

**เครื่องมือแบบลูกกลิ้งใช้ต้นกำลังจากมอเตอร์สำหรับบีบตัว
Rollers Compression Equipment Using Motor Power
for Pressing Sugar Palm**

เกรียงศักดิ์ นักผูก^{1/}

สถิตย์พงศ์ รัตนคำ^{1/}

วิลาสลักษณ์ ว่องไว^{2/}

วีระ ศรีกระจ่าง^{1/}

สมเดช ไทยแท้^{1/}

Kiangsak Nukpook^{1/}

Satitpong Rattanakam^{1/}

Wilasluk Wongwai^{2/}

Veera Sricrajang^{1/}

Somdech Thaitae^{1/}

ABSTRACT

A roller compressor for sugar palm (*Arenga westerhoutii* Griff) was invented to increase the efficiency of postharvest processing. The compressor consists of 6 main parts viz. lower structure, upper structure, feeder, roller, motor transmission 746 W, and tank for separating kernel and husk. The experiment was designed to suit to shell diameter and spherical shape of sugar palm fruit. The compressor was tested with cut and non-cut persistent calyx cooked fruits. It was found that the cut persistent calyx cooked sugar palm fruit released 420.7 kg of edible part (endosperm) or 20.6% of total fruit weight. The efficiency of compression was 442.3 kg/hr. While the non-cut fruit released 435.3 kg of edible part of 2,083.6 kg or 20.9% of total weight. The efficiency of compression was 485.7 kg/hr. Results indicate that the current compressor could increase postharvest processing of sugar palm and be suitable for non-cut than the cut fruit.

Key-words: sugar palm, equipment for sugar palm, equipment compression

^{1/} ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมเชียงใหม่ สถาบันเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร 235 หมู่ 3 ต.แม่เหียะ อ.เมือง จ.เชียงใหม่

^{1/} Agricultural Engineer Research Center Chiang Mai, Agricultural Engineer Research Institute, Department of Agriculture

^{2/} สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตร เขตที่ 1 กรมวิชาการเกษตร 223 หมู่ 3 ต.แม่เหียะ อ.เมือง จ.เชียงใหม่

^{2/} Office of Agricultural Development Region 1 Chiang Mai, Department of Agriculture

บทคัดย่อ

การศึกษานี้ได้สำรวจลักษณะทางกายภาพของผลตำว เพื่อหาวิธีการออกแบบและสร้างเครื่องมือแบบลูกกลิ้งบีบตำว พบว่า ขนาดผลตำว มีเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย 33.6 ± 1.4 มม. ค่าเทียบความกลมของผลตำว 88.82 ± 1.9 % จึงได้สร้างเครื่องมือแบบลูกกลิ้งบีบตำวซึ่งมีส่วนประกอบสำคัญ 6 ส่วน คือ โครงสร้างส่วนล่าง โครงสร้างส่วนบนถาดป้อน ชุดลูกกลิ้ง ระบบส่งกำลังพร้อมต้นกำลังใช้มอเตอร์ไฟฟ้า 746 วัตต์ และอ่างแยกเนื้อในและเปลือก การทดสอบเครื่องมือแบบลูกกลิ้งบีบตำวใช้ความเร็วรอบของลูกกลิ้งในการทดสอบ 202 รอบ/นาที โดยใช้ผลตำวที่ต้มแล้ว ทำการทดสอบ 2 วิธี คือ การทดสอบบีบเอาเนื้อในตำวโดยตัดขั้วผล และการทดสอบบีบเอาเนื้อในตำวโดยไม่ตัดขั้วผล พบว่าการทดสอบบีบเอาเนื้อในตำวโดยตัดขั้วผล ผลตำวน้ำหนักเฉลี่ย 2,048.6 ก. ใช้เวลาในการบีบเฉลี่ย 17 วินาที ได้ปริมาณเนื้อในเฉลี่ย 420.7 ก. (20.6%) ความสามารถในการบีบ 442.3 กก./ชม. ผลตำวที่บีบเนื้อในออกหมด 83% และการทดสอบบีบเอาเนื้อในตำวโดยไม่ตัดขั้วผล ผลตำวน้ำหนักเฉลี่ย 2,083.6 กรัม ใช้เวลาในการบีบเฉลี่ย 15.9 วินาที ได้ปริมาณเนื้อในเฉลี่ย 435.3 ก. (20.9%) ความสามารถในการบีบ 485.7 กก./ชม. ผลตำวที่บีบเนื้อในออกหมด 90% จากผลการทดสอบแสดงว่าการบีบเอาเนื้อในตำวโดยไม่ตัดขั้วเป็นวิธีการที่ดีกว่าการบีบเอาเนื้อในตำวโดยการตัดขั้ว

คำสำคัญ: ตำว ลูกชิต เครื่องมือแบบลูกกลิ้งบีบตำว

คำนำ

ตำว หรือลูกชิต (Sugar Palm) มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Arenga westerhoutii* Griff อยู่ในวงศ์ Palmae จัดอยู่ในกลุ่มเดียวกับมะพร้าว ต้นตาล หรือปาล์มต่าง ๆ ตำวเป็นพืชดึกดำบรรพ์ตระกูลปาล์ม ต้นตำวมีถิ่นกำเนิดดั้งเดิมอยู่ในแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ในประเทศอินเดียนั้นประเทศไทยพบต้นตำวมากที่สุดบริเวณพื้นที่ดินร่วนตามเชิงเขาที่อากาศชุ่มชื้นในเขตภาคเหนือ โดยเฉพาะพื้นที่จังหวัดน่าน ตำวเป็นพืชท้องถิ่นที่มีความสำคัญในระบบนิเวศและสำคัญต่อเศรษฐกิจชุมชนบริเวณลุ่มน้ำน่านตอนบน เป็นพืชที่มีความชุ่มชื้นและมีความอุดมสมบูรณ์ของระบบนิเวศ ซึ่งในอดีตในพื้นที่ดังกล่าวมีชาวไร่อาศัยอยู่ ยังชีพด้วยการเข้าไปหาของป่าหนึ่งในการดำรงชีพ คือ การเข้าไปเก็บลูกตำวมาจำหน่าย ผู้บริโภครู้จักตำวในนามลูกชิต (อภิวัฒน์, 2556) ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2541 ได้มีการพัฒนาพืชป่าให้เป็นพืชปลูก โดยโครงการพัฒนาเพื่อความมั่นคงพื้นที่ลุ่มน้ำน่าน พื้นที่ ที่ 9 (สบมาง – นานง) อันเนื่องมาจากพระราชดำริ อ.บ่อเกลือ จ.น่าน โดยกรมอุทยานแห่งชาติสัตว์ป่าและพันธุ์พืช ทำการเพาะพันธุ์ตำว และส่งเสริมให้ชาวบ้านปลูกเพื่อให้เกิดการฟื้นฟูป่า โดยนำไปปลูกในพื้นที่ทำกินของตนเองเพื่อเพิ่มรายได้ ปัจจุบันมีการปลูกตำวในพื้นที่ขยายผลโครงการ

ศูนย์ภูฟ้าพัฒนา อันเนื่องมาจากพระราชดำริ สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี ตั้งอยู่ที่ ต.ภูฟ้า อ.บ่อเกลือ จ.น่าน และหมู่บ้านใกล้เคียงเป็นจำนวนมาก โดยพันธุ์ข้าวที่ส่งเสริมให้นำไปปลูกในพื้นที่ทำกินของชาวบ้าน กำลังทยอยให้ผลผลิต และจะมีมากขึ้นในอนาคต ข้อมูลจากชาวบ้านที่ปลูกและเข้าป่าเก็บข้าว

ในการเก็บเกี่ยวข้าวต้องตรวจเช็คความแก่ของข้าวก่อน จากนั้นจึงตัดทะลายลงจากต้น ผลิตข้าวออกจากทะลาย นำมาต้มประมาณ 1 ชม. ผึ่งให้เย็นและตัดข้าวตรงสุดปึกข้าวผล ความสามารถในการตัดข้าวประมาณ 25 กก./ชม. และเครื่องมือบีบเอาเนื้อในข้าวที่ชาวบ้านทำเอง แบบง่ายๆ เป็นเครื่องมือทำจากไม้ลักษณะเป็น คานบีบกดให้เนื้อในไหลออกมาจากผลข้าว ความสามารถการบีบข้าวประมาณ 20 กก./ชม. จากนั้น นำเอาเนื้อข้าวไปแช่น้ำ 1-2 คืน จะได้ปริมาณ เพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่า ข้าวต้มปริมาณ 6 ปีบ (1 ปีบ = 20 กก.) ได้เนื้อข้าวน้ำหนัก 18-21 กก. (วิลาส ลักษณะและนิพนธ์ 2556) ราคาจำหน่ายต้นทาง ปีบละ 500-900 บาท การบีบข้าวโดยใช้มือจับ ผลข้าวที่ละผลทำได้ยากและอาจเกิดการคัน จากยางผลข้าวติดด้วย ซึ่งการจะพัฒนาให้ข้าว เป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญในท้องถิ่น จำเป็นต้องมีการพัฒนาเครื่องมือที่ใช้บีบข้าวให้สามารถใช้งานได้ดีกว่าเครื่องมือที่มีใช้อยู่ สามารถลดขั้นตอนการตัดข้าว และการบีบเอาเนื้อในข้าว ออกมา ดังนั้นจึงได้ดำเนินการศึกษาทดสอบ และพัฒนาเครื่องมือบีบเอาเนื้อในข้าวที่มี

ประสิทธิภาพ เพื่อรองรับผลผลิตข้าวที่เป็นพืชเศรษฐกิจในท้องถิ่นที่สำคัญของจ.น่าน

อุปกรณ์และวิธีการ

1. สำรองและเก็บข้อมูล

สำรวจและเก็บข้อมูลผลผลิตข้าวที่ศูนย์วิจัย และพัฒนาการเกษตรน่าน ต.พาสังห์ อ.เมือง จ.น่าน และที่ทำกินของเกษตรกรในพื้นที่ขยายผลโครงการศูนย์ภูฟ้าพัฒนา (บ้านสบมาง) โดยเก็บข้อมูลลักษณะทางกายภาพ ได้แก่

1.1 ค่าความกลม คืออัตราส่วนระหว่าง เส้นผ่านศูนย์กลางของทรงกลมที่มีปริมาตร เท่ากับวัตถุต่อเส้นผ่านศูนย์กลางของวงกลมที่ เล็กที่สุดที่ล้อมวัตถุเอาไว้ได้ (จาตุพงค์, 2547) สมการที่ (1)

$$\text{ความกลม} = \frac{d_e}{d_c} \times 100 \quad (1)$$

d_e เส้นผ่านศูนย์กลางทรงกลมที่ปริมาตร เท่ากับวัตถุ (มม.)

d_c เส้นผ่านศูนย์กลางที่ยาวที่สุดของ วัตถุ (มม.)

1.2 เส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยหาได้จาก ค่าเฉลี่ยเส้นผ่านศูนย์กลางสามเส้นตั้งฉากกัน คือ เส้นข้าวผลไปท้ายผล และในระนาบที่ตั้งฉากกับ เส้นข้าวผลกับท้ายผลตรงจุดกึ่งกลางผลเป็นอีก สองเส้นที่ตั้งฉากกัน

1.3 ศึกษาวิธีการบีบเอาเนื้อในข้าวที่ เป็นการปฏิบัติของเกษตรกรในปัจจุบันโดยการ สัมภาษณ์สอบถามจากกลุ่มเกษตรกร

2. ออกแบบเครื่องมือแบบลูกกลิ้งบีบตัว

นำข้อมูลจากข้อ 1 มาวิเคราะห์เพื่อใช้ในการออกแบบและสร้างเครื่องมือ การออกแบบสร้างเครื่องมือแบบลูกกลิ้งบีบตัวใช้ต้นกำลังเป็นมอเตอร์ขนาด 0.746 กิโลวัตต์ การส่งกำลังใช้สายพานลิ่ม เพลาส่งกำลัง และโซโรลเลอร์ ในการคำนวณออกแบบต้องใช้สมการต่าง ๆ ที่แสดงไว้ข้างล่างนี้ (วริทธิ์และชาญ, 2556)

กำลังที่เกิดจากโมเมนต์บิดก็คือ

$$P = \omega T \quad (2)$$

เมื่อให้ $\omega = \frac{2\pi n}{60}$ เป็นความเร็วเชิงมุมมีหน่วยเป็น เรเดียน/วินาที

$$P = \frac{2\pi n T}{60} \quad (3)$$

การคำนวณหาจำนวนเส้นสายพานลิ่มที่ใช้

$$Z = \frac{W_p \times N_s}{P_R \times N_a \times N_l} \quad (4)$$

Z จำนวนเส้นของสายพานลิ่มที่ใช้ส่งกำลัง (เส้น)

P_R กำลังที่สายพานหนึ่งเส้นส่งได้ (กิโลวัตต์)

n ความเร็วรอบ (รอบ/นาที)

W_p กำลังที่ต้องการส่ง

N_s ตัวประกอบการใช้งาน

N_a ตัวประกอบแก้ไขส่วนโค้ง

N_l ตัวประกอบแก้ไขความยาว

การคำนวณหาขนาดโซ่

$$F = \frac{F_b}{N_b} \quad (5)$$

$$P = W_p \times N_s \quad (6)$$

P กำลังที่ใช้ในการเลือกโซ่ (กิโลวัตต์)

W_p กำลังมอเตอร์ที่เป็นต้นกำลัง (กิโลวัตต์)

F แรงดึงในโซ่ (นิวตัน)

F_b แรงแตกหักน้อยสุดของโซ่ (นิวตัน)

N_s ตัวประกอบการใช้งาน

N_b ค่าความปลอดภัยควรมีค่าระหว่าง 7-15

ทฤษฎีที่กล่าวมานี้จะนำมาใช้ในการวิเคราะห์การออกแบบความสัมพันธ์ระหว่างโมเมนต์บิด การส่งกำลังและใช้ในการหาค่าภาระของมอเตอร์

3. สร้างเครื่องมือแบบลูกกลิ้งบีบตัว

สร้างเครื่องมือแบบลูกกลิ้งบีบตัว ที่ทำการออกแบบในข้อ 2 ทำการทดสอบเบื้องต้น และแก้ไขข้อบกพร่อง

4. ทดสอบประสิทธิภาพเครื่องมือแบบลูกกลิ้งบีบตัว

ทำการทดสอบ 2 วิธี วิธีละ 7 ซ้ำ ดังนี้

1. ทดสอบบีบเอาเนื้อในตำโดยตัดข้าวตำแห่งตรงสุดปลายกลีบของข้าวผลเหมือนกับการบีบด้วยแรงคน

2. ทดสอบบีบเอาเนื้อในตำโดยไม่ตัดข้าวทดสอบโดยใช้ลูกตำที่ตีมาแล้ว ตัวอย่างละ 100 ลูก ลูกตำที่ใช้ทดสอบโดยเฉลี่ย กิโลกรัมละ 48 ลูก เส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย 33.6 มม. ใช้ความเร็วรอบของลูกกลิ้งในการทดสอบ 202

รอบ/นาที หาค่าสัดส่วนเนื้อในต่อผลและความสามารถในการบีบ สมการที่ (2) และ (3)

$$\text{สัดส่วนเนื้อในต่อผล} = \frac{W_i}{W} \times 100 \quad (2)$$

$$\text{ความสามารถในการบีบ} = \frac{W_a}{t} \quad (3)$$

t เวลาที่ใช้บีบผลตำ (ชั่วโมง)

w_i น้ำหนักเนื้อในตำ (กิโลกรัม)

w_a น้ำหนักทั้งหมดของผลตำที่บีบได้ (กิโลกรัม)

W น้ำหนักทั้งหมดตำที่บีบได้ (กิโลกรัม)

5. ทดสอบหาปริมาณและน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นของเนื้อในตำ

ปริมาณและน้ำหนักของเนื้อในตำที่เพิ่มขึ้นเกิดจากการแช่ในน้ำเปล่า ทำการวัดขนาดและชั่งน้ำหนักเนื้อในตำก่อนนำไปแช่ในน้ำ หลังแช่น้ำไว้ 1 วัน และ 2 วัน โดยใช้เนื้อในตำตัวอย่างละ 1 เมล็ด จำนวน 15 ตัวอย่าง

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. การสำรวจและเก็บข้อมูล

1.1 การสำรวจเก็บข้อมูลต้นตำในศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรน่าน ต.พาลิ่ง อ.เมือง จ.น่าน มีการปลูกครั้งแรกตั้งแต่ปี พ.ศ. 2521-2523 ตำรุ่นแรกสามารถติดดอกออกผลและนำเมล็ดมาเพาะปลูกเป็นรุ่นที่ 2 ประมาณ 200 ต้น ปัจจุบันให้ผลผลิตแล้ว

1.2 ลักษณะทางกายภาพของผลตำมองในด้านซั้วและท้ายผลมีลักษณะใกล้เคียงกับ

สามเหลี่ยมด้านเท่า ตรงปลายแหลมทั้งสามโค้งมน เมื่อมองด้านข้างรูปคล้ายทรงกระบอกสามเหลี่ยมที่ปลายโค้งมน คล้ายกับรูปทรงไข่ปลายตัดทั้งด้านซั้วและด้านท้ายผล ในการสุ่มวัดขนาดผลตำที่ใช้ทดสอบเครื่องมือบีบเอาเนื้อในตำต้นแบบลูกกลิ้ง พบว่า ผลตำมีเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย 33.6 ± 1.4 มม. เส้นผ่านศูนย์กลางโตสุดเฉลี่ย 37.81 ± 1.4 มม. น้ำหนักเฉลี่ยกิโลกรัมละ 48 ผล ค่าเทียบความกลมของผลตำ $88.8 \pm 1.9\%$ คำนวณจากการวัดโดยปริมาตร ค่าเทียบความกลมของผลตำ 87.93% คำนวณจากการวัดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย ในการออกแบบเครื่องมือบีบเอาเนื้อในตำได้สมมุติให้ผลตำเป็นรูปทรงไข่ปลายตัด ในการบีบเอาเนื้อนั้นต้องบีบที่ด้านซั้ว เนื้อในจะเคลื่อนออกมาที่ด้านซั้วหรือท้ายผลในกรณีที่ไม่ได้ตัดปลายที่ด้านซั้ว หากตัดปลายซั้วให้ตัดตรงตำแหน่งสุดปลายกลีบของซั้วเป็นจุดที่ลึกที่สุดที่การตัดจะไม่ตัดเอาเนื้อในออกมาด้วย เมื่อทำการบีบเอาเนื้อในจะเคลื่อนออกมาที่ด้านซั้วผลที่ตัดไว้

1.3 วิธีการบีบเนื้อในตำของเกษตรกรในปัจจุบัน ในการบีบเอาเนื้อในตำนั้นมีขั้นตอนการเตรียมการคือ

1.3.1 คัดเลือกผลตำแก่พอเหมาะสำหรับบีบเอาเนื้อใน โดยสุ่มเก็บผลตำจากทะลายบนต้นตำลงมา ตัดดูเนื้อในมีสีขาวชุ่น ใช้ไม้จิ้มฟันเสียบดูเนื้อในแน่นไม่แข็งจนเสียบไม่เข้า การตรวจเช็คนี้ต้องใช้ผู้มีความชำนาญในการเก็บตำเป็นอย่างดีในการคัดเลือกก่อนตัดทะลายตำลงมาจากต้น (Figure 1 a,b)

1.3.2 นำทะลายตำรวมกันยังจุดที่จะทำการตำตำ จากนั้นตัดแขนงของทะลายออกจากทะลายตำ และปลิดผลตำออกจากแขนงกองรวมกันไว้ ก่อนทำการตำ

1.3.3 การตำสามารถตำทั้งแขนงหรือทั้งทะลายเลยก็ได้ เมื่อตำได้ที่พอที่จะบีบเอาเนื้อในได้ ผลตำจะหลุดจากแขนงหรือทะลายเอง แต่การตำแบบนี้ ลื่นเป็ลืองเชื้อเพลิงและเนื้อที่ในการตำ จึงไม่ค่อยนิยมทำกัน ที่นิยมทำกันเป็นส่วนมากคือการปลิดผลตำออกจากทะลายตำเป็นผลๆ ให้น้ำเดือดประมาณ 15-20 นาที ก็สามารถบีบเอาเนื้อในผลตำได้ แต่การตำด้วยระยะเวลาสั้น หากส่วนที่เป็นเยื่อหุ้มผลลีเหลืองสัมผัสกับผิวหนัง อาจเกิดอาการคันที่

ผิวหนังได้ ดังนั้นในการตำควรใช้เวลาตำให้น้ำเดือดประมาณ 50-60 นาที จึงทิ้งไว้ให้ลูกตำเย็นลง (Figure 1c)

1.3.4 ผลตำขนาดใหญ่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 45.50 มม. ยาว 53.16 มม. ตัดข้าวผลที่ระยะ 10-13 มม. วัดจากข้าวผล และผลขนาดเล็กมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 30.46 มม. ยาว 36.74 มม. ตัดข้าวผลที่ระยะ 8-10 มม. แรงงาน 1 คนสามารถตัดข้าวผลได้ 25 กก./ชม. (Figure 1d)

1.3.5 ทำการบีบเอาเนื้อใน โดยใช้เครื่องมือบีบเอาเนื้อในตำที่ชาวบ้านทำเอง จากไม้มีลักษณะเป็นคานบีบกดให้เนื้อในไหลออกมาจากผลตำความสามารถการบีบตำประมาณ 20 กก./ชม. (Figure 1e)



Figure 1 (a) Sugar Palmon tree (b) Sugar palm is suitable for cut bunch (c) Sugar palm is boiled (d) Sugar palm is cut persipent calyx (e) Sugar palm is traditional compression

2. การออกแบบเครื่องมือแบบลูกกลิ้งบีบตัว

2.1 เครื่องมือแบบลูกกลิ้งบีบตัว ได้ออกแบบให้มีลูกกลิ้งทรงกระบอก หมุนเข้าหากัน ลักษณะการหมุนของลูกกลิ้ง ลูกหนึ่งหมุนตามเข็มนาฬิกา อีกลูกหนึ่งหมุนทวนเข็มนาฬิกา มีลูกกลิ้งทั้งหมดสองชุด วางต่อกันตามแนวดิ่ง ลูกกลิ้งชุดบน รับลูกตัวจากจุดถาดป้อนและบีบนำส่งลูกตัวลงไปสู่ลูกกลิ้งชุดล่าง ซึ่งจะบีบลูกตัวให้เนื้อในหลุดออกจากเปลือกลงมาที่อ่างแยกเนื้อในและเปลือก ลูกกลิ้งทั้งสองทำจากท่อเหล็กกล้าไร้สนิมมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 115 มม. ยาว 370 มม. ทำงานที่ความเร็วรอบของลูกกลิ้งทั้งสองลูก 202 รอบ/นาที ใช้มอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 746 วัตต์ เป็นต้นกำลังขับเคลื่อนระบบ

2.2 ระบบส่งกำลังใช้สายพานลิ้มหน้าตัด B ใช้ล้อสายพานติดบนเพลามอเตอร์ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง (dp) 76 มม. (3 นิ้ว) และล้อสายพานติดบนเพลาส่งกำลังขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง (Dp) 406 มม. (16 นิ้ว) อัตราทดรอบ 5.34 ระยะห่างระหว่างศูนย์กลางล้อสายพาน ค่าสูงสุดและต่ำสุด 964 และ 337 มม. เลือกใช้ระยะห่างระหว่างศูนย์กลางล้อสายพาน 500 มม. ใช้สายพาน 1,873 มม. จำนวนสายพานที่คำนวณได้ 1.04 เส้น เลือกใช้สายพานลิ้ม หน้าตัด B จำนวน 2 เส้น ความเร็วของสายพาน 5.77 ม./วินาที มุมสัมผัสของสายพาน 143.87 องศา แรงดึงในสายพานขณะส่งกำลัง 129.12 นิวตัน และแรงดึงขั้นต้นในสายพาน 269.88 นิวตัน

2.3 โซ่ส่งกำลัง มีจำนวนฟันของฟัน

เนียน (Z) มี 15 ฟัน ติดบนเพลาชับ (n1) 270 รอบ/นาทีที่มีอัตราทดเท่ากับ (nw) 1.3 ต้นกำลังในการขับ 746 วัตต์ เลือกใช้โซ่ 1 ชั้น ระยะพิตช์ (p) 12.70 มม. ความเร็วของโซ่ 857 มม./วินาที แรงในแนวสัมผัส 869.31 นิวตัน แรงย่อยในแนวของข้อโซ่ 0.499 นิวตัน แรงดึงในโซ่ 869.81 นิวตัน ความปลอดภัยในการใช้โซ่ 20.52 ดังนั้น โซ่ที่ใช้ส่งกำลังมีค่าความปลอดภัยที่ยอมรับได้ ค่าความปลอดภัยที่แนะนำไว้ในทางทฤษฎี คือ 7-15 เมื่อเทียบเคียงกับโซ่ที่ขายทั่วไปเทียบได้โซ่ เบอร์ 40

2.4 คำนวณค่าภาระบนเพลาส่งกำลัง เลือกใช้เพลาส่งกำลังขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 25.4 มม. จุดที่เป็นจุดที่รับภาระสูงสุดคือ จุดรองรับเพลาด้านที่ส่งกำลังด้วยโซ่ ค่าโมเมนต์ดัด (M) 86.96 นิวตัน•เมตร ค่าโมเมนต์บิด (T) 4.906 นิวตัน•เมตร และค่าความแข็งแรงของวัสดุเพลาส่งกำลัง (σ_{yt}) 240 เมกกะนิวตัน/ตร.ม. ได้ค่าความปลอดภัยของเพลาส่งกำลัง (N) 4.43 แสดงว่าเพลาส่งกำลังที่ใช้ไม่เกิดการเสียหายภายใต้ภาระการใช้งานนี้

3. การสร้างต้นแบบเครื่องมือแบบลูกกลิ้งบีบตัวและทดสอบเบื้องต้น

ในการศึกษานี้ได้สร้างเครื่องมือแบบลูกกลิ้งบีบตัว ซึ่งมีส่วนประกอบสำคัญ 6 ส่วน

1. โครงสร้างส่วนล่าง (Lower Structural) เป็นเหล็กกล้าไร้สนิมกล่องขนาด 40 X 40 มม. มีความกว้างฐาน 540 มม. ยาว 770 มม. สูง 540 มม. ด้านข้างขนาบมือสูงจากพื้น 100 มม.

ต่อโครงเหล็กยาวยื่นออกไปประมาณ 300 มม. สำหรับทำเป็นฐานที่ยึดมอเตอร์ (Figure 2a)

2. โครงสร้างส่วนบน (Upper Structural) เป็นเหล็กกล้าไร้สนิมจากขนาด 40 X 40 มม.หนา 4 มม. ทำเป็นกรอบสี่เหลี่ยม กว้าง 410 มม. ยาว 420 มม. ตั้งขนานกันอยู่บนโครงสร้างส่วนล่าง ภายในพื้นที่สี่เหลี่ยมปิดด้วย แผ่นเหล็กกล้าไร้สนิมขนาด 410 X 420 มม.หนา 4 มม. บนแผ่นนี้ มีที่ยึดตลับลูกปืน แผ่นละ 5 ตัว สำหรับติดตั้งเพลาลูกกลิ้งทั้งสองเพลาส่งกำลัง และติดตั้งตัวตึงโซ่ (Figure 2a)

3. ถาดป้อน (Feeder) ทำจากแผ่นเหล็กกล้าไร้สนิม หนา 1 มม. ทำเป็นรางกว้าง 480 มม. มีขอบด้านข้างสูง 100 มม. ยาว 420 มม. ปลายเรียวลงยาว ออกไป 200 มม. กว้าง 310 มม. ตรงสุดปลายเรียวขอบบนหักปิดลงมา 45 องศา เสมอกับขอบล่าง เป็นช่องทางป้อนลูกตัวลงไปยังชุดลูกกลิ้ง (Figure 2a)

4. ลูกกลิ้ง (Rollers) ทำจากท่อเหล็กกล้าไร้สนิมออกแบบให้มีลูกกลิ้งบีบจำนวนสี่ลูกเส้นผ่านศูนย์กลางนอก 115 มม. ยาว 370 มม. แยกออกเป็นสองชุด ชุดบนสองลูกสำหรับบีบนำ ชุดล่างสองลูกสำหรับบีบให้เนื้อในหลุดออกจากเปลือกผล โดยเพลาลูกกลิ้งติดตั้งอยู่กับตลับลูกปืนที่ยึดติดกับโครงสร้างส่วนบนบนผิวลูกกลิ้งทรงกระบอก มีเหล็กกล้าไร้สนิมเส้นสี่เหลี่ยมขนาดหน้าตัด 10 x 10 มม. ติดตลอดตามแนวยาวของลูกกลิ้ง ลูกละ 4 เส้น ทำมุม 90 องศา เมื่อมองจากด้านหน้าตัดทรงกระบอกการทดสอบเบื้องต้นพบว่า เหล็กกล้าไร้สนิมเส้นบนผิวทรง

กระบอก กดกระแทกทำให้เนื้อตัวเสียรูปทรง เนื้อในเสียหายมีรอยฉีกขาด หลังจากถอดเหล็กกล้าไร้สนิมเส้นสี่เหลี่ยมออกจากผิวทรงกระบอกแล้ว พบว่าลูกกลิ้งบีบทำงานได้ดีขึ้น แต่เมื่อป้อนลูกตัวลงไปมากๆ ลูกกลิ้งไม่สามารถดึงลูกตัวลงสู่ช่องบีบอัดได้ เนื่องจากพื้นผิวลูกกลิ้งเรียบ จึงเกิดการลื่นไถลของลูกตัวออกจากลูกกลิ้ง ต่อมาจึงได้แก้ปัญหาโดยการพิมพ์ลายบนผิวทรงกระบอก ลักษณะเป็นลายเส้นยาวรอบพื้นผิวตามความยาวทรงกระบอกของลูกกลิ้ง เพื่อเพิ่มความฝืดบนพื้นผิว จากการทดสอบพบว่า หากทำการป้อนตัวต่อเนื่องจำนวนมาก แม้ลูกตัวสามารถผ่านลูกกลิ้งคู่บน สำหรับบีบนำ แต่จะไปติดค้างที่ลูกกลิ้งคู่ล่างที่ทำหน้าที่บีบให้เนื้อในหลุดออกจากเปลือกผล ปัญหานี้แก้ได้โดยใช้เหล็กเส้นกล้าไร้สนิมหน้าตัดสี่เหลี่ยม 5 x 5 มม. ติดบนผิวนอกของลูกกลิ้งลูกละหนึ่งเส้น เมื่อทำการทดสอบบีบเนื้อในตัว พบว่า สามารถแก้ปัญหาการติดค้างของลูกตัวได้เป็นอย่างดี ตัวที่ถูกบีบแล้วตกมาที่อ่างแยกเนื้อในและเปลือก (Figure 2b)

5. อ่างแยกเนื้อในและเปลือก (Tank Split Kernel and Husk) ทำจากแผ่นเหล็กกล้าไร้สนิม หนา 1 มม. เมื่อมองด้านบนเป็นสี่เหลี่ยม กว้าง 390 มม. ยาว 800 มม. มองด้านข้างเป็นสี่เหลี่ยมด้านขนาน ด้านบนยาว 800 มม. ข้างสูง 100 กับ 220 มม. และขอบด้านล่างยาว 850 มม. จากขอบด้านบนลึกลงมา 60 มม. มีตะแกรงแยกเปลือกมีลักษณะเป็นซี่เหล็กเส้นกลมขนาด 5 มม. ระยะห่างกัน 15 มม. แนวยาว

เท่ากับความยาวภายในของอ่าง ความกว้างเท่ากับความกว้างภายในของอ่าง ถัดลงมาอีก 20 มม. เป็นตะแกรงแยกเนื้อในตัว ขนาด กว้าง 380 มม. ยาว 790 มม. ทำจากแผ่นตะแกรงเหล็กกล้าไร้สนิมมีรูตะแกรงเส้นผ่านศูนย์กลาง 8 มม. ในอ่างแยกเนื้อในและเปลือกมีตะแกรงสองชั้น ชั้นบนใช้แยกเปลือกออกจากเนื้อ ส่วนชั้นล่างใช้รองรับส่วนเนื้อตัว (Figure 2d)

6. ระบบส่งกำลัง (Transmission system) ใช้สายพานร่อนบีจำนวนสองเส้น ส่งกำลังจากมอเตอร์ 746 วัตต์ ผ่านล้อสายพานเส้นผ่านศูนย์กลาง 76 มม. ไปที่ล้อสายพานเส้นผ่านศูนย์กลาง 406 มม. ที่ติดอยู่บนเพลาส่งกำลังและปลายอีกด้านของเพลามีเฟืองโซ่ 15 ฟัน ส่งกำลังไปยังเพลาลูกกลิ้งทั้งสี่ลูกที่ติดเฟือง

โซ่ 20 ฟัน ในการส่งกำลังใช้โซ่เบอร์ 40 ได้ออกแบบการวางตำแหน่งให้ลูกกลิ้งสามารถเลื่อนเข้าชิดหรือห่างกันได้ในแนวราบ และการวางระบบโซ่ส่งกำลังออกแบบให้ส่งกำลังขับเคลื่อนให้ลูกกลิ้งชุดบนสองลูกและชุดล่างสองลูก แต่ละลูกมีทิศทางการหมุนของลูกกลิ้งสวนทางกัน (Figure 2c)

จากนั้นได้ทำการทดสอบหาความเร็วรอบที่เหมาะสม 3 ระดับ โดยการเปลี่ยนขนาดล้อสายพานที่ติดอยู่บนเพลาส่งกำลัง คือ

1. ใช้ล้อสายพานขนาด 305 มม. (12 นิ้ว) ติดตรงเพลาชับ ทำให้ลูกกลิ้งมีความเร็วรอบ 276 รอบ/นาที พบว่าผลของเนื้อในที่ได้ มีเนื้อในที่ฉีกขาดหรือปนออกมา 10 % (Figure 3a)
2. ใช้ล้อสายพานขนาด 356 มม. (14 นิ้ว)

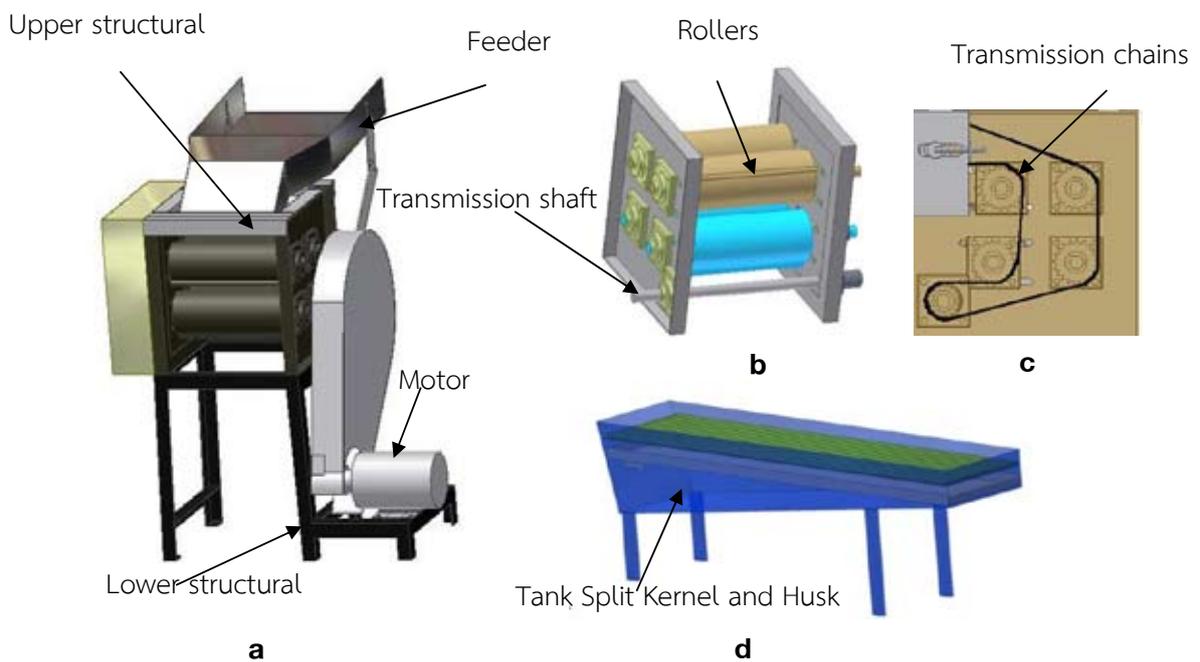


Figure 2 (a) The roller compression equipment for sugar palm (b) Rollers (c) Transmission chains (d) Tank split kernel and husk

ติดตรงเพลาชับ ทำให้ลูกกลิ้งมีความเร็วรอบ 235 รอบ/นาที พบว่าผลของเนื้อในที่ได้ มีเนื้อในที่ฉีกขาดหรือปนออกมา 5 % (Figure 3b)

3. ใช้ล้อสายพานขนาด 406 มม. (16 นิ้ว) ติดตรงเพลาชับ ทำให้ลูกกลิ้งมีความเร็วรอบ 202 รอบ/นาที พบว่าผลของเนื้อในที่ได้ ไม่มีเนื้อในที่ฉีกขาด (Figure 3c)

ผลการทดสอบนี้ ทำให้สามารถเลือกใช้ความเร็วที่เหมาะสมได้คือ ความเร็ว 202 รอบ/นาที โดยล้อสายพานที่ติดบนเพลามอเตอร์มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 76 มม. กับล้อสายพานที่ติดบนเพลาส่งกำลังมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 406 มม. เลือกความเร็วรอบนี้เพราะจากผลการทดสอบโดยการตรวจพินิจด้วยสายจากผลของเนื้อในตำที่ได้ ไม่มีเนื้อในที่ฉีกขาดปะปนออกมาด้วย

4. การทดสอบประสิทธิภาพเครื่องมือแบบลูกกลิ้งบีบตำ

การทดสอบเครื่องมือแบบลูกกลิ้งบีบตำ (Figure 4a) ทั้ง 2 วิธี คือ 1. การทดสอบบีบ

เอาเนื้อในตำโดยไม่ตัดข้าวและ 2. การบีบเอาเนื้อในตำโดยตัดข้าว ทั้งสองวิธีตั้งระยะห่างระหว่างจุดศูนย์กลางลูกกลิ้งชุดบน 135 มม. กับตั้งระยะห่างระหว่างจุดศูนย์กลางลูกกลิ้งชุดล่าง 125 มม. (Figure 4b,c) ผลการทดสอบพบว่า การบีบเอาเนื้อในตำโดยตัดข้าวผล น้ำหนักตัวอย่างเฉลี่ย 2,048.6 ก. ใช้เวลาในการบีบเฉลี่ย 17 วินาที ได้ปริมาณเนื้อในเฉลี่ย 420.7 ก. คิดเป็นปริมาณเนื้อในต่อผล 20.6% ความสามารถในการบีบ 442.3 กก./ชม. ผลตำที่บีบเนื้อในออกหมด 83% (Table 1) ขณะที่ผลการทดสอบบีบเอาเนื้อในตำโดยไม่ตัดข้าวผลพบว่า น้ำหนักตัวอย่างเฉลี่ย 2,083.6 ก. ใช้เวลาในการบีบเฉลี่ย 15.9 วินาที ได้ปริมาณเนื้อในเฉลี่ย 435.3 ก. (Figure 4d) คิดเป็นปริมาณเนื้อในต่อผล 20.9% ความสามารถในการบีบ 485.7 กก./ชม. และผลตำที่บีบเนื้อในออกหมด 90 %

5. การทดสอบหาปริมาณและน้ำหนักรวมที่เพิ่มขึ้นของตำ

การทดสอบหาปริมาณและน้ำหนักรวมที่

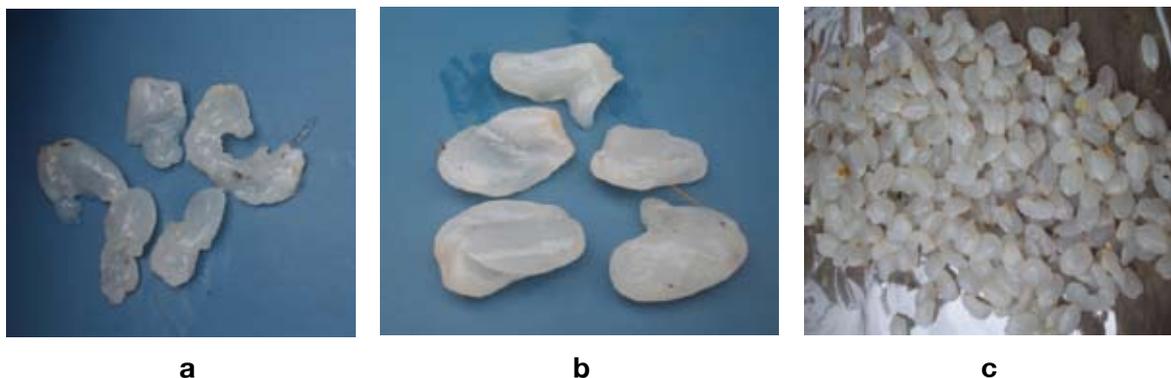


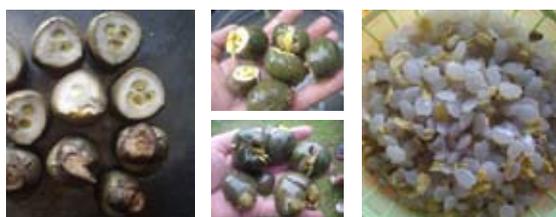
Figure 3 (a) Kernel torn because of the rollers speed 276 rpm. (b) Kernel torn because of the rollers speed 235 rpm. (c) Kernel perfect because of the rollers speed 202 rpm.

Table 1 Efficiency of the roller compression equipment for sugar palm

Type tested	Sugar palm weight (g)	Time(s)	Sugar palm kernel (g)	Yield (%)	efficiency (kg/hr)
cut persistent calyx	2048.6±76.1	17±2.1	420.7±41.2	20.6±2.3	442.5±44.8
non-cut persistent calyx	2083.52±35.8	15.9±3.3	435.3±39.5	20.9±2.0	485.7±81.6



a



b

c

d

Figure 4 (a) Testing the roller compression equipment for sugar palm (b) Sugar palm cut and non-cut persistent calyx (c) Sugar palm cut and non-cut persistent calyx after compressed (Upper and lower figure) (d) Sugar palm kernel after compression

เพิ่มขึ้นของตัว พบว่าเนื้อในตัวที่บีบออกมาได้ เรียกว่าเนื้อในตัวแห้ง เมื่อนำไปแช่น้ำ 1 วัน มีน้ำหนักเพิ่มขึ้นจากเดิมที่บีบได้ 51.97% ปริมาตรเพิ่มขึ้นจากเดิมที่บีบได้ 52.30 % และในวันที่ 2 มีน้ำหนักเพิ่มขึ้นจากเดิมที่บีบได้ 54.70% ปริมาตรเพิ่มขึ้นจากเดิมที่บีบได้ 55.64% (Table 2 Figure 5)

Table 2 Increasing of weight and volume of sugar palm after soaking in water for 1 and 2 days

increasing (%)*	Days after soaking	
	1	2
weight	51.977.1	54.706.4
volume	52.307.0	55.6410.2

*Average from 15 replications

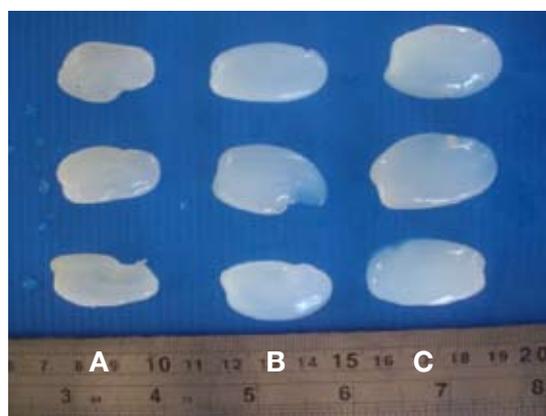


Figure 5 (A) kernel of sugar before soaking (B) after 1 day soaking in water (C) after 2 days soaking in water

จากผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่าการบีบเอาเนื้อในตัวโดยไม่ตัดขั้วดีกว่าวิธีการตัดขั้วเมื่อเทียบความสามารถในการบีบ และผลตัวที่บีบเนื้อในตัวออกหมด อีกทั้งการบีบเอาเนื้อในตัวโดยไม่ตัดขั้วช่วยลดขั้นตอนการทำงานที่ต้องใช้แรงงานในการตัดขั้วลงได้อีก นับว่าเป็นผลดีต่อการปฏิบัติงาน สาเหตุที่การบีบตัวโดยไม่ตัดขั้วดี

กว่าวิธีการตัดข้าว เพราะผลข้าวที่ไม่ตัดข้าว จะมีข้าวเป็นตัวแทนการกลิ้งของผลข้าวในแนวข้าวกับท้ายผล ทำให้ผลข้าวที่กลิ้งลงไปในช่วงระหว่างลูกกลิ้งเป็นการกลิ้งในแนวอนที่ข้าวผลกับท้ายผลขนานกับแนวยาวของลูกกลิ้ง เป็นแนวที่ต้องการให้ลูกกลิ้งบีบตัว ตามวัตถุประสงค์ในการออกแบบเครื่องมือบีบแบบลูกกลิ้ง ขณะที่ผลข้าวที่ตัดข้าว ผลข้าวเกิดความไม่สมดุลที่ปลายด้านที่ตัดข้าวกับท้าย และปลายที่ตัดเป็นแนวระนาบ ทำให้การกลิ้งของผลข้าวเป็นไปได้อย่างขึ้น ต้องใช้มือช่วยเขี่ยผลข้าวที่ระนาบที่ตัดข้าวไปตั้งอยู่บนถาดป้อน ทำให้ผลข้าวที่ถูกบีบโดยลูกกลิ้งมีแนวการบีบที่มีความแปรปรวนสูง แต่เหตุที่ค่าประสิทธิภาพผลการบีบทั้งสองวิธีไม่ต่างกันมากนัก เพราะข้าวที่ตัดข้าวแล้วสามารถบีบให้เนื้อในไหลออกมาได้ง่ายกว่าข้าวที่ไม่ตัดข้าว ถึงอย่างไรก็ตาม การใช้เครื่องมือแบบลูกกลิ้งบีบตัวสามารถทนแรงได้เป็นอย่างดีเมื่อเปรียบเทียบกับกรบีบตัวโดยวิธีที่ชาวบ้านใช้เครื่องมือแบบไม้บีบการใช้เครื่องมือแบบลูกกลิ้งบีบตัว สามารถบีบได้เร็วกว่าประมาณ 24 เท่าและผลข้าวที่บีบจะถูกแยกเนื้อออกจากเปลือกได้เกือบทั้งหมด การบีบตัวโดยไม่ตัดข้าวเป็นวิธีการที่ดีกว่าการตัดข้าวเนื่องจากประหยัดเวลาและแรงงานในการตัดข้าวผล เมื่อพิจารณาในเรื่องความคุ้มค่าในส่วนองราคาเครื่องบีบตัวแบบลูกกลิ้งประมาณ 78,000 บาท มีจุดคุ้มทุนที่การบีบผลข้าว 7,464 กก. ซึ่งจะได้เนื้อข้าว 1,560 กก. คำนวนจากราคาจำหน่าย กิโลกรัมละ 50 บาทเทียบได้กับการใช้งานบีบตัวอย่างต่อเนื่องประมาณ 2 วัน

สรุปผลการทดลอง

การสำรวจลักษณะทางกายภาพของข้าวพบว่า ลักษณะด้านข้าวและท้ายผล มีลักษณะใกล้เคียงกับสามเหลี่ยมด้านเท่า ตรงปลายเหลี่ยมทั้งสามโค้งมน ด้านข้างผลรูปคล้ายทรงกระบอกสามเหลี่ยมที่ปลายโค้งมน การสุ่มวัดขนาดผลข้าว มีเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย 33.6 ± 1.4 มม. น้ำหนักเฉลี่ยกิโลกรัมละ 48 ผล ค่าเทียบความกลมของผลข้าว $88.82 \pm 1.9\%$ จึงได้สร้างเครื่องมือแบบลูกกลิ้งบีบตัว ซึ่งมีส่วนประกอบสำคัญ 6 ส่วน คือ โครงสร้างส่วนล่าง โครงสร้างส่วนบน ถาดป้อน ชุดลูกกลิ้ง ระบบส่งกำลังพร้อมต้นกำลังใช้มอเตอร์ไฟฟ้า 746 วัตต์ และอ่างแยกเนื้อในจากเปลือก พบว่า เครื่องออกแบบตัวที่ออกแบบมานี้สามารถบีบเอาเนื้อในข้าวโดยตัดข้าวสามารถบีบได้ 442.3 กก./ชม. ผลข้าวที่บีบเนื้อในออกหมด 83% และการบีบเอาเนื้อในข้าวโดยไม่ตัดข้าว สามารถบีบได้ 485.7 กก./ชม. ผลข้าวที่บีบเนื้อในออกหมด 90% จาก การทดสอบแสดงว่าการบีบเอาเนื้อในข้าวโดยไม่ตัดข้าวเป็นวิธีการที่ดีกว่าวิธีการตัดข้าว

คำขอบคุณ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ นายอุทัย นพคุณวงศ์ ผอ.สวพ. 1, นายนิพนธ์ สุขวิบูลย์ พชช. การจัดการผลิตพืชที่เหมาะสมกับพื้นที่ภาคเหนือตอนบน สวพ 1, นายคณิงศักดิ์ เจียรนัยกุล รักษาการ พชช. ด้านวิศวกรรมเกษตร ที่ให้ข้อเสนอแนะการวิจัย และการปรับปรุงเครื่องต้นแบบ ขอขอบคุณทีมงานทุกคนของ

ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมเชียงใหม่ที่มีส่วนช่วยในการดำเนินงานสร้างต้นแบบและทดสอบ และขอขอบคุณเจ้าหน้าที่โครงการศูนย์ฟ้าพัฒนาฯ รวมทั้งเกษตรกรผู้ปลูกข้าว บ้านสบมาง ต.ภูฟ้า อ.บ่อเกลือ จ. น่าน ที่ให้ความช่วยเหลือและประสานงาน ในการปฏิบัติงานทดสอบเครื่องต้นแบบในพื้นที่ และให้คำแนะนำงานนี้สำเร็จ ลุล่วงด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

จาดุพงศ์ วาฤทธิ์. 2547. *วก 341 คุณสมบัติทางกายภาพของผลผลิตเกษตร ภาควิชาวิศวกรรมเกษตรและอาหาร. คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่. 103 หน้า.*

วิลาสลักษณ์ ว่องไว และนิพัฒน์ สุขวิบูลย์.

2556. การผลิตข้าวของเกษตรกรในจังหวัดน่าน. *วารสารวิจัยและพัฒนาการเกษตร สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 1 ปีที่ 14 3: 8-12.*

วริทธิ์ อึ้งภากรณ์ และชาญ ถนัดงาน. 2556. *การออกแบบเครื่องจักรกล 2.* บริษัท ซีเอ็ดดูเคชั่น จำกัด(มหาชน) กรุงเทพฯ 451 หน้า.

อภิวัฒน์ คำสิงห์. 2554. *ข้าว พืชเฉพาะถิ่นคนร่นานหนึ่งของดีแปรรูปได้* เกษตรมัทศจรรย์ มติชนออนไลน์ (www.matichon.co.th 19 สิงหาคม 2554)