ระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นอัตโนมัติโดยไมโครคอนโทรลเลอร์ในโรงเรือนแบบปิดเพื่อเพาะเลี้ยงเห็ดนางฟ้าภูฐาน

The micro-controller system of automatically controlled temperatures and humidities for Indian oyster mushrooms in the greenhouse

ฐากิจจ์ ปกป้อง

ฐานมาตย์ อุทุม

ธีรพร พูลทรัพย์

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมเกษตร

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2557

ระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นอัตโนมัติโดยไมโครคอนโทรลเลอร์ในโรงเรือนแบบปิดเพื่อการเพาะเลี้ยงเห็ดนางฟ้าภูฐาน

The micro-controller system of automatically controlled temperatures and humidities for Indian oyster mushrooms in the greenhouse

ฐากิจจ์ ปกป้อง

ฐานมาตย์ อุทุม

ธีรพร พูลทรัพย์

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมเกษตร

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2557

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

The micro-controller system of automatically controlled temperatures and humidities for Indian oyster mushrooms in the greenhouse

Mr.Thakij Pokpong
Ms.Thanamat Utum
Mr.Teeraporn Poonsup

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILMENT

OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF

BACHELOR OF ENGINEERING IN AGRICULTURAL ENGINEERING

FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

ACADEMIC YEAR 2014

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2557

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองปริญญานิพนธ์

.....

หัวข้อปริญญานิพนธ์ ระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นอัตโนมัติโดยไมโครคอนโทรลเลอร์ในโรงเรือนแบบปิดเพื่อการเพาะเลี้ยงเห็ดนางฟ้าภูฐาน

The micro-controller system of automatically controlled temperature and humidities for Indian oyster mushrooms in the greenhouse

นักศึกษาผู้จัดทำ

นายฐากิจจ์	ปกป้อง	รหัสประจำตัว	54011561
นางสาวฐานมาตย์	อุทุม	รหัสประจำตัว	54010353
นายธีรพร	พูลทรัพย์	รหัสประจำตัว	54010628

ปริญญา วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (วิศวกรรมเกษตร)

หลักสูตร วิศวกรรมเกษตร

สาขาวิชา วิศวกรรมเครื่องกล

ปีการศึกษา 2557

อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์	ลายมือชื่อ
ดร.วันพุทธ แซ่ฉั่ว	
ดร.วสุ อุดมเพทายกุล	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์	ระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นอัตโนมัติโดยไมโครคอนโทรลเลอร์ในโรงเรือนแบบปิดเพื่อการเพาะเลี้ยงเห็ดนางฟ้าภูฐาน			
นักศึกษาผู้จัดทำ	นายฐากิจจ์	ปกป้อง	รหัสประจำตัว	54011561
	นางสาวฐานมาตย์	อุทุม	รหัสประจำตัว	54010353
	นายธีรพร	พูลทรัพย์	รหัสประจำตัว	54010628
อาจารย์ที่ปรึกษา	ดร.วันพุทธ แช่ฉั่ว			
	ดร.วสุ อุดมเพทายกุล			
ปีการศึกษา	2557			

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์นี้ได้ศึกษา ออกแบบ สร้าง และทดสอบ ระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นโดยอัตโนมัติโดยไมโครคอนโทรลเลอร์ในโรงเรือนแบบปิดเพื่อการเพาะเลี้ยงเห็ดนางฟ้าภูฐาน ซึ่งเห็ดนางฟ้าภูฐานจะเจริญเติบโตได้ดีที่อุณหภูมิ 25-30°C ความชื้นสัมพัทธ์ที่ 80-85 % โดยระบบประกอบไปด้วย 1) ไมโครคอนโทรลเลอร์ 2) โรงเรือนเพาะเห็ด 3)แผ่นซับน้ำ 4)ปั๊มน้ำ 5)พัดลมดูดอากาศ 6)เซนเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้น 7)ถังพักน้ำ รายละเอียดของตัวเครื่องมีดังนี้ ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino Mega 2560 แรงดันของระบบอยู่ที่ 5 V เขียนโปรแกรมบน Arduino IDE โรงเรือนเพาะเห็ดแบบปิดขนาด 2x2x2 m^3 บรรจุเห็ดได้ 500 ก้อน แผ่นซับน้ำขนาด 300mmx900mmx150mm ปั๊มน้ำแบบจุ่มที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 19 mm (¾ inch) พัดลมดูดอากาศ ใช้ไฟฟ้าแบบกระแสตรง 12 V กระแส 4 A 48 W ใช้เซนเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้น (DHT22) ช่วงอุณหภูมิอยู่ที่ –40 ถึง 125°C ถังพักน้ำขนาด 20 ลิตรขึ้นไป ศึกษาระยะเวลาที่ระบบสามารถปรับสภาพอากาศภายในโรงเรือนได้แก่ อุณหภูมิและความชื้นได้สูงสุด จนกระทั่งสภาวะอากาศในโรงเรือนคงที่ที่อุณหภูมิ 28 °C และความชื้นสัมพัทธ์ 80% โดยมีการปรับ อัตราการไหลของน้ำที่ผ่านแผ่นซับน้ำ 281 cm^3/s กับอัตราการไหลของอากาศของพัดลมดูดอากาศหน้าแผ่นซับน้ำ 0.49 m^3/s ใช้เวลาในการทำให้ผลต่างของอุณหภูมิและความชื้นภายในและภายนอกโรงเรือนคงที่ต่างกันอย่างคงที่ น้อยที่สุดประมาณ 15 นาที โดยอัตราการไหลของน้ำผ่านแผ่นซับน้ำและอัตราการไหลของพัดลมหน้าแผ่นซับน้ำ ไม่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิและความชื้นภายในโรงเรือน แต่ส่งผลต่อระยะเวลาในการปรับสภาพภายในโรงเรือนเท่านั้น ส่วนผลการเปรียบเทียบผลผลิตที่ได้จากระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นอัตโนมัติกับโรงเรือนทั่วไปที่ไม่มีการควบคุมสภาวะภายในโรงเรือนได้พบว่า โรงเรือนที่ติดตั้งระบบดังกล่าวให้ผลผลิตที่มากกว่า 5.12 กิโลกรัมจากช่วงเวลาเก็บข้อมูล นอกจากนี้ยังทำให้เชื้อเห็ดแพร่กระจายเต็มก้อนได้เร็วกว่าโรงเรือนทั่วไป 2 สัปดาห์ และดอกเห็ดในโรงเรือนที่ติดตั้งระบบควบคุมดังกล่าวยังมีลักษณะของดอกเห็ดที่สมบูรณ์และสวยงามกว่า โรงเรือนทั่วไปอย่างเห็นได้ชัดเจน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	The micro-controller system of automatically controlled temperature and humidities for Indian oyster mushrooms in the greenhouse		
Authors	Mr.Thakij	Pokpong	54011561
	Ms.Thanamat	Utum	54010353
	Mr.Teeraporn	Poonsup	54010628
Thesis Advisors	Dr.Wanphut	Saechua	
	Dr.Vasu	Udompetaikul	
Year	2014		

Abstract

This project is to design and study the micro-controller system which automatically controls the temperature and humidity for Indian oyster mushrooms in the greenhouse. The suitable temperature and relative humidity for Indian oyster mushrooms growth are range of 25-30 °C and 80-85%RH. The system consists of 1) micro-controller system, 2) a greenhouse, 3) a cooling pad, 4) a submerged pump, 5) a suction fan, 6) temperature and humidity sensors, and 7) a water tank. Arduino Mega 2560 5 voltage for the system programmed by using the Arduino IDE. The closed greenhouse has dimension 2x2x2 m^3 with maximum capacity of 500 mushroom bags. The controlled temperature and humidity system used 2 cooling pads with the dimension of 300mm x 900mm x 150mm per pad. The submerged pump DC was used 12 V for water supplying to cooling pad with an outlet diameter of 19 mm. The suction fan DC 12 V, 4 A and 48 W was used for ventilation in the greenhouse. The control system has 6 temperature and humidity sensors (DHT22) with temperature range between -40 and 125 °C and humidity range of 0-100%RH. The water tank capacity more than 20 liters was used to store water supply. To study effect of water flow rate to different conditions in greenhouse, air flow rate and water flow rate were adjusted in the greenhouse. The optimum air flow rate of the fan in front of cooling pad, water flow rate through the cooling pad are 0.49 m^3/s and 218 cm^3/s respectively, which provided the shortest time 15 minutes to constantly maintain the difference between temperature and humidity. It was found that the water flow rate through the cooling pad and the air flow rate from the fan in front of cooling pad did not show significantly different temperature and relative humidity conditions in the greenhouse. However, these affected the adjusting time to meet required temperature and relative humidity

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

for Indian oyster mushrooms. In addition, a comparison between the output (yields) from the control and uncontrolled temperature and humidity of the greenhouse found that the automatically control temperature and humidity greenhouse provided more productive. This greenhouse had shorter germination, and spread of yeast mushroom of about 2 weeks less than a typical greenhouse. In addition, the appearance of the mushrooms from this greenhouse obviously showed more perfect shape.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีนั้นได้ความกรุณาของ อาจารย์วันพุทธ แซ่ฉั่ว และ อาจารย์วสุ อุดมเพทายกุล อาจารย์ที่ปรึกษา ที่ได้ให้ความรู้และช่วยให้คำแนะนำช่วยแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆด้วยความเอาใจใส่อย่างดีมาโดยตลอด นอกจากนี้คณะผู้จัดทำปริญญานิพนธ์ยังได้รับความกรุณาจาก อาจารย์ลือพงษ์ ลือนาม อาจารย์ประจำสาขาวิชาบริหารธุรกิจและพัฒนาการเกษตรคณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง พี่ก้อง พี่โรจน์เจ้าหน้าที่ประจำช็อปคณะเทคโนโลยีการเกษตร ที่กรุณาให้ข้อมูลของเห็ดนางฟ้าภูฐาน และได้ช่วยเหลือสร้างโครงโรงเรือนพร้อมบุแผ่นเหล็กตลอดจนให้คำปรึกษาต่างๆ ขอขอบคุณครูปานมนัส ศิริสมบูรณ์ และ อาจารย์ภัทรชัย วิชัยยะ ที่ให้คำแนะนำและสนับสนุนอุปกรณ์ในการปรับค่าอุณหภูมิและความชื้นของเซนเซอร์อุปกรณ์วัดความเร็วลม คณะผู้จัดทำปริญญานิพนธ์จึงขอกราบขอบพระคุณทุกท่านเป็นอย่างสูงมา ณ ที่นี้

ตลอดระยะเวลาในการจัดทำโครงการเล่มนี้ ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา ผู้ซึ่งให้ความรักความเมตตา ความห่วงใย และเป็นกำลังใจให้กับคณะผู้จัดทำปริญญานิพนธ์จนสำเร็จ และขอขอบคุณเพื่อน ๆ ในภาควิชาทุกคนที่ให้กำลังใจ ผู้จัดทำโครงการรู้สึกซาบซึ้งในพระคุณ

คณะผู้จัดทำ

นายฐากิจจ์ ปกป้อง
นางสาวฐานมาตย์ อุทุม
นายธีรพร พูลทรัพย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้าที่

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ข
กิตติกรรมประกาศ ..... ง
สารบัญตาราง ..... ช
บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ที่มาและความสำคัญ 1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย 2
1.3 ขอบเขตการศึกษา 2
1.4 วิธีการดำเนินงาน 3
1.5 เค้าโครงปริญญานิพนธ์ 4
บทที่ 2 เอกสารที่เกี่ยวข้อง 5
2.1 เห็ด 5
2.2 การทำก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าภูฐาน 10
2.3 เซนเซอร์ 12
2.4 ไมโครคอนโทรลเลอร์ 12
2.5 หลักการทำความเย็นแบบระเหย 14
2.6 โรงเรือนเพาะเห็ดและทฤษฎีการออกแบบระบบการทำความเย็นแบบระเหย 17
2.7 ลักษณะโรงเรือนที่เหมาะสมกับเห็ดนางฟ้าภูฐาน 20
2.8 โรคและแมลงศัตรูพืชของเห็ดนางฟ้าภูฐาน 20
2.9 ปัญหาที่พบเสมอในการเพาะเห็ดนางฟ้า 21
2.10 ลักษณะของเห็ดนางฟ้าภูฐาน 23
บทที่ 3 การคำนวณและการออกแบบระบบควบอุณหภูมิและความชื้นอัตโนมัติ 24
3.1 ขั้นตอนการออกแบบและสร้างระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นอัตโนมัติ 24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

หน้าที่

3.2 การทำงานของระบบ 27
3.3 ขั้นตอนการประกอบชิ้นส่วนของระบบ 28
3.4 ขั้นตอนการติดตั้งโรงเรือน 30
3.5 โค้ดที่ใช้ทดสอบเซนเซอร์ DHT22 เพื่อวัดอุณหภูมิและความชื้นของอากาศและตรวจสอบการทำงานของเซนเซอร์ DHT22 32
3.6 โค้ดที่ใช้ในการควบคุมระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นอัตโนมัติ 32
3.7 ขั้นตอนการวางแผนการทดลองระบบ 32
บทที่ 4 ผลการทดลอง 25
4.1 ผลการทดลองการเลือกลักษณะการติดตั้งพัดลมหน้าแผ่นซับน้ำ 25
4.2 ผลการหาประสิทธิภาพของพัดลมดูดอากาศเหนือประตู 41
4.3 ผลการปรับเทียบค่าของเซ็นเซอร์แต่ละตัว 41
4.4 ผลการทดลองหาอิทธิพลของอัตราการไหลของน้ำที่ไหลผ่านแผ่นซับน้ำต่อสภาวะภายในโรงเรือน 51
4.5 ผลการทดลองหาอิทธิพลของอัตราการไหลของพัดลมหน้าแผ่นซับน้ำต่อสภาวะภายในโรงเรือน 56
4.6 ผลการเก็บผลผลิตจากโรงเรือนทั้งสองโรงเรือน 61
บทที่ 5 สรุปผล วิจารณ์ผล และข้อเสนอแนะ 63
5.1 สรุปผล 63
5.2 ข้อเสนอแนะ 64
ภาคผนวก ก 65
ภาคผนวก ข 80
เอกสารอ้างอิง 83

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

หน้าที่

ตารางที่ 1.1 แผนการดำเนินงาน 3
ตารางที่ 2.1 ปัจจัยและระยะเวลาในการเพาะเห็ดแต่ละขั้นตอนของเห็ดแต่ละชนิด 9
ตารางที่ 2.2 อัตราการไหลของน้ำและปริมาตรถังพักน้ำที่แนะนำสำหรับการติดตั้งแผ่นรังผึ้งในแนวตั้ง 19
ตารางที่ 2.3 ความเร็วของอากาศที่ไหลผ่านแผ่นซับน้ำที่แนะนำในวัสดุที่ต่างกัน 19
ตารางที่ 3.1 ตารางการทดลองหาอัตราการไหลของปั๊มที่องศาการหมุนต่างๆ 32
ตารางที่ 3.2 ตารางแสดงอัตราการไหลพัดลมหน้าแผ่นซับน้ำที่องศาหมุนต่างๆ 33
ตารางที่ 4.1 แสดงค่าความเร็วของพัดลมดูดอากาศ 41
ตารางที่ 4.2 ตารางบันทึกผลการปรับเทียบค่า (Calibrated) เซนเซอร์ DHT22 ทั้ง 6 ตัว กับ เทอร์โมมิเตอร์กระเปาะเปียกกระเปาะแห้ง 42
ตารางที่ 4.3 ตารางแสดงน้ำหนักของเห็ดต่อก้อนของโรงเรือนที่ติดระบบควบคุม 61
ตารางที่ 4.4 ตารางแสดงน้ำหนักของเห็ดต่อก้อนของโรงเรือนที่ไม่ได้ติดระบบไมโคคอนโทรลเลอร์ 62

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

หน้าที่

รูปที่ 2.1 ส่วนประกอบต่างๆของเห็ด 7
รูปที่ 2.2 การเตรียมก้อนเชื้อเห็ด 10
รูปที่ 2.3 ฆ่าเชื้อก้อนเห็ดด้วยหม้อนึ่งความดัน 10
รูปที่ 2.4 เชื้อบริสุทธิ์ที่เลี้ยงไว้บนเมล็ดข้าวฟ่าง 11
รูปที่ 2.5 ลักษณะของการเกิดเชื้อราปนเปื้อนในก้อนเชื้อเห็ด 22
รูปที่ 2.6 ลักษณะของการเกิดเป็นดอกช้าและไม่เจริญเติบโตจะมีอาการเหี่ยวเฉาตาย 22
รูปที่ 2.7 ลักษณะของการเกิดราเมือก 22
รูปที่ 2.8 ลักษณะของการเกิดโรคจุดเหลือง 23
รูปที่ 2.9 เห็ดนางฟ้าภูฐานที่มีด้านบนของดอกจะมีสีนวล 23
รูปที่ 2.10 เห็ดนางฟ้าภูฐานที่มีด้านบนของมีสีน้ำตาลอ่อน 23
รูปที่ 3.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในระบบ ก)แผ่นซับน้ำ(Cooling Pad) ข)ถังพักน้ำ ค)พัดลมดูดอากาศ(Fan) 25
รูปที่ 3.2 แผนผังการทำงานของระบบ 27
รูปที่ 3.3 แผนผังการทำงานของอุปกรณ์ในระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นอัตโนมัติ 27
รูปที่ 3.4 การเชื่อมต่อตัวต้านทานกับแผ่นไข่ปลา(Protoboard) เข้ากับ DHT22 28
รูปที่ 3.5 กล่องระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นอัตโนมัติ 1) โมดูลดีเอส3231(DS3231) 29
รูปที่ 3.6 โครงโรงเรือนแบบถอดประกอบ 30
รูปที่ 3.7 ปะเหล็กแผ่น (Metal Sheet) กับโครงโรงเรือน 30
รูปที่ 3.8 บุฉนวนด้วยแผ่นโฟมรอบโรงเรือน 31
รูปที่ 3.9 พัดลมดูดอากาศหน้าแผ่นซับน้ำ 31
รูปที่ 3.10 ลักษณะการทดลองแบบที่ 1 34
รูปที่ 3.11 ลักษณะการทดลองแบบที่ 2 34
รูปที่ 3.12 การทดลองแบบที่ 3 35
รูปที่ 4.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง อุณหภูมิและความชื้น เทียบกับเวลาแบบที่ 1 25
รูปที่ 4.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างผลต่างของอุณหภูมิผลต่างของความชื้นสัมพัทธ์ 37
รูปที่ 4.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง อุณหภูมิและความชื้น เทียบกับเวลาแบบที่ 2 38
รูปที่ 4.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ผลต่างของอุณหภูมิ ผลต่างของความชื้นสัมพัทธ์ 38
รูปที่ 4.5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง อุณหภูมิและความชื้น เทียบกับเวลาแบบที่ 3 39
รูปที่ 4.6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ผลต่างของอุณหภูมิ ผลต่างของความชื้นสัมพัทธ์ 40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

หน้าที่

รูปที่ 4.7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกระเปราะแห้งที่ได้จากเทอร์โมมิเตอร์.....45
รูปที่ 4.8 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นที่ได้จากเทอร์โมมิเตอร์จากเซนเซอร์.....45
รูปที่ 4.9 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกระเปราะแห้งที่ได้จากเทอร์โมมิเตอร์.....46
รูปที่ 4.10 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นที่ได้จากเทอร์โมมิเตอร์จากเซนเซอร์.....46
รูปที่ 4.11 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกระเปราะแห้งที่ได้จากเทอร์โมมิเตอร์.....47
รูปที่ 4.12 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นที่ได้จากเทอร์โมมิเตอร์จากเซนเซอร์.....47
รูปที่ 4.13 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกระเปราะแห้งที่ได้จากเทอร์โมมิเตอร์.....48
รูปที่ 4.14 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นที่ได้จากเทอร์โมมิเตอร์จากเซนเซอร์ DHT-22ตัวที่ 4.....48
รูปที่ 4.15 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกระเปราะแห้งที่ได้.....49
รูปที่ 4.16 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นที่ได้จากเทอร์โมมิเตอร์จากเซนเซอร์.....49
รูปที่ 4.17 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกระเปราะแห้งที่ได้จากเทอร์โมมิเตอร์.....50
รูปที่ 4.18 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นที่ได้จากเทอร์โมมิเตอร์จากเซนเซอร์ DHT-22ตัวที่ 6.....50
รูปที่ 4.19 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง อุณหภูมิและความชื้น เทียบกับเวลา.....51
รูปที่ 4.20 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ผลต่างของ อุณหภูมิความชื้นสัมพัทธ์เทียบกับเวลา.....52
รูปที่ 4.21 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง อุณหภูมิและความชื้น เทียบกับเวลา.....53
รูปที่ 4.22 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ผลต่างของ อุณหภูมิความชื้นสัมพัทธ์เทียบกับเวลา.....53
รูปที่ 4.23 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง อุณหภูมิและความชื้น เทียบกับเวลา.....54
รูปที่ 4.24 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ผลต่างของ อุณหภูมิ ผลต่างของความชื้นสัมพัทธ์.....55

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

ธรรมชาติของเห็ดมีการเกิดและออกดอกในเฉพาะบางช่วงฤดูกาลเท่านั้น ส่งผลให้บางช่วงฤดูกาลไม่มีเห็ดเพียงพอสำหรับการบริโภค[1] ปัจจุบันจึงมีการเพาะเห็ดนอกฤดูกาลขึ้นเพื่อให้เพียงพอต่อการบริโภค การเพาะเห็ดนอกฤดูกาลนี้ส่วนใหญ่จะเพาะในโรงเรือนเปิดเนื่องจากสามารถรักษาอุณหภูมิและความชื้นได้ในระดับหนึ่ง ราคาถูก แต่มีข้อเสียคือไม่สามารถควบคุมอุณหภูมิและความชื้นตามที่ต้องการได้ตามความเหมาะสมกับชนิดเห็ดที่ปลูก

ช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสมที่สุดของเห็ดนางฟ้าภูฐานคือ 25-30 องศาเซลเซียส ในระดับความชื้นสัมพัทธ์ที่ 80-85% แต่ในช่วงฤดูอื่นที่มีอุณหภูมิสูง หรือความชื้นต่ำ ส่งผลให้สภาวะอากาศที่ใช้ในการเพาะเห็ดนางฟ้าภูฐานนั้นไม่เหมาะสมต่อการออกดอกของเห็ด ทำให้เห็ดออกดอกน้อยลง หรือไม่ออกดอกเลย จึงทำให้มีผลผลิตไม่เพียงพอต่อความต้องการของผู้บริโภค ทำให้การเพาะเห็ดนอกฤดูกาลนั้นสามารถตอบสนองความต้องการของผู้บริโภค รวมทั้งยังช่วยเพิ่มรายได้ให้กับผู้เพาะปลูกเห็ด โดยสวนใหญ่การเพาะเห็ดในโรงเรือนนั้น จะใช้โรงเรือนแบบเปิด ซึ่งไม่สามารถควบคุมอุณหภูมิและความชื้นภายในโรงเรือนให้เหมาะสมต่อการเพาะ ด้วยสาเหตุนี้จึงได้สร้างระบบโรงเรือนแบบปิดเพื่อให้สามารถควบคุมอุณหภูมิและความชื้นภายในโรงเรือนให้ได้ตามต้องการ ซึ่งการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นนั้นมีระบบและอุปกรณ์ให้ใช้หลายชนิด และไมโครคอนโทรลเลอร์ถือเป็นอุปกรณ์หนึ่งที่มีระบบการทำงานที่ทำความเข้าใจได้ง่าย สะดวกต่อการเข้าถึง ราคาถูก และมีการใช้กันอย่างแพร่หลาย จึงได้นำไมโครคอนโทรลเลอร์มาใช้เป็นอุปกณ์ในการควบคุมการทำงานของระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นภายในโรงเรือนปิด ซึ่งการใช้ระบบไมโครคอนโทรลเลอร์กับโรงเรือนปิดจะทำให้สามารถควบคุมอุณหภูมิและความชื้นของเห็ดนางฟ้าภูฐานได้เหมาะสมต่อการเพาะเห็ดนางฟ้าภูฐาน ทำให้สามารถเพาะเห็ดนางฟ้าภูฐานได้ในทุกฤดูกาล และยังเป็นการเพิ่มผลผลิตให้เพียงพอต่อความต้องการของผู้บริโภค นอกจากนี้ระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นอัตโนมัติโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ในโรงเรือนแบบปิดยังสามารถนำไปปรับใช้กับการปลูกเห็ดชนิดอื่น เช่น เห็ดชมพูนางนวล เห็ดฮังการี เป๋าฮื้อ เห็ดหลินจือ เห็ดเข็มทอง เป็นต้น แต่ต้องมีการปรับเปลี่ยนค่าตัวเลขอุณหภูมิและความชื้นให้เหมาะสมกับเห็ดแต่ละชนิดที่ต้องการปลูก โดยการตั้งค่าคำสั่งภายในระบบไมโครคอนโทรลเลอร์ จึงทำให้ระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นภายในโรงเรือนที่ติดตั้งระบบนี้ มีความเหมาะสมกับการเพาะเห็ดชนิดนั้นๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกจากนี้ระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นอัตโนมัติโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ในโรงเรือนแบบปิดยังสามารถนำไปปรับใช้กับการปลูกเห็ดชนิดอื่นๆได้อีกด้วย โดยการปรับเปลี่ยนค่าตัวเลขอุณหภูมิและความชื้นให้กับตัวระบบไมโครคอนโทรลเลอร์ให้เหมาะสมกับสภาวะการเจริญเติบโตของเห็ดนั้นๆ

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. เพื่อควบคุมอุณหภูมิและความชื้นอัตโนมัติโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ในโรงเรือนแบบปิดเพื่อการเพาะเลี้ยงเห็ดนางฟ้าภูฐาน
2. เพื่อประเมินสมถรรนะ(คุณสมบัติทางพลศาสตร์)ของระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นอัตโนมัติโดยไมโครคอนโทรลเลอร์ในโรงเรือนแบบปิดเพื่อการเพาะเลี้ยงเห็ดนางฟ้าภูฐาน
3. หาอิทธิพลของอัตราการไหลของน้ำที่ไหลผ่านแผ่นซับน้ำและอิทธิพลของอัตราการไหลของอากาศหน้าแผ่นซับน้ำ ที่ส่งผลต่อสภาวะภายในโรงเรือน
4. เปรียบเทียบผลผลิตจากโรงเรือนที่มีการติดตั้งระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นกับโรงเรือนที่ไม่มีระบบ

1.3 ขอบเขตการศึกษา

1. ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ในการควบคุมโรงเรือนเพาะเห็ด
2. ใช้โรงเรือนแบบปิด ขนาด กว้าง 2 เมตร ยาว 2 เมตร สูง 2 เมตร
3. ใช้เห็ดนางฟ้าภูฐานเป็นตัวชี้วัดประสิทธิภาพของระบบอุณหภูมิและความชื้นอัตโนมัติ โดยไมโครคอนโทรลเลอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 วิธีการดำเนินงาน

ตารางที่ 1.1 แผนการดำเนินงาน

ขั้นตอนดำเนินงาน	ปี / เดือน									
	พ.ศ.2557					พ.ศ.2558				
	สค.	ก.ย	ต.ค	พย	ธ.ค	ม.ค	กพ	มี.ค	เมย	พค
ศึกษาและหาข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบโรงเรือนแบบปิด	←	—	—	—	—	—	→			
ทำการรวบรวมข้อมูลที่ได้ศึกษาและค้นคว้า	←	—	—	→						
คำนวณและออกแบบอุปกรณ์ที่ใช้ในระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นในโรงเรือนแบบปิด เช่น แผ่นซับน้ำ ปั๊มและพัดลม	←	—	—	→						
ออกแบบการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์	←	—	—	→						
ทดสอบการทำงานของระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นอัตโนมัติโดยไมโครคอนโทรลเลอร์กับโรงเรือนแบบปิดที่ทดลองการเพาะเห็ดในโรงเรือนแบบควบคุม					←	—	→			
วิเคราะห์ข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นในระบบ หาสมรรถนะของระบบและแก้ไข	←	—	—	—	—	—	→			
เปรียบเทียบผลผลิตที่ได้จากโรงเรือนที่ใช้ระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นอัตโนมัติโดยไมโครคอนโทรลเลอร์กับโรงเรือนที่ไม่มีระบบดังกล่าว					←	—	→			
กำหนดสรุปผล นำเสนอ และการทำรายงาน								←	—	→

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5 เค้าโครงปริญญานิพนธ์

- บทที่ 1 บทนำ จะกล่าวถึงความสำคัญและที่มา วัตถุประสงค์ของงานวิจัย ขอบเขตงานวิจัยและวิธีการดำเนินงาน
- บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง จะกล่าวถึง ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง ซึ่งประกอบด้วยเนื้อหาเรื่อง เห็ด เซนเซอร์(Sensor) ไมโครคอนโทรลเลอร์(Microcontroller) หลักการทำความเย็น ระบบการทำความเย็นแบบระเหย(Evaporative Cooling) โรงเรือนและทฤษฎีการออกแบบระบบทำความเย็นแบบระเหย
- บทที่ 3 การดำเนินงานวิจัย จะกล่าวถึง ขั้นตอนการออกแบบและสร้างระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นแบบอัตโนมัติ การทำงาน การสั่งงาน และอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้อง รวมทั้งการประกอบและติดตั้งระบบภายในโรงเรือน ขั้นตอนการปลูกเห็ดนางฟ้าภูฐานและการเก็บผลการทดลอง
- บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์ จะกล่าวถึง ผลการทดลองที่ทำการปลูกเห็ดนางฟ้าภูฐานทั้งภายในโรงเรือนที่ควบคุมอุณหภูมิและความชื้นแบบอัตโนมัติกับโรงเรือนที่ไม่ได้ควบคุมอุณหภูมิและความชื้น ทำการเก็บผลการทดลองในระยะเวลา 45 วัน ซึ่งจะแบ่งผลการทดลองออกเป็น 2 ส่วนคือ ผลการทดลองที่ปลูกเห็ดนางฟ้าภูฐานทั้งภายในโรงเรือนที่ควบคุมอุณหภูมิและความชื้นแบบอัตโนมัติกับโรงเรือนที่ไม่ได้ควบคุมอุณหภูมิและความชื้น
- บทที่ 5 สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง จะกล่าวถึง ประสิทธิภาพการทำงานของระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นแบบอัตโนมัติ ผลการเจริญเติบโตของเห็ดนางฟ้าภูฐานที่ปลูกภายในโรงเรือนควบคุมอุณหภูมิและความชื้น
- บทที่ 6 ข้อเสนอแนะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

เอกสารที่เกี่ยวข้อง

2.1 เห็ด

"เห็ด" เป็นชื่อที่ใช้เรียกราชั้นสูงกลุ่มหนึ่งที่มีวิวัฒนาการสูง เห็ดเป็นพืชชนิดเดียวกับราจึงถูกจัดเป็นพืชชั้นต่ำ ไม่มีการสังเคราะห์แสงเพราะไม่มีคลอโรฟิล(Chlorophyll)[1]ดำรงอยู่ได้ด้วยการดูดกินสารอินทรีย์ต่างๆ จากอินทรีย์วัตถุ เห็ดจะใช้สปอร์ในการขยายพันธุ์[2] ดอกเห็ดเป็นผลมาจากการพัฒนาการของเส้นใยเชื้อราในสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม เส้นใยรวมตัวกันสร้างขึ้นเป็นดอกเห็ดและดอกเห็ดเมื่อพัฒนาเต็มที่จะสร้างเส้นใยจำนวนมาก เมื่อสปอร์แก่ก็หลุดร่วงหรือถูกลมพัดออกไปกับลม น้ำ แล้วร่วงออกจากสปอร์เป็นเส้นใยของเห็ด- ถ้าอุณหภูมิและความชื้นที่เหมาะสมก็จะเจริญกลายเป็นเห็ดต่อไป

