



การพัฒนาโรงเรือนแนวตั้งเพาะเลี้ยงไข่มดด้วยสเปกตรัมแสง LED เพื่อเพิ่มโปรตีนและ
เร่งการ เจริญเติบโต

The Development of a Vertical Farming System for *Wolffia globosa*
Cultivation Using LED Light Spectra to Enhance Protein Content and
Accelerate Growth

นายภูมเรศ สืบคำเพียง
นายรัชชัย ชัยสวัสดิ์

โครงการนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร ประกาศนียบัตรวิชาชีพ/ชั้นสูง
ประเภทวิชาอุตสาหกรรมดิจิทัลและเทคโนโลยีสารสนเทศ
สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ
วิทยาลัยเทคนิคเชียงใหม่ สถาบันการอาชีวศึกษาภาคเหนือ 1
ปีการศึกษา 2568

ลิขสิทธิ์ของแผนกวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ วิทยาลัยเทคนิคเชียงใหม่



การพัฒนาโรงเรือนแนวตั้งเพาะเลี้ยงไข่ม้วนด้วยสเปกตรัมแสง LED เพื่อเพิ่มโปรตีนและ
เร่งการ เจริญเติบโต

The Development of a Vertical Farming System for Wolffia globosa Cultivation
Using LED Light Spectra to Enhance Protein Content and Accelerate Growth.

นายภูมเรศ สืบคำเพียง

นายธวัชชัย ชัยสวัสดิ์

โครงการนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร ประกาศนียบัตรวิชาชีพ/ชั้นสูง
ประเภทวิชาอุตสาหกรรมดิจิทัลและเทคโนโลยีสารสนเทศ
สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ
วิทยาลัยเทคนิคเชียงใหม่ สถาบันการอาชีวศึกษาภาคเหนือ 1

ปีการศึกษา 2568

ลิขสิทธิ์ของแผนวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ วิทยาลัยเทคนิคเชียงใหม่



บทคัดย่อ

หัวข้อวิจัย	การพัฒนาโรงเรือนแนวตั้งเพาะเลี้ยงไข่ผ่าด้วยสเปกตรัมแสง LED เพื่อเพิ่มโปรตีนและเร่งการเจริญเติบโต
ผู้ดำเนินการวิจัย	นายธวัชชัย ชัยสวัสดิ์ และ นายภุมเรศ สืบคำเพียง
ที่ปรึกษา	อาจารย์ธฤต ไชยมงคล
หน่วยงาน	วิทยาลัยเทคนิคเชียงใหม่ อาชีวศึกษาจังหวัดเชียงใหม่ สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ
ปี พ.ศ.	2568

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ ดังนี้ เพื่อสร้างโรงเรือนแนวตั้งเพาะเลี้ยงไข่ผ่าด้วยสเปกตรัมแสง LED และเพื่อศึกษาความพึงพอใจของผู้ใช้งาน

ประชากรและกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้ ดังนี้ นักศึกษาระดับชั้นปวส.2 สายม.6 สาขาเทคโนโลยีสารสนเทศ วิทยาลัยเทคนิคเชียงใหม่ จำนวน 10 คน

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย แบบสอบถามความพึงพอใจต่อโรงเรือนแนวตั้งเพาะเลี้ยงไข่ผ่าด้วยสเปกตรัมแสง LED

สถิติที่ใช้ในการวิจัย ความพึงพอใจต่อโรงเรือนแนวตั้งเพาะเลี้ยงไข่ผ่าด้วยสเปกตรัมแสง LED โดยได้ค่า $\bar{X}$ เท่ากับ 4.13 ค่า S.D. เท่ากับ 0.70 มีความพึงพอใจอยู่ในระดับ มาก

ผลการวิจัยครั้งนี้ ผลการทดสอบแบบประเมินความพึงพอใจเกี่ยวกับสิ่งประดิษฐ์โรงเรือนแนวตั้งเพาะเลี้ยงไข่ผ่าด้วยสเปกตรัมแสง LED อยู่ในระดับ มาก โดยหัวข้อด้านการใช้งานที่อยู่ในระดับ มากที่สุด คือ ระบบทำงานได้แม่นยำ คือ ผู้ใช้งานสามารถให้ระบบจัดการได้โดยอัตโนมัติ และในส่วนข้อที่ควรปรับปรุงในงานวิจัยครั้งนี้ ความพึงพอใจอยู่ในระดับ ปานกลาง ซึ่งคือ ในด้านของความสมส่วนราคาของเครื่องนี้ ส่งผลให้โรงเรือนแนวตั้งเพาะเลี้ยงไข่ผ่าด้วยสเปกตรัมแสง LED ต้องปรับปรุงเรื่องราคา

Abstract

Research Title	Development of a Vertical Farming System for Wolffia Cultivation Using LED Light Spectra to Enhance Protein Content and Accelerate Growth
Researchers	Mr. Tawatchai Chaisawat and Mr. Phumaret Suepkhamphiang
Research Consultants	Mr. Tharit Chaimongkol
Institution	Chiang Mai Technical College, Chiang Mai Vocational College Office of the Vocational Education Commission, Ministry of Education
Year	2025

This research aimed to develop a vertical farming system for Wolffia cultivation using LED light spectra to enhance protein content and accelerate growth, and to evaluate user satisfaction with the system. The study involved 10 second-year vocational certificate students in the Information Technology program at Chiang Mai Technical College as the sample group. A satisfaction questionnaire was employed as the research instrument.

The findings revealed that the system achieved a mean satisfaction score of 4.13 with a standard deviation of 0.70, indicating a high level of user satisfaction. The most highly rated aspect was the system's accuracy and its ability to operate automatically, which facilitated ease of use. However, the cost-effectiveness of the system was rated at a moderate level, suggesting the need for improvement in terms of price-performance balance.

Overall, the vertical farming system for Wolffia cultivation using LED light spectra demonstrated effective functionality and received positive user feedback, highlighting its potential as a sustainable innovation with further development opportunities in cost optimization.

กิตติกรรมประกาศ

โครงการ เรื่อง การพัฒนาโรงเรียนแนวตั้งเพาะเลี้ยงไข่ม้วนด้วยสเปกตรัมแสง LED เพื่อเพิ่มโปรตีนและเร่งการเจริญเติบโต สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดีก็เพราะความกรุณาและความช่วยเหลืออย่างดียิ่งได้รับคำปรึกษาแนะนำ ข้อคิด และวิธีการอันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการศึกษาจาก อาจารย์ธฤต ไชยมงคล ซึ่งเป็นที่ปรึกษาโครงการครั้งนี้ ผู้วิจัยจึงขอขอบพระคุณท่านไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณผู้เชี่ยวชาญทุกท่านที่กรุณาสละเวลาอันมีค่า เพื่อประเมินคุณภาพการพัฒนาโรงเรียนแนวตั้งเพาะเลี้ยงไข่ม้วนด้วยสเปกตรัมแสง LED เพื่อเพิ่มโปรตีนและเร่งการเจริญเติบโต พร้อมทั้งให้คำแนะนำในการปรับปรุงแก้ไขให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

นอกจากนี้ ผู้วิจัยขอขอบพระคุณอาจารย์แผนกวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ วิทยาลัยเทคนิคเชียงใหม่ ที่ให้คำปรึกษา เสนอแนะแนวทาง ในโครงการครั้งนี้ด้วยดี ตลอดจนเพื่อนร่วมชั้นเรียน ที่ให้การช่วยเหลือ แลกเปลี่ยนข้อคิดเห็นด้วยดีตลอดมา

สุดท้ายขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา ครอบครัว ครู-อาจารย์ และผู้ที่ไม่ได้กล่าวนาม ที่ได้ให้ความรู้ ให้การสนับสนุน คอยเป็นกำลังใจ เป็นแรงกระตุ้นในการทำโครงการในครั้งนี้ ผู้ศึกษารู้สึกซาบซึ้งในน้ำใจที่ได้รับ จึงขอขอบคุณไว้ ณ ที่นี้ด้วยความจริงใจ

คณะผู้วิจัย

2568

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญภาพ	ช
บทที่ 1 บทนำ	
ความเป็นมาและความสำคัญ	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
ขอบเขตการวิจัย	2
สมมติฐานการวิจัย	2
คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย	2
ข้อตกลงเบื้องต้น	3
ผลที่คาดว่าจะได้รับ	3
กรอบและแนวคิดการวิจัย	4
บทที่ 2 แนวคิด ทฤษฎี เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	5
เอกสารงานวิจัย	7
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	9
บทที่ 3 วิธีดำเนินงานวิจัย	
พื้นที่และระยะเวลาการวิจัย	11
วัสดุและอุปกรณ์	11
การสร้างเครื่องมือในการวิจัย	12
ประชากรกลุ่มตัวอย่าง	12
ขั้นตอนการดำเนินงาน	12

