

การออกแบบสร้างและทดสอบเครื่องปอกมะพร้าวชนิดมือโยก

Design, Manufacturing and Testing

of the Manually Operated Coconut Dehusking Machine

มงคล กวางวโรภาส¹
Mongkol Kwangwaropas

ABSTRACT

The manually operated coconut dehusking machine consists of four main parts ie., the frame, the lever mechanism, the dehusking mechanism, and the lifting mechanism. Two persons are required to work synchronously. One operate the transporting mechanism and lifting mechanism in conjunction with the dehusking mechanism while the other pick up, turning, and handling coconuts. Maximum pushing force on lever is 25 kilograms for the first dehusking and reduced to 12 kilograms for dehusking the last portion of fibrous. Average dehusking speed is 30-35 seconds per coconut. Total dehusking cost is about 0.21 Baht per coconut.

บทคัดย่อ

เครื่องปอกเปลือกมะพร้าวแกงชนิดมือโยกประกอบด้วยส่วนสำคัญสี่ส่วนคือ โครงเครื่องชุดกลไกคันโยก ชุดกลไกฉีกเปลือกมะพร้าวและชุดกลไกส่งลูกมะพร้าว ในการทำงานจะใช้ผู้ปฏิบัติงาน 2 คนทำร่วมกัน โดยคนหนึ่งจะเหี่ยยบคันส่งลูกมะพร้าวขึ้นสู่ใบมีดฉีกเปลือก แล้วกดคันดยกเพื่อถ่างใบมีดออก อีกคนหนึ่งจะหยิบลูกมะพร้าววางบนแป้นแล้วคอยพลิกลูก แรงกดคันโยกสูงสุดขณะเริ่มฉีกเปลือกเท่ากับ 25 กิโลกรัม และค่อยๆ ลดลง จนกระทั่งเหลือ 12 กิโลกรัม ในการฉีกเปลือกเสร็จสุดท้าย ความเร็วในการปอกต่อเนื่องประมาณ 30-35 วินาทีต่อการปอก 1 ลูก ต้นทุนในการปอกโดยคิดค่าแรงรวมกับค่าสึกหรอประมาณ 21 สตางค์ต่อการปอก 1 ลูก

ความหมายของคำสัญลักษณ์

- a_1 = ระยะตามแนวราบจากจุดที่มีแรงกดคันโยกไปยังจุดหมุน O_1 , มม
 a_2 = ระยะระหว่างจุดหมุนไปยังสลัก C_1 , มม
 a_3 = ระยะระหว่างสลัก C_1 ไปยังสลัก C_2 , มม
 a_4 = ระยะระหว่างสลัก C_2 ไปยังจุดหมุน O_2 , มม
 C_1 = เป็นสลักของปลายแขนโมเมนต์ตอนที่ 1 ที่เคลื่อนในร่อง (slot) ของแขนโมเมนต์ตอนที่ 2
 C_2 = เป็นสลักที่หัวเพลากลมที่เคลื่อนที่ในร่อง (slot) ของแขนโมเมนต์ตอนที่สอง
 C_3 = สลักยึดเพลากลมกับแขนส่งกำลัง (coupler)
 F_1 = แรงที่กดคันโยก, กก.
 F_2 = แรงกดที่สลัก C_1 , กก.
 F_3 = แรงที่สลัก C_1 ดันปลายแขนโมเมนต์ตอนที่สอง, กก.
 F_4 = แรงที่สลัก C_2 ดึงเพลากลม, กก.

¹ ภาควิชาวิศวกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Dept. of Agricultural Engineering Faculty of Engineering, Kasetsart University, Bangkok 10900, Thailand.

- F_5 = แรงที่เพลากลมดึงสลัก C_3 , กก.
 F_6 = แรงดันในแขนส่งกำลัง (coupler), กก.
 F_7 = แรงต้านทานของก้ามมะพร้าว, กก.
 L_1 = ระยะระหว่างจุดยึดของแขนส่งกำลังกับขาใบมีดมายังจุด O_3 , มม.
 L_2 = ระยะในแนวตั้งจากระหว่างจุด O_3 ไปยังแนวแรง F_7 , มม.
 O_1 = จุดหมุนของแขนโมเมนต์ตอนที่ 1
 O_2 = จุดหมุนของแขนโมเมนต์ตอนที่ 2
 O_3 = จุดหมุนของขาใบมีดฉีกเปลือก
 α = มุมระหว่างเพลากลมกับแขนส่งกำลัง, องศา
 β = มุมระหว่างแขนส่งกำลังกับขาใบมีดฉีกเปลือก

คำนำ

ผลผลิตมะพร้าวภายในประเทศมีประมาณ 600-700 ล้านผลต่อปี ส่วนใหญ่ใช้บริโภคสด เช่น ทำน้ำกะทิ สำหรับปรุงอาหาร ที่เหลือใช้ทำเนื้อมะพร้าวแห้งเพื่อป้อนโรงงานน้ำมันมะพร้าว และแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อื่นๆ เช่น เนยเทียม สบู่ และเครื่องสำอางค์ ตลอดจนเวชภัณฑ์ต่างๆ ขั้นตอนแรกสุดในกระบวนการบริโภคมะพร้าวและทำผลิตภัณฑ์จากมะพร้าวคือ การปอกเปลือกออกจากกะลา ซึ่งเป็นงานที่ยากลำบาก และอาจเกิดอันตรายได้ หากผู้ปอกไม่มีความชำนาญพอหรือเผลอเรอแม้เพียงชั่วขณะหนึ่งเนื่องจากการปอกมะพร้าวเกือบทั้งหมดยังทำด้วยแรงงานคนโดยมีอุปกรณ์และวิธีในการปอกดังนี้คือ

1. ใช้มีสับกบแล้วจัด
 2. ใช้เครื่องมือที่มีลักษณะเป็นคีมปากแบนคล้ายปากเปิดที่แหลมคม มีด้ามยาว ใช้แทงเข้าไปในเปลือกแล้วถ่างปากออก วิธีนี้อาจเกิดอันตรายโดยคีมอาจพลาดไปแทงถูกมือของผู้ที่จับลูกมะพร้าวในขณะที่กำลังปอก
 3. ใช้เครื่องมือที่มีลักษณะเป็นเหล็กแหลมคมคล้ายใบหอก หงายด้านคมขึ้น ผู้ปอกจะใช้สองมือจับลูกมะพร้าวกระแทกลงบนใบหอกแล้วบิด ต้องทำ 4-5 ครั้งต่อการปอก 1 ลูก วิธีนี้อาจมีอันตรายโดยเฉพาะถ้าไม่ชำนาญ เนื่องจากต้องยืนคร่อมใบหอกในขณะที่ปอก
- สมศักดิ์ (2530) ได้ประดิษฐ์เครื่องปอกมะพร้าว

ชนิดใช้มือโยกขึ้นเป็นครั้งแรก สามารถทำงานได้ระดับหนึ่ง การปอกใช้วิธีส่งหัวลูกมะพร้าวขึ้นสู่ใบมีดฉีกเปลือกแล้วกดคันโยกให้ชุดใบมีดอัดออก ปัญหาของเครื่องนี้คือ จะต้องส่งลูกมะพร้าวขึ้นไปอย่างแรง เพื่อให้ชุดใบมีดฉีกเปลือกฝังลึกลงไปบนเปลือกมะพร้าว ในขณะที่เปลือกกะลามะพร้าวมักพลิกและติดไปกับเปลือกด้านหนึ่ง ทำให้ฉีกได้ไม่หมด อาจต้องทำซ้ำ 2-3 ครั้ง และต้องใช้แรงในการดึงเปลือกออกในภายหลังค่อนข้างมาก การฉีกเปลือกที่ทำกันทั่วไปใช้อุปกรณ์คล้ายคีมถ่างปากด้ามยาว ดังแสดงใน Plate 1

งานวิจัยนี้ จึงดำเนินการขึ้นเพื่อศึกษา ออกแบบ สร้าง และทดสอบเครื่องปอกมะพร้าวชนิดใช้มือโยก เพื่อช่วยให้ทุ่นแรงและลดอันตรายในการปอกเปลือกมะพร้าวแก่

อุปกรณ์และวิธีการ

เนื่องจากงานวิจัยนี้เป็นการศึกษา ออกแบบ สร้าง และทดสอบ ดังนั้นจึงดำเนินการอย่างเป็นขั้นตอนตามลำดับดังนี้คือ

1. การออกแบบ

ได้ออกแบบเครื่องปอกมะพร้าวทั้งชุดขึ้นมา ประกอบด้วยส่วนสำคัญ 4 ส่วนคือ

1. โครงเครื่อง ทำด้วยเหล็กฉากขนาด 1 1/2" X 1 1/2" X 1/8" เป็นโครงสร้างเชื่อม มีขนาดกว้าง X ยาว X สูง เท่ากับ 580 X 580 X 1370 มิลลิเมตร
2. ชุดกลไกคันโยกมีลักษณะเป็นแขนโมเมนต์ 2 ตอน โดยปลายข้างหนึ่งของแขนโมเมนต์ตอนที่หนึ่ง จะจับปลายข้างหนึ่งของแขนโมเมนต์ตอนที่สอง ทำให้ผ่อนแรงได้ 2 ทอด ในการทำให้ชุดกลไกฉีกเปลือกทำงาน
3. ชุดกลไกฉีกเปลือก กลไกส่วนนี้ได้ปรับปรุงและดัดแปลงมาจากแบบที่สมศักดิ์ (2530) ได้ทำขึ้นโดยคำนวณระยะระหว่างสลักและจุดหมุนต่างๆ ตลอดจนมุมระหว่างแขนส่งกำลังกับแขนของใบมีดฉีกเปลือกเสียใหม่ เพื่อให้การถ่ายทอดแรงทำได้ดีขึ้น และใช้กำลังน้อยลง นอกจากนี้ยังได้เปลี่ยนแบบของใบมีดฉีกเปลือก และหลักการฉีกจากที่ฉีกด้านหัวลูกมะพร้าวมาเป็นใบมีดลักษณะปากเปิด และฉีกเปลือกมะพร้าวทางด้านขวาง ด้วยใบมีด

เพียง 2 ชุด

รายละเอียดของกลไกชุดนี้แสดงใน Figure 1 และมีหลักการทำงานดังนี้ ชิ้นส่วน (link) ทุกชิ้นเป็นชิ้นแกร่ง ชิ้นที่ 1 เป็นโครงยึด ชิ้นที่ 2 เป็นขาใบมีดยึดกับโครงด้วยสลัก ชิ้นที่ 3 เป็นแขนส่งกำลัง (coupler) ทำหน้าที่ดันขาฉีกให้ถ่างออก ชิ้นที่ 4 เป็นเพลากลมเลื่อนในบุชทำหน้าที่เป็นตัวเลื่อน (slider) ชุดใบมีดทั้งสองข้างมีลักษณะเหมือนกันและสมมาตรกัน

ในการทำงานขณะกดคันโยกซึ่งเป็นกลไกแบบแขนโมเมนต์และมี 2 ตอน ปลายอีกข้างหนึ่งจะดึงเพลากลม (ชิ้นที่ 4) ให้เลื่อนขึ้น ทำให้มุม α เพิ่มมากขึ้น มีผลให้แขนส่งกำลังถ่างให้ขาใบมีดฉีกเปลือกให้อ้าออก (รายละเอียดใน Figure 4)

4. ชุดกลไกส่งลูกมะพร้าว ใช้หลักการของแขนโมเมนต์เช่นกัน ปลายข้างหนึ่งเป็นคันเหยียบ ปลายอีกข้างหนึ่งจะดันเพลากลมที่เลื่อนในบุชและมีแป้นส่งลูกมะพร้าวสวมติดอยู่

ในการทำงานจะวางลูกมะพร้าวบนแป้นแล้วเหยียบคันเหยียบเพื่อส่งลูกมะพร้าวขึ้นไปหาชุดใบมีดฉีกเปลือก แล้วจึงกดคันโยกให้ใบมีดอ้าออก ดังแสดงใน Plate 3

รายละเอียดเหล่านี้แสดงใน Figure 1, 2, 3 และ

Plate 3

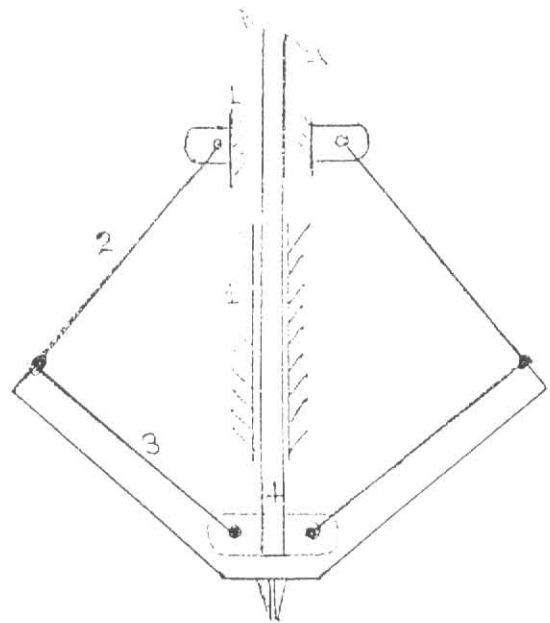


Figure 1 Kinematic diagram of the dehusking mechanism. Link 1 is the frame, link 2 is the knife arm, link 3 is the coupler, link 4 is the slider which is moved in rectilinear translation.



Plate 1 Dehusking by means of hand tool.

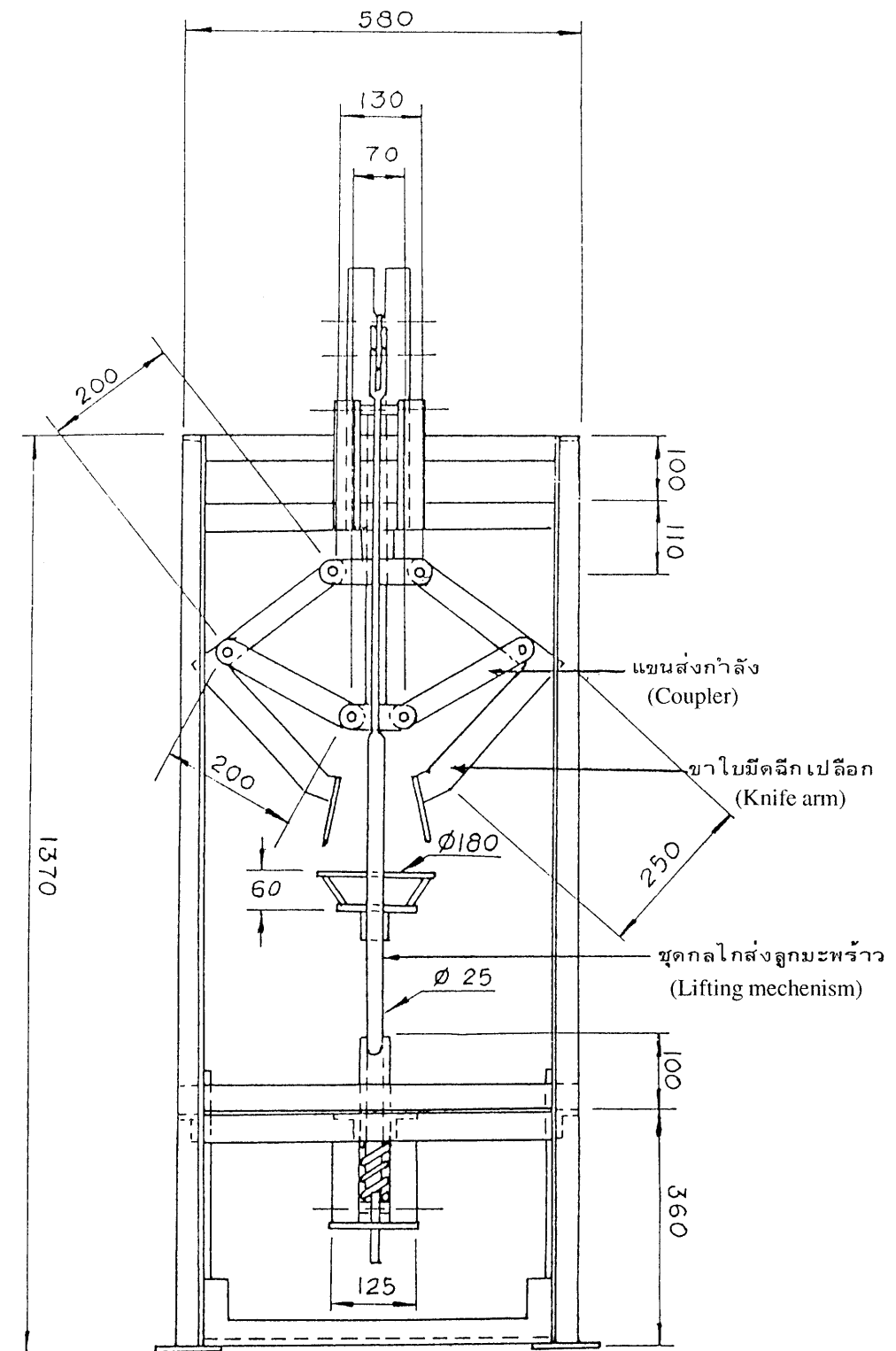


Figure 2 Front view of the hand operated coconut dehusking machine.

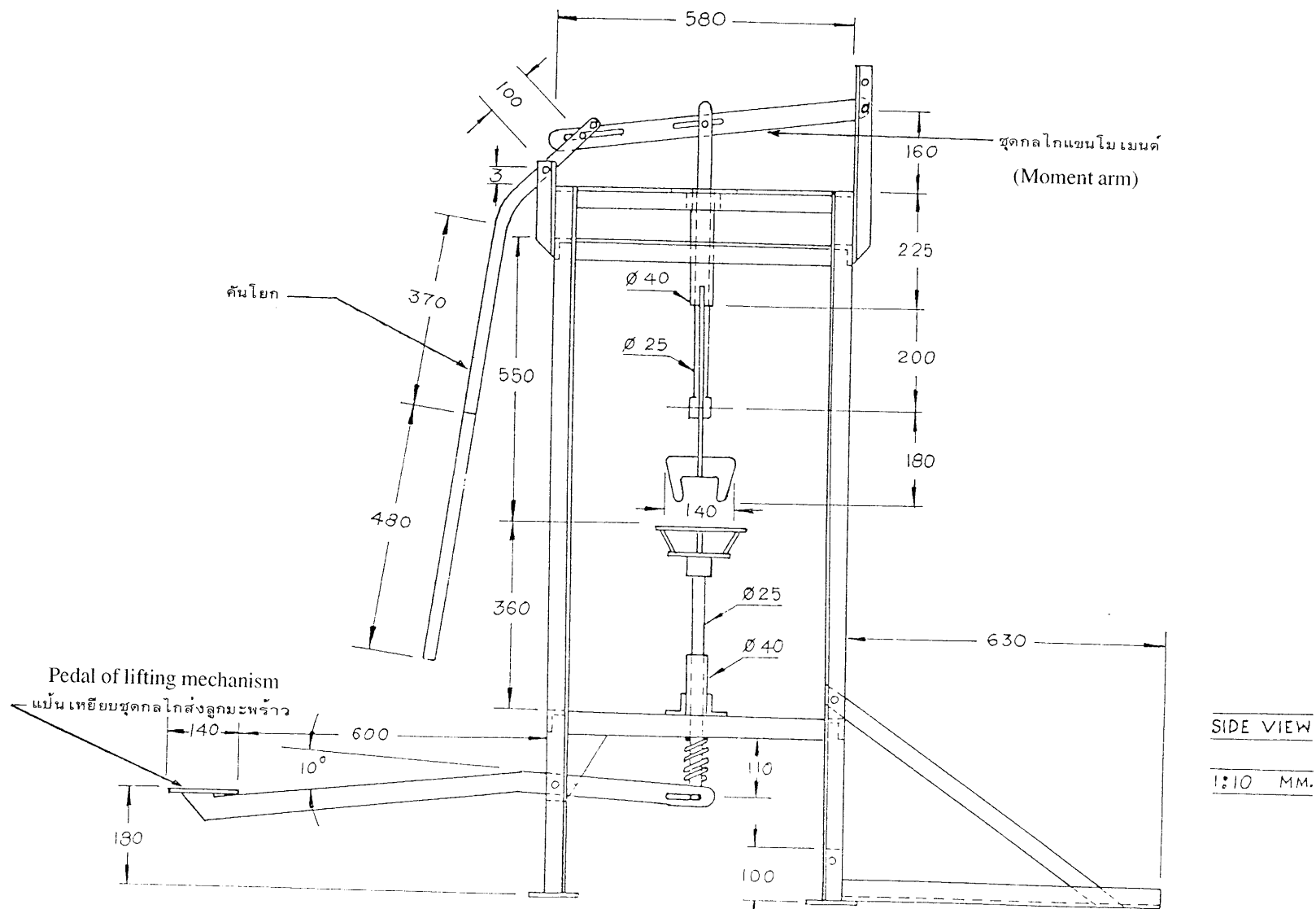


Figure 3 Side view of the hand operated coconut dehusking machine.

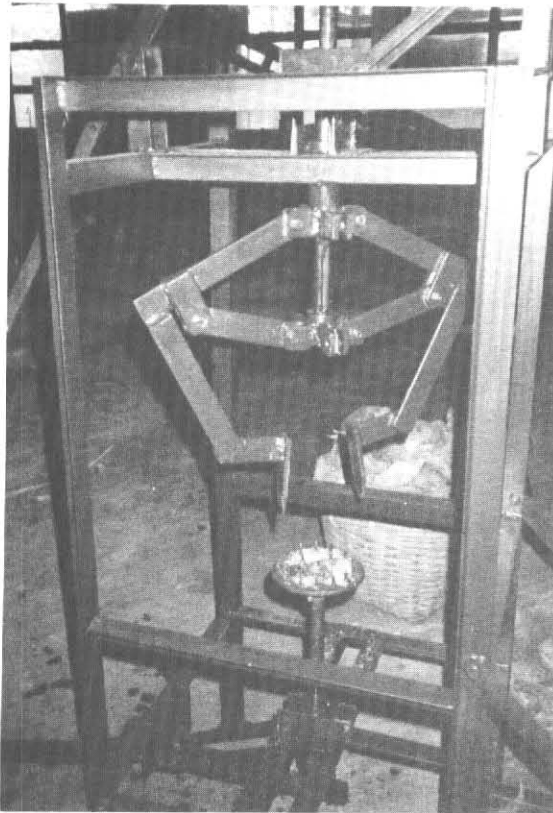


Plate 2 Experimental model used for further developing of the coconut dehusking machine.

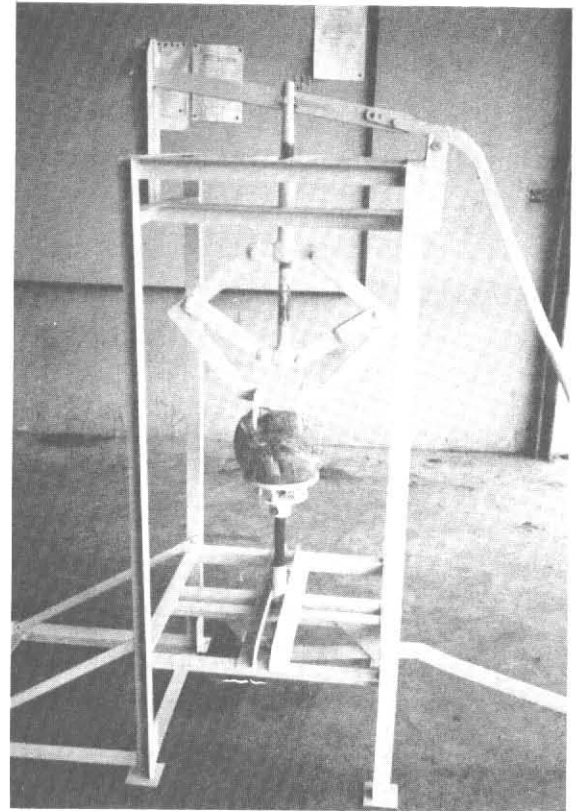


Plate 3 A complete hand operated coconut dehusking machine.

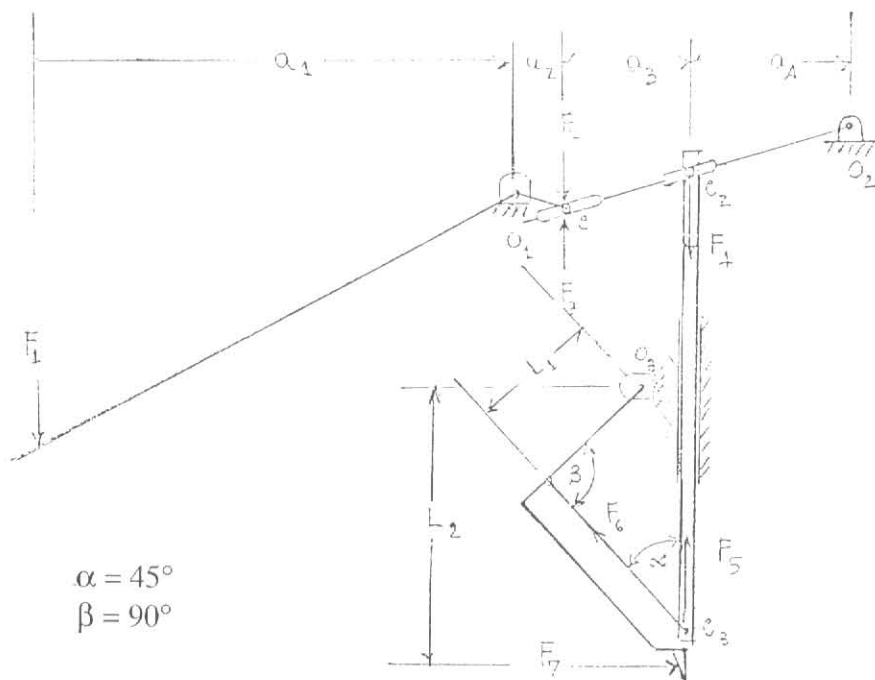


Figure 4 A free body diagram of lever mechanisms in connection with dehusking mechanism.

2. การดำเนินงานสร้าง แบ่งเป็น 2 ขั้นตอนคือ

2.1 สร้างเครื่องทดลองเพื่อทดสอบ ศึกษา และปรับปรุงการทำงานของกลไกชุดต่างๆ ในรายละเอียด เพื่อให้ทำงานสัมพันธ์กัน และสามารถฉีกเปลือกมะพร้าวได้ดี (Plate 2)

2.2 สร้างเครื่องจริงโดยใช้ข้อมูลที่ได้จากการศึกษา เครื่องทดลองมาปรับปรุงแก้ไข โดยมีรายละเอียดส่วนประกอบตามข้อ 1 และภาพที่ 2, 3 และภาพถ่ายที่ 3

3. ลักษณะการทำงานของเครื่องปอกมะพร้าว

จะใช้ผู้ปฏิบัติงาน 2 คน โดยคนหนึ่งหยิบลูกมะพร้าววางในแนวนอนบนแป้นส่ง ผู้ปฏิบัติงานอีกคนหนึ่งจะเหยียบคันโยกส่งลูกมะพร้าวขึ้นสู่ชุดใบมีดฉีกเปลือก หลังจากนั้นจะกดคันโยกเพื่อถ่างขาใบมีดแหวกก้ามมะพร้าวให้แยกออก ทำซ้ำครั้งต่อไปโดยหมุนลูกมะพร้าวไปประมาณ 90 องศา จนฉีกเปลือกได้ครบ 4 ครั้ง จึงหยิบลูกมะพร้าวออก แล้วใช้มือดึงก้ามหรือโยกที่เหลือให้หลุดออกจากกะลามะพร้าวจนหมด ซึ่งอาจรวบรวมทำเป็นคราวๆ ไปก็ได้ เครื่องปอกชนิดนี้สามารถทำงานโดยใช้คนเดียวคนเดียวด้วย แต่จะช้ากว่าใช้ 2 คน

4. การทดลอง ได้ทำการทดลองหลายอย่างดังนี้คือ

4.1 ศึกษากำลังที่ใช้กดคันโยก วิธีการทดลองใช้สปริงวัดแรงดึงผูกติดคันโยกที่บริเวณมือจับ แล้วเตรียมดึงสปริงอีกด้านหนึ่งลง จากนั้นส่งลูกมะพร้าวขึ้นสู่ชุดใบมีดฉีกเปลือก เหมือนกับการปอกโดยทั่วไป แล้วดึงสปริงเพื่อรั้งคันโยกลง ค่อยๆ เพิ่มแรงดึง อ่านค่าสูงสุดก่อนที่ก้ามมะพร้าวจะเริ่มฉีกออก (Plate 4)

4.2 ศึกษาเวลาที่ใช้ปอกต่อเนื่องโดยใช้ผู้ปฏิบัติงาน 2 คน ทำงานร่วมกัน

4.3 ศึกษาเวลาที่ใช้ปอกต่อเนื่องโดยใช้ผู้ปฏิบัติงาน 1 คน

4.4 ศึกษาคุณภาพการปอกโดยดูสภาพของกะลาและปริมาณเส้นใยที่เหลือติดกะลา และความเรียบร้อยโดยทั่วไปของงาน และความเสียหายของลูกมะพร้าวที่ปอกแล้ว

4.5 วิเคราะห์แรงที่ใช้ฉีกเปลือกมะพร้าวโดยศึกษาและวิเคราะห์จาก free body diagram ของชุดกลไกคันโยกและกลไกฉีกเปลือกมะพร้าว ดังแสดงในภาพที่ 4

การวิเคราะห์เพื่อหาแรงที่ใช้ในการฉีกเปลือกมะพร้าวมีขั้นตอนดังนี้คือ สมมติน้ำหนักของชิ้นส่วนต่างๆ

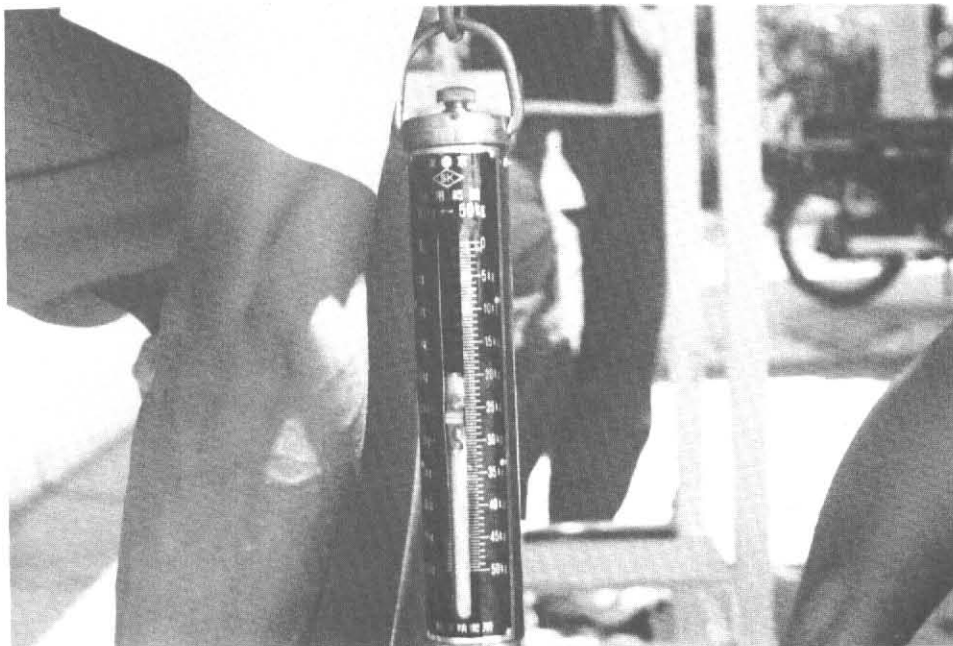


Plate 4 Measurement of maximum operating force on lever of the dehusking machine

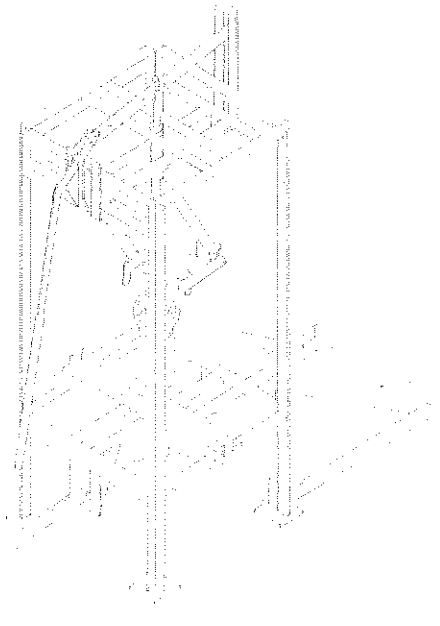


Figure 5 The hand operated coconut dehusking machine.

น้อยมากเมื่อเทียบกับแรงกดและไม่คิดแรงเสียดทานจะ
ได้ว่า

$$\begin{aligned} \sum M O_1 &= 0 \\ F_1 a_1 &= F_2 a_2 \\ F_2 &= \frac{F_1 a_1}{a_2} \end{aligned} \quad (1)$$

$$\begin{aligned} \sum M O_2 &= 0 \\ F_3 (a_3 + a_4) &= F_4 a_4 \\ F_4 &= \frac{F_3 (a_3 + a_4)}{a_4} \end{aligned} \quad (2)$$

$$\text{แต่ } F_3 = F_2$$

จาก (1) และ (2) จะได้ว่า

$$F_4 = \frac{F_1 a_1 (a_3 + a_4)}{a_2 a_4} \quad (3)$$

$$\begin{aligned} \sum M O_3 &= 0 \\ F_7 L_2 &= F_6 L_1 \\ F_7 L_2 &= F_5 \cos \alpha L_1 \end{aligned} \quad (4)$$

$$\begin{aligned} \text{แต่ } F_5 &= F_4 \\ F_7 &= \frac{F_4 \cos \alpha L_1}{L_2} \end{aligned} \quad (5)$$

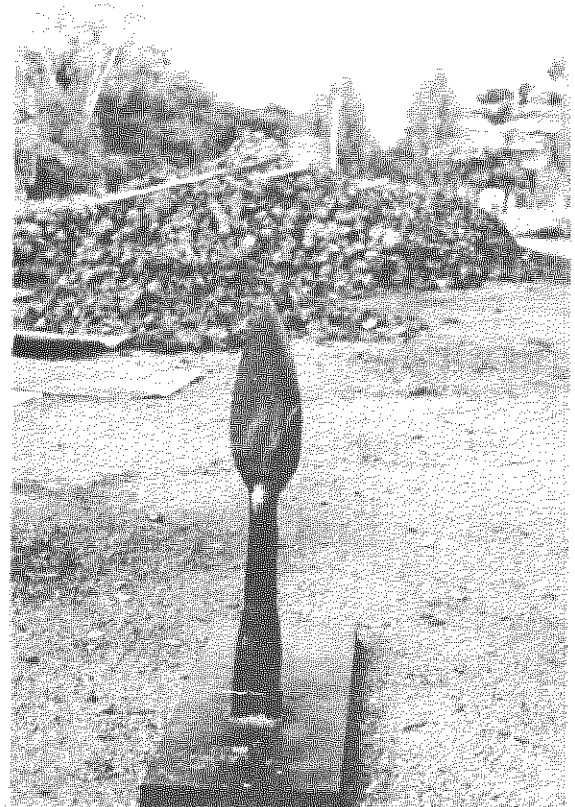


Plate 5 A typical native tool used for dehusking coconuts.

จาก (3) จะได้ว่า

$$F_7 = \frac{F_1 a_1 (a_3 + a_4) \cos \alpha L_1}{a_2 a_4 L_2} \quad (6)$$

ผลและวิจารณ์

ผลการทดลองในข้อ 4 ได้นำค่าเฉลี่ยมาแสดงไว้
ตามลำดับ ดังนี้คือ

5.1 แรงสูงสุดโดยเฉลี่ยที่ใช้ในการกดคันโยกซึ่ง
ขณะเริ่มฉีกเป็นรอยแรกเท่ากับ 25 กิโลกรัม ส่วนการ
ฉีกรอยที่สอง, สาม, สี่ เท่ากับ 17, 15, 12 กิโลกรัม
ตามลำดับ

5.2 เวลาที่ใช้ในการปอกต่อเนื่องโดยใช้ผู้ปฏิบัติงาน
1 คน เท่ากับ 30-35 วินาทีต่อการปอก 1 ลูก

5.3 เวลาที่ใช้ในการปอกต่อเนื่องโดยใช้ผู้ปฏิบัติงาน
1 คน เท่ากับ 40-50 วินาทีต่อการปอก 1 ลูก

5.4 คุณภาพในการปอกสามารถปอกได้ดี กะลามะพร้าวไม่เสียหาย มีเส้นใยติดอยู่กับกะลามะพร้าวเล็กน้อย ซึ่งต้องเกลาก่อนจะนำไปผ่าเพื่อบริโภค

5.5 ปากใบมีดอกแฉกเปลี่ยนสีจากมะพร้าว เท่ากับ 149.3 กิโลกรัม ในขณะที่เริ่มฉีกเปลือกครั้งแรก ฉีกรอยที่สองเท่ากับ 101.56 กิโลกรัม รอยที่สามเท่ากับ 89.61 กิโลกรัม รอยที่สี่เท่ากับ 71.65 กิโลกรัม (ค่าเหล่านี้ได้จากการวิเคราะห์แรง)

5.6 ต้นทุนการปอก (โดยคิดค่าจ้างแรงงานคนละ 100 บาทต่อวัน จำนวน 2 คน) รวมกับค่าสึกหรอของเครื่อง ตกประมาณ 21 สตางค์ต่อการปอก 1 ลูก)

อนึ่งการทดลองในข้อ 5.1 และ 5.5 ได้ทำซ้ำ 10 ครั้ง ส่วนการทดลองในข้อ 5.2 และ 5.3 ได้ทำซ้ำ 4 ครั้ง แต่ละครั้งทดลองปอก 8 ลูก มะพร้าวที่ผ่านการปอกไม่มีความเสียหาย

เอกสารอ้างอิง

กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2525. รายงานการสัมมนาเรื่องมะพร้าวและโกโก้ ณ ห้อง

ประชุมโรงแรมพรสวรรค์ อ.เมือง จ.ชุมพร มงคล กวางวโรภาส. 2530. การหา Pure Time Delay ใน Human Operator วิศวกรรมสาร มก. ฉบับที่ 3 ปีที่ 1 ธันวาคม หน้า 51-60 กรุงเทพฯ

สมานวนกิจ. 2497. ความรู้เรื่องมะพร้าวของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์บุญส่งการพิมพ์ ถ.บำรุงเมือง พระนคร สมศักดิ์ ทองเสมอ. 2530. เครื่องปอกมะพร้าว รายงาน วิชา วศ.ภษ. 499 โครงการวิศวกรรมเกษตร ภาควิชา วิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน นครปฐม

ศูนย์สถิติการเกษตร สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ 2532. สถิติการเกษตร ของประเทศไทย ปีเพาะปลูก 2531/32 กรุงเทพฯ

บัณฑิต จริโมภาส. 2533. คุณสมบัติทางกายภาพผลิตผล เกษตร ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน นครปฐม

Jasper Guy Woodroof. 1970. Coconuts : Production Processing Products. The AVI Publishing Company, Inc. Connecticut.