



มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์

รายงานฉบับสมบูรณ์

โครงการวิจัยและนวัตกรรมเพื่อถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่ชุมชนฐานราก
สำนักงานปลัดกระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม

ชื่อโครงการย่อยที่ 1

(ภาษาไทย) การพัฒนานวัตกรรมเพื่อเพิ่มศักยภาพกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์มะขามจี๊ดจ๊าด
สำหรับกลุ่มวิสาหกิจชุมชนแม่บ้านเกษตรขึ้นาคแผนใหม่

(ภาษาอังกฤษ) Development of Innovation for 'Super Sour (Jeed Jard) Tamarind'
Productivity Improvement of Khi Nhak Paen Mai Agricultural Housewives'
Community Enterprise in Phetchabun.

คณะผู้วิจัย

อาจารย์วิทยา หนูช่างสิงห์

อาจารย์ธนภัทร มะณีแสง

ชุมชน/ท้องถิ่นที่ร่วมโครงการ

วิสาหกิจชุมชนแม่บ้านเกษตรขึ้นาคแผนใหม่

หัวหน้าโครงการ หรือ ผู้ประสานงานโครงการ

ชื่อ อาจารย์ธนภัทร มะณีแสง

หน่วยงานต้นสังกัด มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

สถานที่ติดต่อ สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิต

โทรศัพท์ 056-717164

โทรสาร 056-717100 ต่อ 1608, 3903

โทรศัพท์เคลื่อนที่ 097-1050700

E-mail: nazzdex.man@pcru.ac.th

รายงานฉบับสมบูรณ์ โครงการวิจัยและนวัตกรรมเพื่อถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่ชุมชนฐานราก
สำนักงานปลัดกระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม

1) ข้อมูลของโครงการย่อยที่ 1

ชื่อโครงการ (ภาษาไทย) การพัฒนานวัตกรรมเพื่อเพิ่มศักยภาพกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์มะขามจี๊ดจ๊าด
สำหรับกลุ่มวิสาหกิจชุมชนแม่บ้านเกษตรขึ้นาคแผนใหม่
(ภาษาอังกฤษ) Development of Innovation for 'Super Sour (Jeed Jard) Tamarind'
Productivity Improvement of Khi Nhak Paen Mai Agricultural
Housewives' Community Enterprise in Phetchabun.
ระยะเวลาของโครงการ 12 เดือน
งบประมาณของโครงการย่อย . 300,000 บาท

2) บทคัดย่อ

กลุ่มวิสาหกิจชุมชนแม่บ้านเกษตรขึ้นาคแผนใหม่เป็นผู้จำหน่ายผลิตภัณฑ์จากมะขาม หลายชนิด โดย
รับซื้อมะขามจากสมาชิกในอำเภอหล่มเก่าและพื้นที่ใกล้เคียง เพื่อจำหน่ายแบบฝักและแบบแปรรูป มะขามจี๊ดจ๊าดเป็น
ผลิตภัณฑ์หนึ่งสร้างยอดขายให้แก่กลุ่มวิสาหกิจเป็นจำนวนมาก และตลอด 5 ปีที่ผ่านมาธุรกิจการท่องเที่ยวในจังหวัด
เพชรบูรณ์มีการเติบโตขึ้นอย่างต่อเนื่อง ส่งผลต่อความต้องการผลิตภัณฑ์มะขามแปรรูปมากขึ้น ในปัจจุบันพบว่า
ความต้องการการผลิตมะขามจี๊ดจ๊าดส่งขายครั้งละ 40-50 กิโลกรัมต่อสัปดาห์ แต่วิธีการทำงานแบบเดิมในการกรรไกร
ตัดให้ได้ขนาดมีความล่าช้ามาก ทำให้ผู้ประกอบการเสียโอกาสทางการค้าในปริมาณ 30-40 กิโลกรัมต่อสัปดาห์ รวมถึง
รูปแบบของบรรจุภัณฑ์มีความคล้ายคลึงกันมากเกินไป คู่ค้าจึงสามารถจัดหาสินค้ามาทดแทนได้ ในการวิจัยครั้งนี้มี
วัตถุประสงค์เพื่อพัฒนามาตรฐานผลิตภัณฑ์มะขามมะขามจี๊ดจ๊าด โดยพัฒนาเครื่องจักรที่สามารถเพิ่มผลผลิตการผลิต
โดยรวมเพิ่มมากขึ้น จากการทดสอบการทำงานพบว่า เครื่องจักรสามารถทำงานแทนแรงงานได้ดี โดยปริมาณการผลิตที่
40-50 กิโลกรัมต่อสัปดาห์จะใช้เวลาการผลิตเพียง 1-1.30 ชั่วโมงเท่านั้น จากเดิมใช้เวลาการผลิตจำนวน 6-7 วัน ต่อ
แรงงาน 1 คน ซึ่งหากใช้เครื่องจักรสามารถผลิตแทนจะสามารถทำงานได้เร็วขึ้นประมาณ 6,000 เท่า ส่งผลให้ผลผลิต
ของสถานประกอบการเพิ่มขึ้นอย่างแน่นอน แต่ข้อเสียคือปริมาณการสูญเสียวัตถุดิบจากการใช้เครื่องจักรจะอยู่ที่
ประมาณร้อยละ 13 ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นเนื้อมะขาม และ น้ำตาลที่มักจะไปติดอยู่ระหว่างชุดใบมีดและช่องลำเลียงเนื้อ
มะขาม รวมถึงชิ้นงานที่ได้จะไม่สวยงาม และสม่ำเสมอเท่ากับการใช้แรงงานคน ถ้าหากหันเพียงรอบเดียว ความสามารถ
ของกระบวนการผลิตจะอยู่ที่ระดับ 2 ซิกม่า หากหันจำนวน 2 รอบการทำงาน จะทำให้ชิ้นเนื้อมะขามมีขนาดเล็กลง และ
มีเศษชิ้นมะขามขนาดเล็กที่ไม่ได้มาตรฐานจำนวนมากขึ้น ยิ่งทำให้ความสามารถของกระบวนการลดลง

3) ข้อมูลของหัวหน้าโครงการ

ชื่อหัวหน้าโครงการ	(ภาษาไทย)	อาจารย์วิทยา หนูช่างสิงห์
	(ภาษาอังกฤษ)	Wittaya Nuchangsing
ตำแหน่งทางวิชาการ		-
หน่วยงานต้นสังกัด		คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
สถานที่ติดต่อ		มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ เลขที่ 83 หมู่ 11 ถ.สระบุรี-หล่มสักต.สะเดียง อ.เมือง จ.เพชรบูรณ์
โทรศัพท์		056-717100 ต่อ 1608, 3903

โทรสาร

056-717164

โทรศัพท์เคลื่อนที่

09-56260516

e-mail

wittaya_992000@yahoo.com

ลายมือชื่อ.....



4) คณะผู้วิจัย

ชื่อผู้ร่วมโครงการ

อาจารย์ธนภัทร มะณีแสง

คุณวุฒิ (สาขาความชำนาญ)

การออกแบบการผลิต การควบคุมกระบวนการโดยใช้หลักการทางสถิติ

หน่วยงานต้นสังกัด

สาขาเทคโนโลยีการผลิต คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีการผลิต

สถานที่ติดต่อ

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ 83 หมู่ 11 ถ.สระบุรี-หล่ม ต.หล่มสัก

ต.สะเตียง อ.เมือง จ.เพชรบูรณ์

โทรศัพท์

056-717100 ต่อ 1608, 3903

โทรสาร

056-717164

โทรศัพท์เคลื่อนที่

09-56260516

e-mail

wittaya_992000@yahoo.com

ความรับผิดชอบในโครงการ

ร้อยละ 30

ความรับผิดชอบในโครงการวิจัยอื่น ๆ ที่อยู่ในระหว่างการดำเนินการ -

ลายมือชื่อ.....

