื่อเป็นการเรียนรู้ประสบการณ์และเสริมสร้างทักษะการทำงานให้ดียิ่งขึ้นไป

1.2 วัตถุประสงค์

- 1.2.1 เพื่อศึกษากระบวนการทำกล้วยตากโดยโรงอบกล้วยตากพลังงานแสงอาทิตย์แบบกรีนเฮาส์
- 1.2.2 สามารถวิเคราะห์โรงอบกล้วยตากพลังงานแสงอาทิตย์แบบกรีนเฮาส์ได้

1.3 ขอบเขต

1.3.1 ศึกษากระบวนการทำกล้วยตากและรวบรวมเก็บข้อมูลคุณสมบัติทางอากาศของโรงอบกล้วยตากพลังงานแสงอาทิตย์แบบกรีนเฮาส์

1.3.2 ศึกษาวิจัย ณ บริษัท ศีรวานิช(เอส แอนด์ ดับเบิ้ลยู) จำกัด 109/2 หมู่3 ตำบลสมอแข อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก เมื่อวันที่ 9 - 14 พฤศจิกายน พ.ศ.2553

1.3.3 สามารถนำข้อมูลที่ได้จากการตรวจวัด ทำการวิเคราะห์ถึงคุณสมบัติทางอากาศของโรงอบกล้วยตากพลังงานแสงอาทิตย์แบบกรีนเฮาส์

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 ได้เรียนรู้กระบวนการในการผลิตกล้วยตากและลงมือปฏิบัติจริง

1.4.2 ได้ทราบถึงคุณสมบัติทางอากาศของโรงอบกล้วยตากพลังงานแสงอาทิตย์แบบกรีนเฮาส์

1.5 ระยะเวลาในการดำเนินการวิจัย

วันที่ 1 ตุลาคม พ.ศ. 2553 ถึง วันที่ 28 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2554

1.6 ขั้นตอนและแผนการดำเนินการ

ตารางที่ 1.1 ขั้นตอนและแผนการดำเนินการ

แผนการดำเนินการ	2553							2554	
	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.
1. ศึกษาค้นคว้า ทฤษฎีและงานวิจัยกล้วยตาก					←→				
2. ศึกษาขั้นตอนกระบวนการผลิตกล้วยตากและโรงอบกล้วยตากพลังงานแสงอาทิตย์แบบกรีนเฮาส์					←→				
3. จัดเตรียมวัสดุอุปกรณ์และเครื่องมือวัด						←→			

ตารางที่ 1.1 (ต่อ) ขั้นตอนและแผนการดำเนินการ

แผนการดำเนินการ	2553							2554	
	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.
4.เข้าเยี่ยมชมสถานประกอบการ ตรวจสอบเตรียมความพร้อมในการ ดำเนินการ									
5.เก็บข้อมูลและศึกษากระบวนการ ผลิตกล้วยตากจากสถานประกอบการ									
6.วิเคราะห์ข้อมูลและผลการศึกษาจาก สถานประกอบการ									
7.สรุปผลและวิจารณ์ผล									
8.ส่งรายงาน									

๑ แผนที่วางไว้

1.7 สถานที่ในการดำเนินการวิจัย

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ตำบลท่าโพธิ์ อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก

บริษัท ศิริวานิช(เอส แอนด์ ดับเบิลยู) จำกัด 109/2 หมู่3 ตำบลสมอแข อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก

1.8 งบประมาณในการดำเนินงานวิจัย

ค่าวัสดุ

อุปกรณ์และเครื่องมือช่าง	400 บาท
วัสดุคอมพิวเตอร์	300 บาท
วัสดุสำนักงาน	500 บาท
จัดทำรูปเล่ม	1,000 บาท
ค่าเดินทาง	800 บาท
รวม	3,000 บาท
ถัวเฉลี่ยทุกรายการ	

บทที่ 2

หลักการและทฤษฎี

2.1 กล้วยน้ำหว่า

กล้วยน้ำหว่าพันธุ์มะลิอ่องมีลักษณะพิเศษดังนี้ ลำต้นสูง 3.5 เมตร เส้นผ่าศูนย์กลางมากกว่า 15 เซนติเมตร ก้านลำต้นด้านนอกสีเขียวอ่อนมีประดำเล็กน้อย ใบประดับรูปไข่ค่อนข้างป้อมมีวงงอขึ้น ผลเครือหนึ่งมี 7-10 หวี หวีหนึ่งมี 10-16 ผล ผลมีเหลี่ยมเล็กน้อยถ้าแก่จัดค่อนข้างกลม ผลกว้าง 3-4 เซนติเมตร ยาว 11-13 เซนติเมตร เปลือกบางมีสีเหลืองนวล เนื้อขาวได้กลางมีสีขาว เนื้อนุ่มมีรสหวานจัด ไม่มีเมล็ด ถิ่นที่อยู่โครงการตามพระราชดำริ จัดตั้งโครงการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชที่สถาบันราชภัฏพิบูลสงคราม บริเวณทุ่งทะเลแก้ว จังหวัดพิษณุโลก โดยคัดเลือกต้นพันธุ์จากสวนกล้วยน้ำหว่าพันธุ์มะลิอ่องของกำนัน ประภาส สิงขรลักษณ์ บ้านเกาะคู ตำบลบางกระทุ่ม จังหวัดพิษณุโลก ปัจจุบันเกษตรกรได้ขยายพื้นที่การปลูกกล้วยน้ำหว่าพันธุ์มะลิอ่อง สำหรับอุตสาหกรรมกล้วยตาก ซึ่งนอกจากจะดำเนินการในจังหวัดพิษณุโลกแล้วยังขยายพันธุ์ไปยังจังหวัดอื่นๆ ด้วย เช่น พิจิตร สุโขทัย เชียงใหม่ เป็นต้น สามารถให้ผลผลิตได้เป็นจำนวนมากและนำไปทำกล้วยตาก จนเป็นอาชีพที่สำคัญอย่างหนึ่งของชาวจังหวัดพิษณุโลก

การเก็บเกี่ยวกล้วยน้ำหว่า นิยมกระทำเมื่อผลแก่จัดเต็มที่สังเกตจากเหลี่ยมกล้วยจะหายไป ผลอวบกลมมากขึ้นกล้วยจะสุกเร็ว และมีเปอร์เซ็นต์น้ำตาลมากหรือรสหวานมากกว่ากล้วยที่ตัดเมื่อยังเจริญไม่เต็มที่ (สายชล, 2528)



ก. กล้วยเครือ

ข. กล้วยหวี

รูปที่ 2.1 ต้นกล้วยน้ำหว่าพันธุ์มะลิอ่อง

รูปที่ 2.2 ผลกล้วยน้ำหว่าพันธุ์มะลิอ่อง

(ที่มา www.siamphotoshot.com, 09/01/2554)

(ที่มา www.yaycham.com, 09/01/2554)

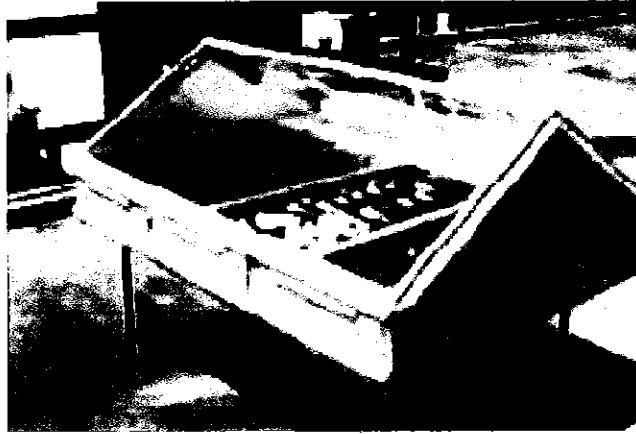
2.2 การผลิตกล้วยตาก

กรรมวิธีการผลิตกล้วยตากเป็นการถนอมอาหารวิธีหนึ่งโดยใช้ความร้อนเข้ามาช่วยให้กล้วยแห้ง ความชื้นในกล้วยลดลงทำให้กล้วยสามารถเก็บรักษาไว้ได้นานโดยไม่เกิดการเน่าเสียมีสิ่งมีชีวิตที่สำคัญในการผลิตกล้วยตากอยู่ 4 วิธี คือ วิธีที่ 1 กล้วยตากแบบพลังงานแสงอาทิตย์ เป็นการวิธีการทำกล้วยตากที่ง่ายที่สุด เป็นวิธีดั้งเดิมที่ทำกันมาช้านานคือนำกล้วยที่ปลอกเสร็จใส่ถาดแล้วนำมาตากแดดตามธรรมชาติ แสดงดังรูปที่ 2.3 วิธีที่ 2 กล้วยตากแบบใช้ตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ เป็นการทำตู้อบโดยใช้กระจกหรือพลาสติกใสคลุมเป็นหลังคาแล้วนำกล้วยไปตากในตู้อบปิดตู้ให้สนิทป้องกันไม่ให้ฝุ่นละอองหรือแมลงเข้าได้ แสดงดังรูปที่ 2.4 วิธีที่ 3 กล้วยตากแบบใช้ตู้อบแก๊สLPG เป็นการใช้เชื้อเพลิงแก๊สLPG ให้ความร้อนกับกล้วยแทนการตากด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ แสดงดังรูปที่ 2.5 วิธีที่ 4 กล้วยตากแบบใช้พลังงานแสงอาทิตย์แบบกรีนเฮาส์ เป็นการทำกล้วยตากในโรงอบที่ปิดมิดชิดมีการควบคุมอุณหภูมิและความชื้น แสดงดังรูปที่ 2.6 ซึ่งวิธีการและขั้นตอนในการผลิตกล้วยตากในแต่ละวิธีสรุปไว้ ดังแสดงในตารางที่ 3



รูปที่ 2.3 กล้วยตากแบบพลังงานแสงอาทิตย์

(ที่มา www.bloggang.com, 09/01/2554)

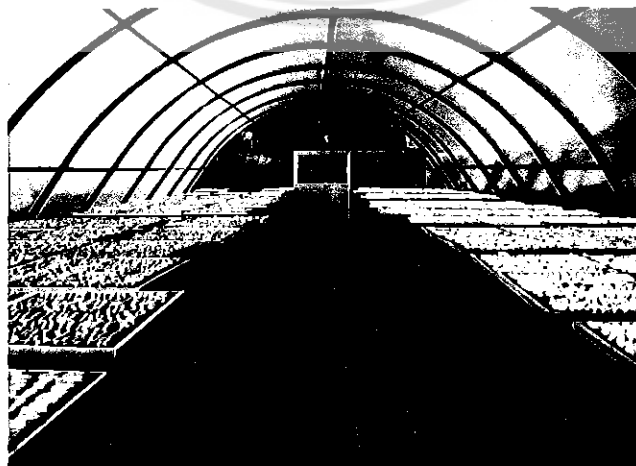


รูปที่ 2.4 กล้วยตากแบบใช้ตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์

(ที่มา www.khaosod.co.th, 09/01/2554)



รูปที่ 2.5 กล้วยตากแบบใช้ตู้อบแก๊ส LPG



รูปที่ 2.6 กล้วยตากแบบใช้พลังงานแสงอาทิตย์แบบกรีนเฮาส์

ตารางที่ 2.1 วิธีการผลิตกล้วยตากในแบบต่าง ๆ

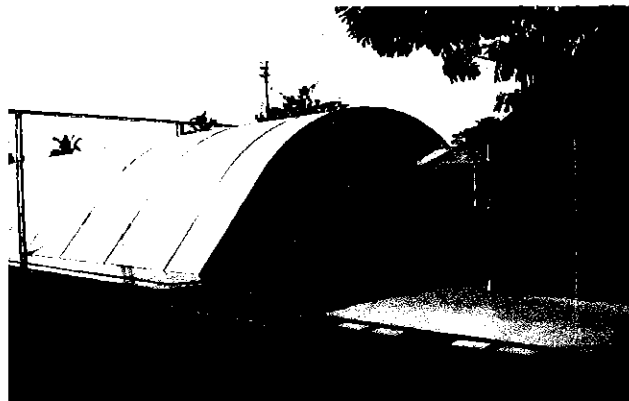
วิธีการผลิต	ขั้นตอนการผลิต	คุณสมบัติกล้วยที่ผลิต
กล้วยตากแบบ พลังงาน แสงอาทิตย์	<ol style="list-style-type: none"> 1. วัตถุดิบ, กล้วยน้ำหว้าดิบพันธุ์มะลิช่องแก 2. ปมกล้วยคลุมพลาสติกใช้เวลา 48 ชม. 3. ปมกล้วยโดยนำพลาสติกที่คลุมออกใช้เวลา 48 ชม. 4. ปลอกเปลือกแล้วนำไปวางไว้บนตะแกรงไม้ไผ่(ตากแดดที่ 1) 5. ตอนเย็นเก็บแล้วคลุมด้วยพลาสติก ไว้กลางแจ้ง 6. แดดที่ 2,3 และ 4 ทำซ้ำกัน 7. นำมาพักไว้ 1-2 ชม. แล้วนำมาทับให้แบนด้วยฝ่ามือ โดยใช้น้ำเกลือ 5% 8. นำกล้วยตากแดดที่ 5 เหมือนเดิม 9. คัดขนาดบรรจุถุงละ 25 กก. ขายส่ง 	<ol style="list-style-type: none"> 1. สีเหลืองอ่อน 2. ความหวานปานกลาง 3. อาจมีฝุ่นละอองเจือปน
กล้วยตากแบบใช้ ตู้อบพลังงาน แสงอาทิตย์	<ol style="list-style-type: none"> 1. วัตถุดิบ, กล้วยน้ำหว้าดิบพันธุ์มะลิช่องแก 2. ปมกล้วยคลุมพลาสติกใช้เวลา 48 ชม. 3. ปมกล้วยโดยนำพลาสติกที่คลุมออกใช้เวลา 48 ชม. 4. ปลอกเปลือกแล้วนำเข้าตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ (ตากแดดที่ 1) 5. ตอนเย็นเก็บแล้วคลุมด้วยพลาสติก ไว้ในตู้อบ 6. แดดที่ 2,3 และ 4 ทำซ้ำกัน 7. นำมาพักไว้ 1-2 ชม. แล้วนำมาทับให้แบนด้วยฝ่ามือ โดยใช้น้ำเกลือ 5% 8. นำกล้วยตากแดดที่ 5 เหมือนเดิม 9. คัดขนาดบรรจุถุงละ 25 กก. ขายส่ง 	<ol style="list-style-type: none"> 1. สีน้ำตาลเข้ม 2. ความหวานปานกลาง 3. ไม่มีสิ่งเจือปน
กล้วยตากแบบใช้ ตู้อบแก๊สLPG	<ol style="list-style-type: none"> 1. วัตถุดิบ, กล้วยน้ำหว้าดิบพันธุ์มะลิช่องแก 2. ปมกล้วยคลุมพลาสติกใช้เวลา 48 ชม. 3. ปมกล้วยโดยนำพลาสติกที่คลุมออกใช้เวลา 48 ชม. 4. ปลอกเปลือกแล้วนำเข้าตู้อบแก๊สLPG อบวันที่ 1 ใช้เวลาอบ 4 ชั่วโมงที่อุณหภูมิ 50°C 5. อบเสร็จเก็บคลุมด้วยพลาสติกพักไว้ 6. วันที่ 2,3 และ 4 ทำซ้ำกัน 	<ol style="list-style-type: none"> 1. สีน้ำตาลเข้ม 2. ความหวานสูง 3. ไม่มีสิ่งเจือปน

ตารางที่ 2.1 (ต่อ) วิธีการผลิตกล้วยตากในแบบต่าง ๆ

วิธีการผลิต	ขั้นตอนการผลิต	คุณสมบัติกล้วยที่ผลิต
กล้วยตากแบบใช้ ตู้อบแก๊สLPG	7. นำมาพักไว้ 1-2 ชม. แล้วนำมาทับให้แบนด้วยฝ่ามือ โดยใช้น้ำเกลือ 5% 8. นำกล้วยเข้าอบในตู้อบ 2 ชม. 9. คัดขนาดบรรจุถุงละ 25 กก. ขายส่ง	
กล้วยตากแบบใช้ พลังงาน แสงอาทิตย์แบบ กรีนเฮาส์	1. วัตถุประสงค์, กล้วยน้ำหว้าดิบพันธุ์มะลิช่องแก 2. ป่มกล้วยคลุมพลาสติกใช้เวลา 48 ชม. 3. ป่มกล้วยโดยนำพลาสติกที่คลุมออกใช้เวลา 48 ชม. 4. ปลอกเปลือกแล้วนำไปวางไว้บนถาด นำเข้าโรงอบ พลังงานแสงอาทิตย์แบบกรีนเฮาส์(ตากแดดที่ 1) 5. พักกล้วยหลังจากผ่านการตากไว้ภายในโรงอบ 6. แดดที่ 2,3 และ 4 ทำซ้ำกัน 7. นำมาพักไว้ 1-2 ชม. แล้วนำมาทับให้แบนด้วยฝ่ามือ หรือที่หนีบโดยใช้น้ำเกลือ 5% 8. นำกล้วยตากแดดที่ 5 เหมือนเดิม 9. คัดขนาดบรรจุถุงละ 25 กก. ขายส่ง	1. สีน้ำตาล 2. ความหวานสูง 3. ไม่มีสิ่งเจือปน

2.3 โรงอบกล้วยตากพลังงานแสงอาทิตย์แบบกรีนเฮาส์และโรงเก็บพักกล้วย

ในการผลิตกล้วยตากแบบใช้พลังงานแสงอาทิตย์แบบกรีนเฮาส์สิ่งสำคัญที่ต้องการคือคุณภาพและความสะอาดในการผลิต ดังนั้นในส่วนของโรงอบกล้วยตากพลังงานแสงอาทิตย์แบบกรีนเฮาส์และโรงเก็บพักกล้วยจึงมีการออกแบบและสร้างให้เชื่อมต่อกันเพื่อมาตรฐานด้านความสะอาดและปลอดภัยเพื่อป้องกันไม่ให้เกิดกล้วยตากสัมผัสกับสิ่งสกปรกฝุ่นละอองหรือแมลงซึ่งมีลักษณะ แสดงดังรูปที่ 2.7



รูปที่ 2.7 โรงอบกล้วยตากพลังงานแสงอาทิตย์แบบกรีนเฮาส์และโรงเก็บพักกล้วย

2.3.1 โรงอบกล้วยตากพลังงานแสงอาทิตย์แบบกรีนเฮาส์

สำหรับโรงอบกล้วยตากพลังงานแสงอาทิตย์แบบกรีนเฮาส์เริ่มต้นจากการออกแบบเชิงแนวคิด (conceptual desing) โดยจะให้เครื่องอบเป็นทั้งตัวรับพลังงานแสงอาทิตย์และห้องอบแห้งผลิตภัณฑ์ภายในเครื่องเดียวกัน ผลิตภัณฑ์จะได้รับพลังงานแสงอาทิตย์โดยตรงโดยมีพื้นที่ทำหน้าที่เป็นตัวดูดกลืนพลังงานแสงอาทิตย์ ลักษณะแสดงดังรูปที่ 2.8 ภายในโรงอบได้ออกแบบเพื่อใช้งานสำหรับอบแห้งชั้นบาง โดยสามารถอบแห้งผลิตภัณฑ์กล้วยได้ อุปกรณ์สำหรับใส่ผลิตภัณฑ์เป็นแบบถาดโดยมี 1 ชั้น แสดงดังรูปที่ 2.9 โครงสร้างของโรงอบกล้วยตากพลังงานแสงอาทิตย์แบบกรีนเฮาส์เป็นรูปพาราโบลาประกอบด้วยโครงเหล็กที่ยึดติดกับเสาตอม่อเพื่อให้แข็งแรงและทนต่อสภาพอากาศ และมีประตูอยู่ด้านหน้าและด้านหลังเพื่อสามารถนำผลผลิตเข้าและออกได้สะดวก สำหรับพื้นจะเทคอนกรีตและปูด้วยแผ่นกระเบื้องปูพื้นสีดำเพื่อช่วยดูดกลืนรังสีดวงอาทิตย์ จากนั้นใช้แผ่นโพลีคาร์บอเนตที่เป็นฉนวนโปร่งแสงคลุมเพื่อลดการสูญเสียความร้อนซึ่งจะทำให้เกิดสภาวะเรือนกระจก สำหรับรอยต่อระหว่างแผ่นโพลีคาร์บอเนตจะใช้ชุดอะลูมิเนียมเชื่อมรอยต่อแต่ละแผ่น (aluminium clamping profile) เพื่อป้องกันการรั่วของอากาศและน้ำฝน ด้านหน้าของโรงอบจะมีช่องเพื่อให้อากาศไหลเข้าและติดพัดลมเพื่อช่วยในการระบายความชื้นออกจากโรงอบกล้วย

หน้าที่โรงอบกล้วยตากพลังงานแสงอาทิตย์แบบกรีนเฮาส์ เพื่อใช้ตากกล้วยตากโดยรับความร้อนจากพลังงานแสงอาทิตย์ และป้องกันฝุ่นละอองแมลงหรือสิ่งสกปรกที่จะมาสัมผัสกับกล้วยตากได้



รูปที่ 2.8 โรงอบกล้วยตากพลังงานแสงอาทิตย์แบบกรีนเฮาส์

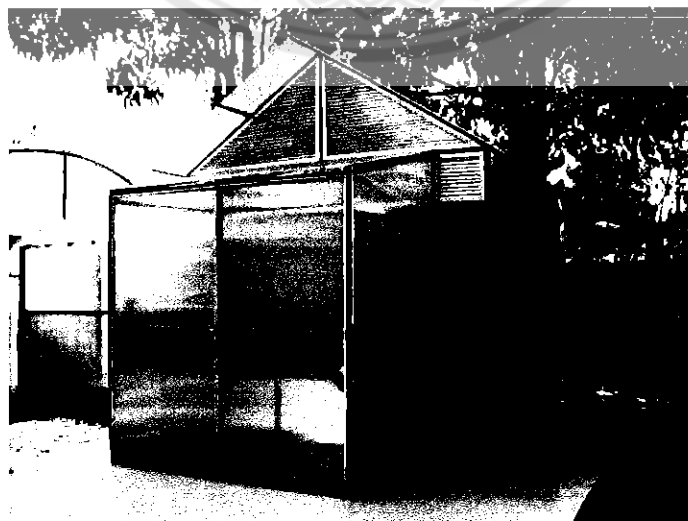


รูปที่ 2.9 ลักษณะภายในโรงอบกล้วยตากพลังงานแสงอาทิตย์แบบกรีนเฮาส์

2.3.2 โรงเก็บพักกล้วย

สำหรับโรงเก็บพักกล้วยจะเป็นโรงเรือนแบบปิดที่เชื่อมต่อในด้านทางออกของโรงอบกล้วยตากพลังงานแสงอาทิตย์แบบกรีนเฮาส์ มีการทำด้วยโครงสร้างเหล็กที่แข็งแรง พื้นจะเทคอนกรีตและปูด้วยแผ่นกระเบื้องปูพื้นสีดำ หลังคาทำด้วยแผ่นโพลีคาร์บอเนต ผนังทำด้วยแผ่นสังกะสีและแผ่นโพลีคาร์บอเนต ใช้อะลูมิเนียมเชื่อมรอยต่อต่างๆ มีช่องสำหรับระบายอากาศได้ดีและมีประตูทางออกที่มีปิดแผ่นยางพอลิเมอร์ปิดและประตูปิดสนิทเพื่อป้องกันความสะอาดป้องกันฝุ่นละอองสิ่งสกปรกเข้าได้ แสดงดังรูปที่ 2.10

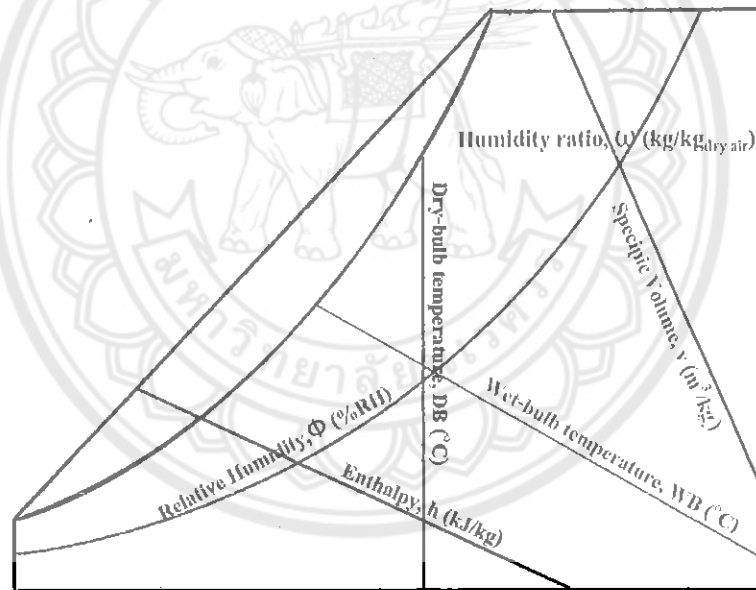
หน้าที่ของโรงเก็บพักกล้วย ใช้สำหรับเก็บกล้วยที่ตากแล้วยังไม่ได้คุณภาพตามความต้องการเก็บพักกล้วยไว้เพื่อรอการตากในแดดต่อไปหรือนำไปอบในตู้อบแก๊สLPG และเป็นการป้องกันฝุ่นละอองและสิ่งสกปรก



รูปที่ 2.10 โรงเก็บพักกล้วย

2.4 คุณสมบัติทางอากาศของโรงอบกล้วยตากพลังงานแสงอาทิตย์แบบกรีนเฮาส์

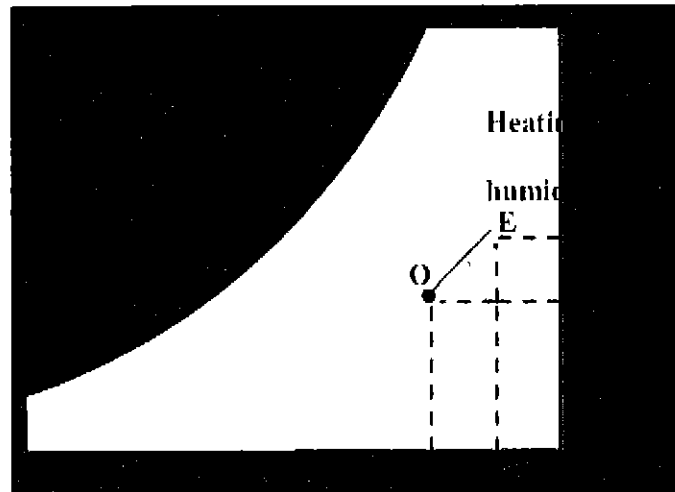
ในกระบวนการปรับสภาวะอากาศของโรงอบกล้วยตากพลังงานแสงอาทิตย์แบบกรีนเฮาส์ โดยโรงอบจะได้รับพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์ และได้รับความชื้นจากการคายความชื้นของกล้วยตาก ซึ่งเรียกว่า กระบวนการทำความร้อนและเพิ่มความชื้น (Heating and Humidification process) โดยเราสามารถทำการตรวจวัดค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศได้โดยเครื่องมือวัดอุณหภูมิและความชื้นในอากาศ แล้วนำค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์มาคำนวณโดยใช้สมการทางคณิตศาสตร์ จะทำให้ทราบค่าของคุณสมบัติของอากาศ (Properties of Air) ประกอบไปด้วย อุณหภูมิกระเปาะแห้ง (Dry bulb temperature, DB) อุณหภูมิกระเปาะเปียก (Wet bulb temperature, WB) อุณหภูมิจุดน้ำค้าง (Dew point temperature : DP) ปริมาตรจำเพาะ (Specific volume : v) ความชื้นสัมพัทธ์ (Relative Humidity: ϕ , %RH) อัตราส่วนความชื้น (Humidity Ratio : ω) และเอนทาลปีของอากาศ (Enthalpy of air: h) ซึ่งแสดงเส้นคุณสมบัติบนแผนภูมิไซโครเมตริก แสดงดังรูปที่ 2.11



รูปที่ 2.11 แสดงเส้นคุณสมบัติทางอากาศต่างๆบนแผนภูมิไซโครเมตริก

(ศิษย์ภัณฑ์ แคนลา เอกสารประกอบการสอน การทำความเย็น มหาวิทยาลัยนเรศวร, 2546)

กระบวนการทำความร้อนและเพิ่มความชื้นของอากาศ (Heating and Humidification process) เป็นกระบวนการที่ทำให้อุณหภูมิกระเปาะแห้งและอัตราส่วนความชื้นของอากาศมีปริมาณเพิ่มสูงขึ้น โดยเส้นกระบวนการทางอากาศจะดำเนินไปบนแผนภูมิไซโครเมตริกตามเส้นตรงจากจุด O ไปจุด E ดังแสดงรูปที่ 2.12



รูปที่ 2.12 กระบวนการทำความร้อนและเพิ่มความชื้นของอากาศ

(คิงส์กู๊ดริทท์ แคนลา เอกสารประกอบการสอน การทำความเย็น มหาวิทยาลัยเกษตร, 2546)

จากกระบวนการทำความร้อนและเพิ่มความชื้นของอากาศ คุณสมบัติทางอากาศที่สำคัญที่ใช้ในการคำนวณและวิเคราะห์ประกอบไปด้วย อุณหภูมิกระเปาะแห้ง ความชื้นสัมพัทธ์ อัตราส่วนความชื้นเอนทาลปี และปริมาตรจำเพาะ คุณสมบัติทางอากาศดังกล่าวมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.4.1 อุณหภูมิกระเปาะแห้ง (dry bulb temperature: DB) หมายถึง อุณหภูมิที่วัดได้จากเทอร์มิสเตอร์ที่กระเปาะแห้ง

2.4.2 ความชื้นสัมพัทธ์ (Relative Humidity: ϕ , %RH) หมายถึง การเปรียบเทียบระหว่างปริมาณความชื้นที่อากาศขณะนั้นมีอยู่ต่อปริมาณความชื้นที่อากาศนั้นสามารถรับได้ ณ อุณหภูมินั้นๆ โดยความชื้นสัมพัทธ์สามารถวัดได้จากเครื่องวัดอุณหภูมิและความชื้นในอากาศ (Digital Temperature Humidity Meter Thermometer)

2.4.3 อัตราส่วนความชื้น (Humidity Ratio: ω) หมายถึง การกำหนดมวลของไอน้ำที่มีอยู่ในหนึ่งหน่วยมวลของอากาศแห้ง ซึ่งเราเรียกว่าความชื้นสัมบูรณ์ หรือความชื้นจำเพาะ (Absolute or Specific Humidity) โดยอัตราส่วนความชื้น คืออัตราส่วนระหว่างมวลของไอน้ำและมวลของอากาศแห้ง ซึ่งสามารถคำนวณหาอัตราส่วนความชื้นของอากาศได้จาก สมการที่ 2.1

$$\omega = \frac{(0.622P)}{P_{atm} - P} \quad (2.1)$$

เมื่อ ω = อัตราส่วนความชื้นของอากาศ หน่วย kg/kg_{dry air}

P_{atm} = ความดันบรรยากาศ มีค่าเท่ากับ 101325 Pa

โดยที่ $P = \%RH P_{sat}$ (2.2)

และ $P_{sat} = (610.78) \left(e^{\left(\frac{t}{t+238.3} \right) (17.2694)} \right)$ (2.3)

เมื่อ $\%RH =$ ความชื้นสัมพัทธ์ หน่วย $\%RH$

$P_{sat} =$ ความดันอิ่มตัวของไอน้ำ หน่วย Pa

$t =$ อุณหภูมิกระเปาะแห้ง หน่วย $^{\circ}C$

สำหรับผลต่างของอัตราส่วนความชื้นของอากาศคือ ผลต่างระหว่างอัตราส่วนความชื้นทางออกกับอัตราส่วนความชื้นทางเข้าของโรงอบกล้วยตากพลังงานแสงอาทิตย์แบบกรีนเฮาส์ หาได้จากสมการที่ 2.4

$$\Delta\omega = \omega_2 - \omega_1 \quad (2.4)$$

เมื่อ $\Delta\omega =$ ผลต่างอัตราส่วนความชื้นของอากาศ หน่วย $kg/kg_{dry\ air}$

$\omega_2 =$ อัตราส่วนความชื้นของอากาศทางออกโรงอบ หน่วย $kg/kg_{dry\ air}$

$\omega_1 =$ อัตราส่วนความชื้นของอากาศทางเข้าโรงอบ หน่วย $kg/kg_{dry\ air}$

2.4.4 เอนทาลปีของอากาศ (Enthalpy of air: h) หมายถึง ผลรวมของเอนทาลปีของอากาศแห้งและเอนทาลปีของไอน้ำ ซึ่งเป็นการรวมของความร้อนสัมผัส (Sensible heat) ของอากาศแห้ง และความร้อนแฝง (Latent heat) ซึ่งสามารถคำนวณหาเอนทาลปีได้จาก สมการที่ 2.5

$$h = (1.007t - 0.026) + \omega(2501 + 1.84t) \quad (2.5)$$

เมื่อ $h =$ เอนทาลปี หน่วย kJ/kg

$t =$ อุณหภูมิกระเปาะแห้ง หน่วย $^{\circ}C$

$\omega =$ อัตราส่วนความชื้นของอากาศ หน่วย $kg/kg_{dry\ air}$

สำหรับผลต่างของเอนทาลปีคือ ผลต่างระหว่างเอนทาลปีทางออกกับเอนทาลปีทางเข้าของโรงอบกล้วยตากพลังงานแสงอาทิตย์แบบกรีนเฮาส์ หาได้จากสมการที่ 2.6

$$\Delta h_{air} = h_2 - h_1 \quad (2.6)$$

เมื่อ $\Delta h_{air} =$ ผลต่างเอนทาลปี หน่วย kJ/kg

h_2 = เอนทาลปีทางออกโรงอบ หน่วย kJ/kg

h_1 = เอนทาลปีทางเข้าโรงอบ หน่วย kJ/kg

2.4.5 ปริมาตรจำเพาะ (Specific volume: v) หมายถึง อัตราส่วนของปริมาณของอากาศชื้นต่อมวลของอากาศแห้ง หาได้จากสมการที่ 2.7

$$v = \left(1 + \frac{\omega R_w}{R_a}\right) R_a t / P_{atm} \quad (2.7)$$

เมื่อ v = ปริมาตรจำเพาะ หน่วย m^3/kg

ω = อัตราส่วนความชื้นของอากาศ หน่วย $kg/kg_{dry\ air}$

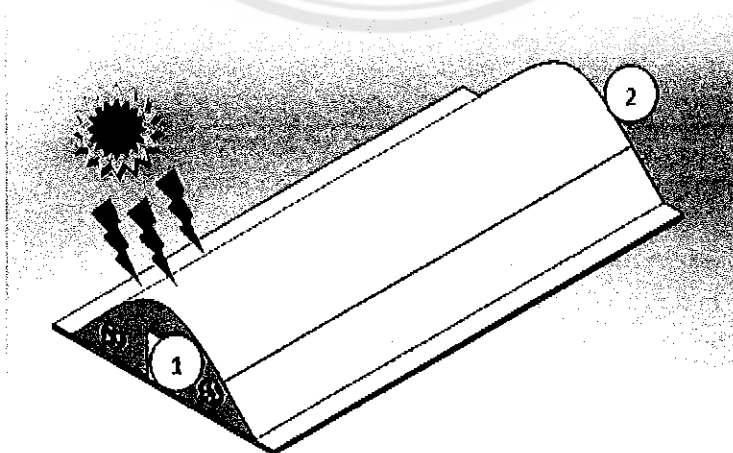
R_a = ค่าคงที่ของอากาศ $286.9\ J/kg\cdot K$

