

วิจัยและพัฒนาเครื่องขจัดหนามผลสะสำหรับการส่งออก
Research and Development on Salacca Thorns Removing
Machine for Exporting of Salacca

พุทธินันท์ จารุวัฒน์^{1/} ปิยชาติ พุ่มมณี^{1/} ธนาวัฒน์ ทิพย์ชิต^{1/} กิตติศักดิ์ กิติรัตน์^{1/} ตฤณลิขัฐ ไกรสินบุรศักดิ์^{2/}
อนุชา เชาว์โชติ^{2/} อุทัย ธานี^{2/} สำเร็จ ช่างประเสริฐ^{3/}
Puttinun Jaruwat^{1/} Piyachart Pummanee^{1/} Thanawat Tipchit^{1/} Kittisak Kittirat^{1/} Tinnasit Kaisinburasak^{2/}
Anucha Chaochot^{2/} Uthai Thani^{2/} Sumruang Changprasert^{3/}

Received 25 Sep 2019/Revised 23 Feb 2020/Accepted 13 Mar 2020

ABSTRACT

The objective of this research was to develop salacca thorns removing machine for exporting salacca. The prototype machine had the dimension of 1.6 x 2 x 0.6 m (WxLxH) and its structure was made of steel. The reciprocating tray was made from aluminum mesh screen and the two brush rollers were made of nylon. The reciprocating tray set and two brush rollers sets used 1 hp, 220V electric motor as power unit, while 0.5 hp, 220V electric motor was used as power unit to tilt the reciprocating tray. All components of the prototype were controlled automatically by programmable logic controller (PLC) installed in the control box of the machine. The working capacity of salacca thorns removing machine was 900 kg/hr and the power consumption was 1.47 kw. The optimum conditions of working speed were 110 rpm of the reciprocating tray and 14 degree tilt angle of the tray. The prototype machine could perfectly remove the thorn from salacca. The de-thorned salacca could be stored for more than 3 days at room temperature without losing its quality which is the same as removing thorns by human labor. Results of economic analysis showed that the prototype costed 82.92 baht/kg whereas human labour costed 90.61 baht/kg while product quality was the same.

Keywords: Salacca; thorns removing machine; export purpose

^{1/} ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมจันทบุรี สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร ต.พลับพลา อ.เมืองจันทบุรี จ.จันทบุรี 22000

^{1/} Chanthaburi Agricultural Engineering Research Center, Agricultural Engineering Research Institute, Department of Agriculture, Phlabphla, Murgchanthaburi, Chanthaburi, 22000.

^{2/} สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร 50 ถนนพหลโยธิน แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพมหานคร 10900

^{2/} Agricultural Engineering Research Institute, Department of Agriculture, 50 Phaholyothin Rd, Ladyao, Chatuchak, Bangkok, 10900.

^{3/} ศูนย์วิจัยพืชสวนจันทบุรี สถาบันวิจัยพืชสวน กรมวิชาการเกษตร ต.ตะปอน อ.ขลุง จ.จันทบุรี 22110

^{3/} Chanthaburi Horticultural Research Center, Horticultural Research Institute, Department of Agriculture, Tapon A.Klung, Chanthaburi, 22110.

*Corresponding author: putjar2001@yahoo.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาเครื่องตัดหนามผลสละสำหรับการผลิตสละไร้หนามเพื่อการส่งออก เครื่องตัดหนามผลสละมีขนาด 1.6 x 2 x 0.6 ม. (กว้างxยาวxสูง) ประกอบด้วยชุดโครงเครื่องทำจากเหล็ก ชุดตะแกรงโยกตัดหนามผลสละทำจากตะแกรงมุ้งลวด ชุดแปรงขัดประกอบด้วยแปรงขัด 2 แปรง ทำจากไนลอน โดยชุดตะแกรงโยกและชุดแปรงขัดใช้ต้นกำลังมอเตอร์ไฟฟ้าร่วมกัน ขนาด 1 แรงม้า 220 โวลต์ ชุดยกตะแกรงโยกใช้ต้นกำลังมอเตอร์ไฟฟ้า ขนาด 0.5 แรงม้า 220 โวลต์ การทำงานของส่วนประกอบเครื่องต้นแบบทั้งหมดถูกควบคุมการทำงานเป็นขั้นตอนแบบอัตโนมัติ โดยการเขียนโปรแกรมลงในอุปกรณ์ Programmable Logic Controller (PLC) ซึ่งติดตั้งอยู่ในตู้ควบคุมการทำงานของเครื่อง เครื่องตัดหนามผลสละมีความสามารถในการทำงาน 900 กก./ชม. ใช้กำลังไฟฟ้ารวม 1.47 กิโลวัตต์ สภาวะในการทำงานที่เหมาะสมคือ ความเร็วรอบตะแกรงโยก 110 รอบ/นาที มุมเอียง 14 องศา สามารถตัดหนามผลสละได้หมด และผลสละสามารถเก็บรักษาได้เกิน 3 วัน ที่อุณหภูมิแวดล้อมปกติ โดยไม่เกิดความชื้นและไม่แตกต่างจากการใช้วิธีการเดิม คือ การตัดหนามผลสละด้วยแรงงานคน ซึ่งมีความสามารถในการทำงาน 5 กก./ชม./คน ผลการวิเคราะห์ด้านเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมจากการลงทุนใช้เครื่องต้นแบบในการตัดหนามผลสละ พบว่า มีต้นทุนค่าใช้จ่ายเพียง 82.92 บาท/กก. ในขณะที่การใช้แรงงานมีต้นทุนค่าใช้จ่ายที่สูงกว่าคือ 90.61 บาท/กก. เมื่อทำการตัดหนามผลสละในปริมาณเท่ากัน

คำสำคัญ: สละ; เครื่องตัดหนาม; การส่งออก

บทนำ

สละ มีชื่อวิทยาศาสตร์คือ *Salacca edulis* Reinw. เป็นพืชที่จัดอยู่ในวงศ์ปาล์ม (Arecaceae) (ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว, 2562)

สามารถเจริญเติบโตได้ทั้งที่ลุ่ม ที่ดอน และบนภูเขา ประเทศไทยจึงมีศักยภาพในการผลิตสละได้ดี จากข้อมูลของกรมส่งเสริมการเกษตร ปี 2559 พบว่าพื้นที่ปลูกสละของประเทศไทยมี 19 จังหวัด โดยจ.จันทบุรี มีพื้นที่ปลูกสละมากที่สุด ประมาณ 10,325 ไร่ เป็นพื้นที่สละที่ให้ผลผลิตแล้ว 9,483 ไร่ ปริมาณผลผลิตรวม 10,310 ตัน คิดเป็นผลผลิตเฉลี่ย 1,087 กก./ไร่ รองลงมาได้แก่ จ. นราธิวาส มีพื้นที่ปลูก 3,073 ไร่ ให้ผลผลิตเฉลี่ย 391 กก./ไร่ (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2560) ปัจจุบันการจำหน่ายผลผลิตสละสดมีทั้งการจำหน่ายในประเทศและต่างประเทศ โดยข้อมูลการส่งออกสละผลสดเฉพาะที่มีใบรับรองสุขอนามัยพืชไปต่างประเทศ ปี 2562 มีปริมาณ 395,903 กก. เป็นมูลค่า 8,110,150 บาท ตลาดส่งออกหลัก คือ ประเทศญี่ปุ่น พม่า รัสเซีย สหรัฐอาหรับเอมิเรตส์ และมัลดีฟส์ (สำนักข่าวนิวส์พลัส, 2563) ลักษณะของผลสละสดคุณภาพตามมาตรฐานสินค้าเกษตร มกษ. 22-2556 สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ จะต้องไม่มีรอยขีด รอยฉีก รอยฉีกหรือเสื่อมคุณภาพ สะอาด ปราศจากศัตรูพืชและสิ่งแปลกปลอมที่มองเห็นได้ (สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ, 2556)

สหกรณ์การเกษตร อ.ท่าใหม่ จ.จันทบุรี ซึ่งเป็นหน่วยงานที่มีการส่งออกสละผลสดรายสำคัญของจ.จันทบุรี ได้รายงานไว้ว่า ประเทศผู้นำเข้าโดยเฉพาะประเทศญี่ปุ่น มีความต้องการสละผลสดที่ไร้หนามเพิ่มมากขึ้น ซึ่งการตัดหนามออกจากผลสละเป็นกระบวนการที่สำคัญในโรงคัดบรรจุ ปัจจุบันการตัดหนามออกจากผลสละจะใช้แรงงานคน และอุปกรณ์ที่ใช้ในการตัดหนามออกคือ ซ้อน โดยจะใช้ซ้อนชุดเบา ๆ ที่ผิวสละ เพื่อป้องกันการเกิดรอยขีดที่เนื้อสละ ซึ่งวิธีการดังกล่าว ใช้แรงงานคนมาก และความสามารถในการทำงานต่อวันต่ำคือ 5 กก./ชม./คน เนื่องจากปัญหาการขาดแคลนแรงงาน เสกสรร (2548) ได้ออกแบบเครื่องทำความสะอาดซ่อกระปุกผลสละต้นแบบมีขนาด

1.5 x 2.8 x 1.3 ม. (กว้าง x ยาว x สูง) ประกอบด้วยระบบโซ่ลากลำเลียง โดย ทุก ๆ ระยะ 30 ซม. ติดตั้งข้อต่อโซ่แบบปกปีกเพื่อใช้ติดตั้งอุปกรณ์จับยึด ก้านกระปุกสละ (ช่อสละ) ชุดแปรงปิดกำจัดหนาม จำนวน 2 ชุด อัตราการทำงาน 368.30 กก./ชม. ประสิทธิภาพการกำจัดหนาม 65.50% และความสูญเสียในการทำงาน 1.70% แต่กลุ่มสหกรณ์ ทำใหม่ จ.จันทบุรี ไม่นำไปใช้งานเนื่องจากเป็นเครื่องที่ตัดหนามสละแบบทั้งช่อ แต่กลุ่มตลาดส่งออกต้องการเป็นแบบผลเดี่ยว ต่อมาในปี 2554 วิทยาลัยเทคนิคปัตตานีได้ออกแบบเครื่องตัดหนามสละ ที่สามารถตัดหนามสละผลเดี่ยวได้ 360 กก./ชม. โดยใช้วิธีการเขย่าผลสละเดี่ยว ๆ ในภาชนะที่มีรู และให้ผลสละกระทบเสียดสีกัน ทำให้หนามหลุดออก โดยต้นกำลังใช้มือหมุนคันโยก (วิทยาลัยเทคนิคปัตตานี, 2554) แต่ไม่มีการรายงานด้านความสูญเสีย (%) ประสิทธิภาพการตัดหนาม (%) และอายุการเก็บรักษาผลสละหลังการตัดหนาม ดังนั้น จึงจำเป็นต้องทำการวิจัยและพัฒนาเครื่องมือต้นแบบ สำหรับการตัดหนามออกจากผลสละแบบผลเดี่ยว เพื่อทดแทนการใช้แรงงานคน และเพิ่มศักยภาพในการทำงาน โดยที่ผลสละยังคงมีคุณภาพดีสำหรับการส่งออกไปสู่ตลาดต่างประเทศ

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การสำรวจเก็บข้อมูลกระบวนการตัดหนามผลสละของโรงคัดบรรจุสำหรับส่งออก

สำรวจเก็บข้อมูลกระบวนการตัดหนามผลสละ สำหรับการส่งออกที่สหกรณ์การเกษตร อ.ท่าใหม่ จ.จันทบุรี และศึกษาทดสอบวิธีการตัดหนามสละที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน รวมทั้งอุปสรรคและปัญหาที่เกิดขึ้น โดยร่วมมือกับผู้ประกอบการส่งออก และนำข้อมูลมาวิเคราะห์เพื่อแก้ปัญหา

2. การออกแบบ สร้างเครื่องตัดหนามผลสละต้นแบบระดับการทดลอง

นำข้อมูลที่ได้จากการสำรวจ มาทำการออกแบบ และกำหนดหลักการทำงานของเครื่องต้นแบบ

และศึกษาปัจจัยต่าง ๆ ของส่วนประกอบเครื่องที่มีผลต่อประสิทธิภาพการตัดหนามผลสละ และคุณภาพของผลสละหลังการตัดหนาม ได้แก่ วัสดุที่ใช้ในการตัดหนามผลสละ ความเร็วรอบและมุมเอียงการทำงานของส่วนประกอบเครื่อง ทำการสร้างต้นแบบเครื่องตัดหนามผลสละขนาดเล็กระดับการทดลอง โดยออกแบบเครื่องตัดหนามผลสละขนาด 0.6 x 1.2 x 0.6 ม. (กว้างxยาวxสูง) โครงสร้างของเครื่องทำจากวัสดุเหล็ก และตะแกรงโยกทำจากวัสดุอลูมิเนียมขนาด 0.56 x 1.08 x 0.04 ม. (กว้าง x ยาว x สูง) มีหลักการทำงานเป็นรูปแบบตะแกรงโยกแบบมีมุมเอียง เพื่อให้ผลสละเกิดการขัดสีกับพื้นผิวตะแกรงซึ่งทำจากตะแกรงมุ้งลวด และการขัดสีระหว่างผลสละด้วยกันเอง ทำให้หนามของผลสละหลุดออก และลอดผ่านพื้นตะแกรงโยกสู่ด้านล่างของเครื่อง และเคลื่อนที่ไปข้างหน้า จนกระทั่งผลออกจากเครื่อง (Figure 1) และติดตั้งชุดแปรงตัดหนามสละทำจากวัสดุไนลอนทั้งหมด 2 ชุด เพื่อช่วยในการตัดหนามผลสละให้หมดในช่วงท้ายของการทำงาน (Figure 2)

3. การทดสอบหาสภาวะที่เหมาะสมในการทำงานของเครื่องต้นแบบระดับการทดลอง

ทำการทดสอบหาสภาวะที่เหมาะสมในการทำงานของเครื่อง โดยใช้สละพันธุ์สุมาลี ซึ่งเป็นพันธุ์ที่มีการส่งออกมากที่สุดมาเป็นตัวอย่างสำหรับทดสอบ ปัจจัยที่ศึกษาคือ ความเร็วรอบการทำงานของตะแกรงโยกตัดหนามสละ 4 ระดับ ได้แก่ 90, 100, 110 และ 120 รอบ/นาที และมุมเอียงของตะแกรงโยก 3 ระดับ ได้แก่ 12, 14 และ 16 องศา เปรียบเทียบกับวิธีใช้แรงงานตัดหนามผลสละ (Figure 3) รวมทั้งหมด 13 กรรมวิธี จำนวน 3 ซ้ำ/กรรมวิธี วางแผนการทดลองแบบ CRD (Completely Randomized Design) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยมีการเก็บข้อมูลเชิงปริมาณได้แก่ ความ

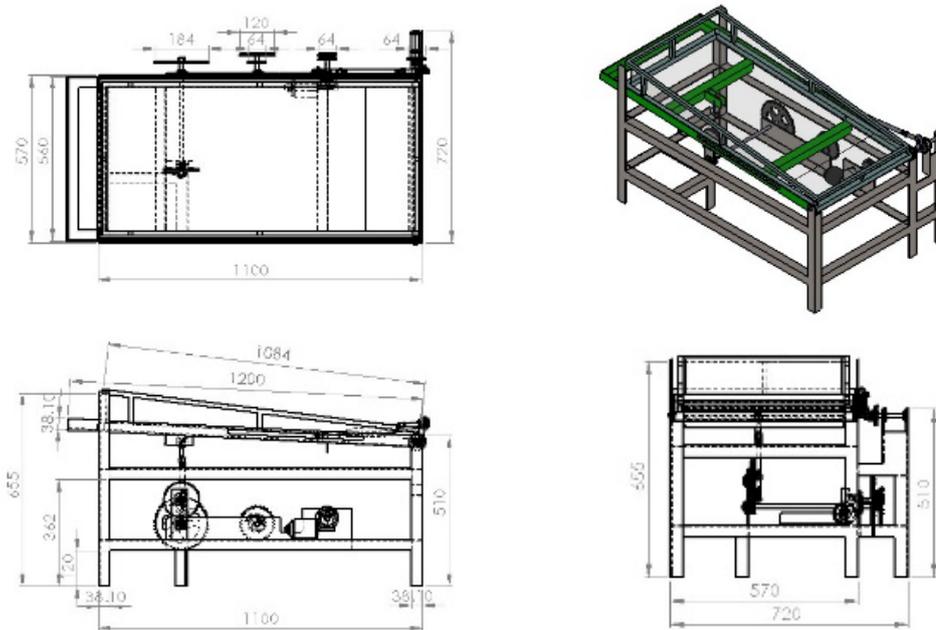


Figure 1 Drawing of the prototype removing machine



Figure 2 The experimental prototype of salacca thorns removing machine

สามารถในการขจัดหนามผลสละ (กก./ชม.) การใช้กำลังไฟฟ้า (กิโลวัตต์) และข้อมูลเชิงคุณภาพได้แก่ ประสิทธิภาพการขจัดหนาม (%) การซ้ำของผลสละตามระยะเวลาการเก็บรักษา (%) โดยทำการวัดคุณภาพของผลสละไร้หนามในวันที่ 1, 3 และ 6 หลังจากผ่านกระบวนการขจัดหนามแล้ว (วันที่ 3 คือ ระยะเวลาที่ผลสละถูกส่งถึงผู้บริโภค) โดยมีการคำนวณ ดังนี้

$$\text{ความสามารถในการขจัดหนามสละ (กก./ชม.)} = \frac{\text{น้ำหนักผลสละที่ขจัดหนามได้}}{\text{ระยะเวลาที่ใช้ในการขจัดหนาม}}$$

$$\text{ประสิทธิภาพการขจัดหนาม (\%)} = \frac{\text{จำนวนผลสละที่ขจัดหนามหมด/จำนวนผลสละทั้งหมด}}{\text{จำนวนผลสละทั้งหมด}} \times 100\%$$

$$\text{การซ้ำของผลสละ (\%)} = \frac{\text{(จำนวนผลสละที่มีเนื้อเกิดการซ้ำเป็นวงดำ)} \times 100\%}{\text{จำนวนผลสละทั้งหมด}}$$



Figure 3 (A) Thorns removing by conventional method (B) Testing brush rollers speed and tilt tray angle of experimental prototype of thorns removing machine

4. การสร้าง และทดสอบ เครื่องขจัดหนามผลสละระดับขยายขนาดเชิงพาณิชย์

ทำการสร้างเครื่องขจัดหนามผลสละระดับขยายขนาดเชิงพาณิชย์ เพื่อรองรับปริมาณผลผลิตในโรงคัดบรรจุของผู้ประกอบการ เครื่องขจัดหนามผลสละระดับขยายขนาดเชิงพาณิชย์มีขนาด 1.6 x 2 x 0.6 ม. (กว้าง x ยาว x สูง) โครงสร้างทำจากวัสดุเหล็ก และตะแกรงโยกทำจากวัสดุอลูมิเนียมมีขนาด 1 x 2 x 0.12 ม. (กว้าง x ยาว x สูง) และได้ทำการเพิ่มเติมอุปกรณ์บางส่วนที่ช่วยให้เครื่องต้นแบบมีประสิทธิภาพการทำงานดีขึ้น คือ ชุดดูดหนามสละเข้าสู่ถังเก็บหลังจากถูกขจัดออกจากผลสละแล้ว เพื่อให้พื้นที่ในการปฏิบัติงานมีความสะอาดเรียบร้อย และเพื่อการนำหนามสละไปทดลองวิจัยใช้ประโยชน์ด้านอื่นต่อไปในอนาคต โดยส่วนประกอบของเครื่องประกอบด้วย ชุดโครงเครื่อง ชุดขับเคลื่อนตะแกรง

โยกและชุดแปรงขจัดหนามผลสละ ซึ่งใช้ต้นกำลังร่วมกันคือ มอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 1 แรงม้า ชุดยกตะแกรงโยกซึ่งใช้ต้นกำลังมอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 0.5 แรงม้า และชุดดูดหนามเข้าสู่ถังเก็บหลังการขจัดหนามผลสละ ซึ่งใช้อุปกรณ์เครื่องดูดฝุ่น มอเตอร์ขนาด 600 วัตต์ ความเร็วรอบพัดลม 16,000 รอบ/นาที และปริมาณลม 3.8 ลบ.ม./นาที ที่มีจำหน่ายในภาคเอกชนมาประยุกต์ใช้ โดยทำการเจาะช่องที่พื้นของตะแกรงโยก เพื่อให้หนามสละที่ถูกขจัดออกไหลเข้าสู่ช่องทางดูดของอุปกรณ์เครื่องดูดฝุ่นและเข้าสู่ถังเก็บ นอกจากนั้นได้ออกแบบและติดตั้งตู้ควบคุมการทำงานส่วนต่าง ๆ ของเครื่องให้มีความเป็นขั้นตอนแบบอัตโนมัติ ด้วยอุปกรณ์ Programmable Logic Controller (PLC) และเขียนโปรแกรมสำหรับควบคุมลำดับและระยะเวลาการทำงานของชุดอุปกรณ์ต่าง ๆ ทั้งหมดของเครื่องขจัดหนามผลสละ จนกระทั่งได้เครื่องต้นแบบขจัดหนามผลสละระดับเชิงพาณิชย์ (Figure 4) ที่พร้อมทำการทดสอบเก็บข้อมูล

ทำการทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องโดยใช้สภาวะที่เหมาะสมจากผลการทดสอบเครื่องต้นแบบในข้อ 3 เปรียบเทียบกับวิธีใช้แรงงานในการขจัดหนามผลสละ เก็บข้อมูลเช่นเดียวกับการทดสอบเครื่องขจัดหนามผลสละต้นแบบระดับการทดลอง

5. การวิเคราะห์ด้านเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมของเครื่องขจัดหนามผลสละระดับขยายขนาดเชิงพาณิชย์

ทำการวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม เพื่อหาต้นทุนค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานด้วยวิธีใช้เครื่องเปรียบเทียบกับวิธีใช้แรงงานคน หาจุดคุ้มทุนและระยะเวลาในการคืนเงินลงทุนในการใช้เครื่องขจัดหนามผลสละระดับขยายขนาดเชิงพาณิชย์ การคำนวณต้นทุนดังสมการ

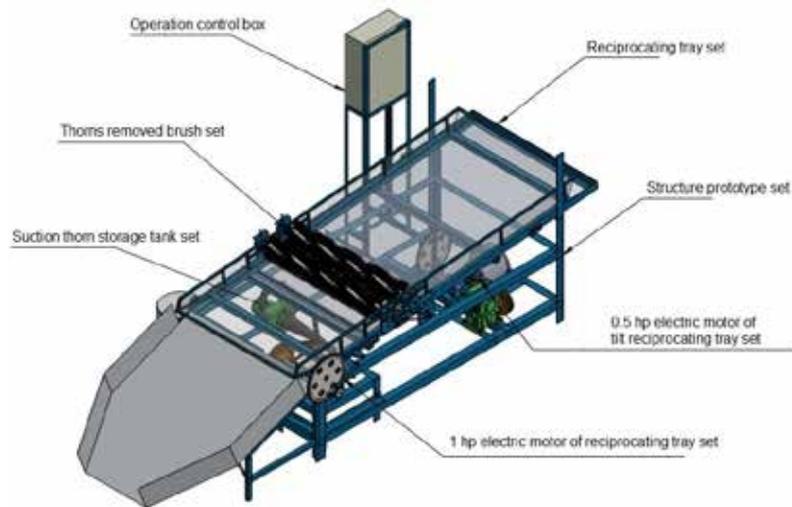


Figure 4 The drawing of salacca commercial thorns removing machine

- สมการที่ 1 ต้นทุนค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน (บาท/กก.)
 = ต้นทุนรวมทั้งหมดในการดำเนินงาน (บาท/ปี) / ปริมาณผลสละที่ขจัดหนามได้ (กก./ปี)
- สมการที่ 2 จุดคุ้มทุนในการใช้เครื่องขจัดหนามสละ (กก./ปี)
 = [ต้นทุนค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน (บาท/กก.) x ปริมาณผลสละที่ขจัดหนามได้ (กก./ปี)] /
 ราคาขายผลสละไร้หนาม (บาท/กก.)
- สมการที่ 3 ระยะเวลาคืนเงินลงทุน (ปี)
 = ราคาเครื่องขจัดหนามผลสละ (บาท) / ผลกำไรจากการดำเนินงาน (บาท/ปี)

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. ข้อมูลกระบวนการขจัดหนามผลสละในโรงคัดบรรจุสำหรับส่งออก

จากการสำรวจกระบวนการขจัดหนามผลสละสำหรับส่งออก ที่สหกรณ์การเกษตร อ.ท่าใหม่ จ.จันทบุรี พบว่า ผลผลิตสละที่ออกสู่ตลาดผู้บริโภคมีการจำหน่ายในรูปผลผลิตสดเป็นส่วนใหญ่ สำหรับการแปรรูปยังมีน้อย โดยการแปรรูปจะทำการแปรรูปยังมีส่วนผสมและแช่เย็น การจำหน่ายในรูปผลผลิตสดมีทั้งการจำหน่ายในรูปแบบช่อและแบบผลเดี่ยวสำหรับตลาดในประเทศ ขณะที่การส่งออกสู่ตลาดต่างประเทศจะเป็นรูปแบบผลเดี่ยว ซึ่งกระบวนการในโรงคัดบรรจุจะเริ่มตั้งแต่ การรับผลสละจากชาวสวนรูปแบบเป็นช่อผล และคัดคุณภาพ ไม่มีเชื้อราปนเปื้อน แล้วจะใช้กรรไกรตัดผลออกจาก

ช่อให้เป็นผลเดี่ยว โดยต้องระวังการเกิดรอยตำหนิหรือการฉีกของช่อผลสละ จากนั้นจะทำการขจัดหนามออกจากผลด้วยแรงงาน สละที่ไร้หนามจะถูกส่งไปบรรจุลงในบรรจุภัณฑ์ ซึ่งส่วนใหญ่เป็นกล่องพลาสติกใสที่สามารถบรรจุได้ 250-500 ก. (Figure 5) ขึ้นอยู่กับความต้องการของลูกค้า และนำเข้าห้องเย็นอุณหภูมิ 10°C เพื่อเตรียมส่งให้ถึงลูกค้าภายใน 2-3 วัน

นอกจากนี้ สหกรณ์การเกษตร อ.ท่าใหม่ ได้มีการนำเครื่องขจัดหนามสละที่ผลิตโดยภาคเอกชนมาทดลองใช้ ลักษณะเป็นถังทรงกระบอกเหล็กมีขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 1 แรงม้า 220 โวลต์ มีหลักการทำงานคล้ายกับถังผสมปูนก่อสร้าง แต่พบว่ายังไม่สามารถใช้งานได้ เนื่องจากผลสละเกิดการเสียหายมากจากแรงกระแทก ทำให้เนื้อสละเกิดเป็นวงชำรุดไม่สามารถส่งออกได้



Figure 5 Salacca fruits in brunch (A) simple thorns removed salacca (B) and salacca in plastic package for sale (C) Private thorns removing machine (D)

2. สภาวะที่เหมาะสมของเครื่องขจัดหนามผลสละระดับการทดลอง

ผลการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการทำงานของเครื่องขจัดหนามผลสละ พบว่า ความเร็วรอบของตะแกรงโยกขจัดหนามผลสละที่เหมาะสมคือ 110 รอบ/นาที และมุมเอียง 14 องศา โดยเครื่องขจัดหนามผลสละมีความสามารถในการทำงานได้มากที่สุด 99.45 กก./ชม. จำนวนผลสละที่ขจัดหนามหมด 86.67% โดยไม่มีการชำรุดของผลสละ ที่ระยะเวลาการเก็บรักษาในวันที่ 1 และวันที่ 3 ซึ่งวันที่การขนส่งผลสละไร้หนามถึงผู้บริโภค ผลสละยังคงมีคุณภาพดี ไม่มีผลชำรุด และเมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 6 วัน พบว่า มีจำนวนผลสละชำรุด 16.67% ไม่แตกต่างจากการขจัดหนามสละด้วยแรงงาน ซึ่งมีจำนวนผลสละชำรุด 13.33% เครื่องต้นแบบระดับการทดลอง มีการใช้กำลังไฟฟ้า 0.6 กิโลวัตต์ (Table 1) ความเร็วรอบ และมุมเอียงของตะแกรงโยก จะมีผลต่อการขจัดหนามสละ การเคลื่อนที่ของผลสละ และความชื้นที่อาจเกิดขึ้นหากเกิดการกระแทกที่มากเกินไป ซึ่งสภาวะที่เหมาะสมนี้

จะนำไปใช้ขยายผลสำหรับการสร้างเครื่องระดับเชิงพาณิชย์

3. ประสิทธิภาพของเครื่องขจัดหนามผลสละระดับขยายขนาดเชิงพาณิชย์

เครื่องขจัดหนามสละระดับเชิงพาณิชย์ที่พัฒนาขึ้นดังแสดงใน Figure 6 ผลการทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องขจัดหนามที่สภาวะการทำงานที่เหมาะสมที่สุด ซึ่งได้จากการทดลองของเครื่องขจัดหนามผลสละระดับการทดลองคือ ที่ความเร็วรอบตะแกรงโยก 110 รอบ/นาที มุมเอียง 14 องศา พบว่า เครื่องต้นแบบเชิงพาณิชย์นี้มีความสามารถในการทำงาน 900 กก./ชม. จำนวนผลสละที่ขจัดหนามหมดสูงถึง 90% (Table 2) โดยไม่มีการชำรุดของผลสละที่ระยะเวลาการเก็บรักษาในวันที่ 1 และวันที่ 3 (Figure 7) และเมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 6 วัน มีจำนวนผลสละที่ชำรุด 13.33% ไม่แตกต่างจากการขจัดหนามสละด้วยแรงงาน เครื่องต้นแบบใช้กำลังไฟฟ้ารวม 1.47 กิโลวัตต์

Table 1 Comparison the working capacity of conventional method and thorn removing prototype machine at different brush rollers speed and tilt tray angle for salacca thorns removing and their quality after storage

Thorns removing Prototype	Working capacity (kg/hr)	Thorns removed (%)	Bruising of salacca at day after storage (%)			Power consumption (kw)
			Day 1	Day 3	Day 6	
90 rpm 12 degree	60.54d	56.67e	0.00	3.33	23.33cd	0.60
90 rpm 14 degree	62.50d	56.67e	0.00	3.33	26.67de	0.60
90 rpm 16 degree	87.38c	56.67e	0.00	10.00	30.00ef	0.60
90 rpm 12 degree	63.16d	76.67c	0.00	3.33	23.33cd	0.60
90 rpm 14 degree	70.59d	56.67e	0.00	6.67	26.67de	0.60
100 rpm 16 degree	97.30bc	66.67d	0.00	6.67	26.67de	0.60
110 rpm 12 degree	89.55c	66.67d	0.00	0.00	20.00bc	0.60
110 rpm 14 degree	99.45bc	86.67b	0.00	0.00	16.67ab	0.60
110 rpm 16 degree	105.88b	76.67c	0.00	0.00	23.33cd	0.60
120 rpm 12 degree	92.31c	76.67c	0.00	13.33	33.33f	0.60
120 rpm 14 degree	105.26b	66.67d	0.00	20.00	40.00g	0.60
120 rpm 16 degree	120.00a	73.33c	0.00	26.67	50.00h	0.60
Labor (conventional method)	5.00e	100a	0.00	0.00	13.33a	0.00

Means in the same column, follow by a common letter are not significantly different at the 5% level by DMRT

4. การวิเคราะห์ด้านเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม

ผลการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม เพื่อหาดต้นทุนค่าใช้จ่าย จุดคุ้มทุน และระยะเวลาคืนทุนของการใช้เครื่องขจัดหนามผลสละระดับเชิงพาณิชย์ และเปรียบเทียบต้นทุนค่าใช้จ่ายกับวิธีการใช้แรงงานในการขจัดหนามผลสละพบว่า การใช้เครื่องขจัดหนามผลสละระดับเชิง

พาณิชย์มีต้นทุนค่าใช้จ่าย 82.92 บาท/กก. มีจุดคุ้มทุนเมื่อทำการขจัดหนามผลสละปริมาณ 13,433 กก./ปี และมีระยะเวลาคืนเงินลงทุนเครื่องจักรประมาณ 1 ปี ในขณะที่วิธีการเดิมคือ การใช้แรงงานคนในการขจัดหนามผลสละ ที่ปริมาณการขจัดหนามผลสละต่อวันเท่ากัน จะมีต้นทุนค่าใช้จ่าย 90.61 บาท/กก. (Table 3)

Table 2 The efficacy of commercial prototype method compare to conventional method for working capacity, percentage thorns removed salacca and quality of fruit after storage

Thorns removing method	Working capacity (kg/hr)	Thorns removed (%)	Bruising of salacca at days after storage (%)			Power consumption (kw)
			Day 1	Day 3	Day 6	
			Labor (conventional method)	5.00	100.00	
Prototype 110 rpm 14 degree	900.00	90.00	0.00	0.00	13.33	1.47

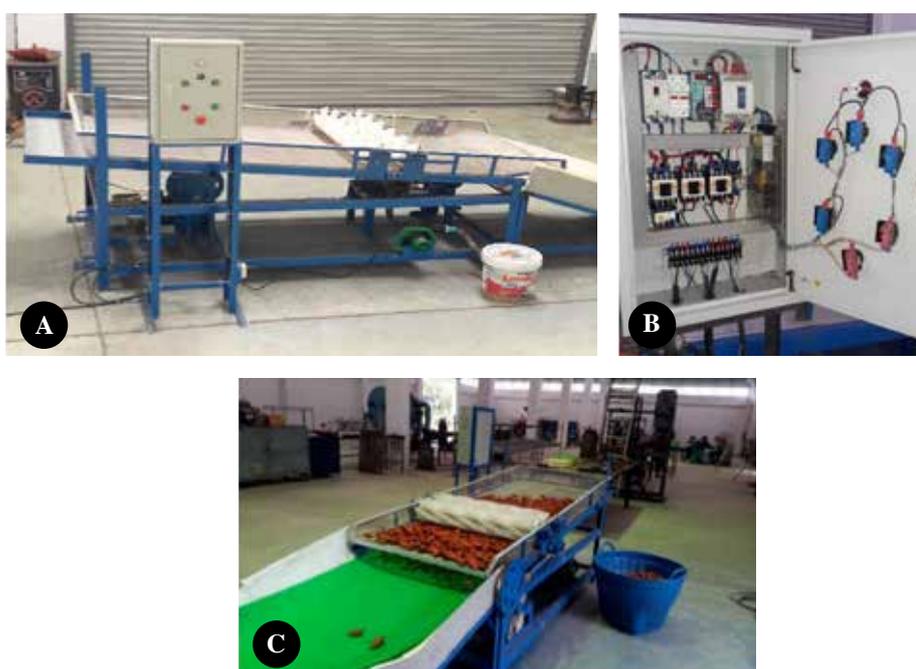


Figure 6 The commercial prototype of salacca thorns removing machine (A) the automatic control box set (B) testing for thorns removed salacca by thorns removing machine (C)



Figure 7 The quality of thorn removed salacca fruits at (A) 1 day and (B) 3 days after storage

Table 3 The engineering economics analysis of conventional method and commercial prototype method

Thorns removing method	Cost (baht/kg)	Break-even point (kg/year)	Payback period (year)
Labor	90.61	-	-
Prototype	82.92	13,433	1

สรุปผลการทดลอง

เครื่องตัดหนามผลสละต้นแบบเชิงพาณิชย์ที่พัฒนาขึ้นนี้มีขนาด 1.6 x 2 x 0.6 เมตร (กว้าง x ยาว x สูง) ประกอบด้วยชุดโครงเครื่องทำจากวัสดุเหล็ก ชุดตะแกรงโยกตัดหนามผลสละทำจากวัสดุตะแกรงมุ้งลวด ชุดแปรงขัดประกอบด้วยแปรงขัด 2 แปรง โดยขนแปรงทำจากวัสดุไนลอน ทำหน้าที่ตัดหนามสละให้หมดสมบูรณ์ในช่วงท้ายของการทำงาน โดยชุดตะแกรงโยกและชุดแปรงขัดใช้ต้นกำลังร่วมกันได้แก่ มอเตอร์ไฟฟ้า ขนาด 1 แรงม้า 220 โวลต์ ชุดยกตะแกรงโยกใช้ต้นกำลังมอเตอร์ไฟฟ้า ขนาด 0.5 แรงม้า 220 โวลต์ และเมื่อยกตะแกรงโยกขึ้นถึงจุดสูงสุด ชุดตัดหนามสละใต้ตะแกรงโยกจะทำงานเพื่อตัดหนามสละเข้าสู่ถังเก็บ โดยการทำงานทุกส่วนประกอบของเครื่องต้นแบบถูกควบคุมการทำงานเป็นขั้นตอนแบบอัตโนมัติ โดย Programmable Logic Controller (PLC) ซึ่งติดตั้งอยู่ในตู้ควบคุมการทำงานของเครื่อง เครื่องตัดหนามผลสละมีความสามารถในการทำงาน 900 กก./ชม. ใช้กำลังไฟฟ้ารวม 1.47 กิโลวัตต์ สภาวะในการทำงานที่เหมาะสมคือ ความเร็วรอบตะแกรงโยก 110 รอบ/นาที มุมเอียง 14 องศา สามารถตัดหนามผลสละได้หมด และผลสละสามารถเก็บรักษาได้เกิน 3 วัน ที่อุณหภูมิห้อง โดยไม่เกิดความชื้น และมีต้นทุนค่าใช้จ่าย 82.92 บาท/กก. ขณะที่การตัดหนามผลสละด้วยแรงงานคนมีความสามารถในการตัดหนามที่ 5 กก./ชม./คน มีต้นทุนค่าใช้จ่ายสูงกว่าคือ 90.61 บาท/กก. เมื่อทำการตัดหนามผลสละในปริมาณที่เท่ากัน

คำขอบคุณ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ทุกท่านของศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมจันทบุรี สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร ที่มีส่วนช่วยในการพัฒนางานวิจัยนี้ให้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี และขอขอบคุณคณะเจ้าหน้าที่สหกรณ์การเกษตรทำใหม่ จ.จันทบุรี สำหรับการอำนวยความสะดวกในเรื่องของสถานที่ทดสอบและข้อเสนอแนะต่าง ๆ ตลอดจนความสนใจในการนำไปใช้งานจริงต่อไป

เอกสารอ้างอิง

- กรมส่งเสริมการเกษตร. 2560. สละ. แหล่งข้อมูล: <http://www.agriinfo.doae.go.th/year60/plant/rortor/fruit2/zalacca.pdf>. สืบค้นเมื่อ: 5 กันยายน 2561.
- วิทยาลัยเทคนิคปัตตานี. 2554. เครื่องตัดหนามสละ. สิ่งประดิษฐ์ของคนรุ่นใหม่ระดับชาติ และการแข่งขันหุ่นยนต์ยุวชนอาชีวศึกษา สำนักงานคณะกรรมการอาชีวศึกษา. แหล่งข้อมูล: URL <http://www.youtube.com/watch?v=WZ1PCrdkzGI>. สืบค้นเมื่อ: 17 มีนาคม 2557.
- ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว. 2562. ฐานข้อมูลงานวิจัยหมวดผลไม้ผล. แหล่งข้อมูล: http://www.phtnet.org/research/view-abstract.asp?research_id=ah107. สืบค้นเมื่อ: 2 ตุลาคม 2562

เสกสรร สีสวงษ์. 2548. การออกแบบและทดสอบเครื่องทำความสะอาดผลสละ. วิทยานิพนธ์ปริญญา วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (เทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 92 หน้า.

สำนักข่าวนิวส์พลัส. 2563. เครื่องกำจัดหนามสละ ลุยสร้างตลาดส่งออก พร้อมหนุนอุตสาหกรรมแปรรูป. แหล่งข้อมูล: <http://stock.newsplus.co.th/185012>. สืบค้นเมื่อ: 18 สิงหาคม 2563.

สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ 2556. มาตรฐานสินค้าเกษตร มกษ. 22-2556 สละ. สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ 11 หน้า.