

รายงานผลงานเรื่องเต็มการทดลองที่สิ้นสุด ปีงบประมาณ 2557

1. ชุดโครงการวิจัย -
2. โครงการวิจัย ศึกษากระบวนการผลิต การแปรรูปและพัฒนาเครื่องมือบีบตัวในขบวนการเก็บเกี่ยว
3. การทดลองที่ 2 ศึกษาและพัฒนาเครื่องมือบีบเนื้อในออกจากผลตัว
ชื่อการทดลอง 2.2 เครื่องมือแบบลูกกลิ้งบีบตัวใช้ต้นกำลังจากเครื่องยนต์หรือมอเตอร์
Rollers Compression Equipment for Palm Sugar Palm Used Motor Power
4. คณะผู้ดำเนินงาน

หัวหน้าการทดลอง 2 และ 2.2	เกรียงศักดิ์ นั๊กผูก	ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมเชียงใหม่
ผู้ร่วมงาน	สถิตย์พงศ์ รัตนคำ	ศูนย์วิจัยเกษตร วิศวกรรมเชียงใหม่
	วิลาสลักษณ์ ว่องไว	สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตร เขตที่ 1
	วีระ ศรีกระจ่าง	ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมเชียงใหม่
	สมเดช ไทยแท้	ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมเชียงใหม่

5. บทคัดย่อ

การศึกษานี้ได้สำรวจลักษณะทางกายของตัว เพื่อหาวิธีการออกแบบและสร้างเครื่องมือแบบลูกกลิ้งบีบตัว พบว่า ขนาดผลตัว มีเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย 33.6 ± 1.4 มิลลิเมตร ค่าเทียบความกลมของผลตัว 88.8 ± 1.9 เปอร์เซ็นต์ จึงได้สร้างเครื่องมือแบบลูกกลิ้งบีบตัวซึ่งมีส่วนประกอบสำคัญ 6 ส่วน คือ โครงสร้างส่วนล่าง โครงสร้างส่วนบน ถาดป้อน ชุดลูกกลิ้ง ระบบส่งกำลังพร้อมต้นกำลังใช้มอเตอร์ไฟฟ้า 746 วัตต์ และอ่างแยกเนื้อในและเปลือก การทดสอบเครื่องมือแบบลูกกลิ้งบีบตัว ความเร็วรอบของลูกกลิ้งในการทดสอบ 202 รอบ/นาที ใช้ผลตัวที่ต้มแล้ว ทำการทดสอบ 2 วิธี คือ การทดสอบบีบเอาเนื้อในตัวโดยตัดขั้วผล และการทดสอบบีบเอาเนื้อในตัวโดยไม่ตัดขั้วผล พบว่า การทดสอบบีบเอาเนื้อในตัวโดยตัดขั้วผล ผลตัวน้ำหนักเฉลี่ย 2048.6 กรัม ใช้เวลาในการบีบเฉลี่ย 17 วินาที ได้ปริมาณเนื้อในเฉลี่ย 420.7 กรัม มีปริมาณเนื้อในต่อผล 20.6 เปอร์เซ็นต์ ความสามารถในการบีบ 442.3 กิโลกรัม/ชั่วโมง ผลตัวที่บีบเนื้อในออกหมด 83 เปอร์เซ็นต์ และการทดสอบบีบเอาเนื้อในตัวโดยไม่ตัดขั้วผล ผลตัวน้ำหนักเฉลี่ย 2083.6 กรัม ใช้เวลาในการบีบเฉลี่ย 15.9 วินาที ได้ปริมาณเนื้อในเฉลี่ย 435.3 กรัม มีปริมาณเนื้อในต่อผล 20.9 เปอร์เซ็นต์ ความสามารถในการบีบ 485.7 กิโลกรัม/ชั่วโมง ผลตัวที่บีบเนื้อในออกหมด 90 เปอร์เซ็นต์ จากผลการทดสอบแสดงว่าการบีบเอาเนื้อในตัวโดยไม่ตัดขั้วเป็นวิธีการที่ดีกว่าการบีบเอาเนื้อในตัวโดยการตัดขั้ว

Abstract

The roller compression equipment of sugar palm was designed by physiology of sugar palm fruit: shell diameter and spherical shape. The equipment consist of 6 components 1) lower structure 2) upper structure 3) feeder 4) roller 5) motor transmission 746 W 6) kernel and husk separate tank. The experiment performed on 33.6 ± 1.4 mm. shell diameter of sugar palm fruit that

spherical shape ratio at 88.8+1.9% with speed of roller at 202 rpm test on 2 treatments of sugar fruits : cut and non-cut persispent calyx with 7 replications. It was found that cut persispent calyx sugar palm fruit 2048.6 g. got kernel rasion 20.6%, efficiency compression 442.3 kg.hr⁻¹ and kernel compression perfect 83% while non-cut fruit 2083.6 g. got kernel ratio 20.6%, efficiency compression 485.7 kg.hr⁻¹ and compression perfect 90%. The test result showed that the non-cut fruit condition was better than the cut fruit conditi

6. คำนำ

ต้าว หรือ ลูกชิด (Sugar Palm) มีชื่อวิทยาศาสตร์ *Arenga westerhoutii Griff* อยู่ในวงศ์ Palmae พวกเดียวกับมะพร้าว ต้นตาลหรือปาล์มต่างๆ ต้นต้าวมีถิ่นกำเนิดดั้งเดิมอยู่ในแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ในประเทศอินเดีย ต้าวเป็นพืชดึกดำบรรพ์ตระกูลปาล์ม ประเทศไทยพบต้นต้าวมากที่สุดบริเวณพื้นที่ดินร่วนตามเชิงเขาที่อากาศชุ่มชื้น ในเขตภาคเหนือโดยเฉพาะพื้นที่จังหวัดน่านเป็นพืชท้องถิ่นที่มีความสำคัญในระบบนิเวศและสำคัญต่อเศรษฐกิจชุมชนลุ่มน้ำน่านตอนบน บริเวณผืนป่าที่มีความชุ่มชื้นและความอุดมสมบูรณ์ของระบบนิเวศ ซึ่งในอดีตในพื้นที่ดังกล่าวมีชาวลัวะอาศัยอยู่ ยังชีพด้วยการเข้าไปหาของป่า หนึ่งในการค้ารังชีพ คือ การเข้าไปเก็บลูกต้าวมาจำหน่าย ผู้บริโภครู้จักต้าวในนามลูกชิด (อภิวัฒน์ 2556) เนื่องจากการพัฒนาพืชป่าให้เป็นพืชปลูกมีมาตั้งแต่ปี 2541 โดยโครงการพัฒนาเพื่อความมั่นคงพื้นที่ลุ่มน้ำน่าน พื้นที่ที่ 9 (สบมาง – นาบง) อันเนื่องมาจากพระราชดำริ อำเภอบ่อเกลือ จังหวัดน่าน กรมอุทยานแห่งชาติสัตว์ป่าและพันธุ์พืช (เดิมสังกัดกรมป่าไม้) ทำการเพาะพันธุ์ต้าว ส่งเสริมให้ปลูกเพื่อให้เกิดการฟื้นฟูป่าและเกษตรกรรมนำไปปลูกในพื้นที่ทำกินของตนเอง ปัจจุบันมีการปลูกต้าวในพื้นที่ขยายผลโครงการศูนย์ภูฟ้าพัฒนา อันเนื่องมาจากพระราชดำริสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี ตั้งอยู่ที่ตำบลภูฟ้า อำเภอบ่อเกลือ จังหวัดน่าน และหมู่บ้านใกล้เคียงเป็นจำนวนมาก โดยพันธุ์ต้าวที่ส่งเสริมให้นำไปปลูกในพื้นที่ทำกินของชาวบ้าน กำลังทยอยให้ผลผลิต และจะมีมากขึ้นในอนาคต ข้อมูลจากชาวบ้านที่ปลูกและเข้าป่าเก็บต้าวพบว่า มีขั้นตอนกระบวนการที่ยู่ยากในการเก็บเกี่ยวต้าวคือ ตรวจเช็คความแก่ของต้าวให้ได้ก่อน จากนั้นตัดทะลายนอกจากต้น ปลิดต้าวออกจากทะลาย นำมาต้มประมาณ 1 ชั่วโมง จากนั้นผึ่งให้เย็นและตัดขั้วตรงสุดปิกขั้วผลความสามารถในตัดขั้วต้าวประมาณ 25 กิโลกรัม/ชั่วโมง แล้วนำมาบีบเอาเนื้อในออก ต้าวต้มปริมาณ 6 ปี๊บ ได้เนื้อต้าวน้ำหนัก 18-21 กิโลกรัม (วิลาสลักษณ์ และนิพัทธ์ 2556) จากนั้นนำไปแช่น้ำ 1-2 คืน จะได้ปริมาณเพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่า ราคาจำหน่ายต้นทางปี๊บละ 500-900 บาท ปัญหาในการแปรรูปต้าวที่สำคัญ คือการนำเนื้อในออกมาจากลูกต้าวเป็นขั้นตอนที่ต้องใช้แรงงานจำนวนมากและล่าช้า ชาวบ้านที่หาต้าวตามป่าและที่ปลูกในพื้นที่ทำกิน ใช้เครื่องมือบีบเอาเนื้อในต้าวที่ชาวบ้านทำเองง่ายๆ แต่ให้ผลในการบีบได้ดีและสะดวกหากต้องทำในป่า เครื่องมือทำจากไม้ลักษณะเป็นคานบีบกดให้เนื้อในไหลออกมาจากผลต้าว ความสามารถการบีบต้าวประมาณ 20 กิโลกรัม/ชั่วโมง แต่การจะพัฒนาให้ต้าวเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญในท้องถิ่น เครื่องมือพื้นบ้านไม่อาจรองรับการเก็บเกี่ยวและแปรรูปได้ทัน และการบีบโดยใช้มือจับผลต้าวที่ละผลทำได้ยากขึ้น เนื่องจากการขาดแรงงาน และอาการคันจากยางผลต้าวดิบ จึง