2.1.1 วงจรชีวิตเห็ดและการเจริญเติบโตวงจรชีวิตของเห็ดมี 2 แบบคือ

1. แบบไม่ต้องผสม(Homothallic) วงจรชีวิตเห็ดแบบนี้เป็นแบบเรียบง่าย ดอกเห็ดจะเกิดขึ้นจากสปอร์เพียงอันเดียว สามารถเจริญขึ้นเป็นดอกเห็ดจนครบวงจรได้เอง โดยสปอร์จะงอกเป็นเส้นใยเรียกว่า เส้นใยระยะที่ 1 ซึ่งมีนิวเคลียสเพียงอันเดียวภายในเซลล์ เส้นใยระยะที่ 1 จะเจริญและพัฒนาเป็นระยะที่ 2 มีนิวเคลียส 2 อันในแต่ละเซลล์ เส้นใยระยะที่ 2 นี้ จะรวมตัวกันเป็นกลุ่มก้อนเล็กๆ แล้วค่อยๆ เจริญเป็นดอกเห็ดอ่อน ดอกตูมและบานสามารถสร้างสปอร์ได้อีกครั้ง สปอร์ของดอกเห็ดแต่ละสปอร์จะเจริญเป็นดอกเห็ดต่อไปอีกหมุนเวียนเป็นวงจรแบบนี้ไปเรื่อยๆ โดยไม่ต้องมีการผสม

2. แบบผสม(Heterothallic) เห็ดบางชนิดจะสร้างสปอร์แตกต่างจากแบบแรก คือแต่ละสปอร์ไม่สามารถเจริญเป็นดอกเห็ดได้ โดยเป็นได้เฉพาะเส้นใย ในเส้นใยระยะที่ 1 ไม่สามารถพัฒนาตนเองให้เป็นเส้นใยระยะที่ 2 ได้ การเกิดเส้นใยระยะที่ 2 จึงต้องอาศัยการผสมเส้นใยในระยะที่ 1 ซึ่งเป็นเส้นใยจากสปอร์อื่น ที่จะรวมเข้ากันได้เท่านั้น เมื่อเส้นใยทั้งสองรวมเข้ากันได้แล้วจะมีการพัฒนาไปเป็นเส้นใยในระยะที่ 2 และเจริญเติบโตรวมกลุ่มเป็นก้อนดอกเห็ดต่อไป

2.1.2 ลักษณะโครงสร้างของเห็ด

โครงสร้างพื้นฐานของเห็ดราประกอบด้วยเส้นใย "Hypha" ซึ่งภายในเส้นใยเหล่านี้จะถูกแบ่งออกเป็นส่วนๆ โดยผนังกั้นที่มีรูพรุน(Perforates septa) โดยปกติเส้นใยจะเจริญเติบโตในดินหรือในวัตถุต่างๆ จะพบเห็นเส้นใยเจริญเติบโตบนพื้นผิวในลักษณะเป็นกลุ่มก้อนของในรา(Mycelium)เท่านั้น ก้อนเห็ดอ่อนจะเจริญมีขนาดใหญ่ขึ้นแล้วปริแตกและยืดยาวออกไปในอากาศ เผยให้เห็นส่วนต่างๆ ของดอกเห็ดเมื่อมีขนาดโตเต็มที่ จะประกอบด้วยส่วนต่างๆ ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. หมวกดอก(Cap) เป็นส่วนปลายสุดของดอกที่เจริญเติบโตเป็นแทงโผล่ขึ้นไปในอากาศ หมวกดอกจึงมีทั้งแบบแหลมและแบบทู่ เมื่อดอกเห็ดบานเต็มที่จะกางออกมีลักษณะเคล้ายร่ม ขอบงุ้มลงหรือแบนราบ บางชนิดจะมีหมวกเว้าลงเป็นแอ่งมีรูปเหมือนกรวยปากกว้าง หรือแตร ผิวหมวกด้านบนอาจเรียบ ขรุขระ หรือมีเกล็ดและขนซึ่งมีเนื้อเยื่อที่หลุดหรือฉีกขาดจากเนื้อเยื่อบางๆ ที่หุ้มดอกเห็ดในระยะที่ยังเป็นเห็ดอ่อนหรือ

ปริแตกออกจากกัน เมื่อดอกเห็ดบาน เนื้อหมวกเห็ดจะหนาบางแตกต่างกัน สีของหมวกเห็ดภายในและภายนอกอาจเป็นสีเดียวกันหรือแตกต่างกัน เมื่อเกิดบาดแผลเนื้อเยื่อของหมวกเห็ดบางชนิดอาจเปลี่ยนสีได้เมื่อถูกอากาศ

2. ครีบ(Gills or lamella) อยู่ด้านล่างของหมวกดอกเห็ดมีลักษณะเป็นซี่เรียว แตกเป็นรัศมีรอบก้านดอก ครีบด้านนอกเชื่อมติดกับขอบหมวกดอกสองข้างของครีบดชเป็นที่เกิดของสปอร์ ครีบจะถูกย่อยให้ละลายเป็นของเหลวในเห็ดบางชนิด โดยเห็ดแต่ละชนิดจะมีจำนวนครีบและความหนาแตกต่างกัน สีของครีบหมวกส่วนมากเป็นสีเดียวกันกับสปอร์ของเห็ด ในเห็ดบางชนิดจะไม่มีครีบแต่จะมีฟันเลื่อยแทนครีบ

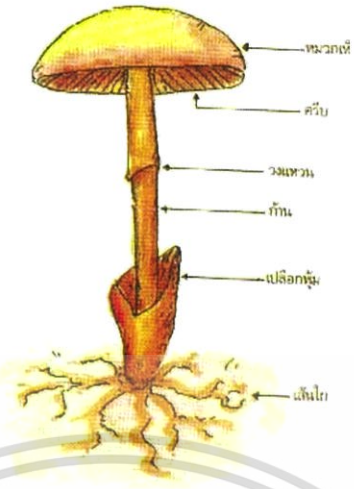
3. วงแหวน(Ring) ประกอบด้วยเนื่อเยื่อบางๆ สำหรับยึดก้านดอกและขอบหมวกของเห็ดให้ติดกัน เมื่อดอกเห็ดกางออกเนื้อเยื่อนี้จะขาดออกจากขอบหมวก แต่ยังคงมีเศษส่วนของเนื้อเยื่อยึดติดกับก้านดอกคล้ายกับมีวงแหวนหรือแผ่นเหยื่อบางๆ สวมอยู่สวมอยู่วงแหวนที่อยู่ตอนบนใต้หมวกเห็ดลงมาเล็กน้อยเรียกว่า “เยื่อหุ้มชั้นใน” เห็ดที่ไม่มีวงแหวนจะเป็นเห็ดที่มีลักษณะคล้ายร่ม ไม่มีวงแหวนที่ส่วนก้าน ด้านใต้หมวดเห็ดมีลักษณะเป็นครีบ ขณะที่ยังเป็นดอกอ่อนจะไม่มีเนื้อเยื่อมาหุ้มหอส่วนต่างๆของดอกไว้

4. ก้านดอก(Stalk) มีขนาดรูปร่างและสีที่ต่างกัน ส่วนมากเป็นรูปทรงกระบอก ตอนบนยึดติดกับหมวกเห็ดหรือครีบหมวกด้านใน เนื้อก้านประกอบด้วยเส้นใยหยาบสานกันแน่นหรืออย่างหลวมๆ คล้ายฟองน้ำ ภายในก้านเห็ดบางชนิดจะมีรูกลวง

5. ปลอกหุ้มดอกเห็ด(Volva) เป็นเยื่อชั้นนอกสุดหุ้มดอกเห็ดทั้งดอกไว้ในระยะที่เป็นดอกตูมเรียกว่า outer veil บางชนิดมีเส้นใยหยาบคล้ายเส้นด้ายทำหน้าที่ยึดดอกเห็ดให้ติดกับพื้น

6. กลุ่มเส้นใย(Mycelium) เป็นใยสีขาวมีหน้าที่ก่อตัวรวมกันเป็นก้อนใหญ่เพื่อเจริญกลายเป็นดอกเห็ด เส้นใยมีรูปร่างคล้ายราก แสดงได้ดัง รูปที่ 2.1 ส่วนประกอบต่างๆของเห็ด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.1 ส่วนประกอบต่างๆของเห็ด

2.1.3 ปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตในช่วงต่างๆ ของเห็ดมีดังนี้

1. ธาตุอาหาร

ปริมาณธาตุอาหารในวัสดุเพาะเห็ดนับว่ามีความสำคัญต่อการเพิ่มผลผลิตมาก หากเพิ่มอาหารเสริมพวกแอมโมเนียมไนเตรต จะทำให้ผลผลิตเพิ่มมากขึ้น โดยพิจารณาตามปริมาณของธาตุอาหารดังนี้

1) *ธาตุอาหารหลัก* ได้แก่ สารประกอบไฮโดรคาร์บอน(Hydrocarbon) จำพวกน้ำตาลต่างๆ และคาร์โบไฮเดรต(Carbohydrate) สารประกอบไนโตรเจน(Nitrogen) จำพวกพวกโปรตีน(Protein) กรดอะมิโน (Amino acid) เกลือแอมโมเนีย ซึ่งส่วนใหญ่จะอยู่ในเส้นใยเห็ด

2) *ธาตุอาหารรอง* ได้แก่ โพแทสเซียม(K) พอสพอรัส(P) ซัลเฟอร์(S) แคลเซียม(Ca) แมกนีเซียม(Mg)

2. ความชื้น

ความชื้นจะมีผลต่อทุกๆช่วงการเจริญเติบโตของเห็ดเช่น การโตของเส้นใย ขนาดของดอกเห็ด สำหรับเห็ดนางฟ้าภูฐานนั้นจะต้องการความชื้นของอากาศค่อนข้างสูง สภาพของโรงเรือนที่เหมาะสมกับเห็ดนางฟ้าภูฐานควรมีความชื้นสูงกว่า 80 %RH

3. อากาศ

อากาศมีผลต่อการเจริญเติบโตของเห็ดเช่นเดียวกันโดยเฉพาะปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์(CO_2) ในอากาศ(ปกติ 0.03% ของอากาศทั้งหมด) โดยในการปลูกเห็ดอากาศในโรงเรือนจะมีปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO_2) โดยประมาณ 0.1-0.2 % ถ้าสูงกว่านี้เห็ดอาจจะเจริญเติบโตช้า หรือไม่เจริญเติบโตเลย มีโอกาสทำให้ดอกเห็ดมีรูปร่างผิดปกติ

4. อุณหภูมิ

การเจริญเติบโตของเห็ดแต่ละช่วงจะเติบโตได้ดีนั้น อุณหภูมิมีผลอย่างมากกล่าวคือถ้าอุณหภูมิสูงหรือต่ำเกินไปจะทำให้เห็ดเจริญเติบโตได้ช้า สำหรับเห็ดนางฟ้าภูฐานนั้นระดับอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญเป็นดอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดีประมาณ 25 องศาเซลซียส หากอุณภูมิต่ำกว่า 15 องศาเซลเซียส หรือสูงกว่า 35 องศาเซลเซียสจะไม่ออกดอก และการทำให้ก้อนเชื้อได้รับอุณหภูมิต่ำกว่า 20 องศาเซลเซียสในระยะเวลาสั้นๆจะช่วยให้การออกดอกของเห็ดดีขึ้น[3]

2.1.4 การจำแนกเห็ดตามอุณหภูมิ

1. เห็ดอุณหภูมิปานกลางเช่น เห็ดนางฟ้า เห็ดนางรม เห็ดเป๋าฮื่อ เห็ดหูหนู เห็ดฟาง เห็ดหลินจือ เห็ดนางนวล เห็ดแครง เป็นต้น

2. เห็ดอากาศร้อนเช่น เห็ดบดเห็ดขอนขาว เห็ดขอนดำ

3. เห็ดอากาศเย็น เช่น เห็ดหอม เห็ดนางรมดอย เห็ดแชมปิยอง เห็ดนางรมหลวง เห็ดเข็มทอง เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.5 ขั้นตอนการปลูกเห็ด

1. เพาะเชื้อเห็ด
2. บ่มเชื้อเพาะเชื้อ
3. เปิดดอกเห็ด
4. พักก้อนเชื้อ

ซึ่งการปลูกเห็ดที่จะได้ผลดีนั้นต้องคำนึงถึงปัจจัยต่างๆ ตามตารางที่ 2.1 ปัจจัยและระยะเวลาในการเพาะเห็ดแต่ละขั้นตอนของเห็ดแต่ละชนิด

ตารางที่ 2.1 ปัจจัยและระยะเวลาในการเพาะเห็ดแต่ละขั้นตอนของเห็ดแต่ละชนิด

ชนิด	การบ่มเชื้อ		การออกดอก	เงื่อนไขการเกิด		พักก้อน
	อุณหภูมิ(°C)	ระยะบ่ม(ด.)	อุณหภูมิ(°C)	%RH	ปริมาณแสง	วัน
เห็ดนางรม	24-32	1-1.5	24-33.5	70-80	น้อย	3-5
เห็ดนางฟ้า	25-35	1-1.5	20-30	80-85	น้อย	3-5
เห็ดภูฐาน	24-28	1-1.5	25-32	70-90	น้อย	3-5
เห็ดเป๋าฮื้อ	24-28	1.5-2	28-32	70-90	น้อย	10-14
เห็ดหูหนู	28-38	1.5-2	25-35	85	น้อย	5-8
เห็ดขอนขาว	28-32	1	30-40	80-85	กลาง	7-10
เห็ดบด	28-32	1-1.5	28-35	70-90	กลาง	10-15
เห็ดหอม	20-25	4-5	10-28	60-70	กลาง	15-30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 การทำก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าภูฐาน

การทำก้อนเชื้อเห็ดด้วยฟางสับจะต้องทำการหมักฟางก่อนโดยการฉีดพ่นน้ำให้ฟางเปียกอย่างทั่วถึง แล้วเติมปุ๋ยเคมี และดีเกลือลงไปจากนั้นใช้พลาสติกคลุมกองฟางให้มิด หมักทิ้งไว้ประมาณ 7 วัน ในวันที่ 3,4,5 และ 6 ให้กลับกองฟางหมัก ส่วนวันที่ 7 ให้เติมปูนขาวลงไป เพื่อให้ปูนขาวไปไล่ก๊าซแอมโมเนียมซึ่งเป็นอันตรายต่อเห็ด จากนั้นหมักไว้อีกประมาณ 1-2 วัน จึงนำไปบรรจุถุงและนึ่งฆ่าเชื้อ

โดยการนึ่งฆ่าเชื้อ ทำได้ 2 แบบ คือนึ่งด้วยหม้อนึ่งความดันและการนึ่งด้วยหม้อนึ่งแบบลูกทุ่ง การนึ่งในหม้อนึ่งแรงดันจะคุมแรงดันอยู่ที่ 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว (1.3 บาร์) นานประมาณ 2 ชั่วโมง

รูปที่ 2.2 การเตรียมก้อนเชื้อเห็ด

ส่วนการนึ่งด้วยหม้อนึ่งแบบลูกทุ่ง ทำการนึ่งให้น้ำเดือดเป็นไอออกมาจากท่อระบายไออย่างสม่ำเสมอและจับเวลา ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 3-4 ชั่วโมง จากนั้น นำมาวางพักไว้ข้างนอกประมาณ 14-16 ชั่วโมง และนึ่งซ้ำอีกครั้ง

รูปที่ 2.3 ฆ่าเชื้อก้อนเห็ดด้วยหม้อนึ่งความดัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลังจากได้ก้อนเชื้อเห็ดที่ผ่านการฆ่าเชื้อมาแล้วก็นำไปเขี่ยหัวเชื้อเห็ดลงในถุงก้อนเชื้อในทันที หัวเชื้อควรจะเป็นเชื้อบริสุทธิ์ที่เลี้ยงไว้บนเมล็ดข้าวฟ่าง ที่พึ่งเจริญเติบโตเต็มทั่วเมล็ดใหม่ๆ เพาะเป็นช่วงที่เชื้อกำลังแข็งแรงและเจริญเติบโตได้ดี สถานที่ที่ทำการเขี่ยเชื้อจะต้องสะอาด ลมสงบ และต้องเขี่ยเชื้อรวดเร็วโดยผู้ที่ทำการเขี่ยเชื้อนั้นต้องฆ่าเชื้อโดยการเช็ดมือด้วยเอธิลแอลกอฮอล์ 70% เปิดเอากระดาษที่หุ้มสำลีหรือฝาครอบพลาสติกออก แต่ยังไม่ต้องดึงจุกสำลีออก และระวังไม่ให้สำลีหลุดออกจากคอขวด จากนั้นใช้ขวดหัวเชื้อกระแทกเบาๆเพื่อให้เมล็ดข้าวฟ่างขยับตัว แล้วเขย่าให้เมล็ดข้าวฟ่างที่จับตัวเป็นก้อนกระจายกันเชื้อที่เปิดขวดออกมาแล้วควรใช้ให้หมดหากมีเหลือไม่ควรนำมาใช้ใหม่เพราะจะทำให้เชื้อเสียไปแล้ว โดยเฉลี่ยหัวเชื้อ 1 ขวด ทำก้อนเชื้อได้ประมาณ 50 ถุงดังรูปที่ 2.4 เชื้อบริสุทธิ์ที่เลี้ยงไว้บนเมล็ดข้าวฟ่าง

จากนั้นนำก้อนเชื้อที่ได้ไปทำการบ่มเชื้อ โดยเชื้อต้องนำไปไว้ในโรงเรือนสำหรับบ่มเชื้อ เพื่อให้เห็ดเกิดเส้นใยโดยวางถุงเรียงกันในลักษณะแนวตั้งหรือแนวนอนก็ได้ ในระยะนี้ไม่ต้องลดน้ำ ไม่ต้องการแสงและควรมีอุณหภูมิประมาณ 25-30 องศาเซลเซียส และควรมีการระบายอากาศออกจากโรงเรือนวันละครั้ง ครั้งละประมาณสิบนาที เพื่อที่จะลดปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้น ซึ่งถ้ามีมากเกินไปจะทำให้ลักษณะของเห็ดไม่ดี โดยในระยะ 10 วันแรกไม่จำเป็นต้องระบายอากาศออก แต่วันที่ 11 เป็นต้นไปเส้นใยจะเดินเต็มที่ และพร้อมที่จะพัฒนาไปเป็นดอกเห็ด ปกติการบ่มจะใช้เวลา 22-28 วัน ยกเว้นหน้าหนาว อาจใช้เวลาบ่มเพียง 15-20 วัน จากนั้นปล่อยเส้นใยให้รัดตัวอีกประมาณหนึ่งสัปดาห์ แล้วจึงนำไปเปิดดอกในโรงเรือนสำหรับเปิดดอกต่อไป[3]

รูปที่ 2.4 เชื้อบริสุทธิ์ที่เลี้ยงไว้บนเมล็ดข้าวฟ่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 เซนเซอร์

เซนเซอร์ คือ ส่วนที่ใช้รับสัญญาณจากกระบวนการในตอนแรก หรืออาจเรียกได้ว่า “อินพุตของทรานสดิวเซอร์”

ทรานสดิวเซอร์ คือ อุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ตรวจจับ วัดค่าทางกายภาค แล้วแปลงค่าให้ได้เอาท์พุทเป็นค่าทางกายภาพอื่นๆ ที่สะดวกต่อการนำมาใช้ [4]

โดยในที่นี้จะใช้เซนเซอร์ DHT22 ซึ่งเป็นทรานสดิวเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้น[5] โดยตัวเซนเซอร์วัดอุณหภูมิจะใช้เทอร์มิสเตอร์(Thermistor) ซึ่งเทอร์มิสเตอร์ทำมาจากวัสดุตัวนำที่คล้ายกับเซรามิค(Ceramic) อยู่ในรูปของออกไซด์ของแมงกานิส นิกเกิล และโคบอลต์ มีค่าความต้านทานจำเพาะในช่วง 100-450,000 Ω.cm[6] เมื่ออุณหภูมิที่สัมผัสกับเทอร์มิสเตอร์เปลี่ยนค่าความต้านทานของตัวมันจะเปลี่ยนไปอย่างมากด้วยเหตุนี้จึงนำมาใช้ในการในการปรับเทียบ(Calibration) เพื่อหาค่าอุณหภูมิที่มันสัมผัสอยู่ได้

ส่วนเซนเซอร์วัดความชื้นใช้เซนเซอร์วัดความชื้นแบบคาปาซิทิฟ(Capacitive Humidity Sensor) ซึ่งเซนเซอร์นี้มีโครงสร้างประกอบไปด้วยแผ่นฟิลม์บางทำจากโพลิเมอร์(Polymer) หรือเมทัลออกไซด์(Metal Oxide) วางคั่นระหว่างอิเล็กโทรด(Electrode) ทั้งสอง โดยทั่วไปฟิลม์บางดังกล่าวถูกเคลือบด้วยอิเล็กโตรดโลหะมีรูพรุน เพื่อป้องกันฝุ่นละอองและปัญหาจากแสงแดด โดยเซนเซอร์นี้จะมีค่าความจุไฟฟ้า(Capacitive) เปลี่ยนไป เมื่อความชื้นรอบๆเซนเซอร์เปลี่ยนไปความชื้นสัมพัทธ์เปลี่ยนไป 1% ค่าความจุไฟฟ้าจะเปลี่ยนไป 0.2-0.5 pF[7]

2.4 ไมโครคอนโทรลเลอร์

ไมโครคอนโทรลเลอร์(Microcontroller) คืออุปกรณ์ควบคุมขนาดเล็ก ซึ่งบรรจุความสามารถคล้ายกับคอมพิวเตอร์(computer) โดยได้รวมเอา หน่วยประมวลผลกลางหรือซีพียู(CPU) หน่วยความจำ และพอร์ต(Port) มารวมในตัวถังเดียวกัน[8] ซึ่งไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการควบคุมการทำงานโดยผู้ใช้ต้องมีการเขียนคำสั่งลงในไมโครคอนโทรลเลอร์โดยใช้ภาษาซี(C) และมีการรับสัญญาจากตัวเซนเซอร์(Sensor)ไปประมวลผลแล้วสั่งงานให้กับอุปกรณ์ร่วมที่เราต้องการให้ทำงานตามโปรแกรมที่เขียนไว้ ซึ่งไมโครคอนโทรลเลอร์มีส่วนประกอบหลักภายในอยู่ 6 ส่วน ดังนี้ [9]

1) ส่วนประมวลผล(CPU)

2) ส่วนความจำแรม(RAM)

3) ส่วนความจำรอม(EEROM/EPROM/PROM/ROM)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4) พรอม(Programmable Read-Only Memory : PROM) เป็นหน่วยความจำที่สามารถบันทึกด้วยเครื่องบันทึกพิเศษได้หนึ่งครั้ง และไม่สามารถลบหรือแก้ไขได้

5) อีพรอม(Erasable PROM : EPROM) เป็นหน่วยความจำที่สามารถบันทึกโดยใช้เครื่องมือพิเศษ และสามารถลบข้อมูลโดยใช้แสงอัลตราไวโอเลต

6) อีอีพรอม(Electrically Erasable PROM : EEPROM) เป็นหน่วยความจำที่ผู้ใช้สามารถลบข้อมูลได้โดยอาศัยการกระตุ้นด้วยแรงดันไฟฟ้าที่สูงกว่าปกติจนทำให้ข้อมูลที่อยู่ภายในสูญหายไป และสามารถบันทึกคำสั่งหรือโปรแกรมใหม่ได้

7) ส่วนเชื่อมต่อภายนอก (input/output)

8) ส่วนจับเวลาและตัวนับ (timer-counter)

9) ส่วนควบคุมการขัดจังหวะการทำงาน (Interrupt Controller)

โครงสร้างโดยทั่วไปของไมโครคอนโทรลเลอร์จะมี 5 ส่วนใหญ่ๆได้แก่

1. หน่วยประมวลผลกลางหรือซีพียู(CPU : Central Processing Unit) ทำหน้าที่ประมวลผลข้อมูลที่เข้ามาในระบบและส่งต่อไปยังส่วนต่างๆเพื่อควบคุมการทำงานต่อไป

2. หน่วยความจำ(Memory)มีสองส่วน คือ หน่วยความจำที่มีไว้เก็บโปรแกรมหลัก(Program Memory) เปรียบเสมือนฮาร์ดดิส(Hard Disc) ของคอมพิวเตอร์ซึ่งจะเก็บข้อมูลไว้แม้ไม่มีไฟฟ้าหล่อเลี้ยง ข้อมูลก็ไม่สูญหาย อีกส่วนคือ หน่วยความจำข้อมูล(Data Memory) ใช้เป็นเหมือนกระดาษทดในการคำนวนของซีพียู(CPU) หรือหน่วยความจำชั่วคราว ซึ่งข้อมูลจะหายไป เมื่อไม่มีไฟฟ้าหล่อเลี้ยง แต่ไมโครคอนโทรลเลอร์ในปัจจุบันมีทั้งที่เป็นหน่วยความจำข้อมูล ที่ถ้าไม่มีไฟฟ้าหล่อเลี้ยงข้อมูลก็จะหายไปหรือความจำชั่วคราว และเป็นอีอีพรอม (EEPROM : Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory) ซึ่งเก็บข้อมูลได้ได้โดยไม่มีไฟฟ้าหล่อเลี้ยง

3. ส่วนติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอกหรือพอร์ต(Port) มี 2ลักษณะคือ พอร์ตอินพุต(Input Port)และพอร์ตเอาท์พุต(Output Port) ซึ่งพอร์ตอินพุต(Input Port)มีหน้าที่รับสัญญาณจากอุปกรณ์อื่นและส่งสัญญาณสั่งการให้อุปกรณ์อื่นทางพอร์ตเอาท์พุท(Output Port)

4. ช่องทางเดินของสัญญาณหรือบัส(Bus) คือเส้นทางการส่งสัญญาณระหว่าง ซีพียู(CPU) หน่วยความจำและพอร์ต เป็นสายสัญญาณจำนวนมากในไมโครคอนโทรลเลอร์โดยมีข้อมูล 3ลักษณะคือ บัสข้อมูล(Data bus) บัสแอดเดรส(Address Bus)และบัสควบคุม(Control Bus)

5. วงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกาจะเป็นตัวกำหนดความถี่ในการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวนั้นๆ ได้ อีกทั้งยังมีส่วนพิเศษอื่นๆ [10] เช่น

- ADC(Analog to Digital) คือหน่วยที่แปลงสัญญาณอานาล็อกที่รับมาเป็นสัญญาณดิจิตอล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- DAC(Digital to Analog) คือหน่วยที่แปลงสัญญาญดิจิตอลที่รับมาเป็นสัญญาณอานาล็อก

- PWN(Pulse Width Modulation)สามารถใช้สร้างสัญญาณพัลล์แบบสเควร์เวฟที่สามารถเปลี่ยนค่าความถี่และ Duty cycle ได้ เพื่อนำไปควบคุมอุปกรณ์ต่างๆได้เช่น มอเตอร์ เป็นต้น

2.5 หลักการทำความเย็นแบบระเหย

ระบบทำความเย็นแบบระเหยเป็นระบบที่อาศัยหลักการสร้างความเย็นโดยการระเหยและแลกเปลี่ยนความร้อนของน้ำกับอากาศ ซึ่งรูปแบบของการทำความเย็นนั้นทำได้หลายวิธีและหลายแบบแต่กต่างกันไปรูปแบบธรรมดาทั่วๆไป ในการการทำความเย็นแบบระเหยในปัจจุบันได้แก่ วิธีพ่นละอองน้ำโดยพ่นไปยังกลุ่มพืชหรือสัตว์เลี้ยงหรือจะเป็นวิธีการใช้ละอองหมอกและวิธีการทำความเย็นแบบระเหยผ่านแผ่นซับน้ำ (Cooling pad) ซึ่งระบบโรงเรือนการทำความเย็นแบบระเหยจะสามารถใช้ได้ทั้งกับการปลูกพืชและเลี้ยงสัตว์มีวัตถุประสงค์เดียวกันคือการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นภายในโรงเรือนให้เหมาะสมกับความต้องการเพื่อให้ได้ผลผลิตที่มีคุณภาพโดยการลดความสูญเสียเนื่องมาจากความร้อนและยังช่วยเพิ่มผลผลิตได้อีกแนวทางหนึ่ง [11]

ระบบการทำความเย็นที่ใช้เป็นการทำความเย็นแบบระเหย(Evaporative Cooling) คือกระบวนการทำความเย็นที่ทำให้ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศเพิ่มขึ้น โดยใช้การระเหยของน้ำช่วยในการทำความเย็น การทำความเย็นแบบระเหยนี้มีหลักการคือ ให้อากาศเคลื่อนตัวผ่านตัวกลางที่มีน้ำไหลผ่านในที่นี้ คือ แผ่นซับน้ำ (Cooling Pad) ในขณะที่อากาศที่มีอุณหภูมิสูงเคลื่อนตัวผ่านแผ่นซับน้ำจะถูกน้ำที่อุณหภูมิต่ำกว่าดูดความร้อน (Latent Heat) และน้ำบางส่วนได้รับความร้อนกลายเป็นไอส่งผลให้อุณหภูมิของอากาศที่เคลื่อนตัวผ่านแผ่นซับน้ำลดลง ส่วนประกอบที่สำคัญของโรงเรือนระบบการทำความเย็นแบบระเหย(Evaporative Cooling Greenhouse) มีดังนี้[12]

2.5.1 พัดลมดูดอากาศ

พัดลมดูดอากาศมีหน้าที่สำคัญในระบบโรงเรือนแบบปิดซึ่งจะทำหน้าที่ระบายอากาศออกนอกโรงเรือนเพื่อดึงความร้อนออกจากโรงเรือน จึงถือได้ว่าเป็นอุปกรณ์ที่สำคัญในระบบของโรงเรือนสำหรับการเลือกใช้พัดลมและระบบระบายอากาศมีดังนี้

1) ในโรงเรือนที่มีขนาดใหญ่พัดลมที่มีขนาดใหญ่ จะมีประสิทธิภาพดีกว่าพัดลมขนาดเล็กโดยควรเลือกขนาดพัดลมที่มีความเหมาะสมกับขนาดของโรงเรือน

2) การติดตั้งพัดลมควรติดตั้งพัดลมดูดอากาศที่ตอนปลายของโรงเรือนพัดลมที่อยู่ด้านข้างจะมีประสิทธิภาพดีกว่าพัดลมที่อยู่ด้านหน้า เพราะพัดลมที่อยู่ด้านหน้าสามารถดูดอากาศได้มาก

3) ในการออกแบบทิศทางของพัดลม เพื่อดูดอากาศควรหันพัดลมไปในทิศทางเดียวกันกับลมในช่วงฤดูร้อนถ้าเป็นไปได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4) ถ้าติดตั้งกรวยสังกะสีเพื่อรีดอากาศออก ประสิทธิภาพของพัดลมจะเพิ่มขึ้น 14% เพราะพัดลมจะสามารถดูดอากาศได้เต็มที่

