บทที่ 2
แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ทฤษฎีพื้นฐานสำคัญที่จำเป็นต้องศึกษาสำหรับออกแบบวิธีการดำเนินการวิจัย ได้แก่ หม้อนึ่งฆ่าเชื้อก้อนวัสดุเพาะเห็ด การทำงานของสต็ปเปอร์มอเตอร์ การทำงานไมโครคอนโทรลเลอร์ สถิติสำหรับการวิจัย และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ตู้นึ่งฆ่าเชื้อก้อนวัสดุเพาะเห็ด

การนึ่งฆ่าเชื้อเป็นขั้นตอนที่สำคัญของการเพาะเห็ดในการกำจัดเชื้อที่ไม่ต้องการออกจากวัสดุเพาะเห็ด เนื่องจากอุณหภูมิที่เหมาะสมในการนึ่งฆ่าเชื้อเห็ด 90-100 องศาเซลเซียส จึงจะกำจัดสปอร์ของราและแบคทีเรียที่ปลอมปนอยู่ให้หมดไป (ธีรศาสตร์ คณาศรี, 2561: 1-11) วิธีการฆ่าเชื้อก้อนวัสดุเพาะเห็ดแบ่งออกเป็น 2 รูปแบบ คือ ตู้นึ่งความดันสูง (Autoclave) และตู้นึ่งความดันต่ำ ซึ่งตู้นึ่งทั้ง 2 แบบ ใช้หลักการฆ่าเชื้อในวัสดุเพาะเห็ดด้วยความร้อนจากไอน้ำ ดังนั้นจึงต้องควบคุมอุณหภูมิให้อยู่ในระดับที่เหมาะสมตลอดระยะเวลาการนึ่งฆ่าเชื้อ เนื่องจากความร้อนเป็นปัจจัยสำคัญในการกำจัดจุลินทรีย์ ศัตรูพืช และโรคที่ปนเปื้อนในวัสดุเพาะเห็ด ตู้นึ่งความดันสูงสามารถฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ในวัสดุเพาะได้มากและใช้เวลาในการฆ่าเชื้อน้อยกว่าตู้นึ่งความดันต่ำ จึงทำให้เชื้อเห็ดเจริญเติบโตในวัสดุเพาะได้ดี (Oseni, 2012: 251-255) ตู้นึ่งความดันสูงใช้หลักการเพิ่มอุณหภูมิจุดเดือดของไอน้ำให้อยู่ในช่วง 110 ถึง 120 องศาเซลเซียส ด้วยการเพิ่มความดันอากาศภายในตู้ที่ 20 ถึง 30 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว (PSI) ที่อุณหภูมิสูงสามารถทำให้ฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ได้ทั้งหมด (Grow Shiitake & Oyster Mushroom, 2012) ตู้นึ่งความดันสูงสามารถควบคุมอุณหภูมิการฆ่าเชื้อให้คงที่ได้แบบอัตโนมัติ แต่มีราคาสูงและสิ้นเปลืองพลังงาน

หม้อไม่อัดความดันต่ำ ปัจจุบันที่นิยมใช้กันในปัจจุบัน มี 2 ลักษณะ ได้แก่ หม้อนึ่งแบบลูกทุ่ง ดังภาพที่ 2.1 ลักษณะของตู้นึ่งความดันต่ำที่ใช้งานโดยทั่วไปถูกออกแบบและสร้างเพื่อลดต้นทุนในหลากหลายรูปแบบ โดยอาศัยหลักการพื้นฐาน คือ ใช้ความร้อนจากไอน้ำที่อุณหภูมิสูงสุด 100 องศาเซลเซียส ได้แก่ เตานึ่งแบบลูกทุ่งซึ่งใช้ถังโลหะขนาด 200 ลิตร ใช้พลังงานจากฟืนเพื่อต้มน้ำให้เดือดกลายเป็นไอ พาความร้อนไปสู่ก้อนวัสดุเพาะเห็ด ใช้เวลาในการนึ่งมากกว่า 3 ชั่วโมง โดยควบคุมอุณหภูมิให้อยู่ในช่วง 90-100 องศาเซลเซียส ตลอดระยะเวลาการนึ่งด้วยการเติมฟืนอย่างต่อเนื่อง (สาธิต รุ่งฤดีสมบัติกิจ และ อุบลรัตน์ วาริชวัฒนะ, 2559: 17-30)

ภาพที่ 2.1 หม้อนึ่งแบบลูกทุ่ง
ที่มา : รวิภา ยงประยูร, 2562: 291-304

ส่วนตู้นึ่งเห็ดสำเร็จรูปดังภาพที่ 2.2 หม้อนึ่งการเห็ดทั้ง 2 รูปแบบ แตกต่างกันที่ปริมาณการนึ่งและราคา หม้อนึ่งแบบลูกทุ่งมีต้นทุนที่ถูกกว่า สร้างง่าย แต่สามารถนึ่งได้ปริมาณน้อยในแต่ละครั้ง ส่วนตู้นึ่งเห็ดสำเร็จรูป สามารถนึ่งก้อนเห็ดได้ครั้งละมากกว่าปัจจุบันหม้อนึ่งก้อนเห็ดแบบอัตโนมัติ มีราคาอยู่ที่ 10,000 – 20,000 บาท ขึ้นกับปริมาณก้อนเห็ดที่นึ่งได้แต่ละครั้ง (นานาการ์เด้น, 2557) เตานึ่งก้อนเห็ดสำหรับก้อนเห็ด 1,500 ก้อน ราคาอยู่ที่ 16500 บาท (เจอาร์ฟาร์ม, 2561)

ภาพที่ 2.2 ตู้นึ่งสำเร็จรูป

มอเตอร์สเต็ปปิง

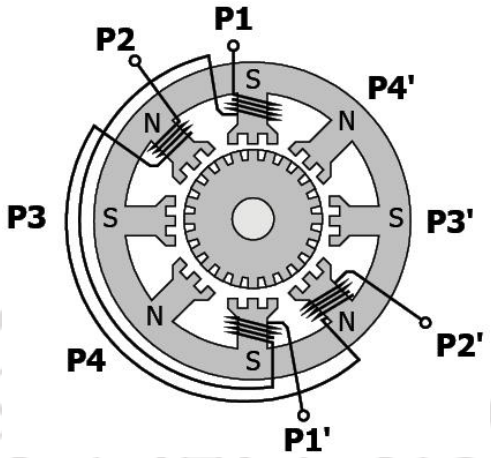
มอเตอร์ (Motor) เป็นอุปกรณ์แม่เหล็กไฟฟ้าที่นักอิเล็กทรอนิสก์นิยมใช้งานแพร่หลาย โดยเฉพาะการสร้างทำหุ่นยนต์และกลไกเคลื่อนไหว มอเตอร์มีหลายประเภท ได้แก่ มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง มอเตอร์เซอร์โว และมอเตอร์สเต็ปปิงหรือเรียกอีกอย่างว่ามอเตอร์สเต็ปเปอร์ มอเตอร์ที่เลือกใช้ในงานวิจัยนี้เป็นมอเตอร์สเต็ปปิง ซึ่งมีคุณสมบัติเด่นดังนี้ (อินเวนเทอร์, 2556)

1. มุมในการหมุน (Rotation angle) มีค่าแปรผันตรงกับจำนวนของพัลส์อินพุต
2. ความเร็วในการหมุน (Rotation speed) ขึ้นอยู่กับความถี่ของสัญญาณพัลส์อินพุต
3. การควบคุมตำแหน่งเป็นระบบเปิดไม่มีต้องใช้สัญญาณป้อนกลับของการกำหนดตำแหน่งที่มีความแม่นยำสูง และไม่มีความผิดพลาดสะสมของการกำหนดตำแหน่ง
4. เหมาะกับงานที่ความเร็วต่ำ แรงบิดสูง
5. สามารถกำเนิดและรักษาแรงบิดได้ในทันทีที่มอเตอร์ถูกกระตุ้นให้ทำงาน
6. สามารถรักษาสภาวะการหมุนของแกนได้โดยไม่ทำให้มอเตอร์เสียหาย
7. มีลูกปืนความเที่ยงตรงสูง เพื่อช่วยการหมุนของแกนมีความแม่นยำ

ลักษณะการทำงานมอเตอร์สเต็ปปิงจะต้องป้อนสัญญาณพัลส์ให้แก่ขดลวดเป็นจังหวะอย่างเหมาะสม เพื่อให้มอเตอร์หมุนเป็นจังหวะตามสัญญาณพัลส์ หากต้องการให้มอเตอร์สเต็ปปิงหมุนต่อเนื่องเหมือนกับมอเตอร์ไฟตรงได้โดยการป้อนสัญญาณพัลส์ต่อเนื่อง จังหวะในการป้อนสัญญาณพัลส์จึงสามารถเลือกตำแหน่งที่ต้องการให้มอเตอร์หยุดหมุนได้ จังหวะการหมุนของมอเตอร์สเต็ปปิงเรียกว่า สเต็ป (Step) ความละเอียดในการหมุนในหนึ่งสเต็ป ของมอเตอร์กำหนดเป็นองศา มอเตอร์ที่มีจำนวนองศาต่อสเต็ปสูง แสดงถึงควาละเอียดการหมุนที่ต่ำ เช่น หากมอเตอร์มีสเต็ปการหมุนเท่ากับ 7.5 องศาต่อสเต็ป มอเตอร์ตัวนี้มีความละเอียดของการหมุนเท่ากับ 48 ตำแหน่ง ในการหมุน 1 รอบ แต่หากสเต็ปการหมุนกับ 1.8 องศาต่อสเต็ป ความละเอียดของการหมุนเท่ากับ 200 ตำแหน่งในการหมุน 1 รอบ ขนาดของสเต็ปปิงมอเตอร์ที่มีจำหน่ายโดยทั่วไป มีตั้งแต่แรงดันต่ำ 3V จนถึง 24V และ 48V ส่วนขนาดของกระแสมีตั้งแต่ไม่กี่สิบมิลลิแอมป์อันเป็นสเต็ปปิงมอเตอร์ จนถึงขนาดสิบแอมป์ ชนิดของมอเตอร์สเต็ปปิงสามารถแบ่งตามโครงสร้างได้ 3 ชนิด ได้แก่ แบบแม่เหล็กถาวร (Permanent Magnet: PM) แบบปรับค่าความต้านทานแม่เหล็กได้ (Variable reluctance: VR) และแบบผสมหรือไฮบริด (Hybrid) ซึ่งเป็นการผสมกันแบบ PM และ VR

มอเตอร์สเต็ปปิงส่วนใหญ่ในปัจจุบันเป็นแบบไฮบริด มีความละเอียดในการเคลื่อนที่ของแกนได้สูงถึง 0.9 องศาต่อสเต็ป ให้แรงบิดหรือทอร์กที่สูง โดยใช้พลังงานต่ำ โครงสร้างอย่างง่ายของมอเตอร์สเต็ปปิงแบบไฮบริดแสดงดังภาพที่ 2.3

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏราไพพรรณี



ภาพที่ 2.3 โครงสร้างอย่างง่ายของสเต็ปปิงมอเตอร์ชนิดไฮบริด
ที่มา : อินเวนเทอร์, 2556

การแบ่งชนิดของสเต็ปปิงมอเตอร์ตามลักษณะการพันขดลวด การต่อสายสำหรับใช้งาน และวงจรขับ ซึ่งแบ่งเป็น 2 ชนิด คือ ชนิดไบโพลาร์ (Bipolar) และชนิดยูนิโพลาร์ (Uni-polar)

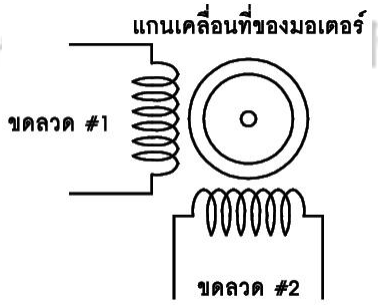
1. มอเตอร์สเต็ปปิงแบบไบโพลาร์

ลักษณะการพันขดลวดของมอเตอร์แสดงในรูปที่ 2 แบ่งออกเป็น 2 ขดที่ไม่มีแท็ปกลาง ทำให้บางครั้งจึงเรียกสเต็ปปิงมอเตอร์แบบนี้ว่า เป็นสเต็ปปิงมอเตอร์แบบ 2 เฟส การขับให้มอเตอร์แบบนี้หมุนจะต้องป้อนแรงดันต่างขั้วกันให้แก่ขดลวดแต่ละขด ทำให้วงจรขับสเต็ปปิงมอเตอร์ชนิดนี้ค่อนข้างซับซ้อน

2. สเต็ปปิงมอเตอร์แบบยูนิโพลาร์

ลักษณะการพันขดลวดของมอเตอร์แสดงในภาพที่ 2.4 มี 2 แบบ คือ 5 สายและ 6 สาย บางครั้งเรียกว่า แบบ 4 เฟส การขับจะต้องป้อนสัญญาณเข้าที่ขั้วหรือเฟสของมอเตอร์ให้เรียงลำดับอย่างถูกต้อง มอเตอร์จึงจะสามารถหมุนได้อย่างราบรื่น

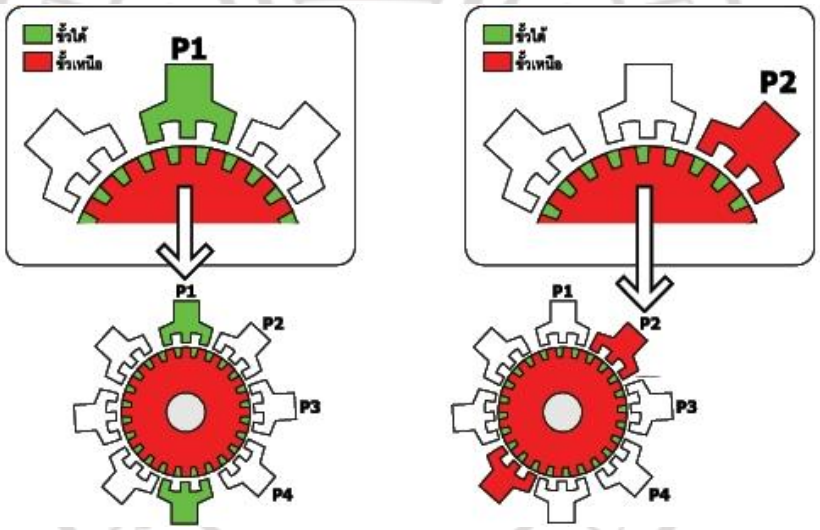
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยพายัพ



ภาพที่ 2.4 ลักษณะการพันขดลวดมอเตอร์สเต็ปปิงแบบยูนิโพลาร์
ที่มา : อินเวนเทอร์, 2556

สเต็ปปิงมอเตอร์แบบยูนิโพลาร์มีการพันขดลวด 2 ขดบน แต่ละขั้วแม่เหล็กของสเตเตอร์ แต่ละขดแบ่งเป็น 2 เฟส รวมมอเตอร์ทั้งตัวจึงมี 4 เฟสคือ เฟส 1 2 3 และ 4 มีสายต่อจากขดลวดแต่ละขดเพื่อจ่ายไฟเลี้ยง ทำให้มี 6 สาย กรณีแบบ 5 สาย จะเป็นการนำสายไฟเลี้ยงของขดลวดทั้งสองมาต่อรวมกันเป็นสายเดียว สเต็ปปิงแบบยูนิโพล่าร์สามารถหาได้ง่ายกว่า และใช้วงจรขับที่มีความซับซ้อนน้อยกว่ามาก

การทำงานของสเต็ปปิงมอเตอร์แบบไฮบริด แบบยูนิโพลาร์ มีแม่เหล็กถาวรที่มีลักษณะเป็นทรงกระบอกที่มีขั้วเหนือและใต้ สลับกันตามแนวของทรงกระบอก ทำหน้าที่เป็นส่วนของโรเตอร์ ขดลวดทั้ง 4 เฟสที่พันรอบแกนเหล็กทำหน้าที่เป็นสเตเตอร์ที่มีขั้วแม่เหล็กเปลี่ยนแปลงตามสัญญาณกระตุ้นที่ส่งเข้าไปในตัวมอเตอร์ ทำให้เกิดแรงดูดและแรงผลักกับโรเตอร์ทำให้แกนของมอเตอร์เกิดการหมุนและล็อกตำแหน่งได้ตามต้องการ จำลองของการหมุนของสเต็ปปิงมอเตอร์ดังภาพที่ 2.5 ที่มีความละเอียด 15 องศาต่อสเต็ป



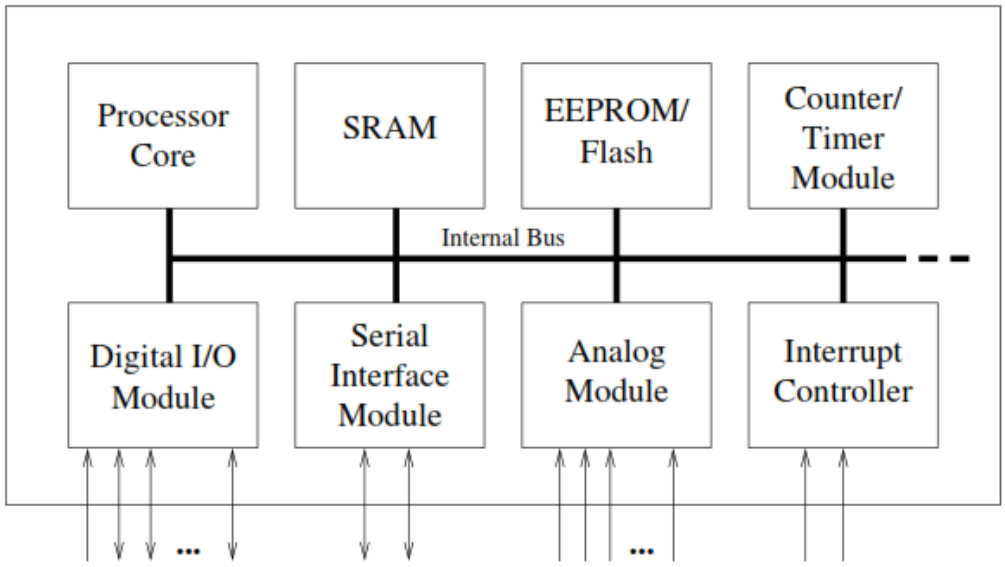
ภาพที่ 2.5 การจำลองการหมุนของมอเตอร์สเต็ปปิงแบบยูนิโพลาร์
ที่มา: อินเวนเทอร์, 2556

จำนวนสเต็ปของการหมุน 1 รอบ เท่ากับ 24 สเต็ป โดยใช้การขับแบบฟูลสเต็ป 1 เฟส เมื่อป้อนสัญญาณพัลส์กระตุ้นเข้าที่เฟส P1 ทำให้เกิดขั้วแม่เหล็กใต้ขึ้น จึงเกิดแรงผลักขั้วแม่เหล็กใต้ของเพื่อให้พบกับขั้วแม่เหล็กเหนือของโรเตอร์ ในจังหวะนั้นเองแกนหมุนของมอเตอร์จะเกิดการเคลื่อนที่เปลี่ยนตำแหน่งไป 1 สเต็ป เมื่อขั้วแม่เหล็กใต้ของสเตเตอร์พบกับขั้วแม่เหล็กเหนือของโรเตอร์จะเกิดแรงแม่เหล็กดูดกัน ทำให้แกนหมุนหยุดนิ่ง ถ้าสังเกตต่อไปที่ขั้วของสเตอร์ของขดลวดในเฟสที่เหลือซึ่งพบว่ามันเหลื่อมกัน ทำให้แรงแม่เหล็กเกิดการหักล้างกัน จากนั้นป้อนสัญญาณเข้าที่เฟส P2 ทำให้เกิดขั้วแม่เหล็กเหนือขึ้นที่สเตเตอร์นั้น ทำให้เกิดแรงผลักอีก 1 จังหวะ ส่งผลให้แกนหมุนของมอเตอร์เคลื่อนที่ต่อเนื่องไปอีก 1 สเต็ป เมื่อขั้วแม่เหล็กเหนือของสเตเตอร์พบกับขั้วแม่เหล็กใต้ของโรเตอร์เกิดแรงแม่เหล็กดูดกัน ทำให้แกนหมุนหยุดนิ่ง และจะเป็นเช่นนี้ไปตลอดหากมีการป้อนสัญญาณ

กระตุ้นไล่ตามลำดับมายัง P3 และ P4 แล้ววนกลับไปที่ P1 อีก แกนหมุนของมอเตอร์ก็จะเกิดการเคลื่อนที่เปลี่ยนมุมไปอย่างต่อเนื่องจนครบ 1 เมื่อเคลื่อนที่ครบ 24 สเต็ป หากสเต็ปปิงมอเตอร์มีความละเอียดของการหมุนมากขึ้น เช่น 7.5 องศาต่อสเต็ป จำนวนสเต็ปที่ต้องการใน 1 รอบเพิ่มเป็น 48 สเต็ป และสูงถึง 200 สเต็ปหากมอเตอร์มีความละเอียด 1.8 องศาต่อสเต็ป

ไมโครคอนโทรลเลอร์

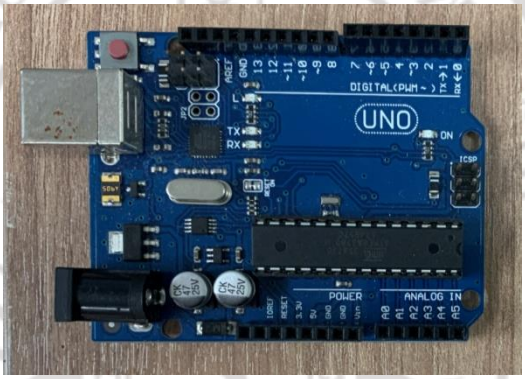
ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) คือ อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่มีโครงสร้างภายนอกเป็นวงจรรวมหรือไอซี (Integrate Circuit : IC) ซึ่งมีโครงสร้างภายในเหมือนกับไมโครคอมพิวเตอร์ที่ประกอบด้วย หน่วยประมวลผล (Processor unit), หน่วยความจำ (Memory unit) และหน่วยเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ภายนอก (I/O Port unit) มีหลายตระกูลให้เลือกใช้งาน เช่น MCS-51, PIC, AVR, ARM, Basic Stamp, PSoC และ Arduino เป็นต้น โดยสามารถเขียนโปรแกรมควบคุมด้วยภาษาแอสเซมบลี ภาษาเบสิก ภาษาซีหรือภาษาอื่น ๆ ที่บริษัทผู้ผลิต ไมโครคอนโทรลเลอร์แต่ละตระกูลได้พัฒนาขึ้นเพื่อใช้งานร่วมกัน เพื่อควบคุมการทำงานเป็นแบบอัตโนมัติที่นำไป ใช้ในระบบควบคุมแบบอัตโนมัติได้ ไมโครคอนโทรลเลอร์มีความสามารถที่คล้ายคลึงกับระบบคอมพิวเตอร์ โดยในไมโครคอนโทรลเลอร์ได้รวมเอา ซีพียู หน่วยความจำ และพอร์ต ซึ่งเป็นส่วนประกอบหลักสำคัญของระบบคอมพิวเตอร์เข้าไว้ด้วยกัน โดยทำการบรรจุเข้าไว้ในตัวถังเดียวกัน มีโครงสร้างดังภาพที่ 2.6



ภาพที่ 2.6 โครงสร้างโดยทั่วไปของไมโครคอนโทรลเลอร์
ที่มา: Gridling & Weiss, 2007: 5

อาดุยโน่ (Arduino) เป็นบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ ตระกูล AVR ที่ถูกพัฒนาเป็นแบบโอเพ่นซอร์ซ (Open Source) ซึ่งผู้ผลิตเปิดเผยข้อมูลทั้งฮาร์ดแวร์ และซอฟต์แวร์ บอร์ด Arduino ถูกออกแบบ

มาเพื่อให้ใช้งานได้ง่าย จึงเหมาะสำหรับที่ผู้เริ่มต้นศึกษาการเขียนโปรแกรมเบื้อต้น ผู้ใช้งาน สามารถดัดแปลง พัฒนาต่อยอดฮาร์ดแวร์ และซอฟต์แวร์ได้ Arduino นำมาใช้งานเช่นเดียวกับไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลอื่นๆ เพื่อใช้สำหรับควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า โดยการเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานตามต้องการ ตัวอย่างการประยุกต์ใช้ Arduino ในชีวิตประจำวัน เช่น ควบคุมการเปิด/ปิดไฟในบ้านอัตโนมัติ, วงจรวัดค่าอุณหภูมิ, ควบคุมการรดน้ำต้นไม้อัตโนมัติ ควบคุมการเปิด/ปิดประตูอัตโนมัติควบคุมเครื่องซักผ้าหยอดเหรียญ หรือควบคุมความเร็วและทิศทาง การหมุนของมอเตอร์ เป็นต้น นอกจากนี้ยังสามารถพัฒนาโปรแกรมบนระบบปฏิบัติการได้หลากหลาย และราคาไม่แพง และตัวอย่างโครงสร้างของบอร์ด Arduino รุ่น UNO R3 แสดงดังภาพที่ 2.7



ภาพที่ 2.7 บอร์ด Arduino รุ่น UNO R3

บอร์ด Arduino รุ่น UNO R3 สร้างมาจากไอซีไมโครคอนโทรลเลอร์ของ ATMEL รุ่น ATmega328 เป็นบอร์ด Arduino ที่ได้รับความนิยมมากที่สุด เนื่องจากราคาไม่แพง ส่วนใหญ่โปรเจคและ Library ต่างๆ ที่พัฒนาขึ้นมารองรับ มักอ้างอิงกับบอร์ดรุ่นนี้ เนื่องจากเป็นขนาดที่เหมาะสำหรับการเริ่มต้นเรียนรู้ Arduino และมี Shields ให้เลือกใช้งานได้มากกว่าบอร์ด Arduino รุ่นอื่นๆ ที่ออกแบบมาเฉพาะมากกว่า โดยบอร์ด Arduino Uno ได้มีการพัฒนาเรื่อยมา ตั้งแต่ R2 R3 และรุ่นย่อยที่เปลี่ยนชิปไอซีเป็นแบบ SMD และข้อดีอีกอย่างคือ กรณีที่ MCU เสีย ผู้ใช้งานสามารถซื้อมาเปลี่ยนได้ง่าย ข้อมูลจำเพาะอื่นๆ ของบอร์ด Arduino Uno R3 มีดังนี้ (มายอาดุยโน่, 2015)

ใช้แรงดันไฟฟ้า	5V
รองรับการจ่ายแรงดันไฟฟ้า (ที่แนะนำ)	7 – 12V
รองรับการจ่ายแรงดันไฟฟ้า (ที่จำกัด)	6 – 20V
พอร์ต Digital I/O	14 พอร์ต (มี 6 พอร์ต PWM output)
พอร์ต Analog Input	6 พอร์ต
กระแสไฟที่จ่ายได้ในแต่ละพอร์ต	40mA
กระแสไฟที่จ่ายได้ในพอร์ต 3.3V	50mA
พื้นที่โปรแกรมภายใน	32KB พื้นที่โปรแกรม, 500B ใช้โดย Booloader

พื้นที่แรม	2KB
พื้นที่หน่วยความจำถาวร (EEPROM)	1KB
ความถี่คริสตัล	16MHz
ขนาด	68.6 x 53.4 mm
น้ำหนัก	25 กรัม

นอกจากบอร์ดรุ่น UNO R3 แล้ว Arduino ยังไม่บอร์ดรุ่นอื่นอีก เช่น บอร์ด Arduino รุ่น Mega 2560 R3 เป็นบอร์ด Arduino ที่ออกแบบมาสำหรับงานที่ต้องใช้ I/O มากกว่า Arduino Uno R3 บอร์ด Arduino Leonardo ใช้ชิปไมโครคอนโทรเลอร์เบอร์ ATmaega2560 มีชิปไอซี USB Host เบอร์ MAX3421e มาให้บนบอร์ด ใช้สำหรับเชื่อมต่อกับโทรศัพท์มือถือแอนดรอยผ่าน OTG บอร์ด Arduino Mini 05 เป็นบอร์ด Arduino ขนาดเล็กที่ใช้ MCU เบอร์เดียวกับบอร์ด Arduino UNO R3 และบอร์ด Arduino Ethernet with PoE module เป็นบอร์ด Arduino ที่ใช้ MCU เบอร์เดียวกับ Arduino Uno SMD ในบอร์ดมีชิปEthernet และช่องสำหรับเสียบ SD Card รวมทั้งโมดูล POE ทำให้บอร์ดนี้สามารถใช้แหล่งจ่ายไฟจากสาย LAN ได้โดยตรง เป็นต้น

พื้นฐานของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

สถิติสำหรับการวิจัยเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ประสิทธิภาพการทำงานของระบบควบคุมอุณหภูมิการนึ่งฆ่าเชื้อก้อนวัสดุเพาะเห็ดด้วยไอน้ำอัตโนมัติ เป็นการวิเคราะห์ระดับของอุณหภูมิตลอดช่วงเวลาการนึ่งฆ่าเชื้อก้อนวัสดุเพาะเห็ด ด้วยการวิเคราะห์เชิงสถิติ ได้แก่ ค่าเฉลี่ย (Mean) เพื่อเป็นตัวแทนของข้อมูลทั้งหมด และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation: SD) เพื่อใช้ในการแสดงการกระจายของข้อมูลอุณหภูมิตลอดช่วงเวลาการนึ่งฆ่าเชื้อ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน สามารถหาได้จากสมการที่ (2.1) (Rouaud. 2017: 3)

$$S.D. = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^{n}(x_i - \overline{x})^2}}{n-1} \qquad (2.1)$$

โดย x_i คือ อุณหภูมิ ณ เวลาใดๆ และ $\overline{x}$ คือ ค่าอุณหภูมิเฉลี่ยตลอดการวัด และ n คือ จำนวนครั้งของการวัดอุณหภูมิ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเป็นการวิเคราะห์ทางสถิติที่ใช้แสดงการกระจายของข้อมูลออกจากค่าเฉลี่ย เพื่อประเมินผลของข้อมูล แสดงความเที่ยงของการวัด และนำไปใช้คำนวณหาช่วงความเชื่อมั่น ซึ่งส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าการกระจายตัวน้อยแสดงได้ว่าข้อมูลทั้งหมดมีค่าใกล้เคียงกัน ในทางกลับกันหากส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าการกระจายตัวสูงแสดงถึงข้อมูลทั้งหมดมีค่าแตกต่างกันมาก

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การนึ่งด้วยหม้อนึ่งแบบลูกทุ่งจำกัดปริมาณก้อนเชื้อเห็ดที่นึ่งแต่ละครั้ง และต้องใช้ความระมัดระวังในการควบคุมอุณหภูมิคงที่ตลอดระยะเวลาการนึ่งฆ่าเชื้อ จึงมีโอกาสทำให้เกิดก้อนเชื้อเห็ดที่ฆ่าเชื้อไม่หมดส่งผลให้เชื้อเห็ดที่หยอดลงในวัสดุเพาะไม่เจริญเติบโต นักวิจัยจึงได้พัฒนาตู้นึ่งความดันต่ำเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้งาน

บัญชา ใต้ศรีโคตร และคณะ (2557 : 43-48) ได้พัฒนาเตานึ่งแบบลูกทุ่งด้วยพลังงานจากฟืนที่สามารถลดการใช้พลังงานเชื้อเพลิงและลดการสูญเสียพลังงานความร้อน ที่มีระบบการควบคุมอุณหภูมิความร้อนและแรงดันภายในถังนึ่งก้อนเชื้อเห็ด ด้วยการแจ้งเตือนเมื่ออุณหภูมิภายในถังนึ่งก้อนเชื้อเห็ดต่ำกว่า 90 องศาเซลเซียส หรือสูงกว่า 105 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นค่าที่กำหนดไว้ เนื่องจากในขั้นตอนการนึ่งก้อนเชื้อเห็ดที่อุณหภูมิสูงสุด 116 องศาเซลเซียส ทำให้ถุงก้อนเชื้อเห็ดเกิดการบิดเบี้ยว เสียรูปทรง จึงต้องทำการตั้งค่าอุปกรณ์แจ้งเตือนที่อุณหภูมิสูงสุด 105 องศาเซลเซียส งานวิจัยนี้ทำได้เพียงการแจ้งเตือนเท่านั้น ยังไม่สามารถควบคุมอุณหภูมิ ทั้งนี้เตานึ่งที่นำเสนอสามารถตรวจวัดอุณหภูมิได้ และแจ้งเตือนเมื่ออุณหภูมิไม่อยู่ในระดับที่กำหนด คือ 90 ถึง 105 องศาเซลเซียส แต่ยังไม่สามารถควบคุมได้อย่างอัตโนมัติ

ธีรศาสตร์ คณาศรี (2561 : 1-11) ได้พัฒนาหม้อผลิตไอน้ำให้มีประสิทธิภาพโดยใช้เชื้อเพลิงแก๊ส เนื่องจากเตานึ่งที่ใช้พลังงานจากฟืน การหาวัตถุดิบเพื่อให้ความร้อนทำได้ยากและเกิดเขม่า การพัฒนาตู้นึ่งฆ่าเชื้อวัสดุเพาะเห็ดด้วยพลังงานแก๊สที่สามารถทำได้สะดวกและให้ความร้อนอย่างต่อเนื่อง ระบบการนึ่งใช้การติดตั้งตู้บรรจุก้อนวัสดุเพาะเห็ดและหม้อผลิตไอน้ำแยกจากกัน สามารถนึ่งฆ่าเชื้อก้อนวัสดุเพาะเห็ดได้จำนวนมากในแต่ละครั้ง

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี