



ระบบติดตามอุณหภูมิและความชื้นในการฟักไข่ไก่พื้นเมืองในตู้ฟักไฟฟ้าด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง

Temperature and Humidity Monitoring System on Hatching Native Chickens Egg in Electric Incubator using Internet of Things Technology

กฤษฎา ภาณุมนต์วาที¹ นิกอร์ ปรีชา² และ สิตติชัย ชูสำโรง^{1*}

Gitsada Panumonwatee¹ Nikorn Preecha² and Sittichai Choosumrong^{1*}

¹ภาควิชาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร อ.เมือง จ.พิษณุโลก 65000

²ปรีชาฟาร์ม 140 ม.17 ต.ป่าหุง อ.พาน จ.เชียงราย 57120

¹Department of Natural Resources and Environment, Faculty of Agriculture Natural Resources and Environment, Naresuan University, Muang D., Pitsanulok 65000, THAILAND

²Preecha farm, 140 moo 17, Pa Hung S.D., Phan D., Chiang Rai 57120, THAILAND

* Corresponding author e-mail: sittichaic@nu.ac.th

ARTICLE INFO

ABSTRACT

Article history:

Received: August 16, 2022

Revised: October 5, 2022

Accepted: October 12, 2022

Available online: October 28, 2022

DOI: 10.14456/jarst.2022.19

Keywords: hatching chicken egg, electric incubator, Internet of things

This study presents the application of IoT technology for temperature and humidity monitoring on hatching native chicken eggs in an electric incubator to reduce the damage to the egg. The test group was divided into a non-tracking electric incubator (T1) and a tracking electric incubator (T2) while holding the 120 eggs/group. The data was collected on the initial egg weight (g/egg), infertility at day 7 (%), fertility at day 7 (%), embryo mortality at day 18 (%), chicks mortality at day 21 (%), hatchability (%) and crooked toes (%). The temperature and humidity data were sent to the database server every 30 min. From the results, summer temperature showed the summer temperature was highest at 3.30 – 5.00 pm. (38 – 39.5°C) our technology notified the high-temperature alert to farmer. Then, The T2 treatment showed that the embryo mortality on day 18 (14%) was

significantly less than T1 (26%) ($P < 0.05$), and the hatchability of T2 treatment was dramatically increased (15%) ($P < 0.05$). However, initial egg weight, infertility at day 7, fertility at day 7, chick mortality at day 21, and crooked toes were not different ($P > 0.05$). So, the IoT technology for tracking and notifying the temperature and humidity during the hatching process showed increased efficiency in egg hatchability, coupled with the low-cost system for implementation. The farmers can use this approach to increase production efficiency and reduce problems which occurring by using electric incubators.

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์คือนำเทคโนโลยี อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งมาทำการตรวจวัด ติดตาม และ แจ้งเตือนสภาพแวดล้อมในระหว่างการฟักไข่ โดย แบ่งกลุ่มทดลองออกเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ตู้ฟักไข่ไฟฟ้าที่ไม่มีระบบติดตาม (T1) และมีการติดตาม (T2) ในแต่ละกลุ่มจะใช้จำนวนไข่ 120 ฟอง เก็บข้อมูลประสิทธิภาพ ในการฟักไข่ ได้แก่ น้ำหนักไข่ เพอร์เซ็นต์ไข่ไม่มีเชื้อ เพอร์เซ็นต์ไข่มีเชื้อ เพอร์เซ็นต์ไข่เชื้อตาย เพอร์เซ็นต์ ตัวอ่อนตายที่ 18 วัน เพอร์เซ็นต์การฟักออก และ เพอร์เซ็นต์ลูกไก่ที่พิการ โดยระบบติดตามจะส่งข้อมูล อุณหภูมิและความชื้นในระหว่างการฟักไข่ทั้งภายในและ นอกตู้ฟักไปยังระบบฐานข้อมูลในเครื่องแม่ข่ายทุก 30 นาที ผลการดำเนินงานพบว่าช่วงของวันในฤดูร้อนที่ ทำการศึกษามีอุณหภูมิในช่วงเวลา 15.30 - 17.00 น. สูง ถึง 38.0 - 39.5°C ทำให้ระบบแจ้งเตือนไปยัง ผู้ปฏิบัติงานให้เข้าไปแก้ไขปัญหที่เกิดขึ้นได้อย่าง ทันท่วงที ส่งผลให้ตู้ฟักไข่ T2 มีเปอร์เซ็นต์การตายของ ตัวอ่อนที่ 18 วัน (14%) ต่ำกว่าตู้ฟักไข่ T1 (26%) มี นัยสำคัญทางสถิติที่ $P < 0.05$ และมีเปอร์เซ็นต์การฟัก ออกสูงขึ้น (15%) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) อย่างไรก็ตาม น้ำหนักไข่ เพอร์เซ็นต์ไข่ไม่มีเชื้อ ไข่มีเชื้อ ไข่เชื้อตาย และลูกไก่ที่พิการ มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ

($P > 0.05$) ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าการนำเทคโนโลยี อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งมาประยุกต์ใช้สามารถเพิ่ม ประสิทธิภาพการฟักออกของลูกที่สูงขึ้น อีกทั้งต้นทุน สำหรับการนำระบบมาประยุกต์ใช้งานมีราคาต่ำ ซึ่ง สามารถนำไปพัฒนาต่อยอดเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการ ผลิตและลดปัญหาที่เกิดขึ้นระหว่างการฟักไข่โดยใช้ตู้ฟัก ไข่ไฟฟ้าได้

คำสำคัญ: การฟักไข่ไก่ ตู้ฟักไข่ไฟฟ้า อินเทอร์เน็ตของ สรรพสิ่ง

บทนำ

ความก้าวหน้าของการพัฒนาเทคโนโลยี สมัยใหม่ทำให้ปัจจุบันการฟักไข่ไม่จำเป็นต้องฟักโดยแม่ ไก่เท่านั้น แต่จะมีการผลิตตู้ฟักไข่ไฟฟ้ามาฟักแทนแม่ไก่ ในการใช้ตู้ฟักแทนแม่นั้นมีข้อดีหลายประการ เช่น การแก้ปัญหาไข่ไม่เป็นที่ แก้ปัญหาไข่ไม่ฟักไข่ จัดการ ไข่ได้ง่ายขึ้น เข้าออกเป็นชุด ลดปัญหาไข่ไม่มีเชื้อ เชื้อตาย ไข่เน่า เหมาะกับการเลี้ยงเน้นผลผลิต ลดความ สูญเสีย เป็นต้น ตู้ฟักไข่ไฟฟ้ามีปัจจัยที่สำคัญ ได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้น การระบายอากาศ การวางไข่ และการกลับไข่ [1] การฟักไข่จะใช้ระยะเวลาในการฟักนาน 21 วัน โดยแบ่งออกเป็น 2 ช่วง ซึ่งในช่วงแรกระหว่าง วันที่ 1-18 จะใช้อุณหภูมิอยู่ที่ 37.5°C และความชื้น

สัมพัทธ์ 55-60% นอกจากนี้จะมีการกลับไขแบบอัตโนมัติอย่างน้อย 6 ครั้งต่อวันและมีการส่องไข่ที่ 7 และ 18 วัน เพื่อคัดเอาไข่ที่ไม่มีเชื้อออก หลังจาก 18 วัน จะเป็นระยะที่สองของการฟักซึ่งจะมีการย้ายไข่ที่มีเชื้อออกจากถาดฟักไปยังถาดเกิดลูกไก่ โดยในช่วงนี้จะใช้อุณหภูมิอยู่ที่ 36.5-37.2°C และความชื้นสัมพัทธ์ 65-70% [2]

งานวิจัยก่อนหน้านี้ [3] ได้ออกแบบตู้ควบคุมอุณหภูมิในการฟักไข่ไก่แบบกลับอัตโนมัติ ซึ่งมีความสามารถในการควบคุมอุณหภูมิในการฟักไข่และค่าความชื้นสัมพัทธ์ให้อยู่ในระดับที่ใกล้เคียงกันตลอดวัน ทำให้อัตราการรอดของไก่ในระยะ 18 วันแรกมีค่าที่สูงขึ้น แต่อย่างไรก็ตามถึงแม้การใช้งานตู้ฟักไข่ไฟฟ้าจะมีการควบคุมแบบอัตโนมัติบางครั้งหากระบบที่ควบคุมมีปัญหา เช่น ไฟดับ อุณหภูมิที่ไม่เหมาะสม ความชื้นอากาศที่ไม่เหมาะสม ซึ่งส่งผลกระทบต่อการพัฒนาของตัวอ่อนที่อยู่ระหว่างการฟักตลอดระยะเวลา 21 วัน โดยพบว่าหากอุณหภูมิสูงขึ้นเพียง 1°C นาน 4 ชั่วโมงจากอุณหภูมิกปกติ จะทำให้เปอร์เซ็นต์เชื้อตายสูงขึ้นในระยะแรกของการฟัก [4] อีกทั้งระดับอุณหภูมิที่ไม่เหมาะสมยังส่งผลต่อการตายของลูกไก่เป็นจำนวนมาก รวมไปถึงลูกไก่ที่เจาะเปลือกแล้วตายในเปลือกมาก ก็เป็นผลมาจากการที่ความชื้นเฉลี่ยต่ำกว่าปกติ [5] ด้วยเหตุนี้ทำให้เกิดผลกระทบเชิงลบต่อระบบการผลิตลูกไก่ โดยมีโอกาสเกิดขึ้นได้ตลอดเวลาหากไม่ได้รับความเอาใจใส่จากผู้ปฏิบัติงานเอง หรือในกรณีเกิดความขัดข้องของตัวควบคุมแบบอัตโนมัติรวมถึงช่วงฤดูการที่อุณหภูมิภายนอกปกติสูงเกินกว่าค่าความเหมาะสมในการฟักไข่ (37.5°C) โดยปกติในช่วงฤดูร้อนจะพบปัญหาของอุณหภูมิภายนอกที่สูงส่งผลให้อุณหภูมิภายในตู้ฟักสูงด้วยเช่นกัน ทำให้ส่งผลกระทบต่อการผลิตลูกไก่ของเกษตรกรรายย่อยและทำให้มีต้นทุนในการผลิตที่สูงขึ้น

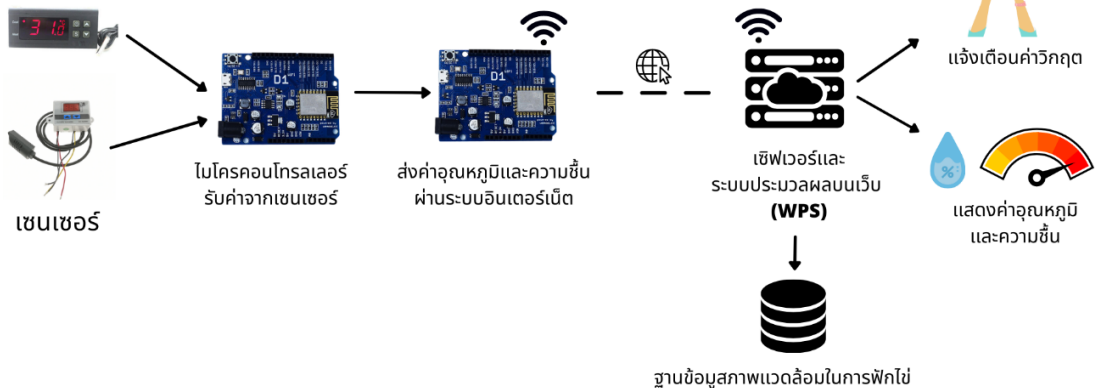
จากนโยบายไทยแลนด์ 4.0 (Thailand 4.0) ที่ส่งเสริมวิทยาการ นวัตกรรมและการนำเอาเทคโนโลยีมาประยุกต์ใช้ เพื่อให้ประชาชนมีความเป็นอยู่ที่ดีมากยิ่งขึ้น

จึงเกิดแนวความคิดการทำเกษตรอัจฉริยะ (Smart Farming) ที่มุ่งเน้นระบบการผลิตที่มีประสิทธิภาพ การพัฒนาผลผลิตที่มีคุณภาพมากยิ่งขึ้น โดยหนึ่งในเทคโนโลยีที่ได้ถูกนำมาประยุกต์ใช้คือเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (Internet of Things) ซึ่งเป็นรูปแบบการสื่อสารแบบ M2M (Machine to Machine) หรือระหว่างอุปกรณ์กันเอง เช่น เซนเซอร์-ไมโครคอนโทรลเลอร์-เซิร์ฟเวอร์ ซึ่งทำให้ง่ายต่อการสร้างเครือข่ายข้อมูล การควบคุม และการส่งการผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ซึ่งมีส่วนช่วยให้เกษตรกรสามารถติดตามปัจจัยที่สนใจ ผลผลิต และคุณภาพของกระบวนการผลิตได้ดียิ่งขึ้น นอกจากนี้ยังสามารถสรุปและแสดงผลข้อมูลผ่านแอปพลิเคชันต่าง ๆ เพื่อให้ทันต่อเหตุการณ์ สภาพแวดล้อมหรือข้อมูลที่เกี่ยวข้องที่เกษตรกรสนใจ [6] ดังเช่นการศึกษาของ ปวันนพัสตร์ และคณะ [7] ที่ได้พัฒนารูปแบบระบบควบคุมฟาร์มอัจฉริยะในโรงเรือนปลูกพืชโดยสามารถแสดงค่าอุณหภูมิ ค่าความชื้นในดิน ส่งการเปิด-ปิดการรดน้ำ ดูการทำงานของระบบผ่านกล้องวงจรปิดได้แบบเรียลไทม์ และมีระดับความพึงพอใจของผู้ใช้งานสูงถึง 4.6 (มากที่สุด) นอกจากนี้ยังมีการศึกษาของพลวัน และคณะ [8] ที่ได้พัฒนาระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสำหรับตู้ฟักไข่แบบอัตโนมัติโดยใช้ Raspberry Pi เป็นตัวประมวลผลและส่งค่าขึ้นบนเครื่องแม่ข่ายรูปแบบ NoSQL ซึ่งสามารถสั่งการ และควบคุมระดับของความชื้นและอุณหภูมิให้มีความผันผวนน้อย แต่อย่างไรก็ตามยังขาดผลการศึกษาส่วนที่เป็นประโยชน์ต่อเกษตรกรในเรื่องของตัวชีวิตที่เกี่ยวข้องกับประสิทธิภาพการฟักไข่ อาทิเช่น น้ำหนักไข่ เปอร์เซ็นต์ไข่ไม่มีเชื้อ เปอร์เซ็นต์ไข่ไม่มีเชื้อ เปอร์เซ็นต์ตัวอ่อนตาย เป็นต้น

เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งจะสมบูรณ์ไม่ได้ หากขาดอีกส่วนที่สำคัญคือซอฟต์แวร์สำหรับจัดการระบบต่าง ๆ โดยหนึ่งในรูปแบบการส่งผ่านข้อมูลและการประมวลผลข้อมูลที่ได้จากเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งสู่ผู้ใช้ (Machine to User) คือการประมวลผลบนเว็บ (Web Processing Service: WPS) ที่ผู้ใช้งานสามารถ

เข้าถึงและทำการวิเคราะห์ข้อมูลบนหน้าเว็บไซต์โดยเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ไม่จำเป็นต้องมีซอฟต์แวร์หรือเครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์เนื่องจากระบบการประมวลผลบนเว็บจะดึงเครื่องมือต่าง ๆ ที่อยู่บนคลาวด์มาทำการวิเคราะห์และส่งผลลัพธ์กลับไปยังผู้ใช้ผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ทำให้มีความสะดวกรวดเร็วในการใช้งานผ่านเว็บเบราว์เซอร์ของอุปกรณ์ทุกชนิดที่สามารถเข้าถึงเครือข่ายอินเทอร์เน็ตได้ อาทิเช่น สามารถโทร แท็บเล็ต คอมพิวเตอร์ โดยไม่จำกัดระบบปฏิบัติการ

ดังนั้นในการศึกษานี้จึงได้นำเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งมาเป็นเครื่องมือสำหรับติดตามและแจ้งเตือนสภาพแวดล้อมระหว่างการพักใช้ตู้พักใช้ไฟฟ้า เพื่อให้เกิดกระบวนการพักใช้ที่มีประสิทธิภาพ มีอัตราการตายต่ำลง โดยมีต้นทุนระบบที่ไม่สูง สามารถเข้าถึงหรือต่อยอดได้ง่าย ร่วมกับเทคโนโลยีการประมวลผลบนเว็บ ซึ่งสามารถจัดเก็บข้อมูลเชิงสถิติ และสรุปข้อมูลในรูปแบบกราฟบนเว็บแอปพลิเคชันที่สามารถใช้งานง่ายและเข้าใจได้ง่าย



รูปที่ 1 การออกแบบและพัฒนาระบบ

การทดสอบประสิทธิภาพของตู้พักใช้

การศึกษานี้ดำเนินการในช่วงเดือนมีนาคม - เมษายน พ.ศ. 2565 โดยใช้ใช้โก่งพื้นเมืองจำนวน 240 ฟอง แบ่งออกเป็นสองกลุ่มทดลองกลุ่มละ 120 ฟอง นำเข้าพักในตู้พักใช้ไฟฟ้าจำนวนสองตู้ที่มีระบบการควบคุม

วิธีดำเนินการวิจัย

การออกแบบและพัฒนา

ในการศึกษานี้ได้ใช้เซนเซอร์สำหรับการตรวจวัดค่าอุณหภูมิชนิด Digital Temperature Controller รุ่น STC1000 และค่าความชื้นสัมพัทธ์ ชนิด Digital Humidity Controller รุ่น XH-W3005 ที่เกษตรกรใช้ในตู้พักใช้ไฟฟ้าทั่วไปพร้อมกับไมโครคอนโทรลเลอร์ชนิด Wemos D1 ที่มีต้นทุนต่ำ และสามารถหาซื้อได้ทั่วไปเพื่อรับค่าอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์จากเซนเซอร์ และส่งข้อมูลไปที่ฐานข้อมูลบนเครื่องแม่ข่าย จากนั้นระบบประมวลผลบนเว็บจะทำการวิเคราะห์และแสดงผลข้อมูลอุณหภูมิและความชื้น ตามรอบการส่งข้อมูลคือ 30 นาที และบันทึกเป็นฐานข้อมูลโดยใช้ระบบจัดการฐานข้อมูล PostgreSQL ซึ่งเป็นซอฟต์แวร์รหัสเปิดที่ไม่มีค่าใช้จ่าย นอกจากนี้ระบบจะแจ้งเตือนต่อเกษตรกรผ่าน Line notify เมื่ออุณหภูมิเท่ากับอุณหภูมิวิกฤต (Critical Temperature) ซึ่งถูกตั้งค่าที่ 39°C โดยมีลักษณะการทำงานแสดงดังรูปที่ 1

อุณหภูมิและความชื้นแบบอัตโนมัติ ขนาดกว้าง 60 cm ลึก 40 cm สูง 70 cm (Automatic Temperature and Humidity Control System) รวมไปถึงระบบกลับใช้อัตโนมัติที่ทำการกลับใช้ทุก 2 ชั่วโมง โดยแบ่งออกเป็นตู้พักใช้ไฟฟ้าที่ไม่มีระบบติดตาม (T1) และมีระบบติดตาม

(T2) ภายในตู้ฟักมีระบบการหมุนเวียนอากาศตลอดการฟักด้วยพัดลมขนาดเล็ก ใช้หลอดทั้งสแตนในการให้ความร้อน ติดตั้งอุปกรณ์ให้ความชื้นและติดตั้งเซนเซอร์กึ่งกลางของตู้ที่ไม่ใกล้กับแหล่งให้ความร้อน แหล่งกำเนิดความชื้นจนเกิดไป มีตำแหน่งใกล้เคียงกับไข่มากที่สุด ซึ่งให้มั่นใจว่าสามารถใช้เป็นค่าตัวแทนข้อมูลได้ ในการฟักไข่ด้วยตู้ฟักไข่ไฟฟ้าจะใช้เวลาในการฟัก 21 วัน ระหว่างการฟักไข่จะมีการตรวจสอบและประเมินพัฒนาการของตัวอ่อน โดยการส่องไข่ที่ 7 และ 18 วันของการเข้าฟัก เพื่อประเมินจำนวนไข่ไม่มีเชื้อ ไข่มีเชื้อ ไข่เชื้อตาย หลังจากครบ 18 วันของการฟักไข่จะทำการย้ายไข่ที่มีเชื้อไปยังตู้เกิดและแยกไข่เชื้อตายไปนับจำนวน ภายหลังการฟักไข่ครบ 21 วัน จะทำการประเมินอัตราการฟักออก อัตราการตายและความพิการของลูกไก่



รูปที่ 2 ตู้ฟักไข่ไฟฟ้าควบคุมด้วยระบบอัตโนมัติ

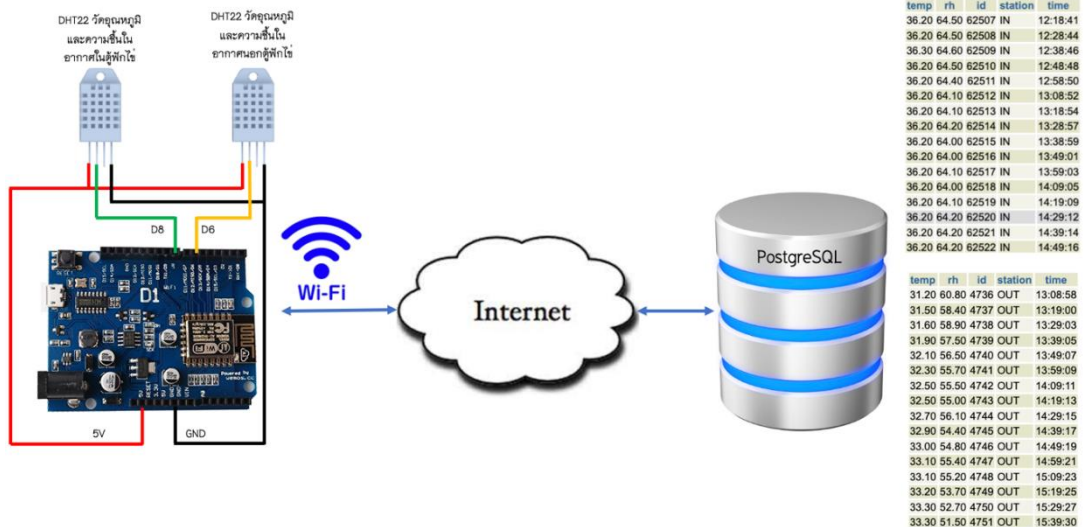
ตู้ฟักไข่ทั้งสองตู้จะถูกติดตั้งในห้องฟักไข่ภายใต้สภาพแวดล้อมเดียวกัน ณ ฟาร์มไก่พื้นเมืองแห่งหนึ่งในจังหวัดพิษณุโลก โดยมีระบบการให้ความร้อนและความชื้นแบบอัตโนมัติ โดยตั้งค่าการควบคุมอุณหภูมิอยู่ที่ 37.5°C และความชื้นสัมพัทธ์ 65% หากอุณหภูมิภายในตู้ฟักสูงกว่า 37.5°C ระบบเซนเซอร์จะทำการตัดไฟฟ้าที่จ่ายไปยังแหล่งกำเนิดความร้อนในตู้ฟักทันทีเพื่อไม่ให้

ความร้อนในตู้ฟักเกินค่าที่ตั้งไว้ และหากอุณหภูมิภายในตู้ฟักเริ่มลดระดับลงเหลือ 37.0°C ระบบจะทำการจ่ายไฟไปยังแหล่งกำเนิดความร้อนเพื่อรักษาระดับความร้อนให้อยู่ในช่วงระหว่าง $37.0 - 37.5^{\circ}\text{C}$ เช่นเดียวกับความชื้นสัมพัทธ์ที่ตั้งค่าไว้ที่ 65% หากความชื้นในตู้ฟักไข่สูงถึงค่าที่ตั้งไว้จะทำให้เกิดการตัดไฟที่จ่ายไปยังแหล่งกำเนิดความชื้นทันที และถ้าความชื้นเริ่มลดระดับลงมาอยู่ที่ 60% จะทำให้ระบบจ่ายไฟไปยังแหล่งกำเนิดความชื้นเพื่อรักษาระดับความชื้นให้อยู่ระหว่าง 60 - 65% ทำให้การควบคุมทั้งอุณหภูมิและความชื้นภายในตู้ฟักอยู่ในระดับที่เหมาะสมแสดงดังรูปที่ 2

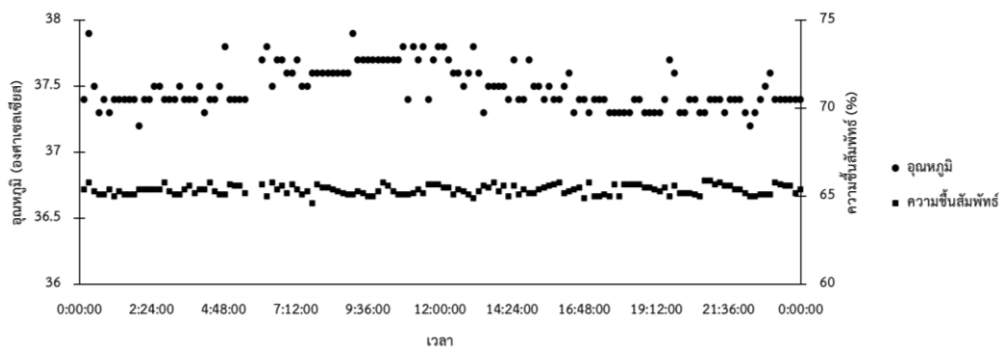
อย่างไรก็ตามถึงแม้ระบบเซนเซอร์จะสามารถควบคุมทั้งอุณหภูมิและความชื้นได้โดยอัตโนมัติ ซึ่งทั้งสองปัจจัยนี้ถือเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพในการฟักออกของลูกไก่ ในทางตรงกันข้ามฤดูการถือเป็นอีกหนึ่งปัจจัยที่ส่งผลต่อระบบการทำงานของตู้ฟักไข่ไฟฟ้า เนื่องจากเกษตรกรรายย่อยไม่สามารถควบคุมอุณหภูมิภายนอกตู้ฟักไข่ได้เหมือนกับการฟักไข่ในเชิงอุตสาหกรรมที่ตู้ฟักไข่นั้นถูกติดตั้งไว้ในห้องที่สามารถควบคุมอุณหภูมิได้ เหตุนี้จึงทำให้ในช่วงฤดูการที่อุณหภูมิภายนอกสูงเกินกว่า 37.5°C ส่งผลให้อุณหภูมิภายนอกที่สูงขึ้นแผ่กระจายความร้อนไปยังภายในตู้ฟักผ่านทางช่องระบายอากาศของตู้ฟักเอง จึงทำให้ความร้อนภายในตู้ฟักมีค่าอุณหภูมิเกินกว่าค่าที่ตั้งไว้ แม้ความร้อนจะควบคุมด้วยระบบเซนเซอร์ก็ตามทั้งที่ระบบทำการตัดไฟที่จ่ายไปยังแหล่งให้ความร้อนทันทีเมื่ออุณหภูมิสูงถึงค่าที่ตั้งไว้ ด้วยเหตุนี้ผู้ปฏิบัติงานไม่สามารถรับรู้ได้ว่าช่วงเวลาของวันอุณหภูมิแปรผันเพียงใด ซึ่งบางวันอุณหภูมิที่สูงขึ้นในระหว่างการฟักเป็นเวลานานก็จะทำให้กระทบต่อประสิทธิภาพการฟักไข่โดยใช้ตู้ฟักไข่ไฟฟ้า

โดยการฟักไข่ตลอดระยะเวลา 21 วัน ตู้ฟักทั้งสองตู้จะติดตั้งไว้สถานที่เดียวกันซึ่งตู้ทั้งสองใบนั้นจะมีและไม่มีระบบการแจ้งเตือน สำหรับตู้ที่มีระบบการแจ้งเตือนจะทำการส่งข้อมูลอุณหภูมิและความชื้นระหว่าง

การฟักทั้งภายในและภายนอกตู้ฟักไปยังระบบเซิร์ฟเวอร์ที่เป็นฐานข้อมูลออนไลน์ทุก ๆ 30 นาที ซึ่งผู้ปฏิบัติงานสามารถตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิและความชื้นระหว่างการฟักได้ ยิ่งไปกว่านั้นระบบจะแจ้งเตือนผ่านแอปพลิเคชัน (LINE Notification) บนโทรศัพท์มือถือหากอุณหภูมิสูงจนถึงขั้นวิกฤต และความชื้นไม่อยู่ในช่วง 60 - 65% ทำให้ผู้ปฏิบัติงานเองสามารถรับรู้และแก้ไขในช่วงเวลาดังกล่าวที่อุณหภูมิสูงไม่ว่าจะโดยวิธีการใดก็ตามที่ทำให้ไข่ที่นำเข้าฟักอยู่ในอุณหภูมิที่เหมาะสมเพื่อลดอัตราการสูญเสีย



รูปที่ 3 ตารางข้อมูลที่บันทึกในฐานข้อมูล



รูปที่ 4 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิและความชื้นภายในตู้ฟักไข่

ผลการศึกษาและอภิปรายผล

จากการศึกษาผลของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิและความชื้นระหว่างการฟัก โดยการทำงานของระบบ

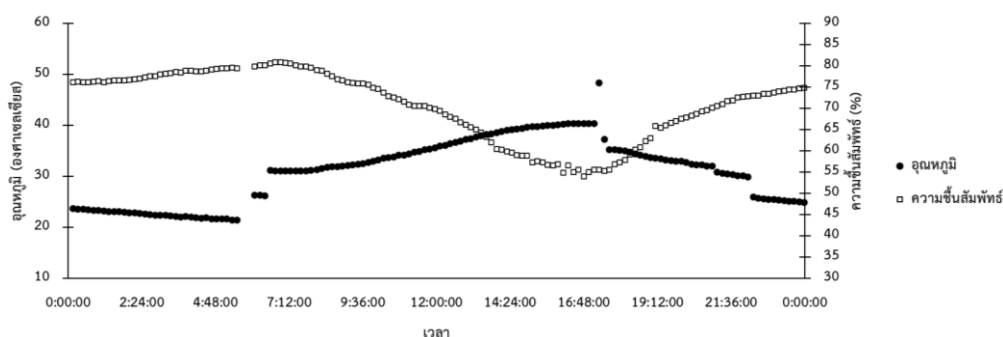
การวิเคราะห์ทางสถิติ

การทดลองแบ่งกลุ่มตัวอย่างออกเป็นสองกลุ่ม การทดลอง (T1 และ T2) กลุ่มละ 120 ตัวอย่าง ตามแผนการทดลองแบบ Random Group Design โดยแต่ละกลุ่มจะถูกวิเคราะห์ น้ำหนักไข่ เปอร์เซ็นต์ไข่ไม่มีเชื้อ ไข่มีเชื้อ ไข่เชื้อตาย ตัวอ่อนตายที่ 18 วัน การฟักออก และลูกไก่ที่ฟักการจะวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ $p < 0.05$ โดยวิธีการทดสอบที (T-Test) ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป IBM SPSS version 26

(18.30 - 05.30 น.) โดยพบว่าค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิและความชื้นภายในตู้ฟักในช่วงเช้าและช่วงกลางวันมีระดับที่คงที่ตามค่าที่ได้กำหนดไว้คือ 37.5°C และความชื้นสัมพัทธ์ที่ 65% (รูปที่ 4)

สำหรับเซนเซอร์ที่อยู่ภายนอกตู้ฟักจะมีค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิและความชื้นค่อนข้างแปรปรวนเนื่องจากขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมในแต่ละวันที่ไม่สามารถควบคุมได้ (รูปที่ 5) โดยในช่วงบ่ายจะเป็นเวลาที่อุณหภูมิภายนอกตู้ฟักเริ่มสูงขึ้น โดยพบว่าในช่วงเวลา 15.30 - 17.00 น. อุณหภูมิภายนอกตู้ฟักอยู่ระหว่าง $39.0 - 40.0^{\circ}\text{C}$ ขณะเดียวกันส่งผลให้อุณหภูมิภายนอกที่สูงขึ้นแพร่ผ่านเข้าไปยังภายในตู้ฟักทำให้ภายในตู้ฟักเริ่มมีอุณหภูมิที่สูงด้วยเช่นกัน ด้วยเหตุนี้จากการที่อุณหภูมิภายในตู้ฟักสูงขึ้นนั้นไมโครคอนโทรลเลอร์จะส่งข้อมูลไป

ยังระบบเซิร์ฟเวอร์ และแจ้งเตือนไปยังแอปพลิเคชัน (LINE Notification) หากอุณหภูมิได้เกินค่าวิกฤตที่ตั้งไว้หรือความชื้นไม่อยู่ในช่วงที่เหมาะสม ทำให้ผู้ปฏิบัติงานได้ทราบอย่างรวดเร็วว่าขณะนี้อุณหภูมิภายในตู้ฟักนั้นสูงเกินกว่าวิกฤต และทำให้ผู้ปฏิบัติงานสามารถเข้าไปแก้ไขเพื่อทำให้ไข่ที่ฟักอยู่ในอุณหภูมิที่เหมาะสม เนื่องจากหากอุณหภูมิที่สูงขึ้นเป็นเวลานานและไม่ได้รับการแก้ไขหรือจัดการจากผู้ปฏิบัติงานจะทำให้กระทบต่อการพัฒนาของตัวอ่อนระหว่างการฟัก และส่งผลโดยตรงต่อประสิทธิภาพการฟักอย่างชัดเจน (ตารางที่ 1) ส่วนปัญหาจากระดับความชื้นนั้นพบว่าตลอดการทดลองอุปกรณ์ควบคุมความชื้นสามารถทำงานได้ปกติ และควบคุมให้อยู่ในระดับที่เหมาะสมได้ ซึ่งไม่พบวันที่ความชื้นสัมพัทธ์สูงหรือต่ำกว่าค่าที่เหมาะสมตลอดเวลาในการทดลอง



รูปที่ 5 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิและความชื้นภายในตู้ฟักไข่

ตารางที่ 1 การพัฒนาของตัวอ่อนระหว่างการฟักไข่ด้วยตู้ฟักไข่ไฟฟ้าแบบมีการแจ้งเตือน (T1) และไม่มีแจ้งเตือน (T2)

Parameter	T1 ¹	T2 ²	P-Value
No. of eggs set	120.00	120.00	
Initial egg weight (g/egg)	46.60 $\pm$ 0.40	46.32 $\pm$ 0.44	0.633 ^{ns}
Infertility at day 7 (%)	9.17 $\pm$ 2.65	10.83 $\pm$ 2.85	0.669 ^{ns}
Fertility at day 7			
Fertile eggs (%)	81.67 $\pm$ 3.55	83.33 $\pm$ 3.42	0.735 ^{ns}
Infertile eggs (%)	9.17 $\pm$ 2.65	5.83 $\pm$ 2.15	0.329 ^{ns}
Embryo mortality at day 18 (%)	25.51 $\pm$ 4.43 ^a	14.00 $\pm$ 3.49 ^b	<u>0.042</u>
Chicks' mortality at day 21 (%)	12.24 $\pm$ 3.33	9.00 $\pm$ 2.88	0.461 ^{ns}
Hatchability (%)	61.22 $\pm$ 4.95 ^b	76.00 $\pm$ 4.29 ^a	<u>0.025</u>
Crooked toes (%)	8.16 $\pm$ 2.78	4.00 $\pm$ 1.79	0.222 ^{ns}

^aอักษรที่แตกต่างกันแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบข้อมูลตามแนวแถว

ns หมายถึงข้อมูลไม่แตกต่างกันทางสถิติ

สำหรับการพัฒนาของตัวอ่อนในระหว่างการพัฒนาตลอดระยะเวลา 21 วัน จากตารางที่ 1 พบว่า น้ำหนักไข่เฉลี่ยของกลุ่ม T1 และ T2 ก่อนนำเข้าตู้ฟักจำนวน 120 ฟอง/กลุ่ม มีค่าเท่ากับ 46.60 ± 0.40 และ 46.32 ± 0.44 g ตามลำดับ หลังจากครบ 7 วัน ของการฟัก ทำการประเมินเปอร์เซ็นต์ไข่ไม่มีเชื้อ ไข่มีเชื้อ และไข่เชื้อตาย (รูปที่ 6) พบว่า ทั้งสองกลุ่มมีค่าเปอร์เซ็นต์ไข่ไม่มีเชื้อไม่แตกต่างกัน ($P>0.05$) โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 9.17 ± 2.65 และ 10.83 ± 2.85 ตามลำดับ ขณะที่เปอร์เซ็นต์ไข่ไม่มีเชื้อ และไข่ที่เชื้อตายของทั้งสองกลุ่มมีค่าไม่แตกต่างกัน ($P>0.05$) โดยกลุ่ม T1 มีเปอร์เซ็นต์ไข่ไม่มีเชื้อเท่ากับ $81.67 \pm 3.55\%$ ตามด้วยกลุ่ม T2 ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ $83.33 \pm 3.42\%$ ตามลำดับ เช่นเดียวกับเปอร์เซ็นต์ไข่เชื้อตายของทั้งสองกลุ่มไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติเช่นกัน ($P>0.05$) โดยกลุ่ม T1 มีค่ามากที่สุด ตามด้วยกลุ่ม T2 ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 9.17 ± 2.65 และ $5.83 \pm 2.15\%$ ตามลำดับ



รูปที่ 6 ไช้มีเชื้อ (ก) ไช้ไม่มีเชื้อ (ข) และไข่เชื้อตาย (ค)

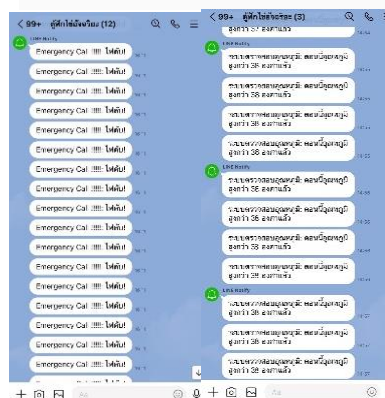
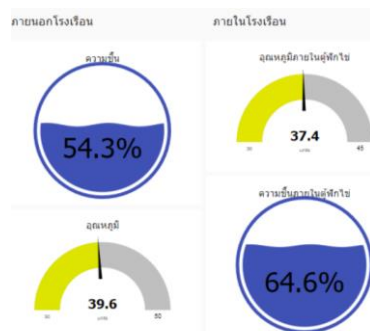
หลังจากระยะเวลาของการฟักที่ 18 วัน ทำการตรวจสอบอัตราการตายของตัวอ่อนอีกครั้ง พบว่าเปอร์เซ็นต์การตายของตัวอ่อนในกลุ่ม T1 มีค่าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่ม T2 ($P < 0.05$) โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 25.51 ± 4.43 และ $14.00 \pm 3.49\%$ ตามลำดับ เมื่อครบกำหนดการฟักออกที่ 21 วัน พบว่า เปอร์เซ็นต์การฟักออกในกลุ่ม T2 มีค่าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่ม T1 ($P < 0.05$) โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 76.00 ± 4.29 และ $61.22 \pm 4.95\%$ ตามลำดับ ขณะที่เปอร์เซ็นต์ลูกไก่ที่พิการ (รูปที่ 7) และเปอร์เซ็นต์การตายของลูกไก่ (รูปที่ 8) มีค่าที่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$)



รูปที่ 7 ความผิดปกติของลูกไก่ที่เกิดจากการฟักไข่ใน
อุณหภูมิสูง



รูปที่ 8 การตายขณะเจาะไข



รูปที่ 9 แอปพลิเคชันที่ใช้ติดตามสภาพแวดล้อมในและนอกตู้ฟักไข่

จากการเปรียบเทียบการทำงานของระบบการแจ้งเตือนทำให้ทราบว่าอุณหภูมิในแต่ละวันช่วงเวลา 15.30-17.00 น. ของฤดูร้อน มีค่าเกินมาตรฐานสำหรับการฟักไข่โดยกลุ่มตู้ฟัก T2 สามารถแจ้งเตือนไปยังผู้ปฏิบัติงานได้อย่างรวดเร็วผ่านแอปพลิเคชัน LINE Notification ทำให้ผู้ปฏิบัติงานสามารถเข้าไปแก้ไขได้อย่างรวดเร็ว ในขณะที่กลุ่มตู้ฟัก T1 ที่ไม่มีระบบการแจ้งเตือนอุณหภูมิภายในตู้ฟักจะสูงตามอุณหภูมิภายนอก ซึ่งทำให้ไข่ที่ทำการฟักอยู่ในสภาวะที่ไม่เหมาะสมสำหรับการฟักเป็นเวลานานมากกว่า 1.30 ชั่วโมงต่อวัน จากอุณหภูมิที่สูงขึ้นทำให้กระทบต่อประสิทธิภาพการฟักไข่ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Sardary และ Mohammad [4] ที่ทำการศึกษการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิ 1.1°C (จาก 37.7°C เป็น 38.8°C) จากอุณหภูมิปกติที่ทำการฟักไข่นาน 4 ชั่วโมงต่อวัน โดยแบ่งออกเป็น 4 กลุ่ม ได้แก่กลุ่มที่มีการให้ความร้อน 38.8°C ในวันที่ 1-5 8-12 14-18 และ 19-21 ของการฟัก ตามลำดับ เทียบกับกลุ่มที่มีการฟักโดยใช้อุณหภูมิปกติ (37.7°C) พบว่าเปอร์เซ็นต์การตายของตัวอ่อนระหว่างการฟักในกลุ่มที่มีการปรับอุณหภูมิสูงขึ้นเป็น 38.8°C ในวันที่ 1-5 มีอัตราการตายสูงที่สุด ตามด้วยกลุ่มที่มีการปรับอุณหภูมิในวันที่ 8-12 14-18 และ 19-21 วันของการฟัก ตามลำดับ แต่ในกลุ่มที่มีการฟักโดยใช้อุณหภูมิปกติคือ 37.7°C มีเปอร์เซ็นต์การตายน้อยที่สุด เมื่อเทียบกับทุกกลุ่มที่มีการเพิ่มอุณหภูมิระหว่างการฟัก นอกจากนี้ Collins และคณะ [9] ทำการศึกษาความแตกต่างของอุณหภูมิในการฟักไข่ โดยแบ่งออกเป็น 3 กลุ่มทดลอง ได้แก่ กลุ่มที่ใช้ความร้อนสูง (38.3°C) กลุ่มที่ใช้ความร้อนปกติ (37.5°C) และกลุ่มที่ใช้ความร้อนต่ำ (36.7°C) พบว่าเปอร์เซ็นต์การฟักออกในกลุ่มที่ใช้ความร้อนสูงในการฟักไข่มีค่าต่ำกว่ากลุ่มที่มีการใช้ความร้อนต่ำ และกลุ่มที่ใช้ความร้อนปกติ 83.6% 91.6% และ 93.5% ตามลำดับ จากการศึกษาสามารถบ่งชี้ได้อย่างชัดเจนว่าอุณหภูมิที่สูงขึ้นส่งผลต่ออัตราการตายของตัวอ่อนในระหว่างการฟักไข่อย่างชัดเจน ดังนั้นการนำเทคโนโลยีสมัยใหม่มาทำการ

ติดตาม และแจ้งเตือนอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ในระหว่างการฟักไข่โดยใช้ตู้ฟักไข่ไฟฟ้า (รูปที่ 9) ถือว่าเป็นประโยชน์สำหรับเกษตรกรรายย่อยที่จะสามารถลดปัญหาที่อาจจะเกิดขึ้นในระหว่างการฟักไข่ได้เป็นอย่างดี อีกทั้งยังสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตลูกไก่ให้สูงขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับฟักไข่โดยไม่มียระบบติดตามและการแจ้งเตือน นอกจากนี้ยังช่วยให้เกษตรกรมีฐานข้อมูลสำหรับการฟักไข่ที่จะเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาฟาร์มและต่อยอดระบบต่าง ๆ ในอนาคตต่อไป

สรุปผล

เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (IoT) ที่นำมาทำการติดตาม และแจ้งเตือนสภาพแวดล้อมในระหว่างการฟักไข่ สามารถใช้งานได้จริงโดยผ่านการพัฒนาร่วมกับเกษตรกร โดยระบบสามารถแจ้งเตือนไปยังเกษตรกรผู้ดูแลตู้ฟักไข่ในระหว่างที่อุณหภูมิในช่วงวันสูงขึ้นเกินกว่าค่าปกติ หรือค่าความชื้นไม่อยู่ในช่วงที่เหมาะสม ผ่านการแจ้งเตือนด้วยระบบ LINE notify ที่ใช้งานง่าย ทำให้เกษตรกรสามารถเข้าไปแก้ไขเพื่อให้ไข่ที่ฟักอยู่ในอุณหภูมิที่ปกติ ส่งผลให้อัตราการตายของตัวอ่อนที่ 18 วันลดลง 10% และเปอร์เซ็นต์การฟักออกของลูกไก่เพิ่มขึ้น 15% ซึ่งจากประสิทธิภาพการฟักไข่ที่เพิ่มขึ้นทำให้ต้นทุนในการฟักไข่ไก่ต่อตัวลดลง ประกอบกับต้นทุนของอุปกรณ์ที่ใช้พัฒนาระบบนั้นมีค่าใช้จ่ายที่ไม่แพง และได้ทดสอบการใช้งานจริงโดยเกษตรกรจึงเป็นรูปแบบการพัฒนาตู้ฟักไข่ที่ใช้ได้จริง

เอกสารอ้างอิง

1. Tarachai P. Poultry Farm Management [Internet]. Faculty of Animal Science and Technology: Maejo University; 2017; [cited 2022 Jun 1]. Availability from: http://www.as2.mju.ac.th/E-Book/t_prapakorn.aspx. Thai.
2. Lee Cartwright A. Incubating and Hatching Eggs. Livestock management [Internet]. The

- Texas A&M University System; 2013; [cited 2022 Jun 1]. Availability from: <https://aggie-horticulture.tamu.edu/organic/files/2011/02/Lee-Cartwright-Incubating-and-hatching-eggs.pdf>
3. Luemasueni A, Smarnpituk L, Kasor S. [Research and design incubator to control temperature the egg back automatically]. YRUJST. 2017(2):39-49. Thai.
 4. Al Sardary S, Mohammad Sh. Effect of thermal manipulation during embryogenesis on hatching traits. *International J Agric Sci*. 2016(1):1-6.
 5. Kasetsuwan S. [Chicken husbandry] 5th ed. Bangkok: Kasetsart University; 1980. Thai.
 6. The secretariat of the prime minister, royal Thai government. [Thailand 4.0 Driving the future towards stability, prosperity and sustainability]. *Thai Khu Fa*. 2017;33(1):2-44. Thai.
 7. Srisongmuang P, Srisongmuang C, Budsabok S, Homsup C. [Development of smart farms in greenhouses through the embedded system]. *J Appl Res Sci Tech*. 2021;20(1):1-29. Thai.
 8. Poolwan J, Sripan B, Kingthong S. [Development of automatic temperature and humidity control systems for eggs incubators with internet of thing technology]. *RMUTSB Acad J*. 2021;(9):225-36. Thai.
 9. Collins KE, Jordan BJ, McLendon BL, Navara KJ, Beckstead RB, Wilson JL. No evidence of temperature-dependent sex determination or sex-biased embryo mortality in the chicken. *Poult Sci*. 2013;92(12):3096-102.