

การวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการผลิตของเครื่องจักรแปรรูป
มะขามจืดจืดสำหรับธุรกิจชุมชน

ANALYSES OF THE TAMARIND PROCESSING MACHINERY'S
PRODUCTION PROCESS CAPABILITY FOR COMMUNITY BUSINESSES

วันที่รับ: 19 ตุลาคม 2564

วันที่แก้ไข: 4 เมษายน 2565

วันที่ตอบรับ: 7 เมษายน 2565

วิทยา หนูช่างสิงห์^{1*}, ธนภัทร มณีแสง¹

และ อีระพงษ์ มณีเพ็ญ²

Wittaya Nuchangsing^{1*}, Thanapat Maneesaeng¹

and Theerapong Maneepen²

¹คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ จังหวัดเพชรบูรณ์ 67000

¹Faculty of Agricultural and Industrial Technology,
Phetchabun Rajabhat University, Phetchabun 67000

²คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี กรุงเทพมหานคร 10140

²Faculty of Industrial Education and Technology,
King Mongkut's University of Technology Thonburi, Bangkok 10140

*Corresponding author e-mail: wittaya.nuc@pcru.ac.th



บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการผลิตของเครื่องจักรแปรรูปมะขามจืดจืดสำหรับธุรกิจชุมชน โดยการดำเนินงานวิจัยแบ่งออกเป็น 2 ระยะ ระยะที่ 1 คือ นำมะขามเปรี้ยวยักซ์ 1 กิโลกรัม ที่ผ่านการแกะเปลือก รก นำมาคลุกเคล้าด้วยน้ำตาล เกลือ พริกป่น แล้วใส่ลงในช่องนำเข้าเพื่อลำเลียงไปยังชุดโม่บด เพื่อตัดชิ้นมะขามที่ได้คุณภาพใกล้เคียงและรวดเร็วที่ใช้แรงงานคนตัด ระยะที่ 2 การประเมินสมรรถนะพิจารณาจากความสามารถของเครื่องจักร ในครั้งแรกจะตัดมะขามจำนวน 1 รอบ และครั้งที่สองทำการตัดมะขามจำนวน 2 รอบ ในแต่ละรอบจะสุมมะขามจำนวน 200 กรัมจากการผลิต 1 ครั้ง (มะขาม 1 กิโลกรัม) วัดความยาวมะขามแล้วนำไปวิเคราะห์กระบวนการผลิตของเครื่องจักร การวิจัยพบว่า ในการผลิตมะขามจืดจืด 1 กิโลกรัม เครื่องจักรใช้เวลาเฉลี่ย 1.04 นาที ซึ่งรวดเร็วที่ใช้แรงงานคนในการผลิตถึง 59.31 เท่า แต่ข้อด้อย

คือ ปริมาณการสูญเสียวัตถุดิบจากการใช้เครื่องจักรจะมากกว่าการใช้แรงงานคนอยู่ที่ประมาณร้อยละ 6.67 และรูปทรงชิ้นงานที่ได้จะไม่สม่ำเสมอเท่ากับการผลิตจากแรงงาน ในส่วนการวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการ (Process Capability) จะพบว่าความสามารถของกระบวนการผลิตจะอยู่ในระดับความเชื่อมั่น ร้อยละ 95.45 หรือที่ระดับ $1-2\sigma$ เท่านั้น ผลการวิจัยครั้งนี้เพื่อช่วยเพิ่มปริมาณกำลังการผลิต สามารถลดเวลา ลดขั้นตอน และลดจำนวนแรงงาน เพิ่มมาตรฐานสะอาดในกรรมวิธีการผลิต นำไปสู่มาตรฐานของสินค้าและผลิตภัณฑ์ที่สูงขึ้น เพิ่มความเชื่อมั่นในสินค้าของธุรกิจระดับชุมชนให้สามารถแข่งขันกับคู่แข่งรายใหญ่ได้

คำสำคัญ: เครื่องจักรแปรรูป, มะขามจืดจัด, วิสาหกิจชุมชน



Abstract

The purpose of this research was to analyze the capability of the production process of the Tamarind Processing Machinery for community businesses. The research was divided into 2 phases. Phase 1 was to take 1 kg of giant sour tamarind, which had been peeled and mixed with sugar, salt, and chili powder, and put it into the input channel for transport to the leaf set. Knife-cut tamarind pieces with similar quality and faster than using manual labor. In the first round, one round of tamarind is cut, and in the second, two rounds of tamarind are cut. In each round, 200 g of tamarind are randomly selected from 1 production (1 kg of tamarind). The length of the tamarind is measured, and the tamarind is analyzed in the production process of the machine. Research found that to be defined as the qualifications and capabilities of machines, to produce 1 kg of tamarind, the machine takes an average of 1.04 minutes, which is 59.31 times faster than manual labor. The amount of loss of raw materials from the use of machines is approximately 6.67% more than that of manual labor, and the resulting work piece shape will not be as uneven as the production from labor. As for the process capability analysis, it was found that the capability of the production process was only at a confidence level of 95.45 percent, or at a level of $1-2\sigma$. Increase production capacity, which can reduce time, reduce procedures, and reduce the amount of labor. Increase cleanliness standards in

the production process, leading to higher standards of products and products. Increase confidence in the products of community businesses to be able to compete with the big competitors.

Keywords: Processing Machinery, Tamarind, Community Enterprise



บทนำ

มะขามป้อมเป็นพืชเศรษฐกิจชนิดใหม่ ซึ่งกำลังเป็นที่ต้องการของตลาดและมีแนวโน้มสูงขึ้นทุกๆ ปี สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตรรายงานว่า จังหวัดเพชรบูรณ์ปลูกมะขามป้อมปักษ์ใต้ผลผลิตเฉลี่ย 816 กิโลกรัมต่อ 1 ไร่ ซึ่งรวมแล้วมีมูลค่ากว่า 4,324 ตัน หรือคิดเป็นมูลค่ากว่า 2.3 พันล้านบาท ซึ่งสามารถปลูกทดแทนการปลูกข้าวในพื้นที่ไม่เหมาะสม (กลุ่มยุทธศาสตร์และสารสนเทศสำนักงานเกษตรจังหวัดเพชรบูรณ์, 2563) พื้นที่ที่นิยมปลูกส่วนมากจะอยู่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคเหนือ ซึ่งผลผลิตส่วนใหญ่จะถูกนำไปทำมะขามเปียก โดยร้อยละ 60 จะถูกนำมาบริโภคในประเทศ ที่เหลือจะถูกส่งไปจำหน่ายยังต่างประเทศ (สมพงษ์ สุขเขตต์, 2558) ในปี 2563 มีการรายงานว่ามีเกษตรกรจำนวน 13,841 ครัวเรือนที่ทำการปลูกมะขามป้อม มีผลผลิตรวม 2,812,375 กิโลกรัมต่อปี ซึ่งในปัจจุบันราคาจำหน่ายมะขามทุกเกรดหน้าสวนอยู่ที่ประมาณ 18.27 บาทต่อกิโลกรัม (สำนักงานเกษตรจังหวัดเพชรบูรณ์, 2563) แต่ถ้าหากเป็นมะขามป้อมปักษ์ใต้เกรดที่ดีที่สุดที่ได้รับการแกะเปลือกและเมล็ด สามารถจำหน่ายได้ในราคา 90 บาทต่อกิโลกรัม ซึ่งมักจะถูกใช้ในการแปรรูปเป็นมะขามแช่อิ่ม (รัฐพล ท่อนแก้ว, 2557) ผักที่ไม่สวยหรือมีขนาดเล็กลง หากนำไปผ่านกระบวนการแปรรูปสามารถจำหน่ายได้ในราคาเฉลี่ย 87.5 บาทต่อกิโลกรัม ซึ่งมูลค่าจะเพิ่มขึ้นประมาณ ร้อยละ 470 (เทพ เพ็ญมะลัง และ จินตนา สนามชัยสกุล, 2555) กลุ่มแปรรูปมะขามไร่บุญคง ผู้ผลิตมะขามธุรกิจระดับชุมชนในจังหวัดเพชรบูรณ์ ผู้ผลิตมะขามป้อมปักษ์ใต้โดยผู้ประกอบการจะนำวัตถุดิบที่ได้มาคลุกเคล้าร่วมกับน้ำตาล พริก และเกลือ โดยผู้ผลิตต้องทำให้มะขามเป็นแผ่น และใช้กรรไกรตัดให้มะขามมีความยาวประมาณ 1-4 เซนติเมตร ปัญหาสำคัญของกระบวนการผลิต คือ ขั้นตอนการคลุกและตัดให้ได้ขนาดไม่เกินมาตรฐานเพื่อให้ผู้บริโภคสามารถใช้ช้อนขนาดเล็กจิ้มเพื่อรับประทานได้สะดวก ซึ่งในปัจจุบันมีความต้องการมะขามป้อมปักษ์ใต้สดทะลอะ 40-50 กิโลกรัม แต่แรงงาน 1 คน ต้องใช้เวลาในตัดมะขามป้อมปักษ์ใต้ 1 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ทำให้ผู้ประกอบการจำเป็นต้องใช้แรงงานจำนวนมากแต่ก็ยังไม่สามารถผลิตตามความต้องการของผู้บริโภคได้ทัน เนื่องจากทางกลุ่มธุรกิจชุมชนแห่งนี้มีผลิตภัณฑ์หลายประเภท จึงไม่สามารถใช้แรงงานทั้งหมดเพื่อผลิตเพียงผลิตภัณฑ์เดียวได้

