



FEAT JOURNAL

FARM ENGINEERING AND AUTOMATION TECHNOLOGY JOURNAL

วารสารวิศวกรรมฟาร์มและเทคโนโลยีการควบคุมอัตโนมัติ

การใช้ IOT อย่างง่ายและราคาถูกเพื่อปรับปรุงการจัดการในโรงเรือนสุกรขุนระบบปิด

The use of simple and cheap IOT to improve the management system
in the evaporative swine house

สมควร แววดี^{1)*} และ อภิชาติ อาจนาเสียว²⁾

Somkuan Vaodee^{1)*} and Apichart Artnaseaw²⁾

¹⁾ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

39 หมู่ 1 อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี 12110

²⁾ ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

123 ถนนมิตรภาพ อำเภอเมืองขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น 40002

¹ Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Thunyaburi.

39 Moo 1, Khlong Luang District, Pathum Thani 12110

² Department of Chemical Engineering, Faculty of Engineering, Khon Kaen University

123 Mitrapap Road, Mueang Khon Kaen District, Khon Kaen 40002

Received: 22 February 2023

Revised: 26 June 2023

Accepted: 7 August 2023

Available online: 22 December 2023

บทคัดย่อ

โรงเรือนสุกรขุนระบบปิดที่สามารถเลี้ยงสุกรขุนได้ 600 ตัว ซึ่งประกอบไปด้วย ระบบอาหารและน้ำ ระบบทำความเย็น ระบบไฟกกและระบบเติมส่วนน้ำ พร้อมระบบ IOT ได้ถูกสร้างขึ้น โดยระบบ IOT ใช้การปรับปรุง code จาก open source ใช้บอร์ด ESP 32 ที่มีคุณภาพสูงและเซ็นเซอร์เป็นแบบอุตสาหกรรมเกรด ใช้ Grafana เป็น dashboards ในการแสดงผล เมื่อนำไปเลี้ยงสุกรขุนจริงเป็นเวลา 5 เดือน แล้วทำการทดสอบอัตราการเจริญเติบโต อัตราการแลกน้ำหนัก คุณภาพซากของสุกรขุน และการทำงานของระบบ IOT พบว่า อัตราการ

เจริญเติบโตสูงสุด 1,053 กรัม/ตัว/วัน อัตราการแลกน้ำหนัก 2.55 คุณภาพซากของสุกรขุน A หรือ AA และระบบ IOT ทำงานได้อย่างต่อเนื่อง มีราคาต่ำ 20,000 บาท

คำสำคัญ: IOT โรงเรือนสุกรขุนระบบปิด การจัดการฟาร์มสุกร อัตราการแลกน้ำหนัก

Abstract

The evaporative swine house of 600 pigs consisting of; feed and water, cooling, piglet lighting, wastewater filling and IOT system using modified code from open source, high-quality ESP 32 board and industrial grade sensor and Grafana as dashboards for displaying data was built to feed pigs for 5 months. Average daily gain, feed conversion rate, Lenden Speck Quotient of pigs and IOT system operation were performed. The result showed that average daily gain displayed maximum growth rate of 1,053 g/pc/day. Feed conversion rate was 2.55 and Lenden Speck Quotient of pigs were A or AA. IOT system works continuously and low price of 20,000 baht.

Keywords: IOT: Evaporative swine house: Swine house management: Feed conversion rate

*ติดต่อ: somkuan.v@en.rmutt.ac.th, 081-5137169

1. บทนำ

การเลี้ยงสุกรขุนแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มหลัก คือ การเลี้ยงในโรงเรือนปิดและการเลี้ยงในโรงเรือนเปิด ซึ่งมีรูปแบบและข้อดี-ข้อเสียต่างกัน ดังนี้ 1) การเลี้ยงในโรงเรือนเปิดเหมาะกับเกษตรกรรายย่อยทั่วไปที่ต้องการเลี้ยงสุกรจำนวนน้อย มีข้อดี คือ ใช้เงินลงทุนเริ่มต้นต่ำเพราะไม่ได้ใช้เทคโนโลยีอะไร นอกจากค่าโครงสร้างทั่วไปในการทำโรงเรือนเท่านั้น แต่มีข้อเสีย คือ การจัดการในฟาร์มยุ่งยาก ใช้แรงงานมากซึ่งมีผลให้การหาแรงงานทำได้ยากตามไปด้วย และเป็นการเลี้ยงสุกรที่มีประสิทธิภาพต่ำ คุณภาพซากสุกรไม่ดี ส่งผลให้ขายได้ราคาต่ำตามไปด้วย [1–3] 2) การเลี้ยงในโรงเรือนปิด เหมาะกับเกษตรกรรายใหญ่ ที่ต้องการเลี้ยงสุกรจำนวนมากกว่า 500 ตัว มีข้อดี คือ การจัดการในฟาร์มง่ายและเป็นการเลี้ยงสุกรที่มีประสิทธิภาพสูง แต่มีข้อเสีย คือ เงินลงทุนเริ่มต้นสูงจากอุปกรณ์การเลี้ยงต่าง ๆ เช่น แผงเย็น (cooling pad) และพัดลมระบายอากาศของระบบทำความเย็น รวมไปถึงระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นอากาศในโรงเรือน นอกจากนี้ค่าใช้จ่ายด้านพลังงานในการจัดการระหว่างเลี้ยงยังมีสูงด้วย [4–6] แต่เนื่องจากปัจจุบันมีการระบาดของโรค African swine fever (ASF) ที่มีผลทำให้สุกรตายไปจำนวนมาก เพราะโรคนี้เป็นเชื้อไวรัสที่มีการแพร่ระบาดอย่างรวดเร็วเมื่อเชื้อโรคเข้าฟาร์มแล้วต้องทำลายสุกรทั้งหมดในฟาร์มเพื่อป้องกันการกระจายไปสู่พื้นที่อื่นและที่สำคัญโรค ASF ยังไม่มีวัคซีนป้องกัน วิธีการป้องกันไม่ให้เชื้อโรคเข้าสู่ฟาร์มจึงเป็นวิธีการที่ดีที่สุดขณะนี้ [7–9] ซึ่งเชื้อโรคจะเข้าสู่ฟาร์มผ่านช่องทางหลัก คือ 1) สัตว์พาหะต่าง ๆ เช่น แมลงวัน นก หนูและสัตว์เลื้อยคลานอื่น เป็นต้น

และ 2) คนงาน ที่อาจมีการไปสัมผัสเชื้อโรคจากนอกฟาร์มแล้วนำเข้ามาในฟาร์ม ดังนั้นการจัดการในฟาร์มที่ดีเพื่อลดปัจจัยหลัก 2 อย่างข้างต้น ที่สามารถทำได้ง่ายในโรงเรือนปิดจึงจะจัดการป้องกัน ASF ได้อย่างมีประสิทธิภาพ การนำระบบ Internet of Things (IoT) มาใช้ในฟาร์มสุกรเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในการป้องกัน ASF [10–15] แต่ระบบเหล่านี้มีความซับซ้อนและราคาแพง มีผลให้การใช้ IoT จำกัดเฉพาะในฟาร์มขนาดใหญ่เท่านั้น ส่วนฟาร์มรายย่อยยังไม่มี การนำมาใช้ การลดต้นทุนในการสร้างและพัฒนา ระบบการจัดการด้วย IoT จึงเป็นสิ่งจำเป็น ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงทำการพัฒนาระบบการเลี้ยงสุกรระบบปิด โดยนำ IoT อย่างง่ายและราคาถูกลงมาใช้ในโรงเรือนสุกรขุนแบบปิดขนาด 600 ตัว ซึ่งใช้กับ 4 ระบบหลัก คือ 1) ระบบให้อาหารและน้ำที่ผสมอาหารในถาดเพื่อให้สุกรกินง่าย 2) ระบบทำความเย็น เพื่อรักษาอุณหภูมิและความชื้นในโรงเรือน 3) ระบบกกสุกร และ 4) ระบบเติมน้ำจากส้วน้ำ แล้วประเมินผล การใช้งานระบบและประสิทธิภาพการเลี้ยงด้วยค่า อัตราการเจริญเติบโตของสุกรขุน (ADG) อัตราการแลกน้ำหนักของสุกร (FCR) และค่าดัชนีความหนา ไขมันสันหลังต่อความกว้างของกล้ามเนื้อสันนอก (LSQ)

2. วิธีการวิจัย

2.1 สร้างต้นแบบโรงเรือนพร้อมระบบ IoT

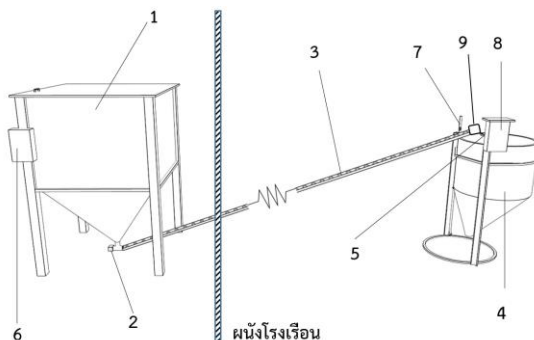
การดำเนินงานวิจัยเริ่มจากการสร้างโรงเรือนตามแบบที่แสดงในรูปที่ 1 ที่ประกอบด้วยคอก 25 ตัว จำนวน 24 คอก ไซโล พัดลม และแผงเย็น

รั้วทึบ สูง 2 เมตร ทำจากเมทอลชีต

ผักตม	คอก 1	คอก 2	คอก 3	คอก 4	คอก 5	คอก 6	คอก 7	คอก 8	คอก 9	คอก 10	คอก 11	คอก 12	แผง	โซลิด
	คอก 13	คอก 14	คอก 15	คอก 16	คอก 17	คอก 18	คอก 19	คอก 20	คอก 21	คอก 22	คอก 23	คอก 24	เข็น	

รูปที่ 1 ผังโรงเรือนแบบปิดขนาด 600 ตัว

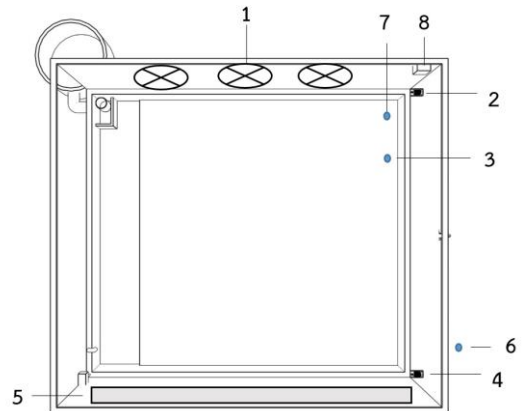
จากนั้นทำการสร้างและติดตั้งระบบให้อาหารและน้ำที่ผสมอาหารในถาดเพื่อให้สุกรกินง่าย ดังรูปที่ 2 ที่ประกอบด้วย ถังโซลิด (1) จุดบ่อนอาหาร (2) ท่อนเกลียวลำเลียงอาหาร (3) ถังอาหารพร้อมถาดรอง (4) เซ็นเซอร์วัดระดับอาหาร (5) อุปกรณ์ควบคุมจุดบ่อนอาหาร (6) โซลินอยวาล์วน้ำ (7) อุปกรณ์ควบคุมการบ่อนอาหารและน้ำพร้อมระบบ IOT ส่วนอาหารและน้ำ (8) มอเตอร์ต้นกำลัง (9)



