การพัฒนาตู้อบลมร้อนเพื่อการศึกษาคุณสมบัติการอบแห้งของวัสดุเกษตร

DEVELOPMENT OF A HOT-AIR OVEN FOR STUDYING OF DRYING CHARATERISTICS OF AGRICULTURAL MATERIALS

กรกฎ แก้วมณี

นววิธ จุ้ยกลาง

วรวิทย์ สุวรรณา

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมเกษตร

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2557

การพัฒนาตู้อบลมร้อนเพื่อการศึกษาคุณสมบัติการอบแห้งของวัสดุเกษตร

DEVELOPMENT OF A HOT-AIR OVEN FOR STUDYING OF DRYING CHARATERISTICS OF AGRICULTURAL MATERIALS

โดย

นายกรกฎ	แก้วมณี	54010020
นายนววิธ	จุ้ยกลาง	54010688
นายวรวิทย์	สุวรรณา	54010699

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปีการศึกษา 2557

DEVELOPMENT OF A HOT-AIR OVEN FOR STUDYING OF DRYING CHARATERISTICS OF AGRICULTURAL MATERIALS

Korakot Kaewmanee

Nawawit Juyklang

Worawit Suwanna

A Report Submitter in Partial Fulfillment of the Requirements

For the Bachelor Degree of Agricultural Engineering

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2014

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2557

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองปริญญานิพนธ์

.....

หัวข้อปริญญานิพนธ์ **การพัฒนาตู้อบลมร้อนเพื่อการศึกษาคุณสมบัติการอบแห้งของวัสดุเกษตร**

Development of a hot-air oven for studying of Drying characteristics of agricultural materials

นักศึกษาผู้จัดทำ

นายกรกฎ	แก้วมณี	รหัสนักศึกษา 54010020
นายนววิธ	จุ้ยกลาง	รหัสนักศึกษา 54010688
นายวรวิทย์	สุวรรณา	รหัสนักศึกษา 54010699

ปริญญา วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (วิศวกรรมเกษตร)

หลักสูตร วิศวกรรมเกษตร

สาขาวิชา วิศวกรรมเครื่องกล

ปีการศึกษา 2557

อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์	ลายมือชื่อ
ดร. วสุ อุดมเพทายกุล	
ดร. จิราพร ศรีภิญโญวณิชย์ จงยิ่งเจริญ	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์ การพัฒนาตู้อบลมร้อนเพื่อการศึกษาคุณสมบัติการอบแห้งของวัสดุเกษตร
Development of a hot-air oven for studying of Drying characteristics of agricultural materials

นักศึกษาผู้จัดทำ นายกรกฎ แก้วมณี รหัสนักศึกษา 54010020
นายนววิธ จุ้ยกลาง รหัสนักศึกษา 54010688
นายวรวิทย์ สุวรรณา รหัสนักศึกษา 54010699

อาจารย์ที่ปรึกษา ดร. วสุ อุดมเพทายกุล
ดร. จิราพร ศรีภิญโญวณิชย์ จงยิ่งเจริญ

ปีการศึกษา 2557

บทคัดย่อ

โครงงานวิศวกรรมเกษตรนี้มีจุดประสงค์เพื่อสร้างเครื่องอบลมร้อนที่สามารถชั่งน้ำหนักได้ภายในตัวและแสดงผลออกมาเป็นกราฟผ่านโปรแกรม LabVIEW 8.5 เพื่อนำไปใช้ในการศึกษาหรือทดลองเกี่ยวกับการอบแห้งของวัสดุต่างๆ โดยเครื่องอบลมร้อนประกอบด้วยตู้อบขนาด 50 x 80 x50 ลูกบาศก์เซนติเมตร

ฮีตเตอร์ขนาด 800 วัตต์ จำนวน 3 ตัว พร้อมชุดควบคุมอุณหภูมิ โดยมีพัดลมช่วยในการกระจายความร้อนให้ทั่วทั้งตูอบ นอกจากนี้ระบบยังประกอบโหลดเซลล์ชนิดคานเพื่อชั่งน้ำหนักวัสดุ โดยข้อมูลจะถูกบันทึกด้วยคอมพิวเตอร์ ระบบสามารถรับน้ำหนักผลผลิตได้จำนวน 3000 กรัม และปรับอุณหภูมิได้สูงสุด 200 องศาเซลเซียส

การทำงานของตู้อบลมร้อนเริ่มจากการให้พลังงานความร้อนภายในตู้อบโดยฮีตเตอร์ซึ่งควบคุมอุณหภูมิให้คงที่ตามที่ตั้งไว้ ค่าน้ำหนักที่อ่านได้จากโหลดเซลจะถูกแสดงผลออกเป็นกราฟทางหน้าจอและบันทึกลงในคอมพิวเตอร์ ข้อมูลที่บันทึกได้สามารถนำมาวิเคราะห์และแสดงเป็นกราฟเพื่อแสดงคุณลักษณะของการอบแห้งได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Development of a hot-air oven for studying of Drying characteristics of agricultural materials		
Authors	Korakot	Kaewmanee	54010020
	Nawawit	Juyklang	54010688
	Worawit	Suwanna	54010699
Thesis Advisor	Dr. Vasu	Udompetaikul	
	Dr. Jiraporn	S. Jongyingcharoen	
Year	2014		

Abstract

The objective of this project was to develop a hot-air oven for studying of drying characteristics of agricultural materials. The system consisted of a 50 x 80 x 50 cu.cm. oven chamber, three sets of 800W heater, a temperature controller (200°C max), a circulating fan, a load-cell weighing system (3000 g max), a load-cell computer interface, and a laptop computer with LabVIEW 8.5 software. The process started from heating the oven chamber at a given temperature controlled by the controller. Water in the sample will be evaporated by the given heat. Mass decrease were then recorded by the load-cell weighing system and recorded in the computer. Drying characteristics could then be calculated and presented as drying curves.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้จัดทำขอขอบพระคุณ อาจารย์ ดร.วสุ อุดมเพทายกุล อาจารย์ที่ปรึกษาที่ให้คำปรึกษาและแนะนำ ให้ความรู้เพิ่มเติม ข้อคิดเห็นอันเป็นประโยชน์ ตลอดจนตรวจแก้ไขข้อพกพร่องของโครงงานนี้

ขอขอบพระคุณอาจารย์ทุกท่านในภาควิชาหลักสูตรวิศวกรรมเกษตร ร่วมทั้งอาจารย์และบุคลากรทุกท่านในสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ให้แก่คณะผู้จัดทำโครงการ จนทำให้ผู้จัดทำมีความรู้ความสามารถในการคิดแก้ปัญหา พัฒนา และประยุกต์นำไปใช้ในการทำโครงงานครั้งนี้

สุดท้ายขอขอบพระคุณ คุณพ่อคุณแม่ ที่ให้ความกรุณากับคณะผู้จัดทำโครงงานในด้านต่างๆพร้อมกับเพื่อนๆทุกท่านที่ให้กำลังใจ ความช่วยเหลือและให้ความรู้จนโครงงานในครั้งนี้เสร็จลุล่วงไปด้วยดี ความสำเร็จของโครงงานครั้งนี้ขอขอบคุณผู้ร่วมโครงการทั้ง 3 ท่านที่ช่วยคิด ช่วยทำ ช่วยแก้ปัญหา จนโครงการนี้บรรลุผลที่ตั้งใจไว้

คุณค่าของโครงงานที่เกิดขึ้นครั้งนี้ ขอมอบให้แด่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

นายกรกฎ แก้วมณี

นายนววิธ จุ้ยกลาง

นายวรวิทย์ สุวรรณา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้าที่
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญรูปภาพ	ฉ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน	1
1.3 ขอบเขตการศึกษา	1
1.4 ประโยชน์ที่คาดหวังว่าจะได้รับ	1
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	2
2.1 กลไกการอบแห้ง	2
2.2 เคลื่อนที่ของความชื้นภายในวัสดุ	4
2.3 ความชื้นในวัสดุ	4
2.4 วิธีการหาความชื้นในเมล็ดพืชและอาหาร	5
2.5 ปัจจัยสำคัญที่มีผลต่ออัตราการอบแห้งวัสดุเกษตร	6
2.6 การประเมินสมรรถนะของการอบแห้ง	8
2.7 อัตราส่วนความชื้น (Moisture ratio, MR)	9
2.8 สมการอบแห้ง	9
บทที่ 3 ขั้นตอนการดำเนินงาน	10
3.1 ขั้นตอนการดำเนินงาน	10
3.2 การออกแบบตู้อบ	10
3.3 ขั้นตอนการสร้างตู้อบแห้ง	11
3.4 ขั้นตอนการทดสอบการอบแห้ง	14
3.4.1 ทดสอบการอบแห้งด้วยระบบที่พัฒนาขึ้น โดยใช้ตู้อบลมร้อนธรรมดา	14
3.4.2 ทดสอบการอบแห้งด้วยวิธีมาตรฐาน โดยใช้ตู้อบลมร้อนธรรมดา	14
3.5 การพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์	14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4 ผลการทดลองและวิเคราะห์ผล 16
4.1 มวลที่ลดลงจากการอบแห้ง 16
4.2 การเปลี่ยนแปลงความชื้นฐานแห้งในการอบแห้ง 17
4.3 การเปลี่ยนแปลงความชื้นฐานเปียกในการอบแห้ง 18
4.4 อัตราส่วนความชื้นในระหว่างการอบแห้ง (MR) 19
4.5 อัตราการอบแห้ง (Drying Rate, DR) 20
4.6 อัตราส่วนความชื้นในระหว่างการอบแห้ง 21

บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ 22
5.1 สรุปผลการศึกษา 22
5.2 ปัญหาที่พบในการทดลองและข้อเสนอแนะ 22

ภาคผนวก ก 22
ภาคผนวก ข 24
ภาคผนวก ค 31
อ้างอิง 34

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

	หน้าที่
ภาพที่ 3.1 ตู้อบระบบที่พัฒนาขึ้น	9
ภาพที่ 3.2 การตัดแผ่นเหล็กตามขนาดที่ออกแบบ	10
ภาพที่ 3.3 การประกอบเครื่องตู้อบ	10
ภาพที่ 3.4 การติดตั้งฮีตเตอร์ ขนาด 800 วัตต์ จำนวน 3 ตัว	11
ภาพที่ 3.5 การติดตั้ง load cell	11
ภาพที่ 3.6 ตู้คอนโทรล (ปรับอุณหภูมิภายในตู้อบ	12
ภาพที่ 3.7 ตู้อบระบบที่พัฒนาขึ้น	12
ภาพที่ 3.8 หน้าจอ Front Panel	14
ภาพที่ 3.6 หน้าจอ Block Diagram	14
กราฟที่ 4.1 น้ำหนักของกล้วยน้ำว้าเปรียบเทียบเวลา	16
กราฟที่ 4.2 ความชื้นฐานแห้งของกล้วยน้ำว้าที่เปลี่ยนไปเมื่อเทียบกับเวลา	17
กราฟที่ 4.3 ความชื้นฐานเปียกขอบกล้วยน้ำว้าเปรียบเทียบเวลา	18
กราฟที่ 4.4 MR เทียบกับเวลา	19
กราฟที่ 4.5 อัตราการอบแห้งที่เกิดขึ้นในการทดสอบ	20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1) ที่มาและความสำคัญ

การอบแห้ง เป็นกระบวนการ Mass Transfer คือการทำให้น้ำหรือตัวทำละลายอื่นระเหยออกจากของแข็ง กึ่งของแข็ง หรือของเหลว มีการศึกษาการอบแห้งของผลิตภัณฑ์ต่างๆ ที่ใช้อุณหภูมิที่ต่างกัน หนึ่งในการศึกษาพื้นฐานที่สำคัญของการทดลองคือการหาอัตราการอบแห้ง

ในปัจจุบันการศึกษาอัตราการอบแห้งต้องทำในห้องปฏิบัติการ โดยทำการอบผลิตภัณฑ์ที่จะนำมาทดลองและนำออกมาชั่งน้ำหนักเพื่อหาความชื้นที่ลดลงจากการอบแห้ง ซึ่งการนำวัสดุออกมาชั่งน้ำหนักนั้นมีข้อเสียหลายประการ เช่น ความชื้นภายนอกห้องอบแพร่เข้าสู่ตัววัสดุ วัสดุที่นำออกมาชั่งตกหล่น ฯลฯ มีการพัฒนาเครื่องอบที่มีเครื่องชั่งน้ำหนักในเครื่องเดียวกันออกมา แต่มีราคาค่อนข้างแพง คณะผู้จัดทำจึงทำการศึกษาและประดิษฐ์เครื่องอบที่มีเครื่องชั่งในเครื่องเดียวกันเพื่อจะทำให้ผู้ที่สนใจทางด้านการอบแห้งที่ต้องการอัตราการอบแห้งได้เครื่องมือใช้ในราคาที่ไม่สูงเกินไป [1]