R_w = ค่าคงที่ของไอน้ำ $455\ J/kg\cdot K$

t = อุณหภูมิกระเปาะแห้ง หน่วย K

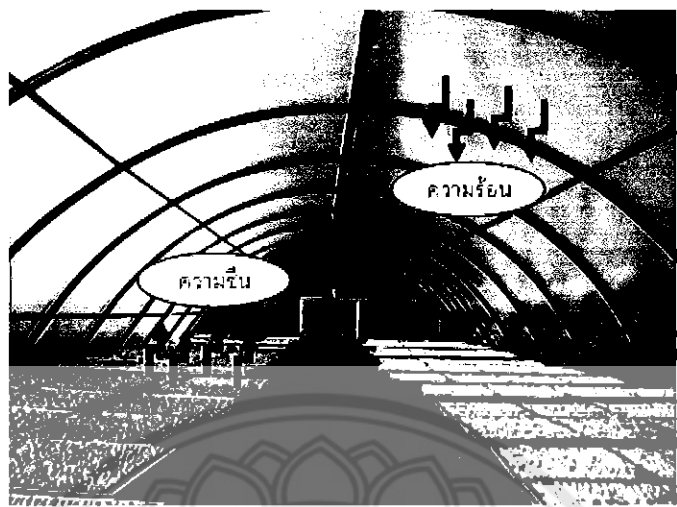
P_{atm} = ความดันบรรยากาศ $101325\ Pa$

2.4.6 กระบวนการทำความร้อนและเพิ่มความชื้นของอากาศ (Heating and Humidification process) เมื่อพิจารณาโรงอบกล้วยตากพลังงานแสงอาทิตย์แบบกรีนเฮาส์มีอากาศไหลเข้าโรงอบผ่านทางพัดลมสองตัวเป็นตัวดูดอากาศเข้าให้แทนด้วยหมายเลข 1 และอากาศไหลออกจากโรงอบทางประตูทางออกให้แทนด้วยหมายเลข 2 ซึ่งระหว่างกระบวนการหมายเลข 1 ไปหมายเลข 2 เป็นช่วงที่มีการทำความร้อนจากพลังงานแสงอาทิตย์และการเพิ่มความชื้นจากการคายน้ำของกล้วย กระบวนการที่เกิดขึ้นแสดงดังรูปที่ 2.13 และ 2.14 ตามลำดับ



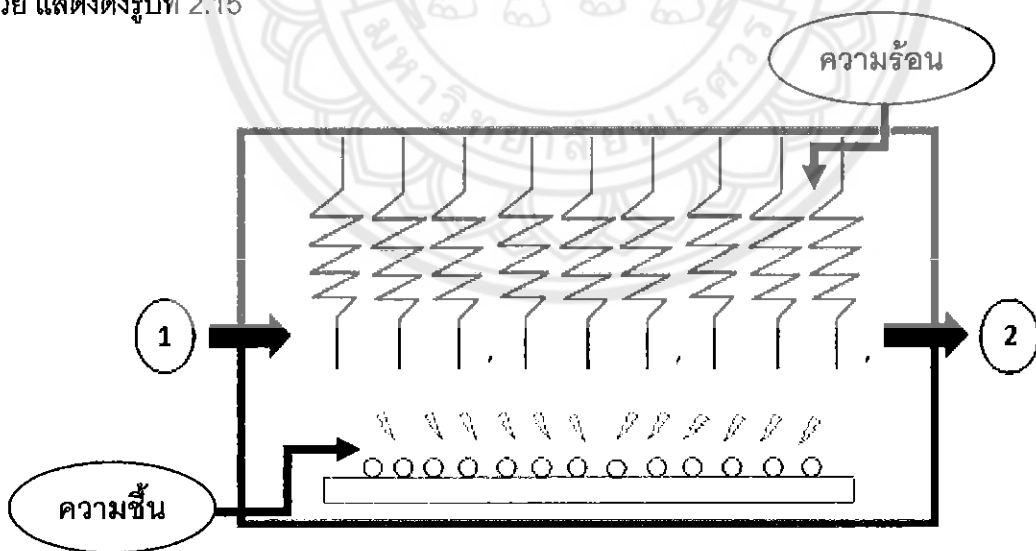
รูปที่ 2.13 แสดงตำแหน่งของทางเข้าและทางออกของอากาศที่ไหลผ่านโรงอบกล้วยตาก

โดยที่ พื้นที่ทางเข้าของอากาศเฉลี่ย $\frac{(\pi \times 0.95^2)}{4} \times 2 = 1.42 \text{ m}^2$
 พื้นที่ทางออกของอากาศเฉลี่ย $0.80 \times 1.40 = 1.12 \text{ m}^2$



รูปที่ 2.14 แสดงกระบวนการทำความร้อนและความชื้นภายในโรงอบกล้วยตาก

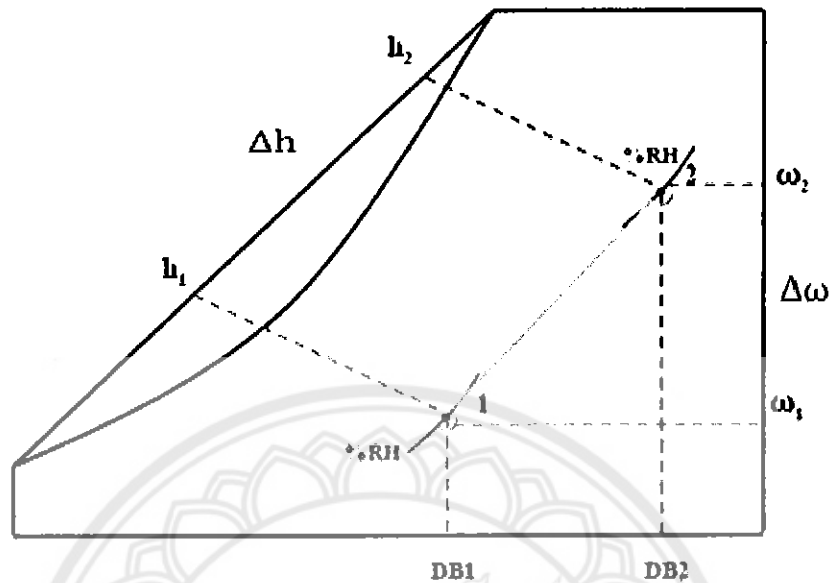
จากรูปที่ 2.13 และรูปที่ 2.14 สามารถเขียนเป็นแผนภาพเปรียบเทียบลักษณะของกระบวนการทำความร้อนและเพิ่มความชื้นของอากาศที่เกิดขึ้นโดยเปรียบรอบสี่เหลี่ยมเหมือนโรงอบและภายในมีฮีตเตอร์ทำความร้อนเหมือนกับความร้อนจากแสงอาทิตย์ และมีการพ่นไอน้ำร้อนเหมือนกับการคายน้ำของกล้วย แสดงดังรูปที่ 2.15



รูปที่ 2.15 แสดงแผนภาพระบบกระบวนการทำความร้อนและเพิ่มความชื้นของอากาศ

จากรูปที่ 2.15 เปรียบเสมือนความร้อนที่เกิดจากพลังงานแสงอาทิตย์และความชื้นที่ได้จากการคายความชื้นของกล้วย ซึ่งสามารถนำข้อมูลมาเขียนลงบนแผนภูมิไซโครเมตริกทำให้ทราบถึงเส้นกระบวนการทำความร้อนเพิ่มความชื้นของอากาศภายในโรงอบกล้วยตากพลังงานแสงอาทิตย์แบบกรีน

เหล่านี้ให้เข้าใจได้ง่ายขึ้น และทราบถึงผลต่างของอุณหภูมิกระเปาะแห้ง อัตราส่วนความชื้น และเอนทาลปี แสดงดังรูปที่ 2.16



รูปที่ 2.16 แสดงกระบวนการทำความร้อนและเพิ่มความชื้นของอากาศบนแผนภูมิไซโครเมตริก จากรูปที่ 2.16 ทำให้ทราบถึงคุณสมบัติของอากาศต่างๆ และสามารถคำนวณหาค่าของอัตราการไหลเชิงมวลของอากาศได้ ดังสมการที่ 2.8

$$m_{\text{air}} = \frac{V_{\text{air}}}{v} \quad (2.8)$$

เมื่อ m_{air} = อัตราการไหลเชิงมวลของอากาศ หน่วย kg/s

V_{air} = อัตราการไหลเชิงปริมาตร หน่วย m^3/s

v = ปริมาตรจำเพาะ หน่วย m^3/kg

และสามารถคำนวณอัตราการไหลเชิงมวลของไอน้ำได้จากสมการที่ 2.9

$$m_v = m_{\text{air}} (\Delta\omega) \quad (2.9)$$

เมื่อ m_v = อัตราการไหลเชิงมวลของไอน้ำ หน่วย kg_v/s

m_{air} = อัตราการไหลเชิงมวลของอากาศ หน่วย kg/s

$\Delta\omega$ = ผลต่างอัตราส่วนความชื้นของอากาศ หน่วย $\text{kg}/\text{kg}_{\text{dry air}}$

และสามารถคำนวณหาอัตราการป้อนความร้อนของอากาศได้ โดยอัตราการป้อนความร้อนคือการเปลี่ยนแปลงความร้อนสัมผัสของอากาศรวมกับความร้อนที่เกิดขึ้นจากความชื้นของกล้วยตาก ซึ่งหาได้จาก สมการที่ 2.10

$$Q = m_{\text{air}} (\Delta h_{\text{air}}) \quad (2.10)$$

เมื่อ Q = ค่าพลังงานความร้อน หน่วย kw
 m_{air} = อัตราการไหลเชิงมวลของอากาศ หน่วย kg/s
 Δh_{air} = ผลต่างของเอนทาลปีของอากาศ หน่วย kJ/kg

จากกระบวนการถ่ายเทความร้อนโดยการพาความร้อนและการแผ่รังสีความร้อนภายในโรงอบ ดังนั้นอัตราการถ่ายเทความร้อนทั้งหมดออกจากพื้นที่ผิวของโรงอบหาได้จากสมการ 2.11

$$Q = hA(T_s - T_{\infty}) + \varepsilon A \sigma (T_s^4 - T_{\text{sur}}^4) \quad (2.11)$$

เมื่อ Q = อัตราการถ่ายเทความร้อน (W)
 h = สัมประสิทธิ์การพาความร้อนที่ผิว ($\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$)
 T_s = อุณหภูมิที่ผิว ($^{\circ}\text{C}$)
 T_{∞} = อุณหภูมิเริ่มต้นคงที่ ($^{\circ}\text{C}$)
 T_{sur} = อุณหภูมิที่สิ่งแวดล้อม ($^{\circ}\text{C}$)
 ε = สภาพเปล่งรังสีของพื้นผิว
 σ = ค่าคงที่ของสเตฟาน-โบลต์ซมันน์ มีค่าเท่ากับ $5.67 \times 10^{-8} \text{ W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}^4$
 A = พื้นที่ผิว (m^2)

ดังนั้นจากสมการ 2.10 และ 2.11 สามารถหาอัตราการถ่ายเทความร้อนหรือพลังงานความร้อนของอากาศได้จากอัตราการไหลเชิงมวลของอากาศและค่าผลต่างพลังงานเอนทาลปีดังสมการ 2.12

$$Q = m_{\text{air}} (\Delta h_{\text{air}}) = hA(T_s - T_{\infty}) + \varepsilon A \sigma (T_s^4 - T_{\text{sur}}^4) \quad (2.12)$$

และสามารถคิดเป็นค่าพลังงานความร้อนต่อพื้นที่หรือฟลักซ์ความร้อนได้เท่ากับ

$$q'' = \frac{m_{\text{air}} (\Delta h_{\text{air}})}{A} \quad (2.13)$$

เมื่อ q'' = ค่าพลังงานความร้อนต่อพื้นที่หรือฟลักซ์ความร้อน หน่วย W/m^2

โดยที่ค่าพลังงานแสงอาทิตย์ต่อพื้นที่เฉลี่ย จากแผนที่ศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์ของประเทศ ไทย(พ.ศ. 2542) โดยกรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงานและคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร จังหวัด

พิษณุโลกมีค่าพลังงานแสงอาทิตย์ต่อพื้นที่เฉลี่ย 5.13 kwh/m²-day หรือ 213.75 W/m² จากเว็บไซต์ <http://sanluck.igetweb.com/index.php?mo=3&art=197361>

สำหรับโรงอบกล้วยตากพลังงานแสงอาทิตย์แบบกรีนเฮาส์เมื่อพิจารณาทางด้านอากาศจะเป็นกระบวนการทำความร้อนและเพิ่มความชื้นให้กับอากาศ แต่เมื่อพิจารณาถึงคุณสมบัติในการอบแห้งผลิตภัณฑ์แล้วโรงอบกล้วยตากพลังงานแสงอาทิตย์แบบกรีนเฮาส์จะเปรียบได้ดังตู้อบจะเป็นการทำความร้อนและลดความชื้นในกล้วยตาก ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.5 การวัดความชื้นมาตรฐานของกล้วยตาก

สำหรับผลิตภัณฑ์กล้วยน้ำหว่าจะเป็นกระบวนการทำความร้อนและลดความชื้น โดยกล้วยได้รับความร้อนจากพลังงานแสงอาทิตย์ในกรีนเฮาส์ทำให้ความชื้นภายในกล้วยลดลง ในการวัดความชื้นของกล้วยตากนั้นส่วนใหญ่คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ แบ่งการวัดเป็น 2 แบบคือ ความชื้นมาตรฐานเปียก(Wet basis) และความชื้นมาตรฐานแห้ง (Dry basis) โดยมีรายละเอียดดังนี้

2.5.1 ความชื้นมาตรฐานเปียก (Wet basis) คือ อัตราส่วนระหว่างน้ำหนักของน้ำที่หายไปของวัตถุขึ้นต่อน้ำหนักของวัตถุขึ้นซึ่งคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ได้ ดังสมการที่ 2.14

$$M_w = \left(\frac{W_w}{W_w + W_d} \right) (100) \quad (2.14)$$

โดยที่ M_w = เปอร์เซ็นต์ความชื้นมาตรฐานเปียก

W_w = น้ำหนักของน้ำที่หายไป (kg)

W_d = น้ำหนักของวัตถุแห้ง (kg)

2.5.2 ความชื้นมาตรฐานแห้ง (Dry basis) คือ อัตราส่วนระหว่างน้ำหนักของน้ำที่หายไปของวัตถุขึ้นต่อน้ำหนักวัตถุแห้งซึ่งคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ได้ ดังสมการ 2.15

$$M_d = \left(\frac{W_w}{W_d} \right) (100) \quad (2.15)$$

โดยที่ M_d = เปอร์เซ็นต์ความชื้นมาตรฐานแห้ง

บทที่ 3

การดำเนินงานวิจัย

3.1 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้

1. เครื่องวัดอุณหภูมิและความชื้นในอากาศ (Digital Temperature Humidity Meter Thermometer) AP-104
2. เครื่องวัดความเร็วลมแบบใช้ลวดนำความร้อน (Hot wire anemometer) ยี่ห้อ Digicon รุ่น D4-44
3. ตลับเมตร
4. เครื่องชั่ง
5. อุปกรณ์คอมพิวเตอร์

3.2 การสำรวจ

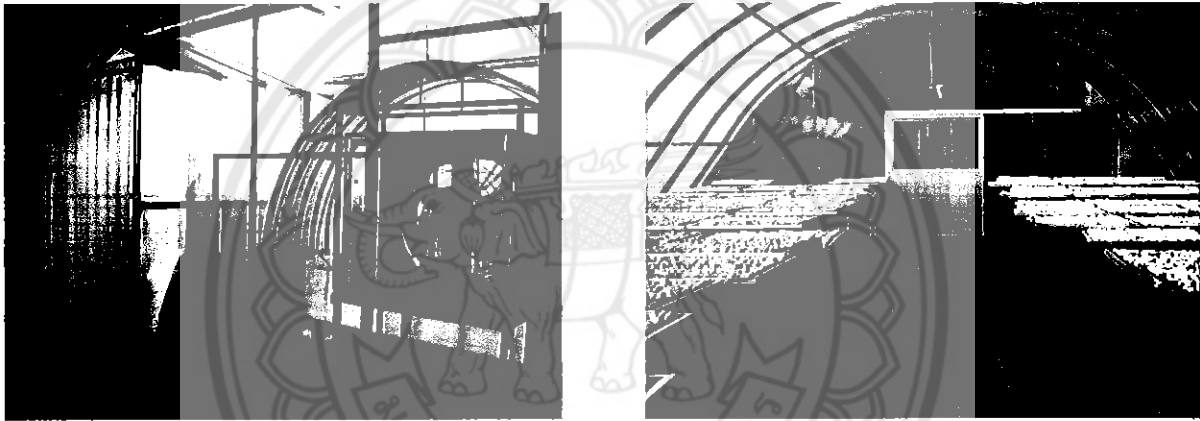
ในการศึกษากระบวนการผลิตกล้วยตากและสมรรถนะโรงอบกล้วยตากพลังงานแสงอาทิตย์แบบกรีนเฮาส์ จากการสำรวจรายละเอียดต่างๆจากบริษัท ศิริวานิช (เอส แอนด์ ดับเบิลยู) จำกัด โดยมีคุณศิริ ผู้จัดการบริษัท เป็นผู้พาเยี่ยมชมบริษัทและให้ความรู้ โดยโรงอบกล้วยตากพลังงานแสงอาทิตย์แบบกรีนเฮาส์ภายใต้การออกแบบของบริษัท ศิริวานิช มีลักษณะ แสดงดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 โรงอบกล้วยตากพลังงานแสงอาทิตย์แบบกรีนเฮาส์

ส่วนของหลังคาและผนังของโรงอบกล้วยตากพลังงานแสงอาทิตย์แบบกรีนเฮาส์ทำด้วยแผ่นโพลีคาร์บอเนตแบบลูกฟูก (Twin wall polycarbonate) สีใส(Clear) ซึ่งมีความทนทานแข็งแรง มีความโปร่งแสง สามารถตัดโค้งได้ตามรูปร่างที่ต้องการ แผ่นโพลีคาร์บอเนตแบบลูกฟูกที่นำมาใช้ทำหลังคาโรงอบกล้วยตากพลังงานแสงอาทิตย์แบบกรีนเฮาส์ มีค่าอัตราการผ่านของแสง 65% มีสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนอยู่ที่ $60.31 \text{ W / m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ และมีค่าเปอร์เซ็นต์การส่องสว่างของแสงเท่ากับ 90%

ประตูทางเข้าของโรงอบกล้วยตาก มีขนาด $2 \text{ m} \times 1.55 \text{ m}$ แสดงดังรูปที่ 3.2 และประตูทางออกของโรงอบกล้วยตาก มีขนาด $2 \text{ m} \times 1.55 \text{ m}$ เชื่อมต่อกับทางเดินเข้าโรงเก็บพริกกล้วย แสดงดังรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.2 ประตูทางเข้าของโรงอบกล้วยตาก

รูปที่ 3.3 ประตูทางออกของโรงอบกล้วยตาก

โรงเก็บพริกกล้วยจะเชื่อมต่อกับโรงอบกล้วยตากพลังงานแสงอาทิตย์แบบกรีนเฮาส์เพื่อใช้สำหรับเก็บพริกกล้วย ประตูทางออกของโรงเก็บพริกกล้วยมีขนาด $2 \text{ m} \times 2.03 \text{ m}$ แสดงดังรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 โรงเก็บพริกกล้วย

นอกจากรายละเอียดเกี่ยวกับโรงอบกล้วยตากพลังงานแสงอาทิตย์แบบกรีนเฮาส์ แล้วสิ่งสำคัญที่ต้องคำนึงถึงอีกประการหนึ่งคือกฎระเบียบในการปฏิบัติงานที่เราต้องปฏิบัติตามอย่างเคร่งครัด เนื่องจากบริษัทเป็นอุตสาหกรรมอาหารต้องเน้นความสะอาด ปลอดภัยเป็นหลัก โดยมีรายละเอียดในการปฏิบัติดังนี้

3.2.1 การเตรียมตัว การแต่งการให้สะอาด สวมหมวก สวมหน้ากาก สวมรองเท้าที่สะอาด สวมถุงมือหากมีการจับหรือสัมผัสผลิตภัณฑ์ แสดงดังรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5 ลักษณะการแต่งกาย

3.2.2 การเข้าภายในโรงอบกล้วยตากพลังงานแสงอาทิตย์แบบกรีนเฮาส์ ต้องล้างมือให้สะอาด และล้างทุกๆ 2 ชั่วโมง แสดงดังรูปที่ 3.6 ก่อนผ่านประตูต้องล้างรองเท้าด้วยน้ำที่สะอาด แสดงดังรูปที่ 3.7



รูปที่ 3.6 การล้างมือ



รูปที่ 3.7 ล้างรองเท้าด้วยน้ำที่สะอาด

3.3 การตรวจวัด

ในการตรวจวัดเพื่อทำการเก็บข้อมูลโดยทำการตรวจวัดอยู่ 4 แบบประกอบไปด้วย การวัดขนาดพื้นที่ของโรงอบกล้วยตากพลังงานแสงอาทิตย์แบบกรีนเฮาส์ และโรงเก็บพักกล้วย การวัดความเร็วของอากาศ การวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ และการชั่งน้ำหนักกล้วย ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.3.1 วัดขนาดพื้นที่ของโรงอบกล้วยตากพลังงานแสงอาทิตย์แบบกรีนเฮาส์และโรงเก็บพักกล้วย

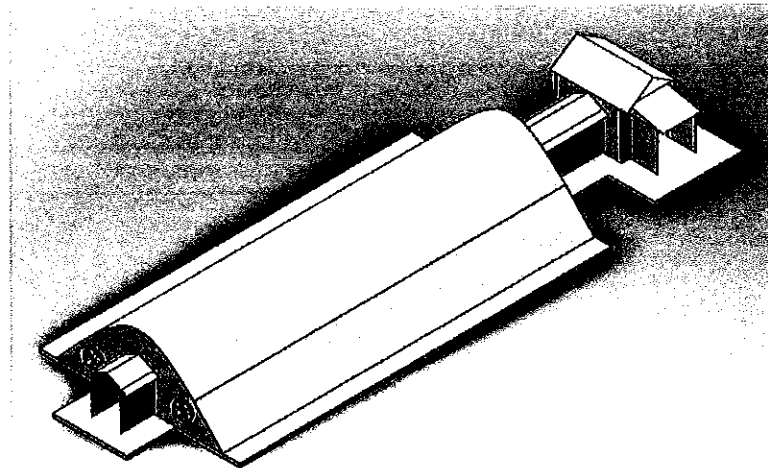
ทำการวัดขนาดพื้นที่ของโรงอบกล้วยตากพลังงานแสงอาทิตย์แบบกรีนเฮาส์ และขนาดของโรงเก็บพักกล้วย เพื่อต้องการนำข้อมูลมาใช้ในการเขียนแบบและนำพื้นที่ที่วัดได้ไปใช้ในการคำนวณหาสมรรถนะของโรงอบกล้วยตาก ในการวัดขนาดจะใช้ตลับเมตรในการวัด แสดงดังรูปที่ 3.8 และทำการเขียนแบบของโรงอบกล้วยตากพลังงานแสงอาทิตย์แบบกรีนเฮาส์และห้องพักกล้วย แสดงดังรูปที่ 3.9 จากการตรวจวัดพื้นที่ของโรงอบกล้วยตากและโรงเก็บพักกล้วย แล้วนำมาเขียนแบบแสดงให้เห็นถึงรูปแบบของโรงอบกล้วยตากพลังงานแสงอาทิตย์แบบกรีนเฮาส์และโรงเก็บพักกล้วย แสดงดังรูปที่ 3.10 และแบบของโรงอบกล้วยตากพลังงานแสงอาทิตย์แบบกรีนเฮาส์ แสดงดังรูปที่ 3.11 และรูปที่ 3.12 ตามลำดับ และแบบของโรงเก็บพักกล้วย แสดงดังรูปที่ 3.13 และรูปที่ 3.14 ตามลำดับ



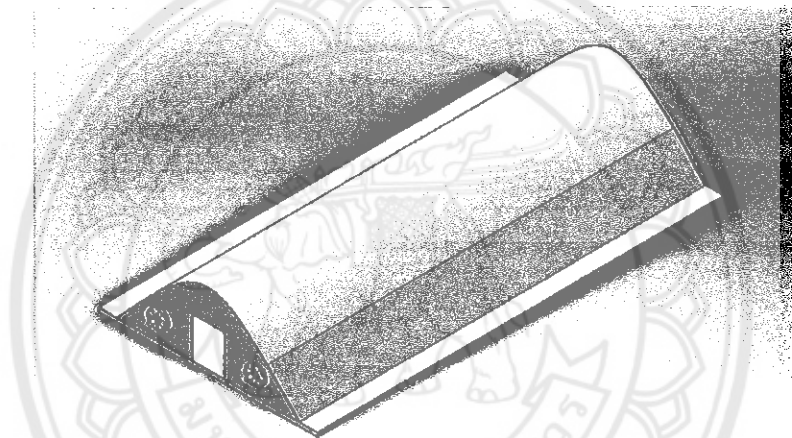
รูปที่ 3.8 การวัดขนาด



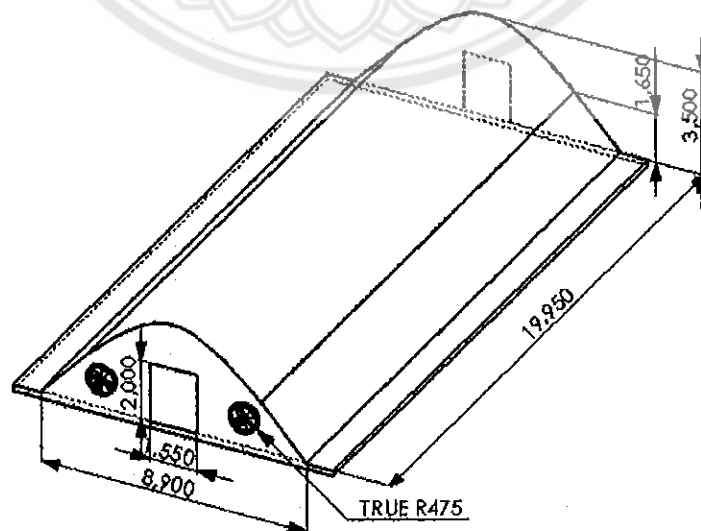
รูปที่ 3.9 การเขียนแบบโรงอบกล้วยตาก



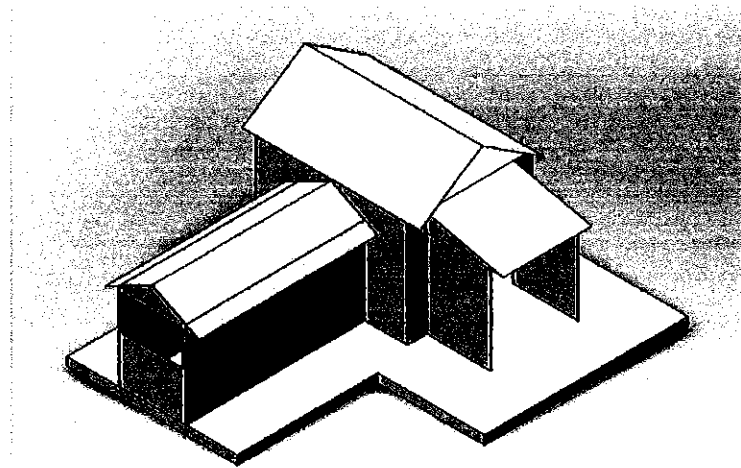
รูปที่ 3.10 แบบของโคมไฟถ้ำด้วยตากพลังงานแสงอาทิตย์แบบกรีนเฮาส์และโคมไฟเก็บพลังด้วย



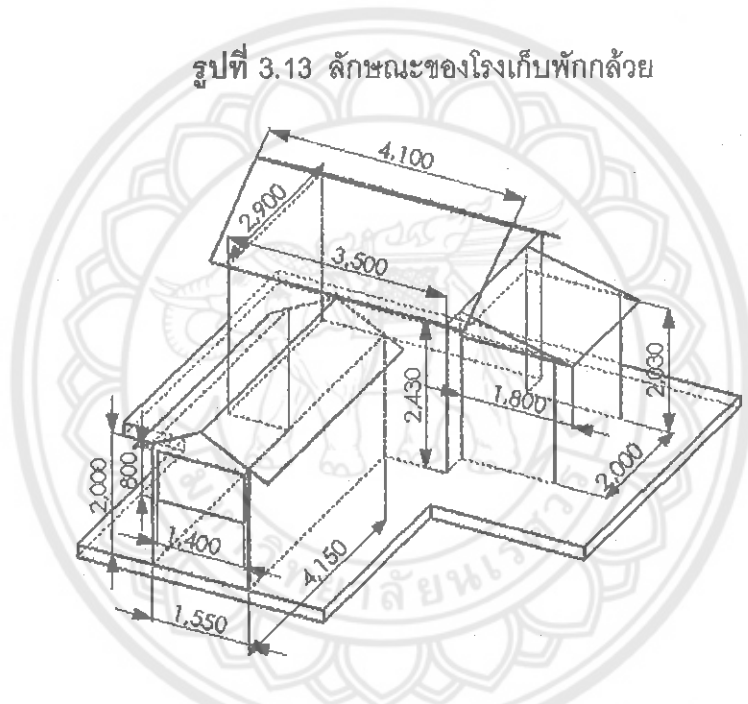
รูปที่ 3.11 ลักษณะของโคมไฟถ้ำด้วยตากพลังงานแสงอาทิตย์แบบกรีนเฮาส์



รูปที่ 3.12 ขนาดของโคมไฟถ้ำด้วยตากพลังงานแสงอาทิตย์แบบกรีนเฮาส์ (หน่วย มิลลิเมตร)



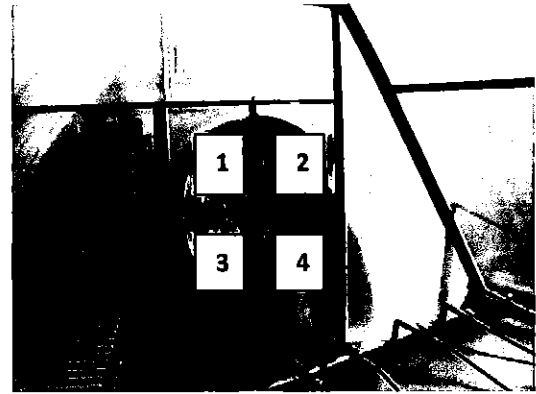
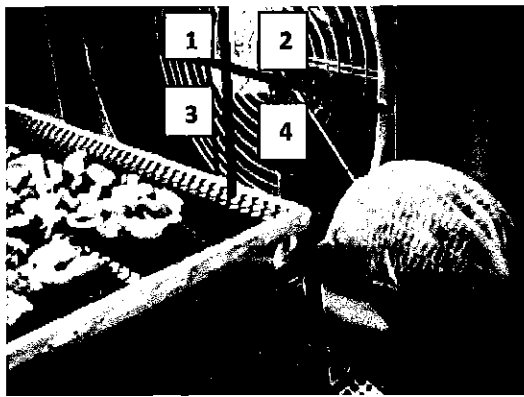
รูปที่ 3.13 ลักษณะของโรงเก็บพีกกล้วย



รูปที่ 3.14 ขนาดของโรงเก็บพีกกล้วย (หน่วย มิลลิเมตร)

3.3.2 การวัดความเร็วของอากาศ

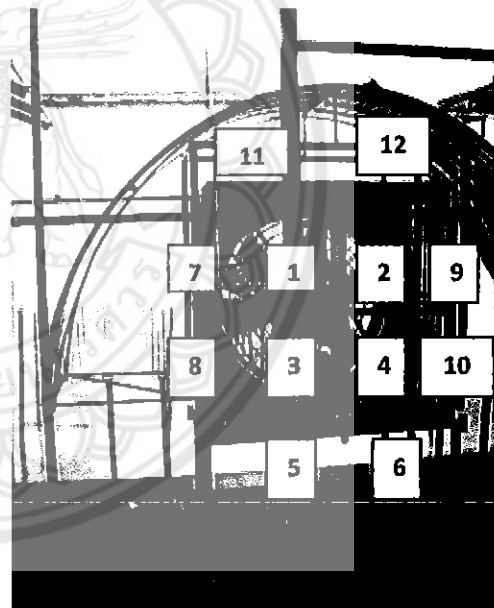
ทำการการตรวจวัดความเร็วอากาศทางด้านทางเข้าและทางออกของโรงอบกล้วยตากพลังงานแสงอาทิตย์แบบกรีนเฮาส์ โดยใช้เครื่องวัดความเร็วลมแบบใช้ลวดนำความร้อน (Hot wire anemometer) โดยจุดวัดคือ บริเวณทางเข้าหน้าพัดลมตัวที่ 1 และพัดลมตัวที่ 2 โดยแบ่งตำแหน่งพื้นที่ในการวัดเป็น 4 จุดแล้วนำค่าที่ได้หาค่าเฉลี่ย แสดงการตรวจวัดดังรูปที่ 3.15 และรูปที่ 3.16 โดยทำการตรวจวัดทุกๆ 30 นาทีและจดบันทึกค่าความเร็วที่ได้



รูปที่ 3.15 จุดตรวจวัดด้านหน้าพัคลมตัวที่ 1

รูปที่ 3.16 จุดตรวจวัดด้านหน้าพัคลมตัวที่ 2

ตรวจวัดบริเวณทางเข้าหลังพัคลมตัวที่ 1 และพัคลมตัวที่ 2 โดยแบ่งตำแหน่งพื้นที่ในการวัดเป็น 12 จุดคือ ด้านหน้า 4 จุด ด้านซ้าย 2 จุด ด้านขวา 2 จุด ด้านบน 2 จุด และด้านล่าง 2 จุด แล้วนำค่าที่ได้หาค่าเฉลี่ย แสดงการตรวจวัดดังรูปที่ 3.17 และรูป 3.18



รูปที่ 3.17 วัดความเร็วอากาศด้านหลังพัคลม

รูปที่ 3.18 ตำแหน่งการตรวจวัด 12 จุดด้านหลังพัคลม

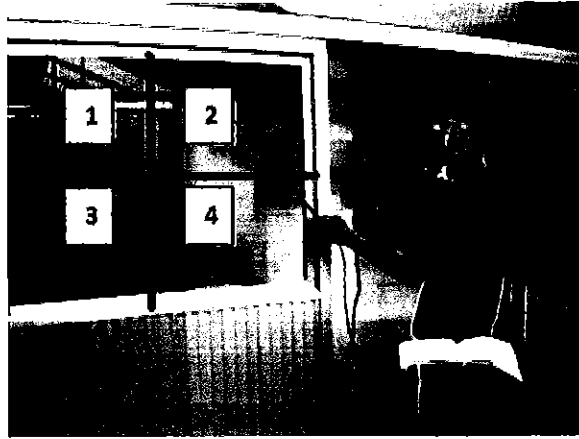
และตรวจวัดบริเวณพื้นที่ประตูทางออกโดยแบ่งตำแหน่งพื้นที่ในการวัดเป็น 4 จุด แล้วนำค่าที่ได้หาค่าเฉลี่ย แสดงการตรวจวัดดังรูปที่ 3.19

15306566

๒/๕

๒ 878 ๘

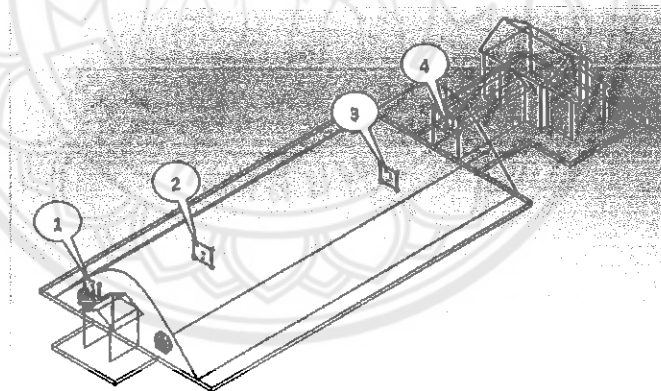
2550



รูปที่ 3.19 การตรวจวัดความเร็วอากาศประตูทางออก

3.3.3 การวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ

ทำการตรวจวัดอุณหภูมิและความชื้นของอากาศของโรงอบกล้วยตากพลังงานแสงอาทิตย์แบบกรีนเฮาส์ โดยใช้เครื่องวัดอุณหภูมิและความชื้นในอากาศ AP-104 โดยจุดตำแหน่งของการตรวจวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์มีทั้งหมด 4 จุดด้วยกัน คือ ด้านนอกโรงอบ 1 จุด ด้านในโรงอบ 2 จุด และด้านประตูทางออกโรงอบ 1 จุด แสดงดังรูปที่ 3.20 และรูปที่ 3.21 ตามลำดับ



รูปที่ 3.20 แสดงตำแหน่งของการตรวจวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์

หมายเลข 1 ตำแหน่งด้านนอกโรงอบอยู่สูงห่างจากบริเวณทางเข้าด้านหลังพัดลม 30 เซนติเมตร

หมายเลข 2 ตำแหน่งด้านในโรงอบอยู่ห่างจากหลังคา 60 เซนติเมตร

หมายเลข 3 ตำแหน่งด้านในโรงอบอยู่ห่างผิวของผลิตภัณฑ์ 60 เซนติเมตร

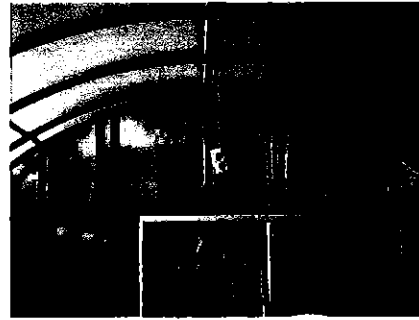
หมายเลข 4 ตำแหน่งด้านทางออกโรงอบบริเวณช่องทางเดินไปห้องพักกล้วย

หมายเหตุ : การคำนวณค่าอุณหภูมิและความชื้นภายในโรงอบจะใช้ค่าเฉลี่ยของหมายเลข 2

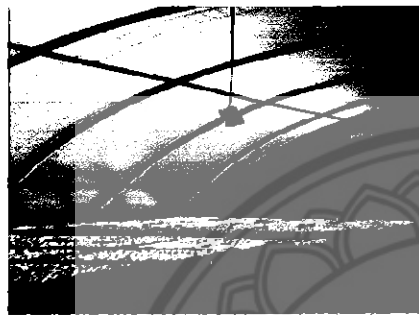
และหมายเลข 3



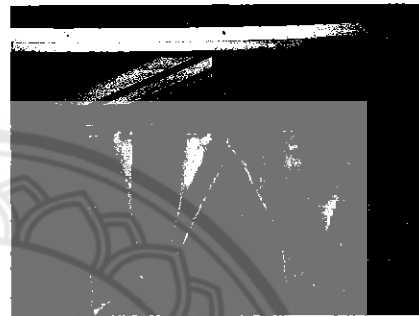
ก. ด้านนอกโรงอบหมายเลข 1



ข. ด้านในโรงอบหมายเลข 2



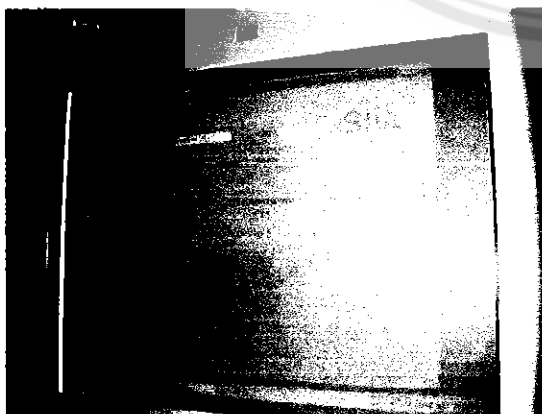
ค. ด้านในโรงอบหมายเลข 3



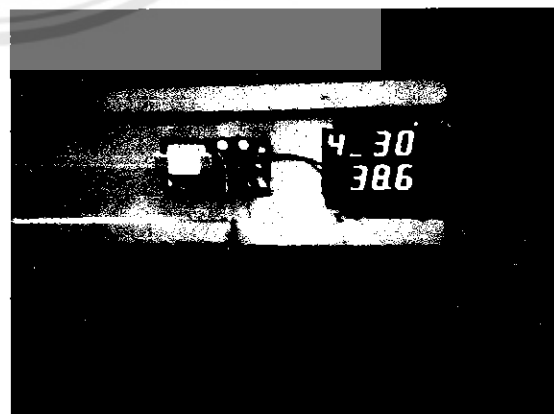
ง. ทางออกในโรงอบหมายเลข 4

รูปที่ 3.21 ตำแหน่งเครื่องวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ

ซึ่งต่อเครื่องวัดอุณหภูมิและความชื้นในอากาศเข้ากับอุปกรณ์คอมพิวเตอร์ติดตั้งโปรแกรม AP-104 แล้วทำการตั้งค่าการ setting แล้วกด compact เลือก com1 เสร็จแล้วทำการเลือก Baudrate กดเลือกที่ 2400 หลังจากนั้นกด channel 1 ถึง channel 4 คือจุดตรวจวัดทั้ง 4 จุด แล้วทำการตั้งค่าแต่ละ channel พิมพ์เวลาที่เริ่มทำการเก็บบันทึกค่า เก็บค่าทุก 30 นาที จากนั้นกด Enable และ start เพื่อเริ่มเก็บข้อมูล แสดงดังรูปที่ 3.22



ก. ตั้งค่าการตรวจวัดในคอมพิวเตอร์



ข. จอแสดงผลอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์

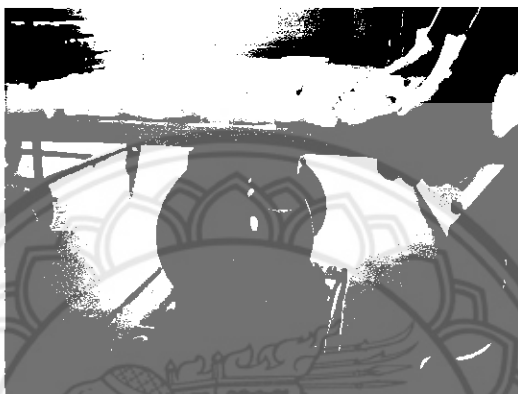
รูปที่ 3.22 แสดงค่าการตรวจวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ในระบบคอมพิวเตอร์

3.3.4 การชั่งน้ำหนักกล้วย

ทำการชั่งน้ำหนักของกล้วยและทำการจดบันทึกเพื่อจะนำข้อมูลน้ำหนักของกล้วยที่ได้ไปใช้ในการคำนวณหาความชื้นมาตรฐานเปียก (Wet basis) และความชื้นมาตรฐานแห้ง (Dry basis) โดยมีขั้นตอนในการชั่งคือ

ชั่งกล้วยแดดที่ 1- 4 ตอนเช้าก่อนตากลเวลา 8.00 น.และตอนเย็นเวลา16.00 น. ก่อนการพักกล้วย

ชั่งน้ำหนักก่อนเข้าตู้อบแก๊สLPG เวลา10.00 น.และหลังออกจากตู้อบแก๊สLPG เวลา16.00 น.



รูปที่ 3.23 การชั่งน้ำหนักกล้วย

บทที่ 4

ผลจากการศึกษา

ในการศึกษาและปฏิบัติงานจริงร่วมกับผู้ประกอบการพนักงานในบริษัท ศิริวานิช (เอส แอนด์ ดับเบิลยู) จำกัด ทำให้ทราบถึงกระบวนการทำกล้วยอบโดยโรงอบกล้วยตากพลังงานแสงอาทิตย์แบบกรีนเฮาส์ และสามารถนำมาวิเคราะห์ได้ดังแสดงต่อไปนี้

4.1 กระบวนการผลิตกล้วยตาก

ลำดับขั้นตอนการผลิตกล้วยตากตั้งแต่เริ่มแรกจนเสร็จสิ้นกระบวนการมีรายละเอียดและวิธีการทำเพื่อให้ได้กล้วยตากที่มีคุณภาพดังต่อไปนี้

4.1.1 รับซื้อกล้วยน้ำว้า สายพันธุ์มะลิออกจากเกษตรกรโดยรถบรรทุกที่เข้าโรงงานต้องผ่านกระบวนการทำความสะอาดล้อรถเรียบร้อยแล้ว แสดงดังรูปที่ 4.1

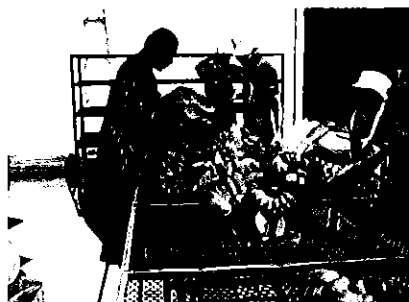


รูปที่ 4.1 แสดงการรับซื้อกล้วย

4.1.2 ขั้นตอนการตรวจรับกล้วย ทำการชั่งน้ำหนักกล้วยและจัดเรียงบนชั้นวาง แสดงดังรูปที่ 4.2



ก. การชั่งน้ำหนักกล้วย



ข. จัดเรียงกล้วย

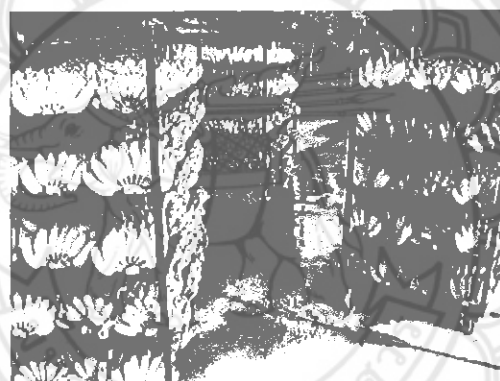
รูปที่ 4.2 แสดงการชั่งน้ำหนักกล้วยและจัดเรียงกล้วย

4.1.3 กระบวนการล้างทำความสะอาดกล้วย โดยล้างสองน้ำด้วยกันล้างน้ำที่หนึ่งด้วยน้ำดิบ และล้างน้ำที่สองด้วยน้ำที่ผ่านกระบวนการกรองและฆ่าเชื้อ แสดงดังรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.3 แสดงการล้างทำความสะอาดกล้วย

4.1.4 ทำการผึ่งกล้วยหลังจากการล้างเพื่อให้กล้วยสะเด็ดน้ำ แสดงดังรูปที่ 4.4



รูปที่ 4.4 แสดงการพักกล้วยให้สะเด็ดน้ำ

4.1.5 ปมกล้วยชั้นที่หนึ่ง ใช้ระยะเวลาในการปม 48 ชั่วโมง โดยการคุมด้วยผ้าใบให้มิดชิดไม่ให้อากาศไหลผ่านเข้าได้ แสดงดังรูปที่ 4.5



รูปที่ 4.5 แสดงการปมกล้วยชั้นที่หนึ่ง

4.1.6 ปมกล้วยชั้นที่สอง ใช้ระยะเวลาในการปม 48 ชั่วโมงโดยนำผ้าใบที่คลุมออกแสดงดังรูปที่ 4.6



รูปที่ 4.6 แสดงการปมกล้วยชั้นที่สอง

การสังเกตกล้วยก่อนทำการปลอก แสดงดังรูปที่ 4.7 กล้วยที่แก่และเหมาะสมลักษณะของผลจะกลมไม่มีเหลี่ยม แสดงดังรูป ก. กล้วยที่อ่อนหรือโดนการกระแทก เมื่อนำไปตากจะเกิดจุดสีขาวไม่สวยต้องนำไปตากแต่ง และกล้วยที่จะนำไปปลอกเปลือกได้จะทำการทดสอบโดยการบีบจากกล้วยกล้วยที่เหมาะสมพร้อมปลอกจากกล้วยจะนุ่มและหลุดง่าย แสดงดังรูป ข.

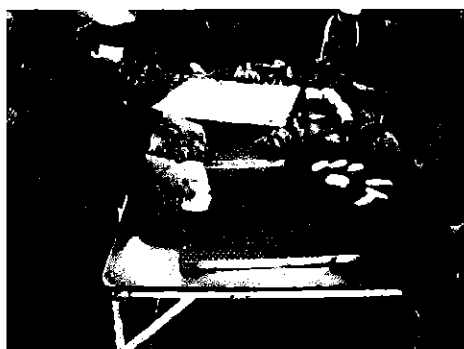


ก. ลักษณะของผลกล้วยแก่

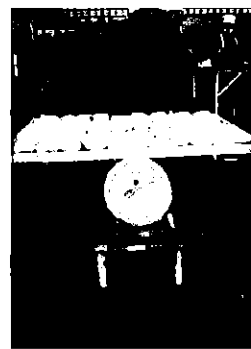
ข. การทดสอบโดยการบีบจากกล้วย

รูปที่ 4.7 แสดงการสังเกตและทดสอบกล้วยก่อนปลอกเปลือก

4.1.7 ขั้นตอนการปลอกเปลือกกล้วย และชั่งน้ำหนักเนื้อกล้วย แสดงดังรูปที่ 4.8



ก. การปลอกกล้วย



ข. การชั่งน้ำหนัก

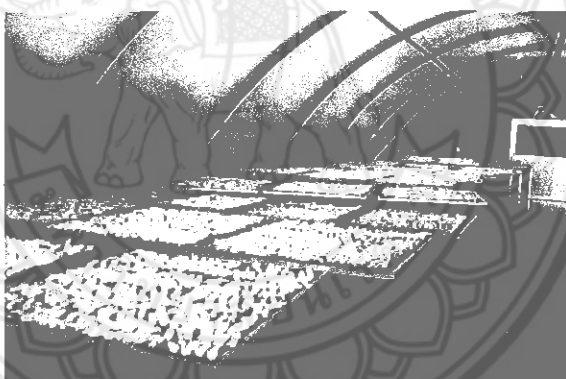
รูปที่ 4.8 แสดงการปลอกเปลือกกล้วยและชั่งน้ำหนักเนื้อกล้วย

4.1.8 การจัดเรียงกล้วยบนรถเข็นสำหรับการขนย้ายไปเข้าโรงอบกล้วยตากพลังงานแสงอาทิตย์แบบกรีนเฮาส์ แสดงดังรูปที่ 4.9



รูปที่ 4.9 แสดงการจัดเรียงและขนย้ายกล้วยเข้าสู่โรงอบกล้วย

4.1.9 นำกล้วยเข้าตากในโรงอบกล้วยตากพลังงานแสงอาทิตย์แบบกรีนเฮาส์แดดที่ 1 แสดงดังรูปที่ 4.10



รูปที่ 4.10 แสดงการตากกล้วยแดดที่ 1

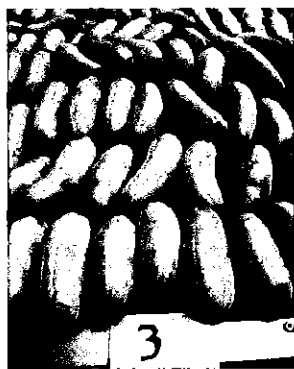
- ลักษณะและสีของกล้วยตัวอย่างก่อนตากแดดที่ 1 จำนวน 4 ถาด แสดงดังรูปที่ 4.11



ก. กล้วยถาดที่ 1



ข. กล้วยถาดที่ 2



ค. กัล้วยถาดที่ 3



ง. กัล้วยถาดที่ 4

รูปที่ 4.11 แสดงตัวอย่างลักษณะและสีของกัล้วยก่อนตากแดดที่ 1

- ลักษณะและสีของกัล้วยตัวอย่างหลังตากแดดที่ 1 จำนวน 4 ถาด แสดงดังรูปที่ 4.12



ก. กัล้วยถาดที่ 1



ข. กัล้วยถาดที่ 2



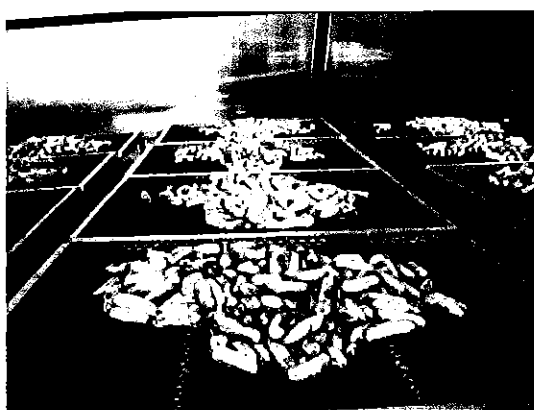
ค. กัล้วยถาดที่ 3



ง. กัล้วยถาดที่ 4

รูปที่ 4.12 แสดงตัวอย่างลักษณะและสีของกัล้วยหลังตากแดดที่ 1

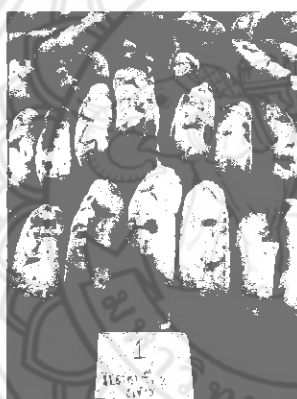
4.1.10 พักกัล้วยหลังจากผ่านการตากแดดที่ 1 โดยการนำกัล้วยมากองรวมกัน ณ บริเวณกลาง ถาดของแต่ละถาด เพื่อเป็นการรักษาอุณหภูมิที่ส่งผลต่อการถ่ายเทความร้อนของกันและกันระหว่างเนื้อ กัล้วยและเพื่อเป็นการลดปริมาณความชื้นของกัล้วยได้ดียิ่งขึ้น ลักษณะการพักกัล้วยแสดงดังรูปที่ 4.16



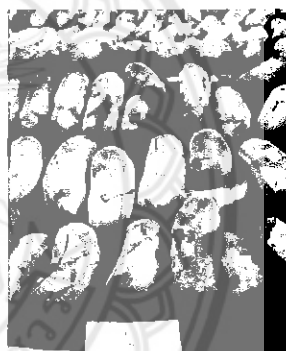
รูปที่ 4.13 แสดงการพักกล้วยภายในโรงอบกล้วย

4.1.11 ตากกล้วยในโรงอบกล้วยตากพลังงานแสงอาทิตย์แบบกรีนเฮาส์แดดที่ 2

- ลักษณะและสีของกล้วยตัวอย่างก่อนตากแดดที่ 2 จำนวน 4 ถาด แสดงดังรูปที่ 4.14



ก. กล้วยถาดที่ 1



ข. กล้วยถาดที่ 2



ค. กล้วยถาดที่ 3



ง. กล้วยถาดที่ 4

รูปที่ 4.14 แสดงตัวอย่างลักษณะและสีของกล้วยก่อนตากแดดที่ 2

- ลักษณะและสีของกล้วยตัวอย่างหลังตากแดดที่ 2 จำนวน 4 ถาด แสดงดังรูปที่ 4.15



ก. กล้วยถาดที่ 1



ข. กล้วยถาดที่ 2



ค. กล้วยถาดที่ 3



ง. กล้วยถาดที่ 4

รูปที่ 4.15 แสดงตัวอย่างลักษณะและสีของกล้วยหลังตากแดดที่ 2

4.1.12 ทำการเคล้าน้ำเกลือกับกล้วยหลังตากแดดที่ 2 โดยอัตราส่วนน้ำเปล่า 1 ลิตรต่อเกลือ 50 กรัม แสดงดังรูปที่ 4.16 เพื่อเร่งปฏิกิริยาของกล้วยจากแป้งกลายเป็นน้ำตาลได้ดียิ่งขึ้นและมีรสชาติหอมหวาน



รูปที่ 4.16 แสดงการเคล้าน้ำเกลือ

4.1.13 พักกล้วยหลังจากเคล้าน้ำเกลือ ลักษณะการพักกล้วยเหมือนกับการพักกล้วยแดดที่ 1

4.1.14 ตากกล้วยในโรงอบกล้วยตากพลังงานแสงอาทิตย์แบบกรีนเฮาส์แดดที่ 3

- ลักษณะและสีของกล้วยตัวอย่างก่อนตากแดดที่ 3 จำนวน 4 ถาด แสดงดังรูปที่ 4.17



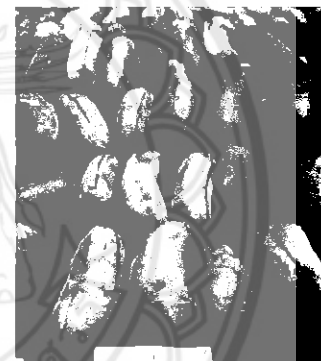
ก. กล้วยถาดที่ 1



ข. กล้วยถาดที่ 2



ค. กล้วยถาดที่ 3



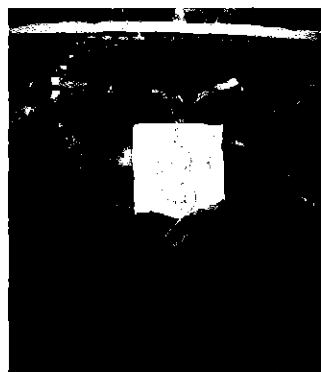
ง. กล้วยถาดที่ 4

รูปที่ 4.17 แสดงตัวอย่างลักษณะและสีของกล้วยก่อนตากแดดที่ 3

- ลักษณะและสีของกล้วยตัวอย่างหลังตากแดดที่ 3 จำนวน 4 ถาด ดังรูปที่ 4.18



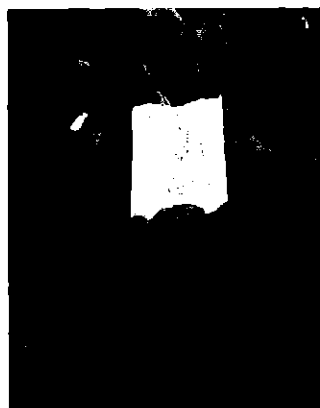
ก. กล้วยถาดที่ 1



ข. กล้วยถาดที่ 2



ค. ก๊วยถาดที่ 3



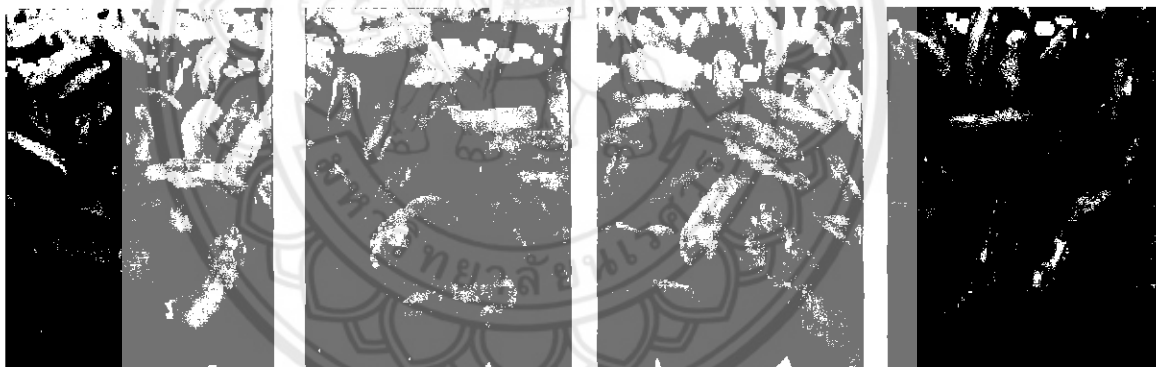
ง. ก๊วยถาดที่ 4

รูปที่ 4.18 แสดงตัวอย่างลักษณะและสีของก๊วยถาดหลังตากแดดที่ 3

4.1.15 พักก๊วยถาดหลังแดดที่ 3 ลักษณะการพักก๊วยถาดเหมือนกับการพักก๊วยถาดที่ 1 และ 2

4.1.16 ตากก๊วยถาดในโรงอบก๊วยถาดพลังงานแสงอาทิตย์แบบกรีนเฮาส์แดดที่ 4

- ลักษณะและสีของก๊วยถาดตัวอย่างก่อนตากแดดที่ 4 จำนวน 4 ถาด แสดงดังรูปที่ 4.19



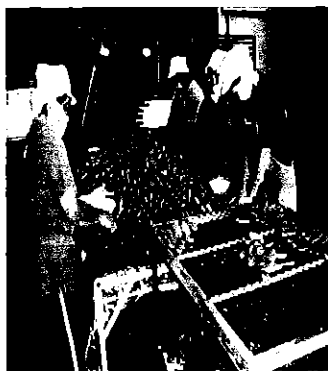
รูปที่ 4.19 แสดงตัวอย่างลักษณะและสีของก๊วยถาดหลังตากแดดที่ 4

*หมายเหตุ แดดที่ 4 ตากก๊วยถาดในโรงอบถึงเวลา 13.00 น. หลังจากนั้นจะนำก๊วยถาดมาทำการคัดแยก ทำก๊วยถาดแบนหรือก๊วยถาดกลม หลังจากคัดแยกเสร็จก็จะนำก๊วยถาดไปพักไว้ในโรงเก็บพักก๊วยถาดเพื่อรอการอบใน ตู้อบแก๊ส LPG ในวันถัดไป

4.1.17 การติดตั้งคัดแยกก๊วยถาดเพื่อทำเป็นก๊วยถาดกลมและก๊วยถาดแบนแสดงดังรูปที่ 4.20



ก. การคัดแยกกุ้ง



ข. การเบนกุ้ง



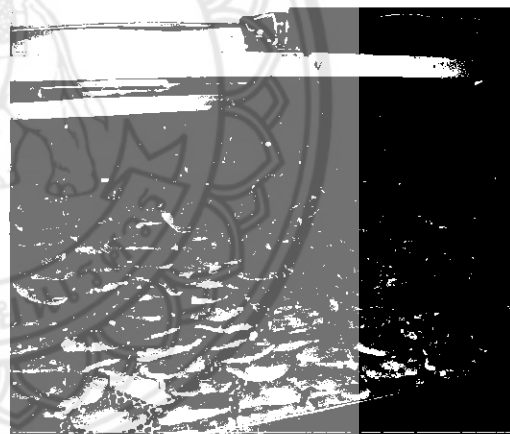
ค. ลักษณะของกุ้งหลังเบน

รูปที่ 4.20 แสดงการคัดแยกกุ้งเพื่อทำเป็นกุ้งกลมและกุ้งแบน

4.1.18 นำกุ้งมาอบในตู้อบแก๊ส LPG ที่อุณหภูมิ $50-60^{\circ}\text{C}$ ประมาณ 4-5 ชั่วโมงเพื่อให้ได้คุณภาพตามที่ต้องการแสดงดังรูปที่ 4.21 ก. หลังจากนั้นนำกุ้งออกจากตู้อบลักษณะและสีของกุ้งแสดงดังรูปที่ 4.21 ข.



