บทที่ 4
ผลการวิจัย

ผลที่ได้จากการดำเนินการวิจัยตามวิธีการวิจัยที่ได้นำเสนอไว้ในบทที่ 3 เพื่อออกแบบและสร้างระบบควบคุมอุณหภูมิการนึ่งฆ่าเชื้อก้อนวัสดุเพาะเห็ดด้วยไอน้ำอัตโนมัติ ผลกาวิจัยที่ได้มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ข้อมูลพื้นฐานสำหรับการวิจัย

กลุ่มวิสาหกิจชุมชนเพาะเห็ดและแปรรูปบ้านไร่เก่า ผลิตก้อนเชื้อเห็ดหลินจือและเห็ดนางฟ้าสำหรับนำไปเปิดดอกเพื่อจำหน่าย โดยมีเครื่องมือการทำก้อนเชื้อเห็ดบริการให้แก่กลุ่มสมาชิก ณ พื้นที่ศูนย์ของกลุ่ม ตั้งอยู่ใกล้กับบ้านของประธานกลุ่ม หมู่ 8 ต.รำพัน อ.ท่าใหม่ จ.จันทบุรี ดังภาพที่ 4.1

ภาพที่ 4.1 พื้นที่ดำเนินกิจการกลุ่มวิสาหกิจชุมชนเพาะเห็ดและแปรรูปบ้านไร่เก่า

1. กระบวนการผลิต

กระบวนการผลิตก้อนเชื้อเห็ดของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนเพาะเห็ดและแปรรูปบ้านไร่เก่า หลังผสมวัสดุเพาะและอาหารของเห็ดลงในถุงพลาสติก จากนั้นนำก้อนวัสดุเพาะเห็ดไปนึ่ง เพื่อฆ่าเชื้อที่ปนเปื้อนมากับวัสดุเพาะด้วยไอน้ำ ระบบการนึ่งก้อนเห็ดของทางกลุ่ม ประกอบด้วยหม้อต้มไอน้ำจากพลังงานแก๊ส ตู้นึ่งก้อนเห็ดซึ่งสร้างจากแผ่นยางสำหรับใช้ครอบก้อนเห็ดขณะนึ่ง สามารถนึ่งก้อนเห็ดได้ครั้งละ 1,600 – 2,000 ก้อน ดังภาพที่ 4.2 มีเครื่องวัดอุณหภูมิติดตั้งที่ตู้นึ่งก้อนเห็ด การทำงานของระบบนึ่งก้อนวัสดุเพาะเห็ด คือ ใช้แก๊สเป็นเชื้อเพลิงสำหรับจุดไฟต้มน้ำให้เดือดภายในหม้อต้มไอน้ำ จากนั้นไอน้ำถูกส่งเข้าไปยังตู้นึ่งก้อนเห็ด ดังภาพที่ 4.3 ไอน้ำทีอุณหภูมิ 95 - 100 องศาเซลเซียสทำหน้าที่ฆ่าเชื้อที่ไม่ต้องการในวัสดุเพาะเห็ด

ภาพที่ 4.2 การเรียงก้อนเชื้อเห็ดภายในตู้นึ่งวัสดุเพาะเห็ด

(ก)

(ข)

ภาพที่ 4.3 (ก) ระบบนึ่งก้อนเห็ด (ข) จุดเชื่อมต่อแก๊สและหม้อต้ม

ลิขสิทธิ์ ... รณี

การนึ่งก้อนวัสดุเพาะเห็ดต้องใช้อุณหภูมิและระยะเวลาในการนึ่งให้เหมาะสมเพื่อให้ฆ่าเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราซึ่งเป็นศัตรูต่อการเกิดดอกเห็ดในวัสดุเพาะได้หมด ทางกลุ่มใช้วิธีการควบคุมอุณหภูมิในขณะนึ่งก้อนเห็ดให้อยู่ที่ 100 องศาเซลเซียส เวลาในการนึ่งครั้งละประมาณ 4 ชั่วโมง ซึ่งเป็นเวลาที่ใช้แก๊ส 1 ถังพอดี ถังแก๊สที่ใช้เป็นขนาด 15 กิโลกรัม สำหรับใช้ตามบ้านเรือนทั่วไป วาล์วแก๊สถังและวาล์วที่เชื่อมต่อกับกับหม้อต้มจะถูกเปิดไว้มากสุดตลอดเวลา เมื่อต้องการปรับลด-เพิ่มอุณหภูมิใช้การปรับละเอียดที่วาล์วอีกตัวหนึ่ง ดังภาพที่ 4.4

ภาพที่ 4.4 วาล์วปรับแก๊สแบบละเอียด

2. ปัญหาในกระบวนการผลิต

ก้อนวัสดุเพาะเห็ดหลังจากการนึ่ง ไม่สามารถตรวจสอบได้ทันทีว่าก้อนวัสดุเพาะเห็ดนั้นฆ่าเชื้อหมดหรือไม่ ทางกลุ่มต้องทิ้งก้อนเห็ดไว้ให้เย็น นำไปหยอดเชื้อเห็ดที่ต้องการลงไป จากนั้นจึงสังเกตเส้นใยของเห็ด ถ้าเส้นใยเห็ดไม่เดินแสดงว่าฆ่าเชื้อไม่หมด ต้องนำก้อนเชื้อเห็ดไปนึ่งฆ่าเชื้ออีกครั้ง จึงนำมาหยอดเชื้ออีกครั้ง ซึ่งขั้นตอนการสังเกตการเดินใยใช้เวลาประมาณ 1 สัปดาห์

จากการสัมภาษณ์ประธานกลุ่มวิสาหกิจชุมชนเพาะเห็ดและแปรรูปบ้านไร่เก่าถึงปัญหาที่เกิดขึ้นในกระบวนการนึ่งก้อนวัสดุเพาะเห็ดซึ่งได้ข้อมูลว่าการเกิดก้อนเชื้อเห็ดเสียจากการนึ่งฆ่าเชื้อก้อนวัสดุเพาะเห็ดไม่หมดหรือชาวบ้านเรียกว่านึ่งไม่สุกอาจเกิดจากก้อนเห็ดที่ฆ่าเชื้อโรคไม่หมดเนื่องจากกระบวนการนึ่งฆ่าเชื้อก้อนเห็ดของกลุ่ม ใช้คนเป็นผู้ควบคุมทั้งหมด หากอุณหภูมิสูงเกินไปก็ทำการปรับลดปริมาณแก๊สลง เพื่อไม่ให้แก๊สหมดก่อนที่จะฆ่าเชื้อในก้อนเห็ดได้ไม่หมด ซึ่งผู้ควบคุมอุณหภูมิทำงานอื่นไปด้วยขณะนึ่งก้อนเห็ดทำให้บางครั้งการควบคุมอุณหภูมิและปริมาณแก๊สไม่สม่ำเสมอ ทำให้แก๊ส 1 ถัง หมดเร็วกว่า 4 ชั่วโมง จึงไม่สามารถฆ่าเชื้อในก้อนวัสดุเพาะเห็ดได้หมด

เมื่อนำไปหยอดเชื้อเห็ดเส้นใยเห็ดไม่เดินเกือบทุกก้อนต้องนำก้อนเห็ดกลับไปนึ่งใหม่อีกครั้งทำให้สิ้นเปลืองเวลา เพิ่มต้นทุนค่าแก๊สและค่าเชื้อเห็ด

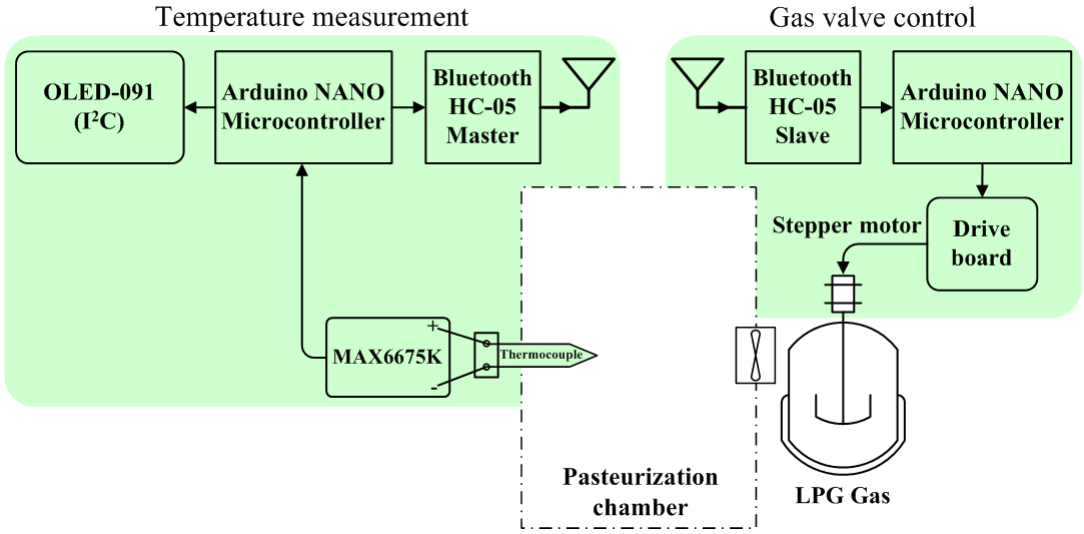
3. วิเคราะห์ข้อมูลจากการศึกษา

ปัญหาการนึ่งฆ่าเชื้อก้อนวัสดุเพาะเห็ดไม่หมดนั้น เกิดขึ้นบ่อยครั้ง โดยส่วนใหญ่เป็นการนึ่งฆ่าเชื้อไม่หมดบางส่วน แต่มีบางครั้งอาจต้องนึ่งใหม่ทั้งหมด สาเหตุส่วนใหญ่เกิดมาจากผู้ควบคุมอุณหภูมิของตู้นึ่งไม่ได้อยู่ที่ตู้ตลอดเวลา เนื่องจากการนึ่งใช้เวลานาน ผู้ควบคุมจึงทำกิจกรรมอื่นควบคู่ไปด้วย ดังนั้นระบบควบคุมการนึ่งฆ่าเชื้อก้อนวัสดุเพาะเห็ดจึงสามารถแก้ปัญหานี้ได้ ช่วยลดต้นทุนการใช้แก๊สสำหรับการนึ่งซ้ำ ได้ผลผลิตที่ดีเพิ่มมากขึ้น กล่าวคือได้ก้อนวัสดุเพาะเห็ดที่สามารถนำไปเปิดดอกเห็ดได้มาก และลดการใช้แรงงานในการควบคุมอุณหภูมิ

ผลการออกแบบระบบ

จากข้อมูลกระบวนการผลิตก้อนเห็ดของทางกลุ่ม นำมาออกแบบโครงสร้างการทำงานของระบบควบคุมอุณหภูมิการนึ่งฆ่าเชื้อก้อนวัสดุเพาะเห็ดด้วยไอน้ำอัตโนมัติ โดยออกแบบให้สามารถติดตั้งเข้ากับระบบเดิมของทางกลุ่มได้ เป็นการลดการลงทุนติดระบบ การออกแบบแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ โครงสร้างของอุปกรณ์ต่างๆ ในระบบ และโปรแกรมควบคุมการทำงานและประมวลผล

1. การควบคุมอุณหภูมิภายในตู้นึ่งฆ่าเชื้อก้อนวัสดุเพาะเห็ดแบ่งการพัฒนาออกเป็นภาคส่งและภาครับ โดยอุปกรณ์ส่งข้อมูลอุณหภูมิไปยังส่วนควบคุมวาล์วแก๊สแบบไร้สายผ่านบลูทูธ เพื่อความสะดวกในการนำไปใช้งาน เนื่องจากตู้อบและถังแก๊สวางอยู่ห่างกัน โครงสร้างของระบบแสดงดังภาพที่ 4.5