5) การติดตั้งบานเกล็ด (shutter) ที่พัดลมเพื่อป้องกันลมจากอากาศภายนอกย้อนกลับเข้ามาภายในโรงเรือน ในกรณีที่พัดลมตัวหยุดทำงานจะทำให้ประสิทธิภาพของระบบระบายอากาศจะลดลง นอกจากนี้ยังป้องกันสิ่งสกปรกเข้ามากับอากาศในเวลาที่พัดลมหยุดทำงาน

6) ถ้าโรงเรือนมีระบบพลางแสงจะช่วยลดประสิทธิภาพการระบายความร้อน 30-40%

7) ในกรณีที่โรงเรือนยาวกว่า 150 เมตร ควรติดตั้งพัดลมไว้ทั้งบริเวณต้นโรงเรือนและท้ายโรงเรือนหรือควรมีทางระบายอากาศด้านบนของโรงเรือนเพื่อให้อากาศร้อนลอยตัวออกไปและให้อากาศเย็นเข้ามาแทนที่ความเร็วลมเป็นในระบบโรงเรือนแบบปิดโดยความเร็วลมควรจะมีมากพอที่จะดึงความร้อนที่เกิดขึ้นในโรงเรือนทั้งหมดออกสู่ภายนอก

2.5.2 แผ่นซับน้ำ (Cooling Pad)

แผ่นซับน้ำถูกออกแบบเพื่อให้ทั้งน้ำและอากาศผ่านได้ในเวลาเดียวกันแผ่นซับน้ำทำจากวัสดุที่มีความทนต่อน้ำเช่นเซลลูโลสเคลือบติดกันด้วยกาวมีความหนาแน่นและความสูง หลายขนาด เช่น 150 เซนติเมตร(5ฟุต) 180 เซนติเมตร (6ฟุต) ความหนาแน่นจะมีผลต่อการลดประสิทธิภาพการลดอุณหภูมิและความเร็วของอากาศภายในโรงเรือน แผ่นซับน้ำยังมีคุณสมบัติอีกคือกระจายลมที่ผ่านให้มีความสม่ำเสมอโดยปกติอายุการใช้งานจะอยู่ระหว่าง 2-5 ปี ขึ้นอยู่กับคุณภาพของน้ำที่ใช้และการควบคุมไม่ให้แร่ธาตุสะสมในน้ำมากเกินไปสำหรับการเลือกใช้หรือติดตั้งแผ่นรังผึ้งควรพิจารณาดังนี้

1) ควรเลือกใช้แผ่นรังผึ้งให้เหมาะสมกับขนาดของโรงเรือน

2) ในโรงเรือนที่มีขนาดยาวมากการติดตั้งแผ่นซับน้ำควรติดตั้งอยู่กลางโรงเรือน และติดตั้งพัดลมอยู่ต้นและท้ายของโรงเรือน

3) ประสิทธิภาพของแผ่นซับน้ำจะขึ้นอยู่กับความหนา หนามากจะมีประสิทธิภาพมาก

4) การเลือกแผ่นซับน้ำควรพิจารณาจากความเร็วลมและประสิทธิภาพของแผ่นซับน้ำ

5) การติดตั้งแผ่นซับน้ำควรติดตั้งที่ส่วนต้นของโรงเรือนตรงข้ามกับพัดลม

6) ไม่ควรให้เกิดตะไคร่น้ำที่แผ่นซับน้ำ เพื่อไม่ให้เกิดการอุดตันของแผ่นซับน้ำ

7) แผ่นซับน้ำต้องมีน้ำเลี้ยงอยู่เสมอ

8) แผ่นซับน้ำจะมีค่าความเร็วของอากาศที่สามารถผ่านแผ่นซับน้ำได้อยู่ค่าหนึ่งซึ่งค่านี้ต้องทราบจากผู้ผลิตในพื้นที่ที่มีระบบแคลเซียมสูงในน้ำ จะต้องหมั่นทำความสะอาดแผ่นซับน้ำ และถังเก็บน้ำเป็นระยะๆ เพื่อป้องกันการตกตะกอนของแคลเซียม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.3 ปั๊มน้ำและถังพักน้ำ (Pump and Storage Tank)

ปั๊มน้ำและถังพักน้ำเป็นส่วนประกอบที่สำคัญที่ใช้ในการหมุนเวียนน้ำ โดยปั๊มน้ำจะเป็นตัวส่งน้ำจากถังพักน้ำไปยังแผ่นซับน้ำผ่านท่อ ส่วนถังพักน้ำจะทำหน้าที่เป็นตัวเก็บสำรองน้ำเพื่อให้ปั๊มส่งไปยังแผ่นซับน้ำและรับน้ำกลับจากแผ่นซับน้ำสำหรับการเลือกใช้หรือติดตั้งปั๊มและถังพักน้ำควรพิจารณาตามคุณสมบัติดังต่อไปนี้

1) ปั๊มน้ำควรมีแรงดันพอที่จะจ่ายน้ำทั่วระบบแต่ถ้าแรงดันมากเกินไปจะทำให้เกิดปัญหาน้ำไหลไม่ทั่วแผ่นรังผึ้งเกิดการอุดตันได้ง่าย

2) ท่อที่จ่ายน้ำจากปั๊มควรลงตอนกลางของแผ่นรังผึ้งด้านบนและให้ได้ระดับเพื่อให้น้ำไหลกระจายอย่างสม่ำเสมอลงทุกส่วนของแผ่นรังผึ้ง

3) รูที่ท่อน้ำเหนือแผ่นรังผึ้งควรมีทิศทางหันออกนอกโรงเรือนเพื่อไม่ให้น้ำกระเด็นเข้าภายในโรงเรือนและไม่อุดตันง่ายเกินไป

4) ตอนปลายของท่อน้ำควรติดตั้งประตูน้ำฝาครอบท่อน้ำควรออกแบบให้สามารถถอดออกเพื่อทำความสะอาดท่อและซ่อมแซมรูที่อุดตันได้ง่าย

5) ควรมีการติดตั้งที่กรองน้ำก่อนที่จะนำน้ำที่ใช้แล้วมาหมุนเวียนใช้ใหม่เพื่อป้องกันการอุดตันและยังเป็นการทำความสะอาดได้อีกทาง

6) บ่อที่รับน้ำจากอุปกรณ์ทำความเย็นแบบระเหย ควรติดตั้งระบบกรองน้ำให้มีความสะอาดหรือถ้ามีบ่อพักน้ำมากว่าหนึ่งบ่อควรติดตั้งระบบกรองน้ำให้มีความสะอาดก่อนไหลไปยังบ่อพักน้ำที่สอง

7) บ่อพักน้ำควรติดตั้งอยู่กึ่งกลางของอุปกรณ์ทำความเย็นแบบระเหย มีฝาปิดเปิดที่สามารถป้องกันแมลงสัตว์อื่นๆและแสงแดดได้ดีและต้องง่ายต่อการบำรุงรักษา

8) ควรติดตั้งระบบปิดเปิดน้ำได้โดยอัตโนมัติเพื่อให้ปริมาณน้ำที่ใช้ได้อย่างเพียงพอ

9) ถังเก็บน้ำหรือบ่อเก็บน้ำสำรองต้องมีปริมาณพอเพียงที่สามารถเก็บน้ำเพื่อใช้งานได้นานอย่างน้อยหนึ่งชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 โรงเรือนเพาะเห็ดและทฤษฎีการออกแบบระบบการทำความเย็นแบบระเหย

2.6.1 แบบของโรงเรือน[13]

1) แบบถาวร อายุการใช้งานนานหลายปี ซึ่งวัสดุที่ใช้สร้างจะมีความคงทนถาวรและมีค่าใช้จ่ายในการสร้างที่สูงและเหมาะกับการเพาะปลูกเห็ดที่มีราคาแพง เช่น โรงเรือนสังกะสี โรงเรือนกระเบื้องลอน โรงเรือนเพาะเห็ดระบบปิด เป็นต้น แต่จะมีปัญหาเรื่องของความร้อน จึงควรทำหลังคาให้สูงและมีท่อน้ำพาดบนหลังคาเพื่อปล่อยน้ำรดลงมาในเวลาที่อุณหภูมิสูง

2) แบบชั่วคราว อายุการใช้งาน 1-3 ปี เหมาะกับผู้ที่มีทุนทรัพย์น้อยเพิ่งหัดเพาะเห็ดหรือเพื่อเพาะเห็ดไว้รับประทานเอง ซึ่งจะมีโครงสร้างที่ง่ายและใช้วัสดุธรรมชาติเป็นหลัก เช่น โรงเรือนที่ทำจากไม้ไผ่และคลุมด้วยหญ้าคา เป็นต้น

แบบของโรงเรือนขึ้นอยู่กับความต้องการของผู้ปลูก แต่ทั้งนี้ทั้งนั้นต้องคำนึงถึงว่าโรงเรือนเพาะเห็ดที่ดีควรสามารถเก็บรักษาความชื้นได้ดี มีการระบายอากาศได้ดีมีชั้นวางก้อนเชื้อเห็ดที่เหมาะสม

2.6.2 ประเภทของโรงเรือนเพาะเห็ด

1) โรงเรือนสำหรับเขี่ยเชื้อเห็ด เป็นโรงเรือนที่ใช้สำหรับเขี่ยเชื้อเห็ดเข้าไปในถุงหรือขวดที่จะทำการเพาะ ซึ่งโดยปกติแล้วหากผลิตก้อนเชื้อเห็ด 2,000 ก้อนต่อวัน อาจจะใช้ห้องเขี่ยขนาด 3 x 6 เมตร สูง 2 เมตร โดยแบ่งเขี่ยเป็น 2 รอบ รอบละ 1,000 ก้อน เพดานภายในห้องเขี่ยเชื้อให้ติดหลอดแสงอัลตราไวโอเลต ขนาด 30 แรงเทียน จำนวน 3 หลอด วางขวางกับความยาวของห้องห่างกันประมาณจุดละ 2 เมตร บนเพดานหรือด้านข้างควรติดเครื่องกรองอากาศชนิดกรองเชื้อจุลินทรีย์ไว้ด้วย อย่างน้อย 2 เครื่อง เพื่อช่วยดูดและกรองอากาศให้บริสุทธิ์ก่อนเป่าเข้าไปในห้องขณะที่ทำการเขี่ยเชื้อเห็ดอยู่ นอกจากนี้ในห้องเขี่ยเชื้อควรจะห้องเล็กๆ ก่อนเข้าไปทำงาน เพื่อใช้เป็นห้องในการเปลี่ยนเสื้อหรือสวมเสื้อคลุม และอุปกรณ์เครื่องใช้ในห้องเขี่ย บานประตูเข้า – ออกกับห้องใหญ่ควรเป็นประตูที่เลื่อนได้ เพื่อป้องกันการดูดเอาอากาศไม่บริสุทธิ์เข้าไปในห้องเขี่ยเชื้อเห็ด

2) โรงเรือนบ่มก้อนเชื้อเห็ด เป็นโรงเรือนที่ใช้พักก้อนเชื้อเห็ดที่ได้ผ่านการเขี่ยเชื้อลงไปแล้วเพื่อให้เส้นใยเดินจนทั่วก้อนเชื้อเห็ด โดยขนาดของโรงเรือนปกติทั่วไปจะมีขนาดดังนี้ กว้าง 4 เมตร x ยาว 6-8 เมตร สูง 2.5 เมตร และหากทำก้อนเชื้อเห็ดจำนวนมากควรมีโรงเรือนบ่มเพาะเชื้อเห็ดหลายโรง ซึ่งมีลักษณะดังนี้

- ฝาและหลังคามุงด้วยหญ้าคาหรือจาก มีแสงลอดเข้าไปได้
- ชั้นวางก้อนเชื้อเห็ดทำด้วยไม้ไผ่หรือไม้ไผ่ราวเล็กๆ ซึ่งแช่น้ำไว้ 1 เดือน เพื่อกันมอด
- ชั้นวางก้องเชื้อเห็ด 1-1.5 เมตร มี 5-6 ชั้น แต่ละชั้นให้ห่างกัน 45 เซนติเมตร ส่วนชั้นล่างสุดห่างจากพื้นประมาณ 30 เซนติเมตร
- ทำชั้นตามความยาวของโรงเรือน มี 2 แถว และมีทางเดินรอบชั้นวาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- พื้นควรเป็นซีเมนต์หรือพื้นทราย

3) โรงเรือนที่ใช้ในการเปิดดอกเห็ด เป็นโรงเรือนที่สร้างขึ้นเพื่อใช้ในการทำให้เห็ดออกดอกโดยเฉพาะ ซึ่งลักษณะการสร้างโรงเรือนสามารถดัดแปลงได้อย่างกว้างขวาง ทั้งรูปแบบที่ใช้และวัสดุที่ใช้ในการประกอบโรงเรือน และการทำชั้น ซึ่งจะต้องคำนึงถึงขนาดของกิจการ ที่ตั้ง ประเภทของเห็ด วัสดุ ทุนทรัพย์ เป็นต้น ขนาดของโรงเรือนไม่ควรใหญ่จนเกินไป เพราะยากต่อการดูแลรักษา ทั้งความชื้นและการกำจัดศัตรู การสร้างโรงเรือนเปิดดอกควรคำนึงถึงหลักการดังนี้

- เก็บความชื้นได้ดี (มีความชื้นสัมพัทธ์สูงกว่า 85 เปอร์เซ็นต์ขึ้นไป เกินกว่า 4 ชั่วโมง)

- มีการระบายอากาศได้ดี เนื่องจากเห็ดแต่ละถุงจะมีการหายใจปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกมา เมื่อมีก๊าซชนิดนี้มากๆ จะมีผลต่อการผลิตและรูปร่างของเห็ดได้ โรงเรือนเพาะเห็ดที่มีการถ่ายเทไม่ดีจะสงผลให้มีผลผลิตน้อย ดอกเห็ดเบี้ยวมีขนาดเล็ก ดังนั้นโรงเรือนจะต้องมีการจัดให้มีการระบายอากาศออกทางด้านข้างหรือด้านบนบ้าง เพื่อระบายก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกไป

- มีอุณหภูมิปานกลางประมาณ 28-32 องศาเซลเซียส

- สะอาดไม่เป็นแหล่งสะสมเชื้อโรค

- ทำงานได้สะดวก มีไม่แคบไม่มีน้ำขัง มีแสงสว่างเพียงพอ

- สร้างด้วยวัสดุที่ราคาถูก ประหยัดเนื้อที่ และวางก้อนเชื้อเห็ดได้จำนวนมาก

- ห่างจากแหล่งเชื้อรา และแมลงศัตรูเห็ด

ทศพร จันทร์โสภา และคณะ[14] ได้ทำการทดลองโรงเรือนสาธิตระบบทำความเย็นแบบระเหย โดยได้ทำการทดลองควบคุมอุณหภูมิและความชื้น พบว่าน้ำสามารถลดอุณหภูมิได้ 0.5-7 °C และเมื่อทำการทดลองที่อุณหภูมิแวดล้อมภายนอก 36-40 °C ในสภาวะที่มีการคลุมโรงเรือนจะสามารถรักษาอุณหภูมิภายในโรงเรือนได้ประมาณ 29.5-33 °C โดยขึ้นอยู่กับสภาวะอากาศภายนอกเป็นหลักสามารถดูได้จาก[15] ตารางที่ 2.2 อัตราการไหลของน้ำและปริมาตรถังพักน้ำที่แนะนำสำหรับการติดตั้งแผ่นรังผึ้งในแนวตั้ง และ ตารางที่ 2.3 ความเร็วของอากาศที่ไหลผ่านแผ่นซับน้ำที่แนะนำในวัสดุที่ต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.2 อัตราการไหลของน้ำและปริมาตรถังพักน้ำที่แนะนำสำหรับการติดตั้งแผ่นรังผึ้งในแนวตั้ง

ชนิดของแผ่นซับน้ำ และความหนา	อัตราการไหลของน้ำต่อหน่วยความยาวของแผ่นซับน้ำน้อยสุด(ลิตร/นาที*เมตร)	ปริมาณความจุของถังพักน้ำที่น้อยที่สุดต่อพื้นที่แผ่นซับน้ำ(ลิตร/เมตร^2)
1) Aspen fiber 2 to 4 in (50 to 100 mm)	4	20
2) Aspen fiber, desert conditions 2 to 4 in (50 to 100 mm)	5	20
3) Corrugated cellulose 4 in (100 mm)	6	30
4) Aspen fiber 6 in (150 mm)	10	40

ตารางที่ 2.3 ความเร็วของอากาศที่ไหลผ่านแผ่นซับน้ำที่แนะนำในวัสดุที่ต่างกัน

ชนิดของแผ่นซับน้ำและความหนา	ความเร็วของอากาศที่ผ่านพื้นที่หน้าตัดของแผ่นซับน้ำ(m/s)
1) Aspen fiber, 2 to 4 in (50 to 100 mm)	
-ติดตั้งแผ่นซับน้ำในแนวตั้ง	0.75
-ติดตั้งแผ่นซับน้ำในแนวนอน	1.00
2) Corrugated cellulose, 4 in (100 mm)	1.25
3) Corrugated cellulose, 6 in (150 mm)	1.75

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7 ลักษณะโรงเรือนที่เหมาะสมกับเห็ดนางฟ้าภูฐาน

เห็ดนางฟ้าภูฐานจะออกดอกและเปิดดอกในสภาวะที่มีความชื้นสูงประมาณ 60-80 เปอร์เซ็นต์ขึ้นไป จึงจำเป็นที่จะต้องเพาะเห็ดในโรงเรือนที่เก็บความชื้นได้ในระดับ60-80 เปอร์เซ็นต์ขึ้นไป โรงเรือนสำหรับเพาะเห็ดนางฟ้าภูฐานจะนิยมทำเป็นโรงเรือนชั่วคราว ใช้วัสดุไม่ถาวร ลงทุนไม่มาก เสาทำด้วยไม้ไผ่หรือเสาเข็ม หลังคามุงด้วยจากหรือหญ้าคา ความสูงของโรงเรือนวัดจากด้านล่างขึ้นไปประมาณ 1.8 – 2 เมตร มีความลาดชันของหลังคาประมาณ 20 – 30 องศา ควรมีประตูเข้าออกด้านหน้า 1 ประตู ขนาดพอลำเลียงก้อนเชื้อเห็ดได้สะดวก มีช่องระบายอากาศเสียขนาดเล็กกว่าหน้าต่าง 1 -2 ช่อง พื้นควรเป็นพื้นคอนกรีตหรือถมด้วยทรายหยาบและอิฐหักได้ ซึ่งการสร้างโรงเรือนก็ขึ้นกับความต้องการของผู้ปลูกจะสร้างเป็นแบบถาวรหรือแบบชั่วคราวแต่ละแบบก็จะมีค่าใช้จ่ายและอายุการใช้งานที่ต่างกัน ตัวอย่างโรงเรือนเพาะเห็ดแบบชั่วคราวที่สามารถนำไปใช้สำหรับผู้ที่ต้องการทำเป็นงานอดิเรก มีพื้นที่ไม่มากและเพาะเห็ดในจำนวนที่น้อย สามารถนำไม้มาต่อเป็นตู้ โดยตีไม้เป็นกรอบหรือโครงขนาดกว้าง 1 เมตร ยาว 1 เมตร สูง 1.5 เมตร จากนั้นนำผ้าพลาสติกมาปิดโดยรอบแล้วเหลือด้านหนึ่งปล่อยคลุมไว้เฉยๆ เพื่อใช้เป็นประตูในการเข้าออก พลาสติกที่ใช้คลุมอาจจะเป็นแบบสีหรือแบบใสขุ่นก็ได้ ทำชั้นภายในโรงเรือนสองถึงสามชั้นเพื่อจะได้วางถุงเพาะเชื้อเห็ดได้มากถุงยิ่งขึ้น และตู้นี้ควรวางในมุมอับลมและไม่ถูกแดดส่องโดยตรง เนื่องจากเห็ดนางฟ้าภูฐานเป็นเห็ดที่เพาะง่าย ดูแลง่าย ทำให้สามารถสร้างโรงเรือนที่เหมาะสมได้ง่าย เป็นที่นิยมปลูกกันอย่างแพร่หลาย

2.8 โรคและแมลงศัตรูพืชของเห็ดนางฟ้าภูฐาน

การเพาะเห็ดในถุงพลาสติกย่อมมีโรคแมลงศัตรูเห็ดระบาดไม่มากก็น้อย[16] รวมทั้งเชื้อราปนเปื้อน ซึ่งส่วนใหญ่เกิดจากถุงเห็ดชำรุดมาก่อน ทำให้เมื่อนำเห็ดมาเปิดดอกในโรงเรือนแล้วเห็ดออกดอกน้อย ได้แก่ เชื้อราปนเปื้อนที่พบได้แก่ ราเขียว Trichoderma sp. ซึ่งมีอัตราการเจริญเติบรวดเร็ว ทำให้เชื้อเห็ดชะงักการเจริญเติบโต ราดำ Aspergillus niger เกิดในถุงที่มีอาหารเสริมสูง ราสีส้ม Neurospora และราเมือกสีเหลือง Physarum polycepharum พบตามถุงเห็ดที่วัสดุเพาะเน่าและภายในโรงเห็ดมีความชื้นสูง โรงเพาะเห็ดไม่มีอากาศถ่ายเทพอ ถ้ามีราปนเปื้อนมากควรงดใส่น้ำตาลและแป้ง หนอนแมลงหวี่เชียริดหรือแมลงหวี่เห็ดปีกดำ พวกนี้มีลำตัวสีขาวใสหรือสีเขียวอ่อน หัวมีสีดำยาวประมาณ 5 – 7 ซ.ม. เคลื่อนไหวเร็วและกินจุมาก ตัวอ่อนจะกัดกินเส้นใยเห็ด- ศัตรูอื่นๆ มีระบาดบ้างแต่ละท้องถิ่น เช่นเห็ดหมื่นปีหรือเห็ดหลินจือมีเพลี้ยไฟชนิดหนึ่งระบาด ทำให้ดอกเหี่ยวและสีคล้ำและมีด้วงปีกแข็งชนิดหนึ่งเจาะดอกเห็ด เห็ดนางรมและเห็ดนางฟ้า มีคุณสมบัติทางกลิ่นที่ดึงดูดโรคและแมลงศัตรูเห็ดได้เป็นอย่างดี ดังนั้นจึงมีศัตรูเห็ดรบกวนหลายชนิด เช่น หนูและแมลงสาบ เริ่มเข้าทำลายตั้งแต่ระยะเชื้อและดอกเห็ดการกำจัดควรใช้ยาเบื่อหรือกาวดักไร ตัวไรจะดูดกินน้ำเลี้ยงระยะก้อนเชื้อและดอกเห็ด ทำให้ผลผลิตลดลง พบว่าการระบาดของไรมีมากเมื่อความ ชื้นต่ำ จึงควรให้ความชื้นอย่างสม่ำเสมอ การไม่ปล่อยให้เกิดการหมักหมมของก้อนเชื้อบริเวณโรงเพาะ ก็เป็นการลดจำนวนไรได้ทางหนึ่ง การปราบไรควรเน้นเรื่องความสะอาดและการป้องกันมากกว่าการใช้สารเคมีเพราะจะเป็นอันตราย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มาถึงคนกินเห็ดได้- แมลงหวี่ เกิดกับดอกเห็ดที่อายุมากแมลงหวี่จะเข้ามาตอมและวางไข่เป็นหนอนแล้วแพร่พันธุ์ ควรนำก้อนเชื้อชนิดนี้ออกจากโรงเพาะ- โรคจุดเหลือง พบในเห็ดที่มีอายุมากที่ตกค้างในการเก็บหรือเป็นเพราะน้ำที่ใช้รดสกปรก โดยเฉพาะเมื่ออากาศร้อนจัดดัง รูปที่ 2.7 ลักษณะของการเกิดราเมือก ราเมือก มีลักษณะเป็นสายสีเหลือง มีกลิ่นคาวจัด สามารถระบาดโดยสปอร์ได้ ควรป้องกันโดยการเอาก้อนเชื้อที่หมดอายุและเศษวัสดุในเรือนเพาะออกอย่าให้เกิดการหมักหมม

2.9 ปัญหาที่พบเสมอในการเพาะเห็ดนางฟ้า

ในการเพาะเห็ดนางรม เห็ดนางฟ้าจะมีปัญหาเช่นเดียวกับการเพาะเห็ดชนิดอื่นๆ ซึ่งสามารถจำแนกได้ดังนี้[17]

2.9.1 เส้นใยไม่เจริญลงในถุงขี้เลื่อย หลังจากที่ได้ใส่เชื้อเห็ดลงไปสาเหตุเกิดจาก
- -หัวเชื้อเห็ดไม่มีคุณภาพหรือหมดอายุ
- -ปุ๋ยหมักมีสารเคมีที่เป็นอันตรายต่อเห็ด ตลอดจนมีความเป็นกรดหรือด่างมากเกินไป
- -ปุ๋ยหมักแฉะเกินไปและเกิดจุลินทรีย์อื่นๆ ขึ้นปะปน

2.9.2 เส้นใยเดินบางมาก ในบางครั้งหลังจากบ่มเชื้อแล้วเส้นใยเจริญทั่วก้อนแต่เดินบางมาก ทำให้เกิดดอกเห็ดได้น้อย อาจเกิดจาก
- -การขาดอาหารเสริมอาหารน้อยเกินไป
- -การนึ่งฆ่าเชื้อไม่หมดยังมีเชื้อจุลินทรีย์ต่างๆ เจริญอยู่
- -ใช้วัสดุเพาะที่ไม่เหมาะกับเห็ดชนิดนี้

2.9.3 เส้นใยเดินเพียงครึ่งถุง แล้วไม่เดินต่อไปอีก
- -ปุ๋ยหมักก้นถุงชื้นหรือเปียกแฉะเกินไป

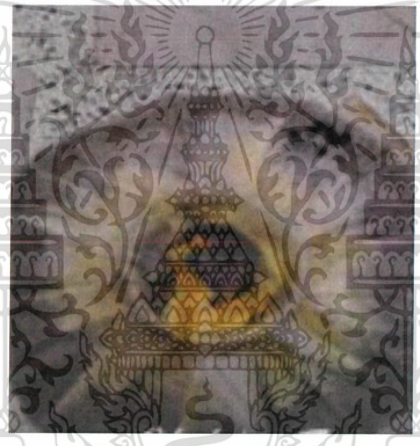
2.9.4 ออกดอกช้าเกิดจาก
- -นำก้อนเชื้อไปเปิดดอกในขณะที่เส้นใยยังไม่รัดตัว
- -การถ่ายเทอากาศไม่ดีเชื้อเห็ดอ่อนเกินไป จากการต่อเชื้อมาแล้วหลายครั้ง
- -ความชื้นไม่เพียงพอ

2.9.5 ดอกเห็ดเล็กไม่โตและให้ผลผลิตต่ำ
- -เชื้ออ่อนแอ ต้องคัดหรือเลี้ยงเนื้อเยื่อใหม่
- -อาหารภายในถุงไม่เพียงพอเพราะดอกเห็ดเกิดเป็นดอกเล็กๆ ขึ้นจำนวนมาก

2.9.6 เกิดเป็นดอกช้าและไม่เจริญเติบโต มีอาการเหี่ยวเฉาตาย
- -เชื้อจุลินทรีย์เข้าทำลายขณะเปิดถุงเนื่องจากโรงเรือนสกปรก
- -มีน้ำขังในถุงมากเกินไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.5 ลักษณะของการเกิดเชื้อราปนเปื้อนในก้อนเชื้อเห็ด



รูปที่ 2.6 ลักษณะของการเกิดเป็นดอกช้าและไม่เจริญเติบโตจะมีอาการเหี่ยวเฉาตาย

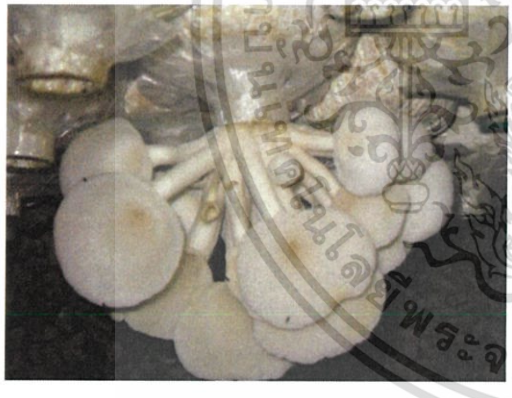
รูปที่ 2.7 ลักษณะของการเกิดราเมือก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.8 ลักษณะของการเกิดโรคจุดเหลือง

2.10 ลักษณะของเห็ดนางฟ้าภูฐาน

เห็ดนางฟ้าภูฐานจะมีลักษณะด้านบนของดอกจะมีสีนวลๆ ถึงสีน้ำตาลอ่อน มีขนาดตั้งแต่ 5 - 14 เซนติเมตร และจะมีน้ำหนักอยู่ระหว่าง 30 - 120 กรัม



รูปที่ 2.9 เห็ดนางฟ้าภูฐานที่มีด้านบนของดอกจะมีสีนวล

รูปที่ 2.10 เห็ดนางฟ้าภูฐานที่มีด้านบนของมีสีน้ำตาลอ่อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การคำนวณและการออกแบบระบบควบอุณหภูมิและความชื้นอัตโนมัติ โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ในโรงเรือนแบบปิดเพื่อการเพาะเลี้ยงเห็ดนางฟ้าภูฐาน

3.1 ขั้นตอนการออกแบบและสร้างระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นอัตโนมัติ

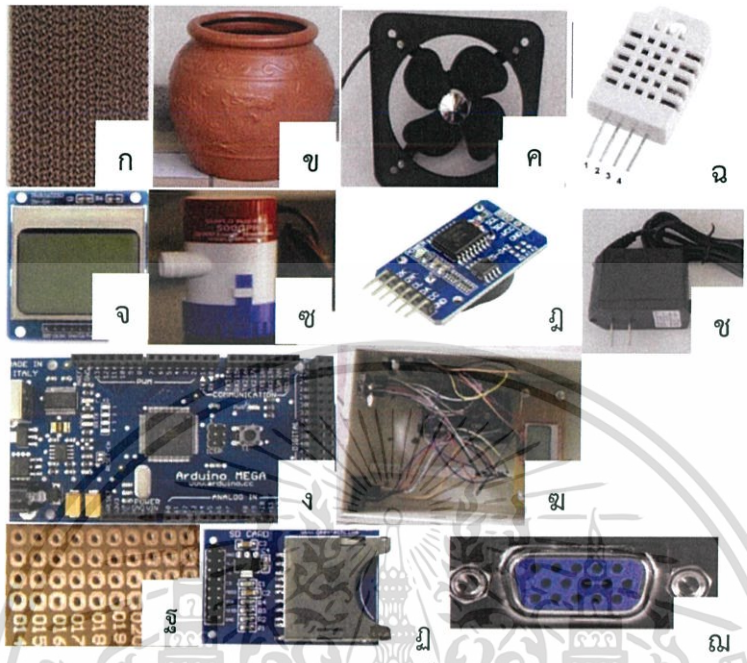
3.1.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้างระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นอัตโนมัติแบ่งออกเป็น 2 ส่วนดังนี้

1. ส่วนฮาร์ดแวร์(Hardware) ประกอบด้วย ไมโครคอนโทรลเลอร์ เซนเซอร์ ระบบการทำความเย็นแบบระเหย ระบบระบายอากาศ โดยอุปกรณ์ที่ใช้ในระบบสามารถแสดงได้ตามรูปที่ 3.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในระบบ

- แผ่นซับน้ำ(Cooling Pad)
- ถังพักน้ำ
- พัดลมดูดอากาศ(Fan)
- ไมโครคอนโทรลเลอร์ใช้ Aduino Mega2560
- หน้าจอแสดงผลโนเกีย 5110(Nokia 5110 LCD)
- เซนเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้นใช้ DHT 22 สามารถวัดอุณหภูมิในช่วง -40 ถึง 125 °C และช่วงความชื้น 0 ถึง 100 %RH
- ตัวแปลงไฟฟ้า (Addapter)
- ปั๊มน้ำ (Pump)
- วีจีเอ (VGA Port)
- โมดูลเอสดีการ์ด (SD card Module)
- โมดูลดีเอส3231(DS3231)
- แผ่นไข่ปลา(Protobroad)
- สายไฟ

2. ส่วนซอฟต์แวร์(Software) ชุดคำสั่ง หรือ โปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในระบบ ก)แผ่นซับน้ำ(Cooling Pad) ข)ถังพักน้ำ ค)พัดลมดูดอากาศ(Fan) ง)ไมโครคอนโทรลเลอร์ Aduino Mega2560 จ)หน้าจอแสดงผลโนเกีย 5110(Nokia 5110 LCD) ฉ)เซนเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้น DHT 22 ช)ตัวแปลงไฟฟ้า (Addapter) ซ)ปั๊มน้ำ (Pump) ญ)วีจีเอ VGA Port) ฎ)โมดูลเอสดีการ์ด (SD card Module) ฏ)โมดูลดีเอส3231(DS3231) ฐ)แผ่นไข่ปลา(Protobroad)

3.1.2 ขั้นตอนการคำนวณค่าเพื่อหาขนาดของอุปกรณ์ต่างๆ

1. เขียนแบบโรงเรือนโดยใช้โปรแกรม Autodesk Inventor แล้วใช้โปรแกรมคำนวนหาค่าปริมาตรโรงเรือน

$\dot{V}$=6.43 m^3/min หรือ 385.8 m^3/hrหรือ 227.073 ft^3/min หรือ 13,624.4 ft^3/hr

กำหนด air change rate คือ 1 (โรงเรือนเพาะเห็ด)

ดังนั้น อัตราการระบายอากาศของโรงเรือนเพาะเห็ดต้องการคือ

$\dot{V}$ x air change rate = 6.43 m^3/min

ซึ่งเลือกซื้อพัดลมดูดอากาศรุ่น KFA-20C ยี่ห้อ Chun Tian©ซึ่งมีอัตราการระบายอากาศอยู่ที่ 14m^3/min ซึ่งมากกว่าที่ต้องการ แต่สามารถนำมาปรับลดความเร็วรอบของพัดลมเพื่อให้เหมาะสมกับระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. เลือกขนาดแผ่นซับน้ำจากตลาดมีขนาด 300mm x 900mm x 150mm
ความเร็วลมที่ผ่านแพด = 0.6 m/s [14]

อัตราการไหลผ่านแพด $\dot{V}_{pad}$ = พื้นที่แผนซับน้ำ (A) x ความเร็วลมที่ผ่านแผ่นซับน้ำ (v)

= 0.3x0.9x0.6

= 0.162 m^3/s/plate

= 9.72m^3/min/plate

= 583.2 m^3/hr/plate

3. หาจำนวนแพดที่ใช้ = $\frac{\dot{V}}{\dot{V}_{pad}} = \frac{43}{9.72} = 0.66$ แผ่น

4. อัตราการไหลของของน้ำที่ใช้หล่อเลี้ยงแผ่นซับน้ำ = 10 l/min/m [15]

5. หาขนาดของถังน้ำที่ใช้ในการหล่อเลี้ยงแผ่นซับน้ำ มากกว่า 24l[15]

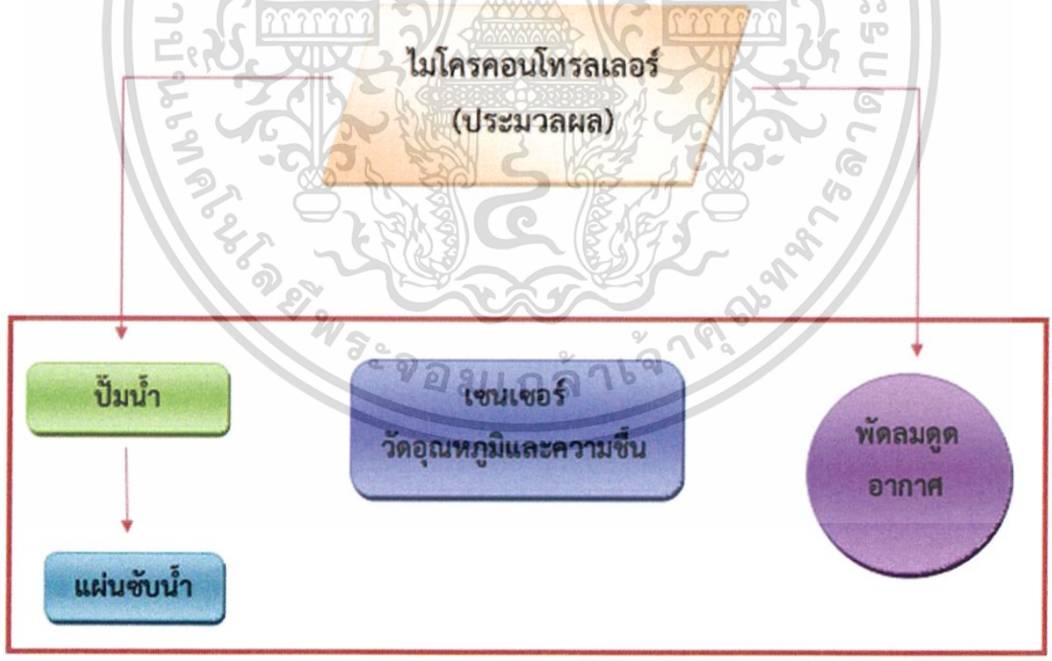
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 การทำงานของระบบ

ขั้นตอนการทำงานเบื้องต้นในภาพรวมของระบบนั้นสามารถแบ่งออกเป็น 3 ส่วนหลักๆคือ ส่วนรับค่า (Receptor) ซึ่งก็คือเซนเซอร์ ส่วนประมวลผล(Computer) ซึ่งก็คือไมโครคอนโทรลเลอร์ และส่วนอุปกรณ์ทำงาน(Actuator) ซึ่งก็คือระบบทำความเย็นแบบระเหย แสดงได้ดัง รูปที่ 3.2 แผนผังการทำงานของระบบ

ระบบจะถูกควบคุมด้วยไมโคคอนโทรลเลอร์ รูปที่ 3.3 แผนผังการทำงานของอุปกรณ์ในระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นอัตโนมัติโดยไมโครคอนโทรลเลอร์จะรับสัญญาณจากเซนเซอร์(Sensor) วัดอุณหภูมิและความชื้น แล้วนำไปประมวลมวลผล ถ้าอุณหภูมิหรือความชื้นที่วัดได้มีค่าสูงกว่าที่กำหนด ไมโครคอนโทรลเลอร์จะสั่งให้พัดลมและปั๊มน้ำทำงานเพื่อรักษาอุณหภูมิและความชื้นในระบบทำความเย็นแบบระเหยไว้

รูปที่ 3.2 แผนผังการทำงานของระบบ



รูปที่ 3.3 แผนผังการทำงานของอุปกรณ์ในระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 ขั้นตอนการประกอบชิ้นส่วนของระบบ

3.3.1 นำตัวต้านทานขนาด 10 kΩ เชื่อมต่อระหว่างขา 1 กับขา 2 ของ DHT22 แล้วเชื่อมต่อขาเชื่อม (Connector) เข้ากับแผ่นไข่ปลา(Protoboard) เพื่อให้ง่ายสำหรับการต่อสายไฟในโรงเรือนดังรูปที่ 3.4 การเชื่อมต่อตัวต้านทานกับแผ่นไข่ปลา(Protoboard) เข้ากับ DHT22

รูปที่ 3.4 การเชื่อมต่อตัวต้านทานกับแผ่นไข่ปลา(Protoboard) เข้ากับ DHT22

3.3.2 เขียนโปรแกรมวัดอุณหภูมิและความชื้นเพื่อใช้ทดสอบกับ DHT22 ว่าสามารถใช้งานได้หรือเซนเซอร์มีข้อบกพร่องอะไรหรือไม่

3.3.3 เขียนโปรแกรมเพื่อให้เซนเซอร์ DHT22 ทั้ง 6 ตัว วัดค่าอุณหภูมิและความชื้นเฉลี่ย

3.3.4 ทำการปรับเทียบ(Calibration) เซนเซอร์ DHT22 กับเทอร์โมมิเตอร์กระเปราะเปียกกระเปราะแห้งเพื่อตรวจสอบความแม่นยำของเซนเซอร์

3.3.5 เขียนโปรแกรมเพื่อตรวจสอบการใช้งานของ Data logger เพื่อทดสอบการใช้งานก่อนนำไปใช้ในระบบจริง

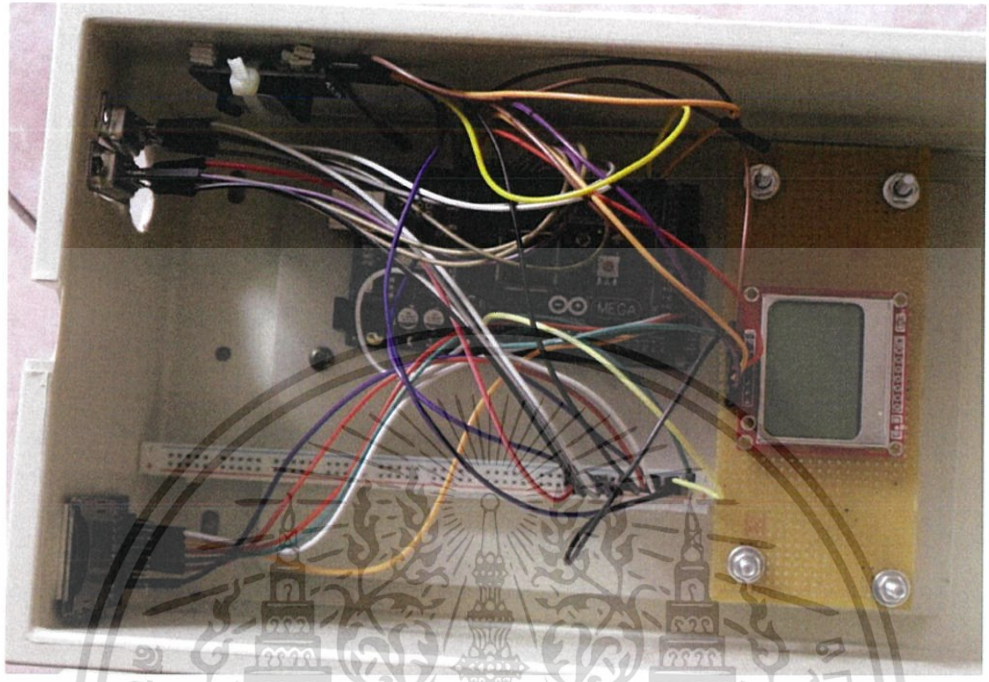
3.3.6 ตรวจสอบการใช้งานของโมดูลดีเอส3231(DS3231) และทำการตั้งเวลาครั้งแรกให้กับโมดูลดังกล่าวเพื่อใช้เป็นเวลาอ้างอิงหลักในการทำงานของระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นอัตโนมัติ

3.3.7 เขียนโปรแกรมเพื่อควบคุมระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นอัตโนมัติ พร้อมทั้งประกอบชิ้นส่วนในข้อที่ 3.3.1 – 3.3.6 เข้ากับระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นอัตโนมัติและติดตั้งในกล่องวงจรเพื่อทำการติดตั้งระบบดังกล่าวในโรงเรือนต่อไป

3.3.8 นำกล่องวงจรของระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นอัตโนมัติไปทำการติดตั้งในโรงเรือนสำหรับเพาะเห็ดนางฟ้าภูฐาน

3.3.9 เก็บค่าที่ได้จากระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นอัตโนมัติเพื่อนำไปวิเคราะห์คุณสมบัติทางพลศาสตร์และการตอบสนองของระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.5 กล่องระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นอัตโนมัติ 1) โมดูลดีเอส3231(DS3231) 2) วีจีเอ พอร์ต (VGA Port) 3) ไมโครคอนโทรลเลอร์ รุ่น Arduino Mega 2560 4) หน้าจอแสดงผลแอลซีดี รุ่น Nokia 5110 5) โมดูลเอสดีการ์ด(SD card Module)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 ขั้นตอนการติดตั้งโรงเรือน

- ใช้โครงโรงเรือนแบบถอดประกอบเพื่อใช้เหล็กแผ่นปะรอบโรงเรือนดังรูปที่ 3.6 โครงโรงเรือนแบบถอดประกอบ
- ปะเหล็กแผ่น(Metal Sheet) บนโครงโรงเรือนดัง รูปที่ 3.7 ปะเหล็กแผ่น (Metal Sheet) กับโครงโรงเรือน
- บุฉนวนด้วยแผ่นโฟมรอบโรงเรือนดูรูปที่ 3.8 บุฉนวนด้วยแผ่นโฟมรอบโรงเรือน
- รองพื้นโรงเรือนด้วยแผ่นไวนิล
- ติดพัดลมและครีบเพื่อกระจายอากาศภายในโรงเรือนดูรูปที่ 3.9 พัดลมดูดอากาศหน้าแผ่น
- ติดตั้งระบบให้กับโรงเรือน

รูปที่ 3.6 โครงโรงเรือนแบบถอดประกอบ

รูปที่ 3.7 ปะเหล็กแผ่น (Metal Sheet) กับโครงโรงเรือน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.8 บุฉนวนด้วยแผ่นโฟมรอบโรงเรือน

รูปที่ 3.9 พัดลมดูดอากาศหน้าแผ่นซับน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5 โค้ดที่ใช้ทดสอบเซนเซอร์ DHT22 เพื่อวัดอุณหภูมิและความชื้นของอากาศและตรวจสอบการทำงานของเซนเซอร์ DHT22

สามารถดูส่วนของ Code ได้ที่ภาคผนวก 1

3.6 โค้ดที่ใช้ในการควบคุมระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นอัตโนมัติ

ในส่วนของหัวข้อที่ 3.5 และ 3.6 นั้นสามารถแสดงได้ที่ภาคผนวก 1 และ 2 ตามลำดับ

3.7 ขั้นตอนการวางแผนการทดลองระบบ

3.7.1 การทดลองหาอัตราการไหลของปั๊ม

ได้ทำการหาอัตราการไหลของปั๊มโดยใช้บอลวาล์ว(Ball Valve) เพื่อควบคุมอัตราการไหลที่องศาการหมุนที่ 360°(1รอบ),720°(2รอบ),900°,1080°(3รอบ),1260°,1440°(4รอบ) โดยใช้ปริมาตรขนาด 6000 cm^3 ในการทดลองนี้ และได้อัตราการไหลดัง ตารางที่ 3.1 ตารางการทดลองหาอัตราการไหลของปั๊มที่องศาการหมุนต่างๆ

ตารางที่ 3.1 ตารางการทดลองหาอัตราการไหลของปั๊มที่องศาการหมุนต่างๆ

รอบหมุนvalve (องศา)	เวลา(วินาที)				อัตราการไหล (cm^3/s)
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย	
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
360 (1รอบ)	52.50	50.00	50.00	50.83	118
720 (2รอบ)	28.00	32.00	28.00	29.33	204
900 (2รอบครึ่ง)	23.00	20.00	21.00	21.33	281
1080 (3รอบ)	19.50	18.50	18.50	18.83	318
1260 (3รอบครึ่ง)	18.00	18.50	18.50	18.33	327

3.7.2 การทดลองหาอัตรการไหลของพัดลมดูดอากาศเหนือประตูโรงเรือน

วางแผนการทดลองโดยทำการใช้เครื่องวัดความเร็วลมวัดความเร็วลมที่ทางออกของพัดลมดูดอากาศทั้งหมด 5 ครั้ง แล้วนำค่าความเร็วไปคำนวณหาอัตราการไหล จากสมการ Q=AV แล้วนำค่าที่ได้มาเทียบกับค่าจากข้อมูลทางเทคนิคของพัดลมจากโรงงานผลิตเพื่อหาประสิทธิภาพของพัดลมดูดอากาศดังกล่าว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.7.3 การทดลองหาอัตราการไหลของพัดลมหน้าแผ่นซับน้ำ

ในการหาอัตราการไหลของพัดลมดูดอากาศหน้าแผ่นซับน้ำนี้ได้ใช้เครื่องวัดความเร็วลมในการหาค่าความเร็วของลมที่จุดต่างกัน 4 จุด ที่องศาการหมุนตัวต้านทานปรับค่าได้ (Potentiometer) ต่างๆโดยมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของพัดลมดูดอากาศเป็น 0.4 เมตรได้พื้นที่หน้าตัดพัดลมเป็น 0.12 m^2 แสดงค่าได้ดังตารางที่ 3.2 ตารางแสดงอัตราการไหลพัดลมหน้าแผ่นซับน้ำที่องศาหมุนต่างๆ

ตารางที่ 3.2 ตารางแสดงอัตราการไหลพัดลมหน้าแผ่นซับน้ำที่องศาหมุนต่างๆ

รอบการหมุนตัวต้านทาน(องศา)	speed(m/s)				avg	Q
	1	2	3	4	m/s	(m^3/s)
0	0	0	0	0	0	0.00
90	1.3	1.4	2	1.7	1.6	0.20
180	4	4.8	3.2	3.6	3.9	0.49
270	4.6	5.3	5.7	4.4	5	0.63
300	4.4	5.5	6.6	5.3	5.4	0.68

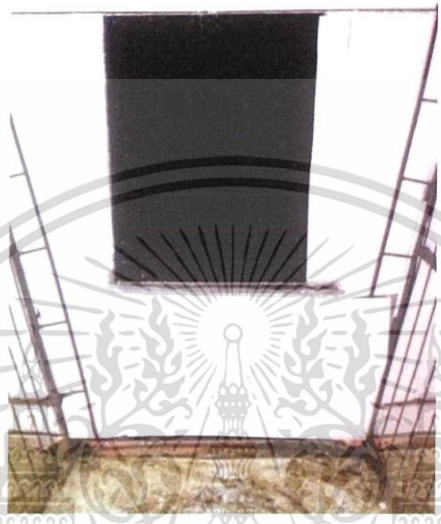
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.7.4 การทดลองเลือกลักษณะการติดตั้งพัดลมหน้าแผ่นซับน้ำ

ได้ทำการวางแผนการทดลองไว้ 3 แบบเพื่อทำการเปรียบเทียบแบบที่ดีที่สุดโดยวางแผนการทดลองดังนี้

แบบที่ 1 ระบบเดิมที่ภายในโรงเรือนไม่มีพัดหน้าแผ่นซับน้ำดังรูปที่ 3.10 ลักษณะการทดลองแบบที่ 1

แบบที่ 2 ระบบที่ติดตั้งพัดลมหน้าแผ่นซับน้ำ ดังรูปที่ 3.11 ลักษณะการทดลองแบบที่ 2



รูปที่ 3.10 ลักษณะการทดลองแบบที่ 1

รูปที่ 3.11 ลักษณะการทดลองแบบที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบที่ 3 ระบบที่ติดตั้งพัดลมหน้าแผ่นซับน้ำพร้อมที่ครอบพัดลมดังรูปที่ 3.12 การทดลองแบบที่ 3 โดยในแต่ละแบบจะทำการทดสอบที่ช่วงเวลาที่ใกล้เคียงกันที่อัตราการไหลของน้ำผ่านแผ่นซับน้ำเป็น

รูปที่ 3.12 การทดลองแบบที่ 3

327 cm^3/s และอัตราการไหลของพัดลมหน้าแผ่นซับน้ำเป็น 0.49 m^3/s แล้วทำการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของ อุณหภูมิ ความชื้น ภายนอกและภายในโรงเรือนเทียบกับเวลาต่อไป

3.7.5 การวางแผนการทดลองเพื่อหาอิทธิพลของอัตราการไหลของพัดลมหน้าแผ่นซับน้ำต่อสภาวะภายในโรงเรือน

โดยได้ทำการกำหนดค่าอัตราการไหลของน้ำคงที่ที่ 281 cm^3/s และอัตราการไหลของพัดลมหน้าแผ่นซับน้ำเป็น 0.2 m^3/s, 0.49 m^3/s และ 0.68 m^3/s และทำการวิเคราห์ความสัมพันธ์ของ อุณหภูมิ ความชื้น ภายนอกและภายในโรงเรือนเทียบกับเวลาต่อไป

3.7.6 การวางแผนการทดลองเพื่อหาอิทธิพลของอัตราการไหลของน้ำที่ไหลผ่านแผ่นซับน้ำต่อสภาวะภายในโรงเรือน

โดยได้กำหนดอัตราการไหลของพัดลมหน้าแผ่นซับน้ำคงที่ที่ 0.49 m^3/s และอัตราการไหลของน้ำผ่านแผ่นซับน้ำเป็น 118 cm^3/s, 281 cm^3/s, 319 cm^3/s และ 327 cm^3/s และทำการวิเคราห์ความสัมพันธ์ของ อุณหภูมิ ความชื้น ภายนอกและภายในโรงเรือนเทียบกับเวลาต่อไป

3.7.7 การวางแผนการเก็บผลผลิตเห็ดจากโรงเรือนที่มีระบบควบคุมสภาวะอากาศและโรงเรือนทั่วไป

โดยทำการเก็บตัวอย่างผลิตภัณฑ์จากก้อนเชื้อเห็ดที่มีการเลือกจากกลุ่มตัวอย่าง 25 ก้อน จากทั้ง 500 ก้อนจากทั้งสองโรงเรือน โดยวัดค่าน้ำหนักของช่อเห็ดกลุ่มตัวอย่างและจำนวนก้อนที่เกิดช่อ

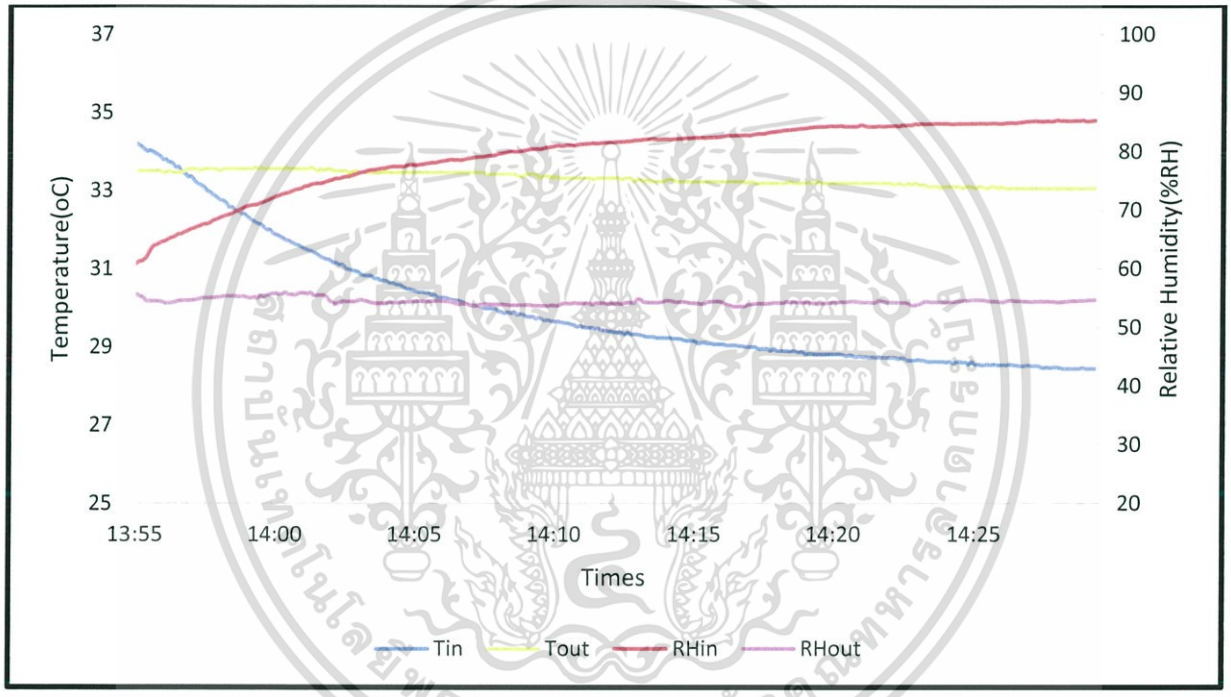
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลอง

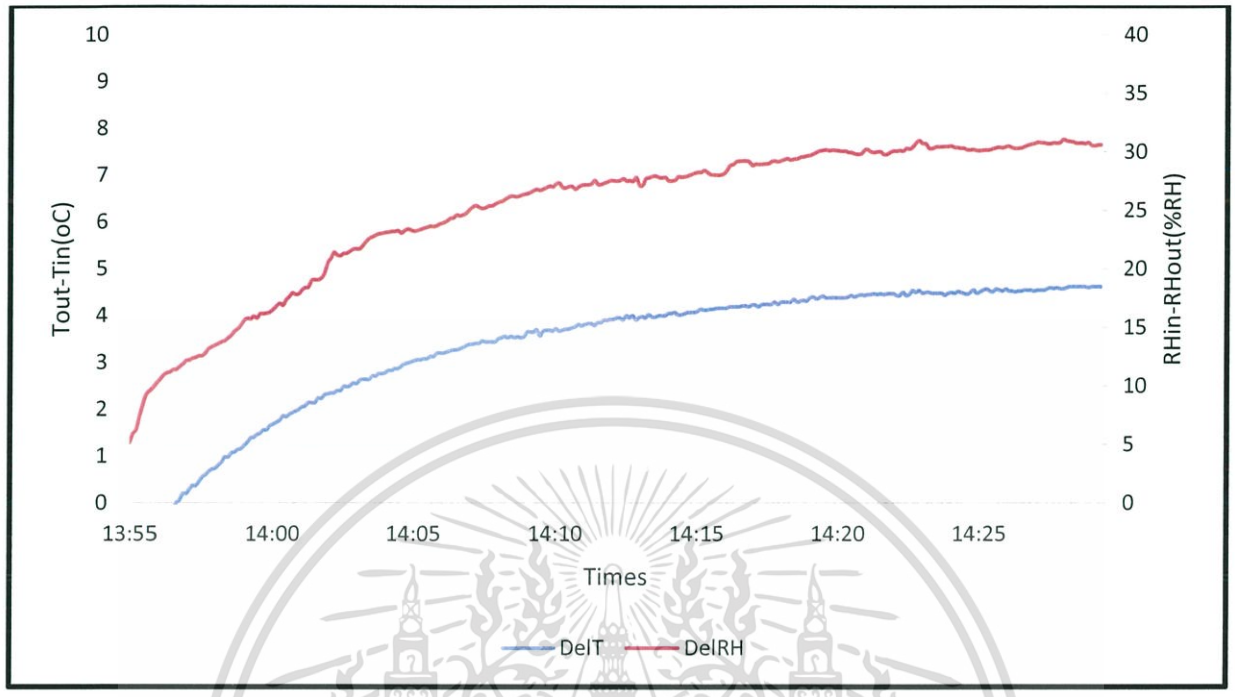
4.1 ผลการทดลองการเลือกลักษณะการติดตั้งพัดลมหน้าแผ่นซับน้ำ

ผลการทดลองแบบที่ 1 แสดงดัง รูปที่ 4.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง อุณหภูมิและความชื้น เทียบกับเวลาแบบที่ 1 และ รูปที่ 4.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างผลต่างของอุณหภูมิผลต่างของความชื้นสัมพัทธ์ มีผลต่างของอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ภายนอกกับภายในในช่วงสภาวะคงที่ประมาณ 4.5 °C และ 30%RH ใช้เวลาในการทำให้ผลต่างของอุณหภูมิและความชื้นต่างกันอย่างคงที่ปรมาณ 30 นาที



รูปที่ 4.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง อุณหภูมิและความชื้น เทียบกับเวลาแบบที่ 1

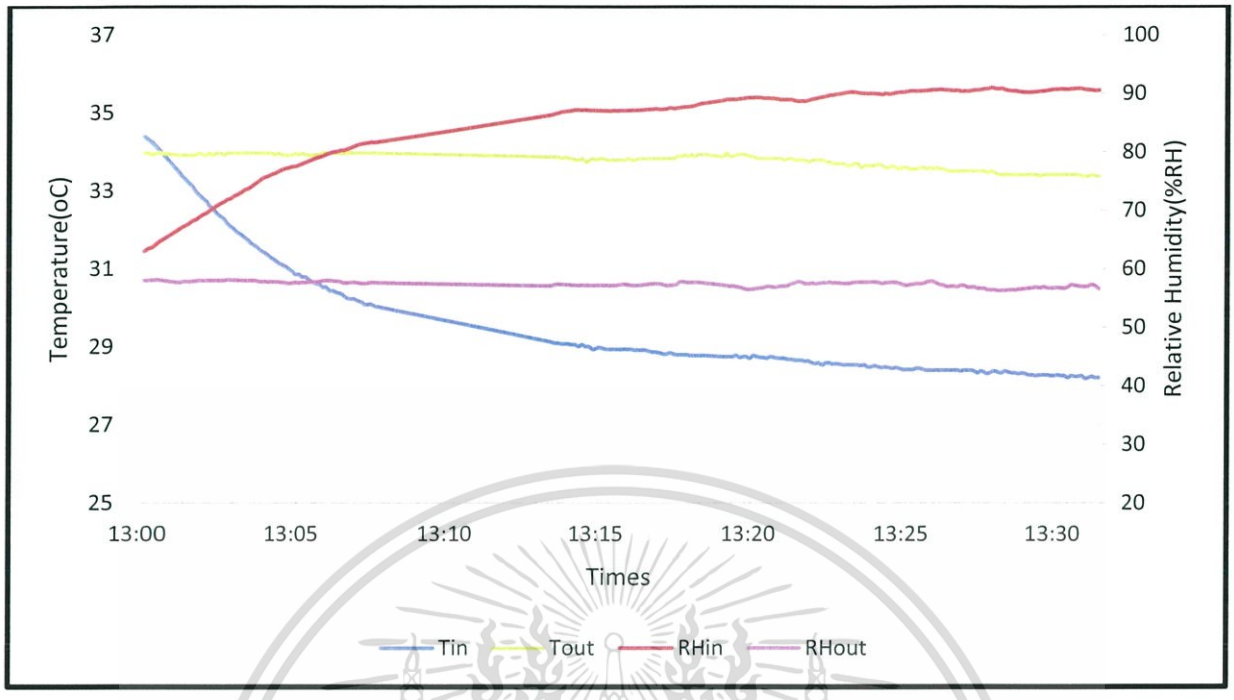
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



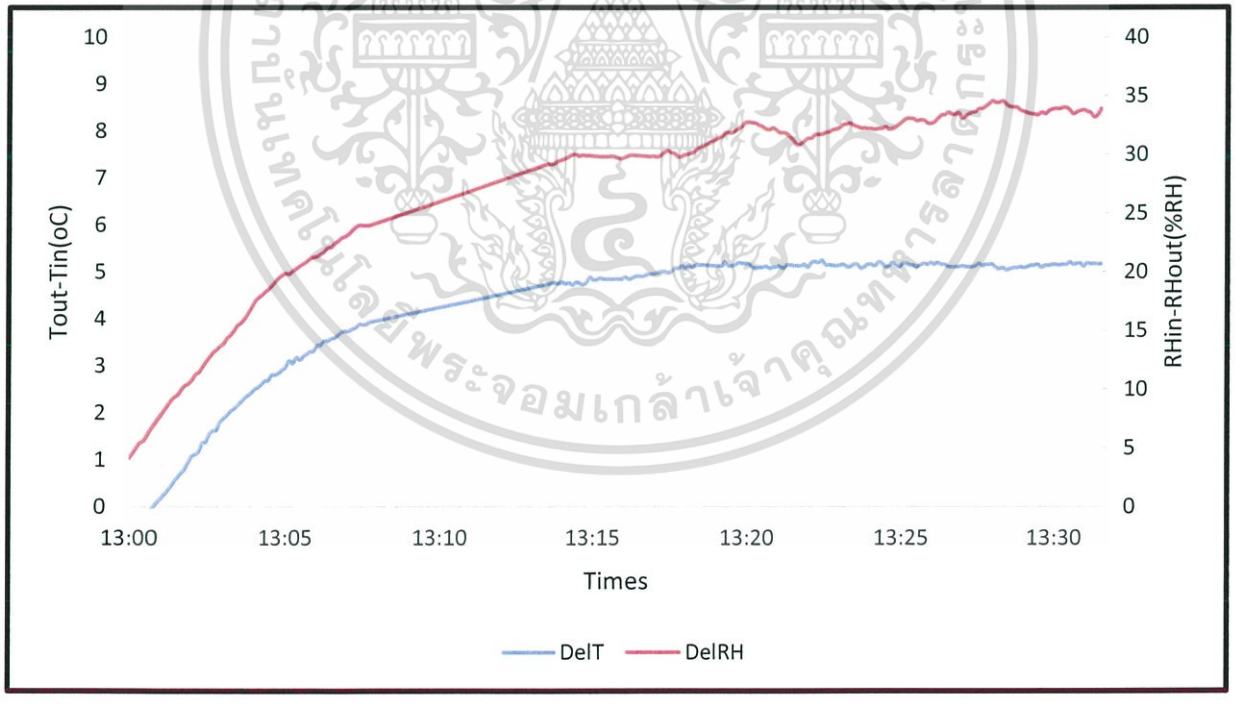
รูปที่ 4.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างผลต่างของอุณหภูมิผลต่างของความชื้นสัมพัทธ์ เทียบกับเวลาแบบที่ 1

ผลการทดลองแบบที่ 2 แสดงดังรูปที่ 4.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง อุณหภูมิและความชื้น เทียบกับเวลาแบบที่ 2 และ รูปที่ 4.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ผลต่างของอุณหภูมิ ผลต่างของความชื้นสัมพัทธ์ มีผลต่างของอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ภายนอกกับภายในในช่วงสภาวะคงที่ประมาณ 5 °C และ 33%RH ใช้เวลาในการทำให้ผลต่างของอุณหภูมิและความชื้นต่างกันอย่างคงที่ปรมาณ 25 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



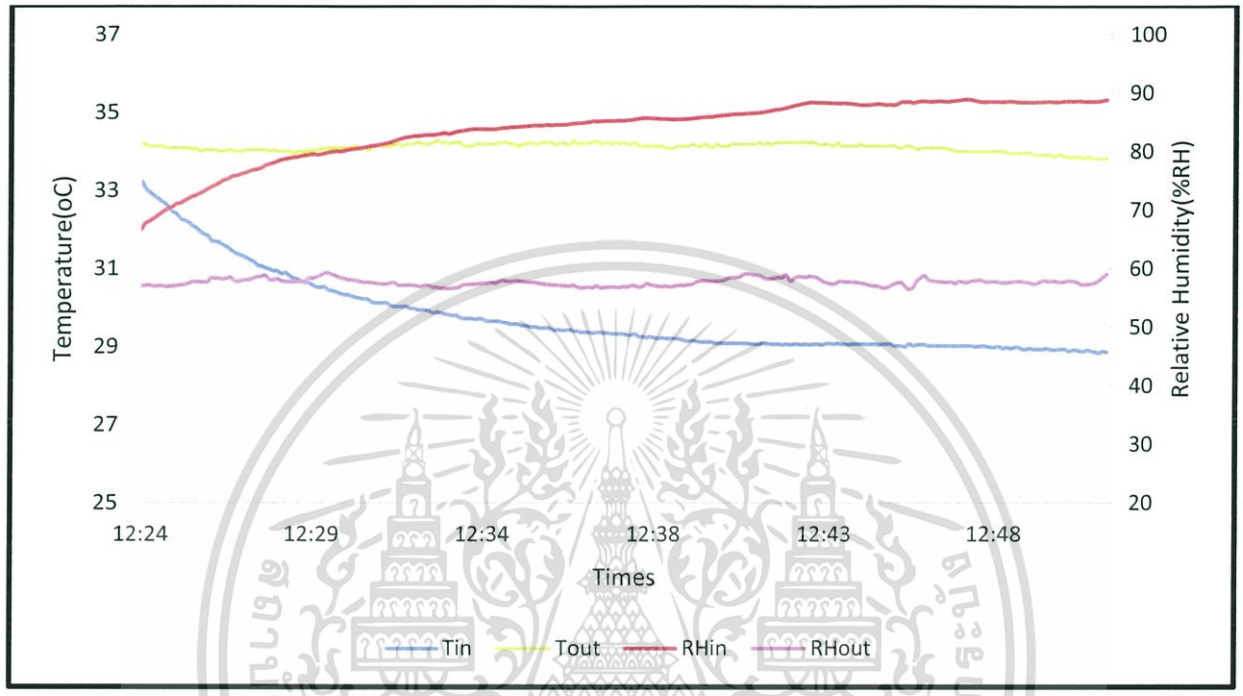
รูปที่ 4.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง อุณหภูมิและความชื้น เทียบกับเวลาแบบที่ 2



รูปที่ 4.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ผลต่างของอุณหภูมิ ผลต่างของความชื้นสัมพัทธ์ เทียบกับเวลาแบบที่ 2

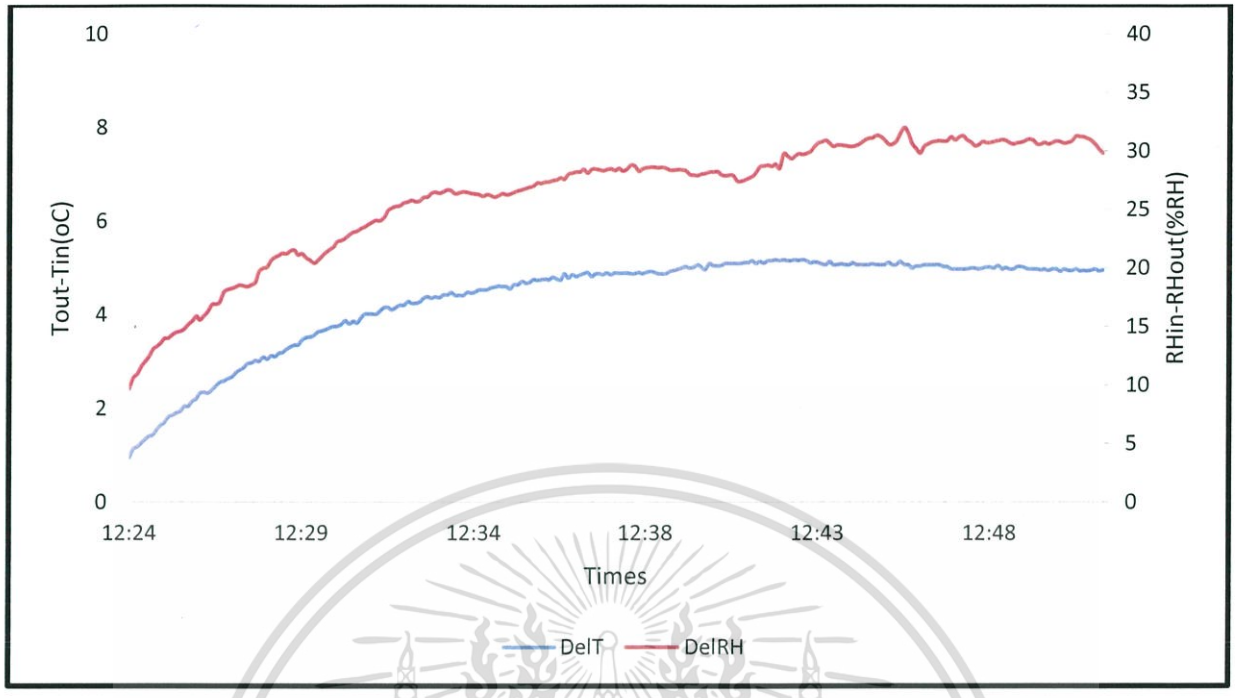
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลองแบบที่ 3 แสดงดัง รูปที่ 4.5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง อุณหภูมิและความชื้น เทียบกับเวลาแบบที่ 3 และ รูปที่ 4.6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ผลต่างของอุณหภูมิ ผลต่างของความชื้นสัมพัทธ์ มีผลต่างของอุณหภุมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ภายนอกกับภายในในช่วงสภาวะคงที่ประมาณ 5 °C และ 33%RH ใช้เวลาในการทำให้ผลต่างของอุณหภูมิและความชื้นต่างกันอย่างคงที่ปรมาณ 15 นาที



รูปที่ 4.5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง อุณหภูมิและความชื้น เทียบกับเวลาแบบที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ผลต่างของอุณหภูมิ ผลต่างของความชื้นสัมพัทธ์ เทียบกับเวลาแบบที่ 3

จากข้อมูลอุณหภูมิและความชื้นทั้งภายในและภายนอกโรงเรือนที่บันทึกโดย ดาต้าล็อคเกอร์ (Datalogger) ซึ่งทำการศึกษาพฤติกรรมของสภาวะที่เปลี่ยนไป โดยทำการทดสองสภาวะของระบบทั้ง 3 แบบ คือ แบบที่ 1 ระบบเดิมที่ภายในโรงเรือนไม่มีพัดลมหน้าแผ่นซับน้ำ

แบบที่ 2 ระบบที่ติดตั้งพัดลมหน้าแผ่นซับน้ำ

แบบที่ 3 ระบบที่ติดตั้งพัดลมหน้าแผ่นซับน้ำพร้อมที่ครอบพัดลม

โดย นำกราฟของผลต่างของอุณหภูมิ ผลต่างของความชื้นสัมพัทธ์ ของทั้ง 3 แบบมาทำการเปรียบเทียบกันจะสังเกตุได้ว่า

แบบที่ 1 สามารถทำให้ผลต่างของอุณหภูมิ ผลต่างของความชื้นภายในและภายนอกโรงเรือนต่างกันอย่างคงที่โดยใช้เวลา 30 นาที

แบบที่ 2 สามารถทำให้ผลต่างของอุณหภูมิ ผลต่างของความชื้นภายในและภายนอกโรงเรือนต่างกันอย่างคงที่โดยใช้เวลา 15 นาที

แบบที่ 3 สามารถทำให้ผลต่างของอุณหภูมิ ผลต่างของความชื้นภายในและภายนอกโรงเรือนต่างกันอย่างคงที่โดยใช้เวลา 25 นาที

จึงได้นำเอาลักษณะการติดตั้งแบบที่ 2 ไปใช้ในการทดลองถัดไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 ผลการหาประสิทธิภาพของพัดลมดูดอากาศเหนือประตู

จากการทดลองหาอัตรการไหลของพัดลมดูดอากาศเหนือประตูโรงเรือน ได้ค่าดังนี้

ตารางที่ 4.1 แสดงค่าความเร็วของพัดลมดูดอากาศ

ครั้งที่	ความเร็ว(m/s)
1	4.6
2	4.4
3	4.1
4	4.6
5	4.9
Average	4.52

เมื่อพัดลมมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 8 นิ้ว และมีพื้นที่หน้าตัดเป็น 0.0324 m^2 คำนวณหาอัตราการไหลจะได้ค่าเป็น 8.80 m^3/min ซึ่งจากคู่มือการใช้งาน ระบุค่าอัตราการไหลไว้เป็น 14 m^3/min ได้ประสิทธิภาพของพัดลมเป็น 62.86%

4.3 ผลการปรับเทียบค่าของเซ็นเซอร์แต่ละตัว

ได้สมการการปรับเทียบค่าของอุณหภูมิของเซ็นเซอร์แต่ละตัวจากการใช้ค่าในตารางที่ 4.2 ตารางบันทึกผลการปรับเทียบค่า (Calibrated) เซนเซอร์ DHT22 ทั้ง 6 ตัว กับ เทอร์โมมิเตอร์กระเปาะเปียกกระเปาะแห้ง เพื่อหาค่าความสัมพันธ์ แสดงในรูปที่ 4.7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกระเปราะแห้งที่ได้จากเทอร์โมมิเตอร์

จากเซนเซอร์DHT-22ตัวที่ 1 ถึง รูปที่ 4.18 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นที่ได้จากเทอร์โมมิเตอร์จากเซนเซอร์ DHT-22ตัวที่ 6

นำสมการความสัมพันธ์ดังกล่าวที่ได้จากการปรับเทียบไปใช้ปรับค่าของเซอร์เซอร์แต่ละตัวต่อไป แสดงให้เห็นได้ในส่วนของโค้ดที่ภาคผนวก 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 ตารางบันทึกผลการปรับเทียบค่า (Calibrated) เซนเซอร์ DHT22 ทั้ง 6 ตัว กับ เทอร์โมมิเตอร์กระเปาะเปียกกระเปาะแห้ง

Date and Time	เทอร์โมมิเตอร์กระเปาะเปียก-กระเปาะแห้ง			DHT sensor											
				1		2		3		4		5		6	
	Tแห้ง (°C)	Tเปียก (°C)	%RH	T (°C)	RH	T (°C)	%RH	T (°C)	%RH	T (°C)	%RH	T (°C)	%RH	T (°C)	%RH
14.20	29.50	21.50	48.90	29.50	43.10	29.50	42.30	29.40	40.30	29.50	39.90	29.70	60.00	29.40	42.90
14.30	29.50	21.50	48.90	29.80	42.10	29.80	42.10	29.70	40.30	29.70	38.80	30.10	30.10	29.60	40.70
14.40	30.00	22.00	49.30	29.80	40.50	29.70	40.70	29.70	38.90	29.90	36.60	29.50	56.40	29.50	39.00
14.50	29.50	21.50	48.90	29.80	38.00	29.80	38.80	29.60	37.30	29.90	34.70	29.80	54.00	29.70	36.50
15.00	29.50	21.50	48.90	29.80	38.00	29.80	38.50	29.60	37.30	29.90	34.70	29.50	54.00	29.70	36.50
15.10	29.50	21.50	48.90	29.70	39.50	29.60	39.70	29.70	37.70	29.80	35.70	29.90	66.20	29.80	37.60
15.20	29.00	21.00	48.40	29.90	40.10	29.70	40.30	30.00	38.10	29.80	36.50	30.00	48.00	29.80	38.10
15.30	29.00	21.00	48.40	30.30	38.20	30.40	37.70	30.40	35.90	30.40	34.20	31.30	64.50	30.30	36.00
15.40	29.00	21.00	48.40	30.40	36.80	30.40	36.50	30.40	34.80	30.50	32.80	31.20	64.10	30.30	34.50
15.50	29.50	21.00	46.20	30.20	34.90	30.20	34.60	30.30	33.00	30.30	31.20	30.40	62.60	30.30	32.40
16.00	29.00	20.00	43.00	29.80	38.20	29.70	38.00	29.90	35.80	29.70	34.70	29.90	67.00	29.90	35.70
16.10	29.00	20.00	43.00	29.80	36.20	29.70	36.20	29.90	34.30	29.80	32.60	29.90	64.80	29.90	33.70
16.20	29.50	21.00	46.20	29.90	36.10	29.80	36.10	29.90	34.30	29.80	32.60	30.00	66.50	30.00	34.10
16.30	29.50	21.00	46.20	29.60	39.20	29.60	38.60	29.80	36.50	29.60	35.40	29.80	69.00	29.70	36.80
16.40	29.00	21.00	48.40	29.80	37.70	29.70	37.50	29.80	35.70	29.70	34.10	29.90	67.80	29.90	35.20
16.50	29.00	21.50	51.10	29.30	39.20	29.30	38.90	29.40	36.90	29.30	35.50	29.50	70.00	29.40	36.70
17.00	29.50	21.00	46.20	29.50	38.60	29.40	38.30	29.50	36.30	29.40	34.90	29.60	69.00	29.50	36.30
17.10	29.00	21.00	48.40	29.50	39.40	29.40	39.30	29.60	37.30	29.40	35.90	29.70	70.30	29.60	37.00
17.20	29.00	21.00	48.40	29.30	39.40	29.20	39.20	29.40	37.20	29.30	35.80	29.40	70.00	29.30	37.10
17.30	29.00	21.00	48.40	29.40	39.30	29.30	39.10	29.40	37.20	29.30	35.60	29.50	69.90	29.40	36.90

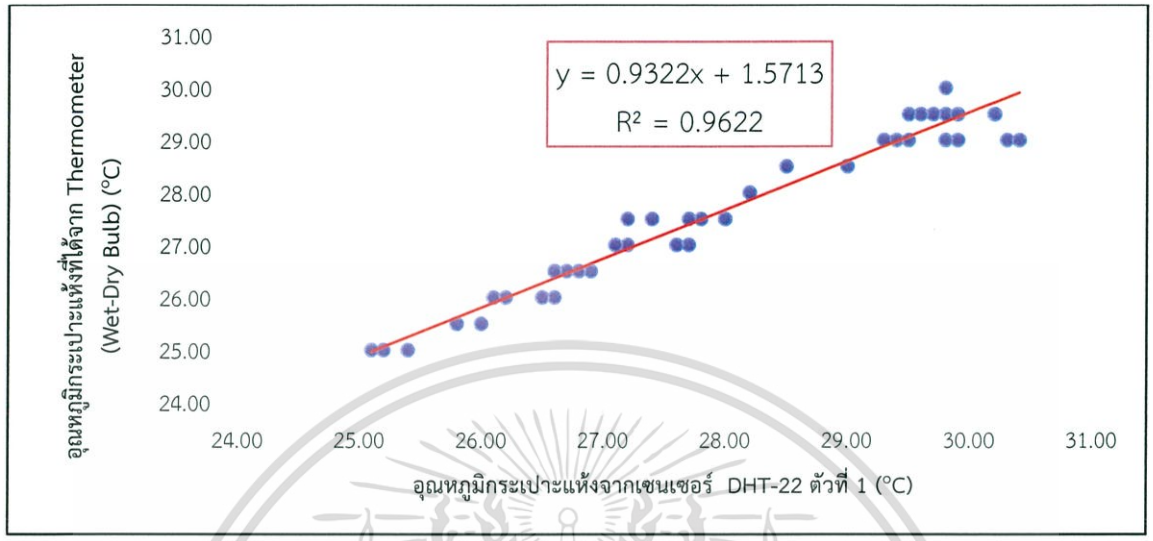
ตารางที่ 4.2 (ต่อ)

Date and Time	เทอร์โมมิเตอร์กระเปาะเปียก-กระเปาะแห้ง			DHT sensor											
				1		2		3		4		5		6	
	Tแห้ง (°C)	Tเปียก (°C)	%RH	T (°C)	RH	T (°C)	%RH	T (°C)	%RH	T (°C)	%RH	T (°C)	%RH	T (°C)	%RH
17.40	29.00	21.00	48.40	29.30	39.40	29.20	39.20	29.30	37.30	29.20	35.60	29.40	70.50	29.40	37.10
17.50	28.50	21.50	53.50	29.00	41.40	29.00	41.10	29.10	39.00	29.00	37.60	29.20	72.40	29.10	38.80
18.00	29.00	21.50	51.10	28.70	42.90	28.70	42.40	28.80	40.10	28.70	38.90	28.80	73.90	28.80	40.30
18.10	28.50	22.00	56.40	28.50	43.60	28.40	43.30	28.60	41.00	28.40	39.60	28.60	75.60	28.50	41.00
18.20	28.00	22.00	59.00	28.20	45.70	28.20	45.70	28.40	43.50	28.20	41.90	28.30	77.60	28.30	43.30
18.30	27.50	22.00	61.10	28.00	49.70	28.00	49.60	28.10	47.10	27.90	45.20	28.00	81.50	28.10	47.90
18.40	27.50	22.00	61.10	27.80	50.00	27.70	50.10	27.90	47.70	27.70	46.10	27.80	82.10	27.80	47.70
18.50	27.50	22.00	61.10	27.80	49.00	27.70	48.40	27.90	46.20	27.70	44.30	27.80	81.10	27.90	45.90
19.00	27.50	22.00	61.10	27.70	50.40	27.70	50.10	27.80	47.70	27.70	46.20	27.80	82.10	27.70	48.20
19.10	27.00	22.00	64.50	27.70	50.40	27.60	50.10	27.80	47.80	27.60	46.50	27.70	82.40	27.90	46.90
19.20	27.00	22.00	64.50	27.60	53.10	27.50	53.00	27.60	50.60	27.50	49.10	27.60	85.00	27.80	50.00
19.30	27.50	22.00	61.10	27.40	52.70	27.30	52.40	27.50	49.80	27.30	48.10	27.40	85.40	27.50	50.60
19.40	27.50	22.00	61.10	27.40	52.90	27.30	52.70	27.50	50.30	27.30	48.90	27.40	85.10	27.50	50.40
19.50	27.50	22.00	61.10	27.20	53.50	27.20	53.40	27.40	51.10	27.30	49.80	27.30	86.10	27.40	51.10
20.00	27.00	22.00	64.50	27.20	54.60	27.10	54.60	27.20	52.10	27.10	50.60	27.20	87.00	27.30	52.20
20.10	27.00	22.00	64.50	27.10	52.10	27.10	52.20	27.20	49.60	27.10	47.50	27.20	84.70	27.30	51.10
20.20	27.00	21.50	61.30	27.10	54.00	27.00	53.90	27.20	51.30	27.00	50.10	27.20	86.30	27.20	51.80
20.30	26.50	21.50	64.10	26.90	53.20	26.90	53.10	27.00	51.20	26.90	49.10	27.00	86.50	27.00	51.50
20.40	26.50	21.50	64.10	26.90	51.80	26.80	51.80	27.00	50.00	26.90	47.70	27.00	84.80	27.10	50.00
20.50	26.50	21.00	60.90	26.80	54.40	26.70	54.30	26.90	51.60	26.70	50.20	26.80	86.70	26.80	52.20

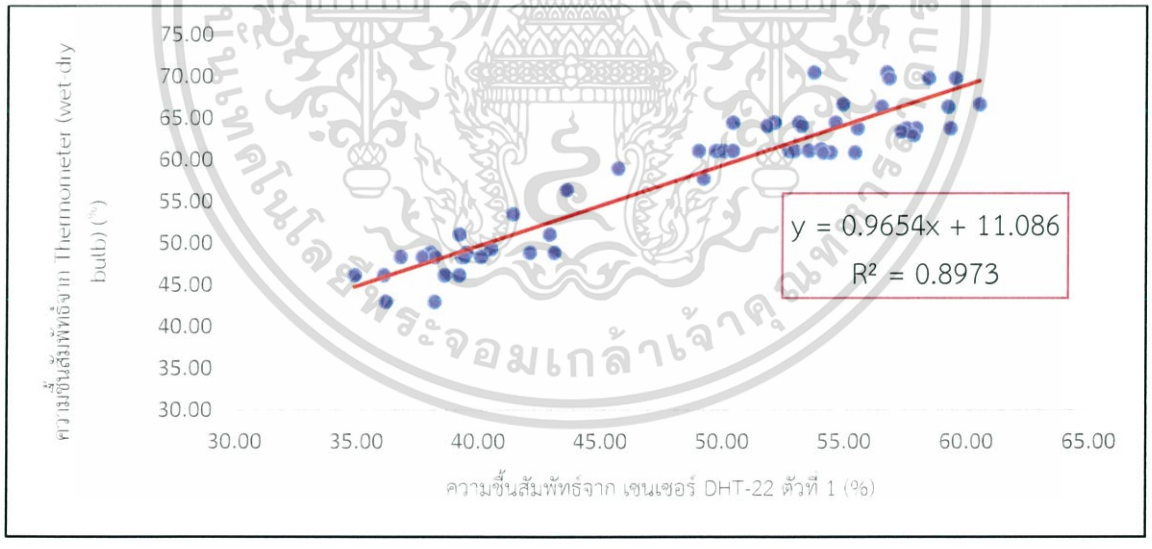
ตารางที่ 4.2 (ต่อ)

Date and Time	เทอร์โมมิเตอร์กระเปาะเปียก-กระเปาะแห้ง			DHT sensor											
				1		2		3		4		5		6	
	Tแห้ง (°C)	Tเปียก (°C)	%RH	T (°C)	RH	T (°C)	%RH	T (°C)	%RH	T (°C)	%RH	T (°C)	%RH	T (°C)	%RH
21.00	26.50	21.00	60.90	26.60	54.10	26.60	54.10	26.80	51.40	26.60	50.00	26.70	87.00	26.70	51.70
21.10	26.50	21.00	60.90	26.70	55.40	26.60	55.60	26.80	52.90	26.60	51.00	26.70	88.30	26.80	53.30
21.20	26.50	20.50	57.80	26.60	49.20	26.40	49.40	26.60	46.90	26.50	45.10	26.60	82.20	26.60	47.40
21.30	26.00	22.00	70.50	26.60	53.70	26.50	53.90	26.60	51.40	26.50	49.70	26.60	86.10	26.60	51.70
21.40	26.00	22.00	70.50	26.50	56.70	26.40	56.60	26.60	54.20	26.50	53.40	26.50	89.80	26.60	53.50
21.50	26.00	21.00	63.80	26.20	55.50	26.20	56.30	26.40	53.40	26.20	51.00	26.30	89.10	26.20	52.90
22.00	26.00	21.00	63.80	26.10	59.30	26.10	58.20	26.30	55.40	26.10	54.90	26.20	90.70	26.20	57.50
22.10	26.00	21.00	63.80	26.10	55.50	26.10	55.80	26.30	53.20	26.10	51.70	26.20	86.80	26.20	53.20
22.20	26.00	21.00	63.80	26.10	57.90	26.00	58.60	26.30	55.50	26.00	53.70	26.10	88.70	26.10	56.20
22.30	26.00	21.00	63.80	26.10	57.50	26.10	57.70	26.20	54.90	26.00	53.30	26.10	88.30	26.10	55.70
22.40	25.50	20.50	63.40	26.00	57.30	26.00	57.70	26.20	55.00	26.00	53.20	26.00	88.90	26.00	55.10
22.50	25.50	21.00	66.70	26.00	60.50	25.90	59.90	26.00	57.80	26.00	56.00	26.00	90.20	26.00	58.40
23.00	25.50	21.00	66.70	25.80	54.90	25.70	54.90	25.90	52.30	25.70	50.70	25.80	85.90	25.80	52.80
23.10	25.00	21.00	69.80	25.40	58.40	25.50	58.50	25.60	55.80	25.50	54.10	25.60	89.70	25.50	56.60
23.20	25.00	21.00	69.80	25.40	56.80	25.50	56.00	25.60	53.40	25.40	52.00	25.50	87.00	25.50	55.20
23.30	25.00	20.00	63.00	25.20	57.80	25.20	57.70	25.40	55.10	25.20	53.10	25.20	89.00	25.30	55.90
23.40	25.00	20.50	66.40	25.20	59.20	25.10	59.70	25.20	56.80	25.10	55.20	25.10	90.90	25.30	57.20
23.50	25.00	20.50	66.40	25.10	56.50	25.10	56.50	25.20	53.80	25.10	52.30	25.10	87.90	25.30	54.40
24.00	25.00	21.00	69.80	25.10	59.50	25.00	60.00	25.10	56.90	24.90	55.40	25.00	90.80	25.10	57.90

เซนเซอร์ตัวที่ 1



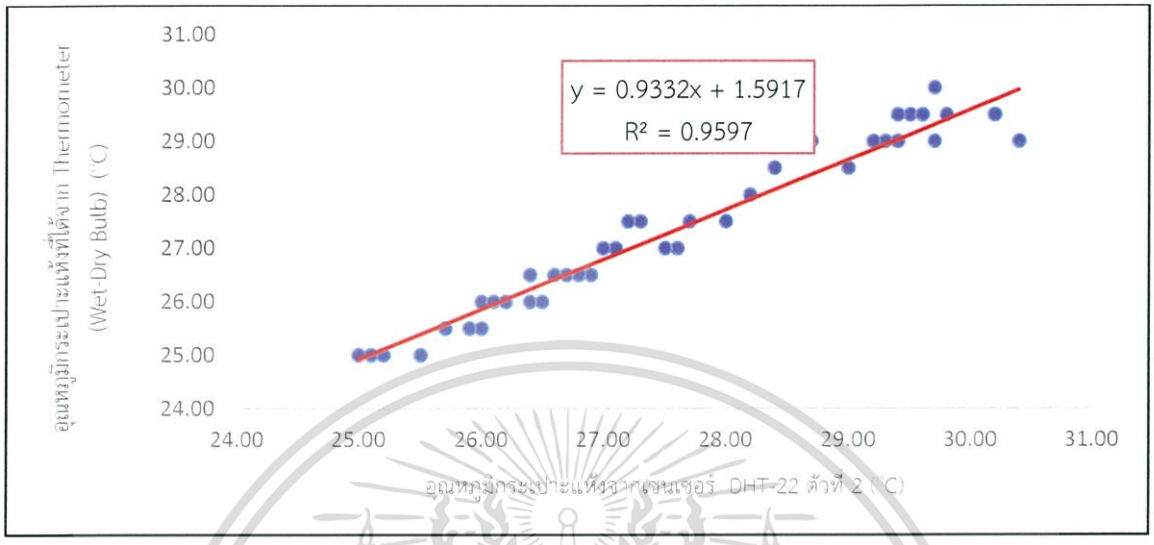
รูปที่ 4.7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกระเปราะแห้งที่ได้จากเทอร์โมมิเตอร์จากเซนเซอร์DHT-22ตัวที่ 1



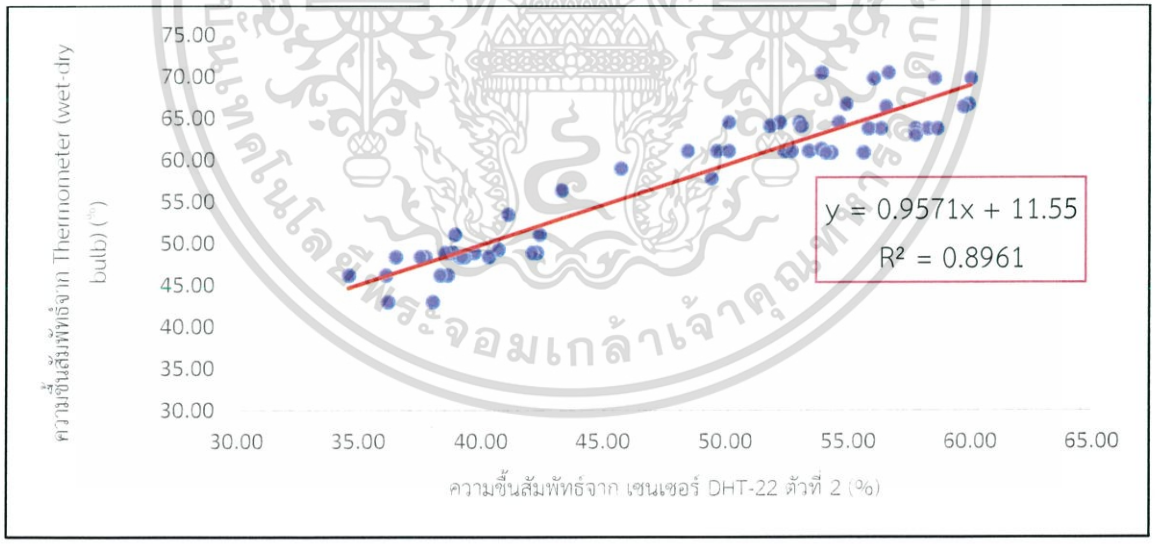
รูปที่ 4.8 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นที่ได้จากเทอร์โมมิเตอร์จากเซนเซอร์ DHT-22 ตัวที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เซนเซอร์ตัวที่ 2



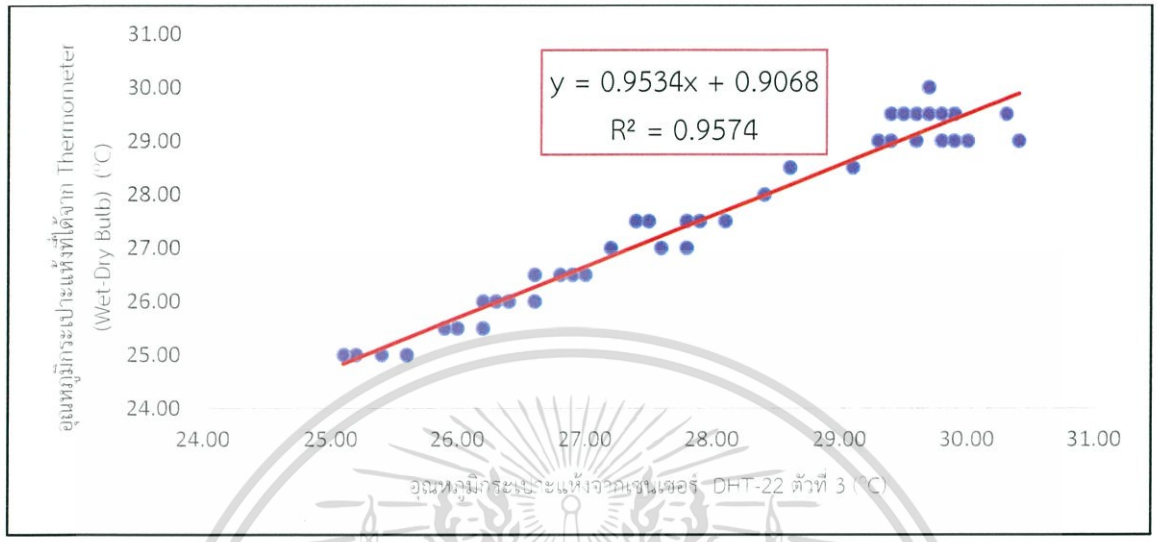
รูปที่ 4.9 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกระเปราะแห้งที่ได้จากเทอร์โมมิเตอร์จากเซนเซอร์ DHT-22ตัวที่ 2



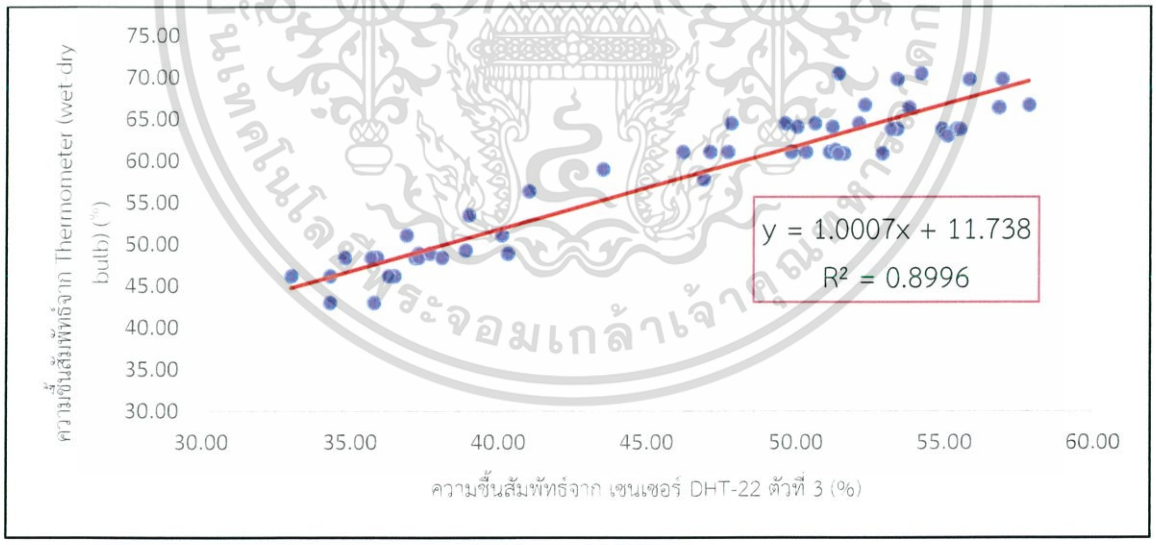
รูปที่ 4.10 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นที่ได้จากเทอร์โมมิเตอร์จากเซนเซอร์ DHT-22ตัวที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เซนเซอร์ตัวที่ 3



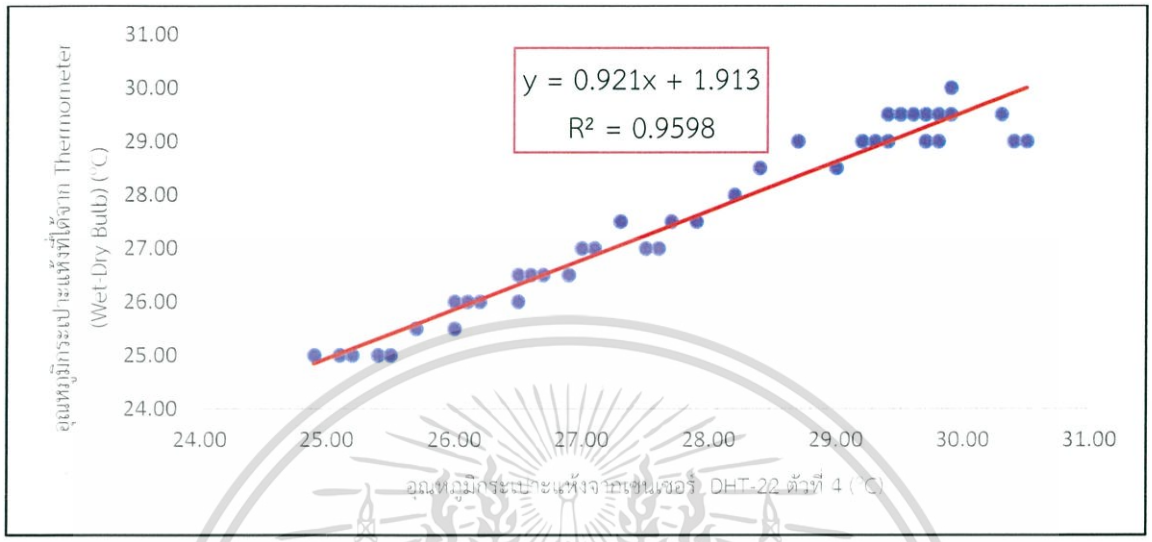
รูปที่ 4.11 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกระเปราะแห้งที่ได้จากเทอร์โมมิเตอร์จากเซนเซอร์ DHT-22ตัวที่ 3



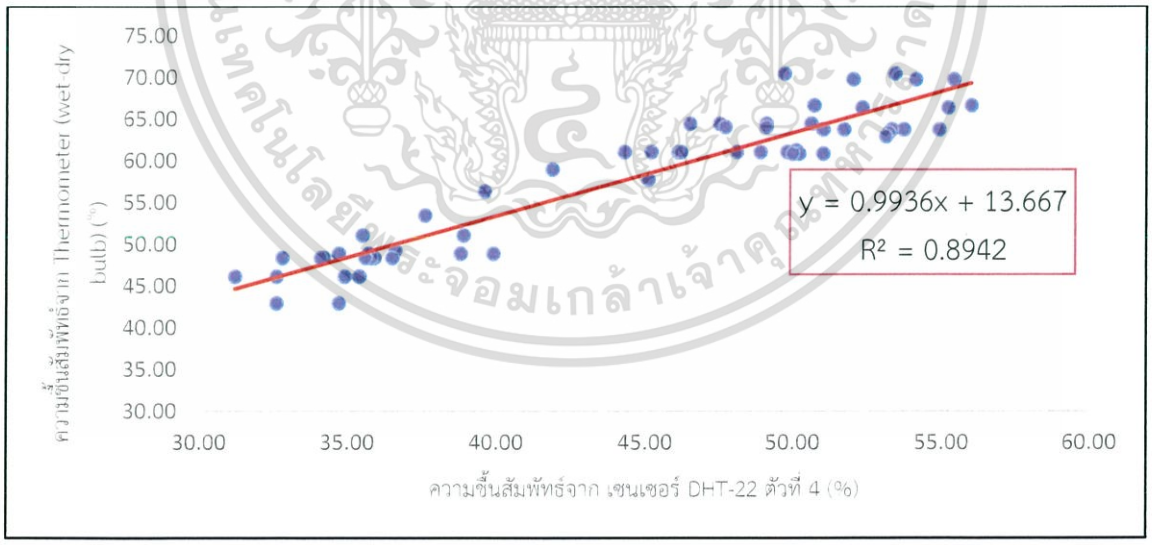
รูปที่ 4.12 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นที่ได้จากเทอร์โมมิเตอร์จากเซนเซอร์ DHT-22ตัวที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เซนเซอร์ตัวที่ 4



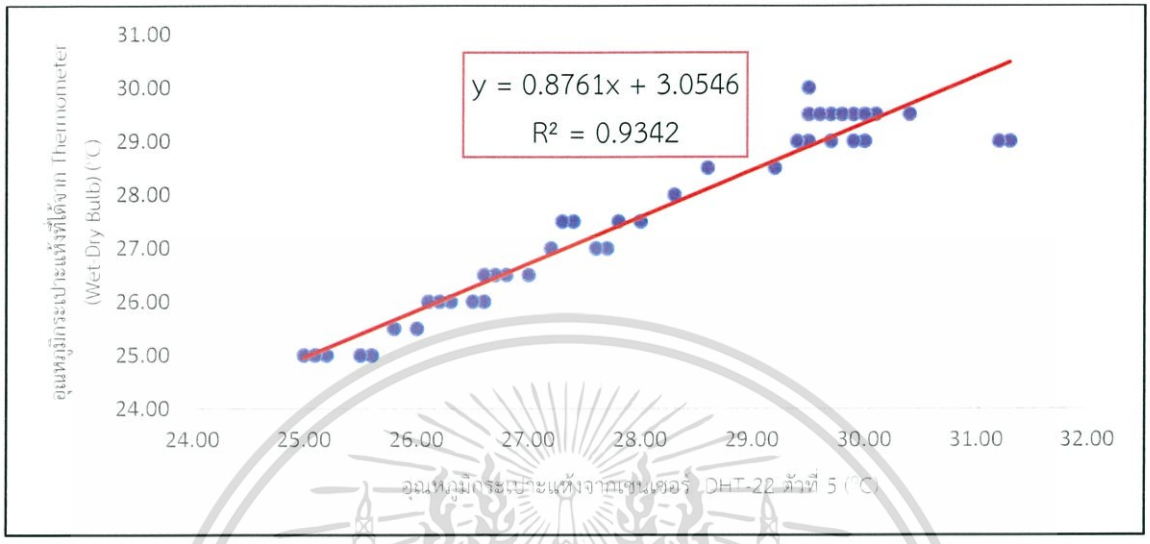
รูปที่ 4.13 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกระเปราะแห้งที่ได้จากเทอร์โมมิเตอร์จากเซนเซอร์ DHT-22 ตัวที่ 4



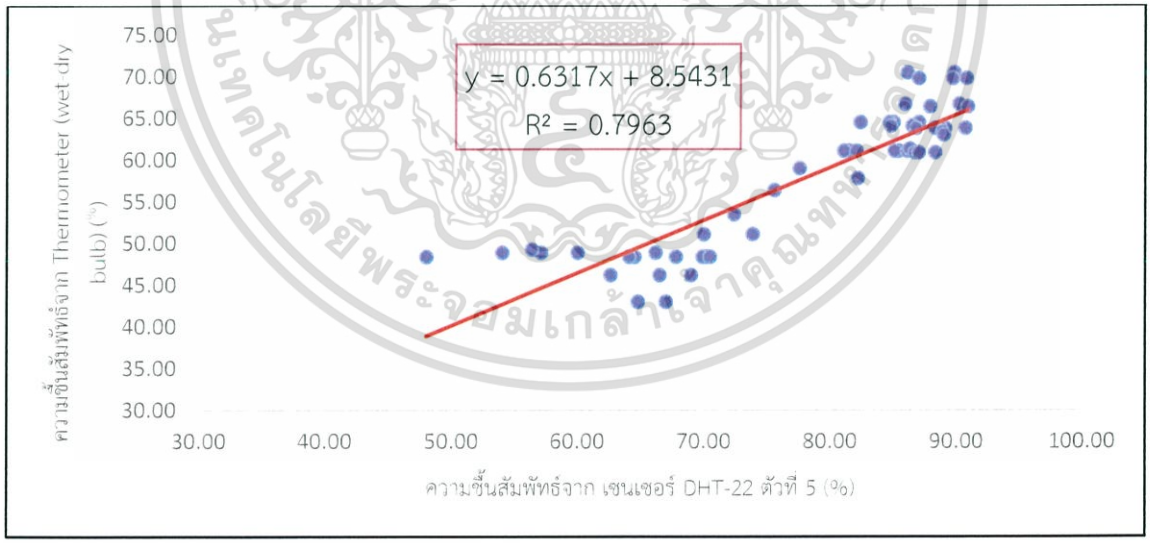
รูปที่ 4.14 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นที่ได้จากเทอร์โมมิเตอร์จากเซนเซอร์ DHT-22ตัวที่ 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เซนเซอร์ตัวที่ 5



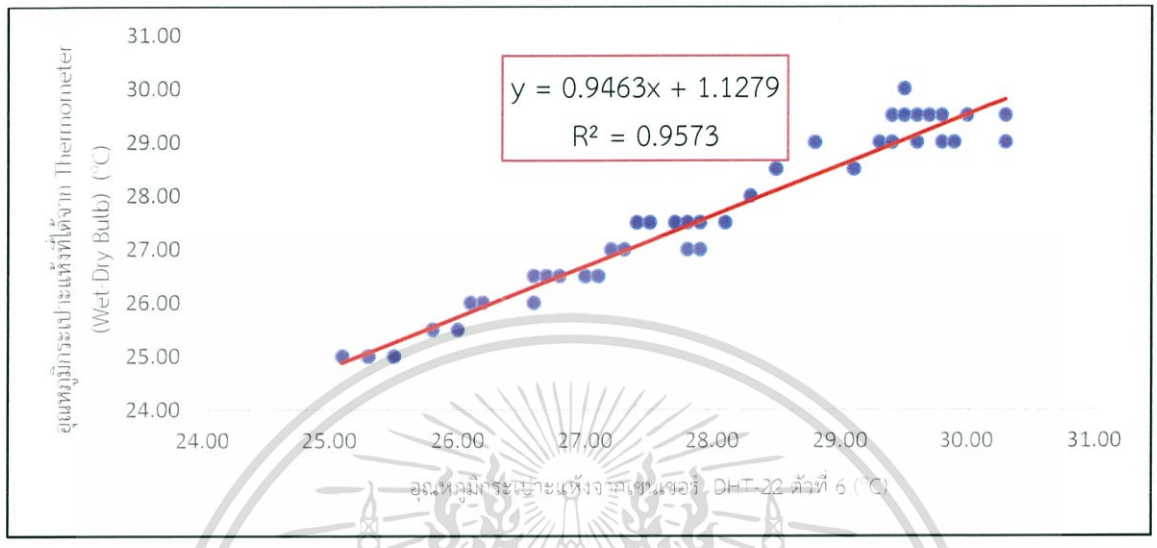
รูปที่ 4.15 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกระเปาะแห้งที่ได้จากเทอร์โมมิเตอร์จากเซนเซอร์ DHT-22ตัวที่ 5



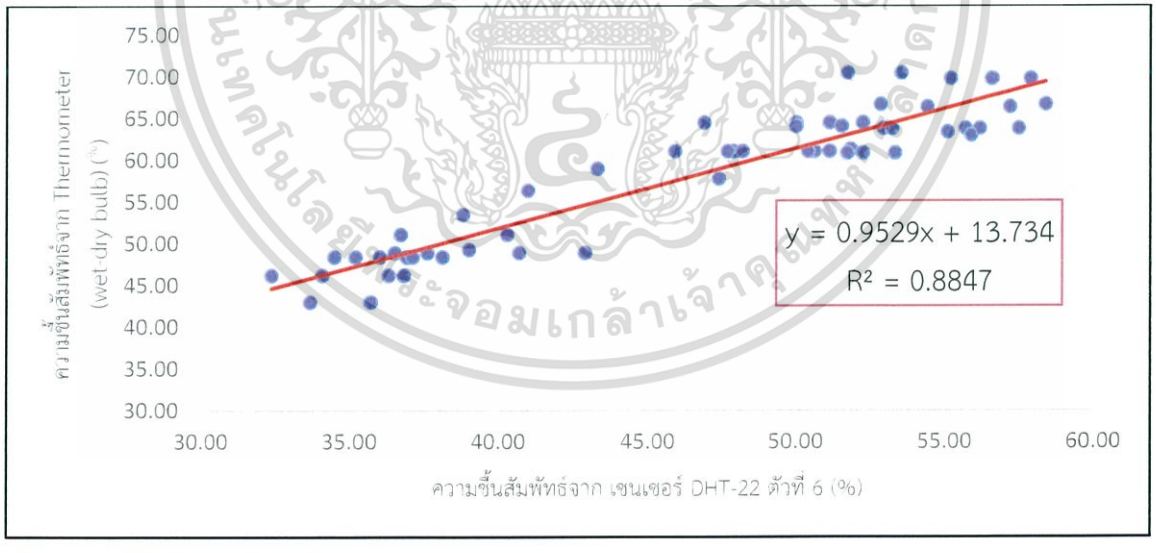
รูปที่ 4.16 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นที่ได้จากเทอร์โมมิเตอร์จากเซนเซอร์ DHT-22ตัวที่ 5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เซนเซอร์ตัวที่ 6



รูปที่ 4.17 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกระเปราะแห้งที่ได้จากเทอร์โมมิเตอร์จากเซนเซอร์ DHT-22ตัวที่ 6



รูปที่ 4.18 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นที่ได้จากเทอร์โมมิเตอร์จากเซนเซอร์ DHT-22ตัวที่ 6

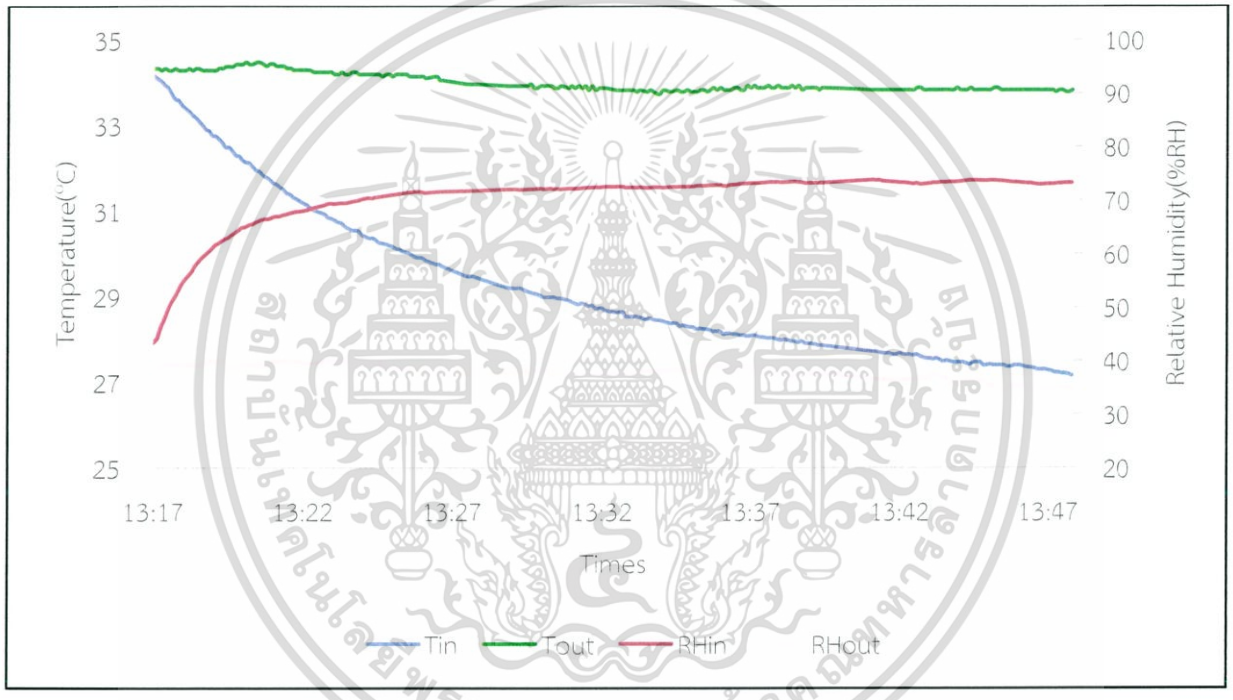
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 ผลการทดลองหาอิทธิพลของอัตราการไหลของน้ำที่ไหลผ่านแผ่นซับน้ำต่อสภาวะภายในโรงเรือน

จาก 3.7.5 การวางแผนการทดลองเพื่อหาอิทธิพลของอัตราการไหลของพัดลมหน้าแผ่นซับน้ำต่อสภาวะภายในโรงเรือน ได้ผลการทดลองดังนี้

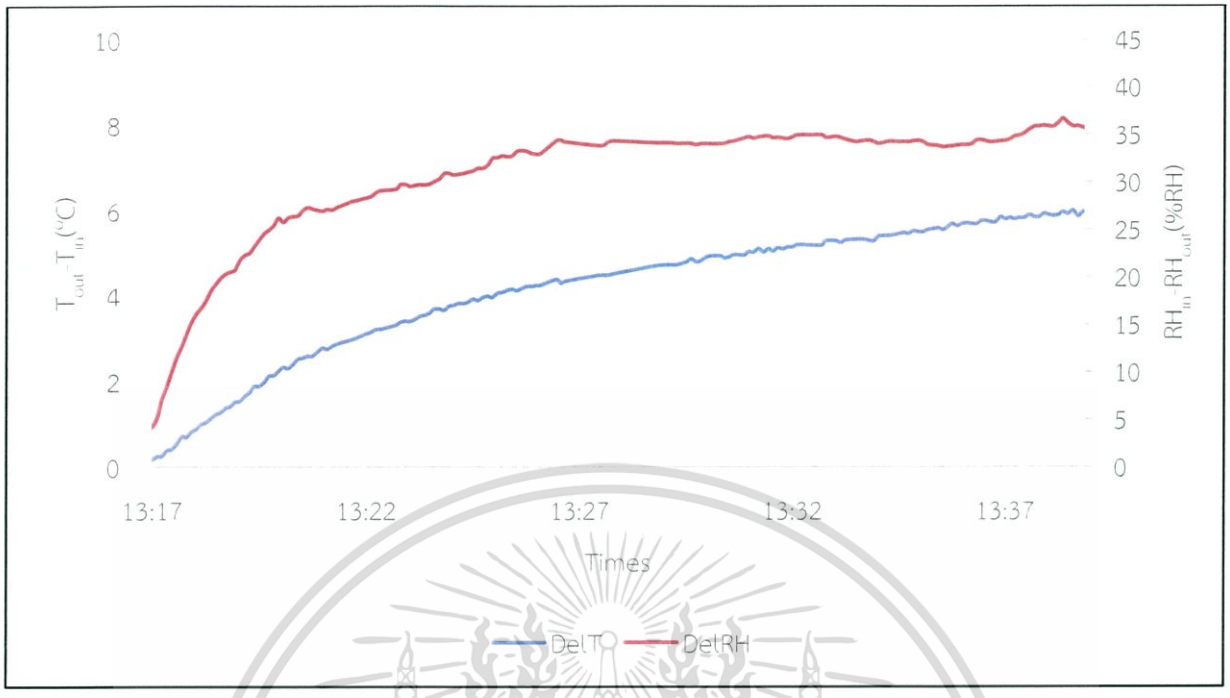
อัตราการไหลพัดลมหน้าแผ่นซับน้ำ 0.20 m^3/s

จากกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ผลต่างของ อุณหภูมิความชื้นสัมพัทธ์เทียบกับเวลา มีผลต่างของอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ภายนอกกับภายในในช่วงสภาวะคงที่ประมาณ 6 °C และ 35%RH ใช้เวลาในการทำให้ผลต่างของอุณหภูมิและความชื้นต่างกันอย่างคงที่มากกว่า 30 นาที



รูปที่ 4.19 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง อุณหภูมิและความชื้น เทียบกับเวลา อัตราการไหลพัดลมหน้าแผ่นซับน้ำเป็น 0.20 m^3/s

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

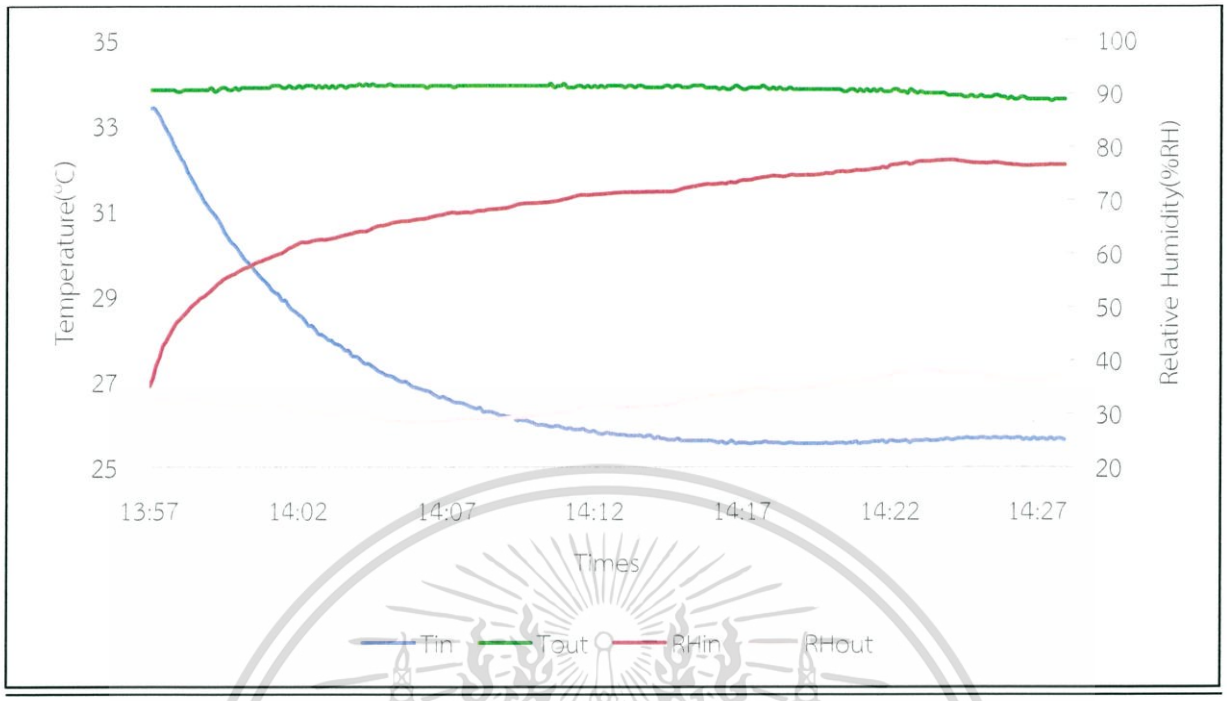


รูปที่ 4.20 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ผลต่างของ อุณหภูมิความชื้นสัมพัทธ์เทียบกับเวลา อัตราการไหลพัดลมหน้าแผ่นซับน้ำเป็น 0.20 m^3/s

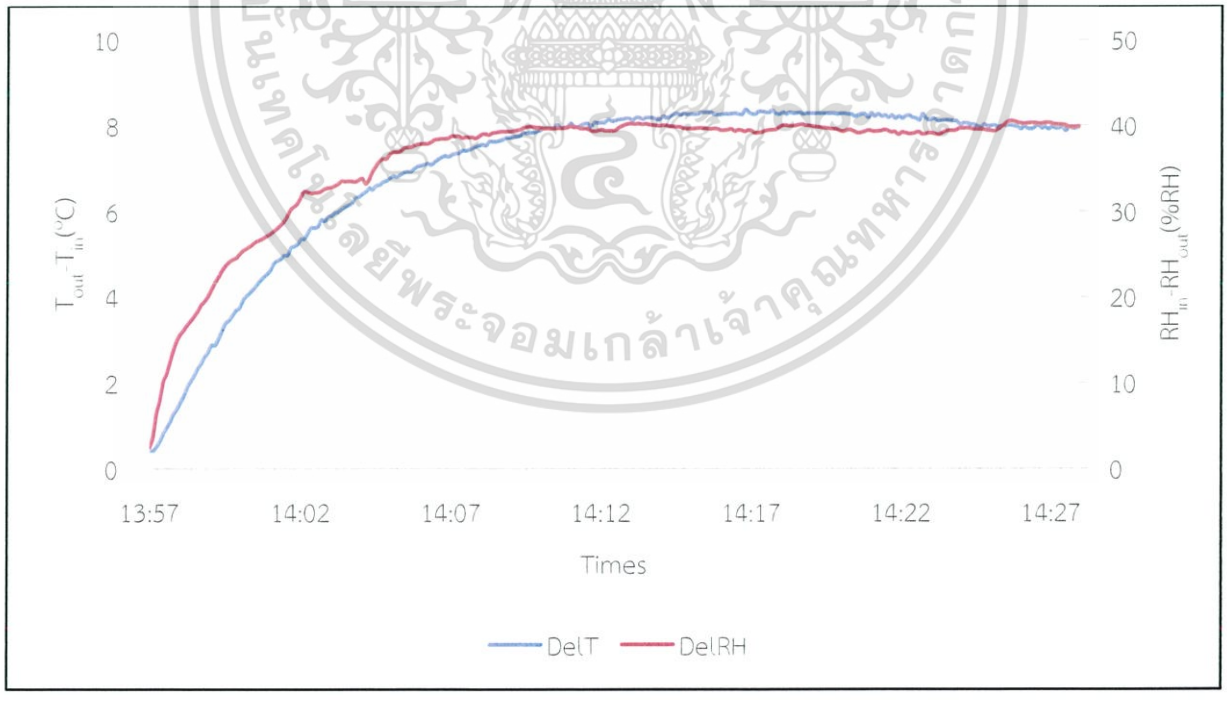
<u>อัตราการไหลพัดลมหน้าแผ่นซับน้ำ 0.49 m^3/s</u>

จากกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ผลต่างของ อุณหภูมิความชื้นสัมพัทธ์เทียบกับเวลา มีผลต่างของอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ภายนอกกับภายในในช่วงสภาวะคงที่ประมาณ 8 °C และ 40%RH ใช้เวลาในการทำให้ผลต่างของอุณหภูมิและความชื้นต่างกันอย่างคงที่มากว่า 15 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.21 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง อุณหภูมิและความชื้น เทียบกับเวลา อัตราการไหลพัดลมหน้าแผ่นซับน้ำเป็น 0.49 m3/s