1.2) วัตถุประสงค์ของโครงงาน

1) พัฒนาตู้อบลมร้อนที่ควบคุมอุณหภูมิและชั่งน้ำหนักวัสดุภายในตู้อบแบบอัตโนมัติ
2) ประยุกต์ใช้ระบบที่พัฒนาขึ้นในการหา Drying Curve ของวัสดุเกษตร

1.3) ขอบเขตการศึกษา

ใช้กล้วยน้ำว้าเป็นวัสดุในการทดสอบการอบแห้ง

1.4) ประโยชน์ที่คาดหวังว่าจะได้รับ

สามารถประยุกต์ใช้ในการหา Drying curve ของวัสดุเกษตรได้โดยไม่ต้องนำวัสดุออกมาชั่งภายนอกตู้อบ ตั้งแต่เริ่มต้นจนถึงความชื้นสมดุล ร่วมถึงในช่วงอบหาน้ำหนักแห้ง ซึ่งเป็นการลดความยุ่งยากในการสร้าง drying curve และลดความผิดพลาดจากความชื้นที่เปลี่ยนแปลงในขณะที่นำวัสดุออกมาชั่งหามวล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

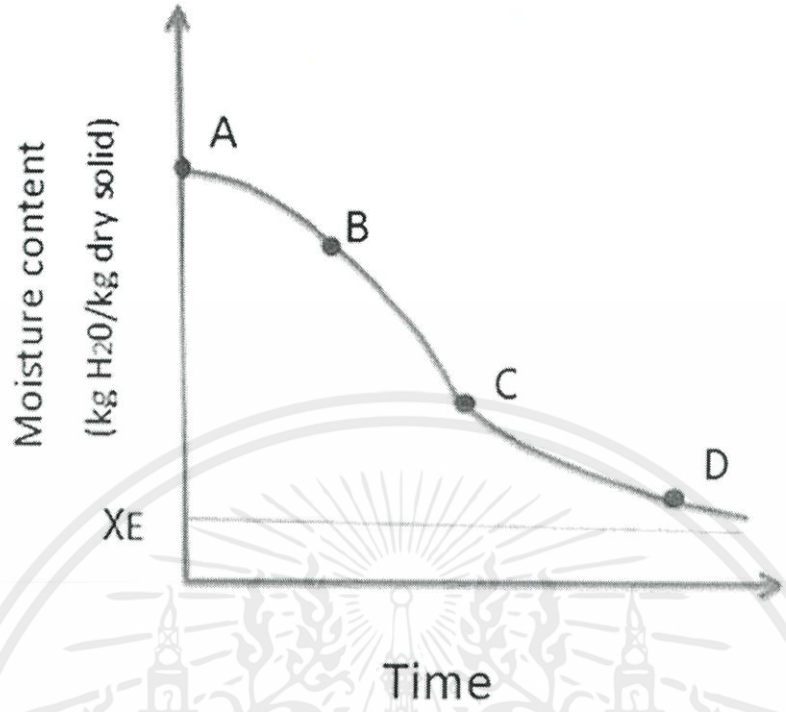
ทฤษฎีการอบแห้ง

การอบแห้งคือกระบวนการที่ความร้อนถูกถ่ายเทด้วยวิธีใดวิธีหนึ่งเพื่อไล่ความชื้นออกโดยการระเหยน้ำในการอบแห้งวัสดุทั่วไปมักใช้อากาศร้อนเป็นตัวกลางในการอบแห้งโดยความร้อนจะมีการถ่ายเทจากกระแสอากาศไปยังผิววัสดุความร้อนส่วนใหญ่จะถูกใช้ในการระเหยน้ำโดยไอน้ำจะเคลื่อนที่จากผิววัสดุมายังกระแสอากาศและถ้าผิววัสดุมีปริมาณน้ำอยู่มากอุณหภูมิและความเข้มข้นของไอน้ำที่ผิวจะคงที่ส่งผลให้อัตราการถ่ายเทความร้อนและอัตราการอบแห้งคงที่ด้วยถ้าอุณหภูมิความชื้นและความเร็วของกระแสอากาศมีค่าคงที่เมื่อผิววัสดุมีปริมาณน้ำลดลงเหลือน้อยอุณหภูมิและความเข้มข้นของไอน้ำที่ผิววัสดุย่อมเปลี่ยนแปลงไปโดยที่อุณหภูมิของวัสดุจะสูงขึ้นและความเข้มข้นของไอน้ำจะลดลงส่งผลให้อัตราการอบแห้งลดลงและความชื้นที่อยู่ระหว่างการเปลี่ยนแปลงจากอัตราการอบแห้งคงที่และอัตราการอบแห้งลดลงเรียกว่าความชื้นวิกฤติ(Critical Moisture context)[1]

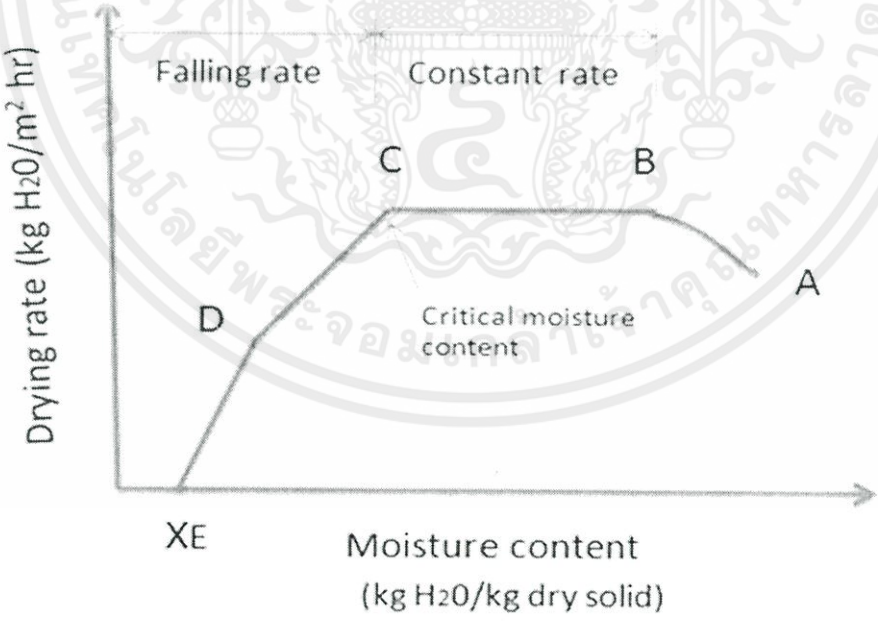
2.1 กลไกการอบแห้ง

การศึกษาและอธิบายกลไกการเคลื่อนที่ของความชื้นในวัสดุขณะที่เกิดการอบแห้ง เช่น ความชื้นอาจจะเคลื่อนที่ในรูปน้ำหรือไอน้ำภายใต้แรงดันของอุณหภูมิ ความชื้นหรือผลต่างของความดันไอภายในวัสดุหรืออาจเป็นการเคลื่อนที่แบบแคปปิลารีอันเนื่องจากแรงตึงผิวเป็นต้น อัตราการเปลี่ยนแปลงของความชื้นหรืออัตราการอบแห้ง ซึ่งใช้อธิบายกลไกการอบแห้ง และสร้างเป็นสมการอบแห้งนั้นจะต้องมีการทดสอบความถูกต้องจากการทดลอง วิธีการทดลองหาอัตราการอบแห้ง โดยทั่ว ๆไป คือการติดตามการเปลี่ยนแปลงของความชื้นเทียบกับเวลา ดังรูป 2.1 เมื่อนำมาเขียนเป็นอัตราการอบแห้ง (dM/dt) จะได้ในรูป 2.2 ซึ่งแสดงอัตราการอบแห้ง กับความชื้นจะพบว่าอัตราการอบแห้งแบ่งออกเป็น 3 ช่วง AB เป็นช่วงที่วัสดุได้รับความร้อนมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้น อัตราการอบแห้งจะเพิ่มขึ้นจนถึงจุด (B) ช่วงที่สอง (BC)เป็นเส้นตรงซึ่งวัสดุเป็นช่วงอัตราการอบแห้งคงที่ การอบแห้งช่วงนี้มักพบกับวัสดุที่มีความชื้นเริ่มต้นสูง การเคลื่อนที่ของน้ำจากผิวหน้าวัสดุไปยังอากาศ จะเท่ากับการเคลื่อนที่ของความชื้นภายในวัสดุมายังผิวหน้า เปรียบได้จากการระเหยของน้ำจากเทอร์โมมิเตอร์กระเปาะเปียกดังนั้นอุณหภูมิผิวหน้าของวัสดุจะเท่ากับอุณหภูมิกระเปาะเปียกของอากาศอบแห้ง อัตราการอบแห้งช่วงนี้จะถูกควบคุมโดยสภาวะอากาศอบแห้ง ซึ่งเป็นตัวแปรภายนอกของวัสดุ จุด (C) เป็นจุดที่เปลี่ยนจากอัตราการอบแห้งคงที่เป็นช่วงอัตราการอบแห้งลดลง (CD) ความชื้นที่จุดนี้เรียกว่า ค่าความชื้นวิกฤต (critical moisture content) ในช่วงอัตราการอบแห้งลดลง (CD) อัตราการเคลื่อนที่ของความชื้นจากภายในวัสดุมายังผิวหน้าต่ำกว่าอัตราการระเหยของน้ำจากผิวหน้าสู่อากาศ [2]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.1 อัตราส่วนค่าความชื้น VS เวลา [2]



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 2.2 อัตราการอบแห้ง VS อัตราส่วนค่าความชื้น [2]

อัตราการอบแห้งลดลงจะถูกควบคุมด้วยตัวแปรภายใน ได้แก่การเคลื่อนที่ของความชื้นภายในโครงสร้างของวัสดุเป็นต้น อัตราการอบแห้งจะเป็นศูนย์เมื่อวัสดุมีความชื้นที่ค่าความชื้นสมดุลจุด D ซึ่งหมายความว่าสภาวะ ความดันไอของน้ำภายในวัสดุมีค่าเท่ากับความดันไอน้ำของอากาศที่สภาวะนั้นๆ ปกติแล้ว ที่สภาวะอากาศหนึ่งๆ ค่าความชื้นวิกฤตและค่าความชื้นสมดุล ตลอดจนอัตราการอบแห้งจะเป็นลักษณะเฉพาะของวัสดุแต่ละชนิด

2.2 การเคลื่อนที่ของความชื้นภายในวัสดุ

ภายในโครงสร้างวัสดุทางการเกษตรและอาหารส่วนใหญ่ประกอบด้วย เยื่อมีช่วงว่างรูพรุนหรือหลอดเล็กๆ การเคลื่อนที่ของความชื้นจากภายในอาจเกิดขึ้นเนื่องจากการแพร่ของของเหลว แรงตึงผิวของของเหลวต่างกับความดันไอของความชื้นภายใน และผลต่างของอุณหภูมิภายในวัสดุ ทฤษฎีที่ในอธิบายกลไกการเคลื่อนที่ของความชื้นมีอยู่หลายทฤษฎีด้วยกัน

2.3 ความชื้นในวัสดุ

ความชื้นในวัสดุเป็นตัวบอกปริมาณน้ำที่มีอยู่ในวัสดุเมื่อเทียบกับมวลของวัสดุชื้นหรือแห้งความชื้นในวัสดุสามารถแบ่งออกได้ 2 ประเภท) คือ

ความชื้นมาตรฐานเปียก (Wet basis)

$$M_w = (w - d)/w \qquad (2.3)$$

เมื่อ M_w คือ ความชื้นมาตรฐานเปียก , เศษส่วน

W คือ มวลของวัสดุ , kg

d คือ มวลวัสดุแห้ง , (ไม่มีความชื้น) , kg

ความชื้นแบบนี้นิยมใช้ในวงการค้า โดยทั่วไปอาจจะอ้างถึงในรูปแบบของเปอร์เซ็นต์ (100%, M_w)

