การพัฒนาเครื่องผ่าผลหมากสดกึ่งอัตโนมัติสำหรับกระบวนการแปรรูปผลหมาก

มานพ แย้มแฟง[1,*] จักรวาล บุญหวาน[1] นพพร เปรมใจ[1] ธนาพล สุขชนะ[2] และ มนพร คุปตาสา[3]

[1]ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี อำเภอธัญบุรี จังหวัดปทุมธานี 12110

[2]ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยปทุมธานี อำเภอเมือง จังหวัดปทุมธานี 12000

[3]ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยปทุมธานี อำเภอเมือง จังหวัดปทุมธานี 12000

[*]ผู้เขียนหลัก อีเมลล์: manop_yf@hotmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาเครื่องผ่าผลหมากสดที่สามารถผ่าผลหมากเป็นสองซีกตามแนวยาวโดยไม่ต้องคัดแยกขนาด ซึ่งเกษตรกรได้เข้ามามีส่วนร่วมตั้งแต่การให้ข้อมูลสำหรับการออกแบบและสร้างเครื่องผ่าผลหมากสด รวมถึงการแก้ปัญหา การวิเคราะห์ปัญหา และการปรับปรุงเครื่องผ่าผลหมากสดเพื่อให้ทำงานได้ตรงตามความต้องการของกลุ่มเกษตรกร เครื่องผ่าผลหมากสดประกอบด้วย ชุดลำเลียงผลหมาก ชุดผ่าผลหมาก และชุดต้นกำลัง ซึ่งใช้มอเตอร์ขนาด 1 แรงม้า เนื่องจากเครื่องผ่าผลหมากสดถูกออกแบบโดยใช้งานหลักการเชิงกล ดังนั้นการทำงานของเครื่องผ่าผลหมากจึงเริ่มต้นด้วยการใส่ผลหมากสดลงในกระพ้อด้านบนของเครื่องโดยเกษตรกรไม่ต้องคัดแยกขนาด จากนั้นผลหมากสดจะถูกลำเลียงไปยังชุดผ่าผลหมาก เพื่อผ่าผลหมากเป็นสองซีกตามแนวยาว ผลวิจัยพบว่าสมรรถนะสูงสุดของเครื่องผ่าผลหมากสดอยู่ที่ร้อยละ 95 ที่ความเร็วรอบ 14 รอบต่อนาที สามารถผ่าผลหมากดีได้ 670 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ซึ่งสูงกว่าการผ่าผลหมากด้วยแรงงานคน 9.57 เท่า ระยะเวลาคืนทุนของเครื่องอยู่ที่ 9 วัน นอกจากนี้การใช้งานเครื่องผ่าผลหมากสดทำให้เกษตรกรมีความปลอดภัยในการผ่าผลหมากเพิ่มขึ้น ปัจจุบันเครื่องผ่าผลหมากที่เกษตรกรนำไปใช้งานมีจำนวน 15 เครื่อง และส่วนใหญ่เป็นเกษตรกรทางภาคใต้ของประเทศไทย ทำให้เกษตรกรมีรายได้และชีวิตความเป็นอยู่ดีขึ้น

คำสำคัญ: ผลหมาก เครื่องผ่าผลหมากสด การมีส่วนร่วมของเกษตรกร ระยะเวลาคืนทุน

Development of the Fresh Betel Nut Splitter with a Semi-Automatic Operation for the Betel Nut Processing

Manop Yamfang[1,*] Chakkawan Boonwan[1] Nopporn Preamjai[1] Thanaphol Sukchana[2] and Manaporn Kuptasa[3]

[1]Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Thanyaburi, Thanyaburi District, Pathum Thani Province, Thailand 12110

[2]Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Pathumthani University, Muang District, Pathum Thani Province, Thailand 12000

[3]Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Pathumthani University, Muang District, Pathum Thani Province, Thailand 12000

[*]Corresponding author's E-mail: manop_yf@hotmail.com

Abstract

The purpose of this research is to develop the betel nut splitter to cut the fresh betel nut into two halves along the length of the fruit without the size selection process. The farmers were involved in the process of designing and constructing the machine, and in the process of problem analysis, problem solving, and mechanical improvement. Therefore, the betel nut splitter was directly developed to meet the needs of the farmers. This machine was composed of the betel nut conveyor unit, the betel nut cutting unit, and the power unit including 1-hp motor. Based on the mechanical principle, the operation of this machine was executed by putting many fresh betel nuts into the container on top of the machine without the size selection process. All fresh betel nuts were mechanically moved into the cutting unit, so the fresh betel nut would be cut into two halves along the length of the fruit. The research discovered that the maximum efficiency of this machine is 95% at speed 14 cycles per minute that could cut the fresh betel nut 670 kg per hour. Furthermore, the machine could cut the amount of fresh betel nuts 9.57 times more than manual workers, with the payback period of 9 days. In addition, the betel nut splitter could increase the safety for the operators. Nowadays, 15 betel nut splitter machines have been extended to the farmers, most of them in Southern Thailand. The betel nut splitter could give farmers a better income and living conditions.

Keywords: Betel nut, Fresh betel nut splitter, Participation of farmers, Payback period

บทนำ

ในปัจจุบันการปลูกหมากได้กระจายไปในทั่วทุกภาคของประเทศไทย รวมพื้นที่ปลูกทั่วประเทศกว่าแสนไร่ ผลหมากสามารถนำมาใช้ประโยชน์ในแง่การบริโภค ใช้เป็นยารักษาโรค ใช้ในพิธีทางศาสนาและขนบธรรมเนียมประเพณี และใช้ในอุตสาหกรรมภายในประเทศและส่งออกต่างประเทศ เช่น อุตสาหกรรมการทำสีต่างๆ สกัดทำยารักษาโรค สกัดเป็นน้ำยาฟอกหนัง ใช้ย้อมแห อวน เพื่อให้นิ่มและอ่อนตัว (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2530) โดยทั่วไป เกษตรกรจะนิยมขายผลหมากแห้ง เนื่องจากผลหมากแห้งมีราคาสูงกว่าผลหมากสด ดังนั้นเกษตรกรจึงต้องผ่าผลหมากสดก่อนนำไปตากแห้ง ในปัจจุบันการผ่าผลหมากสดยังคงใช้แรงงานคนในการดำเนินงาน ซึ่งต้องใช้เวลาและแรงงานคนจำนวนมาก อีกทั้งผู้ผ่าผลหมากสดจะต้องมีความชำนาญ เพื่อให้ผลหมากที่ผ่ามีลักษณะสวยงามจึงจะขายได้ในราคาสูง ถึงแม้ว่าผู้ผ่าผลหมากสดจะมีความชำนาญ แต่หากต้องผ่าผลหมากสดเป็นระยะเวลานาน ก็จะทำให้เกิดความเมื่อยล้าจากการทำงาน ซึ่งเป็นสาเหตุให้เกิดอุบัติเหตุ หรือส่งผลให้ประสิทธิภาพในการทำงานลดลงได้

ภาคใต้ของประเทศไทยเป็นพื้นที่ที่มีการปลูกหมากเป็นจำนวนมาก เกษตรกรนิยมทำหมากแห้งเพื่อส่งขายไปยังต่างประเทศ แต่ในปัจจุบันยังไม่มีการใช้งานเครื่องจักรในกระบวนการผลิตหมากแห้งของเกษตรกร ทำให้เกษตรกรไม่สามารถแปรรูปผลหมากสดให้ทันและเพียงพอกับความต้องการของตลาด ซึ่ง ณัฐพล สุชาติพงศ์ และ ปานนท์ เมืองแก้ว (2551) ได้ออกแบบและสร้างเครื่องผ่าผลหมากซึ่งเป็นเครื่องกดผ่าผลหมากแบบแบ่งครึ่ง ประกอบด้วย ตัวกดลูกหมาก ตัวบังคับกดลูกหมาก ชุดใบมีด และชุดต้นกำลัง ซึ่งใช้งานหลักการเชิงกล โดยที่ชุดต้นกำลังเป็นมอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 1 แรงม้า ซึ่งในการทดสอบสมรรถนะของเครื่องผ่าผลหมาก ได้ความเร็วรอบที่เหมาะสม คือ 27 รอบ/นาที สมรรถนะในการทำงานของเครื่องอยู่ที่ 1,272 ผล/ชั่วโมง และประสิทธิภาพในการผ่าผลหมากอยู่ที่ร้อยละ 83.6 และ เมธา สีผึ้งทอง และ อธิป พลอยกระจ่าง (2552) พัฒนาเครื่องผ่าผลหมาก ซึ่งการทำงานของเครื่องจะใช้ลูกสูบที่อยู่ในกระบอกสูบดันผลหมากผ่านใบมีดที่วางตามแนวตั้งบริเวณด้านหน้าของกระบอกสูบ ผลหมากจะถูกผ่าเป็นสองซีก สมรรถนะในการทำงานของเครื่องอยู่ที่ความเร็วรอบ 90 รอบ/นาที สามารถผ่าผลหมากดีได้ 156 ผล/ชั่วโมง นอกจากนี้ สุนัน ปานสาคร และคณะ (2559) สร้างเครื่องผ่าเมล็ดตาลเพื่อแยกจาวตาลออกจากเมล็ด โดยใช้เลื่อยวงเดือนเป็นชุดผ่า ระบบส่งกำลังใช้มอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 0.5 แรงม้า การทำงานของเครื่องเริ่มจากการป้อนเมล็ดตาลลงในชุดจับเมล็ดตาล ล็อกให้แน่นแล้วดันชุดจับเมล็ดให้หมุนไปตามร่องบังคับของเครื่องเข้าสู่ชุดผ่าเมล็ดตาลจนครบรอบ เปลือกแข็งของเมล็ดตาลจะถูกผ่าเกือบรอบเมล็ด จากนั้นนำเมล็ดตาลออกจากชุดจับเมล็ดและงัดจาวตาลออกโดยชุดงัดเมล็ดตาล ผลการทดสอบพบว่า เครื่องต้นแบบสามารถทำงานได้ดีที่สุดเมื่อใช้ใบเลื่อยวงเดือนของชุดผ่าขนาด 4 นิ้ว มีฟัน 40 ซี่ ทำงานที่ความเร็วรอบ 1,450 รอบ/นาที มีความสามารถในการทำงาน 46 เมล็ด/ชั่วโมง อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า 0.99 กิโลวัตต์ชั่วโมง และไม่มีเปอร์เซ็นต์ความเสียหายของจาวตาล จากการวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมพบว่า เมื่อใช้เครื่องต้นแบบทำงาน 1,440 ชั่วโมง/ปี มีค่าใช้จ่ายเฉลี่ยของเครื่อง 0.96 บาท/เมล็ด ระยะเวลาคืนทุน 2 เดือน จากการศึกษางานวิจัยข้างต้นพบว่าลักษณะทางกายภาพของผลหมากเป็นวงรีและมีขนาดไม่เท่ากัน ดังนั้นการผ่าผลหมากสดด้วยเครื่องผ่าผลหมากที่กล่าวมาข้างต้น จึงไม่สามารถผ่าผลหมากเป็นสองซีกตามแนวยาวของผลหมากได้ เมื่อนำผลหมากสดไปตากแดดจะทำให้เนื้อผลหมากหลุดออกจากเปลือกได้ยาก ขายไม่ได้ราคาและไม่เป็นที่ต้องการของตลาด ซึ่งส่งผลเสียต่อเกษตรกร

จากการเปรียบเทียบเครื่องผ่าผลหมากสดจากงานวิจัยข้างต้นกับเครื่องผ่าผลหมากสดที่ต้องการพัฒนา ดังตารางที่ 1 ทำให้ผู้วิจัยมีแนวคิดที่จะสร้างเครื่องผ่าผลหมากสดที่สามารถผ่าผลหมากได้ตามแนวยาวของผลหมากโดยไม่ต้องคัดแยกขนาด ซึ่งหากสามารถแก้ปัญหาในข้อจำกัดดังกล่าว จะเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการแปรรูปผลหมากของกลุ่มเกษตรกรในภาคใต้ของประเทศไทย ซึ่งเป็นพื้นที่ที่มีการปลูกหมากและแปรรูปผลหมากสดเป็นผลหมากแห้งเพื่อส่งขายไปยังต่างประเทศ สามารถสร้างรายได้จำนวนมากให้กับประเทศ คำตอบที่เป็นไปได้ก็คือ การประยุกต์ใช้เครื่องจักรที่ช่วยให้เกษตรกรสามารถผ่าผลหมากสดให้ได้ผลดีและรวดเร็ว เพิ่มความปลอดภัยในการทำงาน และเครื่องจักรสามารถผ่าผลหมากสดได้อย่างต่อเนื่อง โดยประสิทธิภาพในการผ่าต้องไม่ลดลงแม้ใช้งานต่อเนื่องเป็นระยะเวลานาน ซึ่งจะส่งผลให้เกษตรกรมีรายได้เพิ่มขึ้น เพื่อให้มีความเป็นอยู่และคุณภาพชีวิตดีขึ้น

ตารางที่ 1 การเปรียบเทียบเครื่องผ่าผลหมากสดจากงานวิจัยที่ผ่านมากับเครื่องผ่าผลหมากสดที่ต้องการพัฒนา

เครื่องผ่าผลหมากสดจากงานวิจัยที่ผ่านมา	เครื่องผ่าผลหมากสดที่ต้องการพัฒนา
1. เครื่องไม่สามารถผ่าผลหมากได้สองซีกตามแนวยาวของผล	1. เครื่องสามารถผ่าผลหมากได้สองซีกตามแนวยาวของผล
2. ระบบลำเลียงผลหมากไม่สามารถลำเลียงผลหมากไปยังชุดผ่าได้ต่อเนื่อง	2. ระบบลำเลียงสามารถลำเลียงผลหมากไปยังชุดผ่าได้ต่อเนื่องโดยไม่มีระบบการสั่นสะเทือน
3. เครื่องไม่สามารถผ่าผลหมากได้หลายขนาดซึ่งอาจจะต้องมีการคัดแยกขนาดของผลหมากก่อนนำไปผ่าด้วยเครื่อง	3. เครื่องสามารถผ่าผลหมากได้หลายขนาดโดยไม่ต้องมีการคัดแยกขนาด
4. การผ่ายังมีการติดขัดที่ชุดผ่า	4. การผ่าไม่มีการติดขัดที่ชุดผ่า
5. เครื่องสามารถผ่าผลหมากสดได้ครั้งละ 1 ผล	5. เครื่องสามารถผ่าผลหมากสดได้ครั้งละ 2-3 ผล

วิธีดำเนินการวิจัย

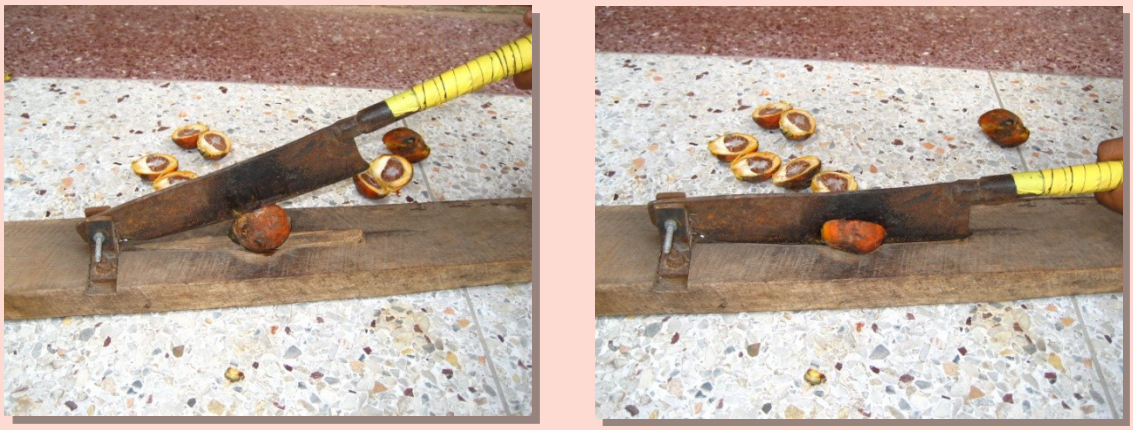
1) การศึกษาข้อมูลที่จำเป็นต่อการออกแบบ

1.1) ศึกษาปัญหาการผ่าผลหมากสดของกลุ่มเกษตรกร เพื่อให้ทราบถึงปัญหาและข้อมูลในการผ่าผลหมากของเกษตรกรหรือผู้ประกอบการ และใช้สำหรับการวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม จากการสอบถามข้อมูลจากกลุ่มเกษตรกรแปรรูปผลหมากสด ตำบลคลองเฉลิม อำเภอกงหรา จังหวัดพัทลุง พบว่าค่าแรงงานในการผ่าผลหมากสด คือ 2 บาทต่อกิโลกรัม ซึ่งยังไม่รวมการแยกเนื้อหมากออกจากเปลือก ดังภาพที่ 1 ซึ่งเกษตรกรสามารถผ่าผลหมากได้เฉลี่ย 70 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ปัจจุบันกลุ่มเกษตรกรยังใช้แรงงานคนผ่าผลหมากสด ทำให้เกิดความไม่ปลอดภัยในขณะทำงาน และเมื่อมีอาการเมื่อยล้าก็จะทำให้เกิดอุบัติเหตุจากอุปกรณ์ที่นำมาใช้ในการผ่าผลหมากสดได้ หากเกษตรกรไม่สามารถผ่าผลหมากสดทั้งหมดได้ทัน ก็ทำให้ต้องผ่าผลหมากแห้งแทน ซึ่งการผ่าผลหมากแห้งจะทำให้เกษตรกรต้องออกแรงในการผ่าผลหมากเพิ่มขึ้น และเครื่องมือที่เกษตรกรใช้ในการผ่าผลหมากแสดงดังภาพที่ 2 และ ภาพที่ 3

1.2) ศึกษาลักษณะทางกายภาพของผลหมากสด ได้แก่ ความกว้างและความยาวของผลหมากสดที่มีขนาดใหญ่ที่สุด

ภาพที่ 1 ลักษณะของผลหมากผ่าสองซีกหรือหมากผ่าซีก (**ที่มา:** ณัฐพล สุชาติพงศ์ และ ปานนท์ เมืองแก้ว, 2551)

ภาพที่ 2 วิธีการผ่าผลหมากโดยใช้แรงงานคน (มีดพร้า) (**ที่มา:** ณัฐพล สุชาติพงศ์ และปานนท์ เมืองแก้ว, 2551)



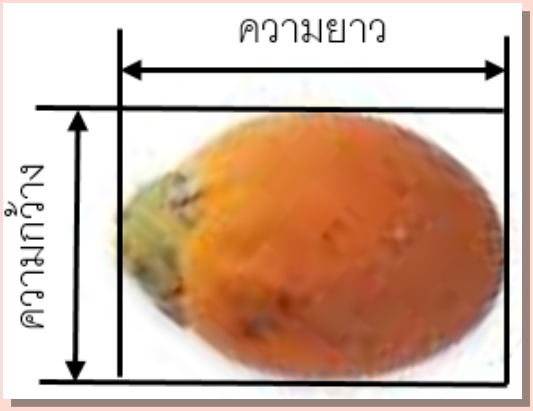
ภาพที่ 3 วิธีการผ่าผลหมากโดยใช้แรงงานคน (ตัวบังคับกด) (**ที่มา:** ณัฐพล สุชาติพงศ์ และปานนท์ เมืองแก้ว, 2551)

และเล็กที่สุด ดังภาพที่ 4 สำหรับใช้เป็นข้อมูลในการออกแบบและสร้างเครื่องผ่าผลหมากสด จากการศึกษาโดยสุ่มวัดขนาดผลหมากสด จำนวน 100 ผล ด้วยเวอร์เนียคาร์ลิปเปอร์ พบว่าความกว้างของผลหมากสดอยู่ระหว่าง 4-5 เซนติเมตร โดยมีค่าเฉลี่ย 4.4 ± 0.3 เซนติเมตร ความยาวของผลหมากสดอยู่ระหว่าง 6-7 เซนติเมตร มีค่าเฉลี่ย 6.5 ± 0.4 เซนติเมตร และเมื่อนำผลหมากสดไปหาน้ำหนักเฉลี่ยพบว่า ผลหมากสด 100 ผล มีน้ำหนักเฉลี่ย 7 กิโลกรัม จึงนำค่าที่ได้มาใช้ในการออกแบบเครื่องผ่าผลหมากสด เพื่อให้สามารถผ่าผลหมากสดได้สองซีกตามแนวยาวของผล

2) การออกแบบและสร้างเครื่องผ่าผลหมากสด

ผู้วิจัยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ในการออกแบบเครื่องผ่าผลหมาก ดังภาพที่ 5 ก่อนทำการสร้างเครื่อง เพื่อคำนวณขนาดและความเหมาะสมของการติดตั้งส่วนประกอบของเครื่องก่อนนำไปสร้างตามที่ได้ออกแบบไว้ ดังภาพที่ 6

เนื่องจากผลหมากสดส่วนใหญ่มีลักษณะเป็นทรงรี มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางไม่เกิน 5 เซนติเมตร เพื่อให้มีลักษณะการผ่าตามความยาวของผลหมากสดตามที่เกษตรกรและผู้ประกอบการต้องการ จึงออกแบบชุดผ่าให้มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางใหญ่กว่าผลหมากสดเล็กน้อยและมีร่องสำหรับรับผลหมากสดจำนวน 4 ร่องต่อลูก โดยชุดผ่าผลหมากสดจะมีลูกกลิ้งจำนวน 2 ลูก ซึ่งหมุนเข้าหากันเพื่อบังคับผลหมากสดให้วางตามแนวนอนในร่อง ลูกกลิ้งทำจากเหล็กที่นำมากลึงขึ้นรูปให้ได้ขนาดตามที่ต้องการ จากนั้นชุดผ่าผลหมากสดจะกดผลหมากสดให้ไปชนกับใบมีด ซึ่งใบมีดจะวางในแนวนอนตรงกลาง



ภาพที่ 4 ลักษณะทางกายภาพของผลหมากสด

ระหว่างลูกกลิ้งทั้งสอง โดยที่ลูกกลิ้งทั้งสองสามารถปรับระยะห่างได้เพราะเป็นเฟืองขบกัน แม้ว่าขนาดของผลหมากสดจะมีขนาดต่างกัน เมื่อผลหมากสดลงไปในร่องของชุดผ่าแล้วชุดผ่าจะบังคับผลหมากสดให้อยู่ตรงกลางระหว่างลูกกลิ้ง โดยไม่ต้องมีการปรับระยะห่างของลูกกลิ้ง แม้ว่าขนาดของผลหมากสดจะแตกต่างกัน ซึ่งผลหมากสดจะถูกผ่าออกเป็นสองซีกตรงกลางตามความยาวของผลหมากสดโดยไม่ต้องมีการคัดแยกขนาด

2.1) การคำนวณขนาดมอเตอร์ (มานพ ตันตระบัณฑิตย์, 2545)

การคำนวณแรงบิด (Torque) เป็นการทดสอบหาแรงที่ใช้ในการผ่าผลหมากสด โดยนำผลหมากสดไปทดสอบหาแรงที่ใช้ในการผ่าจากเครื่อง Tension test (ยี่ห้อ Gotech type: GT-7001-LAC50) ดังภาพที่ 7 กำหนด F = 1,300 นิวตัน การออกแบบใช้ค่า Safety factor = 1.5 จะได้ F = 1,300 x 1.5 =1,950 นิวตัน คำนวณขนาดของมอเตอร์จากแรงกดตัด F = 1,950 นิวตัน

จาก $T = Fr$

$= 1,950$ นิวตัน $\times$ 0.075 เมตร

$= 146.25$ นิวตัน-เมตร

แรงบิดมอเตอร์ (T_m) จาก

$T = T_m \times i$ (i = อัตราทดรอบ)

การออกแบบใช้ความเร็วรอบไม่เกิน 14 รอบ/นาที จะได้ i = 100 : 1

$T_m = 1.46$ นิวตัน-เมตร

เมื่อ

T = แรงบิดที่ยังไม่มีการทดรอบ (นิวตัน-เมตร)

T_m = แรงบิดที่มีการทดรอบ (นิวตัน-เมตร)

F = แรงที่ใช้ผ่าผลหมาก (นิวตัน)

r = รัศมีของชุดผ่าผลหมาก (เมตร)

P_m = กำลังมอเตอร์ (แรงม้า)

N = ความเร็วรอบมอเตอร์ (รอบ/นาที)

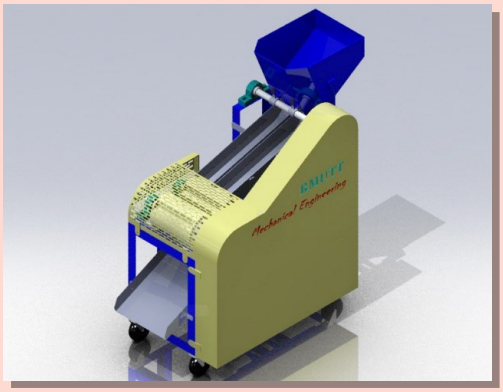
จาก $P_m = \frac{2\pi T_m N}{60}$

$= \left[\frac{2\pi (1.46)(1,450)}{60}\right]$

$= 221.58$ วัตต์

(ความเร็วรอบมอเตอร์ 1,450 รอบ/นาที)

กำหนดให้ผ่าผลหมากครั้งละ 3 ผล จะได้ P_m = 664.74 วัตต์ ดังนั้น จึงเลือกใช้มอเตอร์ขนาด 1 แรงม้า หรือ 746 วัตต์



ภาพที่ 5 เครื่องผ่าผลหมากที่ออกแบบในโปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยออกแบบ

ภาพที่ 6 เครื่องผ่าผลหมาก

ภาพที่ 7 เครื่องทดสอบหาแรงที่ใช้ในการผ่าผลหมากสด (ยี่ห้อ Gotech type : GT-7001-LAC50)

2.2) การคำนวณขนาดของเพลา (มานพ ตันตระบัณฑิตย์, 2545)

$$\tau_{max} = \frac{16T}{\pi D^3}$$

$$D = \sqrt[3]{\frac{16 \times 876 \times 10^3}{240\pi}}$$

เมื่อ

τ_{max} = ค่า Tensile strength (นิวตัน/ตารางเมตร)

D = เส้นผ่านศูนย์กลางเพลา (นิ้ว)

เหล็กเกรด SECC เหล็กคุณภาพตามมาตรฐาน JIS G3313 กำหนดค่า Tensile strength 240 นิวตัน/ตารางเมตร

แทนค่า

$$240 = \frac{(16)(480.8)}{\pi D^3}$$

$$D = \sqrt[3]{\frac{(16)(146.25)(10)^3}{240\pi}}$$

= 14.58 มิลลิเมตร

= 0.57 นิ้ว

ดังนั้น จึงเลือกใช้เพลาขนาด 1 นิ้ว

นอกจากนั้นการออกแบบและสร้างเครื่องผ่าผลหมากสด ยังคำนึงถึงเกษตรกรผู้ใช้งานเพื่อให้สามารถใช้งานได้สะดวก ดังนั้นความสูงของเครื่องที่ออกแบบจะต้องช่วยให้เกษตรกรสามารถนำผลหมากสดใส่ลงในกระพ้อด้านบนของเครื่องได้สะดวก ซึ่งเครื่องผ่าผลหมากสดมีขนาด 50x80x120 เซนติเมตร^3 น้ำหนัก 120 กิโลกรัม

3) การทดสอบสมรรถนะเครื่องผ่าผลหมากสด

การทดสอบเครื่องผ่าผลหมากสดเป็นการทดสอบเพื่อหาสมรรถนะสูงสุดของเครื่องในการผ่าผลหมากสดเพื่อให้ได้ผลหมากดี และเกิดการสูญเสียให้น้อยที่สุด โดยทำการทดสอบความเร็วรอบของเพลาขับที่ 13, 14 และ 15 รอบต่อนาที ทำการทดสอบที่ความเร็วรอบต่างๆ จำนวน 3 ครั้ง ซึ่งขั้นตอนในการทดสอบเครื่องผ่าผลหมากสด มีดังนี้

(1) เตรียมอุปกรณ์และเครื่องมือต่างๆ ในการทดสอบ

(2) เดินเครื่องผ่าผลหมากสด ใช้เครื่องวัดความเร็วรอบ (Hand tachometer) วัดความเร็วรอบที่เพลาขับ ปรับอินเวอร์เตอร์เพื่อให้ได้ความเร็วรอบที่ต้องการ

(3) นำผลหมากสดใส่ในกระพ้อของเครื่องผ่าผลหมาก ทำการจับเวลาขณะทดสอบ

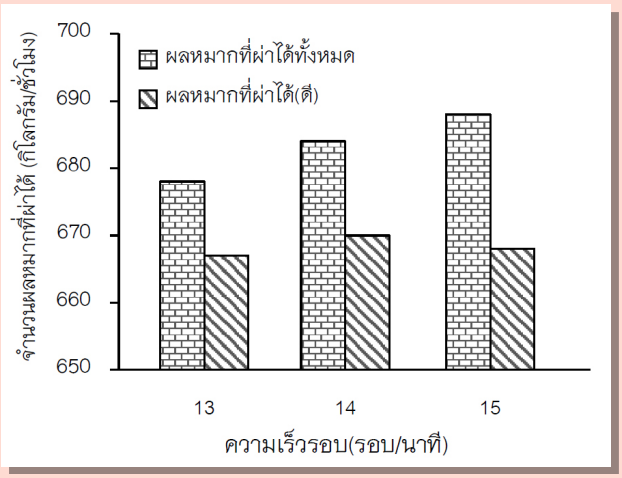
(4) ตรวจสอบคุณภาพของผลหมากสดและบันทึกผล

(5) ทดสอบตามข้อ 2-4 โดยปรับความเร็วรอบเป็น 13, 14 และ15 รอบต่อนาที ตามลำดับ

(6) นำค่าที่ได้มาคำนวณสมรรถนะของเครื่องผ่าผลหมากสด เพื่อนำมาเปรียบเทียบกับสมรรถนะการผ่าผลหมากโดยใช้แรงงานคน

ผลการวิจัย

ผลการวิจัย พบว่าจำนวนผลหมากสดที่ผ่าได้เพิ่มขึ้นตามความเร็วรอบ เครื่องสามารถผ่าผลหมากได้ 678, 684 และ 688 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ที่ความเร็วรอบ 13, 14 และ 15 รอบต่อนาที ตามลำดับ ดังภาพที่ 8 แม้ว่าอัตราการผ่าผลหมากจะเพิ่มขึ้นตามความเร็วรอบ แต่จำนวนผลหมากที่ผ่าแล้วเสียหายก็เพิ่มขึ้นตามความเร็วรอบที่เพิ่มขึ้นด้วยเช่นกัน ดังแสดงในภาพที่ 9 เนื่องจากเมื่อความเร็วรอบเพิ่มขึ้น ผลหมากที่ถูกลำเลียงมายังชุดผ่ามีเวลาในการจัดเรียงผลหมากตามแนวนอนในชุดผ่าน้อยลง จึงทำให้จำนวนผลหมากที่ผ่าแล้วเสียหายเพิ่มขึ้น จากภาพที่ 8 ผลหมากดีที่ผ่าได้คือ 667, 670 และ 668 กิโลกรัมต่อชั่วโมง อัตราการผ่าผลหมากเสียอยู่ที่ 11, 14 และ 20 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ที่ความเร็วรอบ 13, 14 และ 15 รอบต่อนาที ตามลำดับ



ภาพที่ 8 การเปรียบเทียบจำนวนผลหมากที่ผ่าได้จากเครื่องผ่าผลหมากสดที่ความเร็วรอบต่างๆ

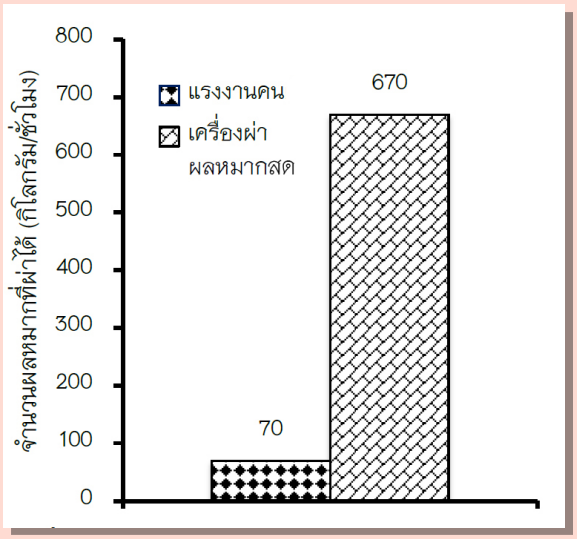
ภาพที่ 9 ผลหมากดี (ซ้าย) และผลหมากเสีย (ขวา) จากการผ่าด้วยเครื่องผ่าผลหมากสด

เมื่อเปรียบเทียบการผ่าผลหมากสดด้วยเครื่องผ่าผลหมากและแรงงานคน จากภาพที่ 10 พบว่าการผ่าผลหมากสดด้วยเครื่องสามารถผ่าผลหมากดีได้ 670 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ที่ความเร็วรอบ 14 รอบ/นาที ซึ่งเป็นผลการทดลองที่ดีที่สุด ในขณะที่เมื่อใช้แรงงานคนจะสามารถผ่าผลหมากดีได้ 70 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ดังนั้นการผ่าผลหมากสดด้วยเครื่องสามารถผ่าผลหมากดีได้มากกว่าแรงงานคนถึง 9.57 เท่า และเมื่อใช้แรงงานคนผ่าผลหมากเป็นระยะเวลายาวนาน จะทำให้คนเกิดความเมื่อยล้า ส่งผลให้ปริมาณการผ่าและประสิทธิภาพลดลง

การวิเคราะห์เศรษฐศาสตร์วิศวกรรม (ไพบูลย์ แย้มเผื่อน, 2543)

การทดสอบเครื่องผ่าผลหมากสดที่ออกแบบและพัฒนา โดยใช้แรงงานคนปฏิบัติงาน 1 คน กำลังไฟฟ้าเฉลี่ย 0.25 กิโลวัตต์ต่อชั่วโมง ความสามารถในการผ่าผลหมากดีด้วยเครื่อง 670 กิโลกรัมต่อชั่วโมง กำหนดให้เครื่องทำงาน 8 ชั่วโมงต่อวัน ทำงานปีละ 180 วัน คิดค่าใช้จ่ายในการทำงาน และระยะเวลาคืนทุนของเครื่องผ่าผลหมากสดได้ดังตารางที่ 2

จากการวิเคราะห์เศรษฐศาสตร์วิศวกรรม ผลการเปรียบเทียบการทำงานระหว่างการผ่าผลหมากสดด้วยเครื่องและการผ่าด้วยแรงงานคน ดังตารางที่ 3 พบว่าเครื่องผ่าผลหมากสดสามารถผ่าผลหมากดีได้ 670 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ต้นทุนการผ่าด้วยเครื่อง 0.06 บาทต่อกิโลกรัม มีระยะเวลาคืนทุน 9 วัน ซึ่งการผ่าผลหมากสดด้วยเครื่องจึงเป็นการลดระยะเวลาในการทำงานและเพิ่มความปลอดภัยในการผ่าผลหมากให้กับเกษตรกร



ภาพที่ 10 การเปรียบเทียบจำนวนผลหมากดีที่ผ่าได้จากเครื่องผ่าผลหมากสดและแรงงานคน

อภิปรายและสรุปผล

การผ่าผลหมากสดด้วยเครื่องที่ความเร็วรอบ 13, 14 และ 15 รอบต่อนาที สามารถผ่าผลหมากได้ 678, 684 และ 688 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ตามลำดับ ซึ่งผลหมากดีที่ผ่าได้คือ 667, 670 และ 668 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ตามลำดับ ซึ่งไม่เพิ่มขึ้นตามความ

ตารางที่ 2 การคำนวณเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมของเครื่องผ่าผลหมากสด

ต้นทุนคงที่ (Fixed cost)		ต้นทุนแปรผัน (Variable cost)	
ราคาเครื่องผ่าผลหมากสด	45,000 บาท	ค่าบำรุงรักษาคิดเฉลี่ยประมาณวันละ10 บาท ทำงาน 180 วันต่อปี	1,800 บาทต่อปี
มูลค่าซากเครื่องผ่าผลหมากสด เมื่อสิ้นปีที่ 5 มีมูลค่าคงเหลือ 10 เปอร์เซ็นต์ของราคาต้นทุนเครื่อง (S) = (10/100)x(45,000)	4,500 บาท	ค่าไฟฟ้าเฉลี่ย 0.25 กิโลวัตต์ชั่วโมง ราคาไฟฟ้าหน่วยละ 3.5 บาท ใน 1 ปีทำงาน 180 วัน วันละ 8 ชั่วโมง ดังนั้น ค่าไฟฟ้า 0.25x3.5x180x8	1,260 บาทต่อปี
ค่าเสื่อมราคา (DP) = (P–S)/L = (45,000–4,500)/5	8,100 บาท	ค่าจ้างแรงงานวันละ 300 บาท จำนวน 1 คน ทำงาน 180 วัน	54,000 บาทต่อปี
ดอกเบี้ยหรือค่าเสียโอกาส (Interest on investment, I) I=((P+S)/2)x(i/100) กำหนดให้ อัตราดอกเบี้ยต่อปี เท่ากับ 10 เปอร์เซ็นต์ จะได้ ((45,000+4,500)/2)x(10/100)	2,475 บาทต่อปี		
ค่าใช้จ่ายในการทำงาน (บาทต่อกิโลกรัม) ของเครื่องผ่าผลหมากสดในเวลา 1 ปี เวลาทำงาน 1,440 ชั่วโมง ความสามารถในการทำงาน 670 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ดังนั้นจะได้ 57,060 / (1,440x670)			0.06 บาทต่อกิโลกรัม
ค่าแรงงานผ่าผลหมากสด 2 บาทต่อกิโลกรัม ทำงาน 670 กิโลกรัมต่อชั่วโมง			1,340 บาทต่อชั่วโมง
ชั่วโมงการทำงาน			1,440 ชั่วโมงต่อปี
ดอกเบี้ย			2,475 บาทต่อปี
ต้นทุนแปรผัน			57,060 บาทต่อปี
ต้นทุนรวม 57,060 + 2,475			59,535 บาทต่อปี
ผลประโยชน์ที่ได้รับ 1,440x1,340			1,929,600 บาทต่อปี
ผลประโยชน์สุทธิ 1,929,600 – 59,535			1,870,065 บาทต่อปี
ระยะเวลาคืนทุน (45,000/1,870,065)x12			0.3 เดือน หรือ 9 วัน

ตารางที่ 3 การเปรียบเทียบระหว่างการผ่าผลหมากดีด้วยเครื่องผ่าผลหมากสดและแรงงานคน

หัวข้อในการเปรียบเทียบ	เครื่องผ่าผลหมากสด	แรงงานคน
1. ความสามารถในการทำงาน (กิโลกรัมต่อชั่วโมง)	670	70
2. ค่าใช้จ่ายในการทำงาน (บาทต่อกิโลกรัม)	0.06	2
3. ร้อยละการผ่าผลหมากดี	95	100

เร็วรอบ เครื่องผ่าผลหมากสดที่พัฒนามีสมรรถนะของเครื่องอยู่ที่ร้อยละ 95 ขึ้นอยู่กับความต่อเนื่องของอัตราการไหลของผลหมากสดลงไปยังชุดผ่าผลหมาก ความเร็วรอบของเครื่องผ่าผลหมากสดที่เหมาะสมในการใช้งานคือ 14 รอบ/นาที สามารถผ่าผลหมากดิบได้ 670 กิโลกรัมต่อชั่วโมง เครื่องสามารถผ่าผลหมากได้มากกว่าการผ่าด้วยแรงงานคน 9.57 เท่า มีระยะเวลาคืนทุน 9 วัน เมื่อเกษตรกรนำเครื่องผ่าผลหมากสดไปใช้ในกระบวนการแปรรูปผลหมาก สามารถลดต้นทุนและเพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการผลิต นอกจากนี้การออกแบบและสร้างเครื่องผ่าผลหมากสดจะต้องคำนึงถึงระดับความรู้และความสามารถในการใช้งานของเกษตรกร โดยการมีส่วนร่วมของเกษตรกรทำให้ได้เครื่องผ่าผลหมากสดที่สามารถทำงานได้ตรงตามความต้องการของเกษตรกร และเลือกวัสดุอุปกรณ์ที่มีขายในท้องตลาด ดังนั้นเมื่อเกิดการชำรุดเสียหาย เกษตรกรสามารถบำรุงรักษาซ่อมแซมเครื่องผ่าผลหมากสดได้ด้วยตนเอง

ข้อเสนอแนะ

ผลหมากเสียจากกระบวนการผ่าด้วยเครื่องผ่าผลหมากสดสามารถนำไปทำเป็นสีย้อมผ้า เนื่องจากสีของหมากเป็นธรรมชาติ สามารถนำไปย้อมแห อวน หรือผลิตภัณฑ์หัตถกรรม จักสานเพื่อรักษาและยืดอายุผลิตภัณฑ์ นอกจากนี้เกษตรกรควรรวมกลุ่มในการจัดซื้อเครื่องผ่าผลหมากสด เพื่อช่วยลดต้นทุนในการผลิตและการบำรุงรักษา

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ คณะวิศวกรรมศาสตร์ และหน่วยวิจัยการออกแบบและสร้างเครื่องจักรเพื่อแปรรูปผลิตผลทางการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ที่สนับสนุนงบประมาณในการดำเนินงานครั้งนี้

บรรณานุกรม

กรมส่งเสริมการเกษตร. 2530. **การปลูกหมาก.** จาก www.chachoengsao.doae.go.th/ecoplants/mak.html. สืบค้นเมื่อ 27 กรกฎาคม 2560.

ณัฐพล สุชาติพงศ์ และ ปานนท์ เมืองแก้ว. 2551. **การออกแบบและสร้างเครื่องผ่าหมาก.** ปริญญานิพนธ์ ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี. ปทุมธานี.

ไพบูลย์ แย้มเผื่อน. 2543. **เศรษฐศาสตร์วิศวกรรม.** พิมพ์ครั้งที่ 2. บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น. กรุงเทพฯ. 312 น.

มานพ ตันตระบัณฑิตย์. 2545. **เอกสารการสอนวิชาการออกแบบชิ้นส่วนเครื่องจักรกล.** มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี. ปทุมธานี.

เมธา สีผึ้งทอง และ อธิป พลอยกระจ่าง. 2552. **การออกแบบและพัฒนาเครื่องผ่าหมาก.** ปริญญานิพนธ์ ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี. ปทุมธานี.

สุนัน ปานสาคร และคณะ. 2559. **การออกแบบและสร้างเครื่องผ่าเมล็ดตาล.** *แก่นเกษตร.* 44(3); 451-460.