

การเพิ่มประสิทธิภาพการควบคุมการผลิตหมูแดดเดียว ด้วยอินเทอร์เน็ตทุกสรรพสิ่ง

Enhancing the Production Control Efficiency of Sun-Dried Pork using the Internet of Things

สันติ วงศ์ใหญ่¹ วีรชัย สว่างทุกซ์² วรินทร์ อริyawutthikorn^{2*} และธนวรภฏ โอฬารธนพร³

Santi Wongyai¹, Weerachai Sawangtuk², Warintorn Ariyawutthikorn^{2*} and Tanaworakit Orantanaporn³

¹สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าอุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง

¹Industrial Electrical Department, Industrial Technology Faculty, Lampang Rajabhat University

²สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง

²Computer Engineering Department, Industrial Technology Faculty, Lampang Rajabhat University

³สาขาวิชาอุตสาหกรรมศิลป์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง

³Industrial Arts Department, Industrial Technology Faculty, Lampang Rajabhat University

*Corresponding author: dream10809@gmail.com

Received: December 4, 2024

Revised: March 4, 2025

Accepted: March 11, 2025

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาการประยุกต์ใช้ระบบอินเทอร์เน็ตทุกสรรพสิ่งสำหรับการควบคุมการผลิตเนื้อหมูแดดเดียวในธุรกิจผลิตหมูแดดเดียวของชาวบ้านประชารัฐ บ้านกล้วยแพะ จังหวัดลำปาง เพื่อพัฒนาคุณภาพในการผลิตเนื้อหมูแดดเดียว โดยการทำงานของตู้อบหมูแดดเดียวใช้การส่งข้อมูลด้วยโหนดเอ็มซียู ซึ่งได้ทำการติดตั้งอุปกรณ์วัดอุณหภูมิและรีเลย์เพื่อใช้ควบคุมพัดลมระบายความร้อนภายในตู้อบหมูแดดเดียว ผ่านโพรโทคอล TCP/IP จัดเก็บข้อมูลไว้ในฐานข้อมูลบนคลาวด์ และสามารถแสดงผลข้อมูลผ่านโทรศัพท์มือถือผ่านแอปพลิเคชันได้แบบเรียลไทม์ ผลการวิจัยพบว่า ระบบอินเทอร์เน็ตทุกสรรพสิ่งที่นำมาประยุกต์ใช้สามารถตรวจวัดอุณหภูมิของกระบวนการผลิตเนื้อหมูแดดเดียว โดยอุณหภูมิภายในตู้อบกรณีตากแดดเท่ากับ 50 °C และทำให้ระยะเวลาในการอบหมูแดดเดียวของตู้อบลดลงเหลืออยู่ที่ 85 นาที ซึ่งเป็นส่วนช่วยลดระยะเวลาการอบแห้งและเพิ่มปริมาณผลผลิตของกลุ่มธุรกิจได้

คำสำคัญ: อินเทอร์เน็ตทุกสรรพสิ่ง โหนดเอ็มซียู การควบคุมการผลิตเนื้อหมูแดดเดียว

Abstract

This research study explores the application of the Internet of Things (IoT) system for controlling the production of sun-dried pork in the community-based sun-dried pork business of Pracharath Village, Ban Kluai Phae, Lampang Province. The primary objective is to enhance the quality and efficiency of the sun-dried pork production process. The operation of the drying chamber utilizes MCU nodes to transmit data, with temperature sensors and relays installed to control the cooling fan inside the drying chamber. The system operates via the TCP/IP protocol, storing data in a cloud database, and enables real-time monitoring through a mobile application. The findings of this study indicate that the IoT-based system successfully monitors and regulates the drying process by accurately measuring temperature fluctuations. The recorded temperature inside the drying chamber under direct sunlight is approximately 50°C, and the IoT-integrated drying system effectively reduces the average drying time by 85 minutes. This optimization contributes to a more efficient drying process, reduced drying time, and an overall increase in production capacity, benefiting the local sun-dried pork business.

Keywords: Internet of Things, node MCU, production control of sun-dried pork



บทนำ

เนื้อหมูเป็นอาหารประเภทเนื้อสัตว์อีกชนิดหนึ่งที่นิยมบริโภคมานาน ประเทศไทยมีการบริโภคเนื้อหมูในปี 2563 จำนวน 22.41 ล้านตัว (Department of Livestock Development, 2020) เนื้อหมูนิยมรับประทานปรุงอาหารสดและอีกอย่างหนึ่ง คือ การนึ่งนำเนื้อหมูไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ชนิดอื่น เพื่อถนอมอาหารและเก็บได้นาน ซึ่งเป็นภูมิปัญญาท้องถิ่นที่ใช้มาตั้งแต่อดีต สามารถบริโภคในเวลาสั้นหรือเก็บไว้ได้นานหลายวัน ซึ่งวิธีการนี้เรียกว่า การทำหมูแดดเดียว (Olarntanaporn et al., 2020) ซึ่งการทำหมูแดดเดียวใช้การตากด้วยแสงอาทิตย์เป็นวิธีการที่นิยมทำและแพร่หลายในปัจจุบัน และมีการออกแบบเครื่องอบแห้งเนื้อหมูด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ (Dounporn, 2016; Dounporn et al., 2019) กระบวนการผลิตหมูแดดเดียวด้วยกรรมวิธีดังกล่าวจะต้องมีการติดตามความชื้นและอุณหภูมิในการตากที่จะต้องให้ดำเนินการตรวจวัดด้วยตนเองเป็นระยะ ซึ่งทำให้สูญเสียเวลาในการดำเนินการตรวจเช็ค

อินเทอร์เน็ตทุกสรรพสิ่งเทคโนโลยีการเชื่อมต่ออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เข้ากับระบบอินเทอร์เน็ต สามารถสื่อสารควบคุม หรือรายงานผลซึ่งกันและกันผ่านระบบอินเทอร์เน็ต สามารถเพิ่มและลดจำนวนของทรัพยากรรวมถึงลดเวลาในการตรวจสอบอื่น ๆ และมีบทบาทสำคัญในการแลกเปลี่ยนข้อมูลแบบเรียลไทม์ (real time) ช่วยให้สามารถฝึกฝนทางออนไลน์ได้ ส่งผลให้การวิเคราะห์ข้อมูลในภาพรวมมีประสิทธิภาพมากขึ้น (Jaroenlap & Sovajassatakul, 2020) หากมีการนำอินเทอร์เน็ตทุกสรรพสิ่งมาเชื่อมต่อกับกระบวนการผลิตหมูตากแห้งแดดเดียว ในการตรวจวัดอุณหภูมิผ่านแอปพลิเคชัน จะทำให้กระบวนการตรวจสอบมีความแม่นยำและเป็นแบบเรียลไทม์ (real time) และยังช่วยตรวจสอบผลกระทบเชิงลึก การบูรณาการเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (IoT) เข้ากับกระบวนการทำงานของกระบวนการผลิตในอุตสาหกรรม รวมถึงภาพรวมทั้งหมดในด้านของผลกระทบที่ตามมา ทั้งด้านประสิทธิภาพและผลลัพธ์ทางธุรกิจทั้งหมด (Babu et al., 2023)

จากการศึกษาและทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับการประยุกต์ใช้อินเทอร์เน็ตทุกสรรพสิ่ง เพื่อควบคุมการทำงานของอุปกรณ์อื่น ๆ ทางที่วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะทำการประยุกต์ใช้อินเทอร์เน็ตทุกสรรพสิ่ง มาควบคุมตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์หมูแดดเดียว เพื่อลดระยะเวลาการอบหมูแดดเดียวและประหยัดเวลาในการผลิต อีกทั้งเพื่อพัฒนานวัตกรรมเพื่อให้สามารถประยุกต์ใช้งานกับธุรกิจผลิตหมูแดดเดียวของชุมชนประจักษ์ไทรลือ บ้านกล้วยแพะ จังหวัดลำปาง ให้ทันต่อความต้องการของตลาดและกลายเป็นผลิตภัณฑ์ชุมชนที่ยั่งยืนต่อไป

จากการศึกษาและทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับการประยุกต์ใช้ IoT ในการควบคุมอุปกรณ์อัตโนมัติ พบว่า เทคโนโลยีดังกล่าวสามารถนำมาใช้ในภาคการเกษตรและอุตสาหกรรมอาหารได้อย่างมีประสิทธิภาพ เช่น ระบบโรงเรือนอัจฉริยะ ระบบควบคุมความชื้นและอุณหภูมิในกระบวนการผลิตอาหารแปรรูป รวมถึงระบบอบแห้งที่สามารถควบคุมได้จากระยะไกล ด้วยเหตุนี้ ทีมวิจัยจึงมีแนวคิดในการพัฒนา ตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์อัจฉริยะสำหรับกระบวนการอบหมูแดดเดียว โดยใช้เทคโนโลยี IoT เพื่อช่วยลดระยะเวลาในการอบแห้ง เพิ่มประสิทธิภาพในการผลิต และทำให้กระบวนการอบแห้งเป็นไปอย่างแม่นยำและมีมาตรฐาน งานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นไปที่การพัฒนา นวัตกรรมที่สามารถนำไปใช้ได้จริงในชุมชน โดยมุ่งเน้นไปที่ กลุ่มวิสาหกิจชุมชนประจักษ์ไทรลือ บ้านกล้วยแพะ จังหวัดลำปาง ซึ่งเป็นกลุ่มที่มีศักยภาพในการผลิตหมูแดดเดียว เพื่อจำหน่ายในระดับท้องถิ่นและตลาดที่กว้างขึ้น การนำเทคโนโลยีมาประยุกต์ใช้กับกระบวนการอบหมูแดดเดียว จะช่วยให้สามารถผลิตสินค้าได้ในปริมาณที่มากขึ้นภายในระยะเวลาที่สั้นลง ตอบสนองต่อความต้องการของตลาดได้ดียิ่งขึ้น อีกทั้งยังเป็นการส่งเสริมให้เกิดการพัฒนาผลิตภัณฑ์ชุมชนที่มีมาตรฐานและความยั่งยืน

ทั้งนี้ การพัฒนาตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์อัจฉริยะที่สามารถควบคุมผ่านอินเทอร์เน็ตทุกสรรพสิ่งไม่เพียงแต่ช่วยยกระดับคุณภาพการผลิตของชุมชน แต่ยังเป็นการส่งเสริมให้เกิดการพัฒนาเศรษฐกิจฐานราก โดยการนำนวัตกรรมและเทคโนโลยีมาปรับใช้กับภูมิปัญญาท้องถิ่น ซึ่งเป็นแนวทางหนึ่งในการเพิ่มขีดความสามารถทางการแข่งขันของกลุ่มผู้ประกอบการชุมชน ตลอดจนเป็นแนวทางสู่การพัฒนาสินค้าแปรรูปที่สามารถเข้าสู่ตลาดในระดับประเทศและสากลได้ต่อไป

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อประยุกต์ใช้อินเทอร์เน็ตทุกสรรพสิ่ง ในการควบคุมคุณภาพการผลิตหมูแดดเดียว
2. เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการใช้อินเทอร์เน็ตทุกสรรพสิ่งในการควบคุมคุณภาพการผลิตหมู

แนวคิดทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

Node MCU

ในรุ่น ESP8266 และ ESP32CAM ได้รับการศึกษาวิจัยอย่างกว้างขวาง ใช้งานอย่างหลากหลายแอปพลิเคชัน โดยเน้นถึงความหลากหลายและความคุ้มค่าโครงการที่พัฒนาด้วยอินเทอร์เน็ตทุกสรรพสิ่ง ในบริบทของการจัดการน้ำ Node MCU ถูกนำมาใช้เพื่อควบคุมระดับน้ำในถังเก็บน้ำโดยอัตโนมัติ ช่วยป้องกันการล้นน้ำผ่านการผสมรวมเซ็นเซอร์และโซลินอยด์วาล์วเพื่อจัดการการไหลของน้ำอย่างมีประสิทธิภาพ (Indrianto et al., 2018) ในด้านระบบบ้านอัจฉริยะ Node MCU ได้รับความนิยมอย่างมาก เนื่องจากราคาที่เข้าถึงได้และความง่ายในการเชื่อมต่อกับ Google Assistant ทำให้ผู้ใช้งานสามารถควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้าด้วยคำสั่งเสียงผ่านโปรโตคอล MQTT (Haridasayam & Reddy, 2019) นอกจากนี้ รุ่น ESP32CAM ยังได้รับการสำรวจในฐานะเครื่องมือการเรียนรู้ โดยแสดงให้เห็นถึงความเหมาะสมในใช้งานอุปกรณ์ฝึกรูปแบบอินเทอร์เน็ตทุกสรรพสิ่ง พร้อมการผลการประเมินประสิทธิภาพเชิงบวกจากทั้งผู้เชี่ยวชาญและผู้ใช้งาน บ่งชี้ถึงศักยภาพในการปรับปรุงสภาพแวดล้อมการเรียนรู้บนพื้นฐานอินเทอร์เน็ตทุกสรรพสิ่ง (Umam et al., 2024) นอกจากนี้ความสามารถ WLAN ในตัวของ Node MCU เป็นตัวเลือกที่เหมาะสมสำหรับระบบบ้านอัจฉริยะ โดยช่วยให้สามารถควบคุมอุปกรณ์ เช่น ไฟและประตูโรงรถได้อย่างราบรื่น โดยต้นแบบที่พัฒนาขึ้นแสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพที่ดีขึ้นและความซับซ้อนที่ลดลงเมื่อเทียบกับระบบทั่วไป (Rathee et al., 2022) นอกจากนี้ Node MCU ยังมีคุณสมบัติแบบ Open Source และความง่ายในการเชื่อมต่อกับเครือข่าย ทำให้เป็นโซลูชันที่แข็งแกร่งสำหรับระบบบ้านอัจฉริยะ โดยให้ประสิทธิภาพด้านพลังงาน ความปลอดภัย และการใช้งานที่เป็นมิตรต่อผู้ใช้งานผ่านการผสมรวมเซ็นเซอร์และการ

ตรวจสอบบนคลาวด์ (Rathour et al., 2023) โดยรวมแล้ว Node MCU มีประสิทธิภาพในเรื่องความสามารถในการปรับตัว ต้นทุนต่ำ และประสิทธิภาพทั้งในด้านการศึกษาและแอปพลิเคชันควบคุมอินเทอร์เน็ตทุกสรรพสิ่งจริง

ข้อมูลและสารสนเทศ

ข้อมูลและสารสนเทศ หมายถึง ข้อเท็จจริงหรือข่าวสารที่แสดงในรูปแบบต่าง ๆ เช่น ตัวเลข ตัวอักษร ภาษา หรือสัญลักษณ์ ซึ่งยังไม่ได้ผ่านการวิเคราะห์หรือประมวลผล ข้อมูลเหล่านี้มีความหมายเฉพาะตัว แต่ยังไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้โดยตรง ในทางกลับกัน สารสนเทศคือ ข้อมูลที่ได้รับการประมวลผลและวิเคราะห์แล้ว ทำให้มีความสัมพันธ์กัน มีความหมาย และมีคุณค่า สามารถนำไปใช้เพื่อบรรลุวัตถุประสงค์เฉพาะได้ทันที ดังนั้น ระบบข้อมูลสารสนเทศจึงเป็นกระบวนการจัดระเบียบข้อมูลให้เป็นหมวดหมู่อย่างมีแบบแผน เพื่อให้สามารถนำไปใช้ในการสนับสนุนการตัดสินใจ การวางแผน และการควบคุมงานของผู้บริหารและบุคคลที่เกี่ยวข้องได้อย่างมีประสิทธิภาพ

อินเทอร์เน็ตทุกสรรพสิ่ง

ในอุตสาหกรรมกำลังเปลี่ยนแปลงภาคส่วนต่าง ๆ โดยการรวมเซนเซอร์อัจฉริยะ โปรโตคอลการสื่อสารข้อมูล และอุปกรณ์ฝังตัวเพื่อสร้างระบบที่เชื่อมต่อกันซึ่งช่วยเพิ่มประสิทธิภาพและการตัดสินใจ การใช้งานอินเทอร์เน็ตทุกสรรพสิ่งในอุตสาหกรรมเป็นสิ่งสำคัญในอุตสาหกรรมต่าง ๆ เช่น การผลิต พลังงาน การขนส่ง การเกษตร และการดูแลสุขภาพ ซึ่งอำนวยความสะดวกในการเชื่อมต่อความสามารถในการปรับขนาด และประสิทธิภาพต้นทุนผ่านเทคโนโลยี เช่น ข้อมูลขนาดใหญ่ การประมวลผลระบบคลาวด์ และการเรียนรู้ของเครื่อง (Kumar, 2022) สถาปัตยกรรมของระบบอินเทอร์เน็ตทุกสรรพสิ่งในอุตสาหกรรมมักเกี่ยวข้องกับการทำงานหลายเลเยอร์ รวมถึงเลเยอร์การรับรู้สำหรับการรวบรวมข้อมูลผ่านเซนเซอร์ เลเยอร์เครือข่ายสำหรับการเชื่อมต่อ เลเยอร์การประมวลผลสำหรับการวิเคราะห์ข้อมูล และเลเยอร์แอปพลิเคชันสำหรับนำเสนอข้อมูลเชิงลึกให้กับผู้ใช้ปลายทาง (Varghese & Shereef, 2024) ในการผลิตอินเทอร์เน็ตทุกสรรพสิ่งในอุตสาหกรรมจะช่วยปรับปรุงกระบวนการโดยเปิดใช้งานการแลกเปลี่ยนและวิเคราะห์ข้อมูลแบบเรียลไทม์ ซึ่ง

สนับสนุนการตัดสินใจและประสิทธิภาพในการดำเนินงาน (Varghese & Shereef, 2024) นอกจากนี้ การผสมรวมเทคโนโลยีบล็อกเชนซึ่งปรับให้เหมาะสมผ่านอัลกอริทึมแม้จะมีความท้าทายเหล่านี้ แต่ประเด็นในเรื่องของความส่วนตัวและความปลอดภัยยังคงมีความสำคัญ ซึ่งจำเป็นต้องมีการวิจัยอย่างต่อเนื่องเพื่อแก้ไขปัญหาเหล่านี้และตระหนักถึงศักยภาพของอินเทอร์เน็ตทุกสรรพสิ่งในอุตสาหกรรม (Kumar, 2022) อย่างเต็มที่ การใช้เซนเซอร์อัจฉริยะและการทำให้เป็นดิจิทัลในอินเทอร์เน็ตทุกสรรพสิ่งในอุตสาหกรรมยังรองรับแอปพลิเคชัน เช่น การตรวจสอบระยะไกลการวิเคราะห์เชิงคาดการณ์และ Digital Twin ซึ่งมีความสำคัญต่อวิวัฒนาการของอุตสาหกรรม 4.0 (Sailaja, 2022) การใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตทุกสรรพสิ่งที่ช่วยเพิ่มความปลอดภัยในการบริโภคและทำให้สามารถติดตามการควบคุมคุณภาพอาหารได้แบบทันที (Dadhaneeya, Nema & Arora, 2023) (Kakham, Suchaipron & Mongkon, 2024) พัฒนาระบบลำเลียงและจัดเรียงชิ้นงานอัตโนมัติที่ควบคุมด้วยอินเทอร์เน็ตทุกสรรพสิ่ง ซึ่งช่วยเพิ่มความแม่นยำและลดต้นทุนแรงงานในสายการผลิต ระบบนี้ใช้เซนเซอร์และอุปกรณ์ควบคุมที่เชื่อมต่อผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ทำให้สามารถตรวจสอบและควบคุมการทำงานได้แบบเรียลไทม์ ส่งผลให้กระบวนการผลิตมีความต่อเนื่องและมีประสิทธิภาพสูงขึ้น (Mdpi, 2022) และในการสร้างโรงงานอัจฉริยะ โดยการติดตั้งเซนเซอร์ในเครื่องจักรและอุปกรณ์ต่าง ๆ เพื่อเชื่อมต่อและแลกเปลี่ยนข้อมูลผ่านอินเทอร์เน็ต การเชื่อมต่อนี้ช่วยให้สามารถเข้าถึงข้อมูลแบบเรียลไทม์ ทำให้การดำเนินงานมีความโปร่งใสและมีประสิทธิภาพมากขึ้น นอกจากนี้ การใช้อินเทอร์เน็ตทุกสรรพสิ่งยังช่วยในการปรับปรุงกระบวนการผลิตให้มีความยั่งยืนมากขึ้น โดยรวมแล้วอินเทอร์เน็ตทุกสรรพสิ่งในอุตสาหกรรม แสดงถึงการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญในการดำเนินงานด้านอุตสาหกรรม

วิธีดำเนินการวิจัย

ขอบเขตการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการประยุกต์ใช้อินเทอร์เน็ตทุกสรรพสิ่งในการควบคุมการผลิตหมูแดดเดียว กรณีศึกษาชาวบ้านประจักษ์รัฐหล่อ บ้านกล้วยแพะ จังหวัดลำปาง เปรียบเทียบกับการผลิตหมูแดดเดียวกับวิธีการตากแดดแบบเดิม

สถานที่ทำวิจัย

ทำการออกแบบเกี่ยวกับต้นแบบอินเทอร์เน็ตทุกสรรพสิ่ง ณ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง ซึ่งได้ทำการทดสอบการทำงานกับธุรกิจผลิตหมูแคตเตียของกลุ่มชุมชนประชารัฐไทลื้อ บ้านกล้วยแพะ จังหวัดลำปาง

เครื่องมือที่ใช้ทำวิจัย

1. ตู้อบหมูแคตเตีย
2. อุปกรณ์ฮาร์ดแวร์ เช่น Node MCU ds18b20 และ Relay
3. ซอฟต์แวร์ประกอบด้วย แอปพลิเคชันการควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ แอปพลิเคชันการแสดงผลการทำงาน และแอปพลิเคชันสำหรับผู้ควบคุมและผู้ใช้งาน