ความชื้นมาตรฐานแห้ง (dry basis)

$$M_d = (w - d)/d \qquad (2.4)$$

ความชื้นแบบนี้นิยมใช้ในการวิเคราะห์กระบวนการอบแห้งทางทฤษฎี เพราะช่วยให้การคำนวณสะดวกขึ้น ซึ่งเป็นเพราะมวลของวัสดุแห้งจะมีค่าคงที่หรือเกือบคงที่ระหว่างการอบแห้ง ที่เป็นเช่นนี้เพราะมวลของวัสดุแห้งจะมีค่าคงที่หรือเกือบคงที่ระหว่างการอบแห้ง ที่เป็นเช่นนี้เพราะผลผลิตทางการเกษตรเป็นสิ่งมีชีวิต มีการหายใจ ดังนั้นจึงมีการเผาผลาญสารอาหาร ทำให้มวลแห้งลดลง ส่วนใหญ่แล้วมวลแห้งจะลดลงเพียงเล็กน้อย [3]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่า M_d และ M_w มีความสัมพันธ์กันคือ

$$M_w = M_d/(1+M_d) \quad (2.5)$$

$$M_d = M_w/(1+M_w) \quad (2.6)$$

2.4 วิธีการหาความชื้นในเมล็ดพืชและอาหาร

การหาความชื้นอาจแบ่งได้เป็น 2 วิธีคือ วิธีตรง (direct method) และวิธีอ้อม (indirect method) การเก็บตัวอย่างควรเก็บไว้ในภาชนะที่สามารถป้องกันไม่ให้เกิดการถ่ายเทความชื้นระหว่างตัวอย่างและอากาศก่อนที่จะทำการหาความชื้น เพื่อให้ตัวอย่างเป็นตัวแทนที่เหมาสมของเมล็ดพืชหรืออาหารทั้งหมด

1) วิธีตรง (direct method) การหาความชื้นโดยตรงมีหลายวิธี เช่น การใช่ตู้อบการกลั่น และการใช่สารดูดความชื้นในห้องสุญญากาศ เป็นต้น วิธีตรงเป็นวิธีที่ใช้เวลา และมีความถูกต้องสูง สามมารถใช่อ้างอิงได้
   -การใช้ตู้อบ การหาความชื้นของเมล็ดพืชทำได้โดยการใช้ตู้อบที่อุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสม
   -การกลั่น ทำได้โดยใส่ตัวอย่างไว้ในน้ำมัน และทำให้ร้อนเนื่องจากน้ำมีจุดเดือดต่ำกว่าน้ำมัน ดังนั้นน้ำจึงระเหยออกมาก่อน โดยผ่านไอน้ำเข้าเครื่องควบแน่นจะได้หยดน้ำ ส่วนนี้คือปริมาณน้ำที่อยู่ในอาหาร
2) วิธีอ้อม (indirect method) การหาความชื้นของวัสดุอาจทำได้โดยการวัดคุณสมบัติบางอย่างซึ่งขึ้นอยู่กับความชื้นเช่น ความต้านทานทางไฟฟ้า หรือคุณสมบัติทางไดเลคตริก (Dielectric) วิธีนี้เป็นวิธีที่สามารถทำได้เร็วแต่มีข้อเสียคือ ความชื้นที่หาได้ไม่ถูกต้องนัก นอกจากนี้คุณสมบัติเหล่านี้ยังแปรเปลี่ยนตามอุณหภูมิและความหนาแน่นของการบรรจุด้วย แม้การวัดความชื้นโดยวิธีอ้อมจะมีความคลาดเคลื่อนบ้าง แต่ก็เป็นที่ยอมรับของวงการค้าโดยทั่วไป เนื่องจากทำได้สะดวกและรวดเร็ว

2.5 ปัจจัยสำคัญที่มีผลต่ออัตราการอบแห้งวัสดุเกษตร

1. สภาพธรรมชาติของวัสดุ เมื่อพิจารณาสภาพธรรมชาติของวัสดุเหล่านั้น โครงสร้างของวัสดุจะมีผลต่ออัตราการทำแห้ง กล่าวคือ ถ้าวัสดุมีโครงสร้างที่มีรูพรุนมาก ซึ่งสภาวะดังกล่าวจะทำให้โมเลกุลของน้ำในอาหารเคลื่อนที่ออกไปได้ง่าย ทำให้อัตราการทำแห้งเร็วขึ้น แต่ถ้าวัสดุมีรูพรุนมากเกินไป อาจทำหน้าที่เสมือนฉนวนของการนำความร้อน ซึ่งอาจมีผลทำให้อัตราการทำแห้งลดลงบ้างเนื่องจากทำให้การส่งผ่านความร้อนไปยังโมเลกุลของวัสดุไม่ค่อยดีนัก ดังนั้นวัสดุที่มีโครงสร้างเป็นรูพรุนมาก อัตราการอบแห้งผลของการเคลื่อนที่โมเลกุลของน้ำมีอิทธิผลมากกว่าการลดลงของความสามารถในการส่งผ่านความร้อนไปยังโมเลกุลของน้ำในอาหาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกจากนี้ปริมาณของน้ำในสภาพธรรมชาติของวัสดุที่จะมาทำการอบแห้งจะมีผลต่ออัตราการอบแห้ง คือ วัสดุที่มีน้ำอยู่ในรูปอิสระมาก จะทำให้อัตราการอบแห้งเป็นไปได้อย่างรวดเร็วกว่าวัสดุที่มีน้ำอยู่ในรูปของน้ำยึดเกาะ

ในแง่ขององค์ประกอบทางเคมีในสภาพธรรมชาติของอาหารที่จะมาทำการอบแห้งก็มีความสำคัญและมีผลต่ออัตราการอบแห้งของวัสดุ วัสดุที่มีชนิดและความเข้าข้นของสารอาหารที่เป็นองค์ประกอบต่างกัน จะมีผลทำให้การเคลื่อนที่ของน้ำและการส่งผ่านความร้อนไปยังโมเลกุลของน้ำต่างกันด้วย ทำให้อัตราการอบแห้งต่างกันในที่สุด

2. ขนาดรูปรางของวัสดุและการจัดเรียง วัสดุที่จะนำมาทำการอบแห้งที่มีขนาดและรูปร่างต่างกันจะมีผลต่อการอบแห้งวัสดุนั้น โดยขนาดและรูปร่างของวัสดุจะมีผลทำให้พื้นที่ผิวของการอบแห้งต่อปริมาตรของวัสดุต่างกันด้วย โดยวัสดุที่มีพื้นที่ผิวต่อปริมาตรในการอบแห้งมากก็จะทำให้ประสิทธิภาพในการอบแห้งสูงขึ้น โดยการระเหยน้ำที่ผิววัสดุจะเกิดขึ้นได้ดีทำให้อัตราของการอบแห้งเร็วขึ้น

3. สภาวะในการอบแห้งวัสดุ สภาวะในการอบแห้งวัสดุก็เป็นปัจจัยสำคัญประการหนึ่งที่มีผลต่อการอบแห้ง ถ้าสภาวะในการอบแห้งที่เหมาะสมกับการอบแห้งก็จะทำให้อัตราการอบแห้งรวดเร็วและเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ โดยปัจจัยต่างๆที่สำคัญและเกี่ยวข้องกับการอบแห้งวัสดุอาจกล่าวได้คือ

3.1) อุณหภูมิ อุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้งวัสดุนั้น ควรให้อยู่ในระดับที่เหมาะสม ไม่ควรสูงเกินไป เนื่องจากถ้าใช่อุณหภูมิที่สูงเกินไปจะทำให้คุณภาพของวัสดุลดลง เนื่องจากผลของความร้อนเช่น การสูญเสียวิตามินต่างๆในวัสดุเกษตร อาจเกิดสีน้ำตาลหรือมีรสขมจากการไหม้เกรียมของวัสดุ

3.2) ความชื้นสัมพัทธ์ ถ้าความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศในขณะที่ทำการอบแห้ง จะมีผลทำให้การเคลื่อนที่ของน้ำและการระเหยน้ำ ออกจากผิววัสดุสู่อากาศเป็นไปได้ยากขึ้น เนื่องจากอากาศในระบบมีปริมาณน้ำสูงอยู่แล้วจึงเป็นผลทำให้การทำแห้งช้าลง

3.3) ความดันบรรยากาศ ในกระบวนการแบบแห้งวัสดุถ้าลดความดันของบรรยากาศในขณะทำการอบแห้ง จะทำให้จุดเดือดของน้ำในวัสดุนั้นลดลงทำให้การเคลื่อนตัวและการระเหยของน้ำออกจากวัสดุง่ายขึ้น โดยน้ำสามารถระเหยได้ที่อุณหภูมิต่ำ ดังนั้นการทำแห้งบางประเภทจึงมีการปรับปรุงสภาวะบรรยากาศในการอบแห้ง โดยมีเครื่องดูดอากาศออกทำให้ความดันต่ำกว่า 1 บรรยากาศ ในขณะทำแห้งเพื่อให้อัตราการอบแห้งเร็วขึ้น ในขณะเดียวกันก็ทำให้วัสดุแห้งได้ที่อุณหภูมิต่ำลง [5]

2.6 การประเมินสมรรถนะของการอบแห้ง [5]

เอกสารนี้เป็นเอกสารพิมพ์งานวิจัยสำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของผลงานนี้ทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การประเมินสมรรถนะการอบแห้ง แบ่งออกเป็นทางด้านประสิทธิภาพการอบแห้งและประสิทธิภาพการใช่พลังงาน โดยพิจารณาจากการอบแห้ง ได้ดังนี้

อัตราการอบแห้ง (Drying Rate, DR) คิดจากปริมาณน้ำที่ระเหยออกจากวัสดุต่อระยะเวลาในการอบแห้ง มีหน่วยเป็น kg/h หรือคิดปริมาณความชื้น ซึ่งมีหน่วยเป็น %db/h โดยมีความสัมพันธ์คือ

$$DR = (m_{p,i} - m_{p,o})/t \qquad (2.7)$$

$$DR = (m_i - m_o)/t \qquad (2.8)$$

อัตราการระเหยน้ำจำเพาะ (Specific Moisture Extraction Rate, SMER)ปริมาณน้ำที่ระเหยออกจากวัสดุต่อพลังงานที่ใช้ต่อการอบแห้ง มีหน่วยเป็น kg/kW h โดยมีความสัมพันธ์คือ

$$SMER = (m_{p,i} - m_{p,o})/P \qquad (2.9)$$

สิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ (Specific Energy Consumption, SEC) เป็นส่วนกลับของ SMER กล่าวคือ เป็นพลังงานที่ใช้ต่อปริมาณน้ำที่ระเหย มีหน่วยเป็น MJ/kg โดยมีความสัมพันธ์คือ

$$SEC = 3.6P/(m_{p,i} - m_{p,o}) \qquad (2.10)$$

อัตราการควบแน่น(Moisture Extraction Rate, MER)เป็นปริมาณน้ำที่ควบแน่นที่เครื่องทำระเหยต่อเวลาที่ใช่อบแห้ง มีหน่วยเป็น kg/h

$$MER = m_{wc}/t \qquad (2.11)$$

เมื่อ

$m_{p,i}$ = น้ำหนังวัสดุก่อนอบแห้ง(kg)

$m_{p,o}$ = น้ำหนักวัสดุหลังอบ(kg)

m_i = ความชื้นวัสดุก่อนอบแห้ง (%db)

M_i = ความชื้นวัสดุหลังอบ (%db)

t = เวลาที่ใช้ในการอบแห้ง (hr)

2.7 อัตราส่วนความชื้น (Moisture ratio , MR)

โดยใช้สภาวะการ อบแห้งต่างๆ และคำนวณหาค่าอัตราส่วนความชื้นที่เวลาต่างๆ

จากสูตร MR = Moisture ratio = $\frac{Mt - Meq}{Min - Meq}$ (2.12)

เมื่อ Min = ความชื้นเริ่มต้นของวัสดุ (% dry-basis)

Mt = ความชื้นที่เวลาใดๆ ของวัสดุ (% dry-basis)

Meq = ความชื้น สมดุล (% dry-basis)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8 สมการอบแห้ง [6]

สมการอบแห้ง คือ สมการที่อาจเขียนขึ้นโดยใช้ทฤษฎีหรือผลการทดลองหรือทั้งสองอย่างประกอบกัน เพื่อนำมาใช้ทำนายอัตราการอบแห้ง ตลอดจนถึงผลของตัวแปรต่างๆ ที่มีผลต่อการอบแห้งวัสดุนั้นๆ

2.8.1 สมการอบแห้งทางทฤษฎี

ทฤษฎีการแพร่ของของเหลว และทฤษฎีหลอดแคปปิลารีเป็นกลไกส่วนหนึ่งที่ใช้อธิบายการแพร่ของความชื้นดังกล่าวมาแล้วในการสร้างสมการการอบแห้งทางทฤษฎีได้มีการเสนอกลไกการเคลื่อนที่ของความชื้นที่อาจเป็นไปได้ ซึ่งการเคลื่อนที่ของความชื้นโดยทฤษฎีทั้งสองเป็นส่วนหนึ่งในกลไกเหล่านั้น ได้แก่

