

การพัฒนาระบบยกถ้วยออกจากสายพานลำเลียงของเครื่องบรรจุ ขนมพุดดิ้งมะพร้าวอ่อนแบบอัตโนมัติ

Development of an Unloading system from the Conveyor of Automated Packaging Machine for Coconut Pudding

เสริมพงษ์ เนียมสกุล¹ ยิงยศ เอื้ออุฬาร² และ จิราวรรณ เนียมสกุล^{3*}

¹สาขาวิชาการจัดการโลจิสติกส์และโซ่อุปทาน

คณะโลจิสติกส์และซัพพลายเชน มหาวิทยาลัยศรีปทุม วิทยาเขตชลบุรี

²สาขาวิชาวิศวกรรมการผลิตและกระบวนการ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกลและกระบวนการ

บัณฑิตวิทยาลัย วิศวกรรมศาสตรบัณฑิตสาขาวิศวกรรม ไทย-เยอรมัน

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

³สาขาวิชาการจัดการโลจิสติกส์และโซ่อุปทาน

คณะโลจิสติกส์และซัพพลายเชน มหาวิทยาลัยศรีปทุม วิทยาเขตชลบุรี

E-mail: sermpong.nie@gmail.com¹, yingyot.a@tggs.kmutnb.ac.th², jirawannie@gmail.com^{3*}

บทคัดย่อ

ขนมพุดดิ้งมะพร้าวอ่อนเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีเนื้อสัมผัสอ่อนนุ่มและแตกหักเสียหายได้ง่าย ปัญหาในกระบวนการบรรจุของบริษัท กรณีศึกษา คือถ้วยพุดดิ้งหล่นจากสายพานเนื่องจากเครื่องจักรที่ใช้ในการบรรจุเป็นเครื่องบรรจุน้ำดื่มถ้วย แต่บริษัทได้นำมาปรับใช้บรรจุพุดดิ้ง เครื่องบรรจุนี้ไม่มีกลไกยกถ้วยออกจากสายพานเพราะถ้วยน้ำสามารถเทออกจากสายพานท้ายเครื่องได้โดยถ้วยน้ำไม่เกิดความเสียหาย แต่ถ้วยพุดดิ้งไม่สามารถทำเช่นนั้นได้ จึงต้องใช้คนงานดึงถ้วยออกทำให้บางครั้งคนงานยกออกไม่ทันถ้วยจึงหล่นลงที่พื้นทำให้เนื้อพุดดิ้งเสียหาย คิดเป็นอัตราสินค้าเสียหายร้อยละ 5 ต่อวัน หรือเฉลี่ย 350 ถ้วยต่อวัน บ่อยครั้งที่ถ้วยแตกทำให้กระบวนการผลิตโดยรวมหยุดชะงักและใช้เวลาทำความสะอาดเครื่องจักรเฉลี่ยในทุก 30 นาที งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบยกถ้วยพุดดิ้งออกจากสายพานแบบอัตโนมัติด้วยระบบนิวเมติกส์ โดยไม่ทำให้เนื้อพุดดิ้งที่มีความอ่อนนุ่มเสียหาย สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและลดต้นทุนของเสียจากกระบวนการบรรจุ โดยการเคลื่อนย้ายถ้วยพุดดิ้งจะเคลื่อนที่ในแนวตั้งและแนวนอนด้วยความเร็วที่เหมาะสมเพื่อป้องกันไม่ให้เนื้อพุดดิ้งแตก ผลการวิจัยพบว่าระบบยกถ้วยพุดดิ้งที่พัฒนาขึ้นสามารถยก

* Corresponding author, e-mail: jirawannie@gmail.com

ถ้วยพุตติ้งได้ต่อเนื่องโดยไม่เกิดของเสีย จากการทดสอบยกถ้วยพุตติ้งขนาดความจุ 5 ออนซ์และ 6 ออนซ์ ต่อเนื่อง 1,000 ถ้วย ความเร็วสูงสุดที่ไม่ทำให้เนื้อพุตติ้งเสียหายในแนวนอนคือ 416.67 มิลลิเมตรต่อวินาที และในแนวตั้งคือ 197.37 มิลลิเมตรต่อวินาที ทำให้ความสามารถในการผลิตเพิ่มขึ้นอย่างน้อยร้อยละ 100 และลดต้นทุนของเสียได้ร้อยละ 100

คำสำคัญ: ระบบยกถ้วยอัตโนมัติ พุดติ้งมะพร้าวอ่อน เครื่องบรรจุ

Abstract

The coconut pudding product is characterized by a soft texture easily susceptible to damage. A key issue in the packaging process of the case study company is that pudding cups frequently fall from the conveyor belt. This is because the machinery used for packaging was originally designed for filling drinking cups and was later adapted for pudding packaging. The water filling machine lacks a mechanism to lift the cups from the conveyor, as the water cups can be tipped off the end of the conveyor without incurring damage. However, this approach is unsuitable for pudding cups, which require manual worker removal. Occasionally, workers fail to remove the cups in time, causing them to fall to the floor and damage the pudding. This results in a daily product damage rate of 5%, or approximately 350 cups per day. The pudding breakages also cause production to discontinue and require an average of 30 minutes to clean the machinery. This research aims to develop an automatic system for lifting pudding cups from the conveyor using pneumatic technology, without damaging the soft pudding texture. The goal is to enhance production efficiency and reduce waste costs associated with the packaging process. The system is designed to move the pudding cups vertically and horizontally at an appropriate speed to prevent damage. The research findings indicate that the developed system successfully lifts the pudding cups continuously without generating waste. Testing with 5-ounce and 6-ounce pudding cups across 1,000 continuous lifts was demonstrated to reveal the system's efficiency. The maximum horizontal speed that does not damage the pudding is 416.67 millimeters per second, and the maximum vertical speed is 197.37 millimeters per second. This improvement increases production capacity by at least 100% and reduces waste costs by 100%

Keywords: Automated unloading system, Young Coconut Pudding, Packing Machine

1. ที่มาและความสำคัญ

บริษัท ทรนศึกษา ผู้ผลิตพุตติ้งมะพร้าวอ่อนส่งขายทั้งในและต่างประเทศ มีกำลังการผลิตเฉลี่ย 7,000 ถ้วยต่อวัน และสูงสุด 10,000 ถ้วยต่อวัน (ใช้เวลาผลิต 12-21 ชั่วโมง ต่อวัน) ในกระบวนการผลิตประสบปัญหาดังนี้

1. การใช้เวลานานสำหรับการบรรจุถ้วยพุตติงติดสายพานแน่น ไม่สามารถยกออกมาจากสายพานได้ง่าย เนื่องจากเครื่องจักรที่ใช้เป็นเครื่องจักรเทียบเคียงจากกระบวนการบรรจุน้ำดื่ม จึงไม่เหมาะสมกับการบรรจุสินค้าประเภทที่มีเนื้อพุตติง จึงทำให้เครื่องจักรในกระบวนการบรรจุต้องหยุดทำงานเฉลี่ยทุก ๆ 30 นาที เพื่อแกะถ้วยพุตติงออกจากสายพานและสามารถผลิตสินค้าได้เพียง 7,000-10,000 ถ้วยต่อ 12-21 ชั่วโมง

2. สินค้าเสียหายจากถ้วยพุตติงหล่นจากสายพานและตกพื้นทำให้เนื้อพุตติงแตก (คิดเป็นอัตราสินค้าเสียหาย 5%/วัน หรือเฉลี่ย 350 ถ้วย/วัน) เนื่องจากพนักงานยกถ้วยพุตติงออกจากสายพานไม่ทัน ทำให้สินค้าหล่นเสียหายและกลายเป็นของเสีย ทำให้หยุดเครื่องบรรจุและสายการผลิตเพื่อทำความสะอาดพื้นที่และเครื่องจักร (ประมาณ 30 นาที/ครั้ง)



รูปที่ 1 การยกถ้วยพุตติงออกจากสายพานบรรจุด้วยคนงาน

จากผลการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาในเชิงลึกที่เกิดขึ้น คิดเป็นเวลาสูญเสียไปจากการหยุดเครื่องจักร 6-10 ชั่วโมง/วัน และคิดเป็นค่าล่วงเวลาที่เกิดขึ้นเฉลี่ย 4-13 ชั่วโมง/วัน ประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องจักรปัจจุบันคือร้อยละ 50 ดังนั้นในการวิจัยนี้ จึงพัฒนาเครื่องจักรสำหรับกระบวนการบรรจุแบบอัตโนมัติ โดยจุดวิจัยหลักคือระบบการยกถ้วยพุตติงออกจากสายพาน รวมถึงการวิเคราะห์ทิศทางและความเร็วการยกของกลไกที่มีประสิทธิภาพเหมาะสมที่ไม่ทำให้พุตติงเสียหาย ในขณะเดียวกันก็สามารถทำงานได้อย่างรวดเร็วที่สุด เพื่อให้กระบวนการผลิตรวมมีประสิทธิภาพสูงขึ้น ลดของเสีย ลดต้นทุนการผลิต ทำให้บริษัทสามารถรับคำสั่งซื้อได้เพิ่มมากขึ้น รวมถึงสามารถเป็นเครื่องจักรช่วยในการผลิตแบบอัตโนมัติให้กับผู้ประกอบการรายอื่นที่มีผลิตภัณฑ์คล้ายคลึงกัน

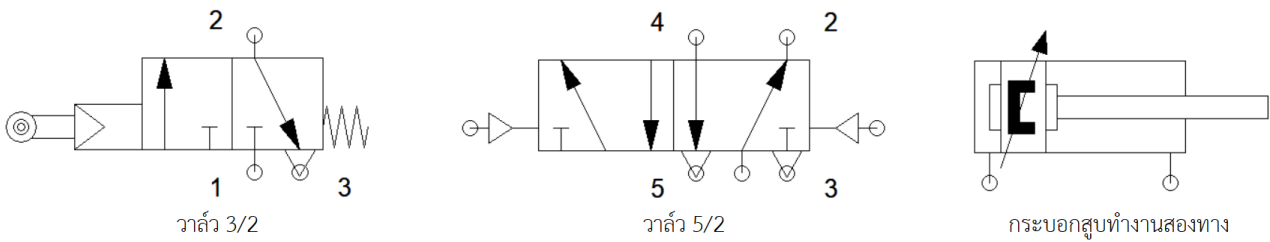
2. วัตถุประสงค์โครงการ

ออกแบบและสร้างระบบยกถ้วยพุตติงออกจากสายพานสำหรับเครื่องบรรจุขนมพุตติงมะพร้าวอ่อนแบบอัตโนมัติเพื่อลดของเสียจากกระบวนการบรรจุมากกว่าร้อยละ 80

3. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

3.1 ศึกษาทฤษฎีเกี่ยวข้องกับชิ้นส่วนในระบบนิวเมติกส์ที่ใช้ในการออกแบบกลไกระบบยกถ้วยพุตติง ประกอบด้วยอุปกรณ์หลักที่สำคัญดังนี้ เครื่องอัดลมและถังพักลม (Air compressor & Receiver), ตัวกรองลมหลัก (Main Air Filter), วาล์วควบคุมการไหลของลม (Solenoid Valve) โดยจะใช้วาล์ว 3/2 ควบคุมด้วยลูกกลิ้งและสปริงดันกลับ เป็นตัวควบคุมวาล์ว 5/2 ควบคุมด้วยลมเพื่อสั่งการกระบอกสูบ, กระบอกสูบทำงานสองทาง (Double

Acting Cylinder) ในการยกถ้วยพุตติ้ง ดังที่แสดงในรูปที่ 2 โดยการเคลื่อนย้ายถ้วยต้องไม่เอียงหรือกระแทก เพื่อป้องกันการเนื่องพุตติ้งเสียหาย ดังนั้นกลไกจึงออกแบบให้เคลื่อนที่ใน 2 แกนคือแนวตั้งและแนวนอน



รูปที่ 2 สัญลักษณ์โซลินอยด์วาล์วควบคุมทิศทางการเคลื่อนที่กลไกการยก

ระบบนิวเมติกส์เป็นเทคโนโลยีที่ใช้พลังงานจากอากาศอัดในการขับเคลื่อนและควบคุมอุปกรณ์และเครื่องจักร โดยมีข้อดีในด้านความปลอดภัย กระบอกสูบ 2 ทางเป็นองค์ประกอบสำคัญของระบบนี้ ซึ่งสามารถสร้างแรงขับเคลื่อนได้ทั้งสองทิศทางผ่านการใช้อากาศอัดในทั้งสองฝั่งของลูกสูบ ทำให้เหมาะสำหรับการใช้งานที่ต้องการความแม่นยำและประสิทธิภาพสูง เช่น การเคลื่อนที่ของแกนเครื่องจักร CNC การควบคุมแขนหุ่นยนต์ในโรงงานอุตสาหกรรมและการปรับทิศทางวัสดุในระบบสายพานลำเลียง [1] ในการออกแบบระบบนิวเมติกส์และกระบอกสูบ 2 ทางด้วยซอฟต์แวร์จำลอง เช่น FluidSIM มีบทบาทสำคัญในการวิเคราะห์และทดสอบการทำงานของระบบ ช่วยให้สามารถปรับปรุงประสิทธิภาพและลดข้อผิดพลาดในการออกแบบก่อนการผลิตจริงได้ การใช้ FluidSIM ทำให้สามารถเห็นภาพรวมของระบบนิวเมติกส์และทดสอบการทำงานขององค์ประกอบต่าง ๆ ได้อย่างละเอียด ซึ่งส่งผลให้การออกแบบและพัฒนาระบบนิวเมติกส์มีความแม่นยำและประสิทธิภาพสูงขึ้น [2]

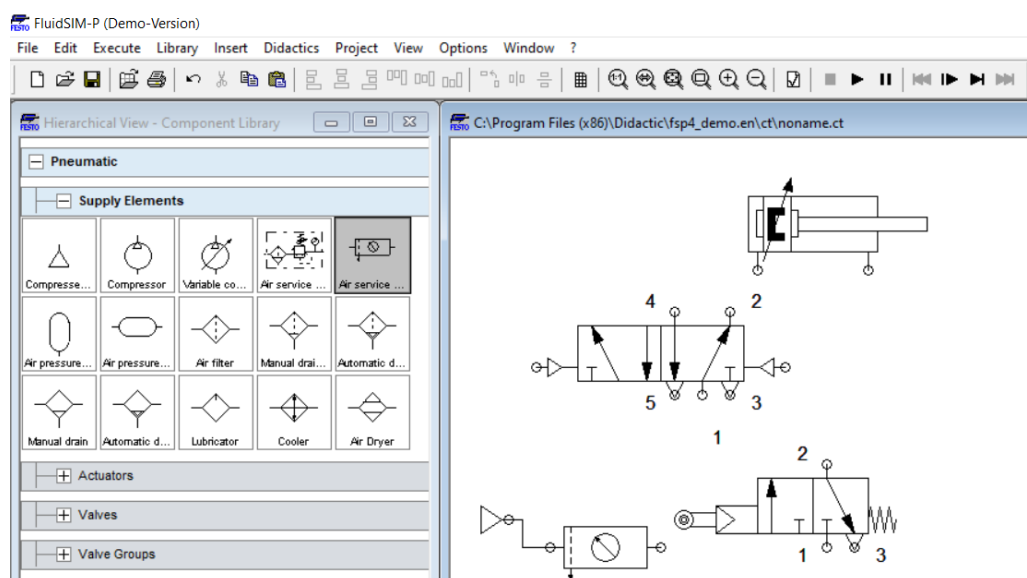
3.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง มีการออกแบบเครื่องจักรเทียบเคียงในปัจจุบัน ที่มีลักษณะการทำงานใกล้เคียงกัน และถูกออกแบบมาเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต ลดต้นทุนและลดความผิดพลาดจากการทำงานของมนุษย์ โดยมีการออกแบบและพัฒนาระบบบรรจุผลิตภัณฑ์บรรจุในกระป๋องที่มีชั้นเนื้อและของเหลวอยู่ภายใน เช่น วุ้นมะพร้าวกระป๋อง ขาไข่มุกกระป๋อง เจลลี่ ให้เหมาะสมเพื่อให้เนื้อปลอดภัยไม่เกิดความเสียหายแตกหัก ในระหว่างบรรจุ [3] ในการบรรจุของเหลวลงในถ้วยระบบกลไกการบรรจุจะขึ้นอยู่กับความหนืดของเนื้อผลิตภัณฑ์ เช่น เครื่องบรรจุน้ำนมข้าวโพดกึ่งอัตโนมัติ ถูกออกแบบมาเพื่อทำงานแทนคน โดยการบรรจุน้ำนมลงในขวดจะใช้หลักการแบบกราวิตี ปล่องนมไหลลงขวดเนื่องจากน้ำนมมีความหนืดต่ำและอัตราการไหลตัวดี [4] และมีโครงการพัฒนาบรรจุน้ำปลาร้าระบบกึ่งอัตโนมัติที่ใช้วาล์วควบคุมอัตราการไหลของน้ำให้มีความแม่นยำเท่ากันทุกขวด [5] ส่วนการบรรจุผลิตภัณฑ์ที่มีความหนืดสูงไม่สามารถบรรจุโดยการอาศัยหลักการกราวิตี ก็จะใช้ระบบนิวเมติกส์ช่วยการบรรจุแบบระบบกึ่งอัตโนมัติ เพื่อให้ได้ปริมาณที่คงที่และรวดเร็วกว่าการใช้คนงานบรรจุ [6] ในการบรรจุผลิตภัณฑ์ของเหลวที่ไม่มีชั้นเนื้อ เช่น น้ำดื่มบรรจุขวด น้ำผลไม้หรือนมสำเร็จรูป ผลิตภัณฑ์เหล่านี้มีค่าความหนืดต่ำ อัตราการไหลตัวดี การบรรจุสามารถใช้หลักการแบบกราวิตีได้ แต่หลักการนี้ควบคุมความแม่นยำของปริมาณได้ยาก จึงจำเป็นต้องใช้ระบบวาล์วนิวเมติกส์เข้ามาช่วยควบคุมการจ่ายของเหลว ทั้งแบบอัตโนมัติและกึ่งอัตโนมัติ [7] การใช้วาล์วระบบนิวเมติกส์เป็นที่นิยมและเหมาะกับการบรรจุผลิตภัณฑ์ที่ต้องการความสะอาดสูง อาหารและเครื่องดื่ม ดังเช่นในการบรรจุนมสดพาสเจอร์ไรส์ [8] ในปัจจุบันในการวิจัยพัฒนาเครื่องจักรเพื่อใช้ในการบรรจุอาหารและผลิตภัณฑ์อื่น ได้มีการออกแบบพัฒนาอุปกรณ์ให้อุตสาหกรรมได้เลือกใช้อย่างแพร่หลาย เช่น ระบบนิวเมติกส์

ไฮดรอลิกส์ หุ่นยนต์อัตโนมัติ แขนกลช่วยการเคลื่อนย้ายหยิบจับสิ่งของ [9] ในส่วนการออกแบบระบบการลำเลียงถ้วยหรือภาชนะบรรจุ จำเป็นต้องศึกษาระบบการลำเลียงด้วยนิวเมติกส์ในสายการผลิต ปัจจัยที่สำคัญของการลำเลียงผลิตภัณฑ์ที่แตกหักเสียหายได้ง่ายคือ ความเร็วและทิศทางการเคลื่อนที่ การศึกษาควรมุ่งเน้นการควบคุมความเร็วให้สัมพันธ์กับลักษณะของสายพาน และศึกษาความเสี่ยงรูปแบบต่าง ๆ ภายใต้การควบคุมความเร็วของสายพาน [10,11] และการทดสอบการประเมินลักษณะเนื้อสัมผัสในอาหารเพื่อนำมาเป็นปัจจัยหนึ่งในการกำหนดความเร็วของการเคลื่อนที่ [12]

4. วิธีดำเนินการวิจัย

4.1 ศึกษากลไกที่เกี่ยวข้องกับระบบยกถ้วยผลิตภัณฑ์ที่มีความใกล้เคียงกับพุดดิง ปัจจุบันนิยมใช้กลไกการยกโดยใช้ลมดูด กลไกการนำถ้วยออกโดยใช้ราง ใช้แรงโน้มถ่วง และกระบอกสูบนิวเมติกส์

4.2 ออกแบบวงจรระบบนิวเมติกส์ด้วยโปรแกรม FluidSIM เพื่อจำลองการทำงานจริงและช่วยในการเลือกใช้อุปกรณ์ควบคุมต่างๆในระบบการทำงาน เช่น การเลือกใช้ประเภทของวาล์ว การเชื่อมต่อทิศทางของลม รูปที่ 3



รูปที่ 3 โปรแกรม FluidSIM จำลองการออกแบบระบบนิวเมติกส์

4.3 วางแผนการทดลอง

4.3.1 กำหนดปัญหา ความคงรูปของเนื้อพุดดิงคือปริมาณผงวุ้น โดยสัดส่วนที่เป็นสูตรเฉพาะของบริษัท การเซตตัวของเนื้อพุดดิงที่มีผลต่อการคงรูปของเนื้อพุดดิง โดยในกระบวนการผลิตจะใช้เวลาในการรอเซตตัวประมาณ 30-40 นาที อุณหภูมิในการเซตตัวของเนื้อพุดดิง ซึ่งจะใช้อุณหภูมิในขณะที่เซตตัวคือ 1-4 องศาเซลเซียส เพื่อให้พุดดิงเซตตัวแข็งขึ้นภายในเวลา 30-40 นาที รวมถึงการวิเคราะห์จุดที่มีความเสี่ยงที่อาจทำให้เนื้อพุดดิงเสียหายจากกลไกการเคลื่อนย้ายถ้วย

4.3.2 กำหนดปัจจัย (Factors) และระดับปัจจัย (Levels)

4.3.2.1 ความเร็วของแกนต้นถ้วย โดยมีระดับปัจจัยอยู่ที่ระดับสูงและต่ำ

4.3.2.2 ปริมาตรเนื้อพุดdingที่บรรจุในถ้วย โดยวัดปริมาตรที่ใส่เนื้อพุดdingที่เซตตัวแล้ว โดยมีระดับปัจจัยอยู่ที่ปริมาตร 5 ออนซ์และ 6 ออนซ์

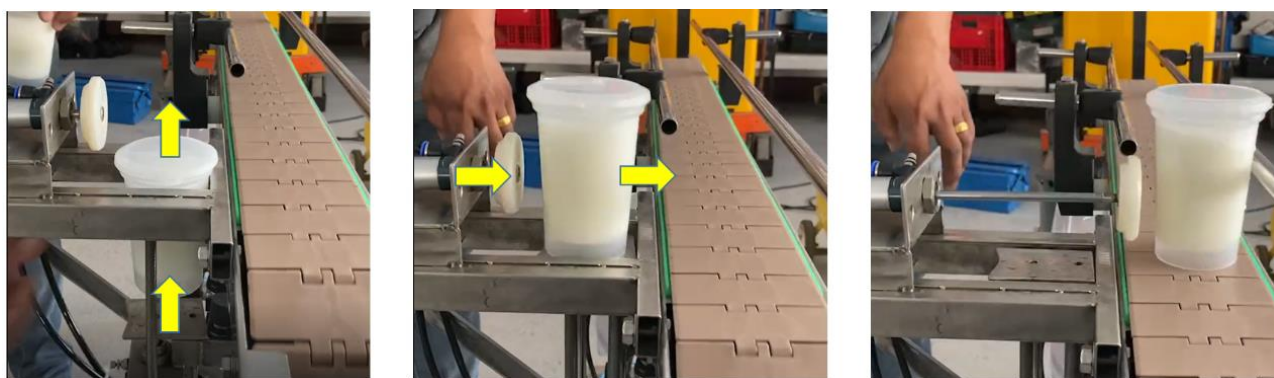
4.3.3 กำหนดวิธีการทดลอง การทดลองจะเริ่มจากความเร็วระดับสูงสุดของกระบอกกลม ทดลองทั้งแนวตั้งและแนวนอน โดยใช้จำนวนตัวอย่างในแต่ละรอบทดลองจำนวน 30 ถ้วยตัวอย่างแล้วบันทึกผลการทดลองจำนวนของดีและของเสีย เมื่อตรวจพบว่าเกิดของเสียอย่างน้อย 1 ชิ้น จะต้องปรับลดความเร็วของกระบอกกลมเท่าที่วาล์วปรับอัตราไหลของลม (Air Flow Valve) โดยคาดหวังไว้ที่ลดลงครั้งละ 20-25 % ของความเร็วปัจจุบัน

4.3.4 เงื่อนไขการตรวจสอบคุณภาพผลิตภัณฑ์วัสดุทดลอง ตามมาตรฐานการควบคุมคุณภาพของสินค้า หลังจากผ่านกระบวนการบรรจุของบริษัท จะมีการตรวจเช็คความเสียหายของเนื้อพุดdingด้วยสายตาโดยมีจุดตรวจเช็คทั้งหมดสองจุดคือ การแตกของเนื้อพุดdingและเนื้อพุดdingหลุดออกจากผนังถ้วยบรรจุ ในการตรวจสอบคุณภาพการบรรจุสินค้าจะต้องผ่านเกณฑ์ ดังรูปที่ 4

4.4 สร้างชุดทดลองเพื่อจำลองการเคลื่อนที่และทดสอบความเร็วที่เหมาะสมที่ไม่ทำให้เนื้อพุดdingเสียหาย โดยการออกแบบให้มีการเคลื่อนไหวที่ต่อเนื่องเพื่อยกและดันถ้วยพุดdingย้ายไปยังอีกสายพานลำเลียง ตัวแปรสำคัญคือค่าความเร็วและทิศทางการเคลื่อนที่แนวตั้งและแนวนอน ในรูปที่ 5



รูปที่ 4 จุดตรวจสอบความเสียหายหลังการบรรจุ



รูปที่ 5 การทดลองยกถ้วยในแนวตั้งและแนวนอน

แรงดันลมที่ใช้ในระบบเท่ากับ 5 บาร์ ระยะชักกระบอกสูบ 125 มิลลิเมตร การปรับความเร็วของกระบอกสูบจะปรับที่วาล์วควบคุมความเร็ว (Air Flow Valve) วิธีการวัดความเร็วเฉลี่ยของกระบอกกลม ใช้การถ่ายบันทึกวีดีโอด้วยกล้องบันทึกวีดีโอ แล้วนำไปหาเวลาการเคลื่อนที่ของกระบอกกลมจากจุดเริ่มต้นของช่วงชักไปยังจุดสุดท้ายของช่วงชัก ด้วยโปรแกรมตัดต่อวีดีโอที่มีความละเอียดในการแสดงภาพแบบเคลื่อนไหวช้า (Slow motion) ในระดับ

1/100 วินาที หรือเซนติวินาที (Centisecond) แล้วนำไปคำนวณหาความเร็วโดยเทียบกับระยะช่วงชักของกระบอกลม (Stroke) โดยมีสูตรการคำนวณคือ ความเร็ว (mm/s) = ระยะช่วงชัก/เวลาการเดินทางของกระบอกลม

4.5 สร้างระบบยกถ้วยและติดตั้งบนเครื่องบรรจุพุดding โดยปรับตั้งค่าพารามิเตอร์การเคลื่อนที่ของระบบ ยกในด้านความเร็วและทิศทางตามผลการทดลองและทดสอบการทำงานต่อเนื่อง 1,000 ถ้วย

5. ผลและวิจารณ์

5.1 ผลการทดลองและวิเคราะห์ผลระบบยกถ้วยพุดding การทดสอบจะเริ่มจากความเร็วระดับสูงสุดของกระบอกลม ทดลองทั้งแนวตั้งและแนวนอน ชิ้นงานตัวอย่างที่นำมาทดสอบมี 2 ขนาดคือ ความจุ 6 ออนซ์และ 5 ออนซ์ โดยใช้จำนวนตัวอย่างในแต่ละรอบทดลองจำนวน 30 ถ้วย จากนั้นก็ผลการทดลองจำนวนของดีและของเสีย ถ้าตรวจพบว่าเกิดของเสียอย่างน้อย 1 ชิ้น จะปรับลดความเร็วของกระบอกลมเท่าที่วาล์วปรับอัตราไหลของลม โดยลดลงครั้งละร้อยละ 20-25 ของความเร็วปัจจุบัน แสดงข้อมูลในรูปที่ 6

ความเร็วที่เหมาะสมที่สุด กระบอกสูบใช้เวลาเคลื่อนที่ในแกนตั้ง 0.63 วินาที และแกนนอน 0.3 วินาที เมื่อคำนวณจากระยะชัก (125 มิลลิเมตร) ต่อเวลาทั้งหมดในการเคลื่อนที่ของกระบอกสูบ (วินาที) พบว่าความเร็วสูงสุดที่ไม่ทำให้เกิดของเสียในแนวตั้งคือ 197.37 มิลลิเมตร/วินาที และแนวนอนคือ 416.67 มิลลิเมตร/วินาที

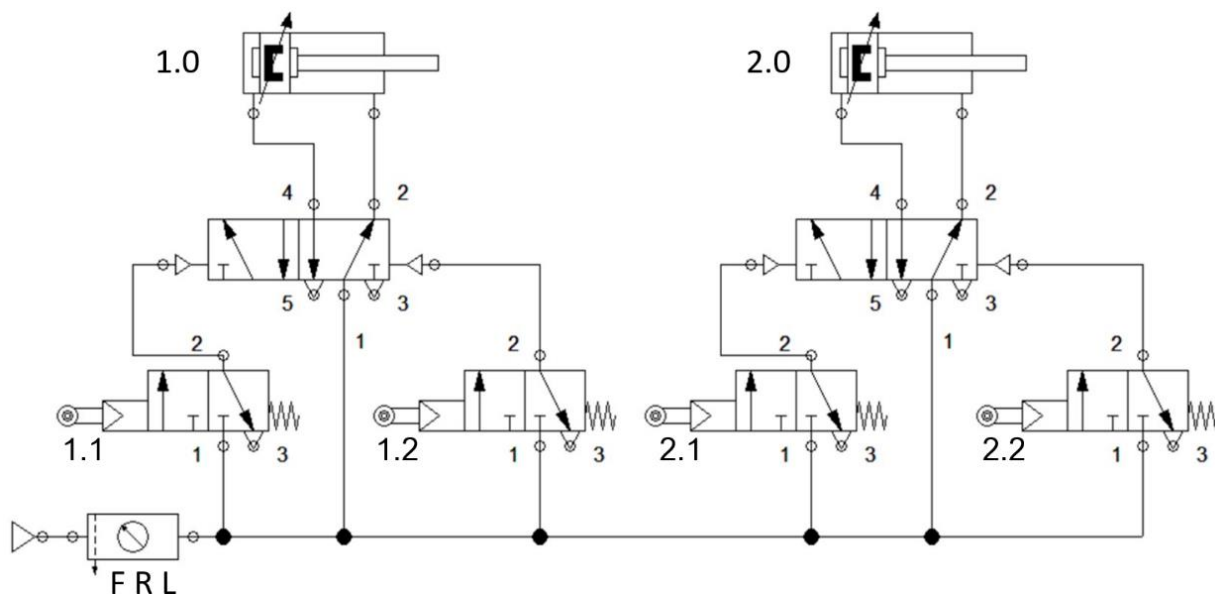
แนวนอน						
รอบ	ปริมาตร Oz	ความเร็วเฉลี่ย (mm/s)	งานดี (ถ้วย)	งานเสีย (ถ้วย)		จำนวนชิ้นทดสอบ (ถ้วย)
1	6	937.50	15	12	3	30
	5		8	14	8	30
2	6	625.00	25	2	3	30
	5		23	0	7	30
3	6	468.75	28	0	2	30
	5		28	0	2	30
4	6	416.67	30	0	0	30
	5		30	0	0	30

แนวตั้ง						
รอบ	ปริมาตร Oz	ความเร็วเฉลี่ย (mm/s)	งานดี (ถ้วย)	งานเสีย (ถ้วย)		จำนวนชิ้นทดสอบ (ถ้วย)
1	6	750.00	0	30	0	30
	5		0	30	0	30
2	6	535.71	17	0	13	30
	5		12	0	18	30
3	6	312.50	28	0	2	30
	5		26	0	4	30
4	6	197.37	30	0	0	30
	5		30	0	0	30

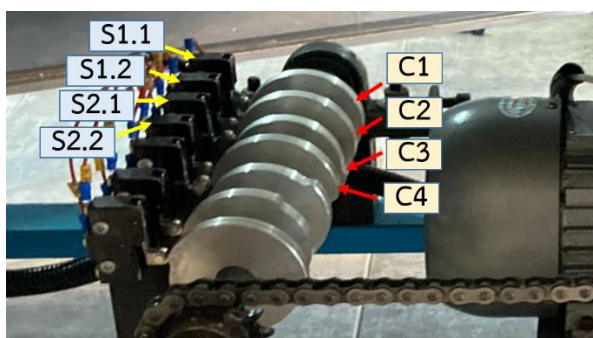
รูปที่ 6 ผลการทดลองระบบยกถ้วยพุดding

5.2 การออกแบบสร้างระบบยกถ้วยสำหรับการใช้งานจริงเพื่อติดตั้งบนเครื่องบรรจุพุดding

จากระยะโครงสร้างของเครื่องจักร จึงเลือกใช้ขนาดของกระบอกสูบที่ใหญ่ขึ้นเพื่อให้เหมาะสมกับสภาพการทำงาน โดยกระบอกสูบแนวตั้งหมายเลข 1.0 จะใช้กระบอกสูบ 2 ทางขนาด $\varnothing 40$ mm. ระยะชัก 145 mm. และกระบอกสูบแนวนอนหมายเลข 2.0 ขนาด $\varnothing 40$ mm. ระยะชัก 480 mm.



รูปที่ 7 วงจรระบบนิวเมติกส์ควบคุมการทำงานกลไกการยก



(ก)



(ข)

รูปที่ 8 (ก) ลูกเบี้ยวควบคุมสวิทช์สั่งงานโซลินอยด์วาล์วไฟฟ้า (ข) กลไกการยกถ้วยพุตติดตั้งบนเครื่องบรรจุ

จากวงจรการทำงานของกระบอกลูกสูบจากรูปที่ 7 กระบอกลูกสูบหมายเลข 1.0 เป็นการเคลื่อนที่แนวตั้งและหมายเลข 2.0 เป็นการเคลื่อนที่แนวนอน โซลินอยด์วาล์วไฟฟ้าจะถูกควบคุมการกดสวิทช์ด้วยลูกเบี้ยว 4 ตัวที่เชื่อมต่อการหมุนจากมอเตอร์ต้นกำลัง ในรูปที่ 8(ก) ในจังหวะที่สายพานลำเลียงถ้วยเคลื่อนที่ สวิตช์โซลินอยด์วาล์วหมายเลข 1.1 และ 2.1 จะถูกลูกเบี้ยวตัวที่ 1 และ 3 กดเพื่อให้ก้านกระบอกลูกสูบยืดออก เมื่อสายพานหยุดเคลื่อนที่เพื่อทำงานในขั้นตอนอื่น ๆ ลูกเบี้ยวตัวที่ 2 จะกดสวิทช์หมายเลข 1.2 ดึงก้านสูบหมายเลข 1.0 กลับเข้ามาเพื่อเป็นการยกถ้วยขึ้นในแนวตั้ง เมื่อยกขึ้นถึงระดับสูงสุด ลูกเบี้ยวตัวที่ 4 จะหมุนมาถึงตำแหน่งกดสวิทช์ 2.2 เพื่อดึงก้านกระบอกลูกสูบหมายเลข 2.0 กลับเข้ามาเพื่อกวาดถ้วยพุตดั่งให้เลื่อนไปอยู่บนสายพานที่รองรับบริเวณท้ายเครื่องเพื่อลำเลียงไปทำงานในขั้นตอนต่อไป ลำดับการทำงานจะแสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ลำดับการทำงานของกลไกระบบนิวเมติกส์

ลำดับ	แกนเคลื่อนที่	กระบอกสูบ No.	ตำแหน่งก้านสูบ	ลูกเบี้ยว No.	สถานะสวิตช์
1	ตั้ง / นอน	1.0 , 2.0	ยัด , ยึด	C1 , C3	กด S1.1 , S2.1
2	ตั้ง	1.0	หด	C2	กด S1.2
3	นอน	2.0	หด	C4	กด S2.2

การทำงานของเครื่องบรรจุพุดึงสายพานจะเคลื่อนที่และหยุดเพื่อทำงานในสถานีต่างๆ สายพานจะหยุดเป็นเวลา 5 วินาที/ครั้ง ความเร็วของกระบอกสูบที่ความดันลม 6 บาร์ในแนวตั้ง ระยะชัก 148 mm. เคลื่อนที่ด้วยความเร็วเฉลี่ย 197.37 mm/s ใช้เวลาเคลื่อนที่ไป-กลับ 1.46 วินาที กระบอกสูบแนวนอน ระยะชัก 480 mm. เคลื่อนที่ด้วยความเร็วเฉลี่ย 419.67 mm/s ใช้เวลาเคลื่อนที่ไป-กลับ 2.30 วินาที เวลารวมของทั้ง 2 แกนเท่ากับ 3.76 วินาที เมื่อเทียบกับเวลาที่สายพานหยุดแต่ละครั้งใช้เวลา 5 วินาที สามารถสรุปได้ว่าระบบยกถ้วยพุดึงจะทำงานได้โดยไม่เกิดการรอคอยที่ขั้นตอนนี้ และความเร็วในการเคลื่อนที่ไม่ทำให้เนื้อพุดึงแตกเสียหาย โดยทดสอบการทำงานของกลไกระบบยก 1,000 ถ้วยแบบต่อเนื่อง พบว่าไม่มีของเสียเกิดขึ้น

6. สรุปผล

1. ระบบยกถ้วยพุดึงแบบอัตโนมัติจากโครงการวิจัยนี้เป็นไปตามวัตถุประสงค์ โดยผ่านการทดสอบระบบยกทำงานจำนวน 1,000 ถ้วยแบบต่อเนื่อง ผลการทดสอบไม่มีของเสียเกิดขึ้นหรือของเสียเท่ากับศูนย์ คิดเป็นลดลงร้อยละ 100 จากเดิมที่เกิดขึ้นเฉลี่ยร้อยละ 5 ต่อวัน
2. จากปัญหาที่ได้กล่าวไว้ในที่มาและความสำคัญเกี่ยวกับปัญหาการหยุดไลน์การผลิตเนื่องจากคนงานดึงถ้วยไม่ทันทำให้ถ้วยหล่นแตกและต้องหยุดการผลิตเพื่อทำความสะอาดเฉลี่ยทุกๆ 30 นาที และใช้เวลาในการหยุดการผลิตเพื่อทำความสะอาดเฉลี่ย 30 นาที/ครั้ง ประสิทธิภาพเครื่องจักรการทำงานแบบเดิมเท่ากับร้อยละ 50 เมื่อใช้ระบบกลไกการยกจากงานวิจัยทำให้ประสิทธิภาพของเครื่องจักรเพิ่มขึ้นร้อยละ 100 ส่งผลให้กำลังการผลิตต่อชั่วโมงเพิ่มขึ้นบริษัทสามารถเพิ่มยอดขายได้อีกเท่าตัว

7. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากสำนักงานการวิจัยแห่งชาติ (วช.) สัญญาเลขที่ วช.อว.(อ)(กบง)/692/2563

8. เอกสารอ้างอิง

- [1] Peter R.N.Childs. (2019). Pneumatics and hydraulics. Mechanical Design. Engineering Handbook (Second Edition), pp.849-874.
- [2] Festo FluidSim Manual. https://www.festo.com/net/en-gb_gb/SupportPortal/Files/561700.
- [3] มารุต เจริญศรี. “เครื่องบรรจุอัตโนมัติ (Automatic Filling Machine of Jelly)” กรมทรัพย์สินทางปัญญา กระทรวงพาณิชย์, เลขที่คำขอสิทธิบัตรการประดิษฐ์ : 1101001934.

- [4] รุ่งเพชร สุวรรณ. (2557). การเพิ่มผลผลิตภาพในกระบวนการผลิต: การบรรจุภัณฑ์นมข้าวโพด. วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการทางวิศวกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต.
- [5] ปวรุตม์ เปี่ยมแก้ว และคณะ. (2563). การออกแบบและพัฒนาเครื่องบรรจุน้ำปลาร้ากึ่งอัตโนมัติ. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธนบุรี. ปีที่ 4, ฉบับที่ 2, มกราคม-มิถุนายน. หน้า 25-43.
- [6] ศิริชัย ต่อสกุล และกฤษณ ทอศรี. (2558). การออกแบบและพัฒนาเครื่องบรรจุน้ำพริกแบบกึ่งอัตโนมัติระบบนิวแมติก. การประชุมสัมมนาเชิงวิชาการ รูปแบบพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทยครั้งที่ 8.
- [7] ไพฑูรย์ ประทีปสุข และไพฑูรย์ พูลสุขโข. (2550). ออกแบบและสร้างเครื่องบรรจุน้ำดื่มและฉนวนภาชนะใส่น้ำดื่มแบบแก้วด้วยระบบจานหมุน. คณะวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.
- [8] สมัคร รักแม่ และคณะ. (2556). การออกแบบและพัฒนาเครื่องบรรจุขึ้นเนื้ออาหารลงกระป๋องความเร็วสูง. ประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทยระดับชาติครั้งที่ 14 และระดับนานาชาติครั้งที่ 6 ประจำปี 2556.
- [9] อรุณ สุขแก้ว และวิมล บุญรอด. (2562). การออกแบบเครื่องบรรจุหนังปลากระพงปรุงรสโดยใช้ระบบนิวแมติกส์. วารสารเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี. ปี 9, ฉบับที่ 2, กันยายน 2019. หน้า 49-60.
- [10] George E. Klinzing. (2018). A review of pneumatic conveying status, advances and projections. Powder Technology, Volume 333, pp 78-90.
- [11] He, Daijie. (2018). Healthy speed control of belt conveyors on conveying bulk materials. Powder Technology, Volume 327, pp. 408-419.
- [12] ัญญาภรณ์ ศิริเลิศ. (2550). การประเมินลักษณะเนื้อสัมผัสในอาหาร. วารสารเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยสยาม ปีที่ 3 ฉบับที่ 1 มิถุนายน 2549-พฤษภาคม 2550, หน้า 6-13.