

# การพัฒนาระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นแบบอัตโนมัติสำหรับตู้ฟักไข่ ด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตในสรรพสิ่ง

## Development of automatic temperature and humidity control systems for eggs incubators with internet of thing technology

จิตตภู พูลวัน<sup>1\*</sup>, บุญยฤทธิ์ ศรีปาน<sup>1</sup> และ สันยลักษณ์ กิ่งทอง<sup>1</sup>  
Jittapoo Poolwan<sup>1\*</sup>, Boonyarit Sripan<sup>1</sup> and Sanyaluck Kingthong<sup>1</sup>

### บทคัดย่อ

การพัฒนาระบบตู้ฟักไข่อัตโนมัติ ผู้วิจัยได้ประยุกต์ใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตในสรรพสิ่ง เพื่อสามารถใช้ควบคุมการทำงานได้อย่างสะดวกและมีประสิทธิภาพ ซึ่งการวิจัยนี้ได้มีการออกแบบระบบการทำงานสามารถแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนการประมวลผลภายในตู้ฟักไข่ และส่วนการประมวลผลบนอุปกรณ์สมาร์ทโฟน และการสื่อสารข้อมูลในส่วนของการประมวลผลของระบบภายในตู้ฟักไข่ ผ่านเครื่องแม่ข่ายเพื่อเป็นพื้นที่สำหรับจัดเก็บค่าสถานะจากเซนเซอร์ของระบบควบคุมอากาศในตู้ฟักไข่ โดยการทำงานในส่วนการประมวลผลของระบบควบคุมสภาพอากาศภายในตู้ฟักไข่ใช้ Raspberry Pi เป็นตัวประมวลผล ซึ่งมีทำหน้าที่อ่านค่าจากเซนเซอร์ภายในตู้ฟักไข่สำหรับการควบคุมการสั่งงานเครื่องให้ความร้อนและเครื่องให้ความชื้นภายในตู้ และตัวประมวลผลจะส่งข้อมูลค่าเซนเซอร์ขึ้นบนเครื่องแม่ข่ายจัดเก็บในรูปแบบ NoSQL และได้มีการพัฒนาระบบให้สามารถประมวลผลได้บนระบบปฏิบัติการ Android โดยได้มีการออกแบบส่วนติดต่อกับผู้ใช้ให้สามารถใช้งานได้ง่ายไม่ซับซ้อน เพื่อให้ผู้ใช้สามารถใช้งานได้ง่ายและสามารถควบคุมการทำงานได้ทุกสถานที่ที่มีอินเทอร์เน็ต งานวิจัยนี้ได้สร้างตู้ฟักไข่ต้นแบบมีขนาดของตู้ (กว้าง×ยาว×สูง) 50×50×60 เซนติเมตร รองรับฟักไข่ได้ 56 ฟอง และการประเมินประสิทธิภาพการประมวลผลของเครื่องต้นแบบ เพื่อสามารถประมวลผลได้อย่างถูกต้องตามสภาพอากาศที่กำหนด และสามารถทำงานในช่วงระยะเวลาอันได้โดยไม่เกิดการผิดพลาด และในส่วนการทำงานบนสมาร์ทโฟนสามารถอ่านค่าเซนเซอร์และควบคุมการทำงานของตู้ฟักไข่ได้อย่างถูกต้อง

**คำสำคัญ:** ตู้ฟักไข่ ระบบอัตโนมัติ อินเทอร์เน็ตในสรรพสิ่ง แอปพลิเคชันบนโทรศัพท์เคลื่อนที่

### Abstract

Development of an automatic egg incubator system, the researcher applied internet of things (IoT) technology to control operation conveniently and efficiently. In this research, the operating system was designed and divided into 2 parts, including part of processor inside the incubator, and part of processor on smartphone devices and data communication in the processing of the system within the egg incubator via the server for the storing space of status from the sensors of the climate control system in the egg incubator. The climate control system inside the incubator was processed by the

<sup>1</sup> คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์

<sup>1</sup> Faculty of Industrial Technology, Walaya Alongkorn Rajabhat University under the Royal Patronage

\* Corresponding author. E-mail: jittapoo.poolwan@vru.ac.th

Raspberry Pi as the processor. It served to read the value from the sensor inside the egg incubator for controlling the heating and humidification inside the egg incubator and sent the sensor data to the server stored in NoSQL format. This research developed a system to process on the Android operating system by designing user interface for convenience and simplification that users can easily use and control the operation anywhere with the internet access. The egg incubator prototype was (width×length×height) 50×50×60 centimeters with incubation capacity of 56 eggs. This research evaluated the processing efficiency of the prototype for properly process according to the specified weather conditions and can work for a long period of time without error. For the working part on smartphone, it can read the sensor values and control the incubator's operation correctly.

**Keywords:** eggs incubator, automatic system, internet of thing, mobile application

## บทนำ

ในปัจจุบันพฤติกรรมกรรมการบริโภคเนื้อไก่ที่มีคุณค่าทางอาหารมีสำคัญต่อการเจริญเติบโตของมนุษย์ในทุกช่วงวัยจากการสำรวจของสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร รายงานว่าความต้องการเนื้อไก่เพื่อเป็นวัตถุดิบในการประกอบอาหาร จึงส่งผลให้ต้องมีผลผลิตจำนวนมากเพื่อตอบสนองความต้องการของตลาด ข้อมูลปริมาณการผลิตปศุสัตว์และผลิตภัณฑ์ปี 2553-2562 ซึ่งมีความต้องการเนื้อไก่และสิ่งแปรรูปจากไก่เพิ่มขึ้นทุกปี จากดัชนี ตัวชี้วัดเศรษฐกิจการเกษตรของประเทศไทย (Office of Agricultural Economics, 2019a, 2019b) การเลี้ยงไก่เพื่อเป็นวัตถุดิบจึงได้รับความนิยมอย่างมาก เช่น การเลี้ยงไก่ในครัวเรือน การเลี้ยงไก่เพื่อธุรกิจขนาดกลาง จนกระทั่งการเลี้ยงขนาดใหญ่ในเชิงพาณิชย์ และการเลี้ยงไก่เพื่อจำหน่ายไข่ เป็นต้น ดังนั้นจำเป็นต้องมีการควบคุมการผลิตตั้งแต่เริ่มต้น จนกระทั่งวัตถุดิบถึงมือผู้บริโภค ซึ่งการฟักไข่เป็นส่วนแรกเริ่มที่มีความสำคัญวงจรการผลิตวัตถุดิบ ในการพัฒนาเครื่องมือเพื่อช่วยในการฟักไข่ให้มีประสิทธิภาพ (Tarachai, 2017) การควบคุมการฟักไข่เป็นการเรียนแบบวิธีการฟักไข่ตามธรรมชาติ โดยสัตว์ปีกเป็นสัตว์

ชนิดที่มีการฟักเพื่อให้ความอบอุ่นและดูแลลูกอ่อน หลังจากฟักออกจากไข่ จึงเป็นแนวทางให้นักพัฒนานำมาพัฒนาเครื่องมือสำหรับการฟักไข่ด้วยการปรับสภาพต่าง ๆ ภายในเครื่องฟักไข่ และการศึกษาระยะเวลาในการฟักไข่ตามชนิดของไข่ เช่น ไข่ไก่ใช้ระยะเวลาในการฟักประมาณ 21 วัน ส่วนไข่เป็ดใช้ระยะเวลาในการฟักประมาณ 28 วัน และในส่วนของไข่เปิดเทศจะใช้ระยะเวลาในการฟักประมาณ 35 วัน เป็นต้น การควบคุมคุณภาพและปริมาณในการฟักของไข่ ทำให้ไข่ที่มีเชื้อสามารถฟักออกเป็นตัวอ่อนได้ทุกฟอง

เครื่องมือสำหรับการฟักไข่ ได้รับการพัฒนาจากนักวิจัยและพัฒนาในหลายด้านทั้งทางกายภาพและขบวนการขั้นตอนที่จะส่งผลให้ได้ผลผลิตตามความต้องการ จากการศึกษาค้นคว้าวิจัยที่มีผลต่อการฟักตัวอ่อน ประกอบด้วย ระยะเวลาการเก็บไข่ อุณหภูมิ ความชื้น การถ่ายเทอากาศ และมุมการวางหรือตำแหน่งของไข่ เป็นต้น ซึ่งปัจจัยทั้งหมดนี้มีผลต่อการสูญเสียความชื้นจากภายในไข่ทำให้ไข่ไม่มีคุณภาพ จึงเป็นความท้าทายให้มีการพัฒนา เช่น ได้มีการศึกษาและออกแบบตู้ฟักไข่ไก่ ด้วยการควบคุมอุณหภูมิในการฟักไข่ไก่และการกลับไข่อัตโนมัติสำหรับการปศุสัตว์รายย่อย (Luemasueni,

Smarnpituk, & Kasor, 2017) โดยได้มีการออกแบบตู้ฟักไข่ไก่ที่เหมาะสมสำหรับการควบคุมอุณหภูมิได้มีการหุ้มฉนวนทำให้อุณหภูมิภายนอกตู้ไม่ส่งผลกระทบต่ออุณหภูมิภายในตู้ และมีการวิจัยพัฒนาเครื่องมือในการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสำหรับตู้ฟักไข่ โดยการออกแบบและสร้างเครื่องฟักไข่ที่มีต้นทุนต่ำสำหรับชุมชน ซึ่งได้เลือกใช้ DHT22 เป็นตัวอ่านค่าอุณหภูมิและความชื้น และใช้หลอดไฟขนาด 60 วัตต์ จำนวน 2 หลอด เป็นส่วนให้ความร้อนสำหรับตู้ และขนาดของตู้ฟักไข่ประมาณ(กว้าง×ยาว×สูง) 50×60×75 เซนติเมตร จากการทดสอบเครื่องมือมีประสิทธิภาพอยู่ที่ร้อยละ 80 (Sriudom et al., 2020) และได้มีการวิจัยการปรับใช้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ในการตั้งเวลาให้หลอดไฟหรือขดลวดความร้อนทำงาน นอกจากนี้ยังมีการใช้ตัวประมวลผลทางอิเล็กทรอนิกส์ Arduino (Sanjaya et al., 2018) สำหรับควบคุมการทำงานของเครื่องให้ความร้อนเพื่อปรับอุณหภูมิและความชื้นภายในตู้ฟักไข่ โดยการอ่านค่าอุณหภูมิและความชื้นจากเซนเซอร์และสร้างชุดคำสั่งในการควบคุมการทำงานได้แบบอัตโนมัติ จากการพัฒนาตู้ฟักไข่ที่ได้แสดงให้เห็นถึงการพัฒนาและการประยุกต์ใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ในช่วงเวลานั้นเพื่อให้การฟักไข่มีคุณภาพสูงขึ้น

จากการศึกษาปัจจัย งานวิจัยและเทคโนโลยีในปัจจุบันพบว่าเครื่องมือหรือตู้ฟักไข่สำหรับการปศุสัตว์รายย่อย สามารถพัฒนาในการขั้นตอนการทำงานและความสะดวกในการควบคุมการทำงานของตู้ฟักไข่ ผู้วิจัยจึงได้ประยุกต์ใช้เทคโนโลยีในปัจจุบัน โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาเครื่องมือให้สามารถควบคุมสภาพที่เหมาะสมต่อการฟักไข่ภายในตู้จากระบบควบคุมและสามารถทำงานได้อย่างถูกต้อง และเพื่อให้

ผู้ใช้งานสามารถใช้งานระบบได้อย่างสะดวกและใช้ได้หลายสถานที่ โดยการใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตในสรรพสิ่งในการควบคุมผ่านแอปพลิเคชันบนสมาร์ตโฟน ซึ่งจะได้อธิบายรายละเอียดของระบบในหัวข้อต่อไป

## วิธีการศึกษา

ในกระบวนการศึกษาและพัฒนาระบบสำหรับควบคุม อุณหภูมิ ความชื้นภายในตู้ฟักไข่ไก่และการกลับฟองไข่ ในการพัฒนาเพื่อการทำงานของตู้ฟักไข่ที่มีประสิทธิภาพและควบคุมการทำงานได้อย่างสะดวกผู้ใช้งานสามารถดูสถานะและควบคุมการทำงานของเครื่องได้ในทุกสถานที่ โดยในการพัฒนาระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นภายในตู้ฟักไข่มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. การศึกษาปัจจัยในการฟักไข่
2. การออกแบบเครื่องมือ
3. การสร้างเครื่องมือ
4. การทดสอบเครื่องมือ

### 1. การศึกษาปัจจัยในการฟักไข่

การพัฒนาระบบเพื่อใช้ควบคุมสภาพอากาศภายในตู้สำหรับการฟักไข่ที่มีประสิทธิผลกล่าวคือ เครื่องมือสามารถควบคุมให้สภาพอากาศภายในตู้ส่งผลให้ไข่เกิดการฟักเป็นตัวทุกฟองที่บรรจุเข้าในตู้ และอยู่ในระยะเวลาตามธรรมชาติ ซึ่งการฟักตัวของไข่นั้นต้องอาศัยปัจจัยหลากหลายอย่าง เช่น อุณหภูมิ (temperature) ความชื้น (humidity) การถ่ายเทอากาศในตู้ฟัก (ventilation) ทิศทางการวางไข่ในตู้ (egg positioning) และการกลับไข่ฟัก (egg turning) เป็นต้น จากการศึกษาการฟักไข่จากปัจจัยต่างผู้วิจัยได้มีการกำหนดการเลือกใช้เครื่องมือทางอิเล็กทรอนิกส์สำหรับอ่านค่าการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ ใช้ค่าที่

อ่านได้มานั้นสร้างเป็นตรรกะและควบคุมการทำงานของเครื่องให้ความร้อน ความชื้น และการถ่ายเทอากาศ โดยในปัจจุบันแรกที่ต้องคำนึงถึงคืออุณหภูมิภายในตู้สำหรับอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการฟักไข่ขึ้นอยู่กับชนิดของสัตว์ปีกนั้น เพราะสัตว์ปีกแต่ละชนิดมีขนาดและลักษณะของเปลือกไข่ที่แตกต่างกัน โดยการควบคุมอุณหภูมิจะแบ่งออกเป็น 2 ช่วง คือ ช่วง 18 วันแรกที่เหมาะสมกับการฟักไข่อยู่ประมาณ 37.80 องศาเซลเซียส และเนื่องจากตัวอ่อนในฟองไข่มีการเจริญเติบโตขึ้นทำให้มีอุณหภูมิที่สูงขึ้นจึงควรควบคุมอุณหภูมิภายในตู้ให้เหมาะสมอยู่เสมอไม่ควรสูงจนเกินไป ในตู้ฟักไข่บางตู้มีระบบทำความเย็น (cooling unit) ด้วยเพื่อช่วยทำให้อุณหภูมิสูงจนเกินไป (Matos Junior et al., 2020) ซึ่งในช่วง 3 วันหลังควรมีอุณหภูมิประมาณ 37.50 องศาเซลเซียส และการควบคุมอุณหภูมิให้สม่ำเสมอจะต้องควบคุมการหมุนเวียนของอากาศภายในตู้ฟักไข่ด้วย

ปัจจัยด้านความชื้นสำหรับการฟักไข่ ในช่วงการเจริญเติบโตของตัวอ่อนจำเป็นต้องมีการควบคุมความชื้นที่เหมาะสม โดยปกติแล้วในช่วงฟักไข่ไข่จะสูญเสียความชื้นอยู่ตลอดเวลา จะมีอัตราการสูญเสียความชื้นประมาณ 13 เปอร์เซ็นต์ และการสูญเสียความชื้นเพิ่มมากขึ้นในช่วงแรกของการฟักไข่และหลังจากนั้นจะลดลง และจะเพิ่มขึ้นอีกในช่วงสุดท้ายของการฟักตัว โดยปกติแล้วในช่วงแรกของการฟักไข่ (18 วันแรก) ไข่ต้องการความชื้นสัมพัทธ์ประมาณ 60 เปอร์เซ็นต์ และในช่วงหลังของการฟักไข่ต้องการความชื้นมากขึ้นโดยมีความชื้นอยู่ประมาณ 70 เปอร์เซ็นต์ ความชื้นที่เหมาะสมจะช่วยให้ตัวอ่อนเติบโตและสามารถเจาะเข้าไปในช่องอากาศได้สะดวก

ในอีกหนึ่งปัจจัยคือการกลับไข่ (egg turning) ในขั้นตอนนี้เป็นอีกขั้นตอนที่สำคัญถ้าไม่มีการกลับไข่นั้นจะทำให้ไข่ไม่ฟักเป็นตัวได้สำหรับช่วงเวลาแรกของการฟักไข่ และจะหยุดกลับไข่ในช่วง 3 วันสุดท้ายของการฟักไข่ การกลับไข่เป็นการเปลี่ยนแปลงทิศทางหรือมุมของฟองไข่ โดยมุมการกลับไข่ที่เหมาะสมคือ 45 องศาจากแนวดิ่งของฟองไข่ และการกลับไข่ต้องอยู่ในระยะเวลาที่เหมาะสม โดยตามธรรมชาติแม่ไก่จะกลับไข่เฉลี่ยประมาณ 35 นาทีต่อ 1 ครั้ง (Tarachai, 2017) จากงานวิจัยและเครื่องมืออื่นช่วงเวลาจะอยู่ที่ชั่วโมงละครั้งจนถึงวันละ 3 ครั้ง ซึ่งในงานวิจัยนี้กำหนดช่วงเวลาการกลับมุมไข่ในทุก 4 ชั่วโมง โดยอ้างอิงจากการวิจัยของ Sanjaya et al. (2018)

## 2. การออกแบบระบบและการทำงาน

จากการศึกษาปัจจัยที่สำคัญในการฟักไข่ ผู้วิจัยใช้วิธีการควบคุม อุณหภูมิ ความชื้น และการกลับไข่ โดยการออกแบบเครื่องมือได้มีการแบ่งการทำงานเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนการทำงานภายในตู้ฟักไข่ และส่วนการควบคุมและแสดงค่าสถานะของตู้ฟักไข่ ในส่วนการทำงานภายในตู้ฟักไข่ ในทั้ง 2 ส่วนนั้นจะมีการสื่อสารผ่านการบันทึกข้อมูลในเครื่องแม่ข่ายในรูปแบบ NoSQL เป็นรูปแบบที่ไม่มีโครงสร้างในการจัดเก็บข้อมูล โดยในส่วนการทำงานภายในตู้ฟักไข่มีขั้นตอนการทำงานเริ่มจากการพิสูจน์สิทธิการเข้าใช้งานของผู้ให้บริการบันทึกข้อมูลจากนั้นอ่านจากเซนเซอร์ และการรับข้อมูลการตั้งค่าเพื่อใช้ข้อมูลและค่าจากเซนเซอร์ที่อ่านได้ในการประมวลผลในการควบคุมและส่งข้อมูลกลับไปบันทึกที่ผู้ให้บริการ ในส่วนนี้ยังมีการควบคุมการกลับไข่โดยจะมีการปรับเปลี่ยนตำแหน่งการวางไข่ท่ามุม 45 องศาในทุก 4 ชั่วโมง ดัง (Figure 1)

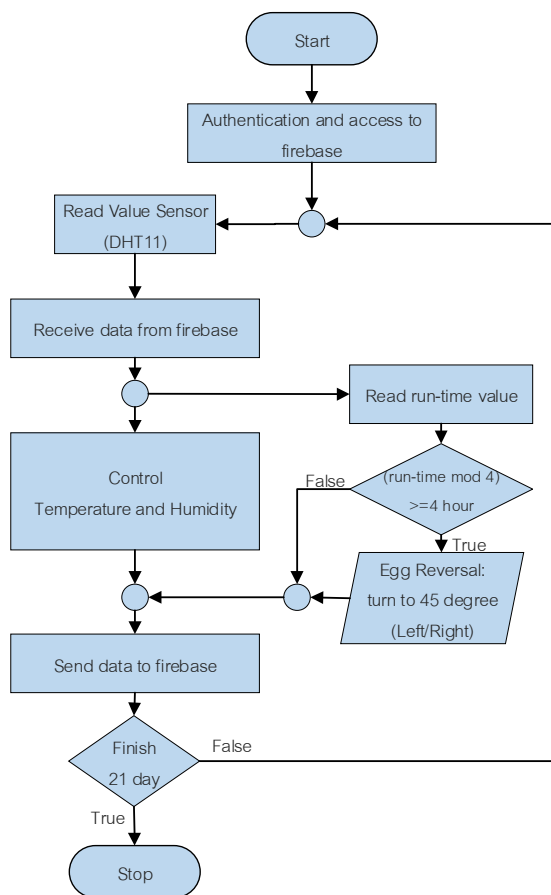


Figure 1 The process of working in the incubator.

ในส่วนการทำงานภายในตู้ฟักไข่มีขั้นตอนย่อยคือการควบคุมอุณหภูมิและความชื้น มีเงื่อนไขการทำงานจากการนำค่าที่ได้จากการอ่านค่าเซนเซอร์โดยค่าอุณหภูมิที่อ่านได้มีหน่วยเป็นองศาเซลเซียส และค่าความชื้นที่อ่านได้มีหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์ เพื่อเปรียบเทียบค่าอุณหภูมิและความชื้น โดยในช่วง 1-18 วันแรกตัวทำความร้อนทำงานเมื่อมีอุณหภูมิน้อยกว่าหรือเท่ากับ 38 องศาเซลเซียสและในช่วง 3 วันสุดท้ายตัวทำความร้อนทำงานเมื่อมีอุณหภูมิน้อยกว่าหรือเท่ากับ 37 องศาเซลเซียส และอีกหนึ่งปัจจัยคือความชื้น

โดยเครื่องทำความชื้นทำงานเมื่อค่าความชื้นน้อยกว่าหรือเท่ากับ 60 เปอร์เซ็นต์ ในช่วง 18 วันแรกและ 3 วันสุดท้ายเครื่องทำความชื้นทำงานเมื่อค่าความชื้นน้อยกว่าหรือเท่ากับ 70 เปอร์เซ็นต์ แสดงดัง (Figure 2) และในการออกแบบส่วนการทำงานภายในตู้ฟักไข่ ได้มีการปรับใช้อุปกรณ์และการทำงานเพื่อควบคุมอุณหภูมิ ความชื้นและการถ่ายเทอากาศภายในตู้ฟักไข่ให้มีความเหมาะสมต่อการฟักไข่ โดยในส่วนการประมวลผลใช้ Raspberry Pi เพื่อความง่ายในการเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ต โดยไม่ต้องเขียนโปรแกรมเพิ่มในทุกครั้งที่ต่ออินเทอร์เน็ต

เป็นส่วนในการอ่านค่าจากเซนเซอร์และควบคุมการทำงานเครื่องให้ความร้อนและความชื้นภายในตู้ฟักไข่ และสามารถรับส่งข้อมูลระหว่างผู้ให้บริการบันทึกข้อมูลในส่วนในการอ่านค่าสภาพอากาศภายในตู้ฟักไข่ใช้เซนเซอร์ DHT11 ซึ่งเป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์สำหรับวัดค่าอุณหภูมิและความชื้นภายในตู้โดยการต่ออุปกรณ์เข้ากับขา (pin) ของ Raspberry Pi และในส่วนอุปกรณ์

การปรับอุณหภูมิภายในตู้ฟักไข่ใช้เครื่องให้ความร้อน (heater) แบบหลอดที่มีขนาด 100w 220v ซึ่งสามารถปรับอุณหภูมิภายในตู้ฟักไข่ได้รวดเร็วและสามารถปรับเปลี่ยนกำลังความร้อนให้เหมาะสมกับขนาดของตู้ ในส่วนการให้ความชื้นด้วยเครื่องให้ความชื้น (humidifier) และส่วนการปรับมุมการวางไข่ด้วยถาดกลิ้งไข่ (eggs incubator turner) ดัง (Figure 3)

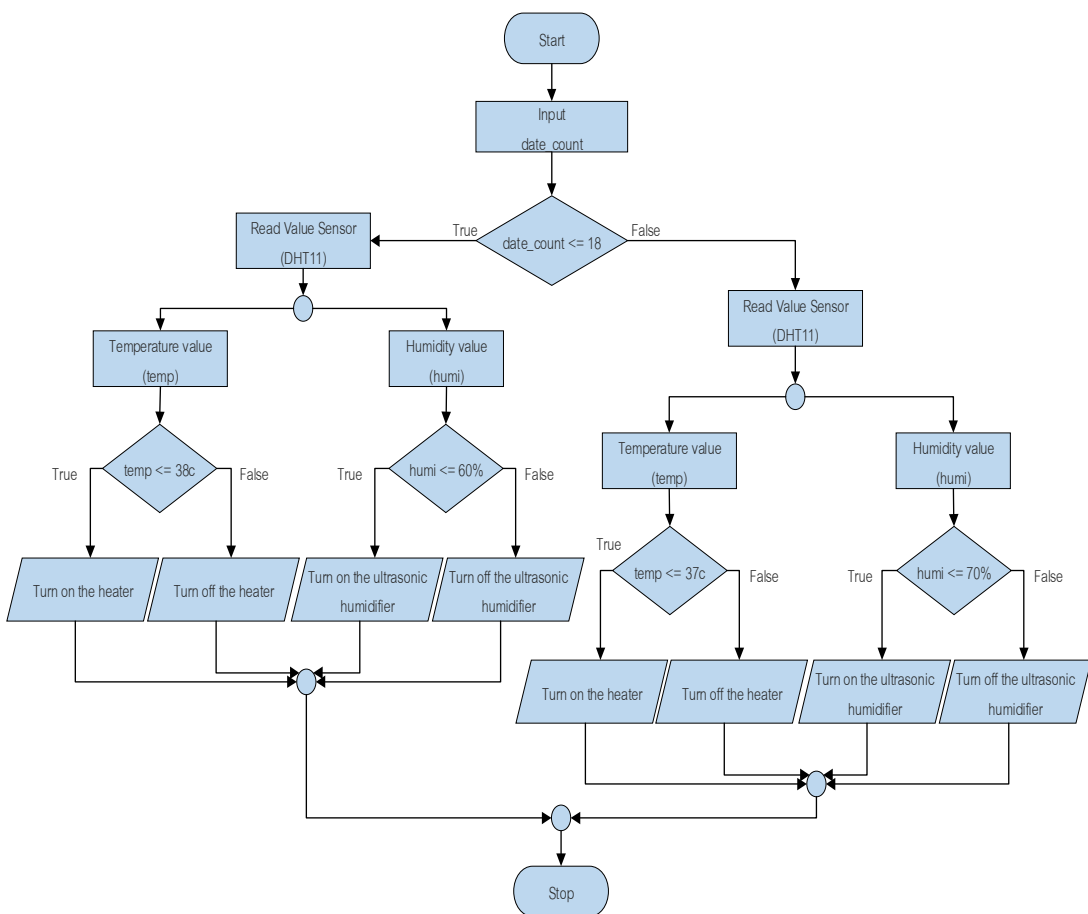


Figure 2 The general system of eggs automatic incubator.

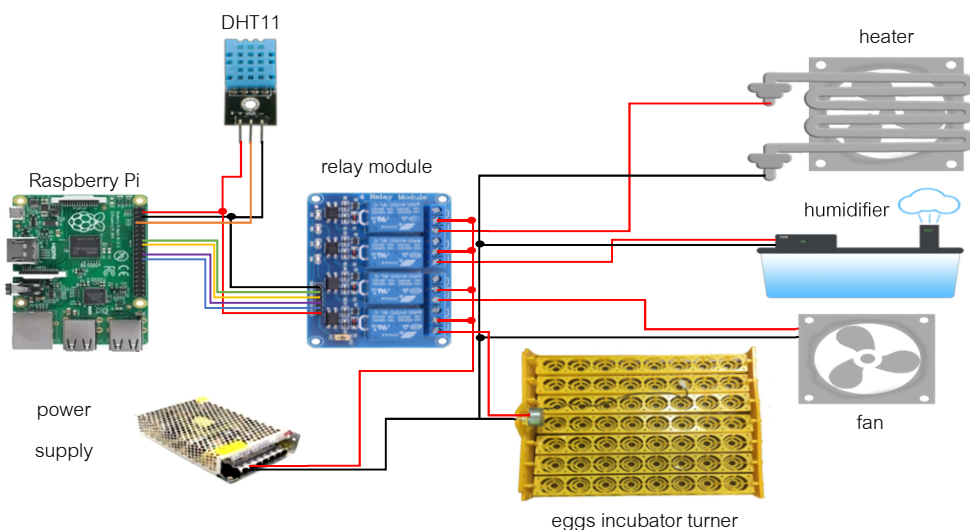


Figure 3 Design of components inside the incubator.

การออกแบบส่วนการควบคุมและแสดงผลด้วยแอปพลิเคชัน ในระบบนี้พัฒนาเพื่อให้ผู้ใช้ระบบสามารถใช้งานได้อย่างสะดวกคือสามารถควบคุมการทำงานของตู้ในต่างสถานที่ผ่านอินเทอร์เน็ต และสามารถใช้งานได้ อย่างง่าย จึงได้มีการออกแบบให้แอปพลิเคชันสามารถแสดงผลค่าอุณหภูมิ ความชื้น และสถานะการทำงานของตู้ และสามารถให้แอปพลิเคชันควบคุมการทำงานของตู้ได้ ซึ่งการใช้แอปพลิเคชันสำหรับการควบคุมการทำงานของตู้ฟักไข่จำเป็นต้องมีสื่อกลางในการส่งผ่านข้อมูลใน งานวิจัยนี้ใช้การบันทึกผ่านสื่อกลางจากผู้ให้บริการ บันทึกข้อมูลในรูปแบบ NoSQL ซึ่งเป็นการบันทึกข้อมูล และเนื่องจากแอปพลิเคชันต้องออกแบบให้สามารถ ใช้งานอย่างง่าย จึงได้มีการออกแบบให้มีเมนูที่ไม่ ซับซ้อนผู้ใช้สามารถเข้าใจได้ง่าย

### 3. การสร้างระบบควบคุมตู้ฟักไข่

ในขั้นตอนการสร้างเครื่องมือเพื่อเป็นระบบ ต้นแบบสำหรับควบคุมอุณหภูมิและความชื้นภายในตู้

ฟักไข่ด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตในสรรพสิ่งและควบคุม ผ่านแอปพลิเคชันบนสมาร์ตโฟน โดยการพัฒนาระบบ ควบคุมใช้ภาษา Python จากขั้นตอนการออกแบบ เครื่องมือมีการแบ่งการทำงานเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนการ ทำงานภายในตู้ฟักไข่ และส่วนการควบคุมและแสดง ค่าสถานะของตู้ฟักไข่ โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

#### 3.1 ส่วนการทำงานภายในตู้ฟักไข่

การทำงานภายในตู้ฟักไข่เป็นการควบคุมการ ทำงานของเครื่องด้วย Raspberry Pi เพื่อควบคุมการ ทำงานของชุดรีเลย์ (relay module) เพื่อใช้เป็นการ เปิดปิดวงจรให้หลอดความรู้และเครื่องฟั่นไอความชื้น สำหรับการให้ความอบอุ่นและความชื้นในการฟักไข่ โดยการควบคุมนั้นจะใช้อุปกรณ์ที่คงทนสามารถใช้งาน ได้อย่างยาวนานและสามารถบำรุงได้ง่าย ซึ่งจะประกอบ ไปด้วย ส่วนให้ความร้อนอยู่ในชั้นบนของตู้ประกอบด้วย หลอดความร้อนและพัดลมกระจายความร้อน เพื่อใช้ ปรับสภาพอุณหภูมิให้ความอบอุ่นภายในตู้ฟักไข่

เหมาะสมต่อการฟักไข่ และส่วนการให้ความชื้นอยู่ในชั้นล่างสุดของตู้ เมื่อเทียบจากขนาดของตู้ที่รองรับถาดวางไข่จำนวน 56 ฟอง ถาดวางไข่และกลีบมุมไข่จัดวางอยู่ในส่วนกลางของตู้มีขนาดของตู้ (กว้าง×ยาว×สูง) 50×50×60 เซนติเมตร ซึ่งสามารถใช้เครื่องให้ความชื้น

ขนาดเล็กก็เพียงพอต่อขนาดของตู้ โดยใช้เครื่องให้ความชื้นคู่กับพัดลมเพื่อให้ความชื้นกระจายทั่วภายในตู้ฟักไข่ และเพื่อให้อากาศภายในตู้มีการถ่ายเทใน ส่วนหลังตู้มีการติดตั้งพัดลมและช่องระบายอากาศเข้าและออกจากภายในตู้ ดัง (Figure 4)



Figure 4 The eggs automatic incubator hardware.

### 3.2 ส่วนการควบคุมและแสดงค่าสถานะตู้ฟักไข่

ในการพัฒนาส่วนการควบคุมและแสดงค่าสถานะต่าง ๆ ภายในตู้ฟักไข่ ซึ่งมีหลายงานวิจัยที่ได้มีการพัฒนางานโดยการพัฒนาระบบให้สามารถควบคุมการทำงานระบบผ่านสมาร์ตโฟนทั้งด้านการประมวลข้อมูลและการประมวลผลภาพ (Hongboonmee, & Khunbun, 2021) และสามารถใช้ในการพัฒนาแอปพลิเคชันเพื่อการสนับสนุนงานในด้านอื่น (Kasemsin, & Yolai, 2020) จากขั้นตอนการออกแบบและสร้างแอปพลิเคชันโดยสามารถใช้บนระบบปฏิบัติการ Android และแอปพลิเคชันจะสื่อสารข้อมูลกับผู้ให้บริการบันทึกข้อมูล (real-time database) ในรูปแบบ NoSQL ซึ่งการส่งข้อมูลจากอุปกรณ์ไปที่ผู้ให้บริการเป็นเพียงตัวเลขและตัวอักษรจึงทำให้การรับส่งข้อมูลรวดเร็ว โดยการสร้างแอปพลิเคชันประกอบด้วย 3 เมนูหลัก คือ ส่งงาน แสดงค่าสถานะ และตั้งค่าตู้ฟักไข่ จากการแบ่งเมนูหลักในแต่ละเมนูจะมีรายละเอียดภายในเมนูนั้น

เช่น เมนูส่งงานเป็นส่วนการสั่งการทำงานของตู้ฟักไข่ ในเมนูนี้จะมีตัวเลือกย่อยคือ ตัวเลือกเริ่มทำงาน หมายถึงการสั่งให้ตู้ฟักไข่ทำงาน ตัวเลือกพักการทำงาน หมายถึงการสั่งให้ตู้ฟักไข่หยุดทำงานแต่ไม่มีการลบค่าสถานะอื่นออก และตัวเลือกหยุดการทำงาน หมายถึงการสั่งให้ตู้ฟักไข่หยุดทำงานและลบค่าสถานะอื่นออก ในส่วนเมนูที่ 2 แสดงค่าสถานะเป็นส่วนในการแสดงค่าสภาพสภาพอากาศภายในตู้ฟักไข่เพื่อให้ผู้ใช้สามารถทราบถึงสถานะภายในตู้ฟักไข่ และเมนูสุดท้ายการตั้งค่าตู้ฟักไข่ เป็นส่วนการปรับเปลี่ยนการแสดงผล ส่วนประกอบเมนูในแอปพลิเคชันแสดงดัง (Figure 5) จากการออกแบบและสร้างแอปพลิเคชันอยู่บนพื้นฐานการใช้งานที่ง่ายไม่ซับซ้อน ผู้ใช้ที่ไม่เคยใช้แอปพลิเคชันสามารถเข้าใจได้ง่าย โดยในแอปพลิเคชันมีเมนูตัวเลือกไม่มากและไม่ซับซ้อน ใช้สีที่แสดงถึงสัญลักษณ์การทำงาน ตัวอักษรและขนาดที่สามารถมองเห็นและเข้าใจได้อย่างง่าย



Figure 5 Controls via the application on the smartphone.

#### 4. การทดสอบระบบควบคุมตู้ฟักไข่

ในการพัฒนาระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นที่เหมาะสมภายในตู้ฟักไข่ด้วยการใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตในสรรพสิ่ง เพื่อการทำงานแบบอัตโนมัติที่มีประสิทธิภาพและการทำงานได้อย่างสะดวก หลังจากขั้นตอนการสร้างระบบควบคุมตู้ฟักไข่เครื่องต้นแบบ ผู้วิจัยได้ดำเนินการทดสอบการทำงานของระบบเพื่อประเมินประสิทธิภาพการทำงาน โดยได้มีการทดสอบการทำงานอัตโนมัติของตู้ฟักไข่ และการทดสอบการควบคุมการทำงานของตู้ฟักไข่ผ่านแอปพลิเคชันบนสมาร์ตโฟน

##### 4.1 ทดสอบการทำงานอัตโนมัติของตู้ฟักไข่

การทดสอบประสิทธิภาพในการทำงานของตู้ฟักไข่ต้นแบบอัตโนมัติ ซึ่งเป็นการควบคุมการทำงาน

ให้ตู้ฟักไข่สามารถปรับสภาพอากาศภายในตู้ให้มีความคล้ายคลึงกับการฟักไข่ด้วยวิธีธรรมชาติ การทดสอบโดยการสั่งงานให้ตู้ฟักไข่ทำงานจนกระทั่งเสร็จสิ้นตามที่ได้โปรแกรมเป็นระยะเวลา 21 วัน สำหรับไข่ไก่ (ช่วงระยะแรกของการฟัก 18 วัน และช่วงระยะหลัง 3 วัน) โดยการวัดค่าอุณหภูมิในระบบ และการวัดค่าความชื้นในระบบเทียบกับ 2 ช่วงเวลา ช่วงที่ 1 เวลา 12.00 น. เส้นสีน้ำเงินใน (Figure 6) เป็นช่วงที่มีอุณหภูมิสูงจะส่งผลให้ความชื้นน้อย และช่วงที่ 2 เวลา 20.00 น. เส้นสีแดงใน (Figure 6) เป็นช่วงที่มีการเปลี่ยนแปลงทางอุณหภูมิ จากนั้นผู้วิจัยได้บันทึกข้อมูลการทำงานของตู้ฟักไข่ เพื่อทดสอบการควบคุมสภาพอากาศและการใช้งานระบบเป็นระยะเวลานานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

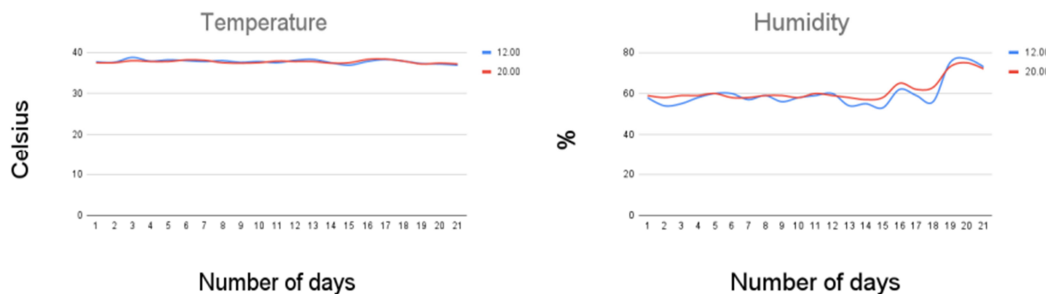


Figure 6 Temperature and humidity performance graph of the eggs automatic incubator.

#### 4.2 ทดสอบควบคุมการทำงานตู้ฟักไข่ผ่านแอปพลิเคชันบนสมาร์ตโฟน

การทดสอบการควบคุมการทำงานของตู้ฟักไข่ โดยผ่านแอปพลิเคชันบนสมาร์ตโฟน โดยผู้วิจัยได้ ดำเนินการทดสอบการรับส่งข้อมูลระหว่างแอปพลิเคชัน ไปยังผู้ให้บริการเครื่องแม่ข่าย และการรับส่งข้อมูล ระหว่างตู้ฟักไข่ไปยังผู้ให้บริการเครื่องแม่ข่าย โดย ทดสอบในระยะเวลาและช่วงเวลาที่แตกต่างกัน และ ทดสอบทั้งระบบด้วยการส่งการทำงานของตู้ฟักไข่ ผ่านโทรศัพท์สมาร์ตโฟนที่ได้ลงแอปพลิเคชัน และ ดำเนินการบันทึกผลการทดสอบในแต่ละกรณี

การทดสอบการรับส่งข้อมูล ส่วนที่ 1 การรับส่ง ระหว่างตู้ฟักไข่และผู้ให้บริการบันทึกข้อมูลในทุก ค่าพารามิเตอร์ และในส่วนที่ 2 การรับส่งข้อมูลระหว่าง ผู้ให้บริการบันทึกข้อมูลในทุกค่าพารามิเตอร์ จากการ ทดสอบโดยการแบ่งส่วนการทำงาน ผู้วิจัยได้ดำเนินการ ทดสอบการทำงานทั้งระบบสำหรับควบคุมการทำงาน ตู้ฟักไข่ผ่านแอปพลิเคชันผ่านสมาร์ตโฟน เพื่อประเมิน ประสิทธิภาพการทำงานของระบบสำหรับควบคุมการ ทำงานตู้ฟักไข่และแอปพลิเคชันผ่านระบบอินเทอร์เน็ต และการทดสอบการทำงานเพื่อเปรียบเทียบการ

ทำงานระบบสำหรับควบคุมการทำงานตู้ฟักไข่และ แอปพลิเคชันเมื่อ Android สมาร์ตโฟนต่างรุ่นกัน

#### ผลการศึกษาและอภิปรายผล

จากการศึกษาและพัฒนาระบบควบคุมสภาพ อากาศภายในตู้ฟักไข่แบบอัตโนมัติ ด้วยเทคโนโลยี อินเทอร์เน็ตในสรรพสิ่ง และสร้างเป็นเครื่องต้นแบบ เพื่อการทำงานที่มีประสิทธิภาพและควบคุมการทำงาน ได้อย่างสะดวกผู้ใช้งานสามารถดูสถานะและควบคุม การทำงานของเครื่องได้ในทุกสถานที่ โดยการทดสอบ การทำงานของระบบควบคุมสามารถควบคุมอุณหภูมิ และความชื้นได้อย่างถูกต้องตามช่วงเวลาที่กำหนด ช่วงแรกและช่วงหลัง และมีความผันผวนเพียงเล็กน้อย ซึ่งเห็นได้ดัง (Figure 7) จากการการทดสอบสั่งให้มีการ ตู้ฟักไข่เริ่มทำงาน ฟักการทำงาน และหยุดการทำงาน พบว่าการรับส่งข้อมูลสามารถทำงานได้อย่างถูกต้อง ในทุกครั้งที่ทำการทดสอบแต่มีระยะเวลาความหน่วง ที่แตกต่างกันเล็กน้อยประมาณ 3 ถึง 5 วินาที และทั้ง ระบบสามารถทำงานได้อย่างถูกต้องตามการควบคุม ทั้งการรับข้อมูลจากตู้ฟักไข่เพื่อแสดงผลในแอปพลิเคชัน และการส่งข้อมูลจากแอปพลิเคชันเพื่อควบคุมการ

ทำงานของตู้ฟักไข่ โดยแสดงถึงระยะเวลาตอบสนอง มีหน่วยเป็นวินาที ในแต่ละครั้งเมื่อสั่งการทำงาน ในแอปพลิเคชันและเครื่องทำงานได้อย่างถูกต้อง การทดสอบสั่งการทำงานทั้งหมด 20 ครั้ง เพื่อทดสอบ ระยะเวลาการส่งผลข้อมูลเพื่อการควบคุมการทำงาน โดยการที่ผู้ใช้กดเมนูเริ่มต้นการทำงานในแอปพลิเคชัน และเครื่องเริ่มทำงาน โดยพบว่าในช่วงแรกของการ ทดสอบจะมีการใช้เวลาในการรับส่งข้อมูลมากกว่าปกติ และการทดสอบควบคุมการทำงานผ่านสมาร์ตโฟน จำนวน 5 เครื่องที่ต่างรุ่นกัน จากการสั่งงานสมาร์ตโฟน ที่แตกต่างกันมีความหน่วงเวลาเพียงเล็กน้อยหรือไม่ มีความแตกต่างกันเนื่องจากระยะเวลาความหน่วง เล็กน้อยไม่มีผลต่อการทำงานระบบควบคุม สภาพอากาศภายในตู้ฟักไข่แบบอัตโนมัติ ดังนั้น แอปพลิเคชันสามารถใช้ได้กับ Android สมาร์ตโฟน

อื่นได้ ซึ่งจากในกราฟแสดงผลการสั่งการทำงาน ตู้ฟักไข่ผ่านแอปพลิเคชันในครั้งแรกของการสั่งการ ทำงานจะอยู่ประมาณ 3-5 วินาที และหลังจากนั้น การสั่งงานเร็วขึ้นในโทรศัพท์บางรุ่น จากการทดสอบ การทำงานของส่วนการควบคุมอุณหภูมิและความชื้น และส่วนการควบคุมการทำงานจากระยะไกลผ่าน อินเทอร์เน็ตของตู้ฟักไข่เครื่องต้นแบบสามารถ แสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพการทำงาน ซึ่งใน ส่วนการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นแบบอัตโนมัติ สามารถทำงานได้เทียบเท่ากับงานวิจัย (Sriudom et al., 2020) ซึ่งสามารถฟักไข่ออกเป็นลูกไก่ได้ถึง ร้อยละ 80 ของการฟักไข่ทั้งหมด และในงานวิจัยนี้ ได้มีการเสริมระบบการควบคุมการทำงานผ่าน อินเทอร์เน็ตให้ผู้ใช้สามารถรับรู้ข้อมูลภายใน ตู้ฟักไข่ได้

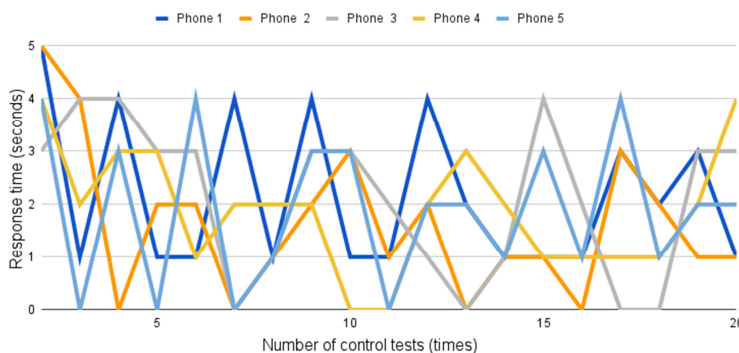


Figure 7 The result graph of the incubator control.

### สรุป

วัตถุประสงค์การวิจัยนี้เพื่อให้สามารถควบคุม สภาพอากาศที่เหมาะสมต่อการฟักไข่และเพื่อการใช้งานระบบได้อย่างสะดวกและใช้ได้หลายสถานที่ โดย การใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตในสรรพสิ่ง โดยดำเนินการ

พัฒนาเครื่องมือควบคุมสภาพอากาศสำหรับตู้ฟักไข่ จากการควบคุมอุณหภูมิ ความชื้นการหมุนเวียนภายใน ตู้ฟักไข่ และควบคุมการกลับไข่ให้มีความเหมาะสม สำหรับการฟักไข่ โดยการใช้เซนเซอร์ตรวจวัดอุณหภูมิ และความชื้น และส่วนอุปกรณ์ควบคุมการทำงานของ

ตู้ฟักไข่ใช้ Raspberry Pi สำหรับการพัฒนาคูคำสั่งให้ตู้สามารถทำงานตามเงื่อนไขที่กำหนด อีกทั้งมีหน้าที่รับส่งข้อมูลไปยังผู้ให้บริการบันทึกข้อมูลเป็นตัวกลางในการสื่อสารระหว่างตู้ฟักไข่และแอปพลิเคชันบนสมาร์ทโฟน ในส่วนของแอปพลิเคชันได้มีการออกแบบสำหรับการแสดงผลสภาพอากาศภายในตู้และสามารถควบคุมการทำงานของตู้ฟักไข่ จากการพัฒนาเครื่องต้นแบบของระบบควบคุมสภาพอากาศภายในตู้ฟักไข่เพื่อใช้ในการประเมินการทำงาน โดยผู้วิจัยได้ดำเนินการทดสอบเครื่องต้นแบบ จากการทำงานของเครื่องต้นแบบสามารถควบคุมแบบอัตโนมัติ โดยการสั่งเครื่องทำงานเป็นระยะเวลานานและบันทึกผล ซึ่งเครื่องต้นแบบสามารถทำงานได้อย่างถูกต้องตามเงื่อนไขที่ได้ไปแกรมและสามารถทำงานเป็นระยะเวลานานได้ มีความผันผวนของอุณหภูมิและความชื้นเพียงเล็กน้อย ซึ่งมีความคล้ายคลึงกับสภาพอากาศที่เหมาะสมในการฟักไข่ ในการควบคุมการทำงานและแสดงผลระหว่างตู้ฟักไข่ผ่านแอปพลิเคชันสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

### เอกสารอ้างอิง

- Hongboonmee, N., & Khunbun, P. (2021). Development of an application for forecasting the sweetness of pomelo on smartphone using deep learning technique. *RMUTSB Academic Journal*, 9(1), 92-105. (in Thai)
- Kasemsin, W., & Yolai, J. (2020). The development of demonstration kit for intramuscular injection needle display via smartphone inventor application. *RMUTSB Academic Journal*, 8(1), 112-125. (in Thai)
- Luemasueni, A., Smampituk, L., & Kasor, S. (2017). Research and design incubator to control temperature the egg back automatically. *YRU Journal of Science and Technology*, 2(1), 39-49. (in Thai)
- Matos Junior, J. B., Vicentini, T. I., Almeida, A. R., Morita, Vd. S., Sgavioli, S., & Boleli, I. C. (2020). Hatching phase influences thermal preference of broilers throughout rearing. *PLoS ONE*, 15(7), e0235600.
- Office of Agricultural Economics. (2019a). *Agricultural economic indicators of Thailand 2019*. Retrieved May 10, 2021, from <http://www.oae.go.th/assets/portals/1/files/journal/2563/indicator2562.pdf> (in Thai).
- Office of Agricultural Economics. (2019b). *Agricultural statistics of Thailand 2015 to 2019*. Retrieved May 10, 2021, from <http://www.oae.go.th/assets/portals/1/files/journal/2563/yearbook62edit.pdf> (in Thai).
- Sanjaya, W. M., Maryanti, S., Wardoyo, C., Anggraeni, D., Aziz, M. A., Marlina, L., ... & Kusumorini, A. (2018). The development of quail eggs smart incubator for hatching system based on microcontroller and Internet of Things (IoT). *2018 International Conference on Information and Communications Technology (ICOIACT)* (pp. 407-411). Yogyakarta, Indonesia: IEEE.
- Sriudom, Y., Suppaso, S., Tewata, A., Mulkrang, Y., Ratipat, Z., & Karjangthimaporn, E. (2020). Low cost egg incubator for communities. *The Science Journal of Phetchaburi Rajabhat University*, 17(2), 30-40. (in Thai)
- Tarachai, P. (2017). *Hatching: Documentation for teaching poultry production*. Chiang Mai: Maejo University. (in Thai)