1. การเคลื่อนที่ของเหลวเนื่องจากการไหลในหลอดแคปปิลารี (Capillary flow)
2. การเคลื่อนที่ของของเหลวเนื่องจากการแพร่ (Liquid diffusion)
3. การเคลื่อนที่ของของเหลวเนื่องจากการแพร่ของความชื้นบริเวณผิวหน้าของช่องว่างหรือรูพรุน (Surface diffusion)
4. การเคลื่อนที่ของไอน้ำเนื่องจากการแตกต่างของความชื้น(Vapor diffusion)
5. การเคลื่อนที่ของไอน้ำเนื่องจากความแตกต่างของอุณหภูมิ (Thermal diffusaion)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การออกแบบและสร้างตู้อบและการพัฒนาโปรแกรม

บทนี้กล่าวถึงการสร้างตู้อบให้มีสภาวะที่เหมาะสมในการอบแห้งวัสดุทางเกษตร และการออกแบบโปรแกรมLabVIEW 8.5เพื่อเชื่อมต่อกับอุปกรณ์การชั่งน้ำหนัก (Load cell) แบบอัตโนมัติพร้อมทั้งเก็บข้อมูลการอบแห้งลงในคอมพิวเตอร์

3.1 ขั้นตอนการดำเนินงาน

3.1 ออกแบบตู้อบ

3.2 สร้างและทดสอบตู้อบ

3.3 ติดตั้ง Load cell เพื่อชั่งน้ำหนักโดยโปรแกรม LabVIEW 8.5 ในการวัดน้ำหนักของตัววัสดุ

3.4 ทำการทดลองเพื่อหาDrying Curve

3.2 การออกแบบตู้อบ

ตู้อบลมร้อนที่ออกแบบขึ้นมีขนาด 50cm*x 80cm*x 50cmภายในติดตั้งฮีตเตอร์ขนาด 800 วัตต์ จำนวน 3 ตัว พัดช่วยระบายอากาศ 1 ตัว พร้อมกับติดตั้งกล่องคอลโทรลเลอร์เพื่อปรับอุณหภูมิภายในตู้อบ และติดตั้ง Load cell เข้ากับตัวตู้อบโดยต่อกับถาดรองรับวัสดุสำหรับชั่งน้ำหนักวัสดุ

ภาพที่ 3.1ตู้อบระบบที่พัฒนาขึ้น

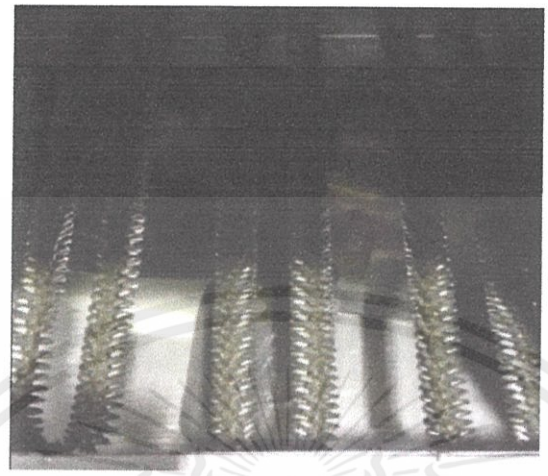
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 ขั้นตอนการสร้างตู้อบแห้ง

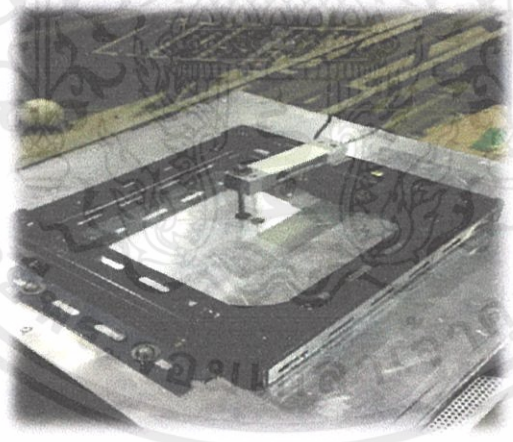
ภาพที่ 3.2การตัดแผ่นเหล็กตามขนาดที่ออกแบบ

ภาพที่ 3.3การประกอบเครื่องตู้อบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.4การติดตั้งฮีตเตอร์ ขนาด 800 วัตต์ จำนวน 3 ตัว



ภาพที่ 3.5การติดตั้ง load cell

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 3.6 ตู้คอนโทรล (ปรับอุณหภูมิภายในตู้อบ)

ภาพที่ 3.7ตู้อบระบบที่พัฒนาขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4ขั้นตอนการทดสอบการอบแห้งด้วยวิธีมาตราฐานและการอบด้วยระบบที่พัฒนาขึ้น

3.4.1 ทดสอบการอบแห้งด้วยระบบที่พัฒนาขึ้น โดยใช้ตู้อบลมร้อนธรรมดา

1.ตั้งอุณหภูมิให้เท่ากับ60 องศาเซลเซียสและเปิดพัดลมให้ลมไหลเวียนภายในตู้

2. เมื่ออุณหภูมิถึงค่าที่ตั้งไว้ ใส่วัสดุทดลองที่ทราบค่าน้ำหนักเข้าไปในตู้

3. นำตัวอย่างในตู้มาชั่งน้ำหนักทุกๆ 30 นาที เป็นเวลา 24 ชั่วโมง หรือจนกว่าวัสดุจะมีความชื้นถึงจุดความชื้นสมดุล ซึ่งน้ำหนักจะไม่มีการเปลี่ยนแปลง

4. อบวัสดุต่อด้วยอุณหภูมิ 105°C เป็นเวลา 24 ชั่วโมงเพื่อหาน้ำหนักแห้งของวัสดุ

5. นำข้อมูลที่ได้มาคำนวณหาค่าความชื้นที่จากข้อมูลน้ำหนักที่ได้ และสร้างกราฟDrying curve ที่เกี่ยวข้อง

3.4.2 ทดสอบการอบแห้งด้วยวิธีมาตรฐาน โดยใช้ตู้อบลมร้อนธรรมดา

1. เปิดเครื่องพัดลมให้ทำงานเกิดลมไหลเวียนภายในด้วยอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส

2. ตั้งค่าเครื่องโดยใช้โปรแกรม LabVIEW 8.5ให้เก็บค่าข้อมูลเป็นเวลา 24 ชั่วโมง หรือจนกว่าวัสดุจะมีความชื้นถึงจุดความชื้นสมดุล ซึ่งน้ำหนักจะไม่มีการเปลี่ยนแปลง

4. อบวัสดุต่อด้วยอุณหภูมิ 105°C เป็นเวลา 24 ชั่วโมงเพื่อหาน้ำหนักแห้งของวัสดุ

5. นำข้อมูลที่ได้มาคำนวณหาค่าความชื้นที่จากข้อมูลน้ำหนักที่ได้ และสร้างกราฟ Drying curve ที่เกี่ยวข้อง

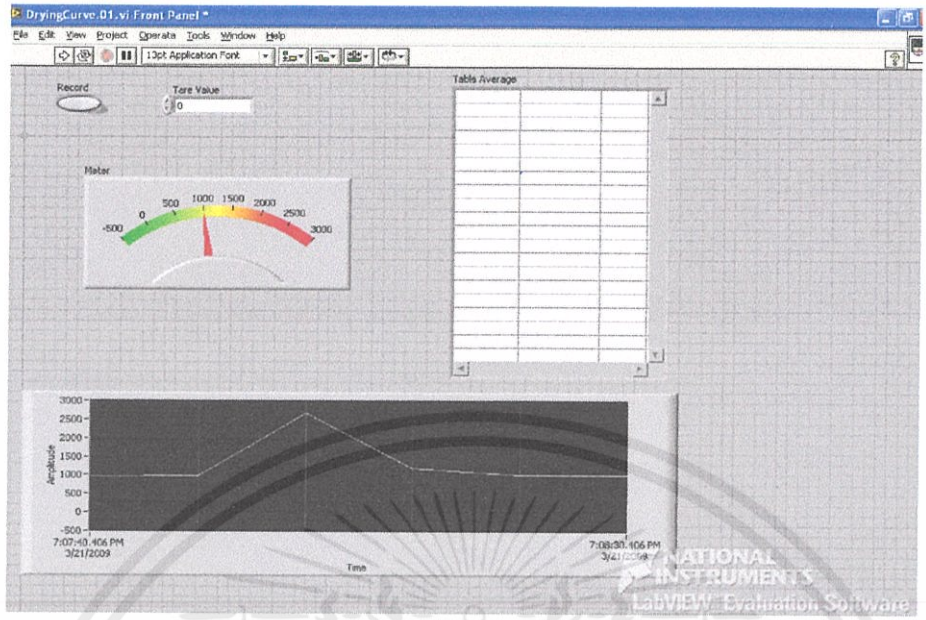
3.5 การพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์

โปรแกรม LabVIEW 8.5 สร้างมาเพื่อใช้ในงานด้านการวัดของวิศวกรรม การเขียนโปรแกรมส่วนใหญ่จะเขียนในรูปสัญลักษณ์รูปภาพ ซึ่งทำให้ผู้ใช้สามารถใช้งานได้สะดวกในการเขียนยิ่งขึ้น
ประกอบด้วยหน้าจอหลัก 2 ส่วนคือ

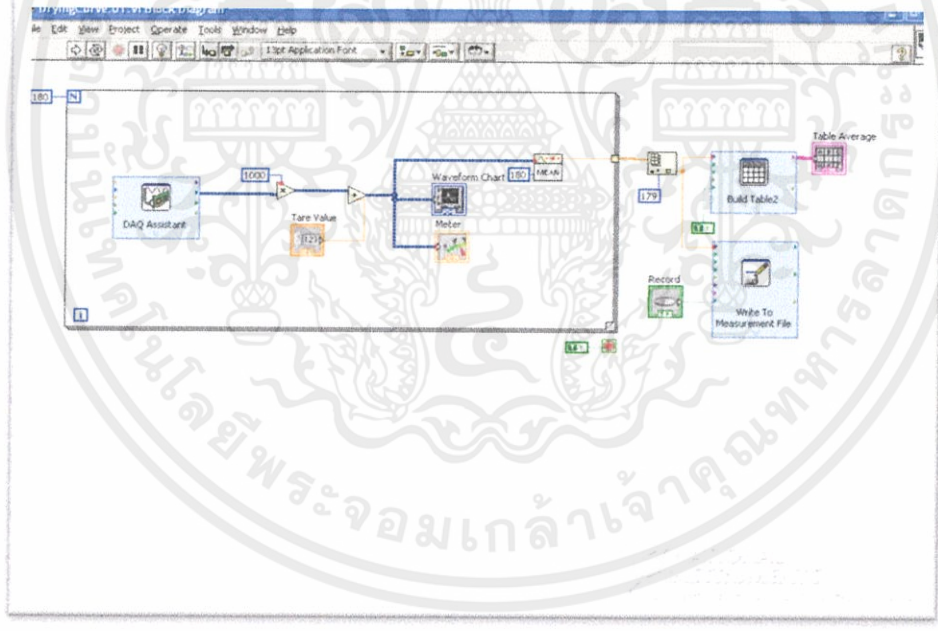
-Front Panel

-Block Diagram

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.8หน้าจอ Front Panel



ภาพที่ 3.6 หน้าจอ Block Diagram

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

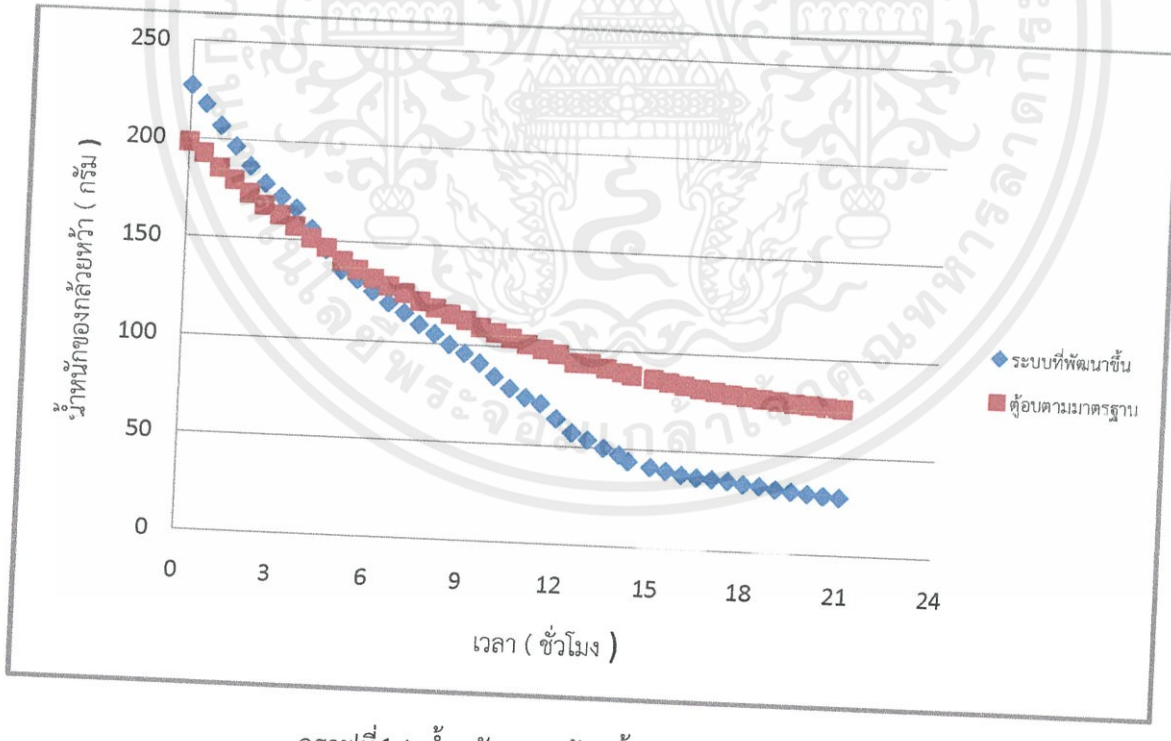
บทที่ 4

ผลการทดสอบ

ในการทดสอบทำงานของตู้อบที่ต้องการอบแห้งโดยมีระบบการชั่งน้ำหนักแบบอัตโนมัติ และบันทึกข้อมูลด้วยโปรแกรม LabVIEW8.5 เพื่อศึกษาพฤติกรรมการอบแห้งของกล้วยโดยทำการอบแห้งวัสดุตัวอย่างที่อุณหภูมิตัวอย่างที่ 60 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 21 ชั่วโมง จนถึงความชื้นสมดุล แล้วจึงอบวัสดุต่อที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียสจนได้น้ำหนักแห้ง ตลอดจนทำการเปรียบเทียบผลที่ได้กับการหาพฤติกรรมการอบแห้งด้วยวิธีมาตรฐาน มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

4.1 มวลที่ลดลงจากการอบแห้ง

ในการทดสอบอบแห้งด้วยวิธีมาตรฐานที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส มวลกล้วยเริ่มต้นที่ใช้ในการอบเท่ากับ 200 กรัม เมื่อเวลาในการอบแห้งผ่าน 21 ชั่วโมง พบว่ามวลของวัสดุมีมวลเหลือ 75.09 กรัม ส่วนการทดสอบอบแห้งด้วยระบบที่พัฒนาขึ้น มีมวลกล้วยเริ่มต้นที่ใช้ในการอบ เท่ากับ 227 กรัมเมื่อเวลาในการอบแห้งผ่าน 21 ชั่วโมง พบว่ามวลของวัสดุกล้วยน้ำว้ามีเหลือ 29.68 กรัม

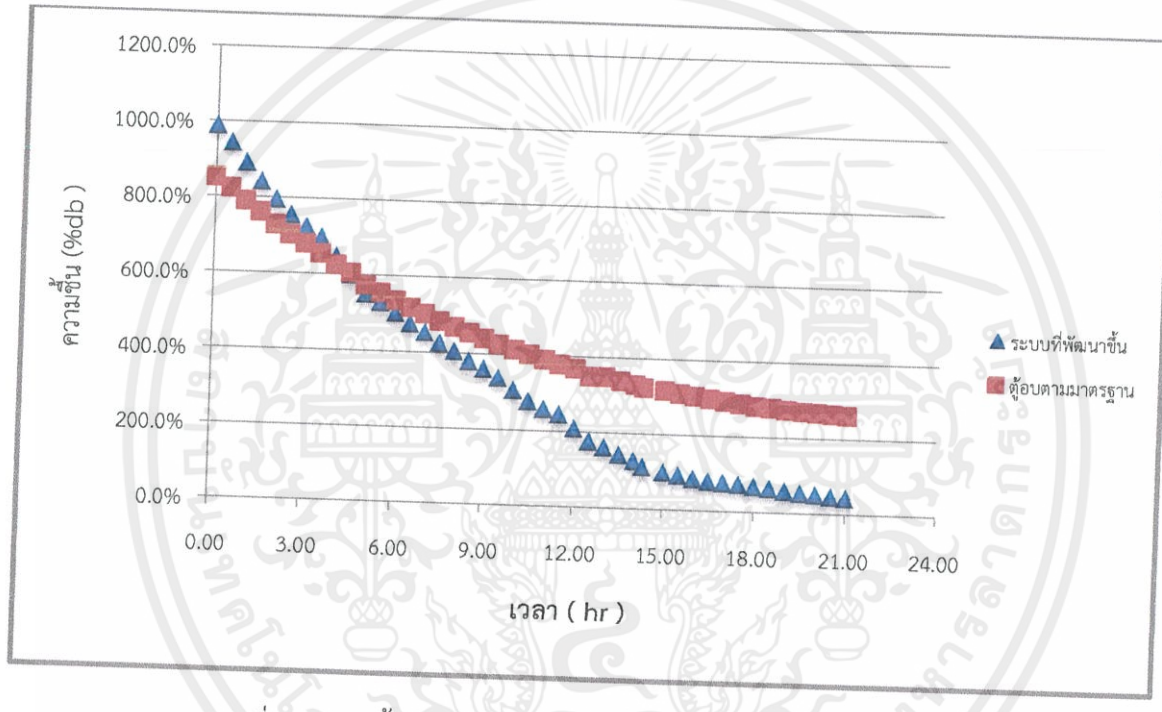


กราฟที่4.1 น้ำหนักของกล้วยน้ำว้าเปรียบเทียบเวลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 การเปลี่ยนแปลงความชื้นฐานแห้งในการอบแห้ง

อัตราส่วนปริมาณน้ำที่มีอยู่ในวัสดุกับมวลของวัสดุที่แห้งเมื่อเทียบกับเวลา ในระยะเวลา 21 ชั่วโมงจากการทำการอบแห้งวัสดุกล้วยมีความชื้นลดลงตามเวลาในอบแห้ง การทดสอบอบแห้งด้วยระบบที่พัฒนาขึ้นโดยมีความชื้นเริ่มต้น987.2%dbและลดลงเหลือ 42.1%db เมื่อเวลาผ่านไป 21ชั่วโมงส่วนกราฟการทดสอบอบแห้งด้วยวิธีมาตรฐาน มีความชื้นกล้วยเริ่มต้นที่ใช้ในการอบเท่ากับ 857.9 %db เมื่อเวลาในการอบแห้งผ่านไป 21 ชั่วโมง พบว่าความชื้นของวัสดุกล้วยมีเหลือ 259.6 %db

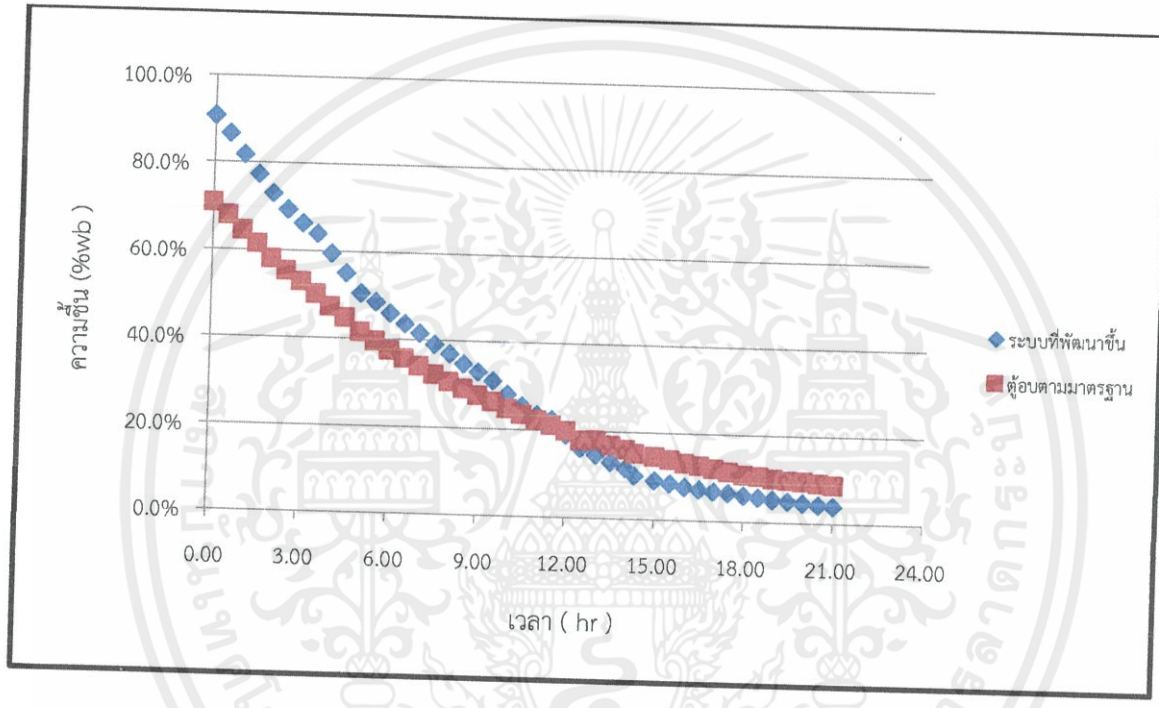


กราฟที่4.2 ความชื้นฐานแห้งของกล้วยน้ำว้าที่เปลี่ยนไปเมื่อเทียบกับเวลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 การเปลี่ยนแปลงความชื้นฐานเปียกในการอบแห้ง

อัตราส่วนปริมาณน้ำที่มีอยู่ในวัสดุกับมวลของวัสดุที่แห้งเมื่อเทียบกับเวลา ในระยะเวลา 21 ชั่วโมง จากการทำการอบแห้งวัสดุกล้วยมีความชื้นลดลงตามเวลาในอบแห้ง กราฟการทดสอบอบแห้งด้วยระบบที่พัฒนาขึ้น โดยมีความชื้นเริ่มต้น 90.8 %wb และลดลงเหลือ 3.9 %wb เมื่อเวลาผ่านไป 21 ชั่วโมง การทดสอบอบแห้งด้วยวิธีมาตรฐาน มีความชื้นกล้วยเริ่มต้นที่ใช้ในการอบ เท่ากับ 71.1 %wb เมื่อเวลาในการอบแห้งผ่าน 21 ชั่วโมง พบว่าความชื้นของวัสดุกล้วยมีเหลือ 8.6 %wb

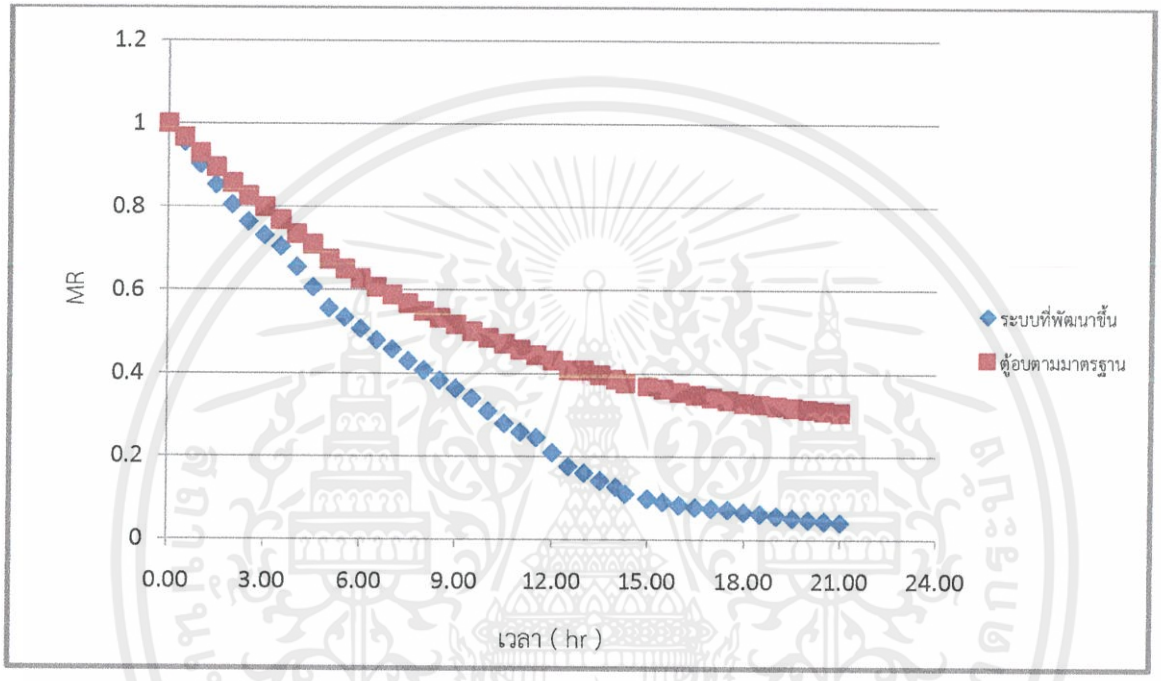


กราฟที่4.3 ความชื้นฐานเปียกขอบกล้วยน้ำว้าเปรียบเทียบเวลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 อัตราส่วนความชื้นในระหว่างการอบแห้ง (MR)

