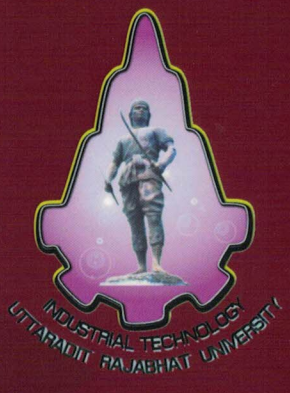


วารสารเทคโนโลยีและนวัตกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์

Technology & Innovation URU Journal

ปีที่ 5 ฉบับที่ 1 เดือนมกราคม – มิถุนายน 2565 ISSN 2630–0222 (Print)
Vol. 5 No. 1 January – June 2022 ISSN 2822–0358 (Online)

1 การออกแบบชั้นวางหนังสือปริญญานิพนธ์ในห้องสมุด คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์
พิทยุต กำพัน สิงหา ปรารมภ์ อังกาบ บุญสูง และเทียนชัย หรรรุ่งโรจน์

13 การเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์เสาเข็มรับแรงด้านข้างในชั้นดินเหนียวอัดตัวเกินปกติด้วยวิธีการที่แตกต่างกัน: กรณีศึกษาเสาเข็มรับกำแพงกันดินคอนกรีตเสริมเหล็กชนิดยื่นรูปตัว T
เอกพิสิษฐ์ บรรจงเกลี้ยง

25 การพัฒนาระบบควบคุมสภาพแวดล้อมอัตโนมัติสำหรับโรงเพาะเห็ดฟางบนพื้นฐานของอินเทอร์เน็ตในทุกสิ่ง
พิทักษ์ คล้ายชม อภิศักดิ์ พรหมฝาย ไพโรจน์ นะเที่ยง นุภากร พร้อมมูล วัชรินทร์ วัฒนเชษฐ์ และณัฏฐพล พิศพันธุ์

40 การศึกษาปัจจัยของเครื่องทำความสะอาดเมล็ดพันธุ์ข้าวด้วยวิธีการออกแบบการทดลอง
วราภรณ์ ชนะพรมมา

48 ประสิทธิภาพของวัสดุก่อสร้างที่ใช้งานร่วมกับเทคโนโลยีเพื่อการควบคุมสภาพแวดล้อมในการผลิตเห็ดในโรงเรือนระบบปิด
ศิวัตม์ กมลคุณานนท์ และพลิศภัสร์ คำฟู

58 การประยุกต์ใช้ไพธอนในการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์เฮดฮอกเพื่อบันทึกและจำลองการออกแบบกราฟลวดลายผ้าชิ่นตีนจก
นัฐพงษ์ เนินชัด และธัชชัย อยู่ยิ่ง

คณะทำงานและกองบรรณาธิการ วารสารเทคโนโลยีและนวัตกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์

เจ้าของ	คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์
ที่ปรึกษา	อธิการบดี
บรรณาธิการ	รองศาสตราจารย์ ดร.กันต์ อินทุวงศ์
ผู้ช่วยบรรณาธิการ	อาจารย์ ดร.ปกรณ์ เข็มมงคล
	อาจารย์ ดร.กณพ วัฒนา

กองบรรณาธิการภายนอก

ศ.เกียรติคุณ ดร.อนุรักษ์ ปัญญานุวัฒน์		มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
รศ.ดร.วิชัย	แหวนเพชร	ข้าราชการเกษียณ
รศ.ดร.วิชัย	ศรีคำ	ข้าราชการเกษียณ
รศ.ดร.สมิตร	ส่งพิริยะกิจ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
รศ.ดร.อัษฎา	โปราณานนท์	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
รศ.ดร.สุชาติ	แย้มเม่น	มหาวิทยาลัยนเรศวร
รศ.ดร.กวิน	สนธิเพิ่มพูน	มหาวิทยาลัยนเรศวร
รศ.ดร.นิรัช	สุดสังข์	มหาวิทยาลัยนเรศวร
รศ.ดร.ปราโมทย์	ศรีน้อย	มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต
รศ.ดร.รัฐไท	พรเจริญ	มหาวิทยาลัยศิลปากร
รศ.ดร.ไพฑูรย์	ทองทรัพย์	มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์
รศ.ดร.เสถียร	ธัญญศรีรัตน์	สถาบันเทคโนโลยีปทุมวัน
ผศ.ดร.ภูพงษ์	พงษ์เจริญ	มหาวิทยาลัยนเรศวร
ผศ.ดร.ขวัญนิธิ	คำเมือง	มหาวิทยาลัยนเรศวร
ผศ.ดร.ภาณุ	บูรณจารุกร	มหาวิทยาลัยนเรศวร
รศ.ดร.ประยูร	สุรินทร์	สถาบันเทคโนโลยีปทุมวัน
ผศ.ดร.วิษณุ	บัวเทศ	มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร
ผศ.ดร.พิชิต	พระพินิจ	มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย
ผศ.ดอนสัน	ปงผาบ	มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง
ดร.วชิราภรณ์	เพิ่มพูนสินทรัพย์	สถาบันเทคโนโลยีปทุมวัน

กองบรรณาธิการภายใน

รศ.ดร.อิสระ	อินจันทร์	มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์
รศ.ดร.สิงหเดช	แตงจวง	มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์
ผศ.ดร.วีระพล	คงนุ่น	มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์
ผศ.ดร.อังกาบ	บุญสูง	มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์
ผศ.ดร.ปฏิพัทธิ์	ถนอมพงษ์ชาติ	มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์
ผศ.ดร.พลิศภัสร์	คำฟู	มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์
ผศ.ครรชิต	พิระภาค	มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์
ผศ.อดุลย์	พุกอินทร์	มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์
ผศ.อรุณเดช	บุญสูง	มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์
ผศ.เจนศักดิ์	คชนิล	มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์
ผศ.อภิศักดิ์	พรหมฝาย	มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์
ผศ.ทวีศักดิ์	วรจักร์	มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์
ผศ.ธนภูมิ	เฟื่องเพียร	มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์
ดร.เอกพิสิษฐ์	บรรจงเกลี้ยง	มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์
ดร.ยศภัทรชัย	คณิตปัญญาเจริญ	มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์
ดร.อำนาจ	ตงติ๊บ	มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์

ฝ่ายสนับสนุนการดำเนินการจัดทำวารสาร

อาจารย์วรพล	มะโนสร้อย	มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์
อาจารย์ภานุวัฒน์	ขันจา	มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์
นางสาววันนิสา	เมฆทับ	มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์
นายกิตติพงษ์	ยินดีสิทธิ์	มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์

วัตถุประสงค์: เพื่อตีพิมพ์เผยแพร่บทความวิจัย บทความวิชาการที่มีคุณภาพ โดยผ่านการพิจารณาจากคณะกรรมการผู้ทรงคุณวุฒิ โดยมีเนื้อหาครอบคลุมเกี่ยวข้องกับงานวิจัยในสาขาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม วิศวกรรมศาสตร์ สหวิทยาการ การออกแบบและนวัตกรรม วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ที่นำไปใช้ประโยชน์กับชุมชนและท้องถิ่น รวมถึงงานวิจัยที่มีการบูรณาการศาสตร์ทางด้านวิศวกรรมและเทคโนโลยีอุตสาหกรรมในสาขาที่เกี่ยวข้อง

กระบวนการพิจารณาบทความ: บทความที่ตีพิมพ์ได้ผ่านการประเมินจากผู้ทรงคุณวุฒิ 3 ท่าน

สำนักงาน: ฝ่ายงานวารสารวิชาการ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์ ถนนอินใจมี ตำบลท่าอิฐ อำเภอเมืองอุตรดิตถ์ จังหวัดอุตรดิตถ์ 53000 Website: http://industrial.uru.ac.th/Journal/index.html

กำหนดการออก: ปีละ 2 ฉบับ คือ ฉบับที่ 1 ระหว่างเดือนมกราคม–มิถุนายน ฉบับที่ 2 ระหว่างเดือนกรกฎาคม–ธันวาคม

ลักษณะบทความ: ต้องไม่เคยเผยแพร่ในวารสารอื่นใดมาก่อน หรือต้องไม่อยู่ในขั้นตอนพิจารณาเพื่อตีพิมพ์ของวารสารหรือสิ่งพิมพ์อื่นๆ

พิมพ์ที่: วนิดาการพิมพ์ 14/2 หมู่ 5 ตำบลสันผีเสื้อ อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ 50300 โทรศัพท์/โทรสาร 0 5311-0503-4

บทความที่ลงพิมพ์เป็นข้อคิดเห็นของผู้เขียนเท่านั้น
ผู้เขียนจะต้องเป็นผู้รับผิดชอบต่อผลทางกฎหมายใด ๆ ที่อาจจะเกิดขึ้นจากบทความนั้น

สารบัญ

บทความวิจัย

- การออกแบบชั้นวางหนังสือปริญญานิพนธ์ในห้องสมุดคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์ 1
  พิทยุต กำพัน สิงหา ปรารมภ์ อังกาบ บุญสูง และเทียนชัย หรรรุ่งโรจน์

- การเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์เสาเข็มรับแรงด้านข้างในชั้นดินเหนียวอัดตัวเกินปกติ ด้วยวิธีการที่แตกต่างกัน: กรณีศึกษาเสาเข็มรับกำแพงกันดิน คอนกรีตเสริมเหล็กชนิดยื่นรูปตัว T 13
  เอกพิสิษฐ์ บรรจงเกลี้ยง

- การพัฒนาระบบควบคุมสภาพแวดล้อมอัตโนมัติสำหรับโรงเพาะเห็ดฟางบนพื้นฐาน ของอินเทอร์เน็ตในทุกสิ่ง 25
  พิทักษ์ คล้ายชม อภิศักดิ์ พรหมฝาย ไพโรจน์ นะเที่ยง นุภากร พร้อมมูล วัชรินทร์ วัฒนเชษฐ์ และณัฏฐพล พิศพันธุ์

- การศึกษาปัจจัยของเครื่องทำความสะอาดเมล็ดพันธุ์ข้าวด้วยวิธีการออกแบบการทดลอง 40
  วราภรณ์ ชนะพรมมา

- ประสิทธิภาพของวัสดุก่อสร้างที่ใช้งานร่วมกับเทคโนโลยีเพื่อการควบคุมสภาพแวดล้อม ในการผลิตเห็ดในโรงเรือนระบบปิด 48
  ศิวัตม์ กมลคุณานนท์ และพลิศภัสร์ คำฟู

- การประยุกต์ใช้ไพธอนในการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์เฮดฮอกเพื่อบันทึกและจำลอง การออกแบบกราฟลวดลายผ้าซิ่นตีนจก 58
  นัฐพงษ์ เนินชัด และธัชชัย อยู่ยิ่ง

การพัฒนาระบบควบคุมสภาพแวดล้อมอัตโนมัติสำหรับโรงเพาะเห็ดฟาง บนพื้นฐานของอินเทอร์เน็ตในทุกสิ่ง

THE DEVELOPMENT OF AUTOMATIC ENVIRONMENTAL CONTROL SYSTEMS FOR STRAW MUSHROOM'S FARM BASED ON INTERNET OF THINGS

พิทักษ์ คล้ายชม[1*] อภิศักดิ์ พรหมฝาย[1] ไพโรจน์ นะเที่ยง[1] นุภากร พร้อมมูล[1]
วัชรินทร์ วัฒนเชษฐ์[1] และณัฏฐพล พิศพันธุ์[1]
[1]คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์

Pitak Khlaichom[1*] Apisak Phromfaiy[1] Pairoj Natieng[1] Nupakorn Prommul[1]
Wacharin Watanachet[1] and Nattapon Pispan[1]
[1]Faculty of Industrial Technology, Uttaradit Rajabhat University
[*]Corresponding author e-mail: pitak.khl@uru.ac.th

บทคัดย่อ

การเพาะเห็ดฟางในโรงเรือนจำเป็นต้องควบคุมอุณหภูมิและความชื้น ในปัจจุบันเกษตรกรพบปัญหาในการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นของโรงเรือน เช่น อุณหภูมิสูงเกินไปจะทำให้ดอกเห็ดบานเร็วและมีดอกเห็ดน้อย งานวิจัยนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาและหาประสิทธิภาพระบบควบคุมสภาพแวดล้อมอัตโนมัติสำหรับโรงเพาะเห็ดฟางบนพื้นฐานของอินเทอร์เน็ตในทุกสิ่ง โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ อ่านค่าจากเซนเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้นของโรงเรือน แล้วทำการประมวลผลด้วยตัวควบคุมแบบเปิดตาราง เพื่อสั่งงานพัดลมและปั๊มน้ำสเปรย์หมอก เพื่อควบคุมอุณหภูมิและความชื้นในโรงเรือนให้มีค่าตามที่กำหนด โดยสามารถแสดงผลและควบคุมการทำงานผ่านอินเทอร์เน็ตด้วยแอปพลิเคชันบนโทรศัพท์มือถือได้ด้วย ผลการทดสอบหาประสิทธิภาพระบบควบคุม พบว่า ค่าความผิดพลาดในการควบคุมอุณหภูมิน้อยกว่าระบบที่ใช้คนควบคุมโดยเฉลี่ย 0.8% และค่าความผิดพลาดในการควบคุมความชื้นน้อยกว่าระบบที่ใช้คนควบคุมโดยเฉลี่ย 2.16% ผลผลิตมากขึ้นกว่าระบบเพาะเห็ดเดิม 10 กิโลกรัม เป็นเงิน 1,000 บาท หักค่าแรงงาน 1,250 บาท ทำให้รายได้เพิ่มขึ้นต่อรอบการผลิตจากระบบเพาะเห็ดเดิม เป็นเงิน 2,250 บาท ใช้เวลาคุ้มทุน 10 รอบการผลิต

คำสำคัญ: ระบบควบคุมสภาพแวดล้อม, โรงเพาะเห็ดฟาง, อินเทอร์เน็ตในทุกสิ่ง

Abstract

Mushroom cultivation in the house requires temperature and humidity control. At present, the farmers have problems in controlling the temperature and humidity of the greenhouse, for example, if the temperature is too high, it will cause the mushroom to bloom faster and produce less mushrooms. The purpose of this research is to develop and find the efficiency of the automatic environment control system for the mushroom house based on

the Internet of things. Using microcontroller Read from the housing temperature sensor. Then proceed with the open table to control the fan operation and pump spray mist for control the temperature and humidity in the house to a certain value. It can be displayed and controlled through the Internet with the application on the mobile phone. The control system performance was found to be slightly lower than the control system by 0.8% and the control humidity was less than the control system by 2.16%. More than the original 10 kg of mushroom system is 1,000 baht, minus the labor 1,250 baht, resulting in an increase in revenue per production cycle from the original mushroom system is 2,250 baht.

Keywords: Automatic Environmental Control Systems, Straw Mushroom's Farm, Internet of Things

1. บทนำ

เห็ดฟางเป็นเห็ดชนิดแรกที่เพาะได้ในประเทศไทย เป็นเห็ดเศรษฐกิจที่เพาะมากที่สุด ได้รับความนิยมในท้องตลาด มีราคาสูง ให้ประโยชน์ทางด้านอาหารและสมุนไพร ส่วนใหญ่ใช้บริโภคภายในประเทศและส่งออกบ้างเล็กน้อยในรูปเห็ดแห้งและเห็ดบรรจุกระป๋อง เห็ดฟางยังสามารถเพาะได้ทุกฤดูและทุกภาคของประเทศ (สาขาพืชผัก คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้, 2564, น.1) เนื่องจากมีต้นทุนการผลิตต่ำ โดยเกิดจากการนำวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร เช่น ฟางข้าว กากถั่ว ต้นกล้วย ขี้เลื่อยเพาะเห็ดเก่า หรือกากมันสำปะหลัง ขึ้นอยู่กับวัสดุที่หาได้ในท้องถิ่น เป็นเห็ดที่ให้ผลผลิตเร็วประมาณ 10–12 วัน ให้ผลผลิตคุ้มทุน (ศูนย์ศึกษาการพัฒนาภูพานโครงการอันเนื่องมาจากพระราชดำริ จังหวัดสกลนคร, 2555, น.7) การเพาะเห็ดฟางในประเทศไทยมีรูปแบบการเพาะ 3 แบบ คือ แบบกองสูง แบบกองเตี้ย และแบบอุตสาหกรรมหรือแบบโรงเรือน การเพาะเห็ดฟางแบบกองสูงเป็นวิธีที่ปฏิบัติกันมาหลายสิบปีและในปัจจุบันยังมีการเพาะกันอยู่บ้างแต่ไม่มากนักเนื่องจากใช้ฟางจำนวนมาก สวนการเพาะเห็ดฟางแบบกองเตี้ยเป็นวิธีที่นิยมและแพร่หลายที่สุดในปัจจุบัน เนื่องจากใช้วัสดุเพาะได้หลายชนิด วิธีการเพาะไม่ยุ่งยาก ใช้พื้นที่น้อย และสามารถกำหนดเวลาเก็บผลผลิตได้แน่นอนในเวลาอันสั้น (สราวุธ ธีวีระปัญญา และคณะ, 2553, น.6) ปัจจัยสำคัญในการเพาะเห็ดฟาง ได้แก่ (1) สภาพอากาศ เห็ดฟางชอบอากาศร้อน เพราะอากาศร้อนจะช่วยเร่งการเจริญเติบโตของดอกเห็ด ส่วนในช่วงอากาศหนาวเห็ดจะไม่ค่อยออกดอก ผลผลิตลดน้อยลง จึงทำให้ราคาสูง ในฤดูฝนชาวนาส่วนมากทำนา การเพาะเห็ดน้อยลง ราคาเห็ดฟางนั้นก็จะดีขึ้น (2) แสงแดด เห็ดฟางไม่ชอบแสงแดดโดยตรงนัก ถ้าถูกแสงแดดมากเกินไปเส้นใยเห็ดอาจจะตายได้ง่าย ดอกเห็ดฟางที่ไม่โดนแสงแดดจัดมีสีขาวนวลสวย ถ้าดอกเห็ดฟางโดนแดดแล้วจะเปลี่ยนจากสีขาวเป็นสีดำเร็วขึ้นกว่าปกติ และ (3) ความชื้น ซึ่งเป็นส่วนสำคัญในการเพาะเห็ดฟางมาก เป็นตัวกำหนดการเจริญของเส้นใยเห็ดที่สำคัญ ถ้าความชื้นมีน้อยเกินไป เส้นใยของเห็ดจะเดินช้าและรวมตัวเป็นดอกไม่ได้ ถ้าความชื้นมากเกินไปก็จะทำให้เส้นใยฝ่อหรือเน่าตายไป (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2545, น.20–22)

ปัจจุบันเกษตรกรผู้เพาะเห็ดฟางพบปัญหา ได้แก่ (1) เห็ดน็อกหรือเส้นใยเห็ดไม่ยอมรวมตัวกันเป็นดอกเห็ด เกิดจากอากาศมีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มากเกินไป หรืออุณหภูมิในโรงเรือนสูงเกิน 38 องศาเซลเซียส หรือมีแสงสว่างไม่เพียงพอ (2) ดอกเห็ดขึ้นไม่สม่ำเสมอ เกิดจากอากาศภายในโรงเรือนไม่เพียงพอ ความชื้นไม่สม่ำเสมอ (3) ดอกเห็ดบานเร็วเกินไปทั้งที่ยังเล็กอยู่ เกิดจากโรงเรือนมีอุณหภูมิสูงมาก เชื้อเห็ดอ่อน หรือใส่อาหารเสริมมากเกินไป (4) ดอกเห็ดมีสีคล้ำ เกิดจากสายพันธุ์เห็ดฟางหรือถูกลมโกรก หรือได้รับแสงแดดมาก (5) ดอกเห็ดมีน้ำหนักเบา เกิดจากความชื้นไม่เพียงพอ หรือขณะเกิดดอกเห็ดมีอากาศถ่ายเทไม่สะดวก (ฟาร์มเห็ดฟางคุณชายคม, 2559) จากการสัมภาษณ์เกษตรกรผู้ผลิตเห็ดฟาง อริยาฟาร์มเห็ดฟาง อำเภอตรอน จังหวัดอุตรดิตถ์ มีผลผลิตเห็ดฟางต่อรอบการผลิตอยู่ที่ 70–100 กิโลกรัม ขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อม ทั้งนี้เนื่องจากหลังคาของโรงเรือนทำจากเหล็ก มีลักษณะหน้าจั่วไม่สูงและชิดไปทางด้านหน้า มีการระบายอากาศได้ไม่ดี ทำให้อุณหภูมิภายในโรงเรือนสูง ในช่วงเวลาที่อากาศร้อนจึงต้องคอยลดอุณหภูมิของโรงเรือนทุกๆ 1 ชั่วโมง ได้แก่ การเปิดประตูระบายอากาศ การพรมน้ำที่กระสอบป่านบริเวณประตู การสเปรย์น้ำบนหลังคา หากความชื้นต่ำก็ปล่อยน้ำบนพื้นโรงเรือน ในกรณีที่ต้องเดินทางไปทำภารกิจอื่นในชีวิตประจำวัน หรือนำเห็ดฟางไปจำหน่ายที่ตลาด จะเกิดความกังวลต่อสภาพแวดล้อมต่างๆ ของโรงเรือน โดยเฉพาะในฤดูร้อนต้องดูแลอย่างใกล้ชิดเนื่องจากเกิดปัญหาเห็ดฟางเสียหายบ่อยครั้ง (อริยา รอดจำนงค์, 2560, สัมภาษณ์)

มีงานวิจัยพัฒนาระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นภายในโรงเรือนอัตโนมัติ โดยวิธีการควบคุมการจ่ายน้ำแบบอัตโนมัติ ซึ่งมีอุปกรณ์ตรวจวัดอุณหภูมิและความชื้นภายในโรงเพาะเห็ด เพื่อนำค่าอุณหภูมิและความชื้นที่วัดได้มาเปรียบเทียบกับค่าปรับตั้งไว้ หากค่าทั้งสองไม่ตรงตามค่าเป้าหมาย ระบบควบคุมจะส่งสัญญาณไปยังระบบปั๊มน้ำให้ทำงานโดยการจ่ายน้ำผ่านท่อน้ำและหัวสปริงเกอร์ ให้มีการกระจายน้ำทั่วบริเวณโรงเพาะเห็ด (ศุภวุฒิ ผากา และคณะ, 2557, น.58) อย่างไรก็ตาม ระบบดังกล่าวยังทำงานในแบบออฟไลน์ (Offline) ไม่มีการติดต่อสื่อสารข้อมูลกับเครือข่ายอินเทอร์เน็ต หากเกิดปัญหาหรือความผิดปกติขึ้นกับโรงเรือนขึ้น เกษตรกรอาจไม่สามารถแก้ไขปัญหาได้อย่างทันท่วงที จากปัญหาดังกล่าว ทีมผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่พัฒนาระบบควบคุมสภาพแวดล้อมอัตโนมัติสำหรับโรงเพาะเห็ดฟางบนพื้นฐานของอินเทอร์เน็ตในทุกสิ่ง (Internet of Things) โดยพัฒนาระบบควบคุมสภาพแวดล้อมให้เหมาะสม มีเซนเซอร์ตรวจวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายในโรงเพาะเห็ด ส่งสัญญาณข้อมูลต่างๆ เข้ามายังชุดบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ หากค่าที่วัดได้จากอุปกรณ์ตรวจวัดมีค่าไม่ตรงตามค่าที่ตั้งไว้ ระบบควบคุมจะส่งสัญญาณไปเปิด/ปิดปั๊มน้ำและพัดลมระบายอากาศ รวมถึงมีการบันทึกค่าลงหน่วยความจำเพื่อสามารถดูค่าย้อนหลังหรือประมวลผลข้อมูลต่างๆ ได้ นอกจากนี้ ยังมีระบบแจ้งเตือนเกษตรกรด้วยสมาร์ตโฟน (Smart Phone) ผ่านทางระบบอินเทอร์เน็ตในกรณีที่เกิดความผิดปกติขึ้น โดยเกษตรกรสามารถใช้โทรศัพท์มือถือควบคุมและดูสถานะต่างๆ ของโรงเรือนทำให้เกษตรกรมีความสะดวกสบายในการเพาะเห็ดฟาง ได้ผลผลิตเห็ดฟางที่มีคุณภาพ ตรงตามความต้องการของตลาด และขายได้ในราคาที่สูงขึ้น ช่วยลดปัญหาความเสียหายที่เกิดในระหว่างการเพาะเห็ด สอดคล้องกับแนวคิดประเทศไทย 4.0

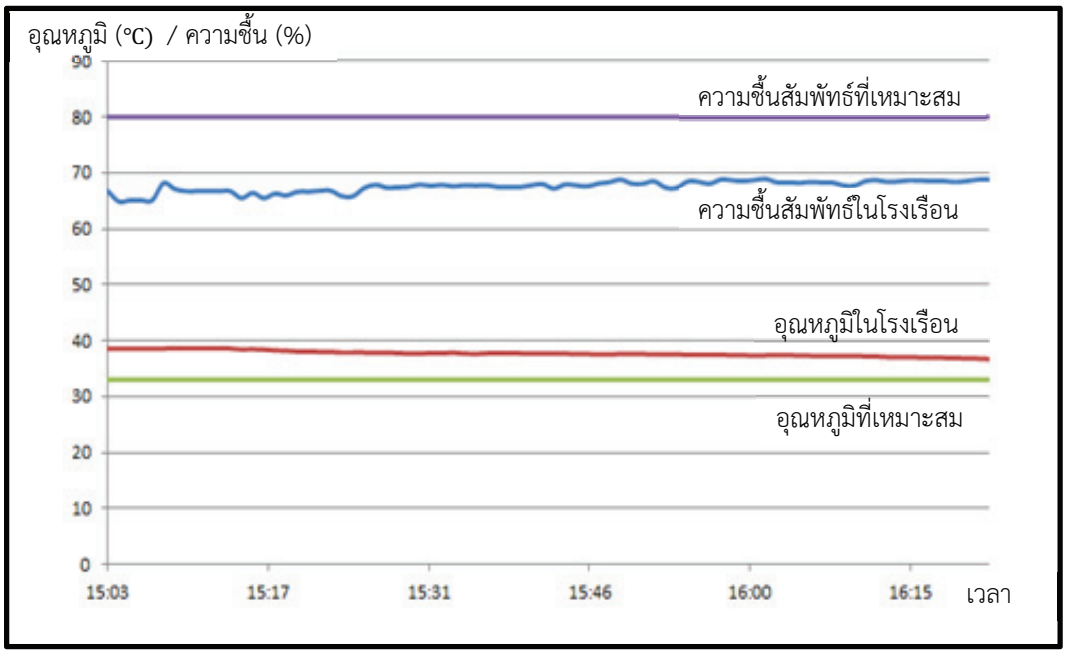
2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อพัฒนาและหาประสิทธิภาพระบบควบคุมสภาพแวดล้อมอัตโนมัติสำหรับโรงเพาะเห็ดฟางบนพื้นฐานของอินเทอร์เน็ตในทุกสิ่ง

3. วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 วิเคราะห์ปัญหาของอริยาฟาร์มเห็ดฟาง

การเพาะปลูกเห็ดฟางอริยาฟาร์มเห็ดฟางนั้นจะต้องควบคุมที่อุณหภูมิและความชื้นของโรงเรือนตลอดเวลา ถ้าอากาศร้อนอุณหภูมิในโรงเรือนจะสูง ต้องเปิดประตูโรงเรือนเพื่อระบายอากาศออก อีกทั้งต้องคอยควบคุมความชื้นของโรงเห็ด ช่วงเห็ดตัดเส้นใยต้องดูแลอย่างดี เพราะอาจทำให้เชื้อเห็ดขึ้นราหรือเน่าไปเลยก็ได้ ปัจจุบันที่อริยาฟาร์มยังไม่มีระบบควบคุมอุณหภูมิ ยังคงใช้ประสบการณ์ในการควบคุมและดูแลเห็ด รายได้ต่อรอบการผลิตอยู่ที่ 70–90 กิโลกรัมต่อรอบการผลิต สูงที่สุด 100 กิโลกรัม ขึ้นอยู่กับสภาพอากาศ ดังนั้นปัญหาเรื่องอุณหภูมิในโรงเพาะเห็ดจึงต้องคอยควบคุมให้ได้ค่าที่เห็ดต้องการอยู่เสมอ สรุปผลการวิเคราะห์ปัญหาได้ดังต่อไปนี้



ภาพที่ 1 แสดงกราฟอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศภายในโรงเรือน

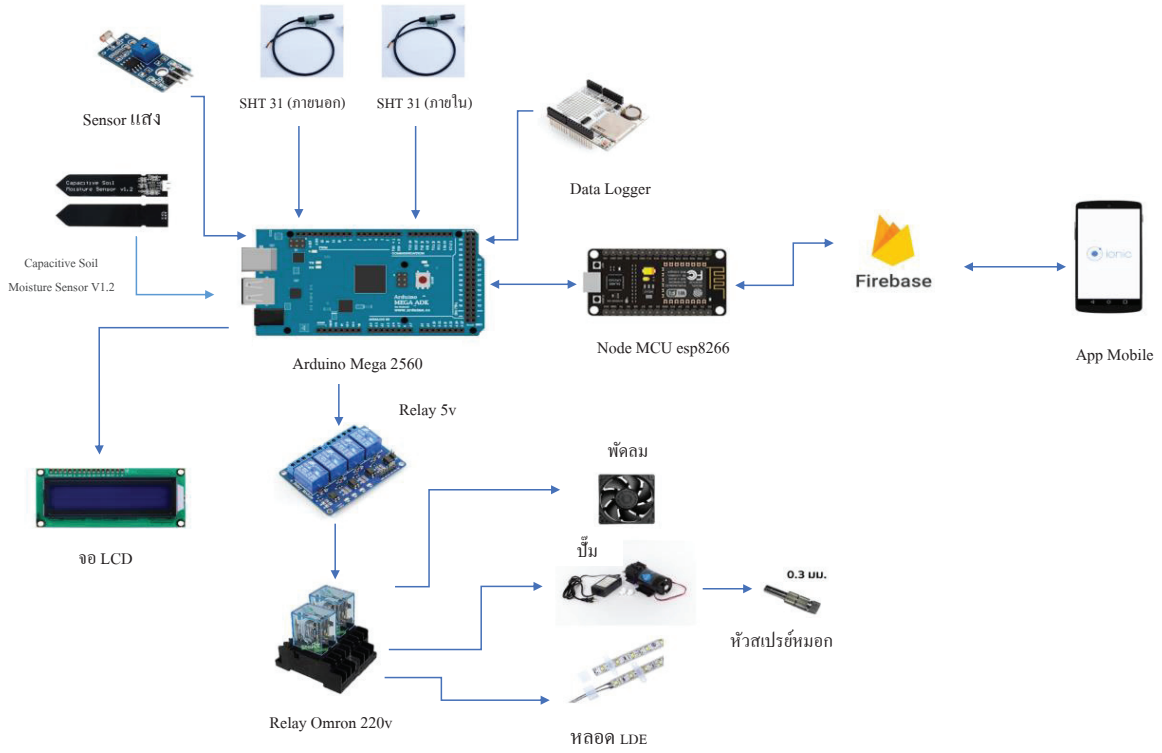
จากภาพที่ 1 แสดงให้เห็นว่าค่าอุณหภูมิของอากาศภายในโรงเรือน มีค่าสูงกว่าค่าอุณหภูมิที่เหมาะสมและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศภายในโรงเรือน มีค่าต่ำกว่าค่าความชื้นสัมพัทธ์ที่เหมาะสม ทำให้เห็ดฟางเจริญเติบโตไม่เต็มที่และสม่ำเสมอ จากปัญหาดังกล่าวจึงต้องมีคนคอยดูแลควบคุมอุณหภูมิ

และความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศภายในโรงเรือนอยู่สม่ำเสมอโดยการเปิดสปริงเกอร์บนหลังคา เพื่อคอยลดอุณหภูมิลงตลอดช่วงเวลาการเจริญเติบโตของเห็ด ทำให้ต้องจ้างแรงงานเพื่อคอยดูแลตลอดเวลาทำให้สิ้นเปลืองค่าใช้จ่าย

3.2 การออกแบบระบบควบคุมสภาพแวดล้อมอัตโนมัติสำหรับโรงเพาะเห็ดฟางบนพื้นฐานอินเทอร์เน็ตในทุกสิ่ง

ระบบควบคุมสภาพแวดล้อมอัตโนมัติ มีการทำงานแยกออกเป็น 2 ส่วนหลักๆ คือ ส่วนระบบควบคุมสภาพแวดล้อมอัตโนมัติ และส่วนการเชื่อมต่อกับอินเทอร์เน็ต

3.2.1 ส่วนระบบควบคุมสภาพแวดล้อมอัตโนมัติ



ภาพที่ 2 ระบบควบคุมสภาพแวดล้อมอัตโนมัติสำหรับโรงเพาะเห็ดฟางบนพื้นฐานอินเทอร์เน็ตในทุกสิ่ง

ในส่วนระบบควบคุมสภาพแวดล้อมอัตโนมัติจะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์รับค่าจากเซนเซอร์ตรวจวัดสภาพแวดล้อม ได้แก่ อุณหภูมิของอากาศ ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ และความชื้นของวัสดุเพาะมาประมวลผลด้วยตัวควบคุม โดยนำค่าที่วัดได้จากอุปกรณ์ตรวจวัดสภาพแวดล้อมมาเปรียบเทียบกับค่าเป้าหมายที่ตั้งไว้ หากมีค่าไม่ตรงตามค่าเป้าหมาย ระบบควบคุมจะส่งสัญญาณไปเปิด/ปิดปั๊มน้ำสเปรย์หมอกและพัดลมระบายอากาศ เพื่อให้ค่าที่วัดได้ตรงกับค่าเป้าหมาย รวมถึงมีการบันทึกค่าลงฐานข้อมูลเพื่อสามารถดูค่าย้อนหลังหรือวิเคราะห์ข้อมูลต่างๆ ได้ นอกจากนี้ ยังมีระบบแจ้งเตือนเกษตรกรเมื่อเกิดความผิดปกติของสภาพแวดล้อมในโรงเพาะเห็ดด้วย

3.2.2 ส่วนการเชื่อมต่อกับอินเทอร์เน็ต

ในส่วนการเชื่อมต่อกับอินเทอร์เน็ตเป็นการพัฒนาให้ระบบควบคุมสภาพแวดล้อมอัตโนมัติเชื่อมต่อข้อมูลกับอินเทอร์เน็ต เพื่อให้สามารถแสดงผลการทำงาน แจ้งเตือน และควบคุมการทำงานในรูปแบบอินเทอร์เน็ตในทุกสิ่งด้วยอุปกรณ์ สมาร์ตโฟน แท็บเล็ต และเครื่องคอมพิวเตอร์ โดยเกษตรกรสามารถใช้อุปกรณ์ดังกล่าวดูสถานะต่างๆ ของโรงเรือน เช่น ค่าของเซนเซอร์ต่างๆ สถานะของอุปกรณ์แต่ละตัว และสามารถเปลี่ยนโหมดการทำงานเป็นอัตโนมัติ/ควบคุมด้วยมือ เพื่อควบคุมอุปกรณ์แต่ละตัวด้วยเกษตรกรเอง สามารถตั้งค่าการทำงานค่าต่างๆ ที่เป็นเงื่อนไขในการทำงานของระบบควบคุม เช่น ช่วงของค่าอุณหภูมิ ความชื้นที่จะใช้ควบคุมโรงเรือน ค่าที่ใช้ในการแจ้งเตือน และการดูค่าทางสถิติย้อนหลังได้

สำหรับการทำงานในส่วนการเชื่อมต่อกับอินเทอร์เน็ต เริ่มจากการแปลงสัญญาณข้อมูลจาก Serial เป็นสัญญาณข้อมูล WiFi แล้วเชื่อมต่อกับ 3G/4G Router เพื่อเชื่อมต่อกับเครือข่ายอินเทอร์เน็ตกับผู้ให้บริการ แล้วส่งข้อมูลไปเก็บไว้ที่คลาวด์เซิร์ฟเวอร์ ซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวกลางเพื่อแลกเปลี่ยนข้อมูลที่ส่งขึ้นไปจากระบบควบคุมสภาพแวดล้อมกับอุปกรณ์อื่นๆ บนเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เมื่อข้อมูลถูกเก็บไว้ที่คราวด์เซิร์ฟเวอร์แล้วจะมีขั้นตอนจัดการให้ผู้ดูแลระบบหรือที่เกี่ยวข้องได้รับตำแหน่งของเซิร์ฟเวอร์ที่ใช้เก็บข้อมูล ซึ่งข้อมูลนั้นเป็นข้อมูลดิบ สามารถสื่อสารกับผู้ที่เกี่ยวข้องได้อย่างจำกัด จึงต้องมีเว็บไซต์ทำหน้าที่เป็นแผงหน้าปัดของระบบ ช่วยทำให้ข้อมูลที่เก็บไว้สื่อสารกับผู้ที่เกี่ยวข้องดูได้ง่ายขึ้น

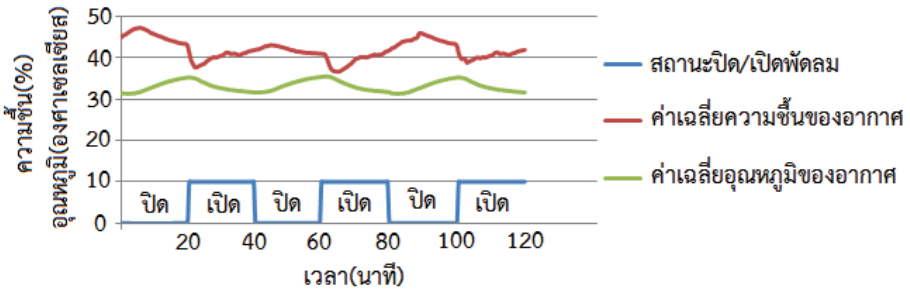
4. ผลการวิจัย

4.1 การศึกษาความสัมพันธ์ของพัดลมและสเปรย์หมอกที่ส่งผลต่ออุณหภูมิและความชื้นของอากาศในโรงเรือน

เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของสเปรย์หมอกและพัดลมที่ส่งผลต่ออุณหภูมิและความชื้นของอากาศในโรงเรือนจำลอง ขนาด 3 x 3 เมตร เพื่อให้ได้ข้อมูลสำคัญประกอบการพิจารณาการออกแบบระบบควบคุมสภาพแวดล้อมอัตโนมัติสำหรับโรงเพาะเห็ดฟางบนพื้นฐานของอินเทอร์เน็ตในทุกสิ่ง โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 3 กรณี ทำการทดลองจำนวน 3 ซ้ำ ได้แก่

4.1.1 กรณีปิด/เปิดพัดลมระบายอากาศอย่างเดียว

จากการศึกษาหาความสัมพันธ์ของกรณีการปิด/เปิดพัดลมระบายอากาศอย่างเดียวที่ส่งผลต่ออุณหภูมิและความชื้นของอากาศในโรงเรือน จากภาพที่ 3 จะเห็นได้ว่าขณะปิดพัดลมระบายอากาศเป็นเวลา 20 นาที อุณหภูมิภายในโรงเรือนจะสูงขึ้น โดยมีอัตราการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิสูงในช่วงแรกและลดลงเรื่อยๆ ในทางตรงกันข้ามขณะเปิดพัดลมระบายอากาศเป็นเวลา 20 นาที อุณหภูมิภายในโรงเรือนจะลดลงโดยมีอัตราการลดลงของอุณหภูมิสูงในช่วงแรกและลดลงเรื่อยๆ

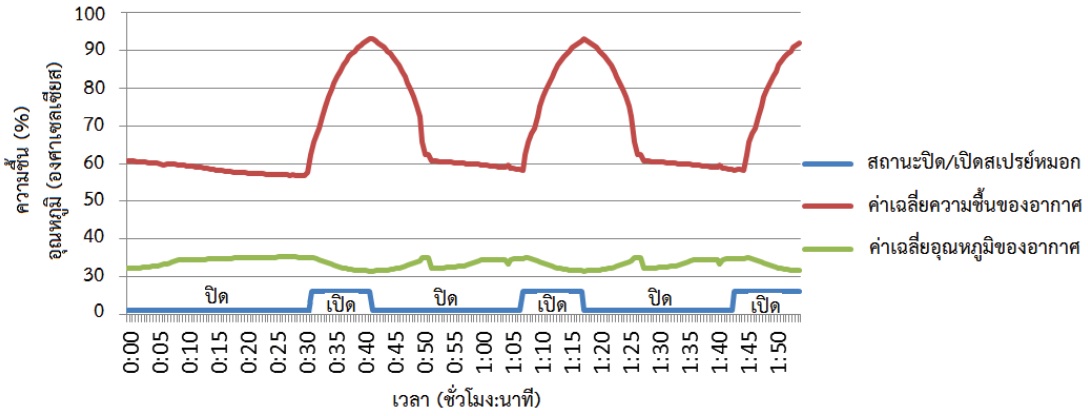


ภาพที่ 3 กราฟความสัมพันธ์ของการปิด/เปิดพัดลมกับอุณหภูมิและความชื้นของอากาศภายในโรงเรือน

สำหรับค่าความชื้นของอากาศในขณะปิดพัดลม จะเห็นได้ว่าความชื้นจะค่อยๆ สูงขึ้นจนถึงระดับหนึ่งแล้วความชื้นจะค่อยๆ ลดลงเล็กน้อย และเมื่อเปิดพัดลมในช่วงแรก ความชื้นจะลดลงอย่างรวดเร็วแล้วค่อยเพิ่มสูงขึ้นเล็กน้อย จากภาพที่ 3 จะเห็นได้ว่าการปิด/เปิดพัดลมระบายอากาศมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิของอากาศภายในโรงเรือนมาก แต่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงความชื้นอากาศภายในโรงเรือนน้อย โดยอุณหภูมิจะแปรผกผันกับค่าความชื้น

4.1.2 กรณีปิด/เปิดสเปรย์หมอกอย่างเดียว

จากการศึกษาหาความสัมพันธ์ของกรณีการปิด/เปิดสเปรย์หมอกอย่างเดียวที่ส่งผลต่ออุณหภูมิและความชื้นของอากาศในโรงเรือน จากภาพที่ 4 จะเห็นได้ว่าขณะปิดสเปรย์หมอกอุณหภูมิภายในโรงเรือนจะสูงขึ้น โดยมีอัตราการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิสูงในช่วงแรกและลดลงเรื่อยๆ ในทางตรงกันข้ามขณะเปิดสเปรย์หมอกเป็นเวลา 10 นาที อุณหภูมิภายในโรงเรือนจะลดลงโดยมีอัตราการลดลงของอุณหภูมิสูงในช่วงแรกและลดลงเรื่อยๆ สำหรับค่าความชื้นของอากาศในขณะปิดสเปรย์หมอกจะเห็นได้ว่าความชื้นจะค่อยๆ ลดลงอย่างรวดเร็ว จนถึงระดับหนึ่งความชื้นจะค่อยๆ ลดลงเล็กน้อย และเมื่อเปิดสเปรย์หมอกในช่วงแรกความชื้นจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วจนถึงระดับหนึ่ง

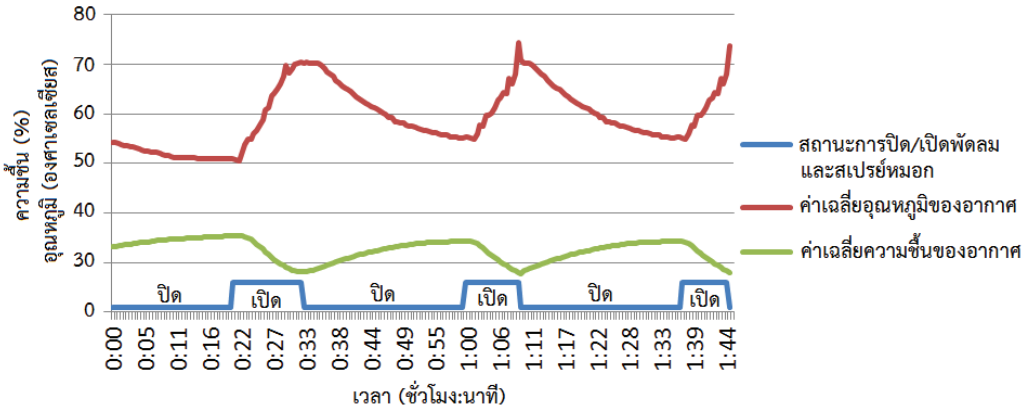


ภาพที่ 4 กราฟความสัมพันธ์ของการปิด/เปิดสเปรย์หมอกกับอุณหภูมิและความชื้นของอากาศภายในโรงเรือน

จากภาพที่ 4 จะเห็นได้ว่าการปิด/เปิดสเปรย์หมอก มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิของอากาศภายในโรงเรือนน้อย แต่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงความชื้นอากาศภายในโรงเรือนมาก โดยอุณหภูมิจะแปรผกผันกับค่าความชื้น

4.1.3 กรณีปิด/เปิดพัดลมระบายอากาศและสเปรย์หมอกพร้อมกัน

จากการศึกษาหาความสัมพันธ์ของกรณีปิด/เปิดพัดลมระบายอากาศและสเปรย์หมอกที่ส่งผลต่ออุณหภูมิและความชื้นของอากาศในโรงเรือน จากภาพที่ 5 จะเห็นได้ว่าขณะปิดพัดลมระบายอากาศและสเปรย์หมอก อุณหภูมิภายในโรงเรือนจะสูงขึ้น ความชื้นของอากาศจะลดลงเล็กน้อย ในทางตรงกันข้ามขณะเปิดพัดลมระบายอากาศและสเปรย์หมอกเป็นเวลา 10 นาที อุณหภูมิภายในโรงเรือนจะลดลงโดยมีอัตราการลดลงของอุณหภูมิสูงในช่วงแรกและลดลงเรื่อยๆ ค่าความชื้นของอากาศจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว จนถึงระดับหนึ่งความชื้นจะมีค่าคงที่



ภาพที่ 5 กราฟความสัมพันธ์ของการปิด/เปิดพัดลมและสเปรย์หมอกกับอุณหภูมิและความชื้นของอากาศภายในโรงเรือน

จากภาพที่ 5 จะเห็นได้ว่าการปิด/เปิดพัดลมระบายอากาศและสเปรย์หมอก มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิของอากาศภายในโรงเรือนสูงกว่าการปิด/เปิดพัดลมระบายอากาศอย่างเดียว แต่การปิด/เปิดพัดลมระบายอากาศและสเปรย์หมอกมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงความชื้นอากาศภายในโรงเรือนน้อยกว่าการปิด/เปิดสเปรย์หมอกอย่างเดียว เพราะการเปิดพัดลมระบายอากาศจะทำให้ความชื้นในอากาศลดลงด้วย อย่างไรก็ตาม ผลการทดลองพบว่าอุณหภูมิจะแปรผกผันกับค่าความชื้นเช่นเดียวกับการทดลองที่ผ่านมา

4.2 ผลการออกแบบตัวควบคุมสำหรับระบบควบคุมสภาพแวดล้อมอัตโนมัติในโรงเพาะเห็ดฟาง

จากผลการศึกษาความสัมพันธ์ของสเปรย์หมอกและพัดลมระบายอากาศที่ส่งผลต่ออุณหภูมิและความชื้นของอากาศในโรงเรือน ในหัวข้อที่ผ่านมา ผู้วิจัยจึงได้ทำการออกแบบตัวควบคุมสำหรับระบบควบคุมสภาพแวดล้อมอัตโนมัติในโรงเพาะเห็ดฟาง โดยตัวควบคุมเป็นแบบเงื่อนไขตามเหตุการณ์ 15 กรณี ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 การทำงานของตัวควบคุมแบบเงื่อนไขเหตุการณ์ 15 กรณี

อุณหภูมิ	ความชื้น	พัดลม	สเปรย์หมอก	แจ้งเตือน
Very High	High	on	on	off
Very High	Normal	on	on	off
Very High	Low	on	on	off
High	High	on	off	off
High	Normal	on	off	off
High	Low	off	on	off
Normal	High	on	off	off
Normal	Normal	off	off	off
Normal	Low	off	on	off
Low	High	off	off	on
Low	Normal	off	off	on
Low	Low	off	on	on
Very Low	High	off	off	on
Very Low	Normal	off	off	on
Very Low	Low	off	on	on

Very High คือ ค่าอุณหภูมิที่เกินจากจุดเซตพอยต์ มากกว่า 3 องศา
High คือ ค่าอุณหภูมิที่เกินจากจุดเซตพอยต์ มากกว่า 1 องศา
Normal คือ ค่าอุณหภูมิปกติ
Low คือ ค่าอุณหภูมิที่น้อยกว่าจากจุดเซตพอยต์ มากกว่า 1 องศา
Very Low คือ ค่าอุณหภูมิที่น้อยกว่าจากจุดเซตพอยต์ มากกว่า 3 องศาขึ้นไป
On คือ สถานะการทำงานเปิด
Off คือ สถานการณ์ทำงานปิด

4.3 ผลการสร้างระบบควบคุมสภาพแวดล้อมอัตโนมัติสำหรับโรงเพาะเห็ดฟางบนพื้นฐานของอินเทอร์เน็ตในทุกสิ่ง

หลังจากที่ทีมนักวิจัยได้ดำเนินการออกแบบระบบควบคุมสภาพแวดล้อมอัตโนมัติสำหรับโรงเพาะเห็ดฟางบนพื้นฐานของอินเทอร์เน็ตในทุกสิ่ง ซึ่งประกอบไปด้วยการออกแบบทางด้านฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ การออกแบบระบบควบคุมและการออกแบบตู้ควบคุม สามารถแสดงผลการดำเนินการได้ดังภาพที่ 6

ภาพที่ 6 ตู้ควบคุมหลัก

จากการทดลองเปรียบเทียบความสัมพันธ์ของค่าข้อมูลจากเซนเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์เบอร์ SHT31 กับค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์จากเครื่องวัดมาตรฐาน ได้ผลความสัมพันธ์ดังสมการที่ (1) และ (2) ตามลำดับ

$$Temp = 0.2504T - 47.122 \quad (1)$$

โดยที่ Temp คือ ค่าอุณหภูมิของอากาศ
T คือ ค่าข้อมูลจากเซนเซอร์วัดอุณหภูมิ เบอร์ SHT31

$$Hum = 0.1199H + 15.435 \quad (2)$$

โดยที่ Hum คือ ค่าความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ
H คือ ค่าข้อมูลจากเซนเซอร์วัดความชื้นสัมพัทธ์ เบอร์ SHT31

4.4 ผลการทดสอบประสิทธิภาพระบบควบคุมสภาพแวดล้อมสำหรับโรงเพาะเห็ดฟางที่โรงเรือนอริยาฟาร์ม

หลังจากทำการทดสอบการทำงานของระบบควบคุมสภาพแวดล้อมสำหรับโรงเพาะเห็ดฟางกับโรงเรือนจำลองแล้ว ผู้วิจัยจึงได้นำระบบไปติดตั้งที่โรงเรือนเพาะเห็ดฟางอริยาฟาร์ม และทำการทดสอบระบบโดยผู้วิจัยทำการตั้งค่าเป้าหมาย (Set Point) ของอุณหภูมิไว้ที่ 33 องศาเซลเซียส และค่าความชื้นไว้ที่ 80% ทำการทดลอง 3 ซ้ำ มีผลการทดลองดังต่อไปนี้

จากการทดสอบการทำงานของระบบควบคุมสภาพแวดล้อมสำหรับโรงเพาะเห็ดฟางในโรงเรือนทั้ง 3 ครั้ง พบว่าระบบสามารถควบคุมอุณหภูมิให้เข้าสู่ค่าเป้าหมายได้ แต่ไม่สามารถควบคุมความชื้นให้เข้าค่าเป้าหมายได้ เนื่องจากภายในโรงเรือนมีความชื้นสูงกว่าค่าเป้าหมาย

ตารางที่ 2 ข้อมูลการหาประสิทธิภาพในการควบคุมอุณหภูมิของระบบควบคุมสภาพแวดล้อมสำหรับโรงเพาะเห็ดฟางที่โรงเรือนอริยาฟาร์ม

อุณหภูมิภายใน	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3
ค่าสูงสุด (องศาเซลเซียส)	35.5	35.1	33.5
ค่าต่ำสุด (องศาเซลเซียส)	32.8	32.8	30.7
ค่าเฉลี่ย (องศาเซลเซียส)	34.32	33.68	32.49
S.D.	0.99	0.69	1.02
ค่าความผิดพลาด RMSE (%)	1.82	0.98	1.66
พัดลมเปิด (นาที)	23	43	23

ตารางที่ 3 ข้อมูลการหาประสิทธิภาพในการควบคุมความชื้นของระบบควบคุมสภาพแวดล้อมสำหรับโรงเพาะเห็ดฟางที่โรงเรือนอริยาฟาร์ม

ความชื้นภายใน	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3
ค่าสูงสุด (%)	91.7	91.7	91.7
ค่าต่ำสุด (%)	91.4	86.5	87.9
ค่าเฉลี่ย (%)	91.67	89.64	91.47
S.D.	0.06	1.88	0.83
ค่าความผิดพลาด RMSE (%)	11.59	9.88	11.76
ปั๊มน้ำ (นาที)	0	0	0

4.5 การศึกษาข้อมูลทางด้านเศรษฐศาสตร์

จากการเก็บข้อมูลการเพาะปลูกเห็ดฟางของอริยาฟาร์มเห็ด จะได้ผลผลิตต่อหนึ่งรอบการเก็บผลผลิตอยู่ที่ 80 กิโลกรัม เมื่อนำรายได้จากการขายผลผลิตที่ได้มาคิดค่าแรงงานคนและค่าต่างๆ

ตารางที่ 4 รายละเอียดของการเพาะเห็ดต่อหนึ่งรอบการผลิต

รายการ	การเพาะเห็ดแบบเดิม (บาท)	การเพาะเห็ดแบบอัตโนมัติ (บาท)	หมายเหตุ
เงินลงทุน			
ค่าเครื่องควบคุม	-	30,000	
ค่าใช้จ่ายต่อรอบการผลิต			
ค่าวัสดุเพาะ	960	960	
ค่าเชื้อ + อาหารเสริม	490	490	
ค่าโรยเชื้อ 1 คน	250	250	
ค่าปูฟาง + ผสมเข้า 2 คน	500	500	
ค่าอบไอน้ำ 1 คน	250	250	
ค่าคนดูแล 1 คน 10 วัน	2,500	1,250	ค่าแรงลดลง
ค่าเก็บเห็ด 1 คน 6 วัน	1,500	1,500	
ค่าน้ำ	-	-	ใช้น้ำจากอ่างเก็บน้ำ
ค่าไฟฟ้า	-	-	ใช้ไฟจากแผงโซลาร์เซลล์
ค่าฟืน	-	-	ใช้ไม้ที่ปลูกเอง
รายรับต่อรอบการผลิต			
ผลผลิต (กิโลกรัม)	70	80	
ราคาขายผลผลิต กิโลกรัมละ	100	100	
คิดเป็นเงิน	7,000	8,000	
กำไรต่อรอบการผลิต	550	2,800	
รายรับที่เพิ่มขึ้นต่อรอบการผลิต		2,250	

เมื่อนำมาคิดกำไรที่ได้หลังจากคิดค่าใช้จ่ายในหนึ่งรอบของการผลิตแล้ว สรุปได้ว่าระบบเดิมได้กำไร 550 บาท จากการขายผลผลิต 70 กิโลกรัม ซึ่งต่างจากระบบอัตโนมัติถึง 2,250 บาท ทั้งนี้เนื่องจากเมื่อติดตั้งเครื่องควบคุมแล้ว สามารถทำให้ผลผลิตเพิ่มขึ้นจากการเพาะเห็ดแบบเดิมได้อีก 10 กิโลกรัม และยังสามารถลดภาระหน้าที่ของคนดูแลลงได้ในส่วนของการลดน้ำ และการดูแลเห็ดในช่วงกลางคืน ทำให้เกษตรกรผู้ผลิตสามารถลดค่าใช้จ่ายในการจ้างคนดูแลได้ครึ่งหนึ่ง

การคำนวณจุดคุ้มทุนคิดได้จาก

$$\frac{\text{ค่าเครื่องควบคุม}}{\text{กำไร}} = \text{รอบการผลิต} \qquad (3)$$

สามารถคำนวณได้ดังนี้ $\frac{30,000}{2,800} = 10$ รอบการผลิต

จากการคำนวณเพื่อหาจุดคุ้มทุนในสมการที่ 3 ของการติดตั้งเครื่องควบคุมแล้ว สรุปได้ว่าหากทำการเพาะเห็ดด้วยระบบอัตโนมัติ จุดคุ้มทุนที่เกษตรกรผู้เพาะเห็ดลงทุนกับเครื่องควบคุมอยู่ที่ 10 รอบการผลิต ก็สามารถคืนทุนให้กับเกษตรกรผู้เพาะเห็ดได้แล้ว

5. สรุปและอภิปรายผล

จากการศึกษาความสัมพันธ์ของพัดลมและสเปรย์หมอกที่ส่งผลต่ออุณหภูมิและความชื้นของอากาศในโรงเรือนจำลอง พบว่าการเปิดพัดลมอย่างเดียวส่งผลทำให้อุณหภูมิของอากาศในโรงเรือนลดลงในระดับปานกลาง เฉลี่ยลดลงเท่ากับ 3.6 องศาเซลเซียส การเปิดสเปรย์หมอกอย่างเดียวส่งผลให้ความชื้นของอากาศในโรงเรือนเพิ่มขึ้นในระดับมาก เฉลี่ยเพิ่มขึ้นเท่ากับ 34.7% และการเปิดพัดลมและสเปรย์หมอกพร้อมกันส่งผลให้อุณหภูมิของอากาศลดลงในระดับมาก เฉลี่ยลดลงเท่ากับ 6.63 องศาเซลเซียส และทำให้ความชื้นของอากาศเพิ่มขึ้นในระดับปานกลาง เฉลี่ยเพิ่มขึ้นเท่ากับ 17.17%

ระบบควบคุมสภาพแวดล้อมอัตโนมัติสำหรับโรงเพาะเห็ดฟางบนพื้นฐานอินเทอร์เน็ตในทุกสิ่ง จะมีการทำงานแยกออกเป็น 2 ส่วนหลักๆ คือ (1) ระบบควบคุมสภาพแวดล้อมอัตโนมัติจะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์รับค่าจากเซนเซอร์ตรวจวัดสภาพแวดล้อม ได้แก่ อุณหภูมิของอากาศ ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ มาประมวลผลด้วยตัวควบคุมแบบเงื่อนไข 15 กรณี โดยนำค่าที่วัดได้จากอุปกรณ์ตรวจวัดสภาพแวดล้อมมาเปรียบเทียบกับค่าที่ตั้งไว้ หากมีค่าไม่ตรงตามค่าที่ตั้งไว้ระบบควบคุมจะส่งสัญญาณไปเปิด/ปิดปั๊มน้ำสเปรย์หมอก และพัดลมระบายอากาศ เพื่อให้ค่าที่วัดได้ตรงกับค่าที่ตั้งไว้ รวมถึงมีการบันทึกค่าลงฐานข้อมูล เพื่อสามารถดูค่าย้อนหลังหรือวิเคราะห์ข้อมูลต่างๆ ได้ นอกจากนี้ ยังมีระบบแจ้งเตือนเกษตรกรเมื่อเกิดความผิดปกติของสภาพแวดล้อมในโรงเพาะเห็ดด้วย (2) การเชื่อมต่อกับอินเทอร์เน็ตเป็นการพัฒนาให้สามารถแสดงผลการทำงาน แจ้งเตือน และควบคุมการทำงานในรูปแบบอินเทอร์เน็ตในทุกสิ่ง ด้วยอุปกรณ์

สมาร์ตโฟน แท็บเล็ต และเครื่องคอมพิวเตอร์ โดยเกษตรกรสามารถใช้อุปกรณ์ดังกล่าวดูสถานะต่างๆ ของโรงเรือน และสามารถเปลี่ยนโหมดการทำงานเป็นอัตโนมัติ/ควบคุมด้วยมือ (Auto/Manual) เพื่อควบคุมอุปกรณ์แต่ละตัวด้วยเกษตรกรเอง สามารถตั้งค่าการทำงาน (Configuration) ต่างๆ ได้ผ่านแอปพลิเคชัน

จากการทดลองหาประสิทธิภาพของระบบควบคุมสภาพแวดล้อมสำหรับโรงเพาะเห็ดฟางกับโรงเรือนจำลอง โดยทำการทดลองตั้งค่าเป้าหมายของอุณหภูมิเท่ากับ 34 และ 36 องศาเซลเซียส ความชื้นเท่ากับ 65 และ 80% ระบบสามารถควบคุมให้อุณหภูมิเข้าสู่ช่วงค่าเป้าหมายได้ แต่มีการแกว่งขึ้นลงเล็กน้อย ส่วนค่าความชื้น ระบบสามารถควบคุมให้ความชื้นเข้าสู่ค่าเป้าหมายได้ แต่ใช้เวลานาน โดยตัวควบคุมการทำงานของสเปรย์หมอกและพัดลม ให้ปิด/เปิดตามเงื่อนไข 15 กรณี เมื่อเข้าสู่เงื่อนไข Normal–Normal ตัวควบคุมจะปิดพัดลมและสเปรย์หมอก

จากการทดสอบการทำงานของระบบควบคุมสภาพแวดล้อมสำหรับโรงเพาะเห็ดฟางในโรงเรือนโดยตั้งค่าเป้าหมายอุณหภูมิไว้ที่ 33 องศาเซลเซียส และค่าความชื้นไว้ที่ 80% พบว่าระบบสามารถควบคุมอุณหภูมิให้เข้าสู่ค่าเป้าหมายได้ แต่ไม่สามารถควบคุมความชื้นให้เข้าสู่ค่าเป้าหมายได้ เนื่องจากภายในโรงเรือนจริงมีความชื้นสูงกว่าค่าเป้าหมาย อย่างไรก็ตาม ไม่ส่งผลเสียต่อการเจริญเติบโตของเห็ดฟาง เนื่องจากเห็ดฟางต้องการความชื้นของอากาศอยู่ในช่วง 80–90%

ระบบควบคุมที่ออกแบบมาเหมาะสมกับการใช้งานแล้ว เนื่องจากระบบสามารถควบคุมอุณหภูมิให้อยู่ในช่วงที่กำหนดไว้ได้เป็นที่น่าพอใจ มีค่าความผิดพลาดในการควบคุมอุณหภูมิเท่ากับ 0.44% ส่วนของความชื้นสามารถควบคุมให้อยู่ในช่วงที่กำหนดไว้ได้เป็นที่น่าพอใจ มีค่าความผิดพลาดในการควบคุมความชื้นเท่ากับ 1.25% ค่าความผิดพลาดมีผลมาจากสภาพอากาศภายนอกที่ส่งผลต่อสภาพอากาศภายในโรงเรือนและการคลายความร้อนของวัสดุเพาะที่เกิดจากผสมของสารเคมีที่ส่งผลต่อสภาพอากาศภายในโรงเรือน

แอปพลิเคชันสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทำให้ไม่เกิดปัญหาในเรื่องของการเรียกดูค่าต่างๆ ผ่านทางอินเทอร์เน็ตและแอปพลิเคชันจากระบบควบคุม และสามารถสั่งงานกลับไปยังควบคุมระบบได้อย่างแม่นยำ

จากการคิดกำไรที่ได้หลังจากคิดค่าใช้จ่ายในหนึ่งรอบของการผลิตแล้ว ระบบอัตโนมัติสามารถทำให้ผลผลิตเพิ่มขึ้นจากการเพาะเห็ดแบบเดิมได้อีก 10 กิโลกรัม และยังสามารถลดภาระหน้าที่ของคนดูแลลงได้ในส่วนของการรดน้ำและการดูแลเห็ดในช่วงกลางคืน ทำให้ผู้ผลิตสามารถลดค่าใช้จ่ายในการจ้างคนดูแลได้ครึ่งหนึ่ง และจุดคุ้มทุนที่ได้จากการคำนวณ เพื่อคืนกำไรให้กับเกษตรกรอยู่ที่ 10 รอบการผลิต ซึ่งกำไรที่ได้ในรอบการผลิตต่อๆ ไปจะเป็นการเพิ่มรายได้ให้กับเกษตรกร

6. กิตติกรรมประกาศ

ผู้ดำเนินการวิจัยใคร่ขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติและมหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์ที่สนับสนุนทุนวิจัย ขอขอบคุณอริยาฟาร์มเห็ดฟาง ที่ให้โอกาสและอำนวยความสะดวกในการดำเนินการวิจัย ขอขอบคุณศูนย์วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เอื้อเฟื้อสถานที่ตั้งโรงเพาะเห็ดจำลองสำหรับใช้ทดสอบระบบ

ที่พัฒนาขึ้น ขอขอบคุณคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม ที่สนับสนุนงานวิจัยอย่างจริงจังและต่อเนื่องมาโดยตลอด และขอขอบคุณผู้ที่เกี่ยวข้องอื่นๆ ที่ไม่ได้กล่าวนาม ที่มีส่วนช่วยให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุลวงด้วยดี

7. เอกสารอ้างอิง

กรมส่งเสริมการเกษตร. (2545). *เทคนิคการเพาะเห็ดฟาง*. กรุงเทพฯ: กรมส่งเสริมการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

ฟาร์มเห็ดฟางคุณชายคม. (2559). *ปัญหาการเพาะเห็ดฟาง*. สืบค้น 3 พฤษภาคม 2559, จาก https://khunchaikhom-mushrooms.com

ศุภวุฒิ ผากา, สันติ วงศ์ใหญ่, และอดิสร ถมยา. (2557). *การพัฒนาระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของเห็ดในโรงเพาะเห็ดบ้านทุ่งบ่อแป้น ตำบลปงยางคก อำเภอห้างฉัตร จังหวัดลำปาง* (รายงานวิจัย). ลำปาง: คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง.

ศูนย์ศึกษาการพัฒนาภูพานโครงการอันเนื่องมาจากพระราชดำริ จังหวัดสกลนคร. (2555). *คู่มือการเพาะเห็ดเศรษฐกิจและเห็ดพื้นเมือง*. กรุงเทพฯ: สำนักงานคณะกรรมการพิเศษเพื่อประสานงานโครงการอันเนื่องมาจากพระราชดำริ.

สราวุธ ธีวีระปัญญา, วาสนา ศิริพรทุม, ณัฐพสิษฐ์ เถระรัชชานนท์, และสุนทร รัชฎาวงษ์. (2553). *ผลของการใช้วัสดุจากฟางข้าว ขี้เลื่อย ปอเทือง และถั่วเขียวผิวมัน เพื่อการเพิ่มผลผลิตของเห็ดฟาง* (รายงานวิจัย). เพชรบูรณ์: สถานีพัฒนาที่ดินเพชรบูรณ์.

สาขาพืชผัก คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้. (2564). *การเพราะเห็ดฟางกองเตี้ย*. สืบค้น 20 ธันวาคม 2564, จาก https://sm.mju.ac.th/1.News/ฟางกองเตี้ย.pdf

อริยา รอดจำนง. (2560). *การเพาะเห็ดฟาง*. [สัมภาษณ์]. เมื่อ 16 มกราคม 2560.