

ประสิทธิภาพของวัสดุก่อสร้างที่ใช้งานร่วมกับเทคโนโลยีเพื่อการควบคุมสภาพแวดล้อม ในการผลิตเห็ดในโรงเรือนระบบปิด

THE EFFICIENCY OF CONSTRUCTION MATERIALS WORKED WITH TECHNOLOGY FOR ENVIRONMENT CONTROL FOR MUSHROOM CULTIVATION FARM

ศิริวัฒน์ กมลคุณานนท์^{1*} และพลิศภัทร์ คำฟู¹

¹คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์

Siwat Kamonkunanon^{1*} and Phalitphat Khumfu¹

¹Faculty of Industrial Technology, Uttaradit Rajabhat University

*Corresponding author e-mail: siwat3003@uru.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ 2 ประการ คือ (1) คัดเลือกวัสดุก่อสร้างที่จะนำมาใช้เป็นวัสดุก่อสร้างโรงเรือนผลิตเห็ดระบบปิดแบบใช้เทคโนโลยี และ (2) ทดลองควบคุมสภาพแวดล้อมในโรงเรือนร่วมกับเทคโนโลยีทางด้านการเกษตร เพื่อควบคุมปัจจัยในการผลิตเห็ดนางฟ้าภูฐาน คือ ความชื้นสัมพัทธ์ 80% และอุณหภูมิไม่เกิน 30 องศาเซลเซียส โดยคัดเลือกวัสดุในการสร้างโรงเรือนที่มีราคาถูก หาได้ง่ายในท้องถิ่น จากการศึกษาพบว่า วัสดุที่เหมาะสมที่ใช้เป็นวัสดุก่อสร้างโรงเรือนผลิตเห็ด โดยแบ่งเป็นวัสดุเป็น 8 ประเภท คือ (1) ผนังก่อซีเมนต์บล็อก (2) หลังคาแผ่นเหล็กเมทัลชีท (3) ฝ้าเพดานฉาบเรียบโดยใช้วัสดุแผ่นฝ้ายิปซัมบอร์ด (4) พื้นคอนกรีต (5) คานคอนกรีตเสริมเหล็ก (6) ฐานรากคอนกรีตเสริมเหล็ก (7) เสาเหล็กรูปพรรณ และ (8) คานหลังคาเหล็กรูปพรรณ โดยวัสดุทั้ง 8 ประเภทนี้ เมื่อได้ดำเนินการก่อสร้างเป็นโรงเรือนผลิตเห็ดแล้วและทำงานร่วมกับเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของทุกสรรพสิ่ง พบว่าสามารถควบคุมสภาพแวดล้อมได้ คือ (1) ความชื้น วัสดุที่นำมาใช้สร้างโรงเรือนสามารถทนความชื้นสูงและเมื่อทำงานร่วมกับเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของทุกสรรพสิ่ง สามารถควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ 80% ได้ (2) อุณหภูมิ วัสดุที่นำมาใช้สร้างโรงเรือนสามารถเป็นฉนวนความร้อนและเมื่อทำงานร่วมกับเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของทุกสรรพสิ่ง สามารถควบคุมอุณหภูมิภายในโรงเรือนไม่ให้เกิน 30 องศาเซลเซียส ผลการทดลองแสดงว่า วัสดุก่อสร้างที่ได้เลือกมาใช้ในการก่อสร้างโรงเรือนผลิตเห็ดแบบใช้เทคโนโลยี มีประสิทธิภาพดีเมื่อทำงานร่วมกับเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของทุกสรรพสิ่งเพื่อการควบคุมสภาพแวดล้อมในโรงเรือนผลิตเห็ด

คำสำคัญ: โรงเรือนผลิตเห็ด, เทคโนโลยีในการผลิตเห็ด, วัสดุก่อสร้างสำหรับโรงเรือนผลิตเห็ด

Abstract

This research has two objectives: (1) select construction materials to be used as construction materials for a closed system mushroom house using technology and (2) experiment to control the environment in the mushroom house using technology to

control the factors in cultivation of Bhutan oyster mushrooms, relative humidity 80% and temperature not more than 30 degrees Celsius. From the study, it was found that suitable materials used as building materials for mushroom house by selecting materials that are cheap easy to find in a local city. There are 8 types of materials: (1) the wall is a cement block wall, (2) the roof is a metal sheet roof, (3) the ceiling is a smooth plastered ceiling using the material is gypsum board, (4) the floor is a concrete floor poured in place, (5) the beam is reinforced concrete beam, (6) the footing is reinforced concrete footing, (7) the column is carbon steel square tube, and (8) the roof beam is carbon steel tube. These 8 types of materials, when the construction of a mushroom house and working with technology can control the environment are (1) moisture, found that the materials are able to withstand high humidity and 80% relative humidity can be controlled, (2) temperature, it was found that the materials are able to insulate heat and control the temperature inside the house not to exceed 30 degrees Celsius. The results showed that the construction materials that were selected for the construction of the mushroom house using technology perform well in conjunction with technology and able to control the environment in the mushroom house.

Keywords: Mushroom House, Mushroom Cultivation Technology, Construction Materials for Mushroom House

1. บทนำ

เห็ดเป็นพืชเศรษฐกิจของเกษตรกรไทยในกลุ่มเล็กๆ เป็นผลผลิตทางการเกษตรที่เป็นที่ต้องการของตลาด เนื่องจากเป็นแหล่งโปรตีนที่ดี ประเทศไทยมีการศึกษาอย่างเป็นทางการ เมื่อปี พ.ศ. 2479 โดยการบริโภคเห็ด นิยมบริโภคทั้งเห็ดที่มีตามธรรมชาติและเห็ดที่สามารถเพาะได้ (สำนักงานคณะกรรมการพิเศษเพื่อประสานงานโครงการอันเนื่องมาจากพระราชดำริ, 2555) การผลิตเห็ดนางฟ้าในโรงเรือน เกษตรกรจะพบปัญหา เช่น ปัญหาวัสดุของโรงเรือนที่ไม่เหมาะสม ปัญหาระบบการควบคุมอุณหภูมิภายในโรงเรือนที่ไม่มีประสิทธิภาพ ปัญหาระบบการจัดการความชื้นภายในโรงเรือนที่ไม่มีประสิทธิภาพ เพื่อให้โรงเรือนผลิตเห็ดแบบอัตโนมัติมีต้นทุนที่ประหยัด มีความเหมาะสมกับวัสดุในประเทศ และเป็นโรงเรือนที่มีประสิทธิภาพตรงตามความต้องการของเกษตรกรในประเทศไทย การเลือกวัสดุในการก่อสร้างโรงเรือนผลิตเห็ดที่สามารถควบคุมและทนต่อสภาพแวดล้อมในการผลิตเห็ดในโรงเรือนได้ จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องศึกษาและวิจัย เพื่อให้สามารถควบคุมสภาพแวดล้อมให้เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของเห็ด 4 ปัจจัยหลักคือ (1) ความชื้น (2) อุณหภูมิ (3) การถ่ายเทอากาศ และ (4) แสง (ชลธิชา โคประโคน, 2559) (พรพรรณ ไชยชุมพล, 2557; การผลิตเห็ด, 2561; นานทรี หุ่นเที่ยง, 2559; Zhi-Li Yi et al., 2014) ผู้วิจัยจึงต้องการคัดเลือกวัสดุในการก่อสร้างที่เหมาะสมที่นำมาใช้ในการก่อสร้างโรงเรือนผลิตเห็ดระบบปิดที่สามารถทำงาน

ร่วมกับเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของทุกสรรพสิ่งในการผลิตเห็ด เพื่อควบคุมสภาพแวดล้อมในโรงเรือนผลิตเห็ดได้ และยังเป็นโรงเรือนที่คงทน แข็งแรง วัสดุหาง่ายทั่วไป

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

2.1 คัดเลือกวัสดุก่อสร้างที่เหมาะสมในการก่อสร้างโรงเรือนผลิตเห็ดระบบปิดแบบใช้เทคโนโลยี และดำเนินการก่อสร้างโรงเรือน

2.2 ทดสอบประสิทธิภาพของโรงเรือนที่ทำงานร่วมกับเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของทุกสรรพสิ่งในการควบคุมสภาพแวดล้อมในโรงเรือน

3. วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้ได้ดำเนินการเป็น 2 ช่วง คือ (1) ผู้วิจัยได้ดำเนินการศึกษาข้อมูลและคุณสมบัติของวัสดุที่สอดคล้องกับสภาพแวดล้อมในโรงเรือน เพื่อคัดเลือกวัสดุก่อสร้างแต่ละประเภท โดยพิจารณาคุณสมบัติของวัสดุที่ได้ในท้องถิ่น ราคาถูก ทนต่อสภาพแวดล้อมและรักษาสภาพแวดล้อมภายในโรงเรือนผลิตเห็ดได้ (2) ทดสอบประสิทธิภาพของวัสดุก่อสร้างเมื่อสร้างเป็นโรงเรือนจริงแล้ว โดยทำงานร่วมกับเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของทุกสรรพสิ่งที่ใช้ในการควบคุมสภาพแวดล้อมภายในโรงเรือนผลิตเห็ด

4. ผลการดำเนินการ

4.1 ผลการศึกษาของวัสดุในงานก่อสร้างที่สามารถทนต่อสภาพแวดล้อมและรักษาสภาพแวดล้อมในการผลิตเห็ดแบบใช้เทคโนโลยี

การคัดเลือกวัสดุก่อสร้างเพื่อสร้างโรงเรือนผลิตเห็ดระบบปิดแบบใช้เทคโนโลยี จำเป็นต้องคัดเลือกวัสดุที่มีคุณสมบัติวัสดุที่เหมาะสม สามารถควบคุมและทนต่อสภาพแวดล้อมของโรงเรือนผลิตเห็ดระบบปิดได้ ซึ่งการผลิตเห็ดในโรงเรือน จะมีการควบคุมปัจจัยหลัก คือ (1) ความชื้น (2) อุณหภูมิ (3) การถ่ายเทอากาศ และ (4) แสง โดยปัจจัยทั้ง 4 นี้ จะส่งผลต่อการออกดอกของเห็ดและคุณภาพของเห็ดที่เพาะด้วย ดังนั้นวัสดุที่จะใช้เพื่อสร้างโรงเรือนผลิตเห็ดจึงต้องมีราคาถูก สามารถหาได้ทั่วไป มีคุณสมบัติที่เหมาะสมต่อการผลิตเห็ดในโรงเรือนระบบปิด เมื่อพิจารณาใน 2 ประเด็น ของวัสดุก่อสร้างที่เป็นฉนวนความร้อนและทนต่อความชื้นได้ ผู้วิจัยจึงแบ่งวัสดุก่อสร้างออกเป็น 8 องค์อาคาร คือ (1) ผนัง (2) หลังคา (3) ฝ้าเพดาน และ (4) พื้น (5) คาน (6) ฐานราก (7) เสา และ (8) คานหลังคา เนื่องจากโรงเรือนนี้เป็นโรงเรือนแบบปิด ลักษณะองค์อาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก ผู้วิจัยจึงออกแบบองค์อาคารแต่ละส่วนเพื่อช่วยควบคุมสภาพแวดล้อม ดังนี้

4.1.1 ผนัง ผู้วิจัยเลือกใช้ผนังก่อซีเมนต์บล็อก เนื่องจากคุณสมบัติที่เหมาะสมหลายด้าน เช่น มีน้ำหนักเบา ไม่ต้องใช้โครงสร้างคานขนาดใหญ่ ค่าการป้องกันความร้อนดีกว่าอิฐมวลเบาและผนังคอนกรีต ซึ่งเป็นประเด็นที่สำคัญมากในการควบคุมอุณหภูมิของโรงเรือน

4.1.2 หลังคา ผู้วิจัยเลือกใช้วัสดุในการก่อสร้างหลังคาพร้อมกับฝ้าเพดาน เนื่องจากต้องการใช้แผ่นฉนวนความร้อนปูบนฝ้าเพดาน เนื่องจากแผ่นฉนวนความร้อนมีคุณลักษณะที่ป้องกันการแผ่ความร้อนจากภายนอกเข้าสู่ภายในโรงเรือนได้ดี จึงเลือกหลังคาเมทัลชีทแบบไม่มีฉนวนความร้อนเพื่อไม่ให้มีฉนวนความร้อนซ้ำซ้อนกับฉนวนความร้อนที่จะปูบนฝ้าเพดาน ออกแบบหลังคาให้เป็นทรงเพิงหมาแหงนเพื่อการระบายน้ำฝนและให้น้ำหนักเบา ลดค่าใช้จ่ายในการก่อสร้าง

4.1.3 ฝ้าเพดาน ผู้วิจัยเลือกใช้ฝ้าเพดานฉาบเรียบ เนื่องจากเป็นวัสดุที่แข็งแรงมีความคงทนแข็งแรงรองรับน้ำหนักของแผ่นฉนวนความร้อนที่จะปูบนฝ้าเพดานได้ เพื่อป้องกันความร้อนที่แผ่จากภายนอกเข้ามายังภายในโรงเรือน ฝ้าเพดานใช้วัสดุแผ่นยิปซัมบอร์ดที่สามารถทนต่อความร้อนและความชื้น ไม่เป็นเชื้อราเหมาะกับโรงเรือนที่มีความชื้นสัมพัทธ์สูง นอกจากนั้นยังเป็นโครงสร้างที่รองรับแผ่นฉนวนกันความร้อนที่สามารถลดความร้อนจากแสงอาทิตย์ที่จะถ่ายเทความร้อนจากหลังคามายังโรงเรือน

4.1.4 พื้นคอนกรีต จากการศึกษาข้อมูลวัสดุพื้นพบว่า คุณสมบัติของโรงเรือนจะต้องเป็นแผ่นพื้นที่สามารถรับน้ำหนักได้ มีราคาถูก ทนต่อความชื้นได้ดี สามารถก่อสร้างได้รวดเร็ว ผู้วิจัยจึงเลือกใช้พื้นคอนกรีตเสริมเหล็กแบบวางบนคาน เนื่องจากจะไม่ทำให้แผ่นพื้นทรุดตัว ทนต่อความชื้นและน้ำได้ดี การเทพื้นคอนกรีตในที่ได้ออกแบบให้พื้นมีความหนา 10 เซนติเมตร มีกำลังที่เพียงพอในการรับน้ำหนักบรรทุกจากชั้นหลักและกอนเทตในโรงเรือน พื้นมีองศาของการลาดเอียง 15–20% เพื่อให้สามารถระบายน้ำที่พื้นออกจากโรงเรือนได้ ที่มุมพื้นได้ฝังท่อระบายน้ำไว้ 3 จุด และที่ปลายท่อสามารถเปิด-ปิดท่อได้ เพื่อใช้ระบายน้ำที่พื้น

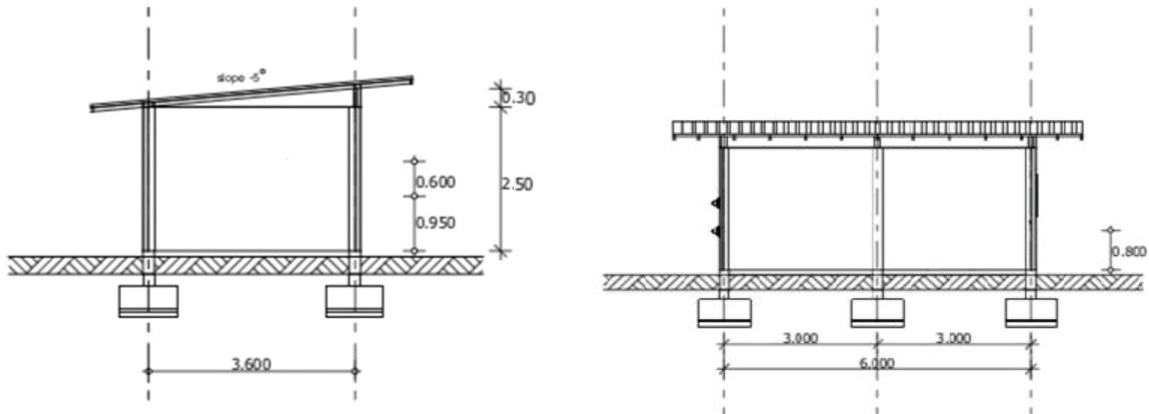
4.1.5 คาน ผู้วิจัยเลือกใช้คานคอนกรีตเสริมเหล็กขนาด 20 × 40 เซนติเมตร เสริมเหล็ก 2-DB12 ทางด้านบนและล่าง ใส่เหล็กปลอก RB9@0.20 เมตร สามารถรองรับน้ำหนักบรรทุกได้ มีความคงทนแข็งแรง

4.1.6 ฐานราก ผู้วิจัยเลือกใช้ฐานรากคอนกรีตเสริมเหล็ก แบบฐานรากแผ่ขนาด 1.0 × 1.0 ตารางเมตร หนา 40 เซนติเมตร จำนวน 6 ตัว เสริมเหล็ก 7-DB12 ทั้งสองทาง และใส่เหล็กปลอก RB9 วางบนพื้นชั้นดินเดิมที่ขุดลงไป 1.0 เมตร

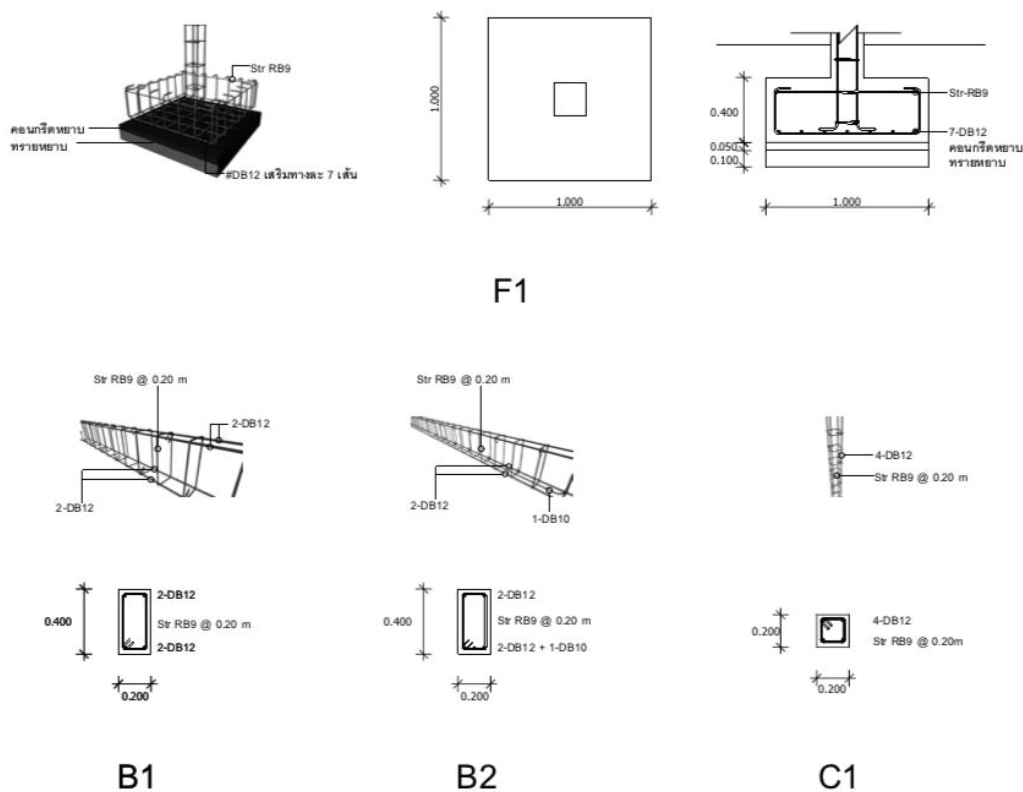
4.1.7 เสา ผู้วิจัยเลือกใช้เสาเหล็กรูปพรรณ หน้าตัดเป็นรูปกล่องขนาด 10 × 10 เซนติเมตร สูง 2.5 เมตร และฝังตรงข้ามสูง 2.8 เมตร เพื่รองรับคานหลังคา

4.1.8 คานหลังคา ผู้วิจัยเลือกใช้คานหลังคาเหล็กรูปพรรณ หน้าตัดเป็นรูปกล่องขนาด 10 × 10 เซนติเมตร เพื่รองรับหลังคากระเบื้องในการวางแผ่นหลังคาเมทัลชีท

โครงสร้างทั้งหมดนี้ ได้รับการออกแบบให้มีราคาถูก ลดต้นทุนในการลงทุนของเกษตรกร แต่สามารถรองรับน้ำหนักบรรทุกทุกครั้งที่และน้ำหนักบรรทุกจรในกระบวนการผลิตได้ดี มีการป้องกันความร้อนจากภายนอกที่จะถ่ายเทความร้อนเข้ามาในโรงเรือนผลิตเห็ด นอกจากนั้นยังสามารถถ่ายเทความร้อนออกได้ดีอีกด้วย โดยแสดงแบบก่อสร้าง 2 มิติ และแบบขยายขนาดโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก ดังแสดงในภาพที่ 1 และ 2



ภาพที่ 1 แบบแปลน 2 มิติ ทางด้านหน้าและด้านข้างของโรงเรือนผลิตเห็ด

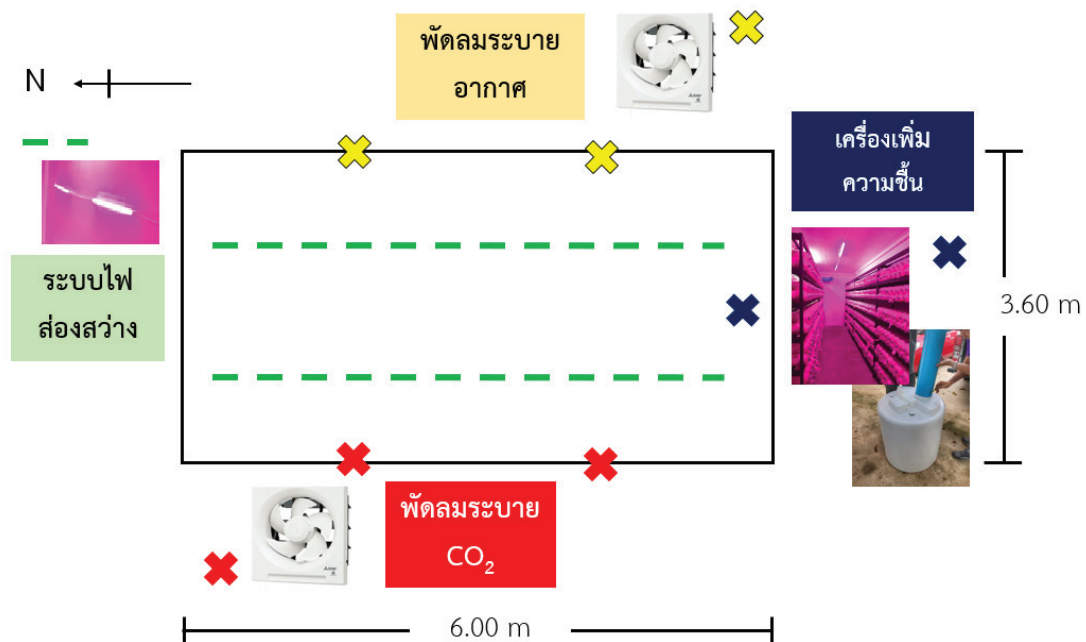


ภาพที่ 2 แบบขยายขนาดโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก

โดยเมื่อผู้วิจัยได้ออกแบบโรงเรือนผลิตเห็ดแล้ว จึงได้ดำเนินการก่อสร้างโรงเรือนและติดตั้งอุปกรณ์อินเทอร์เน็ตของทุกสรรพสิ่ง เพื่อให้โรงเรือนมีประสิทธิภาพในการควบคุมความชื้นและอุณหภูมิในโรงเรือนให้เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของเห็ด ดังแสดงในภาพที่ 3 และมีการติดตั้งอุปกรณ์อินเทอร์เน็ตของทุกสรรพสิ่ง ดังแสดงในภาพที่ 4



ภาพที่ 3 โรงเรือนผลิตเห็ดและการติดตั้งอุปกรณ์อินเทอร์เน็ตของทุกสรรพสิ่ง



ภาพที่ 4 ตำแหน่งในการติดตั้งอุปกรณ์อินเทอร์เน็ตของทุกสรรพสิ่ง

4.2 ผลการทดสอบประสิทธิภาพของวัสดุโรงเรือนที่ทำงานร่วมกับเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของทุกสรรพสิ่ง

การทดสอบประสิทธิภาพของวัสดุโรงเรือนร่วมกับเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของทุกสรรพสิ่งในการควบคุมสภาพแวดล้อมในโรงเรือน มุ่งเน้น 2 ประเด็นหลัก คือ (1) อุณหภูมิ วัสดุต้องมีคุณสมบัติเป็นฉนวนความร้อน และต้องรักษาสภาพแวดล้อมให้มีอุณหภูมิต่ำกว่า 30 องศาเซลเซียส (Cikarge, G. and Arifin, F., 2018) และ (2) ความชื้นสัมพัทธ์ วัสดุต้องสามารถกักเก็บความชื้นในโรงเรือน และทนทานต่อสภาพแวดล้อม

ที่มีความชื้นสัมพัทธ์สูง 70–90% (Subedi, A. et al., 2019; Jeznabadi, E. K. et al., 2016) จากการทดลองพิจารณาประสิทธิภาพของวัสดุโรงเรือนก่อสร้างได้ดังนี้

อุณหภูมิ การออกแบบโรงเรือนสามารถควบคุมอุณหภูมิให้เหมาะสม ต้องควบคุมให้อุณหภูมิภายในโรงเรือนไม่เกิน 30 องศาเซลเซียส (พรพรรณ ไชยชุมพล, 2557) เมื่ออุณหภูมิเกิน 30 องศาเซลเซียส พัฒนาคูอากาศจะทำงานเอาอากาศร้อนภายในออกไปภายนอก วัสดุโรงเรือนทั้งผนัง ผ้าเพดานบุนวม ความร้อนและวัสดุหลังคา ทำงานร่วมกับพัฒนาคูอากาศเพื่อควบคุมอุณหภูมิภายในโรงเรือนไม่ให้เกิน 30 องศาเซลเซียส ในช่วงการทดลองตั้งแต่เดือนกันยายน 2562 ถึงมกราคม 2563 พบว่า สามารถควบคุมอุณหภูมิภายในโรงเรือนได้ตลอดทั้งเวลากลางวันและกลางคืน ภายในโรงเรือนมีอุณหภูมิระหว่าง 26.4–29.7 องศาเซลเซียส ขณะที่ภายนอกโรงเรือนมีอุณหภูมิระหว่าง 24.0–37.9 องศาเซลเซียส ข้อมูลที่อ่านค่าได้จากอุปกรณ์ตรวจวัดอุณหภูมิ ตรวจวัดอุณหภูมิภายในและภายนอกโรงเรือน แสดงผลในตารางที่ 1 ดังนี้

ตารางที่ 1 อุณหภูมิภายในและภายนอกโรงเรือนตั้งแต่เดือนกันยายน 2562 ถึงมกราคม 2563

เดือน	อุณหภูมิภายในโรงเรือน (°C)		อุณหภูมิภายนอกโรงเรือน (°C)	
	อุณหภูมิสูงสุด	อุณหภูมิต่ำสุด	อุณหภูมิสูงสุด	อุณหภูมิต่ำสุด
กันยายน 2562–มกราคม 2563	29.7	26.4	37.9	24.0

ความชื้น ในการผลิตเห็ดนางฟ้าภูฐาน ความชื้นสัมพัทธ์ที่เหมาะสมในการผลิตเห็ดจะอยู่ที่ 80–90% (นัยนา ยังเกิด และปรียนันท์ แสงดี, 2558, หน้า 88) ผู้วิจัยจึงใช้เครื่องเพิ่มความชื้น โดยใช้หลักการในการสร้างละอองน้ำขนาดเล็กในถังอัดอากาศระบบปิด และใช้พัดลมเป่าละอองน้ำขนาดเล็กเข้าไปในโรงเรือน โดยเครื่องเพิ่มความชื้นจะทำงานแบบอัตโนมัติเมื่อความชื้นสัมพัทธ์ต่ำกว่า 80% การทดสอบระบบพบว่าเครื่องเพิ่มความชื้นสามารถทำงานได้ดีมีประสิทธิภาพ ควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ไม่ต่ำกว่า 80% วัสดุของโรงเรือนสามารถกักเก็บความชื้นและทนความชื้นได้ดี จากข้อมูลที่อ่านค่าได้จากอุปกรณ์ตรวจวัดความชื้นสัมพัทธ์ตั้งแต่เดือนกันยายน 2562 ถึงมกราคม 2563 ตรวจวัดความชื้นสัมพัทธ์ภายในโรงเรือนได้ระหว่าง 81.6–84.5% ขณะที่ความชื้นสัมพัทธ์ภายนอกโรงเรือนได้ระหว่าง 43.4–78.3% แสดงผลในตารางที่ 2 ดังนี้

ตารางที่ 2 ความชื้นสัมพัทธ์ภายในและภายนอกโรงเรือนตั้งแต่เดือนกันยายน 2562 ถึงมกราคม 2563

เดือน	ความชื้นสัมพัทธ์ภายในโรงเรือน (%)		ความชื้นสัมพัทธ์ภายนอกโรงเรือน (%)	
	ความชื้นสัมพัทธ์สูงสุด	ความชื้นสัมพัทธ์ต่ำสุด	ความชื้นสัมพัทธ์สูงสุด	ความชื้นสัมพัทธ์ต่ำสุด
กันยายน 2562–มกราคม 2563	85.4	81.6	78.3	43.4

5. สรุปผลและอภิปรายผลการทดลอง

จากการศึกษาพบว่า วัสดุในงานก่อสร้างที่เหมาะสมเพื่อใช้ในการสร้างโรงเรือนผลิตเห็ดแบบปิดที่ทำงานร่วมกับเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของทุกสรรพสิ่ง คือ (1) ผนังก่อซีเมนต์บล็อก (2) หลังคาแผ่นเหล็กเมทัลชีท (3) ฝ้าเพดานฉาบเรียบโดยใช้วัสดุแผ่นฝ้ายิปซัมบอร์ด (4) พื้นคอนกรีต (5) คานคอนกรีตเสริมเหล็ก (6) ฐานรากคอนกรีตเสริมเหล็ก (7) เสาเหล็กรูปพรรณ และ (8) คานหลังคาเหล็กรูปพรรณ เมื่อใช้วัสดุเพื่อสร้างโรงเรือนผลิตเห็ดทำงานร่วมกับเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของทุกสรรพสิ่งเพื่อควบคุมสภาพแวดล้อมภายในโรงเรือน พบว่า โรงเรือนผลิตเห็ดระบบปิดแบบใช้เทคโนโลยีสามารถควบคุมอุณหภูมิให้เหมาะสมต่อการผลิตเห็ดได้ ให้มีอุณหภูมิในโรงเรือนไม่เกิน 30 องศาเซลเซียส นอกจากนั้นยังสามารถควบคุมความชื้นในโรงเรือน ให้มีความชื้นไม่ต่ำกว่า 80% ทั้งช่วงเวลาทั้งกลางวันและกลางคืน ตลอดรอบฤดูของการผลิตเห็ดโดยวัสดุยังคงทน แข็งแรง และใช้งานได้ดี

สำหรับการควบคุมอุณหภูมิภายในโรงเรือนให้เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของเห็ด เป็นการควบคุมที่ต้องบริหารจัดการที่ดี เนื่องจากในช่วงเวลากลางวันอุณหภูมิภายนอกจะสูงกว่า 30 องศาเซลเซียส ไม่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของเห็ด นอกจากนั้นที่อุณหภูมิสูงกว่า 35 องศาเซลเซียส สอดคล้องกับผลการศึกษาการผลิตเห็ดที่พบว่าเห็ดจะไม่ออกดอก ถ้าอุณหภูมิต่ำกว่า 15 องศาเซลเซียส หรือสูงกว่า 35 องศาเซลเซียส (พรพรรณ ไชยชุมพล, 2557) การวางแผนการควบคุมจึงต้องเริ่มตั้งแต่การเลือกวัสดุก่อสร้างที่เป็นฉนวนความร้อน นอกจากนั้นต้องใช้ฉนวนความร้อนในการป้องกันความร้อนจากแสงอาทิตย์และการติดตั้งพัดลมระบายอากาศในโรงเรือนเป็นอุปกรณ์สำคัญในการนำพาความร้อนออกจากโรงเรือนซึ่งโดยหลักการแล้ว อากาศร้อนจะลอยตัวสูงกว่าอากาศเย็น การติดตั้งพัดลมระบายจึงต้องติดตั้งที่ผนังในระดับสูงใกล้ฝ้าเพดาน โดยทำงานร่วมกับเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของทุกสรรพสิ่ง ด้วยหลักการทั้งหมดทำให้สามารถควบคุมอุณหภูมิในโรงเรือนได้

การเพิ่มความชื้นในโรงเรือนสามารถทำได้หลายวิธี ตั้งแต่การรดน้ำเพิ่มความชื้น การติดสปริงเกอร์ การใช้พ่นน้ำอวาปอเรชัน แต่ทั้งสามวิธีนี้ไม่สามารถรักษาความชื้นสัมพัทธ์ในโรงเรือนได้ตลอดระยะเวลาการผลิต การใช้เครื่องเพิ่มความชื้นในโรงเรือนจึงเป็นวิธีการเพิ่มความชื้นในโรงเรือนที่ดี สอดคล้องกับการศึกษาการผลิตเห็ดในโรงเรือนปิด พบว่า การสร้างละอองฝอยจากเครื่องอัลตราโซนิกสามารถควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ระหว่าง 85–90% (Yang Guoguo et al., 2016) และสอดคล้องกับการศึกษาการควบคุมสภาพแวดล้อมในการเพาะเห็ดกระดุมในประเทศเนปาล โดยการติดตั้งอุปกรณ์เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของทุกสรรพสิ่งเพื่อวัดปริมาณความชื้นในอากาศ ในการทดลองได้ใช้ความชื้นสัมพัทธ์ระหว่าง 70–90% เพื่อใช้ในการผลิตเห็ด (Subedi, A. et al., 2019) โดยสามารถควบคุมความชื้นในระดับดังกล่าวได้ เนื่องจากสามารถเพิ่มความชื้นในโรงเรือนโดยตรง เมื่อทำงานร่วมกับเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของทุกสรรพสิ่งสามารถควบคุมความชื้นในโรงเรือนให้เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของเห็ด

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสำนักงานสภานโยบายการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรมแห่งชาติ โครงการส่งเสริมบุคลากรด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และนวัตกรรม จากมหาวิทยาลัยและสถาบันวิจัยของรัฐไปปฏิบัติงานเพื่อเพิ่มขีดความสามารถการแข่งขันในภาคเอกชน (Talent Mobility)

7. เอกสารอ้างอิง

- การผลิตเห็ด. (2561). *คาร์บอนไดออกไซด์สำหรับการผลิตเห็ด*. สืบค้น 5 มกราคม 2564, จาก <https://th.co2meter.com/%E0%B8%84%E0%B8%AD%E0%B8%A5%E0%B9%80%E0%B8%A5%E0%B8%81%E0%B8%8A%E0%B8%B1%E0%B8%99/%E0%B9%80%E0%B8%AB%E0%B9%87%E0%B8%94%E0%B8%81%E0%B8%B2%E0%B8%A3%E0%B9%80%E0%B8%81%E0%B8%A9%E0%B8%95%E0%B8%A3>
- ชลธิชา โคประโคน. (2559). *การศึกษาลงทุนผลิตเห็ดนางฟ้า*. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ). มหาวิทยาลัยบูรพา.
- นันทรี หุ่นเหียง. (2559). *การศึกษาดังกล่าวทางกายภาพที่มีผลต่อความชื้นสัมพัทธ์และอุณหภูมิภายในห้องเพาะเลี้ยงเห็ดนางฟ้าภูฐานซึ่งสร้างขึ้นด้วยวงบ่อซีเมนต์ตามแบบจำลองหม้อดินเก็บความเย็น*. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ). มหาวิทยาลัยบูรพา.
- นัยนา ยังเกิด และปริยรัตน์ แสงดี. (2558). *ผลิตเห็ดขาย*. กรุงเทพฯ: เอ็มไอเอส.
- พรพรรณ ไชยชุมพล. (2557). *ต้นทุนและผลตอบแทนของธุรกิจฟาร์มผลิตเห็ดนางฟ้าในจังหวัดลำปาง*. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ). มหาวิทยาลัยเนชั่น.
- สำนักงานคณะกรรมการพิเศษเพื่อประสานงานโครงการอันเนื่องมาจากพระราชดำริ (สำนักงาน กปร.). (2555). *คู่มือการผลิตเห็ดเศรษฐกิจและเห็ดพื้นเมือง* (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ: มูฟเมนต์ เจน ทรี.
- Cikarge, G. and Arifin, F. (2018). Oyster Mushrooms Humidity Control Based on Fuzzy Logic by Using Arduino ATmega238 Microcontroller. *Journal of Physics: Conference Series*. 1140, 1–12.
- Jeznabadi, E. K., Jafarpour, M., and Eghbalsaid, S. (2016). King oyster mushroom production using various sources of agricultural wastes in Iran. *International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture*, 5(1), 17–24.
- Subedi, A., Luitel, A., Baskota, M., and Acharya, T. D. (2019). IoT Based Monitoring System for White Button Mushroom Farming. *Proceedings 2020*, 42, 46. <https://doi.org/10.3390/ecea-6-06545>

Yang Guoguo, Bao Yidan, and Lu Yangyang. (2016). *China Patent No. CN201520906798.6U*.

Zhi-Li Yi, Wen-Fang Huang, Yan Ren, Eugen Onac, Guo-Fu Zhou, Sheng Peng, Xiao-Jing Wang, and Hai-Hang Li. (2014). LED lights increase bioactive substances at low energy costs in culturing fruiting bodies of *Cordyceps militaris*. *Scientia Horticulturae*, 175, 139–143.