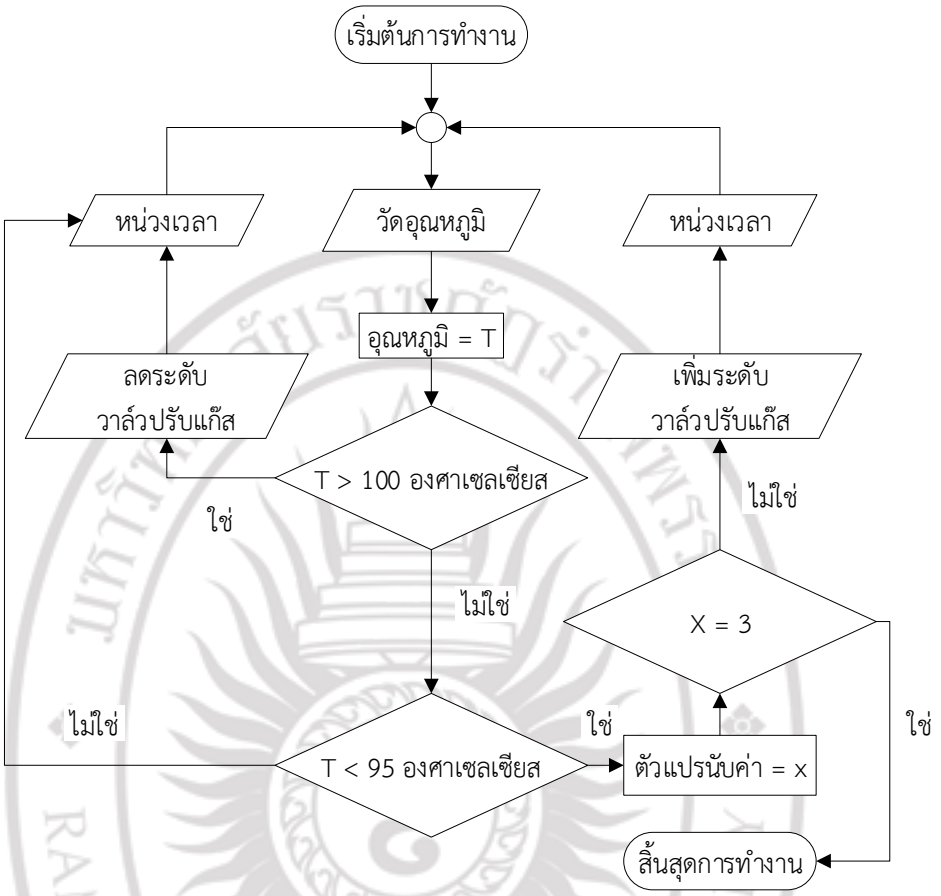
ภาพที่ 4.5 โครงสร้างการทำงานของระบบ

1.1 ภาคส่งเป็นส่วนของการตรวจวัดอุณหภูมิ หาค่าเฉลี่ย และแสดงผล ประกอบด้วยเซนเซอร์ตรวจวัดอุณหภูมิภายในตู้นึ่งฆ่าเชื้อก้อนวัสดุเพาะเห็ดที่มีสามารถตรวจวัดอุณหภูมิได้ในช่วง -50 ถึง 150 องศาเซลเซียส (℃) ข้อมูลอุณหภูมิจากการตรวจวัดได้รับการขยายให้ชัดเจนและเปลี่ยนจากสัญญาณแอนะล็อคเป็นสัญญาณดิจิทัล 12 บิต จากนั้นข้อมูลถูกส่งยังบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อประมวลผล และส่งข้อมูลต่อไปยังหน้าจอโอแอลอีดี เพื่อแสดงผลอุณหภูมิ พร้อมทั้งส่งข้อมูลออกไปยังโมดูลบลูทูธ (Master) เพื่อส่งข้อมูลอุณหภูมิแบบไร้สายผ่านอากาศไปยังภาครับ

1.2 ภาครับเป็นส่วนของการวิเคราะห์ข้อมูลและตัดสินใจเพื่อควบคุมวาล์วแก๊ส ประกอบด้วยโมดูลบลูทูธ (Slave) ทำหน้าที่รับข้อมูลอุณหภูมิจากภาคส่งแล้วส่งต่อไปยังบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อประมวลผลข้อมูล และผลของการตัดสินใจถูกส่งต่อไปยังวงจรขับมอเตอร์สเต็ปปิงเพื่อปรับวาล์วแก๊ส

2. โปรแกรมควบคุมและประมวลผล ของภาครับทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของระบบวิเคราะห์จากค่าอุณหภูมิที่อ่านได้จากเซนเซอร์ตรวจวัดอุณหภูมิ นำมาวิเคราะห์ตามเงื่อนไขของระบบที่ได้รับการออกแบบบเพื่อใช้ในการตรวจวัดอุณหภูมิภายในตู้นึ่งฆ่าเชื้อก้อนวัสดุเพาะเห็ดและปรับอุณหภูมิให้อยู่ในช่วง 95 ถึง 100 องศาเซลเซียส (อนุสรณ์ ส่งทิพย์เจริญกุล และคณะ 2560) เพื่อทำลายเชื้อจุลินทรีย์ที่ไม่ต้องการ ถ้าอุณหภูมิสูงกว่า 100 องศาเซลเซียส ระบบจะสั่งงานให้ชุดมอเตอร์ควบคุมวาล์วแก๊สลดระดับวาล์วปรับแก๊สลงทำจ่ายแก๊สน้อยลง ปริมาณไฟที่ต้มน้ำเบาลง ทำให้ลดอุณหภูมิภายในตู้นึ่งก้อนวัสดุเพาะเห็ด แต่หากอุณหภูมิน้อยกว่า 95 องศาเซลเซียส ระบบจะสั่งงานให้ชุดมอเตอร์ควบคุมวาล์วแก๊สปรับแก๊สให้จ่ายแก๊สในปริมาณเพิ่มขึ้น เป็นการเพิ่มอุณหภูมิภายในตู้นึ่งก้อนวัสดุเพาะเห็ด โดยกรณีของการปรับเพิ่ม-ลดระดับวาวล์ปรับแรงดันแก๊ส โดยหลังจากการควบคุมให้ระดับวาล์วปรับแรงดันแก๊สเปลี่ยนแปลงในแต่ละครั้ง ระบบทำการหน่วงเวลาเพื่อรอให้อุณหภูมิในตู้อบก้อนเห็ดเปลี่ยนแปลงก่อน จึงทำการวัดครั้งต่อไป นอกจากนี้ยังมีตัวแปรนับจำนวนครั้งที่อุณหภูมิอุณหภูมิน้อยกว่า 95 องศาเซลเซียส เพื่อตรวจสอบปริมาณแก๊สในถัง คือ หากจำนวนครั้งที่วัดอุณหภูมิในตู้นึ่งได้น้อยกว่า 95 องศาเซลเซียส ครบ 3 ครั้ง ระบบควบคุมจะสิ้นสุดการทำงาน เนื่องจากการเป็นการบ่งชี้ว่าแก๊สหมด ส่วนกรณีที่อุณหภูมิอยู่ในช่วง 95 - 100 องศาเซลเซียส ส่วนควบคุมจะทำการหน่วงเวลาเพื่อรอการรับค่าอุณหภูมิเข้ามาใหม่ แผนภาพการทำงานของระบบควบคุม ดังภาพที่ 4.6

ส่วนควบคุมการและประมวลทำงานนี้ถูกพัฒนาลงบนไมโครคอนโทรลเลอร์ ขณะที่ระบบทำงาน อุณหภูมิภายในตู้นึ่งจะถูกแสดงผลที่จอแสดงผล จากนั้นระบบได้รับการพัฒนาขึ้นเพื่อนำไปใช้งานจริง โดยแบ่งออกเป็นภาคส่งที่ได้รับการติดตั้งอยู่ที่ตู้นึ่งก้อนวัสดุเพาะเห็ดและภาครับที่ได้รับการติดตั้งอยู่ที่วาล์วของถังแก๊ส



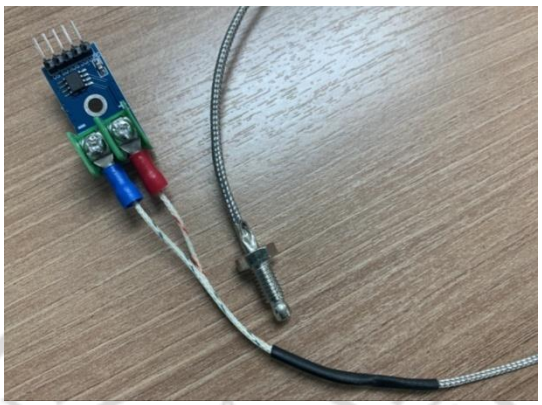
ภาพที่ 4.6 แผนภาพแสดงการทำงานของส่วนควบคุมและประมวลผล

ผลการสร้างระบบต้นแบบ

ผลจากการพัฒนาระบบควบคุมอุณหภูมิการนึ่งฆ่าเชื้อก้อนวัสดุเพาะเห็ดด้วยไอน้ำอัตโนมัติ เพื่อใช้งานร่วมกับชุดนึ่งก้อนเห็ดเดิมของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนเพาะเห็ดและแปรรูปบ้านไร่เก่า ตามแผนผังที่ได้ออกแบบไว้ และพัฒนาระบบควบคุมการทำงานลงบนไมโครคอนโทรลเลอร์ได้ดังนี้

1. อุปกรณ์ที่เลือกใช้

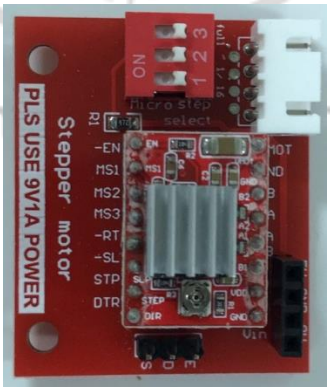
จากการศึกษาข้อมูลอุปกรณ์และเลือกอุปกรณ์ที่เหมาะสมกับงานวิจัย ได้เลือกอุปกรณ์มาใช้งาน ได้แก่ เทอร์โมคลัปเปิล สำหรับเป็นเซนเซอร์ตรวจวัดอุณหภูมิภายในตู้นึ่ง เทอร์โมคลัปเปิล (Thermocouple Type K) โมดูลแปลงสัญญาณแอนะล็อคเป็นดิจิทัล MAX6675 วัดอุณหภูมิได้ในช่วง -50 ถึง 150°C สายหุ้มด้วยโลหะสายโพรบยาว 5 เซนติเมตร ดังภาพที่ 4.7



ภาพที่ 4.7 เทอร์โมคลัปเปิล

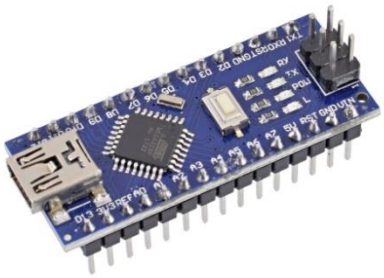
มอเตอร์ที่ใช้ในการปรับหมุนวาล์วแก๊ส เลือกใช้เป็นมอเตอร์สเต็ปปิง เนื่องจากปรับได้ละเอียด และราคาถูก ความแม่นยำตำแหน่งเพียงพอเนื่องจากระบบมีการป้อนกลับจากค่าของอุณหภูมิภายในตู้นึ่ง มอเตอร์สเต็ปปิงที่ใช้เป็นแบบไฮบริด 2 เฟส รุ่น 17HS2408 ดังภาพที่ 4.8 และวงจรขับมอเตอร์ ดังภาพที่ 4.9

ภาพที่ 4.8 มอเตอร์สเต็ปปิง



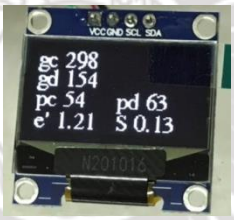
ภาพที่ 4.9 วงจรขับมอเตอร์ (ก) ด้านหน้า (ข) ด้านหลัง

ลิขสิทธิ์ของมหา ไพพรรณี



ภาพที่ 4.10 บอร์ด Arduino รุ่น Nano

ไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ใช้สำหรับเป็นส่วนควบคุมและประมวลผลในส่วนควบคุมวาล์วแก๊ส เลือกใช้บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino Nano V3.0 ใช้ MCU รุ่น ATMEGA328P เนื่องจากมีฟังก์ชันการทำงานที่ครบถ้วนเพียงพอ และราคาไม่แพง ดังภาพที่ 4.10 ส่วนจอแสดงผล เลือกใช้เป็นจอโอแอลอีดี (OLED) เนื่องจากสามารถทำงานเข้ากับ Arduino ได้ง่าย ราคาไม่แพง และแสดงผลได้ชัดเจน ดังภาพที่ 4.11



ภาพที่ 4.11 จอโอแอลอีดี

โมดูลบลูทูธ HC-05 จำนวน 2 ตัว สำหรับส่งข้อมูลระหว่างส่วนตรวจวัดอุณหภูมิและส่วนปรับวาล์วแก๊ส โดยติดตั้งอยู่ที่ส่วนตรวจวัดอุณหภูมิ 1 ตัว และที่ส่วนควบคุมวาล์วแก๊ส 1 ตัว โดยเลือกใช้โมดูลดังภาพที่ 4.12

ภาพที่ 4.12 โมดูลบลูทูธ

ลิขสิทธิ์ของมหาวิ ฤรำไพพรรณี

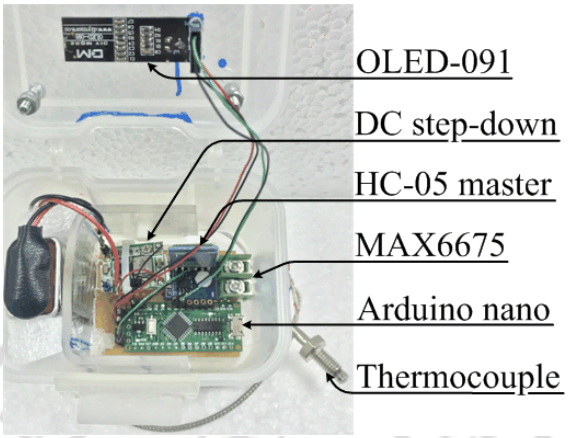
2. ระบบต้นแบบ

ระบบควบคุมอุณหภูมิอัตโนมัติภายในตู้นึ่งฆ่าเชื้อก้อนวัสดุเพาะเห็ดอาศัยการตรวจวัดอุณหภูมิภายใน จากนั้นจึงวิเคราะห์อุณหภูมิและตัดสินใจในการควบคุมวาล์วแก๊สเพื่อปรับอุณหภูมิให้เหมาะสม การตรวจวัดควบคุมอุณหภูมิแบ่งออกเป็นภาคส่งและภาครับ เมื่อเลือกอุปกรณ์ทั้งหมดแล้ว นำอุปกรณ์มาเชื่อมต่อเข้ากันเป็น โดยภาคส่งประกอบด้วยเทอร์โมคลัปเปิล โมดูลแปลงสัญญาณแอนะล็อคเป็นดิจิทัล บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์อาดุยโนนาโน ได้รับการตั้งค่าอัตราการส่งข้อมูล (Baud rate) ที่ 38400 บิต/วินาที แสดงผลด้วยหน้าจอโอแอลอีดีขนาด 0.91 นิ้ว ที่ใช้การสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรม (Inter integrated circuit: I^2C) และโมดูลบลูทูธ HC-05_M (Master) ที่มีการตั้งค่าสำหรับการสื่อสารด้วยกำหนดค่า NAME = BTMASTER PSWD = 1234 UART = 38400 ROLE=1 CMODE=1 และกำหนดที่อยู่ของตัวรับ LINK=98D3,71,F6109F ตามลำดับ ภาครับประกอบด้วยและโมดูลบลูทูธ HC05_S (Slave) ที่ตั้งค่าการสื่อสารจากการกำหนดค่า NAME = BTSLAVE PSWD = 1234 UART = 38400 ROLE = 0 ตามลำดับ บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ อาดุยโนนาโน อัตราการส่งข้อมูลเท่ากับภาคส่ง 38400 บิต/วินาที บอร์ดขับมอเตอร์ A4988 และมอเตอร์สเต็ปปิง NEMA 17 ขนาด 22 มิลลิเมตร

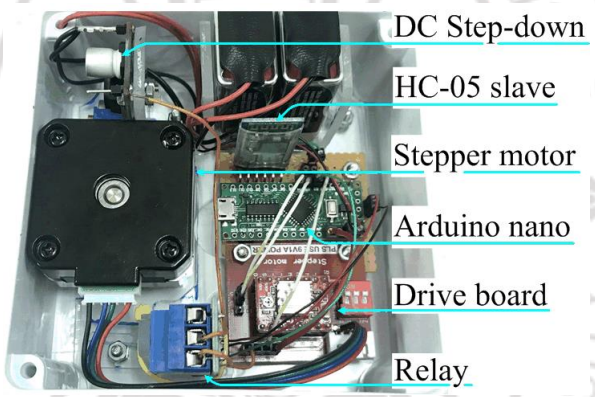
การวัดอุณหภูมิภายในตู้นึ่งฆ่าเชื้อก้อนวัสดุเพาะเห็ดได้ประยุกต์ใช้เซนเซอร์วัดอุณหภูมิแบบเทอร์โมคลัปเปิล M6 ที่สามารถตรวจวัดอุณหภูมิได้อย่างแม่นยำในช่วง -50 ถึง 150 องศาเซลเซียส และให้ความละเอียดการวัดที่ 0.25 องศาเซลเซียส จากนั้นต่อขาบวกและขาลบเข้ากับโมดูล MAX6675 เพื่อให้ทำงานร่วมกัน ไฟเลี้ยงของโมดูลที่นำมาใช้งานอยู่ที่ 5 โวลต์ ซึ่งนำมาจากแหล่งจ่ายไฟของบอร์ดอาดุยโนนาโน และจากนั้นจึงได้รับข้อมูลเป็นเอาต์พุตจากโมดูล MAX6675 คือระดับอุณหภูมิที่แปลงเป็นสัญญาณดิจิทัลทั้งหมด 12 บิต ให้ข้อมูลอยู่ในช่วง 0 ถึง 4095 และค่าที่ได้รับถูกส่งต่อไปยังบอร์ดอาดุยโนนาโนด้วยการสื่อสารแบบอนุกรรม การวัดอุณหภูมิภายในตู้นึ่งได้รับการควบคุมจากบอร์ดอาดุยโนนาโน การวัดอุณหภูมิถูกทำซ้ำ 10 ครั้ง และนำข้อมูลที่ได้มาหาค่าเฉลี่ยเพื่อให้ข้อมูลอุณหภูมิมีความถูกต้องมากที่สุด จากนั้นข้อมูลถูกส่งต่อไปยังหน้าจอโอแอลอีดีเพื่อแสดงผล การส่งข้อมูลไปยังหน้าจอใช้การสื่อสารข้อมูลแบบซิงโครนัส ค่าอุณหภูมิเฉลี่ยภายในตู้นึ่งได้รับการแสดงผลบนหน้าจอแบบทศนิยมแบบสองตำแหน่ง การส่งข้อมูลออกหน้าจอทำพร้อมกับการส่งข้อมูลไปยังโมดูลบลูทูธ HC-05_M ผ่านพอร์ตอนุกรม (Serial port: TX, RX) เพื่อให้โมดูลบลูทูธของภาคส่งทำการส่งค่าอุณหภูมิผ่านอากาศไปยังภาครับ ระบบในส่วนของภาคส่งแสดงดังภาพที่ 4.13 (ก)

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยหอการค้าไทยธรรมดี

ภาครับที่ติดตั้งอยู่กับถังแก๊สหุงต้ม (LPG) ใช้โมดูลบลูทูธ HC-05_S ในการทำหน้าที่รับข้อมูลผ่านอากาศ จากนั้นส่งต่อข้อมูลอุณหภูมิด้วยพอร์ตอนุกรม (TX, RX) ไปยังบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์อาดุยโนนาโน ข้อมูลอุณหภูมิได้รับการประมวลผล ผลการตัดสินใจถูกส่งต่อไปยังบอร์ดขับมอเตอร์เพื่อควบคุมทิศทางการหมุนของมอเตอร์สเต็ปปิงในการปรับวาล์วแก๊สตามเงื่อนไขที่กำหนด ระบบภาครับสำหรับการควบคุมวาล์วแก๊สแสดงดัง 3 ภาพที่ 4.13 (ข)



(ก)



(ข)

ภาพที่ 4.13 (ก) ส่วนตรวจวัดอุณหภูมิภายในตู้นึ่งของภาคส่ง (ข) ส่วนควบคุมวาล์วแก๊สของภาครับ

3. โปรแกรมควบคุม

ระบบทั้ง 2 ส่วนทำงานด้วยการควบคุมจากไมโครคอนโทรเลอร์ ภาคส่งทำหน้าที่ควบคุมการรับค่าอุณหภูมิและหาค่าเฉลี่ย สำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ภาครับทำหน้าที่รับข้อมูลอุณหภูมิผ่านโมดูลบลูทูธมาประมวลผลเปรียบเทียบกับค่าอุณหภูมิที่ตั้งไว้ในโปรแกรม และตัดสินใจควบคุมวาล์วปรับแรงดันแก๊ส โดยการปรับระดับอุณหภูมิใช้เงื่อนไขในการควบคุม คือ รักษาระดับอุณหภูมิภายในตู้นึ่งฆ่าเชื้อก้อนวัสดุเพาะเห็ดให้อยู่ระหว่าง 95 ถึง 100 องศาเซลเซียส ในกรณีที่อุณหภูมิภายในตู้ต่ำกว่า 95 องศาเซลเซียส วาล์วแก๊สได้รับการปรับให้หมุนทวนเข็มนาฬิกาเพื่อเพิ่มอุณหภูมิภายในตู้นึ่ง เมื่ออุณหภูมิมากกว่าหรือเท่ากับ 95 องศาเซลเซียส แต่น้อยกว่าหรือเท่ากับ 100 องศาเซลเซียส ระบบยังคงทำงานต่อไปโดยไม่ปรับวาล์วแก๊ส และเมื่ออุณหภูมิภายในตู้เกิน 100 องศาเซลเซียส วาล์วแก๊สได้รับการควบคุมด้วยการปรับให้หมุนตามเข็มนาฬิกาเพื่อลดอุณหภูมิภายในตู้นึ่งก้อนเห็ด เงื่อนไขควบคุมองศาการหมุนแบบละเอียดของมอเตอร์สเต็ปปิงในการปรับมุมของแต่ละระดับอุณหภูมิ แสดงดังในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 การปรับวาล์วแก๊สเพื่อควบคุมอุณหภูมิภายในตู้นึ่งก้อนวัสดุเพาะ

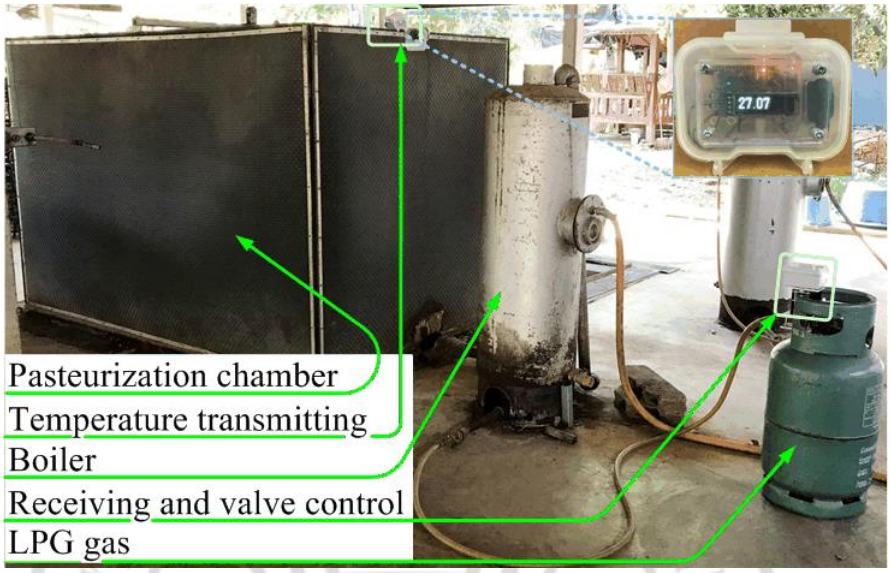
อุณหภูมิ (°C)	รอบการหมุน (มุมองศา)
≤55	-100°
≤70	-70°
≤80	-50°
≤85	-35°
≤90	-20°
<95	-10°
95-100	0°
> 100	+10°

เมื่อได้ระบบทั้ง 2 ส่วนแล้ว ทดสอบการทำงานเบื้องต้นของระบบผลที่ได้คือ ระบบสามารถรับส่งข้อมูลกันอย่างถูกต้อง ทำการทดสอบการรับ-ส่งข้อมูลอุณหภูมิซึ่งกันและกัน ดังนั้นสามารถนำไปใช้ติดตั้งระบบนึ่งฆ่าเชื้อก้อนเห็ดเพื่อทดสอบค่าหน่วงเวลาในการตรวจวัดอุณหภูมิแต่ละครั้งเพื่อตั้งค่าให้แก่ระบบต่อไป

ผลทดสอบค่าหน่วงเวลา

ผลทดสอบค่าเวลาที่ใช้ในการปรับอุณหภูมิแต่ละครั้ง ที่ได้จากการทดสอบกับระบบการนึ่งก้อนวัสดุเพาะเห็ดจริงด้วยระบบการนึ่งก้อนเห็ดแบบเดิมของกลุ่มวิสาหกิจชุมชน โดยระบบควบคุมอุณหภูมิอัตโนมัติภายในตู้นึ่งฆ่าเชื้อก้อนวัสดุเพาะเห็ดได้รับการทดสอบ ณ กลุ่มวิสาหกิจชุมชนเพาะเห็ดและแปรรูปเห็ดบ้านไร่เก่า ต.รำพัน อ.ท่าใหม่ จ.จันทบุรี ตู้นึ่งที่ทดสอบมีขนาด กว้าง x ยาว x สูง ที่ 2 x 3 x 2 เมตร บรรจุก้อนเห็ดความจุเต็มจำนวนที่ 1,600 ก้อน จัดเรียงอยู่ในตระแกรงเหล็กใส่ก้อนเห็ดวางเรียงในลักษณะเดียวกับภาพที่ 4.2 ความชื้นเริ่มต้นของก้อนเห็ดอยู่ที่ 70%

การนึ่งก้อนเห็ดใช้ความร้อนจากไอน้ำที่ได้รับการต้มจากแก๊สหุงต้มแอลพีจี ใช้เวลาทั้งหมด 4 ชั่วโมง ต่อ 1 ครั้ง เพื่อกำจัดเชื้อจุลินทรีย์ที่ไม่ต้องการชนิดอื่นๆ ระบบควบคุมอุณหภูมิอัตโนมัติในส่วนของภาคส่งได้รับการติดตั้งอยู่ตรงกลางด้านหน้าของตู้นึ่งฆ่าเชื้อก้อนวัสดุเพาะเห็ดซึ่งเป็นตำแหน่งเดียวกับอุปกรณ์ตรวจวัดอุณหภูมิเดิมระบบ เป็นตำแหน่งที่อยู่ใกล้กับภาครับ และสามารถมองเห็นได้ชัดเจน ติดตั้งหัวเทอร์โมคลัปเปิลไว้ด้านในของตู้นึ่งและใช้สายนำสัญญาณเชื่อมต่อออกมายังส่วนตรวจวัดเพื่อทำหน้าที่วัดและวิเคราะห์อุณหภูมิ (Temperature measurement) และในส่วนของภาครับที่มีหน้าที่ประมวลผลและตัดสินใจเพื่อปรับวาล์วในแต่ละระดับขององศาการหมุน (Gas valve control) ได้รับการติดตั้งเข้ากับวาล์วแก๊สหุงต้มทางด้านบนในส่วนหัวของวาล์ว โดยมีหน้าที่ควบคุมปริมาณแก๊สที่ใช้ในการต้มน้ำในหม้อต้ม (Boiler) หม้อต้มมีหน้าที่พ่นไอน้ำที่มีความร้อนเข้าไปภายในตู้นึ่งก้อนเห็ด แสดงดังในภาพที่ 4.14

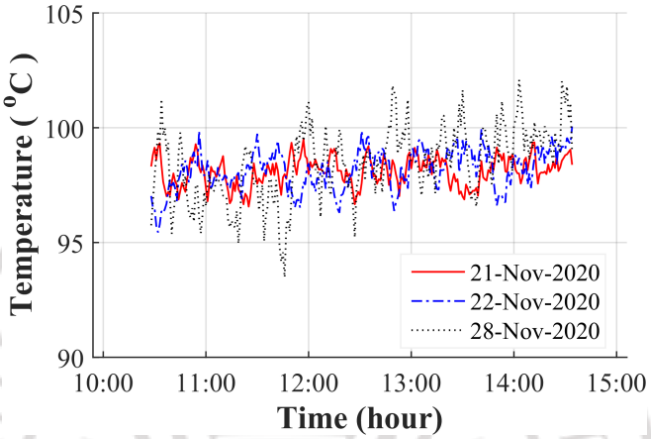


ภาพที่ 4.14 ระบบตรวจวัดและควบคุมอุณหภูมิตู้นึ่งฆ่าเชื้อก้อนวัสดุเพาะเห็ดอัตโนมัติ

ระบบควบคุมอุณหภูมิอัตโนมัติได้รับการทดสอบเพื่อวิเคราะห์ความสามารถในการควบคุมความชื้นภายในตู้นึ่งก้อนเห็ด การทดสอบทำทั้งหมด 3 ครั้ง ของวันที่ 21 22 และ 28 พฤศจิกายน 2563 ตามลำดับ ในแต่ละครั้งใช้เวลาในการทดสอบทั้งหมด 4 ชั่วโมง และทำในช่วงเวลา 10:30 น. ถึง 14:30 น. และการเปิดระบบควบคุมอุณหภูมิภายในตู้นึ่ง ในการทดสอบทำในช่วงที่อุณหภูมิอยู่ที่ 95 ถึง 100 องศาเซลเซียส จากนั้นจึงตั้งค่าระบบให้ทำงานอัตโนมัติด้วยการตรวจวัดอุณหภูมิและควบคุมความร้อนจากการปรับวาล์วแก๊สที่ให้ความร้อนหม้อต้ม การทดสอบในครั้งแรกทำในวันที่ 21 พ.ย. ใช้ระยะเวลา 4 ชั่วโมง การตรวจวัดอุณหภูมิถูกทำทุกๆ 2 นาที ถ้าความร้อนไม่อยู่ในช่วงที่กำหนด ระบบจึงปรับจากวาล์วแก๊สเพื่อควบคุมความร้อนภายในตู้นึ่งให้อยู่ในช่วง 95 ถึง 100 องศาเซลเซียส การทดสอบในครั้งที่ 2 คือ วันที่ 22 พ.ย. อุณหภูมิได้รับการตรวจวัดในทุกๆ 4 นาที ตลอด 4 ชั่วโมง เมื่ออุณหภูมิอยู่นอกช่วงที่กำหนดระบบจึงหมุนวาล์วแก๊สเพื่อปรับระดับความแรงของแก๊สที่ให้ความร้อนหม้อต้ม เพื่อรักษาอุณหภูมิในตู้นึ่งให้อยู่ในช่วงที่กำหนด ในครั้งที่ 3 การทดสอบถูกทำในวันที่ 28 พ.ย. ความถี่ของระยะเวลาในการตรวจวัดระดับอุณหภูมิใช้เพิ่มขึ้นเป็นการตรวจวัดทุกๆ 8 นาที การทดสอบทำในลักษณะเดียวกับการทดสอบก่อนหน้า คือ เมื่ออุณหภูมิอยู่นอกช่วงที่กำหนด ระบบทำการปรับวาล์วแก๊สเพื่อควบคุมความร้อนในตู้นึ่งให้อยู่ในช่วงที่กำหนด

จากการทดสอบทั้ง 3 ครั้ง สังเกตได้ว่าการควบคุมความร้อนภายในตู้นึ่งแบบละเอียดที่ความถี่ 2 นาที ต่อการควบคุม 1 ครั้ง ระบบสามารถรักษาอุณหภูมิให้อยู่ในช่วงที่ต้องการได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งให้ค่าอุณหภูมิเปลี่ยนแปลงต่ำสุดอยู่ที่ 96.57 และสูงสุดที่ 99.49 องศาเซลเซียส เมื่อลดความถี่ในการตรวจวัดและควบคุมมาเป็น 4 นาที ต่อการตรวจวัด 1 ครั้ง การใช้พลังงานลดลงเมื่อเทียบกับการตรวจวัดแบบละเอียด แต่ยังคงควบคุมอุณหภูมิให้อยู่ในช่วงที่กำหนดได้ คือ อุณหภูมิต่ำสุดอยู่ที่ 95.44 และสูงสุดอยู่ที่ 99.85 องศาเซลเซียส และในการทดสอบครั้งสุดท้าย คือ วันที่ 28 พ.ย. การตรวจวัดและควบคุมอุณหภูมิถูกทำแบบหยาบด้วยการวัดห่างกันครั้งละ 8 นาที

ระบบไม่สามารถควบคุมอุณหภูมิภายในตู้นึ่งให้อยู่ในช่วงที่ต้องได้ตลอดช่วงการทำงาน โดยมีการเปลี่ยนแปลงต่ำสุดที่ 93.61 และสูงสุดอยู่ที่ 102.21 องศาเซลเซียส ดังแสดงในภาพที่ 4.15



ภาพที่ 4.15 การควบคุมอุณหภูมิภายในตู้นึ่งก้อนวัสดุเพาะเห็ด

จากการทดสอบเพื่อควบคุมอุณหภูมิภายในตู้นึ่งฆ่าเชื้อก้อนวัสดุเพาะเห็ดด้วยการปรับความร้อนจากวาล์วแก๊ส สังเกตได้ว่าการตรวจวัดและควบคุมอุณหภูมิในทุกๆ 4 นาที เป็นช่วงเวลาที่เหมาะสม เนื่องจากประหยัดพลังงานของระบบในการควบคุมวาล์วแก๊ส และสามารถรักษาระดับอุณหภูมิให้อยู่ในช่วง 95 ถึง 100 องศาเซลเซียส ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ผลทดสอบการทำงานของระบบต้นแบบ

ผลทดสอบความแม่นยำในการตัดสินใจของระบบควบคุม ระบบตรวจวัดและควบคุมอุณหภูมิอัตโนมัติที่ได้รับการติดตั้งเข้ากับตู้นึ่งและหัวปรับแก๊สแอลพีจี ได้รับการทดสอบตลอดระยะเวลาในการนึ่งก้อนวัสดุเพาะเห็ดเป็นเวลา 4 ชั่วโมง และได้รับการทดสอบทั้งหมด 3 ครั้ง วิเคราะห์ถึงความคงที่ของอุณหภูมิตลอดช่วงเวลาที่ใช้ในการนึ่งก้อนเห็ด ให้อยู่ในช่วง 95-100 องศาเซลเซียส จากค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ผลที่ได้แสดงดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

ระยะเวลาการตรวจวัดแต่ละครั้ง	SD
ทุก 2 นาที	2.33
ทุก 4 นาที	2.82
ทุก 8 นาที	5.02

ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าการตรวจสอบและควบคุมอุณหภูมิทุกๆ 2 นาที และทุกๆ 4 นาที ให้ค่า SD ใกล้เคียงกัน และสุดท้ายช่วงความถี่ในการตรวจวัด 8 นาที ค่า SD ที่ได้เบี่ยงเบนมากที่สุด คือ 5.02 ดังนั้นการตั้งค่าระบบให้ตรวจสอบอุณหภูมิที่ทุก 4 นาที ระบบสามารถควบคุมอุณหภูมิได้อย่างมีประสิทธิภาพ และใช้พลังงานต่ำสุดซึ่ง จากการทดสอบการปรับเพิ่มหรือลดระดับความร้อนในแต่ละครั้งใช้พลังงานอยู่ที่ 2.88 วัตต์ ดังนั้นการลดจำนวนครั้งของการตรวจสอบให้น้อยที่สุดแต่ยังคงควบคุมอุณหภูมิได้ดีจึงช่วยลดการใช้พลังงานของระบบ

ผลทดสอบภาคสนาม

ระบบต้นแบบที่สร้างขึ้นถูกนำไปให้กลุ่มวิสาหกิจชุมชนเพาะเห็ดและแปรรูปบ้านไร่เก่าได้ใช้จริง ศึกษาประสิทธิภาพการทำงานของระบบ รวมถึงความเสถียรของระบบ การรักษาอุณหภูมิในการนึ่งให้คงที่ โดยได้สาธิตการใช้งานการติดตั้งให้แก่ทางกลุ่ม ดังภาพที่ 4.16 ซึ่งโดยรวมระบบสามารถควบคุมอุณหภูมิได้ อีกทั้งสามารถสังเกตอุณหภูมิได้จากระยะไกล ซึ่งสะดวกมากขึ้น

ภาพที่ 4.16 สาธิตการติดตั้งระบบเพื่อใช้งานจริง

ความคิดเห็นเพิ่มเติมจากทางกลุ่มมีดังนี้

1. หน้าจอแสดงผลอุณหภูมิมองเห็นชัดเจน

2. ในกรณีหัวปรับวาล์วแก๊สถูกใช้งานนานจะแข็งและต้องใช้แรงในการหมุนมาก ดังนั้นแรงขับของมอเตอร์อาจไปเพียงพอ

3. การใช้แบตเตอรี่เป็นแหล่งพลังงานทำให้สะดวก แต่หากสามารถปรับเป็นใช้เสียบปลั๊กร่วมด้วยน่าจะดี ไม่ต้องเปลี่ยนแบตเตอรี่บ่อย

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี