บทความวิจัย (Research Article)

การพัฒนาต้นแบบระบบควบคุมการเพาะเห็ดหลายชนิดภายในโรงเรือน

Development of Prototypes for Controlling Various Mushroom Cultivation under Greenhouse Conditions

สัญญา ควรคิด[1]*, ก้องภพ ชาอามาตย์[2] และ ธวัชชัย ทองเหลี่ยม[1]

[1]สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม
[2]สาขาวิชาไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์
คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร
* ผู้รับผิดชอบบทความ
sanya@webmail.npru.ac.th

Received: 25 Dec 2020
Revised: 7 Apr 2021
Accepted: 19 May 2021

บทคัดย่อ

การเพาะเห็ดเป็นอาชีพที่กำลังได้รับความนิยมในทุกภูมิภาคของประเทศ เนื่องจากประเทศไทยมีสภาพแวดล้อมเหมาะสมสำหรับการเพาะเห็ดหลายชนิด ประกอบกับต้นทุนในการผลิตเห็ดแต่ละชนิดค่อนข้างต่ำและเห็ดมีความต้องการของตลาดสูง ส่งผลให้เกิดมูลค่าทางเศรษฐกิจอย่างแพร่หลาย สร้างรายได้ในกลุ่มเกษตรกรเป็นที่น่าพอใจ อย่างไรก็ตามจากความแปรปรวนของสภาพอากาศในปัจจุบันทำให้การควบคุมปัจจัยหลัก ได้แก่ อุณหภูมิและความชื้นที่เหมาะสมสำหรับเห็ดแต่ละชนิดทำได้ยากมากขึ้น ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้พัฒนาต้นแบบระบบควบคุมการเพาะเห็ดหลายชนิดภายในโรงเรือน ที่เหมาะสำหรับเกษตรกรที่มีพื้นที่ค่อนข้างจำกัด โดยการทำงานของระบบควบคุมจะทำการอ่านข้อมูลจากเซนเซอร์ผ่านมอดูลไร้สาย โดยใช้บอร์ดอาร์ดูโนทำหน้าที่ควบคุมค่าอุณหภูมิและความชื้นภายในโรงเรือนให้สัมพันธ์กับความต้องการของเห็ดพร้อมทั้งเชื่อมต่อกับระบบอินเทอร์เน็ตเพื่อส่งข้อมูลไปยังระบบคลาวด์ การทดลองทำโดยการสร้างโรงเรือนขนาด 1 x 2 x 1.5 ม. จำนวน 2 โรงเรือน ทำการเพาะเห็ดโคนญี่ปุ่นและเห็ดโคนน้อยจำนวนอย่างละ 100 ก้อน ผลการทดลองพบว่า 1) ชุดวัดอุณหภูมิและความชื้นมีค่าความแม่นยำร้อยละ 99.52 และ 98.16 ตามลำดับ 2) การมอนิเตอร์ค่าอุณหภูมิและความชื้นสามารถส่งค่าไปยังระบบคลาวด์ได้อย่างถูกต้อง 3) ผลผลิตเห็ดโคนญี่ปุ่นและเห็ดโคนน้อยเฉลี่ย 1 ก้อน มีน้ำหนัก 54 กรัม และ 364 กรัม ตามลำดับ

คำสำคัญ: เห็ด เซนเซอร์วัดค่าอุณหภูมิ เซนเซอร์วัดค่าความชื้น บอร์ดอาร์ดูโน ระบบคลาวด์

Abstract

Mushroom cultivation is a very popular in every region of Thailand because it has a suitable environment for cultivating many types of mushrooms. Due to the relatively low production cost and high market demand, this results in widespread economic value and generating satisfactory income for farmers. However, due to climate variability, it was more difficult to control the optimum factors for each mushroom species. Therefore, this research is to develop a prototype system for cultivating many types of mushrooms under greenhouse conditions. The control system will send the temperature and humidity values through the wireless module to an Arduino board, in order to control the temperature and humidity that is related to the needs of the mushroom and send data to the cloud. The experiment was done by constructing two

houses of size 1 x 2 x 1.5 m. 100 pieces of Yanagi mushroom and 100 pieces of Coprinus Fimetarrius were cultivated. The results showed that 1) the accuracy of the temperature and Humidity were 99.52% and 98.16% respectively. 2) Monitoring of temperature and humidity values can be sent to the cloud correctly. 3) The yield had an average weight of 54 g. and 364 g. respectively.

Keywords: Mushroom, Temperature sensor, Humidity sensor, Arduino, Cloud computing

1. บทนำ

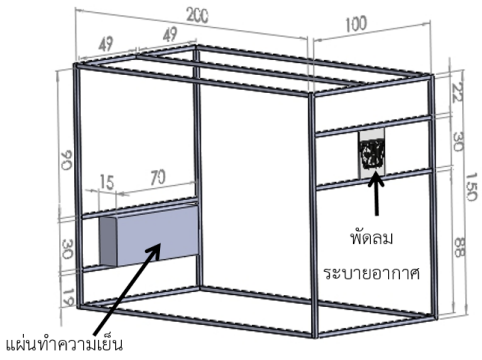
ในปัจจุบันภาคการเกษตรมีบทบาทสำคัญต่อระบบเศรษฐกิจของประเทศ เพราะนอกจากจะก่อให้เกิดรายได้แล้วประชากรส่วนใหญ่ของประเทศยังมีอาชีพเป็นเกษตรกร การเพาะเห็ดถือเป็นอาชีพหนึ่งที่น่าสนใจของเกษตรกร เนื่องจากในประเทศไทยมีสภาพแวดล้อมเหมาะสมสำหรับการเพาะเห็ดหลายชนิด ประกอบกับต้นทุนในการผลิตเห็ดแต่ละชนิดค่อนข้างต่ำ มีความต้องการของตลาดสูง

เห็ดเป็นพืชชั้นต่ำซึ่งจัดเป็นราชนิดหนึ่ง ไม่สามารถสังเคราะห์แสงได้ ไม่มีสารสีเขียว ต้องอาศัยสารอินทรีย์จากสิ่งมีชีวิตหรือไม่มีชีวิตอื่น ๆ เพื่อใช้ในการเจริญเติบโต สามารถนำมาแปรรูปอาหารและยาป้องกันรักษาโรคได้อย่างหลากหลาย [1] การเพาะเห็ดมีปัจจัยในการเจริญเติบโตของเห็ดที่สำคัญ ได้แก่ วัสดุที่ใช้ในการเพาะเห็ด อาหารเสริมที่ใช้ผสมกับวัสดุในการเพาะเห็ด อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ค่าความเป็นกรด–ด่าง การระบายอากาศ แสง อย่างไรก็ตามจากปัญหาจากความแปรปรวนของสภาพอากาศในแต่ละวัน ทำให้การควบคุมปัจจัยหลัก ได้แก่อุณหภูมิ ความชื้นและแสงที่เหมาะสมสำหรับเห็ดแต่ละชนิดทำได้ยากมากขึ้น จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่าการปลูกเห็ดโดยส่วนใหญ่ต้องการความชื้นมากกว่า 70 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่อุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการปลูกเห็ดแต่ละชนิดจะแตกต่างกัน มีค่าอุณหภูมิตั้งแต่ 20-35 ℃ สำหรับระบบควบคุมการเพาะเห็ดจากงานวิจัยมีการใช้งานบอร์ดควบคุมหลายชนิด เช่น Arduino, ESP, Raspberry Pi, PLC เป็นต้น [2-13] โดยระบบใช้การควบคุมการลดค่าอุณหภูมิด้วยระบบทำความเย็นแบบระเหยและควบคุมความชื้นด้วยหัวพ่นละอองน้ำ และควบคุมอุณหภูมิให้สูงขึ้นด้วยฮีตเตอร์หรือหลอดไฟ จากรูปแบบการเพาะเห็ดในโรงเรือนที่ต้องการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นที่แตกต่างกันตามชนิดของเห็ด คณะนักวิจัยจึงได้พัฒนาต้นแบบระบบควบคุมโดยมีวัตถุประสงค์ดังนี้ 1) เพื่อพัฒนาระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นภายในโรงเรือนขนาดเล็กเพื่อการเพาะเห็ดหลายชนิดได้พร้อมกัน 2) ระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสามารถทำงานทั้งแบบควบคุมด้วยมือและแบบอัตโนมัติ

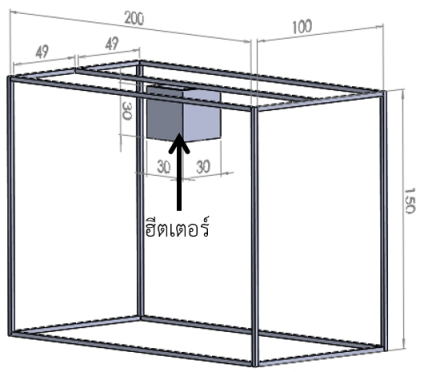
2. การพัฒนาระบบ

คณะนักวิจัยได้ทำการออกแบบโครงสร้างโรงเรือนต้นแบบ 2 โรงเรือนขนาด 1 x 2 x 1.5 ม. จากนั้นดำเนินการสร้างและทดสอบต้นแบบด้านฮาร์ดแวร์และทำการเขียนโปรแกรมควบคุมการเพาะเห็ดภายในโรงเรือน มีรายละเอียดดังนี้

2.1 การออกแบบโครงสร้างโรงเรือนต้นแบบ



(ก) แบบที่ 1



(ข) แบบที่ 2

รูปที่ 1 ต้นแบบโครงสร้างโรงเรือน

2.1.1 โรงเรือนแบบที่ 1

เป็นโรงเรือนที่เหมาะสำหรับการปลูกเห็ดที่อุณหภูมิระหว่าง 20–35 ℃ เช่น เห็ดโคนญี่ปุ่น เห็ดนางฟ้า เห็ดนางฟ้าภูฐาน เห็ดแครง ฯลฯ โดยทำการติดตั้งระบบทำความเย็นแบบระเหย แผ่นทำความเย็นขนาด 300 x 1800 x 150 มม. พัดลมระบายอากาศ 10 นิ้ว และมีคานสำหรับการติดตั้งหัวพ่นละอองน้ำ

2.1.2 โรงเรือนแบบที่ 2

เป็นโรงเรือนที่เหมาะสำหรับการปลูกเห็ดที่อุณหภูมิระหว่าง 30–35 ℃ เช่น เห็ดโคนน้อย เป็นต้น โดยทำการติดตั้งกล่องฮีตเตอร์ขนาด 30 x 30 x 30 ซม. ภายในกล่องจะมีฮีตเตอร์แบบครีบขนาด 2 x 4 x 0.5 นิ้ว และพัดลมระบายอากาศขนาด 4 นิ้ว และมีคานสำหรับการติดตั้งหัวพ่นละอองน้ำ

2.2 โครงสร้างการทำงานของระบบ

การออกแบบโครงสร้างการทำงานในการพัฒนาต้นแบบระบบควบคุมการเพาะเห็ดหลายชนิดภายในโรงเรือนแสดงดังรูปที่ 2 โดยโรงเรือนแบบที่ 1 เป็นโรงเรือนที่มีระบบทำความเย็นแบบระเหยเพื่อลดค่าอุณหภูมิ และโรงเรือนแบบที่ 2 เป็นโรงเรือนที่ติดตั้งฮีตเตอร์เพื่อเพิ่มอุณหภูมิภายในโรงเรือน

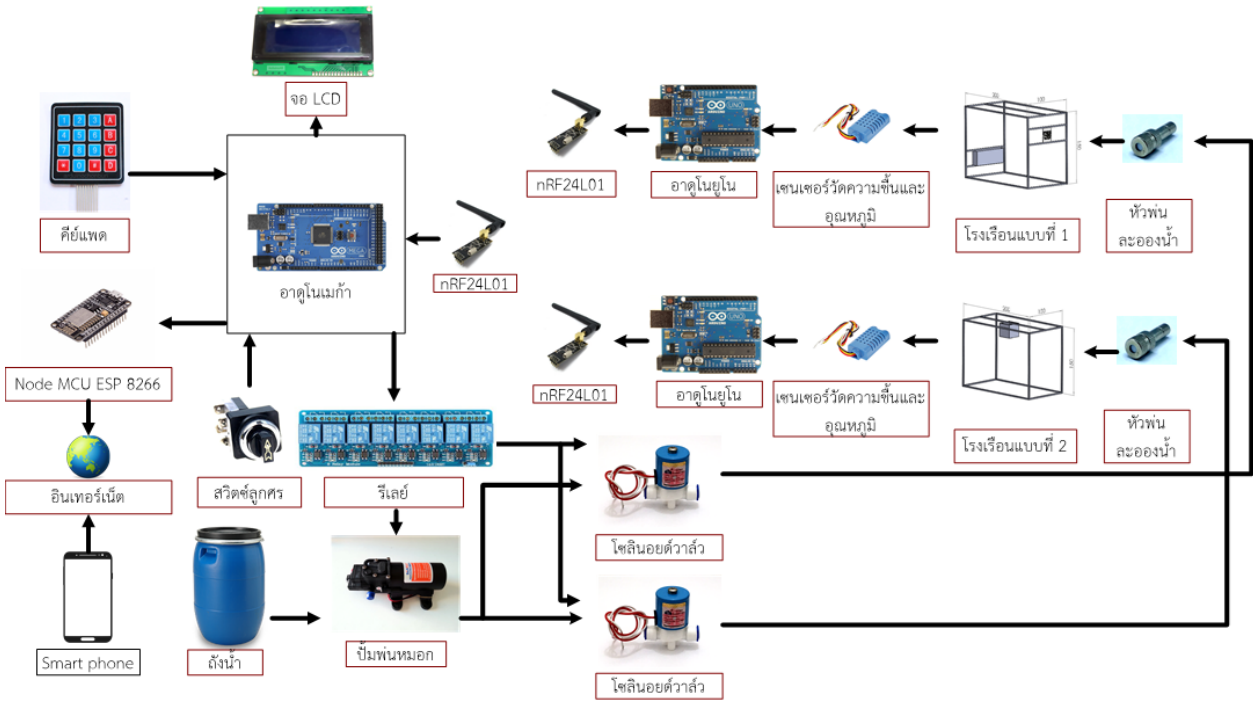
การควบคุมอุณหภูมิและความชื้นภายในโรงเรือนทั้ง 2 แบบทำได้โดยการติดตั้งเซนเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้นจำนวน 2 ชุด โดยระบบควบคุมจะทำการส่งค่าอุณหภูมิและความชื้นภายในโรงเรือนผ่านเครือข่ายไร้สายให้กับบอร์ดประมวลผลกลาง เพื่อควบคุมอุณหภูมิและความชื้นภายในโรงเรือนให้สัมพันธ์กับความต้องการของเห็ด พร้อมทั้งเชื่อมต่อกับระบบอินเทอร์เน็ตเพื่อส่งค่าอุณหภูมิและความชื้นไปยังระบบคลาวด์ ระบบดังกล่าวมีองค์ประกอบที่สำคัญ 3 ส่วน ดังนี้

2.2.1 บอร์ดประมวลผลกลาง

ทำหน้าที่เป็นส่วนประมวลผลหลัก ประกอบด้วยบอร์ดอาดูโนเมก้าเป็นตัวกลางในการควบคุมระบบ และใช้มอดูลสื่อสารไร้สาย NRF 24L01 เพื่อรับค่าอุณหภูมิและความชื้นภายในโรงเรือนเพื่อควบคุมอุปกรณ์ต่าง ๆ ได้แก่ ปั๊มน้ำ โซลินอยด์วาล์ว ระบบทำความเย็นแบบระเหย ชุดทำความร้อนด้วยฮีตเตอร์

2.2.2 ชุดวัดอุณหภูมิและความชื้นภายในโรงเรือน

ทำหน้าที่ในการอ่านค่าจากเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้นและส่งข้อมูลผ่านมอดูลสื่อสารไร้สาย NRF 24L01 ไปยังบอร์ดประมวลผลกลาง



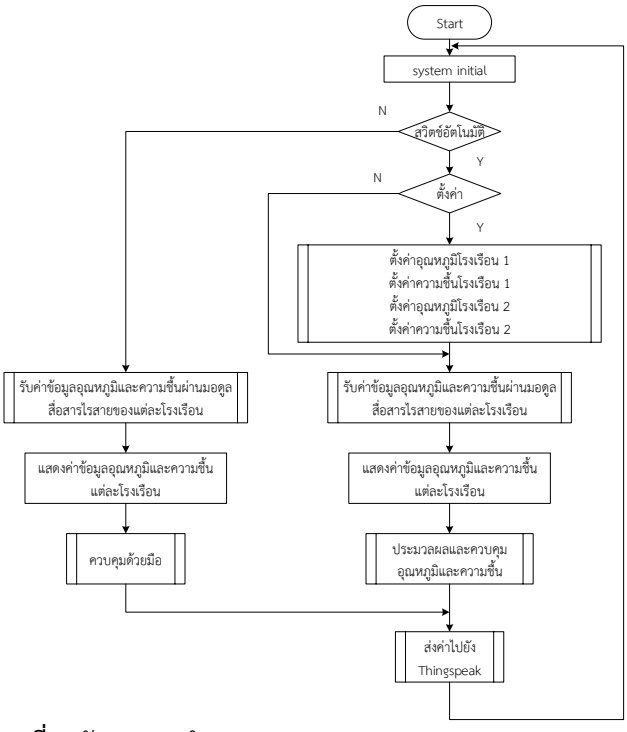
รูปที่ 2 โครงสร้างการทำงานของระบบ

2.2.3 ชุดเชื่อมต่อกับระบบคลาวด์

ทำหน้าที่ในการนำค่าข้อมูลที่ต้องการแสดงผล เช่น อุณหภูมิ ความชื้น ฯลฯ ส่งผ่านเครือข่ายไร้สายโดยใช้ Node MCU ESP 8266 ไปยังผู้ใช้บริการโดยเลือกคลาวด์แพลตฟอร์มของ ThingSpeak เพื่อแสดงผลแบบเรียลไทม์

2.3 การพัฒนาซอฟต์แวร์

ระบบควบคุมการเพาะเห็ดแสดงดังผังงานรูปที่ 3 มีการทำงานได้ 2 รูปแบบคือระบบอัตโนมัติหรือระบบควบคุมด้วยมือโดยมีการทำงานเป็นลำดับดังนี้



รูปที่ 3 ผังงานการทำงานของระบบ

2.3.1 เริ่มต้นการทำงาน

ระบบทำการเรียกค่าข้อมูลที่ตั้งค่าอุณหภูมิและความชื้นจาก EEPROM

2.3.2 ผู้ใช้งานเลือกระบบการทำงาน

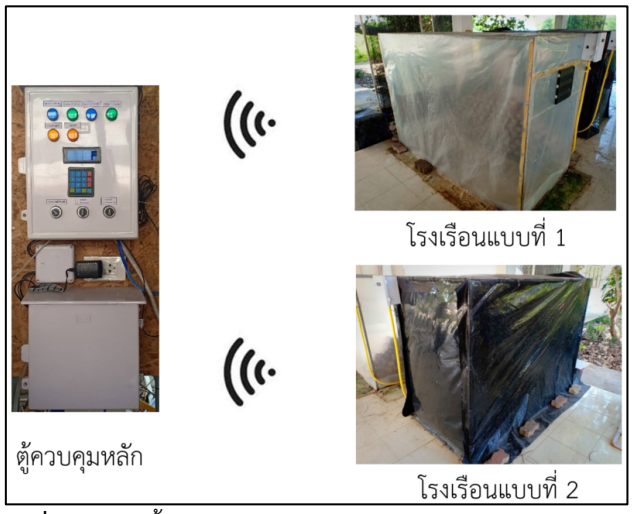
แบบอัตโนมัติหรือควบคุมด้วยมือ

- กรณีเลือกระบบควบคุมด้วยมือ จะใช้การควบคุมอุณหภูมิและความชื้นผ่านสวิตช์หน้าตู้ควบคุม พร้อมทั้งรับค่าและแสดงค่าอุณหภูมิและความชื้นของแต่ละโรงเรือนหน้าตู้ควบคุม
- กรณีเลือกระบบอัตโนมัติ ผู้ใช้สามารถตั้งค่าอุณหภูมิและความชื้นของโรงเรือน โดยระบบทำการเปรียบเทียบค่าอุณหภูมิและความชื้นที่ตั้งกับค่าที่วัด และควบคุมอุณหภูมิและความชื้นให้ตรงกับค่าที่ตั้งไว้แบบอัตโนมัติ

3. ผลการทดลอง

3.1 การติดตั้งและทดสอบระบบ

นำระบบควบคุมการเพาะเห็ดหลายชนิดที่ประกอบด้วย 1) ตู้ควบคุมที่มีส่วนประมวลผลหลักและชุดเชื่อมต่อกับระบบคลาวด์ และ 2) ชุดวัดอุณหภูมิและความชื้นภายในโรงเรือนไปติดตั้ง ณ ศูนย์เรียนรู้ฝึกศาสตร์พระราชา มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม แสดงดังรูปที่ 4 เพื่อทดสอบการทำงานต่อไป



รูปที่ 4 การติดตั้งระบบควบคุมการเพาะเห็ดหลายชนิด

3.2 การวัดความแม่นยำของชุดวัดอุณภูมิและความชื้น

ทดสอบชุดวัดอุณหภูมิและความชื้นภายในโรงเรือนโดยสอบเทียบค่าอุณหภูมิเละความชื้นกับเครื่องมือวัด Testo 175-H1 (Temperature and humidity data logger) คำนวณหาค่าเปอร์เซ็นต์ความแม่นยำดังสมการที่ 1 และ 2 จากการทดลองพบว่าชุดวัดอุณหภูมิและความชื้นมีค่าความแม่นยำร้อยละ 99.52 และ 98.16 ตามลำดับ

$$\%\ Error = \frac{\text{Measured Value} - \text{Actual Value}}{\text{Actual Value}} \times 100 \quad (1)$$

$$\%\text{Accuracy} = 100 - \%\text{Error} \quad (2)$$

Measured Value	ค่าที่วัดได้จากจากชุดตรวจวัด
Actual Value	ค่าที่วัดได้จากชุดเครื่องมือวัด
% Error	เปอร์เซ็นต์ค่าความผิดพลาด
% Accuracy	เปอร์เซ็นต์ค่าความแม่นยำ

3.3 การมอนิเตอร์ค่าอุณหภูมิและความชื้นบนคลาวด์

ทดลองการทำงานของระบบควบคุมโดยทำการส่งค่าอุณหภูมิและความชื้นขึ้นระบบคลาวด์ ทำการทดลองระหว่างวันที่ 4–5 เม.ย. พ.ศ. 2562 กำหนดค่าพารามิเตอร์โรงเรือนแบบที่ 1 ที่ค่าอุณหภูมิ 28 °C และความชื้น 70% ผลการทดลองพบว่าระบบสามารถควบคุมอุณหภูมิได้ในช่วง 24.80-38.30 °C และความชื้นในช่วง 67.70–80.80 % สำหรับโรงเรือนแบบที่ 2 กำหนดการทำงานที่อุณหภูมิ 32°C และความชื้น 80% ผลการทดลองพบว่าระบบสามารถควบคุมอุณหภูมิได้ในช่วง 29.40-38.30 °C และความชื้นในช่วง 64.60-87.40 %

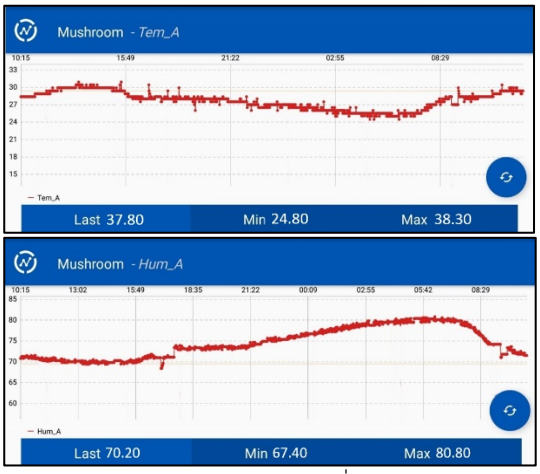
3.4 ผลผลิตเห็ด

3.4.1 ทดลองเพาะเห็ดโคนญี่ปุ่น (ยานางิ)

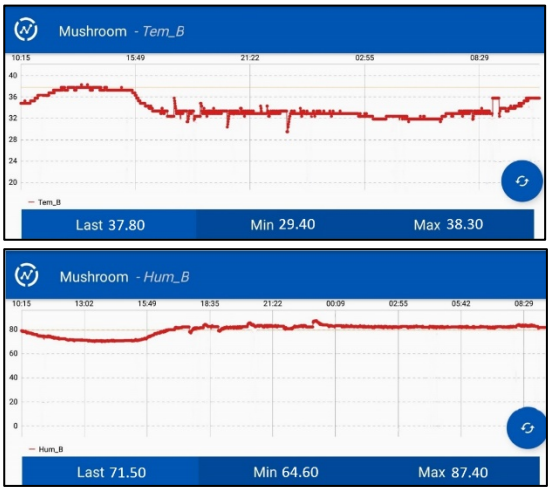
ลักษณะทั่วไปของเห็ดโคนญี่ปุ่นคือมีกลิ่นหอมเฉพาะตัว โดยมีก้านดอกเนื้อแน่นสีขาว ส่วนดอกเห็ดมีสีน้ำตาลอ่อนจนถึงน้ำตาลอมส้ม มีรสคล้ายกับเห็ดโคนหรือเห็ดหอม [14] ทำการทดลองโดยเพาะเห็ดโคนญี่ปุ่นในโรงเรือนที่ 1 จำนวน 100 ก้อน กำหนดค่าอุณหภูมิและความชื้นตามหัวข้อ 3.3 โดยเก็บข้อมูลผลผลิตจากกลุ่มตัวอย่างชนิดละ 10 ก้อน เริ่มเก็บดอกเห็ดในวันที่ 17 ธันวาคม พ.ศ. 2561 ถึงวันที่ 15 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2562 การเก็บผลผลิตใช้เวลา 15–20 วัน จึงจะสามารถเก็บเห็ดยานางิได้ประมาณ 4 วัน และต้องทำความสะอาดโรงเรือนหรือพักโรงเรือนประมาณ 5–10 วัน ผลผลิตเห็ดโคนญี่ปุ่นแสดงดังรูปที่ 6 และตารางที่ 1 ตามลำดับ

3.4.2 ทดลองเพาะเห็ดโคนน้อย

ลักษณะทั่วไปของเห็ดโคนน้อยเป็นเห็ดที่ขึ้นง่ายลักษณะคล้ายเห็ดโคนสีขาว หมวกสวยงามสมส่วน ก้านดอกขนาดเท่าดินสอดำ ความยาวของต้นเห็ดประมาณ 2-3 นิ้ว เห็ดชนิดนี้มีคุณค่าทางอาหารสูง มีสรรพคุณทางสมุนไพร ช่วยในการย่อยอาหารและลดเสมหะ [15] ทำการทดลองโดยเพาะเห็ดโคนน้อยในโรงเรือนที่ 2



(ก) โรงเรือนแบบที่ 1



(ข) โรงเรือนแบบที่ 2

รูปที่ 5 การมอนิเตอร์อุณหภูมิและความชื้นในโรงเรือนผ่าน ThingSpeak

รูปที่ 6 ผลผลิตเห็ดโคนญี่ปุ่น

จำนวน 100 ก้อน กำหนดค่าอุณหภูมิและความชื้นตามหัวข้อ 3.3 โดยเก็บข้อมูลผลผลิตจากกลุ่มตัวอย่างชนิดละ 10 ก้อน เริ่มเก็บดอกเห็ดในวันที่ 5 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2562 ถึงวันที่ 27 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2562 การเก็บผลผลิตใช้เวลา 15–20 วัน จึงจะสามารถเก็บเห็ดโคนน้อยได้ ผลผลิตเห็ดโคนน้อยแสดงดังรูปที่ 7 และตารางที่ 1 ตามลำดับ

รูปที่ 7 ผลผลิตเห็ดโคนน้อย

ตารางที่ 1 ผลผลิตเห็ดโคนญี่ปุ่นและเห็ดโคนน้อย

คุณลักษณะเห็ด	เห็ดโคนญี่ปุ่น	เห็ดโคนน้อย
ความกว้างดอกเห็ด (ซม.)	4.6	1.7
ความกว้างต้นเห็ด (ซม.)	1	0.9
ความสูงของเห็ด (ซม.)	11.12	10.70
น้ำหนักรวม (กรัม)	54	364

4. สรุป

งานวิจัยนี้ได้พัฒนาต้นแบบระบบควบคุมการเพาะเห็ดหลายชนิดภายในโรงเรือน การทดลองทำโดยการสร้างโรงเรือนขนาด 1 x 2 x 1.5 ม. จำนวน 2 โรงเรือน เพื่อเพาะเห็ดโคนญี่ปุ่นและเห็ดโคนน้อย ผลการทดลองพบว่า 1) ชุดวัดอุณหภูมิและความชื้นมีค่าความแม่นยำร้อยละ 99.52 และ 98.16 ตามลำดับ 2) รูปแบบการควบคุมอัตโนมัติและรูปแบบควบคุมด้วยมือสามารถส่งค่าไปยังระบบคลาวด์ได้อย่างถูกต้อง 3) ผลผลิตเห็ดโคนญี่ปุ่นและเห็ดโคนน้อยเฉลี่ย 1 ก้อน มีน้ำหนัก 54 กรัม และ 364 กรัม ตามลำดับ

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณนายธรรมพล เมืองศรี และนายอรรถพล อินพลอย บัณฑิตสาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม สำหรับการทบทวนวรรณกรรม การดำเนินการทำงานและทดสอบวิธีการที่เสนอ

6. เอกสารอ้างอิง

[1] บุญยัง สิงห์เจรญและ สันติ สาแก้ว, “ระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นในโรงเรือนเพาะเห็ด”, การประชุมวิชาการระดับชาติมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล, 2559.

[2] ชินาพัฒน์ สกุลราศรีสวย ตรี วาทกิจ ลาภวัต วงศ์ประชา และ อังศุมาลิน สมเทพ "การเปรียบเทียบประสิทธิภาพระบบควบคุม อุณหภูมิและความชื้นที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของเห็ดใน โรงเพาะเห็ด กรณีศึกษา: ฟาร์มเห็ดบ้านเนินสะอาด," Journal of Information Science and Technology, ปีที่. 8, ฉบับที่. 2, หน้า 46-55, 2562.

[3] Fauzi, R. M., et al. "Oyster mushroom cultivation solution based IoT for Nova Farmers." IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. Vol. 850. No. 1. IOP Publishing, 2020.

[4] Mohammed, M. F., et al. "IoT based monitoring and environment control system for indoor cultivation of oyster mushroom." Journal of Physics: Conference Series. Vol. 1019. No. 1. IOP Publishing, 2018.

[5] Chieochan, Oran, Anukit Saokaew, and Ekkarat Boonchieng. "IOT for smart farm: A case study of the Lingzhi mushroom farm at Maejo University." 2017 14th International Joint Conference on Computer Science and Software Engineering (JCSSE). IEEE, 2017.

[6] Riskiono, S. D., et al. "Control and Realtime Monitoring System for Mushroom Cultivation Fields based on WSN and IoT." Journal of Physics: Conference Series. Vol. 1655. No. 1. IOP Publishing, 2020.

[7] Nasution, Tigor Hamonangan, Muhammad Yasir, and Soeharwinto Soeharwinto. "Designing an IoT system for monitoring and controlling temperature and humidity in mushroom cultivation fields." 2019 International Conference on Electrical Engineering and Computer Science (ICECOS). IEEE, 2019.

[8] Agustianto, K., et al. "Development of automatic temperature and humidity control system in kumbung (oyster mushroom) using fuzzy logic controller." IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Vol. 672. No. 1. IOP Publishing, 2021.

[9] Mat, Ibrahim, et al. "Environment control for smart mushroom house." 2017 IEEE Conference on Open Systems (ICOS). IEEE, 2017.

[10] Fuady, G. M., et al. "Extreme learning machine and back propagation neural network comparison for temperature and humidity control of oyster mushroom based on microcontroller." 2017 International Symposium on Electronics and Smart Devices (ISESD). IEEE, 2017.

[11] Mahmud, MS Azimi, et al. "Internet of things based smart environmental monitoring for mushroom cultivation." Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science 10.3 (2018): 847-852.

[12] Sihombing, P., T. P. Astuti, and D. Sitompul. "Microcontroller based automatic temperature control for oyster mushroom plants." Journal of Physics: Conference Series. Vol. 978. No. 1. IOP Publishing, 2018.

[13] Shakir, Abdul Alim, et al. "Design and Implementation of SENSEP ACK: An IoT Based Mushroom Cultivation Monitoring System." 2019 International Conference on Electrical, Computer and Communication Engineering (ECCE). IEEE, 2019.

[14] (10 มกราคม 2560). เห็ดโคนญี่ปุ่นหรือเห็ดยานางิ สรรพคุณและประโยชน์ของเห็ดโคนญี่ปุ่น, [ระบบ ออนไลน์], https://www.เกร็ดความรู้.net/เห็ดโคนญี่ปุ่น

[15] (10 มกราคม 2560). เห็ดโคนน้อย (เห็ดเจ็ดวัน) สร้างรายได้, [ระบบ ออนไลน์], https:// farmerspace.co/เห็ดโคนน้อย-เห็ดเจ็ดวัน