ตู้ควบคุมความชื้นและอุณหภูมิ

Humidity and Temperature control chamber

นายสกรรจ์ เลาหะแสงเจริญ

นายณัฐพงศ์ แก้วปัญหา

นายอัษฎา เสนาขันธ์

ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์
วันที่รับ 24 มิ.ย. 2554
เลขทะเบียน 15516055
เลขเรียกหนังสือ ว.
มหาวิทยาลัยนเรศวร ส115 ท 2553

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมเครื่องกล ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ปีการศึกษา 2553

ใบรับรองโครงงานวิศวกรรมเครื่องกล

หัวข้อโครงงาน : ตู้ควบคุมความชื้นและอุณหภูมิ

ผู้ดำเนินโครงงาน : นายสกรรจ์ เลาหะแสงเจริญ

นายณัฐพงศ์ แก้วปัญหา

นายอัษฎา เสนาขันธ์

ที่ปรึกษาโครงงาน : ผศ.ดร.ปฐมศก วิไลพล

สาขาวิชา : วิศวกรรมเครื่องกล

ภาควิชา : วิศวกรรมเครื่องกล

ปีการศึกษา : 2553

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อนุมัติให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะกรรมการสอบโครงงานวิศวกรรมเครื่องกล

..... ประธานกรรมการ

(ผศ.ดร.ปฐมศก วิไลพล)

..... กรรมการ

(ผศ.ดร.ปิยะนันท์ เจริญสวรรค์)

..... กรรมการ

(อ.นพรัตน์ สีหะวงศ์)

ชื่อหัวข้อ โครงงาน	**: ตู้ควบคุมความชื้นและอุณหภูมิ**
ผู้ดำเนินโครงงาน	**: นายสกรรจ์ เลาหะแสงเจริญ รหัส 50362498**
	นายณัฐพงศ์ แก้วปัญหา รหัส 50364058
	นายอัษฎา เสนาขันธ์ รหัส 50364386
ที่ปรึกษาโครงงาน	**: ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ปฐมศก วิไลพล**
สาขาวิชา	**: วิศวกรรมศาสตร์เครื่องกล**
ภาควิชา	**: วิศวกรรมศาสตร์เครื่องกล**
ปีการศึกษา	**: 2553**

บทคัดย่อ

โครงงานนี้ได้ศึกษาและออกแบบตู้ควบคุมความชื้นและอุณหภูมิเพื่อศึกษาอิทธิพลของความชื้นและอุณหภูมิของอากาศที่มีผลต่อความชื้นและน้ำหนักของมันสำปะหลัง โดยทำการทดลองกับหัวมันสำปะหลังที่มีความชื้นเริ่มต้น 44.69 เปอร์เซ็นต์ ทำการทดลองที่อุณหภูมิและความชื้นต่างๆดังนี้ คือ อากาศที่ 35 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 20 เปอร์เซ็นต์,อากาศที่ 45 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 20 เปอร์เซ็นต์,อากาศที่ 40 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 35 เปอร์เซ็นต์ และอากาศที่ 40 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 40 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้เวลาในการทดลอง 4 ชั่วโมง จากผลการทดลองพบว่า อากาศที่ 35 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 20 เปอร์เซ็นต์ ความชื้นของมันสำปะหลังลดลงเหลือ 34.95 เปอร์เซ็นต์ อากาศที่ 45 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 20 เปอร์เซ็นต์ ความชื้นของมันสำปะหลังลดลงเหลือ 32.1 เปอร์เซ็นต์ อากาศที่ 40 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 35 เปอร์เซ็นต์ ความชื้นของมันสำปะหลังลดลงเหลือ 33.2 เปอร์เซ็นต์ และอากาศที่ 40 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 40 เปอร์เซ็นต์ ความชื้นของมันสำปะหลังลดลงเหลือ 34.91 เปอร์เซ็นต์

จากการทดลองพบว่าอากาศที่ 45 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 20 เปอร์เซ็นต์ น้ำหนักและความชื้นของมันสำปะหลังมีค่าเหลือน้อยที่สุด โดยอากาศที่สภาวะอื่นๆจะมีค่าใกล้เคียงกันและจากแนวโน้มการลดลงของความชื้นในมันสำปะหลัง อุณหภูมิอากาศที่เพิ่มขึ้นจะส่งผลกระทบต่อความชื้นในมันสำปะหลังมากกว่าการเปลี่ยนแปลงของความชื้นในอากาศ

Project Title	: Humidity and temperature control chamber	
Name	: Mr.Sakan Laohaseangjalern	ID. 50362498
	Mr.Nattapong Keawpanha	ID. 50364058
	Mr.Adsada Senakan	ID. 50364386
Project Advisor	: Asst. Prof. Dr.Patomsok Wilaipon	
Major	: Mechanical Engineering	
Department	: Mechanical Engineering	
Academic Year	: 2010	

Abstract

This project was aimed to design and construct a controllable humidity-temperature chamber in order to investigate the effects of the variables on cassava moisture content. The initial moisture content of cassava was found to be about 44.69 percent on wet basis. The relative humidity and temperature conditions studied were 35°C and 20%RH, 45°C and 20%RH, 40°C and 35%RH as well as 40°C and 40%RH, respectively. The study time was set to be 4 hours for all experiments.

According to the first experiment, 35°C and 20%RH, it was found that the final moisture of cassava was decreased to 34.95 percent. In addition, after four hours, the moisture content values were 32.10, 33.20 and 34.91 for the three last conditions. With regard to the investigated range, it may be concluded that the maximum rate of cassava weight loss was accounted for the case of 45°C and 20%RH.

กิตติกรรมประกาศ

(Acknowledgement)

จากการที่รายวิชาโครงงานทางวิศวกรรมเครื่องกลบรรจุในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต มหาวิทยาลัยนเรศวร เป็นเหตุให้ได้รับมอบหมายให้จัดทำโครงงานเรื่อง "ตู้ควบคุมความชื้นและอุณหภูมิ"ในระหว่างการปฏิบัติงานนั้นทำให้กลุ่มของข้าพเจ้าได้รับความรู้และประสบการณ์ในด้านต่างๆมากและปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยความช่วยเหลือและความอนุเคราะห์จากหลายฝ่าย ดังนี้

- ผศ.ดร.ปฐมศก วิไลพล อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานที่ให้ความช่วยเหลือเกี่ยวกับข้อมูลการทำโครงงาน ทุนทรัพย์และคำแนะนำตลอดการทำโครงงานให้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี
- อาจารย์ปองพันธ์ โอทกานนท์ ที่ให้ความรู้และคำแนะนำเกี่ยวกับเครื่องมือวัดต่างๆ
- อาจารย์นินนาท ราชประดิษฐ์ ที่ให้ความรู้และเอื้อเฟื้อเครื่องมือในการทำโครงงาน
- ครูช่างภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยนเรศวร ที่ให้ความรู้และเอื้อเฟื้อเครื่องมือในการทำโครงงาน
- ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยนเรศวร ที่ให้ความรู้และเอื้อเฟื้อสถานที่ในการทำโครงงาน
- กรวิทย์พืชผล ที่เอื้อเฟื้อมันสำปะหลังสำหรับใช้ในการทดลอง

และบุคคลท่านอื่นๆ ที่ไม่ได้กล่าวนามทุกท่านที่ได้ให้คำแนะนำ ช่วยเหลือในการทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้

สุดท้ายนี้ผู้จัดทำโครงงานขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา ที่คอยอบรมสั่งสอน ให้การสนับสนุนและให้กำลังใจตลอดการศึกษา กราบขอบพระคุณคณาจารย์และผู้ที่เกี่ยวข้องทุกท่านที่ได้มอบความรู้ให้ผู้จัดทำตลอดมา

คณะผู้จัดทำ

สารบัญ

	หน้า
ใบรับรองโครงงานวิศวกรรมเครื่องกล	ก
บทคัดย่อ	ข
Abstract	ค
กิตติกรรมประกาศ	ง
สารบัญรูปภาพ	ซ
สารบัญตาราง	ญ
สารบัญกราฟ	ฎ
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความสำคัญและที่มาของโครงงาน	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน	1
1.3 ขอบข่ายของโครงงาน	2
1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
1.6 แผนการดำเนินงานตลอดโครงการ	3
1.7 สถานที่ปฏิบัติงาน	4
1.8 อุปกรณ์ที่ใช้	4
1.9 รายละเอียดงบประมาณตลอดโครงการ	4
บทที่ 2 หลักการและทฤษฎี	
2.1 ลักษณะโดยทั่วไปของมันสำปะหลัง	5
ความสำคัญ	6

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
ตัวอย่างพันธุ์มันสำปะหลัง	7
พันธุ์ระยอง 5	7
พันธุ์ระยอง 72	8
2.2 ทฤษฎีความชื้น	9
2.2.1 ความชื้นของอากาศ	9
2.2.2 การหาเปอร์เซ็นต์ความชื้น	11
สมการหาเปอร์เซ็นต์ความชื้น จากน้ำหนัก	11
2.3 หลักการทำงาน	12
2.3.1 นำอากาศแห้งเข้าสู่ตู้ควบคุมความชื้นและอุณหภูมิ	12
2.3.2 ใช้ฮีทเตอร์และเครื่องทำหมอกระบบ Ultrasonic Mister เพื่อเพิ่มความชื้นและอุณหภูมิ	12
2.3.3 เซ็นเซอร์อ่านค่าความชื้นและอุณหภูมิภายในตู้	12
2.3.4 โหลดเซลล์บันทึกค่าน้ำหนักที่เปลี่ยนไปของมันสำปะหลัง	12
2.4 เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	13
บทที่ 3 วิธีการดำเนินโครงการและการออกแบบ	
3.1 การสำรวจและรวบรวมข้อมูล	17
องค์ประกอบทางเคมีของหัวมันสำปะหลังและผลิตภัณฑ์	17
3.2 การออกแบบ	18
3.2.1 การออกแบบตู้	18
3.2.2 การออกแบบการปล่อยความชื้น	19
3.2.3 การออกแบบการให้ความร้อน	21
3.2.4 การออกแบบการนำอากาศแห้งเข้า	22
3.2.5 การออกแบบการชั่งน้ำหนักมันสำปะหลัง	25

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.3 การดำเนินการทดลอง	27
3.3.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง	27
3.3.2 ขั้นตอนการทดลอง	30
การทดลองครั้งที่ 1	32
การทดลองครั้งที่ 2	32
การทดลองครั้งที่ 3	33
การทดลองครั้งที่ 4	33
บทที่ 4 ผลการทดลองและการวิเคราะห์ผล	
4.1 ศึกษาอิทธิพลของความชื้นและอุณหภูมิของอากาศที่มีผลต่อความชื้นและน้ำหนักของมันสำปะหลัง	34
4.2 วิเคราะห์ลักษณะของมันสำปะหลังที่ผ่านการทดลอง	37
บทที่ 5 บทสรุป	
5.1 สรุปผลการทดลอง	38
5.2 ข้อเสนอแนะ	38
บรรณานุกรม	39
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก รูปเครื่องมือ มันสำปะหลังสด มันสำปะหลัง	40
ภาคผนวก ข ตารางบันทึกผลการทดลอง	45
ประวัติผู้จัดทำโครงงาน	50

สารบัญรูปภาพ

หน้า

รูปที่ 2.1 ลักษณะของหัวมันสำปะหลัง 6
รูปที่ 2.2 ลักษณะลำต้นของมันสำปะหลัง 7
รูปที่ 2.3 ลักษณะใบของมันสำปะหลัง 7
รูปที่ 2.4 หลักการทำงานของเครื่องควบคุมความชื้นและอุณหภูมิ 12
รูปที่ 3.1 ลักษณะของตู้ควบคุมความชื้นและอุณหภูมิ (การออกแบบ) 18
รูปที่ 3.2 ลักษณะของตู้ควบคุมความชื้นและอุณหภูมิ (ภาพจริง) 19
รูปที่ 3.3 การวางตำแหน่งของการปล่อยความชื้น (สามมิติ) 19
รูปที่ 3.4 การวางตำแหน่งของการปล่อยความชื้น (มองจากด้านหน้า) 20
รูปที่ 3.5 ท่อทางเข้าของความชื้น 20
รูปที่ 3.6 การสร้างความชื้นเข้าตู้ควบคุม 21
รูปที่ 3.7 ลักษณะการออกแบบการติดตั้งระบบให้ความร้อน 21
รูปที่ 3.8 ลักษณะการติดตั้งระบบให้ความร้อน 22
รูปที่ 3.9 การออกแบบระบบการนำอากาศแห้งเข้าภายในตู้ 22
รูปที่ 3.10 ลักษณะการสร้างอากาศแห้ง 23
รูปที่ 3.11 ท่อทางเข้าของอากาศแห้ง (ภายนอกตู้) 23
รูปที่ 3.12 ท่อทางเข้าของอากาศแห้ง (ภายในตู้) 24
รูปที่ 3.13 ท่อทางออกของอากาศภายในตู้ (ภายนอกตู้) 24
รูปที่ 3.14 ท่อทางออกของอากาศภายในตู้ (ภายในตู้) 25
รูปที่ 3.15 การออกแบบระบบชั่งน้ำหนังมันสำปะหลังภายในตู้ 25
รูปที่ 3.16 ลักษณะการแขวนมันสำปะหลัง 26
รูปที่ 3.17 ลักษณะการยึดมันสำปะหลังกับโหลดเซลล์ 26
รูปที่ 3.18 เครื่อง Ultrasonic Mister 27
รูปที่ 3.19 Heater แบบครีบ ขนาด 1000 วัตต์ 27
รูปที่ 3.20 โหลดเซลล์ ขนาด 1 กิโลกรัม 28

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 3.21 เครื่องขยายสัญญาณโหลดเซลล์ 28
รูปที่ 3.22 เครื่องแสดงค่าความชื้นและอุณหภูมิ 29
รูปที่ 3.23 หัวเซนเซอร์วัดความชื้นและอุณหภูมิ 29
รูปที่ 3.24 ซิลิก้าเจลชนิดเม็ด 30
รูปที่ 3.25 ลักษณะของมันสำปะหลังที่ใช้ทดลอง 30
รูปที่ 3.26 การแขวนมันสำปะหลังกับโหลดเซลล์ 30
รูปที่ 3.27 ลักษณะการยึดมันสำปะหลังกับโหลดเซลล์ 31
รูปที่ 3.28 ลักษณะการสร้างอากาศแห้งเข้า 31
รูปที่ 3.29 พัดลมในการสร้างอากาศแห้ง 31
รูปที่ 3.30 ความชื้นในตู้มีค่าลดลงจากความชื้นปกติ 32
รูปที่ 3.31 ลักษณะของความชื้นที่เข้าตู้ควบคุม 33

