การพัฒนาระบบอินเทอร์เน็ตในทุกสิ่ง (IoT) เพื่อการศึกษาสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของเห็ดหูหนู

โยธิน จิ๋นเนียม, สุดารัตน์ สุขสวัสดิ์ และขนิษฐา แซ่ลิ้ม*

สาขาวิชาเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์อุตสาหกรรม
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม
*kanit@webmail.npru.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของเห็ดหูหนู และออกแบบพัฒนาระบบควบคุมการเพาะเห็ดหูหนูในโรงเรือนด้วยระบบอินเทอร์เน็ตในทุกสิ่ง (IoT) โดยในการพัฒนาระบบรจัดเก็บมูลและศึกษาค่าพารามิเตอร์ของการเพาะเห็ดหูหนูในโรงเรือน ด้วยการพัฒนาการทำงานของเซนเซอร์ ได้แก่ เซนเซอร์ค่าอุณหภูมิ ความชื้น เซนเซอร์ค่าความเข้มของแสง และเซนเซอร์ตรวจจับการไหลของน้ำ ร่วมกับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP8266 ผ่านการเชื่อมต่อ WiFi ส่งค่าเซนเซอร์ไปเก็บยังฐานข้อมูล MySQL ที่ถูกสร้างไว้ในตัวคอมพิวเตอร์ขนาดเล็ก Raspberry Pi แล้วนำข้อมูลมาวิเคราะห์เปรียบเทียบ เพื่อพัฒนาระบบควบคุมควบชื้นอัตโนมัติในโรงเรือนเพาะเห็ดหูหนู ทั้งนี้ผู้วิจัยได้มีการศึกษาพฤติกรรมการเพาะเห็ดหูหนูของเกษตรกร โดยมีตรวจวัดค่าอุณหภูมิ ความชื้น และตรวจจับการไหลของน้ำ ด้วยการติดตั้งเซนเซอร์ พบว่า อุณหภูมิและความชื้นมีความแปรปรวนไม่สม่ำเสมอ โดยอุณหภูมิอยู่ในช่วง 29 - 38 องศาเซลเซียส และความชื้นอยู่ในช่วง 50 - 85% การรดน้ำโดยเกษตรกรเฉลี่ย 3 ครั้งต่อวัน ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้ดำเนินการติดตั้งระบบควบคุมควบชื้นอัตโนมัติในโรงเรือนเพาะเห็ดหูหนู พบว่า อุณหภูมิอยู่ในช่วง 31 - 32 องศาเซลเซียส และความชื้นอยู่ในช่วง 70 - 85% มีค่าสม่ำเสมอ และมีการรดน้ำแบบอัตโนมัติเฉลี่ยอยู่ที่ 5 – 6 ครั้งต่อวัน จากการศึกษาพฤติกรรมของเกษตรกรในการรดน้ำเปรียบเทียบกับการใช้ระบบควบคุมควบชื้นอัตโนมัติในโรงเรือนเพาะเห็ดหูหนู แสดงให้เห็นว่าระบบสามารถเข้ามาช่วยในการเรียนแบบการทำงานของเกษตรกรในการเพาะเห็ดหูหนู โดยที่ไม่ส่งผลกระทบต่อผลผลิต

คำสำคัญ: อินเทอร์เน็ตในทุกสิ่ง เห็ดหูหนู ระบบควบคุมโรงเรือนอัตโนมัติ

Developing an IoT System for Studying the Optimal Conditions for the Growth of Ear Mushrooms

Yotin Jinniam, Sudarat Suksawat and Kanittha Saelim*

Department of Industrial Computer TechnologyFaculty of Science and Technology,
Nakhon Pathom Rajabhat University
*kanit@webmail.npru.ac.th

Abstract

The objective of this research is to study the optimal environment for the growth of ear mushrooms and to design and develop ear mushrooms cultivation control system in a greenhouse using the Internet of Things (IoT). In developing the system, data collection and parameter studies for ear mushroom cultivation in the greenhouse were conducted through the enhancement of sensor operations. This included temperature and humidity sensors, light intensity sensors, and water flow sensors, integrated with an ESP8266 microcontroller board via WiFi. Sensor data was sent to a MySQL database created on a Raspberry Pi computer, and the data was analyzed and compared to improve the automatic humidity control system in the greenhouse for ear mushroom cultivation.

The researcher also studied the ear mushroom cultivation behaviors of farmers by measuring temperature, humidity, and water flow with installed sensors. It was found that temperature and humidity fluctuated inconsistently, with temperatures ranging from 29 to 38 degrees Celsius and humidity ranging from 50 to 85%. Farmers typically watered the mushrooms an average of three times a day. Consequently, the researcher installed an automatic humidity control system in the greenhouse for ear mushroom cultivation and found that the temperature ranged from 31 to 32 degrees Celsius, and humidity ranged from 70 to 85%, maintaining consistency. The automatic watering system averaged 5 to 6 times a day.

This study showed that farmer watering behaviors with the use of the automatic humidity control system in the greenhouse for ear mushroom cultivation showed that the system could assist in mimicking the farmers' work patterns without affecting the yield

Keywords: Internet of Things (IoT), Ear Mushrooms, Automatic greenhouse control system

1. บทนำ

ปัจจุบันประเทศไทยมีการทำเกษตรกรรมเกี่ยวกับการเพาะเห็ดที่หลากหลายชนิด เห็ดจึงกลายเป็นพืชเศรษฐกิจที่คนไทยนิยมปลูกเป็นจำนวนมากและได้รับการยอมรับอย่างแพร่หลาย ทำให้เห็ดเป็นที่ต้องการของตลาดเพิ่มมากขึ้น เกษตรกรหันมาสนใจการทำอาชีพเพาะเห็ดหรือนำมาเป็นอาชีพเสริมเพื่อเสริมสร้างรายได้อีกทาง ทำให้เกิดการพัฒนาไปสู่การเพาะเห็ดในเชิงการค้า เห็ดที่เพาะในเชิงการค้ามีหลากหลายชนิดเช่น เห็ดนางฟ้า เห็ดภูฐาน เห็นนางรม โดยเฉพาะอย่างยิ่ง เห็ดหูหนู เป็นเห็ดที่ได้รับความนิยมจากผู้บริโภค เนื่องจากเห็ดหูหนูมีประโยชน์และคุณค่าทางอาหารสูง เห็ดหูหนูเจริญเติบโตได้ดีในสภาพอากาศที่ มีอุณหภูมิระหว่าง 28-35 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ 70-90 เปอร์เซ็นต์

การเพาะเห็ดสภาพแวดล้อมความชื้น, อุณหภูมิและน้ำ มีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของเห็ดอย่างมาก เห็ดแต่ละชนิดมีความต้องของการสภาพอากาศของอุณหภูมิ และความชื้นที่ไม่เท่ากัน เช่น เห็ดหูหนูที่ผู้วิจัยได้ทำศึกษาทดลอง ได้นำเอาเทคโนโลยี (IOT) มาเพื่อศึกษาสภาพแวดล้อมการเพาะเห็ดของเกษตรกร โดยใช้บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP8266 ที่

สามารถเชื่อมต่อ WiFi ได้ มาเป็นตัวเชื่อมต่อกับเซนเซอร์วัดค่าอุณหภูมิความชื้นและเซนเซอร์วัดการไหลของน้ำ แล้วจึงส่งค่าเซนเซอร์ไปเก็บยังฐานข้อมูล MySQL ที่ถูกสร้างไว้ในตัวคอมพิวเตอร์ขนาดเล็ก Raspberry Pi เพื่อมาศึกษาสภาพแวดล้อม อุณหภูมิ, ความชื้นและแสง รวมถึงพฤติกรรมของเกษตรกรในการรดน้ำ แล้วนำข้อมูลมาวิเคราะห์เปรียบเทียบ เพื่อนำมาพัฒนาระบบควบคุมควบอุณหภูมิและความชื้นอัตโนมัติ

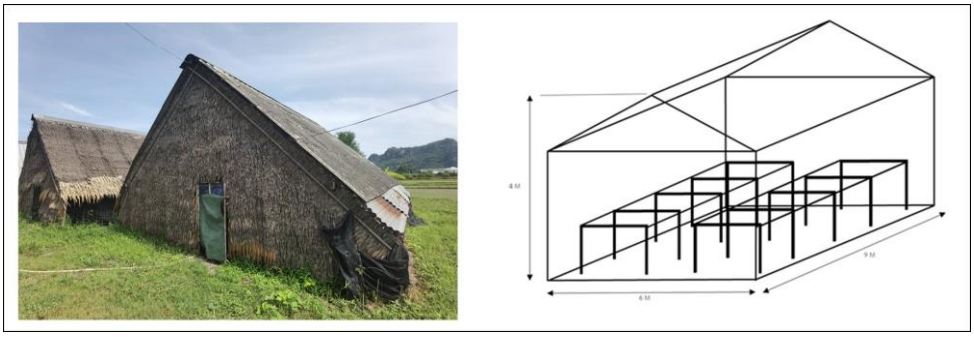
งานวิจัยนี้มีแนวคิดที่จะพัฒนาระบบควบคุมความชื้นอัตโนมัติ จึงมีการนำเอาเทคโนโลยี (IOT) เข้ามาพัฒนาเพื่อความเหมาะสมต่อการเพาะเห็ด โดยในโรงเรือนจะมีระบบตัวจับความชื้นร่วมกับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP8266 ที่เขียนโปรแกรมกำหนดเงื่อนไขเพื่อควบคุมการทำงานของปั๊มน้ำและระบบสปริงเกอร์ตามความชื้นที่กำหนด ซึ่งสามารถดูค่าอุณภูมิความชื้นและปรับการรดน้ำแบบออโต้และแมนนวลได้แบบเรียลไทม์ผ่านเว็บแดชบอร์ดที่สร้างขึ้นจาก Node red

2. วิธีวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของเห็ดหูหนู โดยเริ่มจากการศึกษาพฤติกรรมการเพาะเห็ดหูหนูของเกษตรกร การออกแบบและติดตั้งระบบในการวัดค่าข้อมูลอุณหภูมิ ความชื้น รวมถึงเวลาการในการรดน้ำของเกษตรกร การออกแบบและพัฒนาอัลกอริทึมสำหรับการควบคุมการให้น้ำอัตโนมัติ โดยมีขั้นตอนและรายละเอียดดังนี้

2.1 การศึกษาพฤติกรรมการเพาะเห็ดหูหนูของเกษตรกร

ผู้วิจัยได้ดำเนินการศึกษาพฤติกรรมการเพาะเห็ดหูหนูของเกษตรกร ซึ่งโรงเรือนเห็ดหูหนูที่ได้ทำการศึกษามีขนาด 9x6 เมตร หลังคาสูง 4 เมตร ใช้วัสดุเป็นใบจาก แสดงดังภาพที่ 1 โรงเรือนเห็ดหูหนูจะบรรจุก้อนเชื้อเห็ด 2,500 - 3,000 ก้อน ทางผู้วิจัยได้ศึกษากระบวนการเพาะเห็ดหูหนูจากเกษตรกร โดยมีขั้นตอนดังนี้ [1] เกษตรกรสั่งซื้อก้อนเชื้อเห็ดหูหนูสำหรับการเพาะเห็ดในโรงเรือน และนำมาบ่มไว้ในโรงเรือนด้วยอุณหภูมิปกติและมีอากาศถ่ายเทเพื่อรอให้เส้นใยเห็ดเจริญเติบโตเต็มก้อนเชื้อเห็ด โดยสังเกตจากก้อนเชื้อเห็ดสีน้ำตาลกลายเป็นสีขาวขุ่นใช้ระยะเวลาประมาณ 25-30 วัน [2] นำข้าวฟางบนก้อนเชื้อเห็ดออกแล้วนำปูนขาวใส่เข้าไปประมาณ 1 ช้อนโต๊ะ จากนั้นกีดข้างถุงให้เป็นแนวเฉียงยาวโดยรอบถุง ประมาณ10 - 14 แผล นำก้อนเชื้อเห็ดมาจัดเป็นพวง 8 - 9 ถุง เพื่อนำไปแขวนในโรงเรือน [3] ในการรดน้ำเชื้อเห็ดเกษตรกรจะทำการรดน้ำบริเวณพื้นโรงเรือนให้มีน้ำเปียกชุ่ม โดยใน 1 วันจะทำการรดน้ำ 3 ครั้ง ได้แก่ เวลา 07.00 น. | 12.00 น. | 17.00 น. รวมเป็นระยะเวลา 6 – 8 วัน หลังจากนั้นจะดำเนินการรดน้ำที่ก้อนเห็ด 3 ครั้ง/วัน เป็นระยะเวลา 20 วัน จึงเริ่มเก็บผลผลิตครั้งแรก [4] หลังจากการเก็บผลผลิตครั้ง 1 เกษตรกรดำเนินการรดน้ำตามปกติประมาณ 10 - 15 วัน จึงสามารถเก็บผลผลิตครั้งที่ 2 หลังจากนั้น ซึ่งเห็ดหูหนูจะออกผลผลิตต่อเนื่องเป็นระยะเวลา 60 – 75 วัน นับตั้งแต่วันที่กีดก้อนเชื้อเห็ด จากการศึกษาพฤติกรรมการเพาะเห็ดหูหนูของเกษตรกร พบว่าการเพาะเห็ดใน1 รอบเชื้อ จะใช้ระยะเวลาในการเพาะเห็ดอยู่ที่ 60 – 75 วัน เก็บผลผลิตได้จำนวน 4 ครั้ง ได้แก่ 230 กิโลกรัม 96 กิโลกรัม 55 กิโลกรัม และ33 กิโลกรัม ตามลำดับ ทั้งนี้พฤติกรรมการรดน้ำของเกษตรกรขึ้นอยู่กับช่วงเวลาความสะดวกและภาระหน้าที่ของเกษตรกรที่เอื้อต่อการรดน้ำในการเพาะเห็ด



ภาพที่ 1 โรงเรือนเพาะเห็ดหูหนู

2.2 ออกแบบและติดตั้งอุปกรณ์สำหรับวัดค่าพารามิเตอร์

ผู้วิจัยได้ดำเนินการศึกษาพฤติกรรมการเพาะเห็ดหูหนูของเกษตรกร จึงได้มีแนวทางในการวัดค่าพารามิเตอร์ของการเพาะเห็ดหูหนูในโรงเรือน ได้แก่ ค่าอุณหภูมิ ค่าความชื้นและตรวจจับการไหลของน้ำ เพื่อนำค่าพารามิเตอร์มาวิเคราะห์ออกแบบและพัฒนาอัลกอริทึมสำหรับการควบคุมการให้น้ำอัตโนมัติในโรงเรือนเพาะเห็ดหูหนู

2.2.1 การกำหนดเซนเซอร์สำหรับการวัดค่าพารามิเตอร์

แนวทางการกำหนดเซนเซอร์เพื่อวัดค่าพารามิเตอร์ของการเพาะปลูกเห็ดในโรงเรือน ได้แก่ เซนเซอร์วัดค่าอุณหภูมิความชื้น (Temperature and Humidity sensor module) รุ่น [Tony Space] Tony S SHT31 แสดงดังภาพที่ 2 ซึ่งผู้วิจัยเลือกใช้เพราะเป็นประเภทดิจิทัล เซนเซอร์มีการตอบสนองที่รวดเร็ว ซึ่งทำให้เหมาะสำหรับการใช้งานที่ต้องการข้อมูลอุณหภูมิและความชื้นแบบเรียลไทม์ สามารถตรวจวัดได้ในช่วง 0 ถึง 90 องศาเซลเซียส เชื่อมต่อผ่านบัส I2C มาพร้อมหัวครอบโลหะที่มีรูระบายอากาศให้เข้ามาภายในพื้นที่ตรวจวัดอย่างพอเหมาะและป้องกันตัวเซนเซอร์จากสภาพแวดล้อม ส่วนข้อเสีย ราคาอาจจะสูงกว่าเซนเซอร์วัดค่าอุณหภูมิความชื้นตัวอื่น การเชื่อมต่อและการตั้งค่าอาจจะซับซ้อนกว่าสำหรับผู้ที่ไม่มีความรู้ทางเทคนิค เซนเซอร์ตรวจจับการไหลของน้ำ (Water flow sensor) รุ่น YF-DN40 แสดงดังภาพที่ 3 ซึ่งผู้วิจัยเลือกใช้เพราะมีขนาดเกลียวที่เท่ากับขนาดของท่อส่งน้ำของโรงเรือน และเป็นเซนเซอร์ที่มีความแม่นยำทนทานเหมาะสำหรับการใช้งานหลากหลายประเภทและมีราคาที่คุ้มค่า เซนเซอร์นี้จะสร้างพัลส์ไฟฟ้า เมื่อของเหลวไหลผ่านใบพัด ใบพัดจะหมุนและสร้างพัลส์ไฟฟ้า ซึ่งพัลส์เหล่านี้สามารถนำไปประมวลผลต่อในอุปกรณ์ควบคุมหรือไมโครคอนโทรลเลอร์ แรงดันน้ำประมาณ 1.75 MPa ใช้แรงดันไฟเลี้ยง 5 โวลต์ ข้อเสีย เซนเซอร์อาจจะมีความไวต่อสิ่งสกปรกหรือเศษวัสดุที่อยู่ในน้ำและหากใช้งานในระบบที่มีสารเคมีหรือของเหลวที่มีความเป็นกรดหรือด่างสูง เซนเซอร์อาจจะเกิดการกัดกร่อนหรือเสียหาย

ภาพที่ 2 เซนเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้น [Tony Space] Tony S SHT31

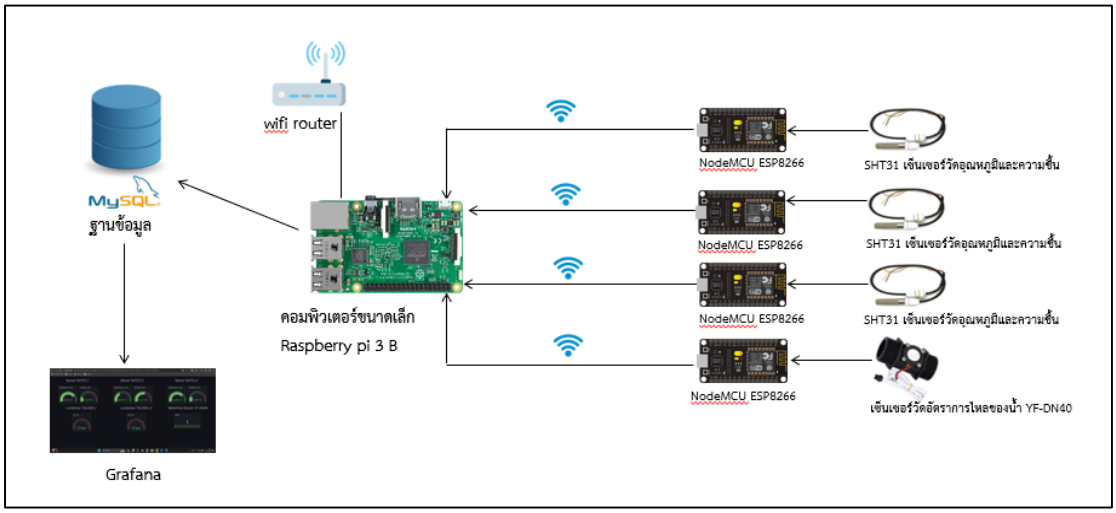
ภาพที่ 3 เซนเซอร์ตรวจจับการไหลของน้ำ YF-DN40

2.2.2 การออกแบบระบบสำหรับวัดค่าพารามิเตอร์

ผู้วิจัยได้มีการออกแบบระบบสำหรับการเชื่อมต่อเซนเซอร์ค่าอุณหภูมิความชื้น และเซนเซอร์ตรวจจับการไหลของน้ำ ร่วมกับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP8266 ผ่านการเชื่อมต่อ WiFi ส่งค่าเซนเซอร์ไปเก็บยังฐานข้อมูล MySQL ที่ถูกสร้างไว้ในตัวคอมพิวเตอร์ขนาดเล็ก Raspberry Pi แสดงดังภาพที่ 4 บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP8266 เหมาะสำหรับการใช้งานทางด้าน Internet of Things (IoT) เป็นบอร์ดไมโครคอนโทลเลอร์ที่มีจำนวนขาพอร์ตอินพุตและเอาต์พุตมากพอสำหรับการนำไปใช้งานจริง สามารถต่อกับเซนเซอร์ได้ทั้งแบบดิจิตอลและแอนะล็อก ใช้แรงดันไฟเลี้ยง 3.0 ถึง 3.6 โวลต์ ส่วน Raspberry Pi 3 Model B+ แสดงดังภาพที่ 5 เป็นคอมพิวเตอร์ขนาดเล็กสามารถนำมาจัดทำเป็นเครื่องเซิร์ฟเวอร์ และเป็นอุปกรณ์ควบคุมฮาร์ดแวร์ ดังนี้นผู้วิจัยจึงออกแบบระบบสำหรับวัดค่าพารามิเตอร์ โดยการนำ Raspberry Pi 3 Model B+ มาทำหน้าที่เป็นเสมือนคอมพิวเตอร์ เพื่อสร้างฐานข้อมูล My SQL ไว้เพื่อเป็นตัวจัดเก็บข้อมูล จากนั้นนำบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP8266 จำนวน 4 ตัว มาเขียนโปรแกรมเพื่อเชื่อมต่อกับเซนเซอร์วัดอุณหภูมิความชื้นจำนวน 3 ตัว และเซนเซอร์วัดการไหลของน้ำจำนวน 1 ตัว เซนเซอร์จะส่งค่าที่วัดได้ไปจัดเก็บยังยังฐานข้อมูล MySQL และนำข้อมูลมาสร้างเป็นแดชบอร์ดสามารถดูค่าเซนเซอร์แบเรียลไทม์ได้ผ่านแดชบอร์ดที่สร้างผ่าน Grafana แสดงดังภาพที่ 6

ภาพที่ 4 บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP8266

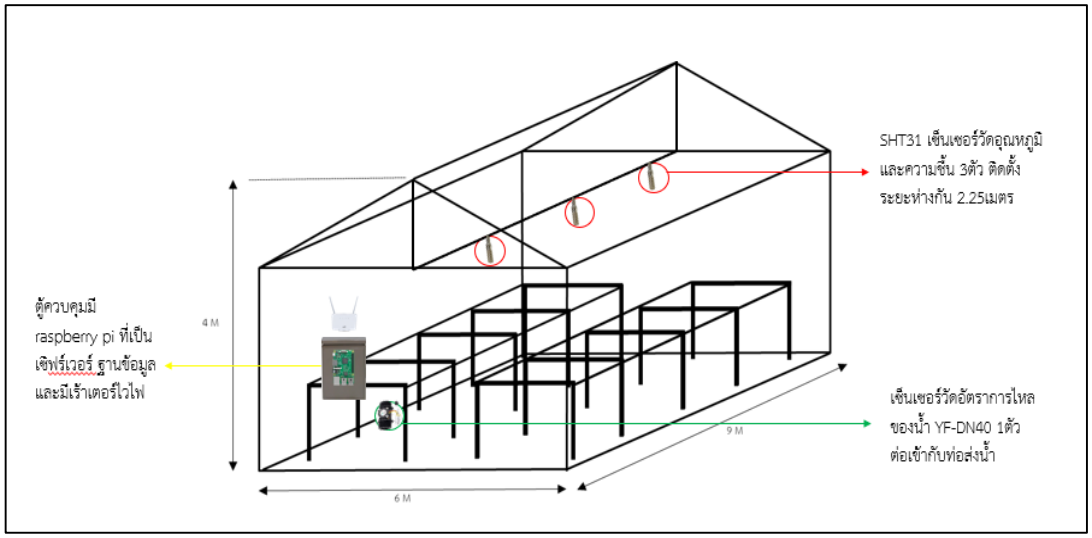
ภาพที่ 5 Raspberry Pi 3 Model B+



ภาพที่ 6 การออกแบบระบบศึกษาสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของเห็ดหูหนู

2.2.3 การติดตั้งระบบตรวจวัดค่าพารามิเตอร์ในโรงเรือน

ผู้วิจัยได้มีการออกแบบการนำอุปกรณ์และเซนเซอร์เข้าไปติดตั้งในโรงเรือนดังนี้ เซนเซอร์ววัดค่าอุณหภูมิ ความชื้น ติดตรงตำแหน่งเหนือก้อนเชื้อ 1 เมตร จำนวน 3 ตัว ห่างกัน 2.25 เมตร เซนเซอร์ตรวจจับการไหลของน้ำติดตั้งไว้ในบริเวณท่อส่งน้ำหน้าโรงเรือนและกล่องควบคุมคุมระบบจะอยู่บริเวณข้างในโรงเรือนบริเวณหน้าประตูทางเข้าออกโรงเรือน แสดงดังภาพที่ 7



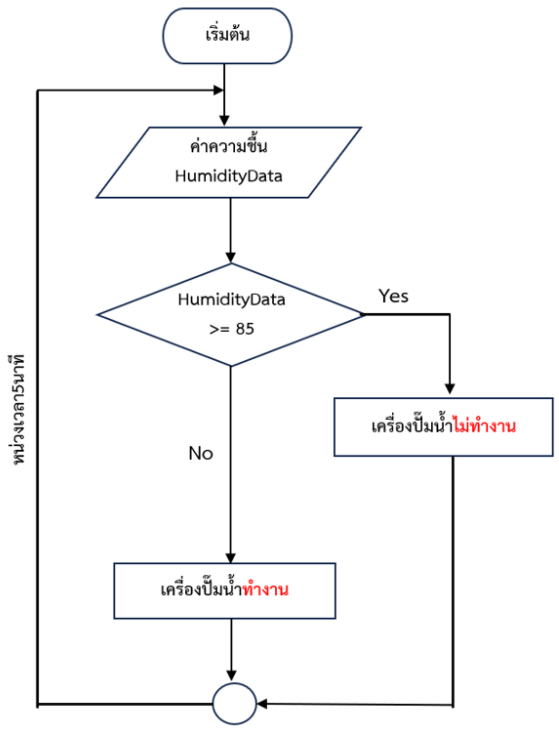
ภาพที่ 7 จุดติดตั้งอุปกรณ์และเซนเซอร์ในโรงเรือน

2.3 การออกแบบและพัฒนาส่วนของอัลกอริทึม

ในส่วนการพัฒนาระบบควบคุมความชื้นอัตโนมัติ ได้ทำติดตั้งไลบาลี เขียนโค้ดโปรแกรมกำหนดเงื่อนไขลงไปบนบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP8266 และได้ออกแบบเงื่อนไขเพื่อเป็นตัวควบคุมการทำงานของชุดรีเลย์ที่ทำหน้าที่เป็นสวิชท์ ปิด-เปิด ปั๊มน้ำ มีเงื่อนไขว่าถ้าความชื้นน้อยกว่า 70% จะสั่งการให้ปั๊มน้ำทำงาน แต่ถ้าความชื้นมากว่าหรือเท่ากับ 85% ปั๊มน้ำจะหยุดทำงาน แสดงดังภาพที่ 8

```
void loop() {
    client.loop();
     sht.read();
     HumidityData = sht.getHumidity();
     TemperatureData = sht.getTemperature();
     if (isnan(HumidityData) || isnan(TemperatureData)) {
       Serial.println(F("Failed to read from sht31 sensor!"));
       return;
     }
    client.publish(topic_temp,String(TemperatureData).c_str());
    client.publish(topic_humi,String(HumidityData).c_str());

    if( HumidityData >= 85 and Mode == 0){
     digitalWrite(Relay,0);
     client.publish(topic_pump,String("ปั๊มหยุดทำงาน").c_str());
    }
     if( HumidityData <= 70 and Mode == 0){
      digitalWrite(Relay,1);
      client.publish(topic_pump,String("ปั๊มกำลังทำงาน").c_str());
    }
    delay(50000);
  }
```



ภาพที่ 8 โปรแกรมชุดคำสั่งและFlow Chart การทำงานของระบบควบคุมความชื้นอัตโนมัติ

2.3.1 กระบวนการทำงานของระบบควบคุมความชื้นอัตโนมัติ

การทำงานของระบบควบคุมความชื้นอัตโนมัติจะเริ่มทำงานก็ต่อเมื่อ [1] ความชื้นในโรงเรือนเข้าเงื่อนไขของโปรแกรมที่กำหนด โดยถ้าความชื้นต่ำกว่า 70 % รีเลย์จะทำการสั่งให้เปิดปั๊มน้ำให้ทำงาน สปริงเกอร์จะฉีดน้ำออกมาเพื่อรดน้ำเห็ด [2] เมื่อความชื้นมากกว่าหรือเท่ากับ 85 % ปั๊มน้ำถึงจะหยุดทำงานตามเงื่อนไขที่กำหนด

3. ผลการวิจัย

3.1 ผลการทดสอบความถูกต้องของการเซนเซอร์วัดอุณภูมิและความชื้น

เพื่อตรวจสอบความแม่นยำของอุปกรณ์ที่ได้พัฒนาขึ้น ผู้วิจัยทำการทดสอบค่าความถูกต้องของเซนเซอร วัดอุณหภูมิและความชื้นที่ผู้วิจัยได้นำมาจัดทำระบบควบคุมความชื้นและอุณหภูมิอัตโนมัติ ด้วยการเปรียบเทียบกับค่าอุณหภูมิและความชื้นที่อ่านได้จากเครื่องวัดอุณหภูมิและความชื้นมาตรฐาน แสดงดังภาพที่ 9 โดยวิธีการตรวจสอบความแม่นยำผู้วิจัยได้นำเอาเครื่องวัดอุณหภูมิและความชื้นมาตรฐานไปตรวจวัดในโรงเรือนเพาะเห็ดในจุดเดียวกับเซนเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้น พบว่า ค่าอุณหภูมิและความชื้น ที่เครื่องวัดมาตรฐานวัดได้กับเซนเซอร์ที่นำมาจัดทำระบบมีค่าความผิดพลาด คาดเคลื่อนของอุณหภูมิ น้อยกว่า 2%และ 1.5% ตามลำดับ ส่วนค่าความชื้น พบว่ามีค่าความ ผิดพลาดอยู่ไม่เกิน 4% นอกจากนั้นยังสังเกตเห็นได้ว่าค่าความผิดพลาดที่เกิดขึ้นนั้นมักจะเกิดจากการอ่านค่าอุณหภูมิและความชื้น สูงเกิดค่ามาตรฐาน รายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 1 ดังนั้นในกระบวนการตัดสินใจผู้วิจัยจะได้นำเอาค่าความผิดพลาดนี้ไปวิเคราะห์ในขั้นตอนการ ควบคุมการตัดสินใจในเรื่องของระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นอัตโนมัติ

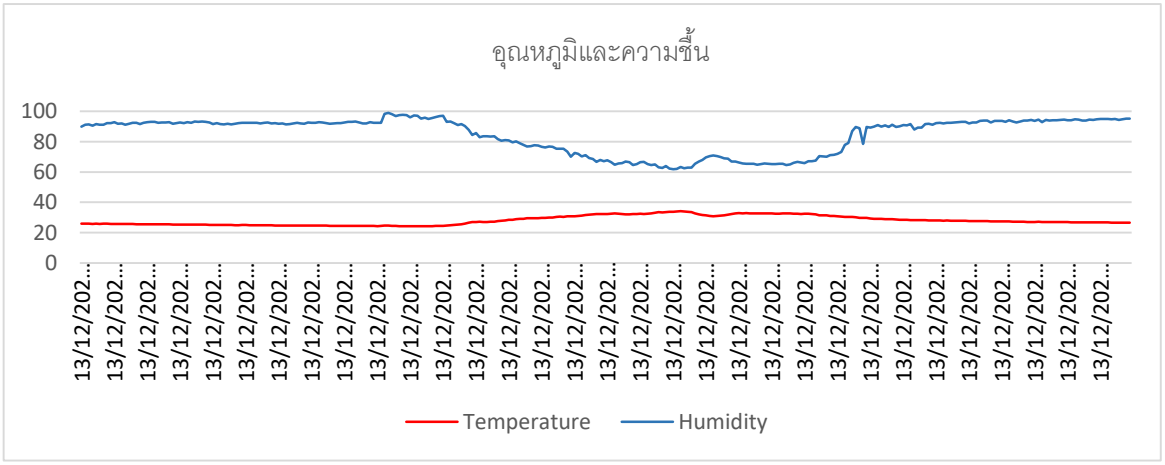
ภาพที่ 9 ภาพเปรียบเทียบเซนเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้นกับเครื่องวัดอุณหภูมิและความชื้นมาตรฐาน

ตารางที่ 1 รายละเอียดการเปรียบเทียบเซนเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้นกับเครื่องวัดอุณหภูมิและความชื้นมาตรฐาน

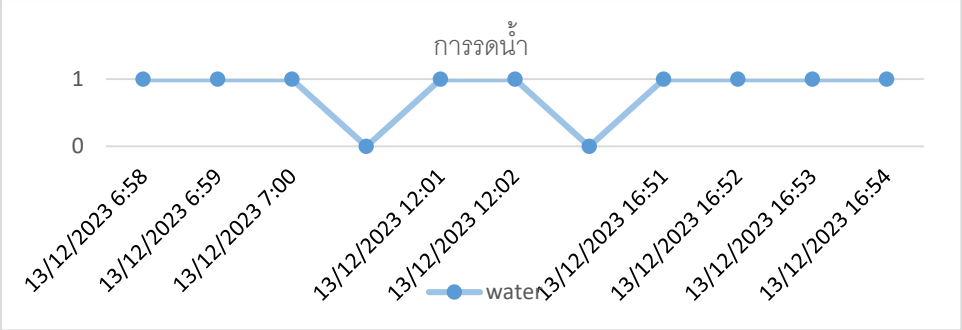
ครั้งที่	วันที่และเวลา	เซนเซอรวัดอุณหภูมิและความชื้น		เครื่องวัดมาตรฐาน	
		อุณหภูมิ (°C)	ความชื้น (%)	อุณหภูมิ (°C)	ความชื้น (%)
1	7/1/2024 10:25:00	29.11	62.65	28.1	64
2	7/1/2024 12:30:00	32.58	53.60	31.11	57
3	7/1/2024 15:35:00	31.9	61.78	30.66	64
4	7/1/2024 18:00:00	29.79	58.12	28.47	60
5	8/1/2024 10:26:00	29.53	65.51	28.54	67
6	8/1/2024 12:26:00	33.19	52.88	32.54	56
7	8/1/2024 13:11:00	33.1	52.07	32.4	55
8	8/1/2024 17:26:00	31.25	53.83	30.4	55
9	11/1/2024 9:41:00	30.15	69.22	29	71

3.2 ผลการศึกษาสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของเห็ดหูหนู

ผู้วิจัยได้ทำการติดตั้งระบบศึกษาสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของเห็ดหูหนู เป็นการติดตั้งเซนเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้น เซนเซอร์วัดแสงและวัดการรดน้ำในโรงเรือนที่ใช้สำหรับเพาะเห็ดจริง พบว่าค่าอุณหภูมิมีความแปรปรวนไม่สม่ำเสมอในช่วงเวลาตั้งแต่ 7.00 น. ถึง 18.00 น. โดยอุณหภูมิในช่วงเวลานี้อยู่ในช่วง 29 องศาเซสเซียล ถึง 38 องศาเซสเซียล ส่วนความชื้นอยู่ในช่วง 50-85 % ขึ้นอยู่กับช่วงเวลาและการรดน้ำ ส่วนในตอนกลางคืนอุณหภูมิและความชื้นตั้งแต่เวลา 19.00 น. ถึง 6.00 น. มีความสม่ำเสมอ แสดงดังภาพที่ 10 ส่วนค่าแสงที่เซนเซอร์ตรวจวัดค่าได้ 0-1 lx แถบไม่มีแสงเข้ามาภายในโรงเรือนเพาะเห็ด เพราะโรงเรือนเรือนเพาะเห็ดเป็นโรงเรือนปิดจึงทำให้เห็ดไม่ต้องการแสงมาก แสดงดังภาพที่ 11 ในเรื่องของการรดน้ำเห็ดพบว่าเซนเซอร์ตรวจจับการไหลของน้ำของเกษตรกรมีการรดน้ำเฉลี่ย 3 ครั้ง/วัน เฉลี่ยวัน 3-4 นาที/ครั้ง และเวลาในการรดน้ำแตกต่างกันไปในแต่ละวัน แสดงดังภาพที่ 11



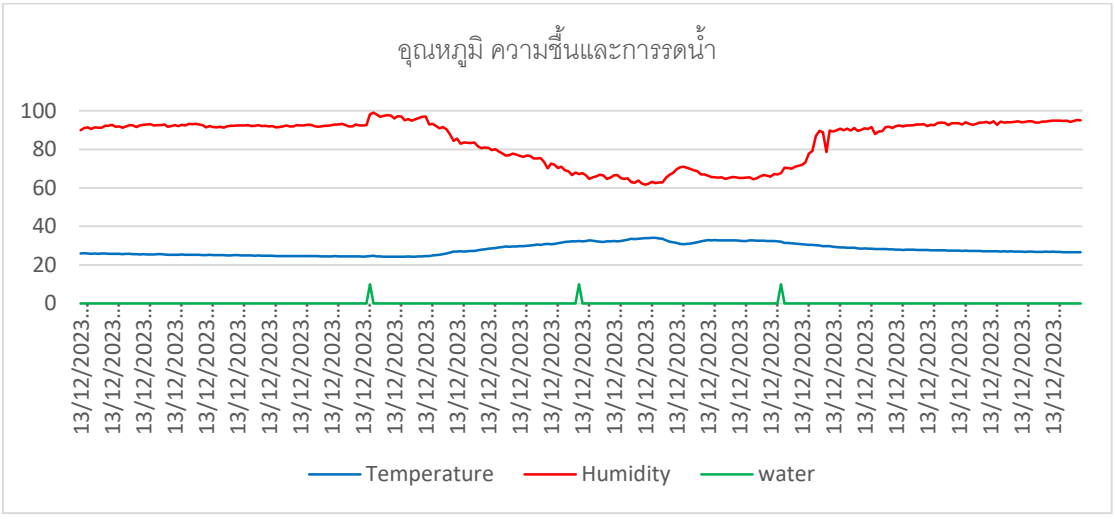
ภาพที่ 10 กราฟแสดงอุณหภูมิและความชื้น



ภาพที่ 11 กราฟแสดงการรดน้ำ

3.3 ผลการวิเคราะห์การศึกษาสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของเห็ดหูหนู

จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลที่ผู้วิจัยได้ทำการติดตั้งระบบศึกษาสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของเห็ดหูหนู เกษตรกรมีการรดน้ำให้เห็ดเฉลี่ยวันละ 3ครั้ง/วัน เป็นเวลาเฉลี่ย 3 นาที/ครั้ง พบว่าในช่วงเวลาที่ทำการรดน้ำความชื้นมีการเพิ่มขึ้น 6-9% และอุณหภูมิพบว่ามีการลดลงเล็กน้อย 0.5-1 องศาเซสเซียล จะเห็นได้ว่าอุณหภูมิและความชื้นจะเพิ่มขึ้นหรือลดลงตามเวลาที่รดน้ำหรือช่วงเวลานั้น แต่ในช่วงเวลาที่ไม่ได้มีการรดน้ำเป็นเวลานานทำให้ความชื้นต่ำลงสุดถึง 60% และอุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้นถึง 35 เซลเซียลแสดงดังภาพที่ 12 จากการวิเคราะห์หาค่าอุณหภูมิและความชื้นที่เหมาะสมพบว่าอุณหภูมิควรอยู่ที่ 28-33 องศาเซสเซียล และความชื้นอยู่ที่ 70-85 % แต่การที่จะลดอุณหภูมิในโรงเพาะเห็ดอาจใช้เวลาในการรดน้ำนานเกินไปและอาจทำให้ก้อนเชื้อเห็ดเน่าได้ เนื่องจากมีการรดน้ำที่มากเกินไป ผู้วิจัยจึงนำความชื้นที่สามารถเพิ่มขึ้นได้ง่ายและอยู่ได้นานเพราะในโรงเรือนเป็นระบบปิด สามารถกักเก็บความชื้นได้ดีมาเป็นเงื่อนไขในการกำหนดการทำงานของระบบควบอุณหภูมิและความชื้นอัตโนมัติ ความชื้นจะอยู่ในช่วง 70-80 %

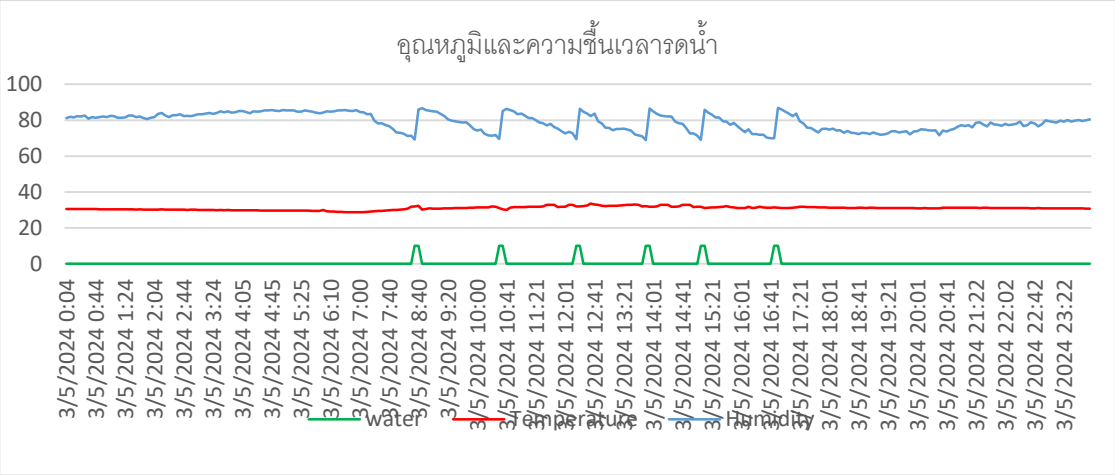


ภาพที่ 12 กราฟแสดงอุณหภูมิและความชื้นเวลารดน้ำ

3.4 ผลการทำงานของระบบควบคุมความชื้นอัตโนมัติ

จากผลการทดสอบนำระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นอัตโนมัติไปติดตั้งในโรงเรือนพาะเห็ดเพื่อควบคุมปั๊มน้ำและระบบสปริงเกอร์ให้รดน้ำตามความชื้นที่กำหนดไว้เป็นเงื่อนไขสามารถทำงานได้ปกติ จะมีการสั่งงานปั๊มทำงานให้รดน้ำเห็ดเมื่อความชื้นต่ำกว่า 70% และปั๊มหยุดทำงานเมื่อความชื้นมากกว่าหรือเท่ากับ 85 % มีการรดน้ำอย่างต่อเนื่องเองเฉลี่ยวันละ 6 ครั้ง/วัน เป็นเวลาครั้งละ 5-10 นาที/ครั้ง แสดงดังภาพที่ 13 ระบบสามารถทำงานได้ดี สามารถกำหนดความชื้นในโรงเรือนเพาะเห็ดให้อยู่ในค่าความชื้นที่เห็ดต้องการ ส่วนอุณหภูมิมีความคงที่เนื่องจากมีความชื้นที่คงที่ทำให้อุณหภูมิมีความเสถียรไม่แปรปรวน ทั้งนี้ระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นอัตโนมัติยังสามารถสั่งการระบบการเปิด/ปิด ระบบปั๊มน้ำแบบแมนนัว (Manual) เกษตรกรสามารถเปิด/ปิดน้ำเองได้ ในกรณีที่ระบบอัตโนมัติมีปัญหา การออกผลผลิตของเห็ดมีแนวโน้วไปในทางที่

ดีเห็ดมีการออกดอกบาน แสดงดังภาพที่ 14 พร้อมเก็บไปขายได้เร็วขึ้นกว่าโรงเรือนที่ไม่มีการใช้ระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นอัตโนมัติ รายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 2



ภาพที่ 13 กราฟแสดงอุณหภูมิและความชื้นเวลารดน้ำ

ภาพที่ 14 ผลิตผลิตเห็ดหูหนูโรงเรือนระบบควบคุมความชื้นอัตโนมัติ

ตารางที่ 2 รายละเอียดการเปรียบเทียบผลผลเห็ดหูหนู

ผลผลิตครั้งที่	ระยะเวลาในการเก็บผลผลิต/วัน		น้ำหนักเห็ดแห้งรวม/กก.	
	มีระบบ	ไม่มีระบบ	มีระบบ	ไม่มีระบบ
1	23 วัน	26 วัน	240 กก.	220 กก.
2	10 วัน	10 วัน	120 กก.	115 กก.
3	14 วัน	14 วัน	80 กก.	75 กก.
4	10 วัน	10 วัน	65 กก.	65 กก.
5	10 วัน	10 วัน	50 กก.	52 กก.

4. การอภิปรายผลหรือการวิจารณ์และสรุป

งานวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของเห็ดหูหนู และออกแบบพัฒนาระบบควบคุมการเพาะเห็ดหูหนูในโรงเรือนด้วยระบบอินเทอร์เน็ตในทุกสิ่ง (IoT) ผลจากการวิจัยได้มีการพัฒนาการทำงาน

ของเซนเซอร์ ได้แก่ เซนเซอร์ค่าอุณหภูมิความชื้น และเซนเซอร์ตรวจจับการไหลของน้ำ ร่วมกับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP8266 ผ่านการเชื่อมต่อ WiFi ส่งค่าเซนเซอร์ไปเก็บยังฐานข้อมูล MySQL ที่ถูกสร้างไว้ในตัวคอมพิวเตอร์ขนาดเล็ก Raspberry Pi 3 Model B+ ผู้วิจัยได้มีการศึกษาสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของเห็ดหูหนู 2 แบบ ได้แก่ แบบที่ 1 เป็นการพฤติกรรมของเกษตรกรในการรดน้ำ โดยใช้เซนเซอร์ค่าอุณหภูมิความชื้น และเซนเซอร์ตรวจจับการไหลของน้ำ ในวัดค่าปัจจัยการเจริญเติบโตของเห็ดหูหนู และสังเกตพฤติกรรมในการเพาะเห็ดหูหนู ซึ่งพบว่า อุณหภูมิและความชื้นมีความแปรปรวนไม่สม่ำเสมอ โดยอุณหภูมิอยู่ในช่วง 29 - 38 องศาเซลเซียส และความชื้นอยู่ในช่วง 50 - 85% การรดน้ำโดยเกษตรกรเฉลี่ย 3 ครั้งต่อวัน โดยสามารถเก็บผลผลิตได้ 5 ครั้ง ระยะเวลาในการเก็บผลผลิตจนเชื้อหมดรวมอยู่ที่ 72 วัน ผลผลิตทั้งหมดอยู่ที่ 527 กิโลกรัม ส่วนแบบที่ 2 ผู้วิจัยนำข้อมูลจากค่าพารามิเตอร์จากแบบที่ 1 มาการออกแบบและพัฒนาส่วนของอัลกอริทึม พบว่า อุณหภูมิอยู่ในช่วง 31 - 32 องศาเซลเซียส และความชื้นอยู่ในช่วง 70 - 85% มีค่าสม่ำเสมอ และมีการรดน้ำแบบอัตโนมัติเฉลี่ยอยู่ที่ 5 – 6 ครั้งต่อวัน เก็บผลผลิตได้ 5 ครั้ง ระยะเวลาในการเก็บผลผลิตจนเชื้อหมดรวมอยู่ที่ 67 วัน การเก็บผลผลิตน้อยกว่าแบบที่ 1 อยู่ 5 วัน ด้านผลผลิตทั้งหมดอยู่ที่ 555 กิโลกรัม ให้ผลผลิตมากว่ารูปแบบที่ 1 อยู่ที่ 28 กิโลกรัม แสดงให้เห็นว่าระบบสามารถเข้ามาช่วยในการเรียนแบบการทำงานของเกษตรกรในการเพาะเห็ดหูหนู โดยที่ไม่ส่งผลกระทบต่อผลผลิตแต่อย่างใด

การพัฒนางานวิจัยครั้งนี้มุ่งเน้นการศึกษาสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของเห็ดหูหนู ด้วยระบบอินเทอร์เน็ตในทุกสิ่ง (IoT) ในการตรวจวัดค่าพารามิเตอร์ที่จำเป็นต่อการเพาะเห็ดหูหนูทำให้สามารถลดเวลาในการทำงานหรือสามารถทำงานแทนเกษตรกรได้ และงานวิจัยนี้ยังสามารถขยายผลต่อยอดงานวิจัยกับพืชเศรษฐกิจที่อาศัยอุณหภูมิและความชื้นในการเจริญเติบโต เพียงปรับค่าพารามิเตอร์ให้เหมาะสมตามชนิดของพืช

5. เอกสารอ้างอิง

[1] Fongngen, W., Petchhan, S., & Yajor, R. (2018). Application with the Internet of Things Technology Control in Smart Farms Mushroom. Journal of Information Technology and Innovation Management Lampang Rajabhat University, 5(1), 172-182. (In Thai)

[2] Pennate, T., Yowaphui, K., Charangab, C., Boonrom, P., Tarahom, U., & Voraboot, P. (2023). Develop an environment control system for the Bhutan oyster mushroom cultivation house by using the IoT embedded system. Journal of Agriculture and Technology Ubon Rajabhat University, 4(1), 43-56. (In Thai)

[3] Asadang Bunsri. (2019). Automatic Temperature and humidity Control Systems for Oyster Mushroom Plant. Journal of Industrial Technology Buriram Rajabhat University, (1)1, 1-10. (In Thai)

[4] Katepan, P., Dokmaithes, R., Mekhora, T., & Srithawan, T. (2021). Cost and Return Analysis on Jew's Ear Mushroom Growing of Large Farmers Association in Bang Phae District, Ratchaburi Province. Journal of Management Science Nakhon Pathom Rajabhat University, 8(2), 111-124. (In Thai)

[5] Yadee, S., Klinchan, P., Samngamya, P., KhamSaeng, S., & Deesawat, C. (2016). Cultivation of rat mushrooms and monkey head mushrooms. Kasem Kalong Office of Promotion and Training Kasetsart University. (In Thai)