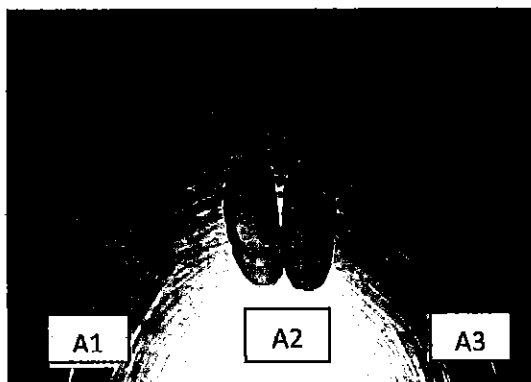
ก. การนำกุ้งเข้าอบในตู้อบแก๊ส LPG



ข. ลักษณะและสีของกุ้งหลังการอบ

รูปที่ 4.21 แสดงการนำกุ้งเข้าอบในตู้อบและลักษณะและสีของกุ้งหลังการอบ

4.1.19 หลังจากนำกุ้งออกจากตู้อบแก๊ส LPG ทำการคัดเกรดของกุ้ง โดยแบ่งเป็น 3 เกรด คือ A1, A2 และ A3 ลักษณะแสดงดังรูปที่ 4.22 ก. หลังจากนั้นทำการบรรจุถุง และชั่งน้ำหนักก่อนเก็บกุ้งรักษาไว้ในห้องเย็น ซึ่งห้องเย็นมีขนาด $4.8 \times 7.3 \times 3$ เมตร บรรจุได้สูงสุด 200 ตัน อุณหภูมิ 6°C แสดงดังรูปที่ 4.22 ข. รอเข้าสู่กระบวนการบรรจุและส่งออกต่อไป



ก. ลักษณะของกั้วยเกรด A1, A2 และA3



ข. การเก็บกั้วยรักษาไว้ในห้องเย็น

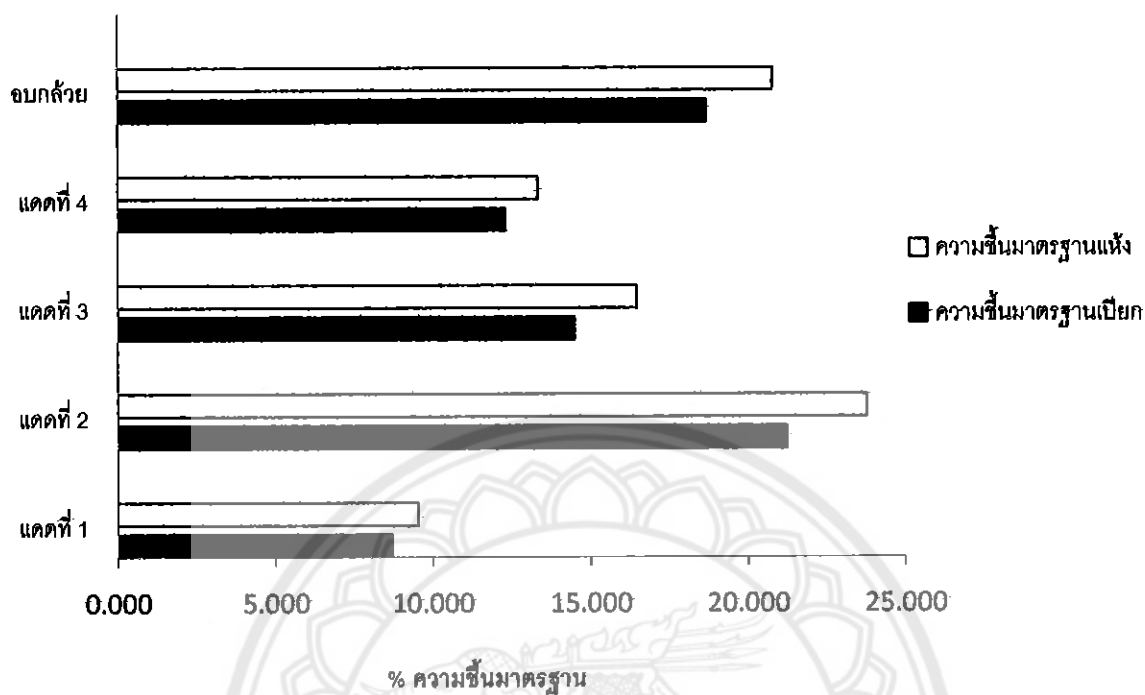
รูปที่ 4.22 แสดงลักษณะของกั้วยเกรด A1, A2 และA3 และการเก็บกั้วยรักษาไว้ในห้องเย็น

4.2 ผลการวัดความขึ้นมาตรฐานของกั้วย

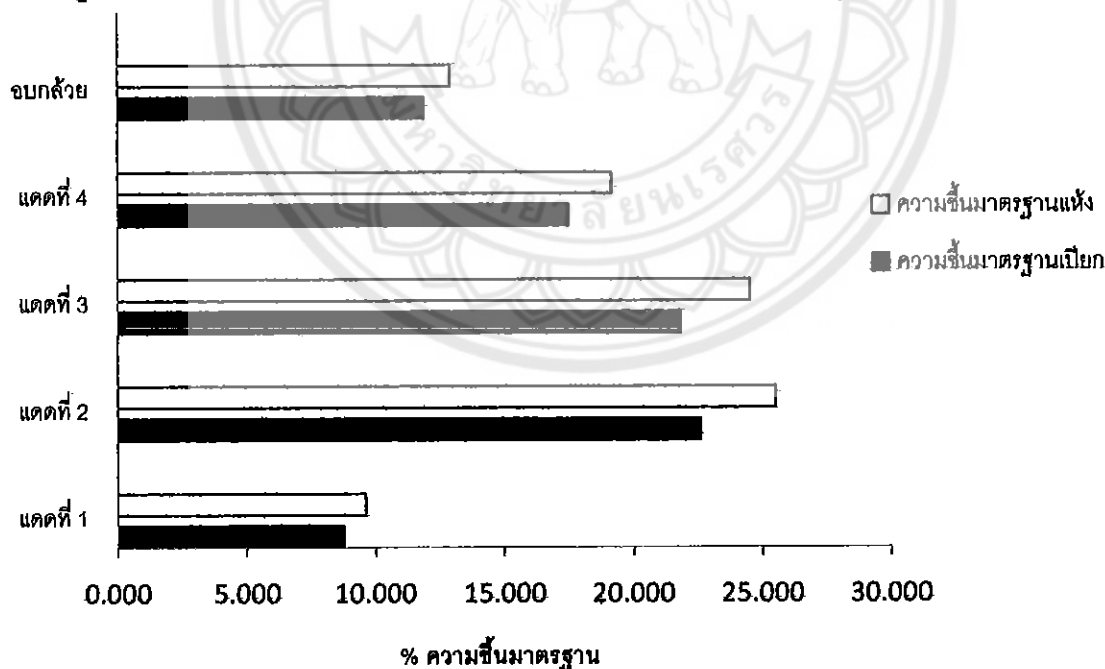
การศึกษาเก็บข้อมูลน้ำหนักของกั้วยและจากสมการ 2.14 และ 2.15 สามารถทำการคำนวณวิเคราะห์และเขียนกราฟแผนภูมิเปรียบเทียบระหว่างความขึ้นมาตรฐานเปียก (%) และความขึ้นมาตรฐานแห้ง (%) ได้ดังรูปที่ 4.23 และ 4.24 ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบระหว่างความขึ้นมาตรฐานแห้งกับความขึ้นมาตรฐานเปียก ปริมาณความขึ้นมาตรฐานแห้งมีค่ามากกว่า เนื่องจาก ความขึ้นมาตรฐานแห้งของกั้วย มีค่าเท่ากับ มวลของกั้วยที่หายไปต่อมวลของกั้วยที่เหลือ ส่วนความขึ้นมาตรฐานเปียกของกั้วย มีค่าเท่ากับ มวลของกั้วยที่หายไปต่อผลรวมของมวลของกั้วยที่หายไปกับมวลของกั้วยที่เหลือ

เนื่องจากกั้วยมีจำนวนมากทำการปลดปล่อยได้ไม่หมดภายใน 1 วันและระยะเวลาการสุกของกั้วยที่ไม่เท่ากัน จึงแบ่งช่วงการปลดปล่อยกั้วยเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มของวันที่ 9 และ 10 พฤศจิกายน พ.ศ. 2553 ซึ่งมีกั้วยผ่านการปลดปล่อยรวมทั้งหมดจำนวน 64 ถาดหรือประมาณ 1/2 ของโรงอบ เข้าตากในโรงอบกั้วยตากพลังงานแสงอาทิตย์แบบกรีนเฮาส์เป็นเวลา 4 แดดและหลังจากนั้นทำการอบกั้วย

ด้วยตู้อบแก๊ส LPG ณ อุณหภูมิ 50-60 °C เป็นระยะเวลา 4-5 ชั่วโมง และการซังน้ำหนักของกล้วยจะทำให้การซังทุกเช้าเวลา 8.00 น.และเย็นเวลา 16.00 น.



รูปที่ 4.23 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับความชื้นมาตรฐานของกล้วยกลุ่มที่ 1



รูปที่ 4.24 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับความชื้นมาตรฐานของกล้วยกลุ่มที่ 2

จากรูปที่ 4.23 และ 4.24 สามารถวิเคราะห์ได้ว่า

แดดที่ 1 มีอัตราการคายความชื้นของกล้วยต่ำกว่าแดดที่ 2, 3 และ 4 เนื่องจากระยะเวลาในการตากกล้วยมีน้อยคือช่วง 8.00-16.00 น.(8 ชั่วโมง) โดยที่แดดที่ 2, 3 และ 4 มีระยะเวลาในการตากและพักกล้วยช่วง 16.00-16.00 น.(24 ชั่วโมง) ซึ่งเมื่อระยะเวลาผ่านไปอัตราการคายความชื้นของกล้วยเริ่มลดน้อยลงโดยจะขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำของกล้วยที่สูญเสียไปต่อน้ำหนักของกล้วยที่เหลืออยู่เมื่อทำการตากกล้วยผ่านไปแต่ละแดดและจะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ ณ เวลานั้นๆด้วย

สำหรับการอบกล้วยด้วยตู้อบแก๊สLPG จากรูปกราฟจะเห็นได้ว่ากล้วยกลุ่มวันที่ 9 จะมีเปอร์เซ็นต์ความชื้นที่สูงกว่ากล้วยกลุ่มวันที่ 10 พฤศจิกายน พ.ศ. 2553 เนื่องจากการอบในตู้อบแก๊สLPG คนละตู้อบ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าตู้อบแก๊สLPG ที่ใช้อบกล้วยกลุ่มวันที่ 9 พฤศจิกายน พ.ศ. 2553 มีการลดความชื้นของกล้วยตากได้ดีกว่า

จาก	น้ำหนักของกล้วยทั้งหมดก่อนตากในโรงอบกล้วย	674.8 kg
	น้ำหนักของกล้วยที่เหลือหลังผ่านการตากทั้งหมด	253.5 kg
	น้ำหนักของกล้วยที่คัดออกทั้งหมด	89.2 kg

ดังนั้น น้ำหนักของกล้วยที่สูญเสียไปหลังผ่านการตาก $(674.8 - 253.5 - 89.2) = 332.3$ kg สามารถคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ความชื้นของกล้วยที่สูญเสียไปเฉลี่ย $(332.3/674.8) \times 100 = 49.24$ % และคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ความชื้นของกล้วยที่สูญเสียไปเฉลี่ยต่อภาคจำนวน 64 ภาค (1/2 ของโรงอบกล้วย) ได้ $(49.24/64) = 0.769$ %

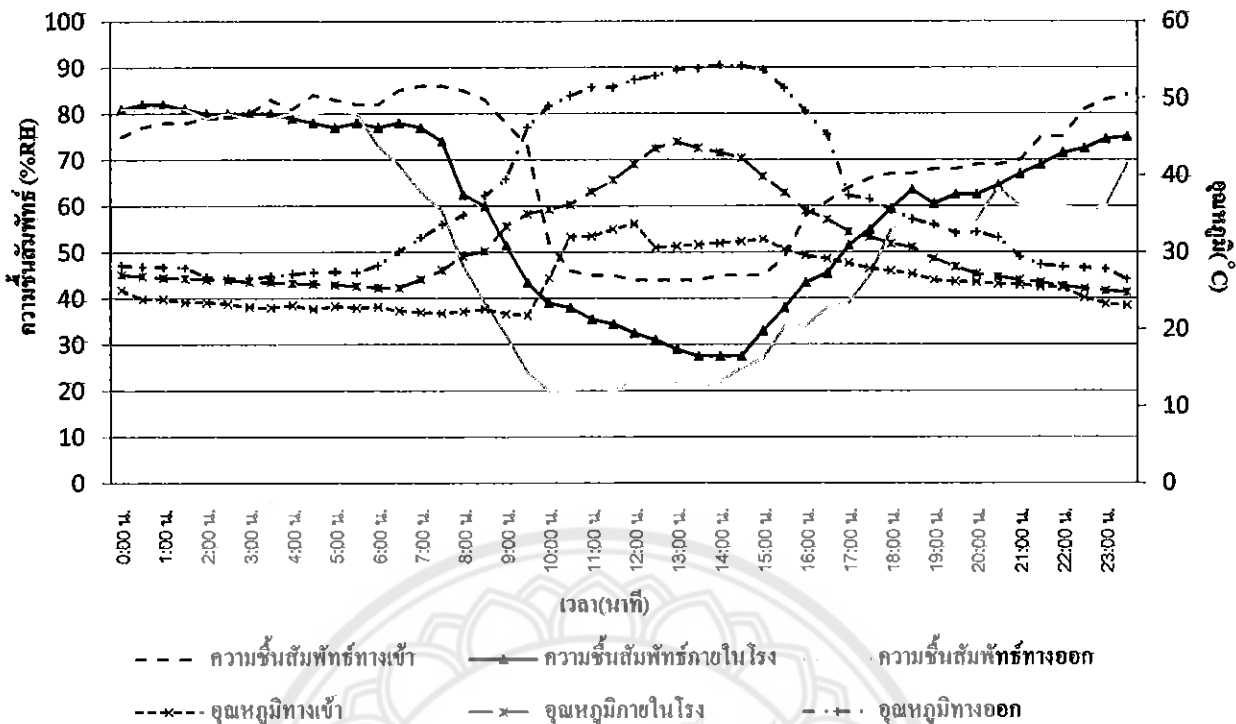
หมายเหตุ : แดดที่ 4 ได้มีการทำคัดคุณภาพของกล้วยและทำการแบนกล้วย ณ ช่วงเวลา 13.00-16.00 น.

4.3 ผลการวัดคุณสมบัติทางอากาศของโรงอบกล้วยตากพลังงานแสงอาทิตย์แบบกรีนเฮาส์

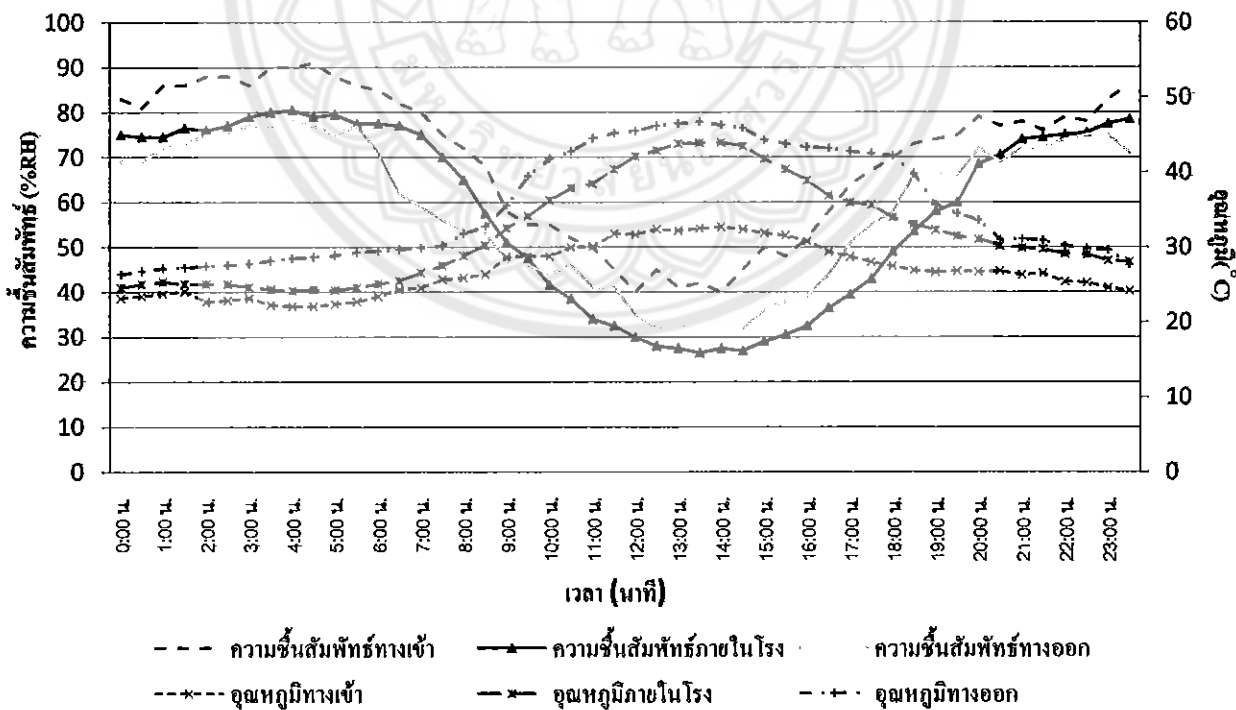
จากการตรวจวัดและเก็บข้อมูลของอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ความเร็วอากาศ และพื้นที่ของโรงอบกล้วยตาก สามารถนำมาคำนวณวิเคราะห์หาค่าคุณสมบัติทางอากาศได้ และสามารถเขียนกราฟคุณสมบัติทางอากาศ แสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพของกระบวนการอบแห้งของโรงอบกล้วยตากพลังงานแสงอาทิตย์แบบกรีนเฮาส์ได้ แสดงดังต่อไปนี้

4.3.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับความชื้นสัมพัทธ์และอุณหภูมิของอากาศ

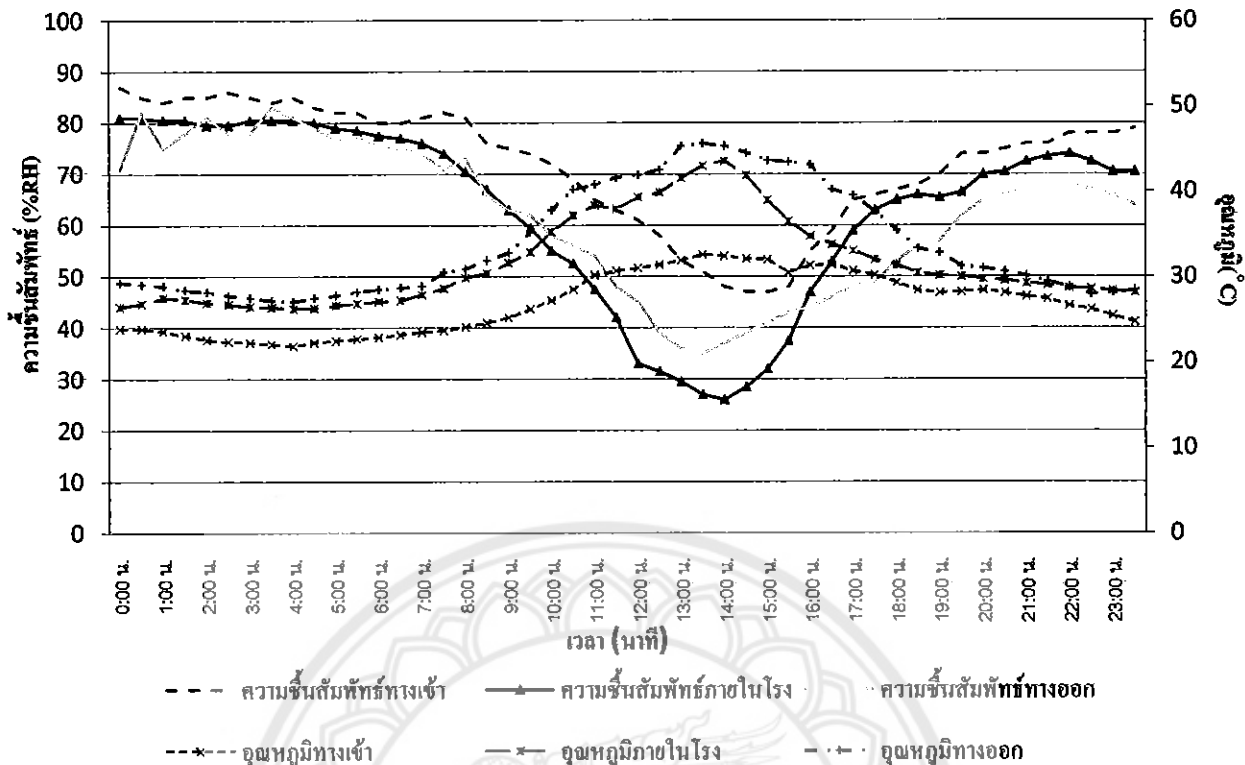
จากการเก็บข้อมูลของความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศและอุณหภูมิของอากาศ สามารถเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับความชื้นสัมพัทธ์และอุณหภูมิของอากาศดังรูปที่ 4.31 ถึง 4.35 และจากลักษณะของกราฟที่คล้ายคลึงกันจึงสามารถวิเคราะห์ได้เหมือนกัน โดยลักษณะของกราฟได้เปรียบเทียบบริเวณจุดวัด 3 จุด คือ บริเวณทางเข้าของโรงอบกล้วย บริเวณภายในของโรงอบกล้วย(2 จุดทำการหาค่าเฉลี่ย) และบริเวณทางออกของโรงอบกล้วย ได้ดังต่อไปนี้



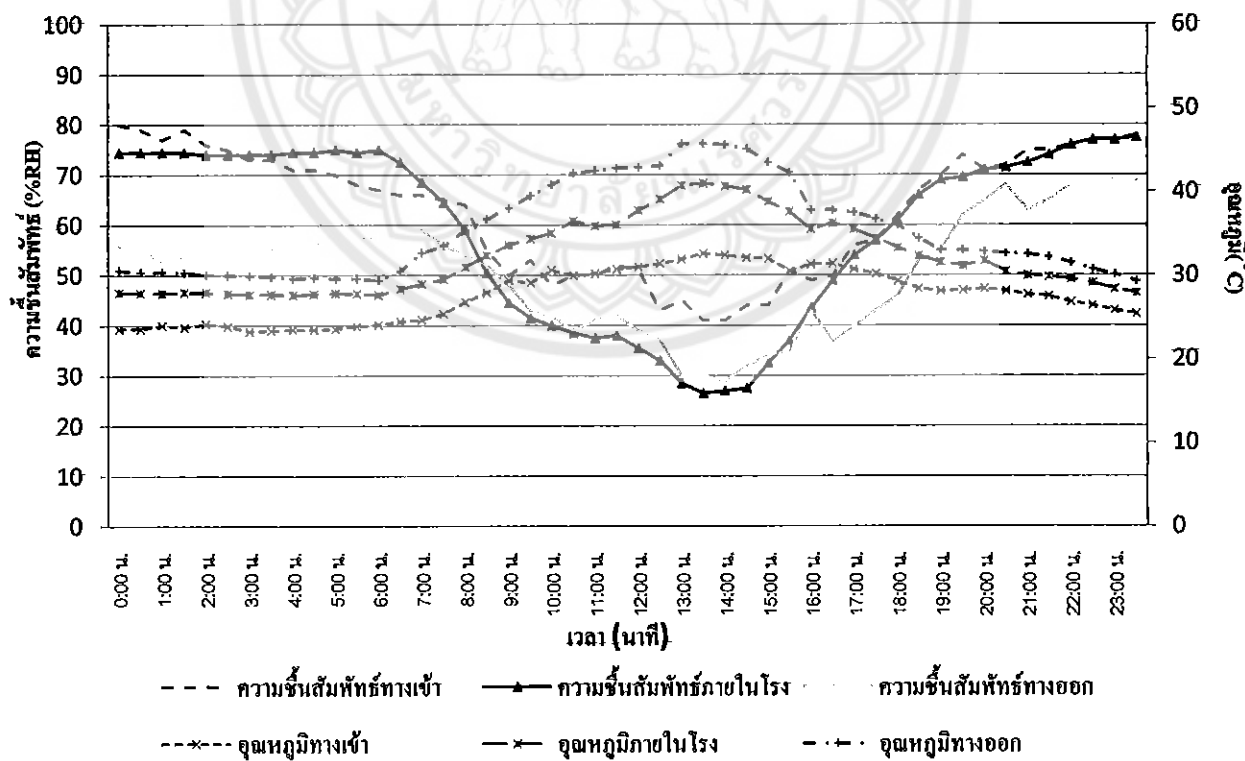
รูปที่ 4.25 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับความชื้นสัมพัทธ์และอุณหภูมิของอากาศ วันที่ 9 พฤศจิกายน พ.ศ.2553



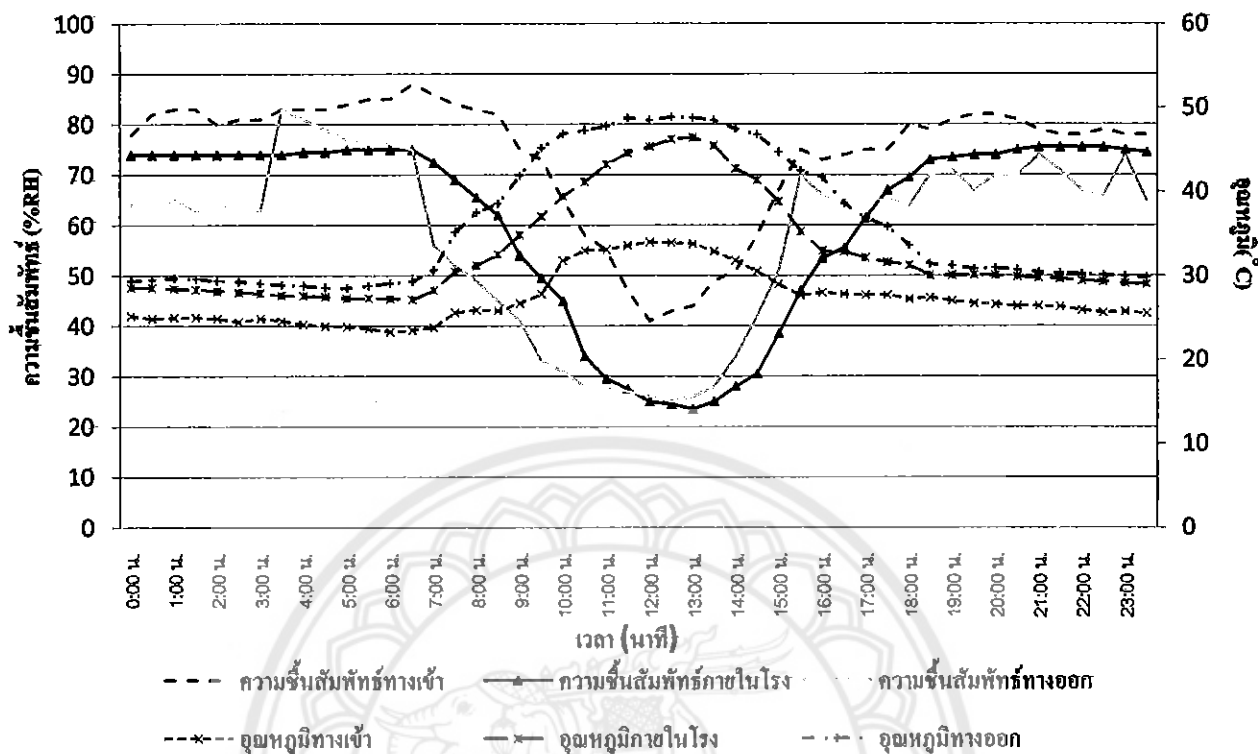
รูปที่ 4.26 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับความชื้นสัมพัทธ์และอุณหภูมิของอากาศ วันที่ 10 พฤศจิกายน พ.ศ.2553



รูปที่ 4.27 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับความชื้นสัมพัทธ์และอุณหภูมิของอากาศ วันที่ 11 พฤศจิกายน พ.ศ.2553



รูปที่ 4.28 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับความชื้นสัมพัทธ์และอุณหภูมิของอากาศ วันที่ 12 พฤศจิกายน พ.ศ.2553



รูปที่ 4.29 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับความชื้นสัมพัทธ์และอุณหภูมิของอากาศ วันที่ 13 พฤศจิกายน พ.ศ.2553

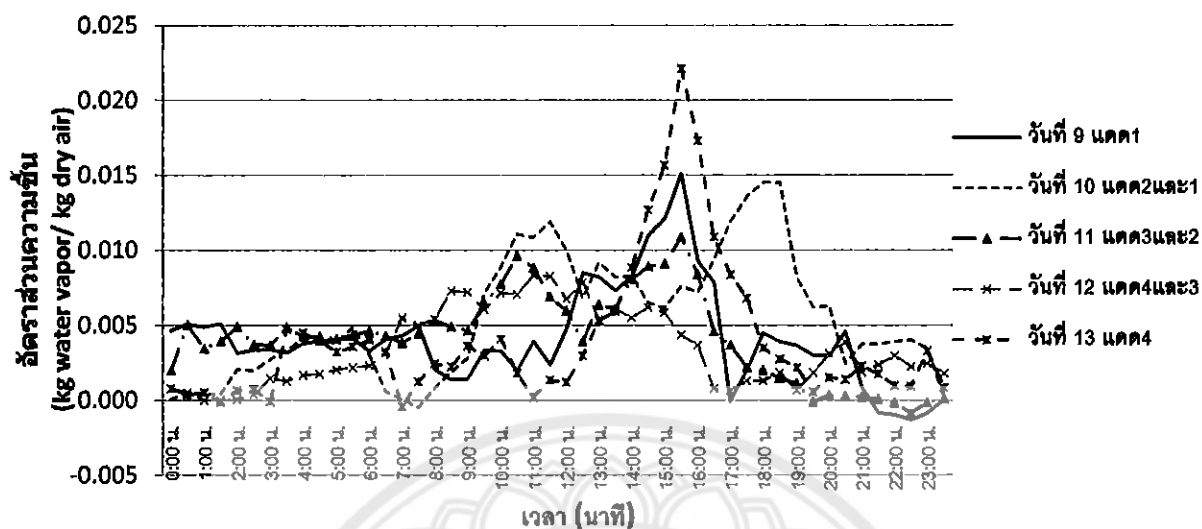
จากรูปที่ 4.25-4.29 สามารถวิเคราะห์ได้ว่า

อุณหภูมิของอากาศเพิ่มสูงขึ้นช่วงเวลาประมาณ 8.00-16.00 น. โดยความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศลดต่ำลง แสดงว่าอากาศเกิดการขยายตัว ความดันของอากาศเพิ่มสูงขึ้น และความหนาแน่นของอากาศภายในโรงอบมีค่าลดลง โดยที่ความชื้นสัมพัทธ์ยังมีค่าลดน้อยลงขณะที่อุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้นปริมาณความชื้นในอากาศจะยิ่งมีค่ามากขึ้นดังนิยาม 2.4.2 ส่งผลให้ความชื้นและอากาศภายในโรงอบลอยตัวและพยายามออกจากโรงอบสู่บรรยากาศภายนอก ดังนั้นจึงมีการติดตั้งพัดลมบริเวณทางเข้าโรงอบเพื่อระบายความชื้นของอากาศออกสู่บรรยากาศภายนอกให้ดียิ่งขึ้น จึงทำให้อุณหภูมิทางออกมีค่าสูงกว่าอุณหภูมิภายในโรงและทางเข้าของโรงอบกล้วย

4.3.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับอัตราส่วนความชื้นของอากาศ

จากการเก็บข้อมูลอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศและจากสมการ 2.1 และ 2.4 สามารถคำนวณหาความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับอัตราส่วนความชื้นของอากาศและนำมาเขียนกราฟผลต่างของความชื้นสัมพัทธ์ระหว่างเวลากับอัตราส่วนความชื้นของอากาศบริเวณทางเข้าของโรงอบกล้วยกับ

บริเวณทางออกของโรงอบกล้วยตากพลังงานแสงอาทิตย์แบบกรีนเฮาส์ในแต่ละวันได้ดังรูปที่ 4.30 มีหน่วยเป็น kg water vapor/kg dry air



รูปที่ 4.30 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลา กับผลต่างอัตราส่วนความชื้นของอากาศ

จากรูปที่ 4.30 สามารถวิเคราะห์ได้ว่า

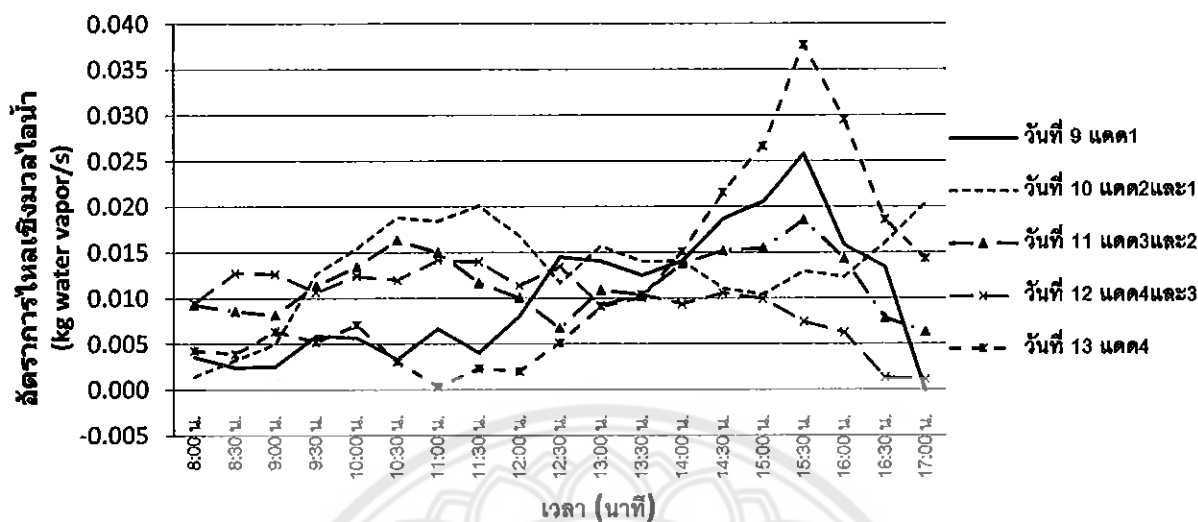
อัตราส่วนความชื้นของอากาศภายในโรงอบกล้วยโดยเฉลี่ยในแต่ละวันมีค่าสูงประมาณช่วงเวลา 09.30–15.30 น. แสดงว่า ภายในโรงอบกล้วยเกิดกระบวนการเพิ่มความชื้นของอากาศในช่วงเวลานี้มากกว่าช่วงเวลาอื่นๆและจะให้ค่าสูงมากในบางช่วงเวลาประมาณ 15.00 น. เนื่องจากการสะสมความร้อนและความชื้นตรงบริเวณทางออกมีค่าสูงมาก โดยที่อัตราส่วนความชื้นของอากาศจะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของอากาศและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ ณ เวลานั้นๆ และเมื่อสังเกตลักษณะของกราฟจะเห็นว่ามีส่วนที่มีค่าติดลบมีผลเนื่องจากอากาศเกิดการขยายตัว ความดันของอากาศเพิ่มสูงขึ้น และความหนาแน่นของอากาศลดลงทำให้ปริมาณอากาศและความชื้นภายในโรงอบกล้วยพยายามไหลออกสู่สิ่งแวดล้อมซึ่งไม่จำเป็นต้องไหลออกบริเวณทางออกของโรงอบเสมอไปอาจจะไหลออกทางเข้าโรงอบกล้วยก็ได้ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าอัตราส่วนความชื้นของอากาศทางเข้ามีค่าสูงกว่าอัตราส่วนความชื้นของอากาศทางออกโรงอบกล้วยจึงมีผลทำให้ค่าติดลบ

หมายเหตุ : วันที่ 10 ค่าอัตราส่วนความชื้นมีค่าเพิ่มขึ้นในช่วงเย็นมีผลมาจากการใช้น้ำทำความสะอาดพื้นของโรงอบกล้วย

4.3.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลา กับอัตราการไหลเชิงมวลของไอน้ำในอากาศ

จากสมการ 2.9 สามารถคำนวณหาอัตราการไหลเชิงมวลของไอน้ำในอากาศของโรงอบกล้วยได้โดยเปรียบเทียบระหว่างอัตราส่วนความชื้นของอากาศบริเวณทางเข้าของโรงอบกล้วยกับบริเวณทางออกของโรงอบกล้วยและเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลา กับอัตราการไหลเชิงมวลของไอน้ำใน

อากาศได้ดังรูปที่ 4.31 ซึ่งเป็นอัตราการไหลเชิงมวลไอน้ำของอากาศที่เกิดขึ้นในแต่ละวัน ณ ช่วงเวลาที่มีการเปิดพัดลมให้กับโรงอบกล้วยตั้งแต่เวลา 8.00-17.00 น. มีหน่วยเป็น kg water vapor/s



รูปที่ 4.31 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับอัตราการไหลเชิงมวลไอน้ำของอากาศ
จากรูปที่ 4.31 สามารถวิเคราะห์ได้ว่า

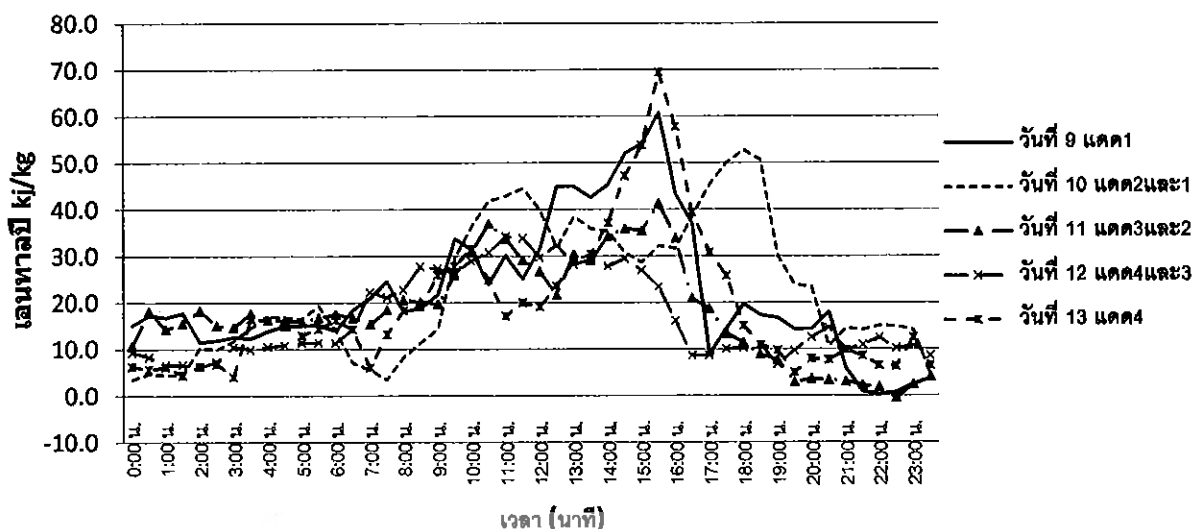
อัตราการไหลเชิงมวลของไอน้ำในอากาศวันที่ 9 มีค่าโดยเฉลี่ย 0.010079 kg water vapor/s เช่นเดียวกับวันที่ 10, 11, 12 และ 13 มีค่าโดยเฉลี่ย 0.013, 0.0118, 0.010 และ 0.0117 kg water vapor/s ตามลำดับ เมื่อเทียบกับเวลา 9 ชั่วโมงในช่วงที่มีการเปิดพัดลม วันที่ 10, 11, 12 และ 13 มวลไอน้ำของอากาศโดยเฉลี่ยมีค่า 326.56, 427.29, 380.9, 321.56 และ 379.32 kg water vapor ตามลำดับ การคำนวณแสดงไว้ในภาคผนวก ซึ่งมวลของไอน้ำของอากาศจะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของอากาศ อัตราส่วนความชื้นของอากาศที่เกิดขึ้นและอัตราการไหลโดยมวลของอากาศในช่วงเวลานั้นๆ ซึ่งหากว่าผลต่างอัตราส่วนความชื้นมีค่าสูงมวลไอน้ำของอากาศจะมีค่าสูงตามไปด้วย

ตัวอย่างการคำนวณ จากกราฟ รูปที่ 4.31 อัตราการไหลเชิงมวลไอน้ำของอากาศของวันที่ 9 มีค่าโดยเฉลี่ย 0.010079 kg water vapor/s ฉะนั้น

$$\begin{aligned} \text{มวลไอน้ำของอากาศโดยเฉลี่ย ณ ช่วงเวลานั้น} &= (0.010079 \times 3600 \times 9) (\text{kg water vapor/s})(\text{s}) \\ &= 326.56 \text{ kg water vapor} \end{aligned}$$

4.3.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับเอนทาลปีของอากาศ

จากสมการ 2.5 และ 2.6 กับข้อมูลของอุณหภูมิและอัตราส่วนความชื้นของอากาศ สามารถนำมาคำนวณวิเคราะห์หาผลต่างระหว่างบริเวณทางเข้าของโรงอบกล้วยกับบริเวณทางออกของโรงอบกล้วยพลังงานแสงอาทิตย์แบบกรีนเฮาส์ในแต่ละวันได้และสามารถเขียนในรูปของกราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับเอนทาลปีของอากาศมีหน่วยเป็น kJ/kg ดังรูปที่ 4.32



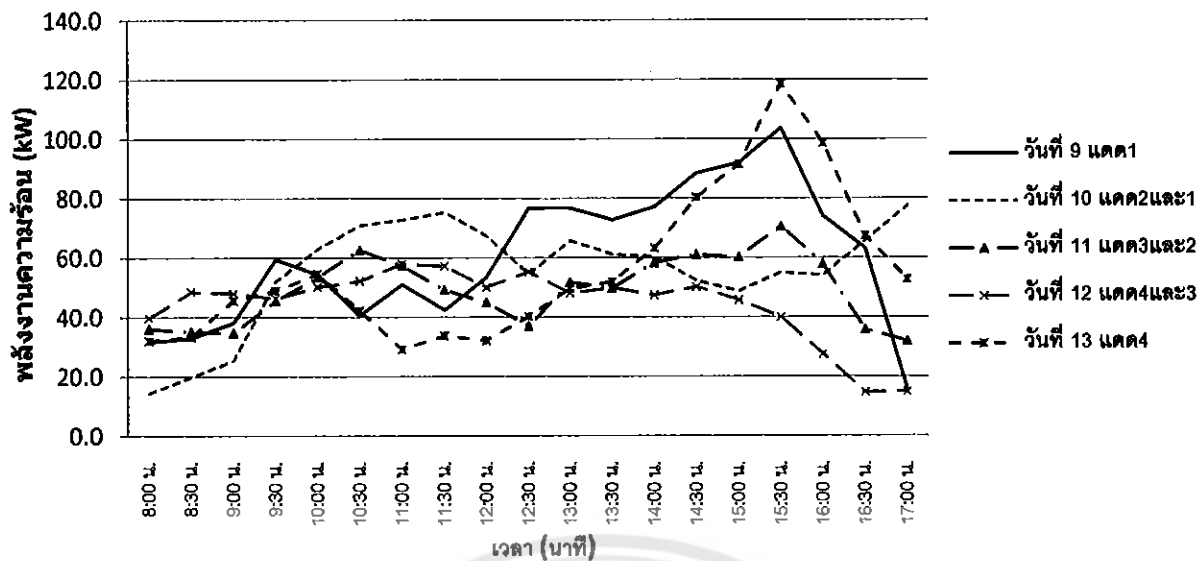
รูปที่ 4.32 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลา กับผลต่างเอนทาลปีของอากาศ

จากรูปที่ 4.32 สามารถวิเคราะห์ได้ว่า

จากนิยาม 2.4.4 และจากค่าเอนทาลปีของอากาศในแต่ละวัน จะมีค่าเฉลี่ยสูงประมาณในช่วงเวลา 09.30-15.30 น. ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่มียุณหภูมิสูงและเริ่มมีแนวโน้มลดลงและคงที่ในช่วงเวลา 17.00-06.00 น. โดยที่ค่าเอนทาลปีจะมากหรือน้อยนั้นจะขึ้นอยู่กับอัตราส่วนความชื้นของอากาศและอุณหภูมิของอากาศในแต่ละช่วงเวลานั้นๆ ซึ่งสังเกตได้ว่า เอนทาลปีของอากาศจะมีค่าเพิ่มสูงขึ้นอย่างมากในบางช่วงเวลาเนื่องมาจากผลต่างอัตราส่วนความชื้นของอากาศระหว่างบริเวณทางออกของโรงอบมีค่าเพิ่มสูงมากเมื่อเทียบกับบริเวณทางเข้าของโรงอบ และเช่นเดียวกันจากกราฟเส้นวันที่ 10 ที่มีค่าเอนทาลปีเพิ่มสูงขึ้นในช่วง 17.00 น. ซึ่งให้ค่าต่างไปจากวันอื่นๆเนื่องมีผลมาจากการใช้น้ำล้างทำความสะอาดพื้นของโรงอบทำให้อัตราส่วนความชื้นของอากาศเพิ่มสูงขึ้นจึงทำให้เอนทาลปีของอากาศเพิ่มสูงขึ้นตามไปด้วย

4.3.5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลา กับพลังงานความร้อนของอากาศ

รูปที่ 4.33 เป็นการเปรียบเทียบค่าพลังงานความร้อนของอากาศในหน่วยของกิโลวัตต์ (kw) ในแต่ละวันกับเวลาโดยขึ้นอยู่กับผลต่างของเอนทาลปีดังสมการ 2.10 เมื่อค่าพลังงานแสงอาทิตย์ต่อพื้นที่เฉลี่ยจากแผนที่ศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์ของประเทศไทย(พ.ศ. 2542)โดยกรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงานและคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร จังหวัดพิษณุโลกมีค่าพลังงานแสงอาทิตย์ต่อพื้นที่เฉลี่ย $5.13 \text{ kwh/m}^2\text{-day}$ หรือ 213.75 W/m^2 และจากการคำนวณพื้นที่ระนาบภายในของโรงอบกล้วยมีค่าโดยประมาณ 178 m^2 สามารถคิดเป็นค่าพลังงานความร้อนต่อพื้นที่หรือฟลักซ์ความร้อนได้ดังสมการ 2.13



รูปที่ 4.33 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับพลังงานความร้อนของอากาศ

จากรูปที่ 4.33 สามารถวิเคราะห์ได้ว่า

ค่าพลังงานความร้อนของวันที่ 9, 10, 11, 12 และ 13 มีค่าเฉลี่ยประมาณ 60.24, 55.57, 49.13, 44.44 และ 56.09 กิโลวัตต์(kw) ตามลำดับ เฉลี่ยประมาณ 50-60 kw ดังนั้น ค่าพลังงานความร้อนของอากาศต่อพื้นที่โดยเฉลี่ยของวันที่ 9, 10, 11, 12 และ 13 มีค่าเฉลี่ย 338.4, 312.2, 276.0, 249.6 และ 315.8 W/m² ตามลำดับ การคำนวณแสดงไว้ในภาคผนวก และเห็นได้ค่าพลังงานความร้อนของอากาศจะแตกต่างกันในแต่ละช่วงเวลา เนื่องจากค่าพลังงานความร้อนของอากาศจะขึ้นอยู่กับค่าของความชื้นสัมพัทธ์และค่าของความชื้นแฝงหรือค่าเอนทาลปีที่เกิดขึ้นในแต่ละช่วงเวลา

ตัวอย่างการคำนวณ ค่าพลังงานความร้อนของแดดที่ 1 มีค่าเฉลี่ย 60.24 กิโลวัตต์ และจากพื้นที่

ระนาบภายในของโรงอบกล้วยมีค่าโดยประมาณ 178 m² ดังนั้น

ค่าพลังงานความร้อนของอากาศต่อพื้นที่เฉลี่ยมีค่าเท่ากับ $(60240 \text{ W}) / (178 \text{ m}^2) = 338.4 \text{ W/m}^2$

บทที่ 5

สรุปผล

จากการปฏิบัติงานและทำการศึกษาระบบการผลิตกล้วยตากด้วยโรงอบกล้วยตากพลังงานแสงอาทิตย์แบบกรีนเฮาส์ของบริษัท ศิริวานิช (เอส แอนด์ ดับเบิ้ลยู) จำกัด ทำให้ได้ทราบถึงกระบวนการผลิตกล้วยตาก ผลของการวัดมาตรฐานความชื้นของกล้วยตาก และผลของคุณสมบัติทางอากาศของโรงอบ โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

5.1 กระบวนการผลิตกล้วยตาก

จากผลการศึกษาและปฏิบัติงานร่วมกับผู้ประกอบสามารถสรุปขั้นตอนที่สำคัญประกอบไปด้วย 5 ขั้นตอนดังนี้

1. การตรวจรับและทำความสะอาดกล้วย เป็นการรับซื้อกล้วยจากเกษตรกรและนำกล้วยล้างทำความสะอาดสองน้ำด้วยกันโดยน้ำที่หนึ่งใช้น้ำประปา น้ำที่สองใช้น้ำสะอาดที่ผ่านการกรองและฆ่าเชื้อ
2. การปมกล้วย เพื่อทำให้กล้วยนั้นสุกมีความสม่ำเสมอเพราะกล้วยที่ตรวจรับมามีความแก่ไม่เท่ากันวิธีการปมจึงเป็นการปรับสภาพกล้วยให้ใกล้เคียงกัน ซึ่งการปมมีอยู่ 2 ระยะเวลาคือ

ระยะที่หนึ่ง ใช้ระยะเวลาในการปม 48 ชั่วโมงโดยการคุมด้วยพลาสติกให้มิดชิดไม่ให้อากาศไหลผ่านเข้าได้

ระยะที่สอง ใช้ระยะเวลาในการปม 48 ชั่วโมงโดยนำพลาสติกที่คุมออกสังเกตกล้วยที่สุกใช้ได้สีเปลือกเป็นสีเหลืองเมื่อมีบจุกกล้วยจุกจะนุ่มหลุดง่าย

3. การอบกล้วยด้วยโรงอบกล้วยตากพลังงานแสงอาทิตย์แบบกรีนเฮาส์ โดยนำกล้วยที่ปลอกเสร็จเหลือแค่เนื้อมีกล้วยเข้าอบในโรงอบระยะเวลา 4 แดดด้วยกัน เริ่มตากแปดโมงเช้าและเก็บกล้วยพักห้าโมงเย็น และในช่วงเย็นของแดดที่สองจะทำการเคล้ากล้วยด้วยน้ำเกลือ 5% เพื่อเร่งการเกิดปฏิกิริยาการเปลี่ยนแปลงเป็นน้ำตาลของเนื้อมีกล้วย

4. การอบด้วยตู้อบแก๊สLPG ที่อุณหภูมิ 50-60 °C ประมาณ 4-5 ชั่วโมงเพื่อทำให้กล้วยตากได้คุณภาพตามที่ต้องการ โดยจะทำการคัดแยกขนาด ลักษณะของกล้วยและทำการแบนกล้วยก่อนเข้าอบในตู้อบแก๊สLPG

5. การคัดกล้วยและเก็บรักษา โดยการคัดกล้วยคัดตามขนาดสีความสมบูรณ์ของผลกล้วยตาก แบ่งเป็นเกรด คือ กล้วย A1 มีความสมบูรณ์ที่สุด ได้ขนาดมีสีน้ำตาล ไม่มีการแตกหักรอยชำหรือเสีรูปกล้วย A2 ขนาดเล็กกว่ากล้วย A1 มีสีน้ำตาล มีการแตกหักเสีรูปเล็กน้อย และกล้วย A3 เป็นกล้วยที่มีตำหนิไม่ได้ขนาดมีการแตกหักหรือเสีรูปต้องนำไปทำการตกแต่ง สำหรับกล้วย A1 และกล้วย A2 สามารถนำไปบรรจุใส่ถุงได้ ส่วนกล้วย A3 ต้องผ่านการตกแต่งและเคล้าน้ำผึ้งก่อนบรรจุใส่ถุง หลังจากนั้นทำการชั่งน้ำหนักก่อนนำไปเก็บรักษาไว้ในห้องเย็นที่อุณหภูมิ 6°C รอเข้าสู่กระบวนการบรรจุใส่ของและส่งออกขายต่อไป

เนื่องจากบริษัทใช้การอบกล้วยด้วยโรงอบกล้วยตากพลังงานแสงอาทิตย์แบบกรีนเฮาส์ร่วมกับการอบด้วยตู้อบแก๊สเพราะว่าจำนวนกล้วยที่ผลิตต่อวันสูงทำให้กล้วยเติมโรงอบมีการผลัดเปลี่ยนกล้วยเข้าโรงอบทุกวัน ถ้าสภาพอากาศดีแดดแรง 4 แดดก็สามารถนำกล้วยมาคัดแยกบรรจุถุงได้ ถ้าหากสภาพอากาศไม่ดีก็ต้องนำกล้วยมาอบในตู้อบแก๊สต่อไป ซึ่งกระบวนการผลิตทั้งหมดนี้ทำให้ได้กล้วยอบที่มีคุณภาพตามที่ต้องการสามารถนำออกจำหน่ายได้ทั้งภายในประเทศและต่างประเทศ

5.2 ผลของการวัดความชื้นมาตรฐานของกล้วยตาก

จากการวิจัยความชื้นมาตรฐานของกล้วยเมื่อระยะเวลาผ่านไปอัตราการสูญเสียน้ำของกล้วยเริ่มลดน้อยลงโดยจะขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำของกล้วยที่สูญเสียไปต่อน้ำหนักของกล้วยที่เหลืออยู่เมื่อทำการตากกล้วยผ่านไปแต่ละแดดและจะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ ณ เวลานั้นๆ ซึ่งสามารถคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ความชื้นของกล้วยที่สูญเสียไปเฉลี่ย 49.24 % หรือประมาณ 50 % และสามารถคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ความชื้นของกล้วยที่สูญเสียไปเฉลี่ยต่อภาคประมาณ 0.769 % โดยมีกล้วยทั้งหมดจำนวน 64 ถาด

5.3 ผลของคุณสมบัติทางอากาศของโรงอบกล้วยตากพลังงานแสงอาทิตย์แบบกรีนเฮาส์

5.3.1 ความชื้นสัมพัทธ์และอุณหภูมิของอากาศ จากผลการวิจัยเมื่อความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศลดต่ำลง อุณหภูมิของอากาศเพิ่มสูงขึ้น อากาศจะเกิดการขยายตัว จากการสะสมความร้อนและความชื้นของอากาศ ทำให้ความชื้นและอากาศภายในโรงอบลอยตัวและพยายามออกจากโรงอบสู่บรรยากาศภายนอก ดังนั้นจึงมีการติดตั้งพัดลมบริเวณทางเข้าโรงอบเพื่อระบายความชื้นของอากาศออกสู่บรรยากาศภายนอกให้ดียิ่งขึ้น

5.3.2 อัตราส่วนความชื้น ของอากาศ จากผลการวิเคราะห์ผลต่างอัตราส่วนความชื้นของอากาศ ค่าอัตราส่วนความชื้นจะเพิ่มขึ้นในช่วงเวลาที่มีแดดหรืออุณหภูมิสูงมากกว่าช่วงที่ไม่มีแดดหรืออุณหภูมิต่ำ ซึ่งอัตราส่วนความชื้นของอากาศของโรงอบกล้วยจะเกิดมากหรือน้อยโดยขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของอากาศในช่วงเวลานั้นๆ และทำให้ทราบว่าปริมาณความชื้นในอากาศเกิดการสะสม ณ บริเวณทางออกของโรงอบเนื่องจากการถ่ายเทของความชื้นของอากาศถ่ายเทได้ไม่ดีเท่าที่ควร ดังนั้นจึงต้องมีการปรับปรุงแก้ไขพื้นที่บริเวณทางออกของอากาศเพื่อช่วยระบายความชื้นในอากาศของโรงอบได้ดียิ่งขึ้น

5.3.3 อัตราการไหลเชิงมวลของไอน้ำในอากาศ จากผลการวิเคราะห์ มวลไอน้ำของอากาศจะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิและอัตราส่วนความชื้นของอากาศ ซึ่งหากว่าอัตราส่วนความชื้นมีค่าสูงมวลไอน้ำของอากาศจะมีค่าสูงตามไปด้วย โดยที่ปริมาณมวลไอน้ำของอากาศภายในโรงอบโดยเฉลี่ยประมาณ 367.1 kg water vapor เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณเนื้อกล้วยที่ศึกษาพิจารณา มวลไอน้ำที่เกิดขึ้นจากปริมาณเนื้อกล้วยที่พิจารณาเฉลี่ยประมาณ 180.78 kg water vapor ของมวลไอน้ำของอากาศทั้งหมด ซึ่งคิดเป็นประมาณ 50 % ของมวลไอน้ำทั้งหมดของอากาศ

5.3.4 เอนทาลปีของอากาศ จากการวิเคราะห์ค่าผลต่างเอนทาลปีของอากาศของโรงอบกล้วย โดยเฉลี่ยค่าเอนทาลปีจะมากหรือน้อยจะขึ้นอยู่กับผลต่างของอัตราส่วนความชื้นของอากาศและอุณหภูมิของอากาศในแต่ละช่วงเวลานั้นๆ ซึ่งหากอุณหภูมิสูงขึ้น อัตราส่วนความชื้นของอากาศมีเพิ่มมากขึ้น ค่าเอนทาลปีของอากาศจะมีค่าเพิ่มมากขึ้นเช่นกัน

5.3.5 ความร้อนของอากาศ จากการศึกษาวิจัยผลของคุณสมบัติของอากาศที่กล่าวมาทำให้ทราบว่าในช่วงปลายเดือนตุลาคม ถึง ต้นเดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2553 ค่าพลังงานความร้อนโดยเฉลี่ยประมาณ 298.4 W/m^2 หรือประมาณ 300 W/m^2 ซึ่งเมื่อเทียบกับข้อมูลแผนที่ศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์ของประเทศไทย (พ.ศ. 2542) โดยกรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงานและคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร โรงอบกล้วยพลังงานแสงอาทิตย์แบบกรีนเฮาส์นี้มีค่าพลังงานความร้อนของอากาศต่อพื้นที่ค่าเฉลี่ยสูงกว่าประมาณ 39.6 % หรือโรงอบกล้วยพลังงานแสงอาทิตย์แบบกรีนเฮาส์นี้สามารถรับค่าพลังงานความร้อนอยู่ประมาณ 40 % ซึ่งในแต่ละเดือนค่าความร้อนจากพลังงานแสงอาทิตย์จะแตกต่างกัน โดยขึ้นอยู่กับช่วงฤดูต่างๆในแต่ละปี อุณหภูมิของอากาศ ความชื้นของอากาศ และสภาพดินฟ้าอากาศที่เกิดขึ้น ช่วงเวลานั้นๆ

5.4 วิจัยและข้อเสนอแนะ

1. จากอุปกรณ์-เครื่องมือที่ใช้รวบรวมข้อมูลมีความบกพร่องและความสับสนของผู้ใช้ทำให้ได้ข้อมูลที่ผิดพลาดจึงส่งผลต่อการคำนวณ และการวิเคราะห์ข้อมูลได้
2. การเก็บรวบรวมข้อมูลต้องใช้ความอดทน สมาธิ และความชำนาญในการใช้อุปกรณ์-เครื่องมือวัดต่างๆ เพื่อให้ได้ข้อมูลที่แม่นยำและเพื่อประโยชน์ต่อการวิเคราะห์ผลการวิจัย
3. จากผลการวิเคราะห์อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศทำให้ทราบว่าบริเวณทางออกของโรงอบกล้วยที่มีการเชื่อมต่อกับโรงพักกล้วยมีการถ่ายเทอุณหภูมิและความชื้นของอากาศได้ไม่ดี
4. ข้อมูลค่าพลังงานแสงอาทิตย์ต่อพื้นที่เฉลี่ยจากแผนที่ศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์ของประเทศไทย สามารถค้นหาได้ใหม่และเป็นปัจจุบันกว่านี้
5. กล้วยที่ทำการศึกษาควรเข้าตากพร้อมกันและเต็มโรงอบเพื่อความถูกต้องแม่นยำของข้อมูล
6. ควรปรับปรุงและขยายพื้นที่ทางออกของอากาศของโรงอบกล้วยเพื่อถ่ายเทอุณหภูมิและความชื้นของอากาศได้ดียิ่งขึ้น
7. ควรมีการทำความสะอาดหลังคา(แผ่นโพลีคาร์บอเนต)ของโรงอบกล้วยตากพลังงานแสงอาทิตย์ เพื่อช่วยเพิ่มสมรรถนะของโรงอบกล้วยในการรับพลังงานแสงอาทิตย์

บรรณานุกรม

- [1.] ธนัท อ้วนอ่อน.(2546).การปรับปรุงคุณภาพและกรรมวิธีการผลิตกล้วยตาก.วิทยานิพนธ์.
สาขาพัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร.ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์.มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- [2.] พนาไพร มีสติ.(2549).การศึกษาการปรับปรุงกระบวนการผลิตกล้วยตากให้ถูกหลักGMP.
ปริญญาโท.ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม.คณะวิศวกรรมศาสตร์.มหาวิทยาลัยนเรศวร.
- [3.] ชัยชวีช ชูศรี.(2550).การศึกษาผลของจำนวนรอบของการอบแห้งต่อคุณภาพกล้วยตาก.การศึกษาค้นคว้า
ด้วยตนเอง วท.ม.(วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร)มหาวิทยาลัยนเรศวร.
- [4.] สุริยา อติวิทยากรณ์.(2546).การศึกษาเวลาที่เหมาะสมในการอบแห้งกล้วยตากแบบลมร้อนร่วมกับการ
การอบแห้งด้วยคลื่นไมโครเวฟระบบสุญญากาศ.ปริญญาโท.ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์.
คณะอุตสาหกรรมเกษตร.มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- [5.] วัฒนพงษ์ รัชวีเชียร์ และคณะ.(2529).การศึกษาคุณภาพกล้วยตากที่ได้จากตู้อบล้างงานแสงอาทิตย์
ขนาดใหญ่.รายงานวิจัย.สถาบันวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเพื่อพัฒนาชุมชน.มหาวิทยาลัย
ศรีนครินทรวิโรฒ พิชญ โลก.
- [6.] บุญส่ง แสงอ่อน.(2533).อิทธิพลของอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ที่มีต่อการงอกของสปอร์เชื้อรา
บางชนิดที่แยกได้จากกล้วยตาก.งานวิจัย.ภาควิชาชีววิทยา.คณะวิทยาศาสตร์.มหาวิทยาลัยนเรศวร.
- [7.] เสริม จันทร์ฉาย.(2547).เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์.งานวิจัย.กรมพัฒนาพลังงานทดแทน
และอนุรักษ์พลังงาน.ภาควิชาฟิสิกส์.คณะวิทยาศาสตร์.มหาวิทยาลัยศิลปากร.

ภาคผนวก



ภาคผนวก ก

ข้อมูลการชั่งน้ำหนักของกล้วย

ข้อมูลการชั่งน้ำหนักของกล้วย เนื่องจากกล้วยมีจำนวนมากทำการปลอกเปลือกได้ไม่หมดภายใน 1 วัน และระยะเวลาการสุกของกล้วยที่ไม่เท่ากัน จึงแบ่งช่วงการปลอกเปลือกกล้วยเป็น 2 วัน คือ วันที่ 9 และ 10 พฤศจิกายน พ.ศ. 2553 การชั่งน้ำหนักของกล้วยจะชั่งตอนเช้าเวลา 8.00 น.และตอนเย็นเวลา 16.00 น.

ตารางที่ 1ก. แสดงน้ำหนักกล้วยปลอกวันที่ 9 พฤศจิกายน พ.ศ. 2553

ลำดับที่	วันที่ 9/11/10 แคตที่ 1 (kg)		วันที่ 10/11/10 แคตที่ 2 (kg)		วันที่ 11/11/10 แคตที่ 3 (kg)		วันที่ 12/11/10 แคตที่ 4 (kg)		วันที่ 13/10/2553		
	ตอนเช้า	ตอนเย็น	ตอนเช้า	ตอนเย็น	ตอนเช้า	ตอนเย็น	ตอนเช้า	ตัดกล้วยออก	คงเหลือ(แบนกล้วย)	ก่อนอบ (kg)	หลังอบ (kg)
1	10	9	8.1	7.1	7	6.6	6		5.4	4.6	4.3
2	9	8.5	8.2	7.2	6.9	5.8	5.3		5.4	4.5	4.1
3	9.2	8.6	8	7	6.8	5.9	5.6		5.5	4.7	4.4
4	10	9.3	7.7	6.7	6.6	6	5.7		5.5	4.6	4.3
5	10.2	9.2	8.2	7.3	7.2	6	5.6		5.4	5.1	4.8
6	10	9	8.3	7.2	7.1	6	5.2		5.2	5.3	5
7	10.2	9	8.1	7.2	7.1	6.3	5.2		5.5	5.3	5
8	9	8.8	7.8	6.8	6.7	5.8	5.6		5.4	5.4	5.1
9	10	7.2	8.7	7.6	7.5	6.1	5.7		5.2	4.6	4.2
10	10.3	9	8	7	6.9	6.4	5.8		5.2	4.5	4.1
11	10.2	9	8	7.2	7.1	6.8	6		5.5	4.7	4.5
12	10	9	8.1	7.1	7	6	5.5	27.8	5.3	4.5	4.2
13	10	9.8	8.4	7.8	7.7	6.8	6		5.5	4.7	4.4
14	10	9.5	8.4	7.6	7.5	6.2	6		5.4	4.6	4.2
15	10	9.4	7.8	7.4	7.4	6.4	5.8		5.4	4.6	4.3
16	9	8.8	8.4	7.4	7.3	6	5.3		5.5	4.7	4.3
17	10	9.2	7.7	7	6.9	6.4	5.8		5.5	4.5	4.2
18	10	9.4	7.2	7.4	7.3	6.2	5.7		-	-	-
19	10	9.3	8.2	6.8	6.7	5.8	5.1		-	-	-
20	10.3	9	8.2	6.2	6.2	5.3	4.8		-	-	-
21	9.2	8.3	8	7.2	7.1	6.1	5.6		-	-	-
22	9.2	8.7	8.5	7.2	7.1	6	5.4		-	-	-
น้ำหนักรวม	215.8	197	178	157.4	155.1	134.9	122.7	27.8	91.8	80.9	75.4

หมายเหตุ :วันที่12/11/2553 มีการคัดคุณภาพกล้วยออกจำนวน 27.8 กิโลกรัม ซึ่งเหลือน้ำหนักของกล้วยมีคุณภาพพอทำการแบนจำนวน 91.8 กิโลกรัม (น้ำหนักของกล้วยแต่ละวันคิดที่น้ำหนักรวมเนื่องจากกล้วยแต่ละถาดมีรวมกันในช่วงพักกล้วย)

ตารางที่ 2ก. ความชื้นมาตรฐานแห้งและความชื้นมาตรฐานเปียก กล้วยปลอกวันที่ 9 พฤศจิกายน พ.ศ. 2553

เวลา	ความชื้นมาตรฐานแห้ง (%)	ความชื้นมาตรฐานเปียก (%)
แคตที่ 1	9.543	8.712
แคตที่ 2	23.762	21.218
แคตที่ 3	16.457	14.485
แคตที่ 4	13.320	12.310
แคตที่ 5	20.768	18.672

ตารางที่ 3ก. แสดงน้ำหนักกล้วยปลอกวันที่ 10 พฤศจิกายน พ.ศ. 2553

ถาดที่	วันที่ 10/11/2553		วันที่ 11/11/2553		วันที่ 12/11/2553		วันที่ 13/11/2553		วันที่ 14/11/2553		
	แคตที่ 1 (kg)		แคตที่ 2 (kg)		แคตที่ 3 (kg)		แคตที่ 4 (kg)		ก่อนอบ (kg)	หลังอบ (kg)	
	ตอนเช้า	ตอนเย็น	ตอนเช้า	ตอนเย็น	ตอนเช้า	ตอนเย็น	ตอนเช้า	คัดกล้วยออก			
1	10	9.4	8.5	7	6.4	5.6	5	61.4	5.2	6.8	6.4
2	10	9.5	8.7	7.2	6.5	5.8	5.3		5.1	5	4.5
3	10	9.5	8.8	7	6.3	5.6	5.1		5.1	5	4.5
4	10	9.5	8.5	7.1	6.4	5.8	5.2		5	5	4.4
5	10	9.5	8.2	6.8	6	5.4	4.8		4.9	4.6	4.2
6	10	9.4	8.5	7	6.4	5.6	5.1		5.1	4.7	4.3
7	10	9.5	8.7	6.6	5.9	5.2	4.8		4.9	4.6	4.1
8	10	9.4	8.5	6.9	6	5.4	4.9		5	4.7	4.2
9	10	9.5	8.5	6.9	6.1	5.5	4.9		5.1	5.2	4.8

ตารางที่ 3ก.(ต่อ) แสดงน้ำหนักกล้วยปลอกวันที่ 10 พฤศจิกายน พ.ศ. 2553

ภาคที่	วันที่ 10/11/2553		วันที่11/11/2553		วันที่12/11/2553		วันที่13/11/2553			วันที่ 14/11/2553	
	แฉดที่ 1 (kg)		แฉดที่ 2 (kg)		แฉดที่ 3 (kg)		แฉดที่ 4 (kg)			ก่อนอบ (kg)	หลังอบ (kg)
	ตอน เช้า	ตอน เย็น	ตอน เช้า	ตอน เย็น	ตอน เช้า	ตอน เย็น	ตอน เช้า	ค้คกล้วย ออก	คงเหลือ (แบนกล้วย)		
10	10	9.4	8.4	7.2	6.5	5.8	5.1		4.9	6	5.3
11	10	9.4	8.5	7.2	6.6	5.8	5.3		5.1	5.9	5.4
12	10	9.3	8.3	7.2	6.6	5.8	5.3		5.2	6	5.5
13	10	9	8.4	6.4	5.7	5.2	4.6		5.1	4.4	4
14	10	9.4	7.8	6.6	5.8	5.2	4.6		5.2	4.5	4
15	10	9.1	8.5	7.2	6.5	5.7	5.1		4.9	4.3	3.9
16	10	9.2	8.5	7.2	6.5	5.8	5.2		4.9	4.4	4
17	9	8	7.7	6.8	6	5.3	4.8		5.1	4.4	4
18	10	8.6	7.4	6.6	5.8	5.2	4.6		4.9	4.2	3.9
19	10	9.2	8.5	6.6	5.9	5.2	4.7		5.1	4.2	3.8
20	9	8.2	7.9	7	6.3	5.6	5		5	5.7	5.1
21	10	9.1	7.8	7	6.2	5.4	5		5.1	5.7	5.2
22	10	8.5	7.9	7	6.4	5.6	5.1		5.2	5.8	5.3
23	10	9.2	8.1	7.3	6.5	5.8	5.3		5.1	5.8	5.2
24	10	9.5	8.1	7.3	6.6	5.8	5.3		5.1	4.5	4
25	9	8.5	7.9	7	6.3	5.6	5		5.2	4.4	4
26	10	9.1	7.8	6.9	6.2	5.4	4.9		4.9	4.4	4
27	10	9	7.4	6.6	5.8	5.2	4.6		4.8	4.5	4.1
28	10	9	8.2	7.4	6.5	5.8	5.2		5	4.5	4.1
29	10	9.2	8.4	10.6	6.9	6	5.4		5.1	4.4	4
30	10	9	8	7.2	6.8	6	5.3		4.9	4.6	4.2
31	10	9.2	8.4	7.6	6.5	5.8	5.2		5.2	4.5	4.1
32	10	9	8.4	7.7	9.7	8.5	8		5.1	4.6	4.2
33	13	11.3	10.5	9.4	9	7.8	7.1		-	-	-
34	14	12.3	11.6	10.4	9.6	8.2	7.5		-	-	-
35	14	12	12.1	10.4	8.6	7.4	7		-	-	-
36	15	13	11.4	10.1	9.3	8	7.5		-	-	-
37	15	14	12.2	11	9.7	8.4	7.8		-	-	-

