TFE-28

การออกแบบและพัฒนาเครื่องบรรจุชิ้นเนื้ออาหารลงกระป๋องความเร็วสูง

สมัคร รักแม่,สาทิป รัตนภาสกร และ *อำนาจ คูตะคุ
สาขาวิชาวิศวกรรมอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
เลขที่ 1 ซอยฉลองกรุง 1 แขวงลาดกระบัง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

ผู้เขียนติดต่อ: สมัคร รักแม่ E-mail: krsamak@kmitl.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการออกแบบและพัฒนาเครื่องบรรจุชิ้นเนื้ออาหารลงในบรรจุภัณฑ์กระป๋องในการผลิตระดับอุตสาหกรรม เพื่อใช้แทนพนักงานในการตักบรรจุชิ้นเนื้ออาหาร เช่น ชาไข่มุก เฉาก๊วย วุ้นมะพร้าว เนื้อมะพร้าว ลูกเดือย ผัก ผลไม้ เนื่องจากส่วนผสมเหล่านี้มีลักษณะเฉพาะทางด้านความหนืด เนื้อสัมผัส ขนาดและปริมาตรบรรจุที่แตกต่างกัน งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบเครื่องบรรจุชิ้นเนื้อส่วนผสมลงในกระป๋องโดยปรับปรุงระบบสายพานที่มีอยู่เดิมให้สามารถรองรับอัตราการผลิตที่มากขึ้นและใช้ได้กับผลิตภัณฑ์หลายชนิด ออกแบบและสร้างเครื่องบรรจุโดยใช้หลักการการบรรจุแบบปริมาตร (Volumetric filling) เครื่องบรรจุมีส่วนประกอบสำคัญ 4 ส่วน คือ 1) ชุดถังรับชิ้นเนื้อส่วนผสม เป็นถังทรงปิรามิดคว่ำติดตั้งระบบสกรูลำเลียงอยู่ด้านล่าง 2) ชุดถาดบรรจุขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 30 ซม. หนา 2.54 ซม. มีหลุมบรรจุชิ้นเนื้อเส้นผ่านศูนย์กลาง 3.8 ซม. จำนวน 12 หลุม ทำหน้าที่รับชิ้นเนื้อที่บรรจุจากสกรูลำเลียง 3) วงล้อลำเลียงกระป๋องสำหรับควบคุมให้กระป๋องมีตำแหน่งตรงกับหลุมบรรจุและ 4) มอเตอร์ต้นกำเนิดกำลังขนาด ¼แรงม้า ขั้นตอนการทำงานของเครื่องบรรจุเริ่มจากป้อนชิ้นเนื้อส่วนผสมเข้าสู่ถังบรรจุ จากนั้นสกรูลำเลียงทำหน้าที่พาชิ้นเนื้อไหลเข้าสู่หลุมบรรจุซึ่งหมุนไปพร้อมกับวงล้อลำเลียงกระป๋องที่บังคับให้กระป๋องอยู่ในตำแหน่งเดียวกันกับหลุมบรรจุ อัตราการหมุนของถาดบรรจุสัมพันธ์กับอัตราการผลิตซึ่งควบคุมด้วยชุดพูเลย์และความเร็วรอบของมอเตอร์ ถาดบรรจุและวงล้อลำเลียงออกแบบให้ถอดเปลี่ยนได้ตามปริมาตรบรรจุและขนาดของกระป๋อง งานวิจัยนี้ได้ทดลองบรรจุเนื้อเฉาก๊วยที่มีการบรรจุไม่น้อยกว่า 17 กรัมลงในกระป๋องขนาด 51x105 ด้วยอัตราการผลิต 4 ระดับ 200 250 300 และ 350 กระป๋องต่อนาที ผลการทดลองพบว่าเครื่องบรรจุสามารถทำงานได้ดีทุกอัตราการผลิตและสามารถประกอบเข้ากับสายการผลิตเดิมได้โดยดัดแปลงราวกั้นกระป๋องอีกเพียงเล็กน้อยเพื่อให้รองรับกับการหมุนของถาดบรรจุและเครื่องบรรจุใช้พื้นที่ในการจัดวางขนาด 1x1 เมตร

คำสำคัญ:เครื่องบรรจุ; กระป๋อง;การออกแบบ

1. บทนำ

ในปัจจุบันเครื่องดื่มหลายชนิดโดยเฉพาะน้ำผลไม้หรือน้ำหวานแต่งกลิ่นที่มีบรรจุภัณฑ์แบบกระป๋องหรือแบบถ้วย ส่วนหนึ่งนิยมใส่ชิ้นเนื้อผลไม้หรือเยลลี่ลงในเครื่องดื่มดังกล่าวเพื่อเพิ่มรสสัมผัสจากการขบเคี้ยวนอกเหนือจากการดื่มเพียงอย่างเดียว อีกทั้งเพิ่มคุณค่าทางอาหารและเป็นแรงจูงใจต่อผู้บริโภคได้ อย่างไรก็ตามลักษณะของชิ้นอาหารที่บรรจุมักข้น หนืด หรือมีโอกาสติดกันเป็นก้อนค่อนข้างสูง ทำให้การบรรจุชิ้นเนื้อดังกล่าวค่อนข้างทำได้ยาก

สำหรับการผลิตเครื่องดื่มที่มีชิ้นเนื้อผลไม้หรือส่วนผสมอื่นๆ ที่มีขนาดเล็ก ส่วนใหญ่ผู้ผลิตมักผสมส่วนผสมดังกล่าวกับเครื่องดื่มในถังพักก่อนและส่งเข้าสู่หัวบรรจุต่อไป กรณีนี้ใช้ได้เฉพาะชิ้นเนื้อส่วนผสมที่มีขนาดเล็กเพราะเกิดปัญหากับหัวบรรจุและระบบบรรจุน้อย แต่หากชิ้นเนื้อมีขนาดใหญ่มักทำให้เกิดปัญหากับระบบการบรรจุและปริมาณของชิ้นเนื้อที่บรรจุในกระป๋องไม่สม่ำเสมอ ทั้งนี้ผู้ผลิตบางราย

ที่ผลิตเครื่องดื่มที่มีชิ้นเนื้อขนาดเล็กความหนาประมาณ 1-2 mm ก็หลีกเลี่ยงการบรรจุผ่านทางหัวบรรจุ เพื่อป้องกันปัญหาการติดและสะสมของชิ้นเนื้อในหัวบรรจุและปัญหาในขั้นตอนการล้างทำความสะอาดหัวบรรจุที่ต้องใช้เวลานานขึ้น ดังนั้นในการผลิตเครื่องดื่มที่มีชิ้นเนื้อเป็นส่วนผสม เช่น เนื้อมะพร้าว เฉาก๊วย เม็ดแป้งชาไข่มุก ว่านหางจระเข้ วุ้นมะพร้าวลอดช่อง เป็นต้น ชิ้นเนื้อเหล่านี้ถูกบรรจุลงในกระป๋องหรือถ้วยบรรจุเครื่องดื่มโดยให้พนักงานยืนเรียงข้างสายพานลำเลียงกระป๋องหรือตักใส่กระป๋องไว้ก่อนนำเข้าเครื่องบรรจุในโรงงานขนาดเล็ก พนักงานใช้ช้อนทำการตักชิ้นเนื้อจากถ้วยหรือถังขนาดเล็กลงในกระป๋องที่เคลื่อนที่ผ่าน จำนวนพนักงานขึ้นอยู่กับอัตราการการผลิตหรือความเร็วของการเคลื่อนที่ของกระป๋อง การบรรจุลักษณะดังกล่าวทำให้ปริมาณการป้อนไม่แน่นอน มีการสูญเสียของชิ้นเนื้อผลไม้เนื่องจากการตกหล่นค่อนข้างมาก มีโอกาสปนเปื้อนสูง ขาดสุขอนามัยที่ดีในการผลิตและต้นทุนการผลิตสูง ทั้งนี้ส่วนหนึ่งเนื่องมาจากการไม่มีเครื่องบรรจุชิ้นเนื้ออาหารที่เหมาะสมและเครื่องบรรจุชิ้นเนื้อจากต่างประเทศที่มีจำหน่ายมีราคาสูง มีกำลังการผลิตมากเกินความต้องการของผู้ผลิตและไม่ได้ผลิตมาเพื่อรองรับส่วนผสมที่มีลักษณะเฉพาะชนิดต่างๆ เหล่านี้ ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่ศึกษาและสร้างเครื่องบรรจุชิ้นเนื้อผลไม้ดังกล่าว โดยออกแบบให้เครื่องบรรจุสำหรับโรงงานขนาดกลางถึงขนาดเล็ก ใช้พื้นที่ไม่มาก สามารถนำไปติดตั้งกับสายการผลิตเดิมได้โดยดัดแปลงระบบสายพานการผลิตเพียงเล็กน้อย รองรับอัตราการผลิตได้ตั้งแต่อัตราการผลิตต่ำจนถึงอัตราการผลิตสูง ถอดล้างทำความสะอาดได้

มีการออกแบบและสร้างเครื่องบรรจุเฉาก๊วยลงกระป๋อง โดยใช้หลักการบรรจุแบบปริมาตร (volumetric filling) [1] แต่ยังไม่ได้ศึกษาถึงการออกแบบให้รองรับการเปลี่ยนขนาดกระป๋องและปริมาณบรรจุชิ้นเนื้อที่อาจเปลี่ยนไปตามความต้องการของผู้ผลิตหรือผู้บริโภค ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและสร้างเครื่องบรรจุชิ้นเนื้ออาหารลงในกระป๋อง โดยใช้หลักการแบบปริมาตร อัตราการผลิตมากกว่า 100 กระป๋อง/นาที และออกแบบให้ปรับอัตราการบรรจุและปริมาตรบรรจุได้และทดสอบความสามารถเครื่องบรรจุ

2. ข้อมูลสำหรับการออกแบบ

เนื่องจากงานวิจัยนี้เป็นการศึกษา ออกแบบ สร้างและทดสอบเครื่อง จึงได้ทำการสำรวจข้อมูลเบื้องต้นเพื่อใช้สำหรับการออกแบบและสร้างเครื่องบรรจุ ดังนี้

2.1 ลักษณะทางกายภาพของชิ้นเนื้ออาหาร

ชิ้นเนื้ออาหารหรือผลไม้ที่นิยมบรรจุลงในผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มกระป๋องนั้นมักให้ผู้บริโภคใช้หลอดดูดเครื่องดื่ม ดังนั้นชิ้นเนื้อส่วนผสมในเครื่องดื่มจึงมีขนาดเล็กกว่าหลอดดูดเพื่อให้ผู้บริโภคสามารถดูดชิ้นเนื้อรับประทานพร้อมกับเครื่องดื่มได้ ดังนั้นขนาดของชิ้นเนื้อผสมมีความหนาหรือเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 2-4 มิลลิเมตร สำหรับเครื่องดื่มที่ใช้หลอดทั่วไปที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 มิลลิเมตร และชิ้นเนื้ออาจใหญ่ถึง 10 มิลลิเมตรสำหรับการใช้หลอดเครื่องดื่มขนาด 12 มิลลิเมตร เช่น ชานมไข่มุก ลอดช่อง เฉาก๊วย เป็นต้น ทั้งนี้ขนาดของชิ้นเนื้อขึ้นอยู่กับผู้ผลิตเป็นผู้กำหนดขนาดให้เหมาะสมกับผลิตภัณฑ์ของตน

ปริมาณการบรรจุหรือปริมาณผสมชิ้นเนื้อในเครื่องดื่มนั้นขึ้นอยู่ปริมาณการบรรจุ (ขนาดกระป๋องหรือถ้วยบรรจุ) กับลักษณะของผลิตภัณฑ์ เช่น อาจผสมเพื่อเพิ่มรสสัมผัสในน้ำมะพร้าวผสมชิ้นเนื้อมะพร้าว หรืออาจเป็นส่วนผสมหลักในลอดช่องน้ำกะทิบรรจุถ้วย เป็นต้น ดังนั้นอัตราส่วนผสมจึงไม่แน่นอน อาจมีตั้งแต่ 5 เปอร์เซ็นต์ในน้ำมะพร้าวผสมชิ้นเนื้อ ไปจนถึง 70 เปอร์เซ็นต์ในลอดช่องน้ำกะทิบรรจุถ้วย

ชิ้นเนื้ออาหารที่นิยมบรรจุลงในเครื่องดื่มมักมีเนื้อสัมผัสที่อ่อนนิ่ม มีลักษณะเป็นเจลหรือวุ้น เช่น เยลลี่ เฉาก๊วย วุ้นมะพร้าว เม็ดแมงลัก เม็ดสาคู ลอดช่อง และชิ้นเนื้อผลไม้ เช่น มะพร้าว เป็นต้น เนื่องจากชิ้นเนื้อเหล่านี้มีแป้งและน้ำตาลเป็นส่วนประกอบดังนั้นทำให้มีผิวสัมผัสที่เหนียว หนืด เกิดความเสียหายหรือเสียรูปได้ง่ายเมื่อได้รับแรงอัดหรือแรงเฉือน

2.2 ขนาดของบรรจุภัณฑ์

บรรจุภัณฑ์ที่นิยมใช้บรรจุเครื่องดื่มมี 2 แบบ คือ บรรจุกระป๋องและถ้วยพลาสติก ในงานวิจัยนี้ออกแบบเครื่องบรรจุสำหรับบรรจุชิ้นเนื้อลงในกระป๋องเท่านั้นเนื่องจากมี

ขนาดที่แน่นอน โดยกระป๋องที่มีจำหน่ายแม้ว่ามีหลากหลายขนาด แต่เมื่อพิจารณาขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางกระป๋องตามมาตรฐานแล้วพบว่ามีเพียง 6 ขนาด คือ 51 68, 76, 87, 103 และ 157 มิลลิเมตร แต่กระป๋องที่นิยมใช้บรรจุเครื่องดื่มมักใช้กระป๋องเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 51 และ 68 มิลลิเมตรเท่านั้น คือกระป๋องขนาด 51x89 และ 51x105 มิลลิเมตร ใช้บรรจุเครื่องดื่มปริมาตร 150 และ 180 มิลลิลิตร ตามลำดับ กระป๋อง 51x133 และ 68x92 มิลลิลิตรบรรจุเครื่องดื่มปริมาตร 250 และ 68x116 มิลลิเมตร บรรจุเครื่องดื่มขนาด 330 มิลลิลิตร

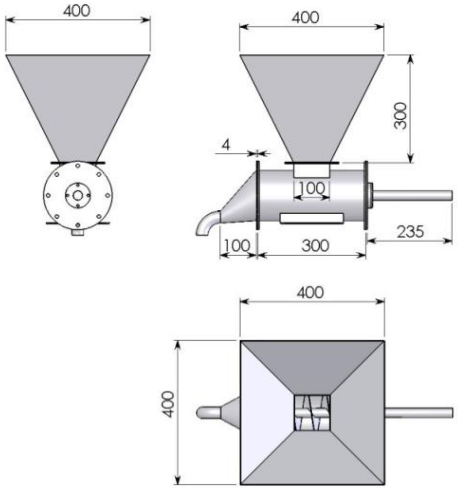
3. ขั้นตอนการออกแบบ

ในงานวิจัยนี้เลือกใช้เนื้อเฉาก๊วยบรรจุในน้ำเฉาก๊วย 180 มิลลิลิตรในกระป๋องขนาด 51x105 มิลลิเมตร โดยกระป๋องผ่านเข้ามายังเครื่องบรรจุชิ้นเนื้อก่อนจากนั้นจึงเคลื่อนที่เข้าไปสู่หัวบรรจุน้ำต่อไป เนื้อเฉาก๊วยหั่นเต๋าขนาดประมาณ 2-3 มิลลิเมตร บรรจุลงกระป๋องละ 17 กรัม โดยความหนาแน่นรวมของชิ้นเนื้อเฉาก๊วยเท่ากับ 1,241 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร หรือบรรจุในปริมาตร 14 ลูกบาศก์เซ็นติเมตร

3.1 การออกแบบอุปกรณ์ในลำเลียง

เนื่องจากชิ้นอาหารมีความหนืดดังนั้นการบรรจุชิ้นเนื้ออาหารสู่ภาชนะบรรจุต้องมีอุปกรณ์ในการพาหรือลำเลียงชิ้นเนื้อ ในงานวิจัยนี้เลือกใช้เกลียวลำเลียงเป็นอุปกรณ์เนื่องจากสามารถป้อนได้ในปริมาณที่สม่ำเสมอ ควบคุมอัตราการป้อนจากความเร็วรอบการหมุนของเกลียวลำเลียงและไม่ทำให้ชิ้นเนื้ออาหารเสียหาย โดยออกแบบให้มีถังรับเนื้อเฉาก๊วยด้านบนเกลียวลำเลียง ขอบทั้ง 4 ด้านของถังรับเนื้อเฉาก๊วยทำมุม 60 องศากับแนวระนาบ เกลียวทำเลียงจะป้อนเนื้อเฉาก๊วยลงสู่ถาดบรรจุที่จะควบคุมปริมาณบรรจุด้วยหลุมบรรจุต่อไป โดยอัตราการป้อนเนื้อเฉาก๊วยเท่ากับอัตราการผลิตสูงสุด 350 กระป๋อง/นาที คูณกับปริมาตรบรรจุต่อกระป๋อง 14ลูกบาศก์เซ็นติเมตร เท่ากับ 81.7ลิตร/นาที หรือเท่ากับ 4.9 ลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง

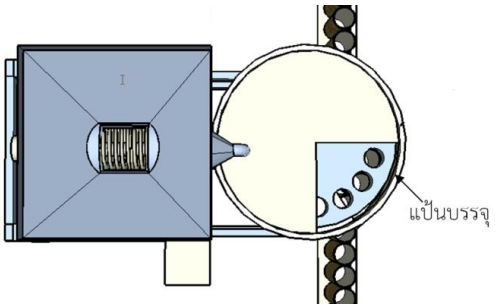
ออกแบบโดยใช้สกรูลำเลียงมาตรฐาน (Helicoid Screws) 4H204ที่มีเกลียวลำเลียงเส้นผ่านศูนย์กลางสกรูและระยะพิตช์ 101.6 มิลลิเมตร (4 นิ้ว) ขนาดของเพลา 31.8 มิลลิเมตร (1 ¼ นิ้ว) ความยาวเกลียวลำเลียง279.4 มิลลิเมตร (11 นิ้ว)รองรับอัตราการป้อนสูงสุด6.5 ลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง ที่ความเร็วรอบ 175 รอบ/นาที ระดับปริมาณการป้อน 95% [2] เลือกใช้มอเตอร์ในการควบคุมสกรูลำเลียง 0.25 แรงม้า



รูปที่ 1 ชุดถังรับชิ้นเนื้อส่วนผสม(หน่วยมิลลิเมตร)

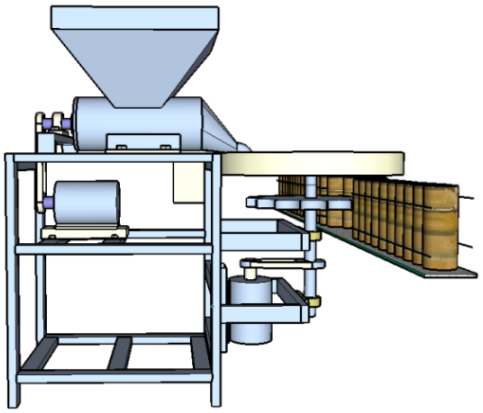
3.2 การออกแบบถาดบรรจุบรรจุชิ้นเนื้อ

การออกแบบวิธีการบรรจุในงานวิจัยนี้ใช้วิธีการบรรจุแบบปริมาตร เนื่องจากเป็นหลักการที่ไม่ซับซ้อน ใช้หลักการตวงวัดปริมาตรที่ต้องการแล้วจึงป้อนลงสู่กระป๋อง เป็นวิธีที่เหมาะสมกับการบรรจุชิ้นเนื้ออาหารโดยออกแบบให้มีอุปกรณ์ที่ป้อนหรือลำเลียงชิ้นเนื้อเฉาก๊วยเข้าสู่ถาดบรรจุที่ถูกเจาะหลุมให้เล็กกว่าขนาดปากกระป๋องเล็กน้อย คือ เส้นผ่านศูนย์กลาง 38.1 มิลลิเมตร (1.5 นิ้ว) หนา 12.7 มิลลิเมตร (0.5 นิ้ว) ปริมาตรบรรจุ 14.5 ลูกบาศก์เซ็นติเมตร มากกว่าปริมาตรของชิ้นเนื้อที่ต้องการบรรจุ 0.5 มิลลิลิตร ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางถาดบรรจุคำนวณได้จากการออกแบบให้ถาดบรรจุมี 12 หลุมบรรจุ โดยเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกถาดบรรจุเท่ากับ 304.8 มิลลิเมตร (12 นิ้ว) ถาดบรรจุมีแผ่นเหล็กไร้สนิมปิดด้านบนทั้งหมดเพื่อป้องกันการปนเปื้อน ขณะที่ด้านล่างมีแผ่นบริเวณที่รับชิ้นเนื้อจากสกรูลำเลียงและเปิดโล่งเพื่อให้ชิ้นเนื้อตกลงสู่กระป๋องบริเวณที่กระป๋องเคลื่อนที่เข้ามาสู่ถาดบรรจุดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 ภาพด้านบนของระบบบรรจุ

ถาดบรรจุสามารถบรรจุชิ้นเนื้อเฉาก๊วยได้ 12 กระป๋องต่อรอบการหมุนในอัตราการบรรจุ 200-350 กระป๋อง/นาที ถาดบรรจุจะหมุนด้วยความเร็วรอบประมาณ 18-30 รอบ/นาที รอบการหมุนของถาดบรรจุควบคุมได้ด้วยการปรับความเร็วรอบมอเตอร์ที่ควบคุมเพลาของถาดบรรจุที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 19 มิลลิเมตร (3/4 นิ้ว) ทั้งนี้ปริมาตรบรรจุสามารถเปลี่ยนแปลงได้โดยการเพิ่มหรือลดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางและความสูงของหลุมบรรจุ และถาดบรรจุถูกออกแบบให้ถอดประกอบได้เพื่อให้สามารถบรรจุชิ้นเนื้ออาหารที่มีปริมาตรตามต้องการ

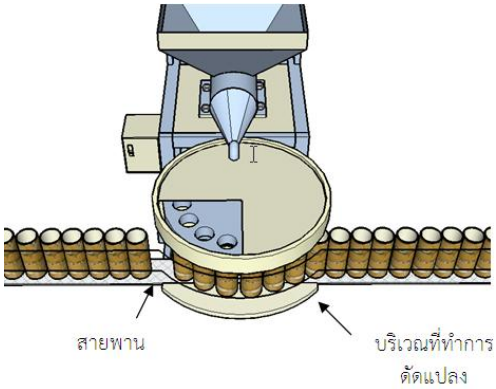


รูปที่ 3 วงล้อลำเลียงและการควบคุมกระป๋อง

ในการควบคุมกระป๋องให้อยู่ตรงตำแหน่งหลุมบรรจุเพื่อให้ชิ้นเนื้อเฉาก๊วยตกลงสู่กระป๋องนั้น ทำได้โดยใช้วงล้อลำเลียง (star wheel) บังคับกระป๋องให้อยู่ตรงกับตำแหน่งหลุมบรรจุ ดังรูปที่ 3

3.3 การติดตั้งเครื่องบรรจุ

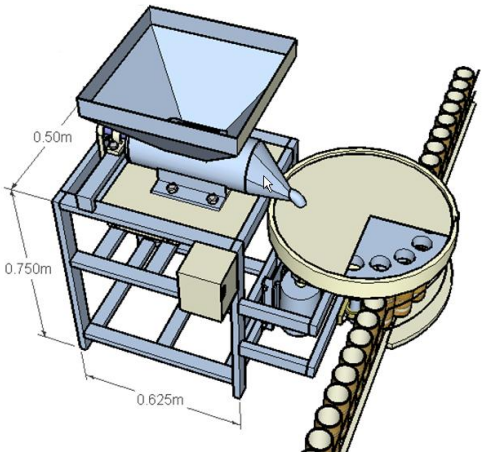
การติดตั้งเครื่องบรรจุเข้ากับสายพานลำเลียงกระป๋องต้องทำการดัดแปลงราวกั้นกระป๋องให้โค้งรับกับการเคลื่อนที่ของถาดบรรจุ โดยกระป๋องเคลื่อนที่เข้าสู่เครื่องบรรจุและถูกบังคับให้เคลื่อนที่ด้วยวงล้อลำเลียง เมื่อชิ้นเนื้อเฉาก๊วยจากหลุมบรรจุตกลงสู่กระป๋องแล้วกระป๋องเคลื่อนที่ออกจากเครื่องบรรจุกลับเข้าสู่รางสายพานด้วยการใช้ราวควบคุมกั้นและบังคับให้เข้าสู่สายพานเพื่อให้กระป๋องเคลื่อนที่ไปสู่หัวบรรจุน้ำต่อไป ทั้งนี้สายพานลำเลียงกระป๋องยังคงเคลื่อนที่เป็นเส้นตรงเหมือนเดิมดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 การติดตั้งเครื่องบรรจุกับสายพานผลิต

3.4 โครงสร้างและการควบคุมของเครื่องบรรจุ

ความสูงของเครื่องบรรจุนั้นต้องสัมพันธ์กับความสูงของสายพานในระบบการผลิตในที่นี้ออกแบบให้มีความสูง 750 มิลลิเมตร กว้าง 500 มิลลิเมตร และยาว 625 มิลลิเมตร ความยาวทั้งหมดของเครื่องคือ 935 มิลลิเมตรใช้มอเตอร์ 2 ตัวในการควบคุมสกรูลำเลียงและถาดบรรจุอิสระแยกจากกัน ใช้พูเล่ย์ในการส่งถ่ายกำลัง ภาพรวมของเครื่องบรรจุที่ออกแบบแสดงดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 ภาพเครื่องบรรจุชิ้นเนื้ออาหารที่ออกแบบ

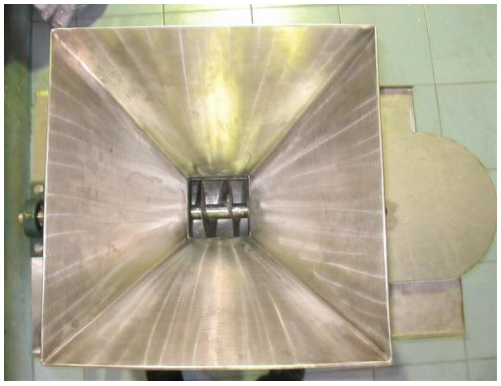
3.5 เครื่องบรรจุต้นแบบ

เครื่องต้นแบบที่สร้างขึ้น วัสดุในส่วนที่สัมผัสอาหารสร้างด้วยเหล็กกล้าไร้สนิม306 ส่วนโครงสร้างใช้เหล็กกล้าไร้สนิม 304 ชิ้นส่วนต่างๆ ของเครื่องบรรจุ สามารถถอดประกอบเพื่อความสะดวกในการทำความสะอาดและเป็นไปตามหลักสุขอนามัยที่ดีในการผลิตอาหาร ดังรูปที่ 6 ถึง 8

4. การทดสอบเครื่องเครื่องบรรจุชิ้นเนื้ออาหาร

เครื่องบรรจุที่สร้างขึ้นนำมาทดสอบเพื่อหาประสิทธิภาพและความสามรถเครื่อง วัสดุทดลองใช้เนื้อเฉาก๊วยหั่นเต๋า ขนาด 2-3มิลลิเมตร อัตราส่วนผสมระหว่างเนื้อเฉาก๊วยกับน้ำ 10:1 บรรจุในกระป๋อง 51x105 มิลลิเมตร ทำการทดลองที่อัตราบรรจุ 200 250 300 และ 350 กระป๋องต่อนาที ทำการทดลองบรรจุในกระป๋องครั้งละ 100 ใบจำนวน 3 ซ้ำ แล้วชั่งเนื้อเฉาก๊วยในกระป๋องเพื่อนำข้อมูลไปวิเคราะห์ผลต่อไป

รูปที่ 6 เครื่องบรรจุต้นแบบ



รูปที่ 7 ด้านบนเครื่องบรรจุ

รูปที่ 8 ด้านหน้าเครื่องบรรจุ

5. ผลการทดลอง

ผลการทดลองวิเคราะห์ปริมาณการบรรจุที่ระดับความเชื่อมั่น 95% แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ปริมาณและประสิทธิภาพการป้อนชิ้นเนื้อเฉาก๊วย

อัตราการบรรจุ (กระป๋อง/นาที)	น้ำหนักบรรจุ (กรัม)	ประสิทธิภาพ (%)
200	18.24±0.103	93.2-97.5
250	18.31±0.123	92.5-98.2
300	18.27±0.117	93.5-97.7
350	18.34±0.135	91.5-97.2

ผลการทดลองบรรจุพบว่าเครื่องบรรจุสามารถทำงานที่อัตราการบรรจุต่างๆ ได้ผลใกล้เคียงกัน ประสิทธิภาพการบรรจุหาจากจำนวนกระป๋องที่มีเนื้อเฉาก๊วยมากกว่า 17 กรัม โดยมีประสิทธิภาพการบรรจุมากกว่า 90% และในทางปฏิบัติแม้การบรรจุน้อยกว่าปริมาณที่กำหนดแต่ก็ไม่ได้ทำให้ผลิตภัณฑ์เกิดข้อบกพร่อง ยังคงสามารถผลิตและส่งจำหน่ายได้

6. สรุปผลการทดลอง

เครื่องบรรจุชิ้นเนื้ออาหารลงกระป๋องที่ออกแบบและสร้างขึ้นสามารถทำการบรรจุได้อย่างมีประสิทธิภาพสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับทางอุตสาหกรรมได้จริง ทั้งนี้การดัดแปลงราวกั้นกระป๋องและฐานรองรับกระป๋องที่สายพานหน้างานต้องทำอย่างละเอียดรอบคอบเพราะที่อัตราการผลิตสูงหากราวกั้นและฐานรองกระป๋องไม่เรียบทำให้เกิดการเสียดสีของกระป๋องกับราวกั้นหรือฐานรองรับ ทำให้กระป๋องเกิดรอยขีดข่วนและไม่สามารถยอมรับผลิตภัณฑ์ที่มีรอยขีดข่วนนั้นได้ การปรับปริมาตรบรรจุทำได้โดยการเพิ่มความหนาหรือขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของแป้นบรรจุและเมื่อมีการเปลี่ยนขนาดของกระป๋องต้องทำการเปลี่ยนถาดบรรจุและวงล้อลำเลียงที่มีขนาดพอดีกับเส้นผ่านศูนย์กลางของกระป๋อง

7. เอกสารอ้างอิง

[1] สมัคร รักแม่. สุเมธ พลภักดี และรุ่งทิพย์ ตปนียศิลป์. 2542. *การศึกษาและออกแบบเครื่องบรรจุเฉาก๊วยกระป๋อง.* ปริญญานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

[2] ปานมนัส ศิริสมบูรณ์. 2540. วิศวกรรมการขนถ่ายวัสดุ. ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรม-ศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.