

ตู้ควบคุมสภาพแวดล้อมสำหรับปลูกเห็ดถั่งเช่า
MUSHROOM GROWTH CHAMBER

ทศพงษ์ สีนธารา
นครินทร์ เจริญจำรูญ
อนนท์ กองภูเขียว

ปริญญาานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมระบบควบคุม
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2558

ตู้ควบคุมสภาพแวดล้อมสำหรับปลูกเห็ดถั่งเช่า

MUSHROOM GROWTH CHAMBER



T144386

ทศพงษ์ สินธารา
นครินทร์ เจริญจำรูญ
อนนท์ กองภูเขียว

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 144386
รับเดือนปี 24 พ.ย. 2559

12819700
.b.....
.l.....

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมระบบควบคุม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2558

MUSHROOM GROWTH CHAMBER

THODSAPONG	SINTHARA
NAKARIN	JERMJAMROON
ANON	KONGPHUKHIEO


THIS THESIS IS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE OF
BACHELOR OF ENGINEERING IN CONTROL ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
ACADEMIC YEAR 2015

ปริญญาานิพนธ์ปีการศึกษา 2558

ภาควิชาวิศวกรรมการวัดและควบคุม คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง ผู้ควบคุมสภาพแวดล้อมสำหรับปลูกเห็ดถั่งเช่า
MUSHROOM GROWTH CHAMBER

ผู้จัดทำ นายทศพงษ์ สินธรา 55010456
 นายนครินทร์ เจิมจำรูญ 55010596
 นายอนนท์ กองภูเขียว 55011395


.....อาจารย์ที่ปรึกษา
(ดร.สังวาล บกสุวรรณ)

ผู้ควบคุมสภาพแวดล้อมสำหรับปลูกเห็ดถั่งเช่า

โดย

นายทศพงษ์	สินธรา	55010456
นายนครินทร์	เจิมจำรูญ	55010596
นายอนนท์	ก่องภูเขียว	55011395

อาจารย์ที่ปรึกษา

ดร.สังวาล บกสุวรรณ

ปีการศึกษา 2558

บทคัดย่อ

เนื่องจากในปัจจุบันความต้องการบริโภคเห็ดเพิ่มมากขึ้น ทั้งในทางด้านเศรษฐกิจ หรือในอุตสาหกรรมทางด้านอุปโภค บริโภค ซึ่งในปัจจุบันมีการผลิตหรือเพาะปลูกเห็ด ด้วยวิธีการทางเทคโนโลยีต่างๆ ที่ทันสมัยมากขึ้น เช่น โรงเรือนเพาะปลูกต่างๆ ซึ่งในวิธีการต่างๆ เหล่านี้ อาจเป็นไปได้ด้วยความล่าช้าของการเจริญเติบโตของเห็ด หรืออาจได้ผลผลิตที่ต่ำไม่เป็นไปตามที่ต้องการ ซึ่งทำให้สิ้นเปลืองทรัพยากรและงบประมาณในการเพาะปลูก ดังนั้นเราจึงมีการจัดทำโครงการนี้ขึ้นมาในชื่อของ Mushroom Growth Chamber จะเป็นการทำงานในการควบคุมปัจจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้องต่อการเจริญเติบโตของเห็ดถั่งเช่าคือ ควบคุมไปที่อุณหภูมิและความชื้น ซึ่งสิ่งต่างๆ เหล่านี้มีอยู่ในธรรมชาติไม่เพียงพอ หรือไม่เป็นไปตามที่เห็ดต้องการได้เท่าที่ควรเป็น เราจึงได้จัดทำ Mushroom Growth Chamber ขึ้นมาเพื่อควบคุมปัจจัยต่างๆ เหล่านี้ เพื่อให้เป็นไปตามความต้องการ

MUSHROOM GROWTH CHAMBER

By

Mr. Thodsapong Sinthara 55010456

Mr. Nakarin Jermjamroon 55010596

Mr. Anon Kongphukhiew 55011395

Advisor

Dr. Sangwan Boksuwan

Academic Year 2015

ABSTRACT

Abstract Nowadays, the consumption of mushroom has been gradually increasing. Either economically or industrially So, presently, there are many ways to plant mushrooms by newer technology methods, such as Greenhouse planting. However, the method has a delay of growth rate and not able to deliver products fast enough, when comparing to the needs. This wastes great amount of resource and budget in production. Therefore, we had arranged 'Mushroom Growth Chamber' project. This project is the process of controlling factors which have effect on growth rate of the straw mushroom. The factors temperature, light intensity, humidity, and oxygen, exist naturally in environment, but no sufficient enough for the quality mushroom growth rate. We are using 'Mushroom Growth Chamber' to control those factors according to the needs and properties of Straw mushroom for the project. Within this project, we present the plating of Straw mushroom in closed system that. Factors are controllable to meet the suitable environment, yeaming for the desirable production rate. Keywords mushroom greenhouse growth chamber

กิตติกรรมประกาศ

การจัดทำปฏิญานิพนธ์ฉบับนี้ สามารถสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี กลุ่มผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณบุคคลทุกคนที่มีส่วนเกี่ยวข้องส่งผลให้ปฏิญานิพนธ์ฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์

ดร.สังวาล บกสุวรรณ อาจารย์ที่ปรึกษาปฏิญานิพนธ์ กลุ่มผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงในความอนุเคราะห์จากอาจารย์ สำหรับการให้โอกาสในการศึกษาปฏิญานิพนธ์ฉบับนี้ รวมทั้งความรู้ คำแนะนำต่างๆ จนปฏิญานิพนธ์สำเร็จไปด้วยดี

ขอบคุณครอบครัวที่คอยช่วยเหลือห่วงใยคอยสนับสนุนเป็นแรงผลักดันที่ดีเสมอมา ทั้งด้านการเงิน คอยให้กำลังใจเอาใจใส่ สนับสนุนการศึกษาเพื่อรอความสำเร็จของผู้วิจัย จนสามารถฝ่าฟันอุปสรรคมาได้ ทำให้ปฏิญานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ผู้จัดทำ

นายทศพงษ์ สีนธารา

นายนครินทร์ เจริญจำรูญ

นายอนนท์ กองภูเขียว

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญรูป	V
สารบัญตาราง	
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงการ	1
1.2 วัตถุประสงค์	1
1.3 ขอบเขตในการศึกษา	1
1.4 ขั้นตอนการศึกษาและจัดทำโครงการ	1
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
1.6 รายละเอียดของปริญญานิพนธ์	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและข้อมูลที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 หลักการทำความเย็นของคอมเพรสเซอร์	3
2.2 หลักการทำความชื้นของ Ultrasonic Wave Anion Atomize	4
2.3 หลักการทำงานของเซนเซอร์ตรวจวัดอุณหภูมิแบบดิจิตอล	5
2.3.1 เซนเซอร์ตรวจวัดอุณหภูมิ	5
2.3.2 การนำไปใช้งาน	6
2.4 เซนเซอร์วัดค่าความชื้น (Humidity Sensor)	6
2.4.1 เซนเซอร์วัดความชื้นแบบคาปาซิทีฟ	6
2.4.2 เซนเซอร์ตรวจวัดอุณหภูมิ	7
2.4.3 เซนเซอร์ความชื้นแบบ Thermal Conductivity	8
2.5 ทฤษฎีการควบคุมแบบเปิด-ปิด	8
2.5.1 ระบบควบคุมแบบเปิด	9
2.5.2 ระบบควบคุมแบบปิด	9

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.6 เห็ดถั่งเช่าสีทองหรือหญ้าหนอน	10
2.6.1 เห็ดถั่งเช่าสีทองอุดมไปด้วยสารสำคัญหลายชนิดที่มีผลทางชีวภาพ	11
2.6.2 เห็ดถั่งเช่าเป็นเชื้อราที่ไม่มีพิษ	12
2.6.3 ประโยชน์ของเห็ดถั่งเช่า	12
บทที่ 3 ขั้นตอนการดำเนินการ	13
3.1 การรวบรวมและศึกษาข้อมูล	13
3.1.1 การศึกษาข้อมูลของอุปกรณ์ที่นำมาใช้ในระบบ	13
3.2 การออกแบบโครงสร้างของระบบและชุดระบบควบคุมการทำงานด้วย Microcontroller	16
3.2.1 การออกแบบโครงสร้างของระบบ	16
3.2.2 ชุดระบบควบคุมการทำงานด้วย Microcontroller	17
3.3 ดำเนินการทดลองและเก็บผลการทดลอง	21
3.3.1 อุปกรณ์ในการทดลอง	21
3.3.2 ขั้นตอนในการทดลอง	21
3.3.3 การทดลองความสามารถของระบบปิดภายในตู้แบบ Open Loop	24
3.3.4 การทดลองความสามารถของระบบแบบ Close Loop	24
บทที่ 4 ผลการทดลอง	26
4.1 ผลการทดลองความสามารถของระบบปิดภายในตู้แบบ Open Loop	27
4.2 ผลการทดลองตอบสนองของระบบแบบ Close Loop	29
บทที่ 5 ผลสรุปและข้อเสนอแนะ	38
5.1 สรุป	38
5.2 ปัญหาและอุปสรรคในการดำเนินโครงการนี้	39
5.3 ข้อเสนอแนะ	39
เอกสารอ้างอิง	40
ภาคผนวก ก Code ที่ใช้สำหรับควบคุม	42

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 การทำความเย็นของคอมเพรสเซอร์	3
2.2 เครื่องทำความชื้น	4
2.3 Process การควบคุมแบบวงเปิด	9
2.4 Process การควบคุมแบบวงปิด	10
2.5 เหน็ดถังเช่า	11
3.1 มอเตอร์และใบพัดของพัดลม	13
3.2 Compressor	14
3.3 เครื่องสร้างความชื้นในอากาศด้วยอัลตราโซนิค	15
3.4 Flexible Duct	15
3.5 โครงสร้างของระบบ Mushroom Growth Chamber	17
3.6 Arduino Compatible Board	17
3.7 Humidity and Temperature Sensor - DHT22	18
3.8 Relay Module 4 Channels	19
3.9 Flow Chart ของระบบ	20
3.10 การติดตั้งอุปกรณ์	21
3.11 Microcontroller Wiring Diagram	22
3.12 Relay Module With Equipment Wiring Diagram	22
3.13 ตัวอย่าง Code คำสั่งที่ใช้ในการทำงาน	23
3.14 ตัวอย่าง Code คำสั่งที่ใช้ในการทำงาน	23
3.15 หน้าแสดงผลโดย Serial Monitor ค่าอุณหภูมิและความชื้น	24
4.1 กราฟแสดงผลการทดลองค่าอุณหภูมิและความชื้น	27
4.2 กราฟแสดงผลการทดลองค่าอุณหภูมิและความชื้นที่ Setpoint 20 องศาเซลเซียส, 90 %Rh	29
4.3 กราฟแสดงผลการทดลองค่าอุณหภูมิและความชื้นที่ Setpoint 15 องศาเซลเซียส, 70 %Rh	30
4.4 กราฟแสดงผลการทดลองค่าอุณหภูมิและความชื้นที่ Setpoint 15 องศาเซลเซียส, 90 %Rh	32

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.5 กราฟแสดงผลการทดลองค่าอุณหภูมิและความชื้นที่ Setpoint 20 องศาเซลเซียส, 80 %Rh	33
4.6 กราฟแสดงผลการทดลองค่าอุณหภูมิและความชื้นที่ Setpoint 12 องศาเซลเซียส, 80 %Rh	34
4.7 กราฟแสดงผลการทดลองค่าอุณหภูมิและความชื้นที่ Setpoint 15 องศาเซลเซียส, 80 %Rh	35
4.8 กราฟแสดงผลการทดลองค่าอุณหภูมิและความชื้นที่ Setpoint 12 องศาเซลเซียส, 90 %Rh	37

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
4.1 ค่าอุณหภูมิและความชื้นจากการทดลอง	26
4.2 ค่าอุณหภูมิและความชื้นจากการทดลองที่ Setpoint 20 องศาเซลเซียส, 90 %Rh	28
4.3 ค่าอุณหภูมิและความชื้นจากการทดลองที่ Setpoint 15 องศาเซลเซียส, 70 %Rh	30
4.4 ค่าอุณหภูมิและความชื้นจากการทดลองที่ Setpoint 15 องศาเซลเซียส, 90 %Rh	31
4.5 ค่าอุณหภูมิและความชื้นจากการทดลองที่ Setpoint 20 องศาเซลเซียส, 80 %Rh	32
4.6 ค่าอุณหภูมิและความชื้นจากการทดลองที่ Setpoint 12 องศาเซลเซียส, 80 %Rh	33
4.7 ค่าอุณหภูมิและความชื้นจากการทดลองที่ Setpoint 15 องศาเซลเซียส, 80 %Rh	35
4.8 ค่าอุณหภูมิและความชื้นจากการทดลองที่ Setpoint 12 องศาเซลเซียส, 90 %Rh	36

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงการ

ซึ่งในปัจจุบันผู้คนให้ความสำคัญในการบริโภคเห็ดมากพอสมควร ความต้องการหรือการบริโภค มีความต้องการเพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ การผลิตหรือเพาะปลูกเพิ่มสูงขึ้นด้วยเช่นกัน ซึ่งในการเพาะปลูกในปัจจุบันนี้อาจไม่เป็นไปตามความต้องการ หรือล่าช้าต่อความต้องการของผู้บริโภค ก็เนื่องมาจากปัจจัยต่างๆ เช่น อุณหภูมิ และความชื้น ที่ใช้ในการเจริญเติบโตของเห็ดถึงเข้าที่ไม่เป็นไปตามความต้องการของเห็ดที่ต้องได้รับในปริมาณที่เหมาะสม ดังนั้นจึงมีการจัดทำโครงการในชื่อของ Mushroom Growth Chamber เพื่อควบคุมปัจจัยต่างๆ ในสิ่งเหล่านี้ให้เป็นไปตามที่ต้องการ และเพื่อให้การเจริญเติบโตของเห็ดเป็นไปตามที่ต้องการได้

1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาการควบคุมสภาพแวดล้อมในระบบปิดซึ่งมีอุณหภูมิและความชื้นได้
2. เพื่อสร้าง Mushroom Growth Chamber

1.3 ขอบเขตในการศึกษา

1. ศึกษาการสร้างสภาพแวดล้อมและควบคุมอุณหภูมิกับความชื้น
2. ศึกษาการควบคุมแบบเปิด-ปิดในระบบปิด

1.4 ขั้นตอนการศึกษาและจัดทำโครงการ

1. ศึกษาและรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการทำงานของระบบควบคุมอุณหภูมิ และความชื้น ได้แก่ หลักการเขียนโปรแกรม บอร์ดหรืออุปกรณ์ควบคุมต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับระบบการทำงานของคอนโทรลเลอร์ที่เลือกใช้
2. การออกแบบอุปกรณ์
3. การออกแบบโดยใช้โปรแกรม SolidWork เพื่อจำลองชิ้นส่วนของงานจริง
4. การเลือกใช้อุปกรณ์ควบคุม

5. การทดสอบระบบ
6. ทำการทดลองระบบและเก็บผลการทดลองที่ได้
7. สรุปผลการทดลอง

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้ศึกษาในส่วนต่างๆ ของการทำงานตัวควบคุมที่เลือกใช้
2. ได้เห็นถึงการทำงานต่างๆ ของระบบ และสามารถเก็บผลจากการทดลองที่ได้คือ อุณหภูมิที่ลดลงและการเพิ่มขึ้นของความชื้น ดังแสดงในผลการทดลอง
3. สามารถนำความรู้ต่างๆ ที่ได้ไปประยุกต์ใช้ในภาคเกษตรกรรมได้

1.6 รายละเอียดของปฏิญานิพนธ์

เนื้อหาที่จะกล่าวในปฏิญานิพนธ์ฉบับนี้ประกอบด้วย 5 บท ประกอบไปด้วยรายละเอียดดังต่อไปนี้

บทที่ 1 บทนำ ความเป็นมาและความสำคัญของโครงการ วัตถุประสงค์ ขอบเขตในการศึกษารูปแบบในการจัดทำ Mushroom Growth Chamber และวิธีการดำเนินการ

บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการต่างๆ ซึ่งประกอบไปด้วยรายละเอียดดังนี้ หลักการทำความเย็นของคอมเพรสเซอร์ หลักการทำความชื้นของ Ultrasonic Wave Anion Atomize หลักการทำงานของเซนเซอร์ตรวจวัดอุณหภูมิแบบดิจิตอล เซนเซอร์วัดค่าความชื้น (Humidity Sensor) ทฤษฎีการควบคุมแบบเปิด-ปิด (On-off Control System) และข้อมูลเบื้องต้น

บทที่ 3 ขั้นตอนและการดำเนินงาน

บทที่ 4 ผลการทดลอง

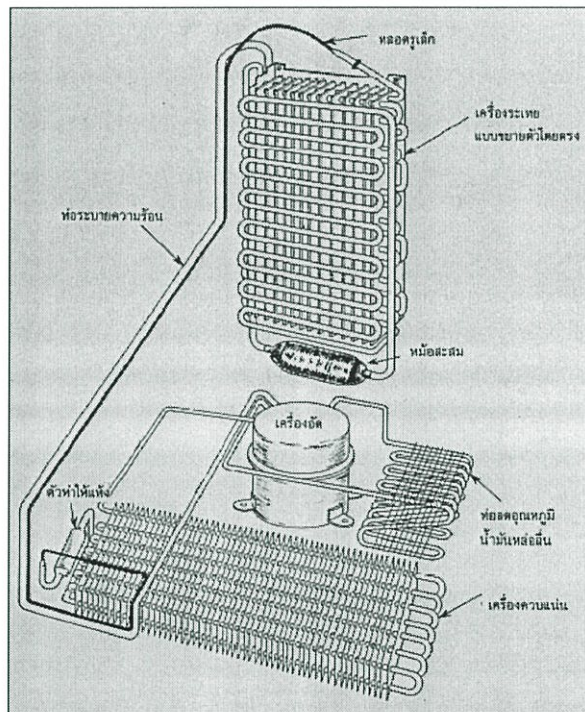
บทที่ 5 ผลสรุปและข้อเสนอแนะ

บทที่ 2

ทฤษฎีและข้อมูลที่เกี่ยวข้อง

2.1 หลักการทำความเย็นของคอมเพรสเซอร์

การทำความเย็นของคอมเพรสเซอร์ เริ่มจากคอมเพรสเซอร์ดูดสารทำความเย็นจากท่อซัคชันไลต์ ในสภาพที่เป็นแก๊ส มีอุณหภูมิและแรงดันต่ำเข้ามาในคอมเพรสเซอร์ แล้วอัดให้มีแรงดันและอุณหภูมิที่สูงขึ้น จากนั้นสารทำความเย็นนี้จะถูกส่งผ่านเข้าไปในคอนเดนเซอร์ โดยมีการถ่ายเทความร้อนออกจากสารทำความเย็น ทำให้การกลั่นตัวให้เป็นของเหลว ออกจากคอนเดนเซอร์ทางท่อลิควิดไลต์ จากนั้นจะส่งเข้าไปยังอุปกรณ์ควบคุมการไหลของสารทำความเย็น ซึ่งจะควบคุมปริมาณและลดแรงดันสารทำความเย็น โดยฉีดสารทำความเย็นเข้าไปในอีวaporเตอร์ ทำให้สารทำความเย็นสัมผัสกับความเย็นบริเวณอีวaporเตอร์ ที่ดูดซับจากภายนอกเข้ามา จึงทำให้สารทำความเย็นเดือดระเหยกลายเป็นไอ ส่วนสารทำความเย็นที่มีแรงดันและอุณหภูมิต่ำหมุนเวียนผ่านท่อซัคชัน และถูกดูดเข้าไปในคอมเพรสเซอร์ โดยจะเป็นเช่นนี้ซ้ำไปตลอดที่คอมเพรสเซอร์ยังทำงาน



รูปที่ 2.1 การทำความเย็นของคอมเพรสเซอร์

2.2 หลักการทำความชื้นของ Ultrasonic Wave Anion Atomize

คลื่นเสียงอัลตราโซนิกทำให้เกิดและสลายฟองอากาศขนาดเล็กจำนวนมากอย่างรวดเร็ว เรียกกระบวนการนี้ว่า Cavitation ฟองอากาศที่เกิดขึ้นมีขนาดแตกต่างกัน มีทั้งชนิดที่เกิดขึ้นแล้วแตกทันที และชนิดที่เป็นฟองอยู่ระยะเวลาหนึ่งแล้วจึงแตก

2.2.1 ระยะเริ่มต้น (Bubble Phase) เป็นระยะสร้างฟองอากาศขนาดใหญ่ และขนาดเล็ก ซึ่งเกิดจากคลื่นเสียงอัลตราโซนิกทำให้เกิดความดัน 2 ทิศทางที่ตรงกันข้าม ทำให้เกิดฟองสุญญากาศ เนื่องจากมีนิวเคลียสซึ่งอาจเป็นไอน้ำที่เกิด จากโครงสร้างโมเลกุลของน้ำถูกทำลาย หรือเป็นแก๊สที่เกิดขึ้นเนื่องจากความร้อน หรือเป็นอนุภาคขนาดเล็ก 0.00005 ซม. อยู่ในตัวกลาง

2.2.2 ระยะทำลายฟองขนาดใหญ่ โดยคลื่นเสียงอัลตราโซนิก ทำให้เกิดฟองอากาศขนาดเล็กไม่กี่ไมครอนจนถึงหลายร้อยไมครอน จำนวนนับล้านฟอง

2.2.3 ระยะสุดท้าย เป็นระยะสร้างความดันสูง เกิดขึ้นเนื่องจากฟองอากาศ อัลตราโซนิก ยุบตัวแตกออก แล้วเกิดแรงดันของของเหลวพุ่งออกมาเป็นลำจากฟองอากาศ แต่ละฟองซึ่งที่เรียกว่า เซนทรัลเจท ซึ่งมีความดันสูงถึง 1,800 atm



รูปที่ 2.2 เครื่องทำความชื้น

2.3 หลักการทำงานของเซนเซอร์ตรวจวัดอุณหภูมิแบบดิจิตอล

2.3.1 เซนเซอร์ตรวจวัดอุณหภูมิ (Temperature Sensor)

การตรวจวัดอุณหภูมิใช้รูปแบบการเปลี่ยนแปลงระดับแรงดันไฟฟ้า จากสัญญาณอนาล็อกไปสู่สัญญาณดิจิตอล โดยสัมพันธ์กับอุณหภูมิมีรูปแบบใหญ่ๆ ของเซนเซอร์อยู่ด้วยกัน 3 รูปแบบ คือ

1. **Thermocouple** คือ อุปกรณ์วัดอุณหภูมิโดยใช้หลักการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเป็นแรงเคลื่อนไฟฟ้า ทำมาจากโลหะตัวนำที่ต่างชนิดกัน 2 ตัว มาเชื่อมต่อปลายทั้งสองเข้าด้วยกัน ที่ปลายด้านหนึ่ง เรียกว่า "จุดอุณหภูมิ" ส่วนปลายอีกด้านหนึ่งปล่อยให้เปิดไว้ เรียกว่า "จุดอ้างอิง" หากที่จุดวัดอุณหภูมิและจุดอ้างอิงมีอุณหภูมิต่างกันก็จะทำให้เกิดการนำกระแสในวงจร Thermocouple

2. **Resistance Temperature Detector (RTD)** คือ ตัวเซนเซอร์อุณหภูมิที่ใช้หลักการเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานของโลหะ ซึ่งค่าความต้านทานดังกล่าวจะมีค่าเพิ่มตามอุณหภูมิ ความต้านทานของโลหะที่เพิ่มขึ้นนี้ เรียกว่า "สัมประสิทธิ์การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิแบบบวก" นิยมนำไปใช้ในการวัดอุณหภูมิในช่วง -270 to 850 °C. วัสดุที่นำมาใช้จะเป็นโลหะที่มีความต้านทานจำเพาะต่ำ เช่น แพลตินัม, ทังสเตน และนิกเกิล

3 **Thermistor** เป็นอุปกรณ์ความต้านทานชนิดที่สามารถเปลี่ยนค่าความต้านทานเมื่อได้รับความร้อน โดยที่ค่าความต้านทานจะเปลี่ยนแปลงแบบไม่เป็นเชิงเส้นกับอุณหภูมิ แบ่งเป็น 2 ลักษณะ คือ

- **Positive Temperature Comital (PTC)** เป็นชนิดที่ปกติจะมีค่าความต้านทานต่ำ เมื่อได้รับความร้อนจะทำให้มีค่าความต้านทานสูงขึ้นตามลำดับ อุณหภูมินำไปใช้ตรวจสอบระดับความร้อน หรือทำให้เกิดความร้อนขึ้นเพื่อควบคุมการจ่ายแรงดันไฟฟ้าให้กับขดลวด เช่น วงจรล้างสนามแม่เหล็กออตโนมัตของเครื่องรับโทรทัศน์ (Degaussing Coil) เป็นต้น

- **Negative Temperature Comital (NTC)** เป็นชนิดที่ปกติจะมีความต้านทานสูงเมื่อได้รับความร้อน ค่าความต้านทานจะต่ำลง ใช้งานด้านการตรวจสอบความร้อนเพื่อควบคุมระดับการทำงาน เช่น ในวงจรขยายเสียงที่ดีใช้ตรวจจับความร้อนที่เกิดจากการทำงานแล้วป้อนกลับไปลดการทำงานของวงจรให้น้อยลง เพื่ออุปกรณ์หลักจะไม่เกิดความร้อนมากเกินไป

2.3.2 การนำไปใช้งาน

การตรวจวัดอุณหภูมิใช้รูปแบบการเปลี่ยนแปลงระดับแรงดันไฟฟ้าจากสัญญาณอนาล็อกไปสู่สัญญาณดิจิตอล

2.4 เซนเซอร์วัดค่าความชื้น (Humidity Sensor)

เซนเซอร์วัดค่าความชื้นที่ใช้กันอยู่ในอุตสาหกรรมมีอยู่ด้วยกัน 3 ชนิด คือ Capacitive Thermal Conductivity และ Resistive เมื่อจะเลือกนำไปใช้งานต่างๆ กัน การรู้จักถึงข้อดี และข้อด้อยของเซนเซอร์แต่ละชนิดจึงน่าจะมีประโยชน์ต่อข้อมูลการวัดที่จะได้รับมากที่สุด

2.4.1 เซนเซอร์วัดความชื้นแบบคาปาซิทีฟ (Capacitive Humidity Sensor)

เซนเซอร์วัดค่าความชื้นแบบนี้วัดค่าความชื้นสัมพัทธ์ (Relative Humidity) มีการใช้งานกันอย่างกว้างขวางในอุตสาหกรรม เคมีภัณฑ์ งานวิจัยหรือทดลองทางฟิสิกส์ เซนเซอร์แบบนี้มีโครงสร้างที่ประกอบไปด้วยชั้นฐานแผ่นฟิล์มบางที่ทำจากโพลีเมอร์ หรือเมทัลออกไซด์ (Metal Oxide) ถูกวางอยู่ระหว่างอิเล็กโทรดทั้งสอง โดยพื้นผิวของฟิล์มบางดังกล่าวถูกเคลือบด้วยอิเล็กโทรดโลหะแบบมีรูพรุนเพื่อป้องกันฝุ่นละอองและปัญหาจากแสงแดด เซนเซอร์แบบคาปาซิทีฟสามารถตรวจจับความชื้นสัมพัทธ์ในสภาพแวดล้อมได้เกือบจะเป็นเชิงเส้น หรือมีการตอบสนองได้อย่างเป็นสัดส่วนที่ติดนั่นเอง โดยเมื่อค่าความชื้นสัมพัทธ์เปลี่ยนไป 1 เปอร์เซ็นต์ ค่าความจุไฟฟ้า (Capacitive) ก็จะเปลี่ยนไป 0.2 ถึง 0.5 pF เซนเซอร์แบบคาปาซิทีฟถูกกำหนดให้มีคุณลักษณะเฉพาะคือค่าสัมประสิทธิ์อุณหภูมิต่ำจึงทำให้ทำงานได้ดี แม้อุณหภูมิสูงถึง 200 องศาเซลเซียส การกลับสู่สภาวะเดิมจากสภาวะการควบแน่น และยังทนต่อไอระเหยของสารเคมีอีกด้วย ในขณะที่ช่วงเวลากการตอบสนองของเซนเซอร์คือ 30 ถึง 60 วินาที สำหรับการเปลี่ยนแปลงความชื้นในช่วง 63 เปอร์เซ็นต์ สำหรับข้อด้อยของเซนเซอร์แบบคาปาซิทีฟ ซึ่งเริ่มจากความผิดพลาดเท่ากับ 2 %RH ในช่วงการเปลี่ยนแปลงค่าความชื้น 5 % ถึง 95 %RH นอกจากนี้เซนเซอร์ยังถูกจำกัดความสามารถด้วยระยะระหว่างชั้นส่วนตรวจจับความชื้นกับวงจรแปลงสัญญาณ เพราะหากใกล้กันมากจะทำให้เกิดผลกระทบของค่าความจุไฟฟ้า และในทางปฏิบัติจะต้องน้อยกว่า 10 ฟุต คุณสมบัติที่สำคัญอย่างยิ่งของเซนเซอร์แบบค่าความจุก็คือ Dew Point เนื่องจากจะเกิดการเปลี่ยนแปลงสัญญาณสอดคล้องกับค่าความชื้นที่เปลี่ยนไป แม้จะเปลี่ยนแปลงไปน้อยๆ ก็ตาม และค่า Drift ต่ำ ซึ่งถือว่าเป็นข้อดี แต่ถ้าค่าความชื้นที่เปลี่ยนไปต่ำกว่าในระดับที่กำหนดแล้ว เซนเซอร์ก็เริ่มที่จะทำงานไม่เป็นเชิงเส้น

2.4.2 เซนเซอร์ความชื้นแบบรีซิสตีฟ (Resistive Humidity Sensor)

เซนเซอร์ความชื้นที่จะวัดการเปลี่ยนแปลงอิมพีแดนซ์ไฟฟ้าของตัวกลางดูดความชื้น (Hygroscopic Medium) อย่างเช่น โพลีเมอร์ เกลือหรือสารสังเคราะห์ที่อิมพีแดนซ์ที่เปลี่ยนจะแปรผันกับค่าความชื้นในลักษณะของกราฟเอกซ์โปเนนเชียลกลับด้าน โครงสร้างของเซนเซอร์ Resistive ประกอบด้วยอิเล็กโตรดโลหะ 2 ส่วนวางอยู่บนฐานด้วยเทคนิคการวางแบบโฟโตรีซิส (Photo Resist) อิเล็กโตรดอาจมีขดลวดพันรอบ Wire-wound Electrodes ใช้แกนเป็นพลาสติก หรือแท่งแก้วทรงกระบอกในส่วนของฐานนั้นถูกเคลือบด้วยเกลือ (Salt) หรือโพลีเมอร์ (Conductive Polymer) การทำงานของเซนเซอร์ก็คือดูดซับไอน้ำและไอออนที่แตกตัว เป็นผลให้ค่าความนำไฟฟ้าของตัวกลางเพิ่มขึ้น โดยช่วงเวลากการตอบสนองของเซนเซอร์อยู่ในช่วง 10 ถึง 30 วินาที สำหรับการเปลี่ยนแปลงในช่วง 63 % โดยย่านของอิมพีแดนซ์ที่เปลี่ยนแปลงของเซนเซอร์แปรเปลี่ยน 1 kW ถึง 100 mW เซนเซอร์แบบ Resistive จะใช้วงจรวัดแบบสมมาตร (Symmetrical) ซึ่งใช้แปลงกำเนิดกระแสสลับกระตุ้นอย่างเช่น วงจรบริดจ์ (Bridge) และสาเหตุที่ทำให้ใช้กระแสตรงก็เพื่อป้องกันการเกิดข้อผิดพลาดที่ตัวเอง เมื่อความต้านทานเปลี่ยนตามการเปลี่ยนของความชื้นเป็นผลให้เกิดกระแสไฟฟ้าไหล ในวงจรวัดกระแสไฟนั้นจะถูกแปลงเป็นสัญญาณแรงดันกระแสตรงเพื่อการส่งผ่านไป ยังวงจรขยายย่านวัด วงจรขยายแรงดัน วงจรปรับเชิงเส้นและวงจรแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิตอลต่อไป ซึ่งเมื่อผ่านกระบวนการต่างๆ แล้วจะทำให้เซนเซอร์และ Resistive มีการตอบสนองต่ออุณหภูมิได้ดีมาก ข้อดีของเซนเซอร์แบบ Resistive ก็คือการสับเปลี่ยนได้ (Interchangeability) หมายถึงหากตัวใดเสียก็สามารถนำอีกตัวหนึ่งมาแทนได้ โดยผ่านการสอบเทียบด้วยการปรับค่าความต้านทาน ซึ่งก็ทำให้ค่าความชื้นเปลี่ยนแปลงไปไม่เกิน $\pm 2\%$ RH อย่างไรก็ตามหากต้องการสอบเทียบเซนเซอร์ Resistive ได้อย่างแม่นยำ ก็สามารถทำได้โดยใช้ RH Calibration Chamber หรือสอบเทียบด้วยระบบ DA ซึ่งใช้คอมพิวเตอร์ร่วมด้วย ข้อควรจำอย่างหนึ่งของการใช้เซนเซอร์แบบ Resistive คือ อ่านอุณหภูมิใช้งานอยู่ในช่วง $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ ถึง $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ แม้ว่าอายุการใช้งานของเซนเซอร์อยู่ในช่วง 5 ปี แต่การใช้งานในสภาพแวดล้อมของไอระเหยของสารเคมีหรือน้ำมันก็อาจทำให้อายุการใช้งานของเซนเซอร์สั้นลงกว่านี้ ข้อบกพร่องหรือข้อด้อยอีกอย่างของเซนเซอร์ Resistive ก็คือ การเกิดค่าเบี่ยงเบนเมื่อเกิดสภาวะควบแน่นหากใช้สารเคลือบที่ละลายน้ำได้ เซนเซอร์แบบ Resistive จะทำงานได้ในสภาพแวดล้อมที่มีการผันแปรของอุณหภูมิไม่เกิน $10\text{ }^{\circ}\text{F}$ หากเกินนี้อุณหภูมิก็จะเริ่มส่งผลให้อ่านค่าความชื้นได้เพี้ยนไป อย่างไรก็ตามด้วยสาเหตุนี้เองจึงมีการเพิ่มระบบชดเชยอุณหภูมิเข้าไปด้วยเพื่อให้ความแม่นยำสูงขึ้น จากที่กล่าวมานี้คุณลักษณะที่มีขนาดเล็ก ราคาถูก สามารถสับเปลี่ยนกันได้ และเสถียรภาพในช่วงเวลานาน จึงทำให้เหมาะใช้ในงานควบคุม อุปกรณ์แสดงผลในอุตสาหกรรม และใช้ในเครื่องใช้ต่างๆ ตามบ้าน

2.4.3 เซนเซอร์ความชื้นแบบ Thermal Conductivity

เซนเซอร์แบบนี้เป็นชนิดเดียวที่วัดค่าความชื้นสัมบูรณ์ โดยอาศัยการคำนวณความแตกต่างระหว่างค่าการนำความร้อนของอากาศแห้ง (Thermal Conductivity) กับการนำความร้อนของอากาศที่มีไอน้ำอยู่ โดยเมื่ออากาศหรือก๊าซแห้ง มันจะมีความสามารถที่จะรับความจุความร้อนสูงกว่า ยกตัวอย่างเช่น สภาวะอากาศในทะเลทราย ซึ่งจะร้อนจัดในเวลากลางวัน แต่พอตกกลางคืนอากาศจะลดลงอย่างรวดเร็ว ซึ่งเกิดจากสภาวะบรรยากาศแห้ง เมื่อเปรียบเทียบกันแล้ว อากาศที่มีความชื้นจะไม่เย็นลงอย่างรวดเร็วในตอนกลางคืนเพราะความร้อนยังแฝงอยู่ในไอน้ำของชั้นบรรยากาศ เซนเซอร์แบบ Thermal Conductivity หรือจะเรียกเซนเซอร์ความชื้นสัมบูรณ์ (Absolute Humidity Sensor) ประกอบด้วยเทอร์มิสเตอร์ 2 ตัว ต่อกันในวงจรบริดจ์โดยเทอร์มิสเตอร์ตัวหนึ่งบรรจุอยู่ในแคปซูลที่มีก๊าซไนโตรเจน และเทอร์มิสเตอร์อีกตัวหนึ่งถูกวางอยู่ในบรรยากาศ กระแสไฟฟ้าจะถูกส่งผ่านเทอร์มิสเตอร์ทั้งสอง ส่งผลให้เกิดความร้อนสูงขึ้นในตัวเทอร์มิสเตอร์มากกว่า 200 °C และความร้อนที่กระจายออกจากเทอร์มิสเตอร์ในแคปซูลจะมากกว่า เทอร์มิสเตอร์ที่อยู่ในบรรยากาศ ความแตกต่างของอุณหภูมิของเทอร์มิสเตอร์ทั้งสองนี้ เป็นความต่างของการนำความร้อนของไอน้ำเทียบกับไนโตรเจนแห้ง ความแตกต่างของค่าความต้านทานของเทอร์มิสเตอร์จึงเป็นส่วนสำคัญโดยตรงกับค่าความชื้นสัมบูรณ์ เซนเซอร์แบบ Thermal Conductivity มีความทนทานสูงและทำงานในสภาพแวดล้อมที่มีอุณหภูมิสูงถึง 300 °C และยังสามารถต่อไอระเหยสารเคมีได้เป็นอย่างดี จากคุณสมบัติที่ดีของวัสดุโครงสร้างเครื่องที่ไม่มีปฏิกิริยาทางสารเคมี เช่น แก้ว สารกึ่งตัวนำ ที่ใช้สร้างเทอร์มิสเตอร์พลาสติกทนอุณหภูมิสูงหรืออะลูมิเนียม โดยทั่วไปแล้วจะมีการใช้เซนเซอร์แบบ Thermal Conductivity ในงานอุตสาหกรรมอบผ้าทั้งแบบที่ใช้ไมโครเวฟ หรือแบบที่ใช้ไอน้ำ รวมทั้งอุตสาหกรรมอบไม้ อุตสาหกรรมผลิตกระดาษ และการผลิตสารเคมีต่างๆ ทั้งนี้เซนเซอร์แบบนี้มีความแม่นยำที่ดีกว่าเซนเซอร์แบบอื่น ที่ระดับอุณหภูมิสูงกว่า 200 °F นอกจากนี้ก็อาจมีการใช้งานที่ต้องการความแม่นยำระดับ +3g/m³ ซึ่งเมื่อแปลงไปเป็นค่าความชื้นจะได้เท่ากับ ±5 %RH ที่ 40 °C และ ±0.5 %RH ที่ 100 °C

2.5 ทฤษฎีการควบคุมแบบเปิด-เปิด (On-off Control System)

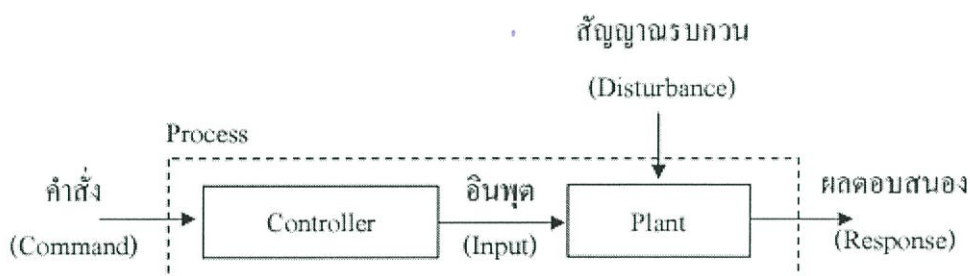
2.5.1 ระบบควบคุมแบบเปิด (Open-Loop Control System)

เป็นระบบที่ค่าเอาต์พุตไม่มีผลต่อการควบคุมกระบวนการของระบบคือ ไม่มีการนำเอาค่าเอาต์พุตที่ได้กลับมาเปรียบเทียบกับค่าอินพุตที่ป้อนให้กับระบบควบคุมแบบวงเปิดเป็นระบบที่เอาต์พุตไม่มีผลต่อการควบคุม หรือกล่าวอีกนัยหนึ่ง ระบบควบคุมแบบวงเปิด ไม่ได้มีการวัดเอาต์พุตเพื่อที่จะป้อนกลับไปเปรียบเทียบกับอินพุต ระบบควบคุมแบบวงเปิดเอาต์พุตไม่ได้ถูกเปรียบเทียบกับอินพุตอ้างอิง ดังนั้นจะต้องมีการกำหนดเงื่อนไขการทำงานที่คงที่สำหรับอินพุตอ้างอิงแต่ละตัว ทำให้มีความแม่นยำของระบบขึ้นอยู่กับการปรับแต่ง (Calibration) ถ้ามีการรบกวนในระบบวงเปิดระบบจะ

ไม่สามารถทำงานตามที่ต้องการได้ การควบคุมแบบวงเปิดในทางปฏิบัติจะเหมาะกับงานที่รู้ความสัมพันธ์ระหว่างอินพุตและเอาต์พุต และต้องไม่มีการรบกวนทั้งภายในและภายนอก เพราะระบบไม่มีการป้อนกลับ ขอให้สังเกตว่าระบบควบคุมใดก็ตามที่มีการทำงานบนพื้นฐานของเวลาหรือทำงานตามเวลาที่กำหนดจะเป็นการควบคุมแบบวงเปิด เช่น การควบคุมสัญญาณไฟจราจรก็เป็นอีกตัวอย่างหนึ่งของการควบคุมแบบวงเปิด

ลักษณะและข้อเด่นของการควบคุมแบบเปิด

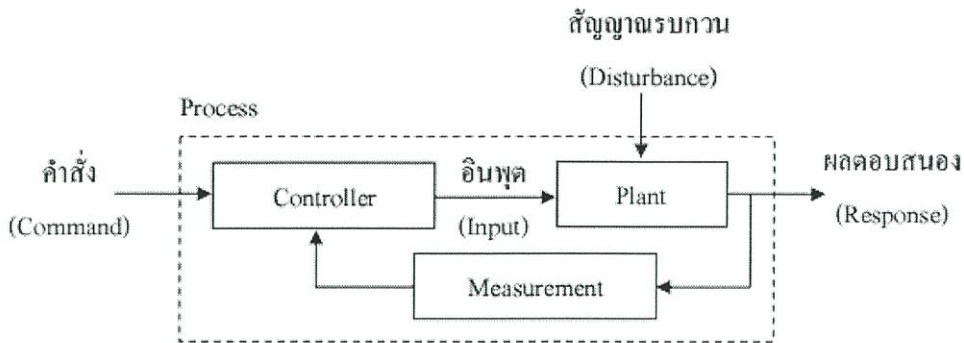
- ไม่มีการนำสัญญาณทางด้านเอาต์พุตป้อนกลับทางด้านอินพุต
- ระบบไม่มีความซับซ้อน
- ระบบใช้กับงานที่ไม่ต้องการความแม่นยำ
- เป็นระบบควบคุมที่ประหยัด



รูปที่ 2.3 Process การควบคุมแบบวงเปิด

ลักษณะทั่วไปของระบบควบคุมแบบวงเปิดจะเป็นไปตามรูปที่ 2.3 ข้างต้น ในการควบคุมแบบวงเปิด ตัวควบคุม (Controller) จะส่งสัญญาณป้อน (Input) ให้กับสิ่งที่ต้องการควบคุม (Plant) ตามคำสั่งหรือสัญญาณอ้างอิง (Command or Referent) ที่รับมา โดยที่ตัวควบคุมจะอนุมานว่าเมื่อสิ่งที่ต้องการควบคุมได้รับสัญญาณป้อนแล้วนั้น ก็จะส่งสัญญาณเอาต์พุตหรือผลตอบสนอง (Response) ให้ได้ตามที่คาดหวังไว้ โดยที่ไม่ต้องทำการตรวจสอบสัญญาณเอาต์พุตจริงว่าเป็นไปตามคำสั่งหรือไม่

2.5.2 ระบบควบคุมแบบปิด (Closed-Loop Control System) เป็นระบบที่นำสัญญาณจากเอาต์พุตของระบบ ป้อนกลับมาเปรียบเทียบกับสัญญาณอินพุตที่ป้อนให้กับระบบ ซึ่งผลต่างระหว่างสัญญาณทั้งสองที่นำมาเปรียบเทียบนั้นจะเป็นค่าผิดพลาด (Error) เพื่อที่จะใช้เป็นสัญญาณป้อนเข้าตัวควบคุม (Controller) ให้ตัวควบคุมนำไปสร้างสัญญาณควบคุมใหม่เพื่อลดความผิดพลาดที่เกิดขึ้นในระบบและทำให้เอาต์พุตของระบบเข้าสู่ค่าที่ต้องการ (Setpoint)