จากการทำการอบแห้งวัสดุกล้วยมีความชื้นลดลงตามเวลาในอบแห้ง กราฟการทดสอบอบแห้งด้วยระบบที่พัฒนาขึ้นโดยมีอัตราส่วนความชื้นเริ่มต้นเท่ากับ1.000และลดลงเหลือ 0.043 เมื่อเวลาผ่านไป 21 ชั่วโมง ส่วนกราฟการทดสอบอบแห้งด้วยวิธีมาตรฐาน มีอัตราส่วนความชื้นกล้วยเริ่มต้นที่ เท่ากับ 1.000 เมื่อเวลาผ่านไป 21 ชั่วโมง พบว่าอัตราส่วนความชื้นของวัสดุเหลือ 0.303



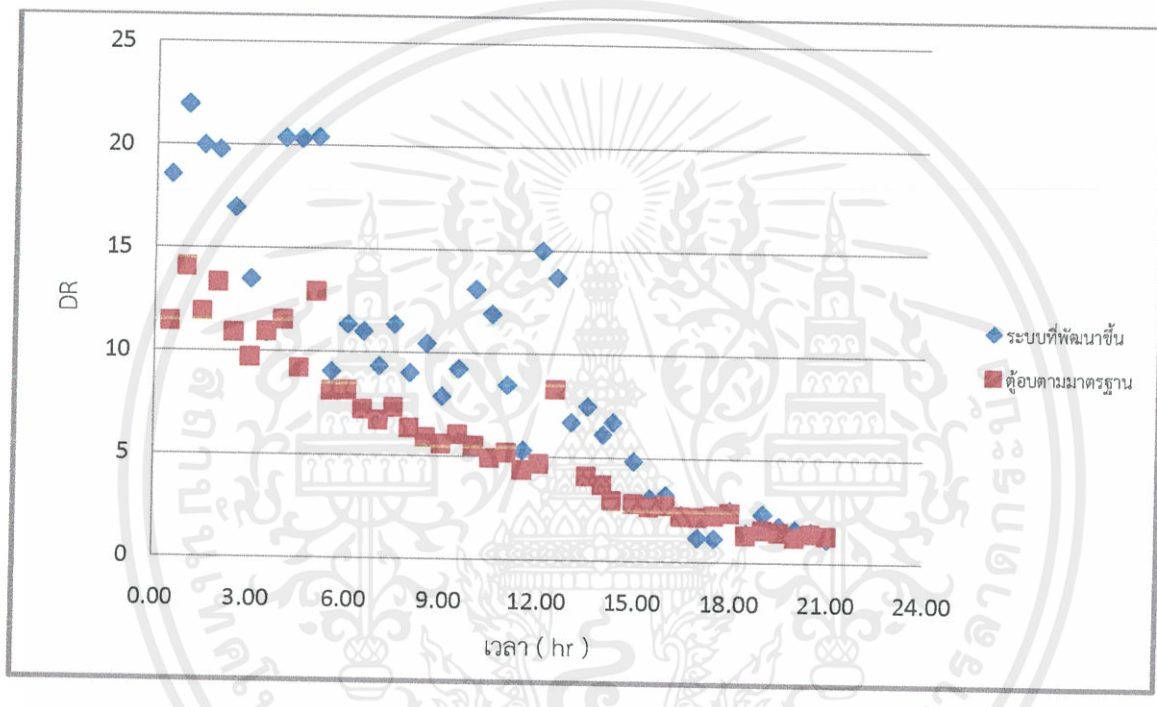
กราฟที่ 4.4 MR เทียบกับเวลา

พบว่า จากกราฟที่ 4.4 กราฟการทดสอบอบแห้งด้วยระบบที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพค่าอัตราส่วนความชื้น (MR) ในระหว่างการอบแห้งที่สูงกว่ากราฟการทดสอบอบแห้งด้วยวิธีมาตรฐานเมื่อเราเปรียบเทียบกับเวลาในการใช้อบแห้ง 21 ชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5 อัตราการอบแห้ง (Drying Rate, DR)

เพื่อทราบอัตราการระเหยน้ำออกจากวัสดุที่เกิดการระเหยต่อหน่วยเวลาระหว่างการทำแห้งกราฟการทดสอบอบแห้งด้วยระบบที่พัฒนาขึ้นโดยมีอัตราการอบแห้งกล้วยเริ่มต้น 18.58kg/hr และลดลงเหลือ 1.18 kg/hr เมื่อเวลาผ่านไป 21 ชั่วโมง ส่วนกราฟการทดสอบอบแห้งด้วยวิธีมาตรฐาน มีอัตราการอบแห้งกล้วยเริ่มต้นที่ใช้ในการอบ เท่ากับ 14.84 kg/hr เมื่อเวลาในการอบแห้งผ่าน 21 ชั่วโมง พบว่าความชื้นของวัสดุกล้วยมีเหลือ 1.32 kg/h

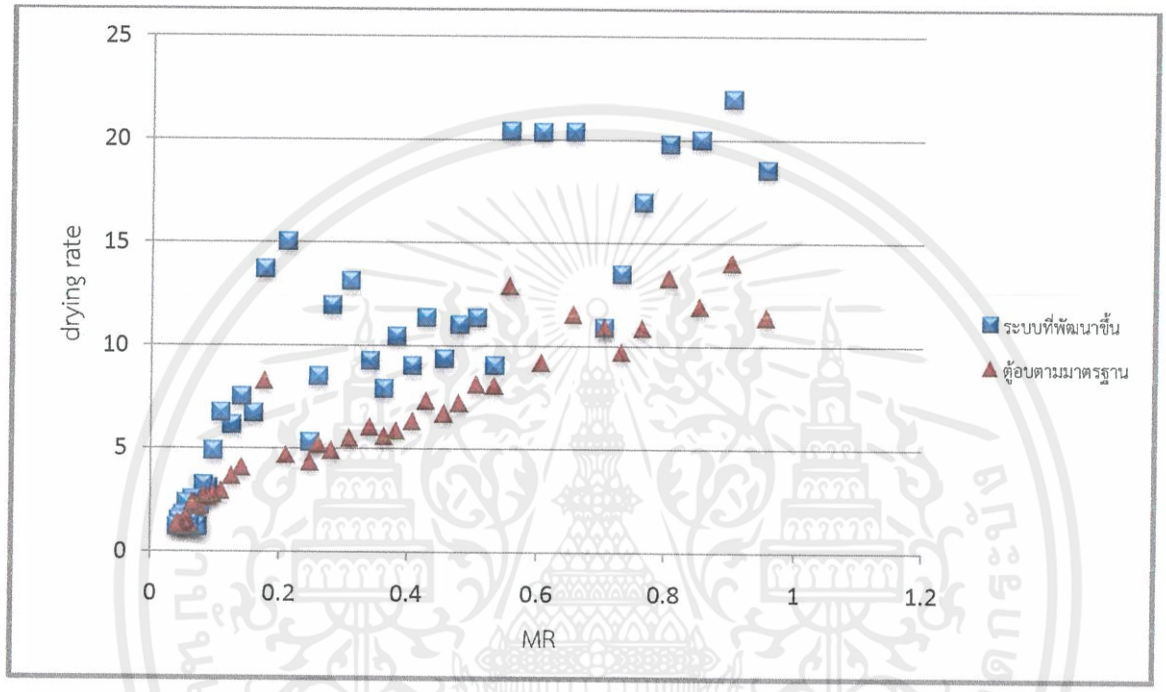


กราฟที่ 4.5 อัตราการอบแห้งที่เกิดขึ้นในการทดสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.6 อัตราส่วนความชื้นในระหว่างการอบแห้ง (MR) กับ อัตราการอบแห้ง (Drying Rate, DR)

จากกราฟที่ได้การทดสอบทำให้ทราบพฤติกรรมในการอบแห้งของกล้วย ซึ่งมีความสำคัญมากในการอบแห้งเพื่อศึกษาพฤติกรรมเปลี่ยนแปลงของอัตราการอบแห้ง (DR) และอัตราส่วนความชื้นในระหว่างการอบแห้ง (MR) ทำให้ทราบช่วงการระเหยของน้ำในระหว่างการอบแห้งอีกด้วย



กราฟที่4.6 MR เปรียบเทียบ DR

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการศึกษา

1. ตู้อบที่ออกแบบขึ้นมาในการทดลองสำหรับการชั่งน้ำหนักวัสดุทางการเกษตรแบบอัตโนมัติ

2. โปรแกรมส่วนเชื่อมต่อกับผู้ใช้งานถูกพัฒนาขึ้นโดยใช้โปรแกรมLabVEIW8.5 สามารถเก็บข้อมูลการชั่งน้ำหนักวัสดุทางการเกษตรในระยะเวลาที่ต้องการโดยเป็นการเก็บข้อมูลน้ำหนักกับเวลาของวัสดุทางการเกษตรและบันทึกข้อมูลแบบอัตโนมัติ

3. ผลที่ได้จากการทดสอบอบแห้งด้วยวิธีมาตรฐาน กับ การทดสอบอบแห้งด้วยระบบที่พัฒนาขึ้น สามารถวิเคราะห์จากกราฟ Drying Curve มีลักษณะพฤติกรรมการอบแห้งที่คล้ายคลึงกัน

5.2 ปัญหาที่พบในการทดลองและข้อเสนอแนะ

1. ควรมีการออกแบบวงจรไฟฟ้าให้ดีขึ้น เพื่อลดสัญญาณรบกวนที่เชื่อมต่อกับโหลดเซลล์

2. ควรใช้พัดลมที่มีขนาดเล็กลง เพราะพัดลมภายในตู้อบมีขนาดใหญ่เกินไป ส่งผลให้เกิดความผิดพลาดในการวัดจาก

- การสั่นสะเทือนของโครงสร้างตู้อบและโหลดเซลล์
- เกิดแรงลมไปประทะกับถาดชั่งน้ำหนัก

3. ควรใช้พัดลมที่สามารถปรับระดับความเร็วลมได้ เพื่อให้สามารถจำลองสภาวะการอบแห้งได้หลากหลายรูปแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก (ก)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

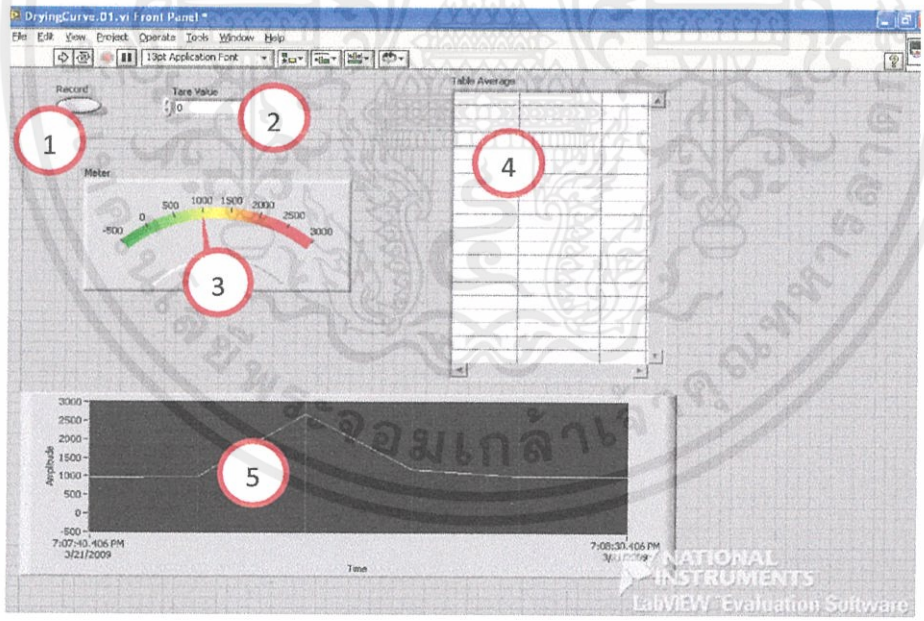
โปรแกรม LabVIEW 8.5

โปรแกรม LabVIEW 8.5 สร้างมาเพื่อใช้ในงานด้านการวัดของวิศวกรรม การเขียนโปรแกรมส่วนใหญ่จะเขียนในรูปสัญลักษณ์รูปภาพ ซึ่งทำให้ผู้ใช้สามารถใช้งานได้สะดวกในการเขียนยิ่งขึ้น

ก.1 Front Panel

หน้าต่างนี้เป็นส่วนเชื่อมต่อกับผู้ใช้งานจากหน้าจอคอมพิวเตอร์ โดยโปรแกรมที่เขียนขึ้นมาจะแสดงมีส่วนแสดงข้อมูลคือ

1. ปุ่ม Record ใช้สำหรับกดบันทึกข้อมูลที่ต้องการ
2. ช่อง Tare Value ใช้สำหรับใส่ค่า Calibrate น้ำหนักของตะแกรงใส่วัสดุ
3. Meter แสดงค่าน้ำหนักกับเวลา
4. ตารางแสดงข้อมูลค่าเฉลี่ยน้ำหนัก
5. กราฟแสดงน้ำหนักของวัสดุที่ลดลง

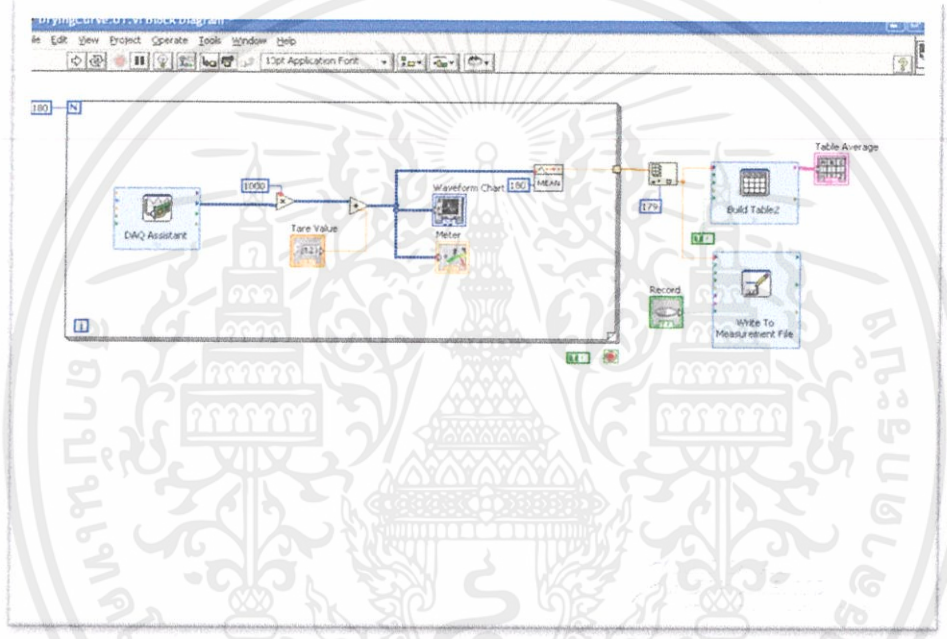


ภาพที่ ก.1 ภาพแสดงหน้าต่าง Front Panel

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก.2 Block Diagram

หน้าจอนี้เป็นส่วนของโปรแกรมที่เชื่อมต่อกับหน้าจอ Front Panel ข้างต้น มีหลักการทำงานของโปรแกรมคือ DAQ Assistant ทำหน้าที่อ่านข้อมูลที่ใส่ลงและส่งข้อมูลไปไปแปลงค่าจากหน่วยโวลต์ให้เป็นหน่วยกรัมโดยการคูณ 1000 และส่งต่อไปช่อง Tare Value เพื่อใส่ค่า Calibrate จากนั้นส่งไปแสดงผลในส่วนของกราฟและมิเตอร์ และนำมาหาค่าทุกๆ 30 นาที จากนั้นจะถูกส่งไปแสดงผลอีกครั้งในตารางแสดงค่าเฉลี่ยและส่งข้อมูลไปบันทึกที่ Write to Measurement File ข้อมูลจะถูกบักทึกในรูปแบบของไฟล์เข้าสู่คอมพิวเตอร์ นำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์หา Drying Curve จากสูตรที่กล่าวไว้ข้างต้น



ภาพที่ ก.2. ภาพแสดงหน้าต่าง Block Diagram

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก (ข)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การใช้งานตู้อบและโปรแกรม

ข.1 ตู้อบที่ใช้ในการทดลอง

เตรียมตู้อบลมร้อนที่ใช้ในการทดลอง โดยเริ่มจากการเสียบปลั๊กเปิดเครื่อง

ภาพที่ ข.1 ภายนอกตู้อบ

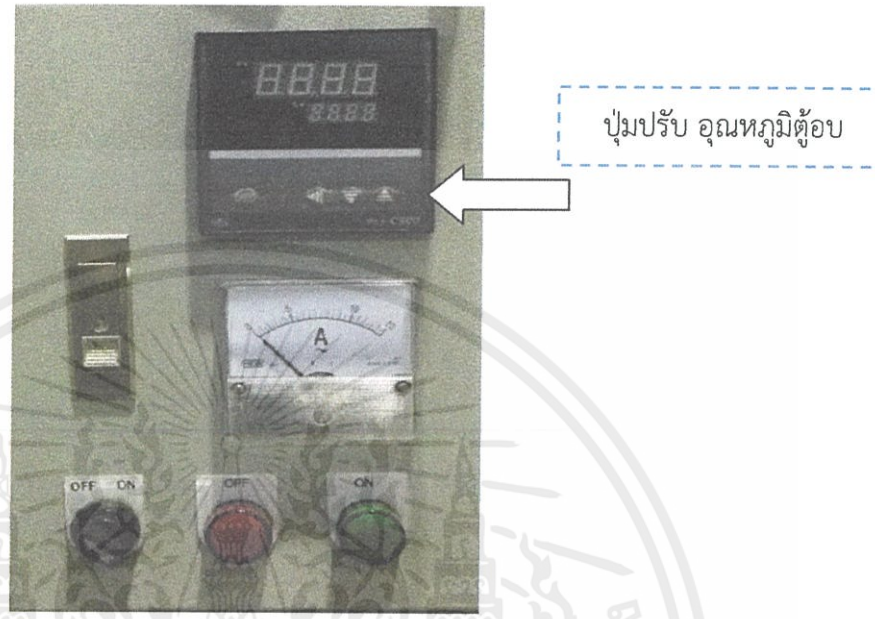
ปุ่ม เปิด ปิด เครื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

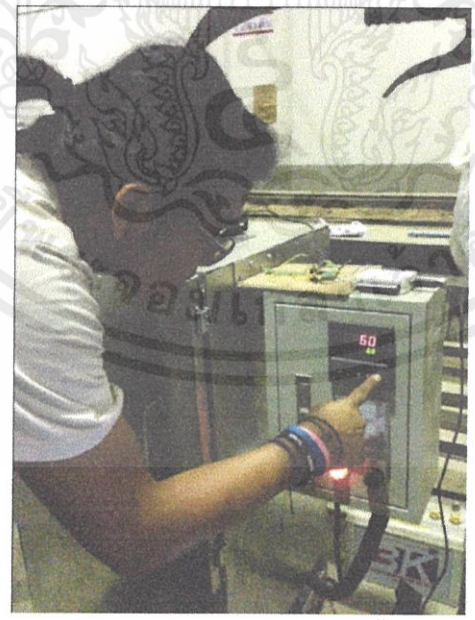
ภาพที่ ข.2 ภาพกล่องควบคุมอุณหภูมิภายในตู้อบตู้อบ

ข.2 ปรับอุณหภูมิตู้อบที่ต้องการ โดยอุณหภูมิที่เราใช้จะขึ้นอยู่กับวัสดุที่นำมาทำการทดลอง

ปรับอุณหภูมิตู้อบที่60 องศาเซลเซียส



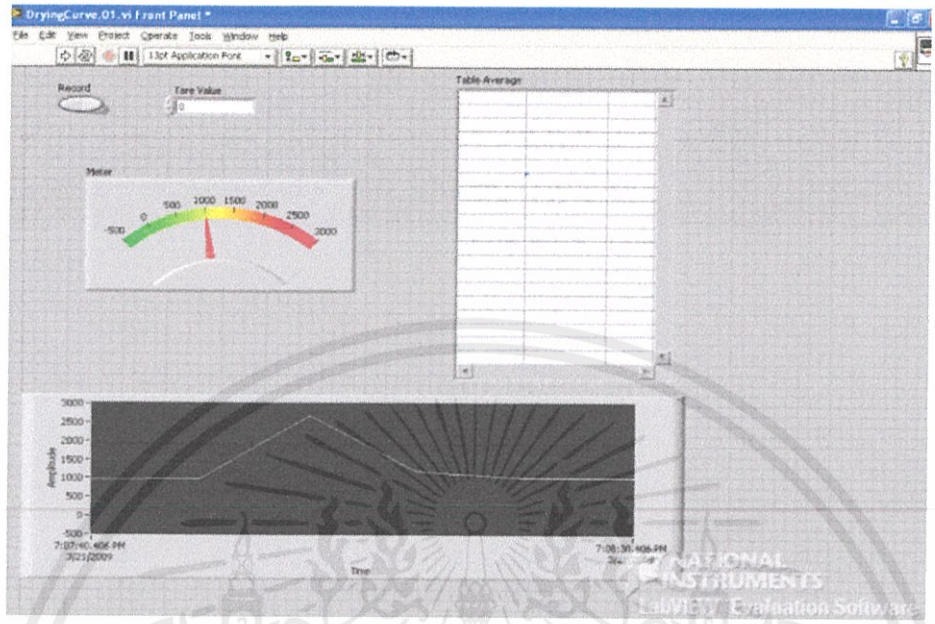
ภาพที่ ข.3 ภาพแสดงปุ่มปรับอุณหภูมิ



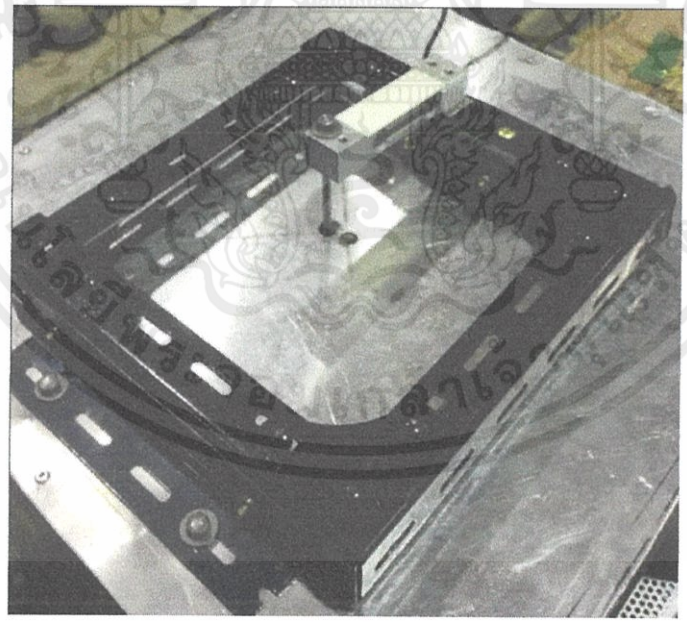
ภาพที่ ข.4 ภาพการปรับอุณหภูมิตู้อบ60 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข.3 ตรวจสอบการทำงานของโปรแกรมLabVIEW8.5 กล่องขยายสัญญาณ และ Load cell

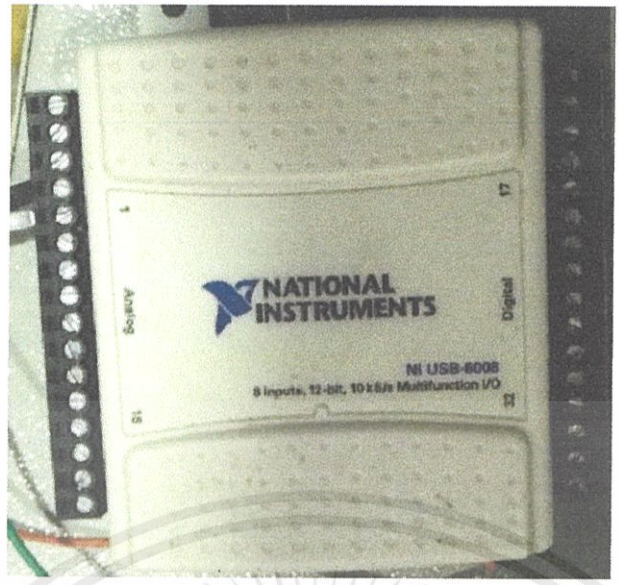


ภาพที่ ข.5 ตรวจสอบการทำงานของโปรแกรม



ภาพที่ ข.6 ภาพ load cell

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



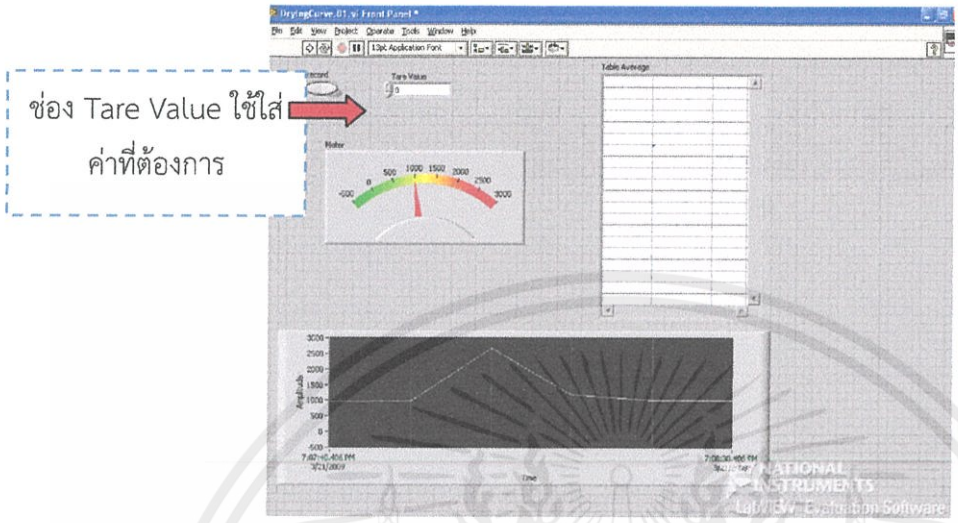
ภาพที่ ข.7 กล่องขยายสัญญาณ

ข.4 เตรียมกล้วยน้ำว้าตามลักษณะที่จะทำการทดลอง

ภาพที่ ข.8 กล้วยน้ำว้าหั่นแว่นน้ำหนัก 200 กรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข.5 เปิดโปรแกรมเพื่อดูน้ำหนักของตะแกรง เพื่อนำไป Calibrate ในโปรแกรมโดยการใส่ค่าน้ำหนักของตะแกรงที่อ่านได้ในช่อง Tare Value ของตัวโปรแกรม



ภาพที่ ข.9 ภาพช่อง Tare Value

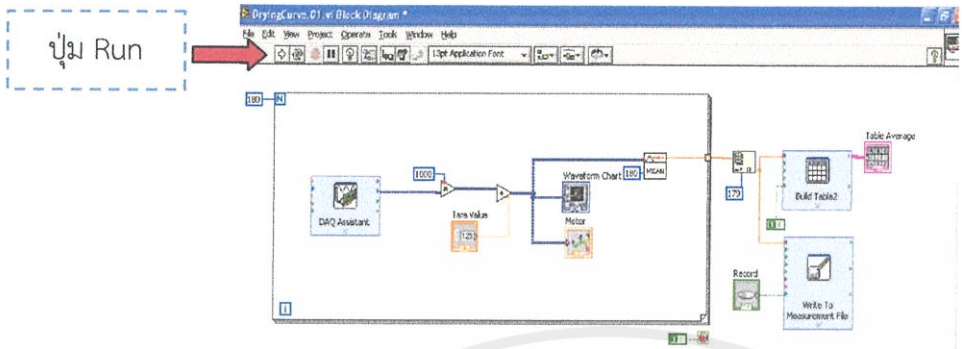
ข.6 ใส่กล้วยน้ำว้าในตู้อบ

เมื่อตู้อบที่เตรียมไว้มีอุณหภูมิที่ต้องการ (60 องศาเซียส) และทำการ Calibrate ค่าน้ำหนักของตะแกรงเรียบร้อยแล้ว นำวัสดุที่ต้องการทดลองใส่ลงในตะแกรงภายในตู้อบ

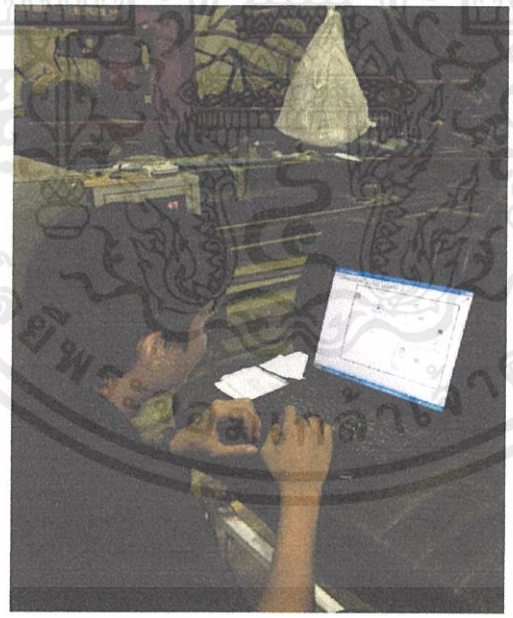
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ ข.10 ภาพใส่กล้วยน้ำว้าลงในตะแกรงภายในตู้อบ

ข.7 กดปุ่ม Run Program เพื่อทำการเก็บข้อมูล



ภาพที่ ข.11 กดปุ่ม Run เพื่อเริ่มการทำงาน

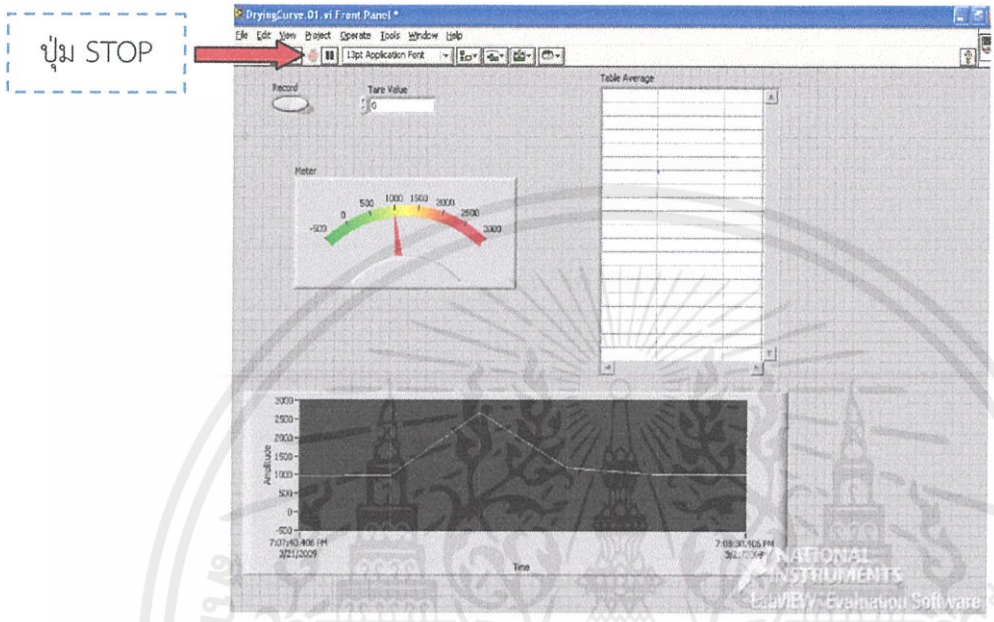


ภาพที่ ข.12 ภาพกดปุ่ม Run เพื่อเริ่มการทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข.8 เมื่อดูจากข้อมูลที่ได้กราฟน้ำหนักของวัสดุเข้าสู่สมดุล ทำการกดปุ่มหยุดการทำงานของโปรแกรม โปรแกรมจะทำการบันทึกข้อมูลโดยอัตโนมัติ

นำข้อมูลที่ได้จากการบันทึกของโปรแกรมมาวิเคราะห์หา Drying Curve จากสูตรคำนวณที่ได้กล่าวไว้แล้วข้างต้น



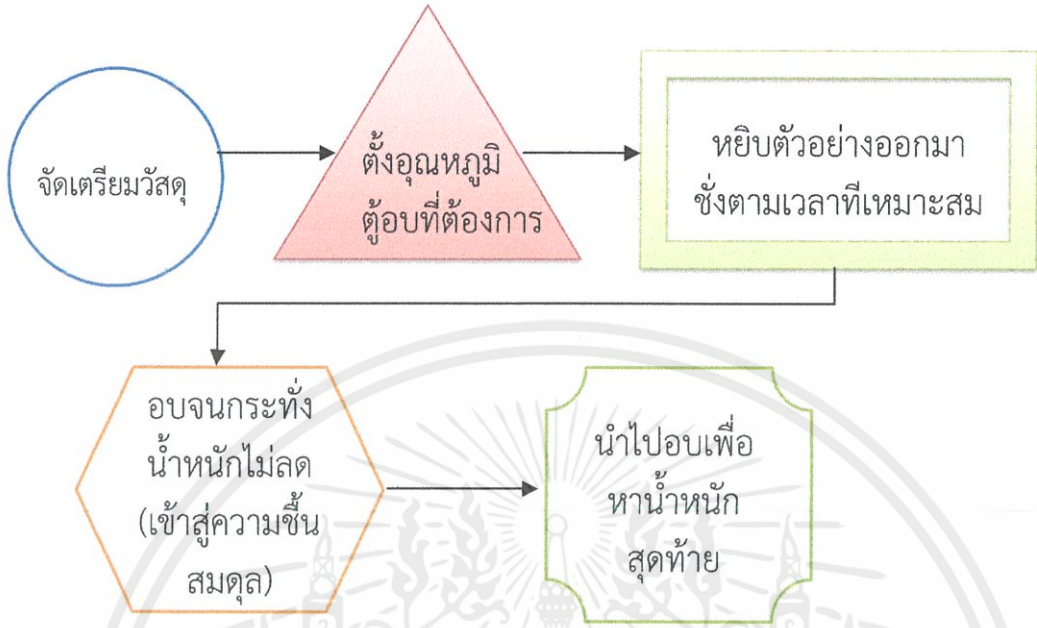
ภาพที่ ข.13 ภาพแสดงปุ่มSTOP

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

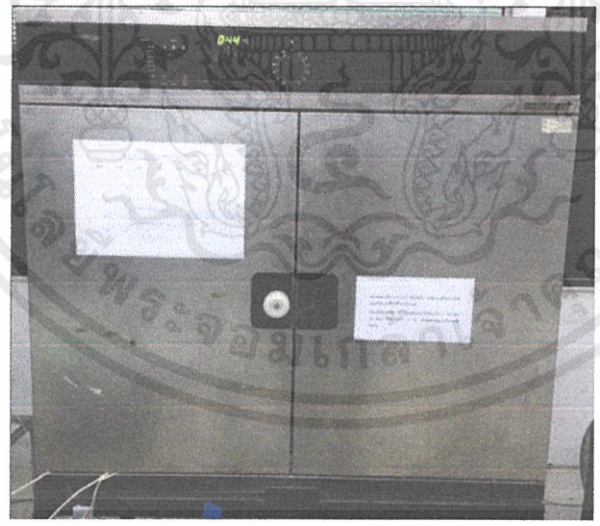
ภาคผนวก (ค)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนการทดลองแบบวิธีพื้นฐานในการอบแห้ง



1. จัดเตรียมตู้อบ และตั้งอุณหภูมิตู้อบที่ต้องการ



ภาพที่ ค.1 ตู้อบที่อุณหภูมิที่ 60 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. หยิบตัวอย่างออกมาชั่งตามเวลาที่เหมาะสม

ภาพที่ ค.2 กล้วยน้ำว้า 200 กรัม

3. นำกล้วยน้ำว้าเข้าตู้อบและอบในระยะเวลา 21 ชั่วโมง

ภาพที่ ค.3 อบกล้วยน้ำว้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. นำกล้วยน้ำว้าออกมาชั่งน้ำหนักของกล้วยน้ำว้าทุก 30 นาที เพื่อทำการเก็บข้อมูล

ภาพที่ ค.4 ชั่งน้ำหนักกล้วยน้ำว้าทุก 30

5. เมื่อน้ำหนักของกล้วยน้ำว้าเข้าสู่สมดุลนำข้อมูลน้ำหนักของกล้วยมาคำนวณเพื่อทำการวิเคราะห์หา Drying Curve ของกล้วยน้ำว้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

[1] สักกมน เทพหัสดิน ณ อยุธยา. Drying of Food and Biomaterials. สำนักพิมพ์ท้อป.

[2] Keey,R.B. 1992. Drying of loose and Particulate Materials. Hemisphere Publishing Corp., New York.

[3] 1983.Drying Technology.สืบค้นเมื่อ 23 พฤศจิกายน, 2557, จากTaylor&Francis GroupWep site: http://www.tandf.co.uk/journal/titles/073739.asp

[4] Karel M. and Lund D.B. 2003. Physical Principles of Food Preservation. Marcel Dekker, New York.

[5] Van't LandC.M. 1991. Industrial Drying Equipment. Marcel Dekker, New York.

[6] Barker, C.G.J.(Ed.) 1997. Industrial Drying of Foods. Blackie Academic and Professsional, London.

[7] Mujumdar,A.S. (Ed.) 2007.Handbook of Industrial Dryin. CRC Press,Boca Raton.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้