

การออกแบบและพัฒนาเครื่องจักรกลช่วยยกโดยใช้หลักการคาราคูรีเพื่อลดภาระงาน และเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตปูบ่อ

อนุรักษ์ รอดบำรุง^{1*}, พอพันธ์ สุทธิวัฒน์¹, เบญจมาศ เนติวรรักษา¹, วิทวัส สิงห์สังข์¹
และ กานต์ นักรวรายุทธ¹

¹สาขาวิชาวิศวกรรมการผลิตและการจัดการคุณภาพ คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม

มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

*Anurak.ro@rbru.ac.th

บทคัดย่อ

ปูบ่อเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีชื่อเสียงของวิสาหกิจชุมชนคลองน้ำเค็มทันใจ ซึ่งปัจจุบันได้รับความนิยมจากผู้บริโภคเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ปริมาณการผลิตเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง จากการศึกษากระบวนการผลิตปูบ่อจำนวน 8 ขั้นตอน ซึ่งมีการใช้แรงงานในทุกขั้นตอน พบว่าการเคลื่อนย้ายปูที่ผ่านการทอดและปรุงรสเพื่อนำไปตากเพื่อลดความชื้นเป็นกระบวนการที่ใช้ระยะทางและเวลาในการปฏิบัติงานมากที่สุด ส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพการผลิตและภาระงานของผู้ปฏิบัติงานในด้านการเคลื่อนย้ายวัสดุด้วยแรงงานคนงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและพัฒนาเครื่องจักรกลช่วยยก โดยประยุกต์ใช้หลักการคาราคูรี ซึ่งเป็นระบบกลไกที่ไม่ซับซ้อน บำรุงรักษาง่าย และไม่ต้องใช้พลังงานจากภายนอก เครื่องจักรกลช่วยยกที่พัฒนาขึ้นมีขนาดกว้าง 490 มิลลิเมตร ยาว 600 มิลลิเมตร และสูง 750 มิลลิเมตร โดยอาศัยกลไกแรงโน้มถ่วงในการถ่ายทอดกำลังผ่านระบบเฟือง จาน และโซ่ และสามารถกลับสู่ตำแหน่งเริ่มต้นด้วยแรงดึงของสปริงผลการทดลองเปรียบเทียบกับวิธีการผลิตแบบดั้งเดิม พบว่าสามารถลดเวลาเฉลี่ยในกระบวนการเคลื่อนย้ายจาก 20.47 วินาที เหลือ 14.73 วินาที คิดเป็นร้อยละ 28.04 และลดระยะทางเฉลี่ยในการยกและเคลื่อนย้ายปูจาก 14.8 เมตร เหลือ 7.4 เมตร คิดเป็นร้อยละ 50 โดยใช้ระยะทางและเวลาในการเคลื่อนย้ายเป็นตัวชี้วัดภาระงานของผู้ปฏิบัติงานในการเคลื่อนย้ายวัสดุผลลัพธ์แสดงให้เห็นว่าเครื่องจักรกลช่วยยกที่พัฒนาขึ้นสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงาน ลดภาระงานในการเคลื่อนย้ายวัสดุด้วยแรงงานคน และส่งเสริมศักยภาพการผลิตของวิสาหกิจชุมชนได้อย่างมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ: คาราคูรี เครื่องจักรกลช่วยยก ปูบ่อ

Design and Development of a Lifting Mechanism Using Karakuri Principles to Reduce Workload and Improve Productivity in Clay Pot Crab Production

Anurak Rodbumrung^{1*}, Porphan Sutthiwattana¹, Benjamas Netiworaruksa¹,
Witawat Singsang¹ and Karn Nakaravarayut¹

¹Department of Production Engineering and Quality Management, Faculty of Engineering and Industrial Technology, Rambhai Barni Rajabhat University

*Anurak.ro@rbru.ac.th

Abstract

Clay pot crab is a well-known product of the Khlong Nam Khem Tanjai community enterprise. Currently, increasing consumer demand has continuously increased production volume. A study of the clay pot crab production process, consisting of eight stages involving manual labor in every stage, revealed that the transportation of fried and seasoned crabs to the drying area for moisture reduction required the greatest working distance and processing time. This process significantly affected production efficiency and operator workload in manual material handling tasks. Therefore, this research aimed to design and develop a lifting mechanism by applying Karakuri principles, which are characterized by simple mechanical systems, ease of maintenance, and no requirement for external energy. The developed lifting mechanism has dimensions of 490 mm in width, 600 mm in length, and 750 mm in height. The mechanism operates using gravity to transmit force through gears, sprockets, and chains, and returns to its initial position through spring force. Experimental results compared with the conventional production method showed that the average transportation time was reduced from 20.47 s to 14.73 s, representing a reduction of 28.04%. In addition, the average lifting and transportation distance of crabs was reduced from 14.8 m to 7.4 m, corresponding to a reduction of 50%. Transportation distance and operation time were used as indicators for evaluating operator workload in manual material handling. The results demonstrate that the developed lifting mechanism can improve work efficiency, reduce manual material handling workload, and effectively enhance the production capability of the community enterprise.

Keywords: Karakuri, Lifting mechanism, Clay pot crab

1. บทนำ

กลุ่มวิสาหกิจชุมชนคลองน้ำเค็มสนใจ ตำบลคลองน้ำเค็ม อำเภอสว่างวีรจักร จังหวัดจันทบุรี เป็นกลุ่มวิสาหกิจชุมชนที่ดำเนินการแปรรูปผลิตภัณฑ์อาหารทะเลและผลผลิตทางการเกษตรในท้องถิ่น เพื่อเพิ่มมูลค่าให้กับวัตถุดิบและสร้างรายได้แก่ชุมชน โดยหนึ่งในผลิตภัณฑ์ที่ได้รับความนิยมคือ “ปูอบโอ่ง” ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีชื่อเสียงของจังหวัดจันทบุรีและได้รับความ

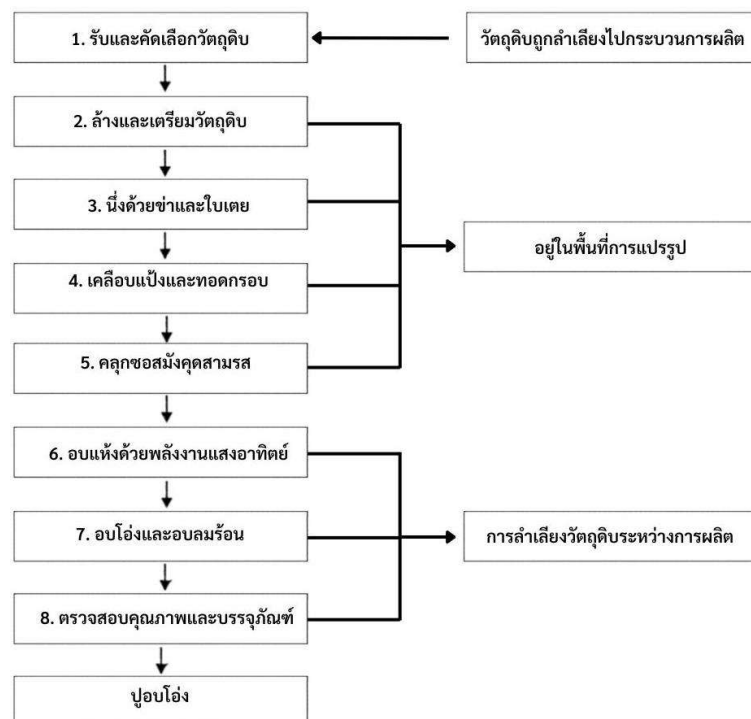
ต้องการจากผู้บริโภคอย่างต่อเนื่อง ส่งผลให้ปริมาณการผลิตเพิ่มสูงขึ้นจากการศึกษากระบวนการผลิตปูบองอีสาน พบว่า กระบวนการผลิตประกอบด้วย 8 ขั้นตอน และยังคงใช้แรงงานคนในทุกขั้นตอน โดยเฉพาะขั้นตอนการเคลื่อนย้ายปูที่ผ่านการทอดและปรุงรสเพื่อนำไปตากลดความชื้น ซึ่งเป็นขั้นตอนที่ใช้เวลาและระยะทางในการปฏิบัติงานมากที่สุด ส่งผลให้ผู้ปฏิบัติงานต้องมีการเคลื่อนที่และยกเคลื่อนย้ายวัสดุซ้ำหลายครั้ง อันส่งผลต่อประสิทธิภาพในการทำงานและภาระงานด้านการเคลื่อนย้ายวัสดุด้วยแรงงานคนปัจจุบันแนวคิดการคาราคูริ (Karakuri) [1] [2] ได้รับความสนใจอย่างแพร่หลายในภาคอุตสาหกรรม เนื่องจากเป็นระบบกลไกอย่างง่ายที่สามารถสร้างการเคลื่อนไหวหรือการทำงานอัตโนมัติโดยอาศัยหลักการทางกลศาสตร์ เช่น แร่งโน้มถ่วง รอก สปริง และการถ่ายทอดกำลัง โดยไม่จำเป็นต้องใช้พลังงานไฟฟ้าหรือระบบควบคุมที่ซับซ้อน ซึ่งช่วยลดต้นทุน เพิ่มประสิทธิภาพการทำงาน และลดภาระงานของผู้ปฏิบัติงานได้อย่างมีประสิทธิภาพจากการทบทวนงานวิจัยที่ผ่านมา พบว่ามีการประยุกต์ใช้หลักการการคาราคูริในการออกแบบอุปกรณ์ช่วยขนย้ายวัสดุและปรับปรุงกระบวนการผลิตในหลายอุตสาหกรรม อย่างไรก็ตามยังมียังงานวิจัยเกี่ยวกับการประยุกต์ใช้กลไกการคาราคูริในกระบวนการผลิตของวิสาหกิจชุมชนด้านอาหารแปรรูปค่อนข้างจำกัด โดยเฉพาะกระบวนการผลิตปูบองอีสานที่ยังคงพึ่งพาแรงงานคนเป็นหลัก

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและพัฒนาเครื่องจักรกลช่วยยกโดยใช้หลักการการคาราคูริ สำหรับช่วยลดภาระงานด้านการเคลื่อนย้ายวัสดุและเพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการผลิตปูบองอีสานของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนคลองน้ำเค็มหันใจ โดยประเมินผลจากเวลาและระยะทางในการเคลื่อนย้ายวัสดุก่อนและหลังการใช้งานเครื่องจักรกลที่พัฒนาขึ้น

2. วิธีดำเนินงานวิจัย

2.1 กระบวนการผลิตปูบองอีสาน

จากการลงพื้นที่และศึกษากระบวนการผลิตปูบองอีสานของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนคลองน้ำเค็มหันใจ ตำบลคลองน้ำเค็ม อำเภอสทิงพระ จังหวัดสงขลา โดยผู้วิจัยพบขั้นตอนและกระบวนการผลิต ซึ่งสามารถแบ่งออกได้เป็น 8 ขั้นตอนดังนี้



ภาพที่ 1 แผนผังกระบวนการผลิตและการเคลื่อนย้ายวัสดุในการผลิตปูบอง

แผนผังกระบวนการผลิตปอเปี๊ยะ เริ่มจากการนำวัตถุดิบเข้าสู่กระบวนการผลิต มี 8 ขั้นตอน ได้แก่ การรับและคัดเลือกวัตถุดิบ การล้างและเตรียมวัตถุดิบ การนึ่งด้วยข้าวและใบเตย การเคลือบแป้งและทอดกรอบ การคลุกซอสมังคุดสามรส การอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ การบดโม่และอบลมร้อน และการตรวจสอบคุณภาพพร้อมบรรจุภัณฑ์ ก่อนสิ้นสุดเป็นผลิตภัณฑ์ปอเปี๊ยะ วัตถุดิบถูกลำเลียงเข้าสู่กระบวนการผลิตตั้งแต่ขั้นตอนการรับและคัดเลือกมีคุณภาพเหมาะสมก่อนเข้าสู่ขั้นตอนถัดไป หลังจากนั้นวัตถุดิบจะถูกลำเลียงเข้าสู่พื้นที่แปรรูปอาหาร ซึ่งครอบคลุมกิจกรรมตั้งแต่การล้างและเตรียมวัตถุดิบ การนึ่ง การทอด และการคลุกซอส จากนั้นวัตถุดิบจะเข้าสู่ขั้นตอนการลดความชื้น โดยใช้การอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ ต่อด้วยการบดโม่และอบลมร้อน เพื่อช่วยลดความชื้น เพิ่มกลิ่นหอมเฉพาะตัว และยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ และเข้าสู่ขั้นตอนการตรวจสอบคุณภาพและบรรจุภัณฑ์ ซึ่งเป็นขั้นตอนสุดท้ายก่อนจำหน่าย โดยในช่วงปลายกระบวนการมีการลำเลียงวัตถุดิบระหว่างหน่วยปฏิบัติการอย่างต่อเนื่อง

2.2 การวิเคราะห์ปัญหา

จากกระบวนการผลิตทั้งหมดมีการใช้แรงงานในทุกขั้นตอน พบว่าการเคลื่อนย้ายปูที่ผ่านการทอดและปรุงรสเพื่อนำไปตากเพื่อลดความชื้น[3] เป็นกระบวนการที่ใช้ระยะทางและเวลาในการปฏิบัติงานมากที่สุด ส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพการผลิตและภาระงานของผู้ปฏิบัติงานในด้านการเคลื่อนย้ายวัสดุด้วยแรงงานคนงาน โดยเงื่อนไขการผลิตของวิสาหกิจชุมชนคลองน้ำเค็มทันใจ ต้องทำการผลิตปอเปี๊ยะวันละ 120 กิโลกรัม จุดปฏิบัติงานสำหรับการคลุกซอสและพื้นที่ตากลดความชื้นอยู่ห่างกัน 7.4 เมตรต่อเที่ยว โดยในการขนย้ายแบบดั้งเดิม ผู้ปฏิบัติงานต้องเดินขนย้ายปูไปยังพื้นที่ตากและเดินกลับมายังจุดเริ่มต้น ทำให้มีระยะทางการเดินครบหนึ่งรอบเท่ากับ 14.8 เมตร ทั้งนี้ ระยะทาง 7.4 เมตรเป็นระยะทางทางกายภาพระหว่างจุดปฏิบัติงาน ซึ่งไม่เปลี่ยนแปลงหลังการนำเครื่องจักรกลช่วยยกมาใช้งาน ผู้ปฏิบัติงานต้องทำการขนใส่ภาชนะครั้งละ 2 กิโลกรัม ทำให้ต้องมีการกระโดดขึ้นที่และทำการยกปอเปี๊ยะตลอดเวลา นักวิจัยจึงออกแบบและสร้างเครื่องจักรกลช่วยยกแบบคาราคูริที่ไม่ต้องใช้พลังงานภายนอก บำรุงรักษาได้ง่ายไม่ซับซ้อน โดยจากการสอบถามความต้องการกับทางวิสาหกิจชุมชนต้องการเคลื่อนย้ายวัตถุดิบให้มีปริมาณที่มากขึ้น โดยออกแบบเครื่องช่วยยกให้สามารถยกโหลดต่อรอบเป็นรอบละ 10 กิโลกรัม เพื่อช่วยลดภาระงานและเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตปอเปี๊ยะได้อย่างรวดเร็วยิ่งขึ้น เนื่องจากวิธีดั้งเดิมและเครื่องจักรกลช่วยยกมีปริมาณการขนย้ายต่อรอบแตกต่างกัน คือ 2 และ 10 กิโลกรัมต่อรอบ ตามลำดับ การเปรียบเทียบเวลาเฉลี่ยต่อรอบโดยตรงจึงไม่สะท้อนประสิทธิภาพภายใต้ปริมาณงานที่เท่ากัน งานวิจัยนี้จึงประเมินเพิ่มเติมโดยใช้เวลาเฉลี่ยต่อกิโลกรัม จำนวนรอบและเวลารวมสำหรับปริมาณการผลิต 120 กิโลกรัมต่อวัน



ภาพที่ 2 การขนย้ายปอเปี๊ยะที่ผ่านกระบวนการคลุกซอสไปตากที่ตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์

2.3 การออกแบบเครื่องจักรกลช่วยยก

เพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าวข้างต้น ผู้วิจัยจึงออกแบบเครื่องจักรกลช่วยยกโดยประยุกต์ใช้หลักการคาราคูริ (Karakuri) ซึ่งเป็นแนวคิดการออกแบบกลไกที่ใช้พลังงานจากธรรมชาติและกลไกทางกลแทนการใช้พลังงานไฟฟ้าหรือระบบควบคุมที่ซับซ้อน โดยเลือกใช้แรงโน้มถ่วงร่วมกับระบบเฟือง โซ่ และสปริง เพื่อช่วยลดการยกและการเคลื่อนย้ายด้วยแรงงานคน ทั้งยัง

เหมาะสมกับบริบทของวิสาหกิจชุมชนที่ต้องการอุปกรณ์ต้นทุนต่ำ ใช้งานง่าย และบำรุงรักษาได้สะดวก ในด้านการคำนวณน้ำหนักของการขนย้ายในแต่ละรอบที่ใช้ในกระบวนการนำปุ๋ยมูลสัตว์ไปใส่ปุ๋ยมูลสัตว์

2.3.1 เงื่อนไขในการออกแบบ

1. สามารถยกโหลตที่เป็นปุ๋ยมูลสัตว์ที่ผ่านการปรุงรสต่อรอบเป็นรอบละ 10 กิโลกรัม
2. น้ำหนักแท่นยกภาชนะสำหรับใส่ปุ๋ยมูลสัตว์ 11.25 กิโลกรัม รวมแรงกระทำต่อโครงสร้างที่ 208.5 นิวตัน
3. พื้นที่ใช้งานกับพื้นปูนซีเมนต์พื้นเรียบ ระยะทาง 7.4 เมตร
4. โครงสร้างของเครื่องช่วยยกต้องมีน้ำหนักเบา ไม่เป็นสนิม

2.4 การคำนวณน้ำหนักบรรทุกออกแบบ [4]

$$W = mg \quad (1)$$

W หมายถึง แรงแผ่นหนัก (N)

m หมายถึง มวล (kg)

g หมายถึง ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วง (9.81 m/s²)

2.5 การคำนวณแรงสปริง

$$F = kx \quad (2)$$

F หมายถึง แรงสปริง (N)

k หมายถึง ค่าคงที่สปริง (N/m)

x หมายถึง ระยะยืดของสปริง (m)

เครื่องจักรกลช่วยยกที่ออกแบบมีขนาดกว้าง 490 มิลลิเมตร ยาว 600 มิลลิเมตร และสูง 750 มิลลิเมตร โครงสร้างทำจากอลูมิเนียมโปรไฟล์ 6063 ซึ่งมีน้ำหนักเบาและมีความแข็งแรงเพียงพอต่อการใช้งาน ประกอบด้วยชุดแท่นยก ชุดเฟืองและโซ่ สปริงดึงกลับ และล้อสำหรับเคลื่อนย้าย โดยชุดแท่นยกถูกออกแบบให้รองรับภาชนะปุ๋ยมูลสัตว์ หลักการทำงานของเครื่องเริ่มจากการวางภาชนะบรรจุปุ๋ยมูลสัตว์บนแท่นยก น้ำหนักจะกดลงส่งกำลังผ่านระบบเฟืองและโซ่ ทำให้แท่นยกเคลื่อนที่ เมื่อยกภาชนะออกจากระบบ สปริงจะทำหน้าที่ดึงแท่นยกกลับสู่ตำแหน่งเริ่มต้นโดยอัตโนมัติ เครื่องต้นแบบใช้สปริงดึงจำนวน 2 ตัวติดตั้งแบบขนานและรับแรงรวม 110 นิวตัน หรือ 55 นิวตันต่อสปริงหนึ่งตัว จากระยะยืดจริงขณะทำงาน 730 มิลลิเมตร คำนวณตามสมการ $k=F/x$ ได้ค่าคงที่ของสปริงแต่ละตัวเท่ากับ 0.0753 นิวตันต่อมิลลิเมตร และค่าคงที่สมมูลของสปริงทั้งสองตัวเท่ากับ 0.1507 นิวตันต่อมิลลิเมตร โดยกำหนดให้สปริงทั้งสองรับแรงเท่ากัน ไม่มีแรงดึงเริ่มต้น และทำงานในช่วงยืดหยุ่นเชิงเส้น ผลการทดลองพบว่าสปริงสามารถดึงแท่นยกกลับสู่ตำแหน่งเริ่มต้นได้ตามวัตถุประสงค์การออกแบบ ส่งผลให้เครื่องพร้อมสำหรับการใช้งานในรอบถัดไปได้อย่างต่อเนื่อง ในการออกแบบผู้วิจัยได้พิจารณาปัจจัยด้านความแข็งแรงของโครงสร้างความสามารถในการรองรับน้ำหนัก และความเหมาะสมต่อการใช้งานก่อนนำแบบที่ออกแบบไปสร้างเป็นแบบจำลองสามมิติ (3D Model) และวิเคราะห์ความแข็งแรงของโครงสร้างด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยงานวิศวกรรม[5]ในขั้นตอนต่อไป



ภาพที่ 3 แบบจำลองสามมิติ (3D Model) ของเครื่องจักรกลช่วยยกโดยใช้หลักการคาราคูรี



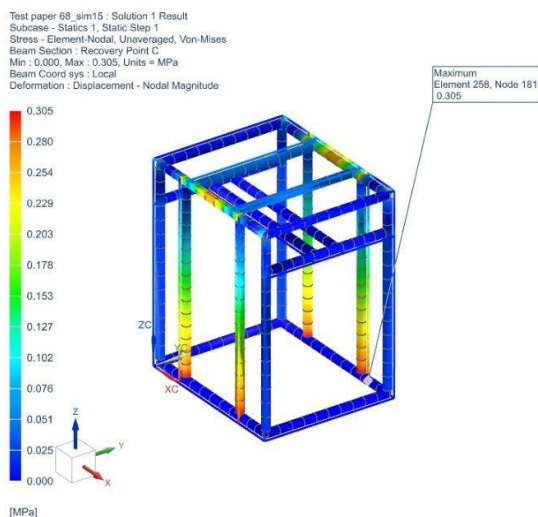
ภาพที่ 4 เครื่องจักรกลช่วยยกต้นแบบที่พัฒนาขึ้น

เครื่องจักรกลช่วยยกต้นแบบที่พัฒนาขึ้นโดยประยุกต์ใช้หลักการคาราคูรี ประกอบด้วยโครงสร้างอะลูมิเนียมโปรไฟล์ 6063 ชุดแท่นยก ระบบเฟืองและโซ่ สปริงดึงกลับ และล้อสำหรับเคลื่อนย้าย โดยออกแบบให้สามารถรองรับน้ำหนักบรรทุกสูงสุด 10 กิโลกรัมต่อรอบการทำงาน

3. ผลการวิจัย

ผลการวิเคราะห์โครงสร้างด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยงานวิศวกรรม โครงสร้างเครื่องจักรกลช่วยยกได้รับการวิเคราะห์ความแข็งแรงเบื้องต้นด้วยโปรแกรม Simcenter 3D โดยใช้การวิเคราะห์แบบเชิงเส้น กำหนดวัสดุโครงสร้างเป็นอะลูมิเนียม 6063 และสร้างเมชแบบสามมิติอัตโนมัติ โดยกำหนดเงื่อนไขคิโบริเวณฐานของโครงสร้างตามสภาพการใช้งาน และให้แรงกระทำรวม 208.5 นิวตันแบบกระจายบนบริเวณแท่นรองรับภาชนะ ผลการวิเคราะห์พิจารณาจากความเค้น และการเสียรูปโดยรวม เพื่อใช้ตรวจสอบความแข็งแรงเบื้องต้นของเครื่องต้นแบบก่อนนำไปสร้างและทดลองใช้งานจริง

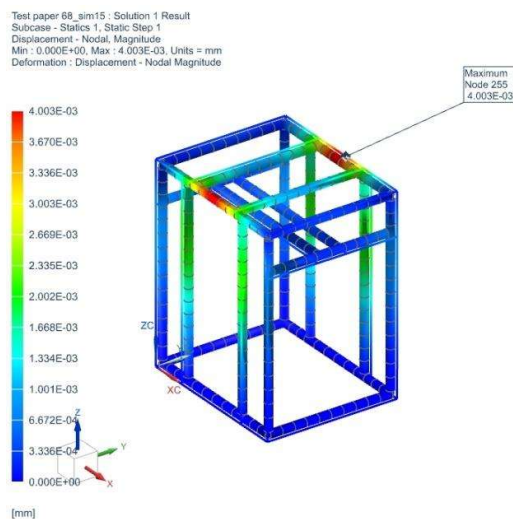
3.1 ความเค้นสูงสุด



ภาพที่ 5 ผลการวิเคราะห์ความเค้นสูงสุดของโครงสร้างของเครื่องจักรกลช่วยยก

การวิเคราะห์ความแข็งแรงของโครงสร้างเครื่องจักรกลช่วยยกดำเนินการด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยงานวิศวกรรม โดย ที่แรงกระทำที่ 208.5 นิวตัน ซึ่งเป็นภาระสูงสุดที่กำหนดในการออกแบบ เพื่อประเมินการกระจายตัวของความเค้นที่เกิดขึ้นในโครงสร้างระหว่างการใช้งานผลการวิเคราะห์ดังแสดงในภาพที่ 5 พบว่าความเค้นมีค่าสูงสุดเท่ากับ 0.305 MPa โดยเกิดขึ้นบริเวณคานด้านบนใกล้จุดรับแรงของระบบยก ซึ่งเป็นตำแหน่งที่รับและถ่ายแรงเข้าสู่โครงสร้างหลักของเครื่องจักรโดยตรง ขณะที่บริเวณเสาและฐานรองรับมีค่าความเค้นลดลงตามลำดับ แสดงให้เห็นถึงการกระจายแรงที่ต่อเนื่องตลอดแนวโครงสร้างนอกจากนี้ พื้นที่ส่วนใหญ่ของโครงสร้างมีค่าความเค้นอยู่ในช่วงต่ำกว่า 0.15 MPa สะท้อนให้เห็นว่าแรงที่กระทำสามารถถ่ายโอนผ่านโครงสร้างได้ โดยไม่เกิดการสะสมความเค้นเฉพาะจุด เมื่อเปรียบเทียบค่าความเค้นสูงสุด พบว่าค่าความเค้นสูงสุดมีค่าต่ำและไม่เกิดความเสียหายจากวัสดุภายใต้โหลดที่กำหนดซึ่งโครงสร้างสามารถถ่ายแรงจากบริเวณรับน้ำหนักไปยังเสาและฐานรองรับได้ จึงสามารถสรุปได้ว่าเครื่องจักรกลช่วยยกที่ออกแบบขึ้นมีความแข็งแรงเพียงพอสำหรับรองรับ การใช้งานได้จริง และมีความเหมาะสมสำหรับการนำไปประยุกต์ใช้ในกระบวนการผลิตปุ๋ยของวิสาหกิจชุมชน

3.2 การเสียรูปสูงสุด



ภาพที่ 6 ผลการวิเคราะห์การเสียรูปสูงสุดของโครงสร้างของเครื่องจักรกลช่วยยก

การวิเคราะห์การเสียรูปสูงสุดของโครงสร้างดำเนินการด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยงานวิศวกรรมภายใต้ภาระโหลดที่ 208.5 นิวตัน เพื่อประเมินความแข็งแรงของโครงสร้างและความสามารถในการรักษารูปร่างระหว่างการใช้งานผลการวิเคราะห์ที่แสดงในภาพที่ 6 พบว่าการเสียรูปสูงสุดมีค่าเท่ากับ 4.003×10^{-3} มิลลิเมตร โดยเกิดขึ้นบริเวณคานด้านบนซึ่งเป็นตำแหน่งที่รับแรงโดยตรงจากระบบยก ขณะที่ส่วนอื่นของโครงสร้างมีค่าการเสียรูปลดลงตามลำดับเมื่ออยู่ใกล้จุดยึดของโครงสร้างจากผลการวิเคราะห์พบว่าค่าการเสียรูปสูงสุดมีค่าต่ำเมื่อเทียบกับขนาดโดยรวมของเครื่องจักรกลช่วยยก แสดงให้เห็นว่าโครงสร้างมีความแข็งแรงเพียงพอในการรองรับภายใต้สภาวะการใช้งานที่กำหนด สอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ความเค้นที่พบว่าค่าความเค้นสูงสุดมีค่าเพียง 0.305 MPa จึงสามารถสรุปได้ว่าโครงสร้างที่ออกแบบมีความแข็งแรงเพียงพอสำหรับรองรับการใช้งานจริงนอกจากนี้ การกระจายตัวของการเคลื่อนที่ซึ่งแสดงให้เห็นว่าแรงสามารถถ่ายเทผ่านโครงสร้างของเครื่องจักรได้โดยไม่เกิดการโก่งตัวเฉพาะจุดหรือการเสียรูปสะสมที่อาจส่งผลกระทบต่อการใช้งานของเครื่องจักรได้ในระยะยาว

อย่างไรก็ตามเนื่องจากการพัฒนาในระยะนี้มุ่งเน้นหลักการทำงาน รองรับการจัดตั้งกลไก และทดลองใช้งานจริง โดยยังไม่ได้ดำเนินการหาขนาดโครงสร้างที่เหมาะสมที่สุดด้านน้ำหนักและต้นทุน ดังนั้นการพัฒนาในอนาคตควรศึกษาการลดขนาดหน้าตัด น้ำหนัก และต้นทุนของโครงสร้าง พร้อมวิเคราะห์และทดสอบยืนยันอีกครั้ง เพื่อให้ยังคงมีความแข็งแรงและความปลอดภัยในระดับที่เหมาะสม

3.3 การงานในการเคลื่อนย้าย

ตารางที่ 1 การเปรียบเทียบเวลาและจำนวนรอบการเคลื่อนย้ายภายใต้ปริมาณการผลิต 120 กิโลกรัมต่อวัน

รายการ	ระยะทางเฉลี่ยที่ใช้ เคลื่อนย้าย (เมตร)	ระยะเวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการเคลื่อนย้าย (วินาที)
ปริมาณขนย้ายต่อรอบ (กก.)	2	10
เวลาเฉลี่ยต่อรอบ (วินาที)	20.47 $\pm$ 0.42	14.73 $\pm$ 1.05
เวลาเฉลี่ยต่อกิโลกรัม (วินาที/กก.)	10.235	1.474
จำนวนรอบสำหรับ 120 กก. (รอบ)	60	12
เวลารวมสำหรับ 120 กก. (วินาที)	1228.20	176.76
เวลารวมสำหรับ 120 กก. (นาฬิกา)	20.47	2.95

หมายเหตุ: เวลาเฉลี่ยต่อกิโลกรัมคำนวณจากเวลาเฉลี่ยต่อรอบหารด้วยน้ำหนักที่ขนย้ายต่อรอบ ส่วนเวลารวมคำนวณจากจำนวนรอบสำหรับการผลิต 120 กิโลกรัมคูณด้วยเวลาเฉลี่ยต่อรอบ

ผลการทดลองวิธีละ 5 ครั้งพบว่า วิธีดั้งเดิมขนย้ายปุ๋ยครั้งละ 2 กิโลกรัม ใช้เวลาเฉลี่ย 20.47 วินาทีต่อรอบ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าเท่ากับ ± 0.42 ขณะที่เครื่องจักรกลช่วยยกขนย้ายได้ครั้งละ 10 กิโลกรัม ใช้เวลาเฉลี่ย 14.73 วินาทีต่อรอบ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าเท่ากับ ± 1.05 เนื่องจากปริมาณบรรทุกต่อรอบแตกต่างกัน จึงปรับผลการเปรียบเทียบให้อยู่บนฐานน้ำหนักที่เท่ากัน พบว่าเวลาในการขนย้ายลดลงจาก 10.235 เหลือ 1.473 วินาทีต่อกิโลกรัม สำหรับปริมาณการผลิต 120 กิโลกรัมต่อวัน จำนวนรอบลดลงจาก 60 เหลือ 12 รอบ และเวลารวมลดลงจาก 20.47 เหลือ 2.95 นาที คิดเป็นร้อยละ 85.61 ส่วนระยะทางระหว่างจุดคลุกขอสกับพื้นที่ตากลดความชื้นเท่ากับ 7.4 เมตรต่อเที่ยว ขณะที่ระยะทาง 14.8 เมตรของวิธีดั้งเดิมเป็นระยะทางไป-กลับครบหนึ่งรอบค่าทั้งสองจึงมีขอบเขตการวัดแตกต่างกัน ดังนั้นการประเมินประสิทธิภาพจึงพิจารณาจากเวลาเฉลี่ยต่อกิโลกรัม จำนวนรอบ และเวลารวมภายใต้ปริมาณการผลิตที่เท่ากัน ซึ่งแสดงให้เห็นว่าเครื่องจักรกลช่วยยกสามารถลดจำนวนเที่ยวและเวลาในการเคลื่อนย้ายได้อย่างชัดเจน

4. สรุปผล

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและพัฒนาเครื่องจักรกลช่วยยกโดยประยุกต์ใช้หลักการการคาราคูรี เพื่อลดภาระงานในการเคลื่อนย้ายวัสดุและเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการผลิตปุ๋ยของวิสาหกิจชุมชนคลองน้ำเค็มทันใจ จากการศึกษากระบวนการผลิตพบว่าขั้นตอนการเคลื่อนย้ายปุ๋ยผ่านการทอดและปรงรสเพื่อนำไปตากลดความชื้นเป็นกิจกรรมที่ใช้เวลาและระยะทางในการปฏิบัติงานมากที่สุด ส่งผลต่อภาระงานของผู้ปฏิบัติงานและประสิทธิภาพการผลิตโดยรวมเครื่องจักรกลช่วยยกที่พัฒนาขึ้นมีขนาดกว้าง 490 มิลลิเมตร ยาว 600 มิลลิเมตร และสูง 750 มิลลิเมตร โดยอาศัยกลไกแรงโน้มถ่วงร่วมกับระบบเฟือง โซ่ และสปริงในการทำงาน ซึ่งสามารถช่วยยกและเคลื่อนย้ายภาชนะบรรจุปุ๋ยได้อย่างไม่ต้องใช้พลังงานจากภายนอก เหมาะสมกับชุมชนที่ต้องการอุปกรณ์ต้นทุนต่ำ ใช้งานง่าย และบำรุงรักษาได้สะดวก ผลการวิเคราะห์ความแข็งแรงของโครงสร้างด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยงานวิศวกรรม ที่โหลด 208.5 นิวตัน พบว่าความเค้นสูงสุดมีค่าเท่ากับ 0.305 MPa และค่าการเสียรูปสูงสุดมีค่าเท่ากับ 4.003×10^{-3} มิลลิเมตร แสดงให้เห็นว่าโครงสร้างมีความแข็งแรงผลการทดสอบเปรียบเทียบกับวิธีการผลิตแบบดั้งเดิม พบว่าเมื่อเปรียบเทียบภายใต้ปริมาณการผลิต 120 กิโลกรัมต่อวัน วิธีดั้งเดิมต้องขนย้าย 60 รอบ และใช้เวลารวม 20.47 นาที ขณะที่เครื่องจักรกลช่วยยกใช้ 12 รอบ และใช้เวลารวม 2.95 นาที ส่งผลให้จำนวนรอบลดลงร้อยละ 80 และเวลารวมในการเคลื่อนย้ายลดลงร้อยละ 85.61 จึงแสดงให้เห็นว่าเครื่องจักรกลช่วยยกสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการเคลื่อนย้ายภายใต้ปริมาณงานที่เท่ากันได้ ผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่าเครื่องจักรกลช่วยยกที่พัฒนาขึ้นสามารถ

ลดภาระงานด้านการเคลื่อนย้ายวัสดุด้วยแรงงานคน เพิ่มประสิทธิภาพการปฏิบัติงาน และสนับสนุนการเพิ่มศักยภาพการผลิตของวิสาหกิจชุมชนได้อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ ผลการวิจัยยังแสดงให้เห็นว่าหลักการคารากุริสามารถประยุกต์ใช้ในการออกแบบเครื่องจักรกลช่วยยกสำหรับวิสาหกิจชุมชนด้านอาหารแปรรูป[6]ได้ โดยไม่จำเป็นต้องใช้พลังงานจากภายนอก และสามารถลดภาระงานด้านการเคลื่อนย้ายวัสดุได้อย่างเป็นรูปธรรม

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณีที่สนับสนุนงบประมาณในการทำวิจัยในครั้งนี้ รวมทั้งวิสาหกิจชุมชนคลองน้ำเค็มท้นใจ ตำบลคลองน้ำเค็ม อำเภอแหลมสิงห์ จังหวัดจันทบุรี สำหรับข้อมูลและความรู้และคณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณีในการทำวิจัยรวมทั้งอำนวยความสะดวกทางด้านเครื่องมือและสถานที่ในการทำวิจัย

6. เอกสารอ้างอิง (References)

- [1] P. Kittipanya-ngam, P. Puangphan, P. Chaiyasit, V. Ochitpong, and K. Sirikasemsuk, “Development of Material Handling Equipment in a Paint Factory with Karakuri Kaizen,” The Journal of KMUTNB, vol. 34, no. 4, pp. 1–17, Article ID 244-056145, Oct.–Dec. 2024. DOI: 10.14416/j.kmutnb.2022.10.011.
- [2] Porteiro Paraponiaris, Y., & Mateos Rodriguez, A. (2019). Product development of material supply: Implementation of Karakuri Kaizen [Bachelor degree project]. University of Skövde.
- [3] BornTvOfficial. (2024, June 14). Clay pot crab with mangosteen sauce at Khun Yai Yok Kamlang Song Restaurant (Part 2/2), Krua Khun Toi [Video]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=9fchH9RSDfc>
- [4] Budynas, R. G., & Nisbett, K. J. (2014). Shigley’s Mechanical Engineering Design (10th ed.). McGraw-Hill Education.
- [5] Dengiz, C. G., Şenel, M. C., Yıldızlı, K., & Koç, E. (2018). Design and analysis of scissor lifting system by using finite elements method. Universal Journal of Materials Science, 6 (2), 58–63. <https://doi.org/10.13189/ujms.2018.060202>
- [6] D. Anggrahini, Y. Prasetyawan, and S. Indriyani Diartivi, “Increasing production efficiency using karakuri principle (A case study in Small and Medium Enterprise),” in IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, vol. 852, no. 1, 2020, Art. no. 012117. doi: 10.1088/1757-899X/852/1/012117.