	การควบคุมความคลาดเคลื่อนและข้อควรระวัง	12
	การเก็บรวบรวมข้อมูล	13
	วิเคราะห์และสรุปผล	13
บทที่ 4	ผลการวิจัย	
	ส่วนที่ 1 ข้อมูลเกี่ยวกับเพศและอายุของกลุ่มตัวอย่าง	15
	ส่วนที่ 2 ระดับความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่าง	16
บทที่ 5	สรุปผลการวิจัยอภิปรายผลและข้อเสนอแนะ	
	สรุปผลการวิจัย	18
	อภิปรายผล	19
	ข้อเสนอแนะจากการวิจัย	19
บรรณานุกรม		
	บรรณานุกรมภาษาไทย	20
ภาคผนวก		
	ภาคผนวก ก	21
	ภาคผนวก ข	23
ประวัติผู้วิจัย		26

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
4.1	ข้อมูลเกี่ยวกับเพศและอายุของกลุ่มตัวอย่าง	15
4.2	จำนวนและร้อยละของกลุ่มตัวอย่างจำแนกตามอายุ	15
4.3	แสดงค่าเฉลี่ยความพึงพอใจ	16

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1.1	กรอบและแนวคิดการวิจัย	4
1.2	ภาพชิ้นงาน	21
1.3	หน้าต่างแสดงข้อมูล	21
1.4	หน้าต่างจัดการอุปกรณ์	22
1.5	หน้าต่างเพิ่มอุปกรณ์	22
1.6	แบบฟอร์มประเมินความพึงพอใจ	25

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบัน การบริโภคโปรตีนมีบทบาทสำคัญต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์ โดยโปรตีนถือเป็นสารอาหารหลักที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโต ซ่อมแซมส่วนที่สึกหรอ และเสริมสร้างภูมิคุ้มกันของร่างกาย แหล่งโปรตีนที่นิยมได้แก่ เนื้อสัตว์ ไข่ นม และพืชตระกูลถั่ว อย่างไรก็ตาม ปัญหาการขาดแคลนโปรตีนยังคงเกิดขึ้นในหลายพื้นที่ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในสังคมที่มีข้อจำกัดด้านทรัพยากรอาหาร ดังนั้น จึงมีความจำเป็นต้องแสวงหาแหล่งโปรตีนทางเลือกที่มีคุณภาพสูง ต้นทุนต่ำ และสามารถผลิตได้อย่างยั่งยืน

“ไซฟ์ฟา” หรือ “Wolffia” เป็นพืชน้ำดอกขนาดเล็กที่สุดในโลกที่มีการกระจายพันธุ์กว้างขวางในแหล่งน้ำจืด ไซฟ์ฟาจัดเป็นแหล่งโปรตีนจากพืชที่มีคุณค่าโภชนาการสูง โดยมีปริมาณโปรตีนประมาณร้อยละ 35–45 ของน้ำหนักแห้ง นอกจากนี้ยังมีกรดอะมิโนจำเป็น วิตามิน และเกลือแร่ที่เป็นประโยชน์ต่อสุขภาพ อีกทั้งสามารถนำมาใช้ประกอบอาหารได้หลากหลายรูปแบบ จึงได้รับการยอมรับว่าเป็น “ซูเปอร์ฟู้ด” ที่มีศักยภาพต่อการพัฒนาเป็นแหล่งอาหารโปรตีนแห่งอนาคต การเพาะเลี้ยงไซฟ์ฟาในสภาพธรรมชาติมีข้อจำกัดหลายประการ เช่น การเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อม แสงแดดไม่สม่ำเสมอ อุณหภูมิไม่คงที่ และการปนเปื้อนจากสิ่งแวดล้อมภายนอก ปัจจัยเหล่านี้ส่งผลกระทบต่ออัตราการเจริญเติบโตและคุณค่าทางโภชนาการของไซฟ์ฟา การนำเทคโนโลยีโรงเรือนควบคุมสภาพแวดล้อมจึงเป็นแนวทางสำคัญในการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต เทคโนโลยีไฟ LED ถูกนำมาใช้ในงานเกษตรกรรมสมัยใหม่ เนื่องจากสามารถควบคุมสเปกตรัมแสงให้เหมาะสมกับความต้องการของพืชได้ เช่น แสงสีน้ำเงินที่กระตุ้นการเจริญเติบโตทางใบ และแสงสีแดงที่ส่งเสริมการสังเคราะห์แสงและการสะสมสารอาหาร การประยุกต์ใช้ไฟ LED กับการเพาะเลี้ยงไซฟ์ฟาในโรงเรือนแนวตั้ง จึงมีศักยภาพที่จะช่วยเพิ่มอัตราการเจริญเติบโตและยกระดับปริมาณโปรตีนให้สูงขึ้น

ดังนั้น ผู้วิจัยจึงมีความประสงค์ที่จะพัฒนาโรงเรือนแนวตั้งเพาะเลี้ยงไซฟ์ฟาโดยใช้สเปกตรัมแสง LED เพื่อศึกษาและประเมินประสิทธิภาพของระบบ รวมถึงความพึงพอใจของผู้ใช้งาน เพื่อให้ได้ต้นแบบนวัตกรรมที่สามารถต่อยอดไปสู่การผลิตเชิงพาณิชย์และการพัฒนาความมั่นคงทางอาหารในอนาคต

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

- 1.2.1 เพื่อออกแบบและสร้างโรงเรือนแนวตั้งเพาะเลี้ยงไข่ม้วนโดยใช้สเปกตรัมแสง LED ที่สามารถควบคุมสภาพแวดล้อมได้อย่างเหมาะสม
- 1.2.2 เพื่อศึกษาระดับความพึงพอใจของผู้ใช้งานที่มีต่อโรงเรือนแนวตั้งเพาะเลี้ยงไข่ม้วนด้วยสเปกตรัมแสง LED

1.3 สมมุติฐาน

- 1.3.1 โรงเรือนแนวตั้งเพาะเลี้ยงไข่ม้วนด้วยสเปกตรัมแสง LED สามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการเจริญเติบโตและการสะสมโปรตีนได้
- 1.3.2 ผู้ใช้งานมีระดับความพึงพอใจต่อโรงเรือนแนวตั้งเพาะเลี้ยงไข่ม้วนด้วยสเปกตรัมแสง LED อยู่ในระดับมาก

1.4 ขอบเขตการวิจัย

1.4.1 ขอบเขตด้านเนื้อหา

การพัฒนาโรงเรือนแนวตั้งที่ติดตั้งระบบไฟ LED สเปกตรัม เพื่อควบคุมการเจริญเติบโตของไข่ม้วน และการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งาน

1.4.2 ขอบเขตด้านประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

โดยใช้แบบประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานจากกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 10 คน

1.4.2.1 นักศึกษา วิทยาลัยเทคนิคเชียงใหม่ จำนวน 20 คน

1.5 คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย

1. โรงเรือนแนวตั้ง (Vertical Farming System) หมายถึง โครงสร้างหรือสิ่งปลูกสร้างที่ออกแบบเพื่อการเพาะเลี้ยงพืชในแนวตั้ง โดยอาศัยการจัดวางชั้นปลูกหลายระดับ เพื่อประหยัดพื้นที่และเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้ทรัพยากร
2. ไข่ม้วน (*Wolffia* spp.) หมายถึง พืชขนาดเล็กในวงศ์ Lemnaceae ซึ่งเป็นพืชที่มีปริมาณโปรตีนสูง เจริญเติบโตได้รวดเร็ว และสามารถใช้เป็นอาหารเสริมโปรตีนสำหรับมนุษย์
3. สเปกตรัมแสง LED (LED Light Spectrum) หมายถึง ช่วงความยาวคลื่นของแสงที่ได้จากหลอดไฟ Light Emitting Diode (LED)

4. รีเลย์ (relay) คือ อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ทำหน้าที่ ตัด-ต่อวงจร คล้ายกับสวิตช์ โดยใช้หลักการหน้าสัมผัส และการที่จะให้มันทำงานก็ต้องจ่ายไฟให้มันตามที่กำหนด เพราะเมื่อจ่ายไฟให้กับตัวรีเลย์ มันจะทำให้หน้าสัมผัสติดกัน กลายเป็นวงจรปิด และตรงข้ามทันทีที่ไม่ได้จ่ายไฟให้มัน มันก็จะกลายเป็นวงจรเปิด

5. โปรแกรมควบคุม (control program) คือ ซอฟต์แวร์ที่อนุญาตให้คอมพิวเตอร์สามารถสื่อสารกับฮาร์ดแวร์หรืออุปกรณ์ ให้สามารถทำงานได้อย่างถูกต้อง

6. แผงวงจร (board) คือ แผ่นพลาสติกที่มีการติดตั้งวงจรไฟฟ้าซึ่งใช้ในเครื่องคอมพิวเตอร์ แผงเหล่านี้จะทำหน้าที่ต่าง ๆ เช่น แผงวงจรเร่งความเร็ว (accelerator board) จะมีตัวประมวลผลที่ทำงานเร็วกว่าตัวประมวลผลที่มีอยู่เดิม แผงวงจรภาพ (video board) แผงวงจรเสียง (sound board) ก็จะเป็นตัวเพิ่มภาพและเสียง เป็นต้น

7. ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) คือ คำสองคำบวกกัน คือ ไมโคร กับ คอนโทรลเลอร์ ไมโคร แปลว่า เล็กๆ ส่วนคอนโทรลเลอร์ แปลว่า ระบบควบคุม ดังนั้น เมื่อรวมสองคำด้วยกันแปลว่า ระบบควบคุมขนาดเล็ก ซึ่งเทียบได้กับระบบคอมพิวเตอร์หนึ่งชุด กล่าวคือ ไมโครคอนโทรลเลอร์ได้รวบรวมระบบประมวลผล CPU (Central Processing Unit) หน่วยความจำ (Memory) และ พอร์ต (I/O Port) ไว้ในโมดูลเดียวกัน ซึ่งแตกต่างจากไมโครเซสเซอร์ตรงที่ ไมโครโปรเซสเซอร์จะต้องต่ออุปกรณ์ หน่วยความจำ และพอร์ตอินเตอร์เฟซข้างนอก

8. ซอฟต์แวร์ (Software) คือ ชุดคำสั่งหรือโปรแกรมที่ใช้สั่งงานให้คอมพิวเตอร์ทำงาน ซอฟต์แวร์จึงหมายถึง ลำดับขั้นตอนการทำงานที่เขียนขึ้นด้วยคำสั่งของคอมพิวเตอร์ คำสั่งเหล่านี้เรียงกันเป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์

1.6 ข้อตกลงเบื้องต้น

ไมโครคอนโทรลเลอร์ควบคุมการเติมสารชนิด A และ B และสั่งเปิดปั๊มดูดสารอัตโนมัติ เมื่อสารมีปริมาณคงที่แล้ว ไมโครคอนโทรลเลอร์สั่งปิดปั๊มดูดสารอัตโนมัติ

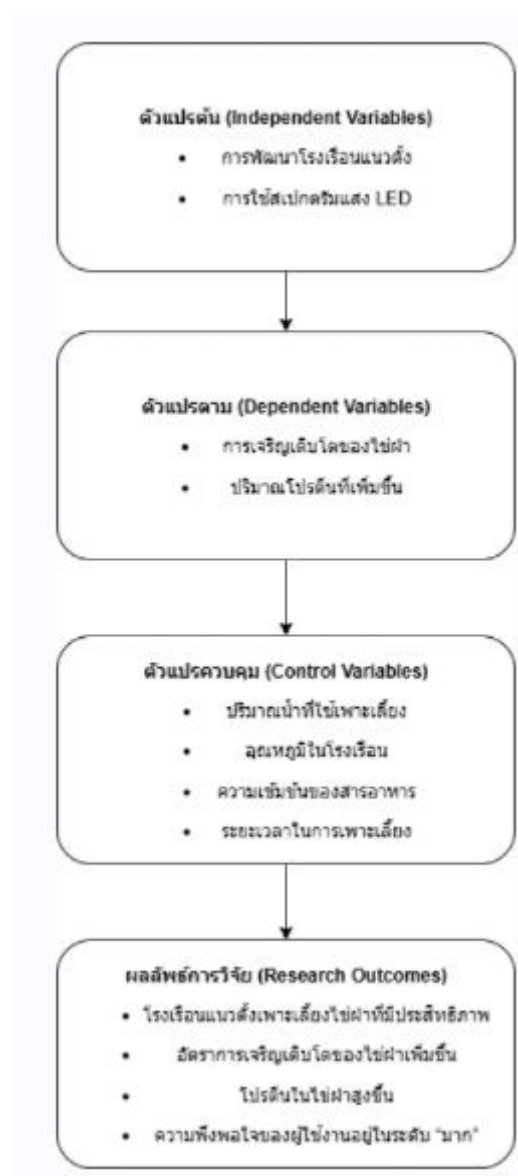
1.7 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1.7.1 ได้ต้นแบบโรงงานแนวตั้งสำหรับเพาะเลี้ยงไข่มุขที่มีประสิทธิภาพ

1.7.2 ส่งเสริมการใช้เทคโนโลยีแสง LED เพื่อยกระดับคุณค่าทางโภชนาการของไข่มุข

1.7.3 เป็นแนวทางในการผลิตอาหารที่มีความยั่งยืนและสามารถขยายผลเชิงพาณิชย์ได้

กรอบและแนวคิดการวิจัย



ภาพที่ 1.1 กรอบและแนวคิดการวิจัย

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ศึกษาค้นคว้าและรวบรวมข้อมูลจากเอกสารทางวิชาการ หนังสือตำรางานวิจัยที่ผ่านมาและแหล่งข้อมูลที่เชื่อถือได้ในการวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการเลี้ยงไข่ฝำ เพื่อใช้เป็นแนวทางในการดำเนินการวิจัยให้เป็นไปอย่างมีระบบข้อมูลจากแหล่งต่าง ๆ เหล่านี้จะช่วยให้ผู้วิจัยมีความเข้าใจที่ถูกต้องเกี่ยวกับองค์ประกอบและลักษณะของไข่ฝำ ทั้งในด้านชีววิทยาการเจริญเติบโตการเพาะเลี้ยงปัจจัยแวดล้อมที่มีผลต่อการเจริญเติบโต รวมถึงแนวทางการใช้ประโยชน์ในด้านต่าง ๆ

1. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

1.1 ชีววิทยาและโภชนาการของไข่ฝำ (*Wolffia* spp.)

1.1.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ ไข่ฝำเป็นพืชน้ำดอกขนาดเล็กมากในวงศ์ Lemnaceae รูปร่างเป็นแผ่นหรือก้อนสีเขียว ลอยผิวน้ำ มีการแบ่งตัวแบบไม่อาศัยเพศเป็นหลัก วงจรชีวิตสั้นและเพิ่มจำนวนได้รวดเร็วในสภาพเหมาะสม

1.1.2 ศักยภาพด้านโภชนาการ โดยทั่วไปไข่ฝำมีสัดส่วนโปรตีนบนฐานน้ำหนักแห้งค่อนข้างสูง (มักรายงานในช่วงหลายสิบเปอร์เซ็นต์ขึ้นไป) พร้อมกรดอะมิโนจำเป็น วิตามินบี และแร่ธาตุหลากหลายชนิด จึงถูกใช้เป็น “โปรตีนทางเลือก”

1.1.3 ปัจจัยแวดล้อมสำคัญ: อุณหภูมิ น้ำ สารอาหาร แสง และ pH มีผลต่ออัตราการเจริญเติบโตและองค์ประกอบทางเคมี ช่วงอุณหภูมิและ pH ที่ “เหมาะสม” จะช่วยให้การสังเคราะห์แสงและการสะสมไนโตรเจนเกิดได้เต็มประสิทธิภาพ

1.2 สรีรวิทยาแสงของพืชน้ำและกระบวนการสังเคราะห์แสง

1.2.1 PAR, PPFD และ DLI: PAR (Photosynthetically Active Radiation) คือช่วงแสงที่พืชใช้สังเคราะห์แสง ($\approx 400\text{--}700\text{ nm}$) PPFD คือฟลักซ์โฟตอนต่อพื้นที่ ($\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) DLI (Daily Light Integral) คือปริมาณโฟตอนสะสมต่อวัน ($\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{day}^{-1}$) การกำหนด PPFD และ DLI ที่เหมาะสมมีผลโดยตรงต่อการสร้างชีวมวล

1.2.2 ตัวรับแสง (Photoreceptors): Phytochrome (แดง/แดงไกล) เกี่ยวข้องกับการสลับสถานะ $P_r \leftrightarrow P_{fr}$ มีผลต่อการยืดตัว การเปลี่ยนสภาพการเจริญ และการสำรองพลังงาน Cryptochrome/Phototropin (น้ำเงิน) ควบคุมการเปิดปากใบ โฟโตโทรปิซึม ความหนาแน่นคลอโรพลาสต์ และการสังเคราะห์คลอโรฟิลล์ UVR8: ตอบสนองแสงยูวี มีผลต่อการป้องกันความเครียด

1.3 ทฤษฎีกฎจำกัดของ Liebig

1.3.1 อัตราการเจริญเติบโตถูกจำกัดด้วยปัจจัยที่ขาดแคลนที่สุด แม้จะเพิ่มแสง หากธาตุอาหารไม่พอ การเติบโตยังถูกจำกัด

1.3.2 ไนโตรเจนและโปรตีน: เส้นทาง $\text{Nitrate} \rightarrow \text{Nitrite} \rightarrow \text{Ammonium} \rightarrow \text{Amino acids}$ (เอนไซม์หลัก: NR, NiR, GS/GOGAT) ต้องอาศัยพลังงานจากแสงและคาร์บอนจากการสังเคราะห์แสง จึงเกิดความเชื่อมโยงเชิงกลไกระหว่างสเปกตรัมแสงกับการสะสมโปรตีน

1.4 เทคโนโลยีไฟ LED สำหรับการเพาะปลูก

1.4.1 สเปกตรัมและประสิทธิภาพโฟตอน: LED สามารถออกแบบสเปกตรัมที่เน้นช่วงน้ำเงิน (~450 nm) และแดง (~660 nm) หรือสเปกตรัมกว้าง (ขาว) ค่าประสิทธิภาพเชิงโฟตอน ($\mu\text{mol} \cdot \text{J}^{-1}$) และความร้อนต่ำ ช่วยลดต้นทุนพลังงานและควบคุมสิ่งแวดล้อมได้แม่นยำ

1.4.2 ผลของสีน้ำเงินและสีแดง (แนวโน้มทั่วไป): น้ำเงิน กระตุ้นการสร้างคลอโรฟิลล์/เครื่องจักรสังเคราะห์แสง เพิ่มความหนาแน่นโครงสร้างใบ และ (ในหลายกรณี)สัมพันธ์กับการเพิ่มสัดส่วนโปรตีน แดง: ส่งเสริมประสิทธิภาพสังเคราะห์แสงและการสะสมชีวมวล ผสมแดง:น้ำเงิน (เช่น 3:1): มักใช้เพื่อสร้างสมดุล “ปริมาณชีวมวลสูง + คุณภาพเนื้อเยื่อ”

1.4.3 โฟโตพีเรียด (Photoperiod): ระยะเวลาเปิดไฟต่อวันส่งผลต่อ DLI และนาฬิกาชีวภาพ ควรกำหนดให้เหมาะสมกับชนิดพืชและระดับความเข้มแสง

1.5 ระบบโรงเรือนแนวตั้ง (Vertical Farming) และการจัดการน้ำ/ธาตุอาหาร

1.5.1 แนวคิด: เพิ่มผลผลิตต่อพื้นที่ด้วยการซ้อนชั้น ลดการปนเปื้อน ควบคุมสิ่งแวดล้อมได้ละเอียด (อุณหภูมิ ความชื้น การหมุนเวียนอากาศ แสง)

1.5.2 ระบบเลี้ยงน้ำ: แบบ DWC (Deep Water Culture), NFT (Nutrient Film Technique) หรืออ่างเลี้ยงนิ่งที่ควบคุมการถ่ายเทออกซิเจน

1.5.3 สารละลายธาตุอาหาร: สูตรมาตรฐาน (เช่น Hoagland's) ปรับ EC/pH ให้สอดคล้องกับชนิดพืชน้ำ การขาด/เกินธาตุอาหารส่งผลต่ออัตราเจริญและองค์ประกอบโปรตีน

1.5.4 การควบคุมคุณภาพน้ำ: pH, DO, EC, อุณหภูมิ และการกรอง เพื่อลดตะกอน/จุลินทรีย์ปนเปื้อน

1.6 ตัวชี้วัดและวิธีวัดที่เกี่ยวข้อง

1.6.1 อัตราการเจริญเติบโต/ชีวมวล:

1.6.1.1 น้ำหนักสด/แห้งต่อพื้นที่และต่อวัน

1.6.1.2 RGR (Relative Growth Rate), Biomass Productivity ($\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{day}^{-1}$)

1.6.2 โปรตีนรวม: วิธีคัลดาห์ล (วัด N แล้วคูณด้วย 6.25) หรือทางเลือกเช่น Lowry/Bradford (โปรตีนละลายน้ำ) ทั้งนี้คัลดาห์ลเหมาะกับค่ารวมทั้งเนื้อเยื่อ

1.6.3 สถิติและการออกแบบการทดลอง: CRD/RCBD, การสุ่ม, จำนวนซ้ำ

1.6.4 ความพึงพอใจผู้ใช้/การประเมินระบบ: สเกลลิเคิร์ต 5 ระดับ, ความเชื่อมั่นเครื่องมือ (Cronbach's α), ความตรงเชิงเนื้อหา (IOC), แนวคิด TAM (Technology Acceptance Model) (Perceived Usefulness / Ease of Use)

2. เอกสารงานวิจัย

2.1 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับไข่มฝ้า

2.1.1 ไข่มฝ้า หรือที่เรียกว่า"ไข่น้ำ"เป็นพืชน้ำขนาดเล็กที่อยู่ในวงศ์ Lemnaceae หรือบางครั้งจัดให้อยู่ในวงศ์ Araceae สกุล Wolffia spp. เป็นพืชดอกขนาดเล็กที่สุดในโลกเจริญเติบโตอยู่บนผิวน้ำจึงมีการขยายพันธุ์ได้รวดเร็วมีขนาดเล็กจนมองดูคล้ายจุดสีเขียวบนผิวน้ำ ไข่มฝ้าสามารถสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศและอาศัยเพศโดยมีสปอร์หรือ"ไข่"ที่สามารถเก็บสะสมและใช้เพาะเลี้ยงได้

2.2 คุณค่าทางโภชนาการของไข่ฝำ

2.2.1 จากการศึกษาของ กรมปศุสัตว์ (2562) และงานวิจัยของ สมบูรณ์ สุขเกษม (2563) พบว่า ไข่ฝำมีปริมาณโปรตีนสูงมากกว่า 30% ของน้ำหนักแห้ง และยังมีกรดอะมิโนจำเป็นครบถ้วน นอกจากนี้ยังมีไขมันดี โยอาหาร วิตามิน และแร่ธาตุหลายชนิด เช่น ธาตุเหล็ก แคลเซียม ฟอสฟอรัส จึงมีศักยภาพในการพัฒนาเป็นอาหารเสริม หรือแหล่งโปรตีนทดแทนจากพืชสำหรับมนุษย์และสัตว์ได้อย่างดี

2.3 ปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของไข่ฝำ

2.3.1 จากการศึกษาของ สุจิตรา อินทรชัย (2565) และ คณะเกษตรมหาวิทยาลัย เชียงใหม่ (2561) ปัจจัยที่สำคัญที่ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของไข่ฝำ ได้แก่

- 2.3.1.1 ปริมาณแสงและระยะเวลาในการได้รับแสง
- 2.3.1.2 ความเข้มข้นของธาตุอาหารในน้ำ เช่น ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส
- 2.3.1.3 การไหลเวียนของน้ำและออกซิเจนในน้ำ
- 2.3.1.4 อุณหภูมิและค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)

การควบคุมปัจจัยเหล่านี้อย่างเหมาะสมจะช่วยเพิ่มผลผลิตไข่ฝำต่อการอบการเก็บเกี่ยวได้อย่างมีนัยสำคัญ

2.4 แนวโน้มการใช้ประโยชน์และการพัฒนาในอนาคต

2.4.1 ไข่ฝำเป็นที่สนใจในฐานะแหล่งโปรตีนทางเลือก (Alternative Protein) โดยมีการพัฒนาไปสู่ผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพ เช่น ผงโปรตีนจากไข่ฝำ ไข่ฝำอบกรอบและเครื่องดื่มจากไข่ฝำอีกทั้งยังใช้เป็นอาหารสัตว์ต้นทุนต่ำ ให้ผลผลิตเร็วและไม่ทำลายสิ่งแวดล้อม

งานวิจัยหลายฉบับ เช่นของ ดร.วิภาวี สิริชัยกุล (2564) ได้ชี้ให้เห็นว่า ไข่ฝำยังสามารถนำมาใช้ในการบำบัดน้ำเสียจากภาคการเกษตร หรืออุตสาหกรรมได้ โดยมีความสามารถในการดูดซับสารพิษและโลหะหนักที่ดีอีกด้วย

2.5 การเพาะเลี้ยงไข่ฝำ

2.5.1 ไข่ฝำสามารถเพาะเลี้ยงได้ทั้งในภาชนะพลาสติก บ่อซีเมนต์ หรือบ่อดิน โดยสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม ได้แก่ น้ำที่มีค่า pH 6.5–7.5 อุณหภูมิประมาณ 25–30 องศาเซลเซียส และต้องการแสงแดดอย่างน้อยวันละ 4–6 ชั่วโมง

การเติมปุ๋ยอินทรีย์หรือปุ๋ยเคมีสูตรที่เหมาะสมเช่นปุ๋ยสูตร 16-20-0
งานวิจัยของ ศุภชัย ไพศาลชัย (2564) พบว่า ระบบเพาะเลี้ยงที่ควบคุม
สภาพแวดล้อมอย่างต่อเนื่อง เช่น ระบบน้ำหมุนเวียนหรือระบบโรงเรือนจะ
ช่วยเพิ่มผลผลิตและลดการปนเปื้อนจากสาหร่ายหรือศัตรูพืชอื่น ๆ

3. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

3.1 งานวิจัยของเทพสุตา รุ่งรัตน์ และณัฐชัย แก้วอุทุม ภาควิชาวิทยาศาสตร์
การเกษตร มหาวิทยาลัยนเรศวร ศึกษาผลของแสงธรรมชาติและแสงจาก light-emitting diode
(LED) ต่อประสิทธิภาพการสังเคราะห์แสงและลักษณะอื่นที่เกี่ยวข้องในข้าวพบว่า การปลูกข้าวภายใต้
แสงธรรมชาติและแสง light-emitting diode(LED) ที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพการสังเคราะห์แสง และ
ลักษณะอื่นที่เกี่ยวข้องในข้าวพันธุ์ไทย โดยมีปัจจัยหลักคือแหล่งกำเนิดแสง 2 ประเภท คือ แสงจาก
ธรรมชาติ(700- 950 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$) และ แสง LED (850-1,000 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$) ปัจจัยรองคือ พันธุ์
ข้าว 5 พันธุ์ ได้แก่ ไรซ์เบอร์รี่ (RB), กข10 (RD10), ชัยนาท1 (CN1), พิษณุโลก2 (PSL2) และหอม
สุพรรณบุรี (HOM-SP) จากผลการทดลองพบว่า ข้าวที่ปลูกภายใต้แสง LED แสดงค่า ประสิทธิภาพ
การสังเคราะห์ด้วยแสงสูงสุด (F_v/F_m) ได้สูงกว่า โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.788 เมื่อเปรียบเทียบกับข้าว
ที่ปลูกในสภาวะแสง ธรรมชาติ ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.72 ค่าความเขียวใบ (SPAD) ของข้าวที่ปลูก
ภายใต้แสง LED มีค่ามากกว่าต้นข้าวที่ปลูกในสภาวะแสง ธรรมชาติ โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 43.75 และ
33.85SPAD unit ตามลำดับ ค่าเฉลี่ย คลอโรฟิลล์ a, b และ คลอโรฟิลล์รวม มีความแตกต่างกัน
อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ระหว่างพันธุ์ข้าวและระหว่างสภาพการให้แสง พบความแปรปรวนของ
ปริมาณคลอโรฟิลล์ a และ b ในข้าวที่ปลูกภายใต้แสง LED มากกว่าแสงธรรมชาติในพันธุ์ HOM-SP
RBและ RD10 ลักษณะของอัตราการถ่ายเทอิเล็กตรอน (ETR) ในข้าวที่ปลูกภายใต้แสง LED และ
แสงธรรมชาติมีความแตกต่างกัน โดยต้นข้าวที่ปลูกภายใต้แสง LED มีค่า ETR สูงกว่าการปลูก ภายใต้
แสงธรรมชาติ โดยมีค่าระหว่าง 2.98 – 186.82 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ และ 1.416 – 88.169 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$
ตามลำดับ จากการศึกษาครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าแสง LEDมีอิทธิพลต่อการเพิ่มประสิทธิภาพการ
สังเคราะห์แสงและลักษณะอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการสังเคราะห์แสงในข้าว เช่นเดียวกับ
ปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์ข้าวและสภาพแวดล้อม

3.2 Lee & Kim (2021) ศึกษาผลกระทบของแสงสีแดงและแสงสีน้ำเงินต่อการ
เจริญเติบโตและปริมาณโปรตีนในไข่ผ่า พบว่าแสงสีน้ำเงินช่วยเพิ่มการสังเคราะห์กรดอะมิโนจำเป็น
และเพิ่มคุณภาพทางโภชนาการโดยใช้เครื่อง HPLC วิเคราะห์เพื่อยืนยันความถูกต้องของ
องค์ประกอบทางเคมี

3.3 Smith et al., (2020) "Optimizing Light Spectra for Protein Synthesis in Aquatic Plants" –งานวิจัยนี้ได้ทำการทดลองเปรียบเทียบระหว่างแสงสีแดงและแสงสีขาวในกระบวนการเพิ่มโปรตีน พบว่าแสงสีแดงช่วยเพิ่มกิจกรรมเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์โปรตีนได้ถึง 30% เมื่อเทียบกับแสงสีขาว โดยมีการวิเคราะห์โมเลกุลโปรตีนผ่านเทคนิค SDS-PAGE ซึ่งแสดงความแตกต่างของขนาดโปรตีนอย่างชัดเจน

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อส่งเสริมการวิจัยและพัฒนาสิ่งประดิษฐ์ของคนรุ่นใหม่ พัฒนาระบบการผลิตสู่เชิงพาณิชย์และอุตสาหกรรม ส่งเสริมสนับสนุนให้เกิดการเรียนรู้และทักษะ ในกระบวนการประดิษฐ์คิดค้นพัฒนาต่อยอดนวัตกรรมและเทคโนโลยีเพื่อพัฒนาคุณภาพชีวิต และเพื่อตอบสนองความต้องการของผู้รับข่าวสารด้านการรับรู้ข่าวสารในกรณีเร่งด่วน ซึ่งคณะผู้วิจัยได้ ดำเนินการศึกษา ซึ่งมีดังนี้

3.1 พื้นที่และระยะเวลาการวิจัย

การวิจัยนี้ดำเนินการในโรงเรือนทดลองแนวตั้ง ภายในคณะเทคโนโลยีสารสนเทศ วิทยาลัยเทคนิคเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ ระหว่างเดือนพฤษภาคม – สิงหาคม พ.ศ. 2568 รวม ระยะเวลา 100 วัน โดยแบ่งเป็น 2 ช่วง คือ

3.1.1 ช่วงเตรียมการทดลอง (60 วัน): การคัดเลือกพันธุ์ไข่ไก่ที่มีคุณภาพ การทำความสะอาดวัสดุเพาะเลี้ยง การเพาะเลี้ยงเริ่มต้นเพื่อสร้างสภาวะพื้นฐานที่เหมาะสม และการปรับสภาพแวดล้อม เช่น ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ความเข้มข้นของสารอาหาร และ อุณหภูมิ

3.1.2 ช่วงทดลองจริง (40 วัน): การเพาะเลี้ยงไข่ไก่ภายใต้สภาวะแสง LED ที่มี สเปกตรัมแตกต่างกัน เพื่อเปรียบเทียบอัตราการเจริญเติบโต ปริมาณโปรตีน และคุณภาพ การเจริญพันธุ์

3.2 วัสดุและอุปกรณ์

3.2.1 กระบะเพาะเลี้ยง (Vertical Farming House) ขนาด 35 × 100 เซนติเมตร สูง 1.5 เมตร ติดตั้งระบบควบคุมสภาพแวดล้อม (อุณหภูมิ, ความชื้น, การระบายอากาศ)

3.2.2 หลอดไฟ LED กำลังไฟ 5v สีน้ำเงิน

3.2.3 เครื่องจ่ายไฟ Power supply, relay 3.3v

3.2.4 เครื่องมือวัดสิ่งแวดล้อม ได้แก่

3.2.4.1 เครื่องวัดค่า pH, TEMP, EC

3.2.5 เครื่องมือวิเคราะห์และแสดงผล ได้แก่

3.2.5.1 บอร์ด Raspberry pi pico w , จอ LCD i2c

3.3 การสร้างเครื่องมือในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้คือ การสังเกตการณ์ผู้ใช้งาน และแบบประเมินความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่างผู้รับข่าวสาร จากการพัฒนาโรงเรือนแนวตั้งเพาะเลี้ยงไข่ฝ้ายด้วยสเปกตรัมแสง LED เพื่อเพิ่มโปรตีนและเร่งการเจริญเติบโตที่สร้างขึ้นจากการศึกษาค้นคว้าและดัดแปลงจากเอกสารและงานวิจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง และมีความสอดคล้องกับแนวคิดและทฤษฎีที่ใช้ในการวิจัย แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ

ส่วนที่ 1 ข้อมูลเกี่ยวกับเพศและอายุของกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 3 ข้อ

ส่วนที่ 2 ระดับความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 10 ข้อ เกณฑ์การให้คะแนนเพื่อการวิเคราะห์ มีดังต่อไปนี้

5 หมายถึง ระดับความพึงพอใจ	มากที่สุด
4 หมายถึง ระดับความพึงพอใจ	มาก
3 หมายถึง ระดับความพึงพอใจ	ปานกลาง
2 หมายถึง ระดับความพึงพอใจ	น้อย
1 หมายถึง ระดับความพึงพอใจ	น้อยที่สุด

3.4 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างผู้ใช้งาน จำนวน 20 คน คือ

3.4.1 นักศึกษาสาขาเทคโนโลยีสารสนเทศ วิทยาลัยเทคนิคเชียงใหม่ จำนวน 20 คน

3.5 ขั้นตอนการดำเนินงาน

3.5.1 เติมน้ำสะอาดที่ผ่านการกรองลงในกระบะเพาะเลี้ยงให้ได้ระดับ 10 เซนติเมตร

3.5.2 เติมสารละลายชนิด A และ B ลงในกระบะเพาะเลี้ยง

3.5.3 ใส่ไข่ฝ้ายเริ่มต้นในปริมาณ 100 กรัม

3.5.4 เปิดไฟ LED

3.5.5 ตรวจวัดคุณภาพน้ำ ได้แก่ pH, DO, EC และอุณหภูมิ ทุกวัน

3.6 การควบคุมความคลาดเคลื่อนและข้อควรระวัง

3.6.1 ควบคุมตัวแปรแวดล้อมที่อาจมีผลกระทบ เช่น อุณหภูมิ pH และความเข้มข้นน้ำ ให้คงที่หรือตรวจสอบเป็นประจำ

3.6.2 หมายเหตุเกี่ยวกับการทำซ้ำ: แนะนำให้เพิ่มจำนวน การทำซ้ำ หากทรัพยากร
เอื้ออำนวยเพื่อลดความแปรปรวน

3.6.3 บันทึกเหตุการณ์ไม่ปกติ (เชื้อรา การปนเปื้อน ฯลฯ) ทั้งหมด และพิจารณาแยกหน่วย
ทดลองที่มีปัญหาออกจากการวิเคราะห์หากจำเป็น

3.6 การเก็บรวบรวมข้อมูล

3.6.1 ข้อมูลเชิงปริมาณ:

3.6.1.1 ค่าพื้นฐาน (baseline) ของ pH, TEMP, EC, DO ที่วัดรายวัน

3.6.1.2 น้ำหนักสด/น้ำหนักแห้งของตัวอย่าง

3.6.1.3 ปริมาณโปรตีนจากการวิเคราะห์ห้องปฏิบัติการ

3.6.2 ข้อมูลเชิงคุณภาพ:

3.6.2.1 แบบประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งาน (ผู้ร่วมทดลอง/ผู้ชมการสาธิต)
จำนวน 20 คน ซึ่งประกอบด้วยข้อมูลทั่วไป 3 ข้อ และแบบวัดระดับความพึงพอใจ 10 ข้อ
ตามมาตราส่วน 1–5 (Likert scale)

3.6.3 การจัดเก็บข้อมูล: บันทึกผลการประเมินทั้งหมดลงในแฟ้มข้อมูลอิเล็กทรอนิกส์
(Spreadsheet/CSV) และสำเนาเก็บสำรองในที่ปลอดภัย (cloud/ฮาร์ดไดรฟ์) ปวส.2 สายม.6 สาขา
เทคโนโลยีสารสนเทศ วิทยาลัยเทคนิคเชียงใหม่ โดยคณะผู้วิจัยได้แจกแบบประเมินความพึงพอใจ
ด้วยตนเอง และได้ชี้แจงข้อมูลในการเก็บรวบรวมข้อมูลอย่างละเอียด

3.6.4 คณะผู้วิจัยเก็บรวบรวมแบบประเมินความพึงพอใจ ที่ได้จากการตอบแบบประเมินฯ
ทั้งหมด จำนวน 20 ชุด ได้รับคืนจำนวน 20 ชุด คิดเป็นร้อยละ 100 เพื่อดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูล
ต่อไป

3.7 วิเคราะห์และสรุปผล

ผลจากการวิจัยกลุ่มตัวอย่างมีความพึงพอใจต่อเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย โดยผู้รับข่าวสาร
ให้ผลการประเมินดังนี้

3.7.1 ตรวจสอบความถูกต้องสมบูรณ์ของแบบประเมินความพึงพอใจฯ ทุกฉบับที่ได้รับคืน

3.7.2 นำข้อมูลที่ได้จากการตอบแบบประเมินความพึงพอใจฯ ที่เรียบร้อยแล้วสมบูรณ์ มาสร้าง
ตารางและบันทึกข้อมูลแต่ละตอนลงในเครื่องคอมพิวเตอร์

3.7.3 คณะผู้วิจัยทำการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากแบบประเมินความพึงพอใจฯ ด้วยเครื่อง
คอมพิวเตอร์ โดยใช้ Google from

3.7.4 วิเคราะห์ข้อมูล โดยใช้ค่าเฉลี่ยของความพึงพอใจฯ แล้วแปลผลเฉลี่ยตามเกณฑ์ดังนี้

ค่าเฉลี่ย ระดับความพึงพอใจ

4.51 – 5.00	หมายถึง	มากที่สุด
3.51 – 4.50	หมายถึง	มาก
2.51 – 3.50	หมายถึง	ปานกลาง
1.51 – 2.50	หมายถึง	น้อย
1.00 – 1.50	หมายถึง	น้อยที่สุด

บทที่ 4

ผลการวิจัย

จากการศึกษาครั้งนี้ สามารถแสดงผลการวิจัยและวิเคราะห์ โดยคณะผู้วิจัยได้รับแบบประเมินความพึงพอใจ คืนจำนวน 20 ชุด คิดเป็นร้อยละ 100 เมื่อนำแบบประเมินมาวิเคราะห์ สามารถสรุปได้ดังนี้

ส่วนที่ 1 ข้อมูลเกี่ยวกับชื่อและอายุของกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 2 ข้อ
ตารางที่ 1 แสดงจำนวนและร้อยละของกลุ่มตัวอย่างจำแนกตามเพศ

ที่	เพศ	จำนวน	ร้อยละ	ลำดับที่
1	ชาย	13	61.9	1
2	หญิง	7	33.3	2

จากตารางที่ 1 ผลการศึกษาพบว่า จำแนกตามเพศ เรียงตามลำดับจากมากไปหาน้อยดังนี้ เพศชาย จำนวน 13 คน คิดเป็นร้อยละ 61.9 รองลงมาก็คือ เพศหญิง จำนวน 7 คน คิดเป็นร้อยละ 33.3

ตารางที่ 2 แสดงจำนวนและร้อยละของกลุ่มตัวอย่างจำแนกตามอายุ

ที่	อายุ	จำนวน	ร้อยละ	ลำดับที่
1	ต่ำกว่า 20 ปี	6	28.6	2
2	20-25 ปี	11	52.4	1
3	25 ปีขึ้นไป	4	19.0	3

จากตารางที่ 2 ผลการศึกษาพบว่า จำแนกตามอายุ เรียงตามลำดับจากมากไปหาน้อยดังนี้ ช่วงอายุ 20-25 ปีจำนวน 11 คน คิดเป็นร้อยละ 52.4 รองลงมาก็คือ ช่วงอายุ ช่วงอายุ ต่ำกว่า20ปี จำนวน 6 คน คิดเป็นร้อยละ 28.6 และ ช่วงอายุ 25ปีขึ้นไป จำนวน 4 คน คิดเป็นร้อยละ 19.0 ตามลำดับ

ส่วนที่ 2 ระดับความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 10 ข้อ
ตารางที่ 3 แสดงค่าเฉลี่ยความพึงพอใจ

ที่	ประเด็นการสำรวจด้านผู้ใช้งาน	คะแนนเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ระดับความพึงพอใจ
1	ความสวยงามและความเหมาะสมของรูปแบบโรงเรียนแนวตั้ง	4.05	0.72	มาก
2	ความสะดวกในการใช้งานและการดูแลรักษา	4.10	0.75	มาก
3	ความเหมาะสมของการออกแบบให้ประหยัดพื้นที่	4.10	0.81	มาก
4	ความถูกต้องและแม่นยำของระบบควบคุมแสง LED	4.14	0.71	มาก
5	ประสิทธิภาพของแสง LED ที่ช่วยเร่งการเจริญเติบโตของไข่ผ่า	3.81	0.79	มาก
6	ความสามารถของโรงเรียนในการช่วยเพิ่มปริมาณโปรตีนในไข่ผ่า	4.05	0.61	มาก
7	ความปลอดภัยของระบบไฟฟ้าและโครงสร้างโรงเรียน	3.86	0.78	มาก
8	ความคุ้มค่าของต้นทุนเมื่อเทียบกับผลผลิตที่ได้	4.05	0.73	มาก
9	ความสะดวกในการเรียนรู้และเข้าใจการทำงานของระบบ	4.05	0.83	มาก
10	ความพึงพอใจโดยรวมต่อโรงเรียนแนวตั้งเพาะเลี้ยงไข่ผ่า	4.10	0.67	มาก

จากตารางที่ 3 ผลการศึกษาพบว่า ระดับความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่าง เรียงลำดับจากมากไปหาน้อยดังนี้มีระดับความพึงพอใจมากที่สุด คือความถูกต้องและแม่นยำของระบบควบคุมแสง LED ค่าเฉลี่ย = 4.14 ค่า SD = 0.71รองลงมา คือความพึงพอใจโดยรวมต่อโรงเรียนแนวตั้งเพาะเลี้ยงไข่ผ่า ค่าเฉลี่ย = 4.10 ค่า SD = 0.67ความสะดวกในการใช้งานและการดูแลรักษา ค่าเฉลี่ย = 4.10 ค่า SD = 0.75ความเหมาะสมของการออกแบบให้ประหยัดพื้นที่ ค่าเฉลี่ย = 4.10 ค่า SD = 0.81 ตามด้วย ความสวยงามและความเหมาะสมของรูปแบบโรงเรียนแนวตั้ง ค่าเฉลี่ย = 4.05 ค่า SD = 0.72

ความสามารถของโรงเรียนในการช่วยเพิ่มปริมาณโปรตีนในไข่ผ่า ค่าเฉลี่ย = 4.05 ค่า SD = 0.61
ความคุ้มค่าของต้นทุนเมื่อเทียบกับผลผลิตที่ได้ ค่าเฉลี่ย = 4.05 ค่า SD = 0.73 ความสะดวกในการ
เรียนรู้และเข้าใจการทำงานของระบบ ค่าเฉลี่ย = 4.05 ค่า SD = 0.83 ประสิทธิภาพของแสง LED ที่
ช่วยเร่งการเจริญเติบโตของไข่ผ่า ค่าเฉลี่ย = 3.81 ค่า SD = 0.79 และสุดท้าย ความปลอดภัยของ
ระบบไฟฟ้าและโครงสร้างโรงเรียน ค่าเฉลี่ย = 3.86 ค่า SD = 0.78

บทที่ 5

สรุป อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ

ในการวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อส่งเสริมการวิจัยและพัฒนาสิ่งประดิษฐ์ของคนรุ่นใหม่ พัฒนาระบบการผลิตตู้เชิงพาณิชย์และอุตสาหกรรม ส่งเสริมสนับสนุนให้เกิดการเรียนรู้และทักษะ ในกระบวนการประดิษฐ์คิดค้นพัฒนาต่อยอดนวัตกรรมและเทคโนโลยีเพื่อพัฒนาคุณภาพชีวิต และ เพื่อตอบสนองความต้องการของผู้รับข่าวสารด้านการรับรู้ข่าวสารในกรณีเร่งด่วน โดยมีสมมุติฐานในการวิจัยคือ ตอบสนองความต้องการของผู้รับข่าวสารด้านการรับรู้ข่าวสารในกรณีเร่งด่วนได้ กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ประกอบด้วย กลุ่มประชาชนในจำนวน 10 คน จากนักศึกษาระดับชั้น ปวส.2 สายม.6 สาขาเทคโนโลยีสารสนเทศ วิทยาลัยเทคนิคเชียงใหม่ เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยได้แก่ แบบประเมินความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่างผู้รับข่าวสาร จากการพัฒนาโรงเรือนแนวตั้งเพาะเลี้ยงไข่ ผ่าด้วยสเปกตรัมแสง LED เพื่อเพิ่มโปรตีนและเร่งการเจริญเติบโต ที่สร้างขึ้นจากการศึกษาค้นคว้า และดัดแปลงจากเอกสารและงานวิจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง และมีความสอดคล้องกับแนวคิดและทฤษฎีที่ใช้ในการวิจัย แบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 ข้อมูลเกี่ยวกับสถานภาพของกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 2 ข้อ ส่วนที่ 2 ระดับความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 5 ข้อ และส่วนที่ 3 ข้อคิดเห็นและ ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม เป็นแบบคำถามปลายเปิด จำนวน 1 ข้อ ค่าสถิติที่ใช้ในการวิจัยคือ ค่าเฉลี่ยของความพึงพอใจ แล้วแปลผลเฉลี่ยตามเกณฑ์ดังนี้ 4.51 – 5.00 หมายถึง ระดับความพึงพอใจมากที่สุด 3.51 – 4.50 หมายถึง ระดับความพึงพอใจมาก 2.51 – 3.50 หมายถึง ระดับความพึงพอใจปานกลาง 1.51 – 2.50 หมายถึง ระดับความพึงพอใจน้อย 1.00 – 1.50 หมายถึง ระดับความพึงพอใจน้อยที่สุด ผลการวิจัยมีดังนี้

5.1 สรุปผลการวิจัย

5.1 การทดสอบการทำงานของระบบการพัฒนาโรงเรือนแนวตั้งเพาะเลี้ยงไข่ ผ่าด้วยสเปกตรัมแสง LED เพื่อเพิ่มโปรตีนและเร่งการเจริญเติบโต พบว่า ในการทดสอบผู้ใช้งานสามารถศึกษาขั้นตอนการใช้งาน และทำการทดสอบตามคู่มือได้ดี

5.2 ระดับความพึงพอใจของผู้รับข่าวสาร จากระบบการพัฒนาโรงเรือนแนวตั้งเพาะเลี้ยงไข่ ผ่าด้วยสเปกตรัมแสง LED เพื่อเพิ่มโปรตีนและเร่งการเจริญเติบโต อยู่ในระดับ ดีมาก (4.53)

5.2 อภิปรายผล

ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า แสงน้ำเงิน มีบทบาทสำคัญต่อการสังเคราะห์แสงและการขยายพื้นที่ใบ ส่งผลต่อการเพิ่มผลผลิตชีวมวล และกระตุ้นการสังเคราะห์กรดอะมิโนและโปรตีน การใช้ แสงน้ำเงิน ทำให้เกิดความสัมพันธ์ระหว่างการสร้างโปรตีนและการเพิ่มผลผลิตชีวมวล

ดังนั้น โรงเรือนแนวตั้งที่พัฒนาด้วยระบบแสง LED สามารถใช้เป็นเทคโนโลยีต้นแบบสำหรับการเพาะเลี้ยงไข่ม้วนเชิงพาณิชย์ เพื่อตอบสนองต่อความต้องการโปรตีนทางเลือก (Alternative Protein)

การทดสอบผู้ใช้งานสามารถศึกษาขั้นตอนการใช้งาน และทำการทดสอบตามคู่มือได้ดี และระดับความพึงพอใจของผู้ใช้งาน จากระบบการพัฒนาโรงเรือนแนวตั้งเพาะเลี้ยงไข่ม้วนด้วยสเปกตรัมแสง LED เพื่อเพิ่มโปรตีนและเร่งการเจริญเติบโต อยู่ในระดับ ดีมาก (4.53)

5.3 ข้อเสนอแนะในการวิจัย

5.3.1 พัฒนาเพิ่มเติมเกี่ยวกับการตรวจสอบสารชนิด A และ B

5.3.2 พัฒนาระบบในส่วนของการดูสารเข้าสู่กระบะเพาะเลี้ยง

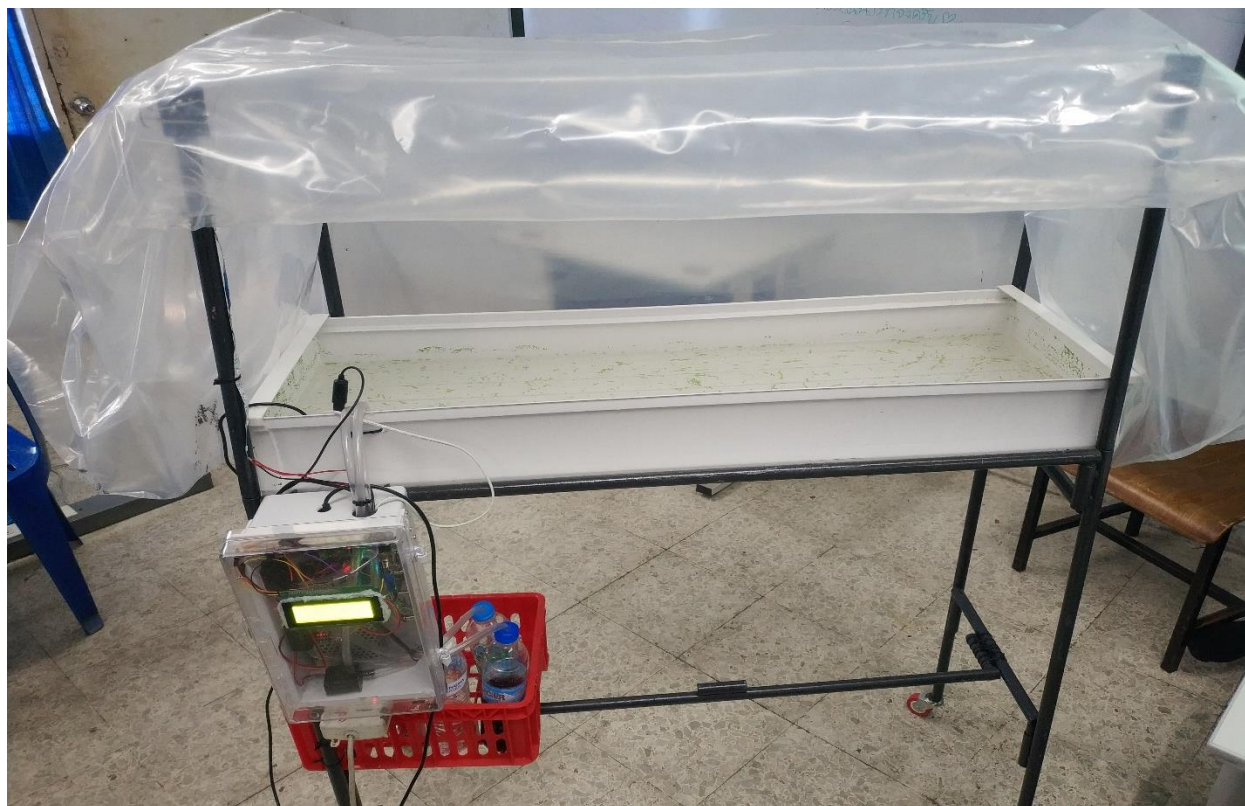
5.3.3 ศึกษาการเขียนโปรแกรม Rasbery pi pico w ควบคุมอุปกรณ์ขั้นสูงเพิ่มเติม เพื่อใช้พัฒนาระบบให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

บรรณานุกรม

- สมชาย รักดี, & จิราพร การุณ. (2566). การเพาะเลี้ยงพืชน้ำ Wolffia spp. เพื่อเพิ่มโปรตีนในอาหารมนุษย์. วารสารวิทยาศาสตร์การเกษตรไทย, 12(3), 45-58.
- เทพสุดา รุ่งรัตน์, & ณัฐชัย แก้วอุทุม. (2565). ผลของแสง LED ต่อการเจริญเติบโตและปริมาณโปรตีนในพืชน้ำ Wolffia spp. วารสารเทคโนโลยีการเกษตร, 9(2), 112-125.
- โสภณ พรหมสุทธิ. (2564). การประยุกต์ใช้โรงเรือนแนวตั้งในการเพาะปลูกพืชผัก. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์เกษตรกร.
- Taiz, L., Zeiger, E., Møller, I. M., & Murphy, A. (2015). *Plant physiology and development* (6th ed.). Sunderland, MA: Sinauer Associates.
- Massa, G. D., Kim, H. H., Wheeler, R. M., & Mitchell, C. A. (2008). *Plant productivity in response to LED lighting*. HortScience, 43(7), 1951–1956. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.43.7.1951>
- Bula, R. J., Morrow, R. C., Tibbitts, T. W., Barta, D. J., Ignatius, R. W., & Martin, T. S. (1991). *Light-emitting diodes as a radiation source for plants*. HortScience, 26(2), 203–205. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.26.2.203>
- Kozai, T., Niu, G., & Takagaki, M. (2015). *Plant factory: An indoor vertical farming system for efficient quality food production*. Academic Press.
- ดร. วิชชุดา ศรีเจริญ. (2563). การควบคุมสภาพแวดล้อมในโรงเรือนเพาะปลูกพืชด้วยเทคโนโลยีอัตโนมัติ. วารสารวิศวกรรมเกษตร, 14(1), 33-42.
- Chen, X., & Wang, Z. (2019). *LED light spectrum effects on plant growth and secondary metabolite accumulation: A review*. Frontiers in Plant Science, 10, 1234. <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.01234>
- Li, Q., Kubota, C. (2009). *Effects of supplemental light quality on growth and phytochemicals of baby leaf lettuce*. Environmental and Experimental Botany, 67(1), 59-64. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2009.01.008>

ภาคผนวก

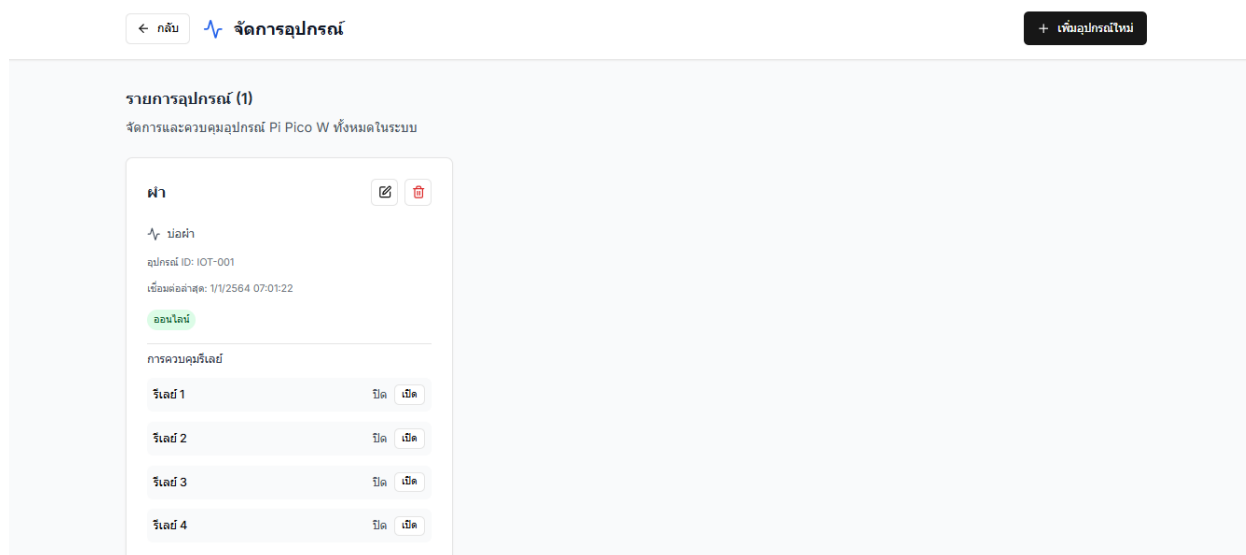
ภาคผนวก ก



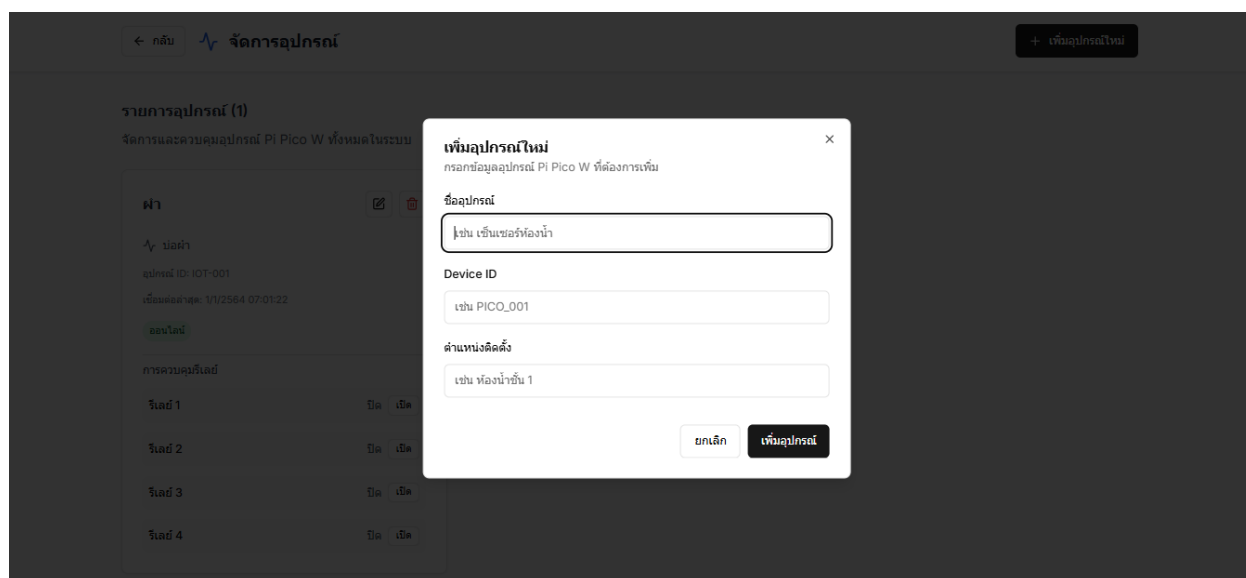
ภาพที่ 1.2 รูปชิ้นงาน



ภาพที่ 1.3 หน้าต่างแสดงข้อมูล



ภาพที่ 1.4 หน้าต่างจัดการอุปกรณ์



ภาพที่ 1.5 หน้าต่างเพิ่มอุปกรณ์

ภาคผนวก ข

แบบประเมินความพึงพอใจ

เพศ

☐ ชาย

☐ หญิง

อายุ

☐ ต่ำกว่า 20 ปี

☐ 20-25 ปี

☐ 25 ปีขึ้นไป

ความสวยงามและความเหมาะสมของรูปแบบโรงเรียนแนวตั้ง

1



2



3



4



5



ความสะดวกในการใช้งานและการดูแลรักษา

1



2



3



4



5



ความเหมาะสมของการออกแบบให้ประหยัดพื้นที่

1



2



3



4



5



ความถูกต้องและแม่นยำของระบบควบคุมแสง LED

1



2



3



4



5



ประสิทธิภาพของแสง LED ที่ช่วยเร่งการเจริญเติบโตของไข่ผ่า

1



2



3



4



5



ความสามารถของโรงเรือนในการช่วยเพิ่มปริมาณโปรตีนในไข่ผ่า

1



2



3



4



5



ความปลอดภัยของระบบไฟฟ้าและโครงสร้างโรงเรียน				
1	2	3	4	5
☆	☆	☆	☆	☆
ความคุ้มค่าของต้นทุนเมื่อเทียบกับผลผลิตที่ได้				
1	2	3	4	5
☆	☆	☆	☆	☆
ความสะดวกในการเรียนรู้และเข้าใจการทำงานของระบบ				
1	2	3	4	5
☆	☆	☆	☆	☆
ความพึงพอใจโดยรวมต่อโรงเรียนแนวตั้งเพาะเลี้ยงไข่ม้วน				
1	2	3	4	5
☆	☆	☆	☆	☆

ภาพที่ 1.6 แบบฟอร์มการประเมินความพึงพอใจ

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ-สกุล	นายธวัชชัย ชัยสวัสดิ์
วันเดือนปีเกิด	23 กันยายน พ.ศ. 2549
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	เลขที่ 2 ถ.สามล้าน ต.พระสิงห์ อ.เมือง จ.เชียงใหม่ 50200
สถานศึกษา	วิทยาลัยเทคนิคเชียงใหม่
ประวัติการศึกษา	ระดับมัธยมศึกษา - โรงเรียนธรรมราชศึกษา ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขา เทคโนโลยีสารสนเทศ วิทยาลัยเทคนิคเชียงใหม่
อีเมล	67319010050@cmtc.ac.th
ติดต่อ	0650244195

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ-สกุล	นายภุมเรศ สืบคำเพียง
วันเดือนปีเกิด	18 ตุลาคม พ.ศ. 2548
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	เลขที่ 18/1 หมู่ที่ 1 ต.แม่แรม อ.แม่ริม จ.เชียงใหม่ 50180
สถานศึกษา	วิทยาลัยเทคนิคเชียงใหม่
ประวัติการศึกษา	ระดับมัธยมศึกษา-โรงเรียนแม่ริมวิทยาคม ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขา เทคโนโลยีสารสนเทศ วิทยาลัยเทคนิคเชียงใหม่
อีเมล	67319010028@cmtc.ac.th
ติดต่อ	0918761573