การออกแบบโรงเรือนสำหรับควบคุมอุณหภูมิและความชื้น โดยใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง เพื่อส่งเสริมการเพาะเลี้ยงเห็ดแครง

Greenhouse Design for Temperature and Humidity Control by Using the Internet of Things Technology to Support Schizophyllum Mushroom Cultivation

อรพรรณ แซ่ตั้ง[1] นิสา พุทธนาวงศ์[1] ณัฐพล ธนเชวงสกุล[2]

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ออกแบบโรงเรือนสำหรับควบคุมอุณหภูมิและความชื้น โดยใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง และ 2) ประเมินผลการออกแบบโรงเรือนสำหรับควบคุมอุณหภูมิและความชื้น โดยใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง โดยมีกลุ่มตัวอย่างเป็นผู้เชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร และด้านเทคโนโลยีการเกษตร จำนวน 5 คน ใช้การเลือกแบบเจาะจง เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ 1) แบบวิเคราะห์การออกแบบโรงเรือนสำหรับควบคุมอุณหภูมิและความชื้น 2) ผลการออกแบบโรงเรือนสำหรับควบคุมอุณหภูมิและความชื้น 3) แบบประเมินความคิดเห็นของผลการออกแบบโรงเรือนสำหรับควบคุมอุณหภูมิและความชื้น และ 4) แบบประเมินความเหมาะสมของผลการออกแบบโรงเรือนสำหรับควบคุมอุณหภูมิและความชื้น วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ค่าเฉลี่ยเลขคณิต และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ผลการวิจัย พบว่า 1) ผลการออกแบบโรงเรือน แบ่งออกเป็น 3 ส่วน ประกอบด้วย 1.1) การออกแบบภายนอกโรงเรือนสำหรับควบคุมอุณหภูมิและความชื้น 1.2) การออกแบบภายในโรงเรือนสำหรับควบคุมอุณหภูมิและความชื้น และ 1.3) การออกแบบโรงเรือนสำหรับควบคุมอุณหภูมิและความชื้น ในส่วนของห้องควบคุม และห้องเก็บพลังงานแสงอาทิตย์ 2) ความคิดเห็นของการออกแบบโรงเรือน ภาพรวมอยู่ในระดับมาก ($\overline{X}$ = 4.40, S.D. = 0.63) และ 3) ความเหมาะสมของการออกแบบโรงเรือน ภาพรวมอยู่ในระดับมาก ($\overline{X}$ = 3.90, S.D. = 0.57) แสดงว่าสามารถนำผลการออกแบบดังกล่าวไปประยุกต์ใช้ในการจัดสร้างโรงเรือนสำหรับเพาะเลี้ยงเห็ดแครงได้อย่างเหมาะสม

คำสำคัญ : การควบคุมอุณหภูมิและความชื้น อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง การเพาะเลี้ยงเห็ดแครง

Abstract

The purposes of this research were as follows: 1) to design greenhouse for temperature and humidity control by using the internet of things technology and 2) to assess greenhouse design for temperature and humidity control by using the internet of things technology. In this study, five experts in

[1] หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต, สาขาวิชาวิศวกรรมซอฟต์แวร์, มหาวิทยาลัยนอร์ทกรุงเทพ email : orrapan.sae@northbkk.ac.th

[1] หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต, สาขาวิชาวิศวกรรมซอฟต์แวร์, มหาวิทยาลัยนอร์ทกรุงเทพ email : nisa.phu@northbkk.ac.th

[2] อาจารย์ประจำ, สาขาวิชาวิศวกรรมซอฟต์แวร์, มหาวิทยาลัยนอร์ทกรุงเทพ email : nattaphol.th@northbkk.ac.th

Information Technology and Communication and Agricultural Technology were selected as a sample group (purposive sampling).The following tools used in this research included 1) analysis of greenhouse design for temperature and humidity control, 2) results of greenhouse design for temperature and humidity control, 3) evaluation forms of greenhouse design for temperature and humidity control, and 4) suitability test of greenhouse design for temperature and humidity control while mean and standard deviation were used for data analysis.

The findings of the research suggested that 1) the greenhouse design consisted of three parts including 1.1) exterior design of greenhouse for temperature and humidity control, 1.2) interior design of greenhouse for temperature and humidity control and 1.3) greenhouse design for temperature and humidity control in section of control room and solar energy storage room, 2) the results of the greenhouse design as shown in the evaluation forms indicated that the overall results were at high level ($\overline{X}$ = 4.40, S.D. = 0.63), and 3) the suitability test in relation to the greenhouse design indicated that the overall results were at high level ($\overline{X}$ = 3.90, S.D. = 0.57). Therefore, the design can be applied to greenhouse building for schizophyllum mushroom cultivation.

Keywords: Temperature and Humidity, Internet of Things, Mushroom Cultivation

1. บทนำ

ปัจจุบันกระแสของคำว่า Internet of Things (IoT) ได้เป็นที่กล่าวถึงอย่างกว้างขวาง และเริ่มมีการพัฒนาอุปกรณ์ต่าง ๆ ให้สามารถทำงานบนแนวคิดของ Internet of Things เพิ่มมากขึ้น โดยมีการนำมาประยุกต์ใช้งานในด้านต่าง ๆ อาทิ การประยุกต์ใช้ในรูปแบบของ Smart City การประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรม และประยุกต์ใช้ในการเกษตร [1] โดยเทคโนโลยี Internet of Things (IoT) หรืออินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง เป็นการที่สิ่งต่าง ๆ ถูกเชื่อมโยงเข้าสู่โลกเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ทำให้มนุษย์สามารถสั่งการและควบคุมการใช้งานอุปกรณ์ เช่น การสั่งเปิด-ปิดอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้า รถยนต์ โทรศัพท์มือถือ เครื่องมือสื่อสาร เครื่องใช้สำนักงาน เครื่องมือทางการเกษตร เครื่องจักรในโรงงานอุตสาหกรรม อาคาร บ้านเรือน เครื่องใช้ในชีวิตประจำวันผ่านทางเครือข่ายอินเทอร์เน็ตได้ [2]

เห็ดแครงเป็นสินค้าชนิดหนึ่งที่มีการซื้อขายกัน ทั้งในการส่งออกเชิงพาณิชย์ และซื้อขายทั่วไปตามท้องตลาด คุณภาพของดอกเห็ดถือเป็นเรื่องสำคัญในการกำหนดราคาและปริมาณการซื้อขาย จากการศึกษางานวิจัยของศุภวุฒิ ผากาสันติ วงศ์ใหญ่ และอดิศร ถมยา [3] พบว่า ปัญหาของผลผลิตเกี่ยวกับการเพาะเลี้ยงเห็ดชนิดต่าง ๆ ไม่มีความสม่ำเสมอ อาจเป็นเพราะผลกระทบมาจากอุณหภูมิและความชื้นอากาศภายในโรงเรือนเพาะเห็ด ประกอบกับความรู้ในกลุ่มเพาะเห็ดมาจากทักษะความชำนาญ และประสบการณ์ทำการเพาะเห็ด แต่ไม่ได้ปรากฏในรูปแบบเชิงวิทยาศาสตร์ จึงไม่สามารถควบคุมคุณภาพและปริมาณของผลผลิตได้ ทั้งนี้ การนำเทคโนโลยีมาประยุกต์ใช้ในการเพาะเลี้ยงเห็ดสามารถกำหนดคุณภาพของดอกเห็ดและจำนวนของดอกเห็นให้มีความสม่ำเสมอ ซึ่งสอดคล้องกับกรอบนโยบายเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร ระยะ พ.ศ.2554-2560 ของประเทศไทย (ICT2020) [4] จัดทำโดยกระทรวงเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร ประเด็นยุทธศาสตร์ที่ 5 คือ พัฒนาและประยุกต์ใช้ ICT เพื่อสร้างความเข้มแข็งของภาคการผลิต ให้สามารถพึ่งตนเองและแข่งขันได้ในระดับโลก โดยเฉพาะภาคการเกษตร ภาคบริการ และเศรษฐกิจสร้างสรรค์ เพื่อเพิ่มสัดส่วนภาคบริการในโครงสร้างเศรษฐกิจโดยรวม ได้มีการเสนอกลยุทธ์เพื่อเพิ่มผลิตภาพในกระบวนการผลิต และเพิ่มศักยภาพของสินค้าเกษตรโดยการสร้างนวัตกรรม กล่าวคือ ส่งเสริมการใช้ระบบอัตโนมัติ และเกษตรอิเล็กทรอนิกส์ (Agritronics) ในกระบวนการผลิต ที่

สามารถทำงานร่วมกับระบบเครือข่ายเซ็นเซอร์ (Sensor Network) เช่น ระบบควบคุมการให้น้ำ ระบบควบคุมโรงเรือน เป็นต้น

ดังนั้น จากความสำคัญของเทคโนโลยีและการศึกษาวิธีการเพาะเลี้ยงเห็ดแครง รวมถึงการสนับสนุนและส่งเสริมการทำเกษตรอิเล็กทรอนิกส์ตามกรอบนโยบายเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร ระยะ พ.ศ.2554-2560 ของประเทศไทย (ICT2020) ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการออกแบบโรงเรือนสำหรับควบคุมอุณหภูมิและความชื้น โดยใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง สำหรับเป็นโรงเรือนต้นแบบ (Prototype) ในศึกษาและนำไปต่อยอดการเพาะเลี้ยงเห็ดแครงต่อไป

2. วัตถุประสงค์การวิจัย

2.1 เพื่อออกแบบโรงเรือนสำหรับควบคุมอุณหภูมิและความชื้น โดยใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง เพื่อส่งเสริมการเพาะเลี้ยงเห็ดแครง

2.2 เพื่อประเมินผลการออกแบบโรงเรือนสำหรับควบคุมอุณหภูมิและความชื้น โดยใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง เพื่อส่งเสริมการเพาะเลี้ยงเห็ดแครง

3. วิธีการดำเนินการวิจัย

3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร ได้แก่ ผู้เชี่ยวชาญ แบ่งเป็น 2 ด้าน คือ ด้านเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร และด้านทคโนโลยีการเกษตร

กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ ผู้เชี่ยวชาญ แบ่งเป็น 2 ด้าน คือ ด้านเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร จำนวน 3 ท่าน และผู้เชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยีการเกษตร จำนวน 2 ท่าน รวมทั้งหมด 5 ท่าน ด้วยวิธีการเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling) โดยเป็นผู้ที่มีประสบการณ์ในด้านที่เกี่ยวข้องอย่างน้อย 3 ปี

3.2 ตัวแปรที่ศึกษา

ตัวแปรต้น คือ โรงเรือนสำหรับควบคุมอุณหภูมิและความชื้น โดยใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง เพื่อส่งเสริมการเพาะเลี้ยงเห็ดแครง

ตัวแปรตาม คือ ผลการประเมินการออกแบบโรงเรือนสำหรับควบคุมอุณหภูมิและความชื้น โดยใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง เพื่อส่งเสริมการเพาะเลี้ยงเห็ดแครง

3.3 วิธีการดำเนินการวิจัย

การออกแบบโรงเรือนสำหรับควบคุมอุณหภูมิและความชื้น โดยใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง เพื่อส่งเสริมการเพาะเลี้ยงเห็ดแครง กำหนดขั้นตอนในการดำเนินการออกเป็น 3 ระยะ คือ

ระยะที่ 1 การวิเคราะห์วิธีการออกแบบโรงเรือนสำหรับควบคุมอุณหภูมิและความชื้น โดยใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง เพื่อส่งเสริมการเพาะเลี้ยงเห็ดแครง มีขั้นตอนการวิเคราะห์โรงเรือนจากการศึกษาเอกสาร ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

1.1 การวิเคราะห์ระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้น

1.2 การวิเคราะห์เทคโนโลยีอินเทอร์ของสรรพสิ่ง

1.3 การวิเคราะห์วิธีการเพาะเลี้ยงเห็ดแครง

ระยะที่ 2 การออกแบบโรงเรือนสำหรับควบคุมอุณหภูมิและความชื้น โดยใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง เพื่อส่งเสริมการเพาะเลี้ยงเห็ดแครง โดยนำผลที่ได้จากการวิเคราะห์ในระยะที่ 1 มาทำการสังเคราะห์ เพื่อออกแบบและพัฒนาเป็นโรงเรือนดังกล่าว แล้วนำเสนอเป็นแผนภาพประกอบความเรียง

ระยะที่ 3 การประเมินผลการออกแบบโรงเรือนสำหรับควบคุมอุณหภูมิและความชื้น โดยใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง เพื่อส่งเสริมการเพาะเลี้ยงเห็ดแครง โดยผู้เชี่ยวชาญ แบ่งเป็น 2 ด้าน ประกอบด้วย ด้านเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร และด้านเทคโนโลยีการเกษตร รวมทั้งหมด 5 ท่าน

3.4 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1) แบบวิเคราะห์การออกแบบโรงเรือนสำหรับควบคุมอุณหภูมิและความชื้น โดยใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง เพื่อส่งเสริมการเพาะเลี้ยงเห็ดแครง