ส่งผลให้ผู้ประกอบการเสียโอกาสทางการค้าในปริมาณ 30–40 กิโลกรัมต่อสัปดาห์ ในงานวิจัยของวิทยา หนูช่างสิงห์, นรุตน์ รัตนวัย, และ ธนภัทร มณีแสง (2558) ได้ออกแบบและสร้างเครื่องปั่นเนื้อมะขามแก้วสำหรับธุรกิจขนาดเล็ก เพื่อตัดเนื้อมะขามที่มีลักษณะเป็นแผ่นสี่เหลี่ยม ขนาด 180 x 180 มิลลิเมตร หน้า 15 มิลลิเมตร น้ำหนัก 1 กิโลกรัม ผู้ปฏิบัติงานจะเริ่มจากวางไว้บนร่องสี่เหลี่ยม ขนาด 15 มิลลิเมตร ที่มีอยู่ทั้งหมด 10 ร่อง จากนั้นชุดใบมีดจะตัดเนื้อมะขามจำนวน 2 ครั้ง โดยครั้งแรกตัดเนื้อมะขามออกมาให้มีลักษณะเป็นเส้นยาว ส่วนในครั้งที่สองต้องนำมะขามที่ได้จากการตัดในครั้งแรกกลับด้านเพื่อใส่เข้าไปในเครื่องอีกครั้งเพื่อตัดให้ออกมาเป็นก้อนรูปสี่เหลี่ยมขนาดเท่ากัน จำนวนทั้งหมด 100 เม็ด ทั้งนี้ รุ่งเรือง ทารักษ์ (2553) ได้ศึกษาการออกแบบและสร้างเครื่องตัดต้นหอม เครื่องใช้ต้นกำลังจากมอเตอร์ไฟฟ้าและส่งกำลังด้วยสายพานไปยังชุดใบมีดในการตัดต้นหอมที่ลำเลียงด้วยชุดสายพาน ในการตัดเดือนต้นหอมที่ยังสดในการนำไปแปรรูป เช่นเดียวกับรัฐพล ดุลยะลา (2563) ได้ศึกษาการออกแบบและพัฒนาเครื่องตัดกระยาสารทแบบกึ่งอัตโนมัติ โดยออกแบบชุดใบมีดจำนวน 2 ชุด ชุดที่ 1 เป็นชุดตัดในแนวยาว มีใบมีดจำนวน 11 ใบ มีขนาดความกว้างของใบมีด 5 เซนติเมตร ส่วนชุดที่ 2 จะเป็นชุดตัดแนวขวาง มีใบมีดจำนวน 11 ใบ ขนาดความกว้างของใบมีด 2.5 เซนติเมตร ขับเคลื่อนด้วยบอลสกรูที่ติดอยู่กับมอเตอร์ เพื่อเป็นตัวขับเคลื่อนให้ใบมีดตัดเดินหน้าถอยหลังซ้ายขวา โดยเครื่องสามารถตัดกระยาสารทได้พร้อมกันทีละ 10 แถว ในแนวยาว และ 10 แถว ในแนวขวาง ซึ่งเครื่องตัดกระยาสารทสามารถตัดชิ้นกระยาสารทได้ปริมาณ 700 ชิ้น และพบว่าชิ้นงานที่ได้สวยงาม มีความสม่ำเสมอมากกว่า รวมถึงลดเวลาในการตัดสินใจคิดเป็นประสิทธิภาพ 68.29 หากเปรียบเทียบกับการใช้แรงงานคนในการตัด

ดังนั้น ผู้วิจัยจึงนำแนวคิดและองค์ความรู้งานวิจัยของรัฐพล ดุลยะลา (2563) มาประยุกต์ใช้ในการออกแบบเครื่องจักรสำหรับใช้ผลิตมะขามจัดจืด โดยออกแบบเป็น 2 ส่วน ประกอบด้วยส่วนที่ 1 เป็นชุดคลุกมะขาม จะมีใบหมุนคลุก ยาว 670 มิลลิเมตร ใบคลุกกว้าง 240 มิลลิเมตร มีรัศมี 170 องศา ส่วนชุดที่ 2 จะเป็นส่วนใบมีดตัด ขนาด 100 มิลลิเมตร ความหนา 2 มิลลิเมตร ระยะช่วงห่างใบมีด 6 มิลลิเมตร มี 2 ชุด แบ่งชุดละ 17 ใบ ขับเคลื่อนมอเตอร์ส่งกำลังด้วยสายพานไปยังชุดคลุกและชุดใบมีดตัด ใบกวนจะบังคับให้เนื้อมะขามที่ผ่านการคลุกเคล้าส่วนผสมแล้วไปอยู่ตรงกับช่องนำเข้า เมื่อผู้ปฏิบัติงานเปิดช่องนำเข้า มะขามจะไหลลงไปยังชุดใบมีดเพื่อทำการตัดชิ้นมะขาม และมะขามที่ผ่านการตัดแล้วจะตกลงผ่านช่องด้านล่าง ซึ่งขนาดชิ้นงานที่ได้จะอยู่ระหว่าง 1–4 เซนติเมตร ส่วนในการประเมินสมรรถนะของเครื่องจักร คณะผู้วิจัยได้นำวิธีการวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการ (Process Capability) มาใช้ในการประเมิน โดยพิจารณาจากดัชนีวัดความสามารถของ

