วารสารวิชาการ
อุตสาหกรรมศึกษา

URL : http://ejournals.swu.ac.th/index.php/jindedu/issue/archive

วารสารวิชาการอุตสาหกรรมศึกษา (ISSN: 1905-9450)

คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ปีที่ 17 ฉบับที่ 2 กรกฎาคม – ธันวาคม 2566

ระบบควบคุมเครื่องบรรจุกาละแมกึ่งอัตโนมัติ

ชิโนรส ละอองวรรณ*

สาขาวิชาเทคโนโลยีไฟฟ้าอุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยราชภัฏสุราษฎร์ธานี

**Corresponding author e-mail: Chinoros.lao@sru.ac.th*

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) พัฒนาระบบควบคุมเครื่องบรรจุกาละแมแบบกึ่งอัตโนมัติ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการผลิตกาละแมให้กับกลุ่มผู้ผลิตกาละแม ด้วยระบบไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino ในการประมวลผลการสั่งการทำงานของเครื่องบรรจุกาละแม 2) เพื่อศึกษาสมรรถนะเครื่องบรรจุกาละแมแบบกึ่งอัตโนมัติ โดยเครื่องบรรจุกาละแมมีระบบการทำงาน 2 รูปแบบ ได้แก่ 1) ระบบสั่งการแบบกึ่งอัตโนมัติ กำหนดน้ำหนักคงที่ 3 ระดับ คือ ขนาด 50 กรัม 80 กรัม และ 120 กรัม และ 2) ระบบแมนนอล กำหนดน้ำหนักตามที่ต้องการ โครงสร้างเครื่องบรรจุกาละแมกึ่งอัตโนมัติ ประกอบด้วย ระบบควบคุมการทำงาน ถังบรรจุกาละแม และชุดหัวกดปั๊มบรรจุกาละแม ตัวแปรที่ศึกษา ได้แก่ ระบบควบคุมระยะการกดของชุดกดหัวปั๊มบรรจุที่เหมาะสม ที่น้ำหนักเนื้อกาละแม ขนาด 50 กรัม 80 กรัม และ 120 กรัม และสามารถลดระยะเวลาการผลิตรวมกาละแมแม่ปรีดา ผลการวิจัยพบว่า ระบบควบคุมของชุดกดหัวปั๊มบรรจุกาละแมได้ที่ระยะที่เหมาะสม คือ 0.8 1.5 และ 3 เซนติเมตร ได้น้ำหนักเฉลี่ย 52.1 82.5 และ 122.5 กรัม ตามลำดับ ค่าความคลาดเคลื่อน +3 กรัม ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่ผู้ผลิตยอมรับได้ เครื่องบรรจุกาละแมกึ่งอัตโนมัติสามารถบรรจุกาละแมได้มากกว่าแรงงานคนถึง 9 เท่า และจากการศึกษาสมรรถนะสูงสุดของเครื่องบรรจุกาละแมกึ่งอัตโนมัติมีกำลังการผลิตต่อวัน เท่ากับ 234 กิโลกรัม โดยสามารถลดระยะเวลาการผลิตรวมได้ถึง 320 นาที

คำสำคัญ : กาละแม, เครื่องบรรจุกาละแม, แบบกึ่งอัตโนมัติ, ระบบควบคุม

ข้อมูลบทความ : วันรับพิจารณา 6 พฤศจิกายน 2566 / วันแก้ไข 8 พฤศจิกายน 2566 / วันตอบรับ 8 พฤศจิกายน 2566 / วันตีพิมพ์ 29 ธันวาคม 2566

JOURNAL OF INDUSTRIAL EDUCATION

URL : http://ejournals.swu.ac.th/index.php/jindedu/issue/archive

JOURNAL OF INDUSTRIAL EDUCATION (ISSN: 1905-9450)

FACULTY OF EDUCATION, SRINAKHARINWIROT UNIVERSITY, Volume 17 No.2 July-December 2023

THE CONTROL SYSTEM KALAMAE FILLING SEMI-AUTOMATIC MACHINE

Chinoros Laongwan*

Department of Industrial Electrical Technology, Faculty of Science and Technology,

Suratthani Rajabhat University

**Corresponding author e-mail: Chinoros.lao@sru.ac.th*

Abstract

Develop a semi-automatic packaging machine control system to increase the efficiency of the galamai production process for a group of galamai producers using the Arduino microcontroller system to process the machine's operation commands. 2) Study the semi-automatic galamai packaging machine's performance, which operates in two modes: 1) Semi-automatic mode with fixed weights at three levels: 50 grams, 80 grams, and 120 grams, and 2) Manual mode with customizable weights. The semi-automatic galamai packaging machine comprises a control system, a galamai storage tank, and a set of pump head compression components. The variables studied include the appropriate compression stroke control for the pump head assembly based on the galamai's weight at 50 grams, 80 grams, and 120 grams. The research found that the control system for the pump head assembly was suitable at stroke lengths of 0.8, 1.5, and 3 centimeters, resulting in average weights of 52.1, 82.5, and 122.5 grams, respectively, with a margin of error of +3 grams, which is acceptable to the manufacturers. The semi-automatic galamai packaging machine can package galamai more efficiently than manual labor, up to 9 times the output, and has a maximum daily production capacity of 234 kilograms. The total production time can be reduced by up to 320 minutes.

Keywords : Kalamae, The Kalamae filling machine, Semi-automatic, The control system

Article Info: Received; November 6, 2023 / Revised; November 8, 2023 / Accepted; November 8, 2023 / Published; December 29, 2023

บทนำ

กาละแม เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำข้าวเหนียวหรือแป้งข้าวเหนียวผสมแป้งชนิดอื่น เช่น แป้งถั่ว แป้งท้าวยายม่อม แป้งมัน มาผสมกะทิ น้ำตาล อาจเพิ่มกลูโคสไซรัป นำไปกวนที่อุณหภูมิและระยะเวลาที่เหมาะสม อาจปรุงแต่งสีและกลิ่นรส ซึ่งเป็นไปตามนิยามตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนกาละแม (2548) เช่น ใบเตย สตรอเบอรี่ กาแฟ ชาเขียว เปลือกมะพร้าวเผา ลำไย กล้วย มะขามหวาน กวนต่อเมื่อได้ลักษณะตามต้องการ พักหรือผึ่งไว้ให้อุณหภูมิลด อาจตัดเป็นชิ้น ห่อด้วยวัสดุต่างๆ เช่น พาสติก ใบตอง และอาจแต่งหน้าด้วยส่วนประกอบต่างๆ เช่น งา ถั่วเขียวเลาะเปลือก ถั่วลิสง ลักษณะทั่วไปของกาละแม ต้องเหนียวนุ่ม เนื้อเป็นมันเงา ไม่ติดมือ แต่จะอยู่ตัว มีสีที่ดีตามธรรมชาติของกาละแม มีกลิ่นรสที่ดีตามธรรมชาติ ปราศจากกลิ่นหืน หรือรสขม แต่อย่างไรก็ตาม รัตนา อัตตปัญโญ และคณะ (2560) กล่าวว่า กระบวนการผลิตของผู้ผลิตกาละแมส่วนใหญ่ยังคงใช้เทคโนโลยีจากภูมิปัญญาแบบดั้งเดิม ถึงแม้บางรายจะมีการนำเทคโนโลยีหรือเครื่องจักรเข้ามาช่วยในกระบวนการผลิต เพื่อช่วยลดขั้นตอน ลดระยะเวลาและเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิต แต่สำหรับขั้นตอนการบรรจุกาละแมลงซองบรรจุภัณฑ์นั้น ยังคงใช้แรงงานคนในทุกขั้นตอน ด้วยวิธีการตักใส่ถาดหรือภาชนะแห้งสะอาดที่ปูรองด้วยพลาสติกหรือทาน้ำมันพืชเคลือบผิวไว้เล็กน้อย เมื่อกาละแมมีอุณหภูมิลดลงเทียบกับอุณหภูมิห้อง เนื้อกาละแมคงตัวดีแล้ว จึงจะตัดหรือแบ่งเป็นชิ้น วางลงในวัสดุห่อหุ้มที่ได้มาจากธรรมชาติที่มีอยู่ในท้องถิ่น เช่น ใบตองแห้ง ใบไม้แห้ง หรือห่อหุ้มด้วยแผ่นพลาสติกใส เป็นต้น ซึ่งมีการศึกษาการปนเปื้อนและป้องกันการเสื่อมเสียของกาละแมจากเชื้อรา สอดคล้องกับงานวิจัยของ กฤช ตรองจิตต และ จารุวรรณ ภัทรสรรเพชญ (2559) ศึกษาเกี่ยวกับการปนเปื้อนและป้องกันการเสื่อมเสียของกาละแมจากเชื้อรา พบว่า การปนเปื้อนที่เป็นสาเหตุหลักของการเสื่อมเสียของกาละแมมาจากใบตอง โต๊ะที่ใช้บรรจุ หรือมือผู้ที่ทำหน้าที่บรรจุสัมผัสกับเนื้อกาละแมโดยตรง

ภาพประกอบ 1 ขั้นตอนการตัดแบ่งชิ้นใส่ถุงบรรจุภัณฑ์ตามขนาดน้ำหนักที่ต้องการ

จากการศึกษากระบวนการผลิตกาละแมของผู้ผลิตกาละแมแม่ปรีดา ตำบลบ้านยาง อำเภอศีรีรัฐนิคม จังหวัดสุราษฎร์ธานี จากภาพประกอบ 1 ในขั้นตอนการบรรจุกาละแมลงถุงบรรจุภัณฑ์นั้น ยังคงใช้แรงงานคนในทุกขั้นตอนการผลิต เพื่อให้รักษาคุณภาพของกาละแมและช่วยให้กระบวนการบรรจุกาละแมมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น ผู้วิจัยมีแนวคิดพัฒนาเครื่องต้นแบบบรรจุกาละแมกึ่งอัตโนมัติขึ้น สำหรับช่วยสนับสนุนกลุ่มผู้ผลิตกาละแมลดเวลากระบวนการผลิตรวม โดยเฉพาะขั้นตอนการบรรจุการบรรจุกาละแมลงซองบรรจุภัณฑ์ อีกทั้งยังสามารถลดโอกาสที่มือผู้ที่ทำหน้าที่บรรจุสัมผัสกับเนื้อกาละแมโดยตรง อาจส่งผลให้เกิดการปนเปื้อนที่อาจทำให้เกิดการเสื่อมเสียของกาละแมได้ จากการศึกษางานวิจัยของ สกล นันทศรีวิวัฒน์ (2543) ที่เกี่ยวข้องกับการวิจัยและพัฒนาเครื่องหยอดขนมทองหยอด เพื่อเพิ่มปริมาณการผลิตจากเดิมใช้การผลิตด้วยมือผลิตไม่เพียงพอกับความต้องการซื้อของลูกค้า และปัญหาด้านแรงงานคน ระบบการผลิตด้วยเครื่องหยอดขนมทองหยอด ประกอบด้วย กล่องบรรจุแป้งทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้าบรรจุ

4.5 ลิตร ส่วนบนของกล่องติดตั้งแผ่นกดแป้งทองหยอดลักษณะเป็นแผ่นสีเหลี่ยมผืนผ้าทำหน้าที่กดแป้งทองหยอด ส่วนด้านล่างกล่องมีหัวหยอดเจาะรู ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 20 มม. จำนวน 4 หัว ให้แป้งทองหยอดจะไหลออกมาโดยแผ่นเลื่อนตัดแป้งลักษณะเป็นแผ่นสีเหลี่ยมผืนผ้าตัดเซาะร่องเป็นรูปตัววี จำนวน 4 ช่อง เป็นตัวควบคุมการไหลและรูปทรงของแป้งทองหยอด ก่อนที่แป้งทองหยอดให้ตกลงมาในน้ำเชื่อมข้นที่กำลังเดือดในกระทะ ถือว่าสิ้นสุดขั้นตอนการทำงาน 1 ครั้ง การทดลองที่ความเร็วของแผ่นกด ประมาณ 40-50 รอบต่อนาที และแผ่นเลื่อนตัดที่ความเร็ว 77 ครั้งต่อนาที พบว่า เครื่องหยอดสามารถผลิตขนมทองหยอดได้ 308 ลูกต่อนาที และประสิทธิภาพของเครื่องหยอดได้ผลผลิตมากกว่า 120 ลูกต่อนาที ทำให้ลดขั้นตอนการผลิต ต้นทุนขนมทองหยอด และจำนวนทองหยอดที่หยอดเสียให้น้อยลง ต่อมา กิตติเทพ วงษ์เรือง(2565) ได้วิจัยและพัฒนาเครื่องต้นแบบหยอดดินสอพองอัตโนมัติ ออกแบบชุดหัวหยอดด้วยท่อสแตนเลส ด้านล่างพับให้เป็นทรงกรวยเพื่อให้ดินสอพองไหลลงได้สะดวกตามแรงโน้มถ่วง ปลายท่อตัดเป็นลักษณะของกลีบดอกจำปี ด้านล่างข้างสำหรับเติมดินสอพองให้ทำงานอย่างต่อเนื่อง ควบคุมการทำงานด้วย Arduino UNO R3 สั่งงานให้มอเตอร์หมุนขับดินสอพองลงมา เมื่อทดสอบประสิทธิภาพ กำหนดหยอดดินสอพองจำนวนแถวละ 4 จุด เดินทั้งหมด 6 แถว รวมดินสอพอง 24 ชิ้น ในการหยอด 1 ครั้ง พบว่าระยะเวลาที่เหมาะสมกับการหยอดอยู่ที่ 5 วินาที และอัตราส่วนผงดินสอพองกับน้ำที่เหมาะสมที่สุด คือ 3:2:1 และความพึงพอใจของผู้เชี่ยวชาญและผู้ประกอบการอยู่ในเกณฑ์ดีถึงดีมาก

จากประเด็นดังกล่าวจึงเป็นขั้นตอนที่สมควรได้รับการศึกษา ผู้วิจัยมีแนวคิดนำเทคโนโลยีมาประยุกต์ใช้สำหรับการออกแบบและพัฒนาเครื่องบรรจุกาละแมกึ่งอัตโนมัติ ที่สั่งการด้วยระบบควบคุมการทำงานด้วย Arduino UNO และการนำหลักการทางวิศวกรรมที่สอดคล้องพัฒนาเครื่องหยอดของเหลวมาใช้ในการศึกษา สำหรับออกแบบการทำงานของชุดหัวกดปั๊มบรรจุกาละแมให้มีปริมาณการกดกาละแมอย่างแม่นยำ ทำให้กระบวนการผลิตมีประสิทธิภาพสูงขึ้น

วัตถุประสงค์การวิจัย

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ ดังนี้

1) พัฒนาระบบควบคุมเครื่องบรรจุกาละแมกึ่งอัตโนมัติ

2) ทดสอบและประเมินผลการทำงานของระบบควบคุมเครื่องบรรจุกาละแมกึ่งอัตโนมัติ

ความสำคัญของการวิจัย

ในขั้นตอนการบรรจุกาละแมด้วยเครื่องบรรจุกาละแมกึ่งอัตโนมัติ สามารถลดการปนเปื้อนจากการสัมผัสมือผู้ที่ทำหน้าที่บรรจุสัมผัสกับเนื้อกาละแมโดยตรง เพื่อรักษามาตรฐานคุณภาพของผลิตภัณฑ์และเป็นต้นแบบสำหรับการนำเครื่องบรรจุกาละแมมาใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตของชุมชนในอนาคต

ขอบเขตการวิจัย

1) ขอบเขตด้านเนื้อหา ศึกษากระบวนการผลิตกาละแม ขั้นตอนการบรรจุกาละแม ด้วยวิธีการเก็บข้อมูลจากการสังเกตการณ์แบบมีส่วนร่วม ศึกษาระบบควบคุมการทำงานด้วยระบบสั่งการไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino ศึกษาการออกแบบโครงสร้างจากสแตนเลส ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ศึกษาหลักการทำงานอุปกรณ์ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์

2) ตัวอย่างในการทดลอง จากผู้ผลิตกาละแมแม่ปรีดา เลขที่ 66 หมู่ที่ 3 ตำบลบ้านยาง อำเภอศีรีรัฐนิคม จังหวัดสุราษฎร์ธานี

3) ระยะเวลาดำเนินการ 1 ปีงบประมาณ 2564-2565

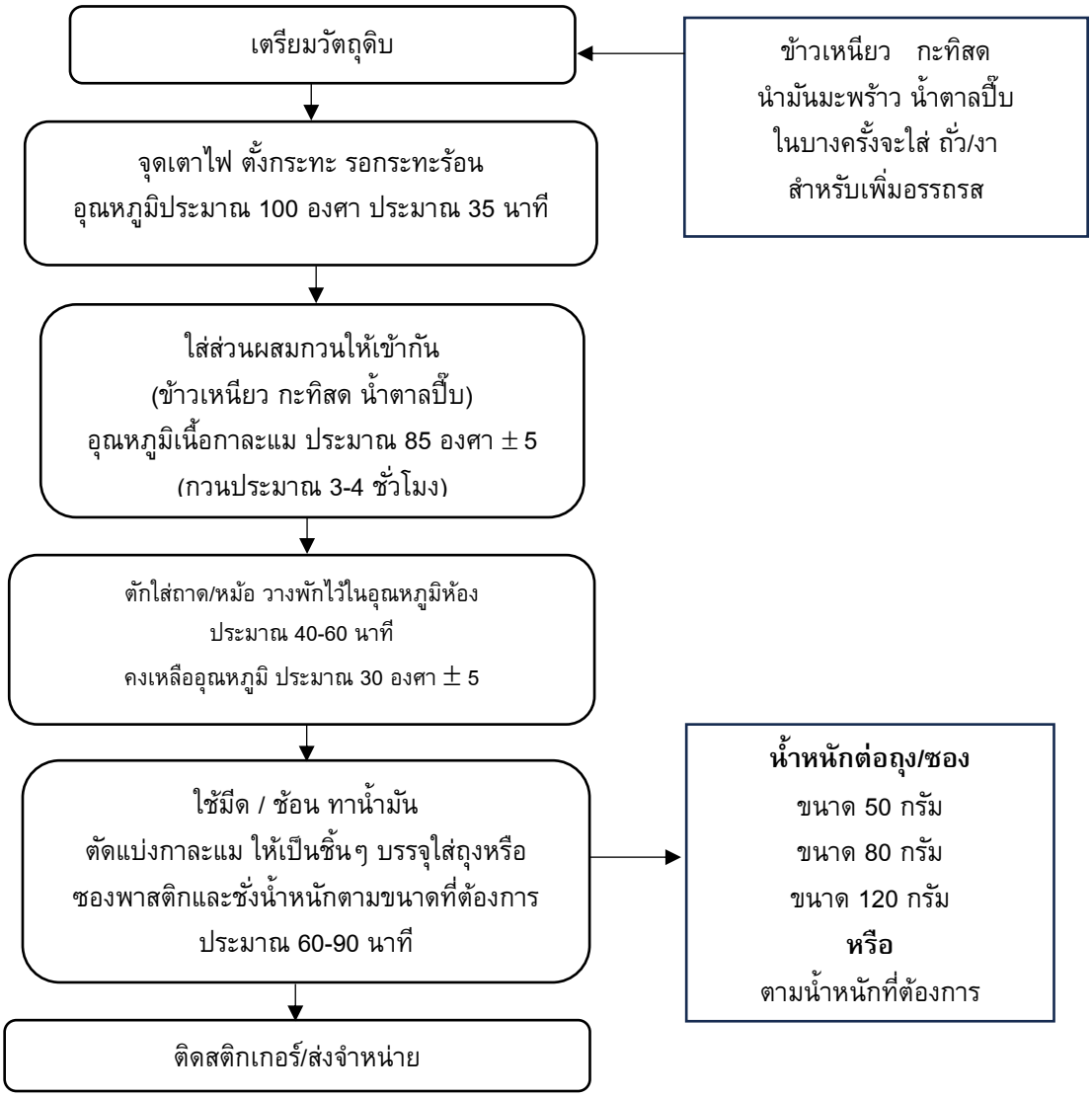
4) ระบบควบคุมเครื่องบรรจุกาละแมกึ่งอัตโนมัติ แบ่งการทำงานเป็น 2 แบ่ง ได้แก่ 1) แบบกึ่งอัตโนมัติ กำหนดน้ำหนักคงที่ 3 ระดับ ได้แก่ 50 80 และ 120 กรัม และ 2) แบบแมนนอล กำหนดน้ำหนักตามความต้องการ

การทบทวนวรรณกรรม

ผู้วิจัยศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบระบบควบคุม โดยใช้โปรแกรม Arduino UNO ซึ่ง Arduino เป็นซอฟต์แวร์ที่ใช้ในการเขียนโปรแกรมสำหรับ Arduino microcontroller โดย Microcontroller จะทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ตามที่โปรแกรมกำหนดไว้เพื่อให้การวิจัยบรรลุวัตถุประสงค์ ดังนี้

1) ศึกษากระบวนการผลิตกาละแมแม่ปรีดา

กาละแมแม่ปรีดา มีส่วนประกอบที่สำคัญ ดังนี้ มะพร้าว ข้าวเหนียว และน้ำตาลโตนด สูตรและขั้นตอนการผลิต “ขนมกาละแม สูตรศรีวิชัย” วัตถุดิบและส่วนผสม ดังภาพประกอบที่ 2



ภาพประกอบ 2 กระบวนการผลิตกาละแมแม่ปรีดา

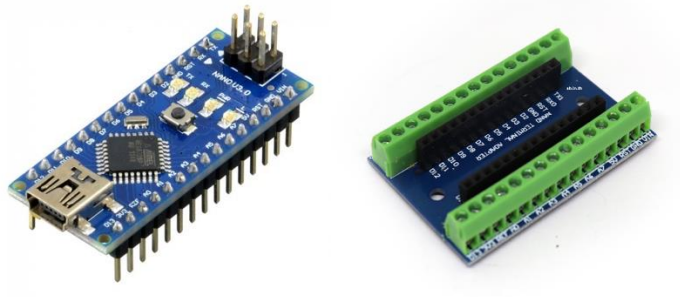
จากการศึกษากระบวนการผลิตกาละแมแม่ปรีดา มีผู้ปฏิบัติงานทำหน้าที่ในขั้นตอนการบรรจุกาละแมใส่ซองบรรจุภัณฑ์ มีกำลังการผลิตต่อวัน 350 ชิ้น ที่ขนาดน้ำหนัก 80 กรัม ใช้ระยะเวลาในการทำงาน 6 ชั่วโมงต่อวัน จากกำลังการผลิต จำนวนกาละแมจำนวน 30 กิโลกรัมต่อวัน คิดเป็น 78 กรัม ใช้เวลา 1 นาที หรือ ขนาด 80 กรัม จะใช้เวลาบรรจุ 1.02 นาที พบว่า แรงงานคนที่ปฏิบัติงานในขั้นตอนการบรรจุเนื้อกาละแมใส่ถุง เมื่อต้องทำงานเป็นระยะเวลานาน ทำให้การตัดแบ่งชิ้นเนื้อกาละแมมีความผิดพลาด ปริมาณน้ำหนักแต่ละถุงไม่เท่ากัน ทำให้เกิดความล่าช้า อาจส่งผลต่อความเชื่อมั่นของผู้บริโภคต่อมาตรฐานของผลิตภัณฑ์ได้ การนำเครื่องบรรจุกาละแมกึ่งอัตโนมัติเข้ามาใช้ทดแทนแรงงานคนในขั้นตอนนี้ จะสามารถแก้ไขปัญหาให้มาตรฐานของน้ำหนักกาละแมในแต่ละถุง อยู่ในขนาดน้ำหนักที่ยอมรับได้ทั้งส่วนของผู้ผลิตและผู้บริโภค

2) ศึกษาหลักการทำงานของไมโครคอลโทรลเลอร์ Arudoino

การเขียนโปรแกรมบนคอมพิวเตอร์ ARDUINO NANO V3.0 ผ่านทางโปรแกรมซอฟต์แวร์ Arduino (IDE) ซึ่งสามารถดาวน์โหลดได้จาก Arduino.cc/en/main/software ใช้สำหรับโปรแกรม Arduino Nano ซอฟต์แวร์ Arduino การพัฒนาแบบบูรณาการสามารถนำไปใช้ร่วมกันกับบอร์ด Arduino ทั้งหมดและทำงานทั้งแบบออนไลน์และออฟไลน์ ดอนสัน ปงผาบ(2563) กล่าวว่า Arduino คือ ไมโครคอลโทรลเลอร์ขนาด 8 บิต อยู่ในตระกูล AVR ผลิตโดยบริษัท Atmel ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR มีสถาปัตยกรรมแบบ RISC (Reduced Instruction Set Computer) มีความเร็วในการประมวลผล 1 คำสั่งต่อ 1 สัญญาณนาฬิกา ถูกออกแบบมาเพื่อให้ใช้งานง่าย สามารถเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ด้วยพอร์ต USB มีบอร์ดอุปกรณ์เชื่อมต่อหรือ Arduino Shield มากมาย ทำให้สะดวกในการพัฒนางาน การออกแบบและพัฒนาได้เปิดเผยข้อมูลทั้งด้านฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ (Open Source) จึงมีผู้ใช้งานจำนวนมาก Arduino ถูกออกแบบมาให้ใช้งานง่ายทั้งด้านฮาร์ดแวร์และการเขียนโปรแกรมจึงเหมาะสำหรับทุกคนที่สนใจและต้องการประยุกต์ใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ แม้ว่า Arduino จะมีขนาดเล็กแต่สามารถทำงานหลายๆ อย่างด้วยการเขียนโปรแกรมสั่งงานลงไป เราสามารถนำเอา Arduino ไปประยุกต์ใช้งานได้มากมาย แม้กระทั่งในสถานศึกษา เช่น มีการใช้ Arduino ประกอบการเรียนการสอน เพื่อศึกษาในด้านต่างๆ สอดคล้องกับ สิริยากร กิตติสกุลกาญจน์ และ ธเนศ ธนิตย์ธีรพันธ์ (2566) ในการพัฒนาและการหาประสิทธิภาพของชุดทดลองการควบคุมระบบแสงสว่างด้วย Arduino สำหรับนักศึกษาประกาศนียบัตรวิชาชีพ สำหรับเป็นสื่อการเรียนการสอน สำหรับนักศึกษาสาขาไฟฟ้ากำลัง การประยุกต์ใช้ในการควบคุมการทำงานของเครื่องจักรกล เช่น สิทธิพงศ์ อิทรายุทธ และธราธิป ภู่ระหงษ์ (2559) พัฒนาเครื่องรีดลิ้นแคนควบคุมอัตโนมัติด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino และนำไปใช้ในการควบคุมอุปกรณ์ทางการเกษตร เช่น ระบบควบคุมระบบฟาร์มอัตโนมัติ วัดอุณหภูมิ วัดความชื้นในดิน ระบบปิด/เปิดน้ำอัตโนมัติ สร้างหุ่นยนต์ใต้น้ำ วัดระยะห่าง ระบบเซนเซอร์ตรวจการเครื่องไหว เป็นต้น การเลือกใช้ระบบควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino จึงเหมาะสมกับการนำมาใช้พัฒนาระบบควบคุมเครื่องบรรจุกาละแมกึ่งอัตโนมัติเพื่อเป็นต้นแบบในการพัฒนาต่อไป

เลือกใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino nano 3.0 หรือ ARDUINO NANO V3.0 Arduino Nano เป็นบอร์ดขนาดเล็ก ข้อมูลจำเพาะ ARDUINO NANO V3.0 ซอฟต์แวร์ Arduino (IDE) สามารมทำงานได้ทั้งแบบออนไลน์และออฟไลน์ ข้อกำหนดรายละเอียดของบอร์ด Arduino Nano มีดังต่อไปนี้ ไมโครคอนโทรลเลอร์ ATmega 328 แรงดันไฟฟ้าที่ใช้งาน (ระดับตรรกะ) : 5 V แรงดันไฟฟ้าขาเข้า (แนะนำ) : 7-12 V แรงดันไฟฟ้าขาเข้า (จำกัด) : 6-20 V Digital I / O Pins : 14 (ซึ่ง 6 ขาเอาต์พุต PWM) ช่องใส่แบบอะนาล็อก : 8 กระแสไฟกระแสตรงต่อขา I / O : 40 mA หน่วยความจำแฟลช 32 KB (ATmega 328) ซึ่งมี 2 กิโลไบต์ใช้สำหรับบูตโหลดSRAM : 2 KB (ATmega 328) EEPROM : 1 KB (ATmega 328) ความเร็วสัญญาณนาฬิกา: 16 MHz การวัด : 0.73 "x 1.70" กำลังขึ้น ARDUINO NANO และ Arduino Nano สามารถใช้พลังงานจาก Mini-B USB, แหล่งจ่ายไฟภายนอกภายนอก 6-20 V (ติด 30) หรือแหล่งจ่ายไฟภายนอกที่มีการควบคุม 5V (ติด 27) แหล่งจ่ายไฟจะถูกเลือกให้เป็นแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าสูงสุด

ทำงานร่วมกับ Shields Arduino nano 3.0 ทำหน้าที่เป็นบอร์ดขยายขา Arduino Nano 3.0 เป็นแบบ Screw Terminal สามารถต่อขากับอุปกรณ์สายไฟอื่นได้ เป็นจุดเชื่อมต่อสายไฟฟ้าระหว่างชุด Arduino nano 3.0 และอุปกรณ์อื่น ๆ ในวงจร ดังภาพประกอบ 3



ภาพประกอบ 3 บอร์ด Arduino nano 3.0 และ Shields Arduino nano 3.0

3) ศึกษาการออกแบบชุดหัวกดปั๊มแม่พิมพ์ ดังนี้

มอเตอร์ ทำหน้าที่ แปลงกระแสไฟฟ้าให้มาเป็นพลังงานกล เช่น พัดลม โดยการเปลี่ยนกระแสไฟฟ้าเป็นพลังงานกล ด้วยการทำให้พัดลมหมุน แต่สำหรับมอเตอร์ที่ใช้ในการทดเกียร์จะมีความแตกต่างไป เนื่องจากระบบเกียร์จะทำหน้าที่ในการลดกำลังของมอเตอร์ และลดความเร็วของมอเตอร์เนื่องจากกำลังและความเร็วของมอเตอร์โดยตรงนั้นมีความเร็วเกินไปทำให้ไม่เหมาะกับลักษณะงานบางประเภท เช่น งานประเภทสายพาน หรือการลำเลียงที่ต้องอาศัยการเคลื่อนไหวไปอย่างช้าๆ ด้วยเหตุนี้ จึงต้องอาศัยมอเตอร์เกียร์เข้ามาเป็นตัวช่วยในการทอนกำลังของมอเตอร์ลงให้เหมาะกับงานที่ต้องการ โดยชนิดของมอเตอร์ที่ใช้ในการทดเกียร์นั้น สามารถที่จะปรับความช้าหรือว่าความเร็วตามที่ต้องการได้ ยกตัวอย่าง เช่น 1/10 1/20 1/30 1/40 เป็นต้น ให้เหมาะกับงานที่เราต้องการ

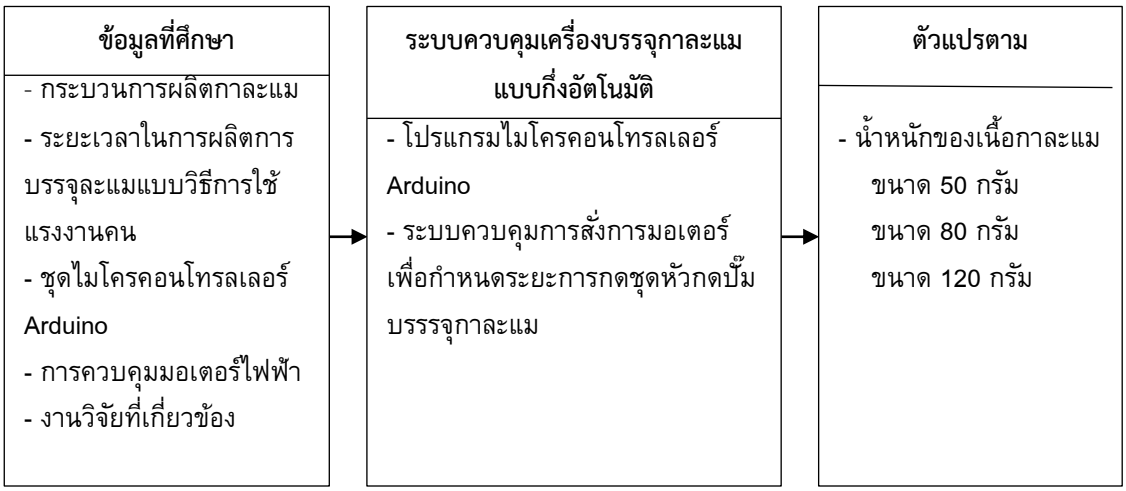
มอเตอร์เกียร์ (Gear Motor) จะอาศัยหลักการทำงานจากมอเตอร์แปลงพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานกลทำให้วัตถุสามารถเคลื่อนที่ได้ และฟันเฟืองหรือเกียร์ทำหน้าที่ลดรอบความเร็วหรือทดรอบแรงบิด ซึ่งลักษณะภายนอกของอุปกรณ์นี้จะมีรูปทรงคล้ายกับท่อนโลหะทรงกระบอกที่ประกอบด้วยตัวเรือน หน้าแปลน และก้านเพลายื่นออกมา ส่วนด้านในประกอบด้วยกลไกการทำงานต่างๆ เช่น ก้านเพลา แบริ่ง ฟันเฟือง ฯลฯ ทั้งนี้เนื่องจากมอเตอร์เกียร์มีหลายรูปแบบ ดังนั้น จึงควรพิจารณาเลือกใช้ให้เหมาะสมกับประเภทงานเพื่อการทำงานที่มีประสิทธิภาพสูง

ดังนั้น ผู้วิจัยจึงพิจารณาเลือกใช้มอเตอร์เกียร์ แบบไฟฟ้ากระแสตรง 24 VDC rpm : 10 เป็นชุดต้นกำลังสำหรับชุดกดหัวปั๊มบรรจุกาละแม จำนวน 1 ตัว ทำงานร่วมกับชุดเอนโค้ดเดอร์มอเตอร์ เอนโค้ดเดอร์มอเตอร์ (Encoder Motor)

เอนโค้ดเดอร์มอเตอร์ เป็นดีซีมอเตอร์ที่มีเฟืองทดรอบเพื่อเพิ่มแรงบิด และมีวงจรเอนโค้ดเดอร์ที่ใช้ตรวจวัดจำนวนรอบการหมุนเพื่อควบคุมหรือนับจำนวนรอบในการหมุนของมอเตอร์เอนโค้ดเดอร์จะมี 3 ส่วน คือ ชุดเฟือง ทำหน้าที่ทดรอบเพิ่มแรงบิดให้มอเตอร์ ดีซีมอเตอร์ซึ่งเป็นมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงและเอนโค้ดเดอร์ เป็นวงจรนับสัญญาณพัลส์หรือสัญญาณเอนโค้ดเดอร์ เพื่อควบคุมทิศทางและความเร็วของมอเตอร์แล้วส่งสัญญาณเอาต์พุตออกไปควบคุมเอนโค้ดเดอร์มอเตอร์ให้หมุนตามทิศทางและความเร็วที่กำหนด การนับสัญญาณเอนโค้ดเดอร์หรือสัญญาณพัลส์ต้องนับที่ขอบขาขึ้นหรือขอบขาลง โดนเอนโค้ดเดอร์เอาต์พุต A และ B จะให้สัญญานพัลส์อย่างละ 16 พัลส์ ทำให้นับสัญญาณที่ขอบขาขึ้นและขาลงได้ละเอียดสุด 64 ครั้งต่อการหมุน 1 รอบ

ดังนั้น ผู้วิจัยพิจารณาเลือกใช้เอนโค้ดเดอร์ที่มีเฟืองทดรอบเพื่อเพิ่มแรงบิด และมีวงจรเอนโค้ดเดอร์ที่ใช้ตรวจวัดจำนวนรอบในการหมุนของมอเตอร์เกียร์เพื่อควบคุมหรือนับจำนวนรอบการหมุนของมอเตอร์ ให้ทำงานตามที่ระบบออกแบบไว้

กรอบแนวคิดการวิจัย



ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

1. ขั้นตอนการศึกษาเอกสาร งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และกระบวนการผลิตกาละแม่ปรีดา

1) ศึกษาข้อมูลที่ได้จากกระบวนการผลิตกาละแมแม่ปรีดาด้วยวิธีสังเกตุการณ์แบบมีส่วนร่วม

2) การออกแบบระบบควบคุมการทำงานและออกแบบโครงสร้างเครื่องบรรจุกาละแม และทดสอบระบบควบคุมการทำงานด้วยการจำลองกระบวนการด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์

3) เสนอแนวทางการออกแบบระบบต่อผู้มีส่วนเกี่ยวข้องเพื่อพิจารณาความเหมาะสมสำหรับสร้างระบบควบคุมเครื่องต้นแบบบรรจุกาละแมกึ่งอัตโนมัติ

2. ขั้นตอนออกแบบโครงสร้างเครื่องบรรจุกาละแมกึ่งอัตโนมัติ

1) โครงสร้างเครื่องบรรจุกาละแมแบบกึ่งอัตโนมัติใช้วัสดุที่ประกอบจากสแตนเลส ซึ่งมีคุณสมบัติไม่ก่อให้เกิดสนิมตามมาตรฐานที่ใช้กับอุตสาหกรรมอาหาร โดยการออกแบบได้คำนึงถึงการใช้งานที่สะดวก มีน้ำหนักเบา สามารถเคลื่อนย้ายและทำความสะอาดได้ง่าย เพื่อป้องกันการเกิดเชื้อโรคสะสม โดยออกแบบเป็นทรงกระบอก สามารถบรรจุกาละแม ครั้งละ 3 กิโลกรัม ด้านปลายมีช่องทางออกของกาละแม จำนวน 1 ช่อง

2) ตัวเครื่องบรรจุกาละแมกึ่งอัตโนมัติ มีขนาดความกว้าง 50 เซนติเมตร ยาว 30 เซนติเมตร และสูง 70 เซนติเมตร เฉพาะตัวเครื่องมีน้ำหนัก 4 กิโลกรัม อุปกรณ์ประกอบเครื่องบรรจุกาละแมกึ่งอัตโนมัติ ได้แก่ 1) Arduino nano 3.0 2) Shields Arduino nano 3.0 3) step down usb 5V 2A 4) encoder 5-24 VDC 5) บอร์ดไดร์ SE-HB40-1 6) ปุ่มเลือกระดับ 3 ปุ่ม 7) ปุ่มขึ้นลงสุด 2 ปุ่ม 8) ปุ่มแบบใช้เท้าเหยียบ 9) Led + Resistor 10) Switching 24v 10A และ 11) มอเตอร์รุ่น ZGBX70FMM 24V 100RPM ดังภาพประกอบ 4

ภาพประกอบ 4 โครงสร้างเครื่องบรรจุกาละแมกึ่งอัตโนมัติ

3) กระบอกบรรจุกาละแม มีขนาดความยาว 26 เซนติเมตร เส้นผ่านศูนย์กลาง 11 เซนติเมตร ด้านปลายกระบอกมีช่องออก จำนวน 1 ช่อง ความยาวของช่องทางออก 6 เซนติเมตร เส้นผ่านศูนย์กลาง 2.5 เซนติเมตร วางในแนวตั้ง มีสลักทำหน้าที่ล๊อคชุดกระบอกบรรจุขณะปฏิบัติงาน และปลดล๊อคสลักเพื่อถอดชุดกระบอกบรรจุออกเมื่อต้องการบรรจุเนื้อกาละแล ดังภาพประกอบ 5

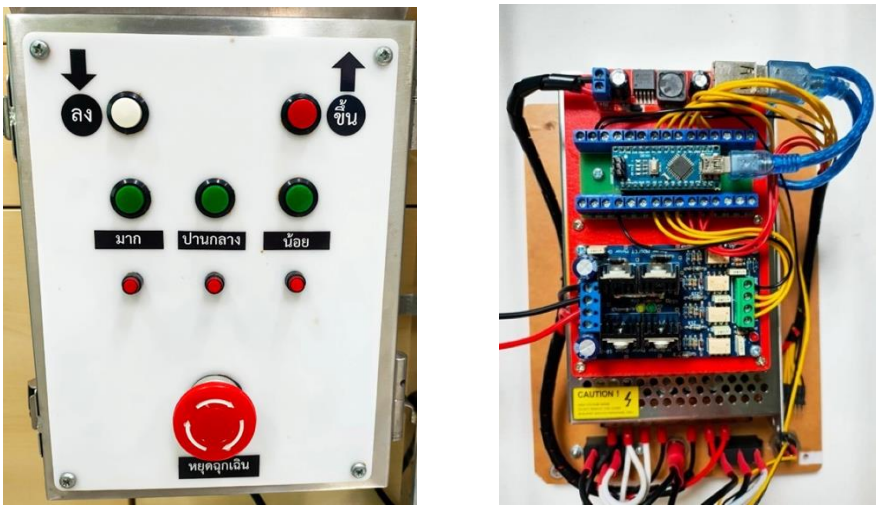
3) ชุดควบคุมการทำงานของหัวกดปั๊มบรรจุกาละแม ประกอบด้วย อุปกรณ์เอ็นโคดเตอร์ มอเตอร์เกียร์ดอกต๊าปเกลียว แท่งเหล็กต๊าปเกลียว แป้นกดวงกลม ก้านพลาสติก และอุปกรณ์ลิมิตสวิตช์ ดังภาพประกอบ 5

ภาพประกอบ 5 ชุดหัวกดปั๊มบรรจุกาละแม

3. การออกแบบคำสั่งควบคุมเครื่องบรรจุกาละแมกึ่งอัตโนมัติ

ออกแบบตามคำสั่ง ดังนี้ กำหนดให้บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino สั่งงานให้มอเตอร์เกียร์หมุน (แบบระบบอัดแรงรอบต่ำ) จากการนับจำนวนรอบการหมุนด้วยตัวเอ็นโค้ดเดอร์ ขณะเดียวกันชุดหัวกดปั๊มจะเลื่อนลงมาลงในกระบอกบรรจุกาละแม อัดเนื้อกาละแมให้ไหลออกทางช่องทางออกด้านล่าง เมื่อมอเตอร์หมุนครบจำนวนรอบที่

ได้กำหนดค่าไว้ มอเตอร์จะหยุดทำงาน ด้วยคำสั่งให้หยุดทำงานเป็นวินาที เมื่อครบระยะเวลาหยุด มอเตอร์จะหมุนตามจำนวนรอบที่กำหนดไว้ ทำ กรณีเลือก 1) แบบกึ่งอัตโนมัติ สามารถกดปุ่มเลือกปริมาณน้ำหนักที่ต้องการ เช่น 50 กรัม (น้อย) 80 กรัม (ปานกลาง) และ 120 กรัม (มาก) กดหนึ่งครั้ง ระบบสั่งงานจากการกดสวิตช์แป้นเหยียบ เมื่อเหยียบแป้นหนึ่งครั้งระบบจะสั่งให้ตัวมอเตอร์เกียร์รอบต่ำทำงาน โดยชุดหัวกดปั๊มบรรจุจะเลื่อนหัวปั๊มลงในกระบอกบรรจุกาละแม กาละแมจะไหลออกมาตามปริมาณน้ำหนักที่กำหนด กรณีเลือก 2) แบบแมนนอล กำหนดน้ำหนักตามที่ต้องการ เลือกกดปุ่มลง เพื่อสั่งให้ชุดหัวกดปั๊มบรรจุกาละแม เลื่อนหัวปั๊มลงในกระบอกบรรจุกาละแมด้วยการใช้มือกดปุ่มค้างไว้ เมื่อต้องการหยุดให้ปล่อยสวิตช์ปุ่มกดออก เมื่อสิ้นสุดกระบวนการกด สามารถสั่งการให้ชุดหัวกดปั๊มบรรจุกาละแมเลื่อนขึ้นด้วยการกดปุ่มขึ้น จนกว่าแป้นกดจะเลื่อนขึ้นมาแตะลิมิตสวิตช์ที่กำหนดไว้ มอเตอร์จะหยุดทำงาน เพื่อให้บรรจุถุงกาละแมชุดใหม่ได้ทันที ดังภาพประกอบ 6



ภาพประกอบ 6 วงจรควบคุมการทำงานเครื่องบรรจุกาละแมกึ่งอัตโนมัติ

การเขียนคำสั่งโปรแกรม ไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino

```
#include <Encoder.h>
/*---------Config---------------*/
#define speed_Motor 50   // 0 -> 100% of Speed
#define step1_cycle 2    // 40กรัม : 0.8 cm
#define step2_cycle 3    // 80กรัม : 1.5 cm
#define step3_cycle 4    // 120กรัม :  3 cm
/*---------Config---------------*/
#define led1 9
#define led2 8
#define led3 7
#define sw_Up      A0
#define sw_Down  A1
#define sw_Step1  A2
#define sw_Step2  A3
#define sw_Step3  A4
#define sw_Foot    A5
#define limit_Up   11
#define limit_Down 10
#define motorB   4
#define motorA   5
#define motorPwm 6
Encoder myEnc(2, 3); // (Phase A , Phase B)
int speed_use = map(speed_Motor, 0, 100, 0, 255);
byte stepJob = 0;
byte stepFoot = 0;
byte step_move = 0;
bool manual_check = true;
long pos = 0;
void setup() {
Serial.begin(9600);
Serial.println("Start..");
pinMode(led1, OUTPUT);
pinMode(led2, OUTPUT);
pinMode(led3, OUTPUT);
pinMode(sw_Up, INPUT_PULLUP);
pinMode(sw_Down, INPUT_PULLUP);
pinMode(sw_Step1, INPUT_PULLUP);
pinMode(sw_Step2, INPUT_PULLUP);
pinMode(sw_Step3, INPUT_PULLUP);
pinMode(sw_Foot, INPUT_PULLUP);
pinMode(limit_Up, INPUT_PULLUP);
pinMode(limit_Down, INPUT_PULLUP);
pinMode(motorA, OUTPUT);
pinMode(motorB, OUTPUT);
pinMode(motorPwm, OUTPUT);
}
void loop() {
//  Serial.println(String(digitalRead(sw_Step1)) + "   " + String(digitalRead(sw_Foot)));
  step_control();
  manual_control();
}
void manual_control() {
  if (digitalRead(sw_Up) == 0 || digitalRead(sw_Down) == 0)manual_check=true;
  if (digitalRead(sw_Up) == 0 && digitalRead(sw_Down) == 1) {
    motor(speed_use);
  } else if (digitalRead(sw_Down) == 0 && digitalRead(sw_Up) == 1) {
    motor(-speed_use);
  } else {
    if (manual_check == true) {
      motor(0);
      manual_check=false;
    }
  }
}
void step_control() {
  if (digitalRead(sw_Step1) == 0) {
    stepJob = 1;
  } else if (digitalRead(sw_Step2) == 0) {
    stepJob = 2;
  } else if (digitalRead(sw_Step3) == 0) {
    stepJob = 3;
  }
  if (stepJob == 1) {
    step_working("STEP1", step1_cycle, 1, 0, 0);
  } else if (stepJob == 2) {
    step_working("STEP2", step2_cycle, 0, 1, 0);
  } if (stepJob == 3) {
    step_working("STEP3", step3_cycle, 0, 0, 1);
  }
}
void step_working(String st, int cycle, byte lig1, byte lig2, byte lig3) {
  Serial.println(st);
  digitalWrite(led1, lig1); digitalWrite(led2, lig2); digitalWrite(led3, lig3);
  if (digitalRead(sw_Foot) == 0 && stepFoot == 0) {
    stepFoot = 1;
  } else if (digitalRead(sw_Foot) == 1 && stepFoot == 1 ) {
    // motor work this place !!
    Serial.println("Motor Step 1g working");
    movement_motor(cycle);
    stepFoot = 0;
  }
}
void movement_motor(int cycle) {
  if (step_move == 0) {
    cycle = cycle * 400;
    myEnc.write(0);
    step_move = 1;
  }
  if (step_move == 1 ) {
    while (true) {
      pos = abs(myEnc.read());
      Serial.println(pos);
      if (pos < cycle) {
        if (digitalRead(limit_Down) == 0) {
          motor(0);
          step_move = 0;
          break;
        }
        motor(-speed_use);
      }
      if (pos > cycle) {
        motor(0);
        step_move = 0;
        break;
      }
    }
  }
}
void motor(int Speed) {
  if (digitalRead(limit_Up) == 0) {
    if (Speed > 0)Speed = 0;
  }
  if (digitalRead(limit_Down) == 0) {
    if (Speed < 0)Speed = 0;
  }
  if (Speed == 0)
  {
    Serial.println("MOTOR Stop");
    digitalWrite(motorA, 1);
    digitalWrite(motorB, 1);
  } else if (Speed > 0)
  {
    Serial.println("MOTOR Up");
    digitalWrite(motorA, 1);
    digitalWrite(motorB, 0);
  } else if (Speed < 0)
  {
    Serial.println("MOTOR Down");
    digitalWrite(motorA, 0);
    digitalWrite(motorB, 1);
  }
  analogWrite(motorPwm, abs(Speed));
}
```

ภาพประกอบ 7 คำสั่งโปรแกรม ไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino

ผลการวิจัย

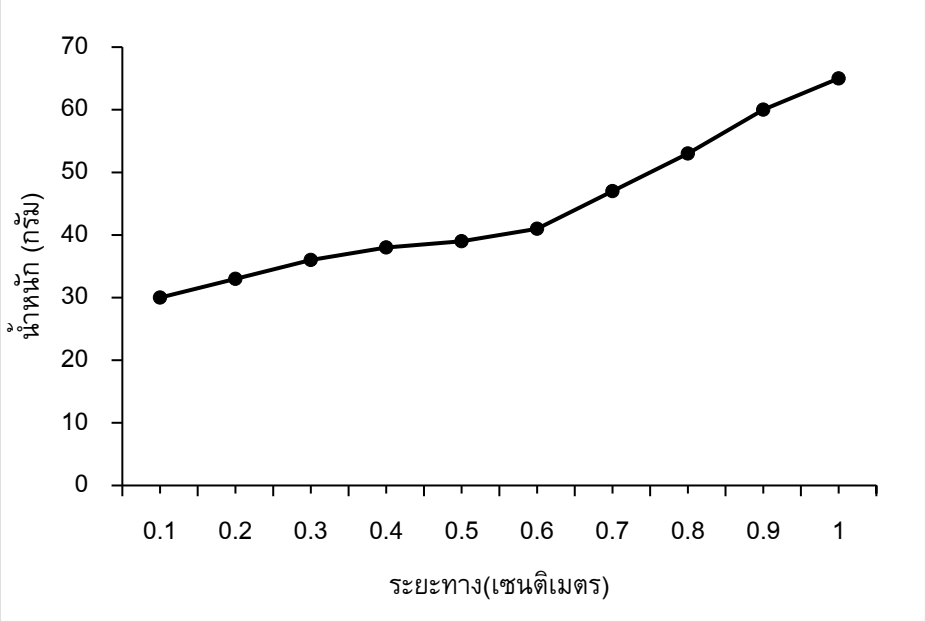
1) ระบบการควบคุมเครื่องบรรจุกาละแมกึ่งอัตโนมัติ มีลักษณะการทำงาน ดังนี้ สั่งการด้วยระบบไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino สามารถเลือกการทำงานระบบได้ 2 รูปแบบ ได้แก่ 1) แบบกึ่งอัตโนมัติ แบบกดน้ำหนักคงที่ 3 ระดับ คือ 50 80 และ 120 กรัม สั่งงานด้วยสวิตช์เท้าเหยียบ และ 2) แบบแมนนอล กำหนดน้ำหนักตามความต้องการ สั่งงานด้วยการใช้มือกดปุ่มค้าง ระบบสามารถทำงานได้ตามคำสั่งที่โปรแกรมไว้

2) วิธีการทดสอบสมภรรนะระบบควบคุมเครื่องบรรจุกาละแมกึ่งอัตโนมัติ

2.1) การตั้งค่าระยะการกด 1) แบบกึ่งอัตโนมัติ แบบกดน้ำหนักคงที่ เริ่มต้นเลือกระดับ 50 กรัม(น้อย) 80 กรัม(ปานกลาง) และ 120 กรัม(มาก) ตามลำดับ จากนั้นใช้สวิตช์แบบเท้าเหยียบ สั่งการให้ชุดหัวกดปั๊มบรรจุกาละแมเลื่อนกดลงในกระบอก อัดให้เนื้อกาละแมไหลออกมาทางช่องทางออกด้านล่างของกระบอก จากนั้นตรวจสอบด้วยวิธีการชั่งน้ำหนักกาละแม ปรับตั้งค่ารอบการหมุนของมอเตอร์ เพื่อกำหนดระยะการกดด้วยโปรแกรมไมโครคอลโทรลเลอร์ Arduino ให้ได้น้ำหนักตามที่ต้องการ เมื่อได้รอบการหมุนของมอเตอร์และระยะการกดเริ่มต้นแล้วให้ทำการทดลองซ้ำเพื่อหาระยะการกดที่เหมาะสมกับ ของแต่ละน้ำหนัก

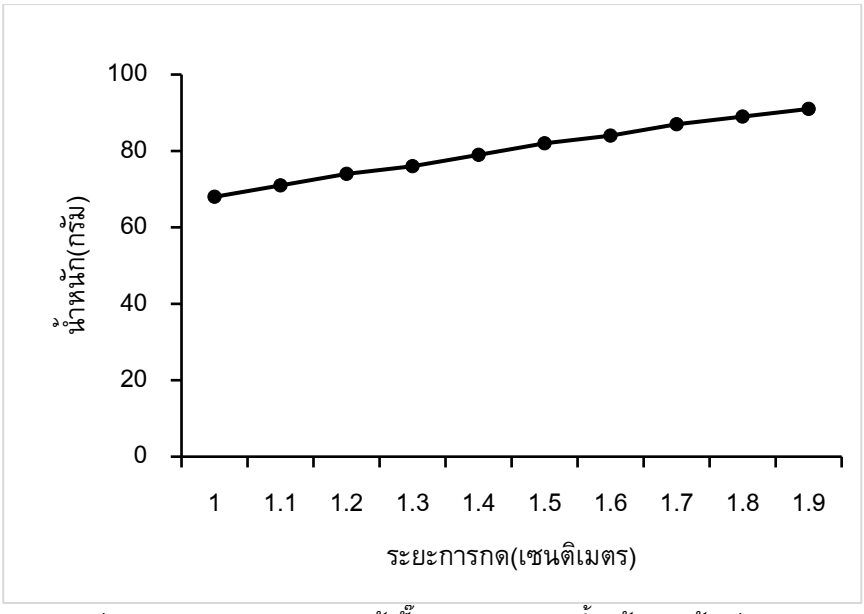
2.2) การทดลอง 2) แบบแมนนอล กำหนดน้ำหนักตามความต้องการ เมื่อกดปุ่มขึ้น กรณีต้องการเปลี่ยนถุงบรรจุกาละแมหรือเสร็จสิ้นกระบวนการปั๊ม และกรณีกดปุ่มลง ชุดหัวกดปั๊มจะเลื่อนลงในกระบอกอัดให้เนื้อกาละแมจะไหลออกมาทางช่องทางออกด้านล่างของกระบอก จากนั้นตรวจสอบด้วยวิธีการชั่งน้ำหนักกาละแม ถ้าต้องการเพิ่มให้กดปุ่มเลื่อนลงค้างไว้จนกว่าจะได้ขนาดหนักหนักที่ต้องการ กรณีเกินขนาดน้ำหนักที่ต้องการให้ตัดออก

ผลการปรับตั้งค่าจำนวนรอบการหมุนของมอเตอร์เพื่อปรับระยะการกดของชุดหัวกดปั๊มบรรจุกาละแม มีผลการทดลอง ดังนี้



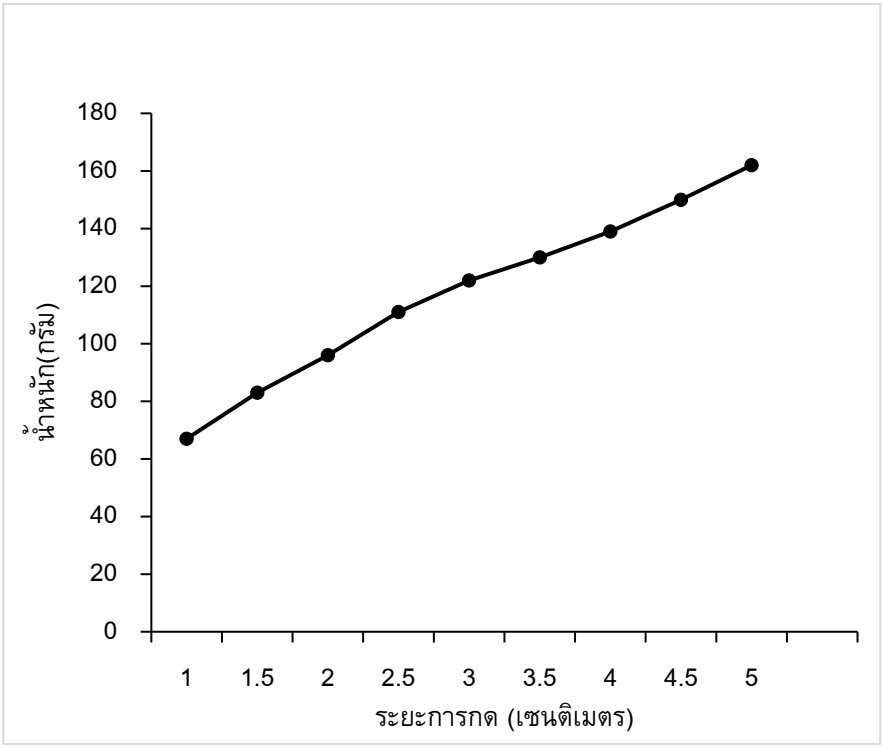
ภาพประกอบ 8 ระยะการกดของชุดหัวปั๊มกดบรรจุกาะลแม น้ำหนัก 50 กรัม(น้อย)

จากภาพประกอบ 8 ระยะการกดของชุดหัวปั๊มกดบรรจุกาะลแม ที่น้ำหนัก 50 กรัม(น้อย) ด้วยการกำหนดระยะการกดจากการกำหนดรอบการหมุนของมอเตอร์เกียร์ และชุดหัวกดปั๊มบรรจุกาละแม พบว่า ที่ระดับแรงกดที่ 0.8 เซนติเมตร ได้น้ำหนักกาละแม ไม่น้อยกว่า 50 กรัม



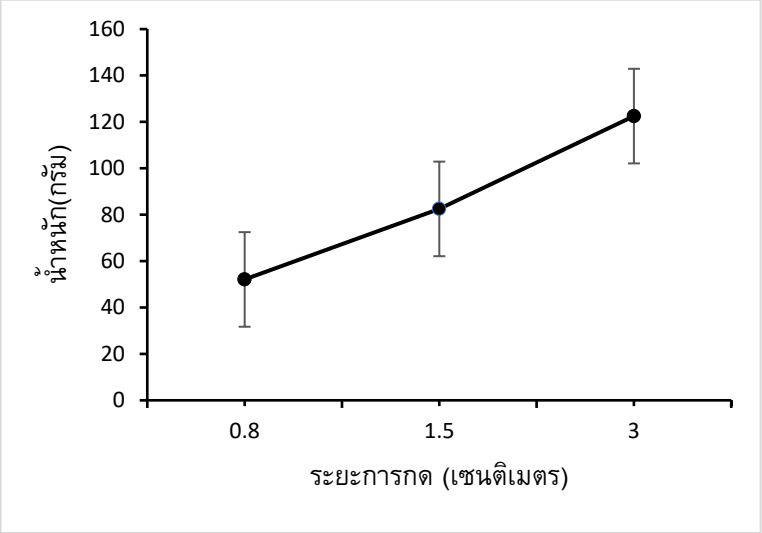
ภาพประกอบ 9 ระยะการกดของชุดหัวปั๊มกดบรรจุกาะลแม น้ำหนัก 80 กรัม (ปานกลาง)

จากภาพประกอบ 9 ระยะการกดของชุดหัวปั๊มกดบรรจุกาะลแม 80 กรัม(ปานกลาง) ด้วยการกำหนดระยะการกดจากการกำหนดรอบการหมุนของมอเตอร์เกียร์ และชุดหัวกดปั๊มบรรจุกาละแม พบว่า ที่ระดับแรงกดที่ 1.5 เซนติเมตร ได้น้ำหนักกาละแม ไม่น้อยกว่า 80 กรัม



ภาพประกอบ 10 ระยะการกดของชุดหัวปั๊มกดบรรจุกาะลแม น้ำหนัก120 กรัม (มาก)

จากภาพประกอบ 10 ระยะการกดของชุดหัวปั๊มกดบรรจุกาะลแม ที่น้ำหนัก 120 กรัม(มาก) ด้วยการกำหนดระยะการกดจากการกำหนดรอบการหมุนของมอเตอร์เกียร์ และชุดหัวกดปั๊มบรรจุกาละแม พบว่า ที่ระดับแรงกดที่ 3 เซนติเมตร ได้น้ำหนักกาละแม ไม่น้อยกว่า 120 กรัม



ภาพประกอบ 11 ระดับแรงกด(เซนติเมตร) เทียบกับน้ำหนัก(กรัม)

จากภาพประกอบ 11 ผลการดำเนินการทดสอบซ้ำ ที่ระดับแรงกด 0.8 1.5 และ 3 เซนติเมตร พบว่า ค่าเฉลี่ยใกล้เคียงกับ น้ำหนักเฉลี่ยที่ต้องการ 52.1 82.5 และ 122.5 กรัม ค่าความผิดพลาดประมาณ +3 กรัม ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่ผู้ผลิตสามารถยอมรับได้

ภาพประกอบ 12 ลักษณะซองบรรจุกาละแม ขนาด 50 80 และ 120 กรัม

สรุปและอภิปรายผล

จากการออกแบบระบบควบคุมเครื่องบรรจุกาละแมแบบกึ่งอัตโนมัติ นำมาอภิปลายผล ดังนี้

การพัฒนาต้นแบบเครื่องบรรจุกาละแมแบบกึ่งอัตโนมัติ สามารถบรรจุเนื้อกาละแมได้ครั้งละ ประมาณ 3 กิโลกรัม เมื่อกดปุ่มสามารถเลือกระบบการทำงานได้ 2 แบบ คือ แบบน้ำหนักคงที่ และแบบกดน้ำหนักตามความต้องการ สำหรับแบบกดน้ำหนักคงที่ เลือกได้ จำนวน 3 ระดับ คือ น้ำหนัก 50 กรัม (น้อย) 80 กรัม(ปานกลาง) และ 120 กรัม(มาก) สั่งการโดยใช้สวิตช์เท้าเหยียบ สำหรับกดชุดหัวกดปั๊มบรรจุกาละแมเลื่อนลงในกระบอก ตัวปั๊มจะอัดเนื้อกาละแมไหลออกทางช่องทางออกด้านปลายกระบอก นำกาละแมที่กดได้ไปชั่งเพื่อหาแรงกดที่เหมาะสมกับน้ำหนักที่ต้องการสอดคล้องกับงานวิจัย นิวัฒน์ ใจคำ(2562) ได้ศึกษาเรื่องการออกแบบและพัฒนาเครื่องบรรจุเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการบรรจุน้ำพริกน้ำเงี้ยว โดยใช้โปรแกรมในการควบคุมการหมุนของมอเตอร์ให้ป้อนน้ำพริกน้ำเงี้ยวในปริมาณที่ต้องการได้ และสามารถลดการสัมผัสกับเนื้อกาละแมในกระบวนการบรรจุได้ และสอดคล้องกับรัตนา อัตตปัญโญ และคณะ (2560) ในการวิจัยการพัฒนากระบวนการผลิตกาละแมเพื่อยืดอายุการเก็บรักษา เพื่อลดการสัมผัสโดยกาละแมสามารถลดการเสื่อมสภาพของกาละแมได้นานขึ้น ทำให้ระยะเวลาในการบรรจุเนื้อกาละแมลงซองบรรจุภัณฑ์ลดลงได้จริง

การวิเคราะห์เพื่อประเมินสมรรถนะเครื่องบรรจุกาละแมแบบกึ่งอัตโนมัติ พบว่า เมื่อทำการกดปุ่มเลือกน้ำหนักที่ต้องการ ระบบควบคุมสามารถกดน้ำหนักเนื้อกาละแมออกมาได้ตามคำสั่งที่ป้อนให้ โดยระดับแรงกด ที่ 0.8 1.5 และ 3 เซนติเมตร ได้น้ำหนักเฉลี่ย 52.1 82.5 และ 122.5 กรัม ตามลำดับ ค่าความคลาดเคลื่อน +3 กรัม ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่ผู้ผลิตยอมรับได้

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะสำหรับการนำผลการวิจัยไปใช้

1.1 การออกแบบระบบควบคุมการทำงานของเครื่องบรรจุกาละแม สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับการทำงานของเครื่องที่ใช้การควบคุมการทำงานของมอเตอร์เกียร์ ด้วยวิธีการนับจำนวนรอบการหมุนของมอเตอร์ผ่านเอ็นโคดเดอร์มอเตอร์นับจำนวนรอบ และส่งข้อมูลเข้าประมวลผลด้วยโปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino ทำให้การเคลื่อนที่ขึ้นลงของมอเตอร์มีความแม่นยำขึ้น

1.2 การออกแบบด้วยชุดหัวกดปั๊มบรรจุกาละแม ใช้ชุดควบคุมการทำงานของหัวกดปั๊มบรรจุกาละแม ประกอบด้วย อุปกรณ์เอ็นโคดเตอร์ มอเตอร์เกียร์ ดอกต๊าปเกลียว แท่งเหล็กต๊าปเกลียว แป้นกดวงกลม ก้านพลาสติก และอุปกรณ์ลิมิตสวิตช์ เป็นชุดต้นกำลังสำหรับกดชุดหักกดปั๊มบรรจุกาละแม สามารถทำงานร่วมกันได้อย่างดี

2. ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป

การออกแบบระบบควบคุมการทำงานของเครื่องบรรจุกาละแม โปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino เมื่อทำงานในสภาพแวดล้อมที่มีอุณหภูมิสูง จะทำให้การประมวลผลล่าช้า หรือจำเป็นต้องหยุดการทำงานเพื่อระบายความร้อน ดังนั้น ในการวิจัยครั้งต่อไปเสนอให้ใช้ระบบการประมวลผลด้วยอุปกรณ์ที่สามารถปรับการทำงานในทุกสภาพแวดล้อม เช่น ไมโครคอนโทรลเลอร์ PLC อุปกรณ์ไฟฟ้าในระดับงานอุตสาหกรรม เป็นต้น

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับสนับสนุนงบประมาณจาก ศูนย์บ่มเพาะธุรกิจ มหาวิทยาลัยราชภัฏสุราษฎร์ธานี และความร่วมมือระหว่างกลุ่มผู้ประกอบการกลุ่มกาละแมแม่ปรีดา สำหรับสนุนกาละแมและสถานที่สำหรับการทดลอง อาจารย์แผนกวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคสุราษฎร์ธานี สนับสนุนข้อความด้านเทคนิค อาจารย์สาขาวิชา

เทคโนโลยีไฟฟ้าอุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสุราษฎร์ธานี สนับสนุนข้อมูลด้านเทคนิคและเครื่องมือวัด

บรรณานุกรม

จีราวุธ วารินทร์. (2561). *Arduino Uno พื้นฐานสำหรับงาน IOT*. กรุงเทพฯ: รีไววา.

ดอนสัน ปงผาบ. (2563). *ไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino*. กรุงเทพฯ: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).

นิวัฒน์ชัย ใจคำ, อำนวย คำบุญ, วรพจน์ ศิริรักษ์, พีรวัตร ลือสัก, จารุวัฒน์ ขุนเทา, นิธิกุล กำวีวง, และ อุดร ใจกันทา. (2563). *การออกแบบและพัฒนาเครื่องบรรจุเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการบรรจุน้ำพริกน้ำเงี้ยว*. เชียงราย: สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา.

ปวรุตม์ เปี่ยมแก้ว, อกนิษฐ์ ผดุงเรืองกิจ, กรณัฐ รัตนนท์, เมธา อึ่งทอง, และอภิชาต ศรีประดิษฐ. (2563). *การออกแบบและพัฒนาเครื่องบรรจุน้ำปลาร้ากึ่งอัตโนมัติ*. กรุงเทพฯ: สาขาวิชาวิศวกรรมการผลิตและอุตสาหการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน กาละแม. (2548). สืบค้นจาก https://fic.nfi.or.th/law/upload/file1/TH_1468.pdf

รุ่งเพชร สุวรรณ, บุญชัย แซ่ลิ้ว, และศุภรัชชัย วรรัตน์. (2557). *การออกแบบและพัฒนาเครื่องบรรจุน้ำเพื่อเพิ่มผลิตภาพในกระบวนการผลิต: กรณีศึกษาโรงงานผลิตน้ำนมข้าวโพด*. กรุงเทพฯ: สาขาวิชาการจัดการทางวิศวกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์.

ศิริชัย ต่อสกุล, และกุณฑล ทองศรี. (2558). *การออกแบบและพัฒนาเครื่องบรรจุน้ำพริกแบบกึ่งอัตโนมัติ*. ปทุมธานี: ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.

สกล นันทศรีวิวัฒน์. (2543). *การพัฒนาเครื่องหยอดขนมทองหยอด* (วิทยานิพนธ์ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต). วิชาเอกอุตสาหกรรมศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.

สิทธิพงศ์ อินทรายุทธ, และธราธิป ภู่ระหงษ์.(2559). *การพัฒนาเครื่องรีดลิ้นแคนควบคุมอัตโนมัติด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino.* การประชุมวิชาการครุศาสตร์อุตสาหกรรมระดับชาติ ครั้งที่ 9. คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

สิริยากร กิตติสกุลกาญจน์, และธเนศ ธนิตย์ธีรพันธ์. (2566). *การพัฒนาและการหาประสิทธิภาพของชุดทดลองการควบคุมระบบแสงสว่างด้วย Arduino สำหรับนักศึกษาประกาศนียบัตรวิชาชีพ.* National Conference on Technical Education ครั้งที่ 15 คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.