

■ Research Article



ระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นแบบอัตโนมัติสำหรับโรงเพาะเห็ดโคนน้อย (*Coprinopsis radiata*)

Automatic Temperature and Humidity Control System for Inky Cap Mushroom (*Coprinopsis radiata*)

คณิงบุษ สารอินจักษ์¹, เนตรนภา ผู้ครองคัมภีร์², นราวิชญ์ ความหมั่น³, นมิดา ชื้อสัตย์สกุลชัย⁴ และสุขุมาล ตัวสกุล⁵

¹ คณะบริหารธุรกิจและศิลปศาสตร์ , มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ลำปาง, 200 หมู่ 17 ตำบลพิชัย, อำเภอ.เมือง, จังหวัดลำปาง, 52000

² คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ลำปาง, 200 หมู่ 17 ตำบลพิชัย, อำเภอ.เมือง, จังหวัดลำปาง, 52000

³ คณะบริหารธุรกิจและศิลปศาสตร์ , มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ลำปาง, 200 หมู่ 17 ตำบลพิชัย, อำเภอ.เมือง, จังหวัดลำปาง, 52000

⁴ คณะบริหารธุรกิจและศิลปศาสตร์ , มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ตาก, 41/1 หมู่ 7 ตำบลไม้งาม, อำเภอ.เมือง, จังหวัดตาก, 63000

⁵ คณะบริหารธุรกิจและศิลปศาสตร์ , มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ลำปาง, 200 หมู่ 17 ตำบลพิชัย, อำเภอ.เมือง, จังหวัดลำปาง, 52000

บทคัดย่อ (ภาษาไทย)

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นแบบอัตโนมัติสำหรับโรงเพาะเห็ดโคนน้อย (*Coprinopsis radiata*) โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ NodeMCU ESP32 ร่วมกับเซนเซอร์ตรวจวัดและระบบพ่นหมอกแรงดันสูง เพื่อควบคุมสภาพแวดล้อมให้เหมาะสม ผลการทดลองพบว่าระบบสามารถลดอุณหภูมิได้เฉลี่ย 1.36 – 3.27 °C รักษาอุณหภูมิไม่เกิน 38 °C และความชื้นสัมพัทธ์มากกว่า 80% ส่งผลให้ผลผลิตเฉลี่ยต่อดอกเพิ่มจาก 4.98 กรัม เป็น 9.80 กรัม ซึ่งเพิ่มขึ้นร้อยละ 96.60 และน้ำหนักผลผลิตรวมเพิ่มจาก 1,075 กรัม เป็น 1,583 กรัม คิดเป็นการเพิ่มขึ้นร้อยละ 47.26 โดยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 รายได้เกษตรกรเพิ่มขึ้นร้อยละ 30 – 50 ต่อรอบการผลิต สะท้อนถึงความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของระบบ อีกทั้งยังมีศักยภาพพัฒนาต่อยอด เช่น ระบบระบายอากาศ การบันทึกข้อมูลต่อเนื่อง และระบบแจ้งเตือน เพื่อสนับสนุนการใช้งานเชิงพาณิชย์อย่างยั่งยืน

คำสำคัญ : เห็ดโคนน้อย, อาวุโตะ, ระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นแบบอัตโนมัติ, ระบบพ่นหมอก

Received:

12 December 2024

Revised:

27 December 2025

Accepted:

27 December 2025

Published:

29 December 2025

Corresponding*Author:**

Copyright:

© Rajamangala

University of

Technology Lanna.

All right reserved

ISSN

Print: 2586-8500

Electronic: 2586-8632

Abstract

This study aimed to develop an automatic temperature and humidity control system for *Coprinopsis radiata* cultivation using a NodeMCU ESP32 microcontroller integrated with environmental sensors and a high-pressure misting system to maintain suitable growing conditions within the cultivation house. The experimental results showed that the system effectively reduced internal temperatures by 1.36 – 3.27 °C, maintained temperatures below 38 °C, and keep the relative humidity above 80% . These controlled conditions increased the average fruit body weight from 4.98 g to 9.80 g, representing a 96.60% improvement, and increased the total yield from 1,075 g to 1,583 g, equivalent to a 47.26% increase, with statistically significant differences at the 0.05 level. Farmers' income also increased by approximately 30 – 50% per production cycle, reflecting the economic potential of the system despite the absence of detailed cost analysis. The system further shows potential for future enhancement, including the addition of ventilation, continuous environmental data logging, and alert functions to support stable and sustainable commercial application.

Keywords: Inky Cap Mushroom, Arduino, Automatic Temperature and Humidity Control System, Fogging System

1. บทนำ

เห็ดโคนน้อย มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า โคไพรนัส ไฟมิทาเรียส (*Coprinus fimetarius*) จัดอยู่ในตระกูลเห็ด (*Basidiomycetes*) ในประเทศไทยมีชื่อเรียกแตกต่างกันไป เช่น เห็ดถั่ว เห็ดถั่วเหลือง หรือ เห็ดถั่วเน่า เห็ดโคนน้อย เห็ดโคนบ้าน เห็ดโคนขาว (ภาคเหนือ) เห็ดคราม เห็ดปลวกน้อย (ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ) เห็ดโคนเพาะ เห็ดโคนน้อย เห็ดหมึก (ภาคกลาง) (มูลนิธิสร้างสุขมุสลิมไทย, 2560) โดยเห็ดในสกุลนี้เมื่อดอกเห็ดแก่ ครีบและหมวกเห็ดจะย่อยสลายตัวเองเป็นหยดมีลักษณะคล้ายน้ำหมึก มีชื่อสามัญในภาษาอังกฤษว่า Inky Cap mushroom, Shaggy Ink Cap, Inky Cap และ Wooly Cap (Keizer, 2007 อ้างถึงใน สันฐิติ วัฒนราชกุล, 2557) เห็ดโคนน้อยเป็นเห็ดที่มีคุณค่าทางอาหารสูง มีสรรพคุณทางสมุนไพร ช่วยในการย่อยอาหารและลดเสมหะ มีสารเออร์โกไธโอนีน (ergothioneine) สรรพคุณต่อต้านอนุมูลอิสระ และ สาร γ -aminobutyric acid (GABA) สรรพคุณรักษาภาวะวิตกกังวล ตื่นตระหนก นอกจากนี้ยังมีสรรพคุณป้องกันการเกิดเนื้องอก มะเร็งเต้านม มะเร็งรังไข่ และต่อมลูกหมาก และลดระดับน้ำตาลในเลือด (อานนท์, 2541)

ปัจจุบันเห็ดโคนน้อยเป็นเห็ดที่ได้รับความนิยมในการบริโภคอย่างแพร่หลาย เนื่องจากมีรสชาติเป็นเอกลักษณ์และมีคุณค่าทางโภชนาการสูง ส่งผลให้มีการเพาะเลี้ยงในเชิงพาณิชย์เพิ่มมากขึ้น ทั้งในรูปแบบการเพาะบนกองฟางและการเพาะเลี้ยงภายในโรงเรือน โดยมีความต้องการทางการตลาดสูงและมีราคาจำหน่ายดอกสดอยู่ที่ประมาณกิโลกรัมละ 100 – 200 บาท นอกจากนี้เห็ดโคนน้อยยังสามารถนำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์หลากหลายประเภท เช่น เห็ดโคนน้อยอบแห้ง เห็ดโคนน้อยบรรจุขวด แหยมเห็ด และเห็ดสวรรค์ รวมถึงสามารถพัฒนาเป็นเมนูอาหารต่าง ๆ ได้ เช่น แกงเห็ดใส่ยอดฟักทอง ผัดเห็ดโคนน้อยน้ำมันหอย และน้ำพริกเห็ดโคนน้อย

