

การประยุกต์ใช้ระบบสมาร์ทฟาร์มสำหรับการผลิตเห็ดเคร่ง

Implementation of Smart Farm System for *Schizophyllum commune* Production

กัณฑ์ มหามัด^{1,*} ศรีวรรณ ขำตรี² และ สุวาลี ชูวานิชย์³

¹สาขาวิชาเทคโนโลยีไฟฟ้าอุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา

อ.เมือง จ.สงขลา

²สาขาวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา อ.เมือง จ.สงขลา

³วิทยาลัยนวัตกรรมการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา วิทยาเขตสตูล อ.ละงู จ.สตูล

E-mail: Kuntapon.ma@skru.ac.th

Kuntapon Mahamad^{1,*}, Sriwan Khamtree² and Suvalee Chuvanich³

¹Department of Industrial Electrical Technology, Faculty of Industrial Technology,

Songkhla Rajabhat University, Muang, Songkhla, Thailand

²Department of Industrial Technology, Faculty of Industrial Technology,

Songkhla Rajabhat University, Muang, Songkhla, Thailand

³Collage of Innovation and Management, Songkhla Rajabhat University, La-ngu, Satun, Thailand

E-mail: Kuntapon.ma@skru.ac.th

บทคัดย่อ

เห็ดเคร่งเป็นเห็ดเศรษฐกิจ ที่มีราคาและคุณค่าทางอาหารสูง งานวิจัยนี้นำเสนอการประยุกต์ใช้ระบบสมาร์ทฟาร์มที่ช่วยเพิ่มผลผลิตเห็ดเคร่งสำหรับเกษตรกร โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของระบบควบคุมแบบสมาร์ทฟาร์มสำหรับโรงเรือนเพาะเห็ดเคร่ง และเปรียบเทียบผลผลิตเห็ดเคร่งจากโรงเรือนแบบสมาร์ทฟาร์ม (โรงเรือนทดลอง) และโรงเรือนปกติ (โรงเรือนควบคุม) การออกแบบระบบควบคุมใช้การควบคุมแบบอัตโนมัติด้วยโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ โดยรับสัญญาณอุณหภูมิและความชื้นจากเซนเซอร์ พร้อมระบบแสดงผลและจัดเก็บข้อมูลบนแพลตฟอร์ม Google ก่อนนำไปใช้ทดลองได้มีการทดสอบความถูกต้องของการควบคุมและการแสดงผล จากนั้นนำระบบควบคุมแบบสมาร์ทฟาร์มไปติดตั้งในโรงเรือนทดลองสำหรับการเพาะเห็ดเคร่ง เมื่อครบระยะเวลาการเก็บเกี่ยวจึงทำการเก็บรวบรวมข้อมูลและเปรียบเทียบผลผลิตเห็ดเคร่งระหว่างโรงเรือนทดลองและโรงเรือนควบคุม ผลการวิจัยพบว่าระบบควบคุมสมาร์ทฟาร์มที่พัฒนาขึ้นทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ มีความแม่นยำสูง โดยมีค่าความคลาดเคลื่อนอุณหภูมิและความชื้น ร้อยละ 4.37 และ 4.20 ตามลำดับ ทำงานได้ต่อเนื่องโดยไม่เกิดความผิดปกติ และเมื่อเปรียบเทียบผลผลิตเห็ดเคร่ง พบว่า ผลผลิต

เห็ดแครงที่ได้จากโรงเรือนทดลอง มีน้ำหนัก 6,861.29 กรัม สูงกว่าผลผลิตเห็ดแครงของโรงเรือนควบคุมถึง 1.99 เท่า ที่พบมีน้ำหนักเพียง 3,443.20 กรัม โดยมีค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 แสดงให้เห็นว่า การใช้ระบบสมาร์ทฟาร์มช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการเพาะเห็ดแครงให้กับเกษตรกรได้เป็นอย่างดี

คำสำคัญ: เห็ดแครง; สมาร์ทฟาร์ม; โปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์; อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง

Abstract

Schizophyllum commune are economic mushrooms with high price and nutritional value. This research presented an application of smart farm that increased *Schizophyllum commune* productivity. The objectives of this research were to study the smart farm control system performance and make a comparison between the product from greenhouse equipped with smart farm system (experimental set) and conventional greenhouse (control set). The system used Programmable logic controller for automatic control. The system was developed to display and collect the temperature and humidity on Google platform. Afterward, the system was tested before installation in experimental set. At the end of the harvest period, the results showed that the smart farm system worked accurately and efficiently. The average error percentage of temperature and humidity were 4.37 and 4.20 %, respectively. In addition, *Schizophyllum commune* yield from the experimental set weighed 6,861.29 grams, which was higher than *Schizophyllum commune* yield from the control set 1.99 times (3,443.20 grams). The weight difference result was statistically significant at 0.05 level. Ultimately, the smart farm system greatly improved the efficiency of cultivating *Schizophyllum commune* for farmers.

Keywords: *Schizophyllum commune*; Smart farm; Programmable logic controller; Internet of things

1. บทนำ

อาชีพการเพาะเห็ด เป็นอาชีพที่เกษตรกรให้ความสนใจทำกันเพิ่มมากขึ้นอย่างต่อเนื่อง ทั้งในลักษณะเป็นอาชีพหลักและอาชีพเสริม โดยข้อมูลการรายงานจากสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ พบว่า ในปี พ.ศ.2563 มูลค่าของการผลิตเห็ดเศรษฐกิจรวม 9,000 ล้านบาท ซึ่งเพิ่มขึ้นจากปี พ.ศ.2560 ที่มีมูลค่า 2,291 ล้านบาท [1] หรือกว่า 3.9 เท่า เห็ดแครงมีชื่อวิทยาศาสตร์ *Schizophyllum commune* เป็นเห็ดเศรษฐกิจชนิดหนึ่งที่มีราคาสูง โดยเห็ดแครงสดมีราคา กิโลกรัมละ 250 – 400 บาท และเห็ดแครงแห้งมีราคาสูงถึง กิโลกรัมละ 1,000 บาท เป็นที่นิยมบริโภคและเป็นที่ต้องการของตลาด เนื่องจากมีคุณค่าทางโภชนาการสูง [2-3] ซึ่งมีรายงานจากภาคนุมาส ชนาชน [4] พบว่า เห็ดแครงเป็นเห็ดที่ให้พลังงานสูงกว่าเห็ดหลายชนิด โดยให้พลังงานสูงกว่าเห็ดนางฟ้า และเห็ดโคนถึง 4 เท่าตัว และให้โปรตีนสูงกว่าถึง 1 เท่าตัว โครงสร้างของเห็ดแครง มีสารที่แสดงฤทธิ์ทางชีวภาพ

ที่ประกอบด้วยสาร 2 กลุ่ม คือ กลุ่มโพลีแซคคาไรด์หรือเส้นใยอาหารและไอโซพรีนอยด์ ซึ่งสารโพลีแซคคาไรด์ในเห็ดแครง มีชื่อว่า ชิโซฟิลแลน (Schizophyllan) ซึ่งได้รับการพัฒนาเป็นยาต้านโรคเอดส์ ยาต้านมะเร็งชนิดต่าง ๆ และยังมีฤทธิ์ในการกระตุ้นเซลล์ในระบบภูมิคุ้มกันอื่น ๆ ของร่างกาย เช่น ระดับน้ำตาล และระดับคอเลสเตอรอล [5] นอกจากนี้ นักวิจัยยังพบว่าด้วยโครงสร้างเคมีของชิโซฟิลแลนในเห็ดแครงทำให้มีเบต้ากลูเคนขนาดใหญ่ ซึ่งเบต้ากลูเคนเป็นสารต้านทานต่อโรคติดเชื้อในระบบทางเดินหายใจส่วนบนอีกด้วย [4] อย่างไรก็ตาม ปัจจุบันเห็ดแครงในธรรมชาติ ซึ่งส่วนใหญ่จะขึ้นในต้นไม้แห้งหรือไม้อย่างนั้นค่อนข้างหาได้ยาก ทำให้ผู้บริโภคต้องรอให้ถึงช่วงหน้าฝนถึงจะได้มีโอกาสบริโภคเห็ดแครงตามธรรมชาติ นอกจากนี้ด้วยสถานการณ์โควิด-19 สถานการณ์เศรษฐกิจโลกและการเปลี่ยนแปลงด้านสภาพภูมิอากาศโลกในปัจจุบัน สินค้าเกษตรส่วนใหญ่รวมทั้งเห็ดแครงมีราคาสูงขึ้น การบริโภคอาหารที่มีประโยชน์จึงมีข้อจำกัดตามฤดูกาล ซึ่งปัญหาในการเพาะเห็ดของประเทศไทยยังมีปัญหามาอย่างต่อเนื่องทั้งในด้านการผลิตหัวเชื้อและการดูแลสภาพแวดล้อมในโรงเพาะเห็ด [1] ซึ่งเห็ดแครงจะเจริญเติบโตได้ดีในสภาพอากาศที่มีความร้อนชื้น [3] จึงจะให้ผลผลิตที่ดีได้

ปัจจุบันมีการนำเทคโนโลยีสมัยใหม่ที่เกี่ยวข้องกับการใช้ชีวิตประจำวันมากยิ่งขึ้น โดยเฉพาะงานด้านระบบการควบคุมแบบอัตโนมัติและอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (Internet of things: IoT) ที่เชื่อมโยงอุปกรณ์ต่าง ๆ เข้ากับเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เช่น อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ เซนเซอร์ และตัวควบคุม [6] มีการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีการควบคุมอัตโนมัติและ IoT มาช่วยในการยกระดับการผลิตของภาคการเกษตรทั้งขนาดใหญ่และขนาดเล็กอย่างกว้างขวาง [7-8] โดยเป็นเครื่องมือสำคัญในการจัดการปัจจัยต่าง ๆ ที่ใช้ในการผลิต เช่น การจัดการระบบน้ำ และระบบระบายอากาศ เป็นต้น ซึ่งช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการปลูก การผลิต ลดการใช้แรงงาน และลดต้นทุนได้เป็นอย่างดี ซึ่งรูปแบบที่มีการนำเทคโนโลยีมาช่วยในการพัฒนาฟาร์มเกษตรกรรมนี้เรียกว่าฟาร์มอัจฉริยะหรือสมาร์ทฟาร์ม (Smart farm) [9] เมื่อนำไปประยุกต์ใช้กับการจัดการในการปลูกและผลิตพืช จะทำให้เกษตรกรสามารถเข้าถึงข้อมูลและควบคุมการผลิตได้อย่างมีประสิทธิภาพ ช่วยลดต้นทุนในการผลิตได้ ทั้งยังจัดเก็บข้อมูลบันทึกผล ประมวลผล และนำข้อมูลมาวิเคราะห์ผลให้ผู้ใช้นำมาปรับปรุงการเพาะปลูกได้อย่างมีประสิทธิภาพ [10-12]

ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้ออกแบบและพัฒนาระบบสมาร์ทฟาร์มในการเพาะเห็ดแครง โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของระบบควบคุมระบบสมาร์ทฟาร์มที่พัฒนาขึ้น โดยออกแบบโรงเรือนและระบบควบคุมให้สามารถใช้งานได้ง่าย มีระบบควบคุมแบบอัตโนมัติที่สามารถแสดงผลได้บนสมาร์ตโฟนมาช่วยในการควบคุมและติดตามข้อมูล เป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในการเพาะเห็ดแครงได้มากยิ่งขึ้น

2. ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน

การดำเนินการวิจัยเพื่อออกแบบและพัฒนาระบบสมาร์ทฟาร์มสำหรับการผลิตเห็ดแครง เริ่มจากการศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้อง ก่อนทำการออกแบบโครงสร้าง ระบบการควบคุม และระบบการจัดเก็บข้อมูลผ่านเครือข่าย

อินเทอร์เน็ต แล้วทำการทดสอบความถูกต้องของระบบควบคุมที่พัฒนาขึ้น จากนั้นนำเห็ดแครงเพาะในโรงเรือน และเปรียบเทียบผลผลิตระหว่างโรงเรือนที่ใช้ระบบส마트ฟาร์มกับโรงเรือนปกติ รายละเอียด ดังนี้

2.1 การศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้อง

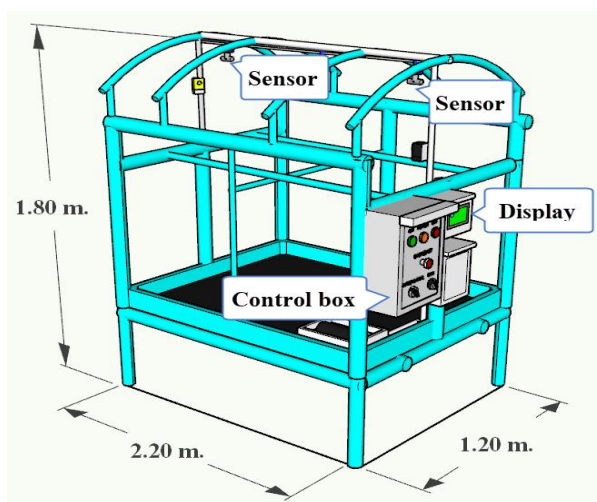
การศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้องได้ดำเนินการค้นคว้าข้อมูลกระบวนการผลิตเห็ดแครง พบว่าเห็ดแครงสามารถเจริญเติบโต ออกดอกได้ดีในสภาพอากาศร้อนชื้น โดยอุณหภูมิในโรงเพาะเห็ดที่เหมาะสม อยู่ที่ 28 ถึง 35 °C และต้องการความชื้นสูงในช่วง 80 %RH ถึง 90 %RH และระดับแสงสว่างปานกลาง [10],[13]

2.2 การออกแบบโรงเรือนเพาะเห็ดแครงและระบบควบคุม

การออกแบบโรงเรือน ระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นของโรงเรือน ซึ่งใช้การควบคุมแบบส마트ฟาร์ม มีการออกแบบ 2 ส่วนสำคัญ ดังนี้

2.2.1 โครงสร้างโรงเรือนและการติดตั้งอุปกรณ์

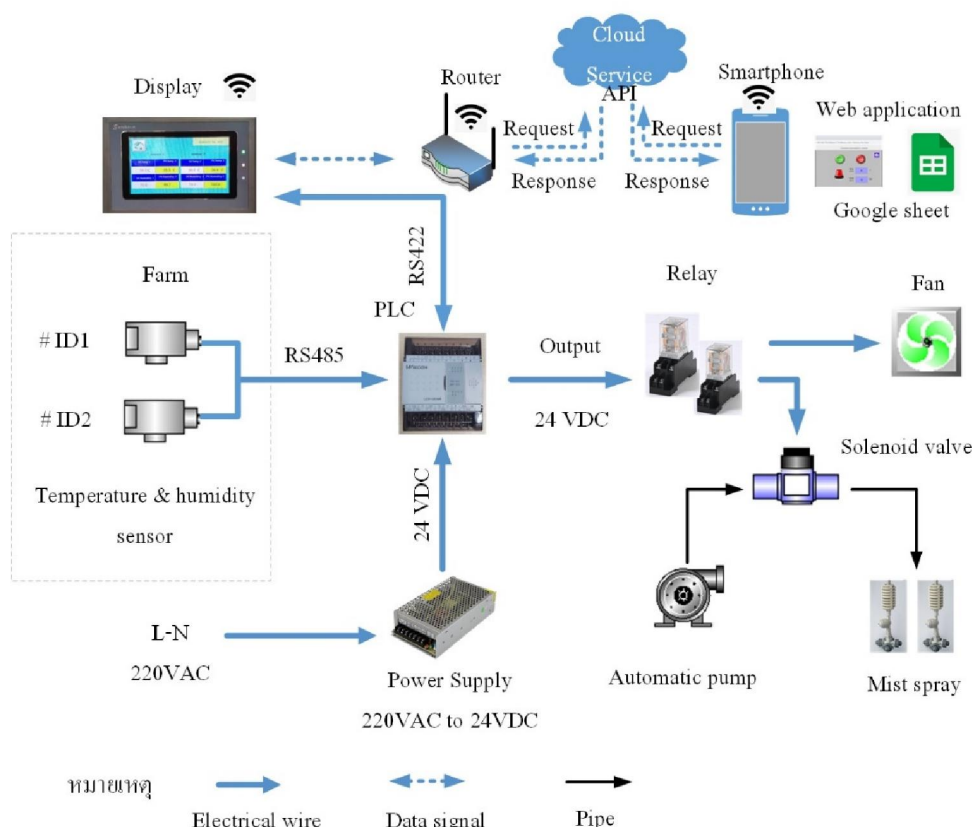
โครงสร้างหลักของโรงเรือนทำด้วยท่อพีวีซี ขนาด 3/4 นิ้ว กว้าง 1.20 เมตร ยาว 2.20 เมตร และสูง 1.80 เมตร ชั้นในคลุมด้วยผ้ายางใส ชั้นนอกคลุมด้วยสแลน 60 % ด้านหน้าติดตั้งตู้ควบคุม ด้านข้างสามารถเปิด ปิดได้ และด้านในติดตั้งเซนเซอร์ตรวจวัดอุณหภูมิและความชื้น จำนวน 2 จุด มีระบบท่อน้ำขนาด 6 มิลลิเมตร ที่ต่อมาจากโซลินอยด์วาล์วและปั้มน้ำแบบอัตโนมัติ พร้อมระบบสเปร์ย์หมอก จำนวน 7 จุด ครอบคลุมพื้นที่ด้านในโรงเรือน ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 โครงสร้างโรงเรือนเห็ดแครง

2.2.2 การออกแบบระบบควบคุมการทำงาน

การออกแบบระบบควบคุมการทำงานได้ประยุกต์ใช้หลักการของระบบควบคุมแบบอัตโนมัติด้วยโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ (Programmable logic controller: PLC) [14] และเชื่อมโยงข้อมูลเข้ากับระบบ IoT สำหรับการจัดเก็บข้อมูลแบบเวลาจริง (Realtime) ร่วมกับแพลตฟอร์ม Google [15] ภาพรวมของระบบแสดงดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 ภาพรวมการเชื่อมต่ออุปกรณ์ของระบบควบคุม

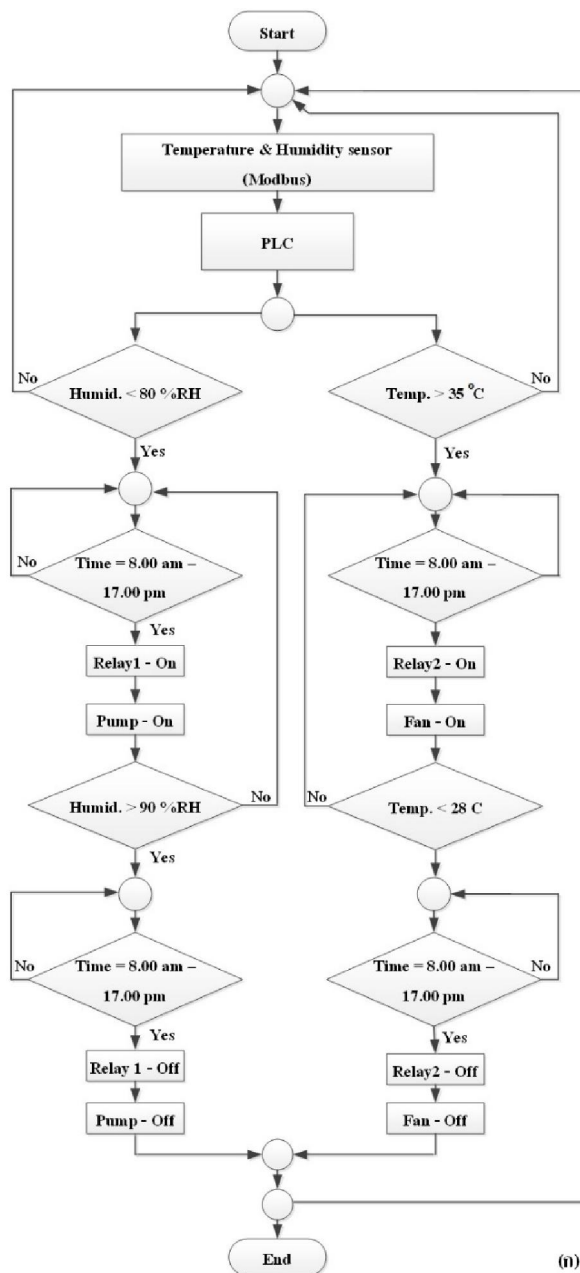
จากรูปที่ 2 อุปกรณ์หลักของระบบประกอบด้วย 1) อุปกรณ์เซ็นเซอร์ตรวจวัดอุณหภูมิและความชื้น รุ่น VMS-3002-WS-N01 สื่อสารแบบ Modbus จำนวน 2 ตัว 2) ตัวควบคุม PLC รุ่น Wecon LX2E [16] ที่มีเสถียรภาพสูง 3) โซลินอยด์วาล์ว (Solenoid valve) พิกัดแรงดัน 24 VDC สำหรับเปิด-ปิดน้ำไปยังหัวพ่นหมอก (Mist spray) 4) พัดลมระบายอากาศ พิกัดแรงดัน 24 VDC ขนาด 10 นิ้ว สำหรับการระบายความร้อน และ 5) จอแสดงผลแบบสัมผัส (Touch screen) รุ่น Samkoon 043AW ขนาด 4.3 นิ้ว มีอุปกรณ์ Wifi ในตัว [17] สามารถออกแบบเพื่อเชื่อมโยงข้อมูลสารสนเทศเข้าสู่ระบบ IoT ได้ โดยเมื่อระบบถูกสั่งให้ทำงาน ข้อมูลทั้งหมดภายในรีจิสเตอร์ของ PLC จะถูกส่งไปยังจอแสดงผล และส่งต่อข้อมูลไปยังคลาวด์เซอร์วิส (Cloud service) ผ่าน Application program interface (API) และส่งข้อมูลไปยังสมาร์ทโฟน (Smart phone) ของผู้ใช้งาน ขณะเดียวกันผู้ใช้สามารถปรับตั้งค่าการควบคุม กำหนดค่าอุณหภูมิ ความชื้นที่เหมาะสมผ่านจอแสดงผลหรือผ่านสมาร์ทโฟนได้ โดยเทคนิคการควบคุมใช้หลักการ On-Off with dead band [18-19] สามารถควบคุมการทำงานของเอาต์พุตให้เป็นไปตามค่าที่กำหนดทั้งด้านต่ำ (Lower trigger) และด้านสูง (Upper trigger) ดังสมการที่ (1) และค่าตั้งด้านต่ำ ดังสมการที่ (2)

$$PV = SP + \text{Differential gap} \quad (1)$$

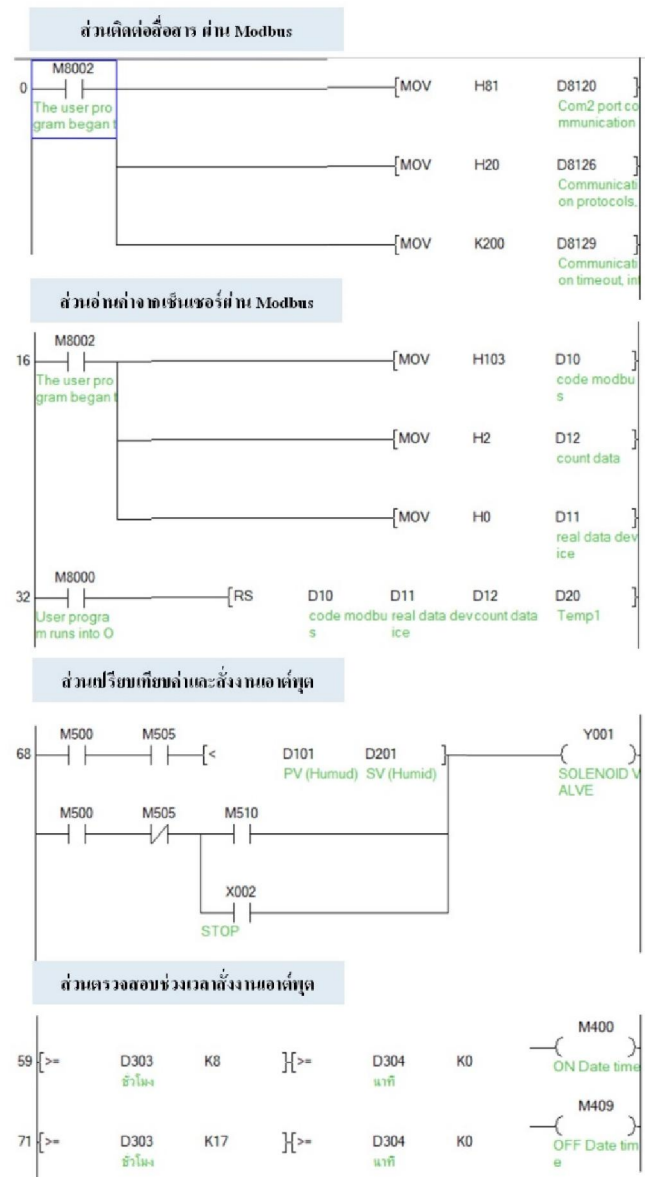
$$PV = SP - \text{Differential gap} \quad (2)$$

- เมื่อ PV คือ ค่าที่วัดได้ (Process variable)
 SP คือ ค่าที่กำหนด (Setpoint variable)
 + Differential gap คือ ค่าความแตกต่างของค่าที่ตั้งไว้กับค่าตั้งด้านสูง
 - Differential gap คือ ค่าความแตกต่างของค่าที่ตั้งไว้กับค่าตั้งด้านต่ำ

การกำหนดค่าความชื้นอากาศ กำหนดค่าตั้งด้านต่ำ ที่ 80 %RH และด้านสูง ที่ 90 %RH [2] สำหรับค่าอุณหภูมิอากาศ กำหนดค่าตั้งด้านต่ำที่ 28 °C และค่าตั้งด้านสูงที่ 35 °C [13] แสดงผังงานดังรูปที่ 3



(ก)



(ข)

รูปที่ 3 การออกแบบโปรแกรม (ก) ฟังก์ชันของโปรแกรม (ข) ตัวอย่างแลคเคอร์ไคอะแกรม

สำหรับขั้นตอนวิธีของโปรแกรมควบคุม เมื่อระบบถูกตั้งค่าในโหมดการทำงานอัตโนมัติ แสดงดังผังงานในรูปที่ 3 (ก) เริ่มจากเซ็นเซอร์ส่งสัญญาณให้ตัว PLC จากนั้น PLC ทำการตรวจสอบค่าอุณหภูมิและความชื้นในอากาศจากเซ็นเซอร์ เปรียบเทียบกับเงื่อนไขที่กำหนดไว้ หากความชื้นในอากาศต่ำกว่า 80 %RH และอยู่ในช่วงเวลา 8.00 -17.00 น. PLC จะส่งสัญญาณไปสั่งงานให้เอาต์พุตทำงาน Y1 ทำงานเพื่อขับรีเลย์ตัวที่ 1 ส่งสัญญาณให้ โซลินอยด์ทำงาน ส่งผลให้ปั้มน้ำแบบอัตโนมัติทำงานพร้อมกัน ทำให้น้ำถูกส่งมาตามท่อไปยังหัวพ่นสเปรย์หมอก จนกว่าความชื้นจะสูงขึ้นถึง 90 %RH เอาต์พุต Y1 จะหยุดทำงาน ส่งผลให้โซลินอยด์ และปั้มน้ำหยุดทำงานพร้อมกัน ในส่วนค่าอุณหภูมิ เมื่ออุณหภูมิในโรงเรือนสูงกว่า 35 °C และอยู่ในช่วงเวลา 8.00 -17.00 น. PLC จะสั่งงานให้เอาต์พุต Y2 ทำงานเพื่อขับรีเลย์ตัวที่ 2 ส่งสัญญาณให้พัดลมระบายอากาศทำงานจนกว่าอุณหภูมิจะลดลงจนถึง 28 °C ตัว PLC จะสั่งหยุดการทำงานของเอาต์พุต Y2 และพัดลมจะหยุดทำงานอัตโนมัติ จากผังงานของโปรแกรมควบคุมนำมาเขียนขั้นตอนวิธีโดยใช้ภาษาแลดเดอร์ไดอะแกรม (Ladder diagram) ประกอบด้วยส่วนสำคัญ 4 ส่วน ดังรูปที่ 3 (ข) ได้แก่

1) โปรแกรมส่วนติดต่อสื่อสารผ่าน Modbus (Communication protocol) ประกอบด้วยการกำหนดค่าการสื่อสารของ PLC ซึ่งเป็นการกำหนด Board rate, Parity, Data length, Stop bit (Move H81 D8120) การกำหนดให้ PLC เป็นอุปกรณ์ Master (Move H20 D8126) และการกำหนดค่าเวลา Time out (Move K200 D8129)

2) โปรแกรมส่วนการอ่านค่าจากเซ็นเซอร์ผ่าน Modbus ประกอบด้วยการกำหนดให้ PLC อ่านค่าจากลำดับ ID และ Function code ของตัวเซ็นเซอร์ โดยหลังจากกำหนดพารามิเตอร์ที่ถูกต้องแล้วใช้คำสั่ง RS เพื่อจัดเก็บข้อมูลลงใน Data register (D) สำหรับการประมวลผลต่อไป

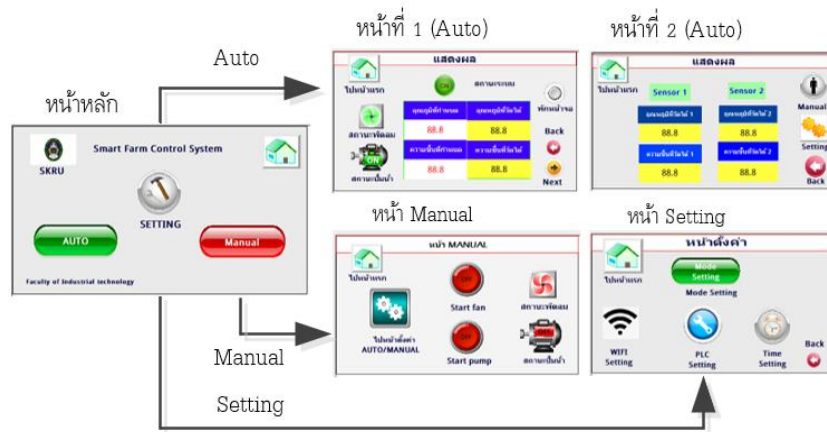
3) โปรแกรมส่วนเปรียบเทียบค่าและสั่งงานเอาต์พุต ประกอบด้วยส่วนเปรียบเทียบข้อมูลระหว่างค่าที่อ่านได้จากเซ็นเซอร์ (Process value) กับค่าที่กำหนด (Setpoint value) หากเป็นไปตามเงื่อนไขจะสั่งงานให้เอาต์พุต Y ทำงาน หรือหยุดการทำงานต่อไป

4) โปรแกรมส่วนเปรียบเทียบค่าเวลาเพื่อสั่งงานเอาต์พุต เป็นการใช้งานฟังก์ชัน Reads the current real time (TRD) เพื่ออ่าน Data register D8013 – D8019 สำหรับการอ่านค่าวัน เดือน ปี จากตัว PLC และนำช่วงเวลาที่ต้องการกำหนดมาสร้างเงื่อนไขในการทำงาน

2.3 การออกแบบส่วนติดต่อผู้ใช้งานและสารสนเทศในการจัดการข้อมูล

2.3.1 การออกแบบส่วนติดต่อผู้ใช้งาน

การออกแบบส่วนติดต่อผู้ใช้งาน (Graphic user interface: GUI) ของจอแสดงผล คำนึงถึงหลักการออกแบบ GUI ที่ดี [20] โดยมีรูปแบบสัญลักษณ์เหมาะสม สื่อความหมายของอุปกรณ์บนจอแสดงผลที่เข้าใจง่าย สอดคล้องกับการทำงานจริงของอุปกรณ์ มองเห็นได้สะดวก ได้แก่ ปุ่มเปิด - ปิด พัดลม ปั้มน้ำ และตัวเลขแสดงผล แสดงดังรูปที่ 4

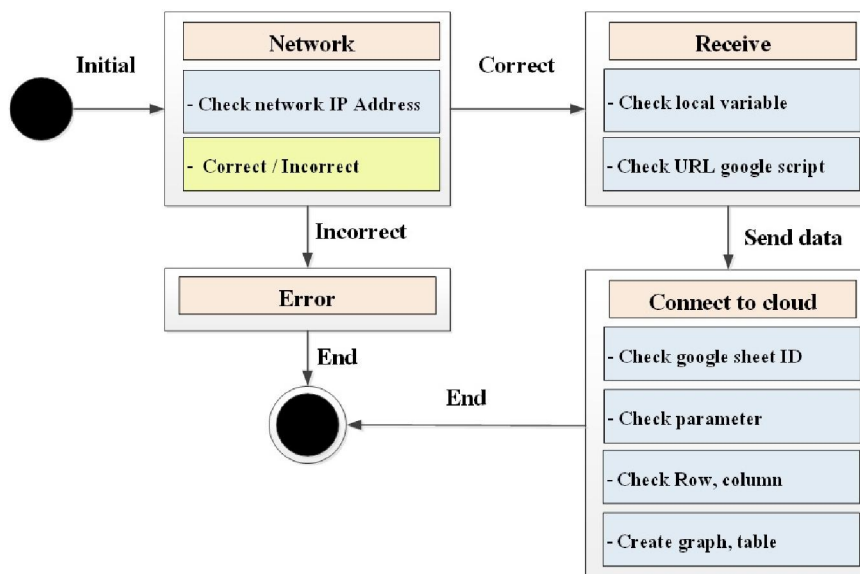


รูปที่ 4 การออกแบบส่วนควบคุมและแสดงผลบนจอแสดงผลและสมาร์ทโฟน

จากรูปที่ 4 หน้าจอแสดงผล ประกอบด้วย 1) หน้าหลัก (Main) 2) หน้าแสดงผลค่าอุณหภูมิ ความชื้นและสถานะอุปกรณ์ในโหมดอัตโนมัติ (Auto) 3) หน้าควบคุมด้วยมือ (Manual) และ 4) หน้าตั้งค่า (Setting)

2.3.2 ส่วนควบคุมและแสดงผลบนสมาร์ทโฟนและระบบจัดเก็บข้อมูลแบบออนไลน์

การควบคุมและแสดงผลผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ใช้การเชื่อมต่อสัญญาณจากตัว Wifi ของจอสัมผัสส่งข้อมูลไปยัง Router และเชื่อมต่อข้อมูลเข้ากับระบบคราวด์โดยมี API เป็นตัวกลางในการสื่อสารข้อมูล สำหรับการควบคุมและแสดงผลผ่าน Web application ใช้คราวด์เซอร์วิสของ Samkoon ในส่วนการสร้าง Dashboard เพื่อจัดเก็บข้อมูลแบบเวลาจริงโดยใช้แพลตฟอร์ม Google sheet ซึ่งมีจุดเด่นที่สามารถใช้งานได้สะดวกสำหรับผู้มีบัญชี Google การเขียนโปรแกรมส่งข้อมูลใช้เทคนิค HTTP GET method [18] แสดงโคโอะแกรมการทำงานของระบบ ดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 การออกแบบโปรแกรมส่งข้อมูลจาก PLC ไปยัง Google sheet และแสดงผลบน Google dashboard

จากรูปที่ 5 ไอโอะแกรมแสดงลำดับการทำงานของระบบส่งข้อมูลจากรีจิสเตอร์ของ PLC เพื่อแสดงผลบน Google dashboard เริ่มจากลำดับที่ 1 Network state ระบบจะตรวจสอบการเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ต เป็นการตรวจสอบ IP Address ของตัวจอสัมผัสกับเครือข่ายที่เชื่อมต่อกัน จากนั้นเป็นการทำงานในลำดับที่ 2 Receive state เป็นการตรวจสอบตัวแปร Global variable ซึ่งเป็นพารามิเตอร์ที่ต้องการส่งข้อมูล และตรวจสอบตำแหน่ง URL ของ Google script และส่งข้อมูลไปยังการทำงานในลำดับที่ 3 Connect to cloud state ซึ่งระบบจะทำการตรวจสอบรหัสของ Google sheet ID ค่าพารามิเตอร์ ตำแหน่งของแถวและคอลัมน์ที่จะทำการบันทึกข้อมูล และระบบจะดึงข้อมูลจากแถวและคอลัมน์ที่อ่านได้เพื่อสร้าง Dashboard สำหรับการแสดงผล

2.4 การศึกษาประสิทธิภาพของระบบควบคุมโรงเรือนเพาะเห็ดแครงที่ควบคุมด้วยระบบสมาร์ตฟาร์ม

2.4.1 การประเมินความถูกต้องของการสั่งงานและการควบคุม

การประเมินความถูกต้องในการควบคุมการทำงานตามคำสั่งที่กำหนด ทั้งในรูปแบบการควบคุมด้วยมือ และการทำงานแบบอัตโนมัติ โดยทดสอบการทำงานในแต่ละรูปแบบ จำนวน 9 ครั้ง จากนั้นนำผลที่ได้มาประเมินระดับความถูกต้องของการควบคุมโดยใช้ค่าสถิติร้อยละ [21]

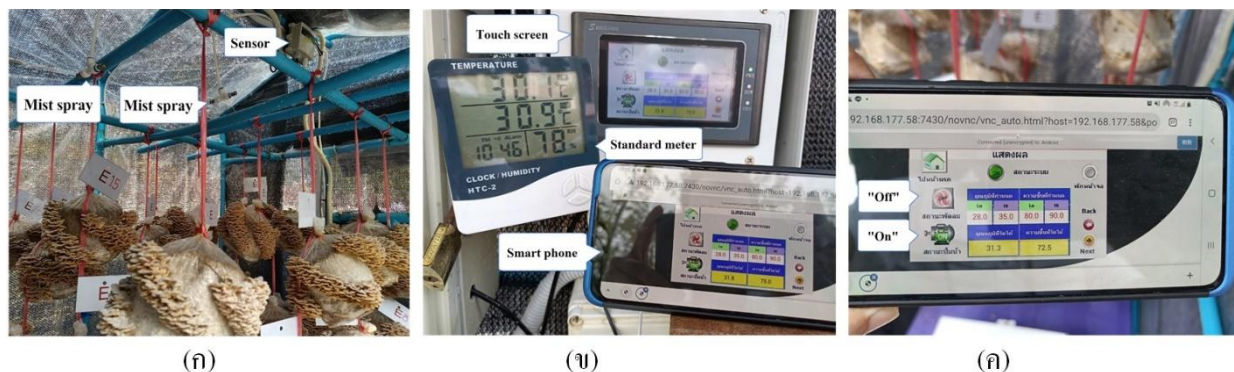
2.4.2 การหาค่าความถูกต้องของการตรวจวัดค่าและการบันทึกผล

หลังจากการออกแบบระบบแล้ว ได้ติดตั้งตัวควบคุม เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้น ระบบท่อน้ำตามตำแหน่งที่ได้ออกแบบไว้ และเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตของระบบสำหรับการจัดเก็บข้อมูลแบบ Realtime บน Google sheet จากนั้นจึงทำการเดินระบบ แล้วทำการกำหนดค่าที่ต้องการควบคุมตามที่กำหนด (Set point) ตรวจสอบการทำงานของระบบที่พัฒนาขึ้นด้วยการทดสอบความแม่นยำของการวัดค่าของเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้น การสั่งงานของ PLC ระบบการจัดเก็บข้อมูล ตลอดจนการแสดงผลของค่าที่วัดได้จากจอแสดงผลและสมาร์ตโฟน จากนั้นทำการเปรียบเทียบค่าอุณหภูมิและความชื้นจากระบบที่พัฒนาขึ้นกับมิเตอร์วัดอุณหภูมิและความชื้นมาตรฐาน (Elitech) เก็บบันทึกผลอย่างต่อเนื่องเป็นเวลาทุก ๆ 15 นาที แล้วนำค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิและความชื้นที่วัดได้มาคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ค่าความคลาดเคลื่อน (% error) ตามสมการที่ 3 [22] เพื่อนำข้อมูลมาใช้ในการปรับปรุงประสิทธิภาพของระบบควบคุม ภาพการดำเนินงาน ดังรูปที่ 6

$$\% \text{ error} = \frac{|E_{mea} - E_t|}{E_t} \times 100 \quad (3)$$

เมื่อ E_{mea} คือ ค่าที่วัดได้จากเซ็นเซอร์

E_t คือ ค่าจากการวัดด้วยเครื่องมือมาตรฐาน



รูปที่ 6 การตรวจวัดค่าอุณหภูมิและความชื้นโรงเรือนทดลอง (ก) การติดตั้งเซนเซอร์และสเปรย์หมอก (ข) การเปรียบเทียบค่าการวัดจากเซนเซอร์กับเครื่องมือวัดมาตรฐาน (ค) การควบคุมผ่านสมาร์ทโฟน