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1.1 ตารางแผนปฏิบัติงาน 3

ตารางที่ 3.1 ส่วนประกอบทางเคมีของหัวมันสำปะหลังสดและแห้ง 18

ตารางที่ 4.1 ตารางแสดงค่าน้ำหนักของมันสำปะหลังเมื่อเวลาผ่านไป 4 ชั่วโมง ในการทดลองที่อุณหภูมิและความชื้นต่างๆ 37

สารบัญกราฟ

หน้า

กราฟที่ 4.1 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นของมันสำปะหลังที่ลดและเวลาที่ใช้ในการทดลองโดยกำหนดให้ความชื้นคงที่ 20% 34

กราฟที่ 4.2 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นของมันสำปะหลังที่ลดลงและเวลาที่ใช้ในการทดลองโดยกำหนดให้อุณหภูมิคงที่ 40 °C 35

กราฟที่ 4.3 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นของมันสำปะหลังที่ลดลงและเวลาที่ใช้ในการทดลองทั้ง 4 การทดลอง 36

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของโครงงาน

การศึกษาเรื่อง การออกแบบตู้ควบคุมความชื้นและอุณหภูมิ เป็นการศึกษาและออกแบบชุดทดลองควบคุมความชื้นและอุณหภูมิ โดยใช้ตู้เป็นอุปกรณ์จำกัดพื้นที่ปิด และมีระบบทำความชื้นโดยเครื่องสร้างความชื้นและไอน้ำจากคลื่นอุลตร้าโซนิคและมีฮีทเตอร์เป็นตัวสร้างความร้อน โดยมีรีเลย์สวิตช์เป็นตัวควบคุมผ่านบอร์ดวงจรและตัวเซ็นเซอร์ ควบคุมด้วยระบบเปิด-ปิด พร้อมทั้งยังมีระบบบันทึกข้อมูลของการทดลองด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ดั้งนั้นจึงสามารถนำไปใช้งานได้จริง ในงานที่ต้องการควบคุมความชื้นและอุณหภูมิในเวลาเดียวกัน จากชุดทองลองนี้ สามารถนำไปใช้ในการทดสอบหาอิทธิพลของความชื้นและอุณหภูมิของอากาศที่มีผลต่อความชื้นและน้ำหนักของมันสำปะหลัง แต่จะมีการจำกัดน้ำหนักการทดสอบของมันสำปะหลังไม่เกิน 1 กิโลกรัม โดยการทดลองในแต่ละครั้งจะกำหนดอุณหภูมิและความชื้นที่แตกต่างกันเพื่อเก็บข้อมูลการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นและนำผลมาวิเคราะห์ต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

1. เพื่อสร้างตู้ควบคุมความชื้นและอุณหภูมิ
2. สามารถควบคุมความชื้นและอุณหภูมิภายในตู้
3. เพื่อศึกษาการใช้งาน เครื่องมือวัด และ เซ็นเซอร์ (sensor)
4. เพื่อศึกษาอิทธิพลของความชื้นและอุณหภูมิของอากาศที่มีผลต่อความชื้นและน้ำหนักของมันสำปะหลัง

1.3 ขอบข่ายของโครงงาน

1. วัดอุณหภูมิและความชื้นโดย หัววัดเซ็นเซอร์แบบดิจิตอลความละเอียดสูง
2. ควบคุมอุณหภูมิและความชื้นโดยบอร์ดวงจรอิเล็คโทรนิค
3. สร้างความชื้นโดยเครื่องทำหมอก (Ultrasonic mister)
4. ให้ความร้อนโดยฮีทเตอร์ (Heater)
5. ควบคุมอุณหภูมิระหว่าง อุณหภูมิห้อง - 85°C
6. ควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ระหว่าง 10 - 60 %RH
7. ชิ้นมันสำปะหลังที่ใช้ในการทดลองหั่นเป็นแว่นมีขนาดไม่เกิน 5 เซนติเมตร
8. มันสำปะหลังที่นำมาทำการทดลองน้ำหนักไม่เกิน 1 กิโลกรัม
9. ตู้ที่ใช้ในการทดลองมีปริมาตรไม่เกิน 2160 ลูกบาศก์นิ้ว

1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน

1. ศึกษาลักษณะทางกายภาพของมันสำปะหลัง เพื่อเป็นข้อมูลเบื้องต้นในการออกแบบเครื่องควบคุมความชื้นและอุณหภูมิ
2. ศึกษาตู้ควบคุมความชื้นและอุณหภูมิที่มีอยู่ในปัจจุบัน เพื่อเป็นแนวทางในการสร้างตู้ควบคุมความชื้นและอุณหภูมิ
3. ออกแบบและสร้างตู้ควบคุมความชื้นและอุณหภูมิ เพื่อเป็นตู้ต้นแบบ ในการศึกษาปัจจัยต่างๆที่มีผลกระทบต่อมันสำปะหลัง
4. ทำการทดลองกับชิ้นมันสำปะหลัง กับตู้ควบคุมความชื้นและอุณหภูมิต้นแบบ เพื่อประเมินปัจจัยที่มีผลต่อมันสำปะหลัง โดยเก็บข้อมูลดังนี้
    1) ระยะเวลาในการทดลอง
    2) อุณหภูมิในการทดลอง
    3) ความชื้นในการทดลอง
    4) น้ำหนักของมันสำปะหลัง

5. ดูการเปลี่ยนแปลงและประเมินผล

6. วิเคราะห์ข้อมูลและเขียนรายงาน

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ตู้ควบคุมความชื้นและอุณหภูมิ

2. ควบคุมความชื้นและอุณหภูมิภายในตู้

3. ได้ความรู้ในการใช้งาน เครื่องมือวัด และ เซ็นเซอร์ (sensor)

4. ทราบถึงอิทธิพลของความชื้นและอุณหภูมิของอากาศที่มีผลต่อความชื้นและน้ำหนักที่เปลี่ยนไปของมันสำปะหลัง

1.6 แผนการดำเนินงานตลอดโครงการ

ตารางที่ 1.1 ตารางแผนปฏิบัติงาน

กิจกรรม	2553			2554		
	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.
1. หาข้อมูลเกี่ยวกับโครงงาน						
2. หาวัสดุและอุปกรณ์ในการทำโครงงาน						
3. สร้างตู้ควบคุมความชื้นและอุณหภูมิ						
4. ทำการทดลองและเก็บข้อมูลในการทดลอง						
5. วิเคราะห์ และ สรุป ผลการทดลอง						
6. สอบโครงงาน						
7. จัดทำรูปเล่มและส่ง						

1.7 สถานที่ปฏิบัติงาน

อาคารปฏิบัติการวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

1.8 อุปกรณ์ที่ใช้

1. เครื่องวัดความชื้นและอุณหภูมิ
2. โหลดเซลล์
3. เครื่องสร้างความชื้น (Ultrasonic mister)
4. อุปกรณ์ให้ความร้อน (Heater)
5. เครื่องคอมพิวเตอร์สำหรับเก็บข้อมูล
6. ตู้ ซึ่งขึ้นรูปมาจากสังกะสี

1.9 รายละเอียดงบประมาณตลอดโครงการ

1. ค่าเข้าเล่มรายงาน	ราคา	1000.00	บาท
2. โหลดเซลล์ (Load cell)	ราคา	620.00	บาท
3. เครื่องสร้างความชื้น (Ultrasonic mister)	ราคา	380.00	บาท
4. อุปกรณ์ให้ความร้อน (Heater)	ราคา	800.00	บาท
5. ตู้ ซึ่งขึ้นรูปมาจากสังกะสี	ราคา	200.00	บาท
รวม		**3000.00**	**บาท**

บทที่ 2

หลักการและทฤษฎี

2.1 ลักษณะโดยทั่วไปของมันสำปะหลัง

มันสำปะหลังจัดเป็นพืชหัวชนิดหนึ่งมีชื่อวิทยาศาสตร์คือ Manihot esculenta Crantz มีชื่อสามัญเรียกหลายชื่อตามภาษาต่างๆ ที่ได้ยินกันมากได้แก่ Cassava, Yuca, Mandioa, Manioc, Tapioca มันสำปะหลังมีแหล่งกำเนิดแถบที่ลุ่มเขตร้อน (Lowland tropics) มีหลักฐานแสดงว่าปลูกกันในโคลัมเบียและเวเนซูเอลามานานกว่า 3,000 – 7,000 ปีมาแล้วสันนิษฐานว่าแหล่งกำเนิดมันสำปะหลังมี 4 แหล่งด้วยกันคือ

1. แถบประเทศกัวเตมาลาและเม็กซิโก
2. ทางทิศตะวันตกเฉียงเหนือของทวีปอเมริกาใต้
3. ทางทิศตะวันออกของประเทศโบลิเวียและทางทิศตะวันตกเฉียงเหนือ ของประเทศอาร์เจนตินา
4. ทางทิศตะวันออกของประเทศบราซิล

ในทวีปเอเชียมีการนำมันสำปะหลังมาปลูกครั้งแรกที่ประเทศฟิลิปปินส์ในคริสต์ศตวรรษที่ 17 โดยชาวสเปนได้นำมาจากเม็กซิโกและในเวลาต่อมาก็มีการปลูกที่อินโดนีเซียและเมื่อ พ.ศ. 2337 ได้มีการนำมันสำปะหลังจากแอฟริกามาปลูกที่อินเดียเพื่อใช้ในการทดลอง

สำหรับประเทศไทยไม่มีหลักฐานที่แน่นอนว่ามีการนำมันสำปะหลังเข้ามาปลูกเมื่อใดคาดว่าคงเข้ามาในระยะเดียวกันกับการเข้าสู่ศรีลังกาและฟิลิปปินส์คือประมาณ พ.ศ. 2329–2383 มันสำปะหลังเดิมเรียกกันว่ามันสำโรง มันไม้ ทางภาคตะวันออกเฉียงเหนือเรียกว่ามันต้นเตี้ย ทางภาคใต้เรียกว่ามันเทศ (แต่เรียกมันเทศว่ามันหลา)

ความสำคัญ

มันสำปะหลังเป็นพืชอาหารที่สำคัญเป็นอันดับ 5 ของโลกรองจากข้าวสาลี ข้าวโพด ข้าว และมันฝรั่ง เป็นพืชอาหารที่สำคัญของประเทศในเขตร้อน โดยเฉพาะประเทศต่างๆ ในทวีปแอฟริกาและทวีปอเมริกาใต้ ในทวีปเอเชียประเทศอินโดนีเซียและอินเดียมีการบริโภคมันสำปะหลังกันเป็นจำนวนมาก ปริมาณผลผลิตที่ได้ในแต่ละปี 60% ใช้เป็นอาหารของมนุษย์ 27.5% ใช้ทำเป็นอาหารสัตว์ และ 12.5% ใช้ประโยชน์ในด้านอื่นๆ

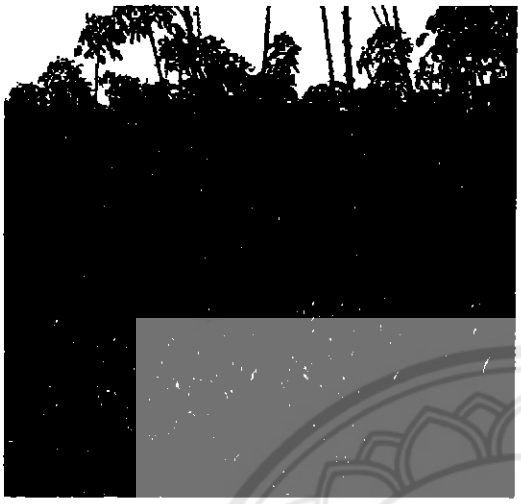
มันสำปะหลังเป็นพืชที่ทำรายได้ให้เกษตรกรมากเป็นอันดับที่ 4 รองจากยางพารา อ้อย และข้าว ผลผลิตมันสำปะหลัง ภายในประเทศนำไปใช้ทำมันเส้นและมันอัดเม็ด 45-50% ใช้แปรรูปเป็นแป้ง 50-55%

ประเทศไทยเป็นประเทศที่ส่งผลิตภัณฑ์มันสำปะหลังออกมากที่สุดในโลก ประเทศที่ไทยทำการส่งผลิตภัณฑ์มันสำปะหลังในรูปของมันอัดเม็ดไปขายมากที่สุดคือประเทศในกลุ่มประชาคมยุโรป (เนเธอร์แลนด์, สเปน, เยอรมัน, โปรตุเกส) เกาหลีใต้และญี่ปุ่น ส่วนในรูปของแป้งมันสำปะหลัง ประเทศญี่ปุ่นสั่งซื้อ มากที่สุด รองลงมาคือฮ่องกง สหรัฐอเมริกา มาเลเซีย สิงคโปร์ และไต้หวัน

พันธุ์มันสำปะหลัง ที่ปลูกในประเทศไทยมีด้วยกันหลากหลายเช่น พันธุ์ระยอง 5 , พันธุ์ระยอง 60 , พันธุ์ระยอง 7 , พันธุ์ระยอง 72 , พันธุ์ระยอง 9 , พันธุ์ระยอง 90 , พันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 , พันธุ์เขียวปลดหนี้ เป็นต้น

รูปที่ 2.1 ลักษณะของหัวมันสำปะหลัง

ที่มา : http:// www.farmkaset.org/,(2552)



รูปที่ 2.2 ลักษณะลำต้นของมันสำปะหลัง

ที่มา : http://guru.sanook.com/encyclopedia,(2552)

รูปที่ 2.3 ลักษณะใบของ**มันสำปะหลัง**

ที่มา : http://www.eppo.go.th/,(2552)

ตัวอย่างพันธุ์มันสำปะหลัง

1) พันธุ์ระยอง 5

ลักษณะเด่น

1. ผลผลิตหัวสดสูง 4.42 ตัน/ไร่
2. ผลผลิตมันแห้งสูง 1.55 ตัน/ไร่ และผลผลิตแป้ง 1.03 ตัน/ไร่
3. มีความงอกของท่อนพันธุ์ที่ใช้ปลูกดี และต้นพันธุ์อยู่รอดจนถึง เวลา**เก็บเกี่ยวสูง** 93 %
4. มีเสถียรภาพและการปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมได้ดี

ลักษณะประจำพันธุ์

ลำต้นสีเขียวอมน้ำตาล สูงประมาณ 170 เซนติเมตร มีระดับการแตกกิ่ง 2-3 ระดับ ระดับความสูงการแตกกิ่งระดับแรก 100-120 เซนติเมตร กิ่งทำมุมกับลำต้น 15-30 องศา แผ่นใบรูปร่างเป็นแบบใบหอก ใบแก่สีเขียวเข้ม ยอดอ่อนสีม่วงอมน้ำตาล ก้านใบสีแดงเข้ม หัวรูปร่างอ้วนป้อม เปลือกหัวสีน้ำตาลอ่อน เนื้อในสีขาว