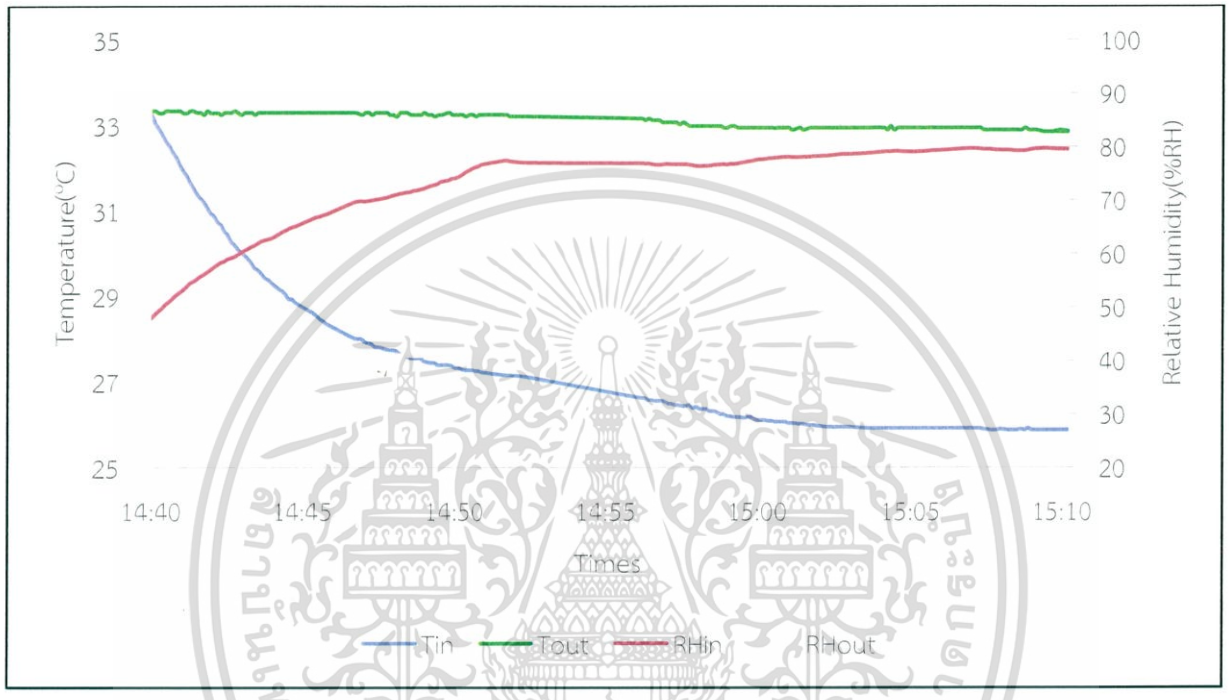


รูปที่ 4.22 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ผลต่างของ อุณหภูมิความชื้นสัมพัทธ์เทียบกับเวลา อัตราการไหลพัดลมหน้าแผ่นซับน้ำเป็น 0.49 m^3/s

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

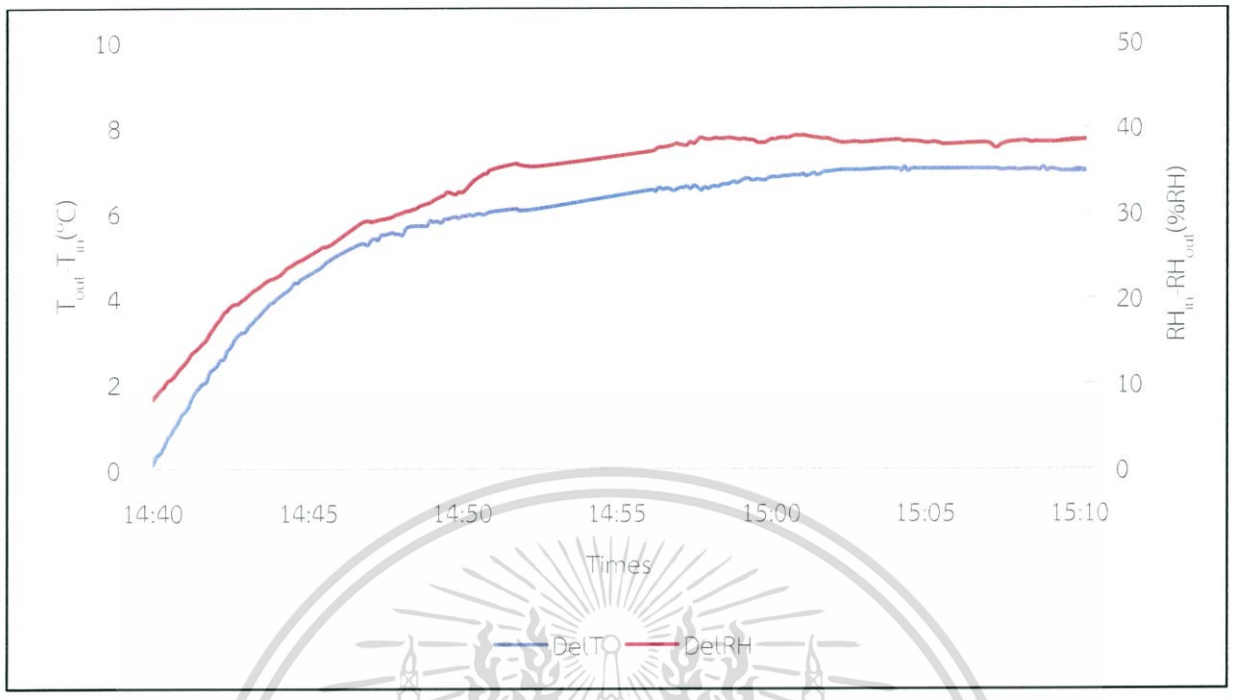
อัตราการไหลพัดลมหน้าแผ่นซับน้ำ 0.68 m^3/s

จากกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ผลต่างของ อุณหภูมิความชื้นสัมพัทธ์เทียบกับเวลา มีผลต่างของอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ภายนอกกับภายในในช่วงสภาวะคงที่ประมาณ 7 °C และ 38%RH ใช้เวลาในการทำให้ผลต่างของอุณหภูมิและความชื้นต่างกันอย่างคงที่มากว่า 20 นาที



รูปที่ 4.23 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง อุณหภูมิและความชื้น เทียบกับเวลา อัตราการไหลพัดลมหน้าแผ่นซับน้ำเป็น 0.68 m^3/s

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.24 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ผลต่างของ อุณหภูมิ ผลต่างของความชื้นสัมพัทธ์ เทียบกับเวลาอัตราการไหลพัดลมหน้าแผ่นซับน้ำเป็น 0.68 m^3/s

นำกราฟของผลต่างของอุณหภูมิ ผลต่างของความชื้นสัมพัทธ์ ของทั้ง 3 อัตราการไหลมาทำการเปรียบเทียบกันจะสังเกตุได้ว่า

อัตราการไหล 0.20 m^3/s สามารถทำให้ผลต่างของอุณหภูมิ ผลต่างของความชื้นภายในและภายนอกโรงเรือนต่างกันอย่างคงที่โดยใช้เวลา 30 นาที

อัตราการไหล 0.49 m^3/s สามารถทำให้ผลต่างของอุณหภูมิ ผลต่างของความชื้นภายในและภายนอกโรงเรือนต่างกันอย่างคงที่โดยใช้เวลา 15 นาที

อัตราการไหล 0.68 m^3/s สามารถทำให้ผลต่างของอุณหภูมิ ผลต่างของความชื้นภายในและภายนอกโรงเรือนต่างกันอย่างคงที่โดยใช้เวลา 20 นาที

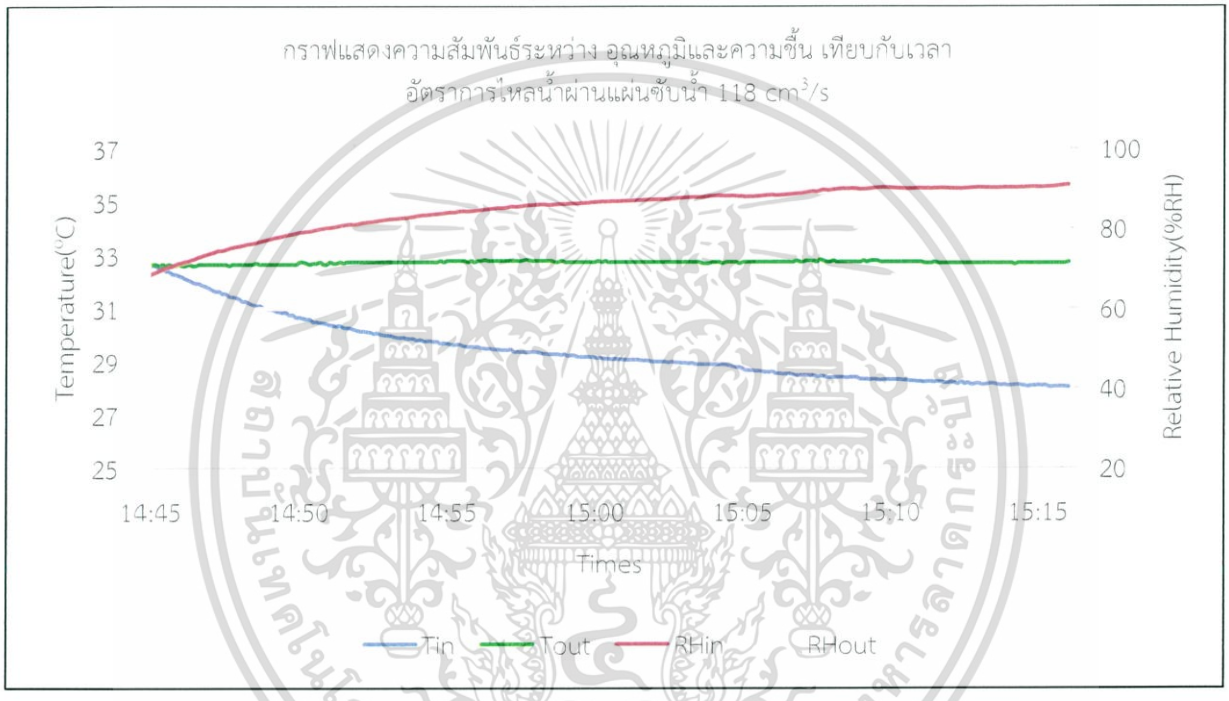
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5 ผลการทดลองหาอิทธิพลของอัตราการไหลของพัดลมหน้าแผ่นซับน้ำต่อสภาวะภายในโรงเรือน

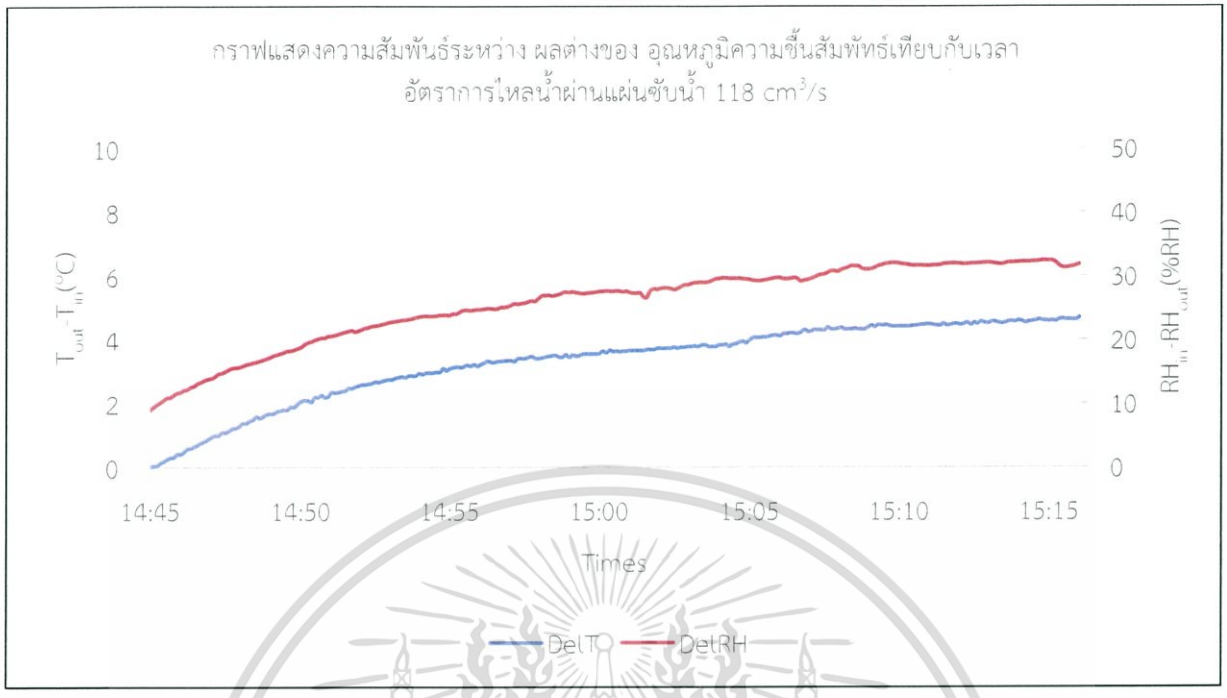
จาก 3.7.6 การวางแผนการทดลองเพื่อหาอิทธิพลของอัตราการไหลของน้ำที่ไหลผ่านแผ่นซับน้ำต่อสภาวะภายในโรงเรือน ได้ผลการทดลองดังนี้

<u>อัตราการไหลน้ำผ่านแผ่นซับน้ำ 118 cm^3/s</u>

จาก กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ผลต่างของ อุณหภูมิความชื้นสัมพัทธ์เทียบกับเวลา มีผลต่างของอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ภายนอกกับภายในในช่วงสภาวะคงที่ประมาณ 4.5 °C และ 32%RH ใช้เวลาในการทำให้ผลต่างของอุณหภูมิและความชื้นต่างกันอย่างคงที่มากว่า 30 นาที

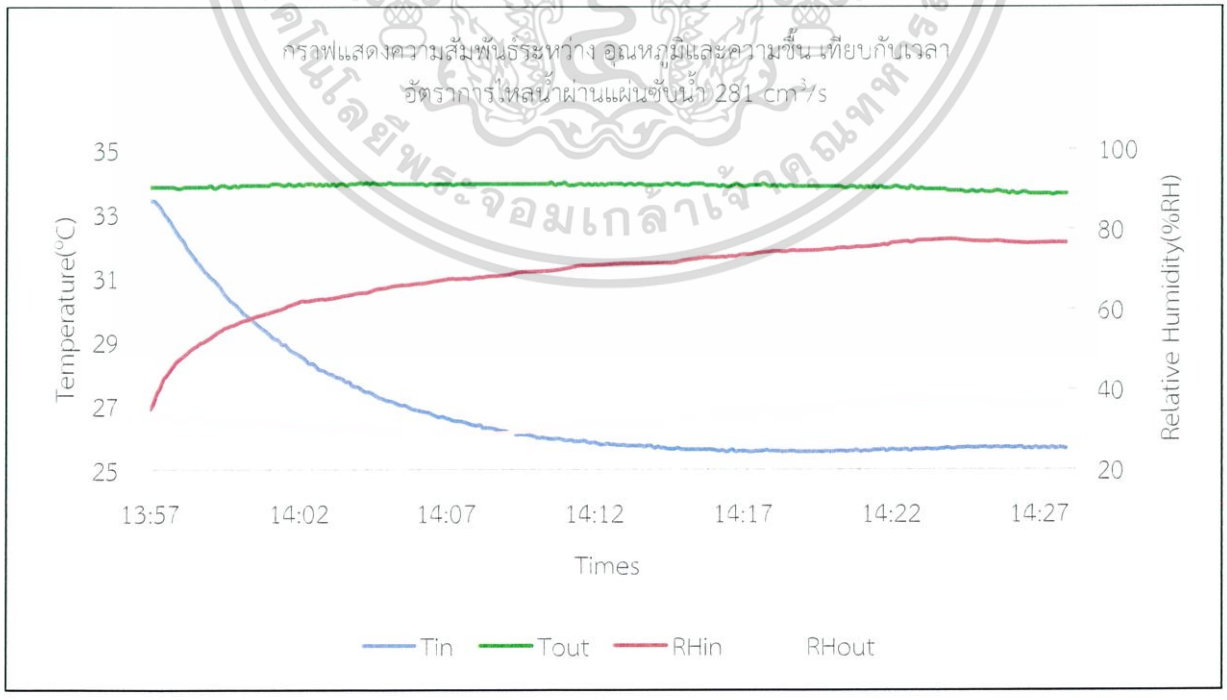


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

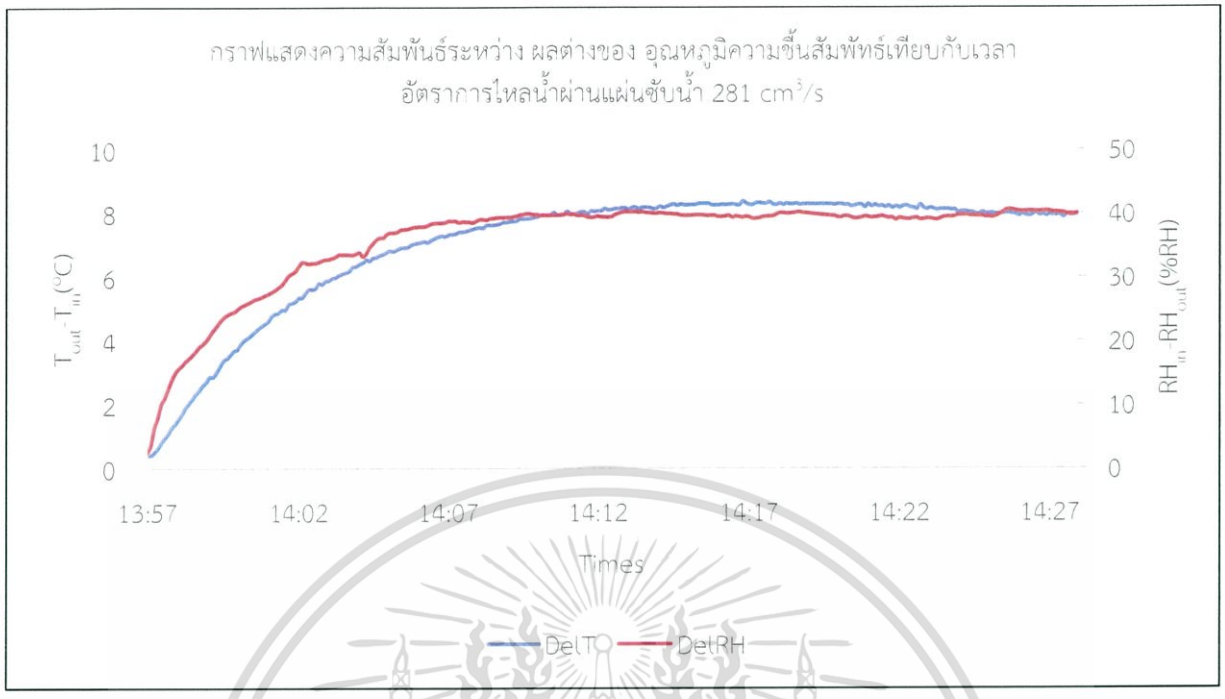


<u>อัตราการไหลน้ำผ่านแผ่นซับน้ำ 281 cm^3/s</u>

จาก กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ผลต่างของ อุณหภูมิความชื้นสัมพัทธ์เทียบกับเวลา มีผลต่างของอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ภายนอกกับภายในในช่วงสภาวะคงที่ประมาณ 8 °C และ 39%RH ใช้เวลาในการทำให้ผลต่างของอุณหภูมิและความชื้นต่างกันอย่างคงที่ประมาณ 15 นาที

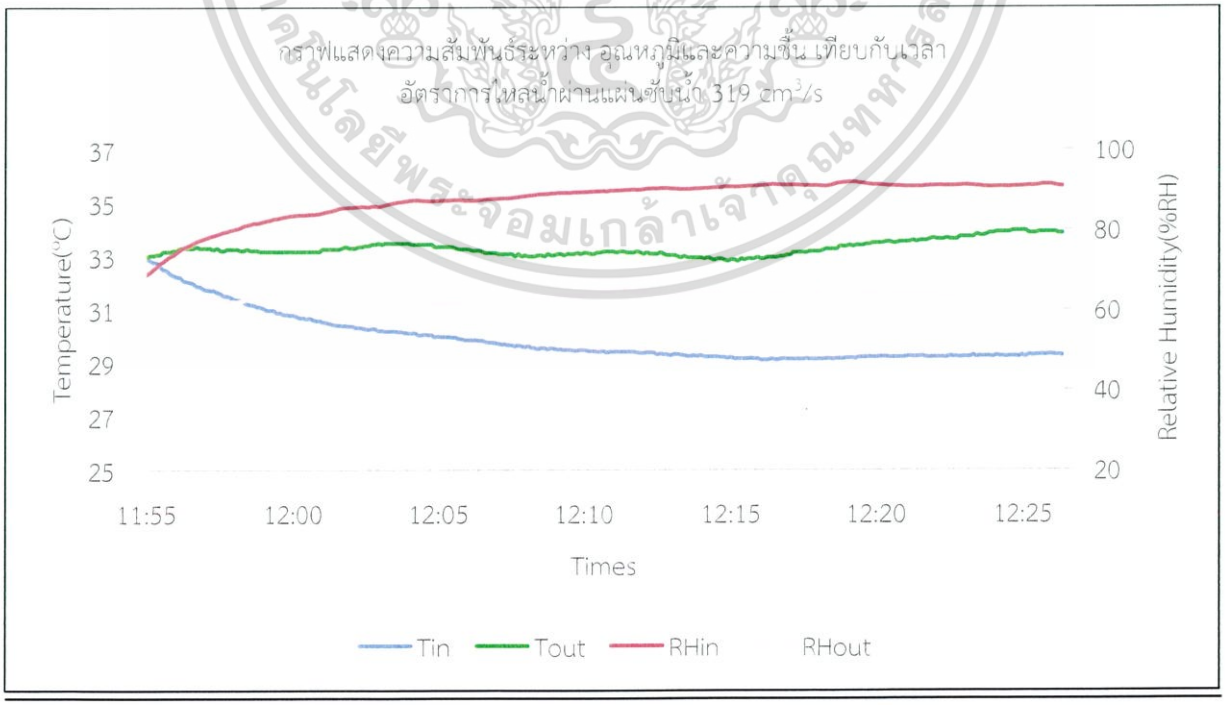


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

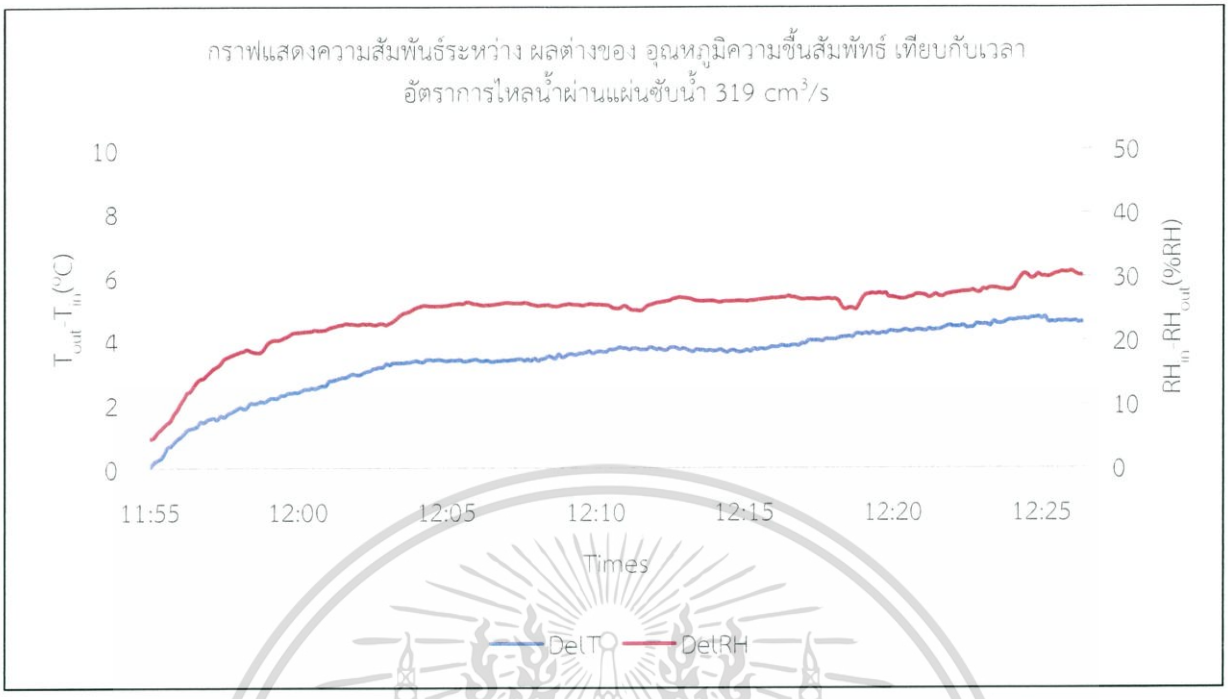


อัตราการไหลน้ำผ่านแผ่นซับน้ำ 319 cm^3/s

จาก กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ผลต่างของ อุณหภูมิความชื้นสัมพัทธ์เทียบกับเวลา มีผลต่างของอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ภายนอกกับภายในในช่วงสภาวะคงที่ประมาณ 4 °C และ 26%RH ใช้เวลาในการทำให้ผลต่างของอุณหภูมิและความชื้นต่างกันอย่างคงที่ประมาณ 27 นาที

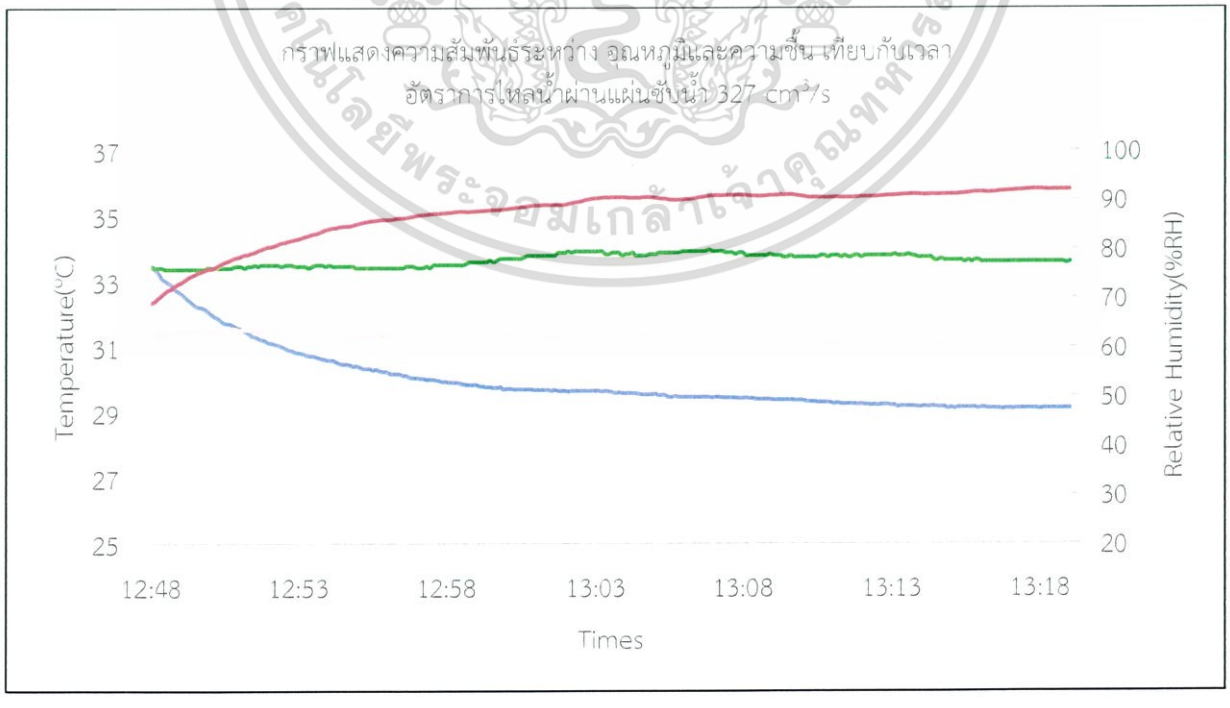


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

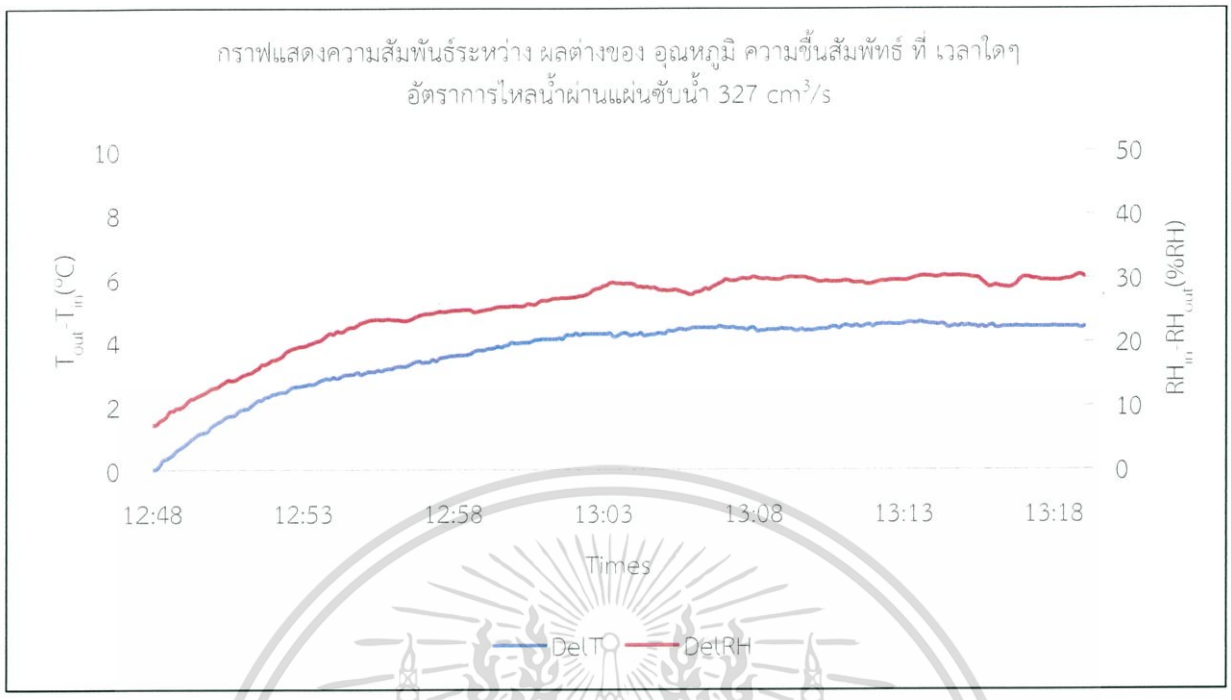


อัตราการไหลน้ำผ่านแผ่นซับน้ำ 327 cm^3/s

จาก กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ผลต่างของ อุณหภูมิความชื้นสัมพัทธ์เทียบกับเวลา มีผลต่างของอุณหภุมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ภายนอกกับภายในในช่วงสภาวะคงที่ประมาณ 4.4 °C และ 30%RH ใช้เวลาในการทำให้ผลต่างของอุณหภูมิและความชื้นต่างกันอย่างคงที่ประมาณ 20 นาที