วิธีการทำวิจัย

วิธีการดำเนินงานวิจัยเรื่องการประยุกต์ใช้งานอินเทอร์เน็ตทุกสรรพสิ่งเพื่อควบคุมการผลิตหมูแคตเตียได้ดำเนินการตามแนวทางทฤษฎีแบบจำลองน้ำตก (waterfall model) (Dudeja & Kharbanda, 2015) ซึ่งมีจำนวนทั้งสิ้น 5 ขั้นตอน ประกอบด้วย (1) การศึกษาความต้องการและความเป็นได้ของระบบ (2) การวิเคราะห์และออกแบบ (3) การติดตั้งระบบ (4) การทดสอบระบบ (5) การบำรุงรักษา แต่ละขั้นตอนมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. การศึกษาความต้องการและความเป็นได้ของระบบ จากการลงพื้นที่สำรวจในชุมชน ซึ่งสรุปจากผู้ใช้มีความต้องการระบบบริหารจัดการเพื่อควบคุมตู้อบหมูแคตเตียทำงานอัตโนมัติ โดยมีฟังก์ชันต่าง ๆ เช่น ควบคุมอุณหภูมิ ควบคุมความชื้น ในขณะที่อบหมูแคตเตียให้มีค่าคงที่ตลอดเวลาและต้องการแจ้งเตือนอุณหภูมิขณะที่อบหมูแคตเตียผ่านแอปพลิเคชัน

จากตาราง 1 พบว่า อุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัยทำหน้าที่แตกต่างกัน โดยแต่ละอุปกรณ์ มีลักษณะการทำงานดังนี้

Node MCU เป็นบอร์ดสำหรับการพัฒนาที่สร้างขึ้นโดยมีชิป Wi-Fi ESP8266 ที่เป็น SoC: System on Chip อยู่ภายใน ตัว Node MCU มี GPIO เชื่อมต่อกับ

อุปกรณ์ต่าง ๆ สามารถเขียนโปรแกรมด้วยภาษา C ซึ่งจะทำงานได้อย่างอิสระโดยไม่ต้องใช้ Arduino ด้วยคุณสมบัติของบอร์ด Node MCU นี้ทำให้ใช้เป็นระบบโฮมออโตเมชันได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Walia, Kalra & Mehrotra, 2016) ในงานวิจัยนี้ทำหน้าที่รับค่าที่อ่านมาจากเซนเซอร์วัดอุณหภูมิแล้วส่งข้อมูลไปยังระบบคลาวด์

เซนเซอร์วัดอุณหภูมิ ds18b20 เป็นไอซีดิจิทัลเทอร์โมมิเตอร์แบบโปรแกรมค่าความละเอียด และใช้การอินเตอร์เฟสแบบ 1-Wire ค่าที่อ่านได้ 12-bit ความละเอียด 0.0625 °C ทำหน้าที่ใช้วัดอุณหภูมิภายในตู้อบขณะที่มีการทำงาน

รีเลย์ เป็นอุปกรณ์ที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานแม่เหล็ก เพื่อใช้ในการดึงหน้าสัมผัสของคอนแทคให้เปลี่ยนสถานะ โดยการป้อนกระแสไฟฟ้าให้กับขดลวดเพื่อทำการปิดหรือเปิดหน้าสัมผัสคล้ายกับสวิตช์อิเล็กทรอนิกส์ ทำหน้าที่ควบคุมพัลลภระบายความร้อน

2. การวิเคราะห์และออกแบบ ในงานวิจัยนี้ได้ออกแบบและใช้สถาปัตยกรรมอินเทอร์เน็ตทุกสรรพสิ่ง มีองค์ประกอบ ดังนี้

- 2.1. สิ่งต่าง ๆ (things) ใช้ Node MCU รับค่าจากเซนเซอร์วัดอุณหภูมิ ds18b20 ที่ส่งมาเป็นดิจิทัลแล้วผ่านการประมวลผลในโปรแกรมที่ได้เขียนขึ้นตามเงื่อนไขการทำงาน โดยหากอุณหภูมิภายในตู้อบมีความร้อนถึง 50 องศาเซลเซียส จะทำการสั่งงานในรีเลย์ทำงาน เพื่อควบคุมเปิด-ปิด พัลลภระบายความร้อนให้อยู่ในช่วงที่ต้องการ ซึ่งระหว่างที่อ่านค่าอุณหภูมิทุก 30 วินาที จะทำการส่งค่าอุณหภูมิและสถานะรีเลย์

- 2.2 เครือข่าย (networks) ส่วนที่ทำการเชื่อมต่อสิ่งต่าง ๆ ในข้างต้นไปยังระบบคลาวด์ (Cloud)

- 2.3 ระบบคลาวด์ (Cloud) เป็นเซิร์ฟเวอร์ระยะไกลในศูนย์ข้อมูลที่ทำหน้าที่ในการรวมและเก็บข้อมูลในงานนี้เป็นเซิร์ฟเวอร์ของ Blynk

กรอบการทำงานของการทำงานประยุกต์ใช้อินเทอร์เน็ตทุกสรรพสิ่งร่วมกับซอฟต์แวร์ควบคุมเพื่อประยุกต์ใช้กับตู้อบหมูแคตเตีย เซนเซอร์วัดอุณหภูมิจะทำการส่งอุณหภูมิไปยัง Node MCU แล้วส่งข้อมูลที่รวบรวมได้ผ่านระบบเครือข่ายไร้สายไปยังระบบฐานข้อมูลแบบคลาวด์

(Cloud database) ของซอฟต์แวร์ Blynk เมื่อผู้ต้องการทราบค่าอุณหภูมิในแต่ละช่วงเวลา โดยจะสามารถติดตามได้จากแอปพลิเคชัน Blynk ที่ติดตั้งในโทรศัพท์เคลื่อนที่

3. การติดตั้งระบบ ทำการติดตั้งอุปกรณ์วัดอุณหภูมิ ชุดควบคุมของระบบระบายความร้อนและอุปกรณ์กระจายสัญญาณอินเทอร์เน็ตไร้สายภายในตู้อบหมูแดดเดียวของชุมชนประชาธิรัฐไทลื้อ บ้านกล้วยแพะ จังหวัดลำปาง (Olanthanaporn et al., 2020)

4. การทดสอบ ความถูกต้องของการอ่านอุณหภูมิ เปรียบเทียบกับเครื่องมือวัดอุณหภูมิ การส่งข้อมูลของตู้อบหมูแดดเดียวไปยังระบบฐานข้อมูลแบบคลาวด์ (Cloud database) เป็นระยะเวลา 1 เดือน ในส่วนของเนื้อหมูแดดเดียวได้ทำการเปรียบเทียบลักษณะของชิ้นเนื้อหมูแดดเดียวที่อบด้วยตู้อบกับกระบวนการตากแดดตามวิธีดั้งเดิม

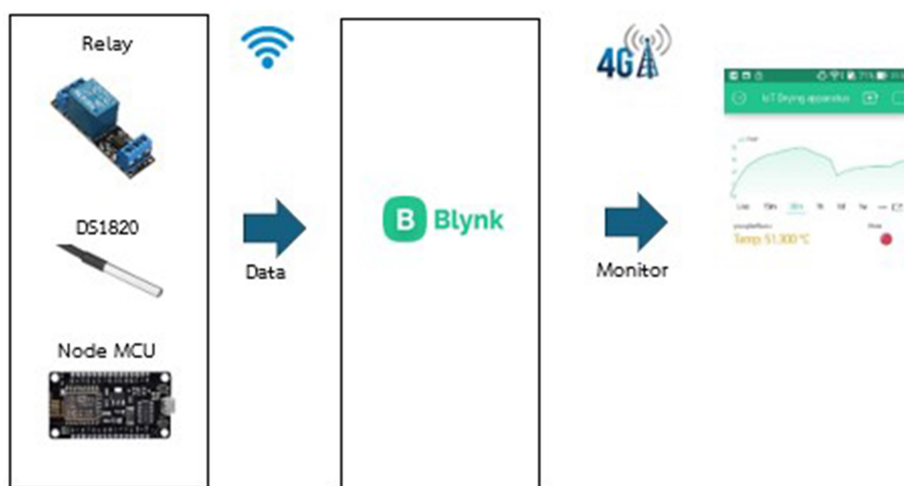
เมื่อดำเนินการติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมเสร็จสิ้น ได้ทำการทดสอบการผลิตเนื้อหมูแดดเดียว โดยทำการอบเนื้อหมูจำนวน 1 กิโลกรัม ผลที่ได้พบว่า เนื้อหมู มีลักษณะสีที่เหมือนกันทั้งกระบวนการอบที่ไม่มีชุดควบคุมอินเทอร์เน็ตทุกสรรพสิ่งและมีชุดควบคุมอินเทอร์เน็ตทุกสรรพสิ่ง ลักษณะของเนื้อหมูแดดเดียวจากกระบวนการผลิตทั้งสองแบบ ดังแสดงภาพ 4

5. การบำรุงรักษา จะมีการทำความสะอาดภายนอกและอุปกรณ์ที่ติดตั้งภายในตู้อบหมูแดดเดียว และทดสอบการทำงานของอุปกรณ์ เช่น ตรวจสอบการเชื่อมต่ออุปกรณ์เครือข่ายกับตู้อบหมูแดดเดียว การอ่านค่าของอุปกรณ์ตรวจวัดอุณหภูมิ การเชื่อมต่อไปยังแอปพลิเคชัน Blynk

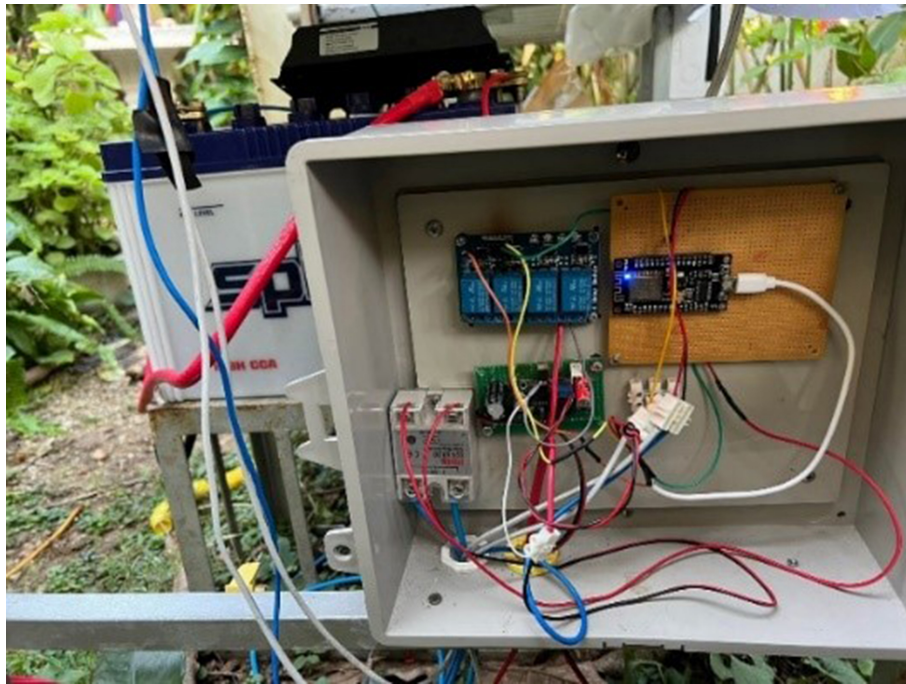
ตาราง 1

อุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัย

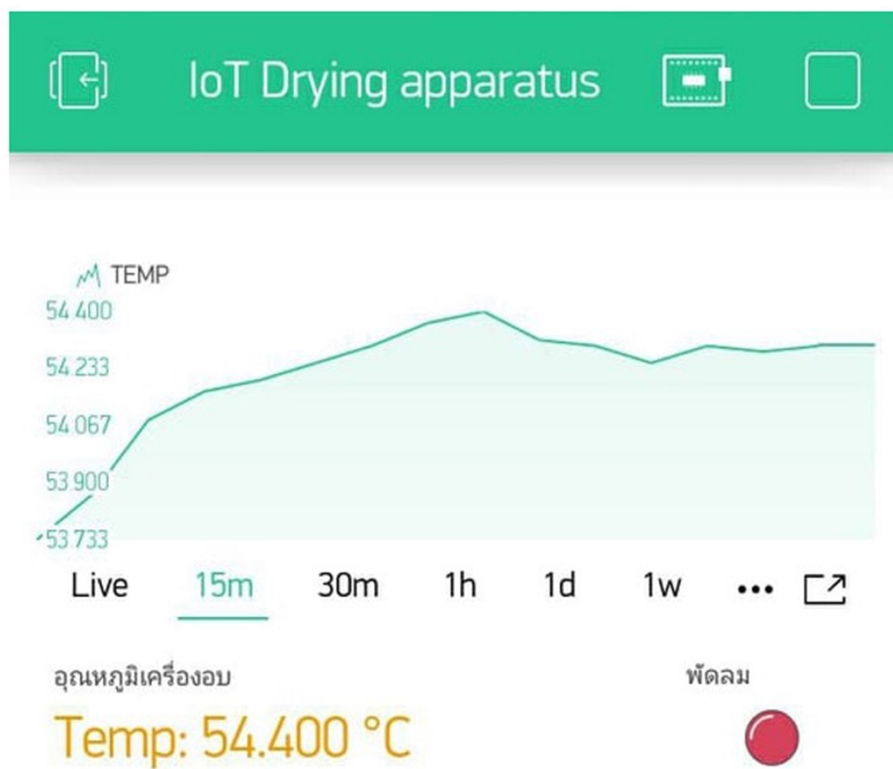
Hardware และ Software	หน้าที่
Node MCU	รับค่าที่อ่านมาจากเซนเซอร์วัดอุณหภูมิแล้วส่งข้อมูลไปยังระบบคลาวด์ และควบคุมอุณหภูมิการอบให้อยู่ที่ 50 องศาเซลเซียส
เซนเซอร์วัดอุณหภูมิ ds18b20	วัดอุณหภูมิภายในตู้อบ
รีเลย์	ควบคุมการเปิด - ปิด พัดลมระบายความร้อนในขณะที่ยอบนั้นให้มีค่าคงที่
แอปพลิเคชัน blynk	แสดงผลอุณหภูมิของตู้อบที่ส่งมายังระบบคลาวด์



ภาพ 1 กรอบการทำงานของอุปกรณ์ใช้อินเทอร์เน็ตทุกสรรพสิ่งร่วมกับซอฟต์แวร์ควบคุมเพื่อประยุกต์ใช้กับตู้อบหมูแดดเดียว



ภาพ 2 การติดตั้งวงจรควบคุมของตู้อบสมุนไพรเดี่ยว



ภาพ 3 ค่าอุณหภูมิที่แสดงผลในแอปพลิเคชัน Blynk



เนื้อหมูแดดเดียวจากตูบไม่มีชุดควบคุม
อินเทอร์เนตทุกสรรพสิ่ง



เนื้อหมูแดดเดียวจากตูบมีชุดควบคุม
อินเทอร์เนตทุกสรรพสิ่ง

ภาพ 4 ลักษณะของเนื้อหมูแดดเดียวจากกระบวนการผลิตทั้งสองแบบ

วิธีการทดสอบ

การทดสอบการทำงานของตูบหมูแดดเดียว โดย
การประยุกต์ใช้อินเทอร์เนตทุกสรรพสิ่งควบคุมการผลิตหมู
แดดเดียว กรณีศึกษาชาวบ้านประชารัฐไทลื้อ บ้านกล้วย
แพะ จังหวัดลำปาง มีวิธีการทดสอบการทำงาน ดังนี้

1. ทดสอบการอบหมูแดดเดียวโดยวิธีการอบแบบ
วิธีดั้งเดิมโดยการตากแดดกลางแจ้ง
2. การวัดความชื้นของหมูแดดเดียว จะทำการ
วัดและวิเคราะห์ความชื้นที่เกาะติดผิววัสดุ โดยการวัดจะ
แบบออกเป็น 2 แบบ ดังนี้

แบบที่ 1 ปริมาณความชื้นมาตรฐานเปียก คือ
อัตราส่วนของน้ำหนักของน้ำในวัสดุต่อน้ำหนักวัสดุขึ้นซึ่ง
เมื่อคูณด้วย 100 จะมีค่าร้อยละ ดังนี้

$$M_w = \frac{w - d}{w} \times 100 \quad (1)$$

เมื่อ M_w = ร้อยละความชื้นมาตรฐานเปียก
 w = น้ำหนักเริ่มต้นของวัสดุขึ้น (กิโลกรัม)
 d = น้ำหนักของวัสดุแห้ง (กิโลกรัม)

แบบที่ 2 ความชื้นมาตรฐานแห้ง คือ อัตราส่วน
น้ำหนักของน้ำที่อยู่ในวัสดุต่อน้ำหนักวัสดุแห้งสามารถหา
ค่าเป็นร้อยละดังนี้

$$M_d = \frac{w - d}{w} \times 100 \quad (2)$$

เมื่อ M_d = ร้อยละความชื้นแห้งมาตรฐาน

การแสดงความชื้นแบบนี้ส่วนใหญ่จะใช้ทางด้าน
งานวิจัยเพราะสามารถคำนวณค่าต่างๆ ที่เกี่ยวข้องใน
ขบวนการอบแห้งได้ง่ายขึ้นเนื่องจากน้ำหนักของวัสดุคงที่
(Niseng, Suybangdum, Sangkhavasi & Pangklean, 2019)

การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยใช้สถิติพรรณนาในการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้
จากการรับส่งข้อมูลระบบการควบคุมการทำงานของ
อินเทอร์เนตทุกสรรพสิ่ง ภายในตูบหมูแดดเดียวของ
ชุมชนประชารัฐไทลื้อ บ้านกล้วยแพะ จังหวัดลำปาง

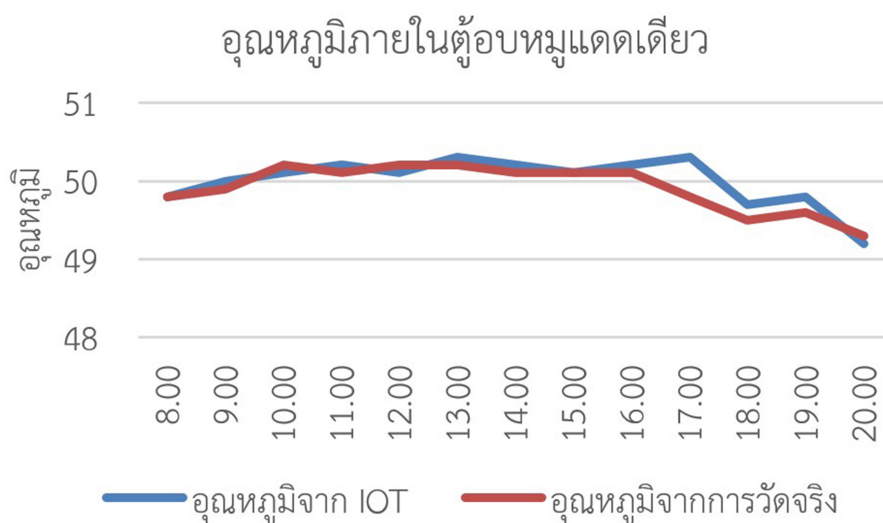
ผลการวิจัย

การวิจัยประยุกต์ใช้อินเทอร์เน็ตทุกสรรพสิ่ง ตรวจสอบอุณหภูมิตู้อบหมูแดดเดียว กรณีศึกษาชาวบ้านประจักษ์ ไทลื้อ บ้านกล้วยแพะ จังหวัดลำปาง ซึ่งมีการอ่านค่าอุณหภูมิภายในตู้อบหมูแดดเดียว เพื่อนำผลที่ได้มาทำการควบคุมการทำงานของตู้อบหมูแดดเดียว อุณหภูมิที่ส่งผ่านระบบสื่อสารเข้ามาในแอปพลิเคชัน Blynk โดยข้อมูลที่ส่งมาประกอบด้วยอุณหภูมิภายในตู้อบหมูแดดเดียว ณ เวลาปัจจุบัน ซึ่งแสดงผลตามภาพ 5 ดังนี้

จากภาพ 5 พบว่า การตรวจวัดอุณหภูมิตู้อบหมูแดดเดียวผ่านระบบอินเทอร์เน็ตทุกสรรพสิ่ง ทำให้เวลาการทำหมูแดดเดียวลดลง 5 นาที เนื่องการปฏิบัติงานของคนผลิตเนื้อหมูแดดเดียวสามารถดำเนินการผลิตเนื้อหมูแดดเดียวได้อย่างต่อเนื่อง ในการตรวจสอบตู้อบหมูแดดเดียวโดยลดการใช้ทรัพยากรด้านแรงงานในการผลิต และหากเทียบกับเวลาในการผลิตหมูแดดเดียวกับวิธีปกติสามารถลดเวลาลงได้ 5 นาทีและลดลง 5 นาที เมื่อเทียบกับการผลิตเนื้อหมูแดดเดียวจากตู้อบที่ใช้แหล่งกำเนิดความร้อนจากฮีตเตอร์ แต่ไม่ได้ควบคุมด้วยระบบอินเทอร์เน็ตทุกสรรพสิ่ง และมีส่วนแปรผันกับอุณหภูมิภายนอกในช่วงเวลาหลัง 18.00 น. ซึ่งเป็นช่วงกลางวันซึ่งมีอุณหภูมิต่ำกว่าช่วงกลางวัน

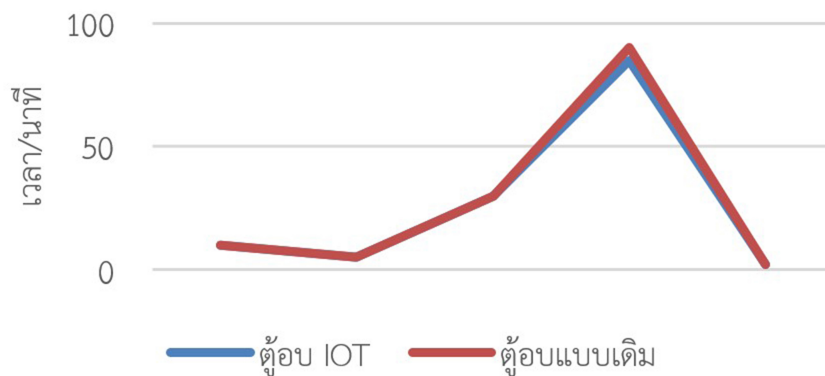
จากกราฟภาพ 6 พบว่า กระบวนการทำหมูแดดเดียว มีกระบวนการทั้งสิ้น 5 ขั้นตอน ซึ่งในแต่ละขั้นตอนจะใช้เวลาในการทำงานเท่ากัน แต่จะต่างกันในช่วงขั้นตอนการอบหมูแดดเดียวโดยใช้ตู้อบที่ควบคุมด้วยอินเทอร์เน็ตทุกสรรพสิ่ง จะมีระยะเวลาในการอบที่ 85 นาที แต่การอบแบบเดิมจะใช้เวลาในการอบ 90 นาที

จากกราฟภาพ 7 พบว่า น้ำหนักของเนื้อหมูจำนวน 1 กิโลกรัม เมื่อนำไปอบในตู้อบหมูแดดเดียวซึ่งมีการประยุกต์ใช้ระบบอินเทอร์เน็ตทุกสรรพสิ่ง ในการควบคุมการทำงานของตู้อบให้เนื้อหมูแดดเดียวมีน้ำหนัก 600 กรัม และควบคุมอุณหภูมิตู้อบหมูแดดเดียวอยู่ที่ 50 องศาเซลเซียส โดยการอบแต่ละช่วงเวลา ตู้อบ IoT สามารถดำเนินการลดความชื้นในเวลาที่รวดเร็วกว่าเครื่องเดิม จึงมีผลต่อน้ำหนักของเนื้อหมู ดังกราฟ ที่เวลาเริ่มอบ 09.00 น. จะใช้ระยะเวลา 85 นาที เริ่มอบเวลา 11.00 น. จะใช้ระยะเวลา 85 นาที และเริ่มอบเวลา 13.00 น. จะใช้ระยะเวลา 80 นาที ซึ่งเปรียบเทียบกับกระบวนการอบหมูแดดแบบเดิม (Olarntanaporn et al., 2020) ต้องใช้เวลา 90 นาที น้ำหนักหมูแดดเดียวจึงจะเท่ากัน

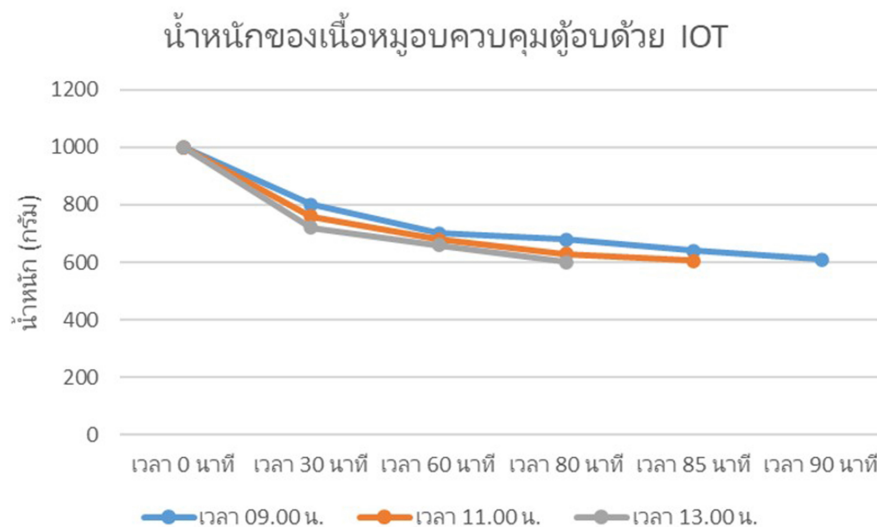


ภาพ 5 กราฟแสดงอุณหภูมิและเวลาการทำงานของตู้อบหมูแดดเดียวผ่านระบบอินเทอร์เน็ตทุกสรรพสิ่ง

กระบวนการทำหมุดเดี่ยว



ภาพ 6 กราฟแสดงระยะเวลาในการผลิตหมุดเดี่ยว 1 กิโลกรัม



ภาพ 7 น้ำหนักของเนื้อหมุดจากการอบในตู้บที่ประยุกต์ใช้อินเทอร์เน็ตทุกสรรพสิ่งควบคุม

สรุปผลการวิจัย

การวิจัยการประยุกต์ใช้อินเทอร์เน็ตทุกสรรพสิ่ง ตรวจสอบอุณหภูมิและควบคุมตู้บหมุดเดี่ยว กรณีศึกษาชาวบ้านประจักษ์รัฐไทลื้อ บ้านกล้วยแพะ จังหวัดลำปาง สามารถสรุปผลการดำเนินงานวิจัยได้ ดังนี้

1. งานวิจัยนี้ประยุกต์ใช้ระบบอินเทอร์เน็ตทุกสรรพสิ่ง ควบคุมการทำงานของตู้บหมุดเดี่ยว อุปกรณ์จะส่งข้อมูลด้านอุณหภูมิและเวลาภายในตู้บหมุดเดี่ยว เพื่อแสดงให้ผู้ผลิตหมุดเดี่ยวทราบผ่านแอปพลิเคชัน Blynk

2. การผลิตหมุดเดี่ยว ภายใต้การแสดงผลด้าน

อุณหภูมิและเวลาภายในตู้บหมุดเดี่ยว ทำให้ผู้ผลิตหมุดเดี่ยวไม่ต้องกังวลในด้านอุณหภูมิภายในตู้บ สามารถปฏิบัติกิจกรรมอื่นในการผลิตหมุดเดี่ยวได้ต่อเนื่อง ทำให้ผลผลิตหมุดเดี่ยวมีปริมาณเพิ่มขึ้น

การอภิปรายผล

ในงานวิจัยที่มีการประยุกต์ใช้อินเทอร์เน็ตทุกสรรพสิ่ง จะใช้ในการตรวจวัดและควบคุมการทำงานของอุปกรณ์

พบว่า การอบหมักแดดเดียวโดยใช้ตู้อบที่ควบคุมด้วย อินเทอร์เน็ตทุกสรรพสิ่ง จะมีระยะเวลาในการอบเฉลี่ยที่ 85 นาที แต่การอบแบบเดิมจะใช้เวลาในการอบ 90 นาที ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Chiewchan and Saokeaw (2017) มีการนำอินเทอร์เน็ตทุกสรรพสิ่ง ไปบูรณาการ ประยุกต์ใช้ระบบ RFID และอินเทอร์เน็ตทุกสรรพสิ่ง ให้ กับรถขนถ่านหินลิกไนต์ในเหมืองการไฟฟ้าแม่เมาะ จังหวัด ลำปาง ผ่านระบบ Private Cloud Computing ผลการ วิจัยระบบ RFID และอินเทอร์เน็ตทุกสรรพสิ่ง สามารถลด ความผิดพลาดการตรวจสอบการจัดการโลจิสติกส์ การนับ จำนวนเที่ยวรถขนถ่านหินลิกไนต์ในหนึ่งวัน และจำนวน

เที่ยวขนถ่านหินลิกไนต์ของรถแต่ละคันในหนึ่งวัน และ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Somsong, Kanoungkid and Bandasak (2021) ที่มีการนำอินเทอร์เน็ตทุกสรรพสิ่ง ไปใช้ในระบบเกี่ยวกับ Smart Farm มีการประยุกต์ใช้ อินเทอร์เน็ตทุกสรรพสิ่ง ในการแก้ปัญหาเกี่ยวกับระบบ ฟาร์มไก่ไข่ ซึ่งปัญหาในด้านอุณหภูมิและความชื้น ที่มีผลต่อ การออกผลผลิตและการเจ็บป่วยของไก่ ซึ่งในการควบคุม ระบบเซนเซอร์ต่าง ๆ สามารถทำได้ง่ายและรวดเร็วด้วย การเชื่อมต่อระบบเข้ากับอินเทอร์เน็ตและแอปพลิเคชัน มือถือเพื่อให้ทำการควบคุมการทำงานได้สอดคล้องกัน



References

- Babu, S., Kumar, P., Devi, B.S., Reddy, K. P., Satish, M., & Prakash, A. (2023). Enhancing efficiency and productivity: IoT in industrial manufacturing. *2023 IEEE 5th International Conference on Cybernetics, Cognition and Machine Learning Applications (ICCCMLA)* (pp. 693-697). Hamburg: IEEE.
- Chiewchan, O., & Saokeaw, A. (2017). An integrated system of RFID (Radio Frequency Identification), IoT (Internet of Things) and cloud computing for logistics management. *Wittayasara: Integration Apply Engineering and Industrial Technology Journal*, 10(2), 109–119. Retrieved from <https://li01.tci-thaijo.org/index.php/Itech/article/view/107099> (in Thai)
- Department of Livestock Development. (2020). *Livestock economics research group*. Retrieved from <https://extension.dld.go.th> (in Thai)
- Doungporn, S. (2016). Study of drying kinetics of pork using a solar dryer. *Journal of Science Faculty, Udon Thani Rajabhat University*, 9(3), 165-177. retrieved from <https://ph01.tci-thaijo.org/index.php/rmutijo/article/view/73628/59291> (in Thai)
- Doungporn, S., Loykaew, A., Panprom, P., Thaipituk, P. (2019). Drying of golden banana using a solar dryer combined with infrared technology. *Journal of Science, Phetchaburi Rajabhat University*, 16, 12-24. (in Thai)
- Dudeja, K., & Kharbanda, A. (2015). Object-oriented approach and waterfall model: A review. *International Journal of Research*, 2(5), 180-184. Retrieved from <https://journals.pen2print.org/index.php/ijr/>
- Haridasam, H., & Reddy, K. R. L. (2019). Controlling appliances through google assistant using Node MCU. *Journal of Emerging Technologies and Innovative Research*, 6(6), 147-150. Retrieved from <https://www.jetir.org/papers/JETIRDC06025.pdf>

- Indrianto, I., Sudarto, F., & Novianty, S. J. (2018). Pengontrolan ketinggian air pada bak penampung berbasis Node MCU. *CCIT (Creative Communication and Innovative Technology) Journal*, 11(2), 217-224. <https://doi.org/10.33050/ccit.v11i2.589>
- Jaroenlap, C., & Sovajassatakul, T. (2020). The development of online training modules and internet of things on vehicle air conditioner. *Naresuan University Journal: Science and Technology (NUJST)*, 29(1), 50-59. <https://doi.org/10.14456/nujst.2021.4> (in Thai)
- Kumar, S. (2022). Industrial Internet of Things. In B. Rudra, A. Verma, S. Verma and B. Shrestha (Eds.), *Futuristic research trends and applications of Internet of Things* (p. 20). Florida: CRC Press.
- Mdpi. (2022). Internet of Things in Industry: Research Profiling, Application, Challenges and Opportunities- A Review. *MDPI Energies*, 15(5), 1806. Retrieved from <https://www.mdpi.com/1996-1073/15/5/1806>
- Niseng, S., Suybangdum, P., Sangkhavasi, K., and Pangklean, S. (2019). A study on size of moisture ventilation for chili drying by hybrid energy dryer. *Rajamangala University of Technology Srivijaya Research Journal*, 11(1), 158-168. Retrieved from <https://li01.tci-thaijo.org/index.php/rmutsvrj/article/view/182221> (in Thai)
- Olarntanaporn, T et al. (2020). Development of a dual-system drying cabinet for sun-dried pork: A case study of Pracharat Tai Lue villagers, Kluay Phae Subdistrict, Lampang Province. *In Proceedings of the 16th Naresuan Research Conference* (pp. 271-280). Phitsanulok: Naresuan University. (in Thai)
- Kakham, P., Suchaipron, S., & Mongkon, C. (2024). Automatic conveying and sorting system using IoT. *Journal of Industrial Technology and Engineering Pibulsongkram Rajabhat University*, 6(1), 27–39. Retrieved from <https://ph02.tci-thaijo.org/index.php/psru-jite/article/view/252871> (in Thai)
- Rathee, N., Rathee, V., Kumar, S., Das, A., Ivchuk, Y., Liudmyla, C. (2022). An efficient IoT-based novel design for home automation using Node MCU controller. *Mobile Computing and Sustainable Informatics Lecture Notes on Data Engineering and Communications Technologies*, 2022, 233-246. https://doi.org/10.1007/978-981-19-2069-1_17
- Rathour, N., Kumar, M. V., Kundu, S. S., Gehlot, Y., & Gurung, A. (2023). Sigma home: An IoT-based home automation using Node MCU. *2023 2nd International Conference on Edge Computing and Applications (ICECAA)* (pp. 1317-1322). Namakkal: IEEE.
- Sailaja, C. (2022). 4. Industrial internet of things – an overview. *Journal of ISMAC The Journal of IoT in Social, Mobile, Analytics, and Cloud*, 4(4), 257-271. <https://doi.org/10.36548/jismac.2022.4.003>

- Saowaluk, Y. (2017). Mini-greenhouse solar dryer for community use. *In Proceedings of the 4th National Conference* (pp. 1176-1184). Kamphaeng Phet: Research Institute, Kamphaeng Phet Rajabhat University. (in Thai)
- Sokhom, W., Thawadee, N, Thawadee., & Chaikew, N., (2023). Web application development for Follow-up evaluation project implementation School of Information and Communication Technology University of Phayao. *The Journal of Spatial Innovation Development (JSID) Journal*, 4(2), 49-64. Retrieved from <https://ph01.tci-thaijo.org/index.php/jsid/article/view/252498/170772> (in Thai)
- Somsong, K., Kanoungkid, S., & Bandasak, S. (2021). Smart farm and poultry that automatic working with sensor and can control with smartphone. *Rattanakosin Journal of Science and Technology*, 2(3), 167–175. Retrieved from <https://ph02.tci-thaijo.org/index.php/RJST/article/view/243483> (in Thai)
- Suhdee, N., & Panumas, S. (2016). Red chili drying oven using electric and solar energy. *Proceedings of the 9th National Conference on Industrial Education* (pp. 50-54). Bangkok: King Mongkut's University of Technology North Bangkok. (in Thai)
- Udomkun, P., Romuli, S., Schock, S., Mahayothee, B., Sartas, M., Wossen, T., & Müller, J. (2020). Review of solar dryers for agricultural products in Asia and Africa: An innovation landscape approach. *Journal of Environmental Management*, 268, 110730. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.110730>
- Umam, K., Ibadillah, A. F., Ubaidillah, A., Sukri, H., Rahmawati, D., & Alfitra, R. (2024). Pengembangan trainer Internet of Things (IoT) Sebagai Media Pembelajaran Dengan Menggunakan NodeMCU ESP32CAM. *Jurnal Energy*, 14(1), 53-65. <https://doi.org/10.51747/energy.v14i1.1937>
- Walia, N. K., Kalra, P., & Mehrotra, D. (2016). An IOT by information retrieval approach: Smart lights controlled using WiFi. *2016 6th International Conference - Cloud System and Big Data Engineering (Confluence)* (pp. 708-712). Noida: IEEE.

