

การออกแบบ สร้าง และทดสอบเครื่องปอกมะพร้าวแกไฮดรอลิก

Design, Manufacturing and Testing of the Hydraulically Operated Coconut Dehusking Machine

มงคล กวางวโรภาส¹
Mongkol Kwangwaropas

ABSTRACT

The hydraulically operated coconut dehusking machine consists of three main parts i.e., the frame, the power unit together with hydraulic system, and the dehusking mechanism. Two persons are required to work synchronously. One operates the machine while the other takes out minor remaining fibrous husk from the shell of the dehusked coconuts and collects them. A 1.5 Kilowatts 220 volts electric motor is used for driving a hydraulic pump. The oil is delivered 50 kg/cm² under working pressure at 14.2 liters/minute to feed the reducing circuit and sequence circuit in order to operate the lifting and dehusking mechanism. The average dehusking speed is 10-12 seconds/coconut. The total cost of operation is about 0.08 baht/coconut which is about half of the price of the conventional dehusking method.

บทคัดย่อ

เครื่องปอกมะพร้าวแกไฮดรอลิก ประกอบด้วยส่วนสำคัญ 3 ส่วน คือ โครงเครื่องชุดต้นกำลัง พร้อมอุปกรณ์ระบบไฮดรอลิก และชุดกลไกฉีกเปลือกมะพร้าว การทำงานจะใช้ผู้ปฏิบัติงาน 2 คน โดยที่คนหนึ่งจะเป็นผู้หยิบลูกมะพร้าววางบนแป้นส่ง แล้วโยกคันบังคับวาล์วควบคุมทางเดินน้ำมันไฮดรอลิกเพื่อให้ชุดกลไกส่งลูก และชุดกลไกฉีกเปลือกมะพร้าวทำงานตามลำดับ โดยจะฉีกได้ประมาณ 70%-90% ของเปลือกมะพร้าวทั้งลูก ซึ่งมะพร้าวลูกใหญ่เปอร์เซ็นต์ที่เปลือกถูกฉีกออกจะสูงกว่าลูกเล็ก เปลือกส่วนที่เหลือจะติดอยู่กับ

ก้นกะลา ซึ่งผู้ปฏิบัติงานอีกคนหนึ่งสามารถดึงออกด้วยมือได้โดยง่าย ต้นกำลังที่ใช้เป็นมอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 1.5 กิโลวัตต์ 220 โวลต์ ทำหน้าที่ขับปั๊มไฮดรอลิกเพื่อส่งน้ำมันออกมาในอัตรา 14.2 ลิตร/นาที ภายใต้อัตราความดันในการทำงานที่กำหนดไว้สูงสุดเพียง 50 กก./ซม.² ลิ้นปล่อยค่ากระแสไฟฟ้ายรวมกับค่าเสื่อมราคาเครื่องประมาณ 1 สตางค์เศษต่อการปอก 1 ลูก หากรวมค่าแรงงานด้วยจะตกประมาณ 8 สตางค์ต่อลูก ซึ่งยังต่ำกว่าปอกด้วยแรงคนล้วนประมาณเท่าตัว การปอกเป็นชนิดปอกจนถึงกะลา ด้วยอัตราการปอกประมาณ 10-12 วินาที/ลูก

¹ ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
Dept. of Agricultural Engineering, Faculty of Engineering, Kasetsart University, Bangkok 10900, Thailand.

ความหมายของคำสัญลักษณ์

- A = พื้นที่หน้าตัดของลูกสูบไฮดรอลิก, ซม.²
- A₁ = พื้นที่หน้าตัดของลูกสูบไฮดรอลิกด้านหัวของลูกสูบขนาด \varnothing 40 มม., ซม.²
- A₂ = พื้นที่หน้าตัดของลูกสูบไฮดรอลิกด้านท้ายของลูกสูบขนาด \varnothing 40 มม., ซม.²
- A₃ = พื้นที่หน้าตัดของลูกสูบไฮดรอลิกด้านหัวของลูกสูบขนาด \varnothing 50 มม., ซม.²
- A₄ = พื้นที่หน้าตัดของลูกสูบไฮดรอลิกด้านท้ายของลูกสูบ \varnothing 50 มม., ซม.²
- C = แรงยึดเกาะกะลาของเปลือกมะพร้าว, กก./ซม.²
- D₁ = ระยะระหว่างจุดยึดของก้านสูบไฮดรอลิกมายังจุดหมุน, มม.
- D₂ = ระยะระหว่างจุดยึดของเพลากลม (slider) มายังจุดหมุน, มม.
- F₁ = แรงดันที่ก้านสูบไฮดรอลิก, กก.
- F₂ = แรงดึงที่เพลากลม (slider), กก.
- F₃ = แรงดันในก้านส่งกำลัง (coupler), กก.
- F₄ = แรงปฏิกิริยาจากเปลือกมะพร้าวที่ต้านทานการเคลื่อนที่ของใบมีด, กก.
- O₁ = จุดหมุนของแขนโมเมนต์
- O₂ = จุดยึดสลักขาใบมีด
- P = ความดันน้ำมันของระบบไฮดรอลิก, กก./ซม.²
- Q = อัตราการไหลของน้ำมันไฮดรอลิก, ซม.³/วินาที
- R = รัศมีของขาใบมีด, มม.
- S = ระยะทางที่ก้านสูบไฮดรอลิกเคลื่อนที่, มม.
- S₁ = ระยะชักของลูกสูบขนาด \varnothing 40 มม., มม.
- S₂ = ระยะชักของลูกสูบขนาด \varnothing 50 มม., มม.
- T = เวลารวมที่กลไกส่งลูกและกลไกฉีกเปลือกมะพร้าวทำงานครบ 1 จังหวะ, วินาที
- a = ระยะระหว่างจุดหมุนมายังจุดยึดของเพลากลม (slider), มม.
- b = ระยะระหว่างจุดหมุนมายังจุดยึดของก้านสูบไฮดรอลิก, มม.
- d = ระยะในแนวตั้งที่ปลายใบมีดเคลื่อนที่ลงมาถึงจุดต่ำสุด, มม.
- m = พื้นที่ผิวกะลามะพร้าว, ซม.²
- r₁ = รัศมีด้านโตของลูกมะพร้าว, มม.
- r₂ = รัศมีด้านเล็กของลูกมะพร้าว, มม.
- X = ระยะ offset ระหว่างจุดยึดสลักขาใบมีดกับแนวกึ่งกลางเพล, มม.
- X_i = ระยะที่ลูกสูบไฮดรอลิกเคลื่อนที่ (input), มม.
- X_o = ระยะที่เพลากลม (slider) เคลื่อนที่ (output), มม.
- t = เวลาที่ลูกสูบเคลื่อนที่, วินาที
- L₁ = ระยะจากจุดยึดสลักขาใบมีดมายังจุดยึดสลักแขนส่งกำลัง, มม.
- L₂ = ระยะจากจุดยึดสลักขาใบมีดมายังจุดกึ่งกลางใบมีด, มม.
- t₁ = เวลาที่ลูกสูบ \varnothing 40 มม. เคลื่อนที่เดินหน้า, วินาที
- t₂ = เวลาที่ลูกสูบ \varnothing 50 มม. เคลื่อนที่เดินหน้า, วินาที
- t₃ = เวลาที่ลูกสูบทั้งสองเคลื่อนที่ชักกลับพร้อมกันคืนตำแหน่งเดิม, วินาที
- t_d = time delay ใน human operator, วินาที
- y = ระยะในแนวตั้งจากปลายใบมีดมายังจุดหมุน, มม.
- \varnothing = มุมที่รัศมีการหมุนของแขนใบมีดทำกับแนวแกนตั้ง, องศา
- α = มุมที่แขนส่งกำลัง (coupler) ทำกับแนวแกนตั้ง, องศา
- β = มุมที่แขนส่งกำลังทำกับแนวตั้งฉากของแขนใบมีด, องศา
- θ = มุมที่แขนใบมีดทำกับแนวตั้ง, องศา

คำนำ

ประเทศไทยปลูกมะพร้าวได้ผลผลิตโดยเฉลี่ยประมาณ 650 ล้านผลต่อปี ประมาณ 75% ของผลผลิตทั้งหมดใช้บริโภคสด เช่น ทำกะทิสด ส่วนที่เหลือใช้ทำเนื้อมะพร้าวแห้ง ซึ่งก็ยังไม่เพียงพอต่อการบริโภค ดังนั้นจึงต้องมีการนำเข้าเนื้อมะพร้าวแห้งจำนวนหนึ่ง เพื่อใช้ทำน้ำมันมะพร้าว และแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อื่นได้อีกหลายอย่าง เช่น สบู่ เครื่องสำอาง เวชภัณฑ์ เนยเทียมใช้ปรุงอาหาร ฯลฯ กรรมวิธีในการทำเนื้อมะพร้าวแห้งมักอยู่ในรูปอุตสาหกรรมในครัวเรือนที่ค่อนข้างล้าสมัย ส่วนการปอกมะพร้าวแก่ออกจากกะลาเกือบทั้งหมดยังใช้แรงงานคนล้วน ซึ่งเป็นงานที่ยากลำบาก สิ้นเปลืองแรงงานมาก และบางครั้งอาจเกิดอันตรายได้ต้องอาศัยแรงงานที่มีความชำนาญจึงจะปอกได้ดีค่าใช้จ่ายในการปอกโดยเฉลี่ยประมาณ 15-20 สตางค์/ลูก

การปอกมะพร้าวแบบดั้งเดิมมี 3 วิธีคือ

1. ใช้มีดสับกะป เหมาะสำหรับการปอกเป็นจำนวนน้อย
2. ใช้เครื่องมือที่มีลักษณะเป็นคีมปากแหลม มีด้ามจับยาว ในการทำงานอาจใช้คน 2 คน โดยคนหนึ่งจับลูกมะพร้าวและคอยพลิก ส่วนอีกคน

หนึ่งใช้ปากคีมที่มกามะพร้าวแล้วถ่างปากคีมเพื่อฉีกเปลือก (Plate 1) หลังจากนั้นฉีกด้วยมืออีกครั้ง (Plate 2)

3. ใช้เครื่องมือที่เป็นแท่งเหล็กปักบนพื้น หางยปลายที่แหลมคมขึ้น ผู้ปอกจะจับลูกมะพร้าวด้วยมือทั้งสอง กระแทกบนปลายหอกแล้วบิดเพื่อฉีกเปลือกมะพร้าว ต้องทำ 4-6 ครั้ง จึงจะฉีกได้ 1 ลูก

ส่วนการปอกด้วยเครื่องปอกนั้นมีมานานแล้วเช่นกัน โดยเฉพาะในต่างประเทศ ส่วนใหญ่ใช้หลักการคล้ายคลึงกันคือ ใช้ชุดใบมีดกดลงบนลูกมะพร้าวพร้อมกับถ่างใบมีดออก เพื่อฉีกเปลือก วิธีปอกเช่นนี้มักมีปัญหาคือ กะลามะพร้าวมักจะติดและพลิกไปกับกะปส่วนหนึ่ง เพราะไม่มีกลไกจับกะลาให้อยู่นิ่ง จึงทำให้ฉีกเปลือกออกไม่หมดอาจต้องทำซ้ำหลายครั้งจึงจะสามารถใช้มือดึงเปลือกออกได้ ทำให้เสียเวลาและใช้ไม่สะดวก สมศักดิ์ (2530) ได้ทดลองสร้างเครื่องปอกมะพร้าวชนิดมือโยก โดยมีชุดใบมีด 3 ชุด ฉีกกะปที่หัวกะลามะพร้าวซึ่งก็ยังมีปัญหาล้ากกับที่กล่าวข้างต้น ทำให้ต้องทำซ้ำ 2-3 ครั้ง จึงจะสามารถใช้มือฉีกเปลือกออกในภายหลังได้

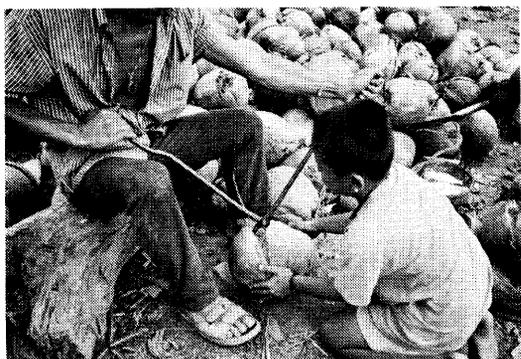


Plate 1 A hand operated coconut dehusking tool.

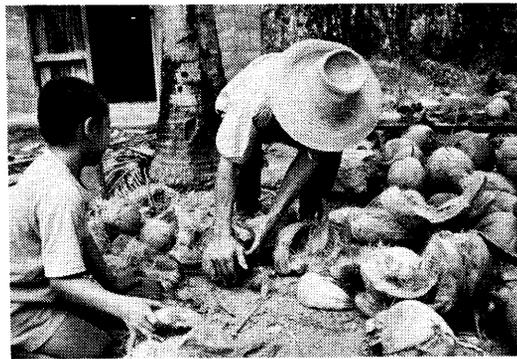


Plate 2 Pulling out partially dehusked fibrous is the sub-sequence step.

วัตถุประสงค์ในการวิจัย

1. เพื่อศึกษา วิเคราะห์ ออกแบบ และสร้าง ชุดกลไกฉีกเปลือกมะพร้าว
2. เพื่อศึกษาและออกแบบชุดกลไกส่งลูกตลอดจนชุดฟันจับลูกมะพร้าว
3. เพื่อศึกษาและออกแบบวงจรไฮดรอลิกของเครื่องปอกมะพร้าว
4. เพื่อศึกษาความเหนียวแน่นของเปลือกมะพร้าว เพื่อกำหนดขนาดของคันท้าลึงให้สอดคล้องกับชุดอุปกรณ์ไฮดรอลิก
5. เพื่อสร้าง ทดลอง แล้วศึกษาวิเคราะห์ ถึงประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องปอกมะพร้าวไฮดรอลิก ในด้านอัตราการปอก ความต้องการใช้ค้ำลึง และค่าใช้จ่าย

อุปกรณ์และวิธีการ

เนื่องจากงานวิจัยนี้เป็นการศึกษา ออกแบบ สร้าง และทดสอบ ดังนั้นจึงดำเนินการเป็นขั้นตอนตามลำดับดังนี้คือ

1. การออกแบบ แบ่งย่อยได้ดังนี้คือ

1.1 การออกแบบชุดกลไกฉีกเปลือกมะพร้าว กลไกชุดนี้ประกอบด้วยใบมีดฉีกเปลือก 4 ชุด แต่ละชุดเป็นอิสระต่อกัน มีรูปร่าง และลักษณะการทำงานอย่างเดียวกัน แต่ละชุดมีลักษณะเป็นกลไกชนิด four bar linkage และมีคิเนมาติกส์ไดอะแกรมแสดงใน Figure 1

การทำงานของกลไกชุดนี้เป็นดังนี้คือ เพลลา (4) จะถูกดึงขึ้นโดยแรงจาก้านสูบของกระบอกไฮดรอลิกผ่านทาง lever mechanism จะรั้งให้แขนส่งค้ำลึง (3) เลื่อนขึ้นตามพร้อมกับคันท้าใบมีดฉีกเปลือก (2) ให้ถ่างออก มุม α มีความสำคัญต่อแรงที่ใช้ดึงและระยะถ่างออกของขาฉีก ส่วนระยะ offset (x) ระหว่าง O_2 กับแนวกึ่งกลางเพลลา มีความสำคัญต่อแนวทางเดิน (path) ของ

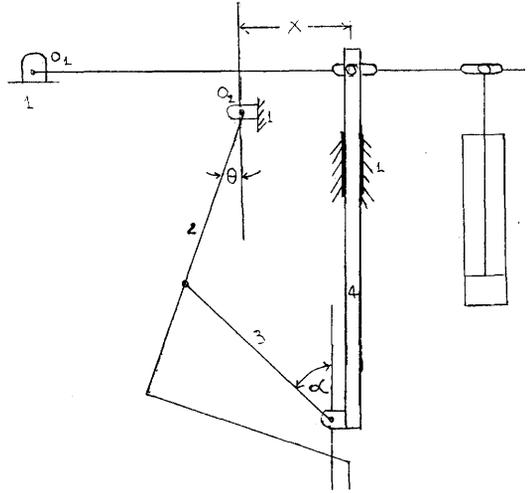


Figure 1 Kinematic diagram of dehusking mechanism. Link 1 is the frame, link 2 is the knife arm, link 3 is the coupler, link 4 is the slider which is constraining moved in rectilinear translation.

ใบมีด หากระยะ offset มาก ทางเดินของใบมีดจะโค้งลงมาก จนอาจกระทบกะลามะพร้าวได้จากการทดลองกับโมเดลทางคิเนมาติกส์ที่สร้างขึ้นพบว่ามุม θ ที่เหมาะสมเท่ากับ 17.8° และระยะ offset ที่เหมาะสมเท่ากับ 10 ซม. ดังรายละเอียดใน 2.1

ตำแหน่งของปลายใบมีดในแนว horizontal plane ขณะชุดใบมีดถูกรวบเข้าด้วยกันจะสั้นกว่าปลายฟันจับหัวกะลามะพร้าว ประมาณ 8 มม. ทั้งนี้เพื่อให้ฟันจับสามารถยันหัวลูกมะพร้าวได้เต็มที่

1.2 การออกแบบชุดกลไกส่งลูกมะพร้าว กลไกชุดนี้ประกอบด้วยแป้นกลมยึดติดปลายก้านสูบไฮดรอลิกอีกชุดหนึ่ง ทำหน้าที่ดันลูกมะพร้าวส่งขึ้นไปสู่ชุดฟันจับกะลาและชุดใบมีดฉีกเปลือก (Plate 3)

1.3 ชุดฟันจับกะลามะพร้าว ทำด้วยเหล็กขนาดความหนา x กว้าง 5×38 มม. ตัดปลายเฉียงพร้อมกับลัษคม เชื่อมติดกันบนแป้นเป็น 4 แฉก และถูกยึดขึ้นลงมาในตำแหน่งกึ่งกลางของหัวกะลามะพร้าว (Plate 3)

1.4 การออกแบบชุดระบบไฮดรอลิก รายละเอียดของวงจรแสดงใน Figure 2.

1.5 การออกแบบโครงสร้าง โครงสร้างเป็นโครงสร้างเชื่อมทำด้วยเหล็กฉากขนาด $1\ 1/2" \times 1\ 1/2" \times 3/16"$ เชื่อมเป็นรูปสี่เหลี่ยมติดตั้งบนล้อเลื่อนหกเหลี่ยมได้ขนาดความกว้าง \times ยาว \times สูง

เนื่องจาก $y = R \cos \phi$
 และ $d = R - y$
 $d = R (1 - \cos \phi)$

เท่ากับ $680 \times 680 \times 1500$ มิลลิเมตร มีชุดอุปกรณ์ไฮดรอลิกติดตั้งอยู่ด้านข้าง (Plate 4)

2. ทฤษฎี

2.1 การวิเคราะห์หาตำแหน่งของจุดยึดสลักขาใบมีดที่เอียงจากแนวกึ่งกลางของเพลาดิ่งใบมีด

_____ (1)

_____ (2)

Plate 3 Dehusking mechanism and transporting mechanism
 1. Knife arm
 2. Lifting mechanism
 3. Holding teeth

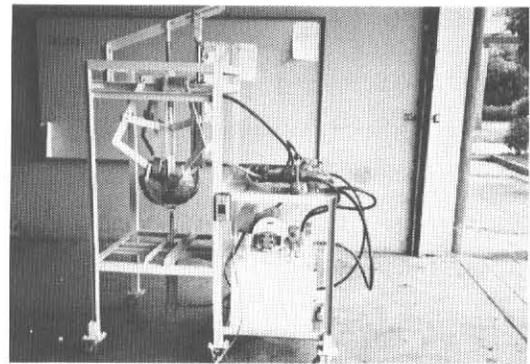
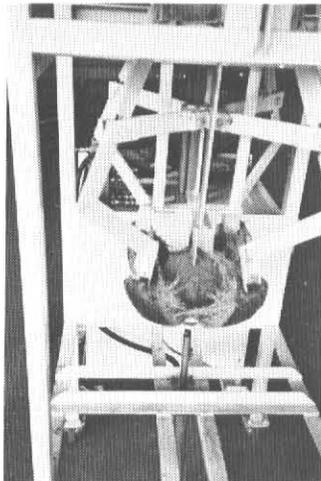


Plate 4 A complete set of the hydraulically operated coconut dehusking machine.

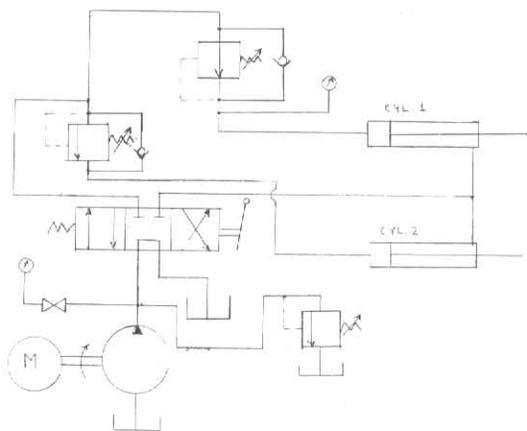


Figure 2 Graphical symbols of the hydraulic circuit of the coconut dehusking machine.

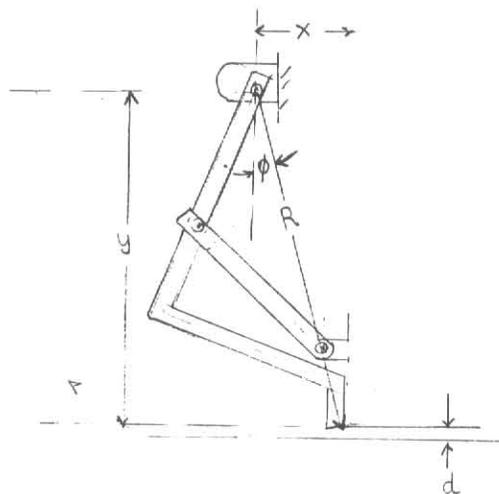


Figure 3 Moving path of the dehusking knife.

$$\Sigma M O_1 = 0$$

$$F_1 D_1 = F_2 D_2 \quad \text{_____ (3)}$$

$$\text{แต่ } F_1 = P A_3$$

$$(P A_3) D_1 = F_2 D_2$$

$$F_2 = \frac{(P A_3) D_1}{D_2} \quad \text{_____ (4)}$$

$$\Sigma M O_2 = 0$$

$$F_3 \cos \beta L_1 = F_4 L_2 \quad \text{_____ (5)}$$

$$F_4 = \frac{F_3 \cos \beta L_1}{L_2}$$

$$= \frac{F_2 \cos \alpha \cos \beta L_1}{L_2}$$

$$F_4 = \frac{(P A_3) D_1 \cos \alpha \cos \beta L_1}{D_2 L_2} \quad \text{_____ (6)}$$

เนื่องจากรูปร่างของผลมะพร้าวที่ปอกเปลือกแล้วเป็นลักษณะคล้ายทรงกลมแป้น (oblate spheroid) จากการศึกษาพบว่า อัตราส่วนระหว่าง

เส้นผ่าศูนย์กลางด้านเล็กต่อเส้นผ่าศูนย์กลางด้านใหญ่เท่ากับ 0.93 ดังใน Figure 6

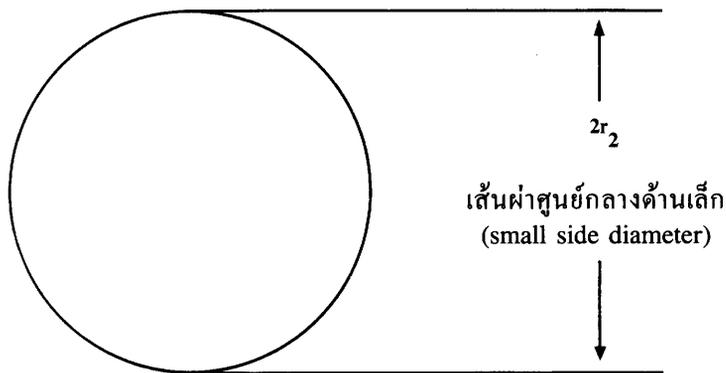
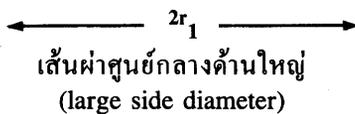


Figure 6 Dimension of a dehusked coconut (r_1 = radius of large side, r_2 = radius of small side).



ในการหาพื้นที่ผิวลูกมะพร้าวอาจสมมุติได้ว่าลูกมะพร้าวมีลักษณะกลมแป้น (oblate spheroid) โดยประมาณ

$$\text{พื้นที่ผิวของวัตถุ oblate spheroid, } m = 2\pi r_1^2 + \frac{\pi r_2^2}{e} \ln \frac{1+e}{1-e} \quad (7)$$

$$\text{เมื่อ } e = \frac{[1-(r_1/r_2)^2]^{1/2}}{r_2}$$

$$\text{แรงที่เปลือกลูกมะพร้าวยึดเกาะต่อหน่วยพื้นที่ผิว, } C = \frac{F_4}{m} \quad (8)$$

$$C = \frac{P A_3 D_1 \cos \alpha \cos \beta L_1}{D_2 L_2 (2\pi r_1^2 + \frac{\pi r_2^2}{e} \ln \frac{1+e}{1-e})} \quad (9)$$

2.4 วิเคราะห์ความเร็วในการทำงานของกลไกส่งลูกมะพร้าวและกลไกฉีกเปลือก

จากความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่หน้าตัดของกระบอกไฮดรอลิกกับอัตราการส่งน้ำมันของปั๊ม สามารถแสดงได้ว่า

$$t = \frac{AS}{Q} \quad (10)$$

$$t_1 = \frac{A_1 S_1}{Q}$$

$$t_2 = \frac{A_3 S_2}{Q}$$

$$t_3 = \frac{A_2 S_1}{Q} + \frac{A_4 S_2}{Q}$$

$$T = t_1 + t_2 + t_3 \quad (11)$$

$$= \frac{S_1}{Q} (A_1 + A_2) + \frac{S_2}{Q} (A_3 + A_4) \quad (12)$$

เนื่องจากมกค (2530) ได้ศึกษาและพบว่า pure time delay (t_d) ใน human operator ต่อ step input เท่ากับ 0.338 วินาที

$$\therefore T = \frac{S_1}{Q} (A_1 + A_2) + \frac{S_2}{Q} (A_3 + A_4) + t_d \quad (13)$$

2.5 การวิเคราะห์กำลังที่ใช้

เนื่องจากความดันน้ำมัน 1 bar = 10^5 N/m^2

และ hydraulic power = pressure \times flow rate

กำลังของระบบไฮดรอลิกในระบบ (W) คือ

$$W \text{ (watts)} = \text{pressure (N/m}^2) \times \text{flow rate (m}^3/\text{S)} \quad (14)$$

3. การดำเนินงานสร้าง แบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอน
คือ

3.1 การสร้างเครื่องทดลองเพื่อศึกษากำลังที่ใช้ฉีกเปลือก การเคลื่อนที่ของชุดใบมีดฉีกเปลือก ความสัมพันธ์ระหว่างการทำงานของกลไกชุดต่าง ๆ ตลอดจนใช้หาข้อมูลการทำงานเบื้องต้น และการปรับปรุงแก้ไขต่าง ๆ (Plate 5, 6)

3.2 สร้างเครื่องจริง โดยใช้ข้อมูลที่ได้จากการศึกษาจากเครื่องทดลอง และสอดคล้องกับการออกแบบ ซึ่งมีส่วนประกอบโดยละเอียดดังนี้คือ

3.2.1 โครงเครื่องดังรายละเอียดใน 1

3.2.2 ชุดกลไกส่งลูกมะพร้าว ใช้กระบอกลูกสูบไฮดรอลิกขนาด ϕ ภายใน 40 มม. ช่วงชัก 200 มม. มีหน้าแปลนยึดติดส่วนล่างของเครื่อง มีเป็นส่งลูกมะพร้าวติดอยู่กับปลายก้านสูบ ดังรายละเอียดใน 1.2 และ Figure 7, 8

น้ำมันไฮดรอลิกที่เข้าสู่กระบอกลูกสูบนี้จะถูกลดความดันโดย 'reducing valve' ให้เหลือเพียง 20-23 กก./ชม.² ซึ่งเพียงพอที่จะยึดลูกมะพร้าวไว้โดยไม่ทำให้กะลาแตก (ซึ่งค่าความดันนี้ได้จากการทดลองกับเครื่องทดลองที่สร้างขึ้นเพื่อศึกษาข้อมูลเบื้องต้น)

3.2.3 ชุดกลไกฉีกเปลือกมะพร้าว ประกอบด้วยขานีกล 4 ชุด เป็นโครงสร้างเชื่อมทำด้วยเหล็กแบน ขนาด 10x40 มม. เชื่อมใบมีดที่ปลายข้างหนึ่ง ซึ่งจะถูกดันให้ถ่างออกโดยแขนส่งกำลัง ซึ่งทำด้วยเหล็กขนาดเดียวกัน และยึดเข้าด้วยกับสลักข้อต่อ ดังรายละเอียด ตาม 1.1

กำลังที่ใช้ถ่างขานีกลมาจากกระบอกลูกสูบไฮดรอลิกขนาด ϕ ภายใน 50 มม. ช่วงชัก 250 มม. ทำหน้าที่ดึงเพลากลม ขนาด ϕ 32 มม. โดยอาศัยหลักการได้เปรียบเชิงกลของกลไกแขนโมเมนต์ (Figure 4) ช่วยผ่อนแรงอีกทางหนึ่งด้วยน้ำมันที่เข้าสู่กระบอกลูกสูบนี้จะถูกควบคุมโดย sequence valve ดังรายละเอียดใน 4 (หัวข้อที่ 4 ลักษณะการทำงานของเครื่อง) สำหรับขนาดของมอเตอร์ไฟฟ้า และข้อกำหนดต่าง ๆ ของอุปกรณ์ไฮดรอลิกได้มาจากการทดลองกับเครื่องทดลอง การคำนวณจากสมการในทฤษฎีและข้อกำหนด (specification) ของอุปกรณ์ไฮดรอลิก

3.2.4 ชุดต้นกำลังและอุปกรณ์ไฮดรอลิก ประกอบด้วยอุปกรณ์ต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

3.2.4.1 มอเตอร์ไฟฟ้า ขนาด 1.5 กิโลวัตต์ 220 โวลต์ 1 ชุด รอบหมุน 1,470 รอบ/นาที

Plate 5 A model of coconut dehusking machine used for the further developing step.

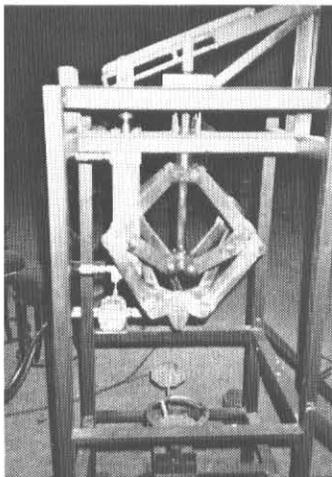
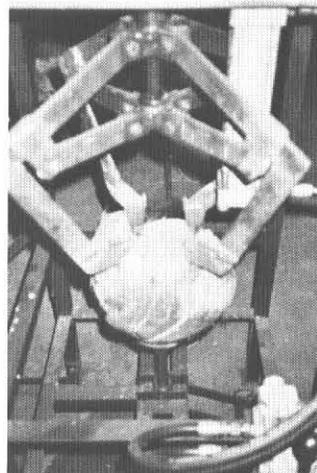
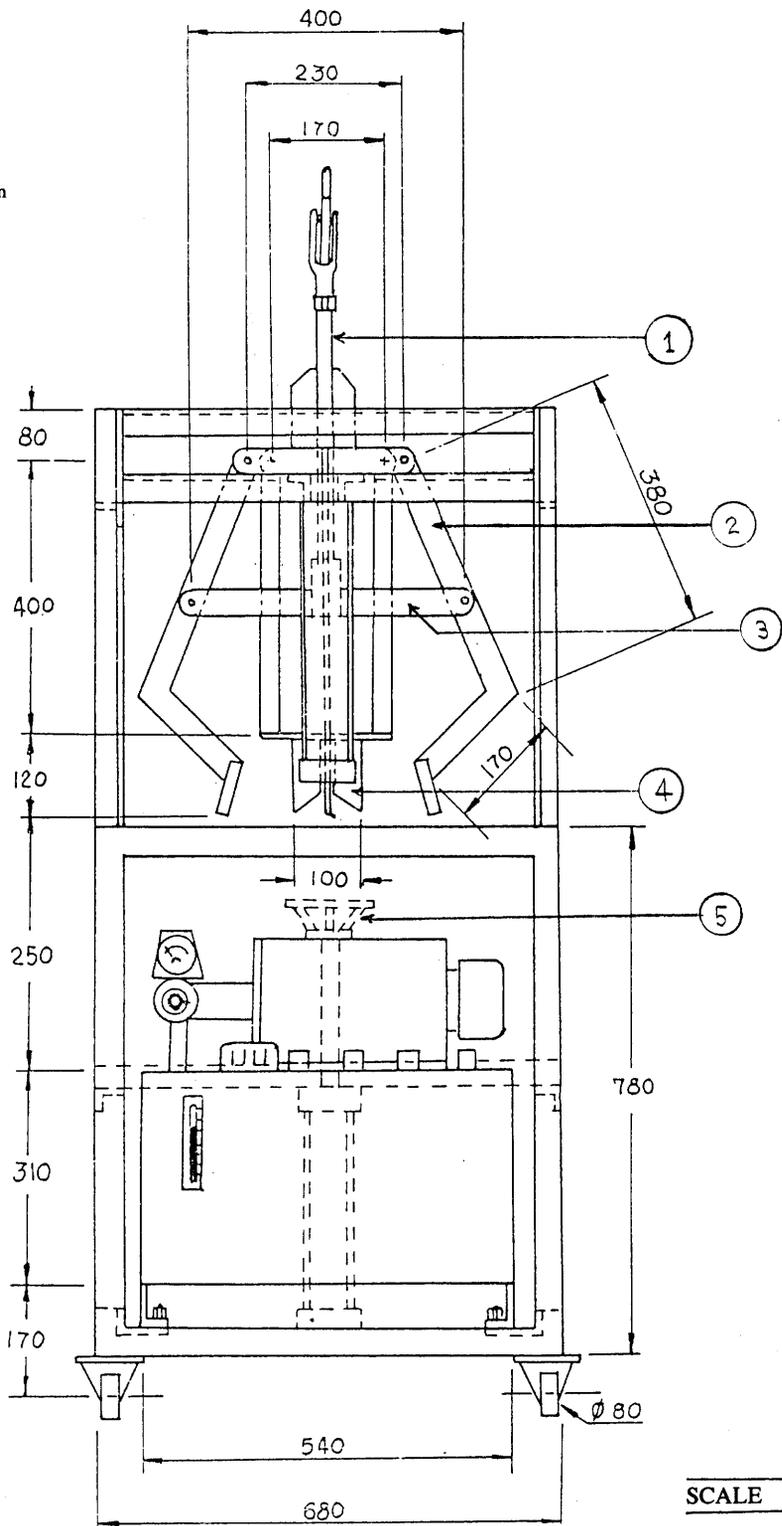


Plate 6 It was shown that without holding teeth only some portion of fibrous was dehusked due to the unstable of the coconut.



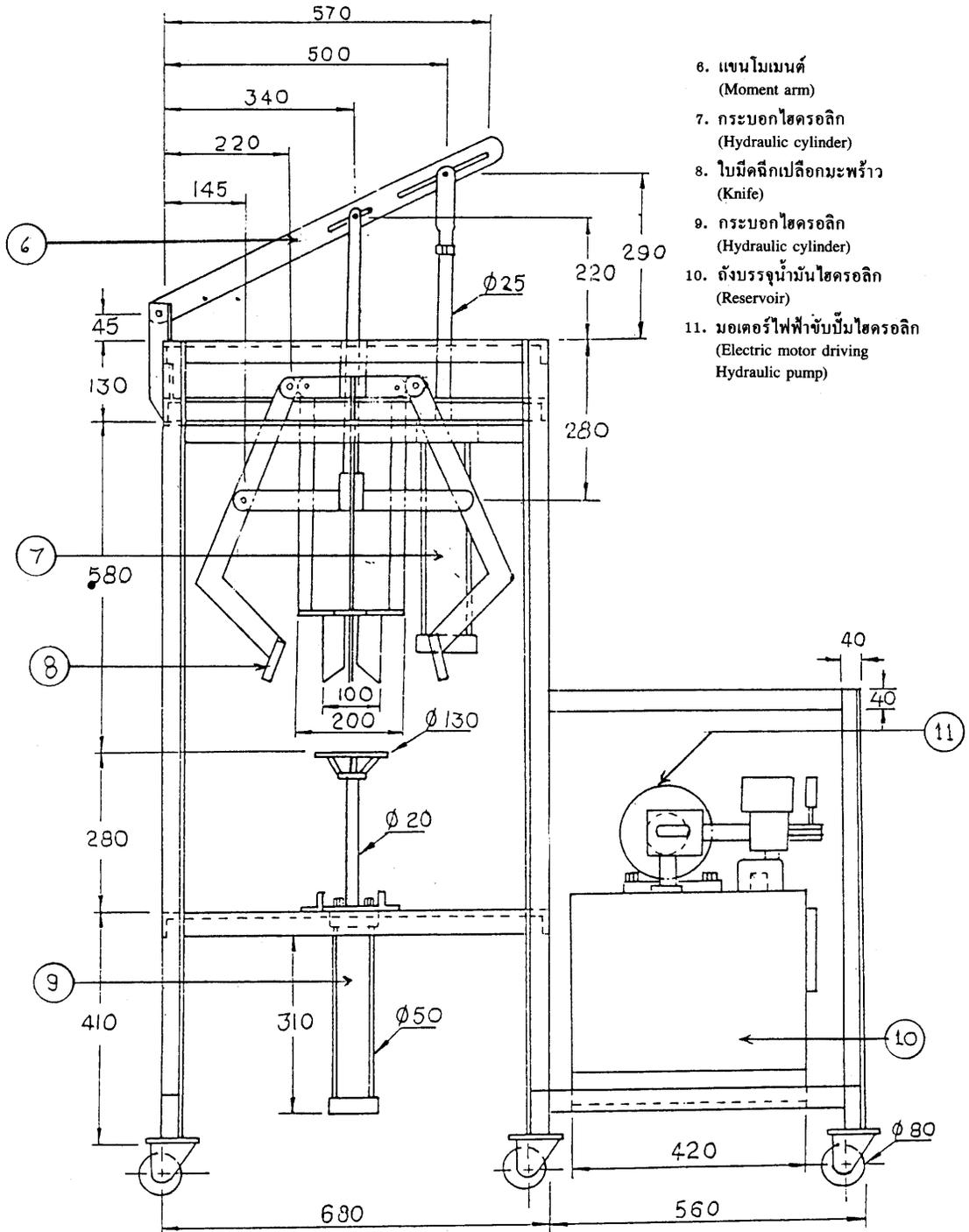
- 1. Piston rod
- 2. Knife arm
- 3. Coupler
- 4. Holding Teeth
- 5. Transporting mechanism



SCALE 1 : 10

MM.

Figure 7 Front view of the hydraulically operated coconut dehusking machine.



- 6. แขนโมเมนต์ (Moment arm)
- 7. กระบอกไฮดรอลิก (Hydraulic cylinder)
- 8. ใบมีดตัดเปลือกมะพร้าว (Knife)
- 9. กระบอกไฮดรอลิก (Hydraulic cylinder)
- 10. ถังบรรจุน้ำมันไฮดรอลิก (Reservoir)
- 11. มอเตอร์ไฟฟ้าขับปั๊มไฮดรอลิก (Electric motor driving Hydraulic pump)

SCALE 1 : 10

MM.

Figure 8 Side view of the hydraulically operated coconut dehusking machine.

3.2.4.2 ปัมไฮดรอลิกที่มีอัตราการส่งน้ำมัน 14.2 ลิตร/นาที @ ที่ความดัน 70 กก./ชม.² @ 1,500 รอบ/นาที (ความดันที่ใช้งานจริงเพียง 50 กก./ชม.)

3.2.4.3 Directional control valve ชนิด three position four way valve tandem center (Type “4”)

3.2.4.4 Relief valve ชนิด pilot operated

3.2.4.5 Reducing valve ชนิด pressure setting range 8-70 กก./ชม.²

3.2.4.6 Sequence valve

3.2.4.7 ถังน้ำมันพร้อม level และ temperature gauge พร้อมกรองและ air breather

3.2.4.8 อุปกรณ์ประกอบอื่น ๆ เช่น สายน้ำมัน ข้อต่อต่าง ๆ เกจวัดความดัน วาล์วปิด-เปิดเกจความดัน พร้อมกระบอกไฮดรอลิก 2 ชุด

4. ลักษณะการทำงานของเครื่อง

จะใช้ผู้ปฏิบัติงาน 2 คน คนที่หนึ่งทำงานที่หีบลูกมะพร้าวที่แกะหัวออกแล้ว วางบนแป้นส่งแล้วผลัดคันบังคับวาล์วควบคุมทางเดินน้ำมันไฮดรอลิก เพื่อเปิดทางให้น้ำมันภายใต้ความดันไหลเข้าสู่ทางแยกโดยจะแยกเข้า inlet ของ reducing valve เส้นหนึ่ง และเข้าสู่ inlet ของ Sequence valve อีกเส้นหนึ่ง ด้าน outlet ของ reducing valve จะต่อเข้ากับ cylinder 1 เพื่อส่งลูกมะพร้าวสู่ชุดฟันจับ และชุดใบมีดฉีกเปลือก หลังจากนั้น sequence valve ซึ่งตั้งความดันไว้สูงกว่า Reducing valve ก็จะปล่อยให้ น้ำมันเข้า cylinder 2 เพื่อไปกระตุ้นให้กลไกฉีกเปลือกทำงาน

เมื่อชุดใบมีดฉีกเปลือกต่างออกจนสุดแล้ว กาบมะพร้าวจะถูกฉีกออกจากกะลาเป็น 4 ส่วน ผู้ปฏิบัติงานที่ 1 ก็จะดึงคันบังคับกลับเพื่อให้กลไกทั้ง 2 ชุดดังกล่าวคืนสู่ตำแหน่งเดิม ลูกมะพร้าว

(พร้อมกาบ) ก็จะหล่นลงสู่พื้น ผู้ปฏิบัติงานคนที่สองก็จะหยิบมาดึงเปลือกที่ติดกันกะลาอีกเล็กน้อย ออกแล้วใส่ในภาชนะรองรับ ในขณะนั้นผู้ปฏิบัติงานคนที่หนึ่งก็จะทำงานในรอบต่อไป และสัมพันธ์กันเช่นนี้เรื่อยไป เวลาที่คนที่หนึ่งหีบลูกมะพร้าวและโยกคันบังคับจะใกล้เคียงกับเวลาที่คนที่สองฉีกเปลือกและหยิบลูกมะพร้าวที่ปอกแล้วใส่ภาชนะรองรับทำให้ไม่ต้องคอยกัน

5. การทดลอง

ได้ทำการทดลองเครื่องปอกมะพร้าวในหลายลักษณะเพื่อศึกษาและวิเคราะห์การทำงาน โดยมีอุปกรณ์และวิธีการดังนี้คือ

5.1 ศึกษาเวลาที่เครื่องปอกมะพร้าวทำงานในหนึ่งจังหวะ (cycle) ทำได้โดยการจับเวลาแล้วเปรียบเทียบกับการคำนวณ การจับเวลาใช้นาฬิกาจับเวลาตั้งแต่เริ่มบังคับให้กลไกส่งลูกมะพร้าวแล้วกลไกฉีกเปลือกทำงาน จนกระทั่งกลไกทั้งสองชุดกลับคืนสู่ตำแหน่งเดิม

5.2 ศึกษาความเร็วเฉลี่ยที่ใช้ในการปอกต่อเนื่อง โดยใช้ผู้ปฏิบัติงาน 2 คนทำงานร่วมกัน

5.3 ศึกษาค่ากำลังสูงสุดที่ใช้ฉีกเปลือกมะพร้าว วิธีการทดลอง ลดความดันสูงสุดของระบบให้เหลือเพียง 20 กก./ชม.² โดยปรับที่ Relief valve (เท่ากับความดันที่ส่งมะพร้าวเข้าสู่ฟันจับกะลา) ซึ่งความดันขนาดนี้ไม่เพียงพอที่จะฉีกเปลือกค่อย ๆ เพิ่มความดันของระบบขึ้นทีละน้อยจนกระทั่งชุดใบมีดฉีกเปลือกเริ่มออออก และเปลือกมะพร้าวถูกฉีกออก บันทึกค่าความดันนี้ไว้ทำซ้ำหลาย ๆ ลูกแล้วหาค่าเฉลี่ย หลังจากนั้นวิเคราะห์หาความเหนียวแน่นรวมของเปลือกมะพร้าวที่ยึดติดกะลา โดยใช้สมการที่ (9) ในการคิดคำนวณ การอ่านค่าความดันอ่านที่เกจวัดความดันแล้วคำนวณกลับเป็นแรงฉีกเปลือกโดยใช้สมการ (6)

5.4 ศึกษาความแข็งแรงของกะลาที่สามารถทนต่อแรงอัดได้สูงสุด วิธีการทดลอง ถอดแขน

โมเมนต์ที่เชื่อมต่อระหว่างก้านสูบกับเพลากลมออก เพื่อตัดการส่งกำลังไปยังชุดไบมีดฉีกเปลือก ผลักกันบังคับไฮดรอลิกแล้วกดเซไว้เช่นนั้น เพื่อให้วงจรส่งลูกมะพร้าวได้รับความดันอย่างต่อเนื่อง ค่อย ๆ เพิ่มความดันในวงจรส่งลูกมะพร้าว โดยปรับที่ reducing valve จนกระทั่งกะลามะพร้าวทนแรงอัดไม่ได้และแตกออก อ่านค่าความดันที่กะลาแตก ทำซ้ำเพื่อหาค่าเฉลี่ยจากมะพร้าวขนาดต่าง ๆ แล้วคำนวณกลับเป็นแรงกดที่ทำให้กะลาแตก

5.5 ศึกษาคุณภาพของงานปอก ความยากง่ายในการปฏิบัติงานและความเสียหายที่เกิดขึ้น

5.6 ศึกษากำลังไฮดรอลิกที่ใช้ในการปอก โดยการวัดความดันน้ำมันไฮดรอลิกขณะเริ่มฉีกเปลือกและความดันที่ตั้งไว้สูงสุดขณะทำงานต่อเนื่อง

5.7 วิเคราะห์ค่าใช้จ่ายต่อการปอก 1 ลูก

อนึ่งการทดลองในข้อ 5.1, 5.2, 5.5 และ 5.6 ทำการปอกครั้งละ 10 ลูก จำนวน 4 ซ้ำ การทดลองในข้อ 5.3 ทำ 10 ครั้ง และข้อ 5.4 ทำ 10 ครั้ง

ผล

ค่าเฉลี่ยจากการทดลองในข้อ 5 แสดงได้ดังนี้คือ

1. เวลาที่เครื่องปอกมะพร้าวทำงานในหนึ่งจังหวะโดยการจับเวลาเท่ากับ 5 วินาที ส่วนเวลาที่ได้โดยการคำนวณเท่ากับ 4.36 วินาที ความแตกต่างกัน 0.64 วินาที อาจประมาณได้ว่าเป็นเวลาที่ใช้ในการดึงคันบังคับกลับ ซึ่งไม่ได้คิดรวมไว้ด้วย
2. ความเร็วเฉลี่ยในการปอกต่อเนื่องโดยสองคนทำงานร่วมกันเท่ากับ 10-12 วินาทีต่อการปอก 1 ลูก
3. ความดันน้ำมันไฮดรอลิกที่เพียงพอให้กลไกฉีกเปลือกเริ่มทำงานเท่ากับ 31 กก./ซม.²

ให้กำลังต่อขาไบมีดทั้ง 4 ชุด ให้ฉีกเปลือกพร้อมกันเท่ากับ 246.4 กก. แรงที่เปลือกมะพร้าวยึดกะลาเท่ากับประมาณ 1.37 กก./ซม.² โดยที่ 1/3 ของเปลือกมะพร้าวที่หุ้มลูกจะถูกฉีกเมื่อไบมีดเริ่มอ้าออก (ค่านี้ได้จากการคำนวณโดยใช้สมการ 6 และสมการ 9)

4. กะลามะพร้าวสามารถทนแรงอัดที่หัวกะลาประมาณ 300 กก. สำหรับมะพร้าวที่มีกะลาหนาประมาณ 4-5 มม.

5. คุณภาพงานปอกเป็นการปอกแบบไม่เหลือใยติดกะลา สามารถฉีกเปลือกได้สม่ำเสมอประมาณ 70%-90% ของมะพร้าวทั้งลูก และไม่มีความเสียหายเกิดขึ้นกับส่วนกะลา นอกจากอาจปรากฏรอยของฟันจับบริเวณหัวจุกของกะลา มะพร้าวลูกใหญ่ที่มีเปลือกหนาจะฉีกได้สะดวกกว่ามะพร้าวลูกเล็ก (Plate 7) ทั้งนี้จะต้องปรับความดันน้ำมันในวงจรส่งลูกมะพร้าวให้เหมาะสมด้วยมะพร้าวที่ทดลองมีความหนาของกะลาประมาณ 4-5 มม.

6. กำลังไฮดรอลิกที่เพียงพอให้ฉีกเปลือกออกได้เท่ากับ 816 วัตต์ ส่วนกำลังไฮดรอลิกที่ตั้งไว้เพื่อสำหรับใช้งานต่อเนื่องเท่ากับ 1,142.5 วัตต์ หรือเท่ากับ 76 เปอร์เซ็นต์ของกำลังมอเตอร์ไฟฟ้าที่ใช้ขับ (ใช้มอเตอร์ขนาด 1.5 กิโลวัตต์) หากคิดประสิทธิภาพของมอเตอร์ 90% ระบบไฮดรอลิกจะใช้กำลังจากมอเตอร์ไฟฟ้า 84.6% ของกำลังทั้งหมดของมอเตอร์

7. ค่าใช้จ่ายรวมต่อการปอก 1 ลูก สามารถแยกได้ดังนี้

- 1) ค่ากระแสไฟฟ้า 1 สตางค์เศษ
- 2) ค่าเสื่อมราคาเครื่อง 0.7 สตางค์
- 3) ค่าแรงงาน 7 สตางค์ (คิดอัตรา 100 บาท/คน/วัน)

รวม 8.7 สตางค์ต่อการปอก 1 ลูก

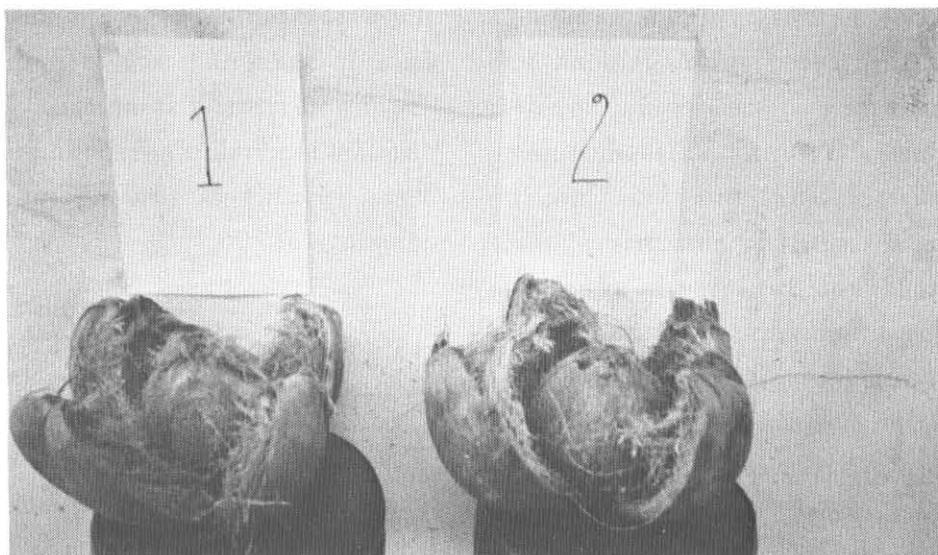


Plate 7 Coconut no.1 is 14.5 cm diameter. Coconut no.2 is 16 cm diameter. The bigger is the better dehulled.

วิจารณ์และเสนอแนะ

ความเร็วเฉลี่ยในการปอกต่อเนื่องขึ้นอยู่กับความชำนาญของผู้ปฏิบัติงานด้วย อาจทำได้เร็วกว่านี้ เครื่องนี้เหมาะสำหรับใช้ปอกมะพร้าวที่มีขนาดใหญ่ มีเปลือกและกะลาหนา เพราะเปลือกมะพร้าวแข็งและฉีกออกได้สม่ำเสมอ สำหรับมะพร้าวที่ไม่แก่จัดก็จะยิ่งปอกได้ง่ายขึ้นเพราะเปลือกจะหลุดออกจากกะลาได้ง่าย เครื่องนี้เหมาะสำหรับใช้ปอกมะพร้าวเพื่อส่งเข้าโรงงานอุตสาหกรรมโดยตรง การที่ออกแบบไว้ให้ใช้มอเตอร์ไฟฟ้าชนิด 220 V ก็เพื่อความสะดวกในการนำไปใช้ในสถานที่ไม่มีไฟ 380 V เครื่องนี้จะให้ผลตอบแทนคุ้มทุนเมื่อใช้งานได้ 260 วันโดยประมาณและจะช่วยลดต้นทุนการปอกมะพร้าวได้อย่างต่ำปีละประมาณ 50,000 บาท สำหรับกิจการที่มีการปอกมะพร้าวเป็นจำนวนมาก เครื่องปอกนี้เหมาะสำหรับมะพร้าว ที่มีกะลาค่อนข้างหนาสามารถทนแรงอัดได้ดี เมื่อปอกแล้วไม่ควรเก็บมะพร้าวไว้นาน และควรบริโภคหรือนำไปใช้โดยเร็ว เพราะกะลาอาจร้าวเองได้เมื่ออากาศร้อน

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณสถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ที่ให้ทุนอุดหนุนการวิจัยโครงการนี้ ขอขอบคุณ คุณสุพจน์ วางมูล นายช่างและคุณทองย้อย ระวังเหตุ ช่างเหล็ก แห่งภาควิศวกรรมการเกษตร ผู้ช่วยปฏิบัติงานในโครงการนี้ ขอขอบคุณ คุณศรีเรือน มากมูล ผู้พิมพ์รายงานวิจัยนี้ จนช่วยให้โครงการนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

- กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
2525. รายงานการสัมมนาเรื่องมะพร้าวและโกโก้ ณ ห้องประชุมโรงแรมพรสวรรค์ อ. เมือง จ. ชุมพร.
มงคล กวางวโรภาส. 2530. การหา Pure Time Delay ใน Human Operator วิศวกรรมสาร มก. 1 (3) : 51-60.
สมาน วนกิจ. 2497. ความรู้เรื่องมะพร้าว. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, บุญส่งการพิมพ์. ถ. บำรุงเมือง พระนคร.

สมศักดิ์ ทองเสมอ. 2530. เครื่องปอกมะพร้าว.
รายงานวิชา วศ.ภษ. 499, โครงการวิศวกรรม
เกษตร. ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะ
วิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน, นครปฐม.

ศูนย์สถิติการเกษตร. 2532. สถิติการเกษตรของ
ประเทศไทย ปีเพาะปลูก 2531/32. สำนัก
งานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตร
และสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

บัณฑิต จริโมภาส. 2533. คุณสมบัติทางกายภาพ
ผลิตผลเกษตร. ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร
คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตร-
ศาสตร์, กำแพงแสน นครปฐม.

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