ตารางที่ 3ก.(ต่อ) แสดงน้ำหนักกล้วยปลอกวันที่ 10 พฤศจิกายน พ.ศ. 2553

ถาดที่	วันที่ 10/11/2553		วันที่ 11/11/2553		วันที่ 12/11/2553		วันที่ 13/11/2553			วันที่ 14/11/2553	
	แฉกที่ 1 (kg)		แฉกที่ 2 (kg)		แฉกที่ 3 (kg)		แฉกที่ 4 (kg)				
	ตอนเช้า	ตอนเย็น	ตอนเช้า	ตอนเย็น	ตอนเช้า	ตอนเย็น	ตอนเช้า	คั๊กกล้วยออก	คงเหลือ (แบนกล้วย)	ก่อนอบ (kg)	หลังอบ (kg)
38	14	12.8	11.1	10	9.4	8	7.5		-	-	-
39	14	12.4	11.1	10	9.4	7	8.6		-	-	-
40	14	13	11	10.2	8.8	7.8	7.6		-	-	-
41	14	12.2	10.8	9.6	7.9	8.2	7.1		-	-	-
42	15	13.4	11.4	10.2	10.6	9.2	6.4		-	-	-
น้ำหนักรวม	459	418.7	376.4	329.4	296.9	261.4	237.8	61.4	161.5	157.3	142.7

หมายเหตุ : วันที่ 13/11/2553 มีการคัดคุณภาพกล้วยออกจำนวน 61.4 กิโลกรัม ซึ่งเหลือน้ำหนักของกล้วยมีคุณภาพรอทำการแบนจำนวน 161.5 กิโลกรัม (น้ำหนักของกล้วยแต่ละวันคิดที่น้ำหนักรวมเนื่องจากกล้วยแต่ละถาดมีรวมกันในช่วงพักกล้วย)

ตารางที่ 4ก. ความชื้นมาตรฐานแห้งและความชื้นมาตรฐานเปียก กล้วยปลอกวันที่ 10 พฤศจิกายน พ.ศ. 2553

เวลา	ความชื้นมาตรฐานแห้ง (%)	ความชื้นมาตรฐานเปียก (%)
แฉกที่ 1	9.625	8.780
แฉกที่ 2	25.506	22.589
แฉกที่ 3	24.527	21.823
แฉกที่ 4	19.150	17.475
แฉกที่ 5	12.901	11.882

ภาคผนวก ข

แสดงตัวอย่างการคำนวณคุณสมบัติทางอากาศ

ตัวอย่างการคำนวณ 1 อากาศก่อนเข้าโรงอบกล้วยที่อุณหภูมิ 22.3 °C ความชื้นสัมพัทธ์ 85 % และที่อุณหภูมิ 34.8 °C ความชื้นสัมพัทธ์ 47 % หลังผ่านโรงอบกล้วย

จากสมการ 2.1 อัตราส่วนความชื้นของอากาศ

$$\omega = \frac{(0.622P)}{P_{atm}-P} \quad \text{เมื่อ } P_{atm} = 101325 \text{ Pa}$$

โดยที่ $P = \%RHP_{sat}$ และ $P_{sat} = (610.78)(e^{\frac{t}{238.3}})^{(17.2694)}$ สมการ 2.2 และ 2.3 ตามลำดับ พิจารณา

อากาศก่อนเข้าโรงอบ $P_{sat} = (610.78)(e^{\frac{22.3}{238.3}})^{(17.2694)} = 2677.154 \text{ Pa}$

$$P = 0.85 \times 2677.154 = 2275.581 \text{ Pa}$$

ดังนั้น

$$\omega_1 = \frac{(0.622 \times 2275.581)}{(101325 - 2275.581)} = 0.0142 \text{ kg/kg dry air}$$

พิจารณาอากาศหลังผ่านโรงอบ $P_{sat} = (610.78)(e^{\frac{34.8}{238.3}})^{(17.2694)} = 5515.430 \text{ Pa}$

$$P = 0.47 \times 5515.430 = 2592.252 \text{ Pa}$$

ดังนั้น

$$\omega_2 = \frac{(0.622 \times 2592.252)}{(101325 - 2592.252)} = 0.0163 \text{ kg/kg dry air}$$

สามารถหาผลต่างอัตราส่วนความชื้นได้จากสมการ 2.4

$$\Delta\omega = \omega_2 - \omega_1 = 0.0163 - 0.0142 = 0.0021 \text{ kg/kg dry air}$$

จากสมการ 2.5 ค่าเอนทาลปี

$$h = (1.007t - 0.026) + \omega(2501 + 1.84t)$$

ดังนั้น $h_1 = [(1.007 \times 22.3) - 0.026] + [(0.0142)(2501 + (1.84 \times 22.3))] = 58.639 \text{ kJ/kg}$

$h_2 = [(1.007 \times 34.8) - 0.026] + [(0.0163)(2501 + (1.84 \times 34.8))] = 76.772 \text{ kJ/kg}$

สามารถหาผลต่างเอนทาลปีได้จากสมการ 2.6

$$\Delta h_{air} = h_2 - h_1 = 76.772 - 58.639 = 18.133 \text{ kJ/kg}$$

และจากสมการ 2.7 ค่าของปริมาตรจำเพาะ

$$v = \left(1 + \frac{\omega R_w}{R_a}\right) R_{at} / P_{atm}$$

พิจารณาอากาศก่อนเข้าโรงอบ $v = \left(1 + \frac{0.0142 \times 455}{286.9}\right) (286.9)(273 + 22.3) / 101325$
 $= 0.855 \text{ m}^3/\text{kg}$

ในช่วงเวลา 8.00-17.00 น. จากการวัดค่าความเร็วลมเฉลี่ย 1.054 m/s และพื้นที่ทางเข้าของอากาศเฉลี่ย 1.42 m² สามารถหาอัตราการไหลเชิงปริมาตรของอากาศได้เท่ากับ $1.054 \times 1.42 = 1.496 \text{ m}^3/\text{s}$

จากสมการ 2.8 สามารถหาอัตราการไหลเชิงมวลของอากาศได้จาก $m_{\text{air}} = \frac{V_{\text{air}}}{v}$

$$m_{\text{air}} = \frac{1.496}{0.855} = 1.7497 \text{ kg/s}$$

และสามารถหาอัตราการไหลเชิงมวลไอน้ำของอากาศและค่าพลังงานความร้อนของอากาศได้จากสมการ 2.9 และ 2.10 ตามลำดับ

$$\text{อัตราการไหลเชิงมวลไอน้ำของอากาศ} \quad m_v = m_{\text{air}} (\Delta \omega)$$

$$\text{คั้งนั้น} \quad = (1.7497)(0.0021) = 0.00367 \text{ kg/s}$$

$$\text{และพลังงานความร้อนของอากาศ} \quad Q = m_{\text{air}} (\Delta h_{\text{air}})$$

$$\text{คั้งนั้น} \quad = (1.7497)(18.133) = 31.727 \text{ kJ/s}$$

ตัวอย่างการคำนวณ 2 จากค่าเฉลี่ยของอัตราการไหลเชิงมวลไอน้ำของอากาศวันที่ 9, 10, 11, 12 และ 13 พฤศจิกายน พ.ศ.2553 เฉลี่ย 0.0101, 0.013, 0.0118, 0.0099 และ 0.0117 kg water vapor/s ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับช่วงเวลาที่มีการเปิดพัดลมให้กับโรงอบกล้วยตั้งแต่เวลา 8.00-17.00 น. เป็นระยะเวลา 9 ชั่วโมง สามารถหาค่ามวลของไอน้ำในอากาศเฉลี่ยได้

$$\text{วันที่ 9 พฤศจิกายน พ.ศ.2553} \quad 0.0101 \times 9 \times 3600 = 326.56 \text{ kg water vapor}$$

$$\text{วันที่ 10 พฤศจิกายน พ.ศ.2553} \quad 0.0130 \times 9 \times 3600 = 427.29 \text{ kg water vapor}$$

$$\text{วันที่ 11 พฤศจิกายน พ.ศ.2553} \quad 0.0118 \times 9 \times 3600 = 380.90 \text{ kg water vapor}$$

$$\text{วันที่ 12 พฤศจิกายน พ.ศ.2553} \quad 0.0099 \times 9 \times 3600 = 321.56 \text{ kg water vapor}$$

$$\text{วันที่ 13 พฤศจิกายน พ.ศ.2553} \quad 0.0117 \times 9 \times 3600 = 379.32 \text{ kg water vapor}$$

มวลไอน้ำของอากาศเฉลี่ยประมาณ 367.1 kg water vapor

จากการวิเคราะห์มวลไอน้ำของอากาศในโรงอบกล้วยสามารถนำมาเปรียบเทียบกับข้อมูลจากหัวข้อ 4.2 เปอร์เซ็นต์ความชื้นของกล้วยที่สูญเสียไปจากการคายความชื้นให้กับอากาศเป็นระยะเวลา 5 วันที่ได้ทำการตากในโรงอบกล้วยตากได้ โดยที่

มวลไอน้ำของอากาศในโรงอบกล้วยเฉลี่ยโดยประมาณ 367.1 kg water vapor

เปอร์เซ็นต์ความชื้นของกล้วยที่พิจารณาสูญเสียไป 49.24 %

ปริมาณของกล้วยที่พิจารณาเป็นประมาณ 1/2 ของปริมาณกล้วยที่สามารถตากในโรงอบกล้วย

แสดงว่า มวลไอน้ำที่เกิดจากการคายความชื้นของกล้วยที่พิจารณาโดยเฉลี่ยคิดเป็นประมาณ 49 % หรือ

ประมาณ $(49.24/100) \times 367.1 = 180.78$ kg water vapor ของปริมาณมวลไอน้ำของอากาศโดยเฉลี่ยทั้งหมดในโรงอบกล้วยพลังงานแสงอาทิตย์แบบกรีนเฮาส์

ตัวอย่างการคำนวณ 3 ค่าพลังงานความร้อนของวันที่ 9, 10, 11, 12 และ 13 พฤศจิกายน พ.ศ.2553 มีค่าเฉลี่ยประมาณ 60.24, 55.57, 49.13, 44.44 และ 56.09 กิโลวัตต์(kw) ตามลำดับ และจากพื้นที่ระนาบภายในของโรงอบกล้วยมีค่าโดยประมาณ 178 m^2

ดังนั้น ค่าพลังงานความร้อนเฉลี่ยมีค่า $(60.24+55.57+49.13+44.44+56.09)/5 = 53.1$ กิโลวัตต์ สามารถคิดเป็นค่าพลังงานความร้อนต่อพื้นที่เฉลี่ย $53,100/178 = 298.4 \text{ W/m}^2$

เมื่อเทียบกับข้อมูลแผนที่ศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์ของประเทศไทย (พ.ศ. 2542) โดยกรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงานและคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร จังหวัดพิษณุโลกมีค่าพลังงานแสงอาทิตย์ต่อพื้นที่เฉลี่ย $5.13 \text{ kwh/m}^2\text{-day}$ หรือ 213.75 W/m^2 และจากการคำนวณพื้นที่ระนาบภายในของโรงอบกล้วยมีค่าโดยประมาณ 178 m^2

ดังนั้นแสดงว่า โรงอบกล้วยพลังงานแสงอาทิตย์แบบกรีนเฮาส์นี้มีค่าความร้อนของอากาศต่อพื้นที่ค่าเฉลี่ยสูงกว่าประมาณ $[(298.4-213.75)/213.75] \times 100 = 39.6 \%$

ภาคผนวก ค

ตารางคุณสมบัติทางอากาศของโรงอบกล้วยตากพลังงานแสงอาทิตย์แบบกรีนเฮาส์

การเก็บข้อมูลของความสัมพันธ์พิกัดของอากาศและอุณหภูมิของอากาศ ซึ่งในการตรวจวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ในแต่ละแดดของกล้วยตากวันที่ 9 และ 10

พฤศจิกายน พ.ศ. 2553 ใช้ข้อมูลชุดเดียวกันโดยเก็บข้อมูลวันที่ 9 - 13 พฤศจิกายน พ.ศ. 2553

ตารางที่ 1ค. ผลการตรวจวัดความสัมพันธ์พิกัดและอุณหภูมิของอากาศ

วันที่	เวลา	ภายนอกโรงอบ(ตำแหน่งที่ 1)				ภายในโรงอบ (ตำแหน่งที่ 2,3)				ทางออกโรงอบ(ตำแหน่งที่ 4)				ผลต่าง (4-1)			
		T ₁ (°c)	%RH ₁	ω ₁ (kg/kg)	h ₁ (kJ/kg)	T ₂ (°c)	%RH ₂	T ₃ (°c)	%RH ₃	T _{avg} (°c)	%RH _{avg}	T ₄ (°c)	%RH ₄	ω ₄ (kg/kg)	h ₄ (kJ/kg)	Δω (kg/kg)	Δh (kJ/kg)
9/11/53	0:00	25.1	75	0.0149	63.153	27.1	81	27.1	81	27.1	81	28.3	81	0.0195	78.328	0.0046	15.175
	0:30	23.9	77	0.0142	60.200	26.9	82	26.9	82	26.9	82	28.1	81	0.0193	77.527	0.0051	17.327
	1:00	23.9	78	0.0144	60.681	26.7	82	26.7	82	26.7	82	28.1	81	0.0193	77.527	0.0049	16.846
	1:30	23.5	78	0.0140	59.380	26.6	81	26.6	81	26.6	81	28	81	0.0192	77.129	0.0051	17.749
	2:00	23.5	79	0.0142	59.848	26.5	80	26.5	80	26.5	80	26.8	79	0.0174	71.323	0.0032	11.474
	2:30	23.3	79	0.0141	59.199	26.4	80	26.4	80	26.4	80	26.6	80	0.0174	71.154	0.0034	11.955
	3:00	22.9	80	0.0139	58.368	26.2	80	26.2	80	26.2	80	26.7	79	0.0173	70.952	0.0034	12.585
	3:30	22.8	83	0.0143	59.394	26.1	80	26.1	80	26.1	80	26.9	79	0.0175	71.694	0.0032	12.300
	4:00	23.1	81	0.0142	59.470	26	79	26	79	26	79	27.2	80	0.0180	73.411	0.0038	13.940
	4:30	22.6	84	0.0143	59.184	25.9	78	25.9	78	25.9	78	27.4	80	0.0183	74.175	0.0039	14.991
5:00	23	83	0.0145	60.054	25.8	77	25.8	77	25.8	77	27.5	81	0.0186	75.163	0.0041	15.109	
5:30	22.8	82	0.0142	58.945	25.6	78	25.6	78	25.6	78	27.4	80	0.0183	74.175	0.0041	15.230	

ตารางที่ 1ค.(ต่อ) ผลการตรวจวัดความชื้นสัมพัทธ์และอุณหภูมิของอากาศ

วันที่	เวลา	ภายนอกโรงอบ(ตำแหน่งที่ 1)				ภายในโรงอบ (ตำแหน่งที่ 2,3)						ทางออกโรงอบ(ตำแหน่งที่ 4)				ผลต่าง (4-1)	
		T ₁ (°C)	%RH ₁	ω ₁ (kg/kg)	h ₁ (kJ/kg)	T ₂ (°C)	%RH ₂	T ₃ (°C)	%RH ₃	T _{avg} (°C)	%RH _{avg}	T ₄ (°C)	%RH ₄	ω ₄ (kg/kg)	h ₄ (kJ/kg)	Δω (kg/kg)	Δh (kJ/kg)
9/11/53	6:00	22.9	82	0.0142	59.271	25.4	77	25.4	77	25.4	77	28.3	73	0.0175	73.264	0.0033	13.993
	6:30	22.4	85	0.0143	58.967	25.4	78	25.4	78	25.4	78	30.1	69	0.0184	77.365	0.0041	18.398
	7:00	22.2	86	0.0143	58.745	26.5	77	26.5	77	26.5	77	31.9	63	0.0186	79.785	0.0043	21.040
	7:30	22.1	86	0.0142	58.416	27.7	74	27.7	74	27.7	74	33.6	59	0.0192	83.035	0.0050	24.619
	8:00	22.3	85	0.0142	58.639	28.6	68	30.5	57	29.55	62.5	34.8	47	0.0163	76.772	0.0020	18.133
	8:30	22.6	83	0.0142	58.740	29.5	65	30.8	55	30.15	60	37.4	39	0.0156	77.602	0.0014	18.862
	9:00	22	78	0.0128	54.675	34.3	56	32.5	47	33.4	51.5	39.5	32	0.0143	76.441	0.0014	21.766
	9:30	21.8	73	0.0118	51.968	36.3	45	33.7	42	35	43.5	46.2	24	0.0152	85.747	0.0034	33.779
	10:00	26.7	52	0.0113	55.609	36.4	41	34.8	37	35.6	39	49	20	0.0145	87.014	0.0033	31.405
	10:30	32	46	0.0136	66.939	36.8	40	35.6	36	36.2	38	50.3	20	0.0155	90.936	0.0020	23.997
	11:00	32.1	45	0.0133	66.467	39.4	38	36.3	33	37.85	35.5	51.4	21	0.0173	96.571	0.0039	30.104
	11:30	33	45	0.0141	69.206	41.2	37	37.6	32	39.4	34.5	51.4	20	0.0164	94.379	0.0024	25.173
	12:00	33.7	44	0.0143	70.544	43.5	35	39.4	30	41.45	32.5	52.4	22	0.0191	102.238	0.0048	31.694
	12:30	30.6	44	0.0120	61.378	45	34	42	28	43.5	31	52.9	23	0.0205	106.400	0.0085	45.022
13:00	30.8	44	0.0121	61.940	46.2	32	42.5	26	44.35	29	53.7	22	0.0203	106.921	0.0082	44.981	
13:30	31	44	0.0122	62.507	44.3	30	42.8	25	43.55	27.5	53.9	21	0.0196	105.156	0.0073	42.649	
14:00	31.2	45	0.0127	63.812	42.4	32	43.5	23	42.95	27.5	54.3	22	0.0210	109.151	0.0083	45.340	
14:30	31.4	45	0.0128	64.395	40.7	33	43.8	22	42.25	27.5	54.2	25	0.0238	116.455	0.0110	52.060	

ตารางที่ 1ค.(ต่อ) ผลการตรวจวัดความชื้นสัมพัทธ์และอุณหภูมิของอากาศ

วันที่	เวลา	ภายในโรงอบ (ตำแหน่งที่ 1)					ภายในโรงอบ (ตำแหน่งที่ 2,3)					ทางออกโรงอบ(ตำแหน่งที่ 4)					ผลต่าง (4-1)	
		T ₁ (°C)	%RH ₁	ω ₁ (kg/kg)	h ₁ (kJ/kg)	T ₂ (°C)	%RH ₂	T ₃ (°C)	%RH ₃	T _{avg} (°C)	%RH _{avg}	T ₄ (°C)	%RH ₄	ω ₄ (kg/kg)	h ₄ (kJ/kg)	Δω (kg/kg)	Δh (kJ/kg)	
9/11/53	15:00	31.7	45	0.0130	65.277	36.9	41	42.8	25	39.85	33	53.7	27	0.0251	119.425	0.0121	54.148	
	15:30	30.4	49	0.0132	64.327	34.3	48	41.2	28	37.75	38	51.3	34	0.0283	125.117	0.0151	60.790	
	16:00	29.6	58	0.0150	68.018	33.1	52	37.8	35	35.45	43.5	48.3	34	0.0242	111.409	0.0093	43.391	
	16:30	29.2	61	0.0154	68.695	32.1	54	36.5	37	34.3	45.5	45.3	38	0.0232	105.663	0.0079	36.968	
	17:00	28.6	64	0.0156	68.618	31.8	56	33.6	47	32.7	51.5	37.4	39	0.0156	77.602	-0.0001	8.984	
	17:30	27.9	66	0.0154	67.496	32.4	57	31.6	53	32	55	36.9	45	0.0175	82.137	0.0021	14.640	
	18:00	27.6	67	0.0154	67.089	32.9	58	29.3	61	31.1	59.5	35.5	55	0.0199	86.818	0.0045	19.730	
	18:30	27.2	67	0.0150	65.746	32.2	64	29.1	63	30.65	63.5	34.3	56	0.0189	83.093	0.0039	17.347	
	19:00	26.4	68	0.0146	63.681	29.9	58	28.5	63	29.2	60.5	33.6	56	0.0182	80.459	0.0036	16.777	
	19:30	26.2	68	0.0144	63.031	28.5	59	27.7	66	28.1	62.5	32.5	57	0.0174	77.261	0.0030	14.231	
	20:00	26.1	69	0.0145	63.256	27.9	60	26.5	65	27.2	62.5	32.6	57	0.0175	77.623	0.0030	14.367	
	20:30	25.9	69	0.0143	62.606	27.6	62	26	67	26.8	64.5	31.9	64	0.0189	80.565	0.0046	17.959	
	21:00	25.8	70	0.0145	62.821	27.2	65	25.6	69	26.4	67	29.4	60	0.0153	68.700	0.0008	5.878	
21:30	25.5	75	0.0152	64.498	26.7	67	25.5	71	26.1	69	28.4	60	0.0144	65.424	-0.0008	0.926		
22:00	25.4	75	0.0152	64.160	26.4	70	24.8	73	25.6	71.5	28.1	60	0.0142	64.465	-0.0010	0.305		
22:30	24.1	81	0.0151	62.800	26.2	71	24.4	74	25.3	72.5	28	59	0.0139	63.534	-0.0013	0.734		
23:00	23.3	83	0.0148	61.053	26	72	24	77	25	74.5	27.8	60	0.0139	63.516	-0.0009	2.463		
23:30	23.1	84	0.0148	60.844	25.7	71	23.9	79	24.8	75	26.5	69	0.0149	64.571	0.0001	3.727		

ตารางที่ 1ค.(ต่อ) ผลการตรวจวัดความชื้นสัมพัทธ์และอุณหภูมิของอากาศ

วันที่	เวลา	ภายนอกโรงอบ(ตำแหน่งที่ 1)				ภายในโรงอบ (ตำแหน่งที่ 2,3)						ทางออกโรงอบ(ตำแหน่งที่ 4)				ผลต่าง (4-1)	
		T ₁ (°C)	%RH ₁	ω ₁ (kg/kg)	h ₁ (kJ/kg)	T ₂ (°C)	%RH ₂	T ₃ (°C)	%RH ₃	T _{avg} (°C)	%RH _{avg}	T ₄ (°C)	%RH ₄	ω ₄ (kg/kg)	h ₄ (kJ/kg)	Δω	Δh (kJ/kg)
10/11/53	0:00	23.2	83	0.0147	60.719	25.7	72	23.6	78	24.65	75	26.4	69	0.0148	64.240	0.0001	3.521
	0:30	23.5	81	0.0146	60.787	26.1	71	24	78	25.05	74.5	26.8	69	0.0151	65.570	0.0005	4.784
	1:00	23.8	86	0.0158	64.183	26.4	70	24.4	79	25.4	74.5	27.2	72	0.0162	68.686	0.0004	4.502
	1:30	24.1	86	0.0161	65.242	26.5	71	23.7	82	25.1	76.5	27.3	73	0.0165	69.630	0.0004	4.388
	2:00	22.7	88	0.0151	61.303	26.5	71	23.7	81	25.1	76	27.5	75	0.0172	71.547	0.0021	10.245
	2:30	22.9	88	0.0153	61.988	26.3	72	23.8	82	25.05	77	27.6	75	0.0173	71.915	0.0020	9.926
	3:00	23.2	86	0.0152	62.103	25.9	74	23.5	84	24.7	79	27.8	77	0.0180	73.880	0.0027	11.777
	3:30	22.3	90	0.0151	60.821	25.7	75	23.1	85	24.4	80	28.2	77	0.0184	75.406	0.0033	14.586
	4:00	22.1	90	0.0149	60.140	25.7	75	22.7	86	24.2	80.5	28.5	78	0.0190	77.209	0.0041	17.069
	4:30	22.1	91	0.0151	60.571	25.9	73	22.8	85	24.35	79	28.7	77	0.0190	77.350	0.0039	16.778
	5:00	22.4	88	0.0149	60.284	25.9	75	22.6	84	24.25	79.5	28.9	75	0.0187	76.825	0.0038	16.541
	5:30	22.7	86	0.0148	60.407	25.9	74	23.3	81	24.6	77.5	29.3	77	0.0197	79.734	0.0049	19.327
	6:00	23.4	85	0.0152	62.323	25.7	77	24.5	78	25.1	77.5	29.5	71	0.0183	76.462	0.0031	14.138
6:30	24.3	82	0.0155	63.976	25.6	77	25.4	77	25.5	77	29.7	62	0.0161	71.068	0.0006	7.092	
7:00	24.6	80	0.0154	64.012	27.4	75	25.8	75	26.6	75	29.9	59	0.0155	69.695	0.0001	5.684	
7:30	25.7	75	0.0154	65.178	28.6	72	26.5	68	27.55	70	30.2	56	0.0150	68.609	-0.0005	3.431	
8:00	25.9	72	0.0150	64.233	30.4	65	27.3	65	28.85	65	31.8	54	0.0158	72.459	0.0008	8.226	
8:30	26.4	68	0.0146	63.681	32.1	63	28.4	52	30.25	57.5	32.8	53	0.0164	75.084	0.0019	11.403	

ตารางที่ 1ค.(ต่อ) ผลการตรวจวัดความชื้นสัมพัทธ์และอุณหภูมิของอากาศ

วันที่	เวลา	ภายนอกโรงอบ(ตำแหน่งที่ 1)					ภายในโรงอบ(ตำแหน่งที่ 2,3)					ทางออกโรงอบ(ตำแหน่งที่ 4)					ผลต่าง (4-1)	
		T ₁ (°C)	%RH ₁	ω ₁ (kg/kg)	h ₁ (kJ/kg)	T ₂ (°C)	%RH ₂	T ₃ (°C)	%RH ₃	T _{avg} (°C)	%RH _{avg}	T ₄ (°C)	%RH ₄	ω ₄ (kg/kg)	h ₄ (kJ/kg)	Δω (kg/kg)	Δh (kJ/kg)	
10/11/53	9:00	28.7	58	0.0142	65.115	52	29.7	50	32.55	51	35.6	47	52	0.0170	79.533	0.0028	14.418	
	9:30	28.8	55	0.0135	63.506	48	31.1	47	34.15	47.5	39.5	46	48	0.0207	93.029	0.0072	29.523	
	10:00	28.8	55	0.0135	63.506	38	33.2	45	36.25	41.5	41.8	44	38	0.0224	99.870	0.0089	36.364	
	10:30	30	52	0.0137	65.200	34	34.3	43	37.9	38.5	42.8	46	34	0.0248	107.027	0.0111	41.828	
	11:00	30.1	50	0.0132	64.124	30	36	38	38.5	34	44.5	41	30	0.0241	107.041	0.0109	42.916	
	11:30	31.8	45	0.0131	65.573	30	36.6	35	40.4	32.5	45.2	41	30	0.0250	110.147	0.0119	44.575	
	12:00	31.7	40	0.0116	61.498	26	39.3	34	42.1	30	45.5	35	26	0.0216	101.553	0.0100	40.055	
	12:30	32.4	45	0.0136	67.370	26	39.9	30	42.9	28	46.2	32	26	0.0204	99.260	0.0068	31.890	
	13:00	32.2	41	0.0122	63.652	26	41.8	29	43.85	27.5	46.5	33	26	0.0214	102.144	0.0092	38.492	
	13:30	32.5	42	0.0127	65.294	45.9	25	41.9	28	43.9	26.5	46.7	32	0.0209	101.185	0.0082	35.891	
	14:00	32.7	40	0.0122	64.274	45.8	25	42.2	30	44	27.5	46.3	32	0.0205	99.643	0.0083	35.368	
	14:30	32.4	45	0.0136	67.370	45.3	27	41.7	27	43.5	27	45.9	32	0.0201	98.122	0.0065	30.751	
	15:00	31.9	50	0.0147	69.711	42.8	30	40.8	28	41.8	29	44.3	36	0.0208	98.405	0.0061	28.694	
	15:30	31.6	48	0.0139	67.243	41	32	39.8	29	40.4	30.5	43.8	38	0.0215	99.478	0.0076	32.235	
16:00	30.8	52	0.0144	67.698	38.8	36	39	29	38.9	32.5	43.4	39	0.0216	99.362	0.0072	31.664		
16:30	29.4	58	0.0148	67.364	34.9	46	38.9	27	36.9	36.5	43.2	44	0.0242	105.895	0.0094	38.530		
17:00	28.7	64	0.0157	68.958	33.2	48	38.7	31	35.95	39.5	42.8	51	0.0276	114.288	0.0119	45.330		
17:30	28	67	0.0158	68.451	32.8	52	38.5	34	35.65	43	42.5	55	0.0294	118.572	0.0136	50.120		

ตารางที่ 1ค.(ต่อ) ผลการตรวจวัดความชื้นสัมพัทธ์และอุณหภูมิของอากาศ

วันที่	เวลา	ภายนอกโรงอบ(ตำแหน่งที่ 1)				ภายในโรงอบ(ตำแหน่งที่ 2,3)						ทางออกโรงอบ(ตำแหน่งที่ 4)				ผลต่าง (4-1)	
		T ₁ (°C)	%RH ₁	ω ₁ (kg/kg)	h ₁ (kJ/kg)	T ₂ (°C)	%RH ₂	T ₃ (°C)	%RH ₃	T _{avg} (°C)	%RH _{avg}	T ₄ (°C)	%RH ₄	ω ₄ (kg/kg)	h ₄ (kJ/kg)	Δω (kg/kg)	Δh (kJ/kg)
10/11/53	18:00	27.5	70	0.0160	68.546	32.4	58	35.5	40	33.95	49	42.2	58	0.0306	121.287	0.0145	52.740
	18:30	26.9	73	0.0161	68.216	31.7	65	34.4	42	33.05	53.5	39.8	66	0.0306	118.950	0.0145	50.734
	19:00	26.7	74	0.0162	68.089	31.3	69	33.3	47	32.3	58	35.7	66	0.0243	98.352	0.0082	30.263
	19:30	26.8	75	0.0165	69.017	30.8	71	32.2	49	31.5	60	34.5	66	0.0227	92.956	0.0062	23.939
	20:00	26.7	79	0.0173	70.952	30.9	72	31.2	65	31.05	68.5	33.6	72	0.0236	94.294	0.0063	23.342
	20:30	26.8	77	0.0169	70.169	30.9	72	29.5	69	30.2	70.5	31	69	0.0194	80.857	0.0025	10.688
	21:00	26.3	78	0.0167	68.927	30.7	72	29.1	76	29.9	74	31.1	72	0.0204	83.496	0.0037	14.569
	21:30	26.5	76	0.0164	68.519	30.2	73	29.3	76	29.75	74.5	30.9	72	0.0202	82.679	0.0038	14.161
	22:00	25.4	79	0.0160	66.272	28.7	74	29.5	76	29.1	75	30.2	74	0.0199	81.290	0.0039	15.018
	22:30	25.3	78	0.0157	65.396	28.6	75	29.4	76	29	75.5	29.8	75	0.0197	80.378	0.0040	14.982
11/11/53	23:00	24.6	83	0.0160	65.522	28.2	76	28.3	79	28.25	77.5	29.6	75	0.0195	79.578	0.0035	14.055
	23:30	24.2	86	0.0162	65.598	28.1	78	28	79	28.05	78.5	27.7	71	0.0165	69.852	0.0002	4.254
	0:00	23.9	87	0.0161	65.018	28.7	79	24.2	83	26.45	81	29.3	71	0.0181	75.704	0.0020	10.686
	0:30	23.9	85	0.0157	64.052	28.4	79	25.3	83	26.85	81	29.1	82	0.0207	82.265	0.0050	18.213
	1:00	23.6	84	0.0152	62.537	28.2	78	26.8	83	27.5	80.5	28.9	75	0.0187	76.825	0.0034	14.288
	1:30	23.1	85	0.0150	61.303	27.9	78	26.7	83	27.3	80.5	28.4	78	0.0189	76.816	0.0039	15.513
	2:00	22.6	85	0.0145	59.628	27.7	77	26.2	82	26.95	79.5	28.2	81	0.0194	77.926	0.0049	18.298
2:30	22.4	86	0.0145	59.406	27.4	77	26.1	82	26.75	79.5	27.8	78	0.0182	74.494	0.0037	15.088	

ตารางที่ 1ค.(ต่อ) ผลการตรวจวัดความชื้นสัมพัทธ์และอุณหภูมิของอากาศ

วันที่	เวลา	ภายนอกโรงอบ(ตำแหน่งที่ 1)					ภายในโรงอบ(ตำแหน่งที่ 2,3)							ทางออกโรงอบ(ตำแหน่งที่ 4)					ผลต่าง (4-1)	
		T ₁ (°C)	%RH ₁	ω ₁ (kg/kg)	h ₁ (kJ/kg)	T ₂ (°C)	%RH ₂	T ₃ (°C)	%RH ₃	T _{avg} (°C)	%RH _{avg}	T ₄ (°C)	%RH ₄	ω ₄ (kg/kg)	h ₄ (kJ/kg)	Δω (kg/kg)	Δh (kJ/kg)			
11/11/53	3:00	22.3	85	0.0142	58.639	27.2	78	25.8	83	26.5	80.5	27.5	78	0.0179	73.353	0.0037	14.715			
	3:30	22.1	84	0.0139	57.556	27.1	78	25.7	83	26.4	80.5	27.2	83	0.0187	75.190	0.0048	17.634			
	4:00	21.9	85	0.0139	57.338	27	78	25.5	83	26.25	80.5	27.1	81	0.0182	73.620	0.0043	16.282			
	4:30	22.3	83	0.0139	57.768	27.2	77	25.4	83	26.3	80	27.5	79	0.0181	73.956	0.0042	16.188			
	5:00	22.5	82	0.0139	57.974	27.4	76	25.9	82	26.65	79	27.8	77	0.0180	73.880	0.0041	15.906			
	5:30	22.7	82	0.0141	58.620	27.5	75	26.2	82	26.85	78.5	28.2	77	0.0184	75.406	0.0044	16.786			
	6:00	22.9	80	0.0139	58.368	27.5	75	26.7	80	27.1	77.5	28.5	76	0.0185	75.927	0.0046	17.559			
	6:30	23.2	80	0.0142	59.337	27.6	74	26.8	80	27.2	77	28.7	75	0.0185	76.053	0.0043	16.716			
	7:00	23.5	81	0.0146	60.787	28.7	73	27.1	79	27.9	76	28.9	74	0.0184	76.170	0.0038	15.383			
	7:30	23.7	82	0.0150	61.928	30.1	70	27.2	78	28.65	74	30.5	71	0.0194	80.343	0.0045	18.415			
	8:00	24.1	81	0.0151	62.800	30.6	68	29.2	73	29.9	70.5	30.9	73	0.0205	83.419	0.0053	20.619			
	8:30	24.6	76	0.0146	62.002	31.4	63	29.4	71	30.4	67	31.9	66	0.0195	82.127	0.0049	20.125			
	9:00	25.2	75	0.0150	63.487	32.5	59	30.7	67	31.6	63	32.8	63	0.0196	83.275	0.0047	19.788			
9:30	26.2	74	0.0157	66.348	34.7	55	31.1	64	32.9	59.5	35.2	62	0.0222	92.264	0.0065	25.916				
10:00	27.2	72	0.0162	68.686	37.2	53	33.3	57	35.25	55	37.8	58	0.0239	99.595	0.0077	30.910				
10:30	28.5	69	0.0168	71.457	39.8	49	34.5	56	37.15	52.5	40.2	56	0.0264	108.408	0.0096	36.951				
11:00	30.2	65	0.0174	74.925	40.5	40	36.2	55	38.35	47.5	40.8	54	0.0263	108.716	0.0088	33.792				
11:30	30.7	63	0.0174	75.318	38.6	36	37.3	48	37.95	42	41.6	48	0.0243	104.436	0.0069	29.118				

ตารางที่ 1ค.(ต่อ) ผลการตรวจวัดความชื้นสัมพัทธ์และอุณหภูมิของอากาศ

วันที่	เวลา	ภายนอกโรงอบ(ตำแหน่งที่ 1)					ภายในโรงอบ(ตำแหน่งที่ 2,3)							ทางออกโรงอบ(ตำแหน่งที่ 4)					ผลต่าง (4-1)	
		T ₁ (°C)	%RH ₁	ω ₁ (kg/kg)	h ₁ (kJ/kg)	T ₂ (°C)	%RH ₂	T ₃ (°C)	%RH ₃	T _{avg} (°C)	%RH _{avg}	T ₄ (°C)	%RH ₄	ω ₄ (kg/kg)	h ₄ (kJ/kg)	Δω (kg/kg)	Δh (kJ/kg)			
11/11/53	12:00	31	61	0.0171	74.940	40.8	31	37.8	35	39.3	33	41.9	45	0.0231	101.660	0.0060	26.720			
	12:30	31.4	58	0.0166	74.125	41.4	30	38.3	33	39.85	31.5	42.5	39	0.0206	95.790	0.0039	21.665			
	13:00	31.9	53	0.0156	72.025	44	28	39.1	31	41.55	29.5	45.3	36	0.0220	102.389	0.0064	30.364			
	13:30	32.6	51	0.0156	72.786	44.8	27	41.2	27	43	27	45.6	35	0.0217	101.953	0.0061	29.167			
	14:00	32.4	48	0.0145	69.743	44.9	24	42.2	28	43.55	26	45.3	37	0.0226	104.024	0.0081	34.282			
	14:30	32.1	47	0.0140	68.020	41.3	29	42.4	28	41.85	28.5	44.5	39	0.0229	103.892	0.0089	35.872			
	15:00	32	47	0.0139	67.711	39.3	33	38.6	31	38.95	32	43.6	41	0.0230	103.165	0.0091	35.454			
	15:30	30.5	48	0.0130	63.920	36.7	39	36.3	36	36.5	37.5	43.4	43	0.0239	105.293	0.0109	41.373			
	16:00	31.3	55	0.0156	71.532	35.7	51	33.8	43	34.75	47	43.1	44	0.0241	105.454	0.0084	33.922			
	16:30	31.4	59	0.0169	74.878	58	32.4	48	33.8	53	39.5	48	58	0.0215	95.853	0.0046	20.975			
	17:00	30.7	65	0.0179	76.769	61	31.4	57	33.05	59	37.6	49	61	0.0216	95.426	0.0037	18.657			
	17:30	30.2	66	0.0177	75.629	62	30.8	64	32	63	35.4	53	62	0.0199	88.951	0.0022	13.322			
18:00	29.3	67	0.0170	73.028	64	30.2	66	31.35	65	33.3	56	64	0.0191	84.521	0.0020	11.493				
18:30	28.4	68	0.0164	70.467	66	29.7	66	30.45	66	32.8	57	66	0.0179	79.351	0.0015	8.883				
19:00	28.1	70	0.0166	70.659	63	30	68	30.15	65.5	31.2	62	63	0.0177	78.350	0.0011	7.692				
19:30	28.2	74	0.0177	73.522	63	29.8	70	30	66.5	31	65	63	0.0176	76.407	-0.0001	2.885				
20:00	28.4	74	0.0179	74.271	65	29.5	75	29.75	70	30.6	66	65	0.0183	77.893	0.0004	3.622				
20:30	28.1	75	0.0178	73.773	66	29.4	75	29.55	70.5	30.1	67	66	0.0181	77.119	0.0003	3.346				

ตารางที่ 1ค.(ต่อ) ผลการตรวจวัดความชื้นสัมพัทธ์และอุณหภูมิของอากาศ

วันที่	เวลา	ภายนอกโรงอบ(ตำแหน่งที่ 1)					ภายในโรงอบ(ตำแหน่งที่ 2,3)					ทางออกโรงอบ(ตำแหน่งที่ 4)					ผลต่าง (4-1)	
		T ₁ (°C)	%RH ₁	ω ₁ (kg/kg)	h ₁ (kJ/kg)	T ₂ (°C)	%RH ₂	T ₃ (°C)	%RH ₃	T _{avg} (°C)	%RH _{avg}	T ₄ (°C)	%RH ₄	ω ₄ (kg/kg)	h ₄ (kJ/kg)	Δω (kg/kg)	Δh (kJ/kg)	
11/11/53	21:00	27.7	76	0.0176	72.893	29.3	68	29.2	77	29.25	72.5	29.4	68	0.0179	75.962	0.0002	3.069	
	21:30	27.4	76	0.0173	71.779	28.9	70	29.1	77	29	73.5	28.8	68	0.0174	74.062	0.0001	2.283	
	22:00	26.6	78	0.0170	70.014	28.6	70	28.8	78	28.7	74	27.9	67	0.0168	71.888	-0.0002	1.875	
	22:30	26.2	78	0.0166	68.568	28.4	67	28.7	78	28.55	72.5	28.1	66	0.0157	68.109	-0.0009	-0.459	
	23:00	25.4	78	0.0158	65.743	28.3	64	28.4	77	28.35	70.5	28.4	64	0.0156	68.175	-0.0001	2.432	
	23:30	24.7	79	0.0153	63.849	28	64	28.3	77	28.15	70.5	39.5	48	0.0154	67.942	0.0001	4.092	
	21:00	27.7	76	0.0176	72.893	29.3	68	29.2	77	29.25	72.5	29.4	68	0.0179	75.962	0.0002	3.069	
	21:30	27.4	76	0.0173	71.779	28.9	70	29.1	77	29	73.5	28.8	68	0.0174	74.062	0.0001	2.283	
	22:00	26.6	78	0.0170	70.014	28.6	70	28.8	78	28.7	74	27.9	67	0.0168	71.888	-0.0002	1.875	
	22:30	26.2	78	0.0166	68.568	28.4	67	28.7	78	28.55	72.5	28.1	66	0.0157	68.109	-0.0009	-0.459	
12/11/53	23:00	25.4	78	0.0158	65.743	28.3	64	28.4	77	28.35	70.5	28.4	64	0.0156	68.175	-0.0001	2.432	
	23:30	24.7	79	0.0153	63.849	28	64	28.3	77	28.15	70.5	39.5	48	0.0154	67.942	0.0001	4.092	
	0:00	23.6	80	0.0145	60.647	27.9	73	28	76	27.95	74.5	30.6	56	0.0153	69.926	0.0008	9.280	
	0:30	23.6	79	0.0143	60.175	27.9	73	27.9	76	27.9	74.5	30.4	55	0.0149	68.558	0.0005	8.383	
	1:00	24	77	0.0143	60.525	27.9	73	27.8	76	27.85	74.5	30.4	53	0.0143	67.145	0.0000	6.620	
	1:30	23.8	79	0.0145	60.831	28.1	73	27.8	76	27.95	74.5	30.3	54	0.0145	67.531	0.0000	6.700	
	2:00	24.2	76	0.0143	60.690	28.2	72	27.7	76	27.95	74	30.1	54	0.0143	66.894	0.0000	6.204	
	2:30	23.9	75	0.0138	59.240	28.2	72	27.4	76	27.8	74	30	54	0.0142	66.577	0.0004	7.338	

ตารางที่ 1ค.(ต่อ) ผลการตรวจวัดความชื้นสัมพัทธ์และอุณหภูมิของอากาศ

วันที่	เวลา	ภายนอกโรงอบ(ตำแหน่งที่ 1)					ภายในโรงอบ(ตำแหน่งที่ 2,3)					ทางออกโรงอบ(ตำแหน่งที่ 4)					ผลต่าง (4-1)	
		T ₁ (°C)	%RH ₁	ω ₁ (kg/kg)	h ₁ (kJ/kg)	T ₂ (°C)	%RH ₂	T ₃ (°C)	%RH ₃	T _{avg} (°C)	%RH _{avg}	T ₄ (°C)	%RH ₄	ω ₄ (kg/kg)	h ₄ (kJ/kg)	Δω (kg/kg)	Δh (kJ/kg)	
12/11/53	3:00	23.3	73	0.0130	56.426	28.4	72	27	76	27.7	74	29.9	55	0.0144	66.947	0.0015	10.521	
	3:30	23.4	73	0.0130	56.733	28.5	72	26.9	76	27.7	74	29.8	55	0.0143	66.629	0.0013	9.896	
	4:00	23.5	71	0.0128	56.106	28.6	72	26.7	77	27.65	74.5	29.6	56	0.0144	66.669	0.0017	10.563	
	4:30	23.5	71	0.0128	56.106	28.9	72	26.6	77	27.75	74.5	29.7	56	0.0145	66.989	0.0018	10.883	
	5:00	23.6	70	0.0127	55.939	29.3	72	26.4	78	27.85	75	29.6	57	0.0147	67.343	0.0020	11.404	
	5:30	23.9	68	0.0125	55.888	29.2	72	26.4	77	27.8	74.5	29.6	57	0.0147	67.343	0.0022	11.455	
	6:00	24.1	67	0.0125	56.002	29.1	72	26.2	78	27.65	75	29.4	58	0.0148	67.364	0.0023	11.363	
	6:30	24.5	66	0.0126	56.701	29.3	67	27.5	78	28.4	72.5	30.5	58	0.0158	71.020	0.0032	14.318	
	7:00	24.7	66	0.0127	57.299	29.2	62	28.7	75	28.95	68.5	32.7	59	0.0182	79.614	0.0055	22.315	
	7:30	25.4	65	0.0131	58.903	29.7	58	29.4	71	29.55	64.5	33.5	56	0.0181	80.088	0.0050	21.185	
	8:00	26.8	64	0.0140	62.709	30.6	52	31.4	66	31	59	35.4	54	0.0194	85.473	0.0054	22.763	
	8:30	27.9	55	0.0128	60.789	31.9	43	32.8	58	32.35	50.5	36.7	52	0.0201	88.575	0.0073	27.785	
9:00	29.4	50	0.0127	62.046	33.3	39	33.9	50	33.6	44.5	38	48	0.0199	89.420	0.0072	27.374		
9:30	29.1	53	0.0132	63.125	34.6	35	34.1	48	34.35	41.5	39.5	43	0.0193	89.446	0.0061	26.321		
10:00	30.6	48	0.0131	64.217	35.8	34	34.3	46	35.05	40	40.8	42	0.0202	93.191	0.0072	28.974		
10:30	30	50	0.0132	63.824	37.8	33	35.2	44	36.5	38.5	42.2	39	0.0202	94.625	0.0071	30.801		
11:00	30.2	50	0.0133	64.426	35.7	34	36.1	41	35.9	37.5	42.5	41	0.0216	98.604	0.0083	34.178		
11:30	30.7	52	0.0143	67.382	35.1	35	37	41	36.05	38	42.8	42	0.0226	101.264	0.0083	33.882		

ตารางที่ 1ค.(ต่อ) ผลการตรวจวัดความชื้นสัมพัทธ์และอุณหภูมิของอากาศ

วันที่	เวลา	ภายนอกโรงอบ(ตำแหน่งที่ 1)					ภายในโรงอบ(ตำแหน่งที่ 2,3)						ทางออกโรงอบ(ตำแหน่งที่ 4)					ผลต่าง (4-1)	
		T ₁ (°C)	%RH ₁	ω ₁ (kg/kg)	h ₁ (kJ/kg)	T ₂ (°C)	%RH ₂	T ₃ (°C)	%RH ₃	T _{avg} (°C)	%RH _{avg}	T ₄ (°C)	%RH ₄	ω ₄ (kg/kg)	h ₄ (kJ/kg)	Δω (kg/kg)	Δh (kJ/kg)		
12/11/53	12:00	31	51	0.0142	67.603	36.7	33	38.8	38	37.75	35.5	42.9	39	0.0210	97.363	0.0068	29.760		
	12:30	31.4	43	0.0122	62.908	38.6	31	39.6	35	39.1	33	43.1	37	0.0201	95.257	0.0079	32.349		
	13:00	31.9	45	0.0132	65.870	40.8	27	40.7	30	40.75	28.5	45.7	30	0.0186	94.062	0.0054	28.192		
	13:30	32.6	41	0.0125	64.788	40.5	25	41.5	28	41	26.5	45.7	30	0.0186	94.062	0.0061	29.274		
	14:00	32.4	41	0.0123	64.218	40.6	25	40.7	29	40.65	27	45.6	29	0.0179	92.066	0.0055	27.848		
	14:30	32.1	44	0.0130	65.692	40.1	25	40.3	30	40.2	27.5	45.1	32	0.0193	95.143	0.0062	29.452		
	15:00	32	44	0.0130	65.397	39.3	27	38.3	38	38.8	32.5	43.5	34	0.0188	92.370	0.0059	26.973		
	15:30	30.5	51	0.0138	66.044	38.4	30	36.8	44	37.6	37	42.3	35	0.0182	89.475	0.0044	23.432		
	16:00	31.3	49	0.0139	67.066	35.2	37	35.8	50	35.5	43.5	37.8	43	0.0176	83.224	0.0037	16.158		
	16:30	31.4	50	0.0143	68.123	37.1	43	35.4	55	36.25	49	37.8	37	0.0151	76.766	0.0008	8.643		
	17:00	30.7	56	0.0154	70.259	36.5	51	34.5	57	35.5	54	37.5	40	0.0161	78.986	0.0007	8.727		
	17:30	30.2	57	0.0152	69.308	35.5	54	33.3	60	34.4	57	36.7	43	0.0165	79.398	0.0013	10.090		
18:00	29.3	62	0.0157	69.696	34	57	32.6	65	33.3	61	36	46	0.0170	79.966	0.0013	10.271			
18:30	28.4	67	0.0162	69.835	32.8	62	31.8	70	32.3	66	34.4	53	0.0180	80.782	0.0018	10.946			
19:00	28.1	70	0.0166	70.659	31.7	67	31.4	71	31.55	69	33	55	0.0173	77.429	0.0007	6.770			
19:30	28.2	74	0.0177	73.522	31	67	31.3	72	31.15	69.5	33	62	0.0195	83.235	0.0018	9.713			
20:00	28.4	71	0.0172	72.367	32.4	69	31	73	31.7	71	32.8	65	0.0203	84.923	0.0031	12.556			
20:30	28.1	72	0.0171	71.903	31.5	69	29.4	74	30.45	71.5	32.6	68	0.0210	86.565	0.0039	14.662			

ตารางที่ 1ค.(ต่อ) ผลการตรวจวัดความชื้นสัมพัทธ์และอุณหภูมิของอากาศ

วันที่	เวลา	ภายนอกโรงอบ(ตำแหน่งที่ 1)						ภายในโรงอบ(ตำแหน่งที่ 2,3)						ทางออกโรงอบ(ตำแหน่งที่ 4)						ผลต่าง (4-1)	
		T ₁ (°C)	%RH ₁	ω ₁ (kg/kg)	h ₁ (kJ/kg)	T ₂ (°C)	%RH ₂	T ₃ (°C)	%RH ₃	T _{avg} (°C)	%RH _{avg}	T ₄ (°C)	%RH ₄	ω ₄ (kg/kg)	h ₄ (kJ/kg)	Δω	Δh (kJ/kg)				
12/11/53	21:00	27.7	75	0.0174	72.283	30.8	69	29.2	76	30	72.5	63	0.0193	82.098	0.0019	9.814					
	21:30	27.5	75	0.0172	71.547	30.6	71	29.1	77	29.85	74	65	0.0196	82.524	0.0024	10.976					
	22:00	26.8	76	0.0167	69.593	30.3	74	28.8	78	29.55	76	68	0.0197	82.086	0.0030	12.494					
	22:30	26.4	77	0.0165	68.725	29.5	76	28.7	78	29.1	77	68	0.0188	78.951	0.0023	10.225					
	23:00	25.8	77	0.0159	66.603	28.3	77	28.4	77	28.35	77	69	0.0184	77.365	0.0025	10.763					
	23:30	25.4	78	0.0158	65.743	27.5	78	28.3	77	27.9	77.5	69	0.0176	74.365	0.0018	8.622					
13/11/53	0:00	25.2	78	0.0156	65.051	29.3	72	27.8	76	28.55	74	64	0.0164	71.376	0.0008	6.325					
	0:30	24.9	82	0.0161	66.073	29.3	72	27.8	76	28.55	74	64	0.0165	71.727	0.0003	5.654					
	1:00	25	83	0.0164	66.944	29.2	72	27.7	76	28.45	74	65	0.0169	73.116	0.0005	6.171					
	1:30	25	83	0.0164	66.944	29.3	72	27.4	76	28.35	74	63	0.0163	71.401	-0.0001	4.457					
	2:00	24.9	80	0.0157	65.047	29.2	72	27.2	76	28.2	74	64	0.0164	71.376	0.0007	6.329					
	2:30	24.5	81	0.0155	64.169	29.1	72	27	76	28.05	74	64	0.0163	71.027	0.0007	6.858					
	3:00	24.9	81	0.0159	65.560	28.9	72	26.9	76	27.9	74	63	0.0158	69.674	-0.0001	4.114					
	3:30	24.6	83	0.0160	65.522	28.6	72	26.7	76	27.65	74	83	0.0208	82.089	0.0047	16.567					
	4:00	24.2	83	0.0156	64.123	28.5	72	26.7	77	27.6	74.5	81	0.0201	80.359	0.0045	16.236					
	4:30	24	83	0.0154	63.431	28.4	72	26.6	77	27.5	74.5	79	0.0194	78.248	0.0039	14.817					
	5:00	23.9	84	0.0155	63.570	28.2	72	26.4	78	27.3	75	77	0.0188	76.568	0.0032	12.998					
	5:30	23.7	85	0.0155	63.356	28.2	72	26.4	78	27.3	75	77	0.0191	77.743	0.0036	14.387					

ตารางที่ 1ค.(ต่อ) ผลการตรวจวัดความชื้นสัมพัทธ์และอุณหภูมิของอากาศ

วันที่	เวลา	ภายนอกโรงอบ(ตำแหน่งที่ 1)				ภายในโรงอบ(ตำแหน่งที่ 2,3)							ทางออกโรงอบ(ตำแหน่งที่ 4)					ผลต่าง (4-1)	
		T ₁ (°C)	%RH ₁	ω ₁ (kg/kg)	h ₁ (kJ/kg)	T ₂ (°C)	%RH ₂	T ₃ (°C)	%RH ₃	T _{avg} (°C)	%RH _{avg}	T ₄ (°C)	%RH ₄	ω ₄ (kg/kg)	h ₄ (kJ/kg)	Δω	Δh		
13/11/53	6:00	23.3	85	0.0152	61.982	28.1	73	26.4	77	27.25	75	29.1	76	0.0192	78.268	0.0040	16.286		
	6:30	23.5	88	0.0159	64.079	27.9	73	26.4	77	27.15	75	29.3	75	0.0191	78.389	0.0032	14.309		
	7:00	23.8	86	0.0158	64.183	30.3	67	26.2	78	28.25	72.5	30.7	56	0.0154	70.259	-0.0004	6.075		
	7:30	25.6	84	0.0172	69.658	34.9	60	26.1	78	30.5	69	35.2	52	0.0185	82.823	0.0012	13.165		
	8:00	25.9	83	0.0173	70.229	36.2	53	26.2	78	31.2	65.5	37.5	49	0.0198	88.563	0.0024	18.334		
	8:30	25.8	82	0.0170	69.315	38.3	48	26.8	76	32.55	62	38.6	45	0.0193	88.370	0.0022	19.056		
	9:00	26.7	75	0.0173	70.229	41.8	35	27.9	73	34.85	54	41.9	41	0.0210	96.193	0.0036	25.964		
	9:30	27.8	73	0.0170	69.315	44.4	30	29.7	69	37.05	49.5	45.2	33	0.0200	97.125	0.0030	27.810		
	10:00	31.8	65	0.0164	68.661	46.4	27	32.5	63	39.45	45	46.9	31	0.0205	100.197	0.0041	31.536		
	10:30	33	58	0.0170	71.429	46.8	25	35.5	43	41.15	34	47.3	28	0.0188	96.336	0.0018	24.907		
	11:00	33.1	55	0.0191	80.956	47.7	24	38.8	35	43.25	29.5	47.8	28	0.0193	98.139	0.0002	17.183		
	11:30	33.6	47	0.0182	79.912	48.4	23	40.8	32	44.6	27.5	48.8	27	0.0196	99.895	0.0014	19.983		
	12:00	34	41	0.0174	77.788	48.2	22	42.5	28	45.35	25	48.5	26	0.0186	96.897	0.0012	19.109		
	12:30	33.9	43	0.0152	72.777	48.7	22	43.8	27	46.25	24.5	48.9	25	0.0182	96.370	0.0030	23.592		
13:00	33.8	44	0.0135	68.888	48.6	21	44.3	26	46.45	23.5	48.8	26	0.0189	97.957	0.0053	29.070			
13:30	32.9	49	0.0141	70.309	47.1	24	43.9	26	45.5	25	48.5	28	0.0200	100.715	0.0059	30.406			
14:00	31.8	51	0.0144	70.857	41.6	31	43.9	25	42.75	28	47.5	34	0.0233	108.002	0.0089	37.145			
14:30	30.5	58	0.0152	72.157	39.1	36	43.7	25	41.4	30.5	46.8	42	0.0279	119.364	0.0127	47.206			

ตารางที่ 1ค.(ต่อ) ผลการตรวจวัดความชื้นสัมพัทธ์และอุณหภูมิของอากาศ

วันที่	เวลา	ภายนอกโรงอบ(ตำแหน่งที่ 1)					ภายในโรงอบ(ตำแหน่งที่ 2,3)					ทางออกโรงอบ(ตำแหน่งที่ 4)					ผลต่าง (4-1)	
		T ₁ (°C)	%RH ₁	ω ₁ (kg/kg)	h ₁ (kJ/kg)	T ₂ (°C)	%RH ₂	T ₃ (°C)	%RH ₃	T _{avg} (°C)	%RH _{avg}	T ₄ (°C)	%RH ₄	ω ₄ (kg/kg)	h ₄ (kJ/kg)	Δω (kg/kg)	Δh (kJ/kg)	
13/11/53	15:00	29	67	0.0149	70.157	35.3	50	42.4	27	38.85	38.5	44.7	51	0.0306	124.027	0.0157	53.870	
	15:30	27.6	75	0.0158	71.020	32.1	64	38.4	30	35.25	47	42.5	70	0.0379	140.508	0.0221	69.488	
	16:00	28	73	0.0167	71.951	29	70	36.9	37	32.95	53.5	41.7	66	0.0341	129.774	0.0173	57.823	
	16:30	27.8	74	0.0173	71.915	30.3	70	35.4	41	32.85	55.5	38.6	65	0.0282	111.383	0.0109	39.469	
	17:00	27.7	75	0.0172	72.159	30.9	71	33.4	52	32.15	61.5	36.9	65	0.0256	102.965	0.0084	30.806	
	17:30	27.7	75	0.0173	72.041	31	71	32.2	63	31.6	67	35.8	65	0.0241	97.825	0.0068	25.784	
	18:00	27.2	80	0.0174	72.283	31.1	71	31.4	68	31.25	69.5	33.6	64	0.0209	87.347	0.0035	15.064	
	18:30	27.4	79	0.0174	72.283	31	72	29.1	74	30.05	73	31.4	70	0.0202	83.210	0.0028	10.927	
	19:00	27	81	0.0180	73.411	30.8	72	29.3	75	30.05	73.5	31.2	71	0.0202	83.154	0.0022	9.744	
	19:30	26.7	82	0.0180	73.575	30.7	73	29.5	75	30.1	74	30.8	67	0.0186	78.605	0.0006	5.029	
	20:00	26.6	82	0.0181	73.237	30.6	73	29.5	75	30.05	74	30.9	70	0.0196	81.201	0.0015	7.963	
	20:30	26.4	81	0.0180	72.675	30.4	74	29.4	76	29.9	75	30.7	70	0.0194	80.408	0.0014	7.733	
	21:00	26.4	79	0.0179	72.296	30.3	74	29.2	77	29.75	75.5	30.4	74	0.0201	82.101	0.0023	9.806	
21:30	26.3	78	0.0174	70.977	30.2	74	29.1	77	29.65	75.5	30.3	71	0.0192	79.554	0.0018	8.577		
22:00	25.9	78	0.0170	69.851	30	73	28.8	78	29.4	75.5	30.2	67	0.0180	76.335	0.0010	6.484		
22:30	25.6	79	0.0167	68.927	29.9	73	28.7	78	29.3	75.5	30.1	66	0.0176	75.260	0.0009	6.333		
23:00	25.7	78	0.0163	67.498	29.8	73	28.4	77	29.1	75	29.9	74	0.0196	80.084	0.0033	12.586		
23:30	25.5	78	0.0162	66.976	29.7	72	28.3	77	29	74.5	29.8	65	0.0170	73.475	0.0008	6.498		

จากการวัดอัตราการไหลเชิงปริมาตรเราจะใช้ค่าเฉลี่ยบริเวณทางเข้ามีค่าเท่ากับ $1.496 \text{ m}^3/\text{s}$ และค่าเฉลี่ยบริเวณทางออกมีค่าเท่ากับ $1.0764 \text{ m}^3/\text{s}$ ซึ่งนำมาหาค่าอัตราการไหลเชิงมวลของอากาศได้จาก $m_{\text{air}} = \frac{V_{\text{air}}}{v}$ เนื่องจากมีค่าใกล้เคียงกันจึงกำหนดให้ทั้งสองวันใช้ค่าอัตราการไหลเชิงมวลของอากาศเดียวกันแล้วนำมาหาค่ามวลไอน้ำและพลังงานความร้อนดังตาราง

ตารางที่ 2ค. แสดงค่ามวลไอน้ำ (m_v) และพลังงานความร้อน (Q)

เวลา	V_1 (ม ³ /kg)	m_1 (kg/s)	V_4 (ม ³ /kg)	m_{water} (kg/s)	วันที่ 9/11/53		วันที่ 10/11/53		วันที่ 11/11/53		วันที่ 12/11/53		วันที่ 13/11/53	
					m_v (kg/s)	Q (kw)	m_v (kg/s)	Q (kw)	m_v (kg/s)	Q (kw)	m_v (kg/s)	Q (kw)	m_v (kg/s)	Q (kw)
8:00	0.855	1.7497	0.894	1.2040	0.0036	31.727	0.0015	14.393	0.0093	36.076	0.0095	39.828	0.0043	32.078
8:30	0.856	1.7481	0.901	1.1952	0.0024	32.973	0.0033	19.933	0.0086	35.180	0.0127	48.572	0.0039	33.312
9:00	0.852	1.7553	0.905	1.1896	0.0025	38.208	0.0050	25.309	0.0082	34.734	0.0126	48.052	0.0064	45.576
9:30	0.850	1.7592	0.926	1.1630	0.0059	59.425	0.0126	51.938	0.0114	45.592	0.0107	46.305	0.0052	48.924
10:00	0.864	1.7319	0.933	1.1540	0.0057	54.392	0.0154	62.981	0.0134	53.534	0.0124	50.181	0.0071	54.618
10:30	0.882	1.6958	0.938	1.1476	0.0033	40.693	0.0188	70.930	0.0163	62.661	0.0120	52.231	0.0031	42.236
11:00	0.882	1.6958	0.944	1.1406	0.0067	51.051	0.0184	72.778	0.0150	57.305	0.0141	57.960	0.0003	29.139
11:30	0.886	1.6890	0.942	1.1421	0.0040	42.517	0.0201	75.285	0.0117	49.180	0.0140	57.226	0.0023	33.752
12:00	0.888	1.6845	0.949	1.1340	0.0080	53.388	0.0169	67.472	0.0101	45.010	0.0114	50.130	0.0020	32.189
12:30	0.876	1.7079	0.953	1.1298	0.0145	76.892	0.0117	54.464	0.0067	37.001	0.0134	55.248	0.0051	40.293
13:00	0.877	1.7064	0.955	1.1273	0.0141	76.755	0.0157	65.682	0.0109	51.813	0.0092	48.107	0.0091	49.604
13:30	0.877	1.7049	0.954	1.1279	0.0125	72.711	0.0140	61.189	0.0104	49.727	0.0104	49.908	0.0101	51.839
14:00	0.879	1.7026	0.958	1.1241	0.0141	77.196	0.0141	60.218	0.0138	58.369	0.0094	47.415	0.0151	63.244

ตารางที่ 2ค.(ต่อ) แสดงค่ามวลไอน้ำ(m_v) และพลังงานความร้อน(Q)

เวลา	V_1 ทงรับ (m^3/kg)	m_1 ทงรับ (kg/s)	V_4 ทงออก (m^3/kg)	m_4 ทงออก (kg/s)	วันที่ 9/11/53		วันที่ 10/11/53		วันที่ 11/11/53		วันที่ 12/11/53		วันที่ 13/11/53	
					m_v (kg/s)	Q(kw)	m_v (kg/s)	Q(kw)	m_v (kg/s)	Q(kw)	m_v (kg/s)	Q(kw)	m_v (kg/s)	Q(kw)
14:30	0.879	1.7011	0.958	1.1196	0.0187	88.560	0.0111	52.311	0.0152	61.022	0.0106	50.101	0.0216	80.303
15:00	0.879	1.6988	0.961	1.1190	0.0206	91.990	0.0104	48.747	0.0155	60.231	0.0100	45.823	0.0267	91.516
15:30	0.881	1.7057	0.962	1.1219	0.0258	103.690	0.0130	54.983	0.0186	70.570	0.0074	39.968	0.0377	118.527
16:00	0.877	1.7055	0.959	1.1394	0.0158	74.005	0.0123	54.004	0.0143	57.855	0.0063	27.558	0.0295	98.619
16:30	0.877	1.7067	0.945	1.1519	0.0134	63.092	0.0160	65.759	0.0078	35.798	0.0013	14.750	0.0186	67.360
17:00	0.877	1.7095	0.934	1.1952	-0.0001	15.358	0.0204	77.492	0.0063	31.895	0.0011	14.919	0.0143	52.663
เฉลี่ย					0.0101	60.243	0.013	55.572	0.0118	49.134	0.0099	44.436	0.0117	56.0943

ภาคผนวก ง

ข้อมูลวัสดุที่ใช้ทำหลังคา



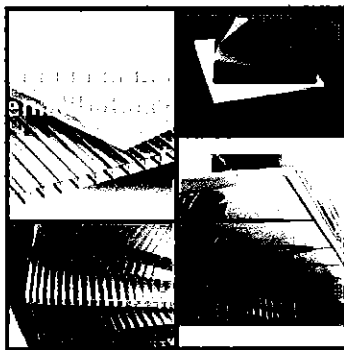
รูปที่ 1ง. โรงอบกล้วยตากพลังงานแสงอาทิตย์แบบกรีนเฮาส์

ส่วนของหลังคาและผนังของโรงอบกล้วยตากพลังงานแสงอาทิตย์แบบกรีนเฮาส์ทำด้วยแผ่นโพลีคาร์บอเนต แบบลูกฟูก (Twin wall polycarbonate) สีใส (Clear) ซึ่งมีความทนทานแข็งแรง มีความโปร่งแสง สามารถติดตั้งได้ตามรูปร่างที่ต้องการ แผ่นโพลีคาร์บอเนต แบบลูกฟูกที่นำมาใช้ทำหลังคาโรงอบกล้วยตากพลังงานแสงอาทิตย์แบบกรีนเฮาส์ มีค่าอัตราการผ่านของแสง 65% มีสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนอยู่ที่ $60.31 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ และมีค่าเปอร์เซ็นต์การส่องสว่างของแสง เท่ากับ 90%

ประเภทของแผ่นโพลีคาร์บอเนต

จะแบ่งได้ออกเป็น 2 ประเภทได้แก่ โพลีคาร์บอเนตแบบลูกฟูก (Twin wall polycarbonate) และโพลีคาร์บอเนตแบบแผ่นตัน (Solid Polycarbonate)

1. โพลีคาร์บอเนตแบบลูกฟูก (Twin wall polycarbonate)



รูปที่ 2ง. แผ่นโพลีคาร์บอเนตแบบลูกฟูก (Twin wall polycarbonate)

แผ่นโพลีคาร์บอเนต (PC Hollow Sheet) เป็นแผ่นพลาสติกใส ที่สามารถใช้ตกแต่งได้ทั้งภายใน และภายนอกอาคาร ใช้แทนกระจก อากิลิค ได้ดีไม่แตกง่าย หรือ ใช้ทำหลังคาที่จอดรถ กันสาด ก็มีความสวยงาม และที่สำคัญแสงผ่านได้ (มากน้อยขึ้นอยู่กับสี และ แบบที่เลือกใช้) รวมทั้งยังสามารถกันแสง UV ได้อีกด้วย จึงทำให้สามารถใช้พื้นที่ได้อย่างอเนกประสงค์

ตารางที่ 1ง. แสดงอัตราการผ่านของแสงของแผ่นโพลีคาร์บอเนตแบบลูกฟูก สีต่างๆ

สีของแผ่นโพลีคาร์บอเนตแบบลูกฟูก (Twin wall polycarbonate)	อัตราการผ่านของแสง (%)
สีใส (Clear)	65
สีชา (Bronze)	30
สีน้ำเงิน (Blue)	20
สีเขียว (Green)	30

หมายเหตุ : โรงอบกลัวยตากพลังงานแสงอาทิตย์แบบกรีนเฮาส์ทำด้วยแผ่นโพลีคาโพลีคาร์บอเนต แบบลูกฟูก (Twin wall polycarbonate) สีใส(Clear) ที่มา www.inter-quality.com, 15/03/2554

ตารางที่ 2ง. แสดงสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนและค่าเปอร์เซ็นต์การส่องสว่างของแสงของแผ่นโพลีคาร์บอเนตแบบลูกฟูกของสีต่างๆ ชนิดแบบ Twinlite Standard

สีของแผ่นโพลีคาร์บอเนตแบบลูกฟูก (Twin wall polycarbonate)	สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (W / m ² . °C)	การส่องสว่างของแสง (%)
Clear	60.31	90
Grey	34.46	18
Bronze	41.06	33
Green	44.23	46
Blue	48.29	22
Tosca	44.39	47

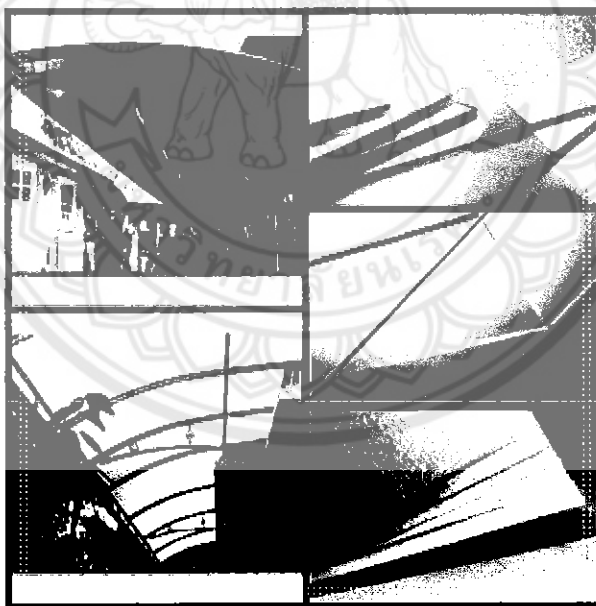
หมายเหตุ : ที่มา www.inter-quality.com, 15/03/2554

ตารางที่ 3ง. แสดงสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนและค่าเปอร์เซ็นต์การส่องสว่างของแสงของแผ่นโพลีคาร์บอเนตแบบลูกฟูกของสีต่างๆ ชนิดแบบ Twinlite Cool 6 mm.

สีของแผ่นโพลีคาร์บอเนตแบบลูกฟูก (Twin wall polycarbonate)	สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน ($W/m^2 \cdot ^\circ C$)	การส่องสว่างของแสง (%)
Opal	0.3	33
Silver Millenium	7.25	20
Silver Blue	15.96	25
Gold Millenium	27.73	24
Green Cool	35.56	33
Blue Cool	37.16	26
Grey Cool	22.96	10
Bronze Cool	28.51	19

หมายเหตุ : ที่มา www.inter-quality.com, 15/03/2554

2. โพลีคาร์บอเนตแบบแผ่นตัน (Solid Polycarbonate)



รูปที่ 3ง. แผ่นโพลีคาร์บอเนตแบบแผ่นตัน (Solid Polycarbonate)

(ที่มา www.thapaneep.wordpress.com, 15/03/2554)

โพลีคาร์บอเนตแบบแผ่นตัน (Solid Polycarbonate) มีอยู่ 2 ชนิด ได้แก่ ชนิดที่เป็นแบบขรุขระ และชนิดที่เป็นแบบลอนเป็นผลิตภัณฑ์ที่ช่วยเพิ่มความสดใสให้กับอาคารและบ้านได้ทั้งภายในและภายนอกที่มีคุณสมบัติในการตัดโค้งได้ดี สามารถโค้งงอได้ตามความต้องการ ลดปัญหาเรื่องน้ำและเชื้อราที่เกิด

จากการติดตั้งที่ผิดวิธี มีความคงทนแข็งแรง เหมาะสำหรับงานโดมที่มีขนาดใหญ่ เพราะผลิตจากโพลีคาร์บอเนตคริสตอล (PC Crystal) 99.9% นอกจากนี้ยังกันความร้อนและแสงอัลตราไวโอเล็ต (UV) ได้ดี โพลีคาร์บอเนตแบบแผ่นตัน (Solid Polycarbonate) มีสีทั้งหมด 4 สี ได้แก่ สีใส (Clear) สีชา (Bronze) สีเขียว (Green) และ สีน้ำเงิน (Blue)

โพลีคาร์บอเนตแบบแผ่นตัน (Solid Polycarbonate) มีอยู่ 2 ชนิด ได้แก่ ชนิดที่เป็นแบบขรุขระ และ ชนิดที่เป็นแบบลอนซึ่งจะมีค่าของปริมาณของแสงส่องผ่านและค่าของปริมาณความร้อนส่องผ่านของแผ่นโพลีคาร์บอเนตแบบแผ่นตัน (Solid Polycarbonate) ที่ใกล้เคียงกัน

2.1 โพลีคาร์บอเนตชนิดแบบขรุขระ (Embossed Sheet Polycarbonate)



รูปที่ 4ง. โพลีคาร์บอเนตแบบตันชนิดขรุขระ (Embossed Sheet Polycarbonate)

(ที่มา www.akesteel.com, 15/03/2554)

Embossed Sheet เป็นแผ่นโพลีคาร์บอเนต แบบแผ่นตัน ด้านหนึ่งผิวเรียบ อีกด้านหนึ่งมีผิวขรุขระ แบบ ผิวส้ม หรือ มะกรูด ลักษณะการใช้งานและคุณสมบัติเช่นเดียวกับ แผ่น Solid Sheet แต่สามารถกันแสงและความร้อนได้มากกว่า ใช้ได้กับงานตกแต่งทั้งภายใน และ ภายนอกอาคาร จะใช้เป็นหลังคา, กันสาด ทั้งแบบเรียบหรือ โค้ง ซึ่งสามารถดัดโค้งได้ทุกรูปแบบตามความต้องการ ทั้งยังติดตั้งง่าย มีสีให้เลือกทั้งหมด 6 สี ได้แก่ สีขาวใส (Clear) สีเหลือง (Yellow) สีน้ำเงิน (Blue) สีเขียว (Green) สีชา (Bronze) และ สีชมพู (Pink)

2.2 แผ่นโพลีคาร์บอเนตชนิดแบบลอน (Corrugate Sheet Polycarbonate)



รูปที่ 5ง. แผ่นโพลีคาร์บอเนตแบบลอน (Corrugate Sheet Polycarbonate)

(ที่มา www.akesteel.com, 15/03/2554)

โพลีคาร์บอเนต แบบลอน (Corrugate Sheet Polycarbonate) เป็นอีกหนึ่งผลิตภัณฑ์จากโพลีคาร์บอเนตที่มีความแข็งแรงทนทาน ให้แสงผ่านได้ดี น้ำหนักเบา กันไฟ และกันรังสี UV จึงใช้ประโยชน์ได้มากมาย เช่น ทำหลังคาโรงรถ เรือยนต์น้ำไม่ แผลงเพาะชำ โรงตากพืชผลทางการเกษตร หลังคาสระว่ายน้ำ เป็นต้น มีแบบลอนให้เลือกหลายแบบ เช่น ลอนเล็ก ๆ แบบสังกะสี หรือ แบบ 4-5 ลอน ซึ่งสามารถใช้ร่วมกับเมทัลชีทได้ดี มีขนาดของแผ่น กว้าง 82.5 ซม. หนา 1 มม. ยาว 6-12 เมตร มีทั้งหมด สีได้แก่ สีใส (Clear) สีน้ำเงิน (Blue) สีเขียว (Green) และ สีชา (Bronze)

ตารางที่ 4ง. แสดงปริมาณของแสงส่องผ่านและปริมาณความร้อนส่องผ่านของแผ่นโพลีคาร์บอเนต แบบตัน (Solid Polycarbonate) สีต่างๆ

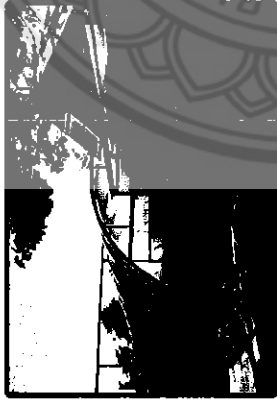
สีของแผ่นโพลีคาร์บอเนต แบบตัน (Solid Polycarbonate)	ปริมาณของแสงส่องผ่าน	ปริมาณความร้อนส่องผ่าน
สีใส (Clear)	90%	79.45%
สีฟ้า (Blue)	47%	44.39%
สีเขียว (Green)	33%	75.17%
สีน้ำเงิน (Blue)	26%	74.01%
สีขาว (White)	20%	0.72%
สีชา (Bronze)	19%	52.18%
สีเทา (Gray)	10%	44.27%

หมายเหตุ : ที่มา www.akesteel.com, 15/03/2554

PowerPoint แสดงผลงาน

ศึกษาศมรณะโรงอบกล้วยตากพลังงาน

แสดงอาทิตย์แบบกรีนเฮาส์



ที่มาและความสำคัญ



การนำภาวภัณฑ์มาปลูก



แบบพลังงานแสงอาทิตย์



ข้อมูลพลังงานแสงอาทิตย์



ข้อมูลด้าน L.R.C



โครงการพลังงานแสงอาทิตย์แบบกรีนเฮาส์



บริษัท สุวิภาฯ (เอส.เอส.เอส. ออโต้) จำกัด

ผู้ทำโครงการ

นายเอกพันธ์ ทะระกัน รหัสประจำตัว 50383271
 นายพงษ์ ขอนพันธ์ รหัสประจำตัว 50380294
 นายธีรพงศ์ ชายสุทธิ รหัสประจำตัว 50382281

อาจารย์ที่ปรึกษา

อาจารย์สิมพ์ภัชท์ เตานา
 ภาควิชา วิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์

วัตถุประสงค์

- เพื่อศึกษากระบวนการทำกล้วยตากโดยโรงอบกล้วยตากพลังงานแสงอาทิตย์แบบกรีนเฮาส์
- สามารถวิเคราะห์หาคุณสมบัติทางอากาศและสมรรถนะของโรงอบกล้วยตากพลังงานแสงอาทิตย์แบบกรีนเฮาส์ได้

ขอบเขต

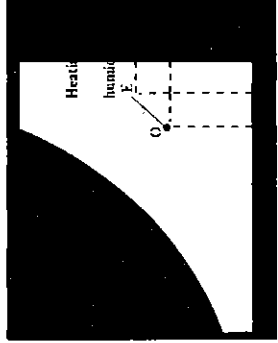
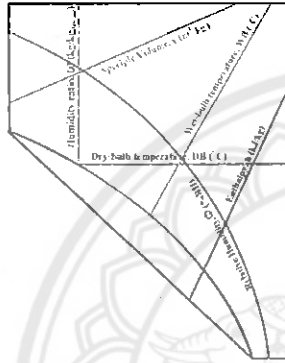
- ศึกษากระบวนการทำกล้วยตากและเก็บข้อมูลคุณสมบัติทางอากาศของโรงอบกล้วยตากพลังงานแสงอาทิตย์แบบกรีนเฮาส์
- ศึกษาวิจัย ณ บริษัท สุวิภาฯ (เอส.เอส.เอส. ออโต้) จำกัด จังหวัดพิษณุโลก
- กล้วยตากที่ศึกษาเข้าตาปีโรงอบกล้วยตากมี 2 กลุ่มได้แก่กลุ่มวันที่ 9 และ 10 (ข้อมูลด้านอุณหภูมิและ Humidity) มาทำ

ขอบเขต (ต่อ)

- ก่อสร้างตาก จะทำการตากแดดทั้งหมด 4 แดด แล้วนำไปเข้าตู้อบแก๊ส LPG อีก 4-5 ชั่วโมง
- การตรวจวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ วันที่ 9-13 พฤศจิกายน พ.ศ. 2553 กลยัตทั้ง 2 กลุ่ม จะใช้ข้อมูลตรวจวัดเดียวกัน
- หัตถสมที่ไว้กับโรงอบกล้วยตาก 2 ตัว ความจุอุณหภูมิในโรงอบที่ 40-50 องศาเซลเซียส เปิดเวลา 8.00-17.00 น.
- การร้งน้ำแห้งกล้วย
- แดดที่ 1-4 ร้งเวลา 8.00 น. และ 16.00 น.
- ร้งน้ำแห้งก่อนเข้าตู้อบแก๊ส LPG เวลา 10.00 น. และหลังออกจากตู้อบแก๊ส LPG เวลา 16.00 น.
- สามารถนำข้อมูลที่ได้จากการตรวจวัด ทำการวิเคราะห์ถึงสมรรถนะของโรงอบกล้วยตาก พลังงานแสงอาทิตย์แบบกวีนิยมาต์

หลักการและทฤษฎี

คุณสมบัติทางอากาศของโรงอบกล้วยตากพลังงานแสงอาทิตย์แบบกวีนิยมาต์

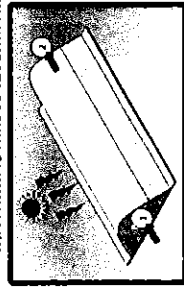


คุณสมบัติของอากาศแบบกวีนิยมาต์

กระบวนการการอบกล้วยตาก พลังงานแสงอาทิตย์แบบกวีนิยมาต์

หลักการและทฤษฎี(ต่อ)

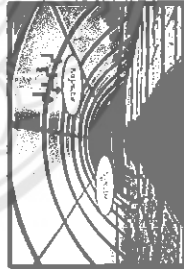
จังหวัดพิษณุโลกมีกำลังงานแสงอาทิตย์ต่อพื้นที่เฉลี่ย 213.75 W/m^2 (จากแผนที่อากาศ พลังงานแสงอาทิตย์ของประเทศไทย (พ.ศ. 2542))



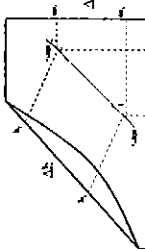
กำลังงานแสงอาทิตย์



แผนภาพของระบบการอบกล้วยตาก พลังงานแสงอาทิตย์แบบกวีนิยมาต์



แผงรับพลังงานแสงอาทิตย์



แผนภาพที่ใช้แบบจำลอง

หลักการและทฤษฎี(ต่อ)

การวัดค่าความชื้นมาตรฐานของกล้วยตาก

ความชื้นมาตรฐานเปียก (Wet basis) คือ อัตราส่วนระหว่างน้ำหนักของน้ำที่หายไปของวัตถุดิบต่อน้ำหนักของวัตถุดิบซึ่งคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ได้ ดังสมการ

$$M_w = \left(\frac{W_w}{W_w + W_d} \right) (100)$$

โดยที่

M_w = เปอร์เซ็นต์ความชื้นมาตรฐานเปียก

W_w = น้ำหนักของน้ำที่หายไป (xg)

W_d = น้ำหนักของวัตถุดิบแห้ง (kg)

ความชื้นมาตรฐานแห้ง (Dry basis) คือ อัตราส่วนระหว่างน้ำหนักของน้ำที่หายไปของวัตถุดิบต่อน้ำหนักวัตถุดิบซึ่งคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ได้ ดังสมการ

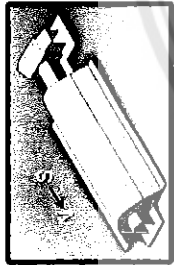
$$M_d = \left(\frac{W_w}{W_d} \right) (100)$$

โดยที่

M_d = เปอร์เซ็นต์ความชื้นมาตรฐานแห้ง

การดำเนินงานวิจัย

การสำรวจ



โปรแกรมสำรวจทางรังสีของกรมแผนที่ทหาร

แบบของโปรแกรมสำรวจทาง

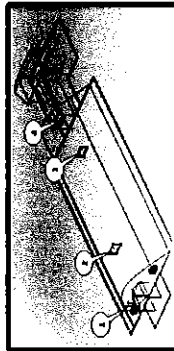


โปรแกรมสำรวจทางรังสีของกรมแผนที่ทหาร



มาตรฐาน HACCP

การวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ



ค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์



ค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์



ค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์



ค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์



ค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์



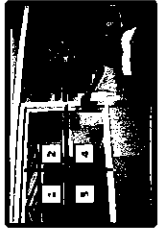
การตรวจวัด



การวัดความสูงของดิน



การวัดความเร็วของอากาศ



การวัดความสูงของดิน



การวัดความสูงของดิน

ทำการชั่งน้ำหนักของดินและทำการจดบันทึกเพื่อจะนำข้อมูลน้ำหนักของดินที่ได้ไปใช้ในการคำนวณหาความชื้นมาตรฐานเปียก (Wet basis) และความชื้นมาตรฐานแห้ง (Dry basis)

ผลจากกิจกรรม 4


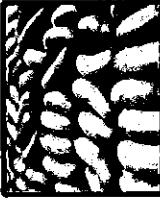




การบ่มกล้วยและการปลอกกล้วย








การบ่มกล้วยและการปลอกกล้วย (ต่อ)

การบ่มกล้วยและการปลอกกล้วย



















การตากกล้วยด้วยโรงอบกล้วยตากพลังงานแสงอาทิตย์

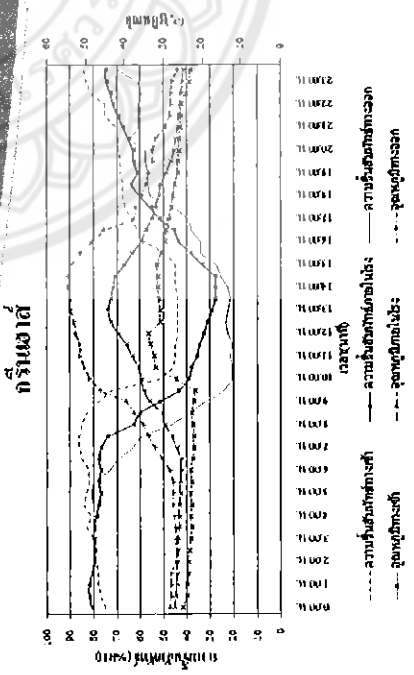
แบบกรีนเฮาส์

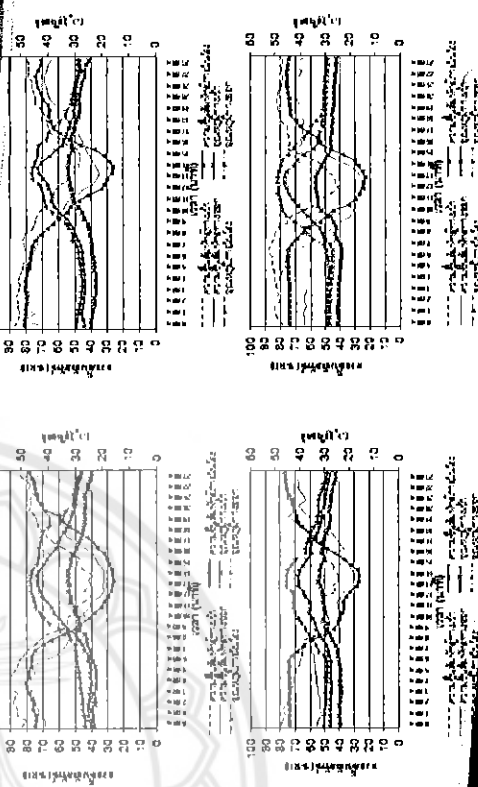
การอบกล้วยด้วยโรตอลด้วยคาเทคทิน
แบบกรีนเฮาส์ (ต่อ)



ผลของสมบัติทางกายภาพของโรตอลกล้วยคาเทคทิน

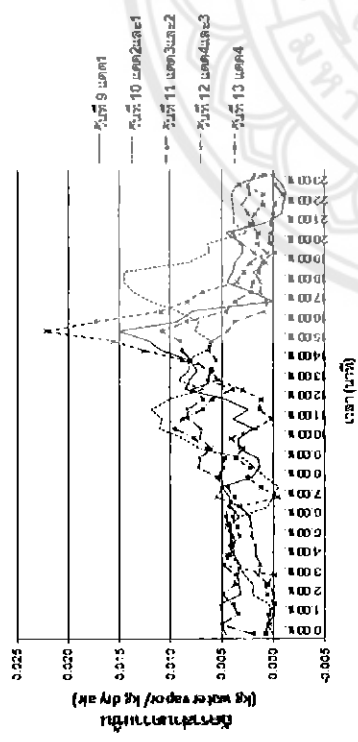


ผลของสมบัติทางกายภาพของโรตอลกล้วยคาเทคทิน



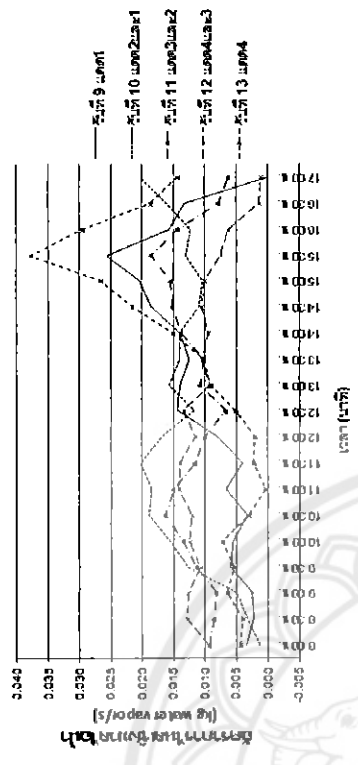
กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับความชื้นสัมพัทธ์และอุณหภูมิของอากาศ แคตที 1

ผลคูณสัมประสิทธิ์ทางอากาศของโรงอบกล้วยตากหลังงานแสงอาทิตย์



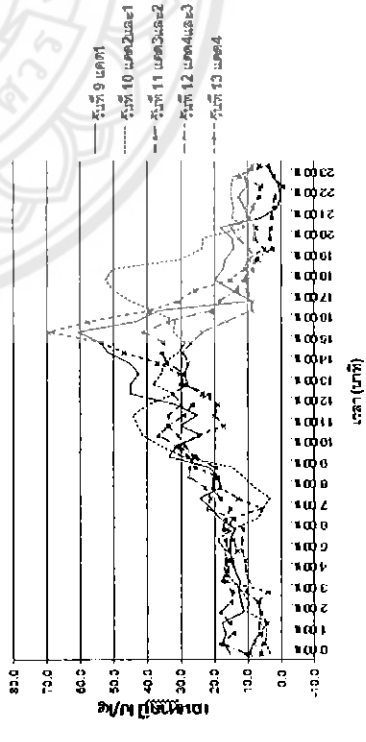
กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลา กับ
อัตราส่วนความชื้นของอากาศ

ผลคูณสัมประสิทธิ์ทางอากาศของโรงอบกล้วยตากหลังงานแสงอาทิตย์



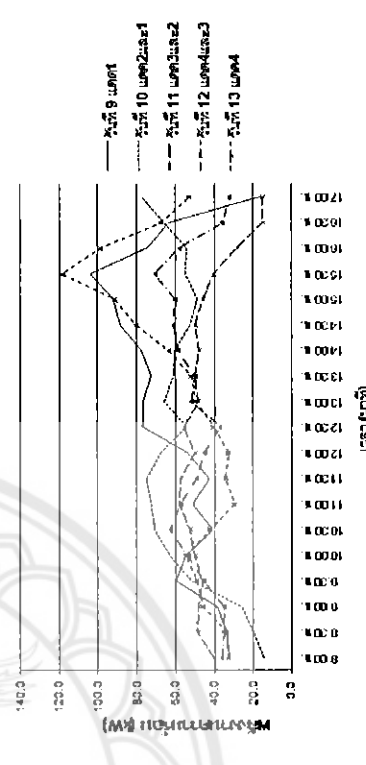
กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลา กับอัตรา
การไหลเชิงมวลไอน้ำของอากาศ

ผลคูณสัมประสิทธิ์ทางอากาศของโรงอบกล้วยตากหลังงานแสงอาทิตย์



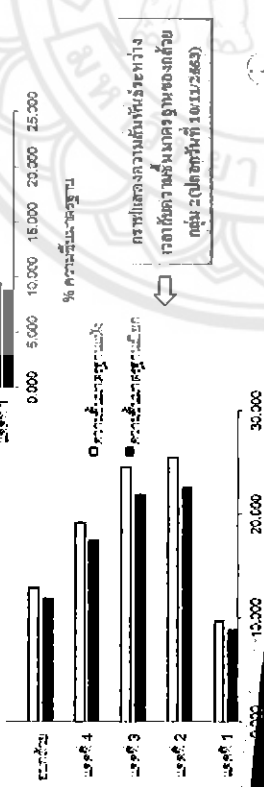
กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลา กับ
ผลต่างอุณหภูมิของอากาศ

ผลคูณสัมประสิทธิ์ทางอากาศของโรงอบกล้วยตากหลังงานแสงอาทิตย์



กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลา กับ
พลังงานความร้อนของอากาศ

การนำเสนอความก้าวหน้าสัมฤทธิ์ผลระหว่าง
รอบปีความก้าวหน้าของกรมของกัลยาณมิตร
กลุ่ม 1 (ปีงบประมาณที่ ๒๕๖๖-๒๕๖๗)



การนำเสนอความก้าวหน้าสัมฤทธิ์ผลระหว่าง
รอบปีความก้าวหน้าของกรมของกัลยาณมิตร
กลุ่ม 2 (ปีงบประมาณที่ ๒๕๖๖-๒๕๖๗)



ลักษณะของตู้แอลพีจี

สรุปผลการวิจัย

กระบวนการผลิตกล้วยตาก

จากผลการศึกษาและปฏิบัติงานร่วมกับผู้ประกอบการสามารถสรุปขั้นตอนที่สำคัญประกอบด้วย
ไปศัข 5 ขั้นตอนหลักดังนี้

1. การตรวจจับและทำความสะอาดมะพร้าว
2. การบ่มกล้วย มีอยู่ 2 ระยะ คือ ระยะที่หนึ่งใช้ระยะเวลาในการบ่ม 48 ชั่วโมงโดยการคลุมด้วยพลาสติกให้มิดชิดไม่ให้อากาศผ่านเข้าไปได้ ระยะที่สอง ใช้ระยะเวลาในการบ่ม 48 ชั่วโมงโดยนำพลาสติกที่คลุมกล้วยตากซึ่งถูกทำให้แห้งและปิดเป็นสนิทเพื่อไม่ให้กล้วยตากแห้งเกินไปจนเกินไป
3. การอบกล้วยตากด้วยตู้อบลมร้อน
4. การอบด้วยตู้อบลมร้อน LPG
5. การคัดกล้วยและเก็บรักษา

ทำให้ได้กล้วยตากที่มีความสะอาดรสชาติอร่อยคุณภาพมาตรฐานที่ต้องการ

สรุปผลการวิจัย(ต่อ)

คุณสมบัติทางอากาศของโรงอบกล้วยตากหลังนำเสนอเทคโนโลยีแยกกับรหัสได้

ความชื้นสัมพัทธ์และอุณหภูมิของอากาศ จากผลการวิจัยเมื่อความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศต่างสูง อุณหภูมิของอากาศที่เปลี่ยนแปลงขึ้น อากาศจะเกิดการขยายตัว อากาศจะมีความร้อนและความชื้นของอากาศ ทำให้ความชื้นและอากาศภายในโรงอบกล้วยตากจะขยายตัวออกจากรอบรับบรรยากาศภายนอก ดังนั้นจึงมีการติดตั้งพัดลมบริเวณทางเข้าโรงอบเพื่อระบายความชื้นของอากาศออกสู่บรรยากาศภายนอกให้ดียิ่งขึ้น

อัตราส่วนความชื้นของอากาศ จากผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบความชื้นของอากาศ ค่าอัตราส่วนความชื้นจะเพิ่มขึ้นในช่วงเวลาที่มืดหรืออุณหภูมิสูงมากกว่าช่วงที่ไม่มีแดดหรืออุณหภูมิที่ต่ำกว่าจะมีความชื้นในโรงอบกล้วยตากจะเพิ่มขึ้น โดยขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของอากาศในโรงอบกล้วยตาก และทำให้การบ่มกล้วยตากมีความชื้นจากอากาศจะมากขึ้น บริเวณทางออกของโรงอบเนื่องจากความชื้นของอากาศที่เพิ่มขึ้นทำให้กล้วยตากแห้งช้าลง ดังนั้นจึงต้องมีการปรับปรุงแก้ไขพื้นที่บริเวณทางออกของอากาศเพื่อช่วยระบายความชื้นในอากาศของโรงอบให้ดียิ่งขึ้น

สรุปผลการวิจัย(ต่อ)

อัตราการไหลเชิงมวลของไอในอากาศ จากผลการวิเคราะห์มวลไอของอากาศซึ่งขึ้นอยู่กับอุณหภูมิและอัตราส่วนความชื้นของอากาศ ซึ่งหากอัตราส่วนความชื้นมีค่าสูงมวลไอของอากาศจะมีค่าสูงตามไปด้วย โดยที่ปริมาณมวลไอของอากาศภายในโรงอบโดยเฉลี่ยประมาณ 567.1 kg water vapor

เอนทาลปีของอากาศ จากผลการวิเคราะห์ค่าเอนทาลปีของอากาศของโรงอบด้วย โดยเฉลี่ยค่าเอนทาลปีจะแตกต่างกันขึ้นอยู่กับแหล่งของอากาศที่เข้ามา ซึ่งของอากาศและอุณหภูมิของอากาศในแต่ละช่วงเวลานั้นๆ ซึ่งหากอุณหภูมิสูงขึ้น อัตราส่วนความชื้นของอากาศก็เพิ่มขึ้นตาม ตามกาลปีของอากาศจะมีค่าเพิ่มขึ้นเช่นกัน

พลังงานความร้อนของอากาศ จากผลการวิเคราะห์ค่าพลังงานความร้อนของโรงอบโดยเฉลี่ยประมาณ 298.4 W.m² หรือประมาณ 300 W.m² เมื่อเทียบกับข้อมูลแผนกศึกษาพลังงานแสงอาทิตย์ของประเทศไทย (พ.ศ. 2542) มีสมรรถนะในการรับพลังงานความร้อนอยู่ประมาณ 40 % โดยขึ้นอยู่กับช่วงฤดูกลางวันแต่ละปี อุณหภูมิของอากาศ และสภาพพื้นผิวอาคารที่ติดตั้ง ช่วงเวลานั้นๆ

สรุปผลการวิจัย(ต่อ)

❖ ความชื้นมาตรฐานของกล้วยตาก

จากการวิจัยความชื้นมาตรฐานของกล้วยตากตามไปอัตราการผลิตกล้วยตากของกล้วยเริ่มลดน้อยลงโดยจะขึ้นอยู่กับปริมาณของกล้วยตากที่ผลิตไปต่อวัน มักของกล้วยตากที่เหลืออยู่ และสามารถคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ความชื้นของกล้วยตากได้โดยเฉลี่ย 9.2-9.3 % หรือประมาณ 50 % ของการตากกล้วยตากในโรงอบกล้วยตากแสงอาทิตย์แบบกึ่งร่มเงา

ข้อเสนอแนะ

1. กล้วยที่ทำการตากควรรีบตากพร้อมกันและตั้งโรงอบเพื่อควบคุมอุณหภูมิและความชื้น
2. ควรมีการปรับปรุงขยายพื้นที่ทางออกของอากาศเพื่อช่วยระบายความชื้นในอากาศของโรงอบให้ดียิ่งขึ้น
3. ควรมีการทำความสะอาดหลังตาก(แผ่นโพลีเอทิลีน)ของโรงอบด้วยตากแห้งงานแสงอาทิตย์ เพื่อเพิ่มสมรรถนะในการรับพลังงานแสงอาทิตย์

ประวัติผู้จัดทำโครงการ

ชื่อ นายเอกพงษ์ ทะจะกัน
วันเดือนปีเกิด 15 กรกฎาคม 2531
ภูมิลำเนา 72 หมู่ 10 ต.ท่าข้าวเปลือก อ.แม่จัน จ.เชียงราย 57110
ประวัติการศึกษา จบชั้นประถมศึกษาจากโรงเรียนผ่านศึกสงครามห้วย 2
จบชั้นมัธยมศึกษาจากโรงเรียนเชียงแสนวิทยาคม
ปัจจุบันกำลังศึกษาในระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 4 สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะ
วิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ชื่อ นายธงชัย ขอนพันธ์
วันเดือนปีเกิด 1 พฤศจิกายน 2531
ภูมิลำเนา 238/1 หมู่ 14 ต.ห้วยหม้าย อ.สอง จ.แพร่ 54120
ประวัติการศึกษา จบชั้นประถมศึกษาจากโรงเรียนบ้านห้วยซอน
จบชั้นมัธยมศึกษาจากโรงเรียนเวียงเทพวิทยวิทยา
ปัจจุบันกำลังศึกษาในระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 4 สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะ
วิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ชื่อ นายรัฐพงศ์ ชาญพุดติ
วันเดือนปีเกิด 28 มีนาคม 2531
ภูมิลำเนา 22/2 หมู่ 3 ต.เตาปูน อ.สอง จ.แพร่ 54120
ประวัติการศึกษา จบชั้นประถมศึกษาจากโรงเรียนบ้านคุ้ม
จบชั้นมัธยมศึกษาจากโรงเรียนสองพิทยาคม
ปัจจุบันกำลังศึกษาในระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 4 สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะ
วิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร