วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม : มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา
ปีที่ 12 ฉบับที่ 2 เดือนกรกฎาคม – ธันวาคม 2567

เครื่องฟักไข่แบบสมาร์ทและการตรวจสอบไข่ด้วยเทคโนโลยีใยแก้วนำแสง

เจษฎา สาททอง[1], สัญญา ควรคิด[2], อดิศร แก้วภักดี[3], ขนิษฐา แซ่ลิ้ม[4]
[1,2,3,4] คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม
Email: sartthong@webmail.npru.ac.th[1]

Received: Aug 13, 2024
Revised: Sep 25, 2024
Accepted: Oct 28, 2024

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการออกแบบและพัฒนาเครื่องฟักไข่อัตโนมัติ สำหรับการควบคุมอุณหภูมิ ความชื้น และการพลิกไข่แบบอัตโนมัติทุก ๆ 2 ชั่วโมง เพื่อปรับปรุงระบบการฟักไข่และอัตราการรอดของไข่ในระยะเวลาการฟัก 22-25 วัน ในงานวิจัยฉบับนี้ประกอบด้วย 1) การควบคุมอุณหภูมิภายในตู้ฟักให้คงที่ระหว่าง 37-38 องศาเซลเซียสและความชื้นให้คงที่ระหว่าง 55-75 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้โมดูล Wi-Fi ESP8266 ร่วมกับเซ็นเซอร์ DS18B20 และ DHT22 2) ระบบจะแจ้งเตือนสถานะการทำงานของเครื่องฟักไข่ผ่านเครื่องแม่ข่าย Blynk บนอินเทอร์เน็ตและแอพพลิเคชัน Line บนสมาร์ทโฟน และ 3) นำเสนอเทคนิคการใช้แสงจากหลอดแอลอีดีความเข้มสูงผ่านสายใยแก้วนำแสงแบบมัลติโหมดเพื่อตรวจสอบไข่ที่มีเชื้อและไม่มีเชื้อแทนเทคนิคการตรวจสอบแบบดั้งเดิมโดยใช้วิธีลอยน้ำหรือใช้หลอดไฟทังสเตนเพื่อลดผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของไข่แบบฉับพลันและการติดเชื้อแบคทีเรียเนื่องจากการสัมผัส ส่งผลให้อัตราการรอดของไข่ที่ฟักเพิ่มขึ้นจากการฟักด้วยแม่ไก่ตามธรรมชาติประมาณ 30 เปอร์เซ็นต์

คำสำคัญ : เครื่องฟักไข่, อุณหภูมิ, ความชื้น, สมาร์ทโฟน, โมดูล ESP8266

Smart Egg Incubator and Egg Inspection Using Optical Fiber Technology

Jesada Sartthong[1*], Sanya Kuankid[2], Adisorn Kaewpukdee[3], Kanittha Saelim[4]
[1,2,3,4] Faculty of Science and Technology, Nakhon Pathom Rajabhat University
Email: sartthong@webmail.npru.ac.th[1]

Received: Aug 13, 2024
Revised: Sep 25, 2024
Accepted: Oct 28, 2024

Abstract

This article presents the design and development of an automatic egg incubator for controlling temperature, humidity, and automatic egg turning every two hours to improve the incubation system and the hatch rate of eggs over a 22- to 25-day incubation period. This research consists of: 1) maintaining a stable temperature inside the incubator between 37 and 38 degrees Celsius and humidity between 55 and 75 percent using the Wi-Fi ESP8266 module combined with the DS18B20 and DHT22 sensors; 2) the system will notify users of the operational status of the incubator through the Blynk server on the internet and the Line application on smartphones; and 3) It presents a technique for using light from high-intensity LED bulbs via multimode fiber optics to check fertilized and unfertilized eggs, instead of traditional inspection techniques such as floating tests or using tungsten bulbs. This approach reduces the impact of sudden temperature changes in the eggs and minimizes bacterial contamination due to handling, resulting in an increase in hatch rates by approximately 30 percent compared to natural brooding by hens.

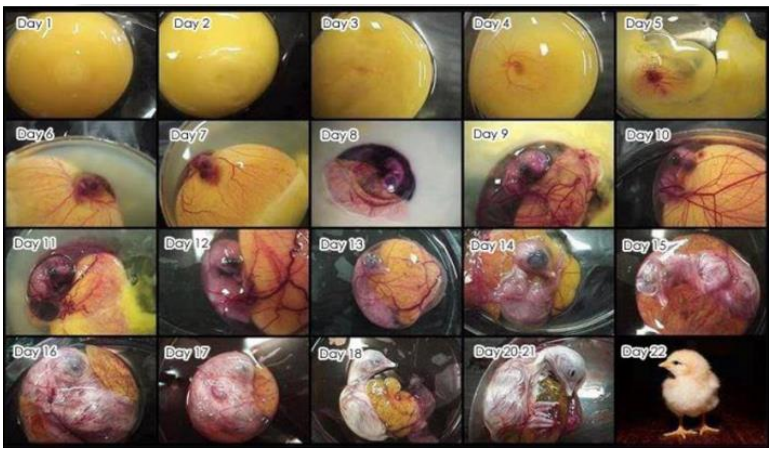
Keywords : Egg incubator, Temperature, Moisture, Smartphone, ESP8266 Module

บทนำ

สัตว์ปีกถือว่าเป็นสัตว์เศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทยโดยเฉพาะไก่ การเลี้ยงสัตว์ปีกในประเทศไทยแบ่งออกเป็นสองระดับ คือ 1) การเลี้ยงระดับครัวเรือนหรือชุมชน และ 2) การเลี้ยงระบบฟาร์มขนาดใหญ่ การฟักไข่เพื่อให้ได้ลูกไก่ถือเป็นขั้นตอนที่สำคัญในระบบการผลิต ปัจจุบันการฟักไข่มี 2 แบบ คือ 1) การฟักไข่ตามธรรมชาติหรือฟักโดยแม่ไก่ และ 2) การฟักไข่โดยใช้เครื่องฟักไข่ไฟฟ้า[1] ข้อดีและข้อเสียของวิธีการฟักทั้งสองแบบ ถ้าฟักโดยแม่ไก่จะมีต้นทุนต่ำ เพราะไม่ต้องลงทุนซื้อเครื่องฟักไข่และไม่เสียค่าไฟฟ้า แต่อัตราการรอดของลูกไก่จะต่ำเมื่อเทียบกับการใช้เครื่องฟักไข่ไฟฟ้า ระยะเวลาการฟักไข่ของสัตว์ปีกแต่ละชนิดจะใช้เวลาไม่เท่ากัน ในกรณีของไข่ไก่จะใช้เวลาการฟักประมาณ 22-25 วัน

วิวัฒนาการของไข่ในระยะการฟักแต่ละวันแสดงดังรูปที่ 1[2] ปัจจัยหลักที่มีผลต่อการฟักไข่ คือ 1) การไหลเวียนของอากาศ 2) อุณหภูมิภายในตู้ฟัก 3) ความชื้นสัมพัทธ์และ 4) การกลับไข่ เครื่องฟักไข่ในปัจจุบันถูกพัฒนาจนเป็นแบบเครื่องฟักไข่อัตโนมัติ ในงานวิจัย[3, 4] พัฒนาการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นภายในตู้ฟักโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 ส่วนอุปกรณ์ผลิตความร้อนจะใช้หลอดไฟทังสเตน ในงานวิจัย[5, 6] การควบคุมอุณหภูมิและความชื้นถูกพัฒนาให้ง่ายขึ้นโดยเปลี่ยนมาใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR (Arduino UNO R3) และอุปกรณ์ผลิตความร้อนภายในตู้ฟัก เปลี่ยนจากหลอดไฟทังสเตนมาเป็นแผ่นฮีตเตอร์เพื่อประหยัดพลังงาน ซึ่งประสิทธิภาพการให้ความร้อนระหว่างแผ่นฮีตเตอร์แบบขดลวดกับแผ่นฮีตเตอร์แบบเทอร์โมอิเล็กทริก ประสิทธิภาพการให้ความร้อนแบบเทอร์โมอิเล็กทริกจะดีกว่า แสดงในผลงานวิจัยที่[7]

ในช่วงเวลาการฟัก 1-18 วันแรกจะต้องมีการพลิกไข่ทุก ๆ 2 ชั่วโมง เพื่อให้การเจริญเติบโตของตัวอ่อนเป็นไปอย่างสมบูรณ์และเพื่อไม่ให้เนื้อเยื่อของตัวอ่อนติดกับผนังไข่ ปัจจุบันการพลิกไข่จะใช้วิธีเอียงไข่ด้านละ 45 องศา สลับซ้ายขวาแบบอัตโนมัติโดยใช้มอเตอร์แบบซิงโครนัส[8] ในวันที่ 8 ของการฟักจะต้องคัดแยกไข่มีเชื้อกับไม่มีเชื้อ ส่วนวันที่ 18 จะต้องคัดแยกไข่เชื้อตายหรือไข่ตายโคมและไข่ที่เน่าเสียออกจากตู้ฟัก



รูปที่ 1 วิวัฒนาการของไข่ในระยะเวลาการฟัก 22 วัน[1]

เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและความแม่นยำในการคัดแยก ในงานวิจัยที่[9] มีการประยุกต์ใช้เทคนิคการประมวลผลด้วยภาพดิจิทัลซึ่งเทคนิคนี้จะมีความแม่นยำมากกว่าการใช้ไฟฉายส่องหรือใช้หลอดไฟทังสเตน แต่ต้นทุนการสร้างตู้ฟักไข่จะสูงขึ้นและระบบควบคุมจะมีความซับซ้อนมากขึ้นด้วยเช่นกัน

ตู้ฟักไข่ไฟฟ้าที่มีขายในท้องตลาดส่วนใหญ่จะมีเฉพาะฟังก์ชัน การควบคุมอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์และการกลับไข่ ปัจจุบันเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (internet of thing technology)[10, 11] ถูกนำมาใช้พัฒนาตู้ฟักไข่ให้สามารถติดตามการทำงานของระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์แบบอัตโนมัติผ่านสมาร์ทโฟนโดยใช้ส่วนประมวลผลกลางที่มีขนาดเล็ก เช่นบอร์ด Raspberry Pi บนระบบปฏิบัติการ Android นอกจากนั้นยังใช้เทคนิคการออกแบบตู้ฟักไข่แบบการกระจายหน้าที่เชิงคุณภาพเพื่อให้เหมาะสมกับการใช้งาน[12, 13]

แต่อย่างไรก็ตามในงานวิจัยฉบับนี้ จะเน้นการพัฒนาเฉพาะตู้ฟักไข่ไฟฟ้าสำหรับเกษตรกรรายย่อยหรือระดับชุมชน จำนวนไข่ที่ฟักได้ต่อรอบประมาณ 50 ฟอง มีระบบติดตามอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์โดยใช้ Node MCU ESP8266 มีระบบการพลิกไข่แบบอัตโนมัติ และมีการแจ้งเตือนผ่านแอพพลิเคชันไลน์ในกรณีที่อุณหภูมิและความชื้นภายในตู้ฟักผิดปกติ นอกจากนั้นยังเพิ่มฟังก์ชันการคัดแยกไข่ที่มีเชื้อกับไม่มีเชื้อออกจากตู้ฟักโดยใช้แสงจากหลอดแอลอีดีความเข้มสูงผ่านสายใยแก้วนำแสงแบบมัลติโหมด (multi-mode optical fiber) เพื่อส่องไข่โดยไม่ต้องนำไข่ออกจากตู้ฟักเพื่อลดผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิแบบฉับพลัน และลดผลการติดเชื้อจากการสัมผัสด้วยมือเพื่อเพิ่มอัตราการรอดของลูกไก่

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อออกแบบตู้ฟักไข่ที่สามารถแสดงค่าอุณหภูมิ, ความชื้นสัมพัทธ์และแจ้งเตือนสภาวะการทำงานที่ผิดปกติผ่านสมาร์ทโฟน

2. เพื่อออกแบบและพัฒนาวิธีการคัดแยกไข่ที่มีเชื้อกับไม่มีเชื้อออกจากตู้ฟักโดยไม่ต้องนำไข่ออกจากตู้ฟักเพื่อลดผลกระทบการติดเชื้อแบคทีเรียและการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิแบบฉับพลันโดยใช้เทคโนโลยีใยแก้วนำแสง

3. เพื่อเพิ่มอัตราการรอดของลูกไก่เมื่อเทียบกับการฟักไข่แบบธรรมชาติหรือการฟักไข่โดยใช้แม่ไก่

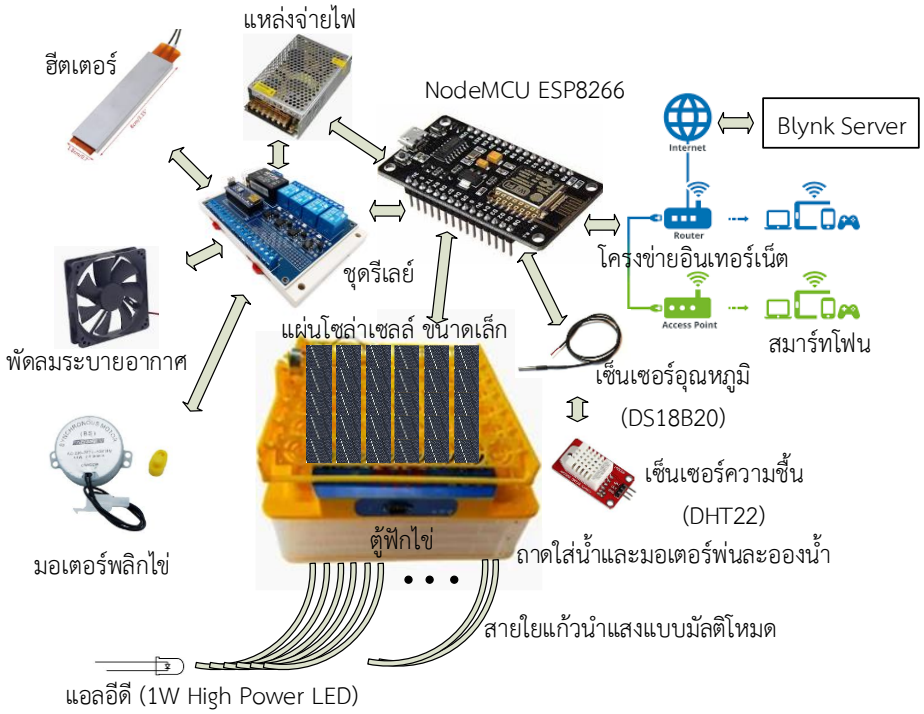
ระเบียบวิธีวิจัย

การออกแบบตู้ฟักไข่แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ 1) การออกแบบฮาร์ดแวร์และ 2) การออกแบบซอฟแวร์ ในการออกแบบฮาร์ดแวร์จะประกอบไปด้วยตู้ฟักไข่เปล่าที่มีขายในท้องตลาดเป็นตู้ฟักไข่เปล่าขนาด 50 ฟอง แล้วนำมาติดตั้งอุปกรณ์ควบคุม ส่วนประมวลผลกลางจะเป็น Node MCU ESP8266 มีความสามารถเชื่อมต่อ WiFi ผ่านแพลตฟอร์ม Blynk และแจ้งเตือนผ่านแอพพลิเคชั่น Line โดยบอร์ด ESP8266 จะเป็นศูนย์กลางในการควบคุมการทำงานของเครื่องทั้งหมด อุปกรณ์ให้ความร้อนเป็นฮีตเตอร์แบบแผ่น (strip heater) ขนาด 80 W 220 Vac 50 Hz ต่อร่วมกับพัดลมละบายความร้อน 0.3 A 12 Vdc มอเตอร์กลับไข่จะเป็นแบบซิงโครนัสมอเตอร์ ขนาด 4 W 220 Vac 50 Hz ความเร็ว 3 รอบต่อนาที เซ็นเซอร์ความชื้นสัมพัทธ์จะใช้ DHT22 สามารถวัดความชื้นสัมพัทธ์ได้ 0-100 % RH ค่าความถูกต้อง ± 2 % RH สามารถใช้งานได้ในช่วงอุณหภูมิ -40 ถึง 80 °C เซ็นเซอร์

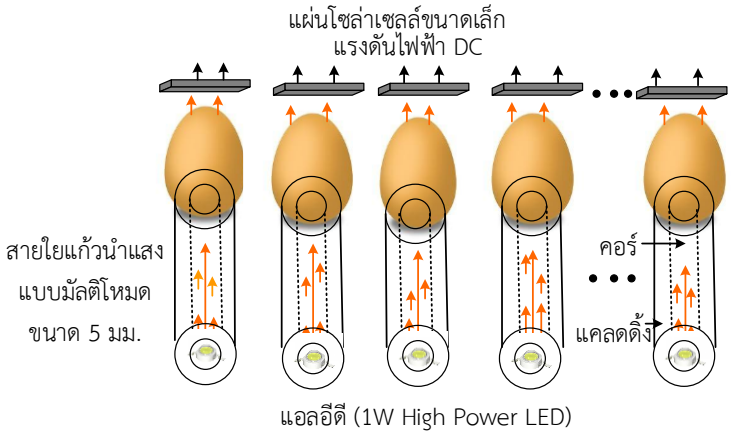
วัดอุณหภูมิจะใช้เบอร์ DS18B20 สามารถวัดอุณหภูมิได้ระหว่าง -50 ถึง 125 °C ค่าความถูกต้อง ± 0.5 °C ต่อร่วมกับชุดรีเลย์ แหล่งจ่ายไฟมีทั้งแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง 3.3 Vdc, 5 Vdc, 12 Vdc และแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับ 220-250 Vac 50Hz อุปกรณ์แต่ละส่วนของตู้ฟักไข่แสดงในรูปที่ 2

ในงานวิจัยฉบับนี้ได้เพิ่มฟังก์ชันการคัดแยกไข่ที่มีเชื้อกับไม่มีเชื้อออกจากตู้ฟักโดยใช้หลอดแอลอีดีความเข้มสูงผ่านสายใยแก้วนำแสงชนิดพลาสติกแบบมัลติโหมด เส้นผ่านศูนย์กลาง 5 มิลลิเมตรดังแสดงในรูปที่ 3 แสงสีขาวจากแอลอีดีความเข้มสูงจะส่องผ่านสายใยแก้วนำแสงผ่านตัวกลางที่เป็นไข่และไปตกกระทบลงบนแผ่นโซล่าเซลล์ขนาดเล็กด้านบน โดยอาศัยกฎของเบียร์-แลมเบิร์ต ที่ว่าความเข้มของแสงที่ถูกดูดกลืนขึ้นอยู่กับความเข้มข้นและความหนาของสารละลายตัวกลาง โดยใช้ข้อสมมุติฐานที่ว่าในกรณีที่ไข่มีเชื้อแสงจะทะลุผ่านไปตกกระทบลงบนแผ่นโซล่าเซลล์ขนาดเล็กได้น้อยลงเนื่องจากการกลุ่มก้อนเลือดในไข่แดงที่จะก่อตัวเป็นตัวอ่อนดังแสดงในรูปที่ 1 แต่ในทางตรงกันข้ามถ้าไข่ไม่มีเชื้อแสงจะทะลุผ่านไปตกกระทบลงบนแผ่นโซล่าเซลล์ขนาดเล็กได้มากขึ้น

ในงานวิจัยนี้จะใช้แรงดันไฟฟ้ากระแสตรงที่วัดได้จากเอาท์พุทของแผ่นโซล่าเซลล์เป็นเกณฑ์ตัดสินระหว่างไข่ที่มีเชื้อกับไม่มีเชื้อดังแสดงในรูปที่ 3



รูปที่ 2 ส่วนประกอบของตู้ฟักไข่



รูปที่ 3 การคัดแยกไข่ที่มีเชื้อกับไม่มีเชื้อโดยใช้แสงผ่านสายใยแก้วนำแสงแบบมัลติโหมด

การออกแบบซอฟแวร์จะใช้ภาษาซี สำหรับ Node MCU ESP8266 ส่วนการคัดแยกไข่ที่มีเชื้อกับไม่มีเชื้อจะทำในวันที่ 8 และวันที่ 14 ของการฟัก

ลำดับการทดลองจะนำไข่ขนาด 52-65 กรัม สภาพสมบูรณ์ไม่บุบหรือแตกร้าว จำนวน 100 ฟอง เป็นไข่ที่เก็บไว้ไม่เกิน 7 วัน แบ่งไข่ออกเป็น 2 ส่วน ๆ ละ 50 ฟอง ไข่ในส่วนแรกใส่ในตู้ฟักไข่ที่สร้างขึ้นดังแสดงในรูปที่ 4 จำนวน 50 ฟอง และไข่ในส่วนที่สองจำนวน 50 ฟองเท่ากัน แบ่งให้แม่ไก่ฟักเองตามธรรมชาติจำนวน 3 ตัว แม่ไก่ตัวแรกจำนวน 20 ฟอง แม่ไก่ตัวที่สองจำนวน 20 ฟอง และแม่ไก่ตัวที่สามจำนวน 10 ฟอง

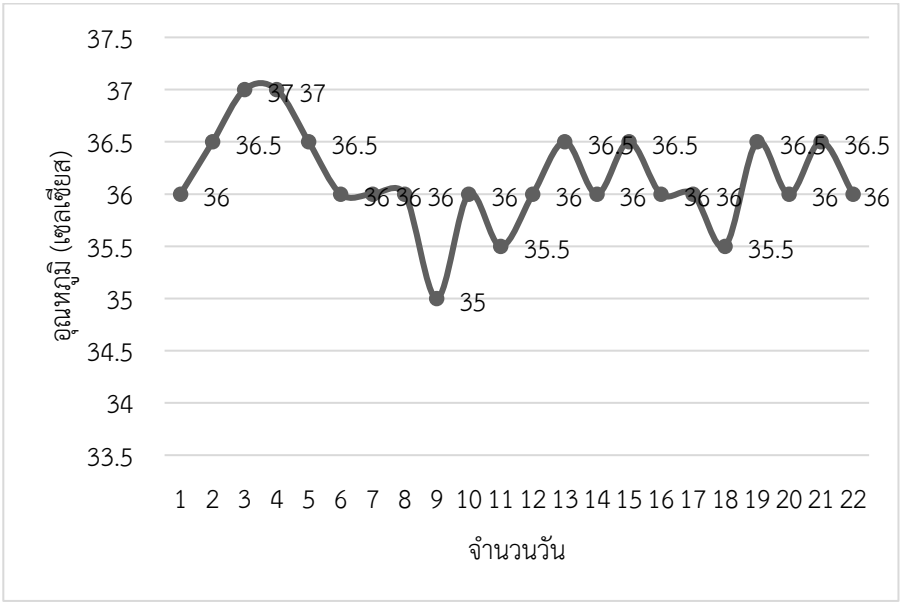
การบันทึกค่าอุณหภูมิและความชื้นจะบันทึกค่าที่เวลา 8.00 น. 12.00 น. 18.00 น. และ 20.00 น. แล้วนำมาเฉลี่ยในแต่ละวัน ซอฟแวร์จะทำการอ่านค่าอุณหภูมิและความชื้นจากเซ็นเซอร์ส่งไปยัง Blynk server ทุก ๆ 30 นาที ค่าอุณหภูมิและความชื้นสามารถดูระยะไกลได้ โดยดูผ่านแอพพลิเคชัน Blynk บนสมาร์ทโฟน ในกรณีที่ค่าอุณหภูมิและความชื้นผิดปกติ คืออุณหภูมิต่ำกว่า 35 °C หรือสูงกว่า 39 °C และความชื้นผิดปกติคือความชื้นต่ำกว่า 50 % หรือสูงกว่า 80 % บอร์ด ESP 8266 จะแจ้งเตือนผ่านแอพพลิเคชัน Line บนสมาร์ทโฟน

ผลการวิจัย

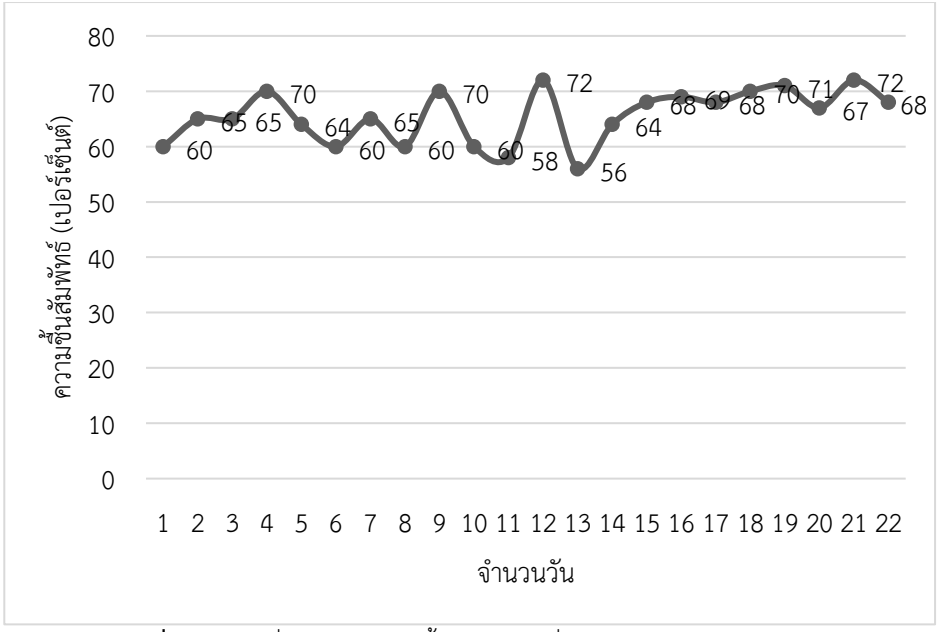
ค่าอุณหภูมิและความชื้นภายในตู้ฟักแสดงผลผ่านจอ LCD ขนาด 2 แถว 16 ตัวอักษร จำนวน 2 ตัวด้านบนสุด ข้อมูลอุณหภูมิและความชื้นเฉลี่ยตลอดช่วงเวลาการฟัก 22 วันแสดงดังในรูปที่ 5 และรูปที่ 6 ตามลำดับ ส่วนรูปที่ 7 เป็นผลการทดลองวัดค่าแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงของแผ่นโซล่าเซลล์ขนาดเล็กบนไข่แต่ละฟอง จำนวนทั้งหมด 50 ฟอง โดยใช้ดิจิทัลมัลติมิเตอร์

ผลการทดลองค่าแรงดันไฟฟ้าที่วัดได้ของไข่แต่ละฟองในวันที่ 8 มีค่าประมาณ 0.1-0.15 โวลต์ ซึ่งมีความแตกต่างกันน้อยมากไม่เพียงพอในการจำแนกระหว่างไข่มีเชื้อกับไข่ไม่มีเชื้อ จนถึงระยะเวลาการฟักวันที่ 18 เป็นช่วงที่ไข่มีลูกไก่อยู่ภายในเปลือก ค่าแรงดันไฟฟ้าที่วัดได้จากไข่แต่ละฟองถึงจะมีความแตกต่างกันมากพอที่จะใช้จำแนกระหว่างไข่มีเชื้อกับไม่มีเชื้อ

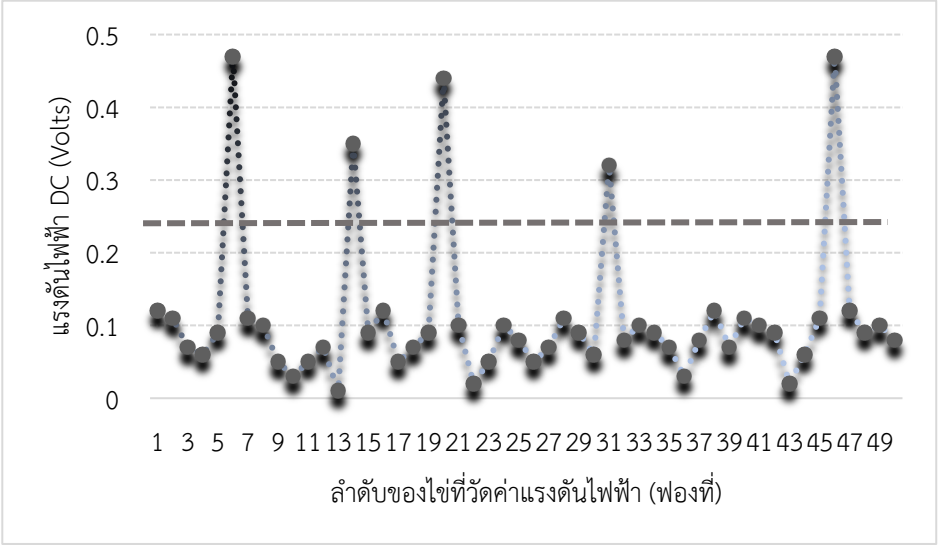
รูปที่ 4 ตู้ฟักไข่ต้นแบบที่ใช้ทดลอง



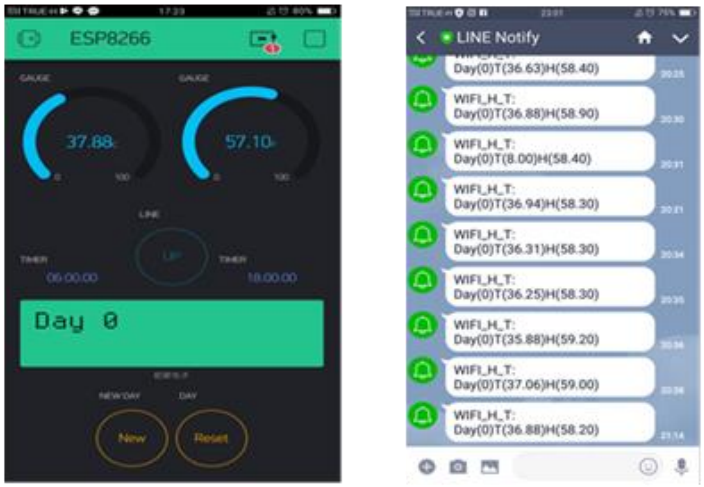
รูปที่ 5 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเฉลี่ยในแต่ละวันภายในตู้ฟักไข่



รูปที่ 6 การเปลี่ยนแปลงความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยในแต่ละวันภายในตู้ฟักไข่



รูปที่ 7 ความแตกต่างค่าแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงระหว่างไข่มีเชื้อกับไม่มีเชื้อ



รูปที่ 8 ค่าอุณหภูมิและความชื้นผ่านแอพพลิเคชัน Blynk และการแจ้งเตือนผ่าน Line

จากผลการทดลองในรูปที่ 7 ในกรณีที่ไข่มีเชื้อสามารถฟักเป็นตัวได้จะมีค่าแรงดันไฟฟ้าเฉลี่ยประมาณ 0.02 ถึง 0.15 โวลต์ ส่วนไข่ที่ไม่มีเชื้อจะมีค่าแรงดันไฟฟ้าเฉลี่ยประมาณ 0.3 ถึง 0.45 โวลต์

ผลการทดลองฟักไข่ด้วยตู้ฟักไข่ที่สร้างขึ้นจำนวน 50 ฟอง เป็นไข่ที่มีเชื้อ 45 ฟองและได้ลูกไก่เกิดใหม่ 45 ตัว คิดเป็น 90% และเป็นไข่ไม่มีเชื้อ 5 ฟองคิดเป็น 10% ดังแสดงในรูปที่ 7

ส่วนผลการทดลองการฟักด้วยแม่ไก่ตามธรรมชาติเป็นไข่ที่มีเชื้อ 31 ฟอง และได้ลูกไก่เกิดใหม่ 31 ตัว คิดเป็น 62% และเป็นไข่ไม่มีเชื้อ 19 ฟองคิดเป็น 38% และมีลูกไก่ตายคารังจำนวน 3 ตัว เนื่องมาจากแม่ไก่เหยียบลูกตัวเองตายในขณะออกไปหาอาหารกิน

ข้อพิจารณาในกรณีที่เกิดความผิดปกติของอุณหภูมิและความชื้น จากผลการทดลองส่วนใหญ่จะเกิดจากพัดลมระบายอากาศพังหรือเสียหาย ระบบไฟฟ้าดับเป็นเวลานานกว่าครึ่งชั่วโมง แผ่นฮีตเตอร์ให้ความร้อนไม่ทำงาน จะทำให้อุณหภูมิและความชื้นผิดปกติ ระบบจะแจ้งเตือนผ่าน Line บนสมาร์ทโฟน ดังแสดงในรูปที่ 8 แอพพลิเคชัน Blynk เป็นแอพพลิเคชันที่ใช้สำหรับงานที่เกี่ยวกับอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (Internet of Things: IoT) การเชื่อมต่ออุปกรณ์ต่าง ๆ เข้ากับอินเทอร์เน็ตในลักษณะการเชื่อมต่อเครื่องแม่ข่าย (Blynk Server) ไปยังอุปกรณ์ลูกข่าย (Client) ในงานวิจัยนี้คือบอร์ด ESP8266

สรุปและอภิปรายผล

ตู้ฟักไข่ไฟฟ้าต้นแบบที่สร้างขึ้นสามารถแสดงผลค่าอุณหภูมิและความชื้นภายในตู้ฟักด้วยจอ LCD แสดงผล และสามารถตรวจเช็คค่าอุณหภูมิและความชื้นภายในตู้ฟักระยะไกล (remote sensing) ด้วยสมาร์ทโฟนผ่านแอพพลิเคชัน Blynk ในกรณีที่อุณหภูมิและความชื้นภายในตู้ฟักผิดปกติระบบสามารถแจ้งเตือนผ่านแอพพลิเคชัน Line บนสมาร์ทโฟน จากผลการทดลองเทคนิคการคัดแยกไข่ที่มีเชื้อกับไม่มีเชื้อโดยใช้แสงผ่านสายใยแก้วนำแสงแบบมัลติโหมดสามารถช่วยลดผลกระทบจากการติดเชื้อแบคทีเรียและการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิแบบฉับพลันเพื่อเพิ่มอัตราการรอดของไข่ฟักได้ประมาณ 30 เปอร์เซ็นต์ ในประเด็นสำคัญ

ข้อดีของการฟักไข่ด้วยตู้ฟักไข่ไฟฟ้าคืออัตราการเกิดไข่ตายโคมและลูกไก่ตายคารังน้อยหรืออาจจะไม่มีเลยเมื่อเทียบกับการฟักด้วยแม่ไก่แบบธรรมชาติ ค่าแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงที่ใช้เป็นเกณฑ์ในการตัดสินใจในการคัดแยกไข่ระหว่างไข่มีเชื้อกับไม่มีเชื้อจะอยู่ที่ประมาณ 0.25 โวลต์ ดังแสดงในรูปที่ 7 ส่วนรูปแบบการแจ้งเตือนค่าอุณหภูมิและความชื้นภายในตู้ฟักแสดงดังรูปที่ 8 ตามลำดับ

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยครั้งนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดีจากความช่วยเหลือของนักศึกษา สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าแขนงวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสารชั้นปีที่ 4 จึงขอขอบคุณนายจิรวัฒน์ อุดมสุข, นายวศิน วงศ์วิรัติ และนายพีรวิชญ์ นาคเจริญ ที่ช่วยประกอบตู้ฟักไข่ จัดหาอุปกรณ์การวิจัย และเป็นผู้ช่วยนักวิจัยที่มีความเอื้อเฟื้อเผื่อแผ่ ร่าเริง แจ่มใส ที่มีความหมายมากกว่าคำว่าลูกศิษย์และอาจารย์

References

[1] Department of Livestock Development. *“Application of ani-mal production technology,”* May. 10, 2024, [Online]. Available: https://pvlo-yaa.dld.go.th/yaa25/ images/ stories/ office/ hatchery pdf

[2] Chickenfarmshop. *“ Egg incubator,”* January. 12, 2024. [Online]. Available: http://www.chickenfarmshop.com/categoly

[3] S. Arayawat, C. Khunyai and P. Thanasri, “ Automatic egg Incubator,” *10th National conference on technical education,* June. 2017, pp. 329-333

[4] A. Lue- Masueni, L. Samanpitak and Z. Kasa, “Research and Design Incubator to Control Temperature the Egg Back Automatically,” *YRU Journal of Science and Technology,* 2017, vol. 2, no. 1, pp. 39-49.

[5] T. Saoprakorn, B. Reekprakorn, C. Paenprakorn and W. Lumchana, “ Designing and Building an Egg Incubator Control System Using Microcontroller,” *Journal of Industrial Technology Buriram Raja- bhat University,* 2020, vol. 2, no. 2, pp. 67-73.

[6] Y. Sriudom, S. Sapso, A. Tewata, Y. Moolaklang, S. Ratiphat and E. Krajangt- himaphorn, “ Low cost egg incubator for communities,” *The Sci Journal of Phetchaburi Rajabhat University,* 2020. vol, 17, no 2, pp. 30-40.

[7] S. Multayen and J. Sikugha, “ An Incubator to Control Temperature and Turn Eggs Automati- cally,” *Journal of Science Innovation for Sustainable Development,* 2020. vol, 2, no. 2, pp. 58-64.

[8] E. Singhadet, T. Suriwong, S. Jiajitsawat and P. Tanarak, “ Performance comparison of heating coil and thermoelectric egg incubators,” *Bhurapa Science Journal,* 2014. vol. 4, no. 2, pp. 271-276.

[9] W. Lumchanao and N. Potprarinya, " Development of Egg Incubator for Detecting Embryos in Chicken Eggs Using Digital Image Processing Techniques," *SWU Engineering Journal,* 2018. Vol. 13, no. 1, pp. 151-165.

[10] J. Poolwan, B. Sripan and S. Kingthong, " Development of automatic temperature and humidity control systems for eggs incubators with internet of thing technology," *RMUTSB Academic Journal,* 2021. vol. 9, no. 2, pp. 225-236.

[11] G. Panumonwatee, N. Preecha and S. Choosumrong, " Temperature and Humidity Monitoring System on Hatching Native Chickens Egg in Electric Incubator using Internet of Things Technology," *Journal of Applied Research on Science and Technology,* 2023, vol. 21, no. 2, pp. 14-28.

[12] P. Thongpang, W. Rattanasiriwatt, P. Prachprayoon, G. Tungku and C. Somsut, " Designing an Egg Incubator Using Quality Function Deployment Technology," *Thai Industrial Engineer- ing Network Journal,* 2023. vol. 9, no. 2, pp. 14-28.

[13] B. Sookananta, M. Thumwiset, S. Kongwan, S. Sareekham and M. Pusayatanont, " Comparative study of sensors for agricultural applications," *Journal of Engineering and Innovation,* 2024. vol. 17, no. 1, pp. 179-191.