



การพัฒนาโรงเรือนเลี้ยงหนอนไหมโดยประยุกต์ใช้ระบบอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง สำหรับการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นภายในโรงเรือนเลี้ยงหนอนไหม

Development of a Silkworm-Rearing House Using the Internet of Things (IoT) System for Temperature and Humidity Control

สุพัตรา เสถียรธีราภาพ¹, นพรุจ สุ่มหิรัญ², ปัทมา วงศ์ภิญญ¹, ขนิษฐา สุขพัฒน์¹, ศรีนทร บุญเครือพันธ์¹, จุฑามาศ รัตนวราภรณ์^{2,3,4}, ศรีณย์ กิรติหัตถยากร^{2,3,4,*}

¹คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพมหานคร 10330

²ศูนย์วิจัยวิศวกรรมชีวเวช คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพมหานคร 10330

³หลักสูตรสหสาขาวิชาวิศวกรรมชีวเวช คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพมหานคร 10330

⁴หน่วยปฏิบัติการวิจัยด้านวัสดุและอุปกรณ์ชีวเวชเพื่อวิศวกรรมระบบบูรณาการการปฏิวัติวงการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพมหานคร 10330

Supattra Sathianteerapap¹, Nopparuj Soomherun², Pattama Wongpin¹, Khanittha Sukkhatpat¹, Sarinthorn Boonkruephana¹, Juthamas Ratanavarapon^{2,3,4}, Saran Keeratihattayakorn^{2,3,4,*}

¹Faculty of Engineering, Chulalongkorn University, Bangkok 10330

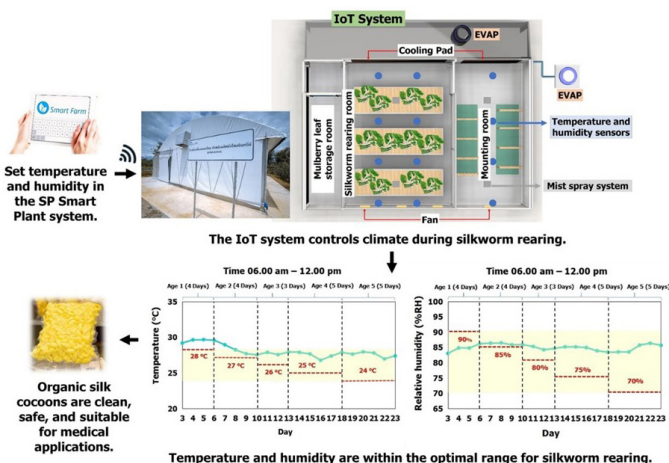
²Biomedical Engineering Research Center, Faculty of Engineering, Chulalongkorn University, Bangkok 10330

³Biomedical Engineering Program, Faculty of Engineering, Chulalongkorn University, Bangkok 10330

⁴Biomedical Materials and Devices for Revolutionary Integrative Systems Engineering (BMD-RISE) Research Unit, Chulalongkorn University, Bangkok 10330

Received 28 May 2024; Received in revised 4 July 2025; Accepted 31 July 2025

GRAPHICAL ABSTRACT



ABSTRACT

This research involves the development of a silkworm-rearing house equipped with an Internet of Things (IoT) system to regulate temperature and humidity within the facility. It also includes the design of the rearing area and processes in accordance with the standards outlined in TAS 8203 by the National Bureau of Agricultural Commodity and Food Standards (2017). The silkworm-rearing facility is located in Dan Thap Tako Subdistrict, Chom Bueng District, Ratchaburi Province. The Tubtim Siam 06 variety of silkworms was used as the model species. The results indicate that the IoT-equipped silkworm-rearing house, used for rearing silkworms from the 1st instar to the 5th instar, maintained temperature between 25.72°C and 30.25°C, and relative humidity values between 77.66%RH and 89.90%RH during the periods of 6:00 a.m.-12:00 p.m. and 6:00 p.m.-12:00 a.m. The IoT system effectively regulated

both temperature and humidity, providing an environment suitable for silkworm development. The cocoon products produced in this facility demonstrated superior quality compared with reference data from the Queen Sirikit Department of Sericulture. Moreover, the silk cocoons obtained were clean, safe, and suitable for medical applications. Therefore, this silkworm-rearing house equipped with the IoT system is considered suitable and convenient for farmers, enabling year-round silkworm production.

คำสำคัญ

การเลี้ยงหนอนไหม;
ระบบอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง;
การควบคุมอุณหภูมิและความชื้น

Keywords

Silkworm-rearing;
Internet of Things system (IoT);
Temperature and humidity
control

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการพัฒนาโรงเรือนเลี้ยงหนอนไหมโดยประยุกต์ใช้ระบบ IoT สำหรับควบคุมอุณหภูมิและความชื้นภายในโรงเรือนเลี้ยงหนอนไหม และออกแบบพื้นที่และกระบวนการเลี้ยงหนอนไหมตามมาตรฐาน มกษ.8203 ของสำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ, 2560 ซึ่งโรงเรือนเลี้ยงหนอนไหมแห่งนี้ตั้งอยู่ที่ตำบลด่านทับตะโก อำเภोजอมบึง จังหวัดราชบุรี และเลี้ยงหนอนไหมพันธุ์ทับทิมสยาม 06 เป็นไหมต้นแบบในการศึกษาวิจัยนี้ ผลการศึกษาพบว่า โรงเรือนเลี้ยงหนอนไหมที่ติดตั้งระบบ IoT สำหรับเลี้ยงหนอนไหมตั้งแต่วัย 1 - วัย 5 พบว่า ในช่วงเวลา 06.00-12.00 น. และ ในช่วงเวลา 18.00-00.00 น. มีค่าอุณหภูมิอยู่ในช่วง 25.72-30.25°C และมีค่าความชื้นสัมพัทธ์อยู่ในช่วง 77.66-89.90%RH ซึ่งระบบ IoT สามารถควบคุมสภาวะแวดล้อมทั้งอุณหภูมิและความชื้นที่เหมาะสมต่อความต้องการหนอนไหมได้ ทั้งนี้ผลผลิตรังไหมที่ได้จากโรงเรือนเลี้ยงหนอนไหมแห่งนี้มีคุณภาพดีกว่าผลผลิตจากข้อมูลอ้างอิงของกรมหม่อนไหม รวมถึงผลผลิตรังไหมมีความสะอาดและปลอดภัยที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้งานทางการแพทย์ได้ ดังนั้นโรงเรือนเลี้ยงหนอนไหมที่ติดตั้งระบบ IoT แห่งนี้เหมาะสมและสะดวกต่อการทำงานของเกษตรกร ทำให้เกษตรกรสามารถเลี้ยงหนอนไหมตลอดทั้งปีได้

*ผู้รับผิดชอบบทความ: saran.ke@chula.ac.th

DOI: 10.14456/tstj.2025.49

1. บทนำ

การเลี้ยงไหมในประเทศไทยแบบดั้งเดิมมักประสบปัญหาการดูแลรักษาความสะอาดและการป้องกันโรคไหม้ รวมถึงอุณหภูมิและความชื้นที่ไม่เหมาะสมต่อการเลี้ยงไหมที่เปลี่ยนแปลงตามฤดูกาล โดยเฉพาะในฤดูร้อนที่มีอุณหภูมิสูงเกินไปไม่เหมาะต่อการเลี้ยงไหม ซึ่งส่งผลกระทบต่อเจริญเติบโตและคุณภาพรังไหม [1, 2, 3, 4]

การพัฒนาโรงเรือนระบบปิดเพื่อควบคุมอุณหภูมิและความชื้นเริ่มถูกนำมาใช้ในภาคการเกษตร Kittisut, P. ทำการศึกษาการเลี้ยงไหมในโรงเรือนเลี้ยงไหมแบบปิดที่มีการควบคุมสภาพอากาศได้โดยส่งข้อมูลผ่านเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ พบว่า สามารถควบคุมอุณหภูมิเฉลี่ยที่ 27-37°C [5] Suriyasomboon, A. and Techakampu, M. ทำการศึกษาการเลี้ยงไหมในโรงเรือนระบบปิดแบบควบคุมอุณหภูมิด้วยการระเหยน้ำ พบว่า โรงเรือนดังกล่าวสามารถควบคุมอุณหภูมิภายในได้โดยมีค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิก่อนข้างคงที่และมีความแปรปรวนของระดับอุณหภูมิและความชื้นในแต่ละวันที่น้อยกว่าในโรงเรือนระบบเปิด [6] ซึ่งงานวิจัยเหล่านี้แสดงให้เห็นว่าโรงเรือนระบบปิดที่ใช้การควบคุมอุณหภูมิด้วยการระเหยน้ำสามารถรักษาสภาพแวดล้อมให้คงที่ได้ดีกว่าระบบเปิด อย่างไรก็ตามระบบปิดที่ใช้ภายในโรงเรือนนั้นเกษตรกรมักประสบปัญหาการติดตามอุณหภูมิ และความชื้นขณะอยู่ข้างนอกหรือไม่สะดวกเข้าไปในโรงเรือนได้อย่างแม่นยำ จึงมีการศึกษาการติดตั้งระบบอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (Internet of things; IoT) เพื่อติดตามอุณหภูมิ และความชื้นได้ตลอดเวลา ที่สำคัญสามารถตรวจสอบข้อมูลย้อนหลังได้อย่างแม่นยำ

ระบบ IoT คือ เครือข่ายของวัตถุ อุปกรณ์ พาหนะ สิ่งปลูกสร้าง หรือสิ่งของที่มีองค์ประกอบของ ฮาร์ดแวร์ ซอฟต์แวร์ เซนเซอร์ (Sensor) สรรพสิ่งสามารถสื่อสารเชื่อมต่อกันได้ผ่านโพรโทคอลสำหรับการสื่อสาร โดยระบบ IoT ทำให้เกิดผลิตภัณฑ์และบริการรูปแบบใหม่มีการใช้ระบบคลาวด์บนอินเทอร์เน็ต

การพัฒนาผลิตภัณฑ์หรือบริการที่ใช้ระบบ IoT ต้องมีการเชื่อมต่อสื่อสารระหว่างอุปกรณ์ หรือระบบต่างๆ เพื่อตรวจสอบ ควบคุม แล้วนำข้อมูลที่รับมาวิเคราะห์ ทำให้เพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของอุปกรณ์ ระบบ หรือกระบวนการให้ดียิ่งขึ้นได้ การใช้ระบบ IoT มีทั้งข้อดีและข้อเสีย โดยข้อดีของระบบ IoT คือ เพิ่มความสะดวกสบายในการทำงาน เพิ่มความรวดเร็วและประสิทธิภาพในการทำงาน ช่วยลดต้นทุนในด้านต่างๆ ส่วนข้อเสียนั้นคือ หากไม่สามารถเชื่อมอินเทอร์เน็ตได้อาจเกิดปัญหาต่างๆ เช่น ไม่สามารถสั่งงานอุปกรณ์ได้ ความปลอดภัยของข้อมูล ความผิดพลาดที่เกิดจากการประมวลผลผิดพลาด แต่ทั้งนี้ระบบ IoT ถูกนำมาใช้ประโยชน์ในการใช้งานที่หลากหลายทั้งด้านการศึกษา ด้านวิทยาศาสตร์ สุขภาพ ด้านการแพทย์ ด้านอุตสาหกรรมการผลิต รวมถึงด้านการเกษตร [7]

การประยุกต์ใช้ระบบ IoT ในการเกษตรยังช่วยให้สามารถติดตามและควบคุมปัจจัยแวดล้อมได้อย่างแม่นยำ รวมถึงการเก็บข้อมูลย้อนหลังเพื่อนำไปวิเคราะห์ปรับปรุงกระบวนการผลิต ตัวอย่างเช่น การเพาะเลี้ยงไส้เดือนดินใช้ระบบ IoT ควบคุมอุณหภูมิและความชื้นเพื่อแก้ปัญหาการสูญเสียและเพิ่มผลผลิตปุ๋ยมูลไส้เดือนดินแก่เกษตรกร [8] การผลิตเห็ดกลุ่มเย็น (เห็ดนางฟ้า) ในโรงเรือนที่ใช้ระบบ IoT สามารถควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ระหว่าง 70-90% อุณหภูมิระหว่าง 28-32°C ปริมาณ CO₂ ไม่เกิน 1,500 ppm และแสงไม่เกิน 100 lux ซึ่งได้ผลผลิตเห็ดสูงกว่า 22% เมื่อเทียบกับผลผลิตเห็ดที่ได้จากโรงเรือนแบบดั้งเดิม [9] รวมถึงการผลิตดอกเห็ดภายในโรงเรือนที่ใช้ระบบ IoT ทำให้ผลผลิตที่ได้สามารถจัดเก็บได้ระยะเวลายาวนานขึ้น และมีน้ำหนักดี ดอกอวบ และอมน้ำ มีการเจริญเติบโตอย่างสม่ำเสมอ [10] Nopparatmaitree, M. and Kitpipit, W. ทำการศึกษาลักษณะบริเวณและพื้นที่เลี้ยงไหมภายในโรงเรือนแบบปิด พบว่า การเลี้ยงไหมภายในโรงเรือนแบบปิดนั้นพื้นที่เลี้ยงของโรงเรือนมีผลต่ออุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และดัชนีความเครียดเนื่องจากความร้อนภายในโรงเรือน

รวมทั้งบริเวณในการเลี้ยงที่ต่างกันภายในโรงเรือนมีผลต่ออุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายในโรงเรือน [11]

ในงานวิจัยนี้จึงนำระบบ IoT และการควบคุมอุณหภูมิด้วยการระเหยน้ำมาพัฒนาโรงเรือนเลี้ยงหนอนไหมแบบระบบปิด โดยใช้ Evaporative cooling system (EVAPs) และติดตั้งระบบ Cooling pad เพื่อควบคุมอุณหภูมิและความชื้นให้อยู่ในระดับเหมาะสมสำหรับการเลี้ยงหนอนไหมทุกช่วงวัย พร้อมทั้งมีระบบ IoT เพื่อตรวจสอบและจัดการข้อมูลสิ่งแวดล้อมในโรงเรือน ส่งผลให้เกษตรกรสามารถเลี้ยงหนอนไหมตลอดทั้งปีได้ ไม่ขึ้นกับฤดูกาล นอกจากนี้ยังมีการควบคุมความสะอาดและเชื้ออาหาร รา ไวรัส และแบคทีเรีย ที่เป็นสาเหตุสำคัญของการเกิดโรคไหม้ต่างๆ เช่น โรคแกรสเซอร์ (Grassery disease) โรคฟลักเซอร์ (Fiacherie disease) โรคแอสเพอร์จิลลัส (Aspergillus disease) และโรคมัสคาติน (Muscardine disease) เป็นต้น [12] โรงเรือนเลี้ยงหนอนไหมนี้ยังสร้างและออกแบบตามข้อกำหนดมาตรฐานของกรมหม่อนไหม กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ [13] ซึ่งคำนึงถึงขนาดพื้นที่และทำเลที่ตั้งของโรงเรือน ความสะอาดของพื้นที่ภายในโรงเรือนเลี้ยงหนอนไหมและอุปกรณ์ที่ใช้ในการเลี้ยงหนอนไหม รวมถึงมีการจัดสรรพื้นที่เลี้ยงหนอนไหม โดยแบ่งเป็นห้องต่างๆ เช่น ห้องเก็บใบหม่อน ห้องเลี้ยงไหม และห้องไหมทำรัง ตามกระบวนการทำงานและความสะอาดของเกษตรกรเลี้ยงหนอนไหม และสอดคล้องกับมาตรฐาน มกษ.8203 เล่ม 1-2560 [14] ซึ่งนับเป็นโรงเรือนเลี้ยงหนอนไหมแห่งแรกของประเทศไทยที่กระบวนการเลี้ยงหนอนไหมได้รับรองมาตรฐานนี้ และสามารถผลิตรังไหมอินทรีย์ที่มีคุณภาพสูง โดยพันธุ์ไหมที่เลี้ยง คือ พันธุ์ทับทิมสยาม 06 ซึ่งเป็นไหมต้นแบบในการเลี้ยงไหมในโรงเรือนนี้ และในส่วนของการปลูกหม่อนใบสำหรับเป็นอาหารของหนอนไหม เกษตรกรมีการจัดสรรพื้นที่ในการปลูกหม่อนใบสำหรับเลี้ยงหนอนไหมเพื่อให้มีปริมาณใบหม่อนที่เพียงพอต่อการเลี้ยงหนอนไหมตลอดทั้งปี ซึ่งการปลูกหม่อนใบนี้จะทำการเกษตรเป็นแบบระบบเกษตรอินทรีย์ที่ไม่มี

การใช้สารเคมีภายในสวนหม่อนใบตามข้อกำหนด มกษ.9000-2564 [15] ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาโรงเรือนเลี้ยงหนอนไหม โดยการประยุกต์ใช้ระบบ IoT ในการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสำหรับเลี้ยงหนอนไหมจะสามารถเพิ่มคุณภาพของรังไหมได้ในแง่ของน้ำหนักรังไหมเพื่อให้ได้รังไหมที่เหมาะสมกับการใช้งานทางการแพทย์ได้ และออกแบบพื้นที่และกระบวนการเลี้ยงหนอนไหมให้สอดคล้องกับมาตรฐาน มกษ.8203 ของสำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ, 2560

2. วิธีดำเนินการวิจัย

2.1 การออกแบบและสร้างต้นแบบโรงเรือนเลี้ยงหนอนไหมและแปลงหม่อนอินทรีย์สำหรับเลี้ยงหนอนไหม

ต้นแบบโรงเรือนเลี้ยงหนอนไหมแห่งนี้ได้สร้างและออกแบบตามข้อกำหนด มกษ.8201(G) – 2559 [13] ดังแสดงแผนผังภายในโรงเรือนเลี้ยงหนอนไหม และแบบจำลอง 3 มิติ ใน Figure 1 and Figure 2 ตามลำดับ โดยโรงเรือนเลี้ยงหนอนไหมนี้มีการจัดสรรพื้นที่การทำงาน of เกษตรกร และแบ่งเป็นห้องต่างๆ เช่น ห้องเก็บใบหม่อน (Mulberry leaf storage room) ห้องเลี้ยงไหม (Silkworm rearing room) และห้องไหมทำรัง (Mounting room) เพื่อให้เหมาะสมและสะดวกต่อกระบวนการทำงานของเกษตรกร กระบวนการทำงานของเกษตรกรเริ่มจากการเก็บใบหม่อนนำเข้ามาจัดเก็บไว้ในห้องเก็บใบหม่อน โดยมีการจัดเก็บวันละ 1 ครั้ง เพื่อให้มีใบหม่อนเพียงพอสำหรับการนำไปเลี้ยงหนอนไหมใน 1 วัน (3 มื้อ) นำใบหม่อนไปเลี้ยงหนอนไหมในห้องเลี้ยงไหม ซึ่งเป็นพื้นที่ที่มีการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นไว้ให้เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของหนอนไหมแต่ละช่วงวัย ตั้งแต่วัย 1 - วัย 5 ด้วยการติดตั้งระบบ EVAPs และระบบแผงทำความเย็น (Cooling pad) เพื่อระบายความร้อน ลดอุณหภูมิ และเพิ่มความชื้นภายในโรงเรือน ส่งผลให้เกษตรกรสามารถเลี้ยงหนอนไหมตลอดทั้งปีได้

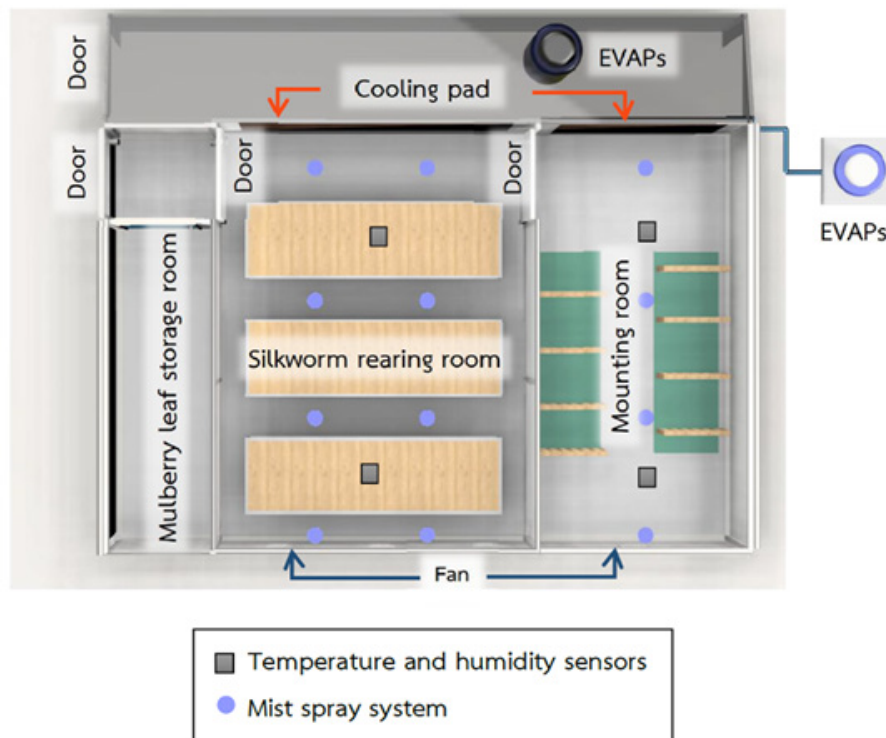


Figure 1 Layout of the interior of a silkworm-rearing house equipped with the IoT system

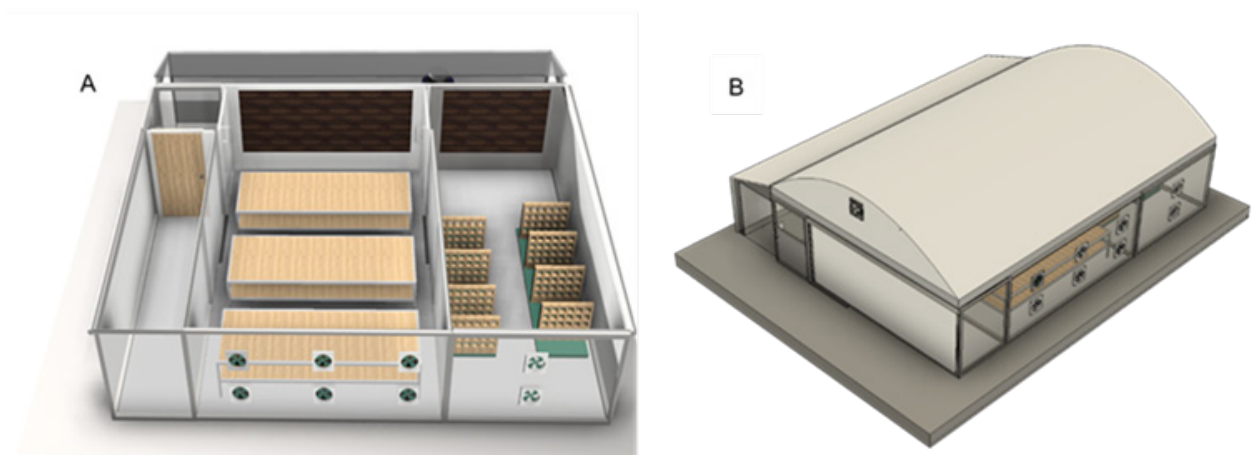


Figure 2 3D interior (A) and exterior (B) models of a silkworm-rearing house equipped with the IoT system

ซึ่งกระบวนการนี้ใช้เวลาทั้งสิ้น 22-25 วัน เมื่อหนอนไหม สิ้นสุดวัย 5 และหนอนไหมเริ่มสุกลักษณะสีเหลือง โปร่งแสงพร้อมที่จะพ่นเส้นใยเพื่อสร้างรัง จึงเคลื่อนย้าย หนอนไหมไปที่ห้องไหมทำรัง โดยนำหนอนไหมไปเข้าจ่อ (อุปกรณ์ที่จะให้ตัวไหมเกาะเพื่อชักใยห่อหุ้มตัวหนอน) ให้หนอนไหมพ่นเส้นใยเพื่อสร้างรังภายในจ่อ ซึ่ง กระบวนการนี้ใช้เวลาทั้งสิ้น 5-7 วัน

ในส่วนของการปลูกหม่อนใบเพื่อเป็นอาหาร สำหรับหนอนไหม ได้ทำการปลูกหม่อนใบด้วยระบบ เกษตรอินทรีย์ที่ไม่มีการใช้สารเคมีภายในสวนหม่อนใบ ตามข้อกำหนด มกช.9000-2564 [15] ภายในสวนหม่อน ใบมีการจัดสรรพื้นที่ปลูกหม่อนใบให้เพียงพอต่อการเลี้ยง หนอนไหมตลอดทั้งปีได้ โดยพื้นที่มีทั้งหมดประมาณ 5 ไร่ 9 ตารางวา แบ่งพื้นที่เป็นดังนี้

1. แปลงหม่อนใบ (Mulberry leaf plot) แปลง ที่ 1 มีพื้นที่ 2 งาน, แปลงหม่อนใบแปลงที่ 2 มีพื้นที่ 1 ไร่, แปลงหม่อนใบแปลงที่ 3/1 และ 3/2 มีพื้นที่ 1 ไร่ 8 ตารางวา และแปลงหม่อนใบแปลงที่ 4 มีพื้นที่ 2 งาน ซึ่งแปลงหม่อนใบทั้งหมดนี้ใช้สำหรับเลี้ยงหนอนไหม

2. โรงเรือนเลี้ยงหนอนไหม (Silkworm-rearing house) มีพื้นที่ 2 งาน

3. แปลงหม่อนผล (Mulberry fruit plot) มี พื้นที่ 2 งาน

4. บ่อพักน้ำ (Agricultural pond) ขนาดใหญ่ มีพื้นที่ 2 งาน และ บ่อพักน้ำติดโรงเรือน มีพื้นที่ 1 งาน ซึ่งบ่อพักน้ำทั้งสองแห่งนี้เป็นแหล่งน้ำธรรมชาติไว้ใช้ สำหรับการรดน้ำต้นหม่อนใบ

5. พื้นที่หมักปุ๋ยอินทรีย์และน้ำหมักชีวภาพ (Organic fertilizer composting area) มีพื้นที่ 9.5 ตารางวา ซึ่งเป็นพื้นที่สำหรับการทำปุ๋ยและน้ำหมัก ชีวภาพเพื่อไว้ใช้สำหรับการดูแลดินและหม่อนใบในระบบ เกษตรอินทรีย์

6. พื้นที่เก็บอุปกรณ์ ปุ๋ยอินทรีย์ และน้ำหมัก ชีวภาพสำเร็จรูป (Agricultural equipment storage area) มีพื้นที่ 24 ตารางวา ซึ่งเป็นพื้นที่ไว้สำหรับจัดเก็บ อุปกรณ์และปุ๋ยที่ใช้ภายในระบบเกษตรอินทรีย์

รวมถึงสวนหม่อนใบแห่งนี้มีการจัดทำแนวกันชน ที่มีการปลูกหญ้าเนเปียร์ และการขุดบ่อน้ำล้อมรอบ เพื่อ ป้องกันการปนเปื้อนสารเคมีจากบริเวณข้างเคียง แสดงดัง Figure 3

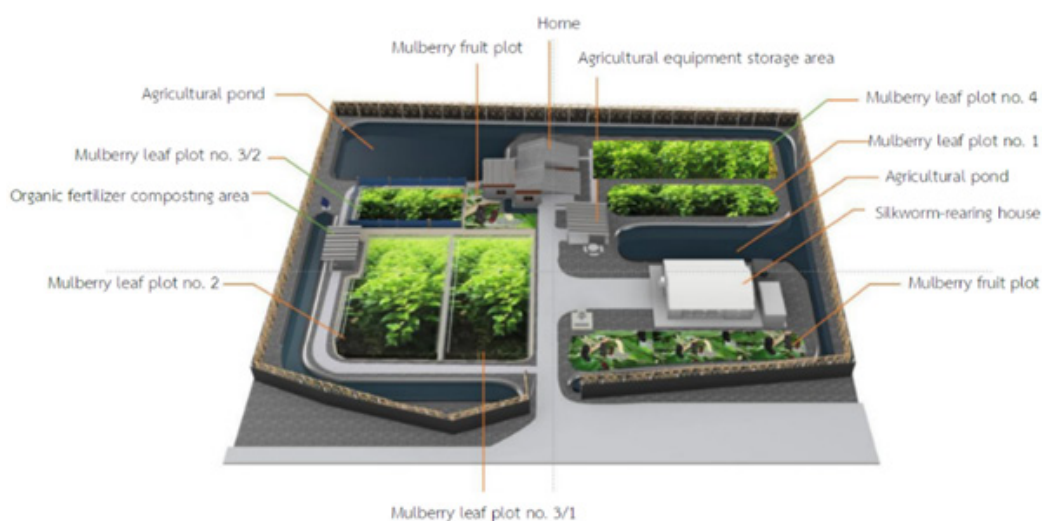


Figure 3 Diagram of an organic mulberry plot for silkworm rearing

2.2 กระบวนการเลี้ยงหนอนไหม

กระบวนการเลี้ยงหนอนไหมจะปฏิบัติตามข้อกำหนด มกษ.8201(G) – 2559 [13] เพื่อให้ได้รังไหมอินทรีย์ที่มีคุณภาพสูง แสดงดัง Figure 4 และมีรายละเอียดดังนี้

2.2.1 การเตรียมการเลี้ยงหนอนไหม

1. ไบหม่อนที่ใช้สำหรับเลี้ยงไหมพันธุ์ทับทิมสยาม 06 ประมาณ 200 – 300 กิโลกรัม
2. ทำความสะอาดโรงเรือนเลี้ยงหนอนไหมและอุปกรณ์ต่าง ๆ โดยล้างทำความสะอาดด้วยน้ำสะอาดผสมผงซักฟอกที่ย่อยสลายได้ทางชีวภาพ และฆ่าเชื้อด้วยสารละลายน้ำปูนใส ความเข้มข้น 0.5% หรือ 1% โดยน้ำหนักต่อปริมาตร
3. เตรียมปูนขาวสำหรับโรยตัวหนอนไหมในระยะไหมนอน เพื่อลดความชื้น

2.2.2 การเลี้ยงหนอนไหม

1. การเก็บและการให้ไบหม่อน
 - วัย 1 เก็บไบได้ยอดลงมาใบที่ 1-3 และไบหม่อนหั่นมีขนาด 0.5-1.0 เซนติเมตร ความยาว 3-4 เท่าของความกว้าง
 - วัย 2 เก็บไบได้ยอดลงมาใบที่ 4-6 และไบหม่อนหั่นมีขนาดกว้าง 1.5-2.0 เซนติเมตร
 - วัย 3 เก็บไบได้ยอดลงมาใบที่ 7-10 และไบหม่อนหั่นมีขนาดกว้าง 2.5-3.0 เซนติเมตร
 - วัย 4-5 ใช้ไบหม่อนได้ตลอดทั้งกิ่ง ยกเว้นใบยอด
2. ให้อาหารไม่น้อยกว่าวันละ 3 มื้อ
3. การขยายพื้นที่ในการเลี้ยงหนอนไหมให้เหมาะสมกับหนอนไหมแต่ละวัย

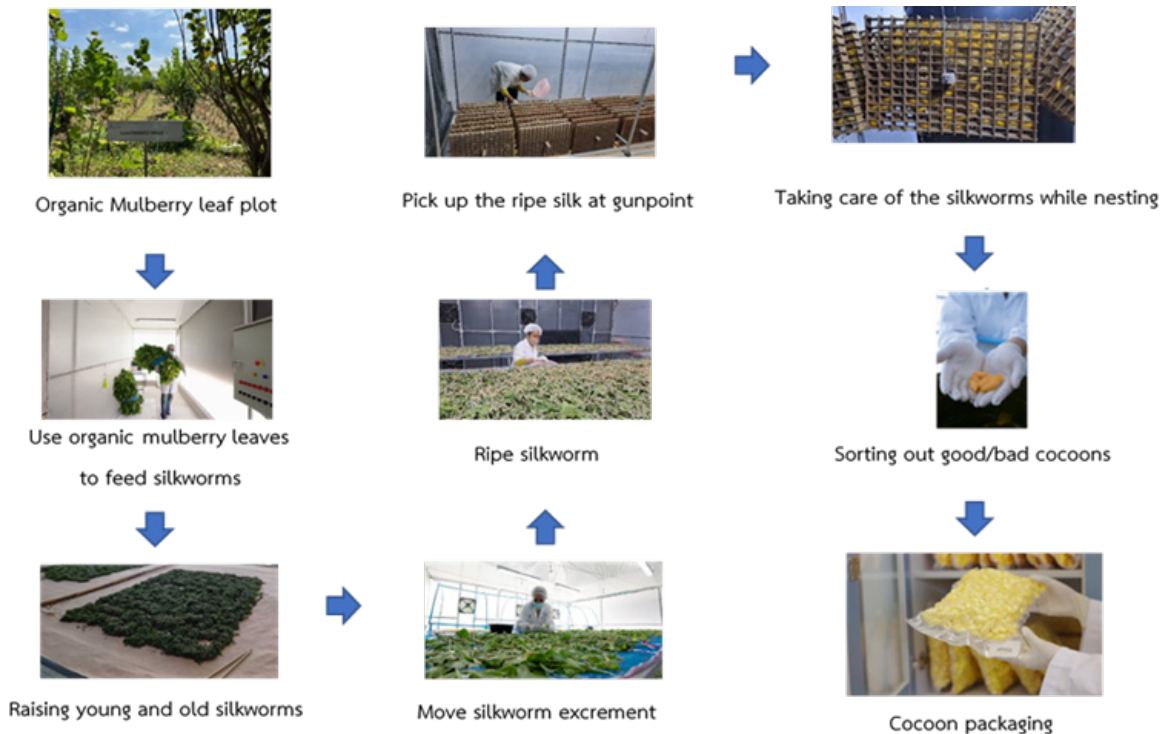


Figure 4 Process of rearing silkworms in a silkworm-rearing house equipped with the IoT system

4. การถ่ายมูลไหม ควรถ่ายมูลไหมทุกวัย โดยทำช่วงตอนไหมตื่น เมื่อไหมวัย 5 ให้ถ่ายมูลทุกวัน

5. เมื่อไหมสุก หลังจากเลี้ยงไหมวัย 5 แล้วประมาณ 5-7 วัน จะเก็บไหมสุกเข้าจ่อ เพื่อให้ไหมพันใยทำรังในจ่อ

6. เมื่อถึงช่วงเก็บรังไหมจะมีการคัดแยกรังดี และรังบกพร่องออกจากกัน แล้วนำรังดีมาทำความสะอาด ลอกปูย ปาดรังเพื่อเอาดักแด้ออก และนำเปลือกรังไหมมาบรรจุในถุงสุญญากาศเพื่อเก็บรักษา

2.3 การทดสอบสภาวะอุณหภูมิและความชื้นที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงหนอนไหม

การเลี้ยงหนอนไหมควรมีการควบคุมปัจจัยภายในโรงเรือนให้เหมาะสมอยู่เสมอ เนื่องจากปัจจัยเหล่านี้ส่งผลต่ออัตราการเจริญเติบโตของหนอนไหม ในโรงเรือนเลี้ยงหนอนไหมแบบปิดที่ติดตั้งระบบ IoT จะต้องควบคุมให้มีอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายในโรงเรือนอยู่ในช่วงที่เหมาะสมของแต่ละวัยหนอนไหม ดังแสดงใน Table 1 ซึ่งเป็นสภาวะที่อ้างอิงตามกรมหม่อนไหมกำหนดไว้ ภายในโรงเรือนได้มีการออกแบบและจัดวางตำแหน่งของอุปกรณ์ต่างๆที่ใช้ในการควบคุมปัจจัยการเลี้ยงหนอนไหม โดยติดตั้งเครื่องพ่นหมอกเพื่อเพิ่มความชื้นในห้องเลี้ยงไหมจำนวน 8 ชุด ติดตั้งพัดลมระบายความร้อนที่ผนังของโรงเรือนในห้องเลี้ยงไหม

จำนวน 6 ชุด ติดตั้งระบบแผงทำความเย็น (Cooling pad) ในห้องเลี้ยงไหม ขนาด 6 เมตร และติดตั้งเซ็นเซอร์อุณหภูมิและความชื้น (SHT31; Sensirion, Switzerland) ในห้องเลี้ยงไหม จำนวน 2 ชุด เพื่อวัดค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายในโรงเรือน ดังตำแหน่งที่แสดงใน Figure 1 โดยเซ็นเซอร์อุณหภูมิมีช่วงการวัดตั้งแต่ -40°C ถึง 125°C และความคลาดเคลื่อน (Accuracy) $\pm 0.2^{\circ}\text{C}$ และเซ็นเซอร์ความชื้นมีช่วงการวัดตั้งแต่ 0%RH ถึง 100%RH และความคลาดเคลื่อน $\pm 2.0\%\text{RH}$

นอกจากนี้ยังมีการควบคุมปัจจัยอื่นที่ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของหนอนไหม เช่น

1. ใบหม่อนซึ่งเป็นอาหารหลักของหนอนไหม ต้องใช้ใบหม่อนที่สด สะอาด มีคุณค่าทางโภชนาการที่เหมาะสม โดยเก็บใบหม่อนแล้วนำมาใช้เลี้ยงหนอนไหมไม่เกิน 1 วัน

2. ความหนาแน่นของหนอนไหม ต้องมีการขยายพื้นที่เลี้ยงให้สัมพันธ์กับการเจริญเติบโตของหนอนไหมแต่ละวัย เพื่อป้องกันความแออัดซึ่งอาจลดอัตราการเจริญเติบโต โดยหนอนไหมประมาณ 20,000 ตัว จะใช้พื้นที่เลี้ยงอย่างน้อย 16-18 ตารางเมตร (ตร.ม.) ซึ่งการขยายพื้นที่เลี้ยงของหนอนไหมแต่ละวัย (วัยหนอนไหม : ขนาดพื้นที่เลี้ยง (ตร.ม.)) ดังนี้ วัย 1 : 1 ตร.ม. วัย 2 : 2

Table 1 Environmental conditions suitable for silkworms rearing [16]

Ages of silkworms	Temperatures ($^{\circ}\text{C}$)	Relative humidity (%)
1 st Instar	27-28	90
2 nd Instar	26-27	85
3 rd Instar	25-26	80
4 th Instar	24-25	75
5 th Instar	23-24	70
mounting	22-24	65-70

ตร.ม. วัย 3 : 4.5 ตร.ม. วัย 4 : 10 ตร.ม. และ วัย 5 : 16-18 ตร.ม.

3. การควบคุมการระบายอากาศในพื้นที่เลี้ยง เพื่อป้องกันการสะสมของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และความร้อน โดยภายในพื้นที่เลี้ยงมีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์น้อยกว่า 1%

2.4 การออกแบบและทดสอบระบบ IoT ที่ใช้ภายในโรงเรือนเลี้ยงหนอนไหม

การควบคุมสภาวะแวดล้อมภายในโรงเรือนด้วยระบบการทำงานอัตโนมัติ โดยมีการติดตั้งอุปกรณ์ระบบแผงทำความเย็นและเครื่องพ่นหมอกเพื่อเพิ่มความชื้นภายในโรงเรือน รวมถึงมีระบบพัดลมอุตสาหกรรมเพื่อระบายความร้อนด้านข้างและใต้หลังคา ซึ่งการลดอุณหภูมิของระบบแผงทำความเย็นสามารถลดอุณหภูมิของอากาศที่ผ่านแผงได้ประมาณ 5-10°C ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิและความชื้นของอากาศบริเวณรอบโรงเรือน ระบบแผงทำความเย็นจะมีประสิทธิภาพสูงสุดในสภาพอากาศที่มีอุณหภูมิสูงและความชื้นต่ำ

การทำงานของระบบ IoT จะควบคุมสภาวะแวดล้อมภายในโรงเรือน ซึ่งประกอบด้วยอุปกรณ์เซ็นเซอร์อุณหภูมิและความชื้นที่ติดตั้งภายในโรงเรือนเพื่อทำการตรวจวัดค่าต่างๆ แบบเรียลไทม์ โดยมีหน่วยประมวลผลกลางทำหน้าที่รับข้อมูลจากเซ็นเซอร์ประมวลผลข้อมูล และสื่อสารกับผู้ใช้งานผ่านเครือข่าย

อินเทอร์เน็ต เมื่อค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ที่ตรวจวัดได้ไม่อยู่ในช่วงที่ปรับตั้งค่าไว้ใน Table 2 ระบบจะส่งสัญญาณแจ้งเตือนผ่านระบบเซ็นเซอร์เพื่อสั่งการให้ระบบ EVAPs และพัดลมระบายอากาศเปิดการทำงาน เพื่อให้ค่าอุณหภูมิและความชื้นภายในโรงเรือนเลี้ยงหนอนไหมอยู่ในช่วงที่ปรับตั้งค่าไว้เป็นไปตามดัง Table 2

การตั้งค่าอุณหภูมิและความชื้นของระบบนั้นจะอ้างอิงตามข้อมูลจากกรมหม่อนไหม ซึ่งการออกแบบระบบ IoT ที่ควบคุมอุณหภูมิและความชื้นภายในโรงเรือน (Table 2) ได้กำหนดค่าอุณหภูมิที่ 27°C และความชื้นสัมพัทธ์ 85% สำหรับหนอนไหมวัย 1-3 เป็นเกณฑ์สำหรับการเปิด-ปิดระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นภายในโรงเรือน โดยค่าเกณฑ์ดังกล่าวอยู่ในช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสม (25-28°C) ซึ่งการควบคุมที่ระดับนี้ช่วยให้ป้องกันการเกิดภาวะอากาศร้อนเกินภายในโรงเรือนได้อย่างมีประสิทธิภาพ เมื่อค่าอุณหภูมิสูงกว่า 27°C ระบบพัดลมและระบบ EVAPs จะเปิดทำงานอัตโนมัติ เพื่อรักษาสภาวะแวดล้อมให้อยู่ในช่วงที่เหมาะสม ส่วนสำหรับหนอนไหมวัย 4-5 ได้กำหนดค่าอุณหภูมิที่ 25°C และความชื้นสัมพัทธ์ 75% เป็นเกณฑ์สำหรับการเปิด-ปิดระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นภายในโรงเรือนเช่นกัน หากความชื้นสัมพัทธ์มากกว่า 75% แต่อุณหภูมิมากกว่า 25°C ระบบ IoT จะสั่งการให้ระบบ EVAPs ปิดการทำงาน และระบบพัดลมเปิดการ

Table 2 The operation of the IoT system employed in a silkworm-rearing house.

Ages of silkworms	Temperatures (°C)	Relative humidity (%)	Fan	Cooling pad
1 st Instar – 3 rd Instar	More than 27	Less than 85	on	on
	Less than 27	More than 85	off	off
4 th Instar – 5 th Instar	More than 25	Less than 75	on	on
	Less than 25	More than 75	off	off

ทำงาน เพื่อระบายอากาศให้อุณหภูมิลดลงและป้องกันการเพิ่มความชื้นสัมพัทธ์จากระบบการระเหยน้ำ ทำให้ค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์อยู่ในช่วงที่เหมาะสม

ทั้งนี้ระบบ IoT มีส่วนช่วยในการลดการสูญเสียผลผลิต และการสูญเสียพลังงานไปโดยเปล่าประโยชน์ ซึ่งโรงเรือนระบบ IoT นี้สามารถควบคุมได้ทั้งระบบน้ำ ระบบเพิ่ม/ลดอุณหภูมิและความชื้น พร้อมทั้งบันทึกข้อมูลต่างๆ ในระบบไว้เพื่อตรวจสอบย้อนหลังได้

2.5 การเก็บรวบรวมข้อมูล

1. วัดอุณหภูมิและความชื้นของอากาศภายในโรงเรือนเลี้ยงหนอนไหมช่วงเดือนตุลาคม 2565 (Oct 65) เดือนกุมภาพันธ์ 2566 (Feb 66) และเดือนสิงหาคม 2566 (Aug 66) โดยทำการบันทึกข้อมูลทุกๆ 1 ชั่วโมง เก็บข้อมูลตลอด 24 ชั่วโมง จนหนอนไหมครบ 5 วัย ด้วยระบบ IoT ในโปรแกรม Smart plant

2. บันทึกผลผลิตรังไหม ได้แก่ น้ำหนักรังไหมสด ต่อรังเฉลี่ย น้ำหนักเปลือกรังไหมต่อรังเฉลี่ย และเปอร์เซ็นต์เปลือกรัง รวมถึงเปอร์เซ็นต์การฟักไข่

2.6 การวิเคราะห์ผล

ผู้วิจัยนำบันทึกผลอุณหภูมิและความชื้นภายในโรงเรือนเลี้ยงหนอนไหมที่ได้เก็บรวบรวมข้อมูลมาตรวจสอบความสมบูรณ์และความถูกต้องของข้อมูล เพื่อวิเคราะห์ผลอุณหภูมิและความชื้นของการเลี้ยงหนอนไหมภายในโรงเรือนเลี้ยงหนอนไหมด้วยระบบ IoT และวิเคราะห์ข้อมูลผลผลิตรังไหมที่ได้จากการเก็บรวบรวมข้อมูล

3. ผลการวิจัยและวิจารณ์

3.1 ผลของการสร้างโรงเรือนเลี้ยงหนอนไหมที่ติดตั้งระบบ IoT

ต้นแบบโรงเรือนเลี้ยงหนอนไหมแห่งนี้ที่ถูกสร้างและออกแบบตามข้อกำหนด มกช.8201(G) – 2559 [13] ตั้งอยู่ที่ตำบลด่านทับตะโก อำเภोजอมบึง จังหวัดราชบุรี แสดงดัง Figure 5 โดยคำนึงถึงทำเลที่ตั้งของโรงเรือน

ต้องสร้างตามแนวขนานกับทิศตะวันออกและทิศตะวันตก เพื่อให้มีอากาศถ่ายเทที่สะดวกในการเลี้ยงหนอนไหม ขนาดพื้นที่ของโรงเรือนต้องพอเหมาะกับการเลี้ยงหนอนไหมเมื่อมีการขยายพื้นที่การเลี้ยงหนอนไหมในแต่ละวัย ความสะอาดของสถานที่การเลี้ยงหนอนไหมต้องผ่านการล้างทำความสะอาดและฆ่าเชื้อด้วยปูนขาวหรือแคลเซียมออกไซด์ (Calcium oxide; CaO) และอบด้วยแสงรังสียูวี เพื่อป้องกันการเกิดการสะสมของเชื้อโรคที่จะทำให้เกิดการแพร่กระจายโรคระบาดทำลายหนอนไหมได้ โรงเรือนเลี้ยงหนอนไหมแห่งนี้มีการจัดสรรพื้นที่การทำงานของเกษตรกร โดยแบ่งเป็นห้องต่างๆ เช่น ห้องเก็บใบหม่อน ห้องเลี้ยงไหม ห้องไหมทำรัง เพื่อให้เหมาะสมและสะดวกต่อกระบวนการทำงานของเกษตรกร และมีการติดตั้งอุปกรณ์เพื่อควบคุม อุณหภูมิและความชื้นได้ โดยมีการประยุกต์ใช้ EVAPs เพื่อปรับสภาวะแวดล้อมที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงหนอนไหมในแต่ละวัย และมีการติดตั้งระบบแผงทำความเย็น (Cooling pad) เพื่อระบายความร้อนลดอุณหภูมิ และเพิ่มความชื้นภายในโรงเรือน ส่งผลให้เกษตรกรสามารถเลี้ยงหนอนไหมตลอดทั้งปีได้

3.2 ผลของอุณหภูมิและความชื้นของอากาศที่ใช้เลี้ยงหนอนไหมภายในโรงเรือนเลี้ยงหนอนไหมที่ติดตั้งระบบ IoT

การทดลองเลี้ยงหนอนไหมพันธุ์ทับทิมสยาม 06 ภายในโรงเรือนเลี้ยงหนอนไหมที่ติดตั้งระบบ IoT สามารถควบคุมสภาวะแวดล้อมทั้งอุณหภูมิและความชื้นได้ โดยมีระบบแผงทำความเย็น พัดลม และตัวพ่นหมอก ที่ช่วยให้อากาศภายในโรงเรือนเหมาะสมต่อการเลี้ยงหนอนไหมในแต่ละช่วงวัย ตั้งแต่วัย 1 - วัย 5 จาก Figure 6 and Figure 7 แสดงผลของอุณหภูมิและความชื้นของอากาศที่ใช้เลี้ยงหนอนไหมภายในโรงเรือนเลี้ยงหนอนไหมที่ติดตั้งระบบ IoT ของช่วงเดือนสิงหาคม 2566 พบว่าอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการเลี้ยงหนอนไหมในแต่ละระยะการเจริญเติบโตตามข้อมูลอ้างอิงจากกรมหม่อนไหมอยู่ในช่วง 23-28°C โดยระบบ IoT ควบคุม

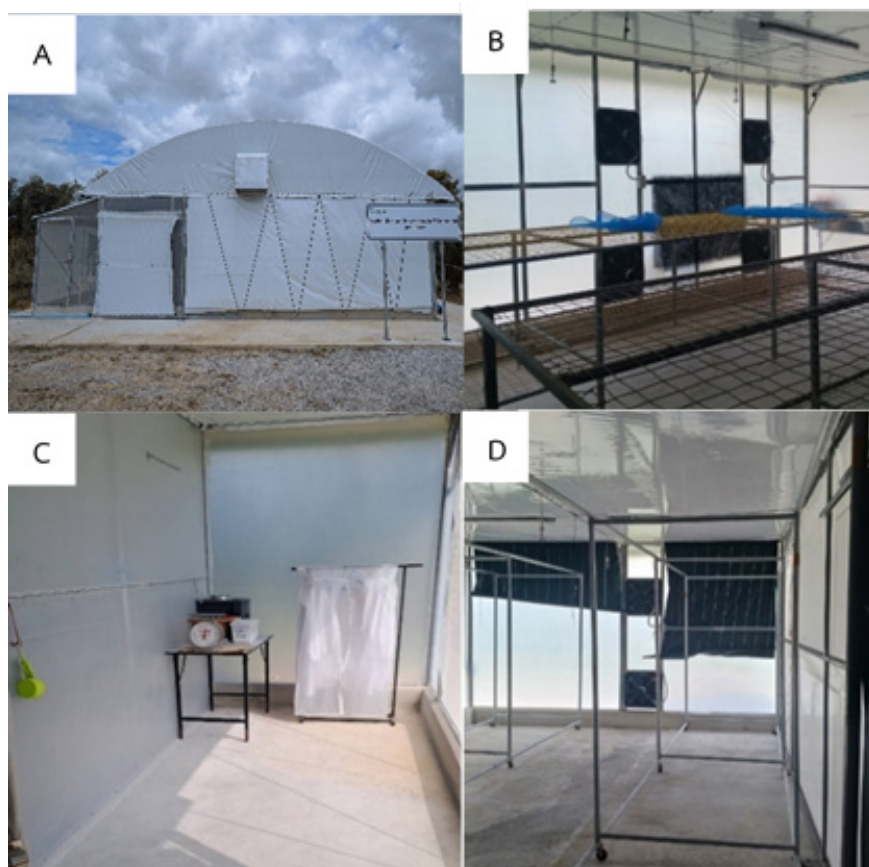


Figure 5 A prototype silkworm rearing house used for rearing silkworms equipped with the IoT system.

(A) Outside the silkworm rearing house (B) Silkworm rearing room

(C) Mulberry leaf storage room (D) Mounting room

อุณหภูมิให้อยู่ในช่วง 25.72-30.25°C (ดั่งเส้นสีเขียว) ตลอดระยะเวลาการเลี้ยงหนอนไหม ค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิอยู่ที่ 27.44°C ซึ่งอยู่ในช่วงที่เหมาะสม ส่วนความชื้นสัมพัทธ์ที่เหมาะสมตามข้อมูลอ้างอิงจากกรมหม่อนไหมอยู่ในช่วง 70-90%RH โดยระบบ IoT ควบคุมความชื้นให้อยู่ในช่วง 77.66-89.90%RH (ดั่งเส้นสีเขียว) ตลอดระยะเวลาการเลี้ยงหนอนไหม ค่าเฉลี่ยของความชื้นอยู่ที่ 84.60%RH แสดงให้เห็นว่า ระบบ IoT สามารถรักษาความชื้นให้อยู่ในช่วงที่เหมาะสม เมื่อเปรียบเทียบข้อมูลจากระบบ IoT กับข้อมูลอ้างอิงจาก

กรมหม่อนไหม พบว่า ระบบ IoT สามารถรักษาค่าอุณหภูมิและความชื้นให้อยู่ในช่วงเป้าหมาย (ดั่งเส้นแถบสีเหลือง) ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทำให้สามารถเลี้ยงหนอนไหมได้ตลอดทั้งปี และได้ผลผลิตรังไหมที่มีคุณภาพ เนื่องจากการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นของอากาศ ทำให้ได้ผลผลิตรังไหมที่มีขนาดใหญ่กว่า ความหนาแน่นของรังไหมมากกว่า เมื่อเทียบกับการเลี้ยงหนอนไหมโดยวิธีธรรมชาติที่ไม่มีการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นของอากาศส่งผลต่อคุณภาพรังไหมโดยได้รังไหมที่มีขนาดเล็ก ความหนาแน่นของรังไหมน้อยกว่า [17]

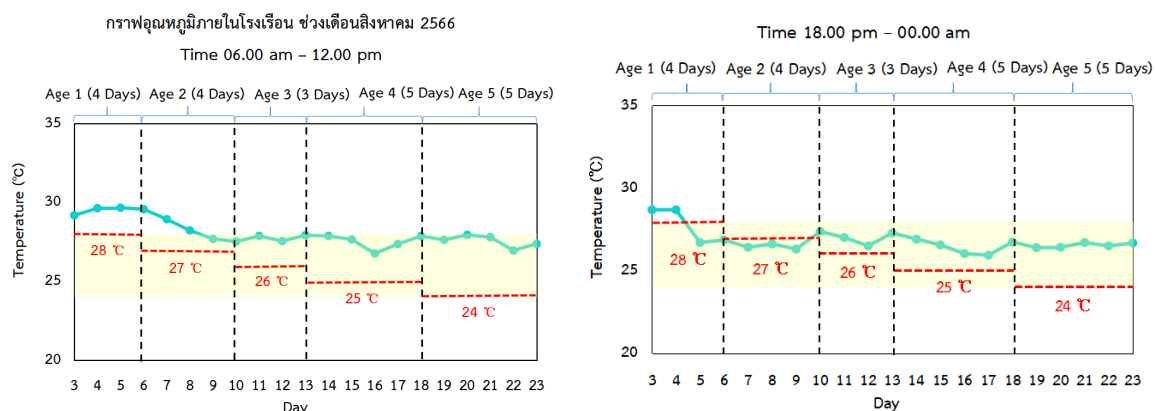


Figure 6 The temperatures of the air in a silkworm-rearing house equipped with the IoT system

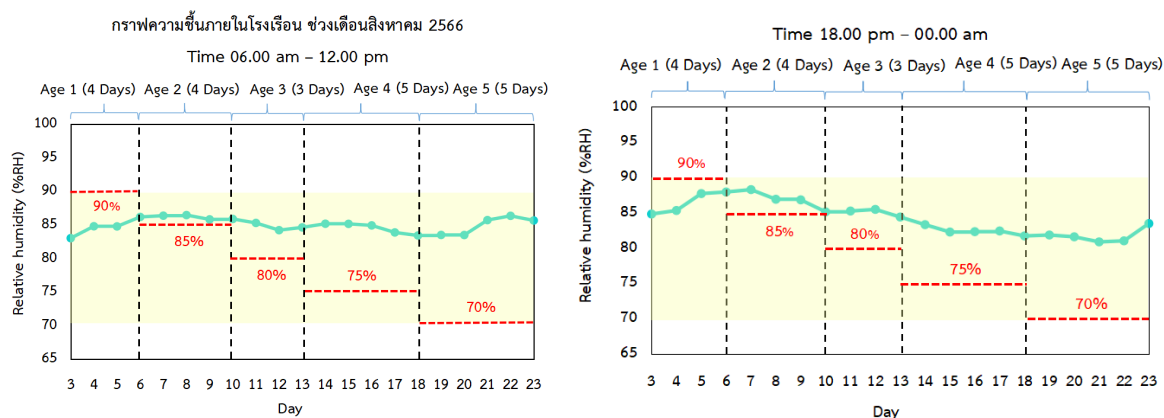


Figure 7 Humidity of the air in a silkworm-rearing house equipped with the IoT system

Note: Green lines indicate the temperature and humidity of the air measured inside the silkworm rearing house.

Red lines indicate temperature and humidity conditions that are suitable for the requirements of each age silkworm.

Yellow bands indicate temperature and humidity conditions that are suitable for the requirements of silkworms.

3.3 ผลการผลิตรังไหม

การทดลองเลี้ยงหนอนไหมพันธุ์ทับทิมสยาม 06 ภายในโรงเรือนเลี้ยงหนอนไหมที่ติดตั้งระบบ IoT เพื่อให้ได้ผลผลิตรังไหมในแต่ละเดือน แสดงดัง Table 3 โดยผลผลิตรังไหมในเดือนตุลาคม 2565 (Oct 65) และ สิงหาคม 2566 (Aug 66) พบว่า มีค่าน้ำหนักรังไหมต่อรังเฉลี่ยเทียบเท่ากัน และมีค่าน้ำหนักเปลือกรังต่อรังเฉลี่ยกับเปอร์เซ็นต์เปลือกรังมากกว่าผลผลิตรังไหมจากข้อมูลที่อ้างอิงของกรมหม่อนไหมแสดงดัง Table 4

ส่วนผลผลิตรังไหมในเดือนกุมภาพันธ์ 2566 (Feb 66) พบว่า มีค่าน้ำหนักรังไหมต่อรังเฉลี่ยและน้ำหนักเปลือกรังต่อรังเฉลี่ยมากกว่า ส่วนเปอร์เซ็นต์เปลือกรังมีค่าน้อยกว่าผลผลิตรังไหมจากข้อมูลที่อ้างอิงของกรมหม่อนไหม ซึ่งผลผลิตรังไหมที่ได้จากโรงเรือนเลี้ยงหนอนไหมแห่งนี้มีปริมาณผลผลิตรังไหมใกล้เคียงกับข้อมูลผลผลิตรังไหมจากกรมหม่อนไหม เนื่องจากโรงเรือนเลี้ยงหนอนไหมแห่งนี้ใช้ระบบ IoT ควบคุมอุณหภูมิและความชื้นให้อยู่ในช่วงที่เหมาะสม โดยมีค่าอุณหภูมิเฉลี่ย

Table 3 The silk cocoon production yield of Tubtim Siam 06 silkworm from a silkworm-rearing house equipped with an IoT system

Month	Silkworm species	Hatching percentage (%)	Weight of cocoon (g)	Weight of cocoon shell (cg)	Cocoon shell ratio (%)
Oct 65	Tubtim Siam 06	94.62	0.95	11.00±1.15	11.65
Feb 66	Tubtim Siam 06	92.70	1.05	11.00±1.36	11.50
Aug 66	Tubtim Siam 06	77.10	1.00	13.00±1.00	13.00

Table 4 Information on silk cocoon production from the Queen Sirikit Department of Sericulture [1]

Resources	Silkworm species	Hatching percentage (%)	Weight of cocoon (g)	Weight of cocoon shell (cg)	Cocoon shell ratio (%)
The queen Sirikit department of sericulture (Month Oct - Jan)	Tubtim Siam 06	92.70	0.96	10.75	11.30
the queen Sirikit department of sericulture (Month Feb - Apr)		76.71	0.96	9.75	12.61
the queen Sirikit department of sericulture (Month May - Sep)		90.63	1.01	11.25	10.86

อยู่ที่ 27.44°C และค่าความชื้นเฉลี่ยอยู่ที่ 84.60%RH ส่งผลให้น้ำหนักเปลือกกุ้งใหม่เพิ่มขึ้นประมาณ 15% เมื่อเทียบกับข้อมูลอ้างอิงจากกรมหม่อนไหมที่ไม่ได้ใช้ระบบ IoT ทั้งนี้การควบคุมสภาวะแวดล้อมด้วยระบบ IoT ระหว่างกระบวนการเลี้ยงหนอนไหม ทำให้มีอุณหภูมิและความชื้นที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของหนอนไหมแต่ละช่วงวัย ตั้งแต่วัย 1 - วัย 5 รวมถึงมีปริมาณและคุณค่าสารอาหารของใบหม่อนที่เพียงพอต่อความต้องการของหนอนไหม จึงช่วยให้เกษตรกรสามารถเลี้ยงหนอนไหมตลอดทั้งปีได้

นอกจากนี้ ผลผลิตรังไหมจากกระบวนการและโรงเรือนแห่งนี้ ได้ถูกส่งไปวิเคราะห์ปริมาณคลอรีน เพื่อตรวจสอบความปนเปื้อนและยืนยันผลผลิตอินทรีย์ โดยตรวจสอบจากส่วนเขรซิงกาวไหม ซึ่งเคลือบอยู่ด้านนอกของรังไหม พบว่า ปริมาณคลอรีนในสารละลายเขรซิงกาว มีค่า 0.031 มิลลิกรัมต่อกรัม ซึ่งมีค่าต่ำกว่าปริมาณคลอรีนตามมาตรฐานที่กำหนดไว้ของประกาศกระทรวงสาธารณสุข ที่กำหนดให้มีค่าคลอรีนไม่เกิน 0.05 มิลลิกรัมต่อกรัม [18] รวมถึงไม่พบปริมาณสารโลหะหนักเช่น Pb Cd Hg ในสารละลายเขรซิงกาว ดังนั้นผลผลิตรังไหมที่ได้จากการเลี้ยงหนอนไหมภายในโรงเรือนเลี้ยงหนอนไหมที่ติดตั้งระบบ IoT มีคุณภาพ สะอาด และปลอดภัย สามารถนำไปประยุกต์ใช้งานทางการแพทย์ได้

4. สรุปผลการวิจัย

โรงเรือนเลี้ยงหนอนไหมแห่งนี้เป็นโรงเรือนต้นแบบในการผลิตรังไหมอินทรีย์ ซึ่งถูกออกแบบให้เป็นไปตามข้อกำหนดมาตรฐาน มกษ.8201(G) – 2559 บริเวณพื้นที่ของโรงเรือนเลี้ยงหนอนไหมแห่งนี้มีการจัดสรรพื้นที่การทำงานของเกษตรกรตั้งแต่ห้องเก็บใบหม่อน ห้องเลี้ยงไหม และห้องไหมทำรัง เพื่อให้เหมาะสมและสะดวกต่อกระบวนการทำงานของเกษตรกรหรือการเลี้ยงหนอนไหมที่เป็นไปตามมาตรฐาน มกษ.8203 ของสำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ

(2560) โรงเรือนเลี้ยงหนอนไหมแห่งนี้มีการติดตั้งระบบ IoT ที่สามารถควบคุมอุณหภูมิให้อยู่ในช่วง 25.72-30.25°C (ค่าอุณหภูมิเป้าหมาย 23-28°C) และความชื้นอยู่ในช่วง 77.66-89.90%RH (ค่าความชื้นเป้าหมาย 70-90%RH) ความแม่นยำและความเสถียรที่สูงกว่าระบบทั่วไปช่วยลดความผันผวนของปัจจัยแวดล้อม ซึ่งระบบ IoT มีประสิทธิภาพในการรักษาสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตของหนอนไหม น้ำหนักเปลือกกุ้งใหม่ในระบบ IoT เพิ่มขึ้นประมาณ 15% เมื่อเทียบกับระบบทั่วไป (13.00 กรัม เทียบกับ 11.25 กรัม) ซึ่งการควบคุมปัจจัยแวดล้อมที่เหมาะสมช่วยเพิ่มคุณภาพและผลผลิตของรังไหมได้อย่างชัดเจน รวมถึงผลผลิตรังไหมมีความสะอาดและปลอดภัยที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้งานทางการแพทย์ได้

5. ข้อจำกัดและข้อเสนอแนะ

ข้อจำกัดของงานวิจัยนี้

- 1) การเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตในพื้นที่ชนบทอาจมีข้อจำกัด ทำให้การใช้งาน IoT ไม่ต่อเนื่อง
- 2) ระบบ IoT มีค่าใช้จ่ายในการติดตั้งเริ่มต้นที่สูง ซึ่งอาจเป็นอุปสรรคสำหรับเกษตรกรรายย่อย
- 3) การศึกษาทดลองดำเนินการในช่วงระยะเวลาหนึ่งซึ่งอาจไม่ครอบคลุมฤดูกาลที่แตกต่างกัน

ข้อเสนอแนะเพิ่มเติมในการวิจัยในอนาคต

- 1) พัฒนาอุปกรณ์ IoT ที่ใช้พลังงานต่ำและมีความทนทานสูง
- 2) ทดลองใช้งานระบบ IoT ที่มีความสามารถในการเรียนรู้ด้วย AI เพื่อปรับปรุงการควบคุมปัจจัยแวดล้อมอย่างอัตโนมัติ
- 3) ควรขยายระยะเวลาการทดลองให้ครอบคลุมฤดูกาลต่างๆ เพื่อประเมินผลกระทบของปัจจัยแวดล้อมตามฤดูกาล
- 4) ส่งเสริมการพัฒนาอุปกรณ์ IoT ที่มีต้นทุนต่ำและเหมาะสมสำหรับเกษตรกร

6. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากโครงการ High impact program แผนงานสนับสนุนยุทธศาสตร์มหาวิทยาลัยแห่งชาติระดับโลก โครงการสร้างเสริมพลังจุฬาฯ ก้าวสู่ศตวรรษที่ 2 (The second century fund (C2F), High impact program) จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และกองทุนส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม โดยหน่วยบริหารและจัดการทุนด้านการพัฒนากำลังคน และทุนด้านการพัฒนาสถาบันอุดมศึกษา การวิจัยและการสร้างนวัตกรรม (บพค.) สัญญาเลขที่ B13F660137

7. References

- [1] Office of Sericulture Conservation and Standard Conformity Assessment, 2015, Conservation Silk Varieties, The Queen Sirikit Department of Sericulture, Bangkok, 154 p. (in Thai)
- [2] Aeknarajindawat, N., 2023, Knowledge management in sericulture cultivation and weaving of natural dyed silk of the community enterprise group in Phon District, Khon Kaen Province, Rajapark J. 17(50): 232-246. (in Thai)
- [3] Wechagarn, A., Choenkwan, S. and Kiatsuranont, P., 2020, Needs for extension on mulberry cultivation and silkworm rearing of farmers in Si Sa Ket province, Khon Kaen Agr J. 48(2): 369-380. (in Thai)
- [4] Suwannapa, J., Techniques for Rearing Silk during the Summer, Available Source: <https://www.rakbankerd.com/agriculture/print.php?id=2018&s=tblanimal>, May 6, 2024. (in Thai)
- [5] Kittisut, P., 2015, Self-temperature inspection system of closed chicken farm by data transmission through mobile phone, RMUTI J. 8(1): 140-150. (in Thai)
- [6] Suriyasomboon, A. and Techakampu, M., 2010, Effect of Temperature and Humidity on Reproductive Performance of Gestating Sows under Different Housing Systems in Thailand, Proceedings of 48th Kasetsart University Annual Conference: Veterinary Medicine, pp. 58-66. (in Thai)
- [7] Juechan, J., 2019, Temperature and Humidity Monitoring System in Server Room Using IoT, Research Report, Burapha University, Chonburi, 139 p. (in Thai)
- [8] Phumcharoen, J. and Ploywattanawong, L., 2022, The IoT technology for control the earthworm culture environment, KKU Res J (GS). 22(1): 145-155. (in Thai)
- [9] Kamonkunanon, S., Songneam, N., Supawantanakul, D. and Siringam, T., 2023, The development of factor control of production process for cool group of mushrooms in smart farm using internet of things technology, Life Sci Environ J. 24(1): 1-13. (in Thai)
- [10] Arreerard, T. and Arreerard, W., 2020, IoT system for humidity and temperature monitoring to promote cultivation of mushrooms in greenhouses to have a complete product, J Appl Inf Tech. 6(1): 7-17. (in Thai)
- [11] Nopparatmaitree, M. and Kitpipit, W., 2016, Study on rearing area and floor

- level under evaporative cooling system house on environment, heat stress index, and mortality rate of broilers, Khon Kaen Agr J. 44(1): 442-447. (in Thai)
- [12] Panthirat, K., 2018, Mulberry Cultivation, Sericulture and Management by Small scale Sericulturists in Nongbua Lamphu Province, Master Thesis, Sukhothai Thammathirat Open University, Bangkok, 108 p. (in Thai)
- [13] National Bureau of Agricultural Commodity and Food Standards, 2016, Good Practices for Silk Cocoon Production. Guidance on the Application of Thai Agricultural Standard. TAS 8201(G)-2016, Bangkok, 41 p. (inThai)
- [14] National Bureau of Agricultural Commodity and Food Standards, 2017, Organic Silk Part 1 : Silk Cocoon, Silk Filament Sheet and Silk Yarn. Thai Agricultural Standard. TAS 8203 Part 1-2017, Bangkok, 15 p. (inThai)
- [15] National Bureau of Agricultural Commodity and Food Standards, 2021, Organic Agriculture: The Production, Processing, Labelling and Marketing of Organically Produce and Products. Thai Agricultural Standard. TAS 9000-2021, Bangkok, 60 p. (inThai)
- [16] The Queen Sirikit Department of Sericulture, 2014, Knowledge on Thai Silk Product Development, Bangkok, 82 p. (inThai)
- [17] Yamfang, M., Boonwan, C., Laongwan, C., Assanee, N., Pairintra, R. and Guptasa M., 2021, The application of combined systems including evaporative cooling and vapor compression air conditioning system for a silkworm rearing house, J. Eng. RMUTT. 19(1): 13-23. (in Thai)
- [18] Notification of The Ministry of Public Health, 2022, Specification of Qualities or Standards of Food Packaging Made from Plastic, Bangkok, 23 p. (inThai)



พิมพ์ที่: สำนักงานบริหารการพิมพ์ธรรมศาสตร์, พ.ศ. 2568
<http://www.thammasatprintinghouse.com>