2) ผลการออกแบบโรงเรือนสำหรับควบคุมอุณหภูมิและความชื้น โดยใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง เพื่อส่งเสริมการเพาะเลี้ยงเห็ดแครง

3) แบบประเมินความคิดเห็นของผลการออกแบบโรงเรือนสำหรับควบคุมอุณหภูมิและความชื้น โดยใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง เพื่อส่งเสริมการเพาะเลี้ยงเห็ดแครง มีลักษณะเป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ (Rating Scales) จำนวน 3 ข้อ ประกอบด้วย ผลการวิเคราะห์ระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้น ผลการวิเคราะห์เทคโนโลยีอินเทอร์ของสรรพสิ่ง และผลการวิเคราะห์วิธีการเพาะเลี้ยงเห็ดแครง โดยใช้ค่าเฉลี่ยเลขคณิตและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และใช้เกณฑ์การแปลความหมายของค่าเฉลี่ยเลขคณิต ดังนี้ [5]

4.50-5.00 หมายถึง ความคิดเห็นอยู่ในระดับดีมาก

3.50-4.49 หมายถึง ความคิดเห็นอยู่ในระดับดี

2.50-3.49 หมายถึง ความคิดเห็นอยู่ในระดับปานกลาง

1.50-2.49 หมายถึง ความคิดเห็นอยู่ในระดับพอใช้

1.00-1.49 หมายถึง ความคิดเห็นอยู่ในระดับปรับปรุง

4) แบบประเมินความเหมาะสมของผลการออกแบบโรงเรือนสำหรับควบคุมอุณหภูมิและความชื้น โดยใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง เพื่อส่งเสริมการเพาะเลี้ยงเห็ดแครง มีลักษณะเป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ (Rating Scales) จำนวน 2 ข้อ ประกอบด้วย ความเหมาะสมของผลการออกแบบโรงเรือนสำหรับควบคุมอุณหภูมิและความชื้น โดยใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง เพื่อส่งเสริมการเพาะเลี้ยงเห็ดแครง และความเหมาะสมในการนำผลการออกแบบโรงเรือนสำหรับควบคุมอุณหภูมิและความชื้น โดยใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง เพื่อส่งเสริมการเพาะเลี้ยงเห็ดแครงไปใช้จริง โดยใช้ค่าเฉลี่ยเลขคณิตและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และใช้เกณฑ์การแปลความหมายของค่าเฉลี่ยเลขคณิต ดังนี้ [5]

4.50-5.00 หมายถึง ความเหมาะสมอยู่ในระดับดีมาก

3.50-4.49 หมายถึง ความเหมาะสมอยู่ในระดับดี

2.50-3.49 หมายถึง ความเหมาะสมอยู่ในระดับปานกลาง

1.50-2.49 หมายถึง ความเหมาะสมอยู่ในระดับพอใช้

1.00-1.49 หมายถึง ความเหมาะสมอยู่ในระดับปรับปรุง

4. ผลการวิจัย

การออกแบบโรงเรือนสำหรับควบคุมอุณหภูมิและความชื้น โดยใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง เพื่อส่งเสริมการเพาะเลี้ยงเห็ดแครง สามารถสรุปผลการวิจัยได้ตามลำดับ ดังนี้

ระยะที่ 1 ผลการวิเคราะห์วิธีการออกแบบโรงเรือนสำหรับควบคุมอุณหภูมิและความชื้น โดยใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง เพื่อส่งเสริมการเพาะเลี้ยงเห็ดแครง ประกอบด้วย 3 ด้าน คือ

1.1 ผลการวิเคราะห์ระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้น

ธีรยส เวียงทอง และประยูร จวงจันทร์ [6] กล่าวถึง การรักษาสภาพแวดล้อมภายในโรงเพาะเห็ดที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของเห็ดจะต้องมีการควบคุมปัจจัยที่สำคัญ คือ อุณหภูมิและความชื้นให้คงที่และเหมาะสมกับชนิดของเห็ด โดยโครงสร้างของระบบจะประกอบด้วยอุปกรณ์ตรวจวัดอุณหภูมิและอุปกรณ์ตรวจวัดความชื้น เพื่อวัดอุณหภูมิและความชื้นภายในโรงเรือนเพาะเห็ดระบบปิด และส่งสัญญาณทางไฟฟ้าไปยังชุดควบคุมอุณหภูมิและความชื้น ซึ่งได้มีการปรับตั้งค่าอุณหภูมิเฉลี่ยที่ 22-36 องศาเซลเซียส และปรับตั้งค่าความชื้นที่ต้องการในช่วงร้อยละ 70-90 RH (Relative Humidity) ทั้งนี้ สามารถปรับตั้งค่าอุณหภูมิและความชื้นที่เหมาะกับการเพาะเลี้ยงเห็ดแครงตามตารางที่ 1 ดังนี้

ตารางที่ 1 แสดงสภาพแวดล้อมในการเจริญเติบโตของเห็ด

ชื่อเห็ด	อุณหภูมิ (°C)		ระยะที่เจริญเป็นดอกเห็ด	
	ระยะบ่มเชื้อ	ระยะเปิดดอก	ความชื้นสัมพันธ์ (%)	แสงสว่าง
เห็ดแครง	28-35	32	80	ปานกลาง
เห็ดนางรม	24-32	20-28	80-90	เล็กน้อย
เห็ดนางฟ้า	25	25	80-85	เล็กน้อย
เห็ดเป๋าฮื้อ	25-30	25-30	90-95	เล็กน้อย
เห็ดขอนขาว	20-35	20-35	70-90	ปานกลาง

ที่มา: ดัดแปลงมาจาก ศุภวุฒิ ผากา สันติ วงศ์ใหญ่ และอดิศร ถมยา [3]

เสฏฐวิทย์ เกิดผล [7] กล่าวถึงอุปกรณ์เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิในอากาศ พบว่า มีหลายประเภทและสามารถวัด

อุณหภูมิของสสารได้หลายรูปแบบ อาทิ การวัดอุณหภูมิของอากาศโดยการตั้งเซ็นเซอร์ให้ลอยไว้ในอากาศ และวัดอุณหภูมิของน้ำโดยสามารถจุ่มเซ็นเซอร์ลงไปในน้ำ เช่นเดียวกับเซ็นเซอร์วัดความชื้น โดยสามารถวัดความชื้นด้วยการควบคุมเครื่องปรับอากาศ หรือวัดสภาพความชื้นในอากาศ เพื่อนำมาวิเคราะห์คุณภาพของผลผลิตทางการเกษตร

