



วารสารวิศวกรรมศาสตร์และนวัตกรรม Journal of Engineering and Innovation

บทความวิจัย

การพัฒนาแอปพลิเคชันควบคุมฟาร์มอัจฉริยะของโรงเรือนเพาะเลี้ยงระบบปิดสำหรับก้อนเชื้อเห็ดแครง

Development of a smart farm control application of an evaporative cooling greenhouse system for spilt gill mushroom loaves

กฤษฎา พวงสุวรรณ¹ สุภาวดี มากอัน^{2*}

¹ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตสุราษฎร์ธานี ตำบลมะขามเตี้ย อำเภอเมือง จังหวัดสุราษฎร์ธานี 84000

² สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ วิทยาลัยรัตนภูมิ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย อำเภอรัตนภูมิ จังหวัดสงขลา 90180

Kritsada Puangsuwan¹ Supawadee Makon^{2*}

¹ Faculty of Science and Industrial Technology, Prince of Songkla University, Surat Thani Campus, Ma-kham-tia Sub-District, Muang District, Surat Thani, Thailand, 84000

² Department of computer engineering, Rattaphum College, Rajamangala University of Technology Srivijaya, Rattaphum District, Thailand, 90180

* Corresponding author.

E-mail: supawadee.m@rmutsv.ac.th; Telephone: 089 8765828

วันที่รับบทความ -23 กรกฎาคม 2564; วันที่แก้ไขบทความครั้งที่ 1 8 พฤศจิกายน 2564; วันที่ตอบรับบทความ 22 พฤศจิกายน 2564

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้พัฒนาแอปพลิเคชันควบคุมและจัดการฟาร์มอัจฉริยะของโรงเรือนเพาะเลี้ยงก้อนเชื้อเห็ดแครงระบบปิดผ่านเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งเพื่อทดแทนโรงเรือนแบบดั้งเดิมที่อาศัยมนุษย์ในการเฝ้าดูแล โรงเรือนนี้ประกอบด้วยชุดตรวจวัดสภาวะอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ ชุดผลิตความชื้น ชุดผลิตความเย็น ชุดระบายอากาศ และชุดถังกักเก็บน้ำ สามารถควบคุมการเพาะเลี้ยงแบบระยะไกลผ่านแอปพลิเคชันที่พัฒนาขึ้นได้ 2 โหมดคือ แบบผู้ใช้งานตนเอง และแบบอัตโนมัติ การทดลองใช้ก้อนเชื้อเห็ดแครงจำนวน 45 ก้อน ที่ควบคุมสภาวะอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ และการรดน้ำแก่ก้อนเชื้อเห็ดแครงในโรงเรือนให้เหมาะสม เพื่อวิเคราะห์การใช้ปริมาณน้ำในโรงเรือนและการเจริญเติบโตของดอกเห็ดแครง ณ ระยะเวลา 6 วัน นอกจากนั้น ยังพิจารณาเชิงเศรษฐศาสตร์ของฟาร์มอัจฉริยะของโรงเรือน พบว่าแอปพลิเคชันที่พัฒนาสามารถควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ในโรงเรือนระบบปิดได้เหมาะสมแก่การเจริญเติบโตเพาะเลี้ยงเห็ดแครงประมาณ 28.26 ± 0.76 องศาเซลเซียส และ 89.95 ± 2.07 %RH ตามลำดับ มีผลอย่างมีนัยสำคัญต่อขนาดและน้ำหนักของดอกเห็ดแครงประมาณ 4.5 เซนติเมตร และ 5.5 กิโลกรัมต่อครั้ง ตามลำดับ สูงกว่าการเพาะเลี้ยงแบบดั้งเดิมประมาณ 2 กิโลกรัมต่อครั้ง ส่วนการใช้ปริมาณน้ำในโรงเรือนเพียง 6 ลิตร เพียงพอตลอดการเพาะเลี้ยง นอกจากนี้ การวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์ต้นแบบแอปพลิเคชันสำหรับควบคุมฟาร์มอัจฉริยะของโรงเรือนเพาะเลี้ยงก้อนเชื้อเห็ดแครงระบบปิด ซึ่งมีกำลังการผลิตดอกเห็ดแครงต่อปี 280.5 กิโลกรัม ระบบใช้ปริมาณไฟฟ้าทั้งสิ้นประมาณ 3,034 บาทต่อปี มีกำไร 33,800 บาทต่อปี และระยะเวลาคืนทุนประมาณ 9 เดือน 24 วัน จึงเหมาะสมแก่การลงทุน

คำสำคัญ

ฟาร์มอัจฉริยะ แอปพลิเคชัน ก้อนเชื้อเห็ดแครง อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง

Abstract

This research is the development of a smart farm control and management application of an evaporative cooling greenhouse system for Spilt Gill mushroom loaves via the Internet of Things (IoT) instead of the former one that was operated by human. This greenhouse consists of the temperature and relative humidity measurement set, humidifier, air cooler, ventilator and water tank. It was controlled in a distance by using the 2-mode developed application; manual and automatic mode. 45 mushroom loaves were used in the experiment with the suitable control of temperature and humidity, and watering system in order to analyze the amount of water used and to measure the growth of mushroom within 6 days. In addition, the economic data of the smart farm was also considered. The result found that the developed application was able to control the temperature and relative humidity in an evaporative cooling greenhouse system which was suitable for growing the mushroom at the temperature of 28.26 ± 0.76 °C and 89.95 ± 2.07 %RH, respectively. There were significant effects on the size and weight of the mushroom about 4.5 cm and 5.5 kg per time, which was higher than the previous cultivation of about 2 kg per time. Likewise, using 6 liters of water was sufficient for growing mushrooms. In addition, the result of an economic analysis of a prototype application for smart farm controlling of Spilt Gill mushroom loaves in an evaporative cooling greenhouse showed that the amount of mushroom growing per year was 280.5 kg., electricity used was 3,034 baht per year, profit gained was 33,800 baht per year, and the payback period was approximately 9 months and 24 days which was suitable for the investment.

Keywords

smart farm; application; spilt gill mushroom loaves; internet of things

1. คำนำ

เห็ดครง (Spilt Gill mushroom) เป็นเห็ดขนาดเล็กและมีรูปร่างคล้ายพัด (Fan-shaped) สามารถเพาะเลี้ยงได้ง่ายและมีการเจริญเติบโตที่รวดเร็ว ส่วนใหญ่จะพบเห็ดครงได้ในธรรมชาติตามขอนไม้ผุ เช่น ไม้ยางพารา ไม้มะม่วง ไม้ฉำฉา ยูคาลิปตัส และไม้สน เป็นต้น เห็ดครงมีคุณค่าทางเศรษฐกิจเนื่องด้วยมีราคาสูงมากเมื่อเทียบกับเห็ดนางรม นางฟ้า เห็ดฟางที่มีขายในท้องตลาด ราคาจำหน่ายดอกสด 80-200 บาทต่อกิโลกรัม และเห็ดแห้ง 400-500 บาทต่อกิโลกรัม จากต้นทุนในการผลิตเห็ดครงที่ค่อนข้างต่ำ และให้ผลผลิตในปริมาณสูง ในปัจจุบันการเพาะเลี้ยงเห็ดครงกันอย่างแพร่หลาย [1] เห็ดครงสามารถลดเซลล์มะเร็งและเนื้องอกเนื่องด้วยมีสาร Schizophyllan มีฤทธิ์ยับยั้งมะเร็งปากมดลูกยับยั้งมะเร็งกระเพาะอาหาร มะเร็งปอด และไวรัสตับอักเสบบี [2,3] ดังนั้นเห็ดครงจึงมีคุณค่าเชิงโภชนาการมีทั้งคาร์โบไฮเดรตและโปรตีนสูงไม่แพ้เห็ดชนิดอื่น ปัญหาเกษตรกรที่เพาะเลี้ยงเห็ดครงเผชิญเรื่องสภาพแวดล้อมที่มีความแปรปรวนส่งผลต่อปริมาณผลผลิตของดอกเห็ดครงที่ไม่สม่ำเสมอ อาจเป็นผลจากอุณหภูมิที่สูงเกินไปดอกเห็ดครงจะมีขนาดเล็กและบานเร็วกว่าปกติ ในทางกลับกันถ้าอุณหภูมิที่

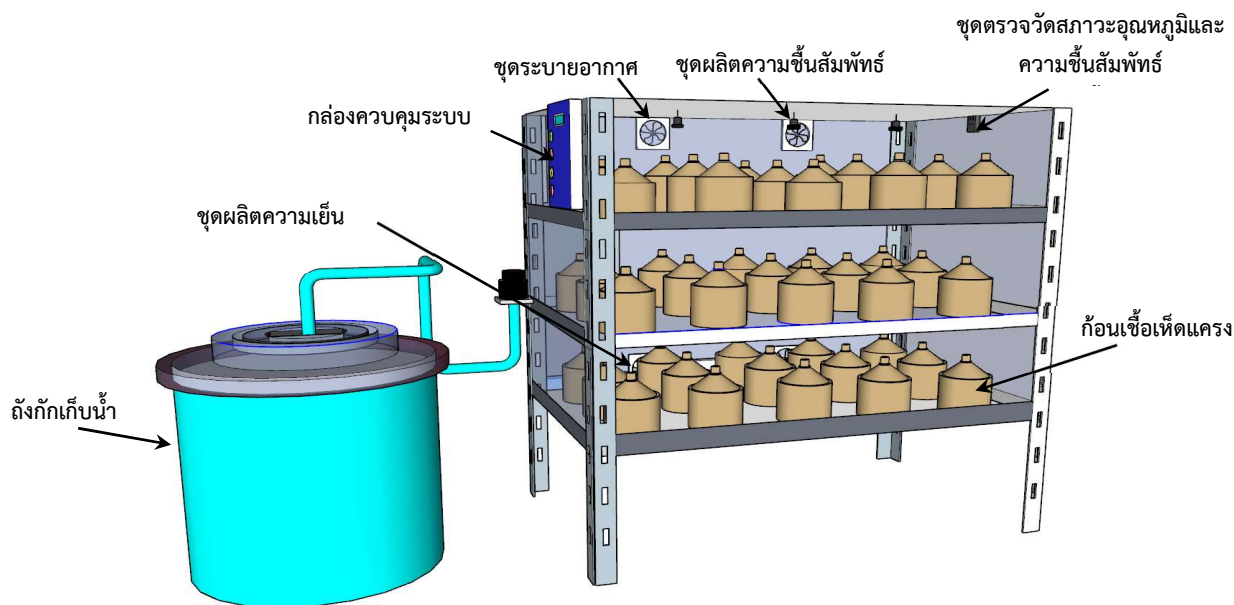
ต่ำเกินไปเส้นใยจะเจริญเติบโตช้าลงจนหยุดการเจริญเติบโต อาจมีปริมาณความชื้นเหลืออยู่ ความชื้นนั้นส่งผลต่อการเจริญเติบโตของเส้นใย การเกิดดอก และการเจริญเติบโตของดอกเห็ดครง แต่ภายในดอกเห็ดครงถ้าความชื้นสูงเกินไปเส้นใยจะช้มน้ำมากและตายได้ [4] ซึ่งช่วงอุณหภูมิ (Temperature; T) และความชื้นสัมพัทธ์ (Relative Humidity; RH) ที่เหมาะสมต่อการงอกของสปอร์เห็ดและเกิดดอกเห็ดครงประมาณ 25-35 °C [5] และ 70-90 %RH ตามลำดับ [3,5] พารามิเตอร์ทั้งสองส่งผลต่อการเจริญเติบโตของดอกเห็ดครงที่สมบูรณ์และให้ผลผลิตราคาที่สูง [5] โดยมีการวิจัยหลายท่านคิดค้นพัฒนาระบบควบคุมสภาวะอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ และการรดน้ำแก่ก้อนเชื้อเห็ดภายในโรงเรือนเพาะเลี้ยงแบบอัตโนมัติที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของเห็ดนางฟ้า ผ่านการประมวลผลด้วยบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์สำหรับช่วยอำนวยความสะดวก พบว่าพารามิเตอร์ที่ควบคุมสภาวะแวดล้อมและการรดน้ำที่เหมาะสมสามารถช่วยเพิ่มปริมาณผลผลิตและคุณภาพของเห็ดนางฟ้าได้ดีกว่าเมื่อเทียบเคียงโรงเรือนเพาะเลี้ยงที่ใช้การควบคุมสภาวะแวดล้อม [4,6-8] นอกจากนี้ ยังช่วยลดปริมาณการใช้น้ำสำหรับรดน้ำแก่ก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าได้ประมาณ 3 เท่า [6,9]

ต่อมา มีการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (Internet of Things; IoTs) มาควบคุมสภาวะแวดล้อม โรงเรือนเพาะเลี้ยงเห็ดนางฟ้า [9,10] เห็ดกระดุม [11] เห็ดหอม [12] และเห็ดครง [5,13] แบบระยะไกลผ่านแอปพลิเคชันที่เชื่อมต่ออุปกรณ์สมาร์ทโฟน ซึ่งสามารถช่วยลดต้นทุนเรื่องการเดินทางของเกษตรกรบางรายที่พักอาศัยอยู่ห่างไกลจากโรงเรือนเพาะเลี้ยงก้อนเชื้อเห็ด ด้วยเหตุนี้การนำเทคโนโลยีมาประยุกต์ใช้ในระบบการเพาะเลี้ยงก้อนเชื้อเห็ด ครานั้นสามารถกำหนดคุณภาพและปริมาณของดอกเห็ด ครองให้มีความสม่ำเสมอได้ [14] ซึ่งสอดคล้องกับนโยบายของรัฐบาลไทยแลนด์ 4.0 ที่เน้นการขับเคลื่อนด้วยนวัตกรรม (Value-Based Economy) ที่มุ่งเน้นมากในกลุ่มอาหาร เกษตร และเทคโนโลยีชีวภาพ [15] โดยสมาร์ตฟาร์มจึงเป็นอีกนวัตกรรมหนึ่งที่น่าสนใจในการช่วยจัดการและบริหารระบบการเกษตรในโรงเพาะเลี้ยงก้อนเชื้อเห็ดครองให้มีความเหมาะสม งานวิจัยนี้เสนอแอปพลิเคชันสำหรับควบคุมฟาร์มอัจฉริยะของโรงเรือนเพาะเลี้ยงเห็ดครองระบบปิด นำข้อมูลจากเซนเซอร์ตรวจวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ในโรงเรือนส่งข้อมูลไปเก็บไว้ที่คลาวด์เทคโนโลยี (Cloud Technology) เพื่อให้เกษตรกรสามารถเรียกดูข้อมูลและควบคุมสั่งการรดน้ำ แก่ก้อนเชื้อเห็ดครองแบบระยะไกลผ่านแอปพลิเคชันบนสมาร์ทโฟน (Smartphone)

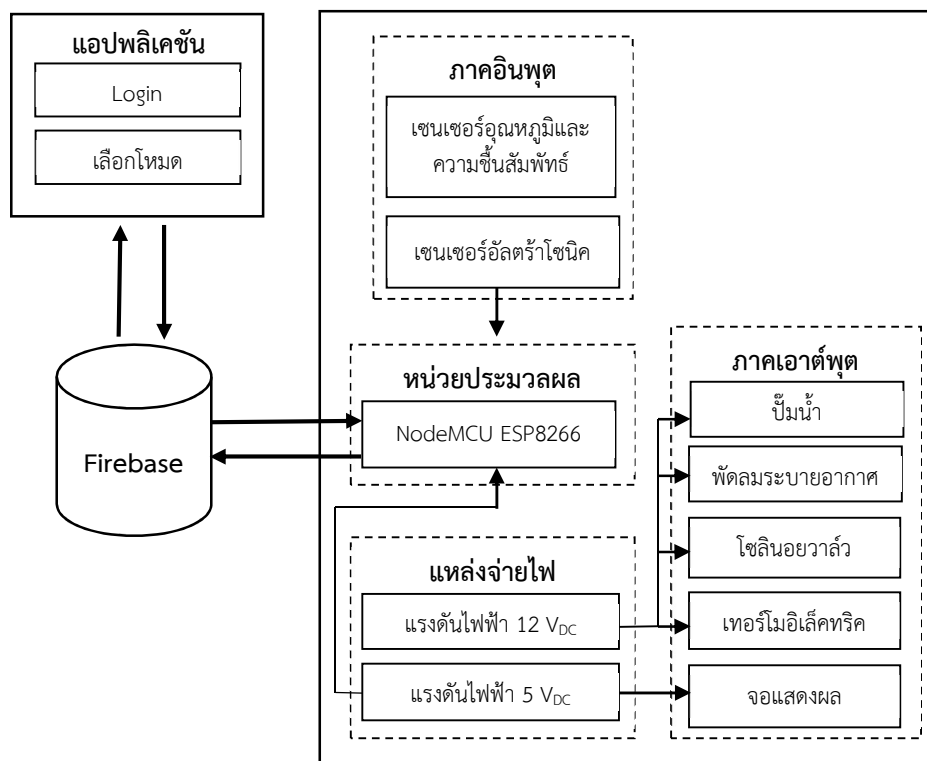
2. วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการวิจัย

2.1 ฟาร์มอัจฉริยะของโรงเรือนเพาะเลี้ยงก้อนเชื้อเห็ด ครองระบบปิด

งานวิจัยนี้ได้พัฒนาฟาร์มอัจฉริยะของโรงเรือนเพาะเลี้ยงก้อนเชื้อเห็ดครองระบบปิดขนาด $100 \times 60 \times 150 \text{ cm}^3$ มีการควบคุมรักษาอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ห้องเพาะเลี้ยงจะเลือกใช้ฝ้ายางในการคลุมโรงเรือน เนื่องจากมีน้ำหนักที่เบา ระบายอากาศในโรงเรือนได้ง่ายและมีความโปร่งใส โรงเรือนเพาะเลี้ยงระบบปิดนี้มีช่องชั้นวางก้อนเชื้อเห็ดครองในแนวตั้งจำนวน 3 ชั้น สามารถเพาะเลี้ยงได้ทั้งหมด 45 ก้อนต่อครั้ง วางก้อนเชื้อเห็ดครองได้ชั้นละ 15 ก้อน และแต่ละก้อนวางห่างกัน 7 cm โดยกระบวนการเพาะเลี้ยงก้อนเชื้อเห็ดครองจะควบคุมการรดน้ำ และสภาวะอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ในโรงเรือนระบบปิดผ่านการประมวลผลด้วยบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ NodeMCU ESP8266 และเชื่อมต่อไวไฟ (Wi-Fi) นำข้อมูลบันทึกไว้บน Firebase ผู้ใช้งานสามารถเรียกดูค่าพารามิเตอร์ทั้งหมดได้ผ่านแอปพลิเคชันที่พัฒนาขึ้น



รูปที่ 1 ต้นแบบฟาร์มอัจฉริยะของโรงเรือนเพาะเลี้ยงก้อนเชื้อเห็ดครองระบบปิด

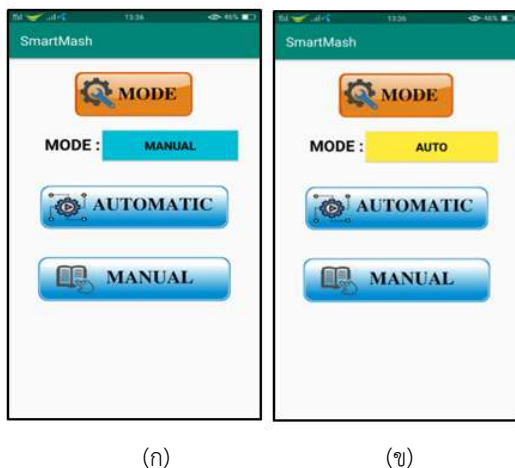


รูปที่ 2 การทำงานแอปพลิเคชันที่พัฒนาขึ้นสำหรับฟาร์มอัจฉริยะของโรงเรียนเพาะเลี้ยงก่อนเชื้อเห็ดแครงระบบปิด

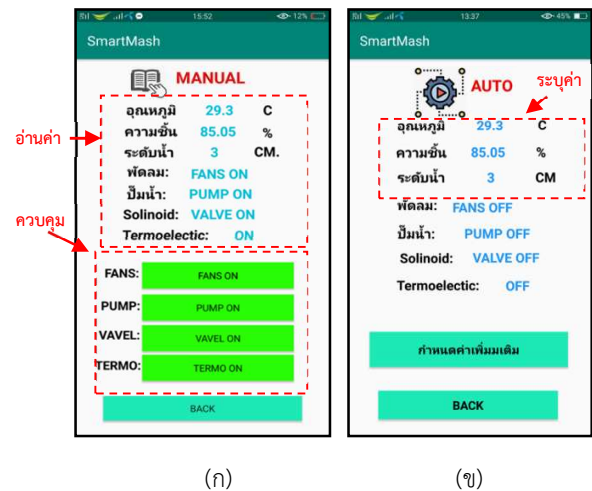
รูปที่ 1 อธิบายส่วนประกอบหลักต้นแบบฟาร์มอัจฉริยะของโรงเรียนเพาะเลี้ยงก่อนเชื้อเห็ดแครงระบบปิดมี 5 ส่วนคือ 1) ชุดตรวจวัดสภาวะอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายในโรงเรือนเพาะเลี้ยงระบบปิดจะมีการติดตั้งเซนเซอร์อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ เบอร์ DHT22/AM2302 จำนวนชิ้นเพาะละ 2 ตัว ไว้ตำแหน่งด้านบนบริเวณตรงกลางของโรงเรือนเพาะเลี้ยงระบบปิด 2) ชุดผลิตความชื้นสัมพัทธ์ ได้ติดตั้งหัวพ่นหมอกจำนวน 4 หัว ไว้ตำแหน่งด้านบนบริเวณตรงกลางของโรงเรือนเพาะเลี้ยงระบบปิดของแต่ละชั้นสำหรับรดน้ำแก่ก่อนเชื้อเห็ดแครงแบบสเปรย์ละอองน้ำและเพิ่มปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ภายในโรงเรือนระบบปิดกรณีความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ 3) ชุดผลิตความเย็น ได้ติดตั้งเทอร์โมอิเล็กทริกมีการพัดพาอากาศเย็นเข้าสู่โรงเรือนเพาะเลี้ยงด้วยพัดลมเพื่อปรับลดอุณหภูมิ 4) ชุดระบายอากาศ จะควบคุมการทำงานของพัดลมทั้ง 2 ตัว ดูดความชื้นสัมพัทธ์ออกจากโรงเรือนเพาะเลี้ยงระบบปิด และ 5) ถังกักเก็บน้ำ มีการติดตั้งถังน้ำขนาด 60 ลิตร ไว้บริเวณด้านข้างของโรงเรือนเพาะเลี้ยงระบบปิด

รูปที่ 2 อธิบายแผนผังการทำงานของแอปพลิเคชันที่พัฒนาขึ้นสำหรับฟาร์มอัจฉริยะของโรงเรียนเพาะเลี้ยงก่อนเชื้อเห็ดแครงระบบปิด โดย Login ในแอปพลิเคชันผ่านสมาร์ตโฟนสามารถเลือกโหมดควบคุมการทำงานสภาวะแวดล้อมและการรดน้ำแก่ก่อนเชื้อเห็ดแครงได้ 2 โหมดคือ (1) โหมดแบบผู้ใช้งานกำหนดเอง (Manual) และ (2) โหมดแบบอัตโนมัติ (Automation) โดยโหมดแบบผู้ใช้งานกำหนดเองสามารถตรวจสอบข้อมูลด้วยการดึงค่าจาก Firebase มาแสดงผล และ สั่ง ควบคุม การทำงาน ผ่าน บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ NodeMCU ESP8266 ของระบบเองทั้งหมด เช่น ชุดผลิตความชื้นสัมพัทธ์ ชุดผลิตความเย็น และชุดระบายอากาศ ส่วนโหมดแบบอัตโนมัติสามารถแสดงผลการทำงานและตั้งค่าการควบคุมสภาวะแวดล้อมในโรงเรือนระบบปิดสำหรับเพาะเลี้ยงก่อนเชื้อเห็ดแครงแบบอัตโนมัติ ซึ่งภายในโรงเรือนจะมีการตรวจวัดสภาวะแวดล้อมผ่านเซนเซอร์อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ เบอร์ DHT22 หากมีค่าอุณหภูมิที่สูงกว่า 34 °C จะสั่งให้ชุดผลิตความเย็นทำงาน และระดับความชื้นสัมพัทธ์มากกว่าหรือเท่ากับ 90 %RH พัดลมจะ

ทำงาน หากความชื้นสัมพัทธ์น้อยกว่าหรือเท่ากับ 70 %RH บิมน้ำจะทำงานเพื่อเพิ่มปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ในโรงเรือนเพาะเลี้ยงระบบปิด มีการบันทึกข้อมูลทั้งหมดทุกๆ 1 ชั่วโมง ตลอดช่วงเวลา 6 วัน ไว้ใน Firebase นอกจากนี้ ยังมีการทำงานของสเปรย์ละอองน้ำแก๊วก่อนเชื้อเห็ดแครง 2 เวลา คือ 08.00 น. และ เวลา 17.00 น. ระยะเวลาช่วงละ 5 นาที เพื่อหัวพ่นหมอกสามารถแพร่กระจายละอองน้ำได้สม่ำเสมอทั่วก้อนเชื้อเห็ดแครงในปริมาณที่เพียงพอไม่มากเกินไปจนทำให้ดอกเห็ดแครงเป็นสีเหลืองเข้มหรือก้อนเชื้อเห็ดแครงเน่าเสียได้ และยังมีการตรวจวัดระดับน้ำในถังกักเก็บน้ำแบบอัตโนมัติ ด้วยเซนเซอร์อัลตราโซนิก เบอร์ HC-SR04 (สเปคช่วงวัดระยะทาง 4 cm ถึง 400 cm) หากปริมาณน้ำในถังจากกันถึงวัดด้วยเซนเซอร์อัลตราโซนิกได้ต่ำกว่า 48 cm (15 ลิตร) จะสั่งการทำงานให้โซลินอยด์วาล์วเติมน้ำจนถึงระดับ 16 cm (40 ลิตร) ในงานวิจัยนี้จะเติมน้ำในถังกักเก็บน้ำเพียง 40 ลิตร เพื่อป้องกันการเสียหายจากการระเหยของความชื้นและให้ห่างจากระยะเซนเซอร์อัลตราโซนิก ในส่วนการพัฒนา แอปพลิเคชันสำหรับเชื่อมต่ออุปกรณ์ผ่านเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งกับสมาร์ทโฟนเพื่อควบคุมฟาร์มอัจฉริยะของโรงเรือนเพาะเลี้ยงก้อนเชื้อเห็ดแครงระบบปิด มีการออกแบบหน้าแรกให้มี 2 ปุ่มคือ โหมดแบบผู้ใช้กำหนดเอง และโหมดแบบอัตโนมัติดังรูปที่ 3 เมื่อกดปุ่มใดปุ่มหนึ่งในหน้าของโหมดแต่ละโหมดจะเข้าไปสู่หน้าโหมดนั้นๆ



รูปที่ 3 หน้าแสดงผลและควบคุม (ก) โหมดแบบผู้ใช้กำหนดเอง และ (ข) โหมดแบบอัตโนมัติ



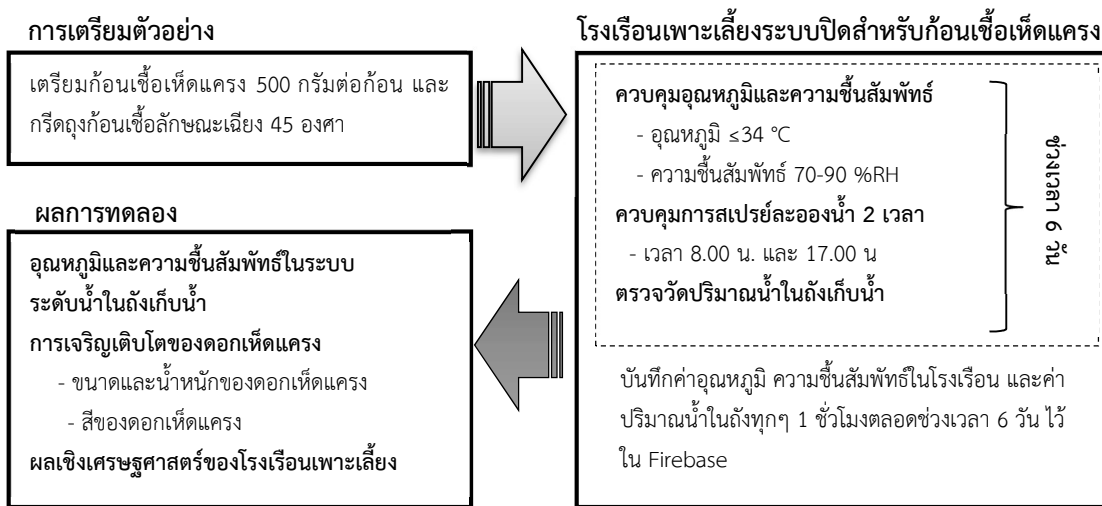
รูปที่ 4 แอปพลิเคชันควบคุมฟาร์มอัจฉริยะของโรงเรือนเพาะเลี้ยงก้อนเชื้อเห็ดแครงระบบปิด (ก) โหมดแบบผู้ใช้กำหนดเอง และ (ข) โหมดแบบอัตโนมัติ

รูปที่ 4 ซึ่งแอปพลิเคชันที่พัฒนาขึ้นในโหมดแบบผู้ใช้กำหนดเองจะอ่านค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์เพื่อแสดงผลได้อย่างเดียว แต่ควบคุมการเปิด-ปิดของพัดลมระบายอากาศ บิมน้ำสเปรย์ละอองน้ำ โซลินอยด์วาล์วเติมน้ำในถังกักเก็บ และเทอร์โมอิเล็กทริกในการเพิ่มความเย็นดังรูปที่ 4 (ก) ส่วนโหมดแบบอัตโนมัติสามารถระบุค่าอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และระดับน้ำในถังกักเก็บน้ำตามความต้องการได้ โดยระบบพัดลมระบายอากาศ บิมน้ำสเปรย์ละอองน้ำ โซลินอยด์วาล์ว และเทอร์โมอิเล็กทริกจะเปิด-ปิดแบบอัตโนมัติดังรูปที่ 4 (ข)

2.2 การเตรียมวัสดุและวิธีการทดลอง

กรอบแนวความคิดสำหรับกระบวนการทดลองเพาะเลี้ยงก้อนเชื้อเห็ดแครงภายในฟาร์มอัจฉริยะของโรงเรือนเพาะเลี้ยงระบบปิดผ่านแอปพลิเคชันที่พัฒนาขึ้นสำหรับควบคุมสภาวะแวดล้อมในฟาร์มอัจฉริยะของโรงเรือนระบบปิด เพื่อให้ทราบถึงลำดับขั้นตอนการทดลองได้สรุปแนวคิดเป็น 3 ส่วน ดังรูปที่ 5 ส่วนที่ 1 จะเริ่มเตรียมวัสดุก้อนเชื้อเห็ดแครงขนาด 500 กรัมต่อก่อน มากรีดถุงของก้อนเชื้อเห็ดแครงในลักษณะแบบเฉียง 45 องศา เนื่องด้วยการกรีดแบบนี้ให้ผลผลิตของดอกเห็ดแครงที่สูงเป็นรอยกรีดที่ยาวกว่าการกรีดแบบตรง และสามารถเก็บความชื้นได้ดี ในการทดลองเพาะเลี้ยงก้อนเชื้อเห็ดแครงทั้งหมด 45 ก้อนต่อครั้ง ส่วนที่ 2 นำก้อนเชื้อเห็ดแครงที่จัดเตรียมเข้าสู่ฟาร์มอัจฉริยะของโรงเรือน

เพาะเลี้ยงระบบปิด ซึ่งเงื่อนไขการวางก้อนเชื้อเห็ดแคร่ง 15 ก้อนต่อชั้น



รูปที่ 5 แผนผังการทดลองเพาะเลี้ยงก้อนเชื้อเห็ดแคร่งภายในฟาร์มอัจฉริยะของโรงเรือนเพาะเลี้ยงระบบปิดผ่านแอปพลิเคชัน

และแต่ละก้อนวางห่าง 7 cm ในการทดลองเพาะเลี้ยงที่ควบคุมสภาวะแวดล้อมในโรงเรือนระบบปิดที่เหมาะสม เพื่อพิจารณาการเจริญเติบโตของดอกเห็ดจากก้อนเชื้อเห็ดแคร่งระยะเวลา 6 วัน ผ่านแอปพลิเคชันที่พัฒนาขึ้น และวันที่ 7 ทำการเก็บเกี่ยวผลผลิต โดยเลือกโหมดแบบอัตโนมัติผ่านแอปพลิเคชัน โหมดนี้วันที่ 1 ในการเพาะเลี้ยงก้อนเชื้อเห็ดแคร่งจะไม่มีสปอร์ของน้ำแก่ก้อนเชื้อเห็ดแคร่ง เนื่องด้วยการเปิดดอกเห็ดฉ่ำน้ำหรือน้ำเข้าไปเกาะที่ก้อนเชื้อเห็ดแคร่ง ส่งผลให้ก้อนเชื้อเห็ดแคร่งเกิดการเสียหายได้และออกดอกเห็ดได้ไม่เต็มที่ และในวันที่ 2 ถึงวันที่ 6 สามารถให้สปอร์ของน้ำแก่ก้อนเชื้อเห็ดแคร่งได้ปกติตามช่วงเวลาที่จะบ่งชี้คือ 08.00 น. และ เวลา 17.00 น. ระยะเวลาช่วงครึ่ง 5 นาที ในขณะที่กระบวนการเพาะเลี้ยงก้อนเชื้อเห็ดแคร่งในฟาร์มอัจฉริยะของโรงเรือนเพาะเลี้ยงระบบปิดจะควบคุมอุณหภูมิไม่ต่ำกว่า 34 °C และความชื้นสัมพัทธ์ 70- 90 %RH ยังมีการตรวจวัดปริมาณน้ำในถังเก็บน้ำและมีการบันทึกข้อมูลไว้ใน Firebase ทั้งหมดทุกๆ 1 ชั่วโมงตลอดช่วงเวลา 6 วัน ตามระยะการเก็บเกี่ยวนับจากวันที่กรีดก้อนเชื้อเห็ดแคร่ง ในส่วนที่ 3 หลังจากเสร็จสิ้น การเพาะเลี้ยงของก้อนเชื้อเห็ดแคร่งจะมีการพิจารณาการเจริญเติบโตของขนาดดอกเห็ดแคร่งจะ

วัดด้วยเวอร์เนียแบบดิจิทัล รุ่น มีความละเอียด 0.01 mm. (Mitutoyo, 150 mm/6" Absolute Digital Digimatic Vernier Caliper, Japan) มีรูปแบบลักษณะการวัดขนาดดังรูปที่ 6 และน้ำหนักของดอกเห็ดแคร่งหลังการเพาะเลี้ยงด้วยเครื่องชั่งอิเล็กทรอนิกส์แบบดิจิทัล ยังมีการสังเกตสีของดอกเห็ดแคร่ง ในขณะที่ทดลองเพาะเลี้ยงก้อนเชื้อเห็ดแคร่งจะเก็บค่ากำลังไฟฟ้าของโรงเรือนเพื่อวิเคราะห์ผลเชิงเศรษฐศาสตร์ของระบบ



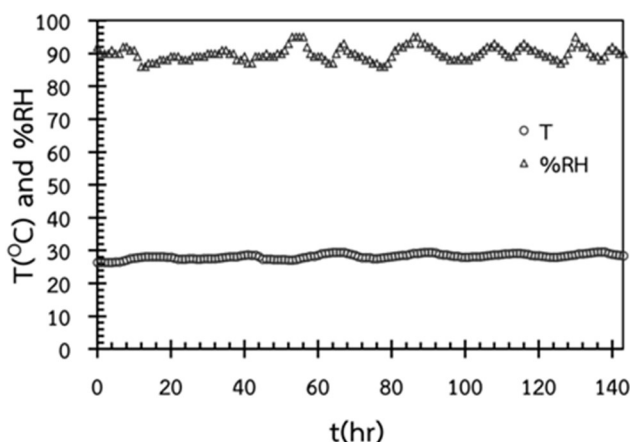
รูปที่ 6 รูปแบบการวัดขนาดดอกเห็ดแคร่งหลังเพาะเลี้ยง

3. ผลการทดลอง

ผลทดลองเพาะเลี้ยงก่อนเชื้อเห็ดแครงผ่านฟาร์มอัจฉริยะของโรงเรือนระบบปิดที่ควบคุมสภาวะอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ห้องเพาะผ่านแอปพลิเคชันด้วยสมาร์ทโฟน ณ ช่วงระยะเวลา 6 วัน เพื่อศึกษาการใช้ปริมาณน้ำในโรงเรือนเพาะเลี้ยง และการเจริญเติบโตในด้านขนาดและน้ำหนักของดอกเห็ดแครงหลังผ่านการเพาะเลี้ยง นอกจากนี้ ยังพิจารณาในแง่มิติเชิงเศรษฐศาสตร์ฟาร์มอัจฉริยะของโรงเรือนเพาะเลี้ยงระบบปิดว่ามีความเหมาะสมแก่การลงทุนหรือไม่

3.1 ผลควบคุมสภาวะอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของโรงเรือนเพาะเลี้ยงระบบปิด

กระบวนการเพาะเลี้ยงก่อนเชื้อเห็ดแครงภายในฟาร์มอัจฉริยะของโรงเรือนระบบปิดแต่ละครั้งจะมีการบันทึกค่าพารามิเตอร์สภาวะแวดล้อมที่ควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายในโรงเรือนระบบปิดบรรจุลงใน Firebase ทุกๆ 1 ชั่วโมง ตลอดช่วงเวลา 6 วัน ที่ผู้ใช้ระบุและสามารถดูค่าพารามิเตอร์ทั้งหมดได้ผ่านแอปพลิเคชันด้วยสมาร์ทโฟน ในส่วนการพิจารณาเสถียรภาพในการควบคุมสภาวะแวดล้อมในฟาร์มอัจฉริยะของโรงเรือนเพาะเลี้ยงระบบปิดด้วยเซนเซอร์อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายในโรงเรือนระบบปิดจำนวน 2 ตำแหน่งต่อชั้นเพาะ และนำค่ามาเฉลี่ยดังรูปที่ 7



รูปที่ 7 สภาวะควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ในฟาร์มอัจฉริยะของโรงเรือนเพาะเลี้ยงระบบปิด

รูปที่ 7 สามารถอธิบายความสัมพันธ์ในการควบคุมสภาวะแวดล้อมภายในฟาร์มอัจฉริยะของโรงเรือนเพาะเลี้ยงก่อนเชื้อเห็ดแครงระบบปิด ณ ช่วงระยะเวลา 6 วัน มีการควบคุมสภาวะแวดล้อมผ่านแอปพลิเคชันในโหมดแบบอัตโนมัติด้วยสมาร์ทโฟน ผู้ใช้งานต้องระบุระดับอุณหภูมิต่ำกว่า 34°C และความชื้นสัมพัทธ์ต่ำกว่า 70-90 %RH สังเกตพบว่าช่วงเวลาเพาะเลี้ยงก่อนเชื้อเห็ดแครง 6 วัน ภายในฟาร์มอัจฉริยะของโรงเรือนระบบปิดสามารถควบคุมค่าเฉลี่ยอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ $28.26 \pm 0.76^{\circ}\text{C}$ และ $89.95 \pm 2.07\%$ RH ตามลำดับ เมื่อเทียบกับสภาวะอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายนอกโรงเรือนเพาะเลี้ยงเท่ากับ $31.28 \pm 1.73^{\circ}\text{C}$ และ $85.32 \pm 1.98\%$ RH อาจกล่าวได้ว่าแอปพลิเคชันที่พัฒนาขึ้นนี้สามารถควบคุมสภาวะอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ในฟาร์มอัจฉริยะของโรงเรือนเพาะเลี้ยงก่อนเชื้อเห็ดแครงระบบปิดได้เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของดอกเห็ดแครงและมีความคลาดเคลื่อนต่ำ

3.2 ผลควบคุมระดับน้ำในถังกักเก็บน้ำ

ในขณะการเพาะเลี้ยงก่อนเชื้อเห็ดแครงในฟาร์มอัจฉริยะจะมีการบันทึกข้อมูลของระดับปริมาณน้ำภายในถังกักเก็บน้ำขนาด 60 ลิตร สำหรับสเปย์ละอองน้ำในการเพิ่มปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ในโรงเรือนเพาะเลี้ยงระบบปิด การเพาะเลี้ยงแบ่งออกเป็น 2 รอบ โดยรอบที่ 1 คือช่วงเวลาวันที่ 2 ถึงวันที่ 6 และรอบที่ 2 คือช่วงเวลาวันที่ 7 ถึงวันที่ 12 เพื่อทดสอบระบบการควบคุมระดับปริมาณน้ำสามารถทำงานได้ตามเงื่อนไขที่ระบุไว้ผ่านบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ NodeMCU ESP8266 ซึ่งอ่านค่าข้อมูลจากเซนเซอร์อัลตราโซนิกที่ติดตั้งด้านบนภายในถังกักเก็บน้ำ ถ้าระดับปริมาณน้ำในถังกักเก็บมีน้อยกว่าหรือเท่ากับ 15 ลิตร จะส่งข้อความแจ้งเตือนผ่านแอปพลิเคชันที่พัฒนาขึ้นบนสมาร์ทโฟน และส่งให้โซลินอยวาล์วทำงานเพื่อเติมน้ำเข้าสู่ถังกักเก็บ ถ้าเมื่อตรวจวัดระดับปริมาณน้ำในถังกักเก็บน้ำผ่านเซนเซอร์อัลตราโซนิกมากกว่าหรือเท่ากับ 40 ลิตร โซลินอยวาล์วจะหยุดทำงานดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 อธิบายผลการเพาะเลี้ยงก่อนเชื้อเห็ดแครงภายในฟาร์มอัจฉริยะของโรงเรือนระบบปิดที่ควบคุมด้วยแอปพลิเคชันที่พัฒนาขึ้นช่วงระยะเวลา 6 วัน และตลอดการ

เพาะเลี้ยงก่อนเชื้อเห็ดแคร่งใช้ปริมาณน้ำเพียง 16 ลิตร หลังจากนั้นเพาะเลี้ยงต่อรอบที่ 2 พบว่าในวันที่ 9 มีระยะห่างระหว่างเซนเซอร์อัลตราโซนิกกับระดับปริมาณน้ำภายในถังเก็บมีปริมาณลดลงน้อยกว่าหรือเท่ากับ 15 ลิตร ส่งผลให้บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ NodeMCU ESP8266 ส่งสัญญาณดิจิทัลไปควบคุมการทำงานของโซลินอยวาล์วและส่งข้อความแจ้งเตือนผ่านแอปพลิเคชันบนสมาร์ตโฟน โดยทำการเปิดโซลินอยวาล์วเป็นเวลา 10 นาที เพื่อเติมน้ำสู่ถังเก็บจนถึงระดับน้ำ 40 ลิตร โซลินอยวาล์วจะหยุดทำงานดังนั้น สรุปได้ว่าการเพาะเลี้ยงก่อนเชื้อเห็ดแคร่งระบบปิดเพียง 6 วัน มีการใช้ปริมาณน้ำที่น้อยและเพียงพอต่อโรงเรือนระบบปิดแบบอัตโนมัติ

ตารางที่ 1 ข้อมูลการวัดระดับน้ำในถังเก็บน้ำสำหรับฟาร์มอัจฉริยะโรงเรือนเพาะเลี้ยงระบบปิด

วันที่	ระดับน้ำในถัง (ลิตร)	สถานะ	
		โซลินอยวาล์ว	แจ้งเตือน
2	40	×	×
3	36	×	×
4	32	×	×
5	28	×	×
6	24	×	×
7	20	×	×
8	16	×	×
9	15	/	/
10	37	×	×
11	33	×	×
12	29	×	×

3.3 ผลการเจริญเติบโตของดอกเห็ดแคร่ง

เมื่อนำก้อนเชื้อเห็ดแคร่งจำนวนครึ่งละ 45 ก้อน ผ่านกระบวนการเพาะเลี้ยงในฟาร์มอัจฉริยะของโรงเรือนแบบปิดที่มีการควบคุมสภาวะแวดล้อมที่เหมาะสมแบบอัตโนมัติ หลังจากครบช่วงระยะเพาะเลี้ยงจะเก็บเกี่ยวผลผลิตดอกเห็ดแคร่งเพื่อวิเคราะห์คุณภาพขนาด สี และน้ำหนักของดอกเห็ดแคร่ง ดังรูปที่ 8



(ก)



(ข)

รูปที่ 8 การเพาะเลี้ยงก้อนเชื้อเห็ดแคร่ง (ก) ภายในโรงเรือนระบบปิดควบคุมสภาวะแวดล้อมผ่านแอปพลิเคชันบนสมาร์ตโฟน และ (ข) ดอกเห็ดแคร่งหลังผ่านการเพาะ 6 วัน

รูปที่ 8 อธิบายคุณภาพของดอกเห็ดแคร่งหลังผ่านกระบวนการเพาะเลี้ยงในต้นแบบฟาร์มอัจฉริยะมีขนาดดอกเห็ดแคร่งประมาณ 4 ถึง 4.5 cm และน้ำหนักรวมเท่ากับ 5.5 กิโลกรัม มีสีเหลืองอ่อน ซึ่งให้ผลผลิตสูงกว่าประมาณ 2 กิโลกรัม เมื่อเทียบเคียงการเพาะเลี้ยงแบบดั้งเดิมที่มีขนาดดอกเห็ดแคร่งประมาณ 3 ถึง 3.5 cm น้ำหนักรวมประมาณ 3.5 กิโลกรัม และสีของดอกเห็ดเป็นสีเหลืองเข้ม สามารถสรุปได้ว่าการเพาะเลี้ยงก้อนเชื้อเห็ดแคร่งผ่านแอปพลิเคชันที่พัฒนาขึ้นเพื่อควบคุมสภาวะแวดล้อมฟาร์มอัจฉริยะของโรงเรือนโรงเรือนระบบปิดที่เหมาะสม และกระบวนการรดน้ำด้วยการสเปรย์ทั่วถึงทุกแก่ก้อนเชื้อเห็ดแคร่งในปริมาณความชื้นที่เหมาะสม

3.4 ผลเชิงเศรษฐศาสตร์ของโรงเรือนเพาะเลี้ยงก้อนเชื้อเห็ดแครงระบบปิด

การพิจารณามิติเชิงเศรษฐศาสตร์ของโรงเรือนเพาะเลี้ยงก้อนเชื้อเห็ดแครง ซึ่งดัชนีที่บ่งชี้ความคุ้มค่าหรือเหมาะสมที่จะลงทุนเชิงธุรกิจในอนาคตคือ รายได้สุทธิ ผลตอบแทน และระยะเวลาคืน จากผลการเพาะเลี้ยงก้อนเชื้อเห็ดแครงภายในโรงเรือนระบบปิดจำนวน 3 ชั้น ทั้งหมด 45 ก้อน โดยควบคุมสภาวะแวดล้อมที่เหมาะสมผ่านแอปพลิเคชันด้วยสมาร์ทโฟนระยะเวลา 6 วัน ผลิตการเพาะเลี้ยงให้ดอกเห็ดแครง 5.5 กิโลกรัมต่อครั้ง สามารถวิเคราะห์ได้ดังนี้

- กำหนดอายุการใช้งานของต้นแบบโรงเรือนเพาะเลี้ยงก้อนเชื้อเห็ดแครง 10 ปี
 - กำหนดอัตราดอกเบี้ยตลอดอายุการใช้งาน 9.75% [ธนาคารกรุงเทพ จำกัด (มหาชน)]
 - เงินลงทุนในการสร้างต้นแบบโรงเรือนเพาะเลี้ยงก้อนเชื้อเห็ดแครงระบบปิดแบบอัตโนมัติ 8,640 บาท
 - มูลค่าซาก 10% ของเงินลงทุนในการสร้างต้นแบบโรงเรือนเพาะเลี้ยงก้อนเชื้อเห็ดแครงเท่ากับ 864 บาท
 - ค่าบำรุงรักษารายปี 5% ของเงินลงทุนในการสร้างต้นแบบโรงเรือนเพาะเลี้ยงก้อนเชื้อเห็ดแครง 432 บาท
 - ทำการเพาะเลี้ยงก้อนเชื้อเห็ดแครงได้ (6 วันต่อสัปดาห์ คิดเป็น 306 วัน) จำนวน 51 ครั้งต่อปี
 - ค่าต้นทุนก้อนเชื้อเห็ดแครง 45 ก้อนต่อครั้งการเพาะเลี้ยง ราคาก้อนละ 10 บาท เป็นเงิน 450 บาท และใช้ก้อนเชื้อเห็ดแครงทั้งหมด 2,295 ก้อนต่อปี เป็นเงิน 22,950 บาท
 - ราคาผลิตภัณฑ์ดอกเห็ดแครงคิดเป็นเงิน 200 บาทต่อกิโลกรัม
 - ต้นแบบโรงเรือนเพาะเลี้ยงระบบปิดใช้กำลังไฟฟ้า 176 วัตต์ หรือ 25.344 หน่วยต่อครั้งการเพาะ ค่าไฟฟ้าหน่วยละ 2.348 บาท [16] เป็นเงิน 59.508 บาทต่อครั้งการเพาะ และคิดค่าไฟฟ้าทั้งสิ้น 3,034.908 บาทต่อปี
- จากเงินลงทุนสามารถคิดเป็นเงินลงทุนรายปีได้ดังนี้ [17,18]
- $$\begin{aligned} \text{เงินลงทุนรายปี} &= 8,400 \text{ CRF } (9.75\%, 10) \\ &= 8,400(i/(1+i)^n)/((1+i)^n-1) \\ &= 8,400(0.0975/(1+0.0975)^{10})/((1+0.0975)^{10}-1) \\ &= 1,391.054 \text{ บาทต่อปี} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{มูลค่าซากรายปี} &= 840 \text{ SFF } (9.75\%, 10) \\ &= 840(i/((1+i)^n-1)) \\ &= 840(0.0975/(1+0.0975)^{10}-1) \\ &= 53.341 \text{ บาทต่อปี} \end{aligned}$$

$$\text{ค่าบำรุงรักษา} = 8,400 \times 0.05 = 432 \text{ บาทต่อปี}$$

โดยที่ $(i(1+i)^n)/((1+i)^n-1)$ เรียกว่า Capital Recovery Factor (CRF); $i/((1+i)^n-1)$ เรียกว่า Sinking Fund Factor (SFF); i คือ อัตราดอกเบี้ยหรืออัตราผลตอบแทนต่อช่วงเวลาหน่วย เปอร์เซ็นต์ต่อปี และ n คือ จำนวนช่วงเวลาสำหรับการวิเคราะห์ หน่วย ปี

$$\begin{aligned} \text{รวมเงินลงทุนรายปี} &= (\text{เงินลงทุนในการสร้างต้นแบบโรงเรือนเพาะเลี้ยงก้อนเชื้อเห็ดแครงระบบปิดแบบอัตโนมัติ} + \text{เงินลงทุนในการดูแลรักษารายปี} + \text{ค่าต้นทุนก้อนเชื้อเห็ดแครงรายปี} + \text{ค่าไฟฟ้ารายปี}) - (\text{มูลค่าซากรายปี}) \\ &= 1,391.054 + 432 + 22,950 + 3,034.908 - 53.341 \\ &= 27,754.62 \text{ บาท} \end{aligned}$$

การวิเคราะห์หารายได้เพิ่มในการเพาะเลี้ยงก้อนเชื้อเห็ดแครง 45 ก้อน ผ่านต้นแบบโรงเรือนระบบปิดแบบอัตโนมัติที่ควบคุมสภาวะแวดล้อมและการรดน้ำผ่านแอปพลิเคชันด้วยสมาร์ทโฟนระยะเวลา 6 วัน สามารถผลิตดอกเห็ดแครง 5.5 กิโลกรัมต่อครั้ง คิดเป็นเงินได้ 1,100 บาท ซึ่งกำไรดอกเห็ดแครงหลังกระบวนการเพาะเลี้ยงก้อนเชื้อเห็ดแครงแล้ว $(1,100-450)=650$ บาทต่อครั้ง จะได้ผลตอบแทนต่อปีมีค่า 33,800 บาท จากมูลค่าเงินลงทุนรายปี 27,754.62 บาท ดังนั้นจุดคุ้มทุนจากการเพาะเลี้ยงก้อนเชื้อเห็ดแครงในต้นแบบโรงเรือนระบบปิดมีค่า 0.821 ปี หรือประมาณ 9 เดือน 24 วัน อย่างไรก็ตาม สรุปได้ว่าการควบคุมสภาวะแวดล้อมแบบอัตโนมัติผ่านแอปพลิเคชันสำหรับโรงเรือนเพาะเลี้ยงก้อนเชื้อเห็ดแครงระบบปิดที่พัฒนานั้นสามารถนำไปใช้งานได้จริงเพื่อเพิ่มศักยภาพมากขึ้นและมีความคุ้มค่าต่อการลงทุนในอนาคต นอกจากนี้ ยังสามารถช่วยลดต้นทุนการเดินทางของเกษตรกรระหว่างที่พักอาศัยกับโรงเรือนเพาะเลี้ยงก้อนเชื้อเห็ดแครงที่อยู่ห่างไกลได้

4. สรุปผลการศึกษา

งานวิจัยนี้ได้พัฒนาแอปพลิเคชันควบคุมสภาวะอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ และจัดการรดน้ำแก่ก้อนเชื้อเห็ดแครงในฟาร์มอัจฉริยะของโรงเรียนเพาะเลี้ยงระบบปิดที่เหมาะสมผ่านเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งเพื่อทดแทนโรงเรือนแบบดั้งเดิมที่อาศัยมนุษย์ในการเฝ้าดูแล ซึ่งแอปพลิเคชันที่พัฒนามีโหมดควบคุมฟาร์มอัจฉริยะ 2 แบบคือ แบบผู้ใช้งานกำหนดเอง และแบบอัตโนมัติ โดยภายในโรงเรือนเพาะเลี้ยงจะควบคุมสภาวะอุณหภูมิไม่เกินกว่า 34 °C และความชื้นสัมพัทธ์ช่วง 70- 90 %RH ในส่วนการสเปรย์ละอองน้ำแก่ก้อนเชื้อเห็ดแครง 2 เวลาคือ 08.00 น. และ เวลา 17.00 น. ยังมีส่วนการควบคุมระดับน้ำสำหรับระบบเพาะเลี้ยงฟาร์มอัจฉริยะ ในการทดลองใช้ก้อนเชื้อเห็ดแครง 45 ก้อนต่อครั้ง วางก้อนเชื้อชั้นละ 15 ก้อน เพื่อวิเคราะห์การใช้ปริมาณน้ำและการเจริญเติบโตของดอกเห็ดแครง ณ เวลาเพาะเลี้ยง 6 วัน นอกจากนี้ พิจารณาในแง่มิติเชิงเศรษฐศาสตร์ต้นแบบแอปพลิเคชันสำหรับควบคุมฟาร์มอัจฉริยะของโรงเรียนเพาะเลี้ยงระบบปิด

ผลพบว่าแอปพลิเคชันที่พัฒนาสามารถควบคุมสภาวะอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ในฟาร์มอัจฉริยะของโรงเรือนระบบปิดที่เหมาะสม 28.26 ± 0.76 °C และ 89.95 ± 2.07 %RH ตามลำดับ มีผลอย่างน้อยสำคัญต่อการเจริญเติบโตของดอกเห็ดแครงทั้งในเรื่องขนาดและน้ำหนักที่สูงกว่าการเพาะเลี้ยงแบบดั้งเดิม ซึ่งปริมาณน้ำในถังกักเก็บเพียงพอและประหยัดต่อการเพาะเลี้ยงก้อนเชื้อเห็ดแครงในฟาร์มอัจฉริยะต่อ 1 รอบการเพาะเลี้ยง ในส่วนเรื่องเศรษฐศาสตร์ใช้เงินลงทุนในการสร้างต้นแบบโรงเรือนเพาะเลี้ยงก้อนเชื้อเห็ดแครงระบบปิดแบบอัตโนมัติ 8,640 บาท มีกำลังการเพาะเลี้ยงดอกเห็ดแครง 280.5 กิโลกรัมต่อปี ให้ผลตอบแทน 33,800 บาทต่อปี จากมูลค่าเงินลงทุนรายปี 27,754.62 บาท และระยะเวลาคืนทุนประมาณ 10 เดือน จึงเหมาะสมแก่การลงทุน และระบบนี้สามารถช่วยลดต้นทุนทางเวลา แรงงาน ต้นทุนและดอกเห็ดจะเติบโตได้เร็วกว่าปกติ

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตสุราษฎร์ธานี และ

สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ วิทยาลัยรัตภูมิ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย ที่สนับสนุนและส่งเสริมการจัดทำวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- [1] เดชฤทธิ์ ไชยสิทธิ์ วิทวัส ดวนใหญ่ ธนิตย์ จันทมาศ และ กนิษฐา อินธิจิต. การพัฒนาแบบจำลองฟาร์มเห็ดอัตโนมัติบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์. ใน: *การประชุมวิชาการระดับชาติการจัดการเทคโนโลยีและนวัตกรรม ครั้งที่ 2*. มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม; 2559. หน้า 8-15.
- [2] Ooi VEC, Liu F. Immunodulation and anti-cancer activity of polysaccharide- protein complex. *current medicinal chemistry*. 2000;7(1):715–729.
- [3] รัฐพล ศรประเสริฐ และสยาม อรุณศรีมรกต. การเพาะเห็ดแครงเสริมด้วยไบโหม้แผลกลุ่มในวัสดุเพาะเชื้อเลี้ยงไม่ ยางพารา. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษม*. 2557;22(6):837-847.
- [4] เบญจพล เรืองศักดิ์ และณัฐวุฒิ ชันมั่ง. ระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสำหรับใช้ในโรงเพาะเห็ด. เข้าถึงได้: https://www.eng.kps.ku.ac.th/dblibv2/project_IdDoc305_IdPro734.pdf [เข้าถึงเมื่อ: 1 กันยายน 2563]
- [5] อรพรรณ แซ่ตั้ง นิสา พุทธนางค์ และณัฐพล ธนเขวงสกุล. การออกแบบโรงเรือนสำหรับควบคุมอุณหภูมิและความชื้นโดยใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง เพื่อส่งเสริมการเพาะเลี้ยงเห็ดแครง. *วารสารการอาชีวและเทคนิคศึกษา*. 2560;7(13): 87-97.
- [6] ศุภวุฒิ ผากา สันติ วงศ์ใหญ่ และอดิสร ถมยา. การพัฒนาระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของเห็ดในโรงเพาะเห็ดบ้านทุ่งบ่อแป้น ตำบลปงยางคก อำเภอห้างฉัตร จังหวัดลำปาง. *วารสารวิชาการคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง*. 2557;7(1):58-69.
- [7] บุญยัง สิงห์เจริญ และสันติ สาแก้ว. ระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นในโรงเรือนเพาะเห็ด. ใน: *การประชุมวิชาการระดับชาติมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ ครั้งที่ 1 (The 1st RUSNC)*. จังหวัดพระนครศรีอยุธยา; 2559. หน้า 176-183.

- [8] วันวิสา เนตรขัง และปรีชา ศรีจันทร์. ระบบควบคุม อุณหภูมิและความชื้นสำหรับใช้ในโรงเรือนเพาะเห็ด. ใน: *การประชุมวิชาการ การพัฒนาชนบทที่ยั่งยืน ครั้งที่ 3*. 2556. หน้า 641-645.
- [9] กฤษณะ มุ่ยสกุล และดุลยรัตน์ เศรษฐกุลนนท์. โครงการ โรงเพาะเห็ดระบบอัตโนมัติ. ใน: *การประชุมวิชาการ สำหรับนักศึกษาระดับชาติ ครั้งที่ 2*. คณะเทคโนโลยี อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา; 2556. หน้า 69-75.
- [10] วีรศักดิ์ ฟองเงิน สุรพงษ์ เพ็ชรหาญ และรัฐสิทธิ์ ยะจ่อ. การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีไอโอทีที่ควบคุมฟาร์มอัจฉริยะ ในโรงเรือนเพาะเห็ดนางฟ้า. *วารสารวิชาการการจัดการ เทคโนโลยีสารสนเทศและนวัตกรรม มหาวิทยาลัยราช ภัฏมหาสารคาม*. 2561;5(1):172-182.
- [11] Subedi A, Luitel A, Baskota M, Acharya TD. IoT based monitoring system for white button mushroom farming. *Proceedings of the 6th International Electronic Conference on Sensors and Applications*, 2020;42(1). p. 1-6.
- [12] Kassim MRM, Mat I, Yusoff M. Applications of internet of things in mushroom farm management: *Proceedings of the 13th International Conference on Sensing Technology (ICST)*, 2019. p. 1-6.
- [13] สุวลี ชูวานิชย์ และเกริกชัย ทองหนู. การประยุกต์ใช้ไอ โอทีสำหรับระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นใน โรงเรือนเพาะเห็ดแครง. ใน: *ประชุมวิชาการระดับชาติ ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเครือข่ายภาคใต้ ครั้งที่ 4*. คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราช ภัฏสงขลา; 2562. หน้า 493-494.
- [14] O' Grady MJ, O' Hare GMP. Modeling the smart farm. *Information Processing in Agriculture*. 2017;4(3):179-187.
- [15] สำนักวิชาการ. *Academic Focus ประเทศไทย 4.0*. สำนักงานเลขาธิการสภาผู้แทนราษฎร; กรกฎาคม 2559.
- [16] อัตราค่าไฟฟ้าประเภทต่าง การไฟฟ้านครหลวง. เข้าถึง ได้จาก: <http://www.mea.or.th/profile/109/111> [เข้าถึงเมื่อ 6 มกราคม 2564].
- [17] สุรเมศวร์ พิริยะวัฒน์. *เศรษฐศาสตร์วิศวกรรม*. ใน: วิศวกรรมขนส่ง. ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะ วิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา; 2551. หน้า 245-274.
- [18] กฤษฎา พวงสุวรรณ สหพงศ์ สมวงศ์ และสันติ ขำตรี. ศึกษาพฤติกรรมการงอกของจุกข้าวกลิ้งสำหรับ พัฒนาระบบเพาะงอกแบบอัตโนมัติประสิทธิภาพสูง. *วารสารวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิ โรฒ*. 2562;14(2): 1-11.