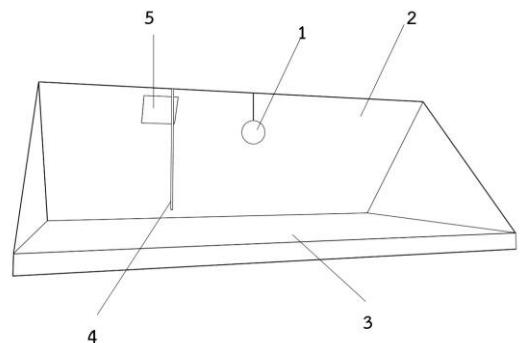
รูปที่ 2 แบบอย่างง่ายของระบบให้อาหารและน้ำที่ผสมอาหารในถาดเพื่อให้สุกรกินง่ายแบบอัตโนมัติ

ระบบทำความเย็น เพื่อรักษาอุณหภูมิและความชื้นอากาศในโรงเรือน ดังรูปที่ 3 ที่ประกอบด้วย พัดลม (1) อุปกรณ์ควบคุมพัดลม (2) เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิสำหรับควบคุมพัดลม (3) อุปกรณ์ควบคุมปั้มน้ำแผงเย็น (4) แผงเย็น (5) เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้นสำหรับควบคุมปั้มน้ำที่ติดตั้งนอกโรงเรือน (6) เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้นสำหรับระบบ IOT (7) อุปกรณ์ควบคุมระบบ IOT (8) ระบบกกสุกร ดังรูปที่ 4

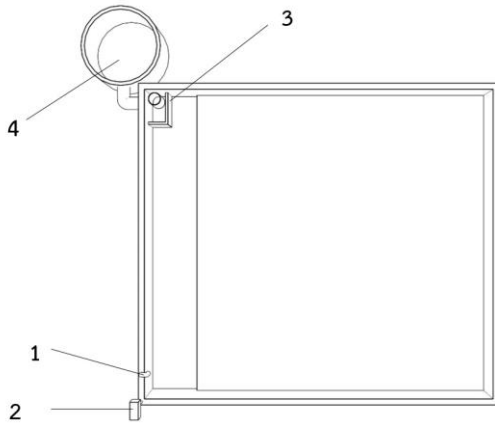
ที่สามารถควบคุมอุณหภูมิได้กักได้ ประกอบด้วย หลอดไฟอินฟราเรด (1) กระโຈມกກສຸກເຄື່ອນທີ່ (2) ไม้พาเลทรองนอน (3) เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิ (4) กล่องควบคุมอุณหภูมิในกระโຈມระบบ IOT (5) และระบบเติมน้ำจากส้วมน้ำ ดังรูปที่ 5 ที่ประกอบด้วย บอลวาล์วที่มีมอเตอร์ขับเคลื่อนเปิด-ปิด (1) อุปกรณ์ควบคุมการเติมน้ำระบบ IOT (2) อุปกรณ์ควบคุมปล่อยน้ำ (3) บ่อรวบรวมน้ำจากส้วมน้ำ (4)



รูปที่ 3 แบบอย่างง่ายของระบบทำความเย็น



รูปที่ 4 แบบอย่างง่ายของระบบกกสุกรแบบอัตโนมัติ



รูปที่ 5 แบบอย่างง่ายของระบบเติมน้ำจากส้วม
น้ำแบบอัตโนมัติ

หลักการทำงานของต้นแบบโรงเรือนพร้อมระบบ
จัดการอัตโนมัติ มีดังนี้

ระบบให้อาหารและน้ำแบบอัตโนมัติ หน่วยนี้ทำ
ขึ้นมาเพื่อให้สุกรกินง่ายแบบอัตโนมัติ มีการทำงาน
คือ เมื่อเซ็นเซอร์วัดระดับอาหารซึ่งติดตั้งไว้ที่ถังสุดท้าย
ตรวจจับได้ว่า มีอาหารในถังอาหารที่มีถาดให้สุกรกิน
มีระดับต่ำกว่าที่ตั้งไว้

บอร์ดในกล่องควบคุมการป้อนอาหารจะสั่งให้รีเลย์
ไปเปิดการทำงานของมอเตอร์ต้นกำลังเพื่อป้อน
อาหารจากถังไซโลมาที่ถังอาหารที่มีถาดให้สุกรกิน
โดยจะเติมที่ถึงแรกก่อน เมื่ออาหารเต็ม เกลียว
ลำเลียงอาหารจะนำอาหารมาเติมที่ถังที่ 2 และจะ
เป็นแบบนี้ไปเรื่อย ๆ จนกว่าจะถึงถังอาหารสุดท้ายที่
เมื่ออาหารถึงระดับที่ต้องการ บอร์ดจะสั่งให้รีเลย์ไป
ปิดการทำงานของมอเตอร์ต้นกำลัง โดยระดับอาหาร
สามารถตั้งระยะได้ 10-80 ซม. นอกจากนี้ในกล่อง
ควบคุมจะมีบอร์ดที่ใช้ส่งข้อมูลผ่าน wifi เพื่อส่งข้อมูล
ทุกครั้งที่มีการทำงานของมอเตอร์ต้นกำลังไปที่
โทรศัพท์มือถือหรือคอมพิวเตอร์ เพื่อให้รู้ปริมาณ

อาหารที่สุกรกินในแต่ละวัน ซึ่งจะเป็นข้อมูลที่สำคัญ
ในการติดตามผลการเลี้ยงในแต่ละช่วง ส่วนการ
ควบคุมการให้น้ำไปผสมกับอาหารในถาดทำได้ โดย
การตั้งเวลาที่ Timer ให้โซลินอยวาล์วน้ำเปิดน้ำในช่วง
เวลาทุก 10-60 นาที เพื่อกระตุ้นการกินอาหารของสุกร
โดยสามารถตั้งปริมาณน้ำในแต่ละช่วงเวลาได้ ในช่วง
500 – 2,000 ซีซีต่อครั้งต่อถังอาหาร ระบบทำความ
เย็น หน่วยนี้ทำขึ้นมาเพื่อรักษาอุณหภูมิและระบาย
แก๊สในโรงเรือนโดยมีการทำงาน คือ เมื่อเซ็นเซอร์วัด
อุณหภูมิตรวจจับได้ว่าอุณหภูมิในโรงเรือนสูงกว่าที่ตั้ง
ไว้ (โดยระดับอุณหภูมิที่ตั้งได้ในช่วง 25-30 °C ขึ้นอยู่
กับช่วงอายุของสุกรที่เลี้ยง) บอร์ดในกล่องควบคุม
อุณหภูมิในโรงเรือนจะสั่งให้ inverter จ่ายความถี่
เต็มที่ 50 เฮิร์ตซ์ ให้พัดลมทำงานเต็มที่ เพื่อให้พัดลม
ทำงานระบายความร้อนและแก๊สที่เกิดขึ้นในโรงเรือน
ออกไป จนอุณหภูมิต่ำลงจนถึงระดับที่ต้องการ บอร์ด
จะสั่งให้ inverter จ่ายความถี่น้อยลง ส่งผลให้พัดลม
หมุนช้าลงเพื่อประหยัดพลังงาน แต่จะไม่ต่ำกว่า 35
เฮิร์ตซ์ เพราะพัดลมต้องทำงานเป็นระดับต่ำสุดเพื่อให้
มีการระบายแก๊สในโรงเรือนด้วย (ความเร็วลมต่ำสุด
0.5 เมตร/วินาที) ส่วนแผงเย็น ระบบจะให้ปั๊มน้ำ
ทำงานเมื่ออุณหภูมิในโรงเรือนและความชื้นอากาศ
ด้านนอกถึงเกณฑ์ที่ตั้งไว้ กล่าวคือ ปั๊มน้ำจะทำงาน
เมื่ออุณหภูมิในโรงเรือนสูงกว่าค่าที่ตั้งไว้และความชื้น
อากาศด้านนอกต่ำกว่าค่าที่ตั้งไว้ (ความชื้นอากาศ
ภายนอกไม่เกิน 85%RH) ในขณะที่ยังอุณหภูมิสูงกว่าค่า
ที่ตั้งไว้ ปั๊มน้ำจะไม่ทำงานตลอดเวลา เพราะความชื้น
ในโรงเรือนจะมากเกินไปซึ่งความชื้นนี้จะมาจากแผง
เย็น แต่จะทำงาน 2 นาที พัก 5 นาที ซึ่งควบคุมด้วย
Timer การทำงานแบบนี้จะทำต่อเนื่องจนกว่าอุณหภูมิ

จะลดลงต่ำกว่าค่าที่ตั้งไว้ ในโรงเรือนจะมีเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้นอากาศ พร้อมบอร์ดที่ใช้ส่งข้อมูลผ่าน wifi เพื่อส่งข้อมูลไปที่โทรศัพท์มือถือหรือคอมพิวเตอร์ แบบ real time และสามารถดูย้อนหลังได้ถึง 1 ปี เพื่อให้รู้อุณหภูมิและความชื้นอากาศในโรงเรือนในแต่ละวัน ซึ่งจะเป็นข้อมูลที่สำคัญในการติดตามผลการเลี้ยงในแต่ละช่วง นอกจากนี้ยังมีระบบการเตือนทาง Line เมื่ออุณหภูมิและความชื้นอากาศในโรงเรือนมากกว่าค่าที่ตั้งไว้ ซึ่งใช้ค่าดัชนีความเครียดจากความร้อน (Heat stress index) เป็นตัวชี้วัด คือ 165 [16,17] โดยคำนวณจากสมการ

$$\text{ดัชนีความเครียด} = \frac{\text{อุณหภูมิ}(F)}{\text{ความชื้น}(\%RH)} \quad (1)$$

ระบบกกสุกรแบบอัตโนมัติ ระบบนี้ทำขึ้นมาเพื่อรักษาอุณหภูมิในกกสุกรให้คงที่ตามต้องการ โดยมีการทำงาน คือ เมื่อเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิที่เป็นแท่งสแตนเลสตรวจจับได้ว่าเมื่ออุณหภูมิในกระบะใจมกตรงตำแหน่งสุกรนอนบนไม้พาเลทต่ำกว่าที่ตั้งไว้ บอร์ดจะสั่งให้รีเลย์ไปเปิดการทำงานของหลอดไฟอินฟราเรดเพื่อให้หลอดไฟอินฟราเรดทำงาน จนอุณหภูมิสูงจนถึงระดับที่ต้องการ บอร์ดจะสั่งให้รีเลย์ไปปิดการทำงานของหลอดไฟอินฟราเรด โดยระดับอุณหภูมิสามารถตั้งระยะได้ 10-50 °C ระบบส่งข้อมูลผ่าน wifi เพื่อส่งข้อมูลไปที่โทรศัพท์มือถือหรือคอมพิวเตอร์ แบบ real time และสามารถดูย้อนหลังได้ถึง 1 ปี

ระบบจัดการส้วมน้ำ ระบบนี้ทำขึ้นมาเพื่อให้การเติมน้ำมีความแม่นยำและระบายน้ำได้สะดวก โดยมีการทำงาน คือ เมื่อต้องการเติมน้ำที่ส้วมน้ำ คนงานจะเปิดสวิทช์ให้ไฟฟ้าจ่ายให้บอลลวาล์วที่มีมอเตอร์ขับเคลื่อน ขนาด ½ นิ้ว – 2 นิ้ว ซึ่งวาล์วจะเปิดน้ำให้เติมน้ำ จนถึงเวลาที่กำหนดไว้ โดยมีค่าในช่วง 1-30

นาที่ อุปกรณ์ Timer relay จะทำการปิดบอลลวาล์วโดยอัตโนมัติ โดยที่ไม่ต้องให้คนงานมาปิด ทำให้ปริมาณน้ำในส้วมน้ำมีค่าตามกำหนด ส่วนการระบายน้ำใช้การยกท่อ PVC ขนาด 4 นิ้วในแนวตั้งขึ้นมา ซึ่งตำแหน่งของท่อ PVC จะอยู่ด้านในคอกสุกร เพื่อลดเวลาเดินออกไปด้านนอกเหมือนระบบอื่น แต่จะทำการยกขึ้นมากดด้านข้างเพื่อกันสุกรเข้าไปทำลายท่อ PVC ซึ่งการจัดการส้วมน้ำต้องทำเป็นประจำทุกวัน การทำระบบนี้ให้ง่ายและแม่นยำจะเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานส่วนนี้ได้ ระบบส่งข้อมูลผ่าน wifi เพื่อส่งข้อมูลไปที่โทรศัพท์มือถือหรือคอมพิวเตอร์ แบบ real time และสามารถดูย้อนหลังได้

การประมวลผลทำขึ้นมาเพื่อติดตามปริมาณอาหารที่สุกรกินแต่ละวัน อุณหภูมิกกสุกรในระหว่างการกกสุกร อุณหภูมิและความชื้นอากาศในโรงเรือน ในระหว่างการเลี้ยง ซึ่งข้อมูลเหล่านี้มีการเก็บและส่งขึ้นไปเก็บไว้บน Cloud ที่สามารถดูข้อมูลได้ผ่านโทรศัพท์มือถือหรือคอมพิวเตอร์ แบบ real time และนอกจากนี้ยังสามารถดูย้อนหลังได้ถึง 1 ปี รูปแบบนี้ส่งผลต่อการเลี้ยงหลักๆ คือ 1) ข้อมูลที่ได้ไม่มีความคลาดเคลื่อนเหมือนที่ได้จากการใช้คนอ่าน 2) ข้อมูลบันทึกต่อเนื่องที่ส่งผลให้สามารถแก้ไขปัญหาได้ทันที และตรวจสอบย้อนหลังได้ ทำให้เจ้าของหรือผู้จัดการสามารถดึงข้อมูลต่าง ๆ ที่ผ่านมาได้ตามช่วงเวลาที่ต้องการ โดยเป็นการตรวจสอบการทำงานของพนักงานที่ผ่านมาในแต่ละช่วงเวลาได้ พร้อมกันนี้ระบบยังมีสัญญาณเตือนผ่าน Line เมื่อข้อมูลอาหารมีค่าผิดปกติได้ หรืออุณหภูมิและความชื้นอากาศในโรงเรือนมีค่าเกินค่าที่ตั้งไว้ได้

2.2 การทดสอบ

การทดสอบในงานวิจัยนี้มีดังนี้

2.2.1 อุณหภูมิ ความชื้น และอัตราเร็วลมในโรงเรือน

อุณหภูมิและความชื้นของอากาศในโรงเรือน โดยทำการวัดจำนวน 3 จุด พร้อมกัน ตลอดการเลี้ยง 5 เดือน ส่วนอัตราเร็วลมทำการสุ่มวัดเดือนละ 2 ครั้ง เพื่อหาการกระจายตัวและความสม่ำเสมอ โดยอุณหภูมิวัดด้วยเครื่อง CR23X MICROLOGGER หัววัด thermocouple type k ค่าความถูกต้อง $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ ความชื้นอากาศวัดด้วยเครื่อง Testo 440 ความละเอียด 0.1 %RH ค่าความถูกต้อง $\pm 2\% \text{RH}$ อัตราเร็วลมวัดด้วยเครื่อง Testo 416 ความละเอียด 0.1 เมตร/วินาที ค่าความถูกต้อง ± 0.2 เมตร/วินาที

2.2.2 การทดสอบอัตราการเจริญเติบโตของสุกร

อัตราการเจริญเติบโตของสุกรขุน คัดจากสุกรทุกตัวทั้งที่มีชีวิตและที่ตายระหว่างการเลี้ยง โดยมีสูตรการคิดคำนวณ คือ

$$\text{อัตราการเจริญเติบโต} = \frac{\text{น้ำหนักสุดท้าย} - \text{น้ำหนักเริ่มต้น}}{\text{จำนวนวันระหว่างการเลี้ยง 2 ครั้ง}} \quad (2)$$

ตัวอย่างเช่น ซึ่งครั้งแรก 10 ตัว น้ำหนักทั้งหมด 100 กก. เฉลี่ยตัวละ 10 กก. เมื่อวันที่ 1 ม.ค. ซึ่งครั้งที่ 2 วันที่ 31 ม.ค. เหลือ 8 ตัว น้ำหนัก 160 กก. น้ำหนักสุกรที่ตาย 2 ตัว 30 กก. ได้น้ำหนักทั้งหมด 160+30 กก. เฉลี่ยตัวละ 19 กก. ได้ค่า $\text{ADG} = (19-10) / 30 = 0.3$ กก. หรือ 300 กรัม/ตัว/วัน นั่นคือ $\text{ADG} = 300$ กรัม/ตัว/วัน โดยทำการเก็บข้อมูลโดยการสุ่มซึ่งน้ำหนักสุกร 10 ตัว ในแต่ละช่วงเวลาตลอดการเลี้ยง แล้วทำการหาค่าเฉลี่ย

2.2.3 การทดสอบอัตราการแลกน้ำหนักของสุกร

อัตราการแลกน้ำหนักของสุกร มีสูตรคำนวณ คือ

$$\text{อัตราการแลกน้ำหนักของสุกร} = \frac{\text{น้ำหนักอาหารที่กิน}}{\text{น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น}} \quad (3)$$

ตัวอย่างเช่น จากวันที่ 1 ม.ค. ถึงวันที่ 31 ม.ค. กินอาหารไปทั้งหมด 200 กก. จำนวนสุกรเริ่มต้น 10 ตัว น้ำหนักทั้งหมด 100 กก. เฉลี่ยตัวละ 10 กก. เมื่อสิ้นสุดการเลี้ยงเหลือสุกร 8 ตัว น้ำหนัก 160 กก. เฉลี่ยตัวละ 20 กก. น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นทั้งหมด 60 กก. หรือเฉลี่ย = $20 - 10 = 10$ กก./ตัว น้ำหนักสุกรที่ตาย 2 ตัว น้ำหนักรวม 30 กก. เฉลี่ยตัวละ 15 กก. น้ำหนักเพิ่มขึ้นเฉลี่ย = $15 - 10 = 5$ กก./ตัว น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นทั้งสุกรมีชีวิตและตาย = $60 + 10 = 70$ กก. ค่า FCR การผลิต = $200/70 = 2.86$ นั่นคืออัตราการแลกน้ำหนักของสุกร = 2.86 โดยทำการเก็บข้อมูลโดยการสุ่มซึ่งน้ำหนักสุกร 10 ตัว ในแต่ละช่วงเวลาตลอดการเลี้ยง แล้วทำการหาค่าเฉลี่ย พร้อมทั้งหาปริมาณอาหารที่สุกรกินเฉลี่ย

2.2.4 การทดสอบประสิทธิภาพการใช้อาหารของสุกร

ประสิทธิภาพการใช้อาหารของสุกรขุน ใช้ค่าดัชนีความหนาไขมันสันหลังต่อความกว้างของกล้ามเนื้อสันนอก (Lenden Speck Quotient) เป็นตัวชี้วัด ซึ่งนิยมใช้เป็นเกณฑ์มาตรฐานในการประเมินคุณภาพซากสุกร และใช้อ้างอิงในการกำหนดราคาซากสุกร โดยทั่วไป ส่วนวิธีการประเมินคุณภาพซาก(LSQ) มีดังแสดงในรูปที่ 6

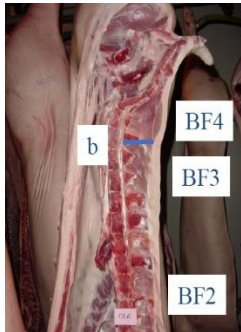
$$LSQ = \frac{BF3+BF4}{2b} \quad (4)$$

BF3 ตรงจุดไขมันสันหลังที่มุมล่างของฐานรูปสามเหลี่ยมของกล้ามเนื้อ Gluteus Medius

BF4 ตรงจุดไขมันสันหลังบางที่สุดของกล้ามเนื้อ Gluteus Medius

b วัดกล้ามเนื้อจากจุดที่มุมล่างของฐานรูปสามเหลี่ยมของกล้ามเนื้อ Gluteus Medius ไปตั้งฉากกับแนวของท่อน้ำไขสันหลัง (75-80 มิลลิเมตร)

รูปที่ 6 ส่วนต่าง ๆ ที่ต้องวัดเพื่อประเมินคุณภาพซาก



รูปที่ 6 ส่วนต่าง ๆ ที่ต้องวัดเพื่อประเมินคุณภาพซาก

3. ผลการวิจัยและการอภิปรายผล

อุณหภูมิอากาศในโรงเรือนที่ตำแหน่งต่าง ๆ มีค่าต่างกันแตกต่างกัน 1-3 °C แตกต่างกันตามอุณหภูมิภายนอกโรงเรือน มีอุณหภูมิตลอดการเลี้ยง 5 เดือน อยู่ในช่วง 26-34 °C ซึ่งเป็นช่วงอุณหภูมิที่สุกรต้องการ จึงประเมินว่าระบบควบคุมทำงานได้ดี ส่วนความชื้นอากาศในโรงเรือนที่ตำแหน่งต่าง ๆ มีค่าต่างกันแตกต่างกัน 3-6%RH แตกต่างกันตามความชื้นอากาศภายนอกโรงเรือน ความชื้นอากาศในโรงเรือนตลอดการเลี้ยง 5 เดือน อยู่ในช่วง 62-86 %RH ซึ่งความชื้นสูงสุดที่สุกรต้องการ คือ 80%RH จากการตรวจสอบย้อนหลัง พบว่า ความชื้นที่เกิน

80%RH เกิดขึ้นในช่วงฝนตกที่ความชื้นอากาศภายนอกสูงเกิน 85%RH อยู่แล้ว มีผลให้ความชื้นอากาศในโรงเรือนสูงตามไปด้วย

อัตราเร็วลมในโรงเรือน (อัตราเร็วลมที่ต้องการ คือ 0.5-1.8 เมตร/วินาที แตกต่างกันตามอายุสุกร) ซึ่งอัตราเร็วลมในโรงเรือนทั้ง 3 จุด ต่างกัน 0.4 เมตร/วินาที โดยมีค่าอยู่ในช่วง 0.6-1.5 เมตร/วินาที ประเมินว่าอยู่ในความเร็วลมที่กำหนด ระบบพัดลมช่วยระบายแก๊สที่เกิดขึ้นในโรงเรือนและระบายความชื้นในโรงเรือน ออกไปอย่างสม่ำเสมอ (แก๊สแอมโมเนียในโรงเรือนวัดได้ 15-36 พีพีเอ็ม) จึงทำให้ผลกระทบของความชื้นอากาศในโรงเรือนมีผลกับสุกรน้อยลงได้

ระบบ IOT ที่มีการเตือนทาง Line เมื่อตรวจความเครียด มีค่าเกิน 165 มีการเตือน 17 ครั้ง ตลอดการเลี้ยง 5 เดือน ดังนี้ 1) เตือนเนื่องจากไฟฟ้าดับ ทำให้อุณหภูมิและความชื้นสูงเกิน จำนวน 4 ครั้ง 2) เตือนเนื่องจากปั้มน้ำแผงเย็นเสีย ทำให้อุณหภูมิสูงเกิน จำนวน 1 ครั้ง 3) เตือนเนื่องจากฝนตก ทำให้ความชื้นสูงเกิน จำนวน 12 ครั้ง ซึ่งระบบการเตือนทาง Line มีผลทำให้สามารถแก้ไขปัญหาได้รวดเร็ว ไม่เกิน 30 นาที ซึ่งส่งผลให้สุกรเสียหายน้อยลงด้วย

ผลการทดสอบอัตราการเจริญเติบโตของสุกรขุน และอัตราการแลกน้ำหนักของสุกร แสดงในตารางที่ 1 และ 2 อัตราการเจริญเติบโตอยู่ในช่วง 167-1,053 กรัม/ตัว/วัน ซึ่งดีกว่าในโรงเรือนที่ไม่ใช้ IOT ที่มีค่าอยู่ในช่วง 120-840 กรัม/ตัว/วัน ค่า FCR สุดท้ายเท่ากับ 2.55 ซึ่งเป็นค่าที่ดีกว่าเกณฑ์มาตรฐานเมื่อเปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ยในคอกปิดที่ได้ข้อมูลการเลี้ยงจากเครือข่ายของบริษัทที่รับซื้อสุกรจากฟาร์ม

แห่งนี้ โดยค่า FCR มาตรฐานสุดท้ายมีค่า 2.77 ค่า FCR ที่แตกต่างกันมากถึง 0.2 เป็นผลมาจากสภาวะอุณหภูมิและความชื้นอากาศในโรงเรือนตลอดการเลี้ยงอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานและแก้ไขปัญหาได้เร็วดังที่กล่าวมาแล้ว

คุณภาพซากสุกรที่เลี้ยงในโรงเรือนต้นแบบแสดงในตารางที่ 3 พบว่า ได้ค่า A หรือ AA ซึ่งประเมินว่าอยู่ในเกณฑ์ที่ดี ถึงดีมาก เป็นผลมาจากระบบป้อนอาหารทำงานได้ดีส่งผลให้สุกรมีอาหารกินตลอดเวลา และช่วงท้ายของการเลี้ยง ระบบ IOT มีการเตือนว่าสุกรกินอาหารเกินเกณฑ์ จึงมีการจำกัดอาหารด้วยเพื่อลดการสะสมไขมันของสุกร

ตารางที่ 1 อัตราการเจริญเติบโตของสุกร

อายุสุกร(วัน)	น้ำหนักสุกร (กก.)	ADG(กรัม/ตัว/วัน)
20	8.1	-
29	9.6	167
42	14.2	354
49	19	686
60	25	545
77	37	706
104	58	778
122	73	833
150	100	964
169	120	1,053

ตารางที่ 2 อัตราการแลกน้ำหนักของสุกร

อายุสุกร (วัน)	น้ำหนักสุกร (กก.)	ปริมาณอาหารสะสมที่ใช้เลี้ยง (กก.)	FCR
20	8.1	0.0	-
29	9.6	1.0	0.67
42	14.2	6.8	1.26
49	19	12.5	1.19
60	25	25.0	2.08
77	37	59.0	2.83
104	58	94.0	1.67
122	73	129.0	2.33
150	100	197.0	2.52
169	120	248.0	2.55

ตารางที่ 3 คุณภาพซากของสุกรขุน

น้ำหนักสุกร (กก.)	b	BF3	BF4	LSQ	คุณภาพซาก
124	61	14	11	0.20	AA
112	61	21	11	0.26	A
132	81	18	11	0.18	AA
119	96	16	11	0.14	AA
121	76	16	21	0.24	A
128	71	21	13	0.24	A
119	71	16	19	0.25	A
117	66	16	13	0.22	A
121	68	10	11	0.15	AA
122	76	11	9	0.13	AA

ระบบ IOT ที่สร้างขึ้น แบ่งเป็น 3 ส่วนคือ 1) code ที่เลือกปรับปรุงจาก open source ทั่วไป และ 2) hardware ใช้บอร์ด ESP 32 ที่มีคุณภาพสูงและเซ็นเซอร์เป็นแบบอุตสาหกรรมเกรด เพื่อความทนทานในการใช้งานเพราะในโรงเรียนมีการกัดกร่อนสูง อุปกรณ์และเซ็นเซอร์ทุก ๆ ตัวใช้ของ DFRobot และ 3) dashboards ใช้ Grafana เป็นตัวแสดงผล ซึ่งตัวอย่างข้อมูลที่แสดงผลบนจอคอมพิวเตอร์ แสดงในรูปที่ 7 ผลจากการติดตามการใช้งานของระบบ IOT ตลอดการเลี้ยง 5 เดือน พบว่า ระบบทำงานได้อย่างต่อเนื่องมีประสิทธิภาพ ไม่มีปัญหาแต่อย่างใด เนื่องจากระบบ IOT ที่สร้างขึ้นมีการนำไปใช้งานในโรงเรียนเปิดขนาดเล็กจริง ซึ่งมีการทดสอบและแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องมา 2 ปีก่อนหน้านี้แล้ว ส่วนราคาคำนวณแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ ระบบอาหาร และน้ำมีราคา 1 แสนบาท (บริษัททั่วไปมีราคา 2.5-3 แสนบาท) ระบบ IOT ทั้ง 4 ระบบ มีราคา 20,000 บาท



รูปที่ 7 ตัวอย่างข้อมูลอาหารที่สุกรกิน
ตรวจเช็คความเครียด อุณหภูมิและความชื้น
ที่ส่งขึ้นไปเก็บไว้บน Cloud

ผู้เลี้ยงสามารถดูข้อมูลได้ผ่านมือถือหรือคอมพิวเตอร์แบบ real time และนอกจากนี้ยังสามารถดูย้อนหลังได้ถึง 1 ปี อัตราการตายของสุกรขุนที่เลี้ยงในโรงเรียนที่ใช้ IOT เท่ากับ 2% น้อยกว่าในโรงเรียนที่ไม่ใช้ IOT ที่มีค่า 5%

4. สรุป

โรงเรียนพร้อมระบบจัดการในโรงเรียนสุกรขุนระบบปิด ที่สามารถเลี้ยงสุกรขุนได้ 600 ตัว ซึ่งประกอบไปด้วย ระบบอาหารและน้ำอัตโนมัติ ระบบทำความเย็นอัตโนมัติ ระบบไฟกกอัตโนมัติ และระบบเติมน้ำอัตโนมัติ พร้อมระบบ IOT ได้ถูกสร้างขึ้น เมื่อนำไปเลี้ยงสุกรขุนจริงเป็นเวลา 5 เดือน พบว่า ได้ประสิทธิภาพการเลี้ยงสุกรขุนเพิ่มขึ้น โดยพิจารณาจาก FCR ที่ลดลงจาก 2.77 เป็น 2.55 คุณภาพซากสุกรประเมินว่าอยู่ในเกณฑ์ที่ดีถึงดีมาก ลดแรงงานคนจาก 3 คนเหลือ 1 คน คิดเป็นการจ้างคนงานได้ถึง 18,000 บาทต่อเดือน หรือ 216,000 บาทต่อปี น้ำหนักสุกรเฉลี่ยเพิ่มขึ้นจาก 105 กิโลกรัม เป็น 115 กิโลกรัม คิดเป็นเพิ่มขึ้น 9.5 % พร้อมทั้งได้รูปแบบการเลี้ยงใหม่ที่มีระบบการจัดการอัตโนมัติ ช่วยให้การเลี้ยงง่ายและมีประสิทธิภาพมากขึ้น เช่น ระบบจะมีการแจ้งเตือน เมื่อดัชนีความเครียด มีค่าเกิน 165 ทำให้สามารถแก้ปัญหาได้อย่างรวดเร็ว

5. กิตติกรรมประกาศ

ทีมผู้วิจัยขอขอบพระคุณสำหรับ บริษัท อีชีเทค ฟาร์ม จำกัด และภาควิชาวิศวกรรมเคมี มหาวิทยาลัยขอนแก่น เป็นอย่างสูง ที่สนับสนุนเงินทุน และสถานที่ในการในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้

6.เอกสารอ้างอิง

- [1] Kitikoon P, Sreta D, Tuanudom R, Amonsin A, Suradhat S, Oraveerakul K, et al. Serological evidence of pig-to-human influenza virus transmission on Thai swine farms. *Veterinary Microbiology*. 2011; 148(2): 413–8.
- [2] Dawangpa A, Lertwatcharasarakul P, Boonsoongnern A, Ratanavanichrojn N, Sanguankiat A, Pinniam N, et al. Multidrug resistance problems targeting piglets and environmental health by *Escherichia coli* in intensive swine farms. *Emerging Contaminants*. 2022; 8: 123–33.
- [3] Varma VS, Parajuli R, Scott E, Canter T, Lim TT, Popp J, et al. Dairy and swine manure management – Challenges and perspectives for sustainable treatment technology. *Science of The Total Environment*. 2021; 778: 146319.
- [4] Górniak W, Popiela E, Szuba-Trznadel A, Konkol D and Korczyński M. Chapter 5 - Smart feed additives for livestock. *Smart Agrochemicals for Sustainable Agriculture*. 2022; 103–38.
- [5] Deng L, Guo S, Zhou M, Liu L, Liu C and Dong S. A silk derived carbon fiber mat modified with Au@Pt urchinlike nanoparticles: A new platform as electrochemical microbial biosensor. *Biosens Bioelectron*. 2010; 25(10): 2189–93.
- [6] Hu Z, Yang Q, Tao Y, Shi L, Tu J and Wang Y. A review of ventilation and cooling systems for large-scale pig farms. *Sustainable Cities and Society*. 2023; 89: 104372.
- [7] GUO S, LYU X and HU X. Optimal design of culling compensation policy under the African Swine Fever—Based on simulations of typical pig farms in China. *Journal of Integrative Agriculture*. 2022.
- [8] Gallardo C, Fernández- Pinero J and Arias M. African swine fever (ASF) diagnosis, an essential tool in the epidemiological investigation. *Virus Research*. 2019; 271: 197676.
- [9] Sánchez- Vizcaíno JM, Mur L and Martínez-López B. African swine fever (ASF): Five years around Europe. *Vet Microbiology*. 2013; 165(1): 45-50.

- [10] Li Z, Luo C, Teng G and Liu T. Estimation of Pig Weight by Machine Vision: A Review BT - Computer and Computing Technologies in Agriculture VII. 2014: 42–9.
- [11] Von Borell E. The biology of stress and its application to livestock housing and transportation assessment¹. Journal of Animal Science. 2000; Nov 30: 79.
- [12] Hoste R, Suh HK and Kortstee H. Smart farming in pig production and greenhouse horticulture: An inventory in The Netherlands. 2017.1–43.
- [13] Kashiha M, Bahr C, Ott S, Moons CPH, Niewold TA, Ödberg FO, et al. Automatic weight estimation of individual pigs using image analysis. Computers and Electronics in Agriculture. 2014; 107: 38–44.
- [14] Kongsro J. Estimation of pig weight using a Microsoft Kinect prototype imaging system. Computers and Electronics in Agriculture. 2014; 109: 32–5.
- [15] Park Y, Eom G-U, Lee D, Yuk A and Moon J. Chapter 12 - Assessing the impact of the IoT technology– based swine farm environment management system on farm productivity. In: Bochtis D, Achillas C, Banias G, Lampridi MBT-B-E and A, editors. Academic Press; 2021: 207–20.
- [16] Ewing SA, Lay Jr DC and von Borell E. Farm animal well-being : stress physiology, animal behavior, and environmental design. Upper Saddle River (N.J.); Prentice-Hall: 1999.
- [17] Holiday A. Air Flow Visualization in an Office Room. Computers and Electronics in Agriculture. 2015; 4(4): 9–16.