จำเป็นต้องมีการพัฒนาเครื่องมือที่ใช้บีบตัวให้สามารถใช้งานได้ดีกว่าเครื่องมือที่มีใช้อยู่ ทั้งในระดับใช้แรงคนบีบและกึ่งอัตโนมัติคือใช้ต้นกำลังจากมอเตอร์ สามารถลดขั้นตอนการตัดขั้วตัว ในการบีบเอาเนื้อในตัวได้ ดังนั้น จึงได้ดำเนินการศึกษาทดสอบและพัฒนาเครื่องมือบีบเอาเนื้อในตัวเป็นการรองรับผลผลิตตัวที่มีแนวโน้มจะให้ผลผลิตมากขึ้นในอีกไม่กี่ปี และกำลังจะเป็นพืชเศรษฐกิจในท้องถิ่นที่สำคัญของจังหวัดน่าน

7. วิธีดำเนินการ

- วัสดุและอุปกรณ์
 1. หม้อต้มตัว
 2. ผลตัว ที่ต้มในน้ำเดือด 1 ชั่วโมง และปล่อยให้เย็นในอุณหภูมิห้อง
 3. ตาชั่ง ขนาด 200 กรัม ขนาด 7,000 กรัม และ 60 กิโลกรัม
 4. กล้องถ่ายภาพ นาฬิกาจับเวลา
 5. เครื่องมือแบบลูกกลิ้งบีบตัว

- วิธีการทดลอง

ในการดำเนินการศึกษาพัฒนาเครื่องมือแบบลูกกลิ้งบีบตัวใช้ต้นกำลังจากมอเตอร์ไฟ มีรายละเอียดขั้นตอนการดำเนินงาน ดังนี้

- 1) สํารวจเก็บข้อมูล ลักษณะทางกายภาพ ค่าความกลม คืออัตราส่วนระหว่างเส้นผ่านศูนย์กลางของทรงกลมที่มีปริมาตรเท่ากับวัตถุต่อเส้นผ่านศูนย์กลางของวงกลมที่เล็กที่สุดที่ล้อมวัตถุเอาไว้ได้ (จากตุงค์ 2547) สมการที่ (1) และ เส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยหาได้จากค่าเฉลี่ยเส้นผ่านศูนย์กลางสามเส้นตั้งฉากกัน คือ เส้นขั้วผลไปท้ายผล และในระนาบที่ตั้งฉากกับเส้นขั้วผลกับท้ายผลตรงจุดกึ่งกลางผลเป็นอีกสองเส้นที่ตั้งฉากกัน และวิธีการบีบเอาเนื้อในตัวที่เป็นการศึกษาปฏิบัติของเกษตรกรในปัจจุบันโดยการสำรวจสอบถามจากกลุ่มเกษตรกร และตรวจเอกสาร

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

d_e เส้นผ่านศูนย์กลางทรงกลมที่ปริมาตรเท่ากับวัตถุ (มิลลิเมตร)

d_c เส้นผ่านศูนย์กลางที่ยาวที่สุดของวัตถุ (มิลลิเมตร)

- 2) วิเคราะห์ข้อมูลจากข้อ 1 พิจารณาหาวิธีการบีบเอาเนื้อในตัว วิเคราะห์ข้อมูลหลักการทำงาน เพื่อเป็นข้อมูลในการออกแบบและสร้างเครื่องมือแบบลูกกลิ้งบีบตัว

ในการออกแบบสร้างเครื่องมือแบบลูกกลิ้งบีบตัวใช้ต้นกำลังเป็นมอเตอร์ขนาด 746 วัตต์ การส่งกำลังใช้สายพานลิ้ม เพลาส่งกำลัง และโซโรลเลอร์ ในการคำนวณออกแบบต้องใช้สมการต่างๆที่แสดงไว้ข้างล่างนี้ (วริทธิ์และชาญ 2556)

กำลังที่เกิดจากโมเมนต์บิดก็คือ

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

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

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

การคำนวณหาจำนวนเส้นสายพานลิมที่ใช้

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

Z จำนวนเส้นของสายพานลิมที่ใช้ส่งกำลัง(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

ทฤษฎีที่กล่าวมานี้จะนำมาใช้ในการวิเคราะห์การออกแบบ ความสัมพันธ์ระหว่าง โมเมนต์บิด การส่งกำลัง และใช้ในการหาค่าภาระของมอเตอร์

3) สร้างเครื่องมือแบบลูกกลิ้งบีบตัวที่ทำกรออกแบบในข้อ 2 ทำการทดสอบเบื้องต้น และแก้ไขข้อบกพร่อง

4) ทดสอบเก็บข้อมูลเครื่องมือแบบลูกกลิ้งบีบตัว ทดสอบ 2 วิธี วิธีละ 7 ซ้ำ คือ ทดสอบบีบเอาเนื้อในตำวโดยตัดข้าว ตำแหน่งตรงสุดปลายกลีบของข้าวผลเหมือนกับการบีบด้วยแรงคน และทดสอบบีบเอาเนื้อในตำวโดยไม่ตัดข้าว การทดสอบโดยใช้ลูกตำวที่ต้มแล้ว ตัวอย่างละ 100 ลูก ลูกตำวที่ใช้ทดสอบโดยเฉลี่ยกิโลกรัมละ 48 ลูก เส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย 33.6 มิลลิเมตร ใช้ความเร็วรอบของลูกกลิ้งในการทดสอบ 202 รอบต่อนาที หาค่าสัดส่วนเนื้อในต่อผลและความสามารถในการบีบ สมการที่ (2) และ (3)

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

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

t เวลาที่ใช้บีบผลตำว (ชั่วโมง)

w_i น้ำหนักเนื้อในตำว (กิโลกรัม)

w_a น้ำหนักทั้งหมดของผลตำวที่บีบได้ (กิโลกรัม)

W น้ำหนักทั้งหมดตำว (กิโลกรัม)

5) ทดสอบหาปริมาตรและมวลที่เพิ่มขึ้นของเนื้อในตำว ที่เกิดจากการแช่ในน้ำเปล่า โดยวัดขนาดและชั่งน้ำหนัก เนื้อในตำวก่อนนำไปแช่ในน้ำ หลังแช่น้ำไว้ 1 วัน และ 2 วัน โดยใช้เนื้อในตำวตัวอย่างละ 1 เมล็ด จำนวน 15 ตัวอย่าง

- เวลาและสถานที่ : เริ่มต้น ตุลาคม 2556 สิ้นสุด –กันยายน 2557

- สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตร เขตที่ 1

- ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมเชียงใหม่ จ.เชียงใหม่

- ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรน่าน จ.น่าน

- โครงการศูนย์ภูฟ้าพัฒนาตามพระราชดำริสมเด็จพระรัตนราชสุตาฯ สยามบรมราชกุมารี ตั้งอยู่ที่ ต.ภูฟ้า อ.ป่อเกลือ จ.น่าน และที่ทำกินของเกษตรกรในพื้นที่ขยายผลโครงการศูนย์ภูฟ้าพัฒนา (บ้านสบมาง)

8. ผลการทดลองและวิจารณ์

- ผลการทดลอง

การสำรวจเก็บข้อมูลต้นตำวในศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรน่าน ตำบลผาสิงห์ อำเภอเมือง จังหวัดน่าน มีการปลูกครั้งแรกตั้งแต่ปี 2521-2523 ตำวรุ่นแรกสามารถติดดอกออกผลและนำเมล็ดมาเพาะปลูกเป็นรุ่นที่ 2 ประมาณ 200 ต้น ปัจจุบันให้ผลผลิตแล้ว เมื่อพิจารณาลักษณะทางกายภาพของผลตำว มองในด้านขั้วและท้ายผลมีลักษณะใกล้เคียงกับสามเหลี่ยมด้านเท่า ตรงปลายแหลมทั้งสามโค้งมน เมื่อมองด้านข้างภาพคล้ายทรงกระบอกสามเหลี่ยมที่ปลายโค้งมน คล้ายกับภาพทรงไข่ปลายตัดทั้งด้านขั้วและด้านท้ายผลในการสุ่มวัดขนาดผลตำวที่ใช้ทดสอบเครื่องมือบีบเอาเนื้อในตำวต้นแบบลูกกลิ้ง พบว่า ผลตำวมีเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย 33.6 ± 1.4 มิลลิเมตร เส้นผ่านศูนย์กลางโตสุดเฉลี่ย 37.8 ± 1.4 มิลลิเมตร น้ำหนักเฉลี่ยกิโลกรัมละ 48 ผล ค่าเทียบความกลมของผลตำว 88.8 ± 1.9 เปอร์เซ็นต์ คำนวนจากการวัดโดยปริมาตร ค่าเทียบความกลมของผลตำว 87.9 ± 3 เปอร์เซ็นต์ คำนวนจากการวัดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย ในการออกแบบเครื่องมือบีบเอาเนื้อในตำวได้สมมุติให้ผลตำวเป็นภาพทรงไข่ปลายตัดในการบีบเอานั่นต้องบีบที่ด้านข้าง เนื้อในจะเคลื่อนออกมาที่ด้านขั้วหรือท้ายผลในกรณีที่ไม่ได้ตัดปลายที่ด้านขั้ว หากตัดปลายขั้วให้ตัดตรงตำแหน่งสุดปลายกลีบของขั้วเป็นจุดที่ลึกสุดที่การตัดจะไม่ตัดเอาเนื้อในออกมาด้วย เมื่อทำการบีบเอานเนื้อในจะเคลื่อนออกมาที่ด้านขั้วผลที่ตัดไว้ ในการบีบเอานเนื้อในตำวนั้นมีขั้นตอนการเตรียมการคือ

1. คัดเลือกผลตำวแก่พอเหมาะสำหรับบีบเอานเนื้อใน โดยสุ่มเก็บผลตำวจากทะเลายบนต้นตำวลงมา ตัดดูเนื้อในมีสีขาวขุ่น ใช้ไม้จิ้มฟันเสียบดูเนื้อในแน่นไม่แข็งจนเสียบไม่เข้า การตรวจเช็คนี้ต้องใช้ผู้มีความชำนาญในการเก็บตำวเป็นอย่งดีในการคัดเลือกก่อนตัดทะเลายตำวลงมาจากต้น (ภาพที่ 1 ก,ข)

2. นำทะเลายตำวมารวมกันยังจุดที่จะทำการตำตำว จากนั้นตัดแขนงของทะเลายออก และปลิดผลตำวออกจากแขนงกองรวมกันไว้ ก่อนทำการตำ

3. การต้มสามารถต้มทั้งแขนงหรือทั้งทะลายเลยก็ได้ เมื่อต้มได้ที่พอที่จะบีบเอาเนื้อในได้ ผลตัวจะหลุดจากแขนงหรือทะลายเอง แต่การต้มแบบนี้ สิ้นเปลืองเชื้อเพลิงและเนื้อที่ในการต้ม จึงไม่ค่อยนิยมทำกัน ที่นิยมทำกันเป็นส่วนมากคือการปลิดผลตัวออกจากทะลายต้มเป็นผลๆ ให้น้ำเดือดประมาณ 15-20 นาที ก็สามารถบีบเอาเนื้อในผลตัวได้ แต่การต้มด้วยระยะเวลาสั้น หากส่วนที่เป็นเยื่อหุ้มผลสีเหลืองสัมผัสกับผิวหนัง อาจเกิดอาการคันที่ผิวหนังได้ ดังนั้นในการต้มควรใช้เวลาต้มให้น้ำเดือดประมาณ 50-60 นาที จึงทิ้งไว้ให้ลูกตัวเย็นลง (ภาพที่ 1ค)

4. ผลตัวขนาดใหญ่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 45.50 มิลลิเมตร ยาว 53.16 มิลลิเมตร ตัดขั้วผลที่ระยะ 10-13 มิลลิเมตร วัดจากขั้วผล และผลขนาดเล็กมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 30.46 มิลลิเมตร ยาว 36.74 มิลลิเมตร ตัดขั้วผลที่ระยะ 8-10 มิลลิเมตร วัดจากขั้วผล ปกติแรงงาน 1 คน สามารถตัดขั้วผลได้เพียง 25 กิโลกรัม/ชั่วโมง (ภาพที่ 1ง)

5. ทำการบีบเอาเนื้อใน โดยใช้เครื่องมือบีบเอาเนื้อในตัวที่ชาวบ้านทำเอง จากไม้ลักษณะเป็นคานบีบกดให้เนื้อในไหลออกมาจากผลตัวความสามารถการบีบตัวประมาณ 20 กิโลกรัม/ชั่วโมง (ภาพที่ 1จ)



ภาพที่ 1 ก ลูกตัวบนต้นตัว ข ตัวที่แก่พอเหมาะสำหรับตัดทะลาย ค การต้มตัว ง ตัวหลังต้มและเย็นแล้วทำการตัดขั้ว จ การบีบตัวด้วยเครื่องมือบีบเอาเนื้อในตัวที่ชาวบ้านทำเอง

ผลการออกแบบในทางทฤษฎี

เครื่องมือแบบลูกกลิ้งบีบตัว ได้ออกแบบให้มีลูกกลิ้งทรงกระบอก หมุนเข้าหากัน ลักษณะการหมุนของลูกกลิ้ง ลูกหนึ่งหมุนตามเข็มนาฬิกา อีกลูกหนึ่งหมุนทวนเข็มนาฬิกา มีลูกกลิ้งจำนวนสองชุด วางต่อกันตามแนวตั้ง ลูกกลิ้งชุดบน รับลูกตัวจากจุดลาดป้อนและบีบนำส่งลูกตัวลงไปสู่ลูกกลิ้งชุดล่าง ซึ่งจะบีบลูกตัวให้เนื้อในหลุดออกจากเปลือก ลงมาที่อ่างแยกเนื้อในและเปลือก ลูกกลิ้งทั้งสองลูกทำจากท่อเหล็กกล้าไร้สนิมมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 115 มิลลิเมตร ยาว 370 มิลลิเมตร ทำงานที่ความเร็วรอบของลูกกลิ้งทั้งสอง 202 รอบต่อนาที ไซมอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 746 วัตต์ เป็นต้นกำลังขับเคลื่อนระบบ ระบบส่งกำลังใช้สายพานลิ้มหน้าตัด B (เนื่องจากมีล้อสายพานร่อง B ใช้งานอยู่แล้ว หาซื้อในตลาดได้ทั่วไป) ใช้ล้อสายพานติดบนเพลามอเตอร์ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง(d_p) 76 มิลลิเมตร (3 นิ้ว) และล้อสายพานติดบนเพลาส่งกำลังขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง(D_p) 406 มิลลิเมตร (16 นิ้ว) อัตราทดรอบ 5.34 ระยะห่างระหว่างศูนย์กลางล้อสายพาน ค่าสูงสุดและต่ำสุด 964 และ 337 มิลลิเมตร เลือกใช้ระยะห่างระหว่างศูนย์กลางล้อสายพาน 500 มิลลิเมตร ใช้สายพาน 1,873 มิลลิเมตร จำนวนสายพานที่คำนวณได้ 1.04 เส้น เลือกใช้

สายพานลิม หน้าที่ B จำนวน 2 เส้น ความเร็วของสายพาน 5.77 เมตร/วินาที มุมสัมผัสของสายพาน 143.87 องศา แรงดึงในสายพานขณะส่งกำลัง 129.12 นิวตัน และแรงดึงขั้นต้นในสายพาน 269.88 นิวตัน สำหรับโซ่ส่งกำลัง มีจำนวนฟันของฟันเนียน (Z) มี 15 ฟัน ดัดบนเพลาคับ (n_1) 270 รอบ/นาที มีอัตราทดเท่ากับ (n_w) 1.3 ต้นกำลังในการขับ 746 วัตต์ เลือกใช้โซ่ 1 ชั้น ระยะพิตช์ (p) 12.70 มิลลิเมตร ความเร็วของโซ่ 0.86 เมตร/วินาที แรงในแนวสัมผัส 869.31 นิวตัน แรงย่อยในแนวของข้อโซ่ 0.50 นิวตัน แรงดึงในโซ่ 869.81 นิวตัน ความปลอดภัยในการใช้โซ่ 20.52 ดังนั้น โซ่ที่ใช้ส่งกำลังมีความปลอดภัยที่ยอมรับได้ ค่าความปลอดภัยที่แนะนำไว้ในทางทฤษฎี คือ 7-15 เมื่อเทียบกับโซ่ที่ขายทั่วไป เทียบได้โซ่ เบอร์ 40 คำนวณค่าภาระบนเพลาส่งกำลัง เลือกใช้เพลาสันผ่านศูนย์กลาง 25.4 มิลลิเมตร จุดที่เป็นจุดที่รับภาระสูงสุดคือ จุดรองรับเพลาด้านที่ส่งกำลังด้วยโซ่ ค่าโมเมนต์ดัด (M) 86.96 นิวตัน•เมตร ค่าโมเมนต์บิด (T) 4.91 นิวตัน•เมตร และค่าความแข็งแรงของวัสดุเพลาลูกกลิ้ง (σ_{yt}) 240 เมกะนิวตัน/ตารางเมตร ค่าความปลอดภัยของเพลาคูที่ใช้ได้ (N) 4.43 แสดงว่าเพลาคูที่ใช้ไม่เกิดการเสียหายภายใต้ภาระการใช้งานนี้ (ผนวก ก)

ผลการสร้างต้นแบบและทดสอบเบื้องต้น

ในการศึกษานี้ได้สร้างเครื่องมือแบบลูกกลิ้งบีบตัว ซึ่งมีส่วนประกอบสำคัญ 6 ส่วน

1. โครงสร้างส่วนล่าง เป็นเหล็กกล้าไร้สนิมกล่องขนาด 40 X 40 มิลลิเมตร มีความกว้างฐาน 0.54 เมตร ยาว 0.77 เมตร สูง 0.54 เมตร ด้านข้างขวามือสูงจากพื้น 0.1 เมตร ต่อโครงเหล็กยาวยื่นออกไปประมาณ 0.3 เมตร สำหรับทำเป็นฐานที่ยึดมอเตอร์ (ภาพที่ 2ก)

2. โครงสร้างส่วนบน เป็นเหล็กกล้าไร้สนิมฉากขนาด 40 X 40 มิลลิเมตร หนา 4 มิลลิเมตร ทำเป็นกรอบสี่เหลี่ยม กว้าง 0.41 เมตร ยาว 0.42 เมตร ตั้งขนานกันอยู่บนโครงสร้างส่วนล่าง ภายในพื้นที่สี่เหลี่ยมปิดด้วย แผ่นเหล็กกล้าไร้สนิมขนาด 0.41 X 0.42 เมตร หนา 4 มิลลิเมตร บนแผ่นนี้ มีที่ยึดดัดลูกปืน แผ่นละ 5 ตัว สำหรับติดตั้งเพลาลูกกลิ้งทั้งสี่ลูก เพลาส่งกำลัง และติดตั้งตัวตั้งโซ่ (ภาพที่ 2ก)

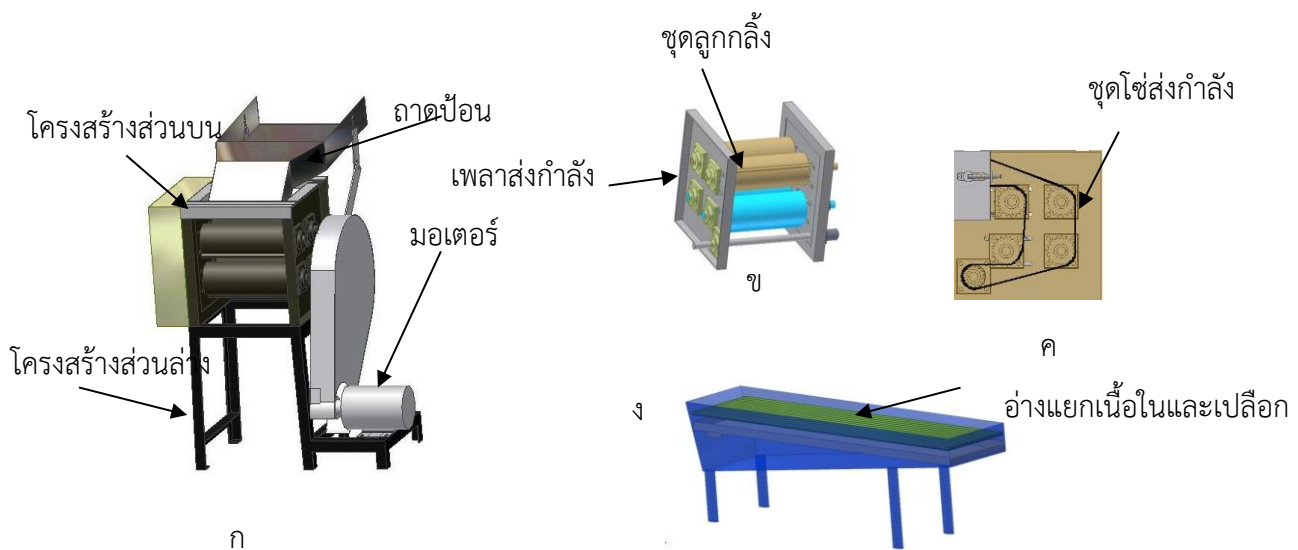
3. ถาดป้อน ทำจากแผ่นเหล็กกล้าไร้สนิม หนา 1 มิลลิเมตร ทำเป็นกลางกว้าง 0.48 เมตร มีขอบด้านข้างสูง 0.10 เมตร ยาว 0.42 เมตร ปลายเรียวลงยาว ออกไป 0.20 เมตร กว้าง 0.31 เมตร ตรงสุดปลายเรียวขอบบนหักปิดลงมา 45 องศา เสมอกับขอบล่าง เป็นช่องทางป้อนลูกตัวลงไปยังชุดลูกกลิ้ง (ภาพที่ 2ง)

4. ลูกกลิ้ง ทำจากท่อเหล็กกล้าไร้สนิม ออกแบบให้มีลูกกลิ้งบีบจำนวนสี่ลูกเส้นผ่านศูนย์กลางนอก 115 มิลลิเมตร ยาว 370 มิลลิเมตร หนา 1.6 มิลลิเมตร แยกออกเป็นสองชุด ชุดบนสองลูกสำหรับบีบนำ ชุดล่างสองลูกสำหรับบีบให้เนื้อในหลุดออกจากเปลือกผล โดยเพลาลูกกลิ้งติดตั้งอยู่กับดัดลูกปืนที่ยึดติดกับโครงสร้างส่วนบน บนผิวลูกกลิ้งทรงกระบอก มีเหล็กกล้าไร้สนิมเส้นสี่เหลี่ยมขนาดหน้าตัด 10 x 10 มิลลิเมตร ติดตลอดตามแนวยาวของลูกกลิ้ง ลูกละ 4 เส้น ทำมุม 90 องศา เมื่อมองจากด้านหน้าตัดทรงกระบอก การทดสอบเบื้องต้น พบว่า เหล็กกล้าไร้สนิมเส้นบนผิวทรงกระบอก กดกระแทกทำให้เนื้อในลูกตัวเสียหายภาพทรง เนื้อในเสียหายมีรอยฉีกขาด หลังจากถอดเหล็กเส้นกล้าไร้สนิมสี่เหลี่ยมออกจากผิวทรงกระบอกแล้ว พบว่าลูกกลิ้งบีบทำงานได้ดีขึ้น แต่เมื่อป้อนลูกตัวลงไป

มากๆ ลูกกลิ้งไม่สามารถดึงลูกตัวลงสู่ช่องบีบอัดได้ เนื่องจากพื้นผิวลูกกลิ้งเรียบ จึงเกิดการสั่นไถลของลูกตัวออกจากลูกกลิ้ง ต่อมาจึงได้แก้ปัญหาโดยการพิมพ์ลายบนผิวทรงกระบอก ลักษณะเป็นลายเส้นยาวรอบพื้นผิวตามความยาวทรงกระบอกของลูกกลิ้ง เพื่อเพิ่มความฝืดบนพื้นผิวจากการทดสอบ พบว่า หากทำการป้อนตัวต่อเนื่องจำนวนมาก แม้ลูกตัวสามารถผ่านลูกกลิ้งคู่บน สำหรับบีบนำ แต่จะไปติดค้างที่ลูกกลิ้งคู่ล่างที่ทำหน้าที่บีบให้เนื้อในหลุดออกจากเปลือกผล ปัญหานี้แก้ได้โดยใช้เหล็กกล้าไร้สนิมเส้นหน้าตัดสี่เหลี่ยม 5×5 มิลลิเมตร ติดบนผิวนอกของลูกกลิ้งลูกละหนึ่งเส้น เมื่อทำการทดสอบบีบเนื้อในตัว พบว่า สามารถแก้ปัญหาการติดค้างของลูกตัวได้เป็นอย่างดี ตัวที่ถูกบีบแล้วตกมาที่อ่างแยกเนื้อในและเปลือก (ภาพที่ 2ข)

5. อ่างแยกเนื้อในและเปลือก ทำจากแผ่นเหล็กกล้าไร้สนิมหนา 1 มิลลิเมตร เมื่อมองด้านบนเป็นสี่เหลี่ยมกว้าง 0.39 เมตร ยาว 0.80 เมตร มองด้านข้างเป็นสี่เหลี่ยมด้านขนาน ด้านบนยาว 0.80 เมตร ซ้ำสูง 0.10 กับ 0.22 เมตร และ ขอบด้านล่างยาว 0.85 เมตร จากขอบด้านบนลึกลงมา 60 มิลลิเมตร มีตระแกรงแยกเปลือกมีลักษณะเป็นซี่เหล็กเส้นกลมขนาด 5 มิลลิเมตร ระยะห่างกัน 15 มิลลิเมตร แนวยาวเท่ากับความยาวภายในของอ่าง ความกว้างเท่ากับความกว้างภายในของอ่าง ถัดลงมาอีก 20 มิลลิเมตร เป็นตระแกรงแยกเนื้อในตัว ขนาด กว้าง 0.38 เมตร ยาว 0.79 เมตร ทำจากแผ่นตระแกรงเหล็กกล้าไร้สนิมมีรูตระแกรงเส้นผ่านศูนย์กลาง 8 มิลลิเมตร ในอ่างแยกเนื้อในและเปลือก มีตระแกรงสองชั้น ชั้นบนใช้แยกเปลือกออกจากเนื้อ ส่วนชั้นล่างใช้รองรับส่วนเนื้อตัว (ภาพที่ 1ง)

6. ระบบส่งกำลังใช้สายพานร่อนปีจำนวนสองเส้น ส่งกำลังจากมอเตอร์ 746 วัตต์ ผ่านล้อสายพานเส้นผ่านศูนย์กลาง 76 มิลลิเมตร ไปที่ล้อสายพานเส้นผ่านศูนย์กลาง 406 มิลลิเมตร ที่ติดอยู่บนเพลาส่งกำลังและปลายอีกด้านของเพลามีเฟืองโซ่ 15 ฟัน ส่งกำลังไปยังเพลาลูกกลิ้งทั้งสี่ลูกที่ติดเฟืองโซ่ 20 ฟัน ในการส่งกำลังใช้โซ่เบอร์ 40 ได้ออกแบบการวางตำแหน่งให้ลูกกลิ้งสามารถเลื่อนเข้าชิดหรือห่างกันได้ในแนวราบ และการวางระบบโซ่ส่งกำลังออกแบบให้ส่งกำลังขับเคลื่อนให้ลูกกลิ้งชุดบนสองลูกและชุดล่างสองลูก แต่ละลูกมีทิศทางการหมุนของลูกกลิ้งสวนทางกัน (ภาพที่ 1ค)



ภาพที่ 2 ก เครื่องมือแบบลูกกลิ้งบีบตัว ข ชุดลูกกลิ้ง ค ชุดโซ่ส่งกำลัง ง อ่างแยกเนื้อในและเปลือก

จากนั้นได้ทำการทดสอบหาความเร็วรอบที่เหมาะสม 3 ระดับ โดยการเปลี่ยนขนาดล้อยายพานที่ติดอยู่บนเพลาส่งกำลัง คือ

1. ใช้ล้อยายพานขนาด 305 มิลลิเมตร (12 นิ้ว) ติดตรงเพลาส่งกำลัง ทำให้ลูกกลิ้งมีความเร็วรอบ 276 รอบ/นาที พบว่าผลของเนื้อในที่ได้ มีเนื้อในที่ฉีกขาดหรือปนออกมา 10 เปอร์เซ็นต์ (ภาพที่ 3ก)
2. ใช้ล้อยายพานขนาด 356 มิลลิเมตร (14 นิ้ว) ติดตรงเพลาส่งกำลัง ทำให้ลูกกลิ้งมีความเร็วรอบ 235 รอบ/นาที พบว่าผลของเนื้อในที่ได้ มีเนื้อในที่ฉีกขาดหรือปนออกมา 5 เปอร์เซ็นต์ (ภาพที่ 3ข)
3. ใช้ล้อยายพานขนาด 406 มิลลิเมตร (16 นิ้ว) ติดตรงเพลาส่งกำลัง ทำให้ลูกกลิ้งมีความเร็วรอบ 202 รอบ/นาที พบว่าผลของเนื้อในที่ได้ ไม่มีเนื้อในที่ฉีกขาด (ภาพที่ 3ค)

ผลการทดสอบนี้ ทำให้สามารถเลือกใช้ความเร็วที่เหมาะสมได้คือ ความเร็ว 202 รอบต่อนาที โดยล้อยายพานที่ติดบนเพลามอเตอร์มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 76 มิลลิเมตร กับล้อยายพานที่ติดบนเพลาส่งกำลังมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 406 มิลลิเมตร เลือกความเร็วรอบนี้เพราะจากผลการทดสอบโดยการตรวจพินิจด้วยสายตาจากผลของเนื้อในที่ได้ ไม่มีเนื้อในที่ฉีกขาดปะปนออกมาด้วย (ภาพที่ 3ค)



ก



ข



ค

ภาพที่ 3 ก เนื้อในที่ฉีกขาดที่ความเร็วรอบลูกกลิ้ง 276 รอบ/นาที ข เนื้อในที่ฉีกขาดที่ความเร็วรอบลูกกลิ้ง 235 รอบ/นาที ค เนื้อในที่สมบูรณ์ที่ความเร็วรอบลูกกลิ้ง 202 รอบ/นาที

ผลการทดสอบเครื่องมือแบบลูกกลิ้งบีบตัว

การทดสอบเครื่องมือแบบลูกกลิ้งบีบตัว(ภาพที่ 4ก) ทั้ง 2 วิธี ได้แก่ การทดสอบบีบเอาเนื้อในตำวโดยไม่ตัดข้าวและการบีบเอาเนื้อในตำวโดยตัดข้าว (ภาพที่ 4ข,ค) ทั้งสองวิธีตั้งระยะห่างระหว่างจุดศูนย์กลางลูกกลิ้งชุดบน 135 มิลลิเมตร กับตั้งระยะห่างระหว่างจุดศูนย์กลางลูกกลิ้งชุดล่าง 125 มิลลิเมตร ได้ผลการทดสอบคือ ผลการทดสอบบีบเอาเนื้อในตำวโดยตัดหัวพบว่า น้ำหนักตัวอย่างเฉลี่ย 2048.6 กรัม ใช้เวลาในการบีบเฉลี่ย 17 วินาที ได้ปริมาณเนื้อในเฉลี่ย 420.7 กรัม คิดเป็นปริมาณเนื้อในต่อผล 20.6 เปอร์เซ็นต์ ความสามารถในการบีบ 442.5 กิโลกรัม/ชั่วโมง ผลตำวที่บีบเนื้อในออกหมด 83 เปอร์เซ็นต์ ผลการทดสอบบีบเอาเนื้อในตำวโดยไม่ตัดข้าวผล พบว่า น้ำหนักตัวอย่างเฉลี่ย 2083.6 กรัม ใช้เวลาในการบีบเฉลี่ย 15.9 วินาที ได้ปริมาณเนื้อในเฉลี่ย 435.3 กรัม (ภาพที่ 4ง) คิดเป็นปริมาณเนื้อใน

ต่อผล 20.9 เปอร์เซ็นต์ ความสามารถในการบีบ 485.7 กิโลกรัม/ชั่วโมง และผลตาวที่บีบเนื้อในออกหมด 90 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 ความสามารถของเครื่องมือบีบเอาเนื้อในผลตาวแบบลูกกลิ้ง

วิธีทดสอบ	น้ำหนักผล (กรัม)	เวลาที่ใช้ (วินาที)	น้ำหนักเนื้อ ใน (กรัม)	ปริมาณเนื้อใน (เปอร์เซ็นต์)	ประสิทธิภาพ (กิโลกรัม/ชั่วโมง)
บีบตาวโดยตัดข้าว	2048.6±76.1	17±2.1	420.7±41.2	20.6±2.3	442.5±44.8
บีบตาวโดยไม่ตัดข้าว	2083.5±35.8	15.9±3.3	435.3±39.5	20.9±2.0	485.7±81.6



ก



ข



ค



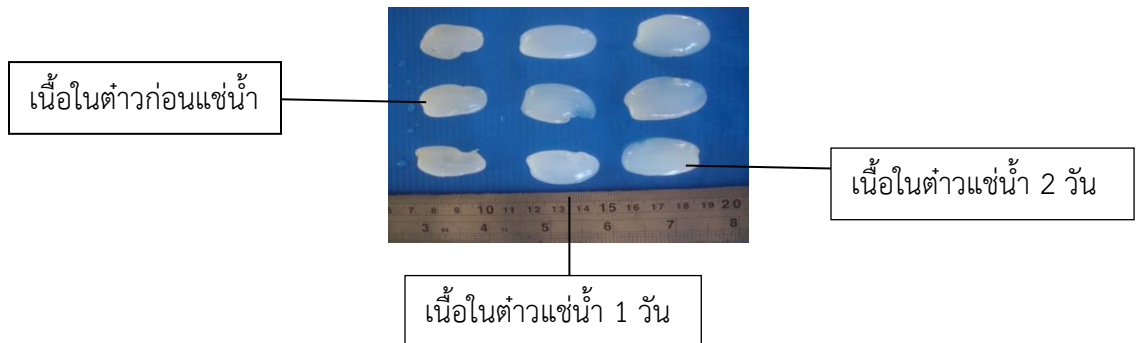
ง

ภาพที่ 4 ก การทดสอบเครื่องมือแบบลูกกลิ้งบีบตาว ข ผลตาวตัดข้าวและไม่ตัดข้าวที่ใช้ในการบีบทดสอบ ค ภาพบนผลตาวตัดข้าวและภาพล่างผลตาวไม่ตัดข้าวหลังบีบเอาเนื้อในแล้ว ง เนื้อในตาวที่ได้จากการบีบ

การทดสอบหาอัตราการเพิ่มขึ้นของน้ำหนักและปริมาตร (ภาพที่ 5) พบว่า เนื้อในตาวที่บีบออกมาได้เรียกว่า เนื้อในตาวแห้ง เมื่อนำไปแช่น้ำ 1 วัน มีน้ำหนักเพิ่มขึ้นจากเดิมที่บีบได้ 51.97 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตรเพิ่มขึ้นจากเดิมที่บีบได้ 52.30 เปอร์เซ็นต์ และในวันที่ 2 มีน้ำหนักเพิ่มขึ้นจากเดิมที่บีบได้ 54.70 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตรเพิ่มขึ้นจากเดิมที่บีบได้ 55.64 เปอร์เซ็นต์ และในวันที่สามเนื้อในตาวมีน้ำหนักและปริมาตรเพิ่มขึ้นอีก 2 เปอร์เซ็นต์ และในวันที่สี่เนื้อในตาวมีน้ำหนักและปริมาตรเท่าเดิมกับวันที่สาม (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 น้ำหนักและปริมาตรเนื้อในตาวที่เพิ่มขึ้นจากการแช่น้ำ

	น้ำหนักเนื้อในเพิ่มขึ้น (เปอร์เซ็นต์)		ปริมาตรเนื้อในที่เพิ่มขึ้น (เปอร์เซ็นต์)	
	1 วัน	2 วัน	1 วัน	2 วัน
ค่าเฉลี่ย	51.97±7.1	54.70±6.4	52.30±7.0	55.64±10.2



ภาพที่ 5 ด้านซ้ายเนื้อในตำวก่อนแช่น้ำ กลางหลังแช่น้ำ 1 วัน และขวาหลังแช่น้ำ 2 วัน

- วิจัยรณผลการทดสอบ

จากผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่าการบีบเอาเนื้อในตำวโดยไม่ตัดขั้วดีกว่าตัดขั้ว เมื่อเทียบความสามารถในการบีบ และผลตำวที่บีบเนื้อในออกหมด อีกทั้งการบีบเอาเนื้อในตำวโดยไม่ตัดขั้วช่วยลดขั้นตอนการทำงานที่ต้องใช้แรงงานในการตัดขั้วลงได้อีก นับว่าเป็นผลดีต่อการปฏิบัติงานสาเหตุที่การบีบตำวโดยไม่ตัดขั้วดีกว่าตัดขั้ว เพราะผลตำวที่ไม่ตัดขั้ว มีขั้วเป็นตัวต้านการกลิ้งของผลตำวในแนวขั้วกับท้ายผล ทำให้ผลตำวที่กลิ้งลงไปในช่วงระหว่างลูกกลิ้งเป็นการกลิ้ง ในแนวอนที่ขั้วผลกับท้ายผลขนานกับแนวยาวของลูกกลิ้ง เป็นแนวที่ต้องการให้ลูกกลิ้งบีบตำวตามความคาคดหมายในการออกแบบเครื่องมือบีบแบบลูกกลิ้ง ทำให้ได้ผลการบีบดีกว่าการบีบโดยตัดขั้ว เนื่องจากผลตำวที่ตัดขั้ว ผลตำวเกิดความไม่สมดุลที่ปลายด้านที่ตัดขั้วกับท้าย และปลายที่ตัดเป็นแนวระนาบ ทำให้การกลิ้งของผลตำวกลิ้งเป็นไปได้อย่างขึ้น ต้องใช้มือช่วยเขี่ยผลตำวที่ระนาบที่ตัดขั้วไปตั้งอยู่บนถาดป้อน ทำให้ผลตำวที่ถูกบีบโดยลูกกลิ้งมีแนวการบีบที่มีความแปรปรวนสูง แต่เหตุที่ค่าประสิทธิภาพผลการบีบทั้งสองวิธีไม่ต่างกันมากนัก เพราะตำวที่ตัดขั้วแล้วสามารถบีบให้เนื้อในไหลออกมาได้ง่ายกว่าตำวที่ไม่ตัดขั้ว แต่ไม่ว่าจะตัดหรือไม่ตัดขั้ว การใช้เครื่องมือแบบลูกกลิ้งบีบตำวสามารถหุนแรงได้เป็นอย่างดี หากพิจารณาเปรียบเทียบกับกรบีบโดยวิธีที่ชาวบ้านใช้เครื่องมือแบบไม้บีบจะเห็นได้ว่ากรใช้เครื่องมือแบบลูกกลิ้งบีบตำว สามารถบีบได้เร็วกว่าประมาณ 24 เท่า เมื่อพิจารณาผลตำวที่บีบจะถูกแยกเนื้อออกจากเปลือกได้เกือบทั้งหมด คือ การบีบตำวแบบทำการตัดขั้วก่อนเข้าเครื่องบีบสามารถแยกเนื้อในออกจากเปลือกได้ 83 เปอร์เซ็นต์ (มีเนื้อติดค้างอยู่กับเปลือก 17 ผล ใน 100 ผล) ส่วนการบีบโดยไม่ตัดขั้วผลสามารถแยกเนื้อในออกจากเปลือกได้มากถึง 90 เปอร์เซ็นต์ แสดงว่าการบีบตำวโดยไม่ตัดขั้วเป็นวิธีการที่ดีกว่าการตัดขั้ว เนื่องจากประหยัดเวลาและแรงงานในการตัดขั้วผล เมื่อพิจารณาในเรื่องความคุ้มทุนในส่วนองราคาเครื่องบีบตำวแบบลูกกลิ้ง 78,000 บาท หากใช้งานในการบีบตำวไม่คิดในส่วนค่าแรงก็จะมีจุดคุ้มทุนที่การบีบตำว 7,464 กิโลกรัมผล ซึ่งจะได้เนื้อตำว 1,560 กิโลกรัม คำนวณจากราคาจำหน่ายที่ กิโลกรัมละ 50 บาท เทียบได้กับการใช้งานบีบตำวอย่างต่อเนื่องประมาณ 2 วัน

9. สรุปผลการทดลอง

การสำรวจลักษณะทางกายของตำว พบว่า ลักษณะทางกายภาพของผลตำว ในด้านขั้วและท้ายผล มีลักษณะใกล้เคียงกับสามเหลี่ยมด้านเท่า ตรงปลายเหลี่ยมทั้งสามโค้งมน ด้านข้างผลภาพคล้ายทรงกระบอก สามเหลี่ยมที่ปลายโค้งมน คลายกับภาพทรงไข่ปลายตัดทั้งด้านขั้วและด้านท้ายผล ในการสุ่มวัดขนาดผลตำว มีเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย 33.6 ± 1.4 มิลลิเมตร น้ำหนักเฉลี่ยกิโลกรัมละ 48 ผล ค่าเทียบความกลมของผลตำว 88.8 ± 1.9 เปอร์เซ็นต์ จึงได้สร้างเครื่องมือแบบลูกกลิ้งบีบตำว ซึ่งมีส่วนประกอบสำคัญ 6 ส่วน คือ โครงสร้างส่วนล่าง โครงสร้างส่วนบน ถาดป้อน ชุดลูกกลิ้ง ระบบส่งกำลังพร้อมต้นกำลังใช้มอเตอร์ไฟฟ้า 746 วัตต์ และอ่างแยกเนื้อใน จากเปลือก ในการทดสอบ 2 วิธี พบว่า การบีบเอาเนื้อในตำวโดยตัดขั้ว สามารถบีบได้ 442.3 กิโลกรัม/ชั่วโมง ผลตำวที่บีบเนื้อในออกหมด 83 เปอร์เซ็นต์ และการบีบเอาเนื้อในตำวโดยไม่ตัดขั้ว สามารถบีบได้ 485.7 กิโลกรัม/ชั่วโมง ผลตำวที่บีบเนื้อในออกหมด 90 เปอร์เซ็นต์ จากการทดสอบแสดงว่าการบีบเอาเนื้อในตำวโดยไม่ตัดขั้วเป็นวิธีการที่ดีกว่าการบีบเอาเนื้อในตำวโดยการตัดขั้ว

10. การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

โครงการศูนย์ฟ้าพัฒนาฯ และเกษตรกรผู้ปลูกตำว บ้านสบมาง ตำบลภูฟ้า อำเภอปงเปือย จังหวัดน่าน ได้นำไปใช้บีบเอาเนื้อในตำว

เผยแพร่ ทางหนังสือพิมพ์ฐานน่าน “เรื่อง เผยนวัตกรรมเครื่องหนีบตำว สนองพระราชดำริ ใช้งานได้จริงแล้ว” ปีที่ 12 ฉบับที่ 321 ประจำวันที่ 16-31 มีนาคม 2557 และเผยแพร่ในการประชุมวิชาการ เรื่อง การศึกษาทดสอบเครื่องมือบีบตำวแบบลูกกลิ้ง เสนอในการประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย ระดับชาติ ครั้งที่ 15 ประจำปี 2557 ระหว่าง วันที่ 2-4 เมษายน 2557 ณ โรงแรมกรุงศรีริเวอร์ จ.อยุธยา

11. คำขอบคุณ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ นายอุทัย นพคุณวงศ์ ผอ. สวพ. 1, นายนิพัฒน์ สุขวิบูลย์ รักษาการ ผชช. การจัดการผลิตพืชที่เหมาะสมกับพื้นที่ภาคเหนือตอนบน สวพ. 1, นายคณิศร์ศักดิ์ เจริญนัยกุล รักษาการ ผชช. ด้านวิศวกรรมเกษตร ที่ชี้ประเด็นการวิจัยพร้อมให้ข้อเสนอแนะในการปรับปรุงเครื่องต้นแบบ ขอขอบคุณทีมงานทุกคนของศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมเชียงใหม่ที่มีส่วนช่วยในการดำเนินงานสร้างต้นแบบและทดสอบงานนี้แล้วเสร็จ และขอขอบคุณเจ้าหน้าที่โครงการศูนย์ฟ้าพัฒนาฯ รวมทั้งเกษตรกรผู้ปลูกตำว บ้านสบมาง ตำบลภูฟ้า อำเภอปงเปือย จังหวัดน่าน ที่ให้ความช่วยเหลือในการประสานงาน การปฏิบัติงานในการทดสอบเครื่องต้นแบบในพื้นที่และให้คำแนะนำเป็นอย่างดีจนงานนี้แล้วเสร็จ

12. เอกสารอ้างอิง

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

- วิลาสลักษณ์ ว่องไว และนิพัฒน์ สุขวิบูลย์. 2556. การผลิตตัวของเกษตรกรในจังหวัดน่าน. วารสารวิจัยและ
พัฒนาการเกษตร สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตร เขตที่ 1 ปีที่14 3: 8-12
- วรวิทย์ อึ้งภากรณ์ และชาญ ญัตติงาน. 2556. การออกแบบเครื่องจักรกล 2. บริษัท ซีเอ็ดดูเคชั่น จำกัด(มหาชน)
กรุงเทพฯ 451 หน้า
- อภิวัฒน์ คำสิงห์. 2554. ตัว พืชเฉพาะถิ่นนครน่านหนึ่งของดีแปรสภาพได้. เกษตรมหัศจรรย์ มติชนออนไลน์
แหล่งที่มา [www. matichon.co.th](http://www.matichon.co.th) 19 สิงหาคม 2554

13. ภาคผนวก (ก)

การคำนวณค่าออกแบบในทางทฤษฎี ชิ้นส่วนที่สำคัญของเครื่องมือบีบตัวแบบลูกกลิ้ง

ในการออกแบบสร้างเครื่องมือแบบลูกกลิ้งบีบตัวใช้มอเตอร์ขนาด 0.746 กิโลวัตต์ การส่งกำลังใช้
สายพานลิ้ม เพลาส่งกำลัง และโซโรลเลอร์ ในการออกแบบได้คำนวณค่าทางทฤษฎีต่างๆ ตัวประกอบแก้ไข และ
สมการที่ใช้ในการคำนวณ ใช้จากตำราการออกแบบเครื่องจักรกล 2 (วรวิทย์ และชาญ 2556)

เลือกใช้สายพานลิ้มหน้าตัด B เนื่องจากมีล้อสายพานร่อง B ใช้งานอยู่แล้ว หาซื้อในตลาดได้ทั่วไป
เลือกใช้ล้อสายพานล้อเล็กขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง (d_p) 76 มม (3 นิ้ว) และล้อสายพานใหญ่ขนาดเส้นผ่าน
ศูนย์กลาง(D_p) 406 มม (16 นิ้ว)

$$\text{อัตราทด } m_w = D_p / d_p = n_1 / n_2 = 406 / 76 = 5.34$$

คำนวณระยะห่างระหว่างศูนย์กลางล้อสายพาน ค่าสูงสุดและต่ำสุด คือ

$$C_{\max} = 2(d_p + D_p) = 2(76 + 406) = 964 \text{ มม}$$

$$C_{\min} = 0.7(d_p + D_p) = 0.7(76 + 406) = 336.7 \text{ มม}$$

ทดสอบลองเลือกใช้ $C = 500$ มม

หาความยาวพิตซ์โดยประมาณ

$$L_p = 2C + 1.57(D_p - d_p) + (D_p - d_p)^2 / 4C$$

$$L_p = 2(500) + 1.57(406 + 76) + (406 + 76)^2 / 4(500) = 1872.90 \text{ มม}$$

เลือกใช้สายพาน 1873 มม

คำนวณระยะห่างระหว่างศูนย์กลาง เพื่อหาค่าแก้ไขส่วนโค้ง

$$C \approx p + (p^2 - q)^{1/2}$$

$$P \approx 0.25 L_p - 0.393(D_p + d_p)$$

$$P \approx 0.25(1873) - 0.393(406 + 76) = 278.82$$

$$q = 0.125(D_p - d_p)^2 = 0.125(406 - 76)^2 = 13612.5$$

แทนค่ากลับหาค่า $C = 532.06$ มม

$$\text{หาค่า } (D_p - d_p) / C = (406 - 76) / 532.06 = 0.620$$

จากตาราง 10.21 ได้ตัวประกอบแก้ไขส่วนโค้ง $N_a = 0.89$

จากตาราง 10.25 เลือกค่า $L_p = 1842$ มม ได้ตัวประกอบแก้ไขความยาวสายพาน

$$N_l = 0.95$$

สำหรับล้อสายพาน 76 มม อัตราทด 5.4 และ $n_1 = 1450$ rpm (เทียบเคียงจากล้อสายพาน A)

ได้ $P_R = 0.95$ การคำนวณหาจำนวนเส้นสายพานลิมที่ใช้

$$Z = \frac{w_p \times N_s}{P_R \times N_a \times N_l}$$

$$Z = 0.746 \times 1.2 / 0.95 \times 0.95 \times 0.95 = 1.04 \text{ เส้น}$$

เลือกใช้สายพานลิม หน้าตัด B จำนวน 2 เส้น

คำนวณหาค่ามุมสัมผัสของสายพาน

$$\alpha_1 = \pi - 2 \sin^{-1}(D_p - d_p / 2C)$$

$$\alpha_1 = \pi - 2 \sin^{-1}(406 - 76 / 2 \times 532.06) = 143.87 \text{ องศา}$$

คำนวณความเร็วของสายพาน $v = \pi d_p n$

$$v = \pi \times 76 \times 1450 / 1000 \times 60 = 5.77 \text{ เมตร/วินาที}$$

แรงดึงในสายพานขณะส่งกำลัง $F = W_p / v$

$$F = 0.746 \times 1000 / 5.77 = 129.12 \text{ นิวตัน}$$

$k_1 = 2$ (ตัวประกอบการใช้งาน ในกรณี งานหนัก แรงกระตุก)

$k_2 = 0.385$ (ตัวประกอบหน้าตัดสายพาน B)

แรงดึงขั้นต้นในสายพาน

$$F_i = (k_1 F + Z k_2 v^2) \sin \infty / 2$$

$$F_i = (2 \times 129.12 + 2 \times 0.385 \times 33.29) \times 0.9507 = 269.88 \text{ นิวตัน}$$

คำนวณหาขนาดโซ่ มีจำนวนฟันของฟันเนียน (Z) มี 15 ฟัน เพลาขับ (n_1) 270 รอบ/นาที มีอัตราทดเท่ากับ (n_w) 1.3

ต้นกำลังในการขับ 0.746 กิโลวัตต์

จากตาราง 11.5 ตัวประกอบใช้งานสำหรับแรงกระทำ เลือกแรงกระทำกระตุกปานกลาง $N_s = 2.53$

กำลังที่ใช้เลือกขนาดโซ่

$$P = W_p \times N_s = 0.746 \times 1000 \times 2.53 = 1884.85 \text{ วัตต์}$$

จากตาราง 11.18 เลือกใช้โซ่ 1 ชั้น ระยะพิตช์ (p) 12.70 มิลลิเมตร

ตรวจสอบความสามารถในการรับแรงของโซ่

หาค่าความเร็วของโซ่

$$v = pZn = 0.0127 \times 15 \times 270 / 60 = 0.857 \text{ เมตร/วินาที}$$

แรงในแนวสัมผัส

$$F_t = W_p/v = 746/0.857 = 869.31 \text{ นิวตัน}$$

แรงย่อยในแนวของข้อโซ่ $w/g = 0.68$ กิโลกรัม/เมตร

$$F_{ct} = ww^2/g = 0.68 \times 0.857^2 = 0.499 \text{ นิวตัน}$$

แรงดึงในโซ่

$$F = F_t + F_{ct} = 869.31 + 0.499 = 869.809 \text{ นิวตัน}$$

ค่าความปลอดภัยในการใช้โซ่ ($F_b = 17.85$ กิโลนิวตัน จากตารางที่ 11.1)

$$N_b = F_b/F = 17.85/0.8698 = 20.52$$

ดังนั้น โซ่ที่ใช้ส่งกำลังมีค่าความปลอดภัยที่ยอมรับได้ ค่าความปลอดภัยที่แนะนำไว้ในทางทฤษฎี คือ 7-15 เมื่อเทียบเคียงกับโซ่ที่ขายทั่วไป เทียบได้โซ่ เบอร์ 40

คำนวณค่าการบนเพลาส่งกำลัง เลือกใช้เพลาสี้นผ่านศูนย์กลาง 25.4 มิลลิเมตร จุดที่เป็นจุดที่รับภาระสูงสุด คือ จุดรองรับเพลาด้านที่ส่งกำลังด้วยโซ่ ค่าโมเมนต์ดัด (M) 86.96 นิวตัน•เมตร ค่าโมเมนต์บิด (T) 4.906 นิวตัน•เมตร และค่าความแข็งแรงของวัสดุเพลาลูกเหล็ก (σ_{yt}) 240 เมกกะนิวตัน/ตารางเมตร หาค่าความปลอดภัยของเพลาลูกเหล็ก (N) ได้จากสมการข้างล่าง

$$\sigma_{yt}/N = 16 (4M^2 + 3T^2)^{1/2} / \pi d^3$$

$$N = 240 \times 10^6 \times 3.14 \times 0.0254^3 / 16 (4 \times 86.98^2 + 3 \times 4.906^2)^{1/2} = 4.43$$

เพลาลูกเหล็กที่ใช้ไม่เกิดการเสียหายภายใต้ภาระการใช้งานนี้