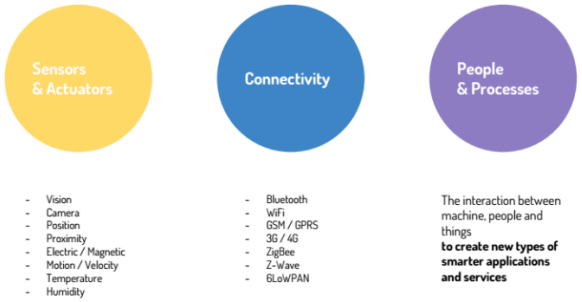
ทั้งนี้ สามารถเลือกใช้ Arduino ESP8266 ที่เป็นอุปกรณ์เซ็นเซอร์ตรวจวัดอุณหภูมิและความชื้นมาติดตั้งภายในโรงเรือนเพาะเห็ดแครง โดยอุปกรณ์ดังกล่าวจะทำการส่งข้อมูลด้วยสัญญาณเครือข่ายอินเทอร์เน็ตแบบไร้สายไปเก็บไว้ที่คลาวด์เทคโนโลยี (Cloud Technology) เพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถเรียกดูข้อมูลและควบคุมการสั่งการได้ผ่านทางเครื่องคอมพิวเตอร์และโทรศัพท์มือถือ ดังภาพที่ 1

ภาพที่ 1 แสดงการทำงานของอุปกรณ์วัดอุณหภูมิและความชื้น [8]

1.2 ผลการวิเคราะห์เทคโนโลยีอินเทอร์ของสรรพสิ่ง

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาและเทคโนโลยี หรือ สสวท. [9] ที่กล่าวถึง Internet of Things คือ สภาพแวดล้อมที่ประกอบด้วยอุปกรณ์ต่าง ๆ มีการถ่ายโอนข้อมูลร่วมกันผ่านเครือข่าย โดยไม่จำเป็นต้องใช้ปฏิสัมพันธ์ระหว่างบุคคลกับบุคคลหรือระหว่างบุคคลกับคอมพิวเตอร์ ซึ่ง Internet of Things พัฒนามาจากเทคโนโลยีไร้สาย (Wireless Technology) ระบบเครื่องกลไฟฟ้าจุลภาค (Micro Electro Mechanical Systems : MEMS) และอินเทอร์เน็ต ซึ่งคำว่า Things ใน Internet of Things นั้น หมายถึง อุปกรณ์ต่าง ๆ ที่อ้างอิงได้ด้วยเลขไอพี (IP address) และมีความสามารถในการถ่ายโอนข้อมูลระหว่างกันได้ผ่านทางระบบเครือข่าย

Nicharee Chows [10] กล่าวถึงองค์ประกอบของเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของทุกสรรพสิ่ง (Internet of Things) ที่สำคัญ 3 องค์ประกอบ ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 องค์ประกอบของเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของทุกสรรพสิ่ง [10]

จากภาพที่ 2 พบว่า องค์ประกอบของเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของทุกสรรพสิ่ง (Internet of Things) ประกอบไปด้วย 3 ส่วน คือ

1) Sensors and Actuators เป็นอุปกรณ์ที่สามารถรับรู้การเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมตามที่หน้าของอุปกรณ์นั้น ๆ ทำงานอยู่ และสามารถตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงเหล่านั้นตามรูปแบบที่มีการกำหนดไว้ ยกตัวอย่างเช่น เซ็นเซอร์ตรวจวัดอุณหภูมิและความชื้น เป็นต้น

2) Connectivity เป็นการเชื่อมต่อสัญญาณรูปแบบต่าง ๆ เพื่อใช้สำหรับการส่งข้อมูล อาทิ Bluetooth, Wi-Fi, GSM/GPRS, 3G/4G, เป็นต้น

3) People and Processes เป็นส่วนที่ใช้สำหรับปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้ใช้กับอุปกรณ์ โดยผู้ใช้งานสามารถเรียกดูข้อมูลและควบคุมการสั่งการอุปกรณ์ต่าง ๆ ผ่านทางแอปพลิเคชันบนเครื่องคอมพิวเตอร์และโทรศัพท์มือถือ

1.3 ผลการวิเคราะห์วิธีการเพาะเลี้ยงเห็ดแครง

สถาบันวิจัยพืชสวน [11] กล่าวถึง การผลิตเห็ดแครงในโรงเรือนเปิดดอกจะใกล้เคียงกับโรงเรือนเปิดดอกของเห็ดหูหนูเช่นกัน หากเป็นโรงเรือนของเห็ดนางรมนางฟ้า ต้องเพิ่มความชื้นขึ้นอีกเนื่องจากเห็ดแครงชอบความชื้นในบรรยากาศสูงและการระบายอากาศต้องดีด้วย การรดน้ำ ควรจะติดระบบสปริงเกอร์ ให้น้ำช่วงเช้าและช่วงเย็น หากรดน้ำด้วยมือ

จะต้องใช้หัวฉีดพ่นฝอย มิฉะนั้นก้อนเห็ดจะดูดน้ำเข้าไปทำให้ก้อนเชื้อเสียและปนเปื้อนจุลินทรีย์อื่น การวางก้อนเชื้อจะต้องวางตั้งบนชั้นหรือแขวนแบบเห็ดหูหนู หลังจากกรีดข้างถุงและรดน้ำเห็ดไปประมาณ 5 วัน จะเก็บผลผลิตรุ่นที่ 1 ได้ หลังจากนั้นเห็ดจะพักตัวอีก 5-7 วัน รดน้ำเป็นปกติก็จะเก็บรุ่นที่ 2 ตามลำดับ ซึ่งผลผลิตก็จะหมดให้ขนก้อนเก่าไปทิ้ง และพักโรงเรือนให้แห้งเป็นเวลา 15 วัน จึงนำถุงเห็ดรุ่นใหม่ เข้าเปิดดอกต่อไป

วิระ ศรีธัญรัตน์ [12] กล่าวถึง คุณสมบัติของโรงเรือนสำหรับการเปิดดอกเห็ด ควรประกอบไปด้วยคุณสมบัติ ดังนี้

1) สามารถบังแสงแดดได้ หลังคาอาจใช้แฝก หญ้าคา จาก สังกะสี หรือกระเบื้อง ฝาผนังไม่จำเป็นต้องแข็งแรง ด้านที่มีแสงแดดส่อง อาจจะใช้วัสดุทึบแสงกั้น ส่วนด้านที่ไม่มีแดดส่องสามารถใช้สแลนความทึบ 80% ได้

2) สามารถเก็บความชื้นได้ ถ้าสภาพโรงเรือนไม่สามารถเก็บความชื้นได้ สามารถใช้แผ่นพลาสติกบางกรุเพิ่มอีกชั้นรอบผนังและส่วนใต้หลังคา ความชื้นสัมพัทธ์ในโรงเรือนเปิดดอกเห็ดควรมีไม่ต่ำกว่า 80%

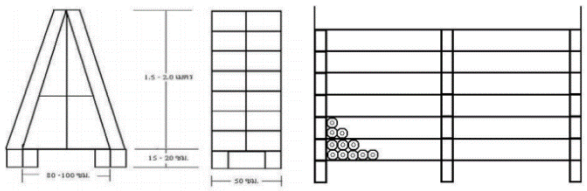
3) ระบายอากาศได้บ้าง โรงเรือนเปิดดอกเห็ดไม่ควรปิดสนิทจนเกินไป ต้องมีทางเปิด-ปิดให้ระบายอากาศได้ การระบายอากาศเป็นการระบายอากาศเสียและช่วยลดอุณหภูมิภายในโรงเรือนได้ แต่จะทำให้ความชื้นในโรงเรือนลดลงด้วย ดังนั้น การระบายอากาศจะมากน้อยแค่ไหนขึ้นกับฤดูกาล

4) มีแสงสว่างพอควร แสงช่วยกระตุ้นการออกดอกของเห็ด การปิดผนังโรงเรือนด้วยวัสดุที่ทึบแสงมากเกินไปไม่ค่อยเหมาะสมสำหรับโรงเรือนเปิดดอกเห็ด

5) ควบคุมอุณหภูมิได้ การบังแดดของหลังคาและผนัง การให้น้ำเพื่อรักษาความชื้น การระบายอากาศ เป็นวิธีการที่ช่วยในการควบคุมอุณหภูมิด้วย เห็ดแต่ละชนิดอาจต้องการอุณหภูมิที่เหมาะต่อการออกดอกไม่เท่ากัน ดังนั้น การควบคุมคุณสมบัติของโรงเรือนสามารถทำให้เหมาะกับเห็ดแต่ละชนิดได้

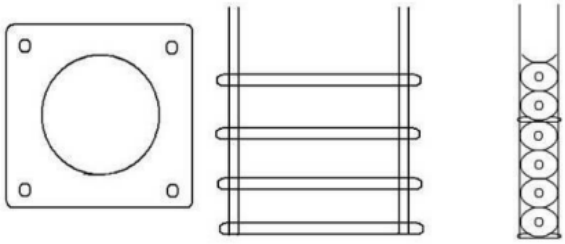
นอกจากนี้ ยังกล่าวถึงการวางก้อนเชื้อเห็ดเพื่อเปิดดอก แบ่งเป็น 2 แบบ คือ

1) การวางบนชั้นซ้อนกัน แบ่งเป็น 2 ลักษณะ คือ วางบนชั้นแบบเอียง ๆ คล้ายตัว A และ วางบนชั้นแบบตัว H ดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 การวางก้อนเชื้อเห็ดบนชั้นซ้อนกัน [12]

2) การแขวน โดยใช้เชือกไนล่อนขนาด 2 มิลลิเมตรร้อยด้วยแป้นพลาสติกหรือดัดลวดให้เป็นโครงประมาณ 4 ชั้น หรือ 4 แป้น แต่ละชั้นวางก้อนเชื้อเห็ดได้ประมาณ 4 ก้อน ดังภาพที่ 4



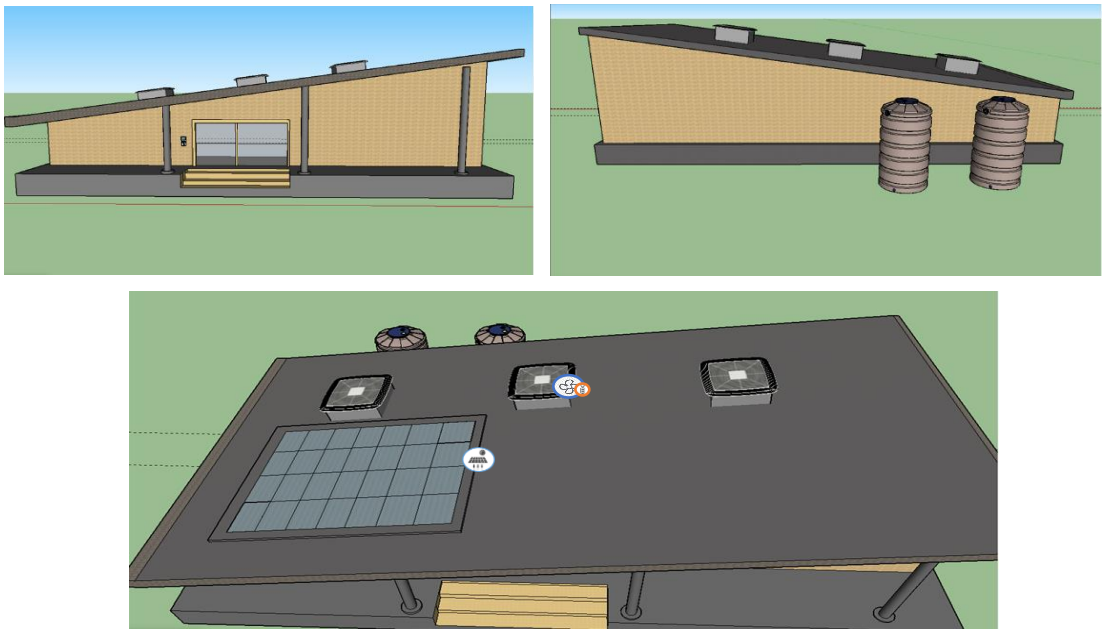
ภาพที่ 4 การวางก้อนเชื้อเห็ดแบบแขวน [12]

ระยะที่ 2 ผลการออกแบบโรงเรือนสำหรับควบคุมอุณหภูมิและความชื้น โดยใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง เพื่อส่งเสริมการเพาะเลี้ยงเห็ดแครง

การออกแบบโรงเรือนสำหรับควบคุมอุณหภูมิและความชื้น โดยใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง เพื่อส่งเสริมการเพาะเลี้ยงเห็ดแครง แบ่งออกเป็น 3 ส่วน ดังนี้