(นายธนภัทร มะณีแสง)

5) วัตถุประสงค์ของโครงการ

เพื่อพัฒนาเครื่องจักรสำหรับใช้ในการผลิตมะขามจี๊ดจ๊าดในธุรกิจระดับชุมชน

6) หลักการและเหตุผล

ในปัจจุบันจังหวัดเพชรบูรณ์มีการรวมตัวของผู้ปลูกมะขามรายย่อย เพื่อแก้ปัญหาการถูกเอาเปรียบ การกดราคาจากพ่อค้าคนกลาง จากการบอกเล่าปัญหาของกลุ่มผู้ปลูกมะขามพบว่าเมื่อถึงฤดูกาลมะขามออกฝักจะมีผู้มารับซื้อถึงสวนมะขาม แต่ต้องจำหน่ายในราคาที่ต่ำมาก ในบางครั้งถึงกับขาดทุน ด้วยเหตุนี้จึงทำให้เกษตรกรต้องรวมกลุ่มกันอาจเป็นกลุ่มหรือสร้างรูปแบบของวิสาหกิจชุมชน เพื่อเพิ่มศักยภาพในการค้าขายและต่อรองราคากับผู้ซื้อมากขึ้น ดังนั้นเพื่อเพิ่มมูลค่าเกษตรกรจึงจำเป็นต้องทำให้สินค้าและบริการได้รับการรับมาตรฐานมากขึ้น อีกทั้งในปัจจุบันมีแนวโน้มความต้องการการบริโภคมะขามเปรี้ยวเพิ่มมากขึ้น โดยมะขามเปรี้ยวสามารถแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ได้หลายประเภท ซึ่งถ้าหากเก็บฝักขาย ราคาเฉลี่ยของมะขามเปรี้ยวยักษ์อยู่ที่ประมาณ 13 บาทต่อกิโลกรัม แต่ถ้าหากผ่านกระบวนการแปรรูป สามารถขายได้เฉลี่ย 87.5 บาทต่อกิโลกรัม มูลค่าที่เพิ่มขึ้นคิดเป็นร้อยละ 800 ดังนั้นผู้ประกอบการจึงนิยมที่จะนำมะขามเปรี้ยวมาแปรรูป เพื่อให้ผู้บริโภคสามารถรับประทานมะขามเปรี้ยวได้ง่าย และมีทางเลือกที่หลากหลายมากขึ้น โดยผลิตภัณฑ์ที่แปรรูปจากมะขามเปรี้ยวได้แก่ มะขามจี๊ดจ๊าด มะขามคลุกจี๊ดจ๊าด มะขามแก้ว มะขามเคี้ยวหนึบ มะขามแช่อิ่ม มะขามเปียก น้ำมะขามพร้อมดื่ม ในปัจจุบัน ผลิตภัณฑ์ที่มียอดจำหน่ายมากที่สุดคือ มะขามคลุกจี๊ดจ๊าดแบบกระปุก ขนาดบรรจุ 160 กรัม โดยวางจำหน่ายในร้านสะดวกซื้อและร้านขายของฝาก สัดส่วนยอดขายอยู่ที่ 60-70 เปอร์เซ็นต์ ส่วนอื่น ๆ เช่น

มะขามแก้ว มะขามเคี้ยวหนึบ กลุ่มลูกค้าเป้าหมายแบ่งเป็น 2 กลุ่ม คือประเภทร้านสะดวกซื้อในประเทศ และ ลูกค้าต่างประเทศที่เน้นกลุ่มเอเชียเป็นหลัก มีสัดส่วนการตลาดคือ 70 เปอร์เซ็นต์และ 30 เปอร์เซ็นต์ (บริษัท สาธารณสุขภัณฑ์ จำกัด) ในการศึกษาค้นคว้าและเก็บรวบรวมข้อมูลของไทยตำบลดอกท้อพบว่าประเทศไทย มีผู้ประกอบการทำมะขามจืดจืดจำนวน 60 ราย แต่ภายในจังหวัดเพชรบูรณ์ มีผู้ประกอบการผลิตมะขามจืดจืด ทั้งหมด 19 ราย

จากการลงพื้นที่สัมภาษณ์ผู้ประกอบการ กลุ่มวิสาหกิจชุมชนแม่บ้านเกษตรขึ้นาคแผนใหม่ ผู้ประกอบการได้มีการรับซื้อมะขามพันธุ์เปรี้ยวจากเกษตรกรในจังหวัดเพชรบูรณ์ ในกิโลกรัมละ 60 บาท ซึ่งผ่านการปอกเปลือกแกะรกและเมล็ดออกแล้ว การผลิตจะจ้างแรงงานในการคลุกมะขามด้วย น้ำตาล พริก และเกลือ แล้วจึงนำมาใช้กรรไกรตัดให้ได้ขนาดขึ้นประมาณ 2-5 เซนติเมตร ขนาดกว้างขึ้นละประมาณ 1 เซนติเมตร แล้วจึงทำการแพ็คใส่กระปุกเพื่อส่งจำหน่ายตลาดภายในประเทศ ตลอด 5 ปีที่ผ่านมาการท่องเที่ยวของจังหวัด เพชรบูรณ์เติบโตขึ้นมาก ส่งผลต่อความต้องการผลิตภัณฑ์มะขามแปรรูปมากยิ่งขึ้น ในปัจจุบันพบว่ามีความ ต้องการการผลิตมะขามจืดจืดส่งขายครั้งละ 40-50 กิโลกรัมต่อสัปดาห์ วิธีการทำงานแบบเดิมในการกรรไกรตัด ให้ได้ขนาดมีความล่าช้ามาก แรงงาน 1 คน ใช้เวลาในตัดมะขามจืดจืด 2-3 ชั่วโมงต่อ 1 กิโลกรัมเท่านั้น ซึ่งถ้า หากจำเป็นต้องทำตามความต้องการของลูกค้า ทางผู้ประกอบการจำเป็นต้องใช้แรงงานจำนวนมาก แต่เนื่องจาก ทางกลุ่มวิสาหกิจชุมชนฯ มีผลิตภัณฑ์หลายประเภทจึงไม่สามารถใช้แรงงานทั้งหมดเพื่อผลิตเพียงผลิตภัณฑ์เดียว ได้ ส่งผลให้ผู้ประกอบการเสียโอกาสทางการค้าในปริมาณ 30-40 กิโลกรัมต่อสัปดาห์ ผู้ประกอบการจึงมีแนวคิด ที่จะเพิ่มกำลังการผลิตโดยการซื้อเครื่องจักร จากเดิมมีกำลังการผลิตประมาณ 10-15 กิโลกรัมต่อสัปดาห์ ถ้าหาก นำเครื่องจักรมาใช้จะสามารถเพิ่มกำลังการผลิตเป็น 35-40 กิโลกรัมต่อสัปดาห์ ซึ่งเป็นปริมาณที่สามารถ ตอบสนองความต้องการของลูกค้าเดิมที่มีอยู่ในปัจจุบันได้อย่างมีประสิทธิภาพ และจากการมีศักยภาพการผลิตที่ เพิ่มขึ้นผู้ประกอบการสามารถขยายรูปแบบการขายส่งเป็นขายปลีก โดยการพัฒนาบรรจุภัณฑ์รูปแบบ ใหม่ ที่มีความทันสมัย มีความแตกต่างจากคู่แข่ง เพื่อขยายตลาดไปสู่พื้นที่จำหน่ายสินค้าแห่งใหม่ และมีความ หลากหลายมากกว่าในปัจจุบัน งานวิจัยชิ้นนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและพัฒนาบรรจุภัณฑ์มะขามจืดจืด รูปแบบใหม่ เพื่อสร้างความแตกต่าง และเพิ่มมูลค่าให้สินค้าด้วยบรรจุภัณฑ์ โดยผู้วิจัยได้ประยุกต์ใช้วิศวกรรมคั้น เชกบีวีเคราะห์ข้อมูลด้านความต้องการของตลาดเพื่อใช้ความออกมาเป็นคุณลักษณะ องค์ประกอบต่าง ๆ ของ บรรจุภัณฑ์ และผลลัพธ์จากงานวิจัยชิ้นนี้สามารถนำไปกำหนดกลยุทธ์การออกแบบบรรจุภัณฑ์ให้มีความ สอดคล้องกับความต้องการของผู้บริโภค อีกทั้งบรรจุภัณฑ์ที่ได้นั้นต้องเป็นวัสดุที่ใช้ต้องไม่เป็นอันตรายต่อ ผู้บริโภค ไม่ส่งผลต่อคุณภาพ สามารถปกป้องผลิตภัณฑ์หลักจากเชื้อโรค และในฉลากมีการระบุรายละเอียด สินค้าไว้บนบรรจุภัณฑ์ตามมาตรฐาน

7) ผลการดำเนินงานตลอดโครงการ

7.1 โครงการย่อยที่ 2: ออกแบบและพัฒนามาตรฐานบรรจุภัณฑ์มะขามจืดจืดรูปแบบใหม่ สำหรับ สร้างความแตกต่างและเพิ่มมูลค่าให้สินค้าด้วยบรรจุภัณฑ์โดยใช้เทคนิควิศวกรรมคั้นเช