ฤดูปลูกที่เหมาะสม

ต้นฤดูฝน เดือนพฤษภาคมถึงเดือนมิถุนายน

ปลายฤดูฝน เดือนกันยายนถึงเดือนตุลาคม

พื้นที่แนะนำ

สามารถปลูกได้ดีทั้งในภาคตะวันออกและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

ความต้านทานโรค

ต้านทานปานกลางต่อโรคใบจุด

ข้อควรระวัง

เป็นโรคใบไหม้ได้ง่ายกว่าพันธุ์อื่นๆ แต่อาการไม่รุนแรงถึงกับทำให้ต้นตาย

การรับรองพันธุ์

กรมวิชาการเกษตรพิจารณาให้เป็นพันธุ์รับรอง ในปี 2537

2) พันธุ์ระยอง 72

ลักษณะเด่น

1. ผลผลิตหัวสดสูง 5.09 ตัน/ไร่
2. ผลผลิตแป้งสูง 1.07 ตัน/ไร่
3. ผลผลิตมันแห้งสูง 1.71 ตัน/ไร่
4. ปรับตัวได้ดีในสภาพแวดล้อมของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดยให้ผลผลิตหัวสด 5.55 ตัน/ไร่ ผลผลิตแป้ง 1.23 ตัน/ไร่ และผลผลิตมันแห้ง 1.91 ตัน/ไร่
5. ท่อนพันธุ์มีความอยู่รอดถึงเก็บเกี่ยวสูงถึง 92%
6. ทรงต้นดี แตกกิ่งบ้างเล็กน้อยในระดับที่สูงจากโคนต้นสามารถทำให้ขยายพันธุ์ได้มาก

ลักษณะประจำพันธุ์

ลำต้นสีเขียวเงินสูงประมาณ 200 เซนติเมตร มีระดับการแตกกิ่ง 0-1 ระดับ ความสูงของการแตกกิ่งระดับแรก 130-140 เซนติเมตร กิ่งทำมุมกับลำต้น 60-75 องศา ใบแก่สีเขียวเข้ม ก้านใบสีแดงเข้ม ความยาวก้านใบ 25-30 เซนติเมตร ยอดอ่อนสีม่วง เปลือกหัวสีขาวนวล เนื้อในสีขาว

ฤดูปลูกที่เหมาะสม

ต้นฤดูฝน เดือนพฤษภาคมถึงเดือนมิถุนายน

ปลายฤดูฝน เดือนกันยายนถึงเดือนตุลาคม

พื้นที่แนะนำ

ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

ความต้านทานโรค

ต้านทานต่อโรคใบจุด และต้านทานปานกลางต่อโรคใบไหม้

ข้อควรระวัง

เมื่อปลูกในภาคตะวันออก ไม่ควรเก็บเกี่ยวในฤดูฝนเพราะอาจทำให้ มีแป้งต่ำกว่า 20%

การรับรองพันธุ์

กรมวิชาการเกษตรพิจารณาให้เป็นพันธุ์รับรอง ในปี2543

ที่มา : http://it.doa.go.th/vichakan/news.php?newsid=14,(2552)

2.2 ทฤษฎีความชื้น

2.2.1 ความชื้นของอากาศ

ความชื้น (Humidity) หมายถึง จำนวนไอน้ำที่มีอยู่ในอากาศ ความชื้นของอากาศมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา จะมากหรือน้อย ขึ้นอยู่กับความดัน และอุณหภูมิ ความชื้นของอากาศขึ้นกับอุณหภูมิของอากาศ โดยถ้า

- อุณหภูมิต่ำ อากาศจะรับไอน้ำได้น้อย
- อุณหภูมิสูง อากาศจะรับไอน้ำได้มาก

- ถ้าอากาศอยู่ในสภาพที่ไม่สามารถรับไอน้ำได้อีก เราเรียกว่า อากาศอิ่มตัวด้วยไอน้ำ หรือ อากาศอิ่มตัว (ที่สภาวะนี้อากาศมีความชื้นมากที่สุด)

ความชื้นของอากาศแบ่งได้ 2 ประเภทคือ

ความชื้นสัมบูรณ์(Absolute Humidity) หรือความหนาแน่นของไอน้ำในอากาศคือ มวลของไอน้ำที่มีอยู่จริงๆใน 1 หน่วยปริมาตรของอากาศ มีหน่วยเป็นกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

$$\text{ความชื้นสัมบูรณ์} = \frac{\text{มวลของไอน้ำที่มีอยู่จริงในอากาศ}}{\text{ปริมาตรของอากาศ ณ อุณหภูมิเดียวกัน}}$$

ความชื้นสัมพัทธ์ (Relative Humidity) หมายถึง "อัตราส่วนของปริมาณไอน้ำที่มีอยู่จริงในอากาศ ต่อ ปริมาณไอน้ำที่จะทำให้อากาศอิ่มตัว ณ อุณหภูมิเดียวกัน" หรือ "อัตราส่วนของความดันไอน้ำที่มีอยู่จริง ต่อ ความดันไอน้ำอิ่มตัว" ค่าความชื้นสัมพัทธ์แสดงในรูปของร้อยละ (%)

$$\text{ความชื้นสัมพัทธ์ (\%)} = \frac{\text{ปริมาณไอน้ำที่อยู่ในอากาศ}}{\text{ปริมาณไอน้ำที่ทำให้อากาศอิ่มตัว}} \times 100$$

$$\text{ความชื้นสัมพัทธ์ (\%)} = \frac{\text{ปริมาณไอน้ำที่อยู่ในอากาศ}}{\text{ความดันไอน้ำของอากาศอิ่มตัว}} \times 100$$

ปริมาณของไอน้ำในอากาศขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของอากาศ อากาศร้อนสามารถเก็บไอน้ำได้มากกว่าอากาศเย็น ดังนั้นหากเราลดอุณหภูมิของอากาศจนถึงจุดๆ หนึ่งจะเกิด "อากาศอิ่มตัว" (Saturated air) อากาศไม่สามารถเก็บกักไอน้ำไว้ได้มากกว่านี้ หรือกล่าวได้ว่า อากาศมีความชื้นสัมพัทธ์ 100% ดังนั้นหากอุณหภูมิยังคงลดต่ำลงอีก ไอน้ำจะเปลี่ยนสถานะเป็นของเหลว อุณหภูมิที่ทำให้เกิดการควบแน่นนี้เรียกว่า "จุดน้ำค้าง" (Dew point)

เราสามารถสรุปได้ว่า "จุดน้ำค้างของอากาศชื้นมีอุณหภูมิสูงกว่าจุดน้ำค้างของอากาศแห้ง" การควบแน่นของไอน้ำในอากาศ ทำให้เกิดการคายความร้อนแฝง ส่งผลให้อากาศโดยรอบมีอุณหภูมิสูงขึ้น เราเรียกการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ โดยที่ไม่ต้องมีการเพิ่มพลังงานความร้อนจากภายนอกระบบเช่นนี้ว่า "การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิแบบอะเดียแบติก" (Adiabatic temperature change)

ที่มา : http://182.93.150.244/242/tatalad/subject/Science/Earth%20Science/index.html,(2005)

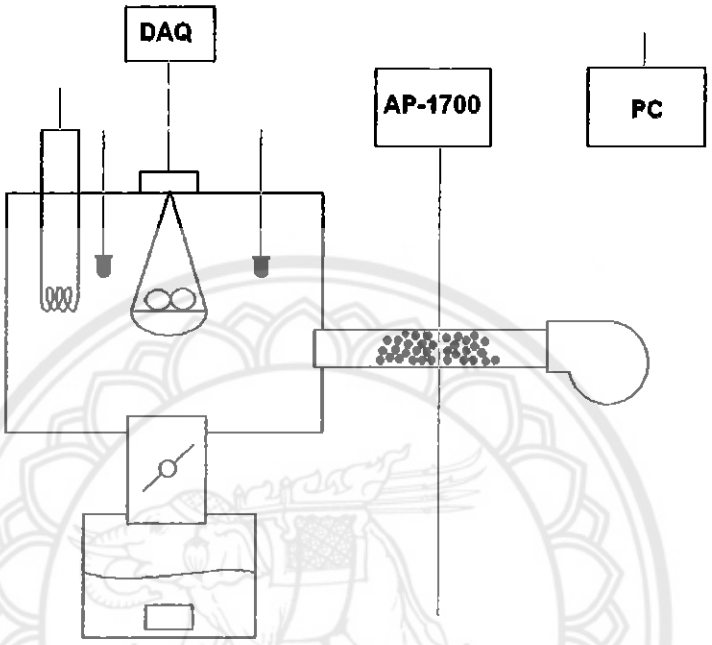
2.2.2 การหาเปอร์เซ็นต์ความชื้น

ในการหาเปอร์เซ็นต์ความชื้นสามารถหาได้จากน้ำหนักของมันสำปะหลังที่ทำการทดลอง โดยทำการชั่งน้ำหนักของมันสำปะหลังก่อนที่จะนำไปทำการทดลอง และเมื่อทำการทดลองจนน้ำหนักของมันสำปะหลังลดลงจนคงที่ ให้ทำการชั่งน้ำหนักของมันสำปะหลัง ความต่างของน้ำหนักของมันสำปะหลังก่อนการทดลองและหลังการทดลองคือปริมาณน้ำของมันสำปะหลังที่หายไปสามารถหาเป็น %ความชื้น ได้จากสมการดังนี้

สมการหาเปอร์เซ็นต์ความชื้น จากน้ำหนัก

$$\%\ \text{ความชื้นหลังทดลอง} = 100 - \left\{\left(\frac{\text{น้ำหนักก่อนทดลอง}}{\text{น้ำหนักหลังทดลอง}}\right) \times \left(100 - \%\text{ความชื้นก่อนทดลอง}\right)\right\}$$

2.3 หลักการทำงาน



รูปที่ 2.4 หลักการทำงานของเครื่องควบคุมความชื้นและอุณหภูมิ

2.3.1 นำอากาศแห้งเข้าสู่ตู้ควบคุมความชื้นและอุณหภูมิ

ใช้พัดลมขนาดเล็กเป่าอากาศผ่านซิลิก้าเจล เมื่ออากาศสัมผัสกับซิลิก้าเจล ซิลิก้าเจลจะทำหน้าที่ดูดความชื้นของอากาศทำให้อากาศที่เข้าสู่ตู้มีความชื้นต่ำลง

2.3.2 ใช้ฮีทเตอร์และเครื่องทำหมอกระบบ Ultrasonic Mister เพื่อเพิ่มความชื้นและอุณหภูมิ

ฮีทเตอร์จะทำหน้าที่เพิ่มอุณหภูมิภายในตู้ และเครื่องทำหมอกจะช่วยเพิ่มความชื้นภายในตู้ โดยเครื่องทั้งสองจะเชื่อมต่อกับบอร์ด AP-1700 และมี Relay Switch คอยควบคุมระบบปิด-เปิด

2.3.3 เซ็นเซอร์อ่านค่าความชื้นและอุณหภูมิภายในตู้

ภายในตู้จะมีเซ็นเซอร์เพื่อใช้อ่านและบันทึกค่าของอุณหภูมิภายในตู้

2.3.4 โหลดเซลล์บันทึกค่าน้ำหนักที่เปลี่ยนไปของมันสำปะหลัง

โหลดเซลล์ที่ติดตั้งแบบแขวนจะบันทึกค่าน้ำหนักที่เปลี่ยนไปของมันสำปะหลัง

2.4 เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การสร้างอุปกรณ์ควบคุมความชื้นและอุณหภูมิที่ง่าย ราคาไม่แพงนักและมีประสิทธิภาพสำหรับการควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ได้คงที่ 90% ± 0.4% และ 95.2% ± 0.5% โดยการใช้ Micrologger ควบคุมเครื่องทำหมอกระบบอุลตร้าโซนิค(Ultrasonic Mister)เพื่อรักษาความชื้นสม่ำเสมอโดยเปิดใช้งานประมาณ 3-5 นาที จะได้ 90% และ 95% ความชื้นตามลำดับ อุณหภูมิอากาศของ 20-28 °C มีคงที่ ± 0.5 °C โดยจะเป็นการจำลองสภาพแวดล้อม มีประโยชน์มากสำหรับการตรวจสอบอิทธิพลของความชื้นและน้ำที่อาจเกิดขึ้นในพืชและพืชจุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้อง (D. J. Hannusch, T. D. W. James, T. J. Gillespie and G. J. Boland,1994)

จากการค้นคว้าข้อมูลในเรื่องของการอบแห้งมันสำปะหลัง พบว่าได้มีการทดลองอบมันสำปะหลังด้วยวิธีต่างๆ เช่น การอบด้วยระบบไมโครเวฟ การอบด้วยการใช้ลมร้อนผ่านไมโครเวฟ โดยที่การอบด้วยไมโครเวฟร่วมกับลมร้อนมีการศึกษาโดยใช้ขนาดชิ้นมันสำปะหลัง 3 ระดับขนาด (3-4,4-5 และ 5-6 มิลลิเมตร) ความหนาของชั้นการอบแห้งเท่ากับ 3 เซนติเมตร อุณหภูมิอากาศร้อน 60°C ความเร็วการไหลของอากาศผ่านพื้นที่หน้าตัดการอบ 4 ระดับ (0.2, 0.3, 0.4, และ 0.5 เมตรต่อวินาที) และความเข้มไมโครเวฟ 3 ระดับ (0.18, 0.30 และ 0.45 วัตต์ต่อกรัม) พบว่าพฤติกรรมการอบแห้งแบบชั้นบางเกิดขึ้นเมื่อความเร็วของอากาศมีค่าตั้งแต่ 0.4 เมตรต่อวินาทีทุกระดับความเข้ม ไมโครเวฟไม่มีอิทธิพลต่อการลดลงของความชื้นในช่วงอัตราการอบแห้งคงที่ แต่ในช่วงอัตราการอบแห้งลดลงทุกความเข้มไมโครเวฟมีอิทธิพลต่อการลดลงของความชื้นอย่างมากเมื่อเทียบกับการอบแห้งด้วยลมร้อนเพียงอย่างเดียว เนื่องจากการอบแห้งชิ้นมันสำปะหลังด้วยเครื่องอบแห้งแบบอากาศร้อนทั่วไปมีขีดจำกัดที่สำคัญมาก 2 ประการได้แก่ ประการแรกคือ ไม่สามารถใช้อุณหภูมิสูงได้ Salgado *et al.* (1994) ได้ศึกษาผล ของอุณหภูมิอบแห้งต่อปริมาณตกค้างของสารไฮโดรไซยานิค (HCN) พบว่าอุณหภูมิที่เหมาะสมในการอบคือ 60°C และอุณหภูมิตั้งแต่ 70°C ทำให้ปริมาณตกค้างของกรดไฮโดรไซยานิค เกินมาตรฐานนานาชาติและประการที่สองคือ เวลาในการอบแห้งนานเกินไปไม่เหมาะกับการอบแห้งอย่างต่อเนื่อง มนตรีและสมปรารถ (1980) ได้ศึกษาอัตราการอบแห้งชิ้นมันสำปะหลัง ที่ความชื้นเริ่มต้น 60-65 % ให้ลดลงเหลือที่ 14% พบว่าที่อุณหภูมิ 60°C ต้องใช้เวลาอบแห้งนานประมาณ 10-20 ชั่วโมง ขึ้นอยู่กับรูปร่างและความหนาของชิ้นมันสำปะหลัง (คำนึง วาทโยธา ,2548)

นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยที่ได้ศึกษาการอบแห้งชิ้นมันสำปะหลัง (ขนาด 3 มม.×5 มม.×5 มม.)ชั้นบาง (5 ซม.) และชั้นหนา (40 ซม.) ในเครื่องอบแห้งแบบไหลผ่านเพื่อดูอิทธิพลที่ความเร็วลมและอุณหภูมิลมร้อนมีต่อเส้นลักษณะเฉพาะของการอบแห้งและพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ เพื่อใช้ในการคำนวณการกระจายความชื้นของชั้นวัสดุและเวลาที่ต้องใช้ในการอบแห้ง จากการทดลองอบแห้งชั้นมันสำปะหลัง 3 กรณีคือ กรณีอบแห้งแบบปกติ (ไม่มีการผสมวัสดุหรือสลับทิศทางลมร้อนเป็นครั้งคราว) กรณีผสมวัสดุเป็นครั้งคราวและกรณีสลับทิศทางลมร้อนเป็นครั้งคราวได้พบว่าแบบจำลองทางคณิตศาสตร์สามารถทำนายเวลาที่ต้องใช้ในการอบแห้งได้ใกล้เคียงกัน ผลการทดลองโดยมีความคลาดเคลื่อนสูงสุด ไม่เกิน 5.3%, 3.2% และ 7.7% สำหรับการอบแห้งแบบปกติ แบบผสมวัสดุเป็นครั้งคราว (ทุกๆ 150 นาที) และแบบสลับทิศทางลมร้อนเป็นครั้งคราว (ทุกๆ 30 นาที) ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบเวลาที่ต้องใช้ในการอบแห้งพบว่าการอบแห้งโดยผสมวัสดุเป็นครั้งคราวจะใช้เวลาในการอบแห้งน้อยกว่าหรือเท่ากับการอบแห้งแบบปกติเสมอ (น้อยกว่าถึง 14.8%) ส่วนการอบแห้งโดยสลับทิศทางลมร้อนเป็นครั้งคราวแทบไม่มีผลต่อการประหยัดเวลาในการอบแห้งและในบางเงื่อนไขอาจเสียเวลามากกว่าการอบแห้งแบบปกติในกรณีการอบแห้งโดยผสมวัสดุเป็นครั้งคราว ช่วงห่างของเวลา (ช่วงเวลาก่อนการผสมวัสดุแต่ละครั้ง) ที่เหมาะสมที่สุดในการลดเวลาอบแห้งก็คือค่าที่สามารถหาเวลา (เวลาที่ต้องใช้เพื่อให้ความชื้นเฉลี่ยสุดท้ายของชั้นวัสดุเท่ากับค่าที่ต้องการ) ของกรณีการอบแห้งแบบปกติได้ลงตัวหรือเกือบลงตัวที่สุด (วิวัฒน์ ตัณฑะพานิชกุล ,2528)

ในการศึกษาการอบแห้งมันสำปะหลังนั้น ยังมีการอบแห้งมันสำปะหลังโดยเป็นลักษณะของกากมันสำปะหลังโดยใช้เครื่องอบแห้งแบบต่อเนื่องโดยทดสอบที่อุณหภูมิลมร้อนที่ 80,90 และ100°C และความเร็วลมร้อน 8,9 และ10 เมตรต่อวินาทีตามลำดับ ทำการทดสอบในห้องอบแห้งขนาด 0.6 ×1.2 × 1.2m^3 กากมันสำปะหลังที่นำมาทดสอบนี้มีความชื้นเริ่มต้นที่ 76% มาตรฐานเปียก น้ำหนักเริ่มต้นที่ 500 กรัม ทำการทดสอบเพื่อหาการเปลี่ยนแปลงของความชื้นที่เวลาต่างกัน จากการทดสอบพบว่าความชื้นของกากมันสำปะหลังมีค่าลดลงเรื่อย ๆ เมื่อเวลาการอบแห้ง อุณหภูมิและความเร็วลมร้อนเพิ่มขึ้น จุดที่เหมาะสมในการอบแห้งกากมันสำปะหลังในการทดลองนี้ คือความเร็วลมร้อน 8 เมตรต่อวินาที และอุณหภูมิอบแห้ง 80 °C ทำให้กากมันสำปะหลังมีอัตราส่วนความชื้นคงที่เท่ากับ 0.07 ความชื้น 7.69 %มาตรฐานเปียกใช้ระยะเวลาในการอบแห้ง 2 ชั่วโมง เมื่อความชื้นของกากมันสำปะหลังลดลงค่าพลังงานความร้อนที่ได้สูงขึ้น (สุระ ตันดี, ศุภฤกษ์ ชามงคลประดิษฐ์, โชติชวาล ชัยธวัชวิบูลย์, อนุชา สมพงษ์ , 2545)

อีกรูปแบบหนึ่งคือการอบแห้งมันสำปะหลัง กล้วยและมะม่วง ด้วยแสงอาทิตย์ โดยทดลองในตู้แสงอาทิตย์โดยตรงเพื่อดำเนินการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์โดยใช้แบบจำลองการอบแห้งชั้นบาง โดยที่ การเปลี่ยนแปลงของปริมาณความชื้นของมันสำปะหลังที่ศึกษาและพารามิเตอร์ของการอบแห้ง โดยมีการวิเคราะห์ แบบจำลอง 7 แบบ ทางสถิติซึ่งมีการทดลองเพื่อตรวจสอบ การวิเคราะห์การถดถอยแบบไม่เชิงเส้นโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ทางสถิติที่ใช้ในการประเมินค่าคงที่ของตัวแบบ Henderson และ Pabis พบว่าการอธิบายการอบแห้งที่เป็นเส้นโค้งจะเหมาะสมที่สุดในการอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ของกล้วย มะม่วงและมันสำปะหลัง ข้อมูลการอบแห้งเหล่านี้ได้รับการวิเคราะห์เพื่อให้ได้ค่าการแพร่กระจายที่มีประสิทธิภาพในช่วงระยะที่อัตราการอบแห้งลดลง (Kamenan Blaise Koua, Wanignon Ferdinand Fassinou, Prosper Gbaha and Siaka Toure,Laboratoire d'Energie Solaire ,2009)

นอกจากนี้เมื่อค้นคว้าข้อมูลต่อมาได้พบว่ามีการใช้ตู้ควบคุมความชื้นและอุณหภูมิในการทดสอบศึกษาคุณลักษณะในการอบแห้งลำไย โดยหาค่าคงที่ในการอบแห้งลำไยที่อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ต่างๆกัน เพื่อหาแนวทางการอบแห้งลำไยที่เหมาะสม ซึ่งพิจารณาจากเวลาที่ใช้ในการอบแห้งและคุณภาพของลำไยที่ได้ภายหลังจากการอบแห้ง โดยการอบแห้งนั้นเป็นการอบแห้งลำไยพันธ์อีดอ โดยจะอบจนกระทั่งเหลือความชื้นประมาณ 30% มาตรฐานเปียก ส่วนลำไยที่ใช้จะมี 5 ตัวอย่างด้วยกันคือ ลำไยปกติ, ลำไยเจาะรู,ลำไยคว้านเมล็ด,ลำไยต้มที่อุณหภูมิ 90°C ก่อนนำไปอบแห้ง และลำไยอบไมโครเวฟทุก ๆครั้งที่มีการชั่งน้ำหนัก ซึ่งในการอบแห้งในโครงการนี้จะใช้ตู้อบที่สามารถควบคุมอุณหภูมิและความชื้นได้เป็นอุปกรณ์หลักในการอบแห้ง โดยในการอบจะอบที่ 1.อุณหภูมิ 55°C ที่ความชื้นสัมพัทธ์ 20%RH, 30%RH 2.อุณหภูมิ 70°C ที่ความชื้นสัมพัทธ์ 20%RH, 30%RH, 40%RH และ 3.อุณหภูมิ 85°C ที่ความชื้นสัมพัทธ์ 20%RH, 30%RH, 40%RH โดยในการอบแต่ละครั้งจะมีการตรวจสอบคุณภาพของลำไยที่อบอยู่ตลอด จากผลการทดลองพบว่าค่าคงที่ในการอบแห้งของลำไยจะแปรตามอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศในห้องอบแห้งดังต่อไปนี้

1. ลำไยปกติ $k(T,RH) = -0.0786875+0.00221678T-0.0588327RH$,hr-1
2. ลำไยเจาะรู $k(T,RH) = -0.0747201+0.00215291T-0.0540465RH$,hr-1
3. ลำไยคว้านเมล็ด $k(T,RH) = -0.0481836+0.00203593T-0.21003RH$, hr-1
4. ลำไยต้ม $k(T,RH) = -0.0618946+0.00203593T-0.057662RH$, hr-1
5. ลำไยอบไมโครเวฟ $k(T,RH) = -0.0069298+0.00275697T-0.143247RH$, hr-1

จากผลการทดลองที่ได้เมื่อนำมาเปรียบเทียบกันทั้งหมดพบว่า ในการอบแห้งลำไยที่ดีนั้น ควรอบที่อุณหภูมิ 70°C ที่ความชื้นสัมพัทธ์เท่ากับ 20%RH โดยลำไยที่ใช้ควรเป็นลำไยปกติหรือลำไยต้ม จึงจะสะดวก

และได้ลำไยที่มีคุณภาพดีที่สุด เนื่องจากที่อุณหภูมินี้จะใช้เวลามากกว่าการอบที่ 85°C แต่ที่อุณหภูมิ 85°C จะทำให้ลำไยไหม้จึงทำการอบลำไยที่ 85°Cในช่วงแรก และย้ายมาอบต่อที่อุณหภูมิ 70°C ทำให้สามารถค้นพบวิธีอบลำไยโดยที่สะดวก ใช้เวลาน้อย และได้คุณภาพลำไยที่ดีที่สุด โดยควรใช้ลำไยต้ม ในการอบแห้ง โดยใช้อุณหภูมิเริ่มต้นที่ 85°C, 20%RH จนความชื้นของลำไยลดลงเหลือประมาณ 50% แล้วย้ายไปอบต่อที่อุณหภูมิ 70°C จะทำให้กระบวนการอบแห้งลำไยรวดเร็วโดยที่ลำไยยังมีคุณภาพดี

(นายชูชาติ สุวุฒิ ,นายพิสิฐ มงคลแสงสุรีย์ ,2540)

บทที่ 3

วิธีการดำเนินโครงการและการออกแบบ

3.1 การสำรวจและรวบรวมข้อมูล

มันสำปะหลังจัดเป็นพืชที่ทนต่อสภาพความแห้งแล้งได้ดีไม่ต้องเอาใจใส่ดูแลมากนักผลตอบแทนต่อไร่สูง และมีต้นทุนการผลิตต่ำกว่าพืชอื่นๆ หลายๆ ชนิด โดยมีแหล่งปลูกส่วนใหญ่อยู่ในแถบทวีปแอฟริกาใต้ อเมริกาใต้ เอเชีย และอเมริกาเหนือ สำหรับประเทศไทยมีการนำมันสำปะหลังเข้ามาปลูก ที่ภาคใต้เป็นครั้งแรก เพื่อใช้ทำแป้งและสาคู ต่อมาได้ขยายพื้นที่ปลูกมายังภาคตะวันออก ได้แก่ จังหวัดชลบุรี ระยอง และจังหวัดใกล้เคียง เนื่องจากมีสภาพดิน ฟ้า อากาศ และสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมต่อการปลูก การแปรรูปมันสำปะหลัง ดังนั้น จึงมีการขยายพื้นที่ปลูกอย่างรวดเร็วไปสู่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ซึ่งในปัจจุบันนี้ได้กลายเป็นแหล่งปลูกที่ใหญ่ที่สุดของประเทศไทย

องค์ประกอบทางเคมีของหัวมันสำปะหลังและผลิตภัณฑ์

หัวมันสำปะหลังเป็นส่วนของรากที่โตขึ้นสำหรับสะสมแป้ง หัวมันสำปะหลังสดมีน้ำอยู่ประมาณ 60-65 % และส่วนประกอบส่วนใหญ่คือแป้งหรือคาร์โบไฮเดรต ประมาณ 20-35 % ดังนั้นหัวมันสำปะหลังจึงเป็นแหล่งคาร์โบไฮเดรตที่ให้พลังงานในอาหารของคนและสัตว์ แต่มีปริมาณโปรตีนและไขมันน้อยมาก ไม่เหมาะที่จะใช้เป็นแหล่งของโปรตีนและไขมัน การนำหัวมันสำปะหลังไปใช้มักจะทำให้แห้ง เพื่อลดความชื้นลงเสียก่อน เช่น มันเส้น มันอัดเม็ดหรือสกัดเฉพาะส่วนของแป้งออกจากหัวมันสำปะหลัง ส่วนประกอบทางเคมีของหัวมันสำปะหลังสดมันสำปะหลังแห้งและแป้งมันสำปะหลัง จะเห็นได้ว่าเมื่อทำให้หัวมันสำปะหลังแห้งมีความชื้นประมาณ10เปอร์เซ็นต์ จะมีคาร์โบไฮเดรต 70 % โปรตีน 2.63 %

ตารางที่ 3.1 ส่วนประกอบทางเคมีของหัวมันสำปะหลังสดและแห้ง

ส่วนประกอบ	หัวมันสด	หัวมันแห้ง
ความชื้น (%)	63.25	10.63
คาร์โบไฮเดรต (%)	29.73	70.63
โปรตีน (%)	1.18	2.63
ไขมัน (%)	0.08	0.51
เถ้า (%)	0.85	2.20
เยื่อใย (%)	0.99	1.73
โปตัสเซียม (มิลลิกรัม/กิโลกรัม)	0.26	0.43
ฟอสฟอรัส (มิลลิกรัม/กิโลกรัม)	0.04	0.08
กรดไฮโดรไซนานิค (ส่วนในล้านส่วน)	173	100

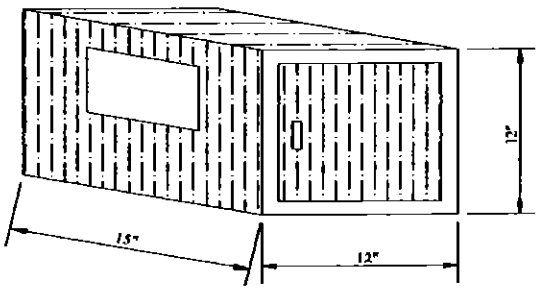
ที่มา : ศูนย์พัฒนาความรู้การซื้อขายสินค้าเกษตรล่วงหน้า,(2007)

(http://www.aftc.or.th/itc/products_analyze.php?id=86&fgrp_id=6&fmnu_id=31)

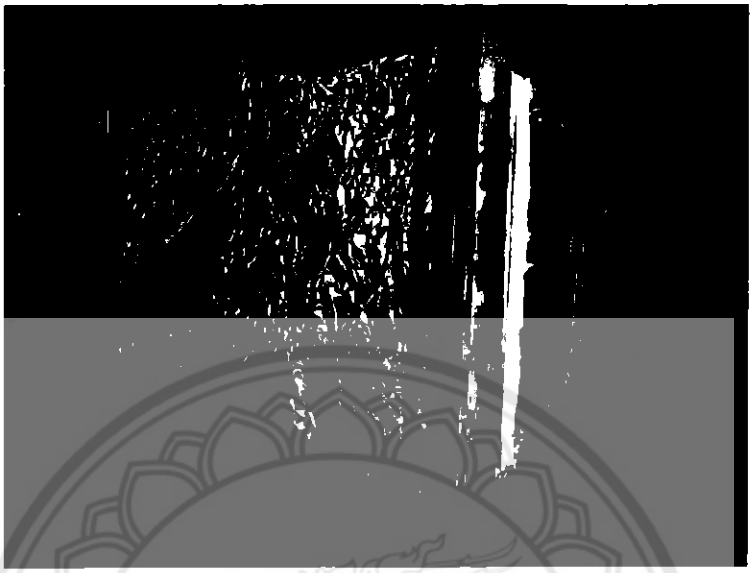
3.2 การออกแบบ

3.2.1 การออกแบบตู้

ตู้ควบคุมความชื้นและอุณหภูมิทำมาจากสังกะสีแผ่นเรียบ โดยการขึ้นรูปให้มีลักษณะคล้ายกล่องสี่เหลี่ยม ขนาด 15x12x12 นิ้ว ตามรูปที่ 3.1



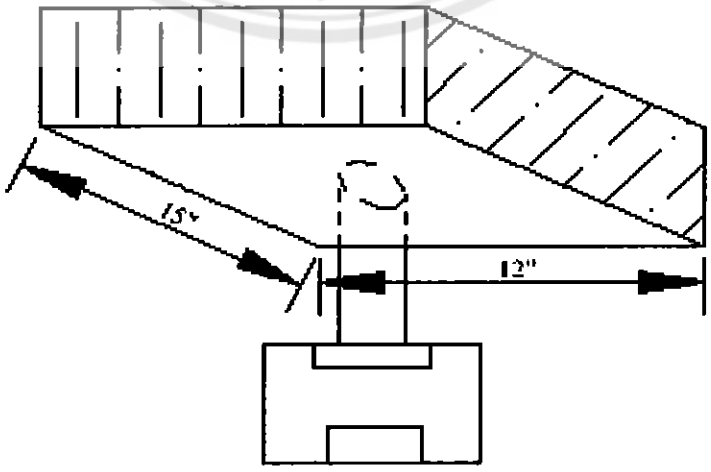
รูปที่ 3.1 ลักษณะของตู้ควบคุมความชื้นและอุณหภูมิ (การออกแบบ)



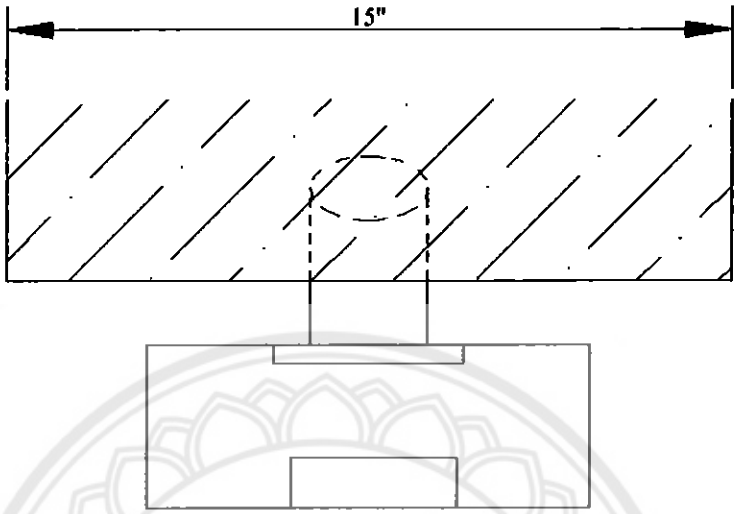
รูปที่ 3.2 ลักษณะของตู้ควบคุมความชื้นและอุณหภูมิ (ภาพจริง)

3.2.2 การออกแบบการปล่อยความชื้น

การสร้างความชื้นจะสร้างโดยเครื่อง Ultrasonic mister ปล่อยความชื้นขึ้นมาจากด้านล่างของตู้ควบคุมความชื้นและอุณหภูมิ โดยผ่านท่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง $1\frac{1}{2}$ นิ้ว และมีพัดลมในการช่วยดูดความชื้นและพ่นเข้าไปในตู้ ตามรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.3 การวางตำแหน่งของการปล่อยความชื้น (สามมิติ)



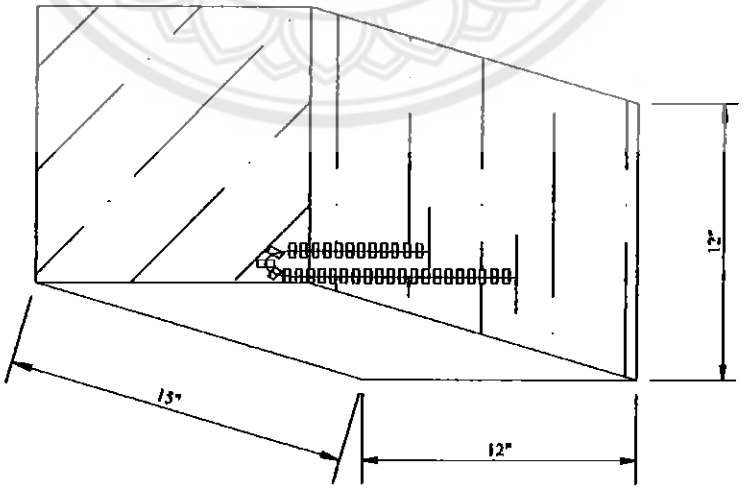
รูปที่ 3.4 การวางตำแหน่งของการปล่อยความชื้น (มองจากด้านหน้า)

รูปที่ 3.5 ท่อทางเข้าของความชื้น

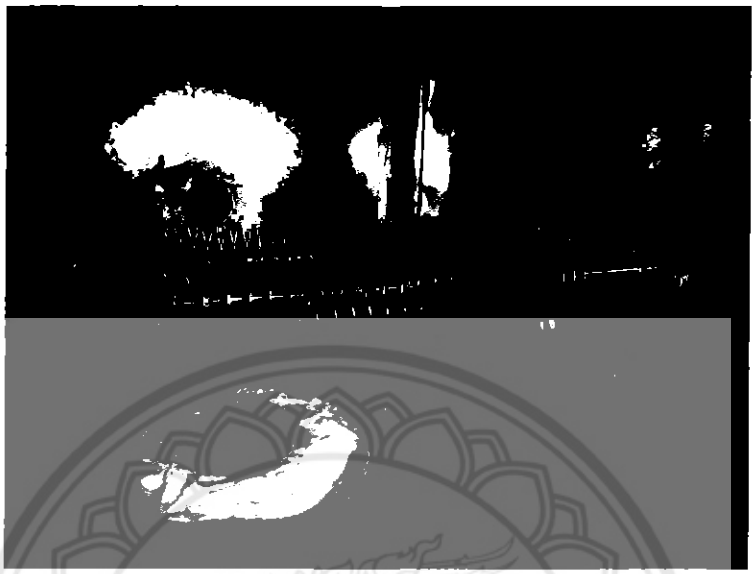
รูปที่ 3.6 การสร้างความชื้นเข้าตู้ควบคุม

3.2.3 การออกแบบการให้ความร้อน

การสร้างความร้อนนั้นจะเป็นการให้ความร้อนโดยฮีทเตอร์แบบครีบขนาด 1000 วัตต์ โดยจะติดตั้งที่ผนังของตู้ ให้อยู่ในตำแหน่งกึ่งกลางและสูงจากด้านล่างประมาณ 3 นิ้ว ตามรูปที่ 3.7



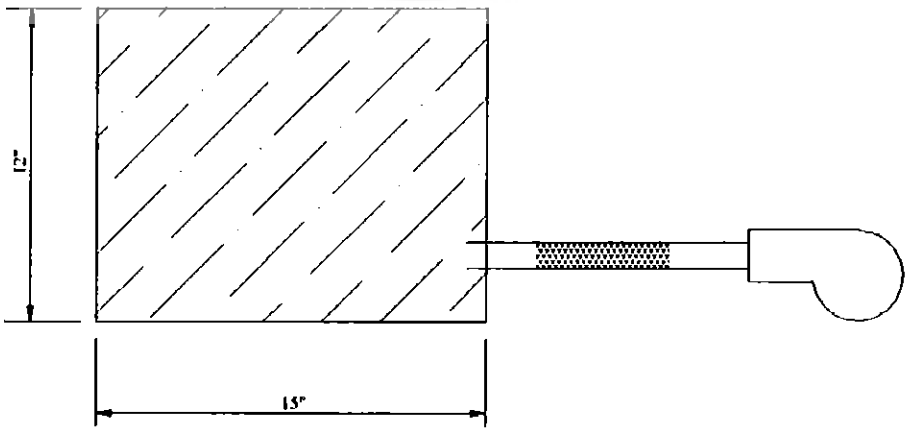
รูปที่ 3.7 ลักษณะการออกแบบการติดตั้งระบบให้ความร้อน



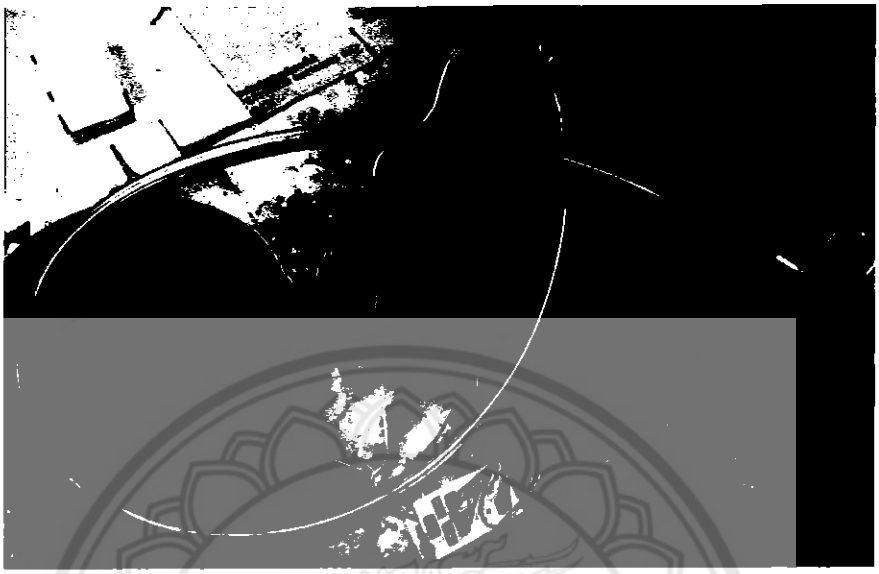
รูปที่ 3.8 ลักษณะการติดตั้งระบบให้ความร้อน

3.2.4 การออกแบบการนำอากาศแห้งเข้า

การนำอากาศแห้งเข้าภายในตู้ควบคุมความชื้นและอุณหภูมินั้น จะใช้ซิลิก้าเจลการทำให้อากาศแห้ง โดยจะเป็นการต่อสายยางเข้าไปที่ตู้ควบคุมความชื้นและอุณหภูมิ โดยภายในสายยางนั้นจะบรรจุซิลิก้าเจลไว้ และจะใช้พัดลมในการเป่าอากาศให้ภายซิลิก้าเจลภายในสายยางเพื่อที่จะเป็นอากาศแห้งและเข้าไปภายในตู้ ตามรูปที่ 3.9



รูปที่ 3.9 การออกแบบระบบการนำอากาศแห้งเข้าภายในตู้



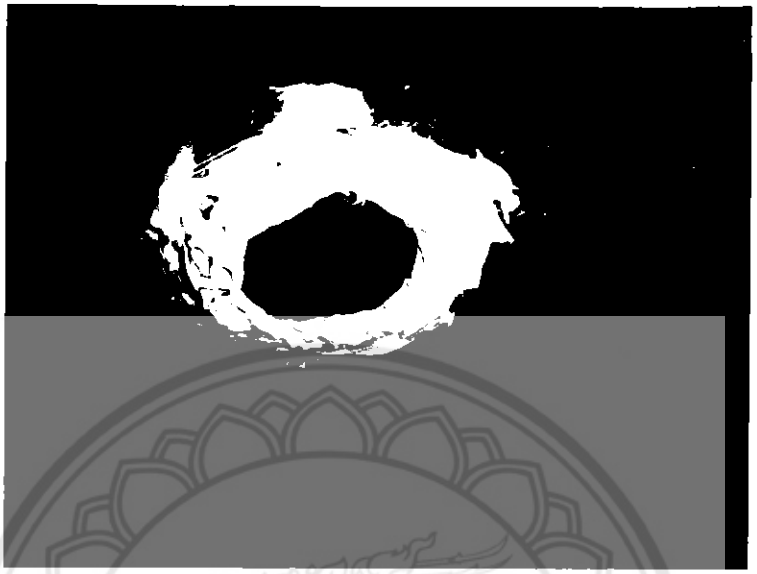
รูปที่ 3.10 ลักษณะการสร้างอากาศแห้ง

รูปที่ 3.11 ท่อทางเข้าของอากาศแห้ง (ภายนอกตู้)

รูปที่ 3.12 ท่อทางเข้าของอากาศแห้ง (ภายในตู้)

รูปที่ 3.13 ท่อทางออกของอากาศภายในตู้ (ภายนอกตู้)

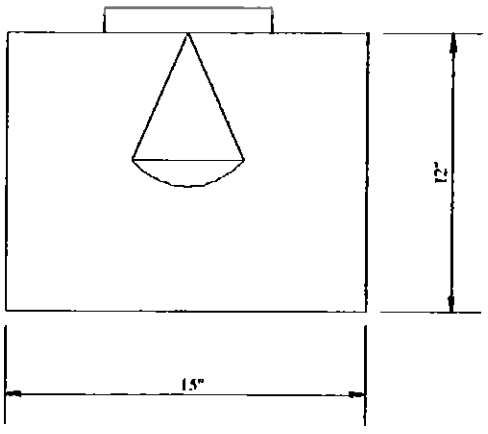
ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร



รูปที่ 3.14 ท่อทางออกของอากาศภายในตู้ (ภายในตู้)

3.2.5 การออกแบบการชั่งน้ำหนักมันสำปะหลัง

การวัดการเปลี่ยนแปลงของมันสำปะหลังจะใช้การชั่งน้ำหนักเพื่อมาดูการเปลี่ยน โดยที่จะใช้โหลดเซลล์ในการชั่งน้ำหนักของมันสำปะหลัง ส่วนการติดตั้งโหลดเซลล์นั้นจะทำการติดตั้งไว้ที่ด้านบนของตู้ควบคุมความชื้นและอุณหภูมิ โดยจะมีภาชนะสำหรับใส่มันสำปะหลังและแขวนไว้กับโหลดเซลล์เพื่อดูน้ำหนักที่เปลี่ยนไปเมื่อเริ่มทำการทดลอง ตามรูปที่ 3.15



รูปที่ 3.15 การออกแบบระบบชั่งน้ำหนังมันสำปะหลังภายในตู้

15516055
ม.ร.
ส 115 ท
2553

รูปที่ 3.16 ลักษณะการแขวนมันสำปะหลัง

รูปที่ 3.17 ลักษณะการยึดมันสำปะหลังกับโหลดเซลล์

อุปกรณ์ที่ใช้วัดความชื้นและอุณหภูมิ การชั่งน้ำหนัก จะมีการเก็บและบันทึกค่าลงเครื่องคอมพิวเตอร์ ส่วนการควบคุมความชื้นและอุณหภูมิก็จะใช้ระบบคอมพิวเตอร์ในการควบคุมเช่นเดียวกัน

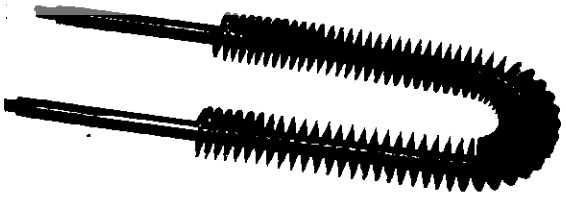
3.3 การดำเนินการทดลอง

3.3.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

3.3.1.1 เครื่อง Ultrasonic Mister ทำหน้าที่ในการสร้างหมอกเพื่อให้ได้ความชื้นตามต้องการโดยจะมี Relay Switch คอยควบคุมการทำงาน เมื่อได้ค่าความชื้นตามต้องการแล้วจะทำการตัดการสร้างหมอกทันที

รูปที่ 3.18 เครื่อง Ultrasonic Mister

3.3.1.2 Heater ขนาด 1000 วัตต์ ทำหน้าที่ให้ความร้อนจนได้อุณหภูมิตามที่ต้องการ โดยจะมี Relay Switch ควบคุมการทำงาน เมื่อได้อุณหภูมิตามต้องการแล้วจะทำการตัดการให้ความร้อนทันที



รูปที่ 3.19 Heater แบบตรีบ ขนาด 1000 วัตต์

3.3.1.3 โหลดเซลล์ขนาดรับน้ำหนักได้ไม่เกิน 1 กิโลกรัม ทำหน้าที่ในการวัดค่าน้ำหนักของมันสำปะหลังโดยจะวัดได้ที่น้ำหนักไม่เกิน 1 กิโลกรัม

รูปที่ 3.20 โหลดเซลล์ ขนาด 1 กิโลกรัม

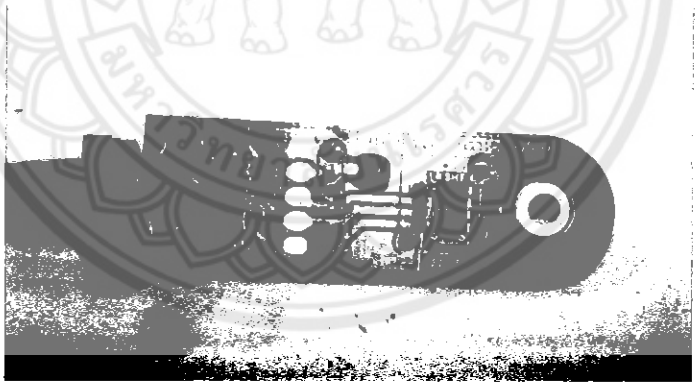
3.3.1.4 เครื่องขยายสัญญาณโหลดเซลล์ทำหน้าที่ในการแปลงสัญญาณอนาล็อกจากโหลดเซลล์มาเป็นสัญญาณดิจิตอลทำให้เราทราบค่าน้ำหนักของมันสำปะหลังที่เปลี่ยนแปลงไป

รูปที่ 3.21 เครื่องขยายสัญญาณโหลดเซลล์

3.3.1.5 บอร์ด AP-1700 ทำหน้าที่ในการแสดงค่าอุณหภูมิและความชื้นโดยสามารถเก็บข้อมูลที่จะเก็บข้อมูลเข้าสู่คอมพิวเตอร์ได้

รูปที่ 3.22 เครื่องแสดงค่าความชื้นและอุณหภูมิ

3.3.1.6 หัววัดความชื้นและอุณหภูมิ AP-1701 ทำหน้าที่ในการวัดอุณหภูมิและความชื้นโดยการต่อกับบอร์ด AP-1700 เพื่อทำการแสดงค่าที่ได้จากการวัด



รูปที่ 3.23 หัวเซนเซอร์วัดความชื้นและอุณหภูมิ

3.3.1.7 ซิลิก้าเจล ทำหน้าที่ในการทำอากาศให้เป็นอากาศแห้งโดยซิลิก้าเจลมีความสามารถในการดูดความชื้นเมื่ออากาศไหลผ่านซิลิก้าเจลจะทำการดูดความชื้นออกจากอากาศจึงทำให้อากาศที่เข้าไปเป็นอากาศแห้ง

รูปที่ 3.24 ซิลิก้าเจลชนิดเม็ด

3.3.2 ขั้นตอนการทดลอง

ขั้นตอนการทดลองมีรายละเอียดดังนี้

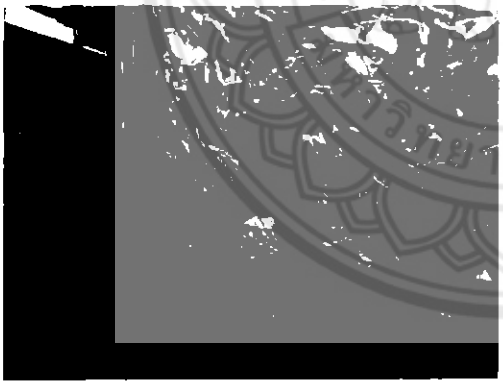
1. นำมันสำปะหลังมาหั่นเป็นแว่นให้มีขนาดความหนาไม่เกิน 5 เซนติเมตร น้ำหนักไม่เกิน 1 กิโลกรัม และควรหั่นมันสำปะหลังให้มีรูปแบบคล้ายกัน เมื่อได้ชิ้นมันตามที่ต้องการแล้ว นำชิ้นมันสำปะหลังที่ได้ใส่ไว้ในตู้ โดยแขวนไว้กับลวดที่ห้อยติดกับโหลดเซลล์ (Load Cell) จากนั้นบันทึกค่าน้ำหนักเริ่มต้นของมันสำปะหลัง

รูปที่ 3.25 ลักษณะของมันสำปะหลังที่ใช้ทดลอง

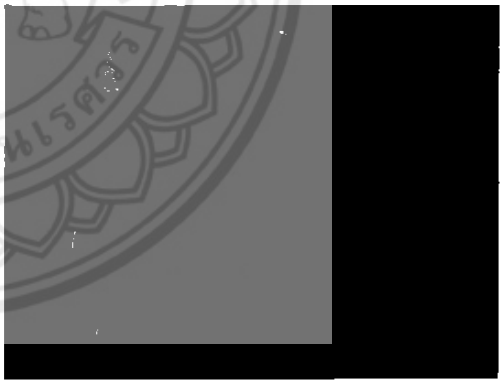
รูปที่ 3.26 การแขวนมันสำปะหลังกับโหลดเซลล์

รูปที่ 3.27 ลักษณะการยึดมันสำปะหลังกับโหลดเซลล์

2. นำอากาศแห้งเข้ามาในตู้โดยใช้พัดลมขนาดเล็กต่อกับสายยาง โดยที่ภายในสายยางจะมีซิลิก้าเจลและจะใช้ความเร็วลมที่ต่ำเพื่อที่จะทำให้อากาศสัมผัสกับซิลิก้าเจลเป็นเวลานานจึงทำให้อากาศที่เข้ามาภายในตู้เป็นอากาศแห้งหรืออากาศที่มีความชื้นต่ำ



รูปที่ 3.28 ลักษณะการสร้างอากาศแห้งเข้า



รูปที่ 3.29 พัดลมในการสร้างอากาศแห้ง

รูปที่ 3.30 ความชื้นในตู้มีค่าลดลงจากความชื้นปกติ

3. ทำการเปิดฮีทเตอร์(Heater) และเครื่อง Ultrasonic Mister เพื่อให้ได้อุณหภูมิและความชื้นตามต้องการเมื่อได้อุณหภูมิและความชื้นตามต้องการแล้ว Relay Switch ทั้ง 2 ตัว ที่ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของฮีทเตอร์และเครื่อง Ultrasonic Mister จะตัดการทำงาน และเมื่ออุณหภูมิและความชื้นลดลง Relay Switch จะเปิดฮีทเตอร์และเครื่อง Ultrasonic Mister โดยที่ในการทดลองแต่ละครั้งจะทำการตั้งค่าการทำงานของ Relay Switch ทั้ง 2 ตัวดังนี้

การทดลองครั้งที่ 1 : อุณหภูมิ 35 °C , ความชื้น 20% RH

Relay Switch ตัวที่ 1 ให้ทำการเปิดฮีทเตอร์ที่ 29 °C ตัดฮีทเตอร์ที่อุณหภูมิ 32 °C

Relay Switch ตัวที่ 2 ให้ทำการเปิดเครื่อง Ultrasonic Mister ที่ความชื้น 15% RH ตัดเครื่อง Ultrasonic Mister ที่ความชื้น 17% RH

การทดลองครั้งที่ 2 : อุณหภูมิ 45 °C , ความชื้น 20% RH

Relay Switch ตัวที่ 1 ให้ทำการเปิดฮีทเตอร์ที่ 38 °C ตัดฮีทเตอร์ที่อุณหภูมิ 42 °C

Relay Switch ตัวที่ 2 ให้ทำการเปิดเครื่อง Ultrasonic Mister ที่ความชื้น 15% RH ตัดเครื่อง Ultrasonic Mister ที่ความชื้น 17% RH

การทดลองครั้งที่ 3 : อุณหภูมิ 40 °C , ความชื้น 35% RH

Relay Switch ตัวที่ 1 ให้ทำการเปิดฮีทเตอร์ที่ 34 °C ตัดฮีทเตอร์ที่อุณหภูมิ 37 °C

Relay Switch ตัวที่ 2 ให้ทำการเปิดเครื่อง Ultrasonic Mister ที่ความชื้น 30% RH ตัดเครื่อง Ultrasonic Mister ที่ความชื้น 32% RH

การทดลองครั้งที่ 4 : อุณหภูมิ 40 °C , ความชื้น 40% RH

Relay Switch ตัวที่ 1 ให้ทำการเปิดฮีทเตอร์ที่ 34 °C ตัดฮีทเตอร์ที่อุณหภูมิ 37 °C

Relay Switch ตัวที่ 2 ให้ทำการเปิดเครื่อง Ultrasonic Mister ที่ความชื้น 36% RH ตัดเครื่อง Ultrasonic Mister ที่ความชื้น 38% RH

รูปที่ 3.31 ลักษณะของความชื้นที่เข้าตู้ควบคุม

5. ในการทดลองแต่ครั้งจะใช้เวลา 4 ชั่วโมง ให้ทำการบันทึกค่าอุณหภูมิ ความชื้น และน้ำหนักของมันสำปะหลังที่เปลี่ยนแปลงทุกๆ 10 นาที จนครบ 4 ชั่วโมง

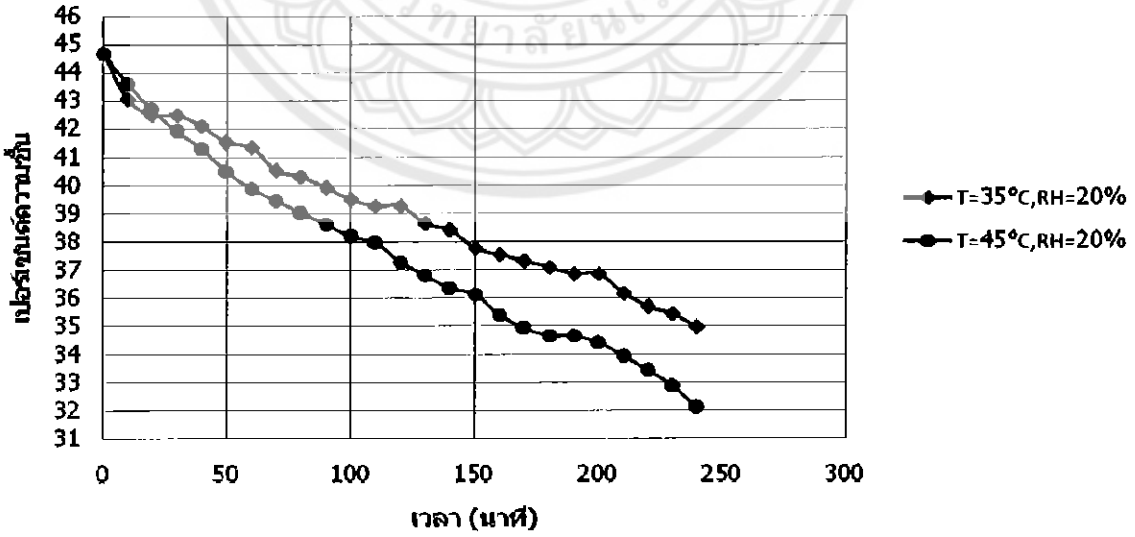
6. วิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง

บทที่ 4

ผลการทดลองและวิเคราะห์ผล

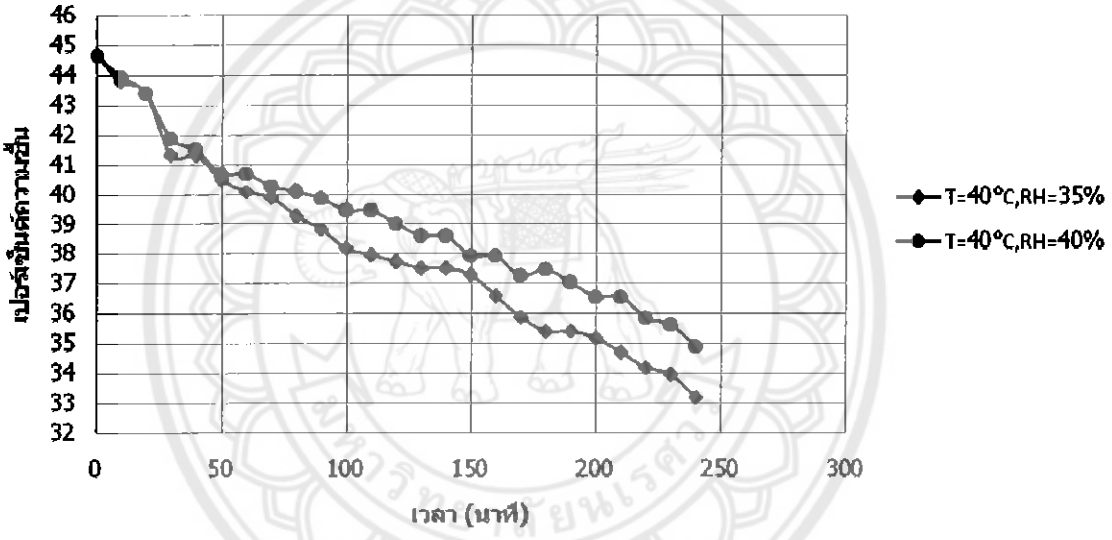
4.1 ศึกษาอิทธิพลของความชื้นและอุณหภูมิของอากาศที่มีผลต่อความชื้นและน้ำหนักของมันสำปะหลัง

การศึกษาอิทธิพลของความชื้นและอุณหภูมิของอากาศที่มีผลต่อความชื้นและน้ำหนักของมันสำปะหลัง โดยทำการทดลองกับหัวมันสำปะหลังที่มีความชื้นเริ่มต้นที่ 44.69% นำมาหั่นเป็นแว่นให้มีน้ำหนักประมาณ 30 กรัม และนำมาทิ้งไว้ในตู้ควบคุมความชื้นและอุณหภูมิ ทำการทดลองที่ความชื้นและอุณหภูมิต่างๆเป็นเวลา 4 ชั่วโมง และหาค่าความชื้นของมันสำปะหลังทุกๆ 10 นาที การทดลองแบ่งออกเป็น 4 การทดลองโดยการทดลองที่ 1 และ การทดลอง 2 จะกำหนดให้ความชื้นคงที่ที่ 20% และการทดลองที่ 3 และ การทดลองที่ 4 จะกำหนดให้อุณหภูมิคงที่ที่ 40°C ได้ผลดังตารางภาคผนวก ข เมื่อนำความชื้นในแต่ละช่วงเวลาของการทดลองมาเขียนกราฟ จะได้กราฟที่ 4.1 – 4.3



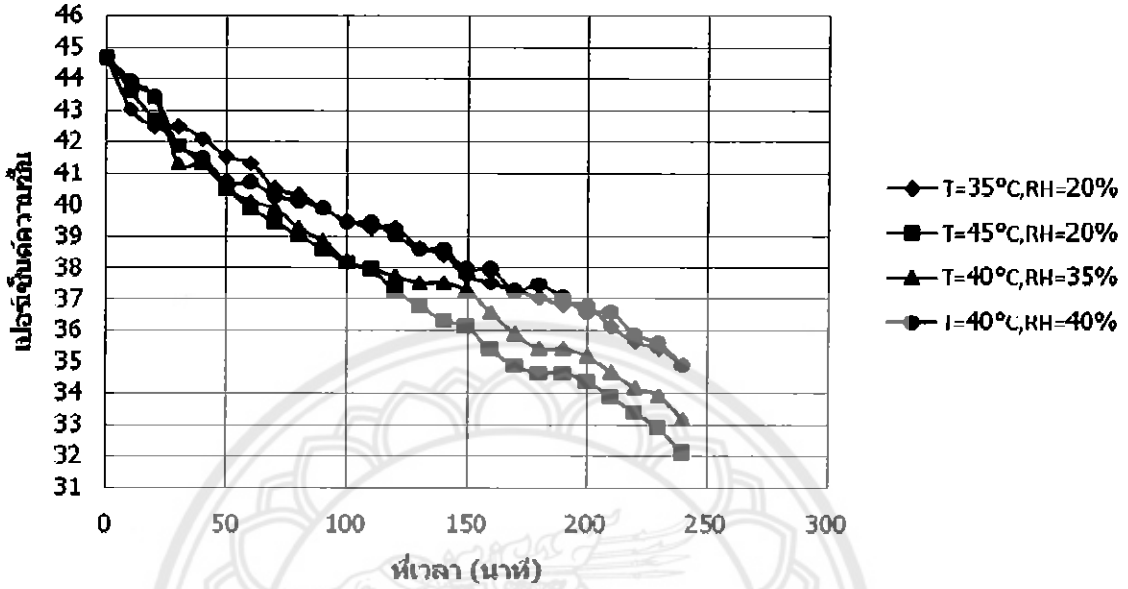
กราฟที่ 4.1 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นของมันสำปะหลังที่ลดและเวลาที่ใช้ในการทดลองโดยกำหนดให้ความชื้นคงที่ 20%

จากกราฟที่ 4.1 พบว่าลักษณะของกราฟจะมีแนวโน้มการลดลงของความชื้นในมันสำปะหลังที่ใกล้เคียงกัน แต่เมื่อเวลาผ่านไป 4 ชั่วโมง ความชื้นของมันสำปะหลังที่อากาศอุณหภูมิ 45°C จะเหลือน้อยกว่าการทดลองที่อากาศอุณหภูมิ 35°C เนื่องจากอุณหภูมิของอากาศที่เพิ่มขึ้นมีผลทำให้ปริมาณน้ำในมันสำปะหลังลดลง ดังนั้นอากาศที่ความชื้นเท่ากันการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิจะส่งผลต่อความชื้นในมันสำปะหลังมากกว่าอย่างเห็นได้ชัด



กราฟที่ 4.2 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นของมันสำปะหลังที่ลดลงและเวลาที่ใช้ในการทดลองโดยกำหนดให้อุณหภูมิคงที่ 40°C

จากกราฟที่ 4.2 พบว่าลักษณะของกราฟจะมีแนวโน้มการลดลงของความชื้นในมันสำปะหลังที่ใกล้เคียงกัน แต่เมื่อเวลาผ่านไป 4 ชั่วโมง ความชื้นของมันสำปะหลังที่อากาศความชื้น 35% จะเหลือน้อยกว่าการทดลองที่อากาศความชื้น 40% เนื่องจากอากาศที่มีความชื้นสัมพัทธ์มาก จะส่งผลให้น้ำหนักและความชื้นของมันสำปะหลังลดช้า ดังนั้นที่อุณหภูมิเท่ากันอากาศที่มีความชื้นต่ำกว่า จะทำให้น้ำหนักและความชื้นในมันสำปะหลังลดลงมากกว่า



กราฟที่ 4.3 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นของมันสำปะหลังที่ลดลงและเวลาที่ใช้ในการทดลองทั้ง 4 การทดลอง

จากกราฟที่ 4.3 ลักษณะของกราฟทั้ง 4 การทดลองมีแนวโน้มการลดลงของความชื้นในมันสำปะหลังที่คล้ายกัน โดยในช่วงแรกของการทดลองอัตราการลดลงของความชื้นในมันสำปะหลังจะมีค่าใกล้เคียงกัน แต่เมื่อเวลาผ่านไป 4 ชั่วโมงการทดลองที่อุณหภูมิ 45°C ความชื้น 20% จะทำให้ความชื้นในมันสำปะหลังเหลือน้อยที่สุด เนื่องจากว่าความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศมีผลกระทบต่อความชื้นในมันสำปะหลังน้อย โดยที่ปัจจัยหลักในการลดลงของความชื้นในมันสำปะหลังขึ้นอยู่กับอุณหภูมิเป็นหลัก

ตารางที่ 4.1 ตารางแสดงค่าน้ำหนักของมันสำปะหลังเมื่อเวลาผ่านไป 4 ชั่วโมงในการทดลองที่อุณหภูมิและความชื้นต่างๆ

อุณหภูมิและความชื้น	น้ำหนักของมันสำปะหลังที่ลดลง (%)
T = 35°C , RH = 20%	14.97 %
T = 45°C , RH = 20%	18.53 %
T = 40°C , RH = 35%	17.2 %
T = 40°C , RH = 40%	15.02 %

จากตารางที่ 4.1 จะพบว่าการทดลองที่ค่าอุณหภูมิคงที่ 40°C ความชื้นที่เพิ่มขึ้น 5% ส่งผลต่อน้ำหนักของมันสำปะหลังเล็กน้อยแต่การทดลองที่อุณหภูมิ 45°C ความชื้นคงที่ 20% มันสำปะหลังจะเหลือน้ำหนักน้อยที่สุด

4.2 วิเคราะห์ลักษณะของมันสำปะหลังที่ผ่านการทดลอง

มันสำปะหลังที่ผ่านการทดลองจะแห้งและมีขนาดเล็กลงเล็กน้อย โดยที่ความหนาของเปลือกมันสำปะหลังจะบางลงอย่างเห็นได้ชัดแต่ส่วนที่เป็นเนื้อด้านในของมันสำปะหลังจะยังไม่แห้งสนิท โดยการทดลองที่อุณหภูมิ 40°C ความชื้น 20% จะเห็นผลชัดที่สุด และจะเห็นได้ว่าอุณหภูมิของอากาศที่เพิ่มขึ้นจะส่งผลกระทบต่อการลดลงของความชื้นในมันสำปะหลังมากกว่าการเปลี่ยนแปลงของความชื้นในอากาศ ดังนั้น ปัจจัยหลักที่ทำให้ความชื้นในมันสำปะหลังลดลงคืออุณหภูมิ

บทที่ 5
บทสรุป

5.1 สรุปผลการทดลอง

5.1.1 อากาศที่อุณหภูมิ 45°C ความชื้น 20% เมื่อเวลาผ่านไป 4 ชั่วโมงน้ำหนักและความชื้นของมันสำปะหลังจะเหลือน้อยที่สุดส่วนอากาศที่สภาวะอื่นๆจะมีค่าที่ใกล้เคียงกัน

5.2.2 จากแนวโน้มการลดลงของความชื้นในมันสำปะหลัง อุณหภูมิของอากาศที่เพิ่มขึ้นจะส่งผลกระทบต่อความชื้นในมันสำปะหลังมากว่าการเปลี่ยนแปลงของความชื้นในอากาศ

5.3.3 การทดลองมันสำปะหลังที่อุณหภูมิสูงและความชื้นต่ำจะทำให้ความชื้นของมันสำปะหลังลดลงเร็วขึ้น

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 ในการทำให้มันสำปะหลังแห้งสนิทควรจะใช้เวลาในการทดลองมากกว่านี้จึงจะทำให้เห็นผลได้ชัดเจนมากยิ่งขึ้น

5.2.2 ควรศึกษาและทดลองการใช้ตู้ควบคุมความชื้นและอุณหภูมิกับมันสำปะหลังแบบปลอกเปลือกหรือขนาดอื่นๆ โดยใช้วิธีการเดียวกัน

5.2.3 ตู้ควบคุมความชื้นและอุณหภูมิสามารถนำไปใช้ในการทดลองอื่นๆได้ เช่น ทดลองการเจริญเติบโตของพืช เป็นต้น

5.2.4 เนื่องจากงบประมาณที่จำกัดจึงทำให้ได้อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองมีคุณภาพและความแม่นยำน้อย ซึ่งอาจจะทำให้ผลการทดลองคาดเคลื่อน

บรรณานุกรม

[1] คำนึง วาทโยธา. 2548. การอบแห้งมันสำปะหลังด้วยไมโครเวฟและลมร้อน. คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

[2] ชูชาติ สุวุฒิ และพิสิฐ มงคลแสงสุรีย์. 2540. ตู้ควบคุมความชื้นและอุณหภูมิในการทดสอบศึกษาคุณลักษณะในการอบแห้งลำไย

[3] สุระ ตันดี, ศุภฤกษ์ ชามงคลประดิษฐ์, โชติชวาล ชัยชวัชวิบูลย์ และอนุชา สมพงษ์. 2545. คุณลักษณะของการอบแห้งกากมันสำปะหลังโดยใช้เครื่องอบแห้งแบบต่อเนื่อง. คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น

[4] วิวัฒน์ ตันฑะพานิชกุล. 2528. การประหยัดพลังงานในการอบแห้งผลิตภัณฑ์เกษตรโดยเครื่องอบแห้งแบบไหลผ่าน

[5] D. J. Hannusch, T. D. W. James, T. J. Gillespie and G. J. Boland. 1994. A simple and inexpensive control of relative humidity in a flow-through environmental chamber

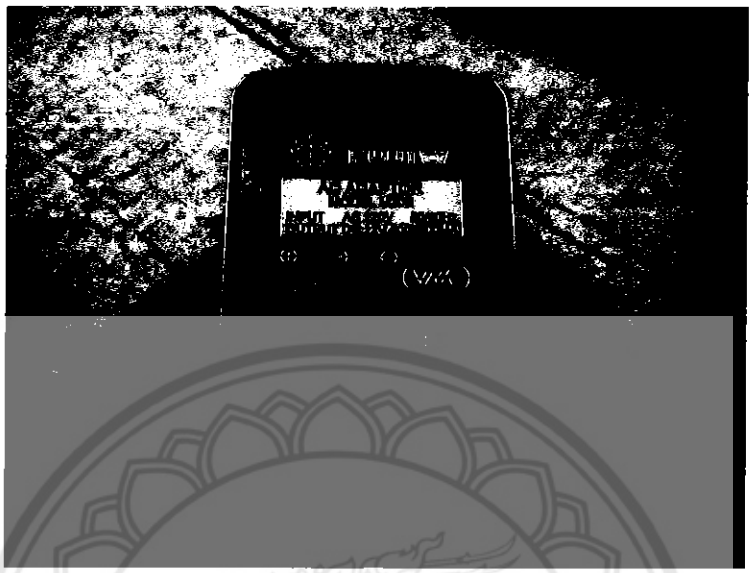
[6] Kamenan Blaise Koua, Wanignon Ferdinand Fassinou, Prosper Gbaha and Siaka Toure, Laboratoire d'Energie Solaire. 2009. Mathematical modelling of the thin layer solar drying of banana, mango and cassava

[7] http://it.doa.go.th/vichakan/news.php?newsid=14 สืบค้นวันที่ 20 กันยายน 2553

[8] http://182.93.150.244/242/tatalad/subject/Science/Earth%20Science/index.html สืบค้นวันที่ 28 กันยายน 2553

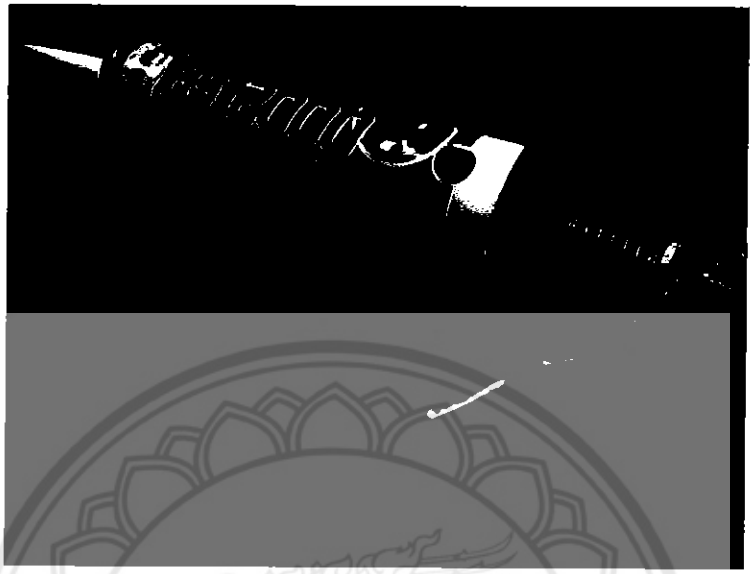
ภาคผนวก ก

รูปเครื่องมือ มันสำปะหลังสด มันสำปะหลังแห้ง

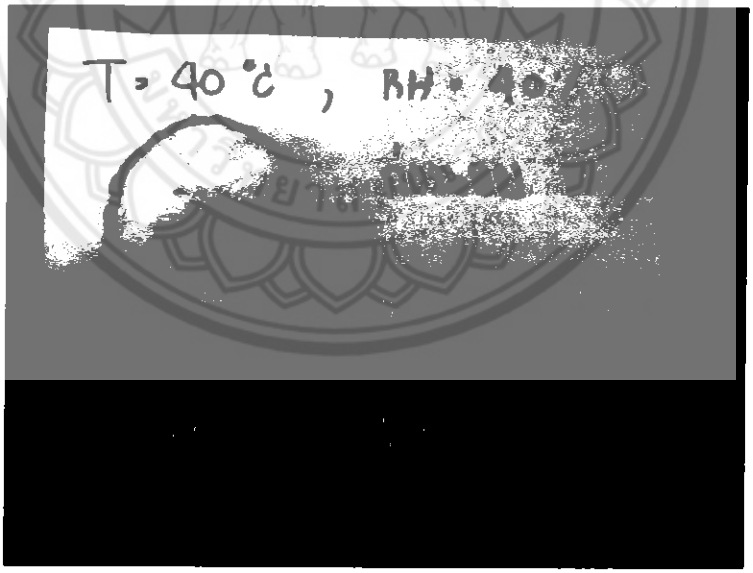


ภาคผนวก ก-1 หม้อแปลงไฟฟ้า DC 12 V

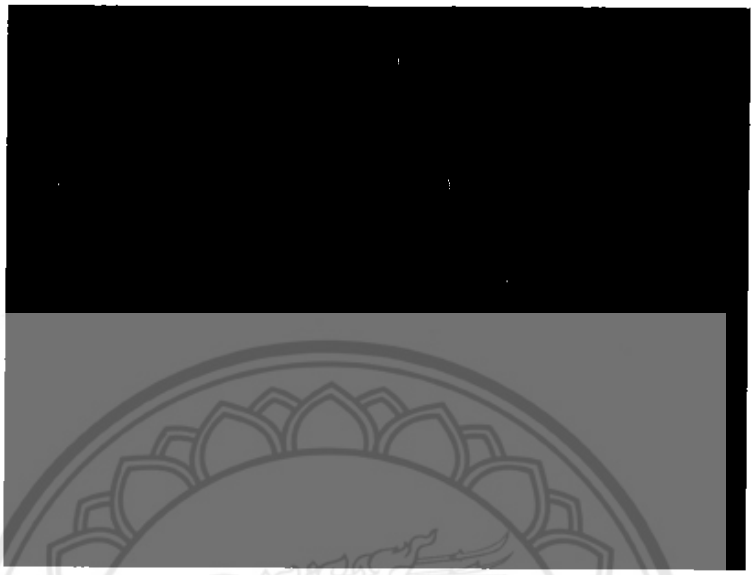
ภาคผนวก ก-2 พัดลมขนาดเล็ก DC 12 V



ภาคผนวก ก-3 ซิลิโคลนสำหรับใช้กันรอยรั่ว



ภาคผนวก ก-4 การทดลองที่อุณหภูมิ 40°C ความชื้น 40 %RH



ภาคผนวก ก-5 การทดลองที่อุณหภูมิ 40°C ความชื้น 35 %RH

ภาคผนวก ก-6 การทดลองที่อุณหภูมิ 45°C ความชื้น 20 %RH

ภาคผนวก ก-7 การทดลองที่อุณหภูมิ 35°C ความชื้น 20 %RH

ภาคผนวก ข

ตารางบันทึกผลการทดลอง

ภาคผนวก ข-1 ตารางบันทึกผลการทดลองที่ 1 แสดงค่าน้ำหนักและความชื้นของมันสำปะหลังที่ลดลง ที่อุณหภูมิ 35°C ความชื้น 20%

อุณหภูมิ 35 °C , ความชื้น 20% RH				
เวลา (นาที)	น้ำหนักของมันสำปะหลัง (กรัม)	ความชื้นของมันสำปะหลัง (%)	อุณหภูมิ (°C)	ความชื้น (%)
0	31.4	44.69	35.3	20.1
10	30.5	43.05790164	36.4	15.2
20	30.2	42.49225166	31.4	18.1
30	30.2	42.49225166	35.8	16.3
40	30	42.10886667	32.3	20.2
50	29.7	41.52410774	35.1	19.5
60	29.6	41.32655405	38.2	22.1
70	29.2	40.52280822	33.5	17.4
80	29.1	40.31841924	29.7	20.3
90	28.9	39.90539792	34.1	14.2
100	28.7	39.48662021	36.2	16.7
110	28.6	39.27503497	37.8	18.5
120	28.6	39.27503497	35.1	20.2
130	28.3	38.63130742	32.4	21.2
140	28.2	38.41368794	34.3	18.4
150	27.9	37.75146953	37.6	22.4
160	27.8	37.52755396	35.1	20.2
170	27.7	37.30202166	33.4	18.1
180	27.6	37.07485507	38.9	17
190	27.5	36.84603636	35.2	19.4
200	27.5	36.84603636	29.6	23.2
210	27.2	36.14948529	33.4	17.5
220	27	35.67651852	39.5	15.6
230	26.9	35.43739777	35.1	19.3
240	26.7	34.95378277	31.3	23.1

ภาคผนวก ข-2 ตารางบันทึกผลการทดลองที่ 2 แสดงค่าน้ำหนักและความชื้นของมันสำปะหลังที่ลดลง ที่อุณหภูมิ 45°C ความชื้น 20%

อุณหภูมิ 45 °C , ความชื้น 20% RH				
เวลา (นาที)	น้ำหนักของมันสำปะหลัง (กรัม)	ความชื้นของมันสำปะหลัง (%)	อุณหภูมิ (°C)	ความชื้น (%)
0	31.3	44.69	45.3	20.4
10	30.7	43.6090228	42.5	15.5
20	30.2	42.67539735	47.1	18.2
30	29.8	41.9059396	44.2	16.3
40	29.5	41.31515254	45.8	16
50	29.1	40.50848797	43.1	18.2
60	28.8	39.88878472	40.4	17.2
70	28.6	39.46842657	39.3	18.5
80	28.4	39.04214789	46.4	18.4
90	28.2	38.6098227	38.2	15.1
100	28	38.17132143	46.5	19.7
110	27.9	37.94971326	39.3	16.5
120	27.6	37.27525362	43.6	17.6
130	27.4	36.81740876	38.8	17
140	27.2	36.35283088	42.2	15.4
150	27.1	36.11797048	45.1	17.6
160	26.8	35.40287313	41.7	15.5
170	26.6	34.91718045	44.4	17.1
180	26.5	34.67158491	46.2	19.2
190	26.5	34.67158491	45.4	19.5
200	26.4	34.42412879	46.3	18.6
210	26.2	33.92354962	44.1	17
220	26	33.41526923	42.1	19.3
230	25.8	32.89910853	45.5	16.9
240	25.5	32.10968627	47.7	21.1

ตารางภาคผนวก ข-3 ตารางบันทึกผลการทดลองที่ 3 แสดงค่าน้ำหนักและความชื้นของมันสำปะหลังที่ลดลงที่อุณหภูมิ 40°C ความชื้น 35%

อุณหภูมิ 40 °C , ความชื้น 35% RH				
เวลา (นาที)	น้ำหนักของมันสำปะหลัง (กรัม)	ความชื้นของมันสำปะหลัง (%)	อุณหภูมิ (°C)	ความชื้น (%)
0	31.4	44.69	40.3	35.7
10	30.9	43.79501618	43.1	39.1
20	30.7	43.42885993	44.3	36.5
30	29.6	41.32655405	41.8	31.1
40	29.6	41.32655405	39.1	37.2
50	29.2	40.52280822	40.4	35.1
60	29	40.11262069	43.5	32.4
70	28.9	39.90539792	39.6	36.2
80	28.6	39.27503497	42.1	34.1
90	28.4	38.84739437	43.4	35.5
100	28.1	38.19451957	39.3	37.1
110	28	37.97378571	39.8	35.2
120	27.9	37.75146953	44.5	32.3
130	27.8	37.52755396	40.1	33.4
140	27.8	37.52755396	41.2	35.6
150	27.7	37.30202166	44.6	36.5
160	27.4	36.61554745	45.1	35.2
170	27.1	35.91387454	42	33.1
180	26.9	35.43739777	39.8	34.1
190	26.9	35.43739777	39.1	35.4
200	26.8	35.19649254	41.2	34.2
210	26.6	34.70924812	43.2	32.1
220	26.4	34.21462121	40.1	35.6
230	26.3	33.96448669	42.4	33.6
240	26	33.20253846	40.3	34.9

ตารางภาคผนวก ข-4 ตารางบันทึกผลการทดลองที่ 4 แสดงค่าน้ำหนักและความชื้นของมันสำปะหลังที่ลดลงที่อุณหภูมิ 40°C ความชื้น 40%

อุณหภูมิ 40 °C , ความชื้น 40% RH				
เวลา (นาที)	น้ำหนักของมันสำปะหลัง (กรัม)	ความชื้นของมันสำปะหลัง (%)	อุณหภูมิ (°C)	ความชื้น (%)
0	31.3	44.69	40	41.2
10	30.9	43.97401294	42.2	39.3
20	30.6	43.42473856	34.5	42.2
30	29.8	41.9059396	39.6	39.1
40	29.6	41.51341216	41.1	38.6
50	29.2	40.71222603	37.2	41.4
60	29.2	40.71222603	42.4	38.8
70	29	40.30334483	43.1	37.7
80	28.9	40.09678201	41.1	38.5
90	28.8	39.88878472	39.2	39.8
100	28.6	39.46842657	34.5	42.4
110	28.6	39.46842657	38.7	41.2
120	28.4	39.04214789	40.5	39.7
130	28.2	38.6098227	40.9	39.5
140	28.2	38.6098227	41.2	37.9
150	27.9	37.94971326	38.5	39.9
160	27.9	37.94971326	34.1	43.4
170	27.6	37.27525362	43.2	36.2
180	27.7	37.50169675	41.3	36.9
190	27.5	37.04716364	39.1	37.5
200	27.3	36.5859707	40.7	40.1
210	27.3	36.5859707	36.5	42.8
220	27	35.88137037	40.6	39.6
230	26.9	35.64301115	41.8	39.2
240	26.6	34.91718045	40.4	40.5

ประวัติผู้จัดทำโครงงาน

ชื่อ – ชื่อสกุล : นายสกรรจ์ เลาหะแสงเจริญ

วัน เดือน ปีเกิด : 1 ธันวาคม 2531

ที่อยู่ปัจจุบัน : 1010/93 หมู่10 ตำบลนครสวรรค์ตก อ.เมือง จ.นครสวรรค์ 60000

ประวัติการศึกษา

2553 : วศ.บ.(วิศวกรรมเครื่องกล) มหาวิทยาลัยนเรศวร

2549 : มัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนนครสวรรค์

ชื่อ – ชื่อสกุล : นายณัฐพงศ์ แก้วปัญหา

วัน เดือน ปีเกิด : 3 สิงหาคม 2531

ที่อยู่ปัจจุบัน : 331/10 หมู่3 ตำบลบ้านสวน อ.เมือง จ.สุโขทัย 64220

ประวัติการศึกษา

2553 : วศ.บ.(วิศวกรรมเครื่องกล) มหาวิทยาลัยนเรศวร

2549 : มัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนสุโขทัยวิทยาคม

ชื่อ – ชื่อสกุล : นายอัษฎา เสนาขันธ์

วัน เดือน ปีเกิด : 28 มิถุนายน 2532

ที่อยู่ปัจจุบัน : 145/8 ถนนสระบุรี-หล่มสัก ตำบลหนองไขว่ อ.หล่มสัก จ.เพชรบูรณ์ 67110

ประวัติการศึกษา

2553 : วศ.บ.(วิศวกรรมเครื่องกล) มหาวิทยาลัยนเรศวร

2549 : มัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนหล่มสักวิทยาคม