ชุดจำลองสภาวะการฟักตัวของปลานิลและแจ้งผลผ่านระบบ IOT*

A SET TO SIMULATE THE INCUBATION CONDITIONS OF NILE TILAPIA AND REPORT RESULTS VIA THE IOT SYSTEM

มนตรี สุขชุม[1], ปวิตรี อัตบุตร[2], ภาณุวัฒน์ ดอกมะลิ[3], สมชาย สัมพันธ์ศรี[4], พระรถ ลีอาจ[5], วิษณุกร แวงวรรณ[6], จุฑามาศ จั้นอรัญ[7] และ ณรงศักดิ์ จานทอง[8]

Montri Sukchum[1], Pawitree Attiboot[2], Panuwat Dokmali[3], Somchai Sumpansri[4], Phararot Lee-art[5], Witsanukorn Waengwan[6], Juthamas Jan-aran[7] and Narongsak Jantong[8]

[1-8]สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ วิทยาลัยเชียงราย

[1-8]Bachelor of Engineering Program Electrical Engineering Chiangrai College, Thailand

Corresponding Author's Email: lovejaja45@gmail.com

วันที่รับบทความ : 15 กุมภาพันธ์ 2568; วันแก้ไขบทความ 27 กุมภาพันธ์ 2568; วันตอบรับบทความ : 27 กุมภาพันธ์ 2568

Received 15 February 2025; Revised 27 February 2025; Accepted 27 February 2025

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการออกแบบและจัดทำชุดจำลองสภาวะการฟักตัวของปลานิลและแจ้งผลผ่านระบบ IOT เพื่อช่วยในการควบคุมอุณหภูมิในการเพาะไข่ปลานิลและสามารถดูอุณหภูมิแบบเรียลไทม์ได้เพื่อลดอัตราเสียของไข่ในการฟักไข่ในช่วงเวลาฝักไข่

โดยชุดจำลองสภาวะการฟักตัวของปลานิลและแจ้งผลผ่านระบบ IOT สามารถควบคุมค่าอุณหภูมิ โดยค่าอุณหภูมิจะมีผลต่อการฟักไข่เป็นตัวของปลานิล ซึ่งเครื่องเพาะพันธุ์ปลานิลแจ้งเตือนอุณหภูมิผ่านแอพพลิเคชั่น จะมีเบี่ยงเบนอุณหภูมิอยู่ที่ 1 – 2 องศาเซลเซียส และการ

Citation:

* มนตรี สุขชุม, ปวิตรี อัตบุตร, ภาณุวัฒน์ ดอกมะลิ, สมชาย สัมพันธ์ศรี, พระรถ ลีอาจ, วิษณุกร แวงวรรณ, จุฑามาศ จั้นอรัญ และ ณรงศักดิ์ จานทอง. (2568). ชุดจำลองสภาวะการฟักตัวของปลานิลและแจ้งผลผ่านระบบ IOT. วารสารส่งเสริมและพัฒนาวิชาการสมัยใหม่, 3(1), 384-394.

Montri Sukchum, Pawitree Attiboot, Panuwat Dokmali, Somchai Sumpansri, Phararot Lee-art, Witsanukorn Waengwan, Juthamas Jan-aran, Narongsak Jantong. (2025). A set to simulate the incubation conditions of Nile Tilapia and report results via the IOT system. Modern Academic Development and Promotion Journal, 3(1), 384-394.;

DOI: https://doi.org/10. 14456/madpiadp.2025.25

Website: https://so12.tci-thaijo.org/index.php/MADPIADP/

เก็บข้อมูลอุณหภูมิโดยการบันทึกลงใน ดาต้าชีท ของโปรแกรมคอมพิวเตอร์อัตโนมัติเพื่อนำไปใช้เป็นฐานข้อมูลในการแก้ไขปัญหาต่อไป

ผลการทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของเซ็นเซอร์วัดค่าอุณหภูมิได้อย่างแม่นยำและไม่มีข้อบกพร่อง การแสดงผลผ่าน Google Sheets ไม่เจอปัญหาใดๆ และสามารถเก็บข้อมูลไว้ดูย้อนหลังได้ อุณหภูมิเฉลี่ยในแต่ละวันจะอยู่ตามที่ตั้งค่าการทำความเย็นของ Elitech EK-3010 (อุปกรณ์ดิจิตอลควบคุมอุณหภูมิ) ยังไม่พบค่าอุณหภูมิที่ผิดปกติ ซึ่งค่าอุณหภูมิที่ได้อยู่ในเกณฑ์ปกติตามที่กำหนดไว้

คำสำคัญ: ค่าอุณหภูมิ, ปลานิล, การฟักไข่

Abstract

This research focuses on the design and development of a tilapia incubation simulation system with IoT-based monitoring. The system aims to assist in temperature control during tilapia egg incubation and provides real-time temperature monitoring to reduce the egg loss rate during the hatching period.

The IoT-enabled tilapia incubation simulation system ensures precise temperature regulation, which significantly impacts the successful hatching of tilapia eggs. The system notifies the temperature deviations through a mobile application, with a variance of 1–2 degrees Celsius. Temperature data is automatically recorded in a datasheet using computer software, serving as a database for future troubleshooting and analysis.

The performance tests of the system confirmed the accuracy and reliability of the temperature sensors, with no malfunctions detected. Data displayed via Google Sheets presented no issues and could be reviewed retrospectively. The average daily temperature complied with the cooling settings of the Elitech EK-3010 digital temperature controller, with no abnormal readings observed. All recorded temperatures remained within the predetermined normal range.

Keywords: Temperature, Tilapia, Egg incubation

บทนำ

การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำเป็นหนึ่งในกระบวนการผลิตที่สำคัญในการเกษตรสมัยใหม่ โดยเฉพาะการเลี้ยงปลานิลซึ่งเป็นปลาที่มีการเจริญเติบโตเร็วและเป็นที่นิยมบริโภคอย่างแพร่หลายในประเทศไทยและหลายประเทศทั่วโลก การควบคุมสภาวะในการฟักตัวของไข่ปลานิลนับว่าเป็นส่วนสำคัญที่ส่งผลต่ออัตราการฟักตัวและการรอดของลูกปลา ซึ่งหากสามารถควบคุมปัจจัยต่าง ๆ ที่ส่งผลต่อการฟักตัวได้อย่างแม่นยำ จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการเลี้ยงและลดอัตราการสูญเสียของไข่ปลาได้อย่างมาก

ปัจจุบันมีการนำเทคโนโลยี Internet of Things (IoT) เข้ามาประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมต่าง ๆ รวมถึงการเกษตรและประมง โดย IoT ช่วยให้สามารถติดตามและควบคุมสภาวะที่สำคัญได้แบบเรียลไทม์ผ่านเซ็นเซอร์และอุปกรณ์ที่เชื่อมต่อกับอินเทอร์เน็ต เทคโนโลยีนี้มีศักยภาพในการเฝ้าติดตามปัจจัยที่มีผลต่อการฟักตัวของไข่ปลานิล เช่น อุณหภูมิของน้ำ ระดับออกซิเจน และค่า pH ของน้ำ อีกทั้งยังสามารถแจ้งเตือนหากเกิดความผิดปกติ ทำให้ผู้เลี้ยงสามารถตอบสนองและปรับปรุงสภาพแวดล้อมได้ทันท่วงที

การวิจัยนี้มุ่งเน้นการออกแบบและพัฒนาชุดจำลองสภาวะควบคุมการฟักตัวของปลานิลโดยการใช้เซ็นเซอร์ที่เชื่อมต่อกับระบบ IoT เพื่อเฝ้าระวังและแจ้งเตือนผ่านแอปพลิเคชัน การนำระบบนี้มาใช้จะช่วยลดความเสี่ยงจากสภาวะที่ไม่เหมาะสม เพิ่มโอกาสความสำเร็จในการเพาะพันธุ์ และช่วยลดต้นทุนในการตรวจสอบและปรับปรุงสภาพแวดล้อมแบบดั้งเดิม ข้อมูลที่ได้จากการจำลองนี้ยังสามารถนำไปใช้วิเคราะห์และพัฒนากระบวนการฟักตัวของไข่ปลานิลในอนาคตให้มีความแม่นยำและมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อออกแบบและพัฒนา ชุดจำลองสภาวะการฟักตัวของปลานิลที่สามารถควบคุมอุณหภูมิในการเพาะไข่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2. เพื่อพัฒนาและติดตั้งระบบ IOT สำหรับการแจ้งเตือนและแสดงผลอุณหภูมิแบบเรียลไทม์ผ่านแอปพลิเคชัน

3. เพื่อลดอัตราการเสียของไข่ โดยการควบคุมและติดตามอุณหภูมิอย่างแม่นยำในระหว่างกระบวนการฟักไข่

4. เพื่อเก็บและบันทึกข้อมูล อุณหภูมิในแต่ละช่วงเวลาโดยอัตโนมัติ เพื่อใช้เป็นฐานข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์และปรับปรุงกระบวนการในอนาคต

5. เพื่อทดสอบประสิทธิภาพของระบบ ในการควบคุมอุณหภูมิและการแจ้งเตือนผ่าน IOT ว่าสามารถทำงานได้ตามที่ออกแบบไว้

การทบทวนวรรณกรรม

1. การเพาะฟักไข่ปลานิลและสภาวะที่เหมาะสม การฟักไข่ปลานิลต้องการการควบคุมปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อมหลายประการ เช่น อุณหภูมิของน้ำ ระดับออกซิเจน ค่า pH และการหมุนเวียนของน้ำ การวิจัยที่ผ่านมาพบว่า อุณหภูมิ ที่เหมาะสมจะอยู่ระหว่าง 28-30 องศาเซลเซียส ซึ่งช่วยเพิ่มอัตราการฟักตัวและลดอัตราการตายของไข่ปลา

2. สามารถใช้ระบบควบคุมอัตโนมัติสำหรับการฟักไข่ การควบคุมสภาพแวดล้อมแบบอัตโนมัติในการเพาะฟักไข่ปลานิลมีประโยชน์ในการลดต้นทุนและเวลาที่ต้องใช้ในการตรวจสอบระบบ ตัวอย่างของระบบควบคุมอัตโนมัติที่พบได้ในงานวิจัยได้แก่ การติดตั้ง ระบบหมุนเวียนน้ำ เพื่อควบคุมคุณภาพของน้ำและลดการสะสมของของเสียในระบบฟักไข่

3. บทบาทของ IoT ในการเฝ้าติดตามและแจ้งเตือน เทคโนโลยี Internet of Things (IoT) ช่วยให้ผู้ใช้งานสามารถติดตามสภาวะต่าง ๆ ได้แบบเรียลไทม์ผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต โดยมีการศึกษาและประยุกต์ใช้ IoT ในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำและเกษตรกรรมดังนี้ การใช้เซ็นเซอร์เชื่อมต่อ IoT เช่น เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิ ค่า pH และระดับออกซิเจนที่สามารถส่งข้อมูลไปยังแอปพลิเคชันเพื่อการวิเคราะห์และควบคุม การสร้างระบบ แจ้งเตือนอัตโนมัติ ผ่านแอปพลิเคชันหรือ SMS เมื่อค่าที่ตรวจวัดมีความผิดปกติหรือเกินค่าที่กำหนดไว้ ทำให้สามารถแจ้งเตือนได้แบบทันทีหากสภาวะฟักตัวเกิดปัญหา

4. เทคโนโลยีจำลองและโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่เกี่ยวข้องการพัฒนาชุดจำลองที่สามารถควบคุมการฟักตัวโดยอาศัยการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากเซ็นเซอร์และการวิเคราะห์เชิงลึกนั้นใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ในการประมวลผลข้อมูลดังกล่าว ตัวอย่างเช่น การใช้ โปรแกรม MATLAB หรือ LabVIEW ในการสร้างแบบจำลองและประมวลผลข้อมูลเพื่อปรับแต่งการทำงานของระบบ การประยุกต์ใช้โปรแกรม Thing Speak หรือ Google Firebase สำหรับการจัดเก็บและการแสดงผลข้อมูล IoT แบบเรียลไทม์

วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยคุณภาพ ดำเนินงาน จัดสร้าง ชุดจำลองสภาวะการฟักตัวของปลานิลและแจ้งผลผ่านระบบ IOT ด้วยอุปกรณ์ดิจิตอลควบคุมอุณหภูมิ (Elitech EK-3010) เป็นชุดควบคุมอุณหภูมิเพื่อรักษาอุณหภูมิเครื่องเพาะพันธุ์ปลานิล โดยการประยุกต์ใช้งานรวมกับ Arduino ESP8266 เป็นตัวรับส่งข้อมูลและการแจ้งเตือนอุณหภูมิของเครื่องเพาะพันธุ์ปลานิลแจ้งเตือนอุณหภูมิผ่านแอปพลิเคชั่น โดยแบ่งการออกแบบเครื่องเพาะพันธุ์ปลานิลแจ้งเตือนอุณหภูมิผ่านแอปพลิเคชั่น แบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ

1. โดยออกแบบและเขียนโค้ดชุดการควบคุมของเครื่องเพาะพันธุ์ปลานิลแจ้งเตือนอุณหภูมิผ่านแอปพลิเคชั่น
2. ออกแบบโครงสร้างเครื่องเพาะพันธุ์ปลานิลแจ้งเตือนอุณหภูมิผ่านแอปพลิเคชั่น
3. ออกแบบชุดควบคุมเครื่องเพาะพันธุ์ปลานิล

ผลการวิจัย

ทำการทดลองโดยได้จ่ายแรงดันไฟ 220 โวลต์ ในกับเบรกเกอร์ และทำการเปิดสวิตช์ S1 เพื่อจ่ายไฟไปยังชุดความอุณหภูมิ Elitech EK-3030 และตั้งค่าพารามิเตอร์ในอยู่ในช่วงอุณหภูมิ 24 – 28 องศาเซลเซียล เพื่อให้มีคำสั่งการตัดต่อการทำงานของชุดทำความเย็นแผ่นเพวเทียร์ (Peltier) และปั๊มน้ำ และเปิดสวิตช์ S2 เพื่อจ่ายไฟ 220 โวลต์ ไปยังสวิตช์ชิ่ง 12 โวลต์ เพื่อจ่ายไฟแรงดันไปยังชุดจ่ายไฟชุดที่ 2 ของชุดควบคุมอุณหภูมิเพื่อให้ชุดควบคุมจ่ายแรงดันไปที่ชุดทำความความเย็นและปั๊มน้ำ และเปิด S3 เพื่อจ่ายแรงดันไฟ 220 โวลต์ไปยังสวิตช์ชิ่ง 9 โวลต์ เพื่อให้สวิตช์ชิ่งจ่ายแรงดัน 9 โวลต์ ไปยัง Arduino ESP8266 เพื่อเปิดชุดคำสั่งการรับส่งข้อมูลดาต้าอุณหภูมิและการแจ้งเตือนสถานะการทำงานไปยังแอปพิเคชั่น Blynk – IoT ตามตารางที่ 1

ในการฟักไข่ปลานิลจำนวน 8 วัน และได้ทำการทดลอง จำนวน 2 ครั้ง โดยแต่ละครั้งจะใช้ไข่ปลานิล จำนวน 4,000 มิลลิกรัม (ฟอง) โดยทำการแบ่งการทดลองเป็น 2 ลักษณะคือ การทดลองผ่านชุดควบคุมและไม่ผ่านชุดควบคุมโดยได้ผลการทดลองโดยการทดลองครั้งที่ 1 เมื่อ วันที่ 26/7/2567 - 2/8/2567 ผลที่ได้เป็นไปตาม ตารางที่ 1 และการทดลองครั้งที่ 2 เมื่อวันที่ 3/8/2567 - 10/8/2567 ผลที่ได้เป็นไปตาม ตารางที่ 2

ตารางที่ 1 ทดสอบอัตราการเกิดของไข่ปลานิลแบบใช้ชุดจำลองสภาวะการฟักตัวของปลานิลและแจ้งผลผ่านระบบ IOT และไม่ใช้ชุดจำลองสภาวะการฟักตัวของปลานิลครั้งที่ 1

วันที่ทดสอบ	**สถานการณ์ทำงาน**		**ค่าอุณหภูมิเฉลี่ย (24-28 องศาเซลเซียส)**	**ค่าอุณหภูมิเฉลี่ย (องศเซลเซียส) ไม่ใช้ชุดจำลอง**
	ปกติ	**ไม่ปกติ**		
26/7/67	✓	-	24.4	35.3
27/7/67	✓	-	24.3	36
28/7/67	✓	-	24.1	35
29/7/67	✓	-	24.1	37.2
30/7/67	✓	-	24.2	37
31/7/67	✓	-	24.1	37
1/8/67	✓	-	22.2	37.1
2/8/67	✓	-	22.4	37

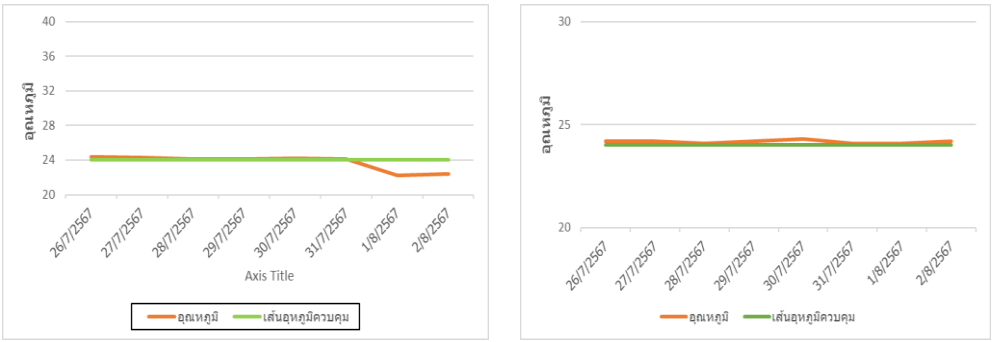
จากตารางที่ 1 ทำการทดลองเป็นจำนวน 8 วัน โดยตั้งค่าอุณหภูมิ ของชุดควบคุมไว้ที่ 24-28 องศาเซลเซียส การเปลี่ยนแปลงที่ได้เป็นไปตามตารางที่1 และการฟักตัวของปลานิล คิดเป็น 80% และชุดที่ไม่ได้ควบคุมอุณหภูมิ ๆ อยู่ในช่วง 35-37 องศาเซลเซียส และการฟักตัวของปลานิล คิดเป็น 90%

ตารางที่ 2 ทดสอบอัตราการเกิดของไข่ปลานิลแบบใช้ชุดจำลองสภาวะการฟักตัวของปลานิลและแจ้ง ผลผ่านระบบ IOT และไม่ใช้ชุดจำลองสภาวะการฟักตัวของปลานิลครั้งที่ 2

วันที่ทดสอบ	สถานการณ์ทำงาน		ค่าอุณหภูมิเฉลี่ย (24-28 องศาเซลเซียส)	ค่าอุณหภูมิเฉลี่ย (องเซลเซียส) ไม่ใช้ชุดจำลอง
	ปกติ	ไม่ปกติ		
3/8/67	✓	-	24.2	35.3
4/8/67	✓	-	24.2	37.1
5/8/67	✓	-	24.1	35.2
6/8/67	✓	-	24.2	37.2
7/8/67	✓	-	24.3	37.8
8/8/67	✓	-	24.1	37.1
9/8/67	✓	-	24.1	37.1
10/8/67	✓	-	24.2	37.4