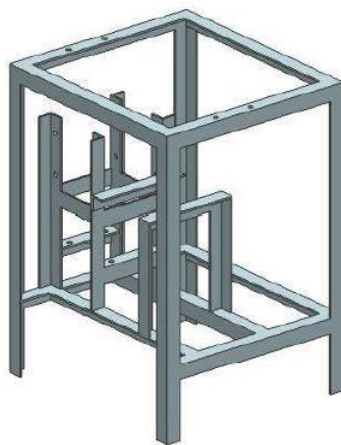
จากการออกแบบเบื้องต้นคาดว่าเครื่องจักรที่พัฒนาขึ้นจะสามารถผลิตได้มะขามจืดจืดได้ 40-50 กิโลกรัมต่อสัปดาห์ โดยใช้คนงานเพียงคนเดียว รวมถึงการนำเครื่องจักรมาเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิต ซึ่งคาด ว่าสามารถเพิ่มกำลังผลิตมะขามจืดจืดได้ในปริมาณที่มากขึ้น จากเดิมมีกำลังการผลิตประมาณ 10-15 กิโลกรัม ต่อสัปดาห์ ถ้าหากนำเครื่องจักรมาใช้จะสามารถเพิ่มกำลังการผลิตเป็น 35-40 กิโลกรัมต่อสัปดาห์ ซึ่งเป็น ปริมาณที่สามารถตอบสนองความต้องการของลูกค้าเดิมที่มีอยู่ในปัจจุบันได้อย่างมีประสิทธิภาพ วัตถุประสงค์ โครงการย่อยที่ 2 เป็นการออกแบบและพัฒนาบรรจุภัณฑ์มะขามจืดจืดรูปแบบใหม่ เพื่อสร้างความแตกต่าง

และเพิ่มมูลค่าให้สินค้าด้วยบรรจุภัณฑ์ โดยใช้วิศวกรรมคั่นเซกกับวิเคราะห์ข้อมูลด้านความต้องการของตลาดเพื่อใช้ความออกมาเป็นคุณลักษณะ องค์ประกอบต่าง ๆ ของบรรจุภัณฑ์ โดยการดำเนินงานวิจัยครั้งนี้แบ่งออกเป็น 2 ระยะ ระยะแรกเป็นการสำรวจพฤติกรรมของผู้บริโภค และส่วนประสมการตลาด (Marketing Mix) ที่ส่งผลต่อการตัดสินใจเลือกซื้อผลิตภัณฑ์ และในระยะที่ 2 เป็นส่วนของการพัฒนาวิธีการออกแบบบรรจุภัณฑ์โดยเทคนิควิศวกรรมคั่นเซก ซึ่งสามารถอธิบายได้โดยสังเขปดังนี้

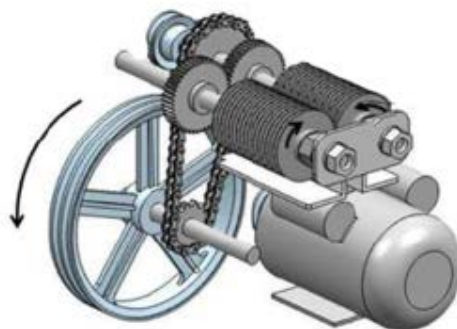
7.1.1 การออกแบบระบบการทำงาน

งานวิจัยนี้เริ่มต้นจากการถ่ายทอดเทคโนโลยีโดยการนำเครื่องคลุกมะขามจี๊ดจัดต้นแบบที่มีถึงผสมไปให้ทางวิสาหกิจชุมชนฯ ได้ทดลองใช้งานจริง จากการทดลองใช้พบว่า สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตได้ถึง 600% -700% เนื่องจากการใช้เครื่องจักรในการผลิตนั้นรวดเร็วกว่าการใช้กรรไกรตัดแบบเดิมมาก เพียงแต่ผู้ปฏิบัติงานต้องเสียเวลาในการนำเครื่องจักรออกมาล้างทำความสะอาดนอกรอการผลิต โดยไม่สามารถถอดชุดใบมีดออกมาล้างทำความสะอาดได้ อีกทั้งเนื้อมะขามจำนวนมากยังไปติดที่เพลาชับเคลื่อนใบมีด ทำให้ผู้ปฏิบัติงานต้องเสียเวลาในการใช้ไม้หรือท่อนเหล็กในการแกะเศษเนื้อมะขามที่ติดอยู่ออกจากเพลาชับ ทำให้เสียเวลาเป็นอย่างมากในการทำความสะอาด ด้วยเหตุนี้คณะผู้วิจัยจึงได้ปรับปรุงโครงสร้างเครื่องจักรใหม่ตามความต้องการของผู้ประกอบการ โดยนำถังคลุกออกแล้วออกแบบให้สามารถถอดใบมีดออกมาล้างได้ง่ายขึ้น โดยที่ไม่จำเป็นต้องยกเครื่องจักรทั้งเครื่องออกมาล้างหรือใช้ท่อนเหล็กหรือไม้ไปแกะเศษมะขามที่ติดอยู่ที่เพลาชับ ดังเช่นแบบเดิม อีกทั้งเครื่องจักรยังมีน้ำหนักที่ลดลงเนื่องจากถอดถังผสมออก และลดระยะห่างของใบมีดเพื่อให้ชิ้นมะขามมีขนาดเล็กลง

ส่วนในด้านการออกแบบจะเริ่มอธิบายจากส่วนของโครงสร้างที่ทำหน้าที่ยึด ส่วนประกอบต่าง ๆ ของเครื่อง สร้างโดยใช้เหล็กฉากขนาด 40 มิลลิเมตร มีขนาดความกว้าง 550 มิลลิเมตร ความยาว 600 มิลลิเมตร ความสูง 800 มิลลิเมตร ดังภาพที่ 1 ทำหน้าที่รองรับ ระบบการส่งกำลังจากมอเตอร์ขนาด 1 แรงม้า ความเร็วรอบมอเตอร์ 1400 รอบต่อนาที ผ่านพูลเลย์เพลตามขนาด 304.8 มิลลิเมตร ผ่านโซ่ และสเตอร์โดยสเตอร์ขับมี 13 ฟัน และสเตอร์ตาม 20 ฟัน เพื่อหมุนเพลาชุดใบมีดคู่ในการนึ่งเนื้อมะขาม และส่งกำลังไปยังพูลเลย์เพลาชับขนาดความโต 76.2 มิลลิเมตร ไปยังพูลเลย์เพลตามขนาด ความโต 254 มิลลิเมตร เพื่อไปหมุนใบปั่น ความเร็วรอบของมอเตอร์ 1,400 รอบต่อนาที สำหรับใบมีดคู่ตัดเนื้อมะขาม 98 รอบต่อนาที ที่ความเร็วรอบของใบคลุก มะขาม 30 รอบต่อนาที ดังภาพที่ 2 ซึ่งระบบขับเคลื่อนใบมีดตัดมีส่วนประกอบย่อย ๆ ดังต่อไปนี้

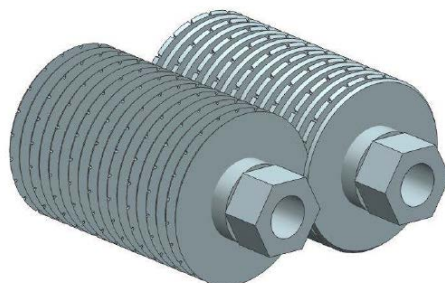


ภาพที่ 1 โครงสร้างเครื่องจักร



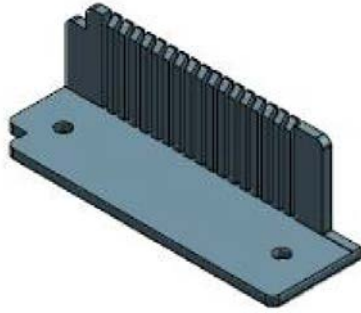
ภาพที่ 2 กลไกการทำงานของเครื่องทำมะขามจี๊ดจ๊าดแบบแนวนอน

1) ชุดใบมีดคู่สำหรับหั่นเนื้อมะขาม ทำหน้าที่นํ้าเนื้อมะขามที่ผ่านการคลุกแล้ว ให้เป็นชิ้นเล็ก ๆ ไม่เกิน 3.5-5 เซนติเมตรสร้างขึ้นจากเหล็กอัลลอยด์ซึ่งมีคุณสมบัติทนแรงเสียดทานได้ดี แต่รับแรงกระแทกได้น้อยกว่าเหล็กกล้าคาร์บอน เหล็กกลุ่มนี้เน้นการรักษาคมมีดได้ ขนาดใบมีดมีขนาดความ โต 100 มิลลิเมตร ความหนา 2 มิลลิเมตร ระยะห่างระหว่างใบมีด 6 มิลลิเมตร แสดงในภาพที่ 3



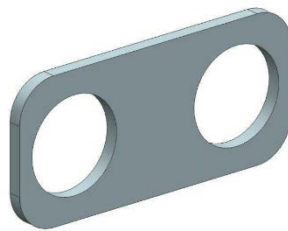
ภาพที่ 3 การออกแบบชุดใบมีดคู่สำหรับหั่นเนื้อมะขาม

2) หวีรองใบมีดสำหรับแช่เนื้อมะขาม ทำหน้าที่ประคองใบมีดทั้งหมดไม่ให้ เกิดการบิด ซึ่งทำให้ใบมีดแตกและช่วยแช่เนื้อมะขามไม่ให้ติดใบมีดสร้างจากเหล็กฉากสเตนเลส ขนาดความยาว 208 มิลลิเมตร กว้าง 64 มิลลิเมตร สูง 64 มิลลิเมตร หนา 5 มิลลิเมตร ระยะห่างระหว่างช่อง 3 มิลลิเมตร แสดงในภาพที่ 4



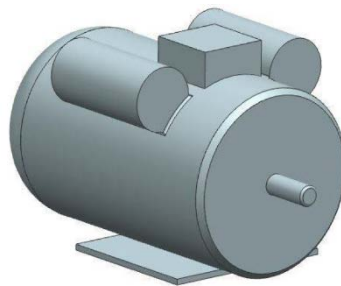
ภาพที่ 4 หวีรองใบมีดแซะเนื้อมะขาม

3) ชุดประกอบเพลาลำมีด ทำหน้าที่ยึดประกอบชุดใบมีดคู่ไม่ให้แยกออกจากกัน ป้องกันการแตกหักของใบมีดสร้างจากเหล็กแผ่นขนาดความหนา 8 มิลลิเมตร กว้าง 75 มิลลิเมตร ยาว 160 มิลลิเมตร ทำการเจาะรูใส่ตั้ลบลูกปืนขนาดความโต 40 มิลลิเมตร แสดงในภาพที่ 5



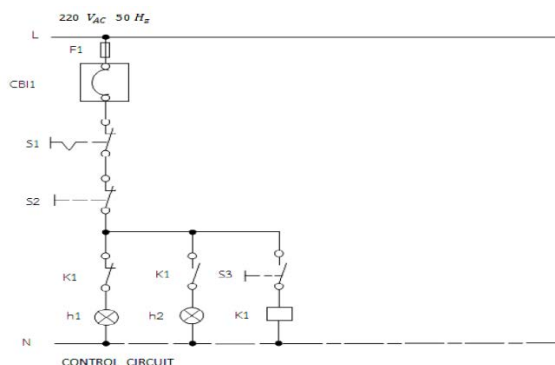
ภาพที่ 5 ชุดประกอบเพลาลำมีด

4) มอเตอร์ส่งกำลังเครื่องคลุกและนํ้าเนื้อมะขาม ทำหน้าที่ส่งกำลังไปยัง พูลเลย์เพลาลำตามเพื่อไปหมุนชุดใบมีดคู่และใบป่นสำหรับคลุกมะขาม มอเตอร์ที่ใช้เป็นมอเตอร์ กระแสสลับหรือ A.C. มอเตอร์ ขนาด 1 แรงม้า ใช้ไฟฟ้า 220 โวลต์ 4.8 แอมแปร์ ความเร็วรอบของ มอเตอร์อยู่ที่ 1400 ต่อนาที แสดงในภาพที่ 6



ภาพที่ 6 มอเตอร์ส่งกำลัง

5) ชุดควบคุมทำหน้าที่เป็นชุดวงจรควบคุมระบบไฟฟ้าในการ ทำงานของเครื่องคลุก มะขามแบบแนวนอน ประกอบด้วยเบรกเกอร์ สวิตช์ปิด/เปิด (ON/OFF) พร้อม หลอดไฟแสดงการทำงานเขียว แดงอย่างละ 1 ชุด และสวิตช์ปุ่มหยุดฉุกเฉิน แสดงในภาพที่ 7



ภาพที่ 7 วงจรควบคุมการทำงาน

7.1.2 วิธีการปฏิบัติดังต่อไปนี้

- 1) ผู้ปฏิบัติงานนำมะขามเปรี้ยวที่ยังที่แกะเมล็ดออกแล้วน้ำหนักประมาณ 1 กิโลกรัม
- 2) เตรียมน้ำตาลเพื่อใช้คลุกเคล้ากับมะขาม ซึ่งจะแล้วแต่สูตรของผู้ประกอบการ โดยในการทดลองครั้งนี้ใช้น้ำตาล 300 กรัม คลุกเนื้อมะขามและน้ำตาลเข้าด้วยกัน
- 3) เปิดสวิตช์เพื่อให้เฟลาชุดใบมีดคู่ในการหั่นเนื้อมะขาม
- 4) นำเนื้อมะขามที่ผ่านการคลุกเคล้าแล้วทำเป็นชิ้นขนาดกว้าง 30 เซนติเมตร ใส่ลงในช่องบรรจุเพื่อให้เนื้อมะขามร่วงลงมาเจอชุดใบมีดคู่ มะขามจะถูกหั่นเป็นชิ้นเล็ก ความยาวไม่เกิน 3.5-4 เซนติเมตร แต่ถ้าหากต้องการชิ้นที่เล็กลงให้นำเนื้อมะขามที่ได้จากการหั่นในรอบที่ 1 มาหั่นอีกครั้งเพื่อให้ชิ้นมะขามมีขนาดเล็กลง จากนั้นเนื้อมะขามที่ผ่านการหั่นแล้วจะไหลผ่านช่องลำเลียงเนื้อมะขามลงมาใส่ภาชนะที่ผู้ปฏิบัติงานได้เตรียมไว้ จากนั้นผู้ปฏิบัติงานนำมะขามละบรรจุลงบรรจุภัณฑ์ต่อไป

7.1.3 การประเมินการออกแบบและวิธีการใช้งานทำมะขามจืดจืดแบบแนวนอน

การวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบประเมินความพึงพอใจ โดยใช้ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ตามเกณฑ์การตัดสินใจระดับความคิดเห็นสำหรับการตอบประมาณค่า 5 ระดับ เพื่อนำข้อมูลดังกล่าวไปกำหนดเป็นข้อมูลพื้นฐาน ดังนี้

- คะแนนเฉลี่ย 1.00 – 1.50 เห็นด้วยน้อยที่สุด
- คะแนนเฉลี่ย 1.51 – 2.50 เห็นด้วยน้อย
- คะแนนเฉลี่ย 2.51 – 3.50 เห็นด้วยปานกลาง
- คะแนนเฉลี่ย 3.51 – 4.50 เห็นด้วยมาก
- คะแนนเฉลี่ย 4.51 – 5.00 เห็นด้วยมากที่สุด

การออกแบบประเมินความพึงพอใจในการสร้างเครื่องจักร ดังตารางที่ 2 โดยใช้ผู้เชี่ยวชาญด้านการสร้างเครื่องมือ เครื่องจักร ที่มีตำแหน่งทางวิชาการในระดับผู้ช่วยศาสตราจารย์ (ผศ.) ขึ้นไป จำนวน 3 ท่าน

และผู้ใช้งานจำนวน 2 ท่าน โดยมีรายละเอียดในการประเมิน ได้แก่ ด้านการสร้างเครื่องย่อยกะลามะคาเดเมีย ด้านประสิทธิภาพการทำงาน และด้านความพึงพอใจ

ตารางที่ 1 ผลลัพธ์การประเมินการออกแบบท่ามะขามจัดจาดจากผู้เชี่ยวชาญ

รายละเอียดในการประเมิน	ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$)	(S.D.)
1. การออกแบบให้เครื่องจักรมีขนาดที่เหมาะสม	4.40	0.89
2. การออกแบบชุดโครงสร้างเครื่อง	3.80	0.84
3. การออกแบบชุดใบมีดหั่นมะขาม	4.60	0.55
4. การออกแบบระบบการส่งกำลัง	4.20	0.84
5. การออกแบบวงจรระบบควบคุม	4.00	0.71
8. การออกแบบด้านความปลอดภัย	3.80	0.45
9. การออกแบบด้านความสะดวกในการทำความสะอาด	4.40	0.55
10. ความเหมาะสมในการเลือกใช้วัสดุ	3.60	0.89
เฉลี่ย	4.10	0.71

ผลลัพธ์จากการประเมินการออกแบบในการสร้างเครื่องจักรพบว่า ในด้านความเหมาะสมของชุดใบมีดได้รับคะแนนความพึงพอใจมากที่สุด ซึ่งคณะกรรมการค่อนข้างมีความคิดเห็นไปในทิศทางเดียวกัน รองลงมาคือเครื่องจักรมีขนาดที่เหมาะสมและมีความสะดวกในการทำความสะอาด ส่วนข้อที่ควรปรับปรุงคือวัสดุที่นำมาสร้างและการออกแบบโครงสร้างที่มีขนาดใหญ่ อาจทำให้เครื่องจักรมีน้ำหนักมากและเคลื่อนย้ายได้ลำบาก จากผลลัพธ์การประเมิน คณะผู้วิจัยได้ดำเนินการสร้างเครื่องจักรตามแผนที่ได้ออกแบบไว้ โดยนำข้อเสนอแนะจากผู้ประเมินมาพัฒนาเพื่อทำให้เครื่องจักรสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุด

7.1.4 การสร้างเครื่องท่ามะขามจัดจาดแบบแนวนอน

1) **โครงสร้างเครื่องจักร** ทำหน้าที่ในการจัดวางองค์ประกอบต่าง ๆ ของเครื่องจักร มีการติดตั้งล้อขนาดเล็กเพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถเคลื่อนที่เครื่องจักรได้ง่าย



ภาพที่ 8 การสร้างโครงสร้างเครื่องจักร

2) **ช่องป้อนมะขาม** ใช้ในการป้อนเนื้อมะขามที่ผ่านการผสมและคลุกเคล้า เกลือ พริก และน้ำตาล เพื่อนำเนื้อมะขามเข้าสู่ชุดใบมีด



ภาพที่ 9 ช่องป้อนมะขาม

3) **ชุดใบมีด** ทำหน้าที่ในการตัดเนื้อมะขามให้ออกเป็นชิ้นเล็ก ๆ ตามขนาดที่ต้องการ รวมถึงมีการพัฒนาให้ชุดใบมีดสามารถถอดออกมาได้ง่ายกว่าเดิม โดยผู้ปฏิบัติงานสามารถนำใบมีดทั้ง 2 ออกมาได้ทั้งชุด เพื่อนำไปล้างทำความสะอาดได้ทั้งชุด



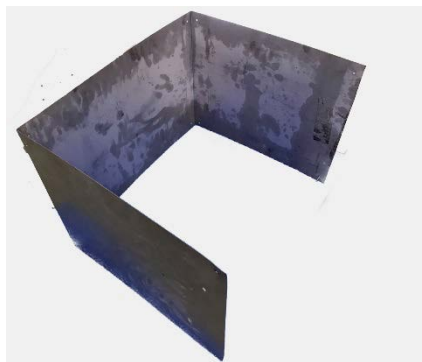
ภาพที่ 10 ชุดใบมีด

4) **ถาดลำเลียงเนื้อมะขาม** ทำหน้าที่ในการลำเลียงเนื้อมะขามที่ถูกตัดแล้ว โดยอาศัยมุมเอียงและการสั่นจากการทำงานของเครื่องจักรเพื่อให้เนื้อมะขามตกลงสู่ภาชนะที่ได้เตรียมไว้



ภาพที่ 11 ถาดลำเลียงเนื้อมะขาม

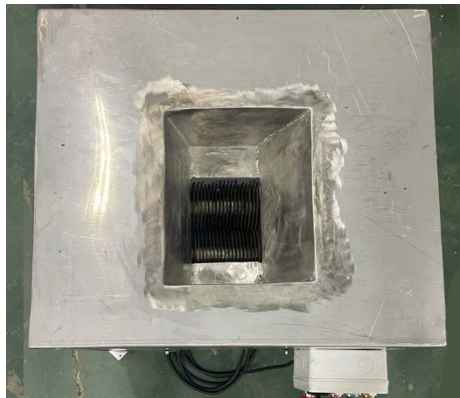
5) ฝาปิดเครื่องจักร ทำหน้าที่ปิดส่วนการทำงานของชุดใบมีดและชุดส่งกำลังเพื่อไม่ให้เกิดอันตรายระหว่างการปฏิบัติงาน



ภาพที่ 12 ฝาปิดเครื่องจักร



ภาพที่ 13 เครื่องเครื่องทำมะขามจืดจืดแบบแนวนอน



ภาพที่ 14 ภาพมุมมองด้านบน



ภาพที่ 15 ภาพมุมมองด้านหน้า

จากภาพที่ 8 และ 12 คือส่วนประกอบที่สำคัญทั้งหมดของเครื่องจักร และภาพที่ 13-15 คือเครื่องจักรที่ประกอบเสร็จเรียบร้อยแล้ว ในหัวข้อต่อไปเป็นการออกแบบการทดลองเพื่อตรวจสอบประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องจักร โดยประเมินจากความรวดเร็วในการทำงานและคุณภาพของชิ้นเนื้อมะขามจี๊ดจ๊าดที่ได้รับ

7.1.5 การออกแบบการทดลองประสิทธิภาพของเครื่องจักร

1) การทดสอบประสิทธิผลของเครื่องจักร

ในการทดลองทดสอบโดยการนำมะขามเปรี้ยวยักษ์ที่ผ่านการแกะเปลือก รก และเมล็ดออกทั้งหมดเหลือเพียงเนื้อมะขามที่จะนำเข้าเครื่องจักร น้ำหนักประมาณ 1 กิโลกรัม และน้ำตาลจำนวน 300 กรัม เกลือ 20 กรัม และพริกป่น 20 กรัม มะขามที่ได้จากการทดสอบต้องผ่านการคลุกเคล้าก่อนนำเนื้อ

มะขามเข้าสู่ชุดใบมีดหั่นออกมาเป็นชิ้นเล็ก ๆ ความยาวไม่เกิน 4 เซนติเมตร จากการทดลองการทำงานพบว่า เครื่องจักรสามารถผลิตหั่นมะขามจืดจืดโดยใช้เวลาเฉลี่ยเพียง 1 นาที เวลาสูงสุดอยู่ที่ 1 นาที 13 วินาที และเร็วที่สุดที่สามารถผลิตมะขามได้จะอยู่ที่ 58 วินาทีเท่านั้น ผลผลิตที่ได้เฉลี่ยเท่ากับ 1,170 กรัม สามารถบรรจุได้ทันที หากพิจารณาปริมาณวัตถุดิบที่นำเข้าเครื่องจักรกับผลผลิตที่ได้รับ พบว่ามีการสูญเสียวัตถุดิบจากการผลิตเท่ากับร้อยละ 13.33 จากวัตถุดิบทั้งหมด 1,350 กรัม ซึ่งคาดว่าจะมี พริกเกลือ และเนื้อมะขามบางส่วนที่ติดอยู่ที่ระหว่างชุดใบมีด และช่องลำเลียงเนื้อมะขาม ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่า 1 รอบการทำงานสามารถผลิตมะขามจืดจืด 1 กิโลกรัม ได้รวดเร็วกว่าใช้แรงงานคนในการผลิตถึง 6,000 เท่า ซึ่ง หากต้องการผลิตภัณฑ์จำนวน 40-50 กิโลกรัมต่อสัปดาห์ จากเดิมใช้เวลาประมาณ 6 -7 วัน จะเหลือเพียง 1-1.30 ชั่วโมงเท่านั้น

ตารางที่ 1: ผลลัพธ์การทดสอบการทำงานเบื้องต้น

การทดลองครั้งที่	1 รอบการทำงานของเครื่องจักร (กิโลกรัม)	
	เวลา (วินาที)	อัตราการผลิต (กิโลกรัม)
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) การทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องจักรโดยวิธีการควบคุม

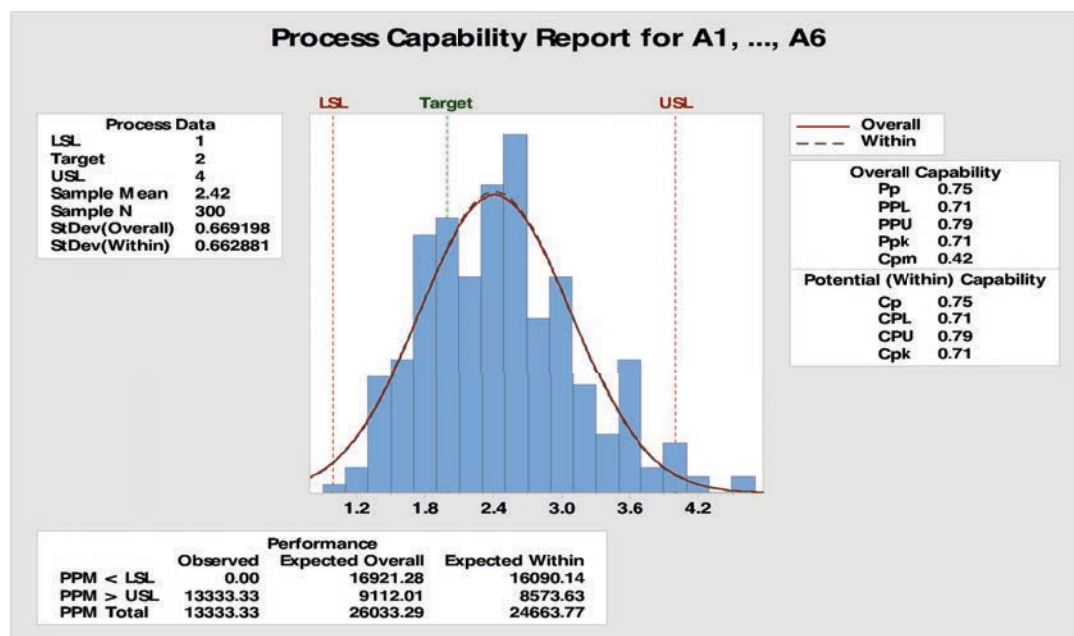
กระบวนการทางสถิติ

ผลลัพธ์จากการตรวจสอบคุณภาพจากกระบวนการผลิต โดยใช้โปรแกรม Minitab เวอร์ชัน 16 ที่ ทั้ง 2 ชุดการทดลองสามารถแสดงดังภาพที่ 3 และ 4 ซึ่งสามารถอภิปรายผลได้ดังต่อไปนี้

2.1) ชุดการทดลองจากการหั่น 1 รอบการทำงาน

ลักษณะของชิ้นมะขามมีความยาวอยู่ระหว่าง 1 - 4.5 เซนติเมตร จากการประเมินความสามารถของกระบวนการของกลุ่มตัวอย่างจำนวน 300 ชิ้น พบว่า ค่า P_p และ P_{pk} ของกระบวนการมีค่าใกล้เคียงกันในกระบวนการผลิตในภาพรวม ส่งผลให้ค่าเฉลี่ยใกล้เคียงกับค่ากลางซึ่งเป็นค่าเป้าหมาย ค่าความผันแปรที่เกิดขึ้นทั้งหมดในข้อมูล (P_{pk}) และส่วนค่าความแปรผันระหว่างกลุ่มย่อย (C_{pk}) มีค่าเท่ากับ 0.71 ซึ่งหากค่า P_{pk} และ C_{pk} น้อยกว่า 1 ซึ่งถือว่ากระบวนการยังไม่ดีมากนัก แต่ก็ยังอยู่ในระดับ 2 ซิกมา (2 Sigma Level) หรือกระบวนการมีความเชื่อมั่นประมาณร้อยละ 95.45 ที่จะได้ของดี กล่าวคือ หากพิจารณาความสามารถของกระบวนการผลิตจากการสังเกตผลลัพธ์ที่ได้จากข้อมูลดิบที่เก็บมาทั้ง 6 วัน จะพบว่า หากผลิต 1 ล้านชิ้นโดยใช้เครื่องจักรเครื่องนี้ โอกาสที่จะพบของเสียจากขอบเขตข้อกำหนดด้านล่าง (Lower Specification Limit) จะมีค่าเท่ากับ 0 แต่ของเสียจากขอบเขตข้อกำหนดด้านบน (Upper Specification Limit) จะมีประมาณ 13,334 ชิ้น แต่จากตัวแทนของประชากรทั้งหมด พบว่าอาจจะเจอของเสียจาก

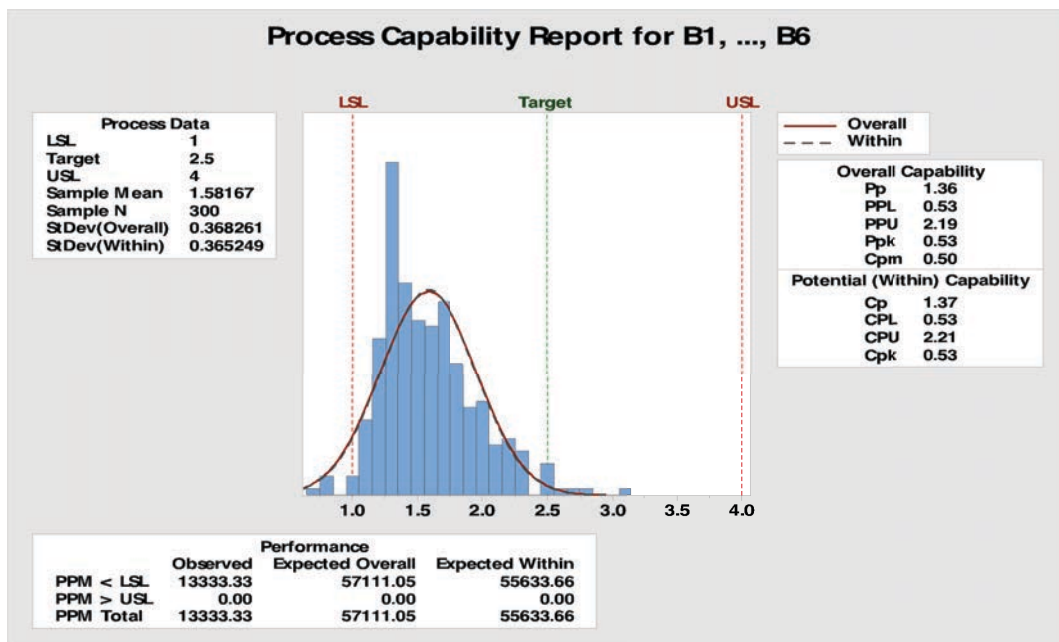
กระบวนการผลิตอยู่ที่ 16,922 ชิ้น ที่จะได้มาตรฐานจากจากขอบเขตข้อกำหนดด้านล่าง และประมาณ 9,113 ชิ้นจากขอบเขตข้อกำหนดด้านบน และแต่ละวันจะเจอของเสียประมาณ 16,091 ชิ้น ที่ไม่ได้มาตรฐานจากขอบเขตข้อกำหนดด้านล่าง และประมาณ 8,574 ชิ้นจากขอบเขตข้อกำหนดด้านบน



ภาพที่ 16 ความสามารถของกระบวนการ ของจากการหันเพียง 1 รอบการทำงาน

2.2) ชุดการทดลองจากการหัน 2 รอบการทำงาน

ลักษณะของชิ้นมะขามจะมีขนาดเล็กกลวงมากเนื่องจากการหัน 2 รอบการทำงาน โดยมีความยาวอยู่ระหว่าง 0.8-3.5 เซนติเมตร จากการประเมินความสามารถของกระบวนการของกลุ่มตัวอย่างจำนวน 300 ชิ้น พบว่า ค่า P_p และ P_{pk} ของกระบวนการมีค่าต่างกันมากในกระบวนการผลิตในภาพรวม ส่งผลให้ค่าเฉลี่ยต่างจากค่ากลาง ส่งผลให้ชิ้นงานที่ได้จากกระบวนการผลิตส่วนใหญ่จะมีค่าน้อยกว่าค่าเป้าหมายเป็นจำนวนมาก และหากพิจารณาจากค่า P_{pk} และ C_{pk} ที่มีค่าเท่ากับ 0.53 แสดงให้เห็นว่าความสามารถของกระบวนการยังไม่ถึง ระดับ 2 ซิกมา หรือกระบวนการมีความเชื่อมั่นไม่ถึงร้อยละ 95.45 ที่จะได้ของดี กล่าวคือ หากพิจารณาความสามารถของกระบวนการผลิตจากการสังเกตผลลัพธ์ที่ได้จากข้อมูลดิบที่เก็บมาทั้ง 6 วัน จะพบว่า หากผลิต 1 ล้านชิ้นโดยใช้เครื่องจักรเครื่องนี้ โอกาสที่จะพบของเสียจากขอบเขตข้อกำหนดด้านล่างประมาณ 13,334 ชิ้น แต่จะไม่พบของเสียจากจากขอบเขตข้อกำหนดด้านบน แต่หากพิจารณาจากตัวแทนของประชากรทั้งหมด จะพบว่าอาจพบของเสียจากกระบวนการผลิตที่ไม่ได้มาตรฐานจากขอบเขตข้อกำหนดด้านล่างประมาณ 57,111 ชิ้น ซึ่งถือว่ามากกว่า การหันเพียงรอบเดียว แต่ไม่พบของเสียจากขอบเขตข้อกำหนดด้านบน และแต่ละวัน (Within capacity) จะเจอของเสียประมาณ 55,634 ชิ้น ไกล่เคียงการผลิตโดยภาพรวม (Overall capacity)



ภาพที่ 17 ความสามารถของกระบวนการ ของจากการหันเพียง 1 รอบการทำงาน

7.1.6 อภิปรายผล

จากการทดสอบการทำงานพบว่า เครื่องจักรสามารถทำงานแทนแรงงานได้ดี โดยปริมาณการผลิตที่ 40-50 กิโลกรัมต่อสัปดาห์จะใช้เวลาการผลิตเพียง 1-1.30 ชั่วโมงเท่านั้น จากเดิมใช้เวลาการผลิตจำนวน 6-7 วัน ต่อแรงงาน 1 คน ซึ่งหากใช้เครื่องจักรสามารถผลิตแทนจะสามารถทำงานได้เร็วขึ้นประมาณ 6,000 เท่า ส่งผลให้ผลิตภาพของสถานประกอบการเพิ่มขึ้นอย่างแน่นอน แต่ข้อเสียคือปริมาณการสูญเสียวัตถุดิบจากการใช้เครื่องจักรจะอยู่ที่ประมาณร้อยละ 13 ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นเนื้อมะขาม และ น้ำตาลที่มักจะไปติดอยู่ระหว่างชุดใบมีดและช่องลำเลียงเนื้อมะขาม รวมถึงชิ้นงานที่ได้จะไม่สวยงาม และสม่ำเสมอเท่ากับการใช้แรงงานคน ถ้าหากหันเพียงรอบเดียว ความสามารถของกระบวนการผลิตจะอยู่ที่ระดับ 2 จิกม่า หากหันจำนวน 2 รอบการทำงาน จะทำให้ชิ้นเนื้อมะขามมีขนาดเล็กกลง และมีเศษชิ้นมะขามขนาดเล็กที่ไม่ได้มาตรฐานจำนวนมากขึ้น ยิ่งทำให้ความสามารถของกระบวนการลดลง

6.1.7 การถ่ายทอดเทคโนโลยี

ทางคณะผู้วิจัยได้ลงพื้นที่เพื่อมอบเครื่องจักร ถ่ายทอดเทคโนโลยีให้กับกลุ่มวิสาหกิจชุมชนกลุ่มขึ้นาคแผนใหม่ /ร้านมะขาม ธิสกุล โดยอาจารย์วิทยา หนูช่างสิงห์ผู้ออกแบบและพัฒนาเครื่องจักรได้ให้ความรู้และวิธีการใช้งานเครื่องจักร ซึ่งผลจากทำงานในสถานที่ทำงานจริงพบว่าเครื่องจักรสามารถใช้งานทดแทนแรงงานคนได้เป็นอย่างดี โดยทำงานได้รวดเร็วกว่าการใช้แรงงานคนถึง 6,000 และ จากการพูดคุยพบว่าเร็วๆ นี้ทางผู้ประกอบการได้รับคำแนะนำจากกรมการพัฒนาชุมชนให้ผลิตสินค้าชนิดใหม่เพื่อมาจำหน่ายในท้องตลาด ซึ่งทางคณะผู้วิจัยและกลุ่มได้ร่วมกันทดสอบการทำงานซึ่งพบว่า เครื่องจักรสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับวัตถุดิบที่มีความแตกต่าง และให้ผลลัพธ์ที่ดี ผู้ประกอบการสามารถนำเทคโนโลยีต้นแบบนี้ไปต่อยอดธุรกิจได้ในอนาคต รวมไปถึงสามารถถ่ายทอดองค์ความรู้นี้ให้กับผู้ที่สนใจต่อไป



ภาพที่ 18 เครื่องทำมะขามจี๊ดจ๊าดต้นแบบ



ภาพที่ 19 การถ่ายทอดเทคโนโลยีเครื่องทำมะขามจี๊ดจ๊าดต้นแบบ



ภาพที่ 20 ชิ้นงานที่ได้จากการหั่นเสร็จแล้ว



ภาพที่ 21 นำชิ้นงานที่ได้ไปเก็บข้อมูลเพื่อทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องจักร

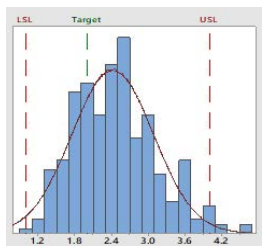


ภาพที่ 21 อาจารย์วิทยา และผู้ประกอบการร่วมพูดคุยปรึกษาในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่



ภาพที่ 22 ตัวอย่างผลิตภัณฑ์มะขามหวานไร้เมล็ดลูกแก้ว

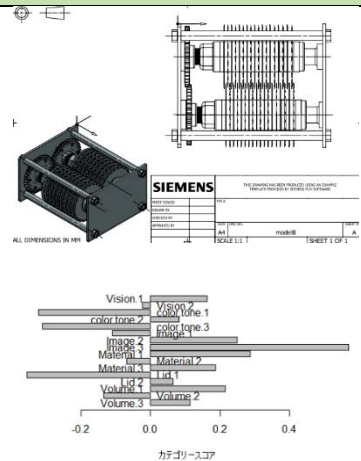
ตารางสรุปผลงานวิจัยตลอดโครงการ

วัตถุประสงค์	แผนงานวิจัย	นักวิจัยที่รับผิดชอบ	ผลงานตลอดโครงการ
1. เพื่อออกแบบและพัฒนาเครื่องทำมะขามจืดจัดแบบแนวนอน	1.1 ทำการออกแบบเครื่องทำมะขามจืดจัดแบบแนวนอน 1.2 ทำการสร้างเครื่องเครื่องทำมะขามจืดจัดแบบแนวนอน	นายวิทยา หนูช่างสิงห์ นายธนภัทร มะณีแสง	
2. เพื่อศึกษาประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องทำมะขามจืดจัดแบบแนวนอน	2.1 การทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องจักร 2.2 การทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องจักรโดยวิธีการควบคุมกระบวนการทางสถิติ	นายวิทยา หนูช่างสิงห์ นายธนภัทร มะณีแสง	
3. เพื่อถ่ายทอดเทคโนโลยี	การถ่ายทอดเทคโนโลยีและวิธีการใช้เครื่องทำมะขามจืดจัดแบบแนวนอน	นายวิทยา หนูช่างสิงห์ นายธนภัทร มะณีแสง นางสาวปรารถนา ศิริสานต์	

8) **ดัชนีชี้วัดความสำเร็จ** (โปรดระบุถึงสิ่งที่ได้รับเมื่อสำเร็จโครงการตามดัชนีชี้วัดความสำเร็จในข้อเสนอโครงการฉบับสมบูรณ์ และแสดงหลักฐานประกอบแนบมาด้วย)

ผลงาน	ดัชนีชี้วัดความสำเร็จ	หลักฐานประกอบ
1. มาตรฐานบรรจุภัณฑ์ต้นแบบจากกระบวนการออกแบบโดยใช้เทคนิควิศวกรรมคั่นเซ และ เครื่องทำมะขามจืดจัดต้นแบบ	1.1 เครื่องทำมะขามจืดจัดแบบปรับปรุง 1.2 บรรจุภัณฑ์ที่มีมาตรฐาน และการปรับปรุงบรรจุภัณฑ์รูปแบบใหม่ตามความต้องการของผู้บริโภคและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม	

ผลงาน	ดัชนีชี้วัดความสำเร็จ	หลักฐานประกอบ
2. เทคโนโลยีใหม่ (เครื่องทำมะขาม จัดจืด)	2.1. เครื่องทำมะขามจัดจืดแบบปรับปรุง จากความต้องการของผู้ประกอบการ 2.2 ระบบการหมุนย้อนกลับของใบมีดเพื่อ จัดการเศษมะขามที่ติดใบมีด 2.3 ปรับปรุงการถอดล้างชุดใบมีดเพื่อการทำความสะอาด	
3. กระบวนการใหม่ - กระบวนการผลิต - การออกแบบมาตรฐานบรรจุภัณฑ์	3.1 กระบวนการผลิตมะขามจัดจืดโดยใช้ เครื่องจักร 3.2 มาตรฐานกระบวนการผลิต	  

ผลงาน	ดัชนีชี้วัดความสำเร็จ	หลักฐานประกอบ
4. องค์ความรู้การออกแบบเครื่องจักรสำหรับใช้ในกระบวนการผลิต	องค์ความรู้ในการออกแบบและสร้างเครื่องจักรและชุดใบมีดที่มีความเหมาะสม	
5. การใช้ประโยชน์เชิงพาณิชย์ (โปรตระกูล) 5.1 เพิ่มรายได้ 5.2 ลดต้นทุนการผลิต 5.3 ทดแทนการนำเข้า 5.4 เพิ่มการส่งออก 5.5 การถ่ายทอดเทคโนโลยี 5.6 อื่นๆ	การถ่ายทอดเทคโนโลยีให้กับกลุ่มวิสาหกิจชุมชนและกลุ่มวิสาหกิจสามารถให้ความรู้และต่อยอดสู่กลุ่มวิสาหกิจชุมชนอื่น ๆ 5.1 เพิ่มรายได้เนื่องจากผลิภาพการผลิตรวมที่เพิ่มขึ้น 5.2 ลดการใช้แรงงาน 5.3 ผลิตภัณฑ์มีมาตรฐานการผลิต 5.4 เครื่องจักรสามารถทดแทนการนำเข้าเครื่องจักรจากต่างประเทศได้ 5.5 สามารถนำส่วนการผลิตที่เพิ่มขึ้นส่งออกจากประเทศได้	 
6. การใช้ประโยชน์เชิงสาธารณะ (โปรตระกูล) 6.1 การฝึกอบรม 6.2 การถ่ายทอดองค์ความรู้ 6.3 การกระจายรายได้ 6.4 ดัชนีความสุข 6.5 สุขภาวะ 6.6 การแก้ปัญหาสิ่งแวดล้อม 6.7 อื่นๆ	6.1 ปริมาณความต้องการมะขามในพื้นที่เพิ่มขึ้น สร้างรายได้ให้กับชุมชนและเครือข่ายรอบข้าง 6.2 เกิดการถ่ายทอดเทคโนโลยีให้แก่ผู้ที่สนใจเนื่องจากสถานประกอบการเป็นแหล่งเรียนรู้ของชุมชน	 

ผลงาน	ดัชนีชี้วัดความสำเร็จ	หลักฐานประกอบ
7. การผลิตนักศึกษา (โปรตรอบ) 7.1 ปรินูญาตรี 7.2 ปรินูญาโท 7.3 ปรินูญาเอก	นักศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิชา เทคโนโลยีการผลิต	 

9) งบประมาณโครงการ

(ให้สรุปงบการใช้จ่ายในโครงการแยกตามหมวด ตามข้อเสนอโครงการฉบับสมบูรณ์)

10) เอกสารอ้างอิง

จินตนา สนามชัยสกุล. (2553). การศึกษาลักษณะประจำพันธุ์ของมะขาม. รายงานการวิจัย. มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

ชลอ การทวี. คณิตศาสตร์เครื่องกล. กรุงเทพฯ : บริษัทสำนักพิมพ์เอมพันธ์ จำกัด, 2547

ชลัท อุตถาวรยิ่ง. ชิ้นส่วนเครื่องกล. กรุงเทพฯ : บริษัทสำนักพิมพ์เอมพันธ์ จำกัด, 2551.

ณัฐกิต. (2556). มอเตอร์ไฟฟ้าและการควบคุม. กรุงเทพมหานคร : สำนักส่งเสริมอาชีพ สนพ.ศูนย์.

ดอกกรู ป พุทธมงคล. (2543 มกราคม 12). น็อต สกรู. [ระบบออนไลน์].
http://thaitechno.net/t1/knowledge_detail.php?id=769&uid=39737 วันที่สืบค้น 2559, 25 มีนาคม.

ไทยตำบลดอทคอม. (2558 กันยายน 25). มะขามคลุกจี๊ดจ๊าด. [ระบบออนไลน์].
https://tammarrindphetchabun.bentoweb.com/jp/product/198343/product-198343?category_id=

57730 วันที่สืบค้น 2559, 25 มีนาคม.

จิตติยา ทองเกิน. (2548). รายงานการวิจัยเรื่อง การศึกษาตลาดมะขามเปรี้ยวในการพัฒนาสู่กลยุทธ์
ผลิตภัณฑ์มะขามเปรี้ยวสำเร็จรูป. มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

บุญชม ศรีสะอาด. (2545). การวิจัยเบื้องต้น. กรุงเทพมหานคร : สุวีริยาสาสน์.

บุญญศักดิ์ ใจจงกิจ. ทฤษฎีงานเครื่องมือกล. กรุงเทพฯ : บริษัท ซี. ยอจ เวสเตอร์มานน์จำกัด, 2524.

มานพ ตันตระกูลบัณฑิต และสำลี แสงห้าว. (2537). วัสดุช่างอุตสาหกรรม. กรุงเทพฯ: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี
(ไทย-ญี่ปุ่น).

มานพ ตันตระกูลบัณฑิต,และคณะ. (2542 กันยายน 14). เพ็อง. [ระบบออนไลน์].

<https://sites.google.com/site/krmwithikarphlitt/neuxha-sara/bth-thi-7 - kar-phlit-feuxng>

วันที่สืบค้น 2559, 25 พฤศจิกายน.

สถาบันคั้นคว่ำและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร. (2545). การแปรรูปมะขาม.มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สมยศ จันเกษม และ ศิโศศักดิ์ ชิงะ. ใบมีด. [ระบบออนไลน์].

<http://www.globaltrade.co.th/product-detail.php?pld=207> วันที่สืบค้น 2559, 25 พฤศจิกายน.

สมาน เจริญกิจพูลผล. (2552 ธันวาคม 14). พูลเลย์. [ระบบออนไลน์]. [http://www.thaiind.com/machine-](http://www.thaiind.com/machine-tools-spare-partsaccessories.php?post_id=00005797)

[tools-spare-partsaccessories.php?post_id=00005797](http://www.thaiind.com/machine-tools-spare-partsaccessories.php?post_id=00005797) วันที่สืบค้น 2559, 25 พฤศจิกายน.

สำนักงานเกษตรจังหวัดเพชรบูรณ์. (2554). รายงานประจำปี. จังหวัดเพชรบูรณ์.

สำนักงานเกษตรจังหวัดเพชรบูรณ์. (2558). ข้อมูลการปลูกมะขามเปรี้ยวในจังหวัดเพชรบูรณ์.

วรวิทย์ อึ้งภากรณ์, “การออกแบบเครื่องจักรกล 1”, ครั้งที่ 3 ,พศ. 2536, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กทม.

วรวิทย์ อึ้งภากรณ์, “การออกแบบเครื่องจักรกล 2”, ครั้งที่ 2 , พศ. 2535, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กทม.

ปารามศ ชุตินา.การออกแบบการทดลองทางวิศวกรรม. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย,
2545

ประไพศรี สุทัศน์ ณ อยุธยา และ เหลืองไพบูลย์ พงศ์ชนัน. การออกแบบและวิเคราะห์การทดลอง. กรุงเทพฯ:
ท็อป,2551

ณัฐพล ชัยทวีชนันท์. การตรวจสอบฝักมะขามหวานเสียโดยวิธีการประมวลภาพ. รายงานการวิจัยที่
รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์. สาขาวิชาเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์อุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีการเกษตร
มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์. เพชรบูรณ์, 2555

นิติพงษ์ ใจสิน. การคัดแยกฝักมะขามหวานด้วยวิธีการแปรรูปภาพ. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ, 2549

ประเสริฐ สิงห์คำ และคณะ.เครื่องปั่นเนื้อมะขามแก้ว. สารนิพนธ์ปริญญาเทคโนโลยีบัณฑิต สาขาวิชา
เทคโนโลยีการผลิต คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์. เพชรบูรณ์,2556

วรวิทย์ วรนาวิน. เครื่องกวนน้ำมะขามเปียก. รายงานฉบับสมบูรณ์การวิจัยที่ได้รับทุนสนับสนุนจากทุนวิจัย
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร. คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล
พระนคร.กรุงเทพฯ, 2550

ศักดิ์ศิริชัย ศรีสวัสดิ์. การศึกษาสมรรถนะของชุดถอดรอกมะขาม : กรณีศึกษามะขามหวานพันธุ์ประกายทอง.
รายงานการวิจัยที่ได้รับทุนสนับสนุนจากทุนวิจัยมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์. สาขาวิชาเทคโนโลยี
การผลิต คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์. เพชรบูรณ์, 2556
วิทยา หนูช่างสิงห์ และ ธนภัทร มะณีแสง, “การศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการกะเทาะเปลือกมะขาม,” การ
ประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหกรรม สมุทรปราการ ประเทศไทย, 30-31 ตุลาคม, 2557
สถาบันมะขามหวาน [online] แหล่งเข้าถึง : [http://agritech.pcru.ac.th/new/page/
tamarineinst.html](http://agritech.pcru.ac.th/new/page/tamarineinst.html), คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์
[26 ตุลาคม 2557.]