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



โดย นำกราฟของผลต่างของอุณหภูมิ ผลต่างของความชื้นสัมพัทธ์ ของทั้ง 4 อัตราการไหลมาทำการเปรียบเทียบกันจะสังเกตุได้ว่า

อัตราการไหล 118 cm^3/s สามารถทำให้ผลต่างของอุณหภูมิ ผลต่างของความชื้นภายในและภายนอกโรงเรือนต่างกันอย่างคงที่โดยใช้เวลา 30 นาที

อัตราการไหล 281 m^3/s สามารถทำให้ผลต่างของอุณหภูมิ ผลต่างของความชื้นภายในและภายนอกโรงเรือนต่างกันอย่างคงที่โดยใช้เวลา 15 นาที

อัตราการไหล 319 m^3/s สามารถทำให้ผลต่างของอุณหภูมิ ผลต่างของความชื้นภายในและภายนอกโรงเรือนต่างกันอย่างคงที่โดยใช้เวลา 27 นาที

อัตราการไหล 327 m^3/s สามารถทำให้ผลต่างของอุณหภูมิ ผลต่างของความชื้นภายในและภายนอกโรงเรือนต่างกันอย่างคงที่โดยใช้เวลา 20 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.6 ผลการเก็บผลผลิตจากโรงเรือนทั้งสองโรงเรือน

จากการเก็บผลผลิตจากโรงเรือนที่มีระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้น กับโรงเรือนทั่วไปที่ไม่มีการควบคุม จากระยะเวลาหลังการเปิดดอกเห็ด 1 วัน โดยเริ่มจากวันที่ 10 พฤษภาคม 2558 สามารถแสดงค่าน้ำหนักของผลผลิตดังกล่าวได้ดังตารางที่ 4.3 ตารางแสดงน้ำหนักของเห็ดต่อก้อนของโรงเรือนที่ติดระบบควบคุม และ ตารางที่ 4.4 ตารางแสดงน้ำหนักของเห็ดต่อก้อนของโรงเรือนที่ไม่ได้ติดระบบไมโคคอนโทรลเลอร์

ตารางที่ 4.3 ตารางแสดงน้ำหนักของเห็ดต่อก้อนของโรงเรือนที่ติดระบบควบคุม

วันที่	จำนวนก้อนที่ออกดอก (ก้อน)	น้ำหนัก(g)	น้ำหนักเฉลี่ยต่อก้อน (g)
10/05/58	2	-	-
11/05/58	1	-	-
12/05/58	2	45	22.5
13/05/58	2	49	24.5
14/05/58	1	20	20.0
15/05/58	4	145	36.2
16/05/58	5	200	40.0
17/05/58	3	60	20.0
18/05/58	5	200	40.0
19/05/58	13	490	38.0
20/05/58	30	1030	34.3
23/05/58	7	180	26.0
24/05/58	6	200	23.3
25/05/58	44	820	19.0
26/05/58	26	960	37.0
27/05/58	20	900	45
28/05/58	3	60	20
29/05/58	18	400	
รวม		5,759	-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4 ตารางแสดงน้ำหนักของเห็ดต่อก้อนของโรงเรือนที่ไม่ได้ติดระบบไมโคคอนโทรลเลอร์

วันที่	จำนวนก้อนที่ออกดอก (ก้อน)	น้ำหนัก(g)	น้ำหนักเฉลี่ยต่อก้อน (g)
23/05/58	4	120	30
24/05/58	-	-	-
25/05/58	5	150	30
26/05/58	1	20	20
27/05/58	5	130	26
28/05/58	4	160	40
29/05/58	-	-	-
รวม		580	-

โดยดอกเห็ดในโรงรือนที่มีการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นอัตโนมัติเริ่มออกดอกแรกใช้เวลาหลังจากเปิดดอกเป็นเวลา 6 วัน โรงเรือนทั่วไปใช้เวลา 14 วัน โดยจากผลผลิตทั้งหมดตลอดช่วงเวลาที่ใช้ทดลองเพาะเห็ดตั้งแต่วันที่10 พฤษภาคม 2558 ถึงวันที่ 29 พฤษภาคม 2558 นั้นน้ำหนักของเห็ดรวมที่ได้จากโรงเรือนที่มีการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นอัตโนมัติคือ 5.70 กิโลกรัม โรงเรือนทั่วไปได้ 0.58 กิโลกรัม ซึ่งโรงเรือนที่มีการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นอัตโนมัติมีน้ำหนักเห็ดรวมมากถึง 5.12 กิโลกรัม

หมายเหตุ เริ่มทำการเปิดดอกวันที่ 4 พฤษภาคม 2558 ทำการเก็บเห็ดพร้อมชั่งน้ำหนักเวลา 08.00 น. ของทุกวัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผล วิจารณ์ผล และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผล

จากหัวข้อ 4.4 ผลการทดลองหาอิทธิพลของอัตราการไหลของน้ำที่ไหลผ่านแผ่นซับน้ำต่อสภาวะภายในโรงเรือนและผลการทดลอง 4.5ผลการทดลองหาอิทธิพลของอัตราการไหลของพัดลมหน้าแผ่นซับน้ำต่อสภาวะภายในโรงเรือน สามารถสรุปได้ว่า อัตราการไหลของน้ำผ่านแผ่นซับน้ำ ไม่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิและความชื้นภายในโรงเรือนแต่ส่งผลต่อเวลาในการปรับสภาพภายในโรงเรือนโดยที่อัตราการไหลน้ำ 118 cm^3/s, 327 cm^3/s, 319 cm^3/s, 281 cm^3/s ใช้เวลาในการทำให้ผลต่างของอุณหภูมิและความชื้นภายในและภายนอกโรงเรือนคงที่ จากมากไปน้อยตามลำดับ อัตราการไหลของพัดลมหน้าแผ่นซับน้ำไม่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิและความชื้นภายในโรงเรือนแต่ส่งผลต่อเวลาในการปรับสภาพภายในโรงเรือนโดยที่อัตราการไหลพัดลม 0.20 m^3/s, 0.68 m^3/sและ 0.49 m^3/s ใช้เวลาในการทำให้ผลต่างของอุณหภูมิและความชื้นภายในและภายนอกโรงเรือนคงที่จากมากไปน้อยตามลำดับ จากผลการทดลองเปรียบเทียบผลผลิตที่ระหว่างโรงเรือนที่มีการติดตั้งระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นอัตโนมัติกับโรงเรือนทั่วไป ผลที่ได้คือโรงเรือนที่ใช้ระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นอัตโนมัติ สามารถทำให้ ก้อนเชื้อเห็ดแพร่กระจายได้เร็วและเต็มก้อนมากกว่าโรงเรือนแบบธรรมดาที่ไม่ได้มีการควบคุม และยังสามารถทำให้เห็ดออกได้เร็วกว่าโรงเรือนทั่วไป 2 สัปดาห์ ระยะเวลาออกดอกของเห็ดหลังรดน้ำของโรงเรือนที่ใช้ระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นอัตโนมัติใช้เวลา 1 วัน ผลผลิตของโรงเรือนที่ใช้ระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นอัตโนมัติมีปริมาณที่มากกว่าโรงเรือนทั่วไปในช่วงเวลาการทดลองเพาะเห็ดเช่วงเดียวกันถึง 5.12 กิโลกรัม ดังนั้นโรงเรือนที่ใช้ระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นอัตโนมัติให้ผลผลิตที่มากกว่าโรงเรือนทั่วไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. ควรมีวิธีปรับสภาพอากาศภายในโรงเรือนได้แก่ อุณหภูมิ และความชื้นให้เท่ากับภายนอกก่อนทำการทดลอง
2. ควรมีการวิเคราะห์กราฟลักษณะทางพลศาสตร์ ของอากาศภายในและนอกโรงเรือนด้วยวิธีอื่นๆเพื่อหาข้อเปรียบเทียบที่จะเกิดขึ้น
3. ควรลดระยะเวลาในการปรับสภาพอากาศภายในโรงเรือนให้เท่ากับสภาวะภายนอกโรงเรือนเพื่อให้การทดลองแต่ลพแบบมีอุณหภูมิและความชื้น ณ สภาวะเริ่มต้นการทดลองใกล้เคียงกันเพื่อให้ง่ายต่อการเปรียบเทียบ
4. ควรมีระบบการเติมน้ำอัตโนมัติในถังพักน้ำเพื่อลดแรงงานและระยะเวลาที่ต้องเติมน้ำ
5. สามารถพัฒนาให้ใช้ไฟฟ้าจากพลังงานสะอาดอื่นๆ เช่น พลังงานแสงอาทิตย์
6. ควรมีแหล่งจ่ายไฟสำรองเพื่อลดปัญหาไฟฟ้าตก-กระชาก ซึ่งอาจจะส่งผลให้ระบบควบคุมเสียหายได้ สามารถพัฒนาการส่งข้อมูลของสภาพอากาศภายในโรงเรือนในระยะไกลได้เพื่อง่าย และสะดวก ในการเก็บสังเกตุสภาวะอากาศภายในโรงเรือนอย่างใกล้ชิต
7. ควรติดตัวช่วยกระจายอากาศภายในโรงเรือน เพื่อช่วยให้อากาศสามารถไหลเวียนได้อย่างทั่วถึงมากยิ่งขึ้น ควรมีการออกแบบโรงเรือนเพาะเห็ดให้มีลักษณะที่ง่ายต่อการไหลของอากาศ เช่น ออกแบบให้ระยะห่างระหว่างพัดลมกับแถวก้อนเห็ดห่างกันพอสมควรเพื่อช่วยให้อากาศไหลผ่านเห็ดก้อนเห็ดกระจายกันทุกก้อนอย่างเท่าๆกัน
8. ควรติดตั้งอุปกรณ์พ่นไอน้ำ เนื่องจากธรรมชาติของเห็ดนั้นน้ำมีผลต่อการเจริญเติบโตของเห็ด
9. ควรมีการพักเชื้อก้อนเห็ดให้เชื้อเห็ดเดินเต็มก้อนก่อนนำเข้าโรงเรือนเปิดดอก เพื่อให้เห็ดออกดอกได้เต็มประสิทธิภาพ และยังช่วยให้กำหนดช่วงเวลาในการออกดอกได้ง่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. โค้ดที่ใช้ทดสอบเซนเซอร์ DHT22 เพื่อวัดอุณหภูมิและความชื้นของอากาศลและตรวจสอบการทำงานของเซนเซอร์ DHT22

```
#include "DHT.h"

#define DHTPIN1 31
#define DHTPIN2 33

#define DHTTYPE DHT22

DHT dht1 (DHTPIN1,DHTTYPE);
DHT dht2 (DHTPIN2,DHTTYPE);
void setup(){
  Serial.begin(9600);
  dht1.begin();
  dht2.begin();

}
void loop(){

  delay(2000);

  float rh1 = dht1.readHumidity();//read dht22 1st
  float t1 = dht1.readTemperature();
  float rh2 = dht2.readHumidity();//read dht22 2nd
  float t2 = dht2.readTemperature();
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
  if(isnan(rh1)||isnan(t1)||isnan(rh2)||isnan(t2)){
    Serial.println("Have a problem");
    return;
  }
  Serial.println("DHT1////////////////////////");
  Serial.print("%RH =");Serial.print(rh1);Serial.println("%");
  Serial.print("Temp =");Serial.print(t1);Serial.println("*c");
  Serial.println("DHT2////////////////////////");
  Serial.print("%RH =");Serial.print(rh2);Serial.println("%");
  Serial.print("Temp =");Serial.print(t2);Serial.println("*c");
}
```

2. โค้ดที่ใช้ในการควบคุมระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นอัตโนมัติ

```
////////////////////Sensor
#include "DHT.h"

#define DHTPIN1 2//Number Of Pins
#define DHTPIN2 3
#define DHTPIN3 4
#define DHTPIN4 5
#define DHTPIN5 6//outside sensor
#define DHTPIN6 7//outside sensor
#define DHTTYPE DHT22// DHT22 AM2302
DHT dht1 (DHTPIN1,DHTTYPE);//Set DHT22 type and pin
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
DHT dht2 (DHTPIN2,DHTTYPE);
DHT dht3 (DHTPIN3,DHTTYPE);
DHT dht4 (DHTPIN4,DHTTYPE);
DHT dht5 (DHTPIN5,DHTTYPE);
DHT dht6 (DHTPIN6,DHTTYPE);

float avgtemp;
float avgrh;
float avgtempout;
float avgrhout;


//////LCD
#include <SPI.h>
#include <Adafruit_GFX.h>
#include <Adafruit_PCD8544.h>
Adafruit_PCD8544 LCD = Adafruit_PCD8544(8,9,10,11,12);//SET PIN
// Software SPI (slower updates, more flexible pin options):
// pin 8 - Serial clock out (SCLK)
// pin 9 - Serial data out (DIN)
// pin 10 - Data/Command select (D/C)
// pin 11 - LCD chip select (CS)
// pin 12 - LCD reset (RST)

/////SD
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
#include <SD.h>
const int CS = 53;//4 on Uno,53 on Mega.
  int ID = 1;


////RTC
#include <Wire.h>
#include <SPI.h>  // not used here, but needed to prevent a RTClib compile error
#include "RTClib.h"
RTC_DS1307 RTC;     // Setup an instance of DS1307 naming it RTC


///////Watering
int deltatemp = 3 ;//different Temp(c*) between t out and t in
const int waterPin1 = 22;//pin for turn on fan & pump
const int waterPin2 = 23;//pin for turn on fan & pump
long previousMillis = 0; // will store last time LED was updated
long interval = 36000;//set interval at which to op pump(ms)
int waterState = HIGH; // waterState used to set the SWpump


void setup(){
  Serial.begin(57600);
 /////DHT22 SETUP
  dht1.begin();
  dht2.begin();
  dht3.begin();
  dht4.begin();
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
dht5.begin();
dht6.begin();
////LCD SETUP
LCD.begin();
LCD.setContrast(50);
LCD.clearDisplay();
LCD.setTextSize(1);
LCD.setTextColor(BLACK);
LCD.setCursor(0,0);
////SD
//50 MISO
//51 MOSI
//52 SCK
//53 CS
Serial.println("Initializing SD card...");// make sure that the default chip select pin is set
to
pinMode(53, OUTPUT);// output, even if you don't use it:
//digitalWrite(10,HIGH);//If it's low, the Wiznet chip corrupts the SPI bus
 // see if the card is present and can be initialized:
 if (!SD.begin(CS)) {
   Serial.println("Card failed, or not present");

   // don't do anything more:
   return;
 }
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
 ////SD print header
 Header();


/////RTC SETUP
//scl pin 21
//sda pin 20
Serial.begin(57600); // Set serial port speed
   Wire.begin(); // Start the I2C
   RTC.begin();  // Init RTC
 //RTC.adjust(DateTime(2015, 1, 22, 22, 20, 30));// ตั้งครั้งแรกเท่านั้น
   Serial.print('Time and date set');


  ////Watering Output
 pinMode(waterPin1,OUTPUT);
 pinMode(waterPin2,OUTPUT);


}



void loop(){
  getData();
  calibate();
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
  ToLCD();
  datalog();
  watering();
 ID++;

}

void getData(){
delay(5000);

  float rh1 = dht1.readHumidity();//read dht22 1
  float t1 = dht1.readTemperature();
  float rh2 = dht2.readHumidity();//read dht22 2
  float t2 = dht2.readTemperature();
  float rh3 = dht3.readHumidity();//read dht22 3
  float t3 = dht3.readTemperature();
  float rh4 = dht4.readHumidity();//read dht22 4
  float t4 = dht4.readTemperature();
  float rh5 = dht5.readHumidity();//read dht22 5
  float t5 = dht5.readTemperature();
  float rh6 = dht6.readHumidity();//read dht22 6
  float t6 = dht6.readTemperature();

if(isnan(rh1)||isnan(t1)||isnan(rh2)||isnan(t2)||isnan(rh3)||isnan(t3)||isnan(rh4)||isnan(t4)||isnan(rh5)||isnan(t5)||isnan(rh6)||isnan(t6)){
      Serial.println("Have a problem");
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
  return;
}
Serial.println("DHT1/////////////////////////////////////");
Serial.print("%RH1 =");Serial.print(rh1);Serial.println("%");
Serial.print("Temp1 =");Serial.print(t1);Serial.println("*c");
Serial.println("DHT2/////////////////////////////////////");
Serial.print("%RH2 =");Serial.print(rh2);Serial.println("%");
Serial.print("Temp2 =");Serial.print(t2);Serial.println("*c");
Serial.println("DHT3/////////////////////////////////////");
Serial.print("%RH3 =");Serial.print(rh3);Serial.println("%");
Serial.print("Temp3 =");Serial.print(t3);Serial.println("*c");
Serial.println("DHT4/////////////////////////////////////");
Serial.print("%RH4 =");Serial.print(rh4);Serial.println("%");
Serial.print("Temp4 =");Serial.print(t4);Serial.println("*c");
Serial.println("DHT5/////////////////////////////////////");
Serial.print("%RH5 =");Serial.print(rh5);Serial.println("%");
Serial.print("Temp5 =");Serial.print(t5);Serial.println("*c");
Serial.println("DHT6/////////////////////////////////////");
Serial.print("%RH6 =");Serial.print(rh6);Serial.println("%");
Serial.print("Temp6 =");Serial.print(t6);Serial.println("*c");
Serial.println("*********************************************");

}
void calibate(){
float rh1 = dht1.readHumidity();//read dht22 1
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
float t1 = dht1.readTemperature();
float rh2 = dht2.readHumidity();//read dht22 2
float t2 = dht2.readTemperature();
float rh3 = dht3.readHumidity();//read dht22 3
float t3 = dht3.readTemperature();
float rh4 = dht4.readHumidity();//read dht22 4
float t4 = dht4.readTemperature();
float rh5 = dht5.readHumidity();//read dht22 5
float t5 = dht5.readTemperature();
float rh6 = dht6.readHumidity();//read dht22 6
float t6 = dht6.readTemperature();

// float rh10=rh1*0.9654+11.086;
 float t10=t1*0.9322+1.5713;
// float rh20=rh2*0.9571+11.55;
 float t20=t2*0.9332+1.5917;
 //float rh30=rh3*1.0007+11.738;
 float t30=t3*0.9534+0.9068;
// float rh40=rh4*0.9936+13.667;
 float t40=t4*0.921+1.913;
 //float rh50=rh5*0.6317+8.5431;
 float t50=t5*0.8761+3.0546;
// float rh60=rh6*0.9529+13.734;
 float t60=t6*0.9463+1.1279;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
  avgtemp = (t10+t20+t30+t40)/4;//avg inside t
  avgrh   = (rh1+rh2+rh3+rh4)/4;//avg inside rh
  avgtempout =(t50+t60)/2;//avg outside t
  avgrhout   =(rh5+rh6)/2;//avg outside rh

}
  void ToLCD(){
  DateTime now = RTC.now();


   LCD.print(now.month(), DEC);
   LCD.print("/");
   LCD.print(now.day(), DEC);
   LCD.print("/");
   LCD.println(now.year(), DEC);


   LCD.print(now.hour(), DEC);
   LCD.print(":");
   LCD.print(now.minute(), DEC);
   LCD.print(":");
   LCD.println(now.second(), DEC);


   LCD.println("INSIDE");


   LCD.print(avgtemp,1);LCD.print("*C");
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
  LCD.print(avgrh,1);LCD.println("%RH");

  LCD.println("OUTSIDE");

  LCD.print(avgtempout,1);LCD.print("*C");

  LCD.print(avgrhout,1);LCD.println("%RH");


  LCD.display();
  LCD.clearDisplay();
}
void datalog(){
   DateTime now = RTC.now();

  String dataString = "";

File dataFile = SD.open("datalog.csv", FILE_WRITE);

// if the file is available, write to it:
if (dataFile) {
  dataFile.println(dataString);
 // print to the serial port too:
  Serial.println(dataString);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
// dataFile.println("");
 dataFile.print(ID);
 dataFile.print(",");
 dataFile.print(now.month(), DEC);
 dataFile.print("/");
 dataFile.print(now.day(), DEC);
 dataFile.print("/");
 dataFile.print(now.year(), DEC);
 dataFile.print(",");
 dataFile.print(now.hour(), DEC);
 dataFile.print(":");
 dataFile.print(now.minute(), DEC);
 dataFile.print(":");
 dataFile.print(now.second(), DEC);
 dataFile.print(",");
 dataFile.print(avgtemp);
 dataFile.print(",");
 dataFile.print(avgrh);
 dataFile.print(",");
 dataFile.print(avgtempout);
 dataFile.print(",");
 dataFile.print(avgrhout);
 Serial.print(ID);
 Serial.print(" ");
 Serial.print(now.month(), DEC);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
  Serial.print("/");
  Serial.print(now.day(), DEC);
  Serial.print("/");
  Serial.print(now.year(), DEC);
  Serial.print(" ");
  Serial.print(now.hour(), DEC);
  Serial.print(":");
  Serial.print(now.minute(), DEC);
  Serial.print(":");
  Serial.print(now.second(), DEC);
  Serial.print(" ");
  Serial.print(avgtemp);Serial.print("*C");
  Serial.print(" ");
  Serial.print(avgrh);Serial.println("%RH");
 }
 else {
   Serial.println("error opening datalog.csv");
 }
  dataFile.close();
}
void Header() // this function prints header to SD card
{
  File datafile = SD.open("datalog.csv", FILE_WRITE);
  if (datafile)
  {
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

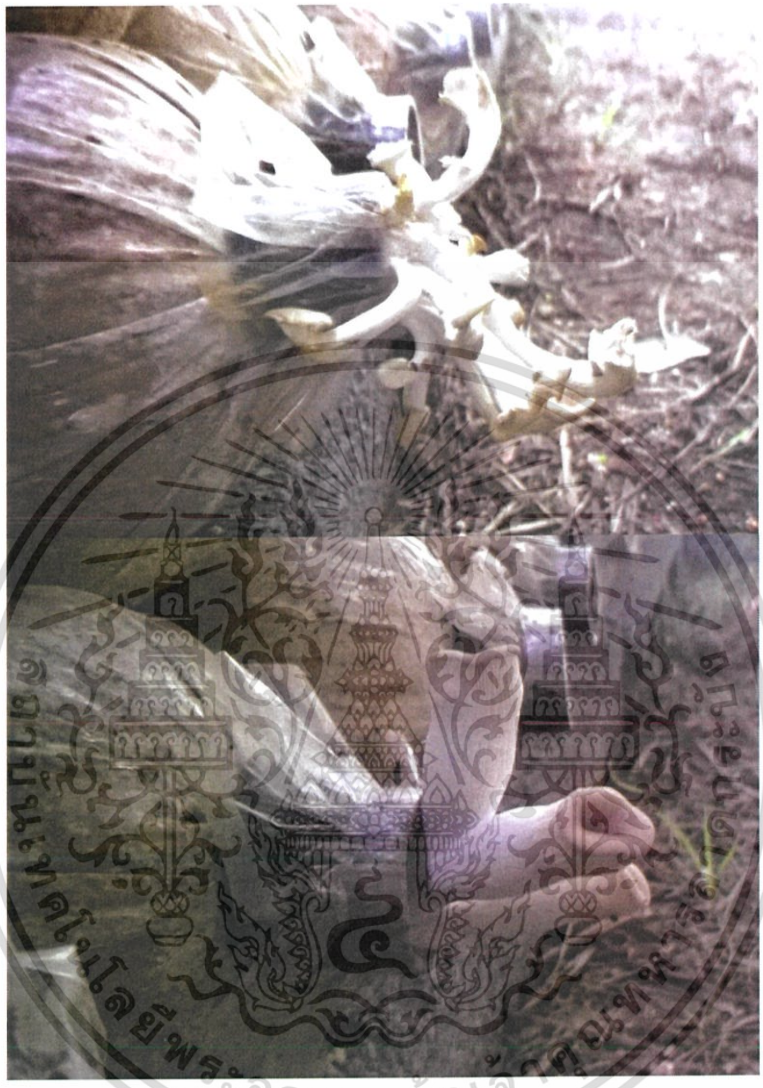
```
      String header = "ID, Date, Time, Tin(C), RHin(%),Tout(C),RHout(%)";
      datafile.println("");
      datafile.println(header);
      datafile.close();
      Serial.println("Header Printed");
    }
    else
    {
      Serial.println("ERROR: Datafile or SD card unavailable");
    }
}
  void watering(){
  unsigned long currentMillis = millis();
  if(avgtemp<=9&&avgrh>100){
   // previousMillis = currentMillis;
    //if(currentMillis - previousMillis > interval) {
  // save the last time you blinked the LED
digitalWrite(waterPin1,HIGH);
digitalWrite(waterPin2,HIGH);
      //}
}else{
digitalWrite(waterPin1,LOW);
digitalWrite(waterPin2,LOW);
}          }
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

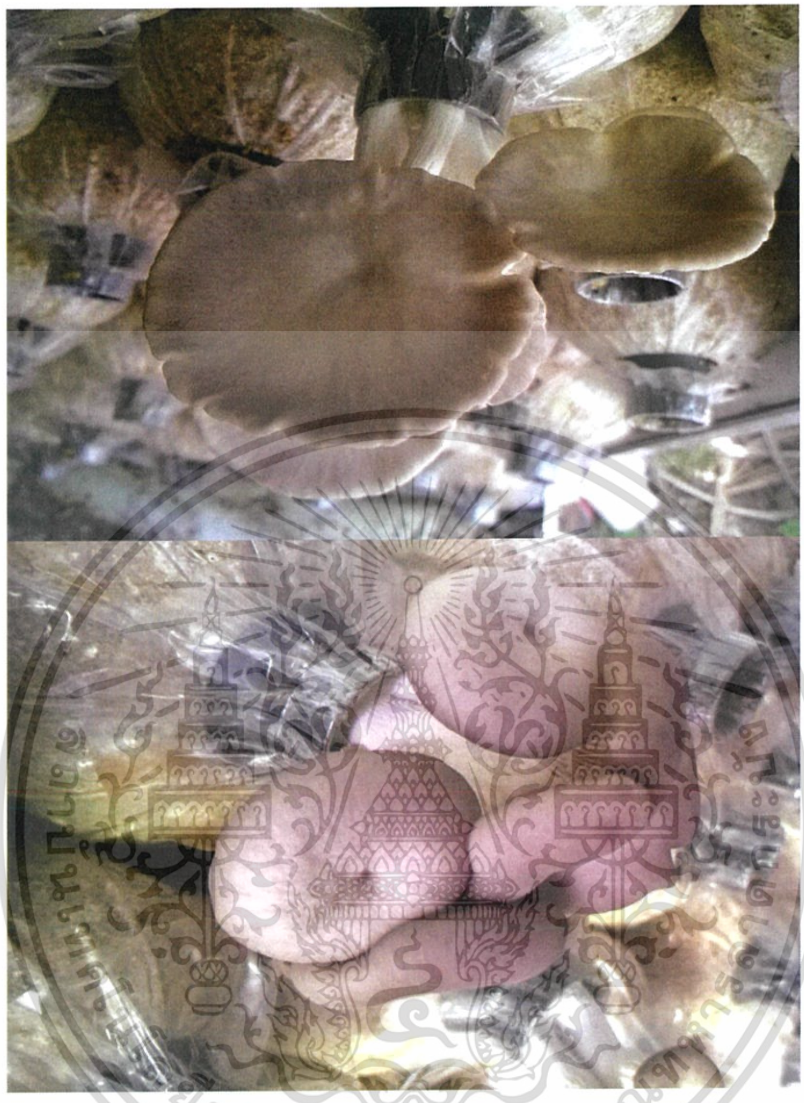
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพเปรียบเทียบผลผลิตเห็ด



รูปที่ ข.1 ลักษณะของดอกเห็ดที่ได้จากโรงเรือนที่ไม่มีการควบคุมอุณหภูมิและความชื้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ข.2 ลักษณะของดอกเห็ดที่ได้จากโรงเรือนที่มีระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

[1] อุทัยวรรณฟาร์ม. **เห็ดคืออะไร.** [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: http://www.utaiwan-farm.com/edu_1.htm. (วันที่ค้นข้อมูล : 01/11/2557).

[2] พัชรี สำโรงเย็น. ไม่ปรากฏปีที่พิมพ์. **โรงเรือนเพาะเห็ด.** ใน อภิชาติ ศรีสะอาด (บรรณาธิการ). (หน้า 6). กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์นาคา

[3,16,17] ชมรมนักเพาะเห็ดแห่งประเทศไทย. 2553. ฟาร์มเพาะเห็ด.การดูแลรักษาเห็ด. (หน้า 141-151) หจก.เกษตรการพิมพ์.

[4] พจนาฎ สุวรรณมณี. 2548. **นิยามอุปกรณ์รอบข้างและคุณลักษณะที่สำคัญของทรานดิวเซอร์ (Definition and Specification of Transducer)** บทที่ 1. เซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์เบื้องต้น. (หน้า 8). กรุงเทพฯ : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).

[5] **digital-output relative humidity and temperature sensor/module AM2303.** [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : https://www.adafruit.com/datasheets/DHT22.pdf. (วันที่สืบค้นข้อมูล : 11/11/2557)

[6] พจนาฎ สุวรรณมณี. 2548. **เทอร์มิสเตอร์ (Thermistor) บทที่ 5.** เซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์เบื้องต้น. (หน้า 176-2 - 184). กรุงเทพฯ : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).

[7] **ชนิดของเซนเซอร์.** [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : http://utprecision.com/UploadImage/6d612514-4185-419e-89a4-1feaae6b2c19.pdf. (วันที่สืบค้นข้อมูล : 11/11/2557)

[8] ผศ.อุทัย สุขสิงค์. 2547. **ไมโครโทรลเลอร์ MCS-51 บทที่ 9**. ไมโครโพรเซสเซอร์และไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51. (หน้า 147-148). กรุงเทพฯ : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยีไทยญี่ปุ่น (ไทย-ญี่ปุ่น).

[9] ณัฏฐพล วงศ์สุนทรชัย และ ชัยวัฒน์ ลิ้มพรจิตรวิไล. 2546. **ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับไมโครคอนโทรลเลอร์.** เรียนรู้และปฏิบัติการไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC 16F628. (หน้า 7-16). กรุงเทพฯ : บริษัท อินโนเวตีฟ เอ็กเพอริเมนต์ จำกัด.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

[10] ไมโครคอนโทรลเลอร์ .....มันคืออะไร? [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : http://jumpstartinnovation.blogspot.com/2013/07/blog-post.html. (วันที่สืบค้นข้อมูล : 11/11/2557)

[12] วัฒนา หนูดำ และ สุรินทร์ ชาติวิเชียร. 2548. การพัฒนาโรงเรือนสาธิตระบบทำความเย็นแบบระเหย. ปริญญานิพนธ์สาขาวิศวกรรมเกษตร, คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

[13] มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. (2549). **แบบของโรงเรือน.** เข้าถึงได้จาก : http//suwan. kps. ku. -ac.th. (วันที่ค้นข้อมูล : 04/08/2557).

[14] ทศพร จันทร์โสภา และคณะ. 2547. โรงเรือนสาธิตระบบทำความเย็น. ปริญญานิพนธ์สาขาวิศวกรรมเกษตร, คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

[15] Brian R. Strobel, Richard R. Stowell และ Ted H. Short. Evaporative Cooling Pads Use in Lowering Indoor Air Temperature. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : http://ohioline.osu.edu/aex-fact/0127.html. (วันที่สืบค้นข้อมูล : 19/07/2557)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้