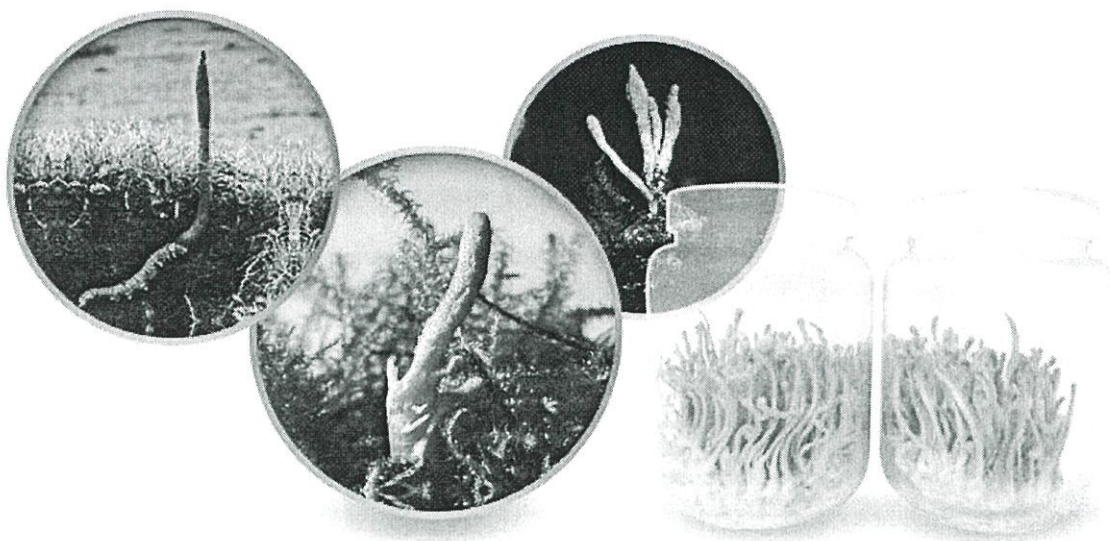


รูปที่ 2.4 Process การควบคุมแบบวงปิด

ลักษณะทั่วไปของระบบควบคุมแบบวงรอบปิดจะเป็นไปตามรูปข้างต้น ในการควบคุมแบบวงรอบปิด ตัวควบคุม (Controller) จะทำการเปรียบเทียบสัญญาณอ้างอิงหรือคำสั่ง (Referent or Command) กับสัญญาณเอาต์พุต หรือผลตอบสนอง (Output or Response) ที่ป้อนกลับมา โดยตัวตรวจจับ (Measurement or Sensor) แล้วนำไปสร้างสัญญาณป้อนหรืออินพุต (Input) ให้กับสิ่งที่ต้องการควบคุม (System Under Controlled or Plant) เพื่อที่จะให้สัญญาณเอาต์พุตหรือผลตอบสนองให้เป็นไปตามสัญญาณอ้างอิงที่ต้องการ (Command or Reference) ระบบควบคุมแบบวงรอบปิด อาจเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า ระบบควบคุมแบบป้อนกลับ (Feedback Control System)

2.6 เห็ดถั่งเช่าสีทองหรือหญ้าหนอน

มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Cordyceps Militaris* เห็ดถั่งเช่าเป็นที่รู้จักมาตั้งแต่อดีตกาล ชาวจีนเชื่อว่าเป็นยาอายุวัฒนะ มีสรรพคุณช่วยปรับสมดุลของร่างกาย เป็นสมุนไพรรักษาตุ๋น ในสมัยโบราณเห็ดถั่งเช่าถูกจำกัดการใช้เฉพาะจักรพรรดิ และเชื้อพระวงศ์ชั้นสูงของจีนเท่านั้น คนธรรมดาสามัญไม่มีสิทธิ์บริโภค เป็นของที่หายาก และมีค่าตั้งทอง ตำราการแพทย์ทิเบตมีการบันทึกไว้ว่า เห็ดถั่งเช่าถูกใช้เป็นยาชูกำลัง ใช้รักษาสารพัดโรค



รูปที่ 2.5 เห็ดถั่งเช่า

2.6.1 เห็ดถั่งเช่าสีทองอุดมไปด้วยสารสำคัญหลายชนิดที่มีผลทางชีวภาพ

โมโนแซคคาไรด์ ไตแซคคาไรด์ โพลีแซคคาไรด์ (เบต้า-กลูแคน) แมนนิทอล กาแล็กโตส อะดีโนซีน คอร์โดเซปิน กรดคอร์โดเซปิก กรดอะมิโน โปรตีน สเตอรอล วิตามิน และแร่ธาตุที่เปี่ยมประโยชน์หลายชนิด เช่น ไบโอดีน กรดโพลิก ไนอาซิน กรดแพนโทธีนิก ซิลิเนียม ฟอสฟอรัส แคลเซียม เป็นต้น

เห็ดถั่งเช่าสีทองประกอบไปด้วย นิวคลีโอไซด์ มากกว่า 10 ชนิด นิวคลีโอไซด์เกี่ยวข้องกับกลไกและการทำงานของกลไกในกระบวนการทางสรีรวิทยาที่เกี่ยวข้องกับระบบประสาทส่วนกลางและด้านการเกิดเนื้องอก โพลีแซคคาไรด์ ในเห็ดถั่งเช่าสีทองช่วยต้านอนุมูลอิสระ เพิ่มภูมิคุ้มกัน และชะลอความชราด้านการเกิดเนื้องอกและเซลล์มะเร็ง มีฤทธิ์ยับยั้งการอักเสบ และส่งเสริมระบบภูมิคุ้มกันในหนูทดลอง สารคอร์โดเซปิน กรดคอร์โดเซปิก และอะดีโนซีน ในเห็ดถั่งเช่า ช่วยเพิ่มพลังงานภายในร่างกาย ถูกใช้ในการเพิ่มความแข็งแรงของนักกีฬา ใช้ในการป้องกันและรักษาสารพัดโรค เช่น โรคหอบหืด วัณโรค โรคหลอดเลือดอักเสบเรื้อรัง โรคตับอักเสบเฉียบพลันและเรื้อรัง โรคไต โรคหัวใจ รวมถึงโรคที่เกี่ยวข้องกับระบบไหลเวียนโลหิต ความดันโลหิตสูง ภาวะที่เม็ดเลือดขาวต่ำกว่าปกติ ลดระดับน้ำตาลในเลือด อากาศอ่อนล้า เครียด นอนไม่หลับ โรคระบบประสาท โรคเบาหวาน เพิ่มภูมิคุ้มกัน เพิ่มความแข็งแรงของร่างกายให้ต้านทานต่อแบคทีเรีย ไวรัส และเชื้อเอชไอวี ต้านเซลล์มะเร็งและเซลล์เนื้องอก แก่ความผิดปกติทางเพศทั้งในเพศชายและหญิง

2.6.2 เห็ดถั่งเช่าเป็นเชื้อราที่ไม่มีพิษ (Nontoxic Fungal Substance)

ปลอดภัยในการบริโภค บำรุงร่างกายชั้นยอด ที่ได้จากการผสมผสานกันระหว่างตัวหนอน และเห็ดถั่งเช่า หรือถั่งเช่าแท้ๆ แปลว่า "ฤดูหนาวเป็นหนอน ฤดูร้อนเป็นหญ้า" มีรสหวาน ฤทธิ์ไม่ร้อนเข้าเส้นลมปราณไต บำรุงไต เสริมภูมิคุ้มกัน และพลังชีวิต แก้อาการอ่อนเพลีย ภูมิแพ้ แก้อิโละลายเสมหะ หอบหืด ไอเรื้อรัง อาการหย่อนสมรรถภาพทางเพศ เช้าอ่อน เหวอ่อน ทำให้แก่ช้า และเป็นยาบำรุงสำหรับผู้ป่วยฟื้นฟู การทดลองทางการแพทย์ยังพบว่า สารสกัดจากถั่งเช่า มีฤทธิ์ขยายหลอดเลือด กระตุ้นสมรรถภาพการทำงานของต่อมหมวกไต เพิ่มภูมิต้านทานให้กับผู้ป่วยโรคไต ช่วยลดจำนวนครั้งของการฟอกไต สมานแผลจากเบาหวาน ช่วยลดการโตของเนื้องอกและเซลล์มะเร็ง

2.6.3 ประโยชน์ของเห็ดถั่งเช่า

1. ฟื้นฟูสมรรถนะของไต ช่วยบรรเทาอาการและรักษาไตอักเสบ นิ่วในไต เสริมภูมิต้านทานให้กับผู้ป่วยโรคไต
2. ฟื้นฟูสมรรถภาพทางเพศ ให้ร่างกายกลับมาแข็งแรงอีกครั้ง
3. ช่วยชะลอความแก่ บำรุงร่างกาย ลดความเสื่อมของเซลล์ในร่างกาย
4. ช่วยบรรเทาอาการ และรักษาโรคภูมิแพ้ ให้ร่างกายมีความสมดุล
5. สำหรับผู้ที่มิบุตรยาก ถั่งเช่า จะเติมเต็มน้ำอสุจิและไขกระดูก
6. เพิ่มประสิทธิภาพของปอด และหลอดเลือด
7. ช่วยบรรเทาอาการ และรักษาโรคต่อมลูกหมาก
8. ช่วยบรรเทาอาการ และรักษาอาการอ่อนเพลีย ปวดเอว
9. ปรับสมดุลของความดันโลหิตในร่างกาย
10. กระตุ้นการสร้างฮอร์โมนต่อมหมวกไต ซึ่งเป็นฮอร์โมนที่มีความสำคัญกับร่างกายอย่าง

มาก

บทที่ 3

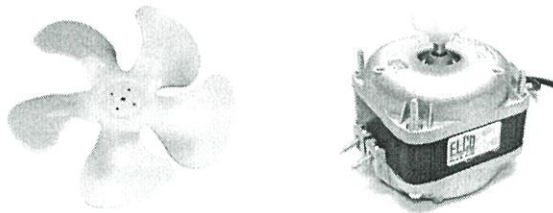
ขั้นตอนการดำเนินงาน

ขั้นตอนในการดำเนินงานวิจัย Mushroom Growth Chamber นั้น แบ่งเป็น 3 ขั้นตอนหลักๆ คือ การรวบรวมและศึกษาข้อมูล การออกแบบโครงสร้างของระบบและชุดระบบควบคุมการทำงานด้วย Microcontroller และดำเนินการทดลองและเก็บผลการทดลอง

3.1 การรวบรวมและศึกษาข้อมูล

ในการรวบรวมและศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับบทนี้นั้น ข้อมูลที่สำคัญก็คือ ข้อมูลเกี่ยวกับสภาวะแวดล้อมที่เหมาะสมในการเจริญเติบโตของเห็ด โดยมีปัจจัยหลักๆ 3 อย่างที่ต้องควบคุม คือ อุณหภูมิ ความชื้น ระบบไหลเวียนในอากาศ เพื่อที่จะสร้างและควบคุมสภาพแวดล้อมนั้น และต้องหาข้อมูลในส่วนของตัวอุปกรณ์ที่นำมาใช้ในระบบ ซึ่งอุปกรณ์ที่ใช้นั้นประกอบด้วย Sensors 3 ชนิด (Temperature Sensor Humidity Sensor Pressure Sensor) Actuator 4 ชนิด (Damper Fan Compressor Humidifier) และข้อมูลเกี่ยวกับการควบคุมอุปกรณ์และวิธีการที่ใช้ในการควบคุมสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม

3.1.1 การศึกษาข้อมูลของอุปกรณ์ที่นำมาใช้ในระบบ



รูปที่ 3.1 มอเตอร์และใบพัดของพัดลม

คุณสมบัติของพัดลม

Model : ELCO VNT 16-25/1536

Power Input : 16Watts

Voltage : 230V, 50/60Hz.

Speed : 1300/1550RPM

Current : 0.45Amps

Blade size : 150 mm

พัดลมเป็นอุปกรณ์ที่ส่งอุณหภูมิและความชื้นเข้าไปใน Chamber



รูปที่ 3.2 Compressor

คุณสมบัติของ Compressor

Cooling Capacity : 369/669Watts

Power Input : 229/307 Watts

Lock Rotor Amps : 12.80/12.80 Amps

Max Continuous Current Rated Load Amps : 1.40/1.73 Amps

COP : 1.61/2.18 Watts/Watts

Compressor คือ อุปกรณ์ที่ใช้ทำความเย็นในระบบ ซึ่งในการทำความเย็นนั้นจะเกิดทั้งความร้อนที่ Condenser และความเย็นที่ Evapulator หรือ Cooling coils ซึ่งเอาเฉพาะส่วนทำความเย็นมาใช้ในระบบ



รูปที่ 3.3 เครื่องสร้างความชื้นในอากาศด้วยอัลตราโซนิค

คุณสมบัติของเครื่องสร้างความชื้นในอากาศอัลตราโซนิค

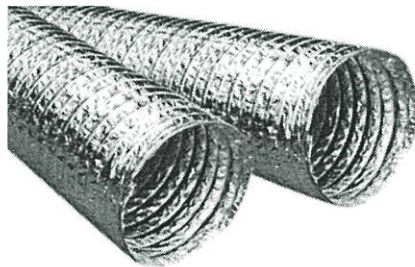
Voltage : 24 (V)

Power input : 19W +- 1W

Spray volume : > 400cc /hr

Use with AC Adaptor : Input 100V - 220V, Output 24V 1000mA DC

Humidifier คือ อุปกรณ์ทำความชื้นซึ่งอุปกรณ์ทำความชื้นที่ใช้นั้น ทำความชื้นด้วยคลื่น
Ultrasonic



รูปที่ 3.4 Flexible Duct

Flexible Duct การที่ใช้ Flexible Duct นั้น เนื่องจากมีความยืดหยุ่นทำให้เครื่องย้าย
อุปกรณ์ได้สะดวก และ Flexible Duct ที่ใช้นั้นยังสามารถใช้งานในช่วงอุณหภูมิและความชื้นที่
ต้องการได้ ซึ่งเป็นท่ออลูมิเนียมพอยล์ ขนาด 6 นิ้ว ทนอุณหภูมิ -20 ถึง 60 องศาเซลเซียส

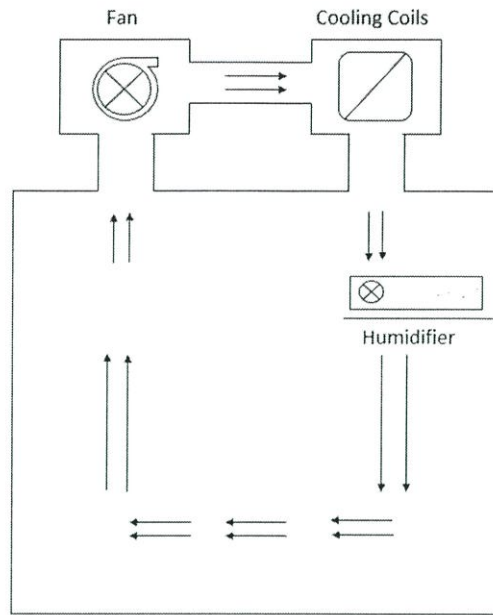
3.2 การออกแบบโครงสร้าง และชุดระบบควบคุมการทำงานด้วย Microcontroller

ส่วนของการออกแบบนั้นจะแบ่งเป็น 2 ส่วนหลักคือ การออกแบบโครงสร้างของระบบ และชุดระบบควบคุมการทำงานด้วย Microcontroller โดยที่

3.2.1 การออกแบบโครงสร้างของระบบ

คือการออกแบบตัว Chamber (ตู้เพาะเห็ด), ชุดทำความเย็น, ความชื้น และระบบไหลเวียนในอากาศ โดยนำ Actuator มาติดตั้งภายในกล่อง Stainless ตามที่ออกแบบ เป็นส่วนๆ และเชื่อมต่อกันผ่าน Flexible Duct โดยที่จะเริ่มจากพัดลม ซึ่งพัดลมนั้นจะเป็นตัวส่งอุณหภูมิและความชื้นที่ถูกสร้างขึ้นโดย Compressor และ Humidifier เพื่อส่งไปยัง Chamber ต่อมาเป็น Evapulator หรือ Cooling Coils ซึ่งเป็นขดลวดเย็นที่ทำความเย็นโดย Compressor ซึ่งเป็นส่วนที่ทำอุณหภูมิภายในระบบ และส่วนสุดท้ายเป็นส่วนของการสร้างความชื้นที่สร้างขึ้นจาก Humidifier และติดตั้งภายใน Chamber

1. การออกแบบ Stainless Case สำหรับครอบชิ้นส่วน Actuator ทั้ง Fan, Evapulator เพื่อให้ Condition ที่ถูกสร้างขึ้นจากอุปกรณ์ดังกล่าวนั้น ถูกจำกัดอยู่ในระบบปิดทั้งหมด โดยจำลองด้วย SolidWork นั้นสามารถทำให้เห็นภาพจำลองของภาพรวมของชิ้นส่วนต่างๆ เปรียบเทียบขนาดระหว่างแต่ละชิ้นส่วนก่อนที่จะเพื่อให้ง่ายต่อการทำขึ้นจริง ซึ่งหลังจากที่ใช้โปรแกรม Solid Work ออกแบบ Case สำหรับใส่อุปกรณ์แล้ว จึงสร้าง Case จริงขึ้นมาโดยใช้ Stainless เป็นวัสดุที่ทำ เพราะในระบบมีความชื้น ซึ่ง Stainless นั้นจะไม่เกิดสนิมและสามารถใช้งานในช่วงสภาพแวดล้อมตามที่ต้องการได้

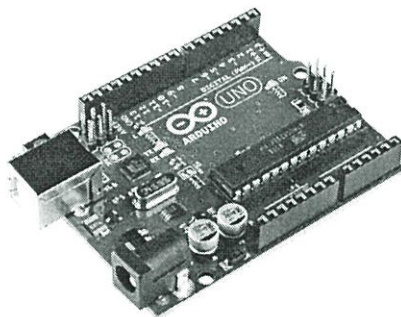


รูปที่ 3.5 โครงสร้างของระบบ Mushroom Growth Chamber

3.2.2 ชุดระบบควบคุมการทำงานด้วย Microcontroller

ในการทำส่วนของซอฟต์แวร์นั้นจะประกอบด้วย 2 ส่วน ส่วนแรกคือ การออกแบบชุดระบบควบคุมการทำงาน และการโปรแกรมควบคุม

1. การออกแบบชุดระบบควบคุมการทำงาน ในการออกแบบชุดระบบควบคุมการทำงานของระบบจะต้องมีอุปกรณ์ที่ใช้ในการควบคุม โดยเลือกอุปกรณ์ที่ใช้ในการควบคุมดังนี้



รูปที่ 3.6 Arduino Compatible Board

คุณสมบัติ Arduino Compatible Board

Microcontroller : ATmega328

Operating Voltage : 5V

Input Voltage (Recommended) : 7-12V

Input Voltage (Limits) : 6-20V

Digital I/O Pins : 14 (of Which 6 Provide PWM Output)

Analog Input Pin : 6

DC Current per I/O Pin : 40 mA

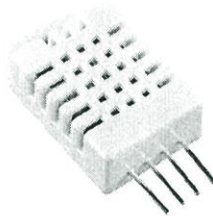
DC Current for 3.3V Pin : 50 mA

Flash Memory : 32 KB (ATmega328) of Which 0.5 KB Used by Bootloader

RAM : 2 KB (ATmega328)

EEPROM : 1 KB (ATmega328)

Clock Speed : 16 MHz



รูปที่ 3.7 Humidity and Temperature Sensor - DHT22

คุณสมบัติ Humidity and Temperature Sensor - DHT22

Low cost with a single wire digital interface

Calibrated and doesn't require extra components

Input : 3.3-6V

Measuring Current : 1-1.5mA

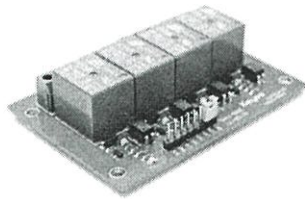
Standby Current : 40-50uA

Humidity : 0-100 %RH

Temperature : -40°C to 80°C (+-0.5°C)

RH Accuracy : +-2%

RoHS Compliant



รูปที่ 3.8 Relay Module 4 Channels

คุณสมบัติ (Features)

รีเลย์เอาต์พุตแบบ SPDT จำนวน 4 ช่อง

สั่งงานด้วยระดับแรงดัน TTL

CONTACT OUTPUT ของรีเลย์รับแรงดันได้สูงสุด 250 VAC 10 A, 30 VDC 10 A

มี LED แสดงสถานะ การทำงานของรีเลย์และแสดงสถานะของบอร์ด

มีจัมป์เปอร์สำหรับเลือกว่าจะใช้กราวด์ร่วมหรือแยก

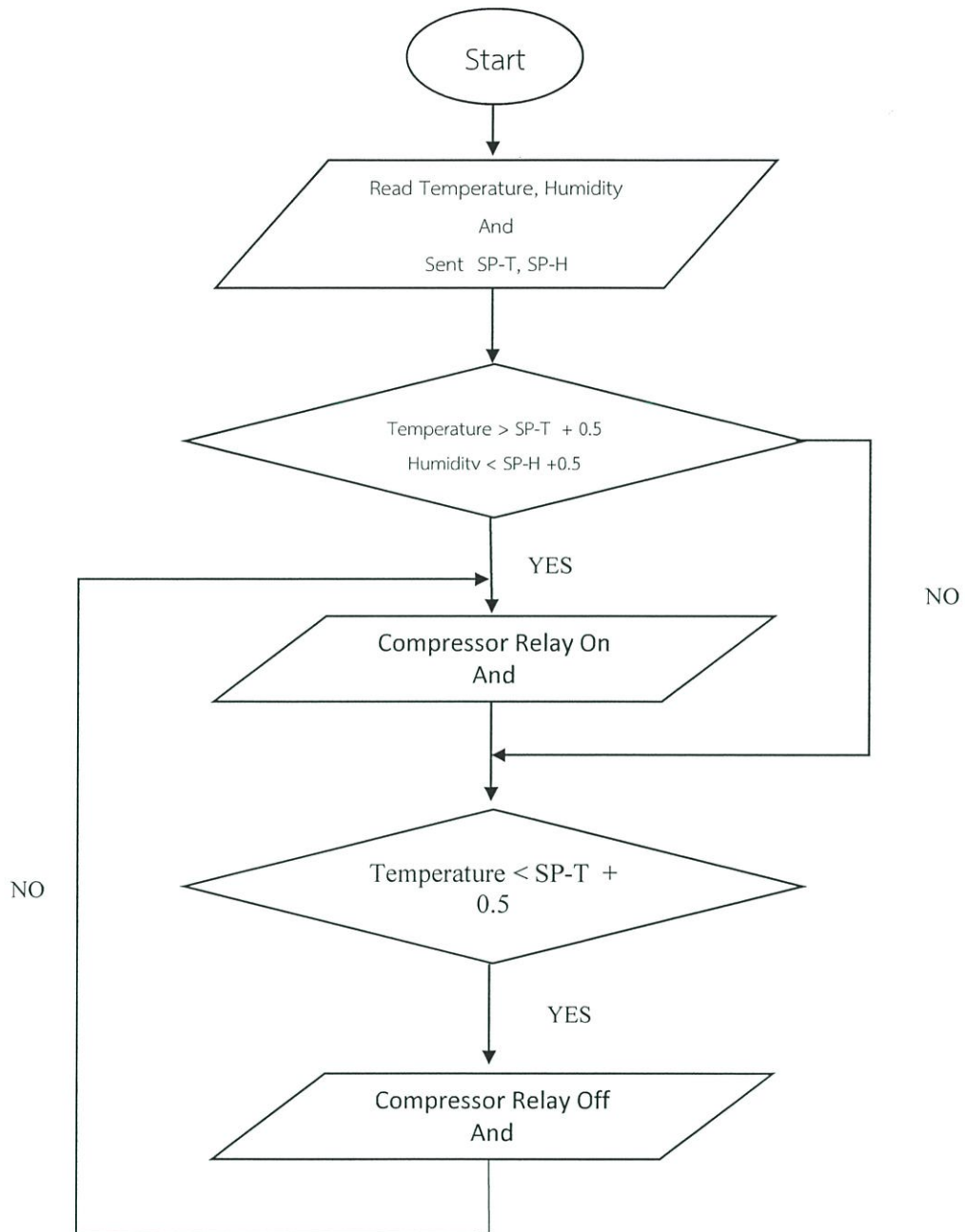
มี OPTO-ISOLATED เพื่อแยกกราวด์ส่วนของสัญญาณควบคุมกับไฟฟ้าที่ขับรีเลย์ออกจากกัน

Relay Module 4 Channels มีเอาต์พุตคอนเน็คเตอร์ที่ Relay เป็น NO/COM/NC สามารถใช้กับโหลดได้ทั้งแรงดันไฟฟ้า DC และ AC โดยใช้สัญญาณในการควบคุมการทำงานด้วยสัญญาณโลจิก TTL

1. จากอุปกรณ์ข้างต้น หน้าที่ของแต่ละอุปกรณ์คือ Sensor(DHT 22) Module จะเป็นตัวรับค่าอุณหภูมิและความชื้นภายในระบบและส่ง Input มาที่ Arduino เพื่อทำการประมวลผล และ ส่ง Output ไปยัง Relay Module ให้ทำการปิดหรือเปิด

2. การเขียนโปรแกรมควบคุมในระบบนั้นจะใช้การควบคุมแบบเปิด-ปิด โดยขั้นตอนในการควบคุมนั้นจะเริ่มจากการอ่านค่าอุณหภูมิและความชื้นภายในตู้ แล้วกำหนด Setpoint ให้ระบบแล้วจะเทียบค่าอุณหภูมิและความชื้นที่วัดได้กับ Setpoint หากอุณหภูมिन้อยกว่าค่าที่วัดได้ 0.5 องศาเซลเซียส Microcontroller จะสั่งให้ Relay ที่ต่อกับ Compressor ทำงาน แต่ถ้าค่าอุณหภูมิที่วัดได้มีค่ามากกว่า Setpoint 0.5 องศาเซลเซียส Microcontroller จะสั่งให้ Relay ที่ต่อกับ Compressor ไม่ทำงาน ส่วนความชื้นถ้าค่าความชื้นที่วัดได้ภายในตู้มีค่าน้อยกว่า Setpoint 0.5 %Rh ที่กำหนด Microcontroller จะสั่งให้ Relay ที่ต่อกับ Humidifier ทำงาน แต่ถ้าค่าความชื้นที่วัดได้ภายในตู้มีค่ามากกว่า Setpoint 0.5 %Rh ที่กำหนด Microcontroller จะสั่งให้ Relay ที่ต่อกับ Humidifier ไม่ทำงาน โดยที่โปรแกรมให้ค่าที่วัดได้ต่างจาก Setpoint 0.5 %Rh จึงสั่งให้ Relay ทำงานหรือไม่ทำงานเพื่อป้องกันการแกว่งของค่าที่วัดได้ ซึ่งจะไม่ทำให้อุปกรณ์ทั้ง Compressor และ Humidifier

ทำงานติดๆ ดับๆ จึงทำการห้วงค่าที่วัดได้ และโปรแกรมสั่งให้ Relay ที่ต่อกับพัดลม ทำงานตลอดที่ระบบทำงาน



รูปที่ 3.9 Flow Chart ของระบบ

3.3 ดำเนินการทดลองและเก็บผลการทดลอง

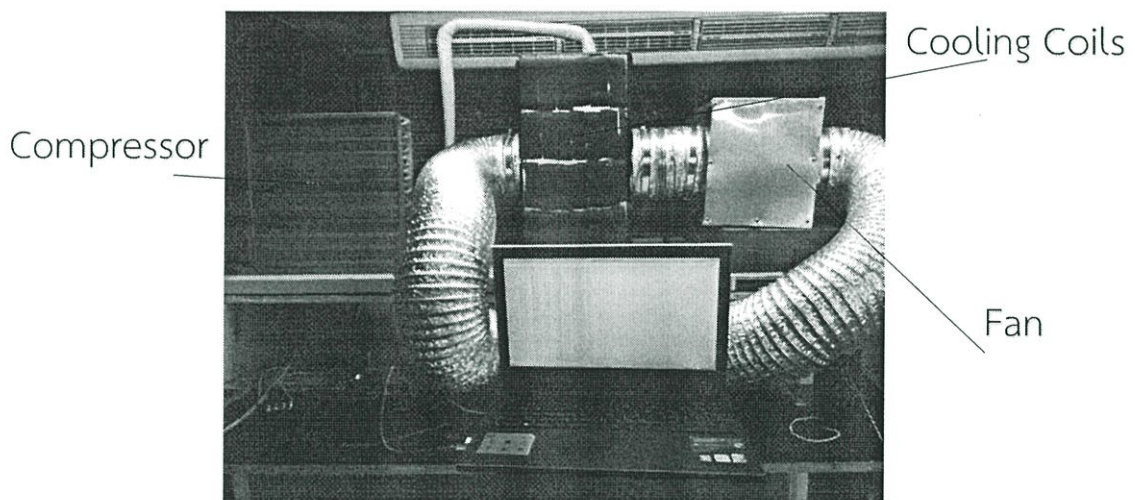
ในการดำเนินการทดลองและเก็บผลการทดลอง จะทำการทดลองความสามารถของระบบปิดภายในตู้แบบ Open Loop ว่าสามารถทำอุณหภูมิและความชื้นภายในระบบได้ช่วงอุณหภูมิและความชื้นเท่าไร และทดลองผลตอบแทนของระบบแบบ Close Loop

3.3.1 อุปกรณ์ในการทดลอง

1. Arduino Uno R3
2. Relay Modules 4 Channels
3. DHT22 Module
4. Chamber
5. Fan 220 AC
6. Compressor 220 AC
7. Humidifier 220 AC

3.3.2 ขั้นตอนในการทดลอง

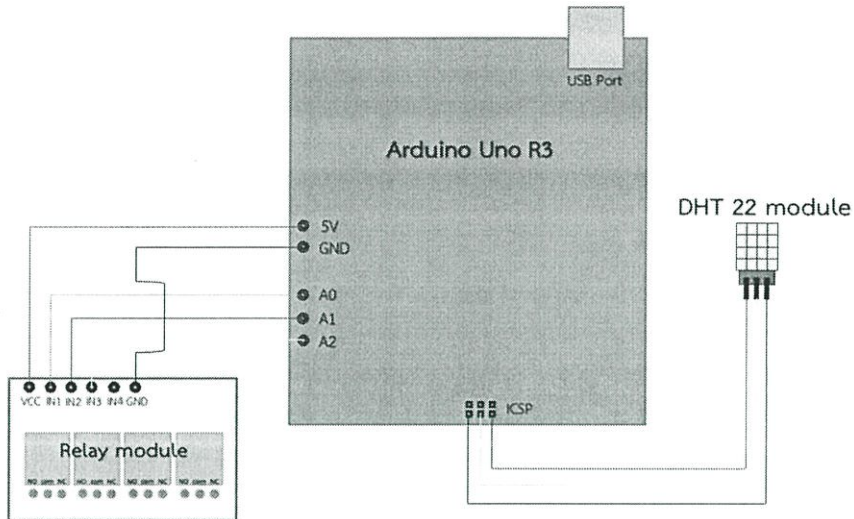
1. ติดตั้งอุปกรณ์ที่ใช้สร้าง Condition ทั้ง Fan, Compressor, Humidifier กับตู้ Chamber ดังรูปที่ 3.10