กระบวนการ (Process Capability Index) ทั้ง 2 ประเภท ประกอบด้วยดัชนีที่ใช้วัดความสามารถของกระบวนการ (Actual Capability: C_{pk}) และ (Actual Process Capacity Index: P_{pk}) ซึ่งทั้ง C_{pk} และ P_{pk} คือ ดัชนีที่ใช้วัดความสามารถที่แท้จริงของกระบวนการเช่นเดียวกัน แต่ต่างกันตรงที่ C_{pk} ใช้ค่าพิสัยของแต่ละกลุ่มย่อยมาคำนวณหาค่าของความเบี่ยงเบนมาตรฐาน แต่ P_{pk} ใช้ข้อมูลทั้งหมด (Dangprasirt, 2005) โดยสามารถนำมาใช้ยืนยันได้ว่ากระบวนการมีความสามารถเพียงพอ และเป็นไปตามเงื่อนไขในการผลิตที่กำหนดไว้หรือไม่ ผลลัพธ์ที่ได้คือความสามารถและผลิตภาพ (Productivity) ใช้เป็นตัวชี้วัดคุณภาพของผลผลิตของเครื่องจักร (Douglas, 2013) ซึ่งนำไปสู่มาตรฐานของกระบวนการผลิตที่สูงขึ้นเพื่อให้ธุรกิจระดับชุมชนมีศักยภาพในการแข่งขันกับคู่แข่งรายอื่นได้อย่างมีประสิทธิภาพ



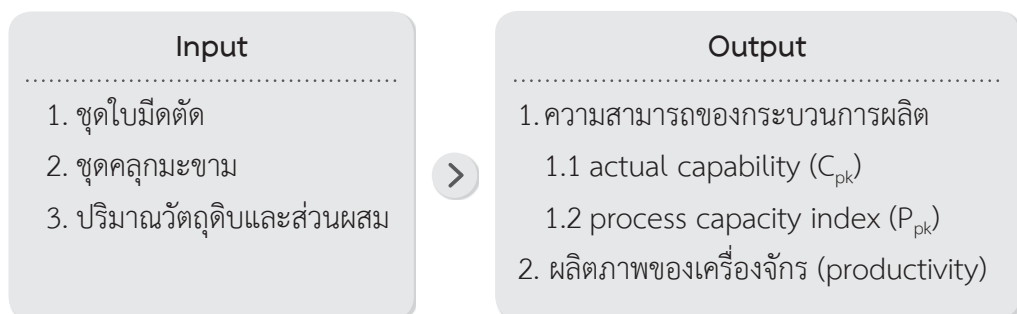
วัตถุประสงค์การวิจัย

วิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการผลิตของเครื่องจักรแปรรูปมะขามจัดจาดสำหรับธุรกิจชุมชน



วิธีดำเนินการวิจัย

คณะผู้วิจัยได้มุ่งเน้นไปยังความต้องการของผู้บริโภค ซึ่งเป็นข้อมูลจากการสัมภาษณ์ผู้ประกอบการ และได้สอบถามถึงกระบวนการผลิตแบบเดิมที่ทำให้เกิดปัญหาการผลิตล่าช้าและมีต้นทุนที่สูง จากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาเป็นแนวทางที่สำคัญสำหรับใช้ออกแบบและสร้างเครื่องจักรเพื่อให้กระบวนการผลิตมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น นำไปสู่การลดขั้นตอน ต้นทุน และจำนวนแรงงาน รวมไปถึงคุณภาพและมาตรฐานด้านความสะอาด และความปลอดภัยในการปฏิบัติงาน ให้สามารถแข่งขันกับผู้ผลิตรายอื่นได้ ซึ่งเครื่องจักรที่พัฒนาขึ้นต้องมีผลิตภาพมากกว่าการผลิตแบบวิธีเดิม มะขามที่ตัดออกมาต้องมีขนาดไม่เกิน 1–4 เซนติเมตร ตามเงื่อนไขและข้อกำหนดของผู้บริโภค



รูปที่ 1 กรอบแนวคิดในการออกแบบกระบวนการทำวิจัย

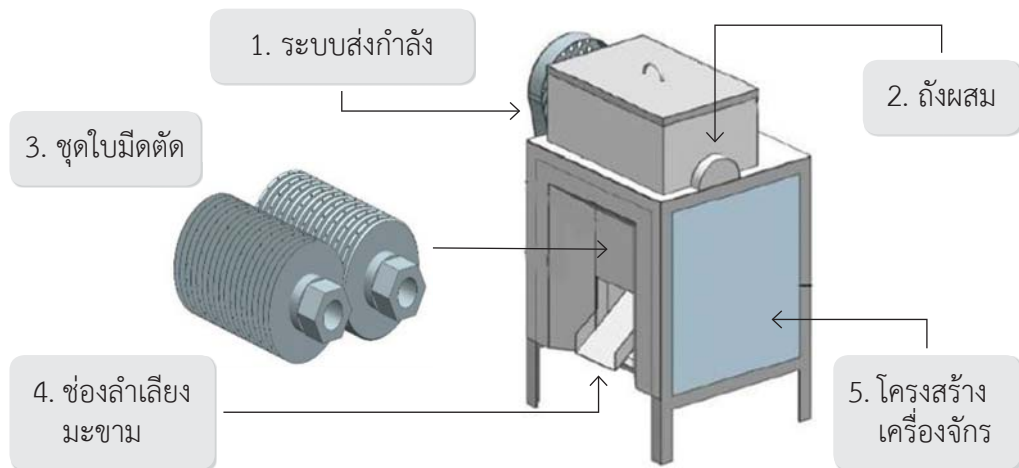
อุปกรณ์การวิจัย

1. วัตถุดิบและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

มะขามเปรี้ยวยักษ์ที่ผ่านการแกะเปลือก รก และนำเมล็ดออกเหลือเพียงเนื้อมะขาม ในการทดลองครั้งนี้ใช้มะขามน้ำหนัก 1,000 กรัม น้ำตาลจำนวน 300 กรัม เกลือ 20 กรัม และพริกป่น 20 กรัม เครื่องคลุกมะขามจี๊ดจัดมีลักษณะการทำงานในแนวนอน ตามรูปที่ 2 องค์ประกอบหมายเลข 1 แสดงให้เห็นถึงระบบการส่งกำลัง โดยอาศัยระบบการส่งกำลังจากมอเตอร์ขนาด 1 แรงม้า ควบคุมการหมุนของพูลเลย์เฟลาตาม ขนาด 304.8 มิลลิเมตร ส่งผ่านโซ่และสเตอร์ล้อขับ 13 ฟัน และ 20 ฟัน เพื่อหมุนเพลาชุดไบมีดคู่ที่ความเร็ว 98 รอบต่อนาที ตามองค์ประกอบหมายเลข 2 และส่งกำลังไปยังพูลเลย์เฟลาขับ ขนาดความโต 76.2 มิลลิเมตร และพูลเลย์เฟลาตาม ขนาดความโต 254 มิลลิเมตร เพื่อไปหมุนใบคลุก ที่อยู่ในถังผสมที่ความเร็ว 30 รอบต่อนาที ดังที่แสดงตามองค์ประกอบหมายเลข 3 โดยรูปที่ 3 จะแสดงเครื่องจักรแปรรูปมะขามจี๊ดจัดที่สร้างเสร็จแล้ว และพร้อมใช้งาน

2. กระบวนการผลิตมะขามจี๊ดจัดโดยใช้เครื่องจักร

การผลิตจะเริ่มต้นจากการจัดเตรียมวัตถุดิบและส่วนประกอบ ผู้ปฏิบัติงานต้องเตรียมเนื้อมะขามเปรี้ยวยักษ์ที่แกะเมล็ดออกแล้ว น้ำหนัก 1,000 กรัม และส่วนผสมที่จะนำไปคลุกเคล้ากับเนื้อมะขาม ปริมาณของส่วนผสมและกรรมวิธีจะขึ้นอยู่กับสูตรของผู้ประกอบการ สถานประกอบการแต่ละที่จะมีส่วนประกอบและกรรมวิธีที่ไม่เหมือนกัน เพราะฉะนั้นในการทดลองครั้งนี้ใช้น้ำตาล 300 กรัม เกลือ 20 กรัม และพริกป่น 20 กรัม นำส่วนผสมทั้งหมดลงในถังผสม ผู้ปฏิบัติงานเปิดสวิตช์เครื่องจักรทำงาน ชุดกลไกผสมจะทำหน้าที่ในการคลุกเคล้าเนื้อมะขามและน้ำตาลเข้าด้วยกัน เมื่อได้เนื้อมะขามที่ผ่านการคลุกเคล้าตามที่ต้องการแล้ว ผู้ปฏิบัติงานต้องเปิดช่องนำเข้าให้มะขามร่วงลงมาเจอชุดไบมีดเพื่อตัดเนื้อมะขามให้เป็นชิ้นเล็กๆ ความยาวของชิ้นงานต้องอยู่ระหว่าง 1–4 เซนติเมตร ดังที่แสดงในรูปที่ 4 จากนั้นเนื้อมะขามที่ผ่านการตัดแล้วจะไหลผ่านช่องลำเลียงเนื้อมะขามตามองค์ประกอบหมายเลข 4 ในรูปที่ 2 ลงสู่ภาชนะที่เตรียมไว้ และนำไปบรรจุลงบรรจุภัณฑ์ในขั้นตอนต่อไป



รูปที่ 2 องค์ประกอบสำคัญของเครื่องคลุกมะขามจัดจาด



รูปที่ 3 เครื่องคลุกมะขามจัดจาดแบบแนวนอน



รูปที่ 4 ผลผลิตที่ได้จากเครื่องจักร

วิธีการประเมินสมรรถนะ

การประเมินสมรรถนะแบ่งออกเป็น 2 ระยะ ระยะที่ 1 คือ ทดสอบการทำงานเบื้องต้น และระยะที่ 2 คือ การวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการ โดยการทดสอบการทำงานเบื้องต้นในระยะที่ 1 ผู้ปฏิบัติงานต้องนำมะขามเปรี้ยวที่ยังผ่านการแกะเปลือก รก น้ำหนักประมาณ 1,000 กรัม คลุกเคล้ากับน้ำตาล 300 กรัม เกลือ 20 กรัม และพริกป่น 20 กรัม ก่อนนำมะขามที่ผ่านการคลุกเคล้าแล้วใส่ลงในช่องนำเข้าเพื่อลำเลียงไปยังชุดใบมีด มะขามที่ผ่านกระบวนการตัดจากเครื่องจักรต้องเกิดการสูญเสียให้น้อยที่สุด และต้องทำงานได้รวดเร็ว

กว่าการใช้แรงงาน หากตรงตามกับเงื่อนไขดังกล่าว ก็ถือว่าเครื่องจักรสามารถทำได้บรรลุตามเป้าประสงค์ที่ได้คาดการณ์ไว้ แต่อย่างไรก็ตาม ขึ้นมะขามที่ได้ควรมีคุณภาพใกล้เคียงกับการตัดด้วยแรงงาน ดังนั้นในระยะที่ 2 ได้ประเมินสมรรถนะ จะพิจารณาจากความสามารถของเครื่องจักร โดยประยุกต์ใช้วิธีการวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการผลิต ซึ่งในการทดลองคณะผู้วิจัยได้นำมะขามที่ได้จากกระบวนการผลิตมาสุ่มวัดความยาวของขึ้นมะขามหลังจากการตัด ซึ่งควรอยู่ระหว่าง 1-4 เซนติเมตร การทดลองจะรวบรวมข้อมูลจำนวน 6 วัน เนื่องจากสถานประกอบการมีวันหยุด 1 วัน คือวันอาทิตย์ โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 2 ชุด เพื่อพิจารณาความเหมาะสมในการผลิต โดยชุดแรกเป็นการตัดมะขามจำนวน 1 รอบ และชุดที่ 2 คือมะขามที่ได้จากการตัด 2 รอบ ในแต่ละรอบจะสุ่มมะขามที่ได้จากการผลิตจำนวน 200 กรัม (ในการผลิต 1 ครั้ง จะได้มะขามประมาณ 1 กิโลกรัม) หรือร้อยละ 20 เพื่อวัดความยาว และใช้วิธีการวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการผลิตของเครื่องจักร เพื่อกำหนดให้เป็นคุณสมบัติและความสามารถของเครื่องจักร ตัวแปรควบคุม คือ มะขามเปรี้ยวที่ผ่านการคลุกเคล้าและตัดเป็นชิ้น ตัวแปรตรวจวัด คือ กลุ่มตัวอย่างของขึ้นมะขามที่ได้ต้องมีความยาวไม่เกิน 1-4 เซนติเมตร



ผลการวิจัย

ผลลัพธ์จากวิธีการประเมินสมรรถนะของเครื่องจักรแบ่งออกเป็น 2 ระยะ ดังต่อไปนี้

1. ผลการศึกษาการออกแบบและสร้างเครื่องคลุกมะขามจัดจาด

จากการทดสอบการทำงานเครื่องจักรในเบื้องต้น สามารถทราบเวลาการปฏิบัติงานและปริมาณที่สามารถผลิตได้ดังที่แสดงในตารางที่ 1 ซึ่งใน 1 รอบการทำงาน เครื่องจักรสามารถใช้เวลาในการผลิตเฉลี่ยเพียง 1 นาที 4 วินาที ซึ่งเวลาการผลิตสูงสุดจะอยู่ที่ 1 นาที 13 วินาที และเร็วที่สุดใช้เวลาเพียง 58 วินาทีเท่านั้น ผลผลิตที่ได้เฉลี่ยเท่ากับ 1,170 กรัม และหากพิจารณาปริมาณวัตถุดิบที่นำเข้าเครื่องจักรกับผลผลิตที่ได้ พบว่าเกิดการสูญเสียวัตถุดิบจากการผลิตเท่ากับร้อยละ 12.68 จากวัตถุดิบทั้งหมด 1,340 กรัม ซึ่งคาดว่าจะมีพริก เกลือ และเนื้อมะขามบางส่วนที่ติดอยู่ที่ระหว่างชุดใบมีดและช่องลำเลียง ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่า 1 รอบการทำงาน เครื่องจักรสามารถผลิตมะขามจัดจาด 1 กิโลกรัม ได้รวดเร็วกว่าใช้แรงงานคนที่ใช้เวลาในการผลิตเฉลี่ย 63.28 นาที เมื่อเปรียบเทียบแล้วเครื่องจักรสามารถทำงานได้รวดเร็วกว่าถึง 58.31 เท่า ซึ่งหากต้องการมะขามจัดจาดจำนวน 50 กิโลกรัมต่อสัปดาห์จากเดิมใช้เวลาประมาณ 53.04 ชั่วโมง จะเหลือเพียง 53.33 นาทีเท่านั้น ส่วนอัตราการสูญเสียวัตถุดิบนำเข้าเมื่อเทียบกับแรงงานคนแล้ว เครื่องจักรมีความสูญเสียมากกว่าร้อยละ 6.71

ตารางที่ 1 เวลาการผลิตโดยใช้แรงงาน

การทดลองครั้งที่	1 รอบการผลิต (1 กิโลกรัม)	
	เวลา (วินาที)	อัตราการผลิต (กิโลกรัมต่อ 1 รอบการผลิต)
1	3,801	1.32
2	4,090	1.28
3	3,913	1.23
4	3,504	1.27
5	3,676	1.23
ค่าเฉลี่ย	3,796	1.26

ตารางที่ 2 ผลลัพธ์การทดสอบการทำงานเบื้องต้น

การทดลองครั้งที่	1 รอบการผลิต (1 กิโลกรัม)	
	เวลา (วินาที)	อัตราการผลิต (กิโลกรัมต่อ 1 รอบการผลิต)
1	58	1.20
2	72	1.14
3	73	1.12
4	62	1.22
5	59	1.21
ค่าเฉลี่ย	64	1.17

2. ผลจากการใช้วิธีการวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการผลิตของเครื่องจักร

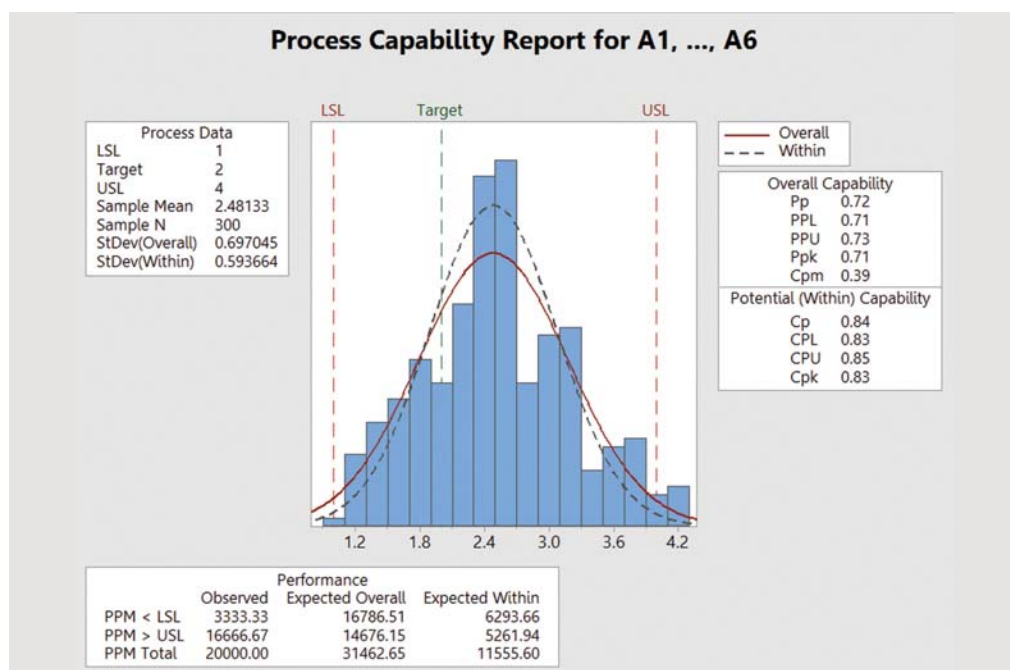
จากการประเมินสมรรถนะของเครื่องจักร คณะผู้วิจัยได้แบ่งการทดลองออกเป็น 2 รูปแบบ โดยรูปแบบที่ 1 ใช้การตัดเพียงรอบเดียว และรูปแบบที่ 2 ใช้การตัด 2 รอบ จากนั้นใช้วิธีการวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการจากโปรแกรม Minitab version 17 เพื่อหารูปแบบกระบวนการผลิตที่ตรงกับเงื่อนไขของผู้ประกอบการมากที่สุด ผลลัพธ์ของการทดลองทั้ง 2 รูปแบบ สามารถแสดงดังตารางที่ 3 และ 4 ซึ่งผลการทดลองสามารถแสดงได้ดังต่อไปนี้

2.1 การทดลองจากการตัด 1 รอบการทำงาน

ผลลัพธ์จากตารางที่ 3 แสดงลักษณะของขึ้นมะขามมีความยาวอยู่ระหว่าง 0.9–4.3 เซนติเมตร จากการประเมินความสามารถของกระบวนการของกลุ่มตัวอย่างจำนวน 300 ชิ้น พบว่า ค่า P_p และ P_{pk} ของกระบวนการมีค่าใกล้เคียงกัน ส่งผลให้ค่าเฉลี่ยใกล้เคียงกับค่ากลางซึ่งเป็นค่าเป้าหมาย ค่าความผันแปรที่เกิดขึ้นทั้งหมดในข้อมูล (P_{pk}) และส่วนค่าความแปรผันระหว่างกลุ่มย่อย (C_{pk}) มีค่าเท่ากับ 0.83 ซึ่งหากค่า P_{pk} และ C_{pk} น้อยกว่า 1 ซึ่งถือว่ากระบวนการยังไม่ดีมากนัก แต่ก็ยังอยู่ในระดับ 2 σ (2 Sigma Level) (Rehman, 2019) หรือกระบวนการมีความเชื่อมั่นประมาณร้อยละ 95.45 ที่จะได้ของดี กล่าวคือ หากพิจารณาความสามารถของกระบวนการผลิตจากการสังเกตผลลัพธ์ที่ได้จากข้อมูลดิบที่เก็บมาทั้ง 6 วัน จะพบว่า หากผลิต 1 ล้านชิ้น โดยใช้เครื่องจักรเครื่องนี้ โอกาสที่จะพบของเสียจากขอบเขตข้อกำหนดด้านล่าง (lower specification limit) จะมีค่าเท่ากับ 3,333 ชิ้น ของเสียจากขอบเขตข้อกำหนดด้านบน (upper specification limit) จะมีประมาณ 16,667 ชิ้น แต่จากตัวแทนของประชากรทั้งหมด พบว่าอาจจะเจอของเสียจากกระบวนการผลิตอยู่ที่ 20,000 ชิ้น และแต่ละวันจะเจอของเสียประมาณ 5,201.11 ชิ้น ที่ไม่ได้มาตรฐานจากขอบเขตข้อกำหนดด้านล่าง และประมาณ 5,099.54 ชิ้น จากขอบเขตข้อกำหนดด้านบน รวมทั้งหมด 11,556 ชิ้น

ตารางที่ 3 ผลการทดสอบสุ่มตัวอย่างชิ้นงานเพื่อทดสอบความสามารถของกระบวนการ 6 วัน
จำนวน 50 ชิ้น จากการทดลองตัด 1 รอบการทำงาน

ชั้นที่	วันที่สุ่มตัวอย่าง						ชั้นที่	วันที่สุ่มตัวอย่าง					
	1	2	3	4	5	6		1	2	3	4	5	6
1	3.8	3.2	3.2	2.4	3.8	3.2	26	2.5	2.5	2.5	2.1	2.5	2.5
2	3.9	3.7	1.2	2.4	3.0	2.2	27	2.8	2.8	2.1	3.2	3.1	2.8
3	1.3	1.2	2.6	1.3	3.0	1.3	28	3.8	2.7	3.6	3.5	1.9	1.2
4	2.6	2.6	2.7	2.6	2.6	2.6	29	3.7	1.7	3.0	2.3	1.8	3.4
5	2.4	2.2	2.4	2.1	2.4	2.4	30	1.5	2.3	1.6	2.0	3.4	1.4
6	2.0	1.6	2.3	2.0	2.2	1.6	31	3.6	1.8	3.2	2.3	3.1	3.1
7	3.3	1.5	2.6	3.2	4.3	2.8	32	3.7	3.2	2.2	1.2	3.2	3.5
8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	33	2.6	2.3	2.6	2.7	2.8	2.6
9	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	34	2.8	2.6	2.8	2.3	2.8	2.8
10	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	35	2.9	3.8	3.5	2.1	2.9	4.1
11	2.1	1.8	1.9	2.6	1.1	3.4	36	2.0	3.5	1.5	3.0	2.0	2.2
12	1.2	2.0	2.2	1.2	2.2	1.2	37	2.5	3.9	2.5	2.1	2.6	2.5
13	1.3	2.1	2.3	2.0	1.3	1.3	38	2.9	3.8	2.9	2.9	2.9	2.9
14	1.4	2.3	2.4	2.1	1.4	1.4	39	3.5	3.9	3.5	3.4	4.2	3.2
15	1.5	1.5	2.2	2.2	1.5	2.3	40	2.3	3.0	1.8	4.2	3.6	2.1
16	2.2	2.4	1.8	2.3	1.6	1.6	41	2.5	2.6	2.5	2.5	2.5	2.5
17	3.0	3.0	1.9	2.1	1.7	2.3	42	3.0	2.4	2.3	2.6	3.8	3.9
18	1.8	2.4	1.7	1.8	1.8	1.8	43	3.0	2.7	3.0	2.8	3.2	3.2
19	2.5	2.5	2.2	2.5	2.5	2.5	44	2.2	2.3	2.2	1.9	3.8	3.2
20	2.7	2.7	2.4	3.0	2.7	2.1	45	2.3	2.3	2.3	3.0	2.3	2.3
21	1.3	3.1	2.2	1.3	2.3	2.2	46	3.1	3.2	3.0	3.1	3.1	3.1
22	1.4	1.8	1.7	4.2	1.8	1.9	47	2.3	2.3	2.0	2.6	2.6	3.2
23	1.5	2.2	1.9	3.8	3.4	1.5	48	2.4	2.4	1.5	2.4	2.4	2.4
24	2.2	3.1	1.6	3.1	3.0	1.6	49	2.9	3.6	1.2	3.0	3.2	3.0
25	1.9	2.8	1.9	3.4	1.9	1.9	50	2.5	2.5	0.9	2.5	2.5	2.5



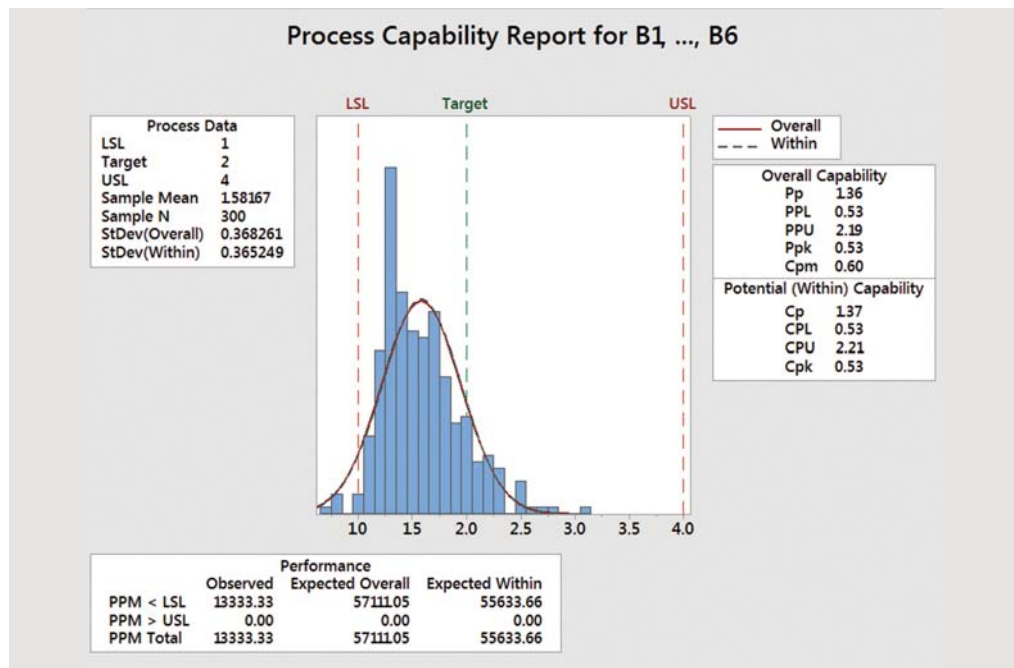
รูปที่ 5 ความสามารถของกระบวนการของการตัด 1 รอบการทำงาน

2.2 การทดลองจากการตัด 2 รอบการทำงาน

ลักษณะของชิ้นงานจะมีขนาดเล็กลงมากหากเปรียบเทียบกับผลการทดลองรูปแบบที่ 1 โดยมีความยาวอยู่ระหว่าง 0.8–3.5 เซนติเมตร ซึ่งมีชิ้นงานบางส่วนมีมาตรฐานต่ำกว่ามาตรฐานที่กำหนด จากการประเมินความสามารถของกระบวนการของกลุ่มตัวอย่างจำนวน 300 ชิ้น พบว่า ค่า P_p และ P_{pk} ของกระบวนการมีค่าต่างกันมากในกระบวนการผลิตในภาพรวม ส่งผลให้ค่าเฉลี่ยต่างจากค่ากลางที่ได้จากกระบวนการผลิตส่วนใหญ่จะมีค่าน้อยกว่าค่าเป้าหมาย และหากพิจารณาจากค่า P_{pk} และ C_{pk} ที่มีค่าเท่ากับ 0.53 จะแสดงให้เห็นว่าความสามารถของกระบวนการยังไม่ถึงระดับ 2σ (Rehman, 2019) หรือกระบวนการมีความเชื่อมั่นไม่ถึงร้อยละ 95.45 ที่จะได้ของดี กล่าวคือ หากพิจารณาความสามารถของกระบวนการผลิตจากการสังเกตผลลัพธ์ที่ได้จากข้อมูลดิบที่เก็บมาทั้ง 6 วัน จะพบว่า หากผลิต 1 ล้านชิ้น โดยใช้เครื่องจักรเครื่องนี้ โอกาสที่จะพบของเสียจากขอบเขตข้อกำหนดด้านล่างประมาณ 13,334 ชิ้น แต่จะไม่พบของเสียจากขอบเขตข้อกำหนดด้านบน แต่หากพิจารณาจากตัวแทนของประชากรทั้งหมด จะพบว่าอาจพบของเสียจากกระบวนการผลิตที่ไม่ได้มาตรฐานจากขอบเขตข้อกำหนดด้านล่างประมาณ 57,111 ชิ้น ซึ่งถือว่ามากกว่าการตัดเพียงรอบเดียว แต่ไม่พบของเสียจากขอบเขตข้อกำหนดด้านบน และแต่ละวัน (Within Capacity) จะเจอของเสียประมาณ 55,634 ชิ้น ไกลเคียงการผลิตโดยภาพรวม (Overall Capacity)

ตารางที่ 4 ผลการทดสอบสุ่มตัวอย่างชิ้นงานเพื่อทดสอบความสามารถของกระบวนการ 6 วัน
จำนวน 50 ชิ้น จากการทดลองตัด 2 รอบการทำงาน

ชั้นที่	วันที่สุ่มตัวอย่าง						ชั้นที่	วันที่สุ่มตัวอย่าง					
	1	2	3	4	5	6		1	2	3	4	5	6
1	1.8	1.7	2.6	1.6	1.5	1.3	26	1.1	2.5	2.0	2.0	1.2	1.6
2	1.7	1.9	1.5	1.4	2.0	2.2	27	1.3	1.6	2.0	1.4	1.7	1.7
3	1.5	1.4	2.0	2.1	2.3	1.9	28	1.9	1.4	1.5	1.2	1.3	1.5
4	2.0	2.1	2.5	2.3	1.5	1.4	29	2.0	1.2	2.3	1.3	1.3	3.1
5	1.7	1.2	1.7	1.3	1.2	2.1	30	1.8	1.5	1.2	1.2	0.8	1.8
6	1.6	1.6	1.4	1.5	1.3	1.3	31	1.3	1.4	1.3	1.7	1.8	1.8
7	1.4	1.7	2.0	1.7	1.6	1.7	32	1.2	2.3	1.3	1.3	1.2	1.4
8	1.2	1.8	2.2	1.2	1.7	1.7	33	1.9	2.0	1.7	1.3	1.6	1.4
9	1.3	1.4	1.6	1.6	1.0	1.4	34	1.5	1.1	2.1	2.3	1.2	1.3
10	1.7	1.3	1.9	1.3	1.2	1.5	35	2.2	1.3	1.4	1.9	1.9	1.7
11	1.8	1.7	1.5	1.5	1.8	2.2	36	1.6	1.7	1.6	1.2	0.8	2.1
12	1.3	1.8	1.9	1.3	1.3	1.2	37	1.1	1.8	1.3	1.6	1.8	2.7
13	1.0	1.6	1.5	1.5	1.3	1.9	38	1.3	1.7	1.5	1.4	0.7	2.5
14	1.2	1.3	2.1	1.1	1.0	1.5	39	1.8	1.4	1.3	1.5	1.1	1.4
15	1.7	1.7	1.7	1.7	1.4	1.3	40	1.3	1.3	1.9	1.3	2.0	1.6
16	1.8	2.5	1.3	1.5	1.3	1.4	41	1.6	1.4	1.2	1.3	1.2	1.4
17	1.6	1.3	1.4	1.1	1.4	1.1	42	1.4	1.3	2.3	1.8	0.8	1.1
18	2.1	1.4	1.3	2.5	1.7	1.8	43	1.6	1.5	1.8	1.3	1.2	1.2
19	1.5	1.3	1.7	1.4	1.6	1.2	44	1.2	1.7	2.2	1.2	1.3	1.5
20	1.4	1.3	1.6	1.3	1.3	1.6	45	1.4	1.5	1.7	1.4	1.1	1.9
21	2.2	1.6	1.3	1.7	2.2	1.4	46	1.1	2.0	1.5	1.3	1.1	1.5
22	2.2	1.8	1.9	1.9	1.3	2.3	47	2.0	1.4	1.2	1.3	1.3	1.7
23	1.2	1.3	1.6	1.5	1.7	1.6	48	2.0	1.8	2.1	1.6	1.1	1.4
24	2.0	1.9	1.8	1.5	1.3	1.4	49	1.6	2.2	1.4	1.3	1.8	1.7
25	1.8	2.0	1.5	1.5	1.3	1.7	50	2.8	1.4	1.3	1.6	1.6	1.3



รูปที่ 6 ความสามารถของกระบวนการของการตัด 2 รอบการทำงาน

ดังนั้น หากเปรียบเทียบความสามารถของกระบวนการทดลองทั้ง 2 รูปแบบ จะพบว่า การตัดเพียง 1 รอบการทำงาน สามารถให้คุณภาพที่ดีกว่า ขนาดของชิ้นงานใกล้เคียงกับเงื่อนไขที่ผู้ประกอบการต้องการมากกว่า ซึ่งหากพิจารณาจากช่วงความเชื่อมั่นที่กำหนด ความสามารถของกระบวนการผลิตจะอยู่ที่ระดับ 2σ ในขณะที่ความสามารถของกระบวนการการตัด 2 รอบการทำงาน ยังไม่ถึงระดับ 2σ ดังนั้นจึงแนะนำให้ผู้ประกอบการใช้การตัดเพียง 1 รอบ แต่อย่างไรก็ตาม ของเสียในแต่ละวันจากกระบวนการอาจมากถึง 11,556 ชิ้นต่อการผลิตหนึ่งล้านชิ้น (Defects per Million Opportunities: DPMO) หากเปรียบเทียบกับจำนวนชั่วโมงการทำงานที่ลดลง 58.31 เท่า ก็ยังถือว่าคุ้มค่ามากกว่าต้นทุนแรงงานที่เสียไปในแต่ละวัน



อภิปรายผลการวิจัย

ผลลัพธ์จากงานวิจัยชิ้นนี้แสดงให้เห็นว่าเครื่องจักรสามารถทำงานอยู่ในเกณฑ์ที่ดีเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการทำงานแบบเดิม จากการทดลองงานเครื่องจักรใช้ในสถานการณ์จริง พบว่าสามารถทำงานได้อย่างรวดเร็วขึ้นทั้งด้านการคลุกเคล้าส่วนผสม และการตัดชิ้นงาน ส่วนผลการประเมินความพึงพอใจด้านการใช้งานของผู้ประกอบการ พบว่าอยู่ในระดับที่ดีถึงแม้ว่าชิ้นมะขามจะมีขนาดไม่เท่ากัน และไม่สวยงามเท่ากับการผลิตโดยใช้แรงงาน ซึ่งอยู่ในขอบเขตที่ผู้ประกอบการสามารถยอมรับได้ ส่วนผลผลิตภาพของเครื่องจักร ปริมาณความต้องการ 50 กิโลกรัมต่อสัปดาห์ เครื่องจักรใช้เวลาในการผลิตเพียง 52 นาทีเท่านั้น จากเดิมใช้เวลาการผลิตจำนวน 53.04 ชั่วโมงต่อแรงงาน 1 คน ซึ่งเร็วขึ้นถึง 59.31 เท่า ส่งผลให้ผลผลิตภาพของสถานประกอบการเพิ่มขึ้นอย่างแน่นอน ตามวัตถุประสงค์ในการพัฒนาเครื่องจักร ส่วนการประเมินสมรรถนะของกระบวนการจะพบว่า ถ้าหากตัดเพียงรอบเดียว ความสามารถของกระบวนการผลิตจะอยู่ที่ระดับ 2 σ กล่าวคือ สามารถรับประกันว่าชิ้นงานร้อยละ 95.45 สอดคล้องกับการใช้ดัชนีวัดความสามารถของกระบวนการเพื่อเปรียบเทียบกับหลักการของการควบคุมคุณภาพโดยใช้ six sigma (Bhisham & Walker, 2007) แต่ถ้าหากตัดจำนวน 2 รอบ ชิ้นเนื้อมะขามมีขนาดเล็กลง และมีเศษชิ้นมะขามขนาดเล็กที่ไม่ได้ขนาดที่กำหนดมากขึ้น ส่งผลทำให้ความสามารถของกระบวนการลดลงอยู่ที่ระดับ 1 σ เท่านั้น จึงแนะนำให้ผู้ประกอบการใช้เครื่องจักรในการตัดเพียงแค่ 1 รอบ



สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

งานวิจัยชิ้นนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการผลิตของเครื่องจักรแปรรูปมะขามจี๊ดจัดสำหรับธุรกิจชุมชน ซึ่งกระบวนการผลิตแบบเดิมสามารถผลิตมะขามจี๊ดจัดได้เพียง 40–50 กิโลกรัมต่อสัปดาห์เท่านั้น โดยกระบวนการผลิตแบบใหม่เน้นการใช้เทคโนโลยีเพื่อนำไปสู่มาตรฐานของสินค้าและผลิตภัณฑ์ที่ดีขึ้น เพิ่มความเชื่อมั่นในสินค้าของธุรกิจระดับชุมชนให้สามารถแข่งขันกับคู่แข่งรายอื่นได้ โดยการดำเนินงานวิจัยแบ่งออกเป็น 2 ระยะ ในระยะที่ 1 เป็นการทดสอบการทำงานเบื้องต้น และระยะที่ 2 เป็นการประเมินสมรรถนะของเครื่องจักรโดยวิธีการวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการ จากผลการทดสอบสามารถสรุปได้ว่า 1 รอบการทำงาน สามารถผลิตมะขามจี๊ดจัดได้เฉลี่ย 1.26 กิโลกรัม โดยใช้เวลาเฉลี่ย 1.04 นาทีเท่านั้น ซึ่งรวดเร็วกว่าใช้แรงงานในการผลิตถึง 59.31 เท่า ถ้าหากต้องผลิตมะขาม 50 กิโลกรัมต่อสัปดาห์ เครื่องจักรจะใช้เวลาเพียง 53.33 นาทีเท่านั้น (จากเดิมใช้เวลา 53.04 ชั่วโมง) ทำให้ผลผลิตภาพของสถานประกอบการเพิ่มขึ้น แต่ข้อเสียคือ

ปริมาณการสูญเสียวัตถุดิบจากการใช้เครื่องจักรจะมากกว่าการแรงงานคนอยู่ที่ประมาณร้อยละ 6.67 จากวัตถุดิบทั้งหมด และรวมถึงรูปทรงชิ้นงานที่ได้จะไม่สวยงามและสม่ำเสมอ หากเปรียบเทียบกับการผลิตโดยแรงงาน และเมื่อพิจารณาผลการประเมินสมรรถนะของเครื่องจักรโดยวิธีการวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการ จะพบว่าความสามารถของกระบวนการผลิตจะอยู่ที่ระดับ 20 ในการตัด 1 รอบ แต่เมื่อตัด 2 รอบ ความสามารถของกระบวนการผลิตจะลดลงเหลือเพียงระดับ 10 เท่านั้น จึงแนะนำให้ผู้ประกอบการใช้การตัดเพียง 1 รอบ แต่อย่างไรก็ตาม ของเสียในแต่ละวันจากกระบวนการอาจมากถึง 11,556 ชิ้น ต่อการผลิตหนึ่งล้านชิ้น หากเปรียบเทียบกับจำนวนชั่วโมงการทำงานที่ลดลง 58.31 เท่า ก็ยังถือว่าคุ้มค่ามากกว่าต้นทุนแรงงานที่เสียไปในแต่ละวัน

ข้อเสนอแนะ

งานวิจัยฉบับนี้เป็นการออกแบบและพัฒนาเครื่องคลุกมะขามจี๊ดจัด โดยได้ทดลองการใช้งานจริงกับทางกลุ่มวิสาหกิจชุมชนแม่บ้านเกษตรขึ้นาคแผนใหม่ อำเภอหล่มเก่า จังหวัดเพชรบูรณ์ แบ่งการทดลองการจำนวน 5 ครั้ง จากผลการทดลองพบว่า เวลาสูงสุดในการผลิตจะอยู่ที่ 1 นาที 13 วินาที และเร็วที่สุดที่สามารถผลิตมะขามได้จะอยู่ที่ 58 วินาที เท่านั้น ผลผลิตที่ได้เฉลี่ยเท่ากับ 1,170 กรัม สามารถคลุกมะขามได้ดีและตัดมะขามคลุกอยู่ในเกณฑ์ดี และกลุ่มวิสาหกิจชุมชนแม่บ้านเกษตรขึ้นาคแผนใหม่ อำเภอหล่มเก่า จังหวัดเพชรบูรณ์ มีความพึงพอใจและนำมาใช้ประโยชน์ได้จริง สามารถลดแรงงาน เวลาในการคลุก และตัดมะขามได้อย่างรวดเร็ว

1. ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

ในการทดลองต้องให้ความสำคัญกับตัวแปรควบคุมที่ใช้ในการทดลอง คือ มะขามเปรี้ยว ที่ผ่านการคลุกเคล้าและตัดเป็นชิ้น และการตรวจวัดกลุ่มตัวอย่างของชิ้นมะขามที่ได้ต้องมีความยาวตามข้อกำหนดของงานวิจัย

2. ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

ควรออกแบบชุดใบมีดให้ปรับระยะการตัดได้ เพื่อจะได้เพิ่มขนาดชิ้นมะขามให้มีขนาดที่ต่างกันจะได้ผลิตภัณฑ์ใหม่ได้



กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยคำแนะนำต่างๆ จากคณาจารย์ในมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ และความร่วมมือช่วยเหลืออย่างดียิ่งจากบุคคลหลายฝ่าย ที่เสียสละเวลาให้คำแนะนำ คำปรึกษา รวมถึงข้อเสนอแนะต่างๆ อันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการดำเนินการวิจัยในครั้งนี้ และขอขอบพระคุณทุนอุดหนุนโดยมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ จากงบประมาณแผ่นดิน ผ่านการพิจารณาจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ประเภททุนโครงการวิจัยและนวัตกรรมเพื่อสร้างองค์ความรู้พื้นฐานของประเทศ ประจำปีงบประมาณ 2562 ที่ได้จัดสรรทุนอุดหนุนการวิจัยครั้งนี้มา ณ ที่นี้ด้วย



เอกสารอ้างอิง

- กลุ่มยุทธศาสตร์และสารสนเทศสำนักงานเกษตรจังหวัดเพชรบูรณ์. (2563). *สถานการณ์ผลิตพืชจังหวัดเพชรบูรณ์ ปี 2563*. สืบค้น 15 กรกฎาคม 2563, จาก <http://www.phetchabun.doae.go.th/wp-content/uploads/2020/10/สถานการณ์การผลิตปี63-4.pdf>
- เทพ เพี้ยมะลัง และ จินตนา สนามชัยสกุล. (2555). *การศึกษาความต้องการมะขามเปรี้ยวเพื่อการแปรรูปและพัฒนาเทคนิควิธีการต่อยอดที่มีประสิทธิภาพโดยมีส่วนร่วมของกลุ่มเกษตรกรบ้านเหมืองแบ่ง ตำบลวังบาล อำเภอหล่มเก่า จังหวัดเพชรบูรณ์*. รายงานการวิจัย. สำนักงานคณะกรรมการอุดมศึกษา.
- รัฐพล ดุลยะลา. (2563). การออกแบบและพัฒนาเครื่องตัดกระยาสารทแบบกึ่งอัตโนมัติ. *วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์*, 15(2), 117–131.
- รัฐพล ท่อนแก้ว. (2557). *แผนธุรกิจผลิตมะขามแช่อิ่มอบแห้ง*. การค้นคว้าอิสระ. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยกรุงเทพ.
- รุ่งเรือง ทารักษ์. (2553). *การออกแบบและสร้างเครื่องตัดต้นหอม*. ปริญญาโทอุตสาหกรรมศาสตรบัณฑิต มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เขตพื้นที่ภาคพายัพ เชียงใหม่.
- วิทยา หนูช่างสิงห์, นรัตน์ รัตนวัย, และ ธนภัทร มณีแสง. (2558). การออกแบบและสร้างเครื่องปั่นเนื้อมะขามแก้ว. ใน *ปัญญา เลิศไกร (บ.ก.), สหวิทยาการ งานวิจัย และนวัตกรรมอุดมศึกษาเพื่อการพัฒนาท้องถิ่นไทย ก้าวไกลสู่อาเซียน*, การประชุมวิชาการและนำเสนอผลงานวิจัยระดับชาติและนานาชาติ “ราชภัฏวิจัย ครั้งที่ 3”, (น. 104–110). นครศรีธรรมราช: มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช.

- สมพงษ์ สุขเขตต์. (2558). วิจัยและพัฒนามะขามเปรี้ยว รายงานโครงการวิจัยประจำปี 2558 กรมวิชาการทางเกษตร. สืบค้น 19 มิถุนายน 2563, จาก <https://www.doa.go.th/research/attachment.php?aid=2171>
- Bhisham, C. G., & Walker, H. F. (2007). *Statistical Quality Control for the Six Sigma Green Belt*. Wisconsin: ASQ Quality.
- Dangprasirt, P. (2005). Quality Control Chart. *Pharmatime*, 3(29), 63–71.
- Douglas, C. M. (2013). *Introduction to Statistical Quality Control*. (7th ed.). NJ: Wiley.
- Rehman, K. (2019). *Six Sigma Statistics Using Minitab 17*. Chicago: Independently Published.