2.4.3 การเปรียบเทียบผลผลิตเห็ดแครงของโรงเรือนที่ใช้ระบบสมาร์ทฟาร์มและโรงเรือนปกติ

การเปรียบเทียบผลผลิตของเห็ดแครงที่เพาะปลูกโดยใช้โรงเรือนแบบสมาร์ทฟาร์ม (โรงเรือนทดลอง) และโรงเรือนแบบปกติ (โรงเรือนควบคุม) การดำเนินการทดลองใช้แบบแผนการทดลองแบบมีการสุ่มตัวอย่างและวัดหลังการทดลอง (Posttest-Only control group design) [23] โรงเรือนทดลองจะใช้ระบบสมาร์ทฟาร์มในการควบคุมอุณหภูมิและความชื้น ส่วนโรงเรือนควบคุมจะให้เกษตรกรฉีดพ่นน้ำเข้าและเย็นตามการเพาะเห็ดแครงแบบปกติ ก่อนเชื้อเห็ดเป็นก้อนเชื้อที่ถูกเพาะและบ่มเชื้อมาพร้อมกัน โดยสั่งซื้อจากฟาร์มเพาะเห็ดที่มีมาตรฐานใน จ.พัทลุง จำนวน 100 ก้อน ถูกลำมาสุ่มแยกเพื่อจัดไว้ในโรงเรือนทดลองและโรงเรือนควบคุมโดยการแขวนด้วยเชือก โรงเรือนละ 50 ก้อน เมื่อเชื้อเห็ดเดินเต็มถุงจึงใช้มีดกรีดเป็นแนวเฉียง ก้อนละ 5 ร่อง เพื่อให้เห็ดสามารถออกดอกมานอกถุงได้ เมื่อเห็ดอายุได้ 6 วัน จึงทำการเก็บผลรอบที่ 1 จากนั้นอีก 6 วัน เห็ดออกดอกรอบที่ 2 ทำการเก็บดอกเห็ดอีกครั้ง นำน้ำหนักของเห็ดทั้งสองรอบคิดค่าเฉลี่ยเพื่อวิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้สถิติแบบที (t-test) [21]

3. ผลการวิจัย

จากการดำเนินการวิจัยการประยุกต์ใช้ระบบสมาร์ทฟาร์มสำหรับการผลิตเห็ดแครง มีรายละเอียดผลการวิจัย ดังนี้

3.1 ผลการศึกษาความถูกต้องของการสั่งงาน การควบคุมและความถูกต้องของค่าการวัดจากเซนเซอร์

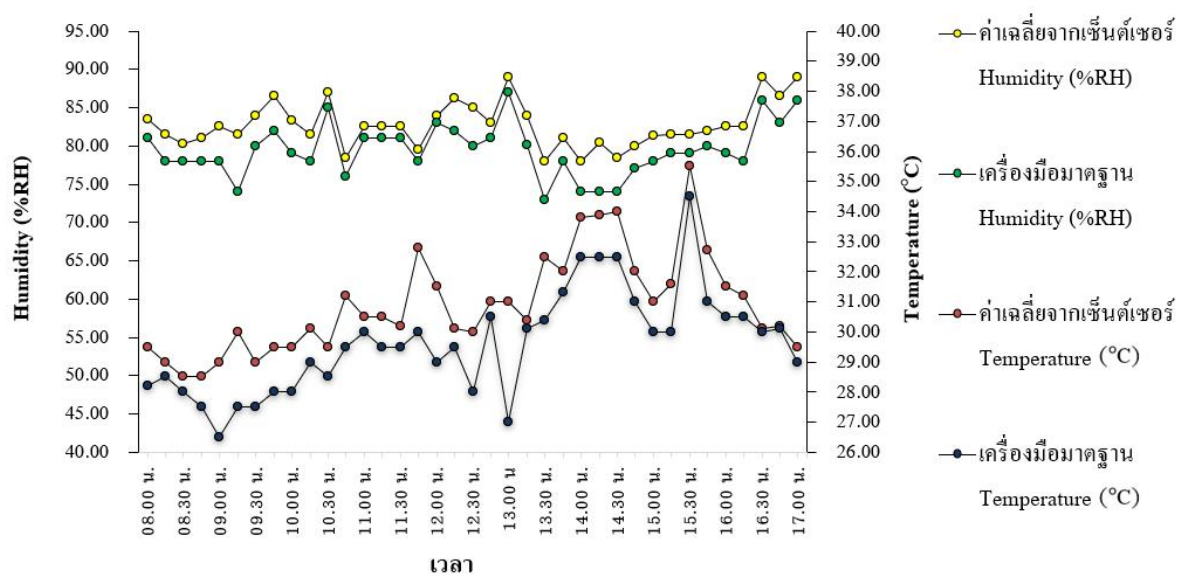
หลังจากการติดตั้งระบบควบคุมแล้ว ผู้วิจัยดำเนินการทดสอบความถูกต้องในการควบคุมการสั่งงานของระบบควบคุม โดยทดสอบการสั่งงานในรูปแบบการทำงานด้วยมือ และการทำงานแบบอัตโนมัติ ผลการทดสอบแสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบการทำงานของระบบควบคุม

รูปแบบ	จำนวนครั้งในการทดสอบ (ครั้ง)	ความถูกต้องในการควบคุม (ครั้ง)	ความถูกต้อง (ร้อยละ)
1. การทำงานด้วยมือ (Manual)			
1.1 การสั่งงานจากสวิทช์ปุ่มกด	9	9	100
1.2 การสั่งงานจากจอสัมผัส	9	9	100
1.3 การสั่งงานจากสมาร์ทโฟน	9	9	100
2. การทำงานอัตโนมัติ (Auto)			
2.1 การสั่งงานควบคุมโซลินอยด์วาล์ว	9	9	100
2.2 การสั่งงานควบคุมพัดลมระบายอากาศ	9	9	100
เฉลี่ย			100

จากตารางที่ 1 ผลการทดสอบการควบคุมและการสั่งงานของระบบควบคุมตามรูปแบบการทำงานของโรงเรือนเพาะเห็ดแบบสมาร์ทฟาร์ม ทั้งในโหมดการทำงานด้วยมือและการทำงานแบบอัตโนมัติ มีความถูกต้องทุกรูปแบบ ร้อยละ 100 อย่างไรก็ตาม จากการสังเกตความรวดเร็วในการสั่งงานพบว่า บางครั้งการสั่งงานผ่านสมาร์ทโฟนอาจมีการหน่วงเวลาสั้น ๆ เป็นเวลา 1-2 วินาทีขึ้นอยู่กับความเสถียรของเครือข่ายอินเทอร์เน็ต

การทดสอบความถูกต้องของค่าการวัดค่าเฉลี่ยของเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้น โดยเปรียบเทียบค่าที่อ่านได้จากค่าเฉลี่ยของเซ็นเซอร์กับเครื่องมือวัดมาตรฐาน ตั้งแต่เวลา 8.00 น. – 17.00 น. และบันทึกผลทุก 15 นาที ผลการทดสอบแสดงดังรูปที่ 7

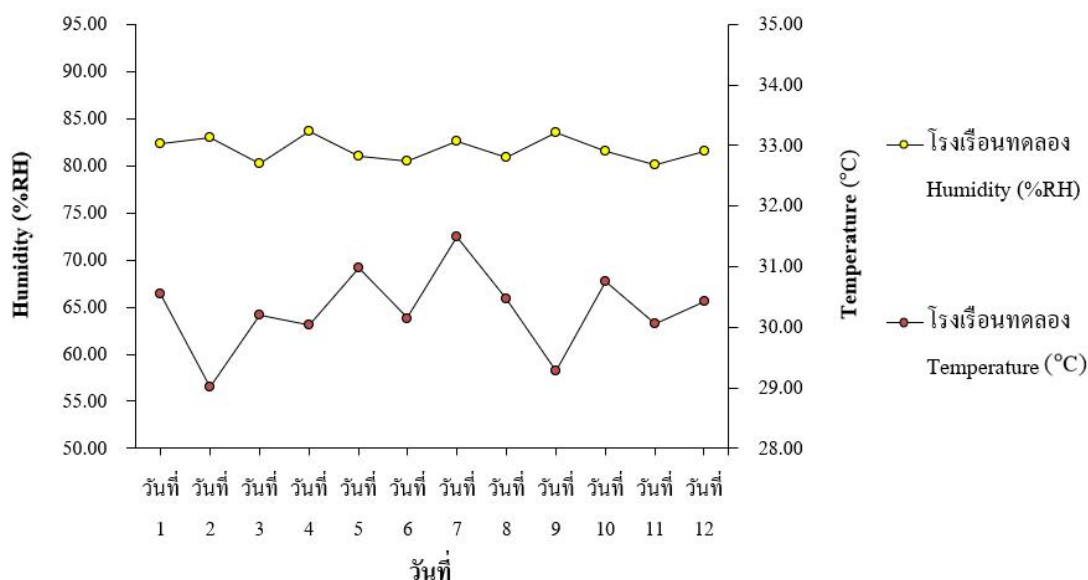


รูปที่ 7 เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าอุณหภูมิและความชื้นที่วัดได้จากเซ็นเซอร์และเครื่องมือมาตรฐาน

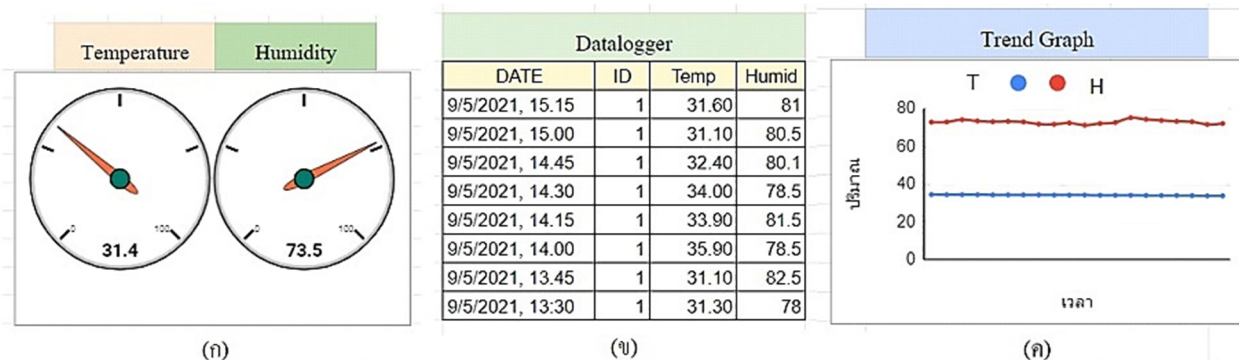
จากรูปที่ 7 ค่าอุณหภูมิและความชื้นจากเซนเซอร์ มีค่าแตกต่างกับเครื่องมือวัดมาตรฐานสูงสุด 4.00 °C และต่ำสุด 0.10 °C ในส่วนของความชื้นอากาศค่าจากเซนเซอร์แตกต่างกับเครื่องมือวัดมาตรฐานสูงสุด 7.50 %RH และต่ำสุด 1.00 %RH โดยมีค่าเฉลี่ยอุณหภูมิและความชื้นของค่าจากเซนเซอร์กับเครื่องมือมาตรฐานแตกต่างกันร้อยละ 4.37 และ 4.20 ตามลำดับ ซึ่งเป็นค่าความคลาดเคลื่อนที่ต่ำ แสดงให้เห็นว่าการตรวจวัดค่าจากเซนเซอร์มีความแม่นยำสูง อยู่ในเกณฑ์ที่สามารถนำไปใช้ได้ในการตรวจวัดค่าทางวิศวกรรมได้ [24] อย่างมีประสิทธิภาพ

3.2 ผลการศึกษาประสิทธิภาพในการควบคุม การแสดงผล

หลังจากได้ทดสอบความถูกต้องและเสถียรภาพของระบบควบคุมแล้ว จึงได้ทำการใช้งานระบบควบคุมจริงในโรงเรือนพร้อมกับการเพาะเห็ดแคร่ง ซึ่งเห็ดแคร่งถูกแขวนให้กระจายทั่วพื้นที่โรงเรือนในระยะห่างเท่า ๆ กันด้วยการแขวนเป็นแนวตั้งเป็นแถว ๆ ละ 2 ก้อน จำนวน 25 แถว จากนั้นทำการเปิดระบบให้ทำงานและเลือกโหมดการทำงานให้เป็นระบบอัตโนมัติ ปรับตั้งค่าอุณหภูมิและความชื้นที่ต้องการควบคุม (Setpoint) ผ่านหน้าจอสัมผัสหรือสมาร์ตโฟน โดยกำหนดค่าอุณหภูมิกำหนดค่าให้พัดลมทำงานเมื่ออุณหภูมิเกินกว่า 35 °C และหยุดการทำงานเมื่ออุณหภูมิต่ำกว่า 28 °C ในส่วนค่าความชื้นอากาศกำหนดค่าให้โซลินอยด์วาล์วและปั๊มทำงานเมื่อความชื้นในอากาศต่ำกว่า 80 %RH และหยุดการทำงานเมื่อความชื้นในอากาศสูงกว่า 90 %RH แสดงค่าเฉลี่ยของการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นในช่วงเวลา 8.00 – 17.00 น. ตามระยะเวลาการเพาะเห็ดแคร่งหลังการเปิดดอกเป็นเวลา 12 วัน ของโรงเรือนทดลองที่ใช้ระบบสมาร์ตฟาร์ม ดังรูปที่ 8 และรูปแบบการจัดเก็บข้อมูลของ Google dashboard ดังรูปที่ 9



รูปที่ 8 ผลการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นภายในโรงเรือนเพาะเห็ดแคร่งด้วยระบบสมาร์ตฟาร์ม



รูปที่ 9 การจัดเก็บข้อมูลและแสดงผลแบบ Realtime โดย Google dashboard (ก) Gage (ข) Datalogger

(ค) Trend graph

จากรูปที่ 8 ในช่วงระยะเวลาการเพาะเห็ดแครง 1 รอบการผลิต ซึ่งมีการเก็บเห็ด 2 รอบ ใช้เวลา 12 วัน ระบบควบคุมที่ออกแบบขึ้นสามารถควบคุมและรักษาค่าอุณหภูมิและความชื้นในโรงเพาะเห็ดได้อย่างสม่ำเสมอ เป็นไปตามที่กำหนดไว้ โดยมีค่าเฉลี่ยอุณหภูมิสูงสุดที่ 30.98 °C และต่ำสุดที่ 29.01 °C สำหรับค่าความชื้นเฉลี่ย สูงสุดอยู่ที่ 83.69 %RH และต่ำสุดที่ 80.10 %RH ซึ่งค่าเฉลี่ยอุณหภูมิและความชื้นรวมอยู่ที่ 30.24 °C และ 81.74 %RH ตามลำดับ ซึ่งค่าอุณหภูมิและความชื้นดังกล่าวของโรงเรือนทดลองอยู่ในระดับที่เหมาะสมของการเพาะเห็ด แครงในช่วงการเปิดดอก ในรูปที่ 9 แสดงให้เห็นถึงความสามารถในการแสดงข้อมูลสารสนเทศของระบบที่ พัฒนาขึ้น ซึ่งสามารถแสดงข้อมูลได้แบบเวลาจริง ในรูปแบบเกจ ช่วยให้เข้าใจได้ง่าย การจัดเก็บข้อมูลและเรียกดู ข้อมูลย้อนหลังได้สะดวกด้วยการจัดเก็บข้อมูลแบบ Datalogger รวมทั้งการแสดงผลที่มีความต่อเนื่องใน รูปแบบ Trend graph

เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของอุณหภูมิและความชื้นในโรงเรือนระหว่างโรงเรือนเพาะเห็ดแครงที่ใช้ ระบบสมาร์ทฟาร์ม (โรงเรือนทดลอง) กับโรงเรือนปกติ (โรงเรือนควบคุม) ในช่วงเวลา 12 วัน พบว่า อุณหภูมิ ภายในโรงเรือนทดลอง มีค่าต่ำกว่าโรงเรือนควบคุม ดังตารางที่ 2 และความชื้นภายในโรงเรือนทดลองมีค่าเฉลี่ย สูงกว่าโรงเรือนควบคุม แสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 2 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยอุณหภูมิระหว่างโรงเรือนทดลองกับโรงเรือนควบคุม

รูปแบบการเพาะเห็ดแครง	N	$\bar{X}$	SD	t	P-Value
โรงเรือนทดลอง	12	30.28	0.679	-9.69	0.000*
โรงเรือนควบคุม	12	34.98	1.53		

* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตารางที่ 3 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความชื้นระหว่างโรงเรือนทดลองกับโรงเรือนควบคุม

รูปแบบการเพาะเห็ดแครง	N	$\bar{X}$	SD	t	P-Value
โรงเรือนทดลอง	12	81.74	1.25	27.12	0.000*
โรงเรือนควบคุม	12	50.78	3.75		

* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตารางที่ 2 และตารางที่ 3 ค่าความแตกต่างของอุณหภูมิและความชื้นระหว่างของโรงเรือนทดลองกับโรงเรือนควบคุม ในช่วงเวลา 12 วัน พบว่า อุณหภูมิเฉลี่ยของโรงเรือนทดลองมีค่าต่ำกว่าโรงเรือนควบคุม โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 30.28 °C และ 34.98 °C ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 สำหรับความชื้นภายในโรงเรือนทดลองมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 81.74 %RH ซึ่งสูงกว่าโรงเรือนควบคุมที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 50.78 %RH เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความชื้นระหว่างโรงเรือนทดลองกับโรงเรือนควบคุม พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

3.3 ผลการเปรียบเทียบผลผลิตเห็ดแครงของโรงเรือนที่ใช้ระบบสารถฟาร์มกับโรงเรือนปกติ

หลังจากการเพาะเลี้ยงเห็ดแครงจนได้ระยะเวลาตามที่กำหนด จึงทำการเก็บผลผลิตดอกเห็ดทั้งในโรงเรือนทดลองและโรงเรือนควบคุม โดยทำการเก็บผลผลิตจำนวน 2 รอบ โดยรอบที่ 1 เก็บผลผลิตเมื่อการเพาะเลี้ยงเห็ดแครงครบ 6 วัน และรอบที่ 2 เก็บผลผลิตหลังจากรอบที่ 1 ไป 6 วัน ในแต่ละรอบทำการชั่งน้ำหนักและนำเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างผลผลิตดอกเห็ดของโรงเรือนทดลองและโรงเรือนควบคุม แสดงดังตารางที่ 4

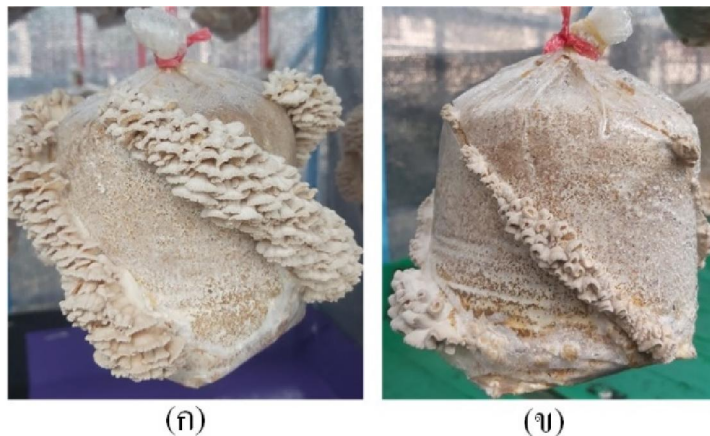
ตารางที่ 4 ผลการเปรียบเทียบผลผลิตเห็ดแครงที่ได้จากโรงเรือนทดลองกับโรงเรือนควบคุม

การทดลอง	N	$\bar{X}$	SD	t	P-Value
โรงเรือนทดลอง	50	137.23	4.66	26.73	0.000*
โรงเรือนควบคุม	50	68.86	17.5		

* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตารางที่ 4 ผลผลิตของเห็ดแครงที่ได้จากเก็บเห็ดจำนวน 2 รอบ ปริมาณเห็ดแครงในโรงเรือนทดลองที่มีน้ำหนักรวมเท่ากับ 6,861.29 กรัม คิดเป็นน้ำหนักเฉลี่ยต่อก้อนเท่ากับ 137.23 กรัม ซึ่งสูงกว่าน้ำหนักเห็ดแครงในโรงเรือนควบคุมที่มีน้ำหนักรวมเท่ากับ 3,443.20 กรัม คิดเป็นน้ำหนักเฉลี่ยต่อก้อนเท่ากับ 68.86 กรัม เมื่อเปรียบเทียบผลผลิตเห็ดแครงที่ได้จากโรงเรือนทดลองกับโรงเรือนควบคุม พบว่า ผลผลิตเห็ดแครงที่ได้จากโรงเรือนทดลองกับโรงเรือนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 อีกทั้งจากการเปรียบเทียบ

ทางกายภาพของดอกเห็ดแครงที่ได้จากโรงเรือนทดลองจะดูสด การเจริญเติบโตสม่ำเสมอ ออกดอกได้เต็มทุกก้อนทุกรอยการกรีด ดอกเห็ดมีความสมบูรณ์กว่าดอกเห็ดจากโรงเรือนควบคุมอีกอย่างชัดเจนอีกด้วย แสดงดังรูปที่ 10



รูปที่ 10 เปรียบเทียบความแตกต่างทางกายภาพของเห็ดแครงในการเก็บผลผลิตรอบที่ 1 หลังการกรีดถุง 6 วัน

(ก) เห็ดแครงของโรงเรือนทดลอง (ข) เห็ดแครงของโรงเรือนควบคุม

4. อภิปรายผล

จากการศึกษาการประยุกต์ใช้ระบบสมาร์ทฟาร์มสำหรับการผลิตเห็ดแครง ซึ่งผลการวิจัยพบว่าระบบควบคุมที่พัฒนาขึ้นสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยการควบคุมตามฟังก์ชันการทำงานมีความถูกต้องร้อยละ 100 นอกจากนี้การทำงานการตรวจวัดค่าของเซ็นเซอร์ยังมีความแม่นยำสูงเมื่อเทียบกับเครื่องมือมาตรฐานซึ่งมีค่าความผิดพลาดของอุณหภูมิและความชื้นเพียงร้อยละ 4.37 และ 4.20 ตามลำดับ ทั้งนี้เกิดจากการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีของการควบคุมอัตโนมัติที่ใช้การควบคุมด้วย PLC ที่มีจุดเด่นในด้านเสถียรภาพ มีความถูกต้องแม่นยำในการทำงาน ไม่มีปัญหาเกี่ยวกับสัญญาณรบกวนและความทนทานต่อสภาพแวดล้อมได้ดีเมื่อเทียบกับตัวควบคุมแบบไมโครคอนโทรลเลอร์แบบอื่น สอดคล้องกับที่ ไพโรจน์ ทองประศรี และไพศักดิ์ พูลผลา [25] ซึ่งใช้ PLC มาแก้ไขปัญหาการควบคุมในเครื่องจักรแทนไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อปรับปรุงระบบให้มีเสถียรภาพ สามารถลดปัญหาจากการหยุดทำงานของเครื่องจักรอย่างไม่ตั้งใจได้ ทำให้ระบบทำงานได้อย่างต่อเนื่อง ในส่วนของเซ็นเซอร์ที่นำมาใช้เป็นเซ็นเซอร์ที่ใช้การสื่อสารแบบ Modbus RTU ที่เป็นโปรโตคอลมาตรฐานระดับอุตสาหกรรม เชื่อมต่อแบบ RS485 ที่สามารถรับส่งข้อมูลได้ไกลถึง 1.2 กิโลเมตร และเชื่อมต่อกันได้มากถึง 32 จุด [26] ด้วยคุณสมบัติที่สามารถต่อเชื่อมโยงใช้งานกันได้หลายจุดแม้จะมีระยะทางที่ไกล ทำให้ค่าที่ได้จากเซ็นเซอร์มีความถูกต้อง ระบบจึงทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ สำหรับการควบคุมและแสดงผลผ่านระบบ IoT โดยการใช้การเก็บข้อมูลด้วยแพลตฟอร์ม Google sheet พบว่า การจัดเก็บข้อมูลมีความเสถียร ทำงานได้ต่อเนื่อง เรียกดูข้อมูลย้อนหลังได้ ทั้งนี้เกิดจากการออกแบบโปรแกรมที่ดี มีการกำหนดความถี่ของการรับส่งข้อมูลอย่างเหมาะสม ทำให้สามารถจัดเก็บข้อมูลได้อย่างมีประสิทธิภาพ และยังทำให้ผู้งานใช้งานมีความสะดวก ลดเวลาใน

การทำงานได้สอดคล้องกับที่ N. Masa, H. D. Ledóné and L. Komarek [27] ได้นำเทคโนโลยี IoT มาใช้ในการตรวจสอบการปลูกผักในพื้นที่ชนบทซึ่งช่วยอำนวยความสะดวกและเกษตรลดเวลาในการทำงานลงได้อย่างมาก

ในด้านของผลผลิตเห็ดแครง จากผลการวิจัยพบว่าผลผลิตของเห็ดแครงจากโรงเรือนทดลองที่ใช้ระบบสมาร์ทฟาร์มมีผลผลิตที่สูงกว่าการเพาะเห็ดแครงในโรงเรือนควบคุมซึ่งใช้การดูแลปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ผลผลิตเห็ดแครงจากโรงเรือนทดลองและโรงเรือนควบคุม มีน้ำหนัก 6,861.29 กรัม และ 3,443.20 กรัม และคือน้ำหนักเฉลี่ยต่อก้อนเชื้อเห็ดเท่ากับ 137.23 กรัม และ 68.86 กรัม ตามลำดับ ซึ่งนอกจากน้ำหนักเฉลี่ยรวมที่ได้จากผลผลิตรวมแล้ว ผลผลิตของเห็ดแต่ละก้อนในโรงเรือนทดลองเมื่อพิจารณาแล้วแต่ละก้อนยังสูงกว่าในโรงเรือนควบคุมอีกด้วย ทั้งนี้ผลจากการเจริญเติบโตที่ดีของเห็ดแครง เกิดจากประสิทธิภาพการทำงานที่ดีของการควบคุมด้วยระบบสมาร์ทฟาร์ม มีการออกแบบที่ดีทั้งในด้านของเทคนิคการติดตั้งเซนเซอร์และหัวพ่นสเปรย์หมอกที่ติดตั้งให้ครอบคลุมพื้นที่ของโรงเรือนทำให้สามารถรักษาอุณหภูมิและความชื้นได้อย่างเหมาะสม จึงส่งผลให้การควบคุมอุณหภูมิและความชื้นภายในโรงเรือนสม่ำเสมอ ทำให้เห็ดทุกก้อนในโรงเรือนทดลองสามารถเจริญเติบโตได้ดี ผลผลิตมีคุณภาพ แนวทางยกระดับภาคการเกษตรในฟาร์มขนาดเล็กนี้สอดคล้องการวิจัยของ Kanjana Kwanmuang, et, al. [28] ที่ได้นำเทคโนโลยีระบบสมาร์ทฟาร์มมาใช้ในการเพิ่มประสิทธิภาพในฟาร์มขนาดเล็กของเกษตรกรไทย ช่วยให้เกษตรกรมีผลผลิตเพิ่มขึ้น ลดแรงงานและเวลาให้กับเกษตรกรไทยได้ โดยหลังจากการวิจัยงานวิจัยชิ้นนี้ได้มอบให้เกษตรกรในโครงการยกระดับเศรษฐกิจและสังคมรายตำบลแบบบูรณาการ พื้นที่ ต.เกาะแก้ว อ.เมือง จ.สงขลา เป็นผู้ใช้งาน ซึ่งพบว่าเกษตรกรมีความพึงพอใจต่อการใช้งานระบบควบคุมการเพาะเห็ดแครงที่พัฒนาขึ้นอย่างมาก โดยมีการเพาะเห็ดต่อเนื่องหลังการวิจัยมากกว่า 6 เดือน ระบบมีความเสถียร ใช้งานง่าย อีกทั้งช่วยผ่อนแรง ลดเวลาการทำงาน และมีผลผลิตดีมาก จากการวิจัยครั้งนี้เมื่อวิเคราะห์จุดคุ้มทุนโดยพิจารณาจากต้นทุนคงที่ในการทำโรงเรือนและระบบควบคุม 7,300 บาท ต้นทุนแปรผันได้แก่ ค่าก้อนเชื้อเห็ดและค่าน้ำค่าไฟที่ใช้ในการเพาะเห็ดแครง 110.35 บาทต่อกิโลกรัม โดยมียาขายผลผลิตเห็ดแครงสดในท้องตลาดที่ราคากิโลกรัมละ 250 บาทต่อกิโลกรัม จะคุ้มทุนเมื่อผลิตเห็ดแครงได้ 52.25 กิโลกรัม

5. บทสรุป

จากการดำเนินการวิจัยการประยุกต์ใช้ระบบสมาร์ทฟาร์มสำหรับการผลิตเห็ดแครง ซึ่งได้มีการดำเนินการตามขั้นตอนตามกระบวนการศึกษาวิจัยอย่างเป็นระบบ ผลจากการวิจัยพบว่า ประสิทธิภาพของระบบควบคุมซึ่งประเมินจากความถูกต้องในการสั่งงานระบบทั้งในโหมดการสั่งงานด้วยมือและการสั่งงานแบบอัตโนมัติ ระบบมีความถูกต้องแม่นยำและสนองตอบต่อการทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพสูง โดยมีความถูกต้องของระบบการควบคุมร้อยละ 100 ในส่วนของค่าสัญญาณการวัดจากเซนเซอร์เมื่อเทียบกับเครื่องมือมาตรฐานพบว่ามีค่าความถูกต้องสูง โดยเปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนของอุณหภูมิและความชื้นเพียงร้อยละ 4.37 และ 4.20 ตามลำดับ ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่สามารถนำไปใช้งานได้ดี ในส่วนของการจัดเก็บข้อมูลด้วยเทคโนโลยี IoT ระบบที่พัฒนาขึ้นสามารถใช้งานได้ง่ายและมีประสิทธิภาพ เมื่อนำไปใช้งานในการทดลองกับโรงเรือนพบว่า ระบบควบคุมแบบสมาร์ทฟาร์ม

ที่ออกแบบและพัฒนาขึ้น สามารถควบคุมอุณหภูมิและความชื้นในโรงเรือนในช่วงกลางวันให้อยู่ในช่วงที่เหมาะสมของการเพาะเห็ดเห็ดเห็ดได้อย่างต่อเนื่องที่อุณหภูมิเฉลี่ย 30.28 °C และความชื้น 81.74 %RH และเมื่อเปรียบเทียบผลผลิตของเห็ดเห็ดจากโรงเรือนทดลองกับโรงเรือนปกติ พบว่าผลผลิตเห็ดเห็ดของโรงเรือนทดลองซึ่งใช้ระบบสเปคตัมฟาร์มสูงกว่าโรงเรือนควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดยในโรงเรือนทดลองมีผลผลิตต่อการเพาะปลูก 1 ครั้ง ที่ 6,861.29 กรัม และโรงเรือนควบคุมมีผลผลิตที่ 3,443.20 กรัม คิดเป็น 1.99 เท่า แนวทางการใช้ระบบสเปคตัมฟาร์มสำหรับการผลิตเห็ดเห็ดนี้ จึงสามารถนำไปใช้สำหรับเกษตรกรและประชาชนทั่วไปได้อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ระบบควบคุมที่พัฒนาขึ้นเป็นระบบที่มีความเสถียรและแม่นยำสูง สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในฟาร์มขนาดใหญ่หรือฟาร์มอื่น ๆ ได้อย่างกว้างขวาง แต่ทั้งนี้จำเป็นต้องเพิ่มจำนวนเซนเซอร์ให้เหมาะสมกับพื้นที่ที่จะสามารถตรวจสอบค่าอุณหภูมิและความชื้นได้อย่างแม่นยำเมื่อนำไปปรับใช้ในฟาร์มอื่น ๆ ต่อไปได้ดี ซึ่งแนวทางการพัฒนาการเกษตรในอนาคตของประเทศไทยโดยใช้เทคโนโลยีสเปคตัมฟาร์มจะเป็นส่วนสำคัญในการพัฒนาคุณภาพชีวิตและยกระดับภาคการเกษตรของไทยในวงกว้างได้ต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณบัณฑิตในโครงการยกระดับเศรษฐกิจและสังคมรายตำบลแบบบูรณาการ (1 ตำบล 1 มหาวิทยาลัย) พื้นที่ตำบลเกาะแก้ว อำเภอเมือง จังหวัดสงขลา สำหรับการประสานงานในการวิจัย

เอกสารอ้างอิง

- [1] สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ, การรวบรวมข้อมูลการผลิตเห็ดและการตลาดเห็ด และเห็ดป่ากินได้ในประเทศไทย [Online], Available: <https://waa.inter.nstda.or.th/stks/pub/2021/20210817-economic-mushroom-market.pdf> [11 เมษายน 2564].
- [2] เอื้อพร จรัสเพิ่มสุข, กานต์สุดา วันจันทิก และ อำพร แจ่มผล, “ผลของอุณหภูมิและระยะเวลาต่อปริมาณเบตากลูแคนและคุณลักษณะทางกายภาพของเห็ดเห็ดอบแห้ง,” วารสารวิทยาศาสตร์ มข., ปีที่ 48 ฉบับที่ 3, 2563, หน้า 342-349.
- [3] ศูนย์ศึกษาการพัฒนาอ่าวคุ้งกระเบน อันเนื่องมาจากพระราชดำริ, องค์ความรู้การเพาะเห็ดเห็ดเศรษฐกิจ [Online], Available: https://www4.fisheries.go.th/local/file_document/20161208141403_file.pdf [11 เมษายน 2564].
- [4] ภาณุมาส ชนาชน, “การรับรู้คุณภาพและความยินดีง่ายในการซื้อเห็ดเห็ดของผู้บริโภคมังสาหวัดในเขตกรุงเทพมหานคร,” วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาธุรกิจการเกษตร ภาควิชาเศรษฐศาสตร์เกษตรและทรัพยากร, 2562, หน้า 2-3.
- [5] นฤมล มงคลชนวัฒน์, “เห็ดเห็ด: เห็ดเห็ดบ้านที่มากด้วยคุณค่า,” วารสารวิทยาศาสตร์ลาดกระบัง, ปีที่ 23 ฉบับที่ 1, 2557. หน้า 138-147.

- [6] L. Atzori, A. Iera, and G. Morabito, "The internet of things: A survey," *Computer Networks Journal*, Vol. 54, No. 15, 2010, pp. 2787–2805.
- [7] A. T. Balafoutis, F. K. V. Evert and S. Fountas. "Smart farming technology trends: Economic and environmental effects, labor impact, and adoption readiness," *Agronomy Journal [Electronic]*, Vol 10, No. 5, 2020, pp. 2-25, Available: <https://www.mdpi.com/2073-4395/10/5/743> [December 9, 2021].
- [8] สิริวิช พัดสวน และ ประสิทธิ์ สุขเสริม, "การวัดและควบคุมค่า pH ของน้ำด้วยอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง," *วารสารวิชาการปทุมวัน*, ปีที่ 10, ฉบับที่ 28, 2563, หน้า 60-78.
- [9] ญัฎฐกิตติ์ ปัทมะ, การพัฒนาระบบเกษตรอัจฉริยะของประเทศไทย [Online], Available: https://www.senate.go.th/document/Ext23700/23700529_0008.PDF [10 เมษายน 2564].
- [10] สุวลี ชูวานิชย์ และเกริกชัย ทองหนู, "การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีไอโอทีสำหรับระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นในโรงเรือนเพาะเห็ดแคร่ง," *การประชุมวิชาการระดับชาติ ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เครือข่ายภาคใต้ ครั้งที่ 4, ไทย*, 2562, หน้า 493-503.
- [11] K. Mahamad, P. Mansuriwong and W. Petlamul, "Application of smart farm system to enhance phoenix oyster mushroom production," *ASEAN Journal of Scientific and Technological Report*, Vol 24, No 3, 2021, pp. 47-57.
- [12] ธรัช อารีราษฎร์ และวรปภา อารีราษฎร์, "ระบบไอโอทีสำหรับการตรวจสอบความชื้นและอุณหภูมิเพื่อส่งเสริมการเพาะเลี้ยงเห็ดในโรงเรือนให้มีผลผลิตที่สมบูรณ์," ปีที่ 6, ฉบับที่ 1, 2020, หน้า 7 - 17.
- [13] อรพรรณ แซ่ตั้ง นิสา พุททนางค์ และญัฎฐพล ชนเชวงสกุล, "การออกแบบโรงเรือนสำหรับควบคุมอุณหภูมิและความชื้นโดยใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งเพื่อส่งเสริมการเพาะเลี้ยงเห็ดแคร่ง," *วารสารการอาชีวและเทคนิคศึกษา*, ปีที่ 7, ฉบับที่ 13, 2560, หน้า 87-97.
- [14] ณรงค์ ดันชีวะวงศ์, ระบบ PLC (Programable Logic Controller), พิมพ์ครั้งที่ 11, สำนักพิมพ์ ส.ส.ท., กรุงเทพฯ ๑, 2551.
- [15] กอบเกียรติ สระอุบล, พัฒนา IoT บนแพลตฟอร์ม Arduino และ Raspberry Pi, ด้านสู่การพิมพ์, กรุงเทพฯ ๑, 2561.
- [16] GitBook, WECON PLC LX2V/ LX2E/ LX3V/LX3VP/LX3VE/LX3VM [Online], Available: <https://wecon.gitbook.io/pistudio-manual/11.-plc-protocols/wecon-plc-lx2v-lx2e-lx3v-lx3vp-lx3ve-lx3vm> [January 2, 2022].
- [17] Samkoon, Samkoon HMI. [Online], Available: <https://www.samkoon.store/ak-hmi/> [January 2, 2022].
- [18] E. Rijanto, A. Muqorobin and A. S. Nugraha, "Design of a yaw positioning control system for 100kW horizontal axis wind turbines based on on/off control with dead band and hysteresis," *International Journal of Applied Engineering Research*, Vol. 6, No. 19, 2011, pp. 2327-2340.

- [19] ออมรอน อิเลคทรอนิกส์, การใช้งาน PLC ระดับ 2, บริษัท ออมรอน อิเลคทรอนิกส์ จำกัด, ม.ป.ป.
- [20] J. Saw and M. Butler, "Exploring graphical user interfaces and interaction strategies in simulations," 2008 25th annual ASCILITE conference, Australia, 2008, pp. 885-894.
- [21] บุญธรรม กิจปรีดาบริสุทธิ์, สถิติวิเคราะห์เพื่อการวิจัย, พิมพ์ครั้งที่ 5, เรือนแก้วการพิมพ์, กรุงเทพฯ, 2553.
- [22] นวภัทรา หนูนา และ ทวีพล ชื้อสัตย์, การวัดและเครื่องมือวัด การประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร, คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2555.
- [23] มนต์ชัย เทียนทอง, สถิติและวิธีการวิจัยทางเทคโนโลยีสารสนเทศ, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, กรุงเทพฯ, 2548.
- [24] ผดุง กิจแสวง, "ระบบเตือนภัยอันตรายจากกระแสไฟฟ้ารั่วบริเวณหม้อแปลงจำหน่ายแบบเวลาจริง ประมวลผลแบบดิจิทัล," วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม, ปีที่ 12, ฉบับที่ 3, 2559, หน้า 1-13.
- [25] ไพโรจน์ ทองประศรี และไพศักดิ์ พูลผกา, ระบบควบคุมการหล่อลื่นแบบละอองน้ำมันโดยใช้โปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์," วารสารวิศวกรรมศาสตร์ ราชภัฏธนบุรี, ปีที่ 18, ฉบับที่ 2, 2563, หน้า 145-156.
- [26] ชีรเชษฐ์ สุรพันธุ์ และ ณัฐพล ดันสังวร, การสื่อสารในงานอุตสาหกรรมด้วยโพรโทคอล Modbus, 2563 [Online], Available: <https://www.nectec.or.th/news/news-public-document/modbus-protocol.html> [12 ธันวาคม 2564].
- [27] N. Masa, H. D. Ledóné and L. Komarek, "Impact of precision monitoring system on vegetable cultivation in rural areas," Review on Agriculture and Rural Development, Vol. 10, No. 1-2, 2021, pp. 3-8.
- [28] K. Kwanmuang, T. Pongputhinan, A. Jabri and P. Chitchumnung, "Small-Scale farmers under Thailand's smart farming system," FFTC Journal of Agricultural Policy. 2020, pp.1-12. Available: <https://ap.ffc.org.tw/article/2647> [December 10, 2021].