ปัญหาที่พบในการเลี้ยงเห็ดโคนน้อย คือ เห็ดโคนน้อยเป็นเห็ดที่ต้องการอุณหภูมิร้อนชื้น ซึ่งอุณหภูมิภายในโรงเรือนที่เลี้ยงเห็ดโคนน้อยสามารถเจริญได้ดีที่อุณหภูมิ 30 - 35 °C ในที่มืด (สันฐิติ วัฒนราชกุล และสมจิตร อยู่เป็นสุข, 2557) และรักษาความชื้นให้ได้ 80% โดยปิดพลาสติกโรงเรือนให้มิดชิดเพื่อให้ดอกเห็ดขาว เห็ดโคนน้อยเป็นเห็ดที่มีวงจรชีวิตสั้นมากไม่เกิน 36 ชั่วโมง ซึ่งจะต้องรีบเก็บเพราะถ้าปล่อยทิ้งไว้ ดอกเห็ดจะสูงขึ้นหมวกดอกเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล ไม่สามารถนำมาบริโภคได้ (พิชัย สมบูรณ์วงศ์ และสมศักดิ์ ศรี, 2554) ดังนั้นเกษตรกรจะต้องรีบเก็บโดยตอนเช้าจะมีขนาดเล็กและจะโตขึ้นในช่วงบ่าย และปัญหาที่สำคัญคือปัญหาอุณหภูมิในช่วงฤดูร้อนของประเทศไทยอยู่ระหว่างกลางเดือนกุมภาพันธ์ถึงกลางเดือนพฤษภาคม โดยเฉพาะเดือนเมษายนบนบริเวณประเทศไทยมีดวงอาทิตย์อยู่เกือบตรงศีรษะในเวลาที่เที่ยงวัน ทำให้ได้รับความร้อนจากดวงอาทิตย์เต็มที่ สภาวะอากาศจึงร้อนอบอ้าวทั่วไป โดยมีเกณฑ์อุณหภูมิในฤดูร้อน แบ่งเป็น 2 ระดับ คือ อากาศร้อน เมื่ออุณหภูมิสูงสุดระหว่างอุณหภูมิระหว่าง 35.0 – 39.9 °C และอากาศร้อนจัด เมื่ออุณหภูมิสูงสุด ≥ 40.0 °C (กรมอุตุนิยมวิทยา, ม.ป.ป.) ซึ่งมีผลอย่างมากต่อการเลี้ยงเห็ดโคนน้อย เพราะอากาศที่ร้อนจัดจะส่งผลให้เห็ดโคนน้อยแก่เร็ว ดอกสั้น ออกดอกน้อย ระยะเก็บเกี่ยวสั้น ส่งผลต่อคุณภาพ และปริมาณผลผลิต ทำให้เกษตรกรมีรายได้ที่ลดลง หรืออาจส่งผลให้ขาดทุน เกษตรกรส่วนใหญ่จึงหลีกเลี่ยงการเลี้ยงเห็ดโคนน้อยในช่วงเวลาดังกล่าว

จากปัญหาดังกล่าว คณะวิจัยได้ทำการพัฒนาระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นแบบอัตโนมัติสำหรับโรงเพาะเห็ดโคนน้อย (*Coprinopsis radiata*) เพื่อ

เป็นต้นแบบการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นแบบอัตโนมัติสำหรับโรงเพาะเห็ดโคนน้อย และเพื่อเปรียบเทียบผลผลิตและคุณภาพของเห็ดโคนน้อย โดยบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ NodeMCU ESP32 Devkit สวิตช์รีเลย์ขนาด 3V เชื่อมต่อกับอุปกรณ์ภาคอินพุต ได้แก่ โมดูลเซนเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้น (DHT32) จำนวน 1 ตัว และโมดูลนาฬิกา (DS1307) และส่งอุปกรณ์ภาคเอาต์พุต คือ ปั๊มน้ำแรงดัน 12 V ขนาด 10 บาร์ เชื่อมต่อกับหัวพ่นหมอกขนาด 6 มม. จำนวน 15 หัว ภายในโรงเรือนแบบปิด พัฒนาระบบโดยใช้ Arduino IDE และใช้ภาษา C++ ในการเขียนโปรแกรมสั่งให้ปั๊มน้ำแรงดันทำการพ่นหมอกเพื่อควบคุมอุณหภูมิและควบคุมความชื้นภายในโรงเรือนให้เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของเห็ดโคนน้อย เพื่อช่วยให้เกษตรกรลดเวลาในการดูแลการเพาะเห็ด มีปริมาณและคุณภาพของผลผลิตที่ดีขึ้น ทำให้เกษตรกรมีรายได้เพิ่มขึ้น และสามารถเพาะเห็ดโคนเป็นรายได้ตลอดทั้งปี รวมไปถึงสามารถวางแผนแปรรูปเห็ดเพื่อเพิ่มมูลค่าเพิ่มได้

2. วัตถุประสงค์

เพื่อพัฒนาต้นแบบระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นแบบอัตโนมัติสำหรับโรงเพาะเห็ดโคนน้อย (*Coprinopsis radiata*)

3. แนวคิดทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

สันฐิติ วัฒนราชฤทธิ์ และสมจิตร อยู่เป็นสุข (2557) ได้ศึกษาวัสดุเพาะและสภาวะที่เหมาะสมต่อการผลิตก้อนเชื้อเห็ดโคนน้อย (*Coprinopsis radiata*) โดยมุ่งเน้นการหาช่วงอุณหภูมิ แสง และองค์ประกอบวัสดุเพาะที่ส่งผลต่อการเจริญของเส้นใยเห็ดอย่างมีประสิทธิภาพ งานวิจัยดังกล่าวได้ทำการบ่มเชื้อเห็ดภายในอุณหภูมิ 25, 30 และ 35 °C รวมทั้งในอุณหภูมิห้อง ภายใต้สภาวะแสงที่แตกต่างกัน ได้แก่ ที่มีแสง ที่มีมืด และแสงสลับมืด ตลอดจนศึกษาวัสดุเพาะที่ประกอบด้วยเปลือกถั่วเหลืองและฟางข้าวในอัตราส่วน 3 : 1, 1 : 1 และ 1 : 3 โดยมีและไม่มีการเติมไส้ฟาง 10% จากผลการทดลองพบว่าอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญของเส้นใยเห็ดอยู่ในช่วง 30 – 35 °C ในที่มีมืด และวัสดุเพาะที่มีความเหมาะสมที่สุดคือส่วนผสมเปลือกถั่วเหลืองต่อฟางข้าวในอัตรา 1:1 โดยปริมาตร ร่วมกับการเติมไส้ฟาง 10% ซึ่งช่วยให้การผลิตก้อนเชื้อมีประสิทธิภาพสูงสุด

พิชัย สมบูรณ์วงศ์ และสมศักดิ์ ศรี. (2554) ได้กล่าวถึง การควบคุมสภาพแวดล้อมของเห็ดโคนน้อยได้ว่า ให้รักษาอุณหภูมิในโรงเรือนให้ได้ประมาณ 35-38 °C และรักษาความชื้นสัมพัทธ์ให้ได้ 80% โดยปิดพลาสติกโรงเรือนให้มิดชิด เห็ดโคนน้อยจะเริ่มออกดอกเห็ดให้เก็บผลผลิตได้ประมาณวันที่ 5 - 6 หลังจากที่น่าเพาะวัสดุเพาะไปบ่มไว้ในโรงเรือน และจะทยอยเก็บดอกเห็ดได้ติดต่อกันทุกวัน เป็นเวลา 10 - 15 วัน ปริมาณผลผลิตต่อตะกร้าวัสดุเพาะประมาณ 1 กิโลกรัม ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสภาพภูมิอากาศว่าเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของดอกเห็ดแต่ละครั้งในการเพาะ

กายรัฐ เจริญราชฤทธิ์ (2562) ได้ทำงานวิจัยการพัฒนาระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นในโรงเรือนเพาะเห็ด โดยอาศัยเซนเซอร์ตรวจวัดอากาศร่วมกับระบบพลังงานแสงอาทิตย์ โดยออกแบบ ติดตั้ง และทดสอบประสิทธิภาพของอุปกรณ์กับฟาร์มเห็ดของกลุ่มเกษตรกรในตำบลหนองปากโลง อำเภอเมือง จังหวัดนครปฐม ด้วยการเพาะเห็ดจำนวน 760 ก้อน เป็นระยะเวลาสองรอบการผลิต คือรอบแรกในเดือนสิงหาคม - เดือนตุลาคม พ.ศ. 2559 และรอบที่สองในเดือนธันวาคม พ.ศ. 2559 - กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2560 ในวิจัยนี้ได้เก็บข้อมูลผลผลิต ได้แก่ น้ำหนักของดอกเห็ดของก้อนเห็ดแต่ละก้อนในแต่ละวัน ข้อมูลอุณหภูมิและความชื้น

ตลอดจนการเปิดปิดระบบควบคุมในโรงเรือนควบคุมอัตโนมัติ พบว่าในช่วงเดือนสิงหาคม - เดือนตุลาคม พ.ศ. 2559 ก่อนเกิดของโรงเรือนควบคุมอัตโนมัติและโรงเรือนที่ไม่มีการควบคุมให้ปริมาณผลผลิตใกล้เคียงกัน โดยต่างกันเพียง 0.67% เนื่องจากเป็นช่วงฤดูฝนความชื้นในโรงเรือนจึงสูงอยู่เสมอ ส่วนในช่วงเดือนธันวาคม 2559 - กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2560 ปริมาณผลผลิตของก่อนเกิดในทั้งสองโรงเรือนจะน้อยกว่าในช่วงฤดูฝน โดยในโรงเรือนควบคุมอัตโนมัติจะให้ผลผลิตที่มากกว่าที่ประมาณ 14.72% ซึ่งเป็นข้อดีที่จะทำให้เกษตรกรลดการหยุดการเพาะเห็ดในหน้าแล้งเนื่องจากปัญหาผลผลิตต่ำ

นิติคม อริยพิมพ์ และชัยพร อัตโตดดร (2563) ได้ทำงานวิจัยการออกแบบและสร้างระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสำหรับโรงเรือนเพาะเห็ดนางฟ้าแบบอัตโนมัติที่ควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ มีวัตถุประสงค์เพื่อนำเทคโนโลยีมาประยุกต์ใช้เพื่อช่วยให้ระบบภายในโรงเรือนเพาะเห็ดนางฟ้าให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ในการควบคุมปัจจัยที่มีผลกระทบกับก่อนเกิดนางฟ้า โดยค่าอุณหภูมิและความชื้นมีผลกระทบต่อโรงเรือนเพาะเห็ดนางฟ้าโดยตรง ซึ่งโรงเรือนจะมีการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดอุณหภูมิและความชื้นแล้วส่งค่าไปประมวลผลที่ไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อควบคุมให้ปริมาณน้ำสำหรับชุดพ่นละอองน้ำ พัดลมระบายอากาศ และหลอดไฟทำงาน สามารถปรับค่าอุณหภูมิและค่าความชื้นได้ตามที่ต้องการ มีการแสดงผลอุณหภูมิและความชื้นผ่านหน้าจอแสดงผลเจ็ดส่วน โรงเรือนเพาะเห็ดนางฟ้า มีขนาดความกว้าง 150 ซม. ยาว 200 ซม. สูง 200 ซม. จากผลการทดลองพบว่า การเพาะเห็ดนางฟ้าแบบอัตโนมัติ เมื่ออุณหภูมิภายในโรงเรือนมากกว่าหรือเท่ากับ 33 °C และความชื้นน้อยกว่าหรือเท่ากับ 70% ปืนพ่นละอองน้ำจะทำงานเพื่อเพิ่มความชื้นและระบายความร้อนเพื่อให้อุณหภูมิในโรงเรือนลดลงให้ต่ำกว่า 33 °C เมื่อความชื้นมากกว่าหรือเท่ากับ 80% พัดลมจะทำงานและปืนพ่นละอองน้ำจะหยุดทำงาน สามารถตอบสนองตรงกับความต้องการของผู้ใช้และสามารถนำระบบไปใช้งานได้จริง

4. วิธีดำเนินการวิจัย

ขั้นตอนการดำเนินงานระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นแบบอัตโนมัติสำหรับโรงเพาะเห็ดโคนน้อยมีขั้นตอน ดังต่อไปนี้