รูปที่ 3.10 การติดตั้งอุปกรณ์

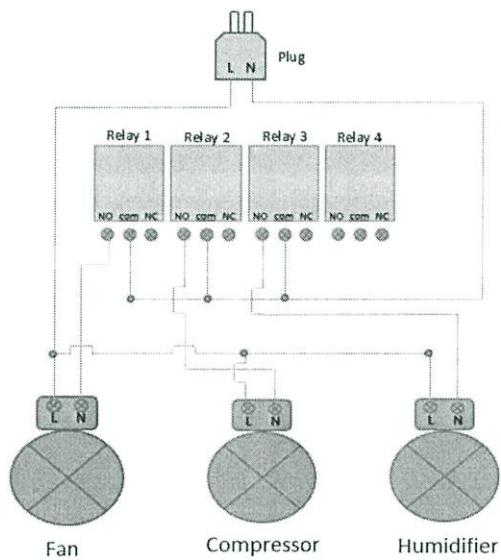
2. ต่อดวงจรระหว่าง Microcontroller, Relay Module, และ Sensor Module ดังรูปที่

3.11



รูปที่ 3.11 Microcontroller Wiring Diagram

3. ต่อดวงจรระหว่างอุปกรณ์ Fan, Compressor, Humidifier เข้ากับ Relay Module และ Plug เพื่อที่จะต่อกับเต้ารับสำหรับจ่ายไฟ 220 AC ให้อุปกรณ์ ดังรูปที่ 3.12



รูปที่ 3.12 Relay Module with Equipment Wiring Diagram

```

MCC3 | Arduino 1.6.9
File Edit Sketch Tools Help
MCC3
#include <DHT.h>
#include <DHT22.h>
DHT dht(DHT22, 2);

const int pin = 2;
const int pin2 = 3;
const int pin3 = 4;

void setup() {
  pinMode(pin, OUTPUT);
  pinMode(pin2, OUTPUT);
  pinMode(pin3, OUTPUT);
}

void loop() {
  float humidity;
  float temp;

  DHT dht(DHT22, 2);
  humidity = dht.getHumidity();
  temp = dht.getTemperature();

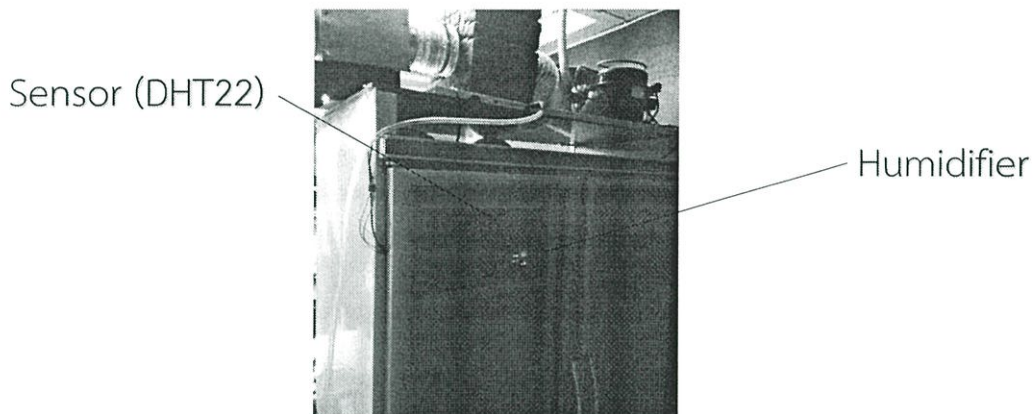
  digitalWrite(pin, HIGH);
  digitalWrite(pin2, HIGH);
  digitalWrite(pin3, HIGH);

  delay(1000);
}

```

รูปที่ 3.13 ตัวอย่าง Code คำสั่งที่ใช้ในการทำงาน

4. เขียน Code Adruino ให้ทำงานตามขั้นตอนที่แสดงใน Flow Chart
5. ใช้สาย USB เชื่อมระหว่าง Computer กับ Arduino แล้ว Upload Code ลง Arduino
6. ติดตั้ง Humidifier และ Sensor (DHT22 Module) ภายในตู้ Chamber



รูปที่ 3.14 ตัวอย่าง Code คำสั่งที่ใช้ในการทำงาน

SP-T (Setpoint Temperature) : 20 องศาเซลเซียส, SP-H (Setpoint Humidifier) : 80 %Rh

SP-T (Setpoint Temperature) : 20 องศาเซลเซียส, SP-H (Setpoint Humidifier) : 90 %Rh

SP-T (Setpoint Temperature) : 15 องศาเซลเซียส, SP-H (Setpoint Humidifier) : 70 %Rh

SP-T (Setpoint Temperature) : 15 องศาเซลเซียส, SP-H (Setpoint Humidifier) : 80 %Rh

SP-T (Setpoint Temperature) : 15 องศาเซลเซียส, SP-H (Setpoint Humidifier) : 90 %Rh

SP-T (Setpoint Temperature) : 12 องศาเซลเซียส, SP-H (Setpoint Humidifier) : 80 %Rh

SP-T (Setpoint Temperature) : 12 องศาเซลเซียส, SP-H (Setpoint Humidifier) : 90 %Rh

และเก็บผลการทดลอง

บทที่ 4

ผลการทดลอง

4.1 ผลการทดลองความสามารถของระบบปิดภายในตู้แบบ Open Loop

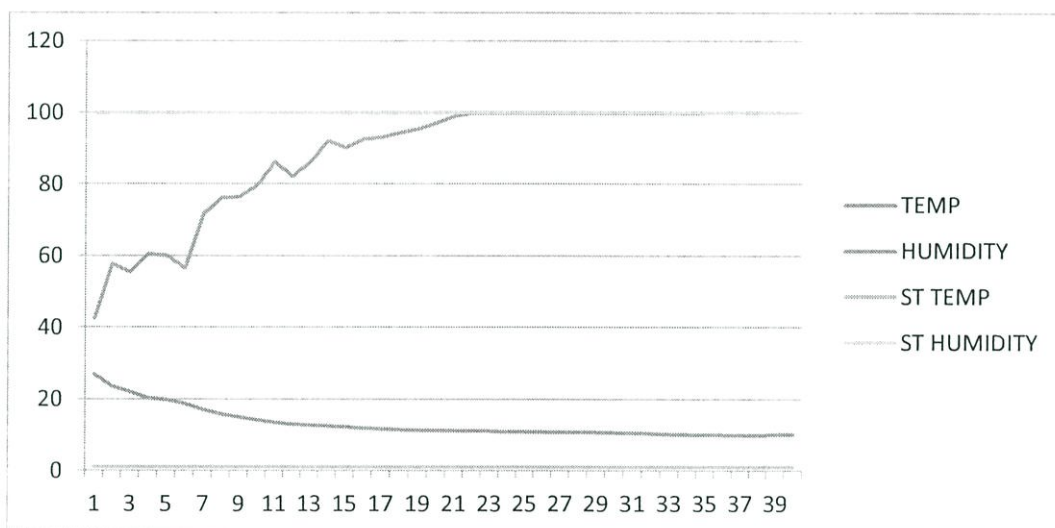
ผลการทดลองแบบ Open Loop จะเป็นตัวที่บอกรถึงความสามารถในการทำอุณหภูมิและความชื้นในระบบปิดการทดลองความสามารถในการทำอุณหภูมิและความชื้น ของระบบปิดที่ศึกษา

ตารางที่ 4.1 ค่าอุณหภูมิและความชื้นจากการทดลอง

TEMP	HUMIDITY	ST TEMP	ST HUMIDITY
26.9	42.6	1	100
23.6	57.8	1	100
22.1	55.5	1	100
20.3	60.5	1	100
19.9	60.1	1	100
18.8	56.6	1	100
17.1	71.8	1	100
15.8	76.2	1	100
15	76.5	1	100
14.2	79.6	1	100
13.5	86.2	1	100
13	82.2	1	100
12.8	86.2	1	100
12.6	92.1	1	100
12.2	90.2	1	100
11.9	92.5	1	100
11.7	93.1	1	100
11.5	94.4	1	100
11.4	95.4	1	100
11.3	97.1	1	100
11.2	99.1	1	100
11.1	99.9	1	100
11.1	99.9	1	100
11	99.9	1	100
11	99.9	1	100
10.9	99.9	1	100

ตารางที่ 4.1 ค่าอุณหภูมิและความชื้นจากการทดลอง (ต่อ)

TEMP	HUMIDITY	ST TEMP	ST HUMIDITY
10.8	99.9	1	100
10.7	99.9	1	100
10.7	99.9	1	100
10.6	99.9	1	100
10.5	99.9	1	100
10.4	99.9	1	100
10.2	99.9	1	100
10.1	99.9	1	100
10	99.99	1	100
10	99.972	1	100
9.9	99.99	1	100
9.9	100.008	1	100



รูปที่ 4.1 กราฟแสดงผลการทดลองค่าอุณหภูมิและความชื้น

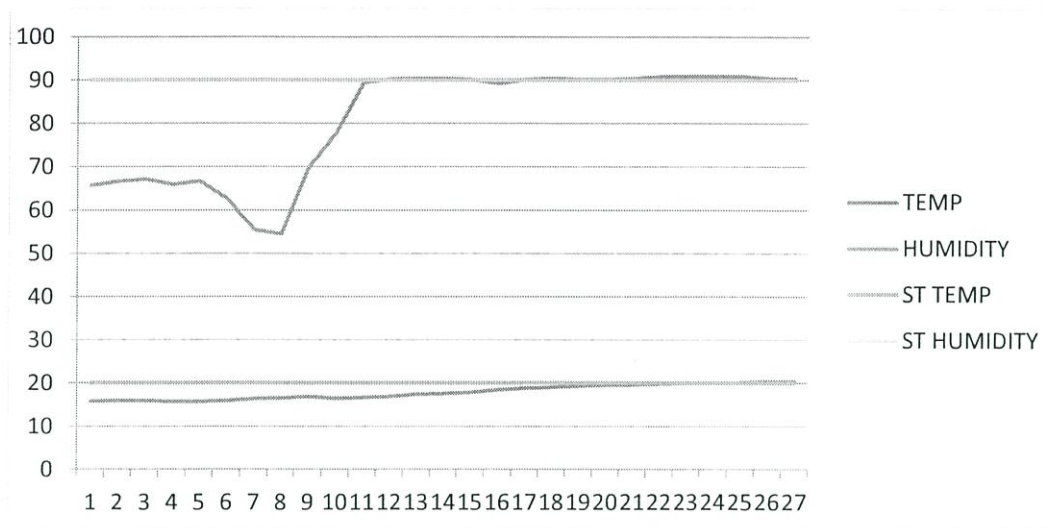
จากผลการทดลอง โดยค่าอุณหภูมิ, ความชื้นเริ่มต้นภายในระบบที่ 26.9 องศาเซลเซียส, 42.6 %Rh สรุปได้ว่าภายในตู้ระบบปิดนี้สามารถทำอุณหภูมิต่ำสุดที่ 9.9 องศาเซลเซียส และความชื้นสูงสุดที่ 100.044 %Rh โดยใช้ระยะเวลา 40 นาที

4.2 ผลการทดลองผลตอบสนองของระบบแบบ Close Loop

ผลการทดลองแบบ Close Loop จะบอกถึงความสามารถในการควบคุมแบบเปิดปิด ของ อุณหภูมิและความชื้นแต่ละ Condition ภายในระบบปิด

ตารางที่ 4.2 ค่าอุณหภูมิและความชื้นจากการทดลองที่ Setpoint 20 องศาเซลเซียส, 90 %Rh

TEMP	HUMIDITY	ST TEMP	ST HUMIDITY
15.8	65.8	20	90
15.9	66.6	20	90
15.9	67.2	20	90
15.7	66	20	90
15.7	66.7	20	90
15.9	62.7	20	90
16.4	55.5	20	90
16.6	54.5	20	90
16.9	69.8	20	90
16.5	77.8	20	90
16.7	89.5	20	90
16.9	90.3	20	90
17.4	90.5	20	90
17.6	90.4	20	90
17.9	90.1	20	90
18.5	89.3	20	90
18.8	90.2	20	90
19.1	90.5	20	90
19.4	90.2	20	90
19.6	90.1	20	90
19.7	90.4	20	90
19.9	90.8	20	90
20	90.9	20	90
20.1	90.9	20	90
20.2	90.9	20	90
20.4	90.5	20	90
20.3	90.4	20	90

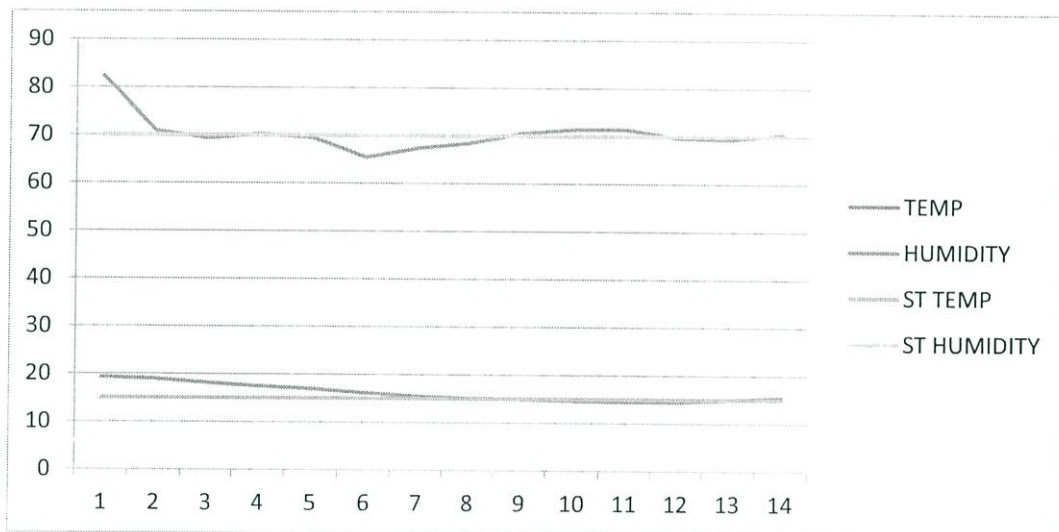


รูปที่ 4.2 กราฟแสดงผลการทดลองค่าอุณหภูมิและความชื้น ที่ Setpoint 20 องศาเซลเซียส, 90 %Rh

จากผลการทดลอง ที่สภาพแวดล้อม 20 องศาเซลเซียส, 90 %Rh โดยค่าอุณหภูมิ, ความชื้น เริ่มต้นภายในระบบที่ 15.8 องศาเซลเซียส, 65.8 %Rh ซึ่งอุณหภูมิภายในระบบสามารถทำอุณหภูมิ ถึงค่าที่กำหนด ด้วยระยะเวลา 23 นาที โดยที่หลังจากถึงค่าที่กำหนดแล้วค่าอุณหภูมิแกว่งที่ไม่เกิน 0.3 องศาเซลเซียส ส่วนความชื้นภายในระบบสามารถขึ้นถึงค่าที่กำหนด ด้วยระยะเวลา 11 นาที โดย ที่หลังจากถึงค่าที่กำหนดแล้วค่าความชื้นแกว่งที่ไม่เกิน 0.9 %Rh

ตารางที่ 4.3 ค่าอุณหภูมิและความชื้นจากการทดลองที่ Setpoint 15 องศาเซลเซียส, 70 %Rh

TEMP	HUMIDITY	ST TEMP	ST HUMIDITY
19.3	82.4	15	70
19	70.9	15	70
18.2	69.4	15	70
17.5	70.3	15	70
17	69.6	15	70
16.2	65.5	15	70
15.5	67.4	15	70
15.1	68.5	15	70
15	70.6	15	70
14.7	71.4	15	70
14.6	71.4	15	70
14.6	69.7	15	70
15	69.5	15	70
15.4	70.5	15	70

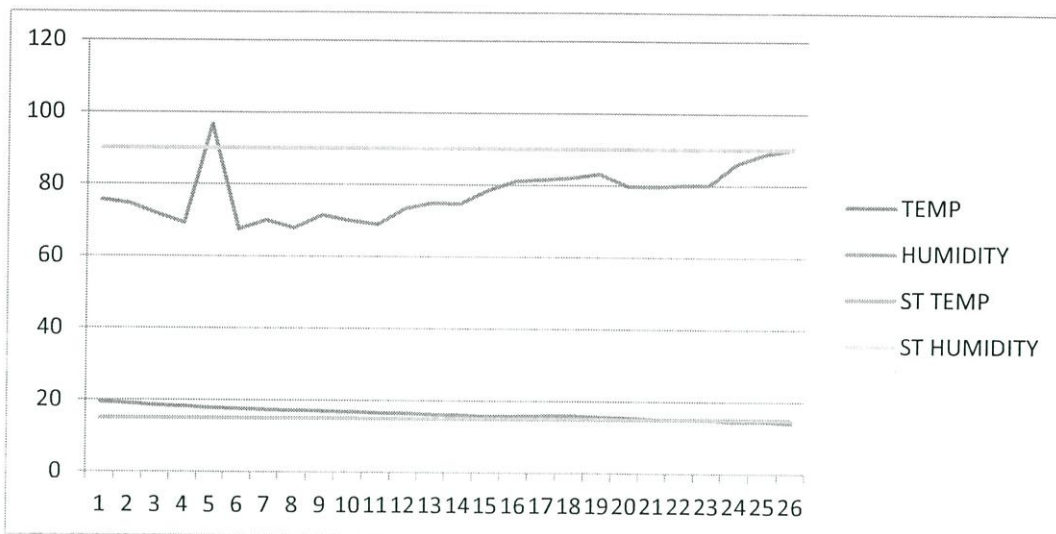


รูปที่ 4.3 กราฟแสดงผลการทดลองค่าอุณหภูมิและความชื้น ที่ Setpoint 15 องศาเซลเซียส, 70 %Rh

จากผลการทดลอง ที่สภาพแวดล้อม 15 องศาเซลเซียส, 70 %Rh โดยค่าอุณหภูมิ, ความชื้น เริ่มต้นภายในระบบที่ 19.3 องศาเซลเซียส, 82.4 %Rh ซึ่งอุณหภูมิภายในระบบสามารถทำอุณหภูมิ ถึงค่าที่กำหนด ด้วยระยะเวลา 9 นาที โดยที่หลังจากถึงค่าที่กำหนดแล้วค่าอุณหภูมิแกว่งที่ไม่เกิน 0.4 องศาเซลเซียส ส่วนความชื้นภายในระบบสามารถขึ้นถึงค่าที่กำหนด ด้วยระยะเวลา 4 นาที โดยที่ หลังจากถึงค่าที่กำหนดแล้วค่าความชื้นแกว่งที่ไม่เกิน 1.4 %Rh

ตารางที่ 4.4 ค่าอุณหภูมิและความชื้นจากการทดลองที่ Setpoint 15 องศาเซลเซียส, 90 %Rh

TEMP	HUMIDITY	ST TEMP	ST HUMIDITY
19.5	75.7	15	90
19.1	74.6	15	90
18.6	71.9	15	90
18.3	69.3	15	90
17.9	96.7	15	90
17.7	67.6	15	90
17.4	70.1	15	90
17.2	67.9	15	90
17	71.5	15	90
16.9	70	15	90
16.6	69	15	90
16.5	73.5	15	90
16.3	75	15	90
16.1	74.8	15	90
15.8	78.5	15	90
15.9	81.2	15	90
16	81.6	15	90
16.1	82.2	15	90
15.7	83.2	15	90
15.5	79.9	15	90
15.2	79.7	15	90
15	80.1	15	90
15.1	80.2	15	90
14.6	86.2	15	90
14.7	88.8	15	90
14.25	90.2	15	90

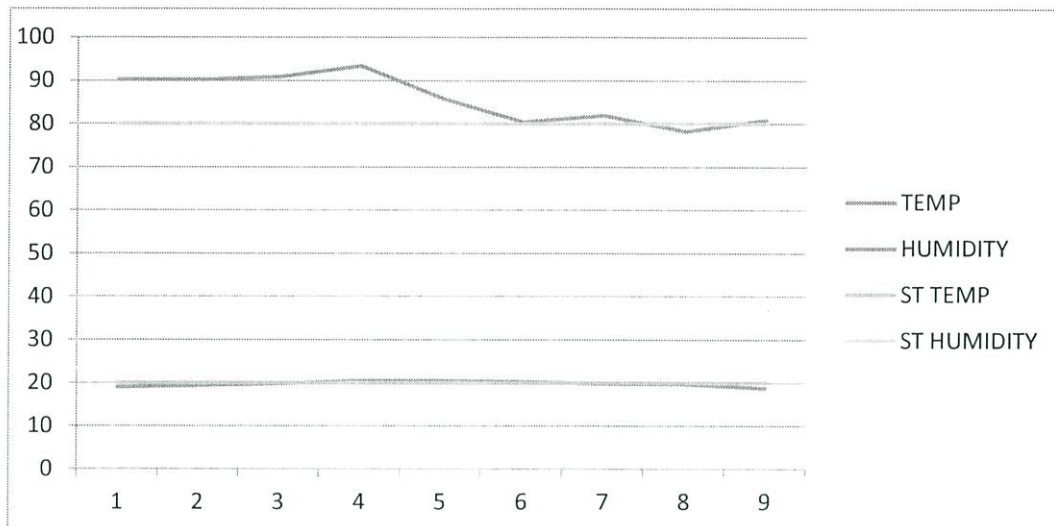


รูปที่ 4.4 กราฟแสดงผลการทดลองค่าอุณหภูมิและความชื้น ที่ Setpoint 15 องศาเซลเซียส, 90 %Rh

จากผลการทดลองที่สภาพแวดล้อม 15 องศาเซลเซียส, 90 %Rh โดยค่าอุณหภูมิ, ความชื้น เริ่มต้นภายในระบบที่ 19.5 องศาเซลเซียส, 75.7 %Rh ซึ่งอุณหภูมิภายในระบบสามารถทำอุณหภูมิถึงค่าที่กำหนด ด้วยระยะเวลา 22 นาที โดยที่หลังจากถึงค่าที่กำหนดแล้วค่าอุณหภูมิแกว่งที่ไม่เกิน 1.75 องศาเซลเซียส ส่วนความชื้นภายในระบบสามารถขึ้นถึงค่าที่กำหนด ด้วยระยะเวลา 26 นาที โดยที่หลังจากถึงค่าที่กำหนดแล้วค่าความชื้นแกว่งที่ไม่เกิน 0.2 %Rh

ตารางที่ 4.5 ค่าอุณหภูมิและความชื้นจากการทดลองที่ Setpoint 20 องศาเซลเซียส, 80 %Rh

TEMP	HUMIDITY	ST TEMP	ST HUMIDITY
19	90.2	20	80
19.4	90.2	20	80
19.9	90.8	20	80
20.5	93.4	20	80
20.5	85.9	20	80
20.3	80.4	20	80
19.9	81.9	20	80
19.7	78.3	20	80
18.8	80.9	20	80



รูปที่ 4.5 กราฟแสดงผลการทดลองค่าอุณหภูมิและความชื้น ที่ Setpoint 20 องศาเซลเซียส, 80 %Rh

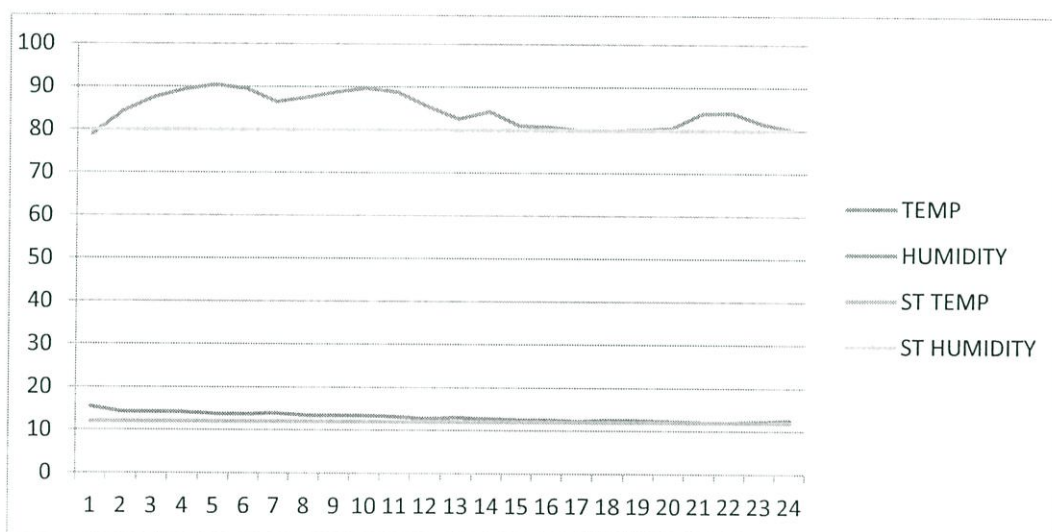
จากผลการทดลอง ที่สภาพแวดล้อม 20 องศาเซลเซียส, 80 %Rh โดยค่าอุณหภูมิ, ความชื้น เริ่มต้นภายในระบบที่ 19 องศาเซลเซียส, 90.2 %Rh ซึ่งอุณหภูมิภายในระบบสามารถทำอุณหภูมิถึงค่าที่กำหนด ด้วยระยะเวลา 4 นาที โดยที่หลังจากถึงค่าที่กำหนดแล้วค่าอุณหภูมิแกว่งที่ไม่เกิน 0.2 องศาเซลเซียส ส่วนความชื้นภายในระบบสามารถขึ้นถึงค่าที่กำหนด ด้วยระยะเวลา 8 นาที โดยที่หลังจากถึงค่าที่กำหนดแล้วค่าความชื้นแกว่งที่ไม่เกิน 0.9 %Rh

ตารางที่ 4.6 ค่าอุณหภูมิและความชื้นจากการทดลองที่ Setpoint 12 องศาเซลเซียส, 80 %Rh

TEMP	HUMIDITY	ST TEMP	ST HUMIDITY
15.4	78.9	12	80
14.3	84.3	12	80
14.2	87.5	12	80
14.1	89.3	12	80
13.8	90.4	12	80
13.7	89.5	12	80
13.9	86.4	12	80
13.5	87.5	12	80
13.4	88.8	12	80
13.4	89.6	12	80

ตารางที่ 4.6 ค่าอุณหภูมิและความชื้นจากการทดลองที่ Setpoint 12 องศาเซลเซียส, 80 %Rh (ต่อ)

TEMP	HUMIDITY	ST TEMP	ST HUMIDITY
12.7	84.3	12	80
12.6	81	12	80
12.5	80.7	12	80
12.2	80	12	80
12.5	80	12	80
12.4	80.1	12	80
12.3	80.5	12	80
12.1	83.9	12	80
12	84.1	12	80
12.2	81.6	12	80
12.5	80.1	12	80

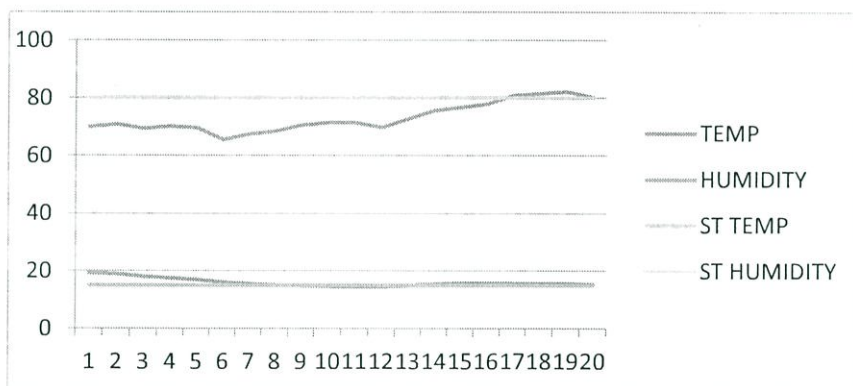


รูปที่ 4.6 กราฟแสดงผลการทดลองค่าอุณหภูมิและความชื้น ที่ Setpoint 12 องศาเซลเซียส, 80 %Rh

จากผลการทดลอง ที่สภาพแวดล้อม 12 องศาเซลเซียส, 80 %Rh โดยค่าอุณหภูมิ, ความชื้น เริ่มต้นภายในระบบที่ 15.4 องศาเซลเซียส, 78.9 %Rh ซึ่งอุณหภูมิภายในระบบสามารถทำอุณหภูมิ ถึงค่าที่กำหนด ด้วยระยะเวลา 22 นาที โดยที่หลังจากถึงค่าที่กำหนดแล้วค่าอุณหภูมิแกว่งที่ไม่เกิน 0.5 องศาเซลเซียส ส่วนความชื้นภายในระบบสามารถขึ้นถึงค่าที่กำหนด ด้วยระยะเวลา 17 นาที โดย ที่หลังจากถึงค่าที่กำหนดแล้วค่าความชื้นแกว่งที่ไม่เกิน 4.1 %Rh

ตารางที่ 4.7 ค่าอุณหภูมิและความชื้นจากการทดลองที่ Setpoint 15 องศาเซลเซียส, 80 %Rh

TEMP	HUMIDITY	ST TEMP	ST HUMIDITY
19.3	70	15	80
19	70.9	15	80
18.2	69.4	15	80
17.5	70.3	15	80
17	69.6	15	80
16.2	65.5	15	80
15.5	67.4	15	80
15.1	68.5	15	80
15	70.6	15	80
14.7	71.4	15	80
14.6	71.4	15	80
14.6	69.7	15	80
15	72.8	15	80
15.4	75.6	15	80
15.8	76.8	15	80
15.8	77.9	15	80
15.6	80.8	15	80
15.5	81.6	15	80
15.6	82.2	15	80

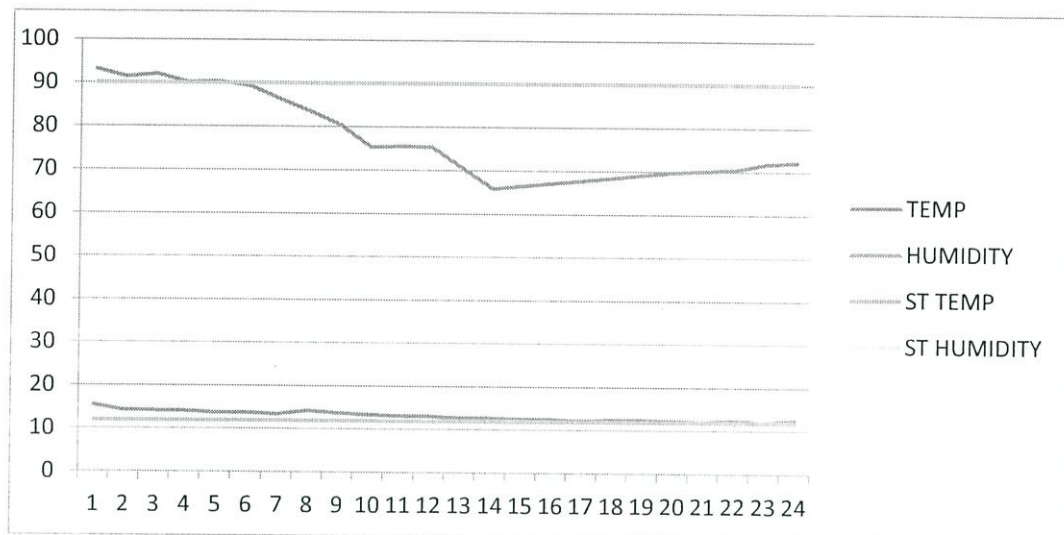


รูปที่ 4.7 กราฟแสดงผลการทดลองค่าอุณหภูมิและความชื้น ที่ Setpoint 15 องศาเซลเซียส, 80 %Rh

จากผลการทดลอง ที่สภาพแวดล้อม 15 องศาเซลเซียส, 80 %Rh โดยค่าอุณหภูมิ, ความชื้นเริ่มต้นภายในระบบที่ 19.3 องศาเซลเซียส, 70 %Rh ซึ่งอุณหภูมิภายในระบบสามารถทำอุณหภูมิถึงค่าที่กำหนด ด้วยระยะเวลา 9 นาที โดยที่หลังจากถึงค่าที่กำหนดแล้วค่าอุณหภูมิแกว่งที่ไม่เกิน 0.8 องศาเซลเซียส ส่วนความชื้นภายในระบบสามารถขึ้นถึงค่าที่กำหนด ด้วยระยะเวลา 17 นาที โดยที่หลังจากถึงค่าที่กำหนดแล้วค่าความชื้นแกว่งที่ไม่เกิน 2.2 %Rh

ตารางที่ 4.8 ค่าอุณหภูมิและความชื้นจากการทดลองที่ Setpoint 12 องศาเซลเซียส, 90 %Rh

TEMP	HUMIDITY	ST TEMP	ST HUMIDITY
15.5	93.2	12	90
14.3	91.4	12	90
14.2	92.1	12	90
14.1	90.2	12	90
13.8	90.4	12	90
13.8	89.5	12	90
13.5	86.4	12	90
14.3	83.6	12	90
13.8	80.5	12	90
13.4	75.3	12	90
13.2	75.6	12	90
13.1	75.4	12	90
12.7	70.6	12	90
12.7	65.9	12	90
12.6	66.5	12	90
12.5	67.2	12	90
12.2	67.8	12	90
12.5	68.5	12	90
12.4	69.2	12	90
12.3	69.8	12	90
12.1	70.1	12	90
12.4	70.5	12	90
12	71.8	12	90
12.5	72.2	12	90



รูปที่ 4.8 กราฟแสดงผลการทดลองค่าอุณหภูมิและความชื้น ที่ Setpoint 12 องศาเซลเซียส, 90 %Rh

จากผลการทดลอง ที่สภาพแวดล้อม 12 องศาเซลเซียส, 90 %Rh โดยค่าอุณหภูมิ, ความชื้น เริ่มต้นภายในระบบที่ 15.5 องศาเซลเซียส, 93.2 %Rh ซึ่งอุณหภูมิภายในระบบสามารถทำอุณหภูมิ ถึงค่าที่กำหนด ด้วยระยะเวลา 23 นาที โดยที่หลังจากถึงค่าที่กำหนดแล้วค่าอุณหภูมิแกว่งที่ไม่เกิน 0.5 องศาเซลเซียส ส่วนความชื้นนั้นไม่ถึงค่าที่กำหนดเนื่องจากระบบจะถูกทำให้ความชื้นลดลงเมื่อ Compressor ทำงานต่อเนื่อง จนปริมาณน้ำที่ใช้ทำความชื้นเหลือน้อย จำทำให้ค่าความชื้นไม่ถึงค่าที่กำหนด

บทที่ 5

ผลสรุปและข้อเสนอแนะ

จากการดำเนินงานในส่วนของ Mushroom Growth Chamber ตามที่ได้กล่าวมาในบทข้างต้น พบว่าระหว่างการทดลองและดำเนินการในขั้นตอนต่างๆ ได้พบเจอกับอุปสรรคและปัญหาเป็นระยะๆ จึงต้องอาศัยความรู้ ทักษะและการค้นคว้าจากหลายๆ ส่วนมาประกอบกัน โดยส่วนใหญ่ใช้การค้นคว้าข้อมูลจากอินเทอร์เน็ต ซึ่งเป็นวิธีที่ง่าย สะดวกและรวดเร็ว นอกจากนี้ยังมีคำแนะนำจากอาจารย์ที่ปรึกษา ซึ่งอาจารย์ท่านให้ความกรุณาในข้อมูลต่างๆ ที่จำเป็น คำแนะนำของรุ่นพี่ที่มีความรู้ รวมถึงคำแนะนำของเพื่อนๆ เพื่อเป็นแนวทางในการแก้ไขปัญหาและอุปสรรคต่างๆ ที่พบเจอ

ซึ่งการทดลองในส่วนของควบคุมอุณหภูมิและความชื้น มีความเป็นไปได้ยากมากเพราะตู้มีขนาดใหญ่ ท่อในการรับส่งความเย็นมีความยาวมาก ทำให้เกิดการสูญเสียความเย็นไปและไม่เป็นไปตามที่คาดหวัง นอกจากนี้ยังพบปัญหาในส่วนของรายละเอียดต่างๆ มากมาย ตั้งแต่ปัญหาก่อนที่จะดำเนินการ ในระหว่างการดำเนินการ หลังการดำเนินการ และการวางแผนในการจัดซื้อและหาอุปกรณ์ต่างๆ มาเพื่อใช้ในการทดลอง ซึ่งในส่วนของบทที่ 5 จะเป็นการกล่าวถึง ปัญหาต่างๆ ที่เกิดขึ้น และการแก้ไขปัญหา รวมไปถึงข้อเสนอแนะในการจัดทำโครงการชิ้นนี้ด้วย

5.1 สรุป

ส่วนของ Mushroom Growth Chamber หรือระบบปิดที่สร้างขึ้นมา จากการทดลองก็สามารถสร้างสภาพแวดล้อมทั้งอุณหภูมิ และความชื้นได้ รวมทั้งยังสามารถควบคุมได้ในขณะที่ระบบปิดทำได้ ซึ่งค่าอุณหภูมิที่ระบบสามารถทำได้ต่ำสุดที่ 9.9 องศาเซลเซียส ส่วนค่าความชื้นที่ระบบสามารถทำได้สูงสุดที่ 100.044 %Rh ซึ่งค่าอุณหภูมิแกว่งสูงสุดที่ 1.75 องศาเซลเซียส ส่วนความชื้นมีการแกว่งมากที่สุดที่ 4.1 %Rh ซึ่งคาดว่าในการเจริญเติบโตของเห็ดนั้นจะสามารถเติบโตได้ดี เนื่องจากในธรรมชาติอุณหภูมิในแต่ละวันมีการแกว่งมากกว่าระบบปิดที่สร้างขึ้นมา

ในส่วนของควบคุมอุณหภูมิแบบเปิด-ปิด ก็สามารถควบคุมอุปกรณ์ที่เลือกมาใช้ได้ โดยใช้ Arduino Uno R3 เป็นตัวควบคุม แล้วโปรแกรมควบคุมให้ทำงานตามที่ต้องการได้ แล้ว Serial Monitor เพื่อแสดงผล

5.2 ปัญหาและอุปสรรคในการดำเนินโครงการนี้

1. เนื่องจาก ผู้จัดทำโครงการขาดทักษะทางด้านความรู้ ความชำนาญ และประสบการณ์ที่จำเป็นต่อการทำโครงการนี้ในหลายๆ ส่วนงานตั้งแต่การเลือกใช้อุปกรณ์ การประกอบตู้ รวมไปถึงการเขียนโปรแกรมเพื่อควบคุมส่วนต่างๆ จึงทำให้การทำงานมีปัญหาและล่าช้ากว่าที่ควรจะเป็น
2. อุปกรณ์ที่ใช้ในการทำงานมีราคาค่อนข้างสูงและเกินความจำเป็น ไม่เหมาะสมกับงบประมาณที่ได้รับมา
3. การประกอบตู้ใช้เวลาเนื่องจากอุปกรณ์ที่ต้องใช้มีไม่เพียงพอ จึงต้องทำการสั่งซื้อใหม่ และขาดความชำนาญในการทำงาน
4. การเขียนโปรแกรมเป็นไปด้วยความล่าช้า เนื่องจากผู้จัดทำขาดความชำนาญทางด้านนี้

5.3 ข้อเสนอแนะ

1. ควรเลือกใช้อุปกรณ์อื่นที่มีราคาต่ำกว่าที่ใช้อยู่ เพื่อลดต้นทุนให้เหมาะสมกับงบประมาณที่ได้รับมา
2. ศึกษาค้นคว้าข้อมูล วางแผนงานเกี่ยวกับสิ่งที่ต้องทำให้ครอบคลุมและชัดเจน เพื่อจะไม่เสียเวลาในการทำงานมากจนเกินไป
3. โครงการนี้สามารถนำไปใช้ในกิจกรรมการเพาะปลูกเห็ดต่างๆ ได้

เอกสารอ้างอิง

- [1] Mushroom. เข้าได้จาก <https://www.facebook.com/Mushroom-Cottage-Farm>
(วันสืบค้นข้อมูล: 12 กันยายน 2558)
- [2] Humidity temperature sensor. เข้าได้จาก <http://www.robotshop.com/en/humidity-temperature-sensor-dht22.html> (วันสืบค้นข้อมูล: 16 กันยายน 2558)
- [3] Arduino. เข้าได้จาก <http://www.elec2you.com/> (วันสืบค้นข้อมูล: 16 กันยายน 2558)
- [4] วิธีการใช้งาน Arduino. เข้าได้จาก <http://www.elec2you.com/product/2/arduino-uno-r3> (วันสืบค้นข้อมูล: 16 กันยายน 2558)
- [5] ข้อมูล Mushroom. เข้าได้จาก <http://www.smethailandclub.com/knowledges-view.php?id=802> (วันสืบค้นข้อมูล: 16 กันยายน 2558)
- [6] บทความโรงเรือน เข้าได้จาก http://www.chokdeefarm.com/care_02.html
(วันสืบค้นข้อมูล: 16 กันยายน 2558)
- [7] Ultrasonic. เข้าได้จาก <http://www.microfog.net/product-th-0-296974>
(วันสืบค้นข้อมูล: 16 กันยายน 2558)
- [8] หนีถั่งเช่า เข้าได้จาก <http://money.sanook.com/258417/>
(วันสืบค้นข้อมูล: 16 กันยายน 2558)

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

Code ที่ใช้สำหรับควบคุม

```
#include <DHT.h>

#include <EEPROM.h>
//
#define DHTPIN 11 // what pin we're connected to
#define DHTTYPE DHT21 // DHT 21 (AM2301)
//
const byte RY1 = A0;
const byte RY2 = A1;
const byte RY3 = A2;
//
String dataStr;
unsigned int spT;
unsigned int spH;
float tem;
float hum;
//
DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE);
/*****/
void saveEeprom()
{
  EEPROM.write(0, (byte)spT);
  EEPROM.write(1, (byte)spT >> 8);
  EEPROM.write(2, (byte)spH);
  EEPROM.write(3, (byte)spH >> 8);
}
```

```

/*****/
void readEeprom()
{
  unsigned int bh,bl;
  bl = EEPROM.read(0);
  bh = EEPROM.read(1);
  bh = bh << 8;
  spT = bl | bh;
  bl = EEPROM.read(2);
  bh = EEPROM.read(3);
  bh = bh << 8;
  spH = bl | bh;
}
/*****/

boolean readSensor()
{
  delay(1000);
  float h = dht.readHumidity();
  float t = dht.readTemperature();
  // Check if any reads failed and exit early (to try again).
  if (isnan(h) || isnan(t))
  {
    Serial.println("Failed to read from DHT sensor!");
    return false;
  }
  tem = t;
  hum = h;
  Serial.print("Temperature: ");
  Serial.print(t);
  Serial.print(" *C ,, ");

  Serial.print("Humidity: ");

```

```

Serial.print(h);
Serial.print(" % ,, ");
Serial.print("SP-TEMP: ");
Serial.print(spT);
Serial.print(" *C ,, ");
Serial.print("SP-HUMIDITY: ");
Serial.print(spH);
Serial.print(" %");
Serial.println();
return true;
}
/*****/
void conTrolSensor()
{
float t = (double)spT;
float h = (double)spH;
if(tem > (t + 0.5))
{
digitalWrite(RY2,LOW);
}
else if(tem < (t - 0.5))
{
digitalWrite(RY2,HIGH);
}
if(hum < (h - 0.5))
{
digitalWrite(RY3,LOW);
}
else if(hum > (h + 0.5))
{
digitalWrite(RY3,HIGH);
}
}

```

```

/*****/
void readSetpoint()
{
  dataStr = "";
  while(Serial.available())
  {
    char d = Serial.read();
    if(d == 0x0d)
    {
      if(dataStr.length() <= 4)
      {
        int la = dataStr.length();
        char ch = dataStr[0];
        String sp = dataStr.substring(1,la);
        if(ch == 't' || ch == 'T') {spT = sp.toInt(); saveEeprom();}
        if(ch == 'h' || ch == 'H') {spH = sp.toInt(); saveEeprom();}
      }
    }
    else if((d == 't' || d == 'T' || d == 'h' || d == 'H') || (d >= '0' && d <= '9'))
    {
      dataStr += d;
    }
    delay(1);
  }
}
/*****/

void setup()
{
  Serial.begin(9600);
  pinMode(RY1,OUTPUT);
  pinMode(RY2,OUTPUT);
  pinMode(RY3,OUTPUT);
  digitalWrite(RY1,LOW);

```

```
dht.begin();
readEeprom();
}
/*****/
void loop()
{
  readSetpoint();
  boolean st = readSensor();
  if(st == true) conTrolSensor();
}
```