จากตารางที่ 2 ทำการทดลองเป็นจำนวน 8 วัน โดยตั้งค่าอุณหภูมิ ของชุดควบคุมไว้ที่ 24-28 องศาเซลเซียส การเปลี่ยนแปลงที่ได้เป็นไปตามตารางที่1 และการฟักตัวของปลานิล คิดเป็น 98% และชุดที่ไม่ได้ควบคุมอุณหภูมิ ๆ อยู่ในช่วง 35-37 องศาเซลเซียส และการฟักตัวของปลานิล คิดเป็น 90%

จากตารางที่ 1 และ 2 มาแสดงเป็นกราฟ



ภาพที่ 1 กราฟอัตราการเกิดของไข่ปลานิลแบบใช้ชุดจำลองสภาวะการฟักตัวของปลานิลและแจ้งผลผ่านระบบ IOT

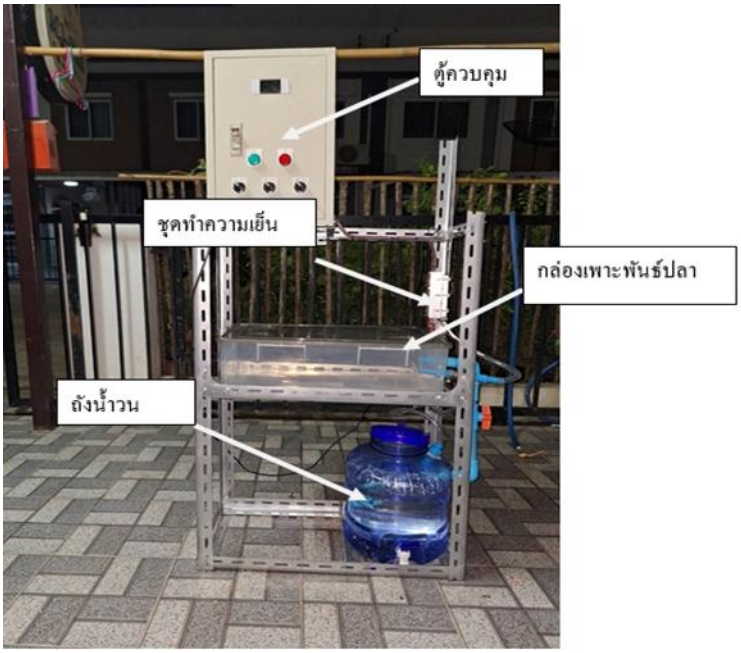
ภาพที่ 2 กราฟอัตราการเกิดของไข่ปลานิลแบบไม่ใช้ชุดจำลองสภาวะการฟักตัวของปลานิลและแจ้งผลผ่านระบบ IOT

อภิปรายผล

จากที่ผู้วิจัยได้ทำการทดลองชุดจำลองสภาวะการฟักตัวของปลานิลและแจ้งผลผ่านระบบ IOT ได้ดำเนินการสำเร็จตามวัตถุประสงค์และขอบเขตที่กำหนดและขอบเขตที่กำหนดเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการเพาะพันธุ์ปลานิลเพื่อลดอัตราการเพาะพันธุ์ปลานิลที่ไม่มีประสิทธิภาพเพื่อศึกษาหลักการใช้อุณหภูมิในการเพาะพันธุ์ปลานิลเพื่อส่งเสริมและพัฒนาอาชีพการเพาะเลี้ยงปลาแก่เกษตรกรเพื่อศึกษาระยะในการฟักไข่ปลานิล สามารถควบคุมและสั่งงานผ่านแอปพลิเคชั่นสามารถรักษาอุณหภูมิให้อยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสมในการฟักไข่ของปลานิลซึ่งอยู่ในช่วงอุณหภูมิ 24 -28 องศาเซลเซียลสามารถเช็คดูสถานะอุณหภูมิและการทำงาน

ของเครื่องแบบทันทีทันใดสามารถแปลงเพศของปลานิลโดยการควบคุมอุณหภูมิให้อยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสมซึ่งอยู่ในช่วงอุณหภูมิ 24 - 28 องศาเซลเซียล

องค์ความรู้ใหม่



ภาพที่ 3 ชุดจำลองสภาวะการฟักตัวของปลานิลและแจ้งผลผ่านระบบ IOT

จากภาพที่ 3 ชุดจำลองสภาวะการฟักตัวของปลานิลและแจ้งผลผ่านระบบ IOT ประกอบด้วย Elitech EK-31, ระบบส่งข้อมูล Arduino ESP8266, ระบบการแสดงผลและการควบคุมทางไกล โปรแกรม Blynk, ระบบชุดทำความเย็นเพวเทียร์ (Peltier), ระบบการจัดเก็บข้อมูล Google Sheets และอัตราการรอดชีวิตของปลานิล การทดลองโดยได้จ่ายแรงดันไฟ 220 โวลต์ ในกับเบรกเกอร์ และทำการเปิดสวิตช์ S1 เพื่อจ่ายไฟไปยังชุดความอุณหภูมิ Elitech EK-3030 และตั้งค่าพารามิเตอร์ในอยู่ในช่วงอุณหภูมิ 24-28 องศาเซลเซียล เพื่อให้มีคำสั่งการตัดต่อการทำงานของชุดทำความเย็นแผ่นเพวเทียร์ และปั้มน้ำ และเปิดสวิตช์ S2 เพื่อจ่ายไฟ 220 โวลต์ ไปยังสวิตช์ชิ่ง 12 โวลต์ เพื่อจ่ายไฟแรงดันไปยังชุดจ่ายไฟชุดที่ 2

ของชุดควบคุมอุณหภูมิเพื่อให้ชุดควบคุมจ่ายแรงดันไปที่ชุดทำความความเย็นและปั้มน้ำ และเปิด S3 เพื่อจ่ายแรงดันไฟ 220 โวลต์ไปยังสวิตช์ชิ่ง 9 โวลต์ เพื่อให้สวิตช์ชิ่งจ่ายแรงดัน 9โวลต์ไปยัง Arduino ESP8266 เพื่อเปิดชุดคำสั่งการรับส่งข้อมูลดาต้าอุณหภูมิและการแจ้งเตือนสถานะการทำงานไปยังแอปพิเคชั่น Line และ Google sheet

สรุป/ข้อเสนอแนะ

จากผลการวิจัย ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะ ดังนี้

1. ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

1.1 ชุดทำความเย็น แผ่นเพวเทียร์ (Peltier) บางครั้งอาจเกิดปัญหา เรื่องการระบายความร้อนเนื่องจากพัดลมมีขนาดเล็ก วิธีการแก้ไขปัญหา ต้องเช็คความร้อนที่สะสมที่ชุดทำความเย็น และจัดหาพัดลมระบายความร้อน ตามขนาดที่เหมาะสม

1.2 เซ็นเซอร์จับอุณหภูมิของน้ำ บางครั้งหลังจากติดตั้งเสร็จแล้วจะพบว่าค่าอุณหภูมิที่อ่านได้จะมีค่าคลาดเคลื่อนจากค่าจริง วิธีการแก้ไขต้องเช็คค่าความคลาดเคลื่อน และทำการติดตั้งพารามิเตอร์ทุกครั้งก่อนที่จะใช้งาน ตามคู่มือของชุดควบคุม EK-3030

2. ข้อเสนอแนะเพื่อการวิจัยต่อไป

2.1 ควรศึกษาการพัฒนาระบบการแจ้งเตือนให้ครอบคลุมมากขึ้นแม้ว่าระบบในงานวิจัยนี้จะมีการแจ้งเตือนอุณหภูมิผ่านแอปพลิเคชัน แต่ควรพิจารณาพัฒนาฟังก์ชันการแจ้งเตือนที่ครอบคลุมมากขึ้น เช่น การแจ้งเตือนผ่าน SMS หรืออีเมล เพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถรับรู้ข้อมูลและจัดการแก้ไขได้ในทุกสถานการณ์ แม้ในกรณีที่ไม่มีการเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตบนโทรศัพท์มือถือ

2.2 ควรศึกษาการขยายการควบคุมปัจจัยอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการฟักไข่ควรมีการพัฒนาเพื่อให้ระบบสามารถควบคุมปัจจัยอื่น ๆ ที่ส่งผลต่อการฟักไข่ปลานิลได้ เช่น การควบคุมความชื้นและคุณภาพน้ำ (เช่น ปริมาณออกซิเจน และค่า pH) เนื่องจากปัจจัยเหล่านี้มีผลต่อสุขภาพของตัวอ่อนในระหว่างกระบวนการฟักไข่

2.3 ควรศึกษาการทดสอบระบบในสภาพแวดล้อมที่หลากหลายควรมีการทดสอบระบบในสภาพแวดล้อมการใช้งานจริงที่หลากหลาย เช่น ในฟาร์มเพาะเลี้ยงที่มีสภาพแวดล้อมต่างกัน เพื่อประเมินความเสถียรของระบบและดูว่าสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพในทุกสภาวะหรือไม่ รวมถึงการทดสอบในระยะเวลานาน เพื่อประเมินผลกระทบระยะยาวต่อการฟักไข่

เอกสารอ้างอิง

แก้วตา ลิ้มเฮง, จันทร์จิรา อาภานันท์, & อาภรณ์ อรุณรัตน์. (2557). การศึกษาอัตราการเจริญเติบโต อัตราการรอดตายของการเลี้ยงปลานิลร่วมกับกุ้งขาวแวนนาไมในความหนาแน่นที่ต่างกันในน้ำความเค็มต่ำ. *แก่นเกษตร, 42*(ฉบับพิเศษ), 804-809.

คีรี กออนันตกุล. (2542). *การเพาะเลี้ยงปลานิลแปลงเพศ.* กรุงเทพฯ: กองประมงน้ำจืด กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

จิรชัย จันทนะ, ธราพันธ์ วัฒนะมหาตม์, นิพนธ์ ศิริพันธ์, & ทศพล แก้วงาม. (2534). การผลิตปลานิลโดยการนำไข่/ลูกปลาออกจากปากแม่ปลามาฟักอนุบาล. ใน *รายงานประจำปี 2534* (หน้า 143-145). อุดรธานี: ศูนย์พัฒนาประมงน้ำจืดอุดรธานี กรมประมง.

ประวิทย์ สุรนีรนาถ. (2531). *การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำทั่วไป.* กรุงเทพฯ: ภาควิชาเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ภาณุ เทวรัตน์มณีกุล, พรรณศรี จริโมภาส, สุจิน หนูขวัญ, & วีระ วัชรกรโยธิน. (2537). *หลักการเพาะเลี้ยงปลา.* เอกสารเผยแพร่ฉบับที่ 26. สถาบันประมงน้ำจืดแห่งชาติ, กรมประมง.

มานพ ตั้งตรงไพโรจน์, ภาณุ เทวรัตน์มณีกุล, พรรณศรี จริโมภาส, สุจิน หนูขวัญ, กาชัย ลาวัณยวุฒิ, วีระ วัชรกรโยธิน, & วิมล จันทรโรทัย. (2536). *การพัฒนาการ เพาะเลี้ยงปลานิล.* เอกสารเผยแพร่ฉบับที่ 23. กรุงเทพฯ: สถาบันวิจัยการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืด กรมประมง.

อุทัยรัตน์ ณ นคร. (2531). *การเพาะขยายพันธุ์ปลา.* กรุงเทพฯ: ภาควิชาเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.