1) การศึกษาการเพาะเห็ดโคนน้อยเบื้องต้น

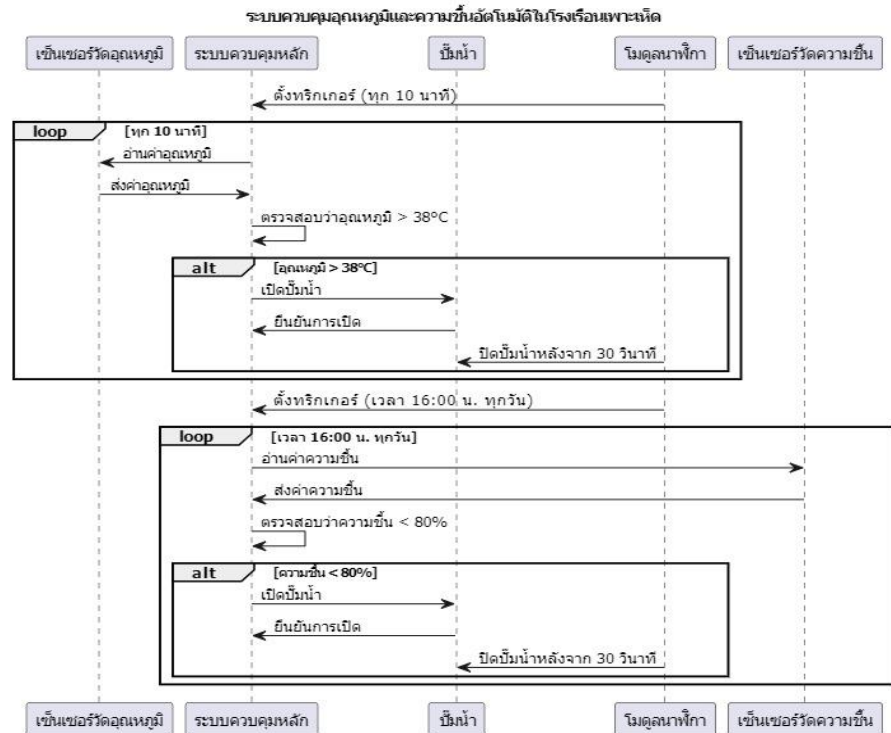
การศึกษาการเพาะเห็ดโคนน้อยเบื้องต้น และรายละเอียดของปัจจัยด้านอุณหภูมิ และค่าความชื้นของการเพาะเลี้ยงเห็ดโคนน้อยโดยการลงพื้นที่เพื่อเก็บข้อมูลเชิงพื้นที่ กับผู้ประกอบการวิสาหกิจชุมชนบ้านห้วยทราย หมู่ 4 ต.ต้นธงชัย อ.เมือง จ.ลำปาง พบว่าได้เพาะเลี้ยงเห็ดโคนน้อยในโรงเรือนหลากหลายรูปแบบแล้วปิดด้วยพลาสติกกับแสงสีดำ ภายในมีการทำชั้นวางก่อนเกิด 3 - 4 ชั้น มีการยกจากพื้นดิน 30 ซม. มีการนำก้อนเชื้อเห็ดมาบ่มไว้เป็นเวลา 1 สัปดาห์ ใน 1 โรงสามารถบรรจุก้อนเห็ดได้ 3,000 - 5,000 ก้อน เมื่อเห็ดโคนน้อยออกดอกจะเก็บในช่วงเวลาเช้าและเย็น ภายหลังการเก็บจะทำการรดน้ำทุกวัน โดยการรดน้ำจะอาศัยการสังเกตอากาศภายนอกเป็นหลัก เช่น หากฝนตกทั้งวันไม่ต้องรดน้ำ หากอากาศร้อนจะรดน้ำวันละ 1 ครั้ง หรืออาจจะจับที่ดอกเห็ดหากพบความชื้นเกาะก็ไม่ต้องรดน้ำ ระยะเวลาเก็บเกี่ยวประมาณ 7 - 10 วันต่อรอบ และผู้ประกอบการอินทร์ฟาร์ม ต.ป่าตัน อ.แม่ทะ จ.ลำปาง พบว่าได้เพาะเลี้ยงเห็ดโคนน้อยในอาคารปิด ภายในอาคารจะมีชั้นเหล็กแยกขนาด กว้าง 1 ม. ยาว 4 ม. สูง 1.5 ม. แบ่งเป็น 2 ชั้น ภายในชั้นเหล็กสามารถบรรจุก้อนเห็ดได้ 800 - 1,000 ก้อน คลุมด้วยพลาสติกกับแสงสีดำ

มีการนำก้อนเชื้อเห็ดมาบ่มไว้เป็นเวลา 1 สัปดาห์ เมื่อเห็ดโคนน้อยออกดอกจะเก็บในช่วงเวลาเย็น ภายหลังการเก็บจะทำการรดน้ำวันเว้นวัน

ภายหลังจากการลงพื้นที่เก็บข้อมูล คณะวิจัยได้ดำเนินการทดลองเลี้ยงเห็ดโคนน้อยจำนวน 50 ก้อนภายในโรงเรือนระบบปิด ณ ศูนย์การเรียนรู้แบบบูรณาการศาสตร์ ชมรมชมพ้ออาสา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ลำปาง โดยการทดลองดังกล่าวอยู่ภายใต้การควบคุมตัวแปรด้านสภาพแวดล้อม ได้แก่ อุณหภูมิภายในโรงเรือน ความชื้นสัมพัทธ์ และสภาวะแสง ซึ่งได้ควบคุมในเชิงคุณภาพโดยการใช้พลาสติกทึบแสงเพื่อจำกัดปริมาณแสงที่เข้าสู่โรงเรือนให้มีความคงที่ตลอดการทดลอง ทั้งนี้มีการควบคุมปริมาณน้ำที่ให้นในแต่ละรอบเพื่อป้องกันความชื้นเกินความจำเป็น ผลการทดลองพบว่าอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของเห็ดโคนน้อยอยู่ในช่วง 20 – 35 °C ซึ่งส่งผลให้ก้อนและหมวกเห็ดพัฒนาได้ดีและทำให้ดอกเห็ดแก่ช้ำสามารถเก็บเกี่ยวได้ทั้งในช่วงเช้าและเย็น ในขณะที่ระดับความชื้นสัมพัทธ์ที่เหมาะสมอยู่ที่ 80% เนื่องจากการเพาะเห็ดโคนน้อยในก้อนเชื้อซึ่งวางในแนวตั้ง หากมีการให้น้ำมากเกินไปหรือค่าความชื้นสัมพัทธ์สูงกว่า 80% จะเพิ่มความเสี่ยงต่อการเกิดเชื้อราเขียว ซึ่งอาจทำให้ผลผลิตลดลงและก่อให้เกิดความเสียหายต่อก้อนเชื้อได้

2) การวิเคราะห์ระบบงาน

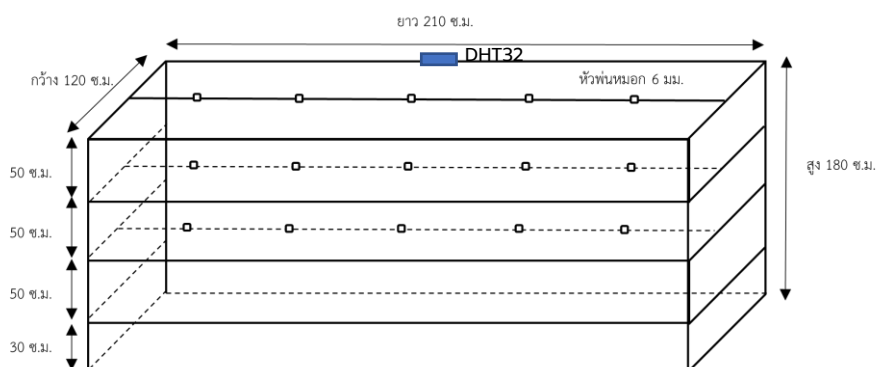
การวิเคราะห์ระบบงานโดยภาพรวมของระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นแบบอัตโนมัติสำหรับโรงเพาะเห็ดโคนน้อยประกอบด้วยฟังก์ชันหลัก 2 ฟังก์ชัน ได้แก่ 1) การควบคุมอุณหภูมิภายในโรงเรือน โดยใช้เซ็นเซอร์ตรวจวัดอุณหภูมิและสั่งให้ระบบเปิดปั๊มน้ำพ่นหมอกเป็นเวลา 30 วินาทีเมื่ออุณหภูมิสูงกว่า 38 °C จากนั้นระบบจะตรวจวัดซ้ำทุก 10 นาที โดยกำหนดค่าสูงสุดที่ 38 °C เนื่องจากช่วงอุณหภูมิ 30 – 35 °C เป็นช่วงที่เหมาะสมต่อการเจริญของเส้นใยและการออกดอกของเห็ดโคนน้อย ขณะที่อุณหภูมิสูงเกิน 35 – 38 °C จะทำให้เส้นใยชะงักการเจริญและส่งผลให้ผลผลิตลดลง จึงจำเป็นต้องให้ระบบเริ่มกระบวนการลดอุณหภูมิทันทีเมื่อค่าที่วัดได้เกินเกณฑ์ดังกล่าว และ 2) การควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ โดยใช้เซ็นเซอร์ตรวจวัดค่าความชื้นภายในโรงเรือน หากค่าความชื้นสัมพัทธ์ต่ำกว่า 80% ระบบจะเปิดปั๊มน้ำพ่นหมอกเป็นเวลา 30 วินาทีและทำการตรวจสอบซ้ำในเวลา 16.00 น. ของทุกวัน ทั้งนี้ ค่าความชื้นสัมพัทธ์ขั้นต่ำที่ 80% สอดคล้องกับช่วงความชื้นสัมพัทธ์ที่เหมาะสมต่อการออกดอกของเห็ดโคนน้อยซึ่งอยู่ระหว่าง 80 – 90% หากค่าความชื้นสัมพัทธ์ต่ำกว่าระดับดังกล่าว ดอกเห็ดจะเกิดอาการแห้งเหี่ยว และให้ผลผลิตลดลง ดังนั้นการกำหนดค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ดังกล่าวจึงช่วยให้ระบบสามารถรักษาสภาพแวดล้อมในโรงเรือนได้อย่างเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของเห็ดตามหลักเกษตรกรรมควบคุมสภาพแวดล้อม ดังแสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1 Sequence diagram ของระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นแบบอัตโนมัติสำหรับโรงเพาะเห็ดโคนน้อย

3) การออกแบบระบบงาน

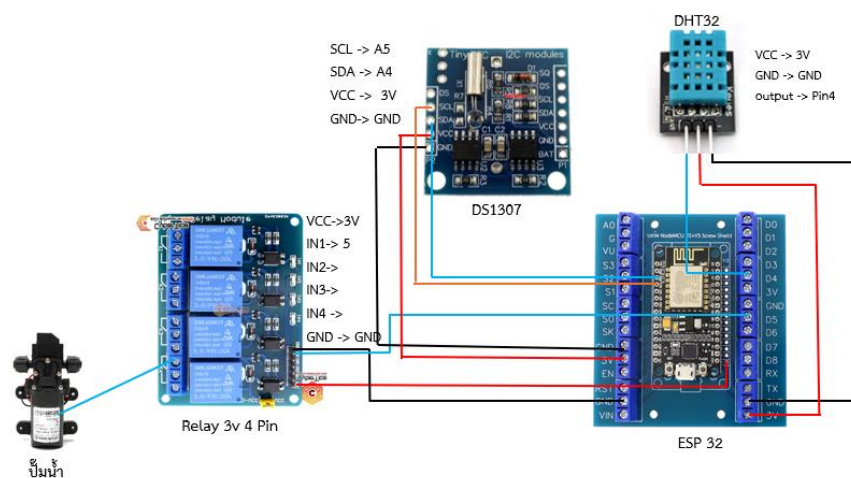
การออกแบบและสร้างระบบควบคุมการทำงานแบบอัตโนมัติสำหรับโรงเรือน ขนาด กว้าง 120 ซม. ยาว 210 ซม. สูง 180 ซม. แบ่งเป็น 3 ชั้น ชั้นแรกห่างจาก พื้น 30 ซม. และชั้นที่ 2 และ 3 ห่างกัน 50 ซม. และมีการติดตั้งหัวพ่นหมอกขนาด 6 มม. ด้านบนของแต่ละชั้น จำนวนชั้นละ 5 หัว ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 การออกแบบโรงเพาะเห็ด

การออกแบบภายในกล่องควบคุมจะประกอบไปด้วยบอร์ด ไมโครคอนโทรลเลอร์ NodeMCU ESP32 Devkit สวิตช์รีเลย์ขนาด 3V เชื่อมต่อกับอุปกรณ์ภาคอินพุต ได้แก่ โมดูลเซนเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้น (DHT32)

จำนวน 1 ตัว และโมดูลนาฬิกา (DS1307) และส่งอุปกรณ์ภาคเอาต์พุต คือ ป้อนน้ำแรงดัน 12 V ขนาด 10 บาร์ เชื่อมต่อกับหัวพ่นหมอกขนาด 6 มม. จำนวน 15 หัวภายในโรงเรือนแบบปิด ดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 การออกแบบการเชื่อมต่อวงจรของระบบ

ภายนอกโรงเรือนเพาะเห็ดจะวางถังเก็บน้ำไว้สำหรับส่งน้ำไปยังเห็ด ภายในถังจะติดตั้งลูกลอยพลาสติกสำหรับเปิดปิดน้ำอัตโนมัติ โดยมีปั๊มน้ำแรงดัน 12 V ขนาด 10 บาร์ เชื่อมต่อสายไมโครไฟเบอร์ขนาด 5/7 ไปยังหัวพ่นหมอกขนาด 6 มม. ภายในโรงเรือนจำนวน 15 หัว

4) การพัฒนาระบบ

ในการพัฒนาระบบ ได้ใช้ Arduino IDE และภาษา C++ สำหรับเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของปั๊มน้ำแรงดันเพื่อพ่นหมอกภายในโรงเรือน โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อควบคุมอุณหภูมิและความชื้นให้อยู่ในช่วงที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของเห็ดโคนน้อย ระบบที่พัฒนาขึ้นประกอบด้วยฟังก์ชันหลัก 2 ฟังก์ชัน ได้แก่ 1) ฟังก์ชันควบคุมอุณหภูมิ ซึ่งใช้เซ็นเซอร์ตรวจวัดอุณหภูมิภายในโรงเรือนและสั่งให้ปั๊มน้ำพ่นหมอกทำงานเป็นเวลา 30 วินาทีเมื่ออุณหภูมิสูงกว่า 38 °C จากนั้นระบบจะทำการตรวจวัดอุณหภูมิซ้ำทุก 10 นาที โดยเกณฑ์ 38 °C ถูกกำหนดตามข้อมูลที่ระบุว่าช่วงอุณหภูมิ 30 – 35 °C เป็นช่วงที่เหมาะสมต่อการเจริญของเส้นใยและการออกดอกของเห็ดโคนน้อย ขณะที่อุณหภูมิสูงกว่า 35 – 38 °C อาจทำให้เส้นใยหยุดชะงักและกระทบต่อระดับผลผลิต ดังนั้นระบบจึงถูกออกแบบให้ลดอุณหภูมิทันทีเมื่อค่าอุณหภูมิเกินระดับวิกฤตดังกล่าว และ 2) ฟังก์ชันควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ ซึ่งใช้เซ็นเซอร์ตรวจวัดค่าความชื้นสัมพัทธ์ภายในโรงเรือน หากความชื้นสัมพัทธ์ต่ำกว่า 80% ระบบจะสั่งให้ปั๊มน้ำพ่นหมอกทำงานเป็นเวลา 30 วินาที และจะทำการตรวจสอบค่าความชื้นสัมพัทธ์ซ้ำในเวลา 16.00 น. ของทุกวัน โดยค่าความชื้นสัมพัทธ์ 80% ถูกกำหนดให้สอดคล้องกับช่วงความชื้นสัมพัทธ์ที่เหมาะสมต่อการออกดอกของเห็ดโคนน้อยซึ่งอยู่ระหว่าง 80 – 90% เพื่อป้องกันปัญหาดอกเห็ดแห้ง เหี่ยว หรือการเกิดเชื้อราเขียวจากความชื้นที่สูงเกินไป

5) การทดสอบระบบ

ก่อนการติดตั้งระบบคณะวิจัยได้ดำเนินการทดสอบระบบ ดังนี้

- ทดสอบการตรวจวัดอุณหภูมิ เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิของโมดูล (DHT32) เมื่ออุณหภูมิสูงหรือต่ำกว่าที่กำหนดไว้ โดยตั้งอุณหภูมิไว้ไม่เกิน 35 °C เพราะเป็นอุณหภูมิที่เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของเห็ด
- ทดสอบการควบคุมการเปิด-ปิดน้ำอัตโนมัติ ชุดวงจรรีเลย์ทำหน้าที่เป็นสวิตช์เปิด-ปิดทำการสั่งให้ปั๊มน้ำทำงานเมื่ออุณหภูมิสูงเกิน 35 °C หรือความชื้นสัมพัทธ์ภายในโรงเรือนต่ำกว่า 80%

6) การติดตั้งและเก็บผลการทดลอง

หลังจากทดสอบการทำงานของระบบและตรวจสอบความถูกต้องของการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นแล้ว คณะวิจัยได้ทำการติดตั้งระบบควบคุมอัตโนมัติในโรงเรือนแบบปิดหมายเลข 1 และใช้โรงเรือนหมายเลข 2 เป็นกลุ่มควบคุมที่ไม่มีระบบติดตั้ง เพื่อใช้เปรียบเทียบประสิทธิภาพของระบบที่พัฒนา การทดลองดำเนินขึ้นระหว่างวันที่ 2 – 12 พฤษภาคม 2567 โดยใช้ก้อนเชื้อเห็ดโคนน้อยโรงเรือนละ 50 ก้อน รวมทั้งสิ้น 100 ก้อน ภายใต้สภาพการเพาะเลี้ยงตามปกติของแต่ละโรงเรือน จากนั้นได้ทำการเก็บข้อมูลคุณภาพของดอกเห็ดและปริมาณผลผลิตที่ได้ในแต่ละวัน ก่อนนำค่าที่เก็บได้มาวิเคราะห์และเปรียบเทียบความแตกต่างของผลผลิตระหว่างสองโรงเรือนด้วยสถิติ t-test แบบ Independent Samples

5. ผลการวิจัย

ผลจากการศึกษาการเพาะเห็ดโคนน้อย และกำหนดรูปแบบของโรงเรือนต้นแบบ ขนาด กว้าง 120 ซม. ยาว 210 ซม. สูง 180 ซม. แบ่งเป็น 3 ชั้น ชั้นแรกห่างจากพื้น 30 ซม. และชั้นที่ 2 และ 3 ห่างกัน 50 ซม. และมีการติดตั้งหัวพ่นหมอกขนาด 6 มม. ด้านบนของแต่ละชั้น จำนวนชั้นละ 5 หัว มีการปิดทับด้วยพลาสติกกับแสงสีดำ จำนวน 2 โรงเรือน ดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 การออกแบบโรงเรือนต้นแบบ (ภายนอก)



รูปที่ 5 การออกแบบโรงเรือนต้นแบบ (ภายใน)

ผลการทดสอบของระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นแบบอัตโนมัติสำหรับโรงเพาะเห็ดโคนน้อย เก็บรวบรวมจากการเปรียบเทียบคุณภาพ และผลผลิตเห็ดโคนน้อยในโรงเรือนระบบปิด จำนวน 2 โรงเรือน คือ โรงเรือนที่ 1 เป็นโรงเรือนที่ติดตั้งระบบอัตโนมัติ และโรงเรือนที่ 2 เป็นโรงเรือนไม่ได้ติดตั้งระบบ มีผลการทดสอบตามตารางที่ 1

ตารางที่ 1 น้ำหนักเห็ดต่อดอกเฉลี่ยของโรงเรือน 1 และโรงเรือน 2 ระหว่างวันที่ 2-12 พ.ค. 67

วันที่	น้ำหนักเห็ดต่อดอกเฉลี่ย (กรัม)	
	โรงเรือน 1 (ติดตั้งระบบ)	โรงเรือน 2
02/05/2567	8.43	4.30
03/05/2567	9.12	5.90
04/05/2567	9.76	5.10
05/05/2567	10.22	5.40
06/05/2567	10.02	5.70
07/05/2567	10.25	5.80
08/05/2567	9.97	4.80
09/05/2567	9.56	4.50
10/05/2567	10.73	4.90
11/05/2567	10.02	4.40
12/05/2567	9.70	4
ค่าเฉลี่ย	9.80	4.98

หมายเหตุ: น้ำหนักเห็ดต่อดอกเฉลี่ย หมายถึง น้ำหนักรวมของดอกเห็ดที่เก็บเกี่ยวได้ในแต่ละวันหารด้วยจำนวนดอกทั้งหมดที่เก็บได้ในวันเดียวกัน

จากการเก็บข้อมูลน้ำหนักเห็ดที่เก็บเกี่ยวได้ในแต่ละวันและคำนวณเป็นน้ำหนักเฉลี่ยต่อดอกตามนิยามข้างต้น พบว่าโรงเรือนที่ 1 ซึ่งติดตั้งระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นมีน้ำหนักเห็ดต่อดอกเฉลี่ย 9.80 กรัม ขณะที่โรงเรือนที่ 2 ซึ่งไม่มีระบบควบคุมมีน้ำหนักเฉลี่ยเพียง 4.98 กรัม เพื่อประเมินความแตกต่างของประสิทธิภาพระหว่างสองโรงเรือนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ได้ทำการทดสอบด้วยค่าสถิติ t-test แบบ Independent Samples ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลน้ำหนักเห็ดต่อดอกเฉลี่ยของโรงเรือน 1 และโรงเรือน 2 ระหว่างวันที่ 2 - 12 พ.ค. 67

	ค่าเฉลี่ย	t	df	P
โรงเรือนที่ 1	9.80	20.51	10	0.00
โรงเรือนที่ 2	4.98			

จากตารางที่ 2 ผลน้ำหนักเห็ดต่อดอกเฉลี่ยของโรงเรือน 1 และโรงเรือน 2 ระหว่างวันที่ 2 - 12 พ.ค. 67 ได้ค่าสถิติทดสอบที่ เท่ากับ 20.51 ที่องศาอิสระเท่ากับ 10 และค่า p มีค่าเท่ากับ 0.00 จึงสรุปได้ว่าระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นแบบอัตโนมัติสำหรับโรงเพาะเห็ดโคนน้อยสามารถทำให้ผลผลิตน้ำหนักเห็ดต่อดอกเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ตารางที่ 3 ผลการเปรียบเทียบน้ำหนักเห็ดรวมของโรงเรือน 1 และโรงเรือน 2 ระหว่างวันที่ 2-12 พ.ค. 67

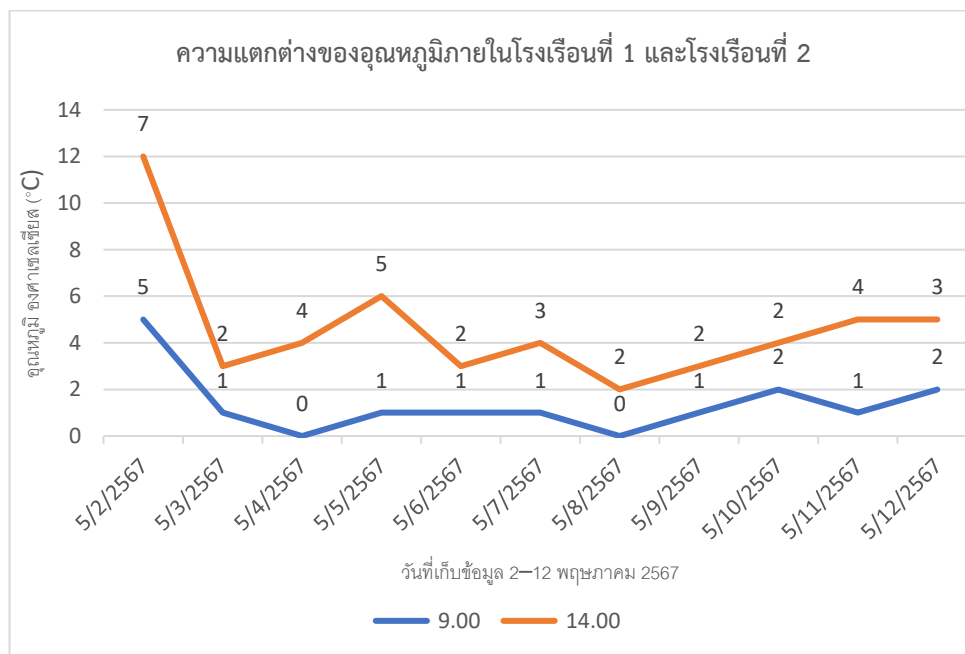
วันที่	โรงเรือน 1 (ติดตั้งระบบ)			โรงเรือน 2			หมายเหตุ
	อุณหภูมิ 9.00 น.	อุณหภูมิ 14.00 น.	ผลผลิต (กรัม)	อุณหภูมิ 9.00 น.	อุณหภูมิ 14.00 น.	ผลผลิต (กรัม)	
02/05/2567	35	38	248	40	45	37	
03/05/2567	35	38	335	36	40	293	
04/05/2567	33	37	191	33	41	129	
05/05/2567	34	37	162	35	42	104	
06/05/2567	33	37	124	34	39	107	ฝนตก
07/05/2567	32	38	205	33	41	170	
08/05/2567	35	38	44	35	40	35	
09/05/2567	31	37	68	32	39	58	ฝนตก
10/05/2567	33	38	81	35	40	52	
11/05/2567	35	38	69	36	42	55	
12/05/2567	32	38	56	34	41	35	
เฉลี่ย	33.45	37.64	143.91	34.82	40.91	97.73	
น้ำหนักรวม			1,583	น้ำหนักรวม			1,075

ผลจากการเก็บข้อมูลเปรียบเทียบปริมาณผลผลิตดอกเห็ดตามตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลน้ำหนักเห็ดรวมจากการใช้งานระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นแบบอัตโนมัติสำหรับโรงเพาะเห็ดโคนน้อย ผลการเก็บข้อมูลพบว่าน้ำหนักผลผลิตรวมทั้งหมดของโรงเรือนที่ 1 (ติดตั้งระบบ) อยู่ที่ 1,583 กรัม และน้ำหนักผลผลิตรวมทั้งหมดของโรงเรือนที่ 2 อยู่ที่ 1,075 กรัม ผลจากการเปรียบเทียบผลเห็ดน้ำหนักเห็ดของโรงเรือนที่ 1 และโรงเรือนที่ 2 ด้วยค่าสถิติ t-test ดังแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ผลน้ำหนักเห็ดของโรงเรือน 1 และโรงเรือน 2 ระหว่างวันที่ 2-12 พ.ค. 67

	ค่าเฉลี่ย	t	df	p
โรงเรือนที่ 1	143.90	2.66	10	0.02
โรงเรือนที่ 2	97.73			

จากตารางที่ 4 ผลน้ำหนักเห็ดของโรงเรือน 1 และโรงเรือน 2 ระหว่างวันที่ 2 - 12 พ.ค. 67 ได้ค่าสถิติทดสอบที่ เท่ากับ 2.66 ที่องศาอิสระเท่ากับ 10 และค่า p มีค่าเท่ากับ 0.02 มีค่าน้อยกว่า 0.05 จึงสรุปได้ว่าระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นแบบอัตโนมัติสำหรับโรงเพาะเห็ดโคนน้อยสามารถทำให้ผลผลิตเห็ดรวมเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05



รูปที่ 6 ค่าความแตกต่างอุณหภูมิภายในโรงเรือน เวลา 9.00 น. และ 14.00 น. ระหว่างวันที่ 2-12 พ.ค. 67

จากตารางที่ 3 และรูปที่ 6 อุณหภูมิเฉลี่ยของโรงเรือนที่ 1 (ติดตั้งระบบ) อยู่ระหว่าง 33.45 - 37.64 °C และอุณหภูมิเฉลี่ยของโรงเรือนที่ 2 อยู่ระหว่าง 34.82 - 40.91 °C ระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นแบบอัตโนมัติ สามารถลดอุณหภูมิภายในโรงเรือนโดยใช้การพ่นน้ำสามารถทำให้อุณหภูมิลดลง 1 - 7 °C เฉลี่ยอยู่ 1.36 - 3.27 °C

6. การอภิปรายผล

การศึกษานี้มุ่งพัฒนาต้นแบบระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นแบบอัตโนมัติสำหรับโรงเพาะเห็ดโคนน้อย (*Coprinopsis radiata*) โดยดำเนินการตามขั้นตอนการสำรวจข้อมูล การออกแบบระบบ การพัฒนา การทดสอบ และการเก็บผล การทดลองในสภาพโรงเรือนจริง ผลการดำเนินงานพบว่า ระบบพ่นหมอกที่พัฒนาขึ้นสามารถลดอุณหภูมิภายในโรงเรือนได้เฉลี่ย 1 - 7 °C ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของวิเชียร ดวงสีเสน (2565) ที่ระบุว่า การใช้ระบบพ่นหมอกร่วมกับพัดลมระบายอากาศสามารถลดอุณหภูมิภายในโรงเรือนได้สูงถึง 6.25 °C และสอดคล้องกับผลการศึกษาของเฉลิมชาติ เสาวรังต์ และคณะ (2561) ซึ่งพบว่าระบบพ่นหมอกที่ทำงานร่วมกับพัดลมระบายอากาศสามารถลดอุณหภูมิได้สูงสุด 4.60 °C เมื่อเทียบกับอุณหภูมิภายนอก แสดงให้เห็นว่าสมรรถนะของระบบพ่นหมอกมีศักยภาพในการบรรเทาความร้อนสะสมภายในโรงเรือนเพาะปลูกได้อย่างมีนัยสำคัญ

ผลการทดลองด้านผลผลิตชี้ให้เห็นว่า เห็ดโคนน้อยที่เลี้ยงภายใต้สภาพแวดล้อมที่ควบคุมด้วยระบบอัตโนมัติมีคุณภาพและปริมาณผลผลิตสูงกว่าโรงเรือนควบคุม โดยน้ำหนักเฉลี่ยต่อดอกและน้ำหนักรวมของผลผลิตเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ซึ่งสะท้อนให้เห็นถึงความสัมพันธ์โดยตรงระหว่างความสม่ำเสมอของอุณหภูมิและความชื้นกับการเจริญเติบโตของเห็ดโคนน้อย ทั้งนี้ ปัญหาที่พบในระหว่างการเก็บข้อมูลคือ อุณหภูมิภายนอกในบางช่วงมีค่าสูงถึง 42.50 °C ส่งผลให้อุณหภูมิภายในโรงเรือนเพิ่มขึ้นตามไปด้วย แม้ระบบพ่นหมอกจะช่วยลดอุณหภูมิได้เพียงระยะสั้นประมาณ 5 – 10 นาที ก่อนที่อุณหภูมิจะสูงขึ้นใกล้เคียงค่าภายนอก ซึ่งอาจกระทบต่อประสิทธิภาพในการสร้างสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมต่อการเพาะเห็ดอย่างต่อเนื่อง ปัญหาดังกล่าวสอดคล้องกับข้อค้นพบในงานศึกษาที่ชี้ว่าการใช้ระบบพ่นหมอกเพียงอย่างเดียวอาจไม่เพียงพอในการลดความร้อนในสภาวะอากาศร้อนจัดของประเทศไทย (เฉลิมชาติ เสาวรัตน์ และคณะ, 2561) ทำให้การเพิ่มพัดลมระบายอากาศเป็นแนวทางที่สมเหตุผลผลเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการระบายความร้อน

นอกจากนี้จากการเพิ่มขึ้นของผลผลิตรวมและรายได้ประมาณร้อยละ 30 – 50 ต่อรอบการผลิต แม้ในการศึกษานี้จะยังไม่ได้มีการคำนวณต้นทุนเชิงปริมาณอย่างเป็นทางการ แต่สามารถอภิปรายเชิงคุณภาพได้ว่าระบบที่พัฒนาขึ้นมีแนวโน้มความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ เนื่องจากองค์ประกอบของระบบ เช่น ไมโครคอนโทรลเลอร์ ปั๊มน้ำแรงดันสูง และหัวพ่นหมอก มีราคาที่ย่อมเยาเมื่อเทียบกับระบบเชิงพาณิชย์ทั่วไป อีกทั้งยังช่วยลดภาระงานของเกษตรกรและเพิ่มความสม่ำเสมอของผลผลิต จึงคาดว่าระบบสามารถคืนทุนได้ในระยะเวลาอันสั้น หากมีการเก็บข้อมูลต้นทุนจริงเพิ่มเติมในงานวิจัยต่อเนื่อง จะช่วยให้สามารถประเมินจุดคุ้มทุนได้อย่างแม่นยำและยืนยันความเป็นไปได้ในด้านเศรษฐศาสตร์สำหรับเกษตรกรรายย่อยได้ดียิ่งขึ้น

7. บทสรุป

การพัฒนาระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นแบบอัตโนมัติสำหรับโรงเพาะเห็ดโคนน้อย (*Coprinopsis radiata*) โดยใช้บอร์ด NodeMCU ESP32 เป็นหน่วยประมวลผลหลัก ถือเป็นประเด็นที่น่าสนใจของงานวิจัยนี้ เนื่องจากการประยุกต์เทคโนโลยีต้นทุนต่ำเพื่อควบคุมสภาพแวดล้อมในโรงเรือนแบบแม่นยำและต่อเนื่อง โดยระบบสามารถควบคุมอุณหภูมิไม่ให้เกิน 38 °C และรักษาความชื้นสัมพัทธ์ให้อยู่เหนือ 80% ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ผลการทดลองระหว่างวันที่ 2 – 12 พฤษภาคม 2567 พบว่าโรงเรือนที่ติดตั้งระบบมีน้ำหนักเฉลี่ยต่อดอก 9.80 กรัม สูงกว่าโรงเรือนที่ไม่มีระบบซึ่งมีค่าเฉลี่ย 4.98 กรัม คิดเป็นผลผลิตที่เพิ่มขึ้น ร้อยละ 96.60 การควบคุมสภาพแวดล้อมที่มีเสถียรภาพช่วยลดการเกิดเชื้อราเขียว ลดการสูญเสียของก้อนเชื้อ และเพิ่มความสม่ำเสมอของคุณภาพผลผลิต อีกทั้งยังช่วยลดภาระงานดูแลและเพิ่มรายได้ของเกษตรกรประมาณ ร้อยละ 30 – 50 ต่อรอบการผลิต จึงสรุปได้ว่าระบบที่พัฒนาขึ้นมีศักยภาพสูงในการนำไปใช้จริงเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการเพาะเห็ดโคนน้อย และเป็นแนวทางการประยุกต์เทคโนโลยีที่สามารถสนับสนุนการผลิตตลอดทั้งปีอย่างยั่งยืน

8. กิตติกรรมประกาศ

-

9. เอกสารอ้างอิง

- กรมอุตุนิยมวิทยา. (ม.ป.ป.). ภูมิอากาศของประเทศไทย. สืบค้น 26 ธันวาคม 2568, จาก <http://www.tmd.go.th/info/ภูมิอากาศของประเทศไทย>
- กายรัฐ เจริญราษฎร์, อาทิตย์ พวงสมบัติ, ชวโรจน์ ใจสิน, และณัฐชามณูย์ ศรีจำเริญรัตน์. (2562). การพัฒนาระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นในโรงเรือนเพาะเห็ด โดยอาศัยเซนเซอร์ตรวจวัดอากาศร่วมกับระบบพลังงานแสงอาทิตย์. *Veridian E-Journal, Science and Technology Silpakorn University*, 6(1), 1-12. สืบค้นจาก <https://ph01.tci-thaijo.org/index.php/VESTSU/article/view/135797>
- เฉลิมชาติ เสาวรัง, กระวี ตรีอำรรค และเทวรัตน์ ตรีอำรรค. (2561). สมรรถนะการทำงานร่วมของโรงเรือนเพาะปลูกแบบพ่นหมอกกับระบบระบายอากาศที่ควบคุมด้วยสมการสมดุลความชื้นของอากาศ. *วารสารสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย*, 24(2), 63-69. สืบค้นจาก <https://li01.tci-thaijo.org/index.php/TSAEJ/article/download/118761/95039/327623>
- นิติคม อริยพิมพ์ และชัยพร อัตโตดดร. (2563). การออกแบบและสร้างระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสำหรับโรงเรือนเพาะเห็ดนางฟ้าแบบอัตโนมัติที่ควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์. *วารสารวิชาการ เทคโนโลยี พลังงานและสิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย วิทยาลัยเทคโนโลยีสยาม*, 7(2), 59-72. สืบค้นจาก <https://ph01.tci-thaijo.org/index.php/JEET/article/view/243400>
- พิชัย สมบูรณ์วงศ์ และสมศักดิ์ ศรี. 2554. การเพาะเห็ดโคนน้อยในตะกร้า. สำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการ การเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้. เชียงใหม่. มูลนิธิสร้างสุขมุสลิมไทย. (2560). เห็ดโคนน้อย. สืบค้น 14 พฤศจิกายน 2566, จาก <https://muslim4health.or.th/blog-detail.php?id=63>
- วิเชียร ดวงสีแสน. (2565). การพัฒนาระบบควบคุมอุณหภูมิภายในโรงเรือนปลูกเมล่อน. สักทอง : *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี*, 9(1), 39-50. สืบค้นจาก https://research.kpru.ac.th/journal_science/journal/18612022-06-28.pdf
- สันติ วัฒนราษฎร์. (2557). วัสดุเพาะและสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตก้อนเชื้อเห็ดโคนน้อย (*Coprinopsis cinerea*). (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารบัณฑิต). Chiang Mai University Digital Collections (CMUDC). มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. สืบค้นจาก <https://cmudc.library.cmu.ac.th/frontend/Info/item/dc:122709>
- สันติ วัฒนราษฎร์ และสมจิตร อยู่เป็นสุข. (2557). วัสดุเพาะและสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตก้อนเชื้อเห็ดโคนน้อย (*Coprinopsis radiata*). ใน การประชุมวิชาการบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยขอนแก่น ครั้งที่ 15 (หน้า 603-610). ขอนแก่น: มหาวิทยาลัยขอนแก่น. สืบค้นจาก <https://gsbooks.gs.kku.ac.th/57/grc15/files/bmo5.pdf>
- อานนท์ เอื้อตระกูล. (2541). การเพาะเห็ดโคนน้อย (เห็ดถั่ว). กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์คมชัด.