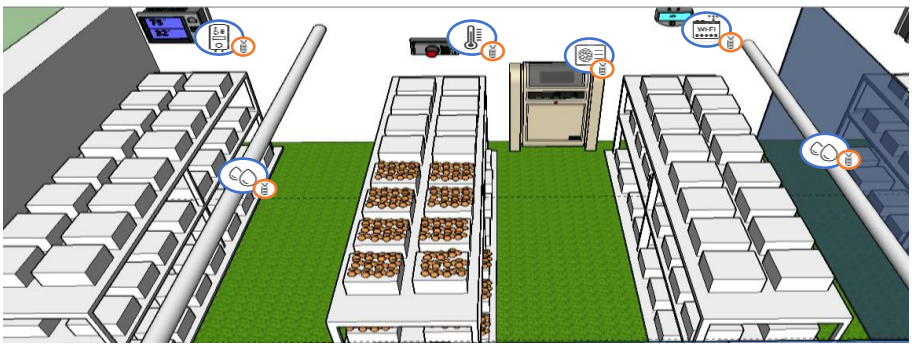
2.1 การออกแบบภายนอกโรงเรือนสำหรับควบคุมอุณหภูมิและความชื้น โดยใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง มีลักษณะเป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้า หลังคายกสูงแบบลาดชันเพื่อการถ่ายเทและระบายอากาศได้ดี ด้านหลังโรงเรือนจะมีถังเก็บน้ำสะอาดเพื่อใช้สำหรับการรดน้ำให้กับก้อนเชื้อเห็ด และบริเวณหลังคาจะมีพัดลมระบายอากาศ เพื่อปรับอากาศภายในโรงเรือนให้มีความสมดุลกับอุณหภูมิและความชื้นที่เห็นแครงต้องการ โดยมีการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์

เข้ากับเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของทุกสรรพสิ่งและไมโครคอนโทรลเลอร์ ให้สามารถควบคุมและสั่งการได้ อีกทั้งยังมีแผงโซล่าเซลล์เพื่อใช้สำหรับเก็บพลังงานแสงอาทิตย์ไว้เป็นพลังงานสำรอง ดังภาพที่ 5



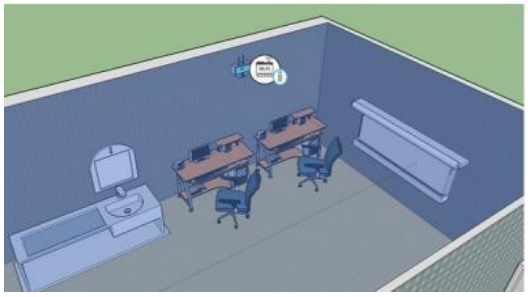
ภาพที่ 5 ผลการออกแบบภายนอกโรงเรือน

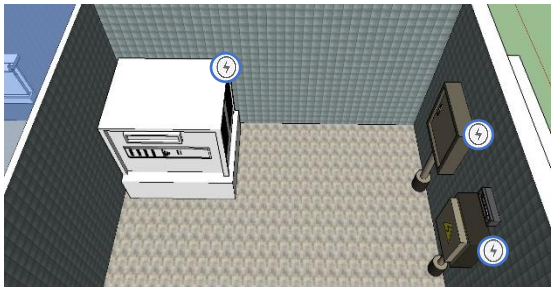
2.2 การออกแบบภายในโรงเรือนสำหรับควบคุมอุณหภูมิและความชื้น โดยใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง จะมีการติดตั้งอุปกรณ์ต่าง ๆ เพื่อให้สามารถควบคุมและสั่งการได้ผ่านทางเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง อาทิ Microcontroller, Sensor, Router, Heater และเครื่องพ่นน้ำ โดยจะมีการเลือกใช้อุปกรณ์ที่มีการติดตั้ง IP Address เพื่อเชื่อมต่อเข้ากับสัญญาณ Wi-Fi ซึ่งแต่ละอุปกรณ์จะมีการตั้งค่าอุณหภูมิและความชื้นที่เหมาะกับการเพาะเลี้ยงเห็ดแครง หากอุณหภูมิและความชื้นเกินกว่าที่ตั้งค่าไว้ Microcontroller ที่เชื่อมต่อกับสัญญาณ Wi-Fi จะทำการส่งข้อมูลแจ้งเตือนไปยัง Application บนโทรศัพท์มือถือและเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ห้องควบคุม ซึ่งเกษตรกรผู้เพาะเลี้ยงเห็ดแครงสามารถควบคุมและสั่งการได้ตลอดเวลา ดังภาพที่ 6



ภาพที่ 6 ผลการออกแบบภายในโรงเรือน

2.3 การออกแบบโรงเรือนสำหรับควบคุมอุณหภูมิและความชื้น โดยใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง ในส่วนของห้องควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ต่าง ๆ และห้องเก็บพลังงานแสงอาทิตย์ที่ได้รับพลังงานมาจากแผงโซล่าเซลล์ ดังภาพที่ 7





ภาพที่ 7 ผลการออกแบบโรงเรือนในส่วนของห้องควบคุมและห้องเก็บพลังงานแสงอาทิตย์

ระยะที่ 3 ผลการประเมินผลการออกแบบโรงเรือนสำหรับควบคุมอุณหภูมิและความชื้น โดยใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง เพื่อส่งเสริมการเพาะเลี้ยงเห็ดแครง ประกอบด้วย

3.1 ผลการประเมินความคิดเห็นของผลการออกแบบโรงเรือนสำหรับควบคุมอุณหภูมิและความชื้น โดยใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง เพื่อส่งเสริมการเพาะเลี้ยงเห็ดแครง

ตารางที่ 2 การประเมินความคิดเห็นของผลการออกแบบโรงเรือนสำหรับควบคุมอุณหภูมิและความชื้น โดยใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง เพื่อส่งเสริมการเพาะเลี้ยงเห็ดแครง

ประเด็นการประเมิน	ระดับความคิดเห็น		
	$\overline{X}$	S.D.	แปล
1. ผลการวิเคราะห์ระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้น	4.40	0.55	มาก
2. ผลการวิเคราะห์เทคโนโลยีอินเทอร์ของสรรพสิ่ง	4.60	0.55	มากที่สุด
3. ผลการวิเคราะห์วิธีการเพาะเลี้ยงเห็ดแครง	4.40	0.63	มาก
ค่าเฉลี่ยรวม	**4.40**	**0.63**	**มาก**

จากตารางที่ 2 พบว่า ผลการประเมินความคิดเห็นของผลการออกแบบ โดยรวมมีระดับความคิดเห็นอยู่ในระดับมาก ($\overline{X}$ = 4.40, S.D. = 0.63) เมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน พบว่า การวิเคราะห์เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง อยู่ในระดับมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.60, S.D. = 0.55) รองลงมา คือ การวิเคราะห์ระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้น และการวิเคราะห์วิธีการเพาะเลี้ยงเห็ดแครง อยู่ในระดับมาก ($\overline{X}$ = 4.40, S.D. = 0.55, 0.63) ตามลำดับ

3.2 ผลการประเมินความเหมาะสมของผลการออกแบบโรงเรือนสำหรับควบคุมอุณหภูมิและความชื้น โดยใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง เพื่อส่งเสริมการเพาะเลี้ยงเห็ดแครง

ตารางที่ 3 การประเมินความเหมาะสมของผลการออกแบบโรงเรือนสำหรับควบคุมอุณหภูมิและความชื้น โดยใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง เพื่อส่งเสริมการเพาะเลี้ยงเห็ดแครง

ประเด็นการประเมิน	ระดับความเหมาะสม		
	$\overline{X}$	S.D.	แปล
1. ความเหมาะสมของผลการออกแบบโรงเรือนสำหรับควบคุมอุณหภูมิและความชื้น โดยใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง เพื่อส่งเสริมการเพาะเลี้ยงเห็ดแครง	3.80	0.45	มาก
2. ความเหมาะสมของผลการออกแบบโรงเรือนสำหรับควบคุมอุณหภูมิและความชื้น โดยใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง เพื่อส่งเสริมการเพาะเลี้ยงเห็ดแครงไปใช้งานจริง	4.00	0.71	มาก
ค่าเฉลี่ยรวม	**3.90**	**0.57**	**มาก**

จากตารางที่ 3 พบว่า ผลการประเมินความเหมาะสมของผลการออกแบบ โดยรวมมีระดับความคิดเห็นอยู่ในระดับมาก ($\overline{X}$ = 3.90, S.D. = 0.57) เมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน พบว่า ความเหมาะสมของผลการออกแบบโรงเรือนสำหรับควบคุมอุณหภูมิและความชื้น โดยใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง เพื่อส่งเสริมการเพาะเลี้ยงเห็ดแครงไปใช้งานจริง อยู่ในระดับมาก ($\overline{X}$ = 4.00, S.D. = 0.71) รองลงมา คือ ความเหมาะสมของผลการออกแบบโรงเรือนสำหรับควบคุมอุณหภูมิและความชื้น โดยใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง เพื่อส่งเสริมการเพาะเลี้ยงเห็ดแครง อยู่ในระดับมาก ($\overline{X}$ = 3.80, S.D. = 0.45) ตามลำดับ

5. อภิปรายผลและสรุปผล

5.1 อภิปรายผล

ความคิดเห็นของผลการออกแบบโรงเรือนสำหรับควบคุมอุณหภูมิและความชื้น โดยใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง เพื่อส่งเสริมการเพาะเลี้ยงเห็ดแครง โดยรวมมีระดับความคิดเห็นอยู่ในระดับมาก ($\overline{X}$ = 4.40, S.D. = 0.63) และความเหมาะสมของผลการออกแบบโรงเรือนสำหรับควบคุมอุณหภูมิและความชื้น โดยใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง เพื่อส่งเสริมการเพาะเลี้ยงเห็ดแครง โดยรวมมีระดับความคิดเห็นอยู่ในระดับมาก ($\overline{X}$ = 3.90, S.D. = 0.57) และเมื่อพิจารณาค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน พบว่า ค่าของข้อมูลมีความกระจายน้อย (น้อยกว่า 1.00) แสดงให้เห็นว่าผู้เชี่ยวชาญให้ความคิดเห็นสอดคล้องและคะแนนการประเมินอยู่ในกลุ่มเดียวกัน ทั้งนี้ อาจเนื่องมาจากประโยชน์และประสิทธิภาพของเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของทุกสรรพสิ่งที่ใช้สำหรับการตรวจวัดอุณหภูมิและความชื้น เป็นสิ่งที่สนใจต่อการนำมาประยุกต์ใช้กับการเพาะเลี้ยงเห็นแครง สอดคล้องกับงานวิจัยของศุภวุฒิ ผากา สันติ วงศ์ใหญ่ และอดิศร ถมยา [3] ได้ทำการวิจัยเกี่ยวกับการพัฒนาระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของเห็ดในโรงเพาะเห็ดบ้านทุ่งบ่อแป้น ตำบลปงยางคก อำเภอห้างฉัตร จังหวัดลำปาง ผลการวิจัยพบว่า ปริมาณและคุณภาพของเห็ดจากการใช้งานระบบดังกล่าวอยู่ในระดับมาก มีค่าเฉลี่ยรวมอยู่ที่ 4.26 และมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานอยู่ในระดับ 0.70 สามารถเพิ่มปริมาณผลผลิตเห็ดเฉลี่ย 10.1 กิโลกรัมต่อการเก็บผลิตเห็ด 1 ครั้ง และงานวิจัยของบุญยัง สิงห์เจริญ และสันติ สาแก้ว [13] ได้ทำการวิจัยเกี่ยวกับระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นในโรงเรือนเพาะเห็ด ผลการวิจัยพบว่า เห็ดที่ได้จากโรงเรือนที่มีการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นมีน้ำหนักเฉลี่ย 1.865 กิโลกรัม และมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.198 ซึ่งเทียบกับเห็ดที่เก็บจากโรงเรือนแบบทั่วไป พบว่า มีน้ำหนักเฉลี่ย 1.455 กิโลกรัม และมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.225 ผลการทดสอบนี้ยืนยันว่าอุณหภูมิและความชื้นมีผลต่อการเจริญเติบโตของเห็ดและนอกจากระบบควบคุมจะสามารถใช้ในโรงเรือนได้แล้ว ยัง

สามารถประยุกต์ใช้ควบคุมในกระบวนการบ่มเชื้อเห็ดเพื่อเร่งการเจริญเติบโตของเชื้อเห็ดได้อีกด้วย

5.2 สรุปผล

ผลการศึกษาวิจัย พบว่า การออกแบบโรงเรือนสำหรับควบคุมอุณหภูมิและความชื้น โดยใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง เพื่อส่งเสริมการเพาะเลี้ยงเห็ดแครง เป็นไปตามกรอบนโยบายเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร ระยะ พ.ศ.2554-2560 ของประเทศไทย (ICT2020) ที่มีการส่งเสริมและสนับสนุนให้มีการนำเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารมาใช้ในการทำเกษตรอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งสอดคล้องกับนโยบายประเทศไทย 4.0 ที่มุ่งเน้นเศรษฐกิจที่ขับเคลื่อนด้วยนวัตกรรม หรือ Value-Based Economy ประกอบด้วย 4 องค์ประกอบ คือ 1) เปลี่ยนจากการเกษตรแบบดั้งเดิม (Traditional Farming) ไปสู่การเกษตรสมัยใหม่ ที่เน้นการบริหารจัดการและเทคโนโลยี (Smart Farming) 2) เปลี่ยนจาก Traditional SMEs ไปสู่การเป็น Smart Enterprises และ Startups ที่มีศักยภาพสูง 3) เปลี่ยนจาก Traditional Services ซึ่งมีการสร้างมูลค่าค่อนข้างต่ำไปสู่ High Value Services และ 4) เปลี่ยนจากแรงงานทักษะต่ำไปสู่แรงงานที่มีความรู้ ความเชี่ยวชาญ และทักษะสูง [14] อีกทั้ง ยังเป็นความท้าทายจากพลวัตของเทคโนโลยีดิจิทัลจะเกิดการใช้ระบบอัจฉริยะ (Smart Everything) มากขึ้นเรื่อย ๆ ส่งผลให้มิติด้านเศรษฐกิจของประเทศไทยมุ่งไปสู่ศูนย์กลางการค้าและการลงทุนดิจิทัล ภาคการเกษตรทั่วประเทศตั้งแต่ขนาดใหญ่ไปจนถึงขนาดเล็กจะมีการปรับเปลี่ยนรูปแบบสู่การทำการเกษตรแบบอัจฉริยะ (Smart Agriculture) ด้วยการนำเทคโนโลยีดิจิทัลและวิทยาศาสตร์ในสาขาที่เกี่ยวข้อง มาใช้เพื่อพัฒนาการเกษตรด้วยการจัดทำทะเบียนเกษตรกรรายแปลง การทำระบบจัดการและแลกเปลี่ยนความรู้ทางการเกษตร การบริหารจัดการพื้นที่เพาะปลูกและฟาร์ม การบริหารจัดการระบบน้ำและการใช้น้ำ การวางแผนการผลิต การทำระบบบัญชี การปรับปรุงประสิทธิภาพระบบขนส่งและโลจิสติกส์ ไปจนถึงการพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่ได้มาตรฐานและการทำการตลาด เป็นต้น [15]

อย่างไรก็ตาม หากมีการนำโรงเรือนต้นแบบที่ทำการออกแบบขึ้นไปใช้งานจริง ควรมีการศึกษาด้านอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์ในการติดตั้งรวมถึงซอฟต์แวร์ที่เป็นระบบปฏิบัติสัมพันธ์ระหว่างผู้ใช้งานกับอุปกรณ์ และควรศึกษาถึงจุดคุ้มทุนในการสร้างโรงเรือน การนำเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของทุกสรรพสิ่งมาใช้งานควบคู่กับปริมาณผลผลิต และความต้องการของตลาดในอนาคตต่อไป

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสาขาวิชาวิศวกรรมซอฟต์แวร์ มหาวิทยาลัยนอร์ทกรุงเทพ ที่สนับสนุนและส่งเสริมการจัดทำวิจัยในครั้งนี้ รวมถึงผู้เชี่ยวชาญทุกท่านที่ท่านได้ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลและคำแนะนำในการจัดทำวิจัย รวมถึงขอขอบคุณเจ้าของบทความวิชาการ บทความวิจัย เอกสาร ตำรา รวมถึงแหล่งสืบค้นข้อมูลต่าง ๆ ที่ได้กล่าวไว้ในเอกสารอ้างอิงทุกท่าน ที่ได้ให้ศึกษาและนำข้อมูลมาอ้างอิง เพราะผลงานของท่านทำให้บทความวิจัยเรื่องนี้ เกิดความสมบูรณ์ในด้านของเนื้อหาและสำเร็จไปได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

[1] สุวิทย์ ภูมิฤทธิกล และปานวิทย์ ธุวะนุติ. (2559). Internet of Thing เพื่อการเฝ้าระวังและเตือนภัยต่อสุขภาพของมนุษย์และการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้โดยใช้โปรแกรม Hadoop. **วารสารวิชาการปทุมวัน.** 6(15), หน้า 61-72.

[2] สมนึก จิระศิริโสภณ. (2559). **Internet of Things (IoT).** (เอกสารอัดสำเนา).

[3] ศุภวุฒิ ผากา สันติ วงศ์ใหญ่ และอดิศร ถมยา. (2557). การพัฒนาระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของเห็ดในโรงเพาะเห็ดบ้านทุ่งบ่อแป้น ตำบลปงยางคก อำเภอห้างฉัตร จังหวัดลำปาง. **วารสารวิชาการคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง.** 7(1), หน้า 58-69.

[4] กระทรวงเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร. (2554). **กรอบนโยบายเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร ระยะ พ.ศ.2554-2560 ของประเทศไทย.** กรุงเทพฯ: กระทรวงเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร.

[5] ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ. (2538). **เทคนิคการวิจัยทางการศึกษา.** กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.

[6] ธีรยศ เวียงทอง และประยูร จวงจันทร์. (2554). **ระบบควบคุมอุณหภูมิความชื้นอัตโนมัติในโรงเรือนแบบปิด.** มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร.

[7] เสฏฐวิทย์ เกิดผล. (2559). เซ็นเซอร์สำหรับ Internet of Things. ค้นเมื่อ 2 มกราคม 2560 ค้นจาก https://goo.gl/cdLcKd

[8] Nantakaew, A. (2015). Arduino ESP8266 Sent Sensor data to IoT ThingSpeak (Internet of Things) . Retrieve January 2, 2016. From https://goo.gl/7GWQN5

[9] สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2559). INTERNET OF THINGS (IOT): เมื่อทุกสิ่งอิงกับอินเทอร์เน็ต. ค้นเมื่อ 25 ธันวาคม 2559 ค้นจาก http://oho.ipst.ac.th/internet-of-things/

[10] Chows, N. (2559). แชร์ประสบการณ์เรื่อง The Rising of IoT (Internet of Things). ค้นเมื่อ 2 มกราคม 2560 ค้นจาก https://goo.gl/k4DpBX

[11] สถาบันวิจัยพืชสวน. (2559). การผลิตเห็ดแครง. ค้นเมื่อ 2 มกราคม 2560 ค้นจาก https://goo.gl/bjM8Nr

[12] วิระ ศรีธัญรัตน์. (2559). **การเพาะเห็ดในถุงพลาสติก.** (เอกสารอัดสำเนา).

[13] บุญยัง สิงห์เจริญ และสันติ สาแก้ว. (2559). ระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นในโรงเรือนเพาะเห็ด. **การประชุมวิชาการระดับชาติมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ ครั้งที่ 1.** หน้า 176-183.

[14] สุวิทย์ เมษินทรีย์. (2559). **แนวคิดเกี่ยวกับประเทศไทย 4.0.** (เอกสารอัดสำเนา).

[15] กระทรวงเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร. (2559). **แผนพัฒนาดิจิทัลเพื่อเศรษฐกิจและสังคม.** กรุงเทพฯ: กระทรวงเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร.