

**สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง**

การพัฒนาและปรับปรุงเครื่องกะเทาะเปลือกผลและเปลือกเมล็ดสบู่ดำ

**DEVELOPMENT AND IMPROVEMENT OF JATROPHA CURCAS**

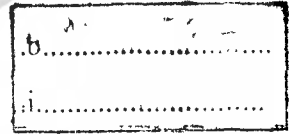
**L. FRUIT AND SEED SHELLING MACHINE**



นายรัชชัย จิตสม  
นายอดิศักดิ์ เจริญบุญ  
นายอมรศักดิ์ งามชัด

ร.พ.  
ร 394 ก  
2550

เลขหมู่.....  
เลขประจำตัว..... **82985**  
วัน, เดือน, ปี..... 30 ก.ค. 2551



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต  
สาขาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ปีการศึกษา 2550

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
เรื่อง การพัฒนาและปรับปรุงเครื่องกะเทาะเปลือกผลและเปลือกเมล็ดสบู่ดำ

Development and Improvement of *Jatropha curcas* L. Fruit and Seed Shelling Machine

ผู้จัดทำ

1. นายรัชชชัย จิตสม รหัส 48015536 ชั้นปีที่ 3KN
2. นายอดิศักดิ์ เจริญบุญ รหัส 48015560 ชั้นปีที่ 3KN
3. นายอมรศักดิ์ งามชัด รหัส 48015562 ชั้นปีที่ 3KN



..... อาจารย์ที่ปรึกษา  
(รศ.ดร. ปานมนัส ศิริสมบุญ)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา  
(อ. ชีรพงศ์ ผลโพธิ์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## การพัฒนาและปรับปรุงเครื่องกะเทาะเปลือกผลและเปลือกเมล็ดสับดูดำ

นายรัชชชัย จิตสม

นายอดิศักดิ์ เจริญบุญ

นายอมรศักดิ์ งามชัด

รศ.ดร. ปานมนัส ศิริสมบุญรณ์ อาจารย์ที่ปรึกษา

อ. ชีรพงศ์ ผลโพธิ์ อาจารย์ที่ปรึกษา

ปีการศึกษา 2550

### บทคัดย่อ

โครงการนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาและปรับปรุงเครื่องกะเทาะเปลือกผลและเปลือกเมล็ดสับดูดำ 3 ส่วน คือ ชุดกะเทาะเปลือกผลสับดูดำ ชุดคัดแยกเมล็ดสับดูดำและชุดกะเทาะเปลือกเมล็ดสับดูดำ ในส่วนชุดกะเทาะเปลือกผลสับดูดำ ได้เพิ่มขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางลูกกลิ้งจากเดิม 60 mm เป็น 90 mm จากนั้นเปลี่ยนหน้าสัมผัสของลูกกลิ้งจากเดิมที่เป็นเหล็กกล้ามาเป็นหน้าสัมผัสที่เป็นยางแทนและล็อกลูกกลิ้งไว้หนึ่งตัวไม่ให้หมุน ส่วนอีกหนึ่งตัวให้หมุนตามปกติ ส่วนชุดคัดแยกเมล็ดสับดูดำได้ติดตั้งแผ่นยางที่มีความยืดหยุ่นขวางการไหลของเมล็ดสับดูดำจำนวน 2 ชั้นเพื่อลดการสูญเสียของเมล็ดที่ออกไปยังช่องทางออกของเปลือกผล ส่วนชุดกะเทาะเปลือกเมล็ดสับดูดำได้ติดแผ่นกันไวยังขอบจานกะเทาะเปลือกเมล็ดสับดูดำเพื่อกันเมล็ดสับดูดำไม่ให้โดนแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางเหวี่ยงหลุดออกไปตามขอบจานเพื่อที่เมล็ดสับดูดำจะได้ลงไปโดนหน้าสัมผัสขางบีบขนาดให้เนื้อในหลุดออกจากเปลือกเมล็ด การทดสอบชุดกะเทาะเปลือกผลสับดูดำ ชุดคัดแยกเมล็ดสับดูดำ ชุดกะเทาะเปลือกเมล็ดสับดูดำ ได้ผลดังนี้ 1) ชุดกะเทาะเปลือกผลสับดูดำ สภาวะที่ดีที่สุดคือที่ความเร็วรอบที่เพลาลูกกลิ้ง 225 rpm ระยะห่าง 9 mm มีความสามารถในการกะเทาะเมล็ด 37.41 g/s และประสิทธิภาพการกะเทาะเมล็ด 99.07% 2) ชุดคัดแยกเมล็ดสับดูดำ สภาวะที่ดีที่สุดคือที่ความเร็วรอบที่เพลาช้อเหวี่ยงตะแกรง 220 rpm จะมีประสิทธิภาพการคัดแยกเมล็ด 100% ความสามารถในการคัดแยกเมล็ดเฉลี่ย 15.71g/s 3) ชุดกะเทาะเมล็ดสับดูดำ สภาวะที่ดีที่สุดคือที่ความเร็วรอบที่เพลาจาน 95 rpm ระยะห่างจานกะเทาะ 7 mm จะได้ความสามารถในการกะเทาะเนื้อในเมล็ด 12.41 g/s และ ประสิทธิภาพการกะเทาะเนื้อในเมล็ด 95.23 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DEVELOPMENT AND IMPROVEMENT OF JATROPHA CURCAS L. FRUIT AND SEED  
SHELLING MACHINE

**Tawatchai Jidsom**

**Atisak Jarernboon**

**Amonsak Ngamchad**

**Aj. Teerapong Pholpho**

**Advisor**

**Assoc. Prof. Dr. Panmanas Sirisomboon** Advisor

**2007**

**Abstract**

This project aimed to develop and improve of *Jatropha curcas* L. fruit and seed shelling machine of 3 main parts including the fruit shelling part, fruit shell separation part, and seed shelling part. The fruit shelling part was improved by changing the roller diameter from 60 mm to 90 mm, roller surface from steel to rubber surface and one of the roller was locked from turning. The fruit shell separation part was improved by installing two hard rubber strips at interval on the separation screen to increase separation time on the screen. The seed shelling part was improved by installing the thin plate at outer part of rotating disk to protect the seed from running out of the disk by centrifugal force. The result from the performance test showed that 1) fruit shelling part worked best at 225 rpm roller speed and at 9 mm clearance between the two rollers with the capacity of 37.41 g/s and shelling efficiency of 99.07% 2) fruit shell separation part worked best at 220 rpm crank speed and efficiency of 100%, 15.71 g/s capacity and 3) seed shelling part worked well at 95 rpm disk rotation speed and 7 mm disk clearance giving capacity of 12.41 g/s and efficiency of 95.23%.

## กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงมาได้โดยได้รับความอนุเคราะห์จากบุคคลหลายท่านที่คอยให้ความช่วยเหลือ ท่านอาจารย์ที่สำคัญที่ขาดไปมิได้คือ รศ.ดร.ปานมนัส ศิริสมบุญณ์ เกี่ยวกับ คำแนะนำที่ดีในการหาคุณสมบัติทางกายภาพ เบื้องต้นของสบู่ดำ การคำนวณต่างๆ การตรวจทานที่ละเอียด หลักการเขียนรูปเล่ม และ อื่นๆ อีกมากมาย

ขอขอบคุณ คุณพ่อ คุณแม่ น้องสาว พี่สาวที่เป็นกำลังใจ และเป็นแรงผลักดัน ในการเรียน จนมาถึงวันนี้

ขอขอบคุณ ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร และอาจารย์ในภาคทุกท่าน

ขอขอบคุณ พี่ตึก พี่แปด ที่ให้ความสะดวกในเรื่องการทำเอกสารต่างๆ

ขอขอบคุณ พี่อ่อง พี่แจ็ก พี่บี ที่ช่วยในงานเขียนแบบ และ เพื่อน 3 kn ที่กล่าวมาไม่หมดในการมอบสิ่งดีๆ รอยยิ้ม กำลังใจ และอีกมากมาย

ขอขอบคุณ เจ้าหน้าที่ซ้อป ทั้ง 3 ท่านที่ช่วยในการเบิกจ่ายเครื่องมือ และ คำแนะนำในกรณีเล็กกรณีน้อยในการ ใช้เครื่องมือให้ปลอดภัย

ทางคณะผู้จัดทำขอขอบพระคุณทุกท่านมา ณ ที่นี้ในการให้ความช่วยเหลือในทุกๆด้านจนทำให้โครงการนี้สำเร็จได้ ด้วยดี

นายรัชชัย จิตสม

นายอดิศักดิ์ เจริญบุญ

นายอมรศักดิ์ งามชัด



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ

	หน้าที่
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ช
สารบัญรูปภาพ	ซ
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ที่มาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์	1
1.3 ขอบเขตการศึกษา	1
1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ	1
1.5 ขั้นตอนการดำเนินงาน	2
บทที่ 2 หลักการและทฤษฎี	3
2.1 การออกแบบเพลลา	3
2.2 การเลือกใช้แบร์ริง	8
2.3 การใช้ตะแกรงในการคัดขนาด	9
2.4 การทดสอบสมรรถนะของเครื่องกะเทาะเปลือกผลและเปลือกเมล็ดสนุ่นดำ	12
2.4.1 คุณสมบัติทางกายภาพของผลสนุ่นดำที่ใช้ในการออกแบบ	14
2.5 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการทดลองเพื่อหาสมบัติกายภาพเบื้องต้น	15
2.5.1 การหาความชื้น	15
2.5.2 การหาเส้นผ่าศูนย์กลางเฉลี่ยเชิงเรขาคณิต	16
บทที่ 3 การออกแบบและการปรับปรุง	17
3.1 แนวทางการปรับปรุงต้นแบบเครื่องกะเทาะเปลือกผลและเปลือกเมล็ดสนุ่นดำ	17
3.1.1 ปรับปรุงชุดกะเทาะเปลือกผลสนุ่นดำ	17
3.1.2 ปรับปรุงชุดคัดแยกเมล็ดสนุ่นดำ	17
3.1.3 ปรับปรุงชุดกะเทาะเปลือกเมล็ดสนุ่นดำ	18
3.2 การคำนวณเพื่อการออกแบบ	19
3.2.1 การวิเคราะห์แรงที่กระทำต่อลูกกลิ้ง	19
3.2.2 การออกแบบเพลาลูกกลิ้ง	20
3.2.3 การคำนวณแรงและทอร์กที่กระทำบนงานกะเทาะ	25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ (ต่อ)

3.2.4 การออกแบบเพลาจานกะเทาะ	27
3.3 แบบเครื่องกะเทาะเปลือกผลและเปลือกเมล็ดสับคั่วที่ปรับปรุงใหม่	31
3.3.1 แบบชุดกะเทาะเปลือกผลสับคั่ว	32
3.3.2 แบบชุดคัดแยกเมล็ดสับคั่ว	34
3.3.3 แบบชุดกะเทาะเปลือกเมล็ดสับคั่ว	35
บทที่ 4 การทดลอง	36
4.1 การหาคุณสมบัติทางกายภาพเบื้องต้นของผลและเมล็ดสับคั่ว	36
4.1.1 วัตถุประสงค์	36
4.1.2 วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้	36
4.1.3 ขั้นตอนการทดสอบ	36
4.1.4 ผลการทดสอบ	37
4.2 การทดสอบสมรรถนะการกะเทาะของชุดกะเทาะเปลือกผลสับคั่ว	50
4.2.1 วัตถุประสงค์	50
4.2.2 วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้	50
4.2.3 ขั้นตอนการทดสอบ	51
4.2.4 ผลการทดสอบ	51
4.2.5 สรุปผลการทดสอบ	51
4.3 การทดสอบสมรรถนะชุดคัดแยกเมล็ดสับคั่วออกจากเปลือก	55
4.3.1 วัตถุประสงค์	55
4.3.2 วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้	55
4.3.3 ขั้นตอนการทดสอบ	55
4.3.4 ผลการทดสอบ	56
4.3.5 สรุปผลการทดสอบ	56
4.3 การทดสอบสมรรถนะการกะเทาะของชุดกะเทาะเปลือกเมล็ดสับคั่ว	59
4.4.1 วัตถุประสงค์	59
4.4.2 วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้	59
4.4.3 ขั้นตอนการทดสอบ	60
4.4.4 ผลการทดสอบ	61
4.4.5 สรุปผลการทดสอบ	61
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง	66
5.1 สรุปผลการทดลองและ วิจารณ์ผล	66

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ (ต่อ)

5.2 ข้อเสนอแนะ	67
5.2.1 ชุดกะเทาะเปลือกผลสับดูดำ	67
5.2.2 ชุดคัดแยกเมล็ดสับดูดำออกจากเปลือก	67
5.2.3 ชุดกะเทาะเมล็ดสับดูดำ	67
เอกสารอ้างอิง	68



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
ตารางที่ 2.1 ขนาดระบุของเพลตามาตรฐาน ISO/R775 – 1969	4
ตารางที่ 2.2 ค่าตัวประกอบความถี่	7
ตารางที่ 2.3 คุณสมบัติทางกายภาพและทางกลของผลสุ่มดำที่จำเป็นในการออกแบบ	14
ตารางที่ 4.1 ค่า GMD ผลสุ่มดำ	37
ตารางที่ 4.2 ค่า GMD ของเมล็ดสุ่มดำ	41
ตารางที่ 4.3 ค่า GMD ของเมล็ดเนื้อในสุ่มดำ	45
ตารางที่ 4.4 ค่าความชื้นของเปลือกผล,เปลือกเมล็ดและเนื้อในเมล็ดสุ่มดำ	49
ตารางที่ 4.6 ค่าที่ได้จากการทดสอบสมรรถนะชุดกะเทาะเปลือกผลสุ่มดำ	52
ตารางที่ 4.9 ค่าประสิทธิภาพการกะเทาะเปลือกผล, ความสามารถในการกะเทาะเปลือกผล ที่ได้จากการทดสอบสมรรถนะชุดกะเทาะเปลือกผลสุ่มดำ	54
ตารางที่ 4.10 ค่าเฉลี่ยของค่าประสิทธิภาพการกะเทาะเปลือกผล, ความสามารถในการกะเทาะ เปลือกผล ที่ได้จากการทดสอบสมรรถนะชุดกะเทาะเปลือกผลสุ่มดำ	54
ตารางที่ 4.11 ค่าที่ได้จากการทดสอบสมรรถนะชุดคัดแยกเมล็ดสุ่มดำ	57
ตารางที่ 4.12 ค่าประสิทธิภาพการคัดแยกเมล็ด, การสูญเสียในการคัดแยกเมล็ด, ความสามารถ ในการคัดแยกเมล็ด ที่ได้จากการทดสอบสมรรถนะชุดคัดแยกเมล็ดสุ่มดำ	58
ตารางที่ 4.13 ค่าเฉลี่ยของค่าประสิทธิภาพการคัดแยกเมล็ด, การสูญเสียในการคัดแยกเมล็ด, ความสามารถในการคัดแยกเมล็ด ที่ได้จากการทดสอบสมรรถนะชุดคัดแยกเมล็ดสุ่มดำ	58
ตารางที่ 4.14 ค่าที่ได้จากการทดสอบสมรรถนะชุดกะเทาะเปลือกเมล็ดสุ่มดำ	62
ตารางที่ 4.17 ค่าประสิทธิภาพการกะเทาะเปลือกเมล็ด, ความสามารถในการกะเทาะ เปลือกเมล็ด ที่ได้จากการทดสอบสมรรถนะชุดกะเทาะเปลือกเมล็ดสุ่มดำ	65
ตารางที่ 4.18 ค่าเฉลี่ยของค่าประสิทธิภาพการกะเทาะเมล็ด, ความสามารถในการกะเทาะ เมล็ด ที่ได้จากการทดสอบสมรรถนะชุดกะเทาะเปลือกเมล็ดสุ่มดำ	65

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญรูปภาพ

	หน้าที่
รูปที่ 2.1 เพลาอยู่ภายใต้แรงต่าง ๆ	5
รูปที่ 2.2 ตะแกรงรูปทรงต่างๆ	10
รูปที่ 2.3 Horizontal reciprocating motion	11
รูปที่ 2.4 Inclined reciprocating motion	11
รูปที่ 2.5 Combined horizontal and reciprocating motion	12
รูปที่ 2.6 Horizontal rotary motion	12
รูปที่ 3.1 ชุดลูกกลิ้งเครื่องกะเทาะเปลือกผลและเปลือกเมล็ดสับดูดำ ปี 2549	17
รูปที่ 3.2 ชุดตะแกรงคัดแยกเมล็ดสับดูดำของเครื่องกะเทาะเปลือกผลและเปลือกเมล็ดสับดูดำ ปี 2549	18
รูปที่ 3.3 ชุดจานกะเทาะของเครื่องกะเทาะเปลือกผลและเปลือกเมล็ดสับดูดำ ปี 2549	18
รูปที่ 3.4 ไคอะแกรมการรับแรงของผลสับดูดำ	19
รูปที่ 3.5 ไคอะแกรมการรับแรงของผลสับดูดำ(ต่อ)	19
รูปที่ 3.6 ไคอะแกรมสมมูล โมเมนต์ระหว่างล้อขับกับลูกกลิ้ง	20
รูปที่ 3.7 ชิ้นส่วนต่างๆ ของชุดลูกกลิ้งที่มีแรงกระทำต่อเพลา	20
รูปที่ 3.8 ไคอะแกรมการรับแรงของเพลาลูกกลิ้งในแนวตั้ง	21
รูปที่ 3.9 ไคอะแกรมการรับแรงของเพลาลูกกลิ้งในแนวนอน	22
รูปที่ 3.10 กราฟแสดงแรงเฉือนและ โมเมนต์คัตที่เกี่ยวกับเพลาลูกกลิ้งในแนวตั้ง	23
รูปที่ 3.11 กราฟแสดงแรงเฉือนและ โมเมนต์คัตที่เกี่ยวกับเพลาลูกกลิ้งในแนวระดับ	24
รูปที่ 3.12 ไคอะแกรมการรับแรงของเมล็ดสับดูดำ 1 เมล็ด	25
รูปที่ 3.13 การเรียงตัวกันของเมล็ดสับดูดำบนจาน	26
รูปที่ 3.14 ไคอะแกรมสมมูล โมเมนต์ระหว่างล้อขับจานกับจานกะเทาะ	27
รูปที่ 3.15 ชิ้นส่วนต่างๆ ของชุดจานกะเทาะที่มีแรงกระทำต่อเพลา	27
รูปที่ 3.16 ไคอะแกรมการรับแรงของเพลาจานในแนวตั้ง	28
รูปที่ 3.17 ไคอะแกรมการรับแรงของเพลาจานในแนวนอน	28
รูปที่ 3.18 กราฟแสดงแรงเฉือนและ โมเมนต์คัตที่เกี่ยวกับเพลาจานในแนวตั้ง	29
รูปที่ 3.19 กราฟแสดงแรงเฉือนและ โมเมนต์คัตที่เกี่ยวกับเพลาจานในแนวระดับ	30
รูปที่ 3.20 แบบชุดกะเทาะเปลือกผลสับดูดำ	32
รูปที่ 3.21 แบบลูกกลิ้งกะเทาะเปลือกผลสับดูดำ	33
รูปที่ 3.22 แบบชุดคัดแยกเปลือกเมล็ดสับดูดำ	34

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

รูปที่ 3.23 แบบชุดกะเทาะเปลือกเมล็ดสบูดำ	35
รูปที่ 3.24 แบบแผ่นงานชุดกะเทาะเปลือกเมล็ดสบูดำ	35
รูปที่ 4.1 การแยกเปลือกผล,เปลือกเมล็ดและเนื้อใน	36
รูปที่ 4.2 ชุดลูกกลิ้งกะเทาะเปลือกผลสบูดำที่ได้ปรับปรุงใหม่	50
รูปที่ 4.3 ชุดคัดแยกเมล็ดสบูดำที่ได้ปรับปรุงขึ้นใหม่	55
รูปที่ 4.4 สภาพเปลือกผลที่ออกไปยังช่องทางออกของเปลือกผลสบูดำ	59
รูปที่ 4.5 ชุดงานกะเทาะเปลือกเมล็ดสบูดำที่ปรับปรุงใหม่	59
รูปที่ 4.6 สภาพเมล็ดเนื้อในและเปลือกเมล็ดที่แยกออกจากกัน	61



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 1

### การพัฒนาและปรับปรุงเครื่องกะเทาะเปลือกผลและเปลือกเมล็ดสบู่ดำ

#### Development and Improvement of

#### *Jatropha curcas* L. fruit and seed shelling machine

### 1.1 ที่มาและความสำคัญ

โครงการนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาและปรับปรุงเครื่องกะเทาะเปลือกผลและเปลือกเมล็ดสบู่ดำ ซึ่งตัวเครื่องเดิมมีส่วนประกอบหลักอยู่ 3 ส่วน คือ ชุดกะเทาะเปลือกผลสบู่ดำ ชุดคัดแยกเมล็ดสบู่ดำออกจากเปลือก ชุดกะเทาะเปลือกเมล็ดสบู่ดำ แต่ละส่วนมีการทำงานดังนี้ ชุดกะเทาะเปลือกผลสบู่ดำใช้ลูกกลิ้ง 2 ลูกหมุนเข้าหากันเพื่อในการกะเทาะผลสบู่ดำและเมื่อเมล็ดสบู่ดำและเปลือกผลสบู่ดำที่ถูกกะเทาะโดยลูกกลิ้งออกมาจะตกลงที่ชุดคัดแยกเมล็ดสบู่ดำ โดยใช้ตะแกรงรูกกลมในการคัดแยกเมล็ดสบู่ดำออกจากเปลือกผลสบู่ดำ โดยที่เมล็ดสบู่ดำจะถูกถ่วงโดยรางลงสู่ชุดกะเทาะเปลือกเมล็ด ซึ่งชุดกะเทาะเปลือกเมล็ดนี้ใช้หลักการในการกะเทาะคือใช้จานหมุน ซึ่งมีลักษณะการทำงานคล้ายเครื่องโม่แป้งวางตัวอยู่ในแนวตั้งแต่เนื่องจากสมรรถนะและประสิทธิภาพของเครื่องยังไม่สามารถทำงานได้เต็มที่เนื่องจากยังมีจุดบกพร่องอยู่หลายจุด ได้แก่ชุดลูกกลิ้งกะเทาะเปลือกผลสบู่ดำประสิทธิภาพในการกะเทาะ 48.94%, ชุดคัดแยกเมล็ดสบู่ดำประสิทธิภาพในการคัดแยก 46.03% และชุดจานกะเทาะเปลือกเมล็ดสบู่ดำประสิทธิภาพในการกะเทาะ 9.61% จึงได้มีการจัดทำโครงการนี้ขึ้นมาเพื่อแก้ไขข้อบกพร่องดังกล่าว

### 1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อปรับปรุงชุดกะเทาะเปลือกผลสบู่ดำให้มีประสิทธิภาพในการกะเทาะดียิ่งขึ้น
2. เพื่อปรับปรุงชุดคัดแยกเมล็ดสบู่ดำให้มีประสิทธิภาพในการแยกเปลือกผลออกจากเมล็ดให้ดีขึ้น
3. เพื่อปรับปรุงชุดกะเทาะเปลือกเมล็ดสบู่ดำให้มีประสิทธิภาพในการกะเทาะเนื้อในเมล็ดให้ดีขึ้น

### 1.3 ขอบเขตการศึกษา

เป็นการพัฒนาต้นแบบชุดกะเทาะเปลือกผลและเปลือกเมล็ดสบู่ดำสำหรับผลสบู่ดำที่แห้งเท่านั้น

### 1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

ได้เครื่องกะเทาะเปลือกผลและเปลือกเมล็ดสบู่ดำที่มีสมรรถนะดีขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 1.5 ขั้นตอนการดำเนินงาน

1. ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับการกะเทาะผลและเมล็ดของสบู่ดำให้หลุดแยกออกจากเปลือก รวมถึงศึกษาการคัดแยกเปลือกผลออกจากเมล็ดของเครื่องเค็ม
2. ออกแบบและเขียนแบบโครงสร้างที่จะปรับปรุงชุดกะเทาะเปลือกผลสบู่ดำ, ชุดคัดแยกเมล็ดและชุดกะเทาะเปลือกเมล็ดสบู่ดำ
3. จัดหาวัสดุและอุปกรณ์
4. ปรับปรุงชุดกะเทาะเปลือกผลสบู่ดำ, ชุดคัดแยกเมล็ดและชุดกะเทาะเปลือกเมล็ดสบู่ดำ
5. ทดสอบเครื่องกะเทาะเปลือกผลและเปลือกเมล็ดสบู่ดำ
6. ตรวจสอบแก้ไขเครื่องกะเทาะเปลือกผลและเปลือกเมล็ดสบู่ดำ
7. สรุปผลและเขียนรายงาน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 2

### หลักการและทฤษฎี

#### 2.1 การออกแบบเพลา [1]

เพลาเป็นชิ้นส่วนที่มีใช้อยู่ในเครื่องจักรเกือบทุกชนิด ทำหน้าที่ในการส่งถ่ายกำลังหรือทำให้เกิดหมุนระหว่างชิ้นส่วนต่าง ๆ ของเครื่อง ขณะใช้งานเพลาจะอยู่ภายใต้ภาระการกระทำชนิดต่าง ๆ เช่น แรงกด แรงดึง โมเมนต์ดัด และโมเมนต์บิดซึ่งอาจมีทั้งแรงสถิตและแรงแบบวัฏจักร ทำให้เกิดการล้าได้ เพลาอาจมีชื่อเรียกแตกต่างกันตามลักษณะการใช้งานดังนี้ คือ

เพลา (Shaft) เป็นชิ้นส่วนที่หมุนและใช้ในการส่งกำลัง

แกน (Axle) เป็นชิ้นส่วนลักษณะเดียวกับเพลาแต่ไม่หมุน ส่วนมากเป็นตัวรองรับชิ้นส่วนที่ส่วนนั้นจะหมุนหรือไม่ก็ตาม

สพินเดิล (Spindle) เป็นเพลาขนาดสั้น เช่น เพลาที่หัวแทนกลึง (Head-Stock spindle) เป็นต้น

สตับชาฟ (Stub Shaft) เป็นเพลาที่ติดเป็นชิ้นส่วนต่อเนื่องกับเครื่องยนต์มอเตอร์ หรือเครื่องต้นกำลังอื่น ๆ มีขนาด รูปร่าง และส่วนยื่นออกมา สำหรับใช้ต่อกับเพลาอื่น ๆ

เพลาแนว (Line Shaft) หรือเพลาส่งกำลัง (Power transmission shaft) หรือเพลาเมน (Main shaft) เป็นเพลาซึ่งต่อตรงจากเครื่องต้นกำลัง ใช้ในการส่งกำลังไปยังเครื่องจักรกลอื่น ๆ โดยเฉพาะ

แจ็กชาฟ (Jack shaft) เป็นเพลาขนาดสั้นที่ต่อระหว่างเครื่องต้นกำลังกับเพลาเมนหรือเครื่องจักรกล

เพลาอ่อน (Flexible shaft) เป็นเพลาที่สามารถอ่อนตัวหรือโค้งได้เพลาประเภทนี้ทำด้วยสายลวดใหญ่ (Cable) ลวดสปริงหรือลวดเหนียว (Wire rope) ใช้ในการส่งกำลังในลักษณะที่แกนหมุนทำมุมกันได้แต่ส่งกำลังได้น้อย

เพลาอาจรับแรงดึงแรงกดแรงบิด หรือแรงอัด หรือแรงหลายอย่างรวมกันก็ได้ ดังนั้นการคำนวณจึงต้องใช้ความเค้นผสมเข้ามาช่วย แรงเหล่านี้ อาจมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลาทำให้เพลาเสียหายได้ เพราะความล้า ฉะนั้นจึงต้องมีการออกแบบเพลาให้มีความแข็งแรงเพียงพอสำหรับการใช้งานในลักษณะนี้ นอกจากนี้เพลา ยังต้องมีความแข็งแรงเกร็ง (Rigidity) เพียงพอเพื่อลดมุมบิดภายในเพลาให้อยู่ในขีดที่จำกัดที่พอเหมาะ ระยะโก่ง (Deflection) ของเพลา ก็เป็นสิ่งสำคัญในการกำหนดขนาดเพลา เพราะถ้าเพลา มีระยะโก่งมากก็จะเกิดการแกว่งขณะหมุนได้

#### (I) วัสดุเพลา

ในการเลือกวัสดุและวิธีที่ใช้ในการทำเพลา นักออกแบบจะต้องคำนึงถึงสภาพการใช้งานและภาระที่เพลาต้องรับเป็นหลักโดยทั่วไปแล้ว จะพิจารณาเลือกวัสดุและวิธีการผลิตเพลาตามขนาดระบุเพลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วัสดุที่ใช้ทำเพลาทัวไปคือ เหล็กกล้าอะมุน (Mile steel) แต่ถ้าต้องการให้มีความเหนียวและความทนทานเป็นพิเศษ มักจะใช้เหล็กกล้าผสมโลหะอื่นทำเพล่า เช่น AISI 3140, 1347, 4150 4340 เป็นต้น เพล่าที่มีขนาดเป็นเส้นผ่าศูนย์กลางโตกว่า 90 mm. มักจะกลึงมาจากเหล็กกล้าคาร์บอน ซึ่งผ่านการรีดร้อนอย่างไรก็ตามเพื่อให้เพล่ามีราคาถูกลงที่สุดผู้ออกแบบควรพยายามเลือกใช้เหล็กกล้าคาร์บอนธรรมดา ก่อนที่จะเลือกใช้เหล็กกล้าคาร์บอนชนิดอื่น

### (2) ขนาดของเพล่า

เพื่อให้เพล่ามีมาตรฐานเหมือนกัน องค์การมาตรฐานระหว่างประเทศจึงได้กำหนดขนาดมาตรฐานของเพล่าซึ่งมีขนาดระบุ (Nominal size) ใน ISO/R 775-1969 เอาไว้สำหรับให้ผู้ออกแบบเลือกใช้ ทั้งนี้เพื่อให้สามารถเลือกได้ทั่วไป นอกจากนี้ยังเป็นขนาดที่สอดคล้องกับขนาดของแบริ่งที่ใช้รองรับเพล่าด้วยขนาดระบุของเพล่าแสดงไว้ในตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.1 ขนาดระบุของเพล่าตามมาตรฐาน ISO/R775 – 1969 [1]

ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเป็น mm				
6	25	70	130	240
7	30	75	140	260
8	35	80	150	280
9	40	85	160	300
10	45	90	170	320
12	50	95	180	340
14	55	100	190	360
18	60	110	200	380
20	65	120	220	

### (3) หลักพิจารณาในการออกแบบเพล่า

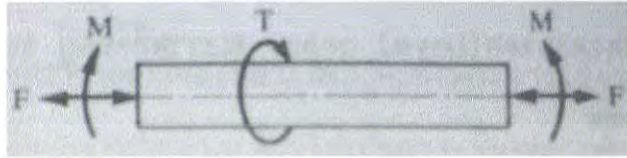
การคำนวณหาขนาดเพล่าที่เหมาะสมขึ้นอยู่กับลักษณะการใช้งาน ดังนั้น มุมบิดของเพล่าที่เกิดขึ้นในขณะที่ใช้งานจะต้องมีค่าไม่มากกว่าที่กำหนดไว้ นั่นคือ เพล่าจะต้องมีความแข็งแรงอยู่ในพิสัยที่ต้องการ ถ้ามุมบิดมากไปนอกจากจะเสียความเที่ยงตรงทางด้านตำแหน่งแล้วยังอาจก่อให้เกิดการสั่นสะเทือนมีผลให้เฟืองและแบริ่งที่รองรับเพล่าอยู่เกิดความเสียหายได้ง่ายขึ้น

ในทางปฏิบัติแล้วมักจะให้มุมบิดของเพล่าในเครื่องจักรทั่วไปไม่เกิน 0.3 ต่อความยาวเพล่า 1 เมตร สำหรับเพล่าส่งกำลังทั่วไปอาจจะให้มุมบิดได้ถึง 10 ต่อความยาวเพล่า 20 เท่า ของขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของเพล่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### (4) การออกแบบเพลตามาตรฐานของ ASME

ก่อนปี พ.ศ. 2497 ได้มีการยอมรับวิธีการกำหนดขนาดของเพลส่างกำลังซึ่งกำหนดเป็น โค้ด (code) โดยสมาคมวิศวกรเครื่องกลแห่งสหรัฐอเมริกา ASME ก็ยังมีความสะดวกและง่ายต่อการใช้งาน ซึ่งจะได้กล่าวถึงต่อไป



รูปที่ 2.1 เพลที่อยู่ภายใต้แรงต่าง ๆ [1]

วิธีการดังกล่าวนี้ใช้ทฤษฎีความเค้นเฉือนสูงสุดและไม่พิจารณาถึงความล้าหรือความเค้นหนาแน่นที่เกิดขึ้นบนเพล ซึ่งเป็นการออกแบบโดยวิธีสถิตศาสตร์ (Static design method) ในการหาสมการสำหรับออกแบบเพลให้พิจารณาเพลในรูปที่ 2.1

ให้เพลเป็นกลมและกลวง โดยมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายในและภายนอกเท่ากับ  $d_i$  และ  $d_o$  ตามลำดับ ความเค้นต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นบนเพลมีดังต่อไปนี้ คือ

ความเค้นดึงหรือกด

$$\sigma_a = \frac{4F}{\pi(d_o^2 - d_i^2)} \quad (2.1)$$

ความเค้นดัด

$$\sigma_b = \frac{Mc}{I} = \frac{32Md_o}{\pi(d_o^4 - d_i^4)} \quad (2.2)$$

ความเค้นเฉือน

$$\tau_{xy} = \frac{Tr}{J} = \frac{16Td_o}{\pi(d_o^4 - d_i^4)} \quad (2.3)$$

ในกรณีที่เป็นแรงกดอาจมีผลจากการโค้งงอ (Buckling) ได้ ดังนั้นสมการ (2.1) จะกลายเป็น

$$\sigma_a = \frac{4\alpha F}{\pi(d_o^2 - d_i^2)} \quad (2.4)$$

เพลส่วนมากจะอยู่ภายใต้ความเค้นที่เป็นวัฏจักร เพราะเพลหมุนอยู่ตลอดเวลาจากนั้นแรงที่กระทำอาจเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลาก็ได้ ดังนั้นเพลจึงเกิดความเสียหายเนื่องจากความล้าเป็นส่วน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใหญ่สำหรับวิธีการคำนวณ ASME ใช้วิธีการแบบสถิตศาสตร์ ดังนั้นต้องมีตัวประกอบความล้า (Fatigue factor) มาเกี่ยวข้องด้วย

เมื่อ  $C_m$  = ตัวประกอบความล้าเนื่องจากการตัด  
 $C_t$  = ตัวประกอบความล้าเนื่องจากการบิด

ดังนั้นสมการ (2.2) และ (2.3) จึงกลายเป็น

$$\sigma_b = \frac{32C_m M d}{\pi(d^4 - d_i^4)} \quad (2.5)$$

$$\tau_{xy} = \frac{16C_t T d}{\pi(d^4 - d_i^4)} \quad (2.6)$$

ความเค้นกดหรือความเค้นดึงรวม คือ

$$\sigma = \sigma_a + \sigma_b \quad (2.7)$$

จากทฤษฎีความเค้นเฉือนสูงสุด

$$\tau = \left[ \tau_{xy}^2 + \left[ \frac{\sigma}{2} \right]^2 \right]^{1/2}$$

แทนค่าสมการ(2.4), (2.5), (2.6) และสมการที่ (2.7) ลงในสมการข้างบนและจัดรูปใหม่จะได้

$$d^3 = \frac{16}{\pi\tau(1-K^4)} \left[ (C_t T)^2 + \left[ \frac{\alpha F d (1+K^2)}{8} + C_m M \right]^2 \right]^{1/2} \quad (2.8)$$

โดยที่  $K = d_i/d$

กรณีไม่มีแรง F กระทำอยู่ด้วยสมการ (2.8) จะลดรูปลดลงเหลือเพียง

$$d^3 = \frac{16}{\pi\tau(1-K^4)} \left[ (C_t T)^2 + (C_m M)^2 \right]^{1/2} \quad (2.9)$$

ในกรณีของเพลาดัน  $k = d_i/d = 0$  เมื่อแทนค่าลงในสมการ (2.9) ก็จะได้สมการ

$$d^3 = \frac{16}{\pi\tau} \left[ (C_t T)^2 + (C_m M)^2 \right]^{1/2} \quad (2.10)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าตัวประกอบความล้าสามารถเลือกใช้ตามลักษณะของแรงที่มากระทำ ซึ่งหาได้จากตารางที่ 2.2 ตารางที่ 2.2 ค่าตัวประกอบความล้า [1]

ชนิดของแรง	$C_m$	$C_t$
เพลายู่นึง :		
แรงสม่ำเสมอหรือเพิ่มขึ้นช้า ๆ	1.0	1.0
แรงกระตุก	1.5-2.0	1.5-2.0
เพลามาก :		
แรงสม่ำเสมอหรือเพิ่มขึ้นช้า ๆ	1.5	1.0
แรงกระตุกอย่างเบา	1.5-2.0	1.0-1.5
แรงกระตุกอย่างแรง	2.0-3.0	1.5-3.0

สำหรับตัวประกอบความโค้งงอ ASME ได้แนะนำให้ใช้ดังนี้

$$\alpha = 1 \quad \text{เมื่อ } F \text{ เป็นแรงดึง} \quad (2.11)$$

$$\alpha = \frac{1}{1 - 0.0044(L/K)} \quad \text{เมื่อ } \frac{L}{K} \leq 115 \quad (2.12)$$

$$\alpha = \frac{\sigma_y (L/K)^2}{\pi^2 n E} \quad \text{เมื่อ } \frac{L}{K} \leq 115 \quad (2.13)$$

เมื่อ  $n = 1.00$  เมื่อปลายเป็นแบบ SS  
 $n = 2.25$  เมื่อปลายเป็นแบบ CC  
 $n = 1.60$  เมื่อปลายถูกขึ้นเป็นบางส่วน (partially nestrirde)  
 $L =$  ความยาวจริงของเพล

นอกจากนี้โค้ดของ ASME ยังได้ระบุเอาไว้ว่า เปลาซึ่งมีใช้อยู่ในงานธรรมดาทั่วไปควรมีค่าความเค้นเฉือนใช้งานดังนี้

$$\tau_d = 55 \frac{N}{\text{mm}^2} \quad \text{สำหรับเพลที่ไม่มีร่องลึ้ม}$$

$$\tau_d = 41 \frac{N}{\text{mm}^2} \quad \text{สำหรับเพลที่มีร่องลึ้ม}$$

แต่ถ้ากำหนดคว้สของเพลที่บอกถึงหมายเลขของโลหะหรือส่วนผสมของโลหะให้ใช้ค่าความเค้นเฉือนใช้งานจากสมการ (2.14) โดยเลือกใช้ค่าน้อยมาค่านวนคือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\tau_d = 0.3\sigma_y \text{ หรือ } \tau_d = 0.18\sigma_u \quad (2.14)$$

และถ้าเพลามีร่องลึ้มให้ลดค่าความเค้นเนื่องการใช้งาน โดยใช้เพียง 75% ของค่าสมการ (2.14)

(5) ความแข็งเกร็งทางด้านการบิด

สำหรับเพลามีขนาดสม่ำเสมอ มุมบิดเป็น rad จะหาค่าได้จากสมการ

$$\theta = \frac{TL}{GJ} \quad (2.15)$$

สำหรับเพลากลมตัน  $J = \frac{\pi}{32}d^4$  ดังนั้นจึงหาค่ามุมบิดเป็นองศาได้จากการสมการ

$$\theta = \frac{584TL}{Gd^4} \quad (2.16)$$

ถ้าเป็นเพลากลมกลวง

$$\theta = \frac{584TL}{(1-K^4)Gd^4} \quad (2.17)$$

ฉะนั้นถ้าต้องการให้เพลามีความแข็งเกร็งตามลักษณะการใช้งานแล้วก็ควรจะใช้สมการข้างบนนี้ตรวจสอบมุมบิดให้อยู่ในค่าที่ต้องการ

## 2.2 การเลือกใช้แบริ่ง[1]

แบริ่งเป็นองค์ประกอบสำคัญของเครื่องจักรที่ต้องการการหล่อลื่นและแทบจะกล่าวได้ว่าเครื่องจักรเกือบทุกเครื่องจะต้องมี แบริ่ง "แบริ่ง" คือสิ่งที่ช่วยรองรับหรือช่วยยึดชิ้นส่วนต่าง ๆ ของเครื่องจักรที่มีการหมุนให้อยู่ในตำแหน่งที่ถูกต้อง แบริ่ง สามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ คือ

(1) แบริ่งกาบ (Plain bearings)

มีลักษณะเป็นรูปทรงกระบอกกลวงโดยมีแกนหมุนอยู่ภายใน ส่วนของแกนหมุนหรือเพลาก็จะหมุนอยู่ภายใน ส่วนของแกนหมุนหรือเพลาก็จะหมุนอยู่ในแบริ่งเรียกว่า เจอร์นอล (Journal) ส่วนรูปทรงกระบอกกลวงเรียกว่า เจอร์นอลแบริ่ง (Journal bearing) ซึ่งมักทำด้วยโลหะหรือส่วนผสมของโลหะที่มีเนื้ออ่อนกว่าเจอร์นอล แบริ่งกาบ ยังสามารถแบ่งออกเป็น ทรัสต์แบริ่ง (Trust Bearing) ซึ่งตัวเจอร์นอลได้รับแรงกดและหมุนอยู่ภายในเจอร์นอลแบริ่ง กับ ไกด์แบริ่ง (Guide Bearing) ซึ่งตัวเจอร์นอลเคลื่อนที่กลับไปกลับมาตามแนวยาวของเจอร์นอลแบริ่ง แบริ่งกาบ โดยทั่วไปจะใช้ น้ำมัน เป็นตัวหล่อลื่นมากกว่าจาระบี และมักใช้จาระบี ในกรณีที่แบริ่งไม่มีระบบป้องกันหรือซีลที่เพียงพอสำหรับ น้ำมัน ในขณะที่ตัวเจอร์นอลหมุนอยู่ภายใน แบริ่ง น้ำมันจะถูกเหวี่ยงเข้ามาเป็นฟิล์มป้องกันไม่ให้ผิวของเจอร์นอลและแบริ่งมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ทางการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัมผัสกัน ความหนืดของน้ำมัน ไม่ควรจะต่ำเกินไปจนฟิล์ม น้ำมัน ไม่สามารถแยกผิวสัมผัสทั้งสองออกจากกัน ได้ ความหนืดของน้ำมันหล่อลื่น สูงขนาด น้ำมันหล่อลื่น ถูกสูบ การเลือกความหนืดของ น้ำมัน ขึ้นอยู่กับความเร็วรอบ, แรงกดและอุณหภูมิในขณะที่ใช้งาน

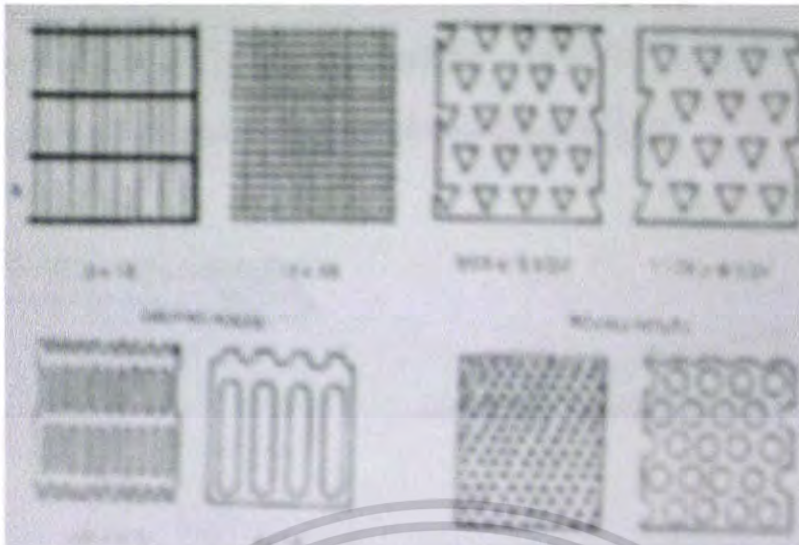
## (2) แบริ่งลูกปืน (Rolling Bearing)

การเคลื่อนไหวยของ แบริ่งภายใน จะเกิดในลักษณะเลื่อนสัมผัส (Sliding) ของผิวสัมผัสทั้งสอง ซึ่งจะทำให้เกิดแรงเสียดทานขึ้น แรงเสียดทาน นี้สามารถลดลงได้โดยการเปลี่ยนการเคลื่อนไหวยแบบเลื่อนสัมผัส (Rolling) โดยการติดตั้งวงแหวนซึ่งประกอบด้วย ลูกปืน ที่ทำด้วยโลหะแข็ง อาจจะมีลักษณะกลมเหมือนลูกบอล หรือเป็นแบบลูกกลิ้งเคลื่อนที่อยู่ระหว่างวงแหวนชั้นในและชั้นนอก ในทางทฤษฎีการหมุนสัมผัสกันไม่จำเป็นต้องอาศัย น้ำมันหล่อลื่น แต่ในทางปฏิบัติแล้วแบริ่งลูกปืนยังมีการเคลื่อนไหวยแบบเลื่อนสัมผัสอยู่บ้าง โดยเฉพาะอย่างยิ่งแบริ่งลูกปืนบางชนิดจะเกิดการบิดเมื่อได้รับแรงกด นอกจากนี้ยังเกิดการเลื่อนสัมผัสระหว่างตัวลูกปืนกับตัววัสดุที่ยึดลูกปืนนั้น ดังนั้นการหล่อลื่นจึงยังเป็นสิ่งจำเป็นเพื่อลดแรงเสียดทานที่เกิดจากการเลื่อนสัมผัส เป็นเกราะหรือซีล ป้องกันความชื้น การกัดกร่อน ตลอดจนสิ่งสกปรกต่างๆที่จะเข้าไปในแบริ่งแบริ่งลูกปืนส่วนใหญ่จะใช้จาระบี เป็นตัวหล่อลื่น จาระบียังทำหน้าที่เป็นซีลป้องกันไม่ให้ความชื้นหรือสิ่งสกปรกต่างๆ เข้าไปทำความเสียหายแก่ลูกปืน การเลือกชนิดของจาระบี ขึ้นอยู่กับความเร็วรอบแรงกด และอุณหภูมิของแบริ่งในขณะที่ใช้งาน โดยทั่วไปมักใช้ จาระบี เอนกประสงค์ ที่ทำด้วยสบูลิเทียมในงานบางประเภทอาจมีความต้องการ จาระบี ที่สามารถทนต่ออุณหภูมิสูงและอุณหภูมิต่ำคือ ไม่เหลวและไม่ทำปฏิกิริยาออกซิเดชันในขณะที่ใช้งานภายใต้อุณหภูมิค่าเช่น จาระบีสำหรับเครื่องบิน เป็นต้น ในบางสภาวะ จาระบี ยังต้องมีคุณสมบัติทนต่อการถูกชะล้างโดยน้ำและน้ำมันจะต้องไม่แยกตัวออกจากระบี

แบริ่งลูกปืนหมุนรอบจัดซึ่งมีความร้อนเกิดขึ้นสูง จำเป็นต้องใช้ น้ำมัน ในการหล่อลื่น ขณะเดียวกันก็ช่วยระบายความร้อนอีกด้วย แบริ่งเหล่านี้มักเป็นแบบปิด แห่อยู่ในอ่างน้ำมันหรือใช้วิธีฉีดพ่นหรือหยดน้ำมันก็ได้

## 2.3 การใช้ตะแกรงในการคัดขนาด [2]

โดยทั่วไปโครงสร้างตะแกรงจะเป็นแผ่นโลหะเจาะรูไว้ หรืออาจจะเป็นลวดถัก ช่องเปิดอาจจะเป็นรูปร่างกลม รูปไข่ หรือรูปสามเหลี่ยม ดังแสดงในรูปที่ 2.2 ตะแกรงมีขนาดและรูปร่างที่ต่างกันขึ้นอยู่กับความต้องการทางห้องทดลองหรือวัตถุประสงค์การใช้งานเฉพาะอย่าง



รูปที่ 2.2 ตะแกรงรูปทรงต่างๆ [2]

(1) ตะแกรงที่เจาะรู ( Perforated Metal Screens )

รูเปิดรูปวงกลม เป็นตะแกรงที่มีรูเปิดเป็นรูปวงกลม การบอกขนาดจะวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง (mm หรือ นิ้ว) ของพื้นที่ที่เปิด ตัวอย่างเช่น ตะแกรงรูกลมขนาด 1/18 คือตะแกรงที่เจาะรู 1/18 นิ้ว

รูเปิดรูปวงรี เป็นตะแกรงที่มีชื่อเรียกว่า วงรี หรือ slot โดยจะมีทั้งด้านกว้างและด้านยาวของช่องเปิด โดยที่จะระบุความกว้างของช่องเปิดก่อน เช่น 1.8×20 โดยทั่วไปตะแกรงชนิดนี้จะวางตามแนวเดียวกับทิศทางการไหลของเมล็ด

รูเปิดรูปสามเหลี่ยม การบอกขนาดของตะแกรงชนิดนี้ใช้ระบบที่ความยาวด้านในแต่ละด้านของสามเหลี่ยมต้องเท่ากัน เช่น ตะแกรงสามเหลี่ยมขนาด 9 mm หมายถึง ตะแกรงรูปสามเหลี่ยมด้านเท่าที่แต่ละด้านยาว 9 mm

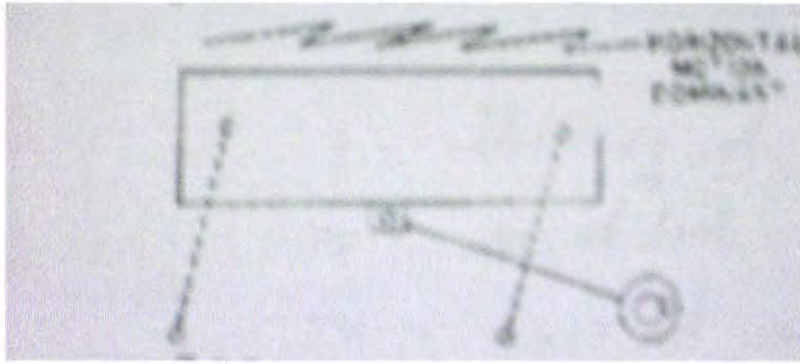
(2) การเคลื่อนที่ของวัสดุ

การเคลื่อนที่ของวัสดุขึ้นกับความถี่ของการสั่นสะเทือนซึ่งมีด้วยกัน 3 ระบบ ดังนี้

1. Reciprocatory คือการเคลื่อนที่ในแนวอนหรือการเคลื่อนที่ในระนาบเอียง ทั้งนี้ขึ้นกับระนาบ การเคลื่อนที่ของวัสดุ ซึ่งแบ่งออกได้ดังนี้

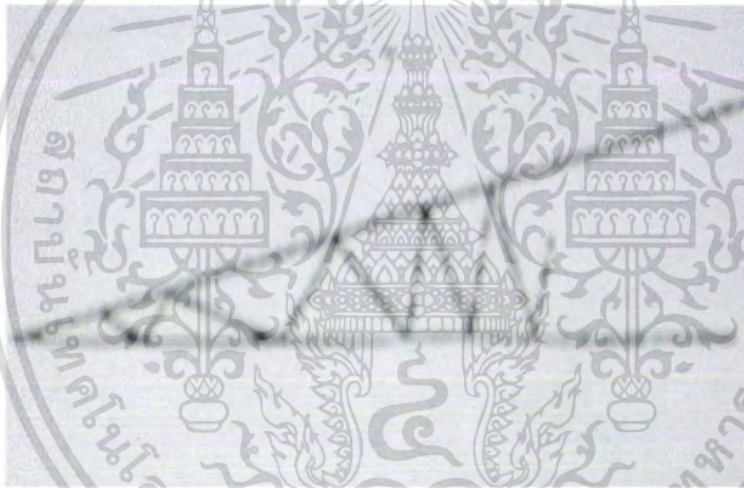
Horizontal reciprocating motion การเคลื่อนที่แบบนี้ได้นำลูกเบี้ยวมาต่อขนานกับชุดตะแกรง โดยทิศทางการเคลื่อนที่จะต้องขนานกับทิศทางการเข้าออกด้วย การเคลื่อนที่ในแนวคังมีเสถียรน้อยเพื่อช่วยในการเคลื่อนที่ของวัสดุขนาดใหญ่ แสดงในรูปที่ 2.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.3 Horizontal reciprocating motion [2]

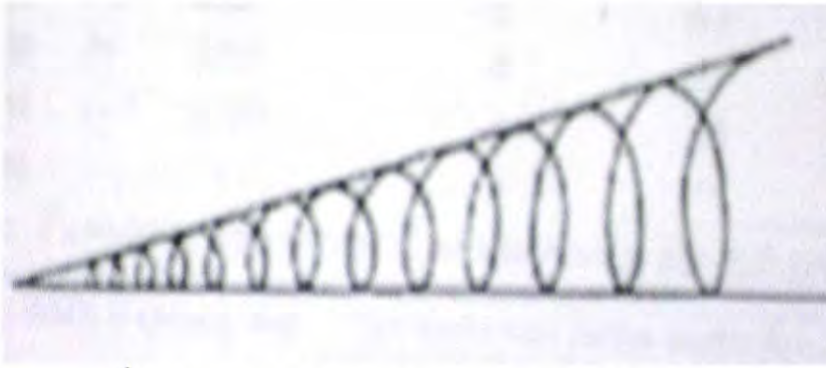
Inclined reciprocating motion ตะแกรงสามารถเคลื่อนที่ในมุมเอียงได้โดยใช้ลูกเบี้ยวเป็นตัวควบคุม โดยที่การเคลื่อนที่จะมีในแนวตั้งและแนวราบ การเคลื่อนที่ในแนวตั้งช่วยยกวัสดุขึ้นจากผิวของตะแกรงเพียงเล็กน้อยเพื่อช่วยในการเคลื่อนที่ของวัสดุ ซึ่งแสดงในรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 Inclined reciprocating motion [2]

2. Combined horizontal and reciprocating motion การเคลื่อนที่ในแบบนี้ต้องเปลี่ยนจากการขับเคลื่อนในแนวนอนด้วยลูกเบี้ยวมาเป็นแบบโรตารีซึ่งช่วยทั้งการเคลื่อนที่ในแนวตั้งและแนวนอนที่ดึงจากการเคลื่อนที่ของวัสดุรูปแบบในการเคลื่อนที่จะคล้ายรูปไข่ แสดงในรูปที่ 2.5 การเคลื่อนที่แบบนี้ช่วยกระจายวัสดุให้ออกไปด้านข้างของตะแกรง และจะไม่เคลื่อนที่กลับหรือออกไปโดยทันที แต่จะเคลื่อนที่จากด้านหนึ่งของตะแกรงไปสู่อีกด้านหนึ่งของตะแกรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.5 Combined horizontal and reciprocating motion [2]

3. Horizontal rotary motion การเคลื่อนที่ที่หมุนเป็นวงกลมในแนวนอน วงกลมแต่ละวงจะซ้อนกันจากจุดที่ป้อนวัสดุไปยังทางออกแสดงในรูปที่ 2.6 Amplitude และความถี่ของการเคลื่อนที่ถูกรวบรวมโดยการทำงานของลูกเบี้ยว



รูปที่ 2.6 Horizontal rotary motion [2]

#### 2.4 การทดสอบสมรรถนะของเครื่องกะเทาะเปลือกผลและเปลือกเมล็ดสับดำ [4]

ความสามารถในการกะเทาะ (Capacity) ประสิทธิภาพการกะเทาะ (Shelling efficiency) ประสิทธิภาพการคัดแยก (Separation efficiency) การสูญเสียในการคัดแยก (Separation loss) และการเสียหายของเนื้อในเมล็ด (Kernel damage) ซึ่งการหาค่าต่างๆได้ดัดแปลงจากงานของ Akubuo [12] ดังนี้  
ความสามารถในการกะเทาะ (Capacity) = ปริมาณเนื้อในเมล็ดที่กะเทาะได้ภายใน 1 ชั่วโมง

$$\text{ประสิทธิภาพการกะเทาะเมล็ด} = \frac{X1 + X2}{X1 + X2 + X3} \times 100$$

$X1$  = น้ำหนักเมล็ดที่ช่องทางออกของเมล็ด

$X2$  = น้ำหนักเมล็ดที่ช่องทางออกเปลือกผล

$X3$  = น้ำหนักเมล็ดที่ไม่ได้รับการกะเทาะที่ช่องทางออกต่างๆ

$$\text{ประสิทธิภาพการกะเทาะเนื้อในเมล็ด} = \frac{W1 + W2}{W1 + W2 + W3} \times 100$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

W1 = น้ำหนักเนื้อในเมล็ดที่ช่องทางออกเนื้อในเมล็ด

W2 = น้ำหนักเนื้อในเมล็ดที่ช่องทางออกเปลือกหุ้มเมล็ด

W3 = น้ำหนักเนื้อในเมล็ดที่ไม่ได้รับการกะเทาะที่ช่องทางออกต่างๆ

$$\text{ประสิทธิภาพการคัดแยกเมล็ด} = \frac{X1}{X1 + X2 + X3 + X4 + X5} \times 100$$

X4 = น้ำหนักเปลือกผลทั้งหมด

X5 = น้ำหนักเปลือกหุ้มเมล็ดและเนื้อในเมล็ด

$$\text{ประสิทธิภาพการคัดแยกเนื้อในเมล็ด} = \frac{W1}{W1 + W2 + W3 + W4} \times 100$$

W4 = น้ำหนักเปลือกหุ้มเมล็ด

$$\text{การสูญเสียในการคัดแยกเมล็ด} = \frac{X2}{X1 + X2 + X3 + X4 + X5} \times 100$$

$$\text{การสูญเสียในการคัดแยกเนื้อในเมล็ด} = \frac{W2}{W1 + W2 + W3 + W4} \times 100$$

$$\text{การเสียหายของเนื้อในเมล็ด} = \frac{W6}{W1 + W2 + W3} \times 100$$

W6 = น้ำหนักเนื้อในเมล็ดที่เสียหาย

นอกจากนี้จะต้องหาการสิ้นเปลืองพลังงานโดยวัดกระแสไฟฟ้าที่ป้อนเข้าสู่มอเตอร์และคำนวณการสิ้นเปลืองพลังงานจากสูตร ดังต่อไปนี้

การสิ้นเปลืองพลังงาน = กระแสไฟฟ้าที่ป้อนเข้าสู่มอเตอร์ × ศักย์ไฟฟ้า(220V) × Power factor

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.3 คุณสมบัติทางกายภาพและทางกลของผลสุบุดำที่จำเป็นในการออกแบบ [4]

คุณสมบัติทางกายภาพ	ผลสุบุดำ	เมล็ดสุบุดำ	เนื้อในเมล็ดสุบุดำ
มวลสุบุดำ 1000 หน่วย (g)	14560.9±2415.	1322.4±14.6	688.1±5.7
สัดส่วนเมล็ด (%)	24.53		
สัดส่วนเนื้อในเมล็ด (%)	12.63		
สัดส่วนเปลือกเมล็ด (%)	11.90		
สัดส่วนเปลือกผล (%)	75.47		
ความยาวด้านที่ยาวที่สุด (a) (mm)	33.36±1.58	21.02±1.03	15.45±0.54
ความยาวที่ตั้งฉากกับด้าน a (b) (mm)	30.05±1.08	9.58±0.28	7.42±0.33
ความยาวที่ตั้งฉากกับด้าน a, b, c (mm)	31.51±0.97	11.97±0.30	10.25±0.36
เส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยเชิงเรขาคณิต (mm)	31.60±1.01	13.40±0.36	10.55±0.34
ความเป็นทรงกลม	0.95±0.03	0.64±0.03	0.68±0.01
ความหนาแน่นรวม (g/cm <sup>3</sup> )	0.47±0.00	0.45±0.01	0.42±0.01
ความหนาแน่นเนื้อ (g/cm <sup>3</sup> )	0.95±0.02	1.04±0.04	1.02±0.05
ความพรุน (%)	50.53	56.73	58.82
พื้นที่ผิว (mm <sup>2</sup> )	3139.21±197.4	534.12±31.8	306.48±22.08
พื้นที่ผิวจำเพาะ (cm <sup>2</sup> /cm <sup>3</sup> )	0.90±0.07	1.91±0.12	2.12±0.08
สัมประสิทธิ์ของแรงเสียดทานสถิตบนพื้นผิวต่างๆ:			
ไม้	0.50±0.05	0.49±0.03	0.72±0.06
เหล็ก	0.64±0.05	0.46±0.01	0.73±0.03
แอสตันเลส	0.46±0.02	0.49±0.04	0.65±0.02
มุมกองพื้น			
แบบบรรจุ	53.53±1.72	54.00±5.13	60.23±6.16
แบบถ่ายเท	42.91±0.67	37.76±2.85	42.92±0.82
<b>คุณสมบัติเชิงกล</b>	<b>ผลสุบุดำ</b>	<b>เมล็ดสุบุดำ</b>	<b>เนื้อในเมล็ดสุบุดำ</b>
แรงกดแตก (N)	135.39±54.86	146.63±14.82	67.72±19.03
ช่องว่างที่กดแตก (mm)	4.36±1.42	2.10±0.19	1.74±0.37
ความแข็ง (N/mm)	30.58±5.88	69.98±6.22	38.52±5.59
พลังงานที่ใช้ในการกดแตก (N mm)	300.88±237.84	124.44±19.95	51.61±26.84

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.5 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการทดลองเพื่อหาสมบัติกายภาพเบื้องต้น[4]

### 2.5.1 ความชื้น

การหาความชื้นหาโดยการตัดแปลงจากการหาความชื้นของถั่วลิสงวิธีของ ASAE S410.1DEC97, Moisture Measurement-Peanuts [8] ความชื้น คือ ปริมาณน้ำที่อยู่ในวัสดุ หาได้โดยวิธีการอบวัสดุด้วยตู้อบที่อุณหภูมิคงที่ที่เวลาใดๆทำที่  $130 \pm 3$  °c เป็นเวลา 6 ชั่วโมง ซึ่งเป็นมาตรฐานการหาความชื้นของถั่วลิสง โดยความชื้นสามารถหาได้จากสูตรดังต่อไปนี้

ความชื้นของผลสบู่น้ำ

$$G = \frac{E(C) + D(A) + F(B)}{100} \quad (2.18)$$

เมื่อ A = สัดส่วนเปลือก โดย

$$A = \frac{100 \times Mb}{Mt} \quad (2.19)$$

เมื่อ Mb = มวลเปลือก (g)

Mt = มวลทั้งหมด (g)

เมื่อ B = สัดส่วนเปลือกหุ้มเมล็ด โดย

$$B = \frac{100 \times Mm}{Mt} \quad (2.20)$$

เมื่อ Mm = มวลเปลือกหุ้มเมล็ด (g)

Mt = มวลทั้งหมด (g)

เมื่อ C = สัดส่วนเมล็ดใน โดย

$$C = \frac{100 \times Ms}{Mt} \quad (2.21)$$

เมื่อ Ms = มวลเมล็ดใน (g)

Mt = มวลทั้งหมด (g)

เมื่อ D = ความชื้นของเปลือก โดย

$$D = \frac{100 \times MI}{Mt} \quad (2.22)$$

เมื่อ MI = มวลเปลือกที่หายไป (g)

Mt = มวลเปลือกที่เริ่มต้น (g)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ E = ความชื้นของเมล็ดใน โดย

$$E = \frac{100 \times Mi}{Mh} \quad (2.23)$$

เมื่อ  $Mi$  = มวลเมล็ดที่หายไป (g)

$Mh$  = มวลเมล็ดที่เริ่มต้น (g)

เมื่อ F = ความชื้นของเปลือกหุ้มเมล็ด

$$F = \frac{100 \times Mv}{Mg} \quad (2.24)$$

เมื่อ  $Mv$  = มวลเปลือกเมล็ดที่หายไป (g)

$Mg$  = มวลเปลือกเมล็ดที่เริ่มต้น (g)

### 2.5.2 เส้นผ่าศูนย์กลางเฉลี่ยเชิงเรขาคณิต (GMD) [7]

หากวัสดุมีรูปร่างเป็นทรงกลมกำหนดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางได้โดยหากมีรูปร่างคล้ายทรงกลมหรือไม่เป็นทรงกลม สามารถหาได้โดยใช้สูตรดังต่อไปนี้

$$GMD = (abc)^{1/3} \text{ mm} \quad (2.25)$$

a = เส้นผ่าศูนย์กลางที่ยาวที่สุดของวัสดุ (mm)

b = เส้นผ่าศูนย์กลางที่ยาวที่สุดที่ตั้งฉากกับ a (mm)

c = เส้นผ่าศูนย์กลางที่ยาวที่สุดที่ตั้งฉากกับ a และ b (mm)

การออกแบบและการปรับปรุง

3.1 แนวทางในการปรับปรุงต้นแบบเครื่องกะเทาะเปลือกผลและเปลือกเมล็ดสบูดำ ปี 2549

3.1.1 ปรับปรุงชุดกะเทาะเปลือกผลสบูดำ

ในส่วนชุดกะเทาะเปลือกผลสบูดำยังคงใช้วิธีการกะเทาะแบบใช้ลูกกลิ้งเช่นเดิมเนื่องจากวิธีนี้สามารถกะเทาะเปลือกผลออกได้โดยเมล็ดสบูดำไม่เสียหายแต่เนื่องจากลูกกลิ้งมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่เล็กซึ่งมีขนาด 60 mm ทำให้ระยะเวลาและหน้าสัมผัสที่จะบีบอัดผลสบูดำมีน้อยและเนื่องจากลูกกลิ้งทั้งสองหมุนเข้าหากันทำให้การบีบอัดผลสบูดำเป็นเพียงการบีบให้ผลของมันแบนเท่านั้นไม่สามารถที่จะบีบให้เมล็ดของสบูดำหลุดออกจากผลได้ ดังรูปที่ 3.1



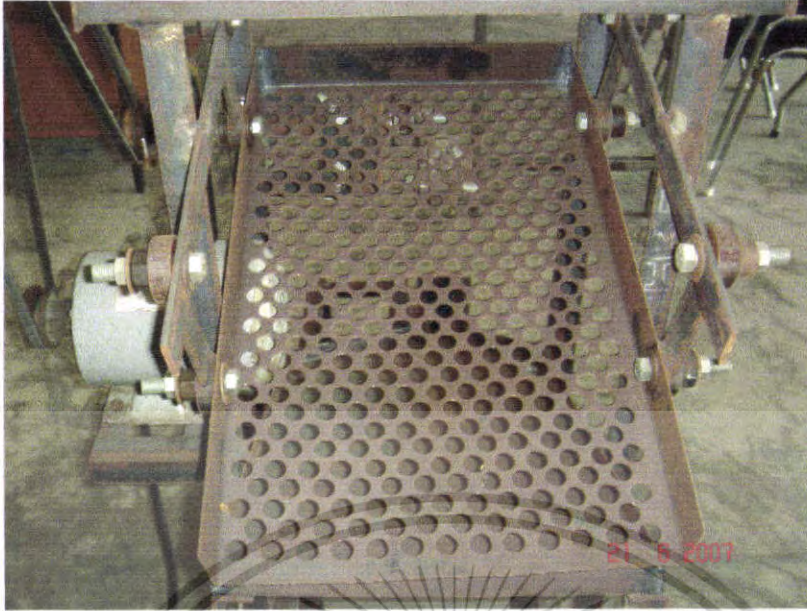
รูปที่ 3.1 ชุดลูกกลิ้งเครื่องกะเทาะเปลือกผลและเปลือกเมล็ดสบูดำ ปี 2549

ดังนั้นจึงปรับเปลี่ยนตัวลูกกลิ้งใหม่โดยเพิ่มขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางให้มีขนาดที่ใหญ่ขึ้นกว่าเดิมเป็น 90 mm จากนั้นเปลี่ยนหน้าสัมผัสจากที่เป็นเหล็กกัดลายมาเป็นหน้าสัมผัสที่เป็นยางแทนและล็อกลูกกลิ้งไว้หนึ่งตัวไม่ให้หมุนส่วนอีกหนึ่งตัวให้หมุนตามปกติ

3.1.2 ปรับปรุงชุดคัดแยกเมล็ดสบูดำ

ชุดคัดแยกเมล็ดสบูดำของเดิมได้ใช้ตะแกรงในการคัดแยกดังรูปที่ 3.2 ปัญหาที่เกิดขึ้นคือขนาดของตะแกรงที่มีความยาวไม่มากพอทำให้เมล็ดสบูดำที่ถูกชุดลูกกลิ้งกะเทาะลงมาไปอยู่ที่ช่องทางออกของเปลือกเป็นจำนวนมากและรูตะแกรงที่มีขนาดใหญ่ทำให้เปลือกบางส่วนที่หลุดลอดช่องรูตะแกรงลงมาช่องทางออกของเมล็ด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงแก้ไข 82985

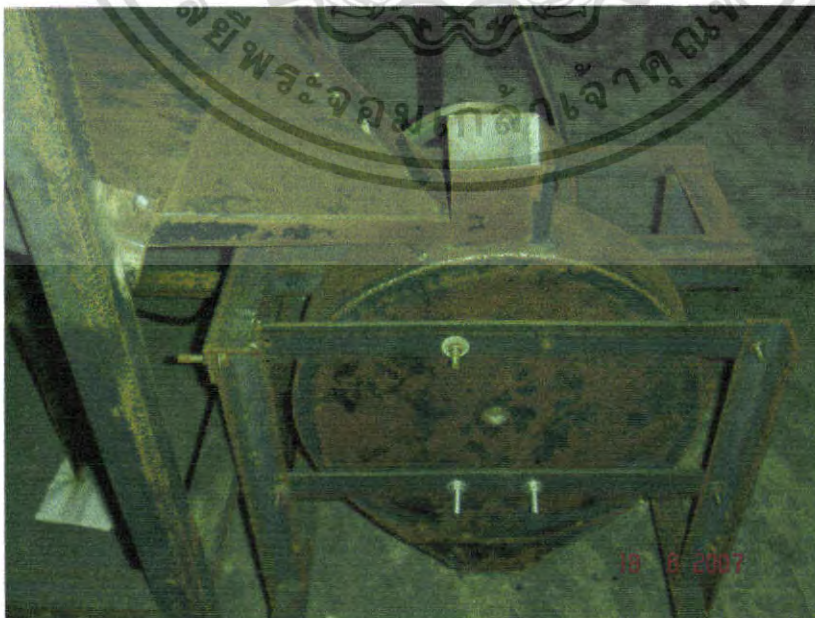


รูปที่ 3.2 ชุดตะแกรงคัดแยกเมล็ดสนุ่ดำของเครื่องกะเทาะเปลือกผลและเปลือกเมล็ดสนุ่ดำ ปี 2549

ดังนั้นจึงทำการติดแผ่นยางที่มีความยืดหยุ่นขวางเพื่อชะลอการเคลื่อนที่ของเมล็ดสนุ่ดำให้หลุดลงช่องรูตะแกรงก่อนที่จะกลิ้งมาออกที่ช่องทางออกของเปลือกเป็นการลดการสูญเสียในการคัดแยก

### 3.1.3 ปรับปรุงชุดกะเทาะเปลือกเมล็ดสนุ่ดำ

ชุดกะเทาะเปลือกเมล็ดสนุ่ดำเดิมมีลักษณะคล้ายเครื่อง โม่แป้งดังรูปที่ 3.1 โดยลักษณะภายในเป็นจานแผ่น 2 แผ่น ประกบกันอยู่ในแนวตั้ง โดยที่หน้าสัมผัสของจานแผ่นทั้งสองแผ่นเป็นขางปัญหาที่เกิดขึ้นคือ เมล็ดสนุ่ดำที่เข้ามาส่วนมากจะไม่ถูกกะเทาะแต่จะถูกแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางเหวี่ยงเมล็ดสนุ่ดำไปยังขอบจาน โดยไม่โดนหน้าสัมผัสที่เป็นขางบิบกะเทาะ



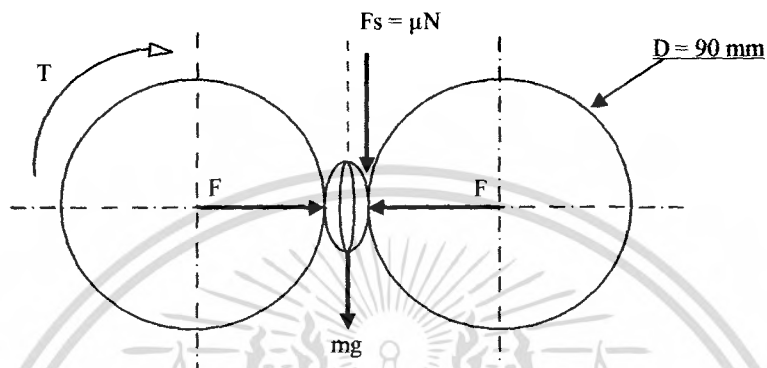
รูปที่ 3.3 ชุดจานกะเทาะของเครื่องกะเทาะเปลือกผลและเปลือกเมล็ดสนุ่ดำ ปี 2549

เอกสารนี้ใช้ในเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการใช้ในเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้ผู้ใดเห็นว่าเป็นประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

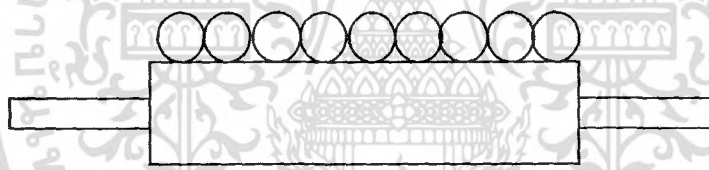
ดังนั้นจึงติดแผ่นกันไวยังขอบจานโดยรอบเพื่อกันเมล็ดสบูดำไม่ให้โค่นแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางหลุดออกเพื่อที่เมล็ดสบูดำจะได้ลงไปโคนหน้าสัมผัสขางบับให้เนื้อในหลุดออกจากเปลือกเมล็ด

### 3.2 การคำนวณเพื่อการออกแบบ

#### 3.2.1 การวิเคราะห์แรงที่กระทำต่อลูกกลิ้ง



รูปที่ 3.4 ไคอะแกรมการรับแรงของผลสบูดำ



รูปที่ 3.5 ไคอะแกรมการรับแรงของผลสบูดำ

พิจารณาผลสบูดำ 9 ผล หาแรงกระทำต่อลูกกลิ้ง

จะได้

$$F = (9)(135.39\text{N})$$

$$= 1218.51 \text{ N}$$

จาก

$$F_s = \mu N$$

$\mu = 0.64$

(สัมประสิทธิ์แรงเสียดทานจากตาราง 2.3)

$$= (0.64)(1218.51)$$

$$= 779.84 \text{ N}$$

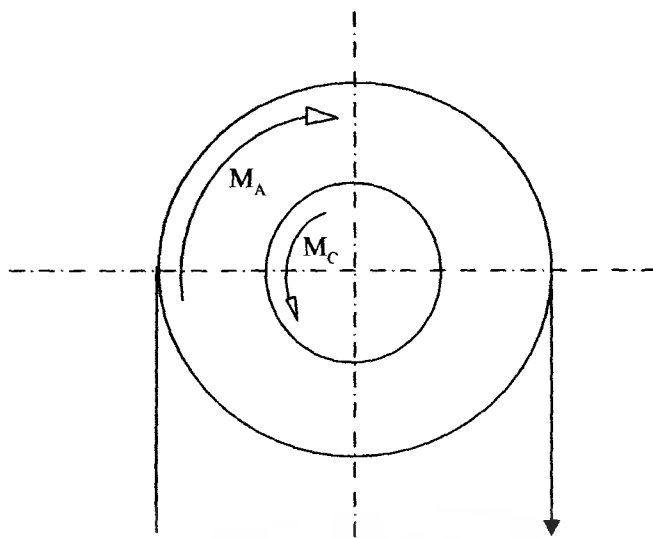
ดังนั้น

$$M_c = F_s \times R_c$$

$$M_c = 779.84 \times 45$$

$$= 35131.05 \text{ N}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.6 โค้ดะแกรมสมดุลโมเมนต์ระหว่างล้อขับลูกกลิ้ง

เมื่อ

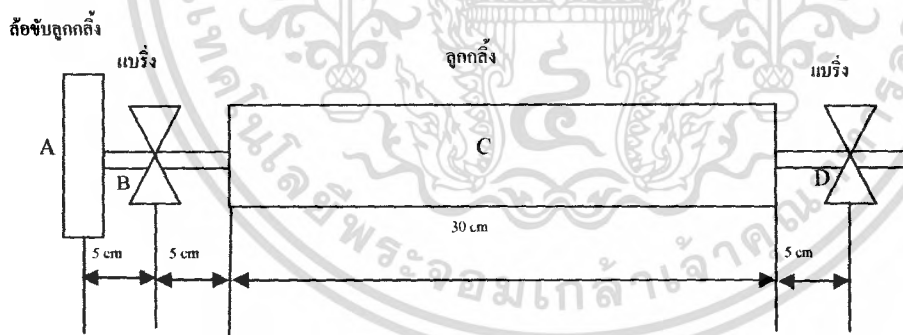
$$M_A = M_C$$

∴

ทอร์คที่จุด A = 35131.05 N.mm

### 3.2.3 การออกแบบเพลาลูกกลิ้ง

หลังจากที่คำนวณแรงที่กระทำต่อลูกกลิ้งได้แล้ว จากนั้นจึงทำการพิจารณาแรงที่กระทำต่อเพลาลูกกลิ้งเพื่อจะหาขนาดของเพลาลูกกลิ้งซึ่งส่วนต่างๆ ของชุดลูกกลิ้งที่มีแรงกระทำต่อเพลลา ได้แสดงไว้ในรูปที่ 3.7



รูปที่ 3.7 ชิ้นส่วนต่างๆ ของชุดลูกกลิ้งที่มีแรงกระทำต่อเพลลา

#### (1) แรงที่จุด A (ล้อขับลูกกลิ้ง)

จาก

$$M_A = F_A \times R_A$$

$$35131.05 = F_A \times 100$$

$$F_A = 315.31 \text{ N}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ น้ำหนักพู่แขวน = 31.69 N (จากการชั่ง)

$$\begin{aligned} \text{ดังนั้น ผลรวมแรงกระทำในแนวตั้งที่จุด A} &= F_A + \text{น้ำหนักพู่แขวน} \\ &= 351.31 + 31.69 \\ &= 383 \text{ N} \end{aligned}$$

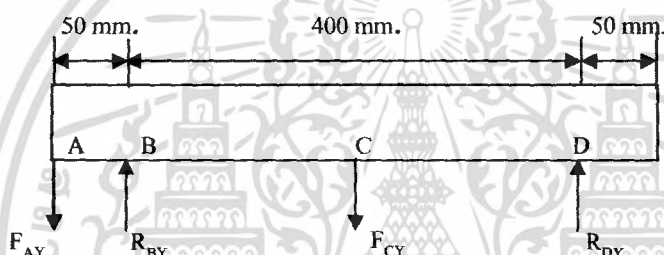
(2) แรงที่กระทำที่จุด C

เมื่อ น้ำหนักลูกกลิ้ง = 38.25 N (จากการชั่ง)

$$\begin{aligned} \text{ดังนั้น ผลรวมแรงกระทำในแนวตั้งที่จุด C} &= F_s + \text{น้ำหนักลูกกลิ้ง} \\ &= 779.84 + 38.69 \\ &= 818.09 \text{ N} \end{aligned}$$

(3) หาแรงปฏิกิริยาที่จุด B, D

แรงปฏิกิริยาที่เกิดในแนวตั้ง



รูปที่ 3.8 ไคอะแกรมการรับแรงของเพลาในแนวตั้ง

พิจารณาจากรูปที่ 3.8

จาก

$$\sum M_B = 0$$

ดังนั้น

$$(F_{AY})(50) - (F_{CY})(200) + R_{DY}(400) = 0$$

แทนค่าจะได้

$$(383)(50) - (818.09)(200) + R_{DY}(400) = 0$$

$$R_{DY} = 361.17 \text{ N}$$

จาก

$$\sum F_Y = 0$$

ดังนั้น

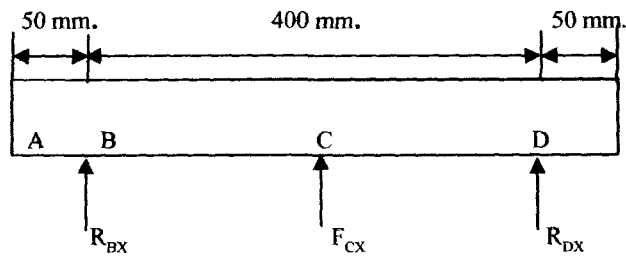
$$R_{BY} - F_{AY} - F_{CY} + R_{DY} = 0$$

แทนค่าจะได้

$$R_{BY} - 383 - 818.09 + 361.17 = 0$$

$$R_{BY} = 839.92 \text{ N}$$

แรงปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในแนวระดับ



รูปที่ 3.9 ไดอะแกรมการรับแรงของเพลาในแนวนอน

จาก  $\sum M_b = 0$

ดังนั้น  $R_{DX}(400) - (F_{CX})(200) = 0$

แทนค่าจะได้  $R_{DX}(400) - (1218.51)(200) = 0$

$$R_{DX} = 609.25 \text{ N}$$

จาก  $\sum F_y = 0$

ดังนั้น  $R_{BX} - F_{CX} + R_{DX} = 0$

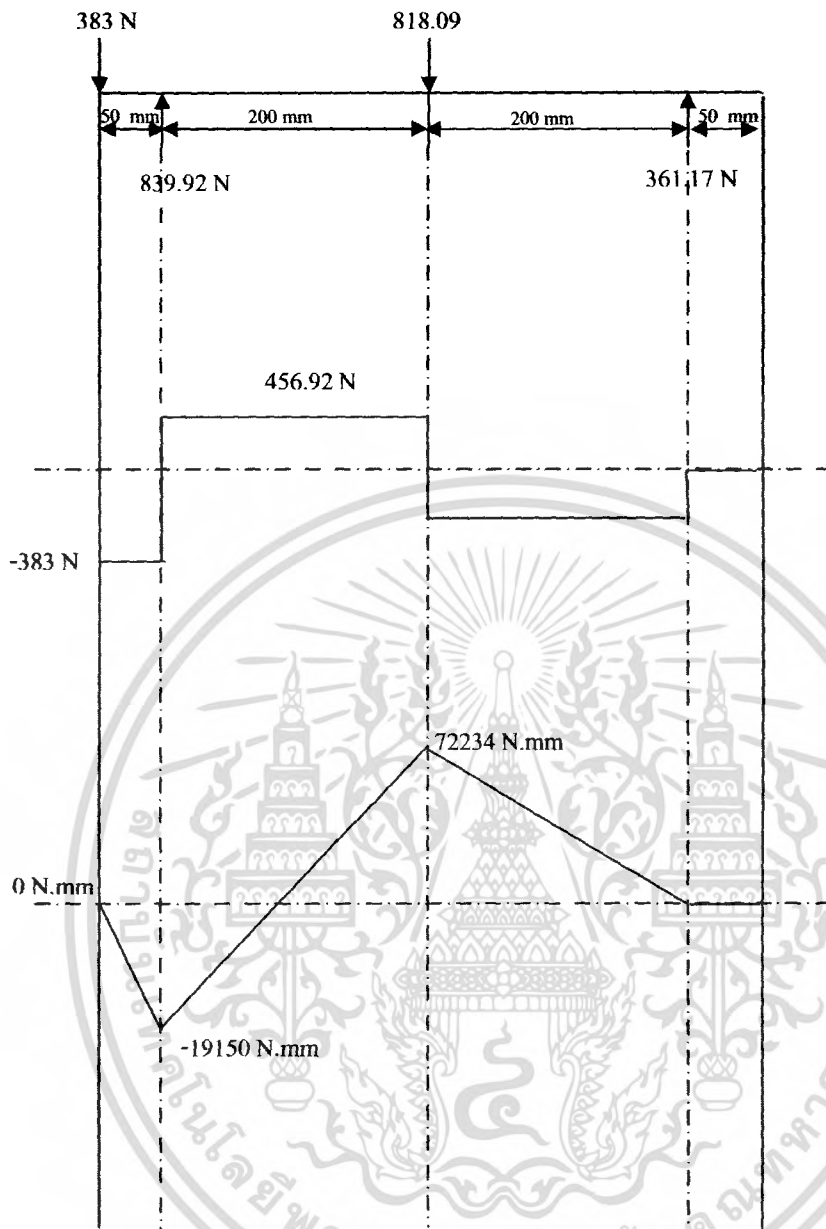
แทนค่าจะได้  $R_{BX} - 1218.51 + 609.25 = 0$

$$R_{BX} = 609.25 \text{ N}$$

(4) หาแรงเฉือนและ โมเมนต์คัต

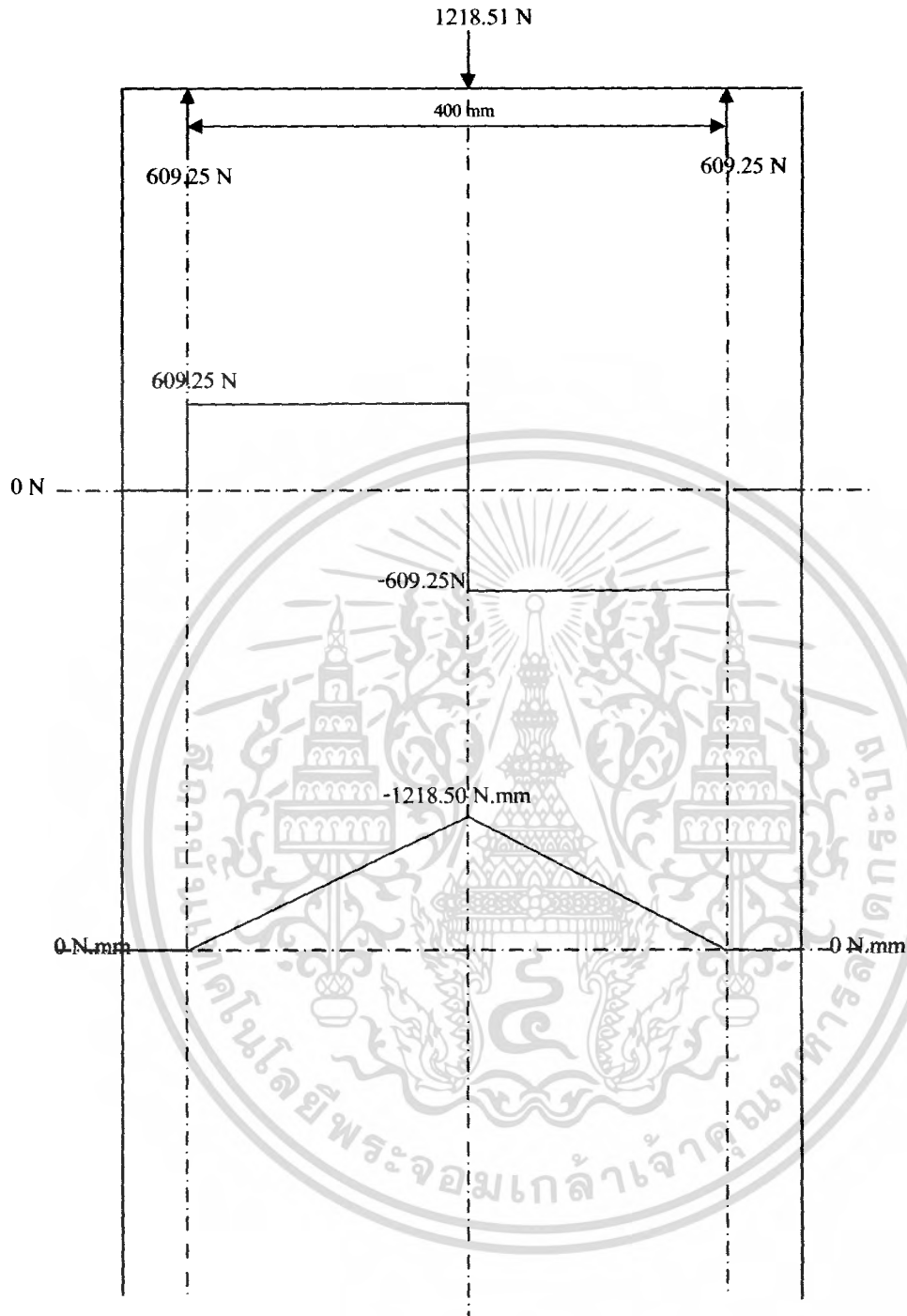
แรงเฉือนและ โมเมนต์คัตที่เกิดกับเพลาทั้งในแนวตั้งและแนวระดับ ได้แสดงไว้ในรูปที่

3.10 และ 3.11



รูปที่ 3.10 กราฟแสดงแรงเฉือนและ โมเมนต์ดัดที่เกิดกับเพลาถูกกลิ้งในแนวตั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.11 กราฟแสดงแรงเฉือนและโมเมนต์ค้ดที่เกิดกับเพลาลูกกลิ้งในแนวระดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 3.10 และ 3.11 โมเมนต์คัตสูงสุดเกิดขึ้นที่จุด C

$$\begin{aligned} \text{จาก} \quad M_c &= \sqrt{(121850)^2 + (72234)^2} \\ &= 141651.59 \text{ N.mm} \end{aligned}$$

และ ทอร์กสูงสุดที่เกิดขึ้น = 35131.05 N.mm

$$\text{จาก} \quad d^3 = \frac{16}{\pi\tau} [(C_t T)^2 + (C_m M)^2]^{1/2}$$

$$\text{กำหนดให้ } \tau = 55 \frac{\text{N}}{\text{mm}}$$

$$C_t = 1$$

$$C_m = 1.5$$

เพลลาหมุนมีแรงกระทำสม่ำเสมอหรือเพิ่มขึ้นช้าๆ

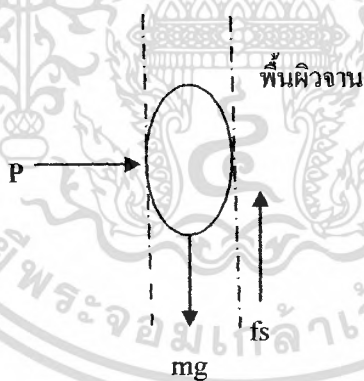
$$\begin{aligned} \text{แทนค่า} \quad d^3 &= \frac{16}{\pi(55)} [((1)(35131.05))^2 + ((1.5)(141651.59))^2]^{1/2} \\ d &= 26.85 \text{ mm} \end{aligned}$$

จากค่า d ที่คำนวณได้นำไปเลือกใช้เพลลาขนาด 30 mm.

### 3.2.3 การคำนวณแรงและทอร์กที่กระทำบนจานกะเทาะ

ไดอะแกรมของแรงเสียดทานที่เมล็ดสปูดำ 1 เมล็ดกระทำบนจานกะเทาะ ได้แสดงในรูปที่

3.12



รูปที่ 3.12 ไดอะแกรมการรับแรงของเมล็ดสปูดำ 1 เมล็ด

พิจารณาแรงเสียดทานของเมล็ดสปูดำ 1 เมล็ดกระทำกับจาน

$$\text{จาก} \quad f_s = \mu N$$

$$\text{เมื่อ} \quad N = 146.63 \text{ N} \quad (\text{แรงกดแตกของเมล็ดสปูดำจากตารางที่ 2.3})$$

$$\mu_s = 0.46 \quad (\text{สัมประสิทธิ์แรงเสียดทานระหว่างเมล็ดสปูดำกับจานกะเทาะจากตารางที่ 2.3})$$

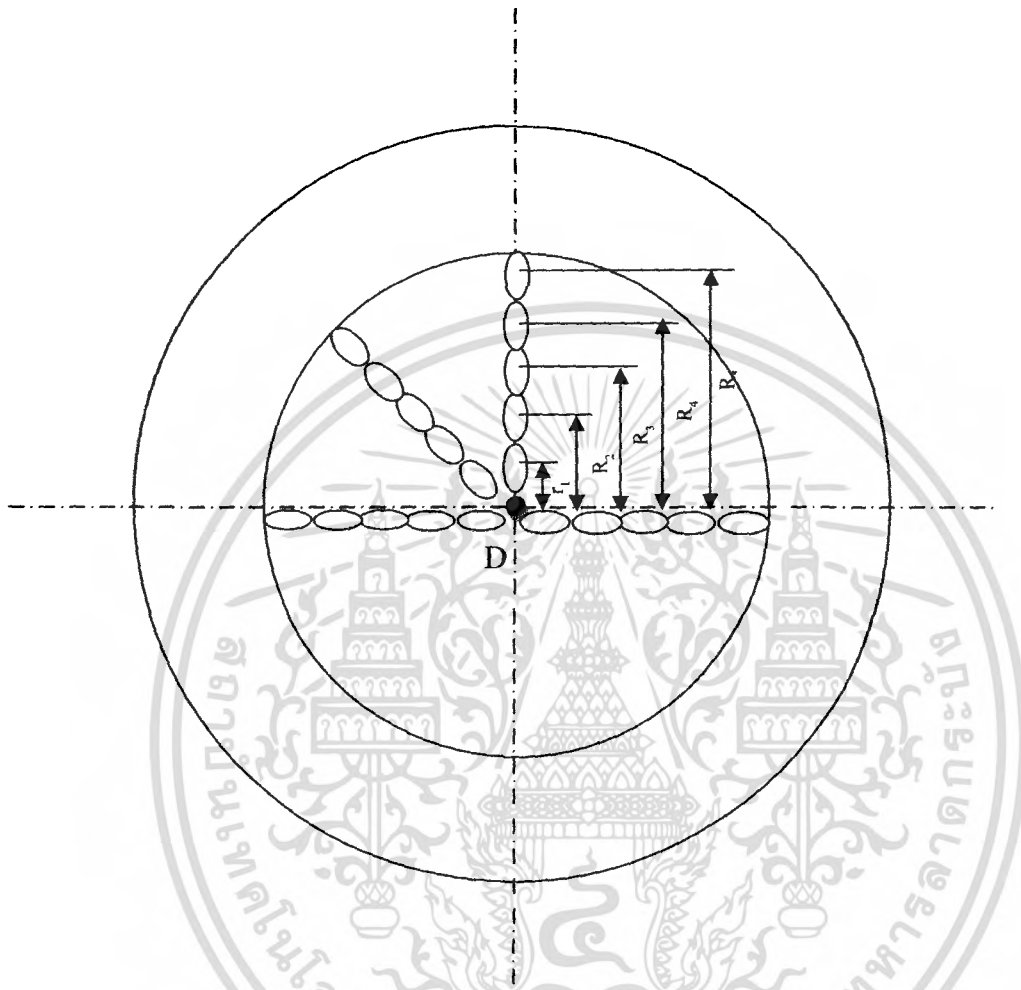
แทนค่า

$$f_s = 146.63 \times 0.46$$

$$= 67.45 \text{ N}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

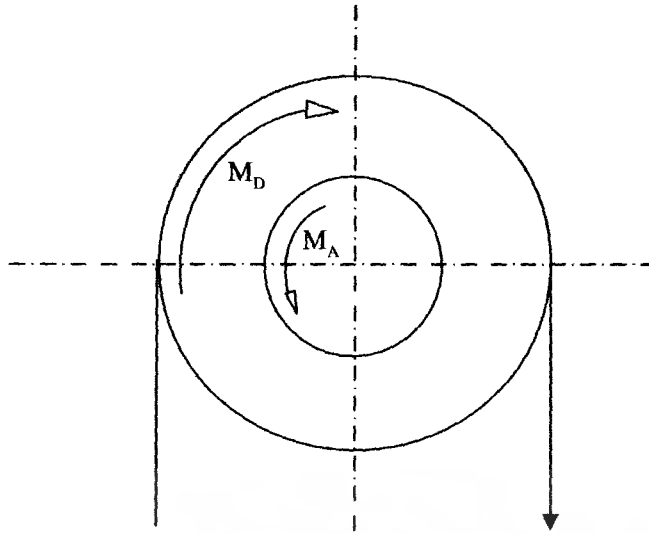
กำหนดให้เม็ล็ดสปูค้ำถูกป้อนเข้าในจานทางช่องที่ละ 25 เม็ล็ดโดยแต่ละเม็ล็ดมีความยาวด้านที่ยาวที่สุดเท่ากับ 21.02 mm (จากตารางที่ 2.3) และเรียงตัวบนจาน ดังรูปที่ 3.13



รูปที่ 3.13 การเรียงตัวกันของเม็ล็ดสปูค้ำบนจาน

จากรูปที่ 3.13 ทอร์กที่เกิดที่งานกะเทาะจุด D =  $fs(R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5)(5)$   
 แทนค่า  $= (33.75)(10.6 + 31.8 + 53 + 74.2 + 95.4)(5)$   
 $= 44718.75 \text{ N.mm}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.14 ไดอะแกรมสมมูล โมเมนต์ระหว่างล้อขับงานกับงานกะเทาะ

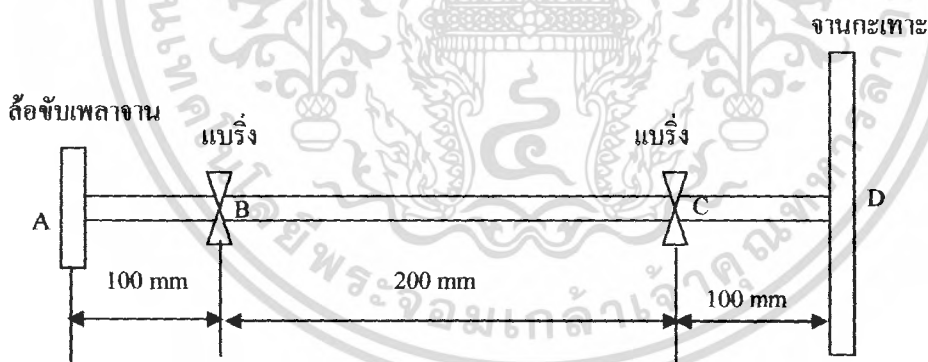
เมื่อ

$$M_A = M_D$$

ทอร์กที่ล้อขับงานจุด A = 44718.75 N.mm

### 3.2.6 การออกแบบเพลาจานกะเทาะ

หลังจากที่คำนวณแรงที่กระทำต่อจานได้แล้ว จากนั้นจึงทำการพิจารณาแรงที่กระทำต่อเพลาจานเพื่อจะหาขนาดของเพลาจานซึ่งส่วนต่างๆ ของชุดจานกะเทาะที่มีแรงกระทำต่อเพล่า ได้แสดงไว้ในรูปที่ 3.15



รูปที่ 3.15 ชิ้นส่วนต่างๆ ของชุดจานกะเทาะที่มีแรงกระทำต่อเพล่า

(1) แรงที่จุด A (ล้อขับเพลาจาน)

แรงที่กระทำต่อล้อขับเพลาจาน

$$\text{จาก } M_A = F_A \times R_A$$

$$44718.75 = F_A \times 100$$

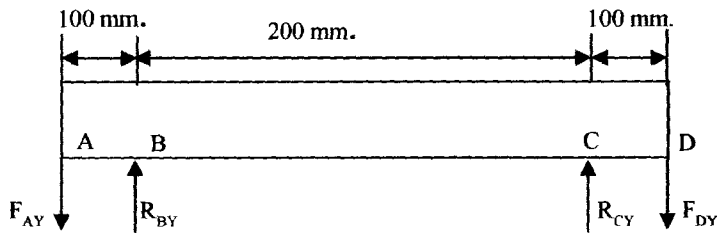
$$F_A = 447.18 \text{ N}$$

ดังนั้น ผลรวมแรงที่กระทำในแนวตั้งที่จุด A = 447.18 N

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(2) หาแรงปฏิกิริยาที่จุด B,C

แรงปฏิกิริยาที่เกิดในแนวตั้ง



รูปที่ 3.16 ไคอะแกรมการรับแรงของเพลาในแนวตั้ง

พิจารณาจากรูปที่ 3.16

จาก

$$\sum M_B = 0$$

ดังนั้น

$$(F_{AY})(100) + R_{DY}(200) - (F_{DY})(300) = 0$$

แทนค่าจะได้

$$(447.18)(100) + R_{DY}(200) - (1686.25)(300) = 0$$

$$R_{CY} = 2305.78 \text{ N}$$

จาก

$$\sum F_Y = 0$$

ดังนั้น

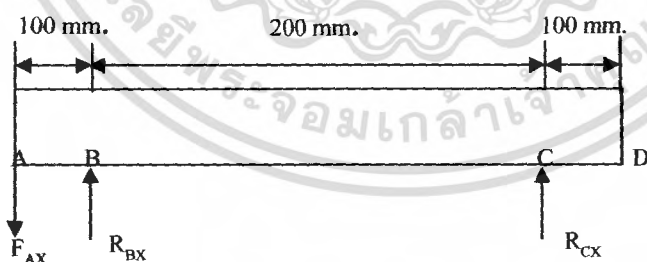
$$R_{BY} - F_{AY} + R_{CY} - F_{DY} = 0$$

แทนค่าจะได้

$$R_{BY} - 447.18 + 2305.78 - 1686.25 = 0$$

$$R_{BY} = 299.74 \text{ N}$$

แรงปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในแนวระดับ



รูปที่ 3.17 ไคอะแกรมการรับแรงของเพลาในแนวนอน

จาก

$$\sum M_B = 0$$

ดังนั้น

$$R_{CX}(200) - (F_{AX})(100) = 0$$

แทนค่าจะได้

$$R_{CX}(200) - (478.87)(100) = 0$$

$$R_{CX} = 239.43 \text{ N}$$

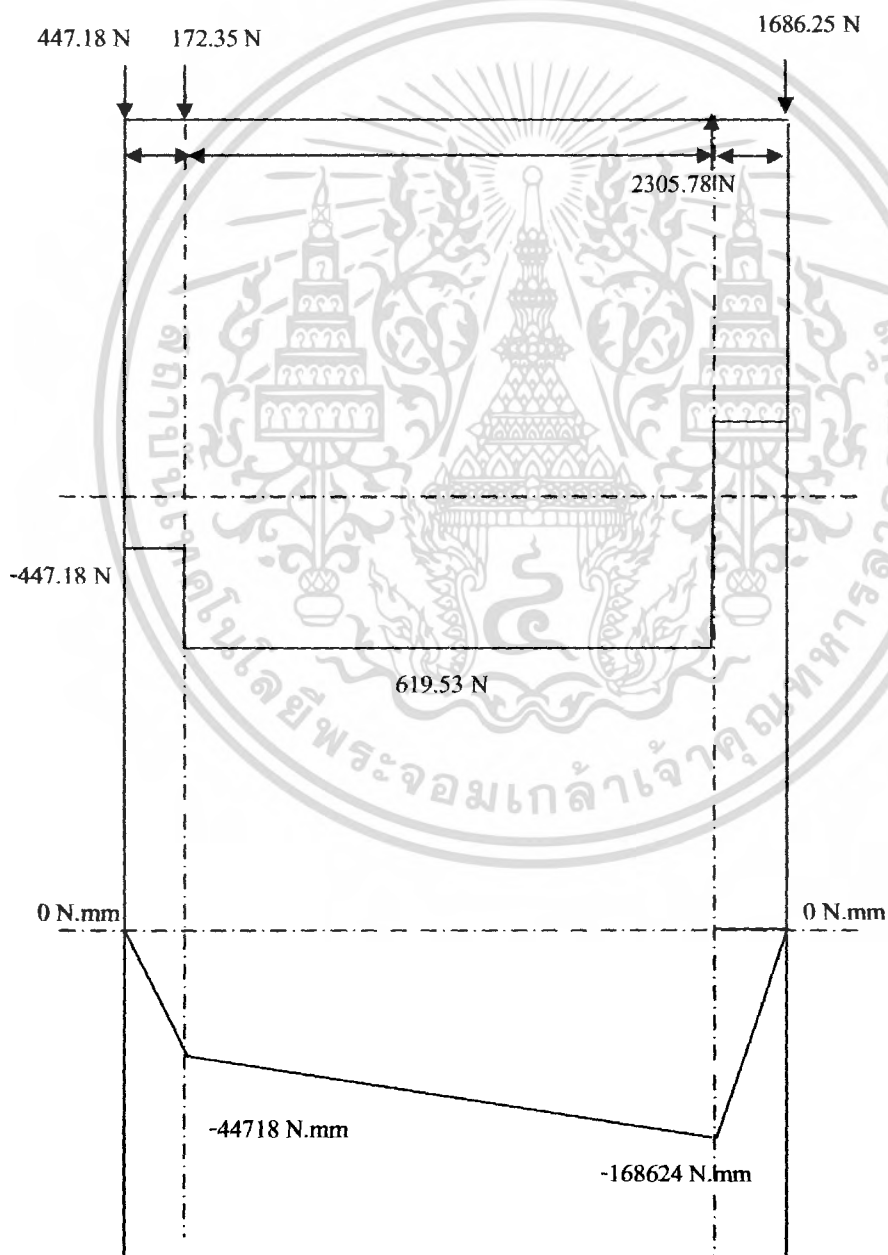
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จาก  $\sum F_Y = 0$   
 ดังนั้น  $R_{BX} - F_{AX} - R_{CX} = 0$   
 แทนค่าจะได้  $R_{BX} - 478.87 - 239.43 = 0$   
 $R_{BX} = 718.30 \text{ N}$

(3) หาแรงเฉือนและโมเมนต์ตัด

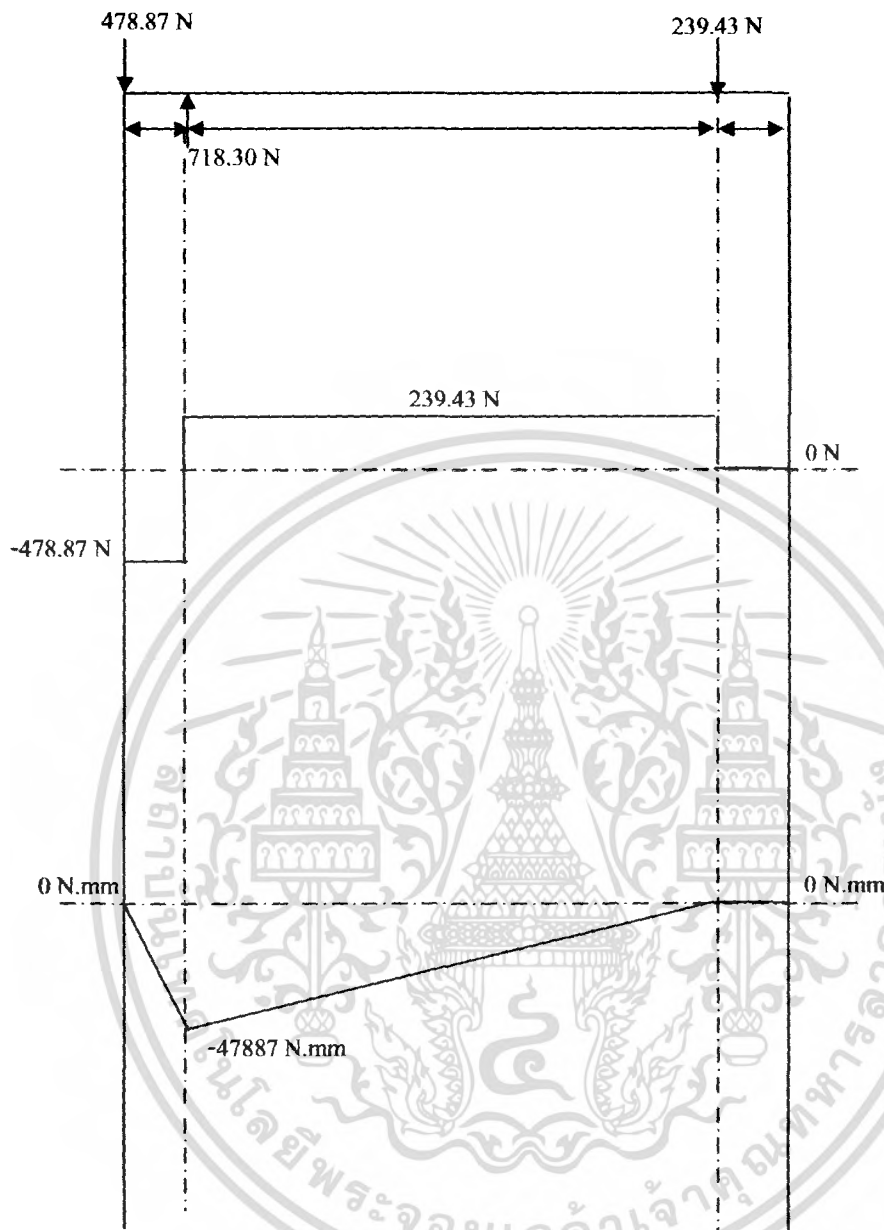
แรงเฉือนและโมเมนต์ตัดที่เกิดกับเพลาทั้งในแนวค้ำและแนวระดับ ได้แสดงไว้ในรูปที่

3.18 และ 3.19



รูปที่ 3.18 กราฟแสดงแรงเฉือนและ โมเมนต์ตัดที่เกิดกับเพลาจานในแนวค้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยญาติให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.19 กราฟแสดงแรงเฉือนและ โมเมนต์ดัดที่เกิดขึ้นกับเพลาจานในแนวระดับ

จากรูปที่ 3.18 และ 3.19 โมเมนต์ดัดสูงสุดเกิดขึ้นที่จุด B

$$\begin{aligned} \text{จาก} \quad M_B &= \sqrt{(44718)^2 + (47887)^2} \\ &= 65519.95 \text{ N.mm} \end{aligned}$$

และ ทอร์กสูงสุดที่เกิดขึ้น = 44718.75 N.mm

$$\text{จาก} \quad d^3 = \frac{16}{\pi \tau} [(C_t T)^2 + (C_m M)^2]^{1/2}$$

$$\text{กำหนดให้} \quad \tau = 55 \frac{\text{N}}{\text{mm}}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\begin{array}{l}
 C_t = 1 \\
 C_m = 1.5
 \end{array}
 \left. \vphantom{\begin{array}{l} C_t = 1 \\ C_m = 1.5 \end{array}} \right\} \text{เพลาหมุนมีแรงกระทำสม่ำเสมอหรือเพิ่มขึ้นช้าๆ}$$

แทนค่า

$$d^3 = \frac{16}{\pi(55)} \left[ ((1)(44718.75))^2 + ((1.5)(65519.95))^2 \right]^{1/2}$$

$$d = 20 \text{ mm}$$

จากค่า  $d$  ที่คำนวณได้นำไปเลือกใช้เพลาขนาด 20 mm

### 3.3 แบบเครื่องกะเทาะเปลือกผลและเปลือกเมล็ดสับคั่วที่ปรับปรุงใหม่

#### 3.3.1 แบบชุดกะเทาะเปลือกผลสับคั่ว

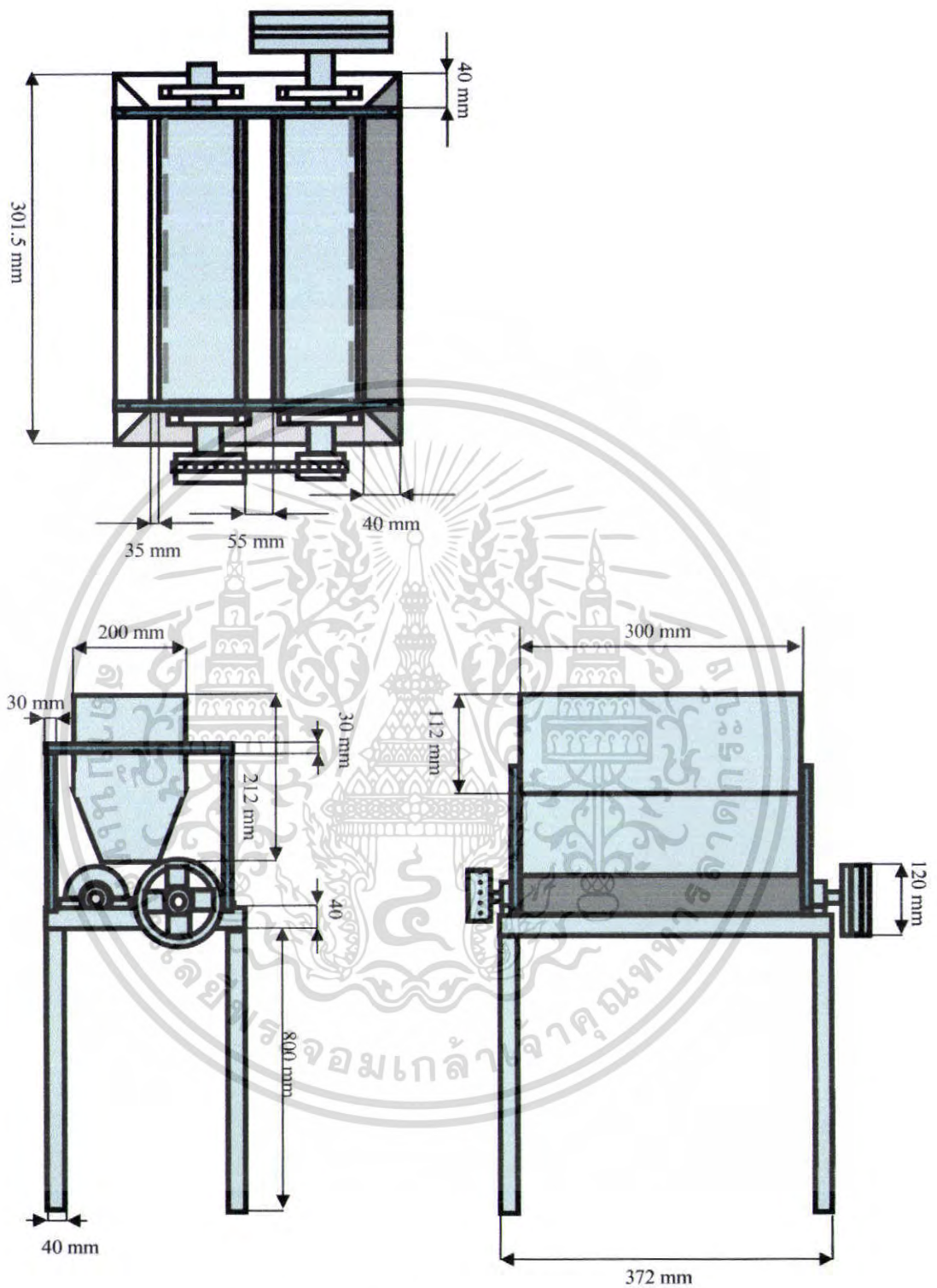
แบบชุดกะเทาะเปลือกผลสับคั่วที่ได้ออกแบบนั้น ได้แสดงไว้ในรูปที่ 3.20 และขนาดลูกกลิ้งได้แสดงไว้ในรูปที่ 3.21

#### 3.3.2 แบบชุดคัดแยกเมล็ดสับคั่ว

แบบชุดคัดแยกเมล็ดสับคั่วที่ได้ปรับปรุงขึ้นมาใหม่แสดงไว้ในรูปที่ 3.22

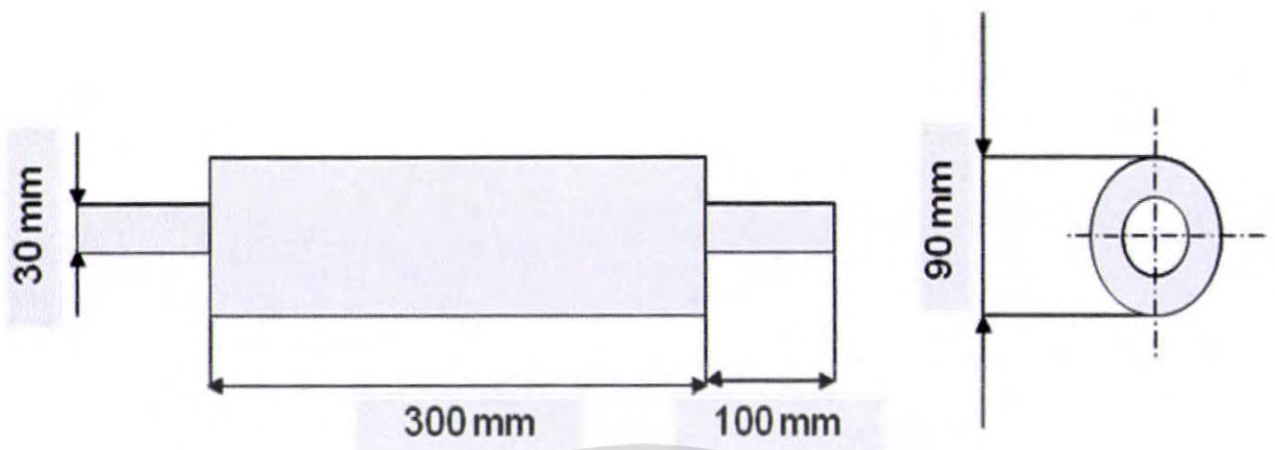
#### 3.3.3 แบบชุดกะเทาะเปลือกเมล็ดสับคั่ว

แบบชุดกะเทาะเปลือกเมล็ดสับคั่วที่ได้ออกแบบนั้น ได้แสดงไว้ในรูปที่ 3.23 และลักษณะงานได้แสดงในรูปที่ 3.24



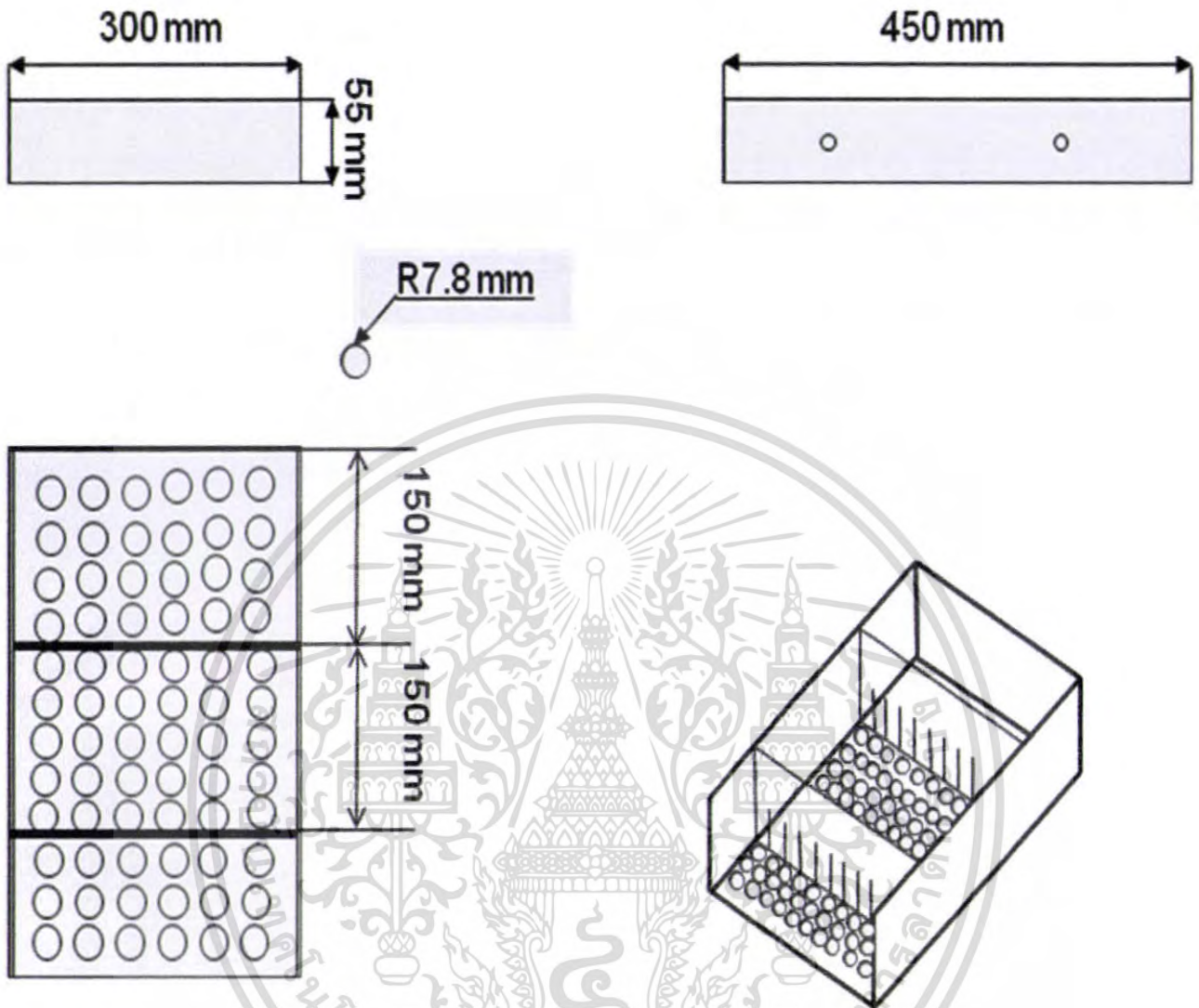
รูปที่ 3.20 แบบชุดกะเทาะเปลือกผลสับุดำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



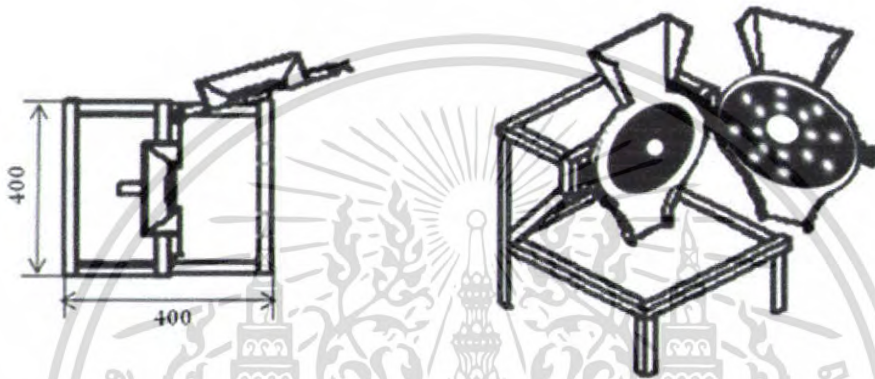
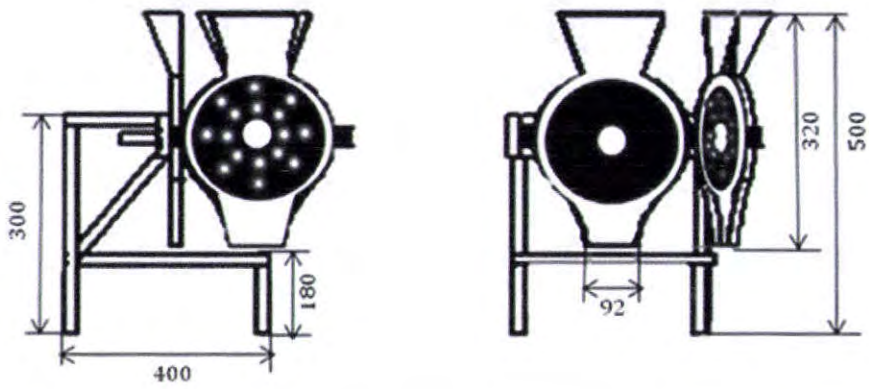
รูปที่ 3.21 แบบขนาดลูกกลิ้งกะเทาะเปลือกผลสับุดำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

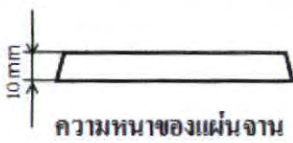
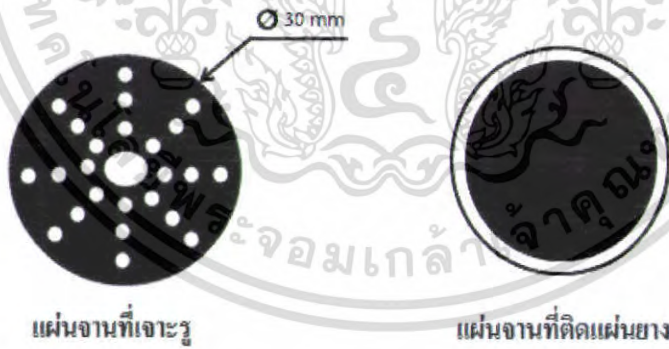


รูปที่ 3.22 แบบชุดตะแกรงคัดแยกเมล็ดสับคั่ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.23 แบบชุดกะเทาะเปลือกเมล็ดสับดำ



รูปที่ 3.24 แบบแผ่นงานชุดกะเทาะเปลือกเมล็ดสับดำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 4

### การทดสอบ

#### 4.1 การหาคุณสมบัติทางกายภาพเบื้องต้นของสบู่ดำ

##### 4.1.1 วัตถุประสงค์

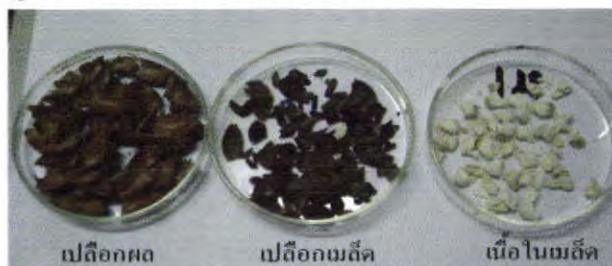
1. เพื่อคำนวณหาค่าเส้นผ่าศูนย์กลางเฉลี่ยเชิงเรขาคณิตของสบู่ดำที่นำมาทดสอบ
2. เพื่อคำนวณหาความชื้นของสบู่ดำที่นำมาทดสอบ

##### 4.1.2 วัสดุและอุปกรณ์

1. สบู่ดำจำนวน 5 kg
2. เวอร์เนียคาลิเปอร์แบบดิจิตอล MITUTOYO ความละเอียด 0.01 mm 1 อัน
3. ตู้อบความร้อน
4. ถาดแก้ว
5. ถ้วยอลูมิเนียม
6. Desicator

##### 4.1.3 ขั้นตอนการทดสอบ

1. เก็บตัวอย่างผลสบู่ดำและเมล็ดสบู่ดำที่เตรียมไว้ใช้ในการทดสอบจำนวนอย่างละ 100 ผล เพื่อนำมาวัดค่าเส้นผ่าศูนย์กลางเชิงเรขาคณิต โดยการใช้เวอร์เนียคาลิเปอร์ บันทึกผลและคำนวณจากสมการที่ (2.25)
2. ทดลองหาค่าความชื้นของผลสบู่ดำโดยนำผลสบู่ดำ 200 g แยกเปลือก เมล็ดและเนื้อในออกจากรันไซฟานที่เตรียมไว้แล้วนำไปชั่งน้ำหนักบันทึกค่ามวล (3ตัวอย่าง) แล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ  $130 \pm 3^{\circ}\text{C}$  ที่ 6 ชั่วโมง ตามมาตรฐาน ASAE และนำออกมาชั่งน้ำหนักบันทึกค่าแล้วคำนวณหาค่าดังต่อไปนี้
  - 2.1 ความชื้นของเปลือก คำนวณจากสมการที่ (2.22)
  - 2.2 ความชื้นของเมล็ดใน คำนวณจากสมการที่ (2.23)
  - 2.3 ความชื้นของเปลือกหุ้มเมล็ด คำนวณจากสมการที่ (2.24)
  - 2.4 ความชื้นของผลสบู่ดำ คำนวณจากสมการที่ (2.18)



รูปที่ 4.1 การแยกเปลือกผล, เปลือกเมล็ดและเนื้อใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 4.1.4 ผลการทดสอบ

ผลการทดสอบแสดงในตารางที่ 4.1-4.5

ตารางที่ 4.1 ค่า GMD ของผลสบู่ดำ

ผลที่	a(mm)	b(mm)	c(mm)	GMD(ผล)(mm)
1	25.42	21.52	17.83	21.36
2	22.11	22.09	20.49	21.54
3	23.63	21.86	20.56	21.98
4	24.35	21.13	20.46	21.91
5	26.83	21.36	21.60	23.13
6	24.01	21.47	21.60	22.33
7	25.74	21.62	20.70	22.58
8	26.70	29.46	20.76	25.37
9	22.68	19.27	19.18	20.31
10	27.04	21.01	21.28	22.95
11	22.47	20.00	17.15	19.75
12	22.56	19.80	19.84	20.69
13	25.572	21.88	20.43	22.52
14	25.99	22.14	22.13	23.35
15	21.94	18.71	15.50	18.53
16	24.92	20.07	17.00	20.41
17	22.07	20.41	19.74	20.71
18	22.93	20.98	20.72	21.52
19	23.92	20.98	22.17	22.32
20	22.14	19.23	15.91	18.92
21	20.65	20.17	16.84	19.14
22	21.05	20.18	19.77	20.51
23	22.03	19.05	19.42	20.12
24	22.96	20.11	20.12	21.02
25	23.03	16.34	18.39	19.05

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 ค่า GMD ของผลสบูดำ (ต่อ)

ผลที่	a(mm)	b(mm)	c(mm)	GMD(ผล)(mm)
26	23.32	19.96	19.89	20.99
27	22.82	20.36	19.17	20.72
28	25.41	20.64	16.49	20.52
29	23.21	20.85	20.89	21.62
30	23.75	18.91	21.36	21.24
31	24.84	20.21	19.10	21.24
32	24.21	20.36	17.71	20.59
33	23.69	21.15	19.98	21.55
34	21.61	19.30	18.54	19.77
35	23.73	19.87	19.74	21.03
36	22.17	20.74	19.48	20.76
37	23.28	20.18	19.73	21.00
38	24.21	16.24	19.38	23.09
39	22.87	19.74	15.70	19.20
40	24.00	22.03	22.03	22.66
41	23.32	20.78	21.28	21.76
42	21.97	19.80	18.67	20.10
43	23.21	20.28	18.87	20.70
44	24.99	19.99	19.93	21.51
45	24.31	21.26	20.95	22.12
46	21.77	20.86	20.25	20.95
47	24.36	21.12	21.13	22.15
48	23.21	20.27	20.68	21.34
49	22.62	15.98	15.74	17.85
50	25.10	19.17	21.09	21.64

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 ค่า GMD ของผลสบู่อำ (ต่อ)

ผลที่	a(mm)	b(mm)	c(mm)	GMD(ผล)(mm)
51	24.33	16.98	17.04	19.16
52	24.84	22.17	21.18	22.67
53	24.34	21.44	20.18	21.91
54	20.81	18.08	17.80	18.84
55	20.19	20.75	20.18	20.37
56	23.95	21.65	18.56	21.27
57	21.26	17.37	17.50	18.62
58	23.95	20.13	21.75	21.88
59	22.12	19.18	17.11	19.36
60	23.32	19.80	18.00	20.25
61	21.01	18.57	17.65	19.02
62	21.59	18.77	15.22	18.33
63	25.12	20.48	20.42	21.90
64	24.44	16.50	20.01	20.05
65	24.41	20.41	20.18	21.58
66	23.83	21.31	21.05	22.02
67	22.75	19.64	19.70	20.64
68	21.62	17.56	18.65	19.20
69	23.21	20.72	20.54	21.45
70	21.12	18.18	15.84	18.25
71	22.07	19.36	16.66	19.23
72	26.41	16.90	17.63	19.89
73	24.50	20.27	21.79	21.77
74	24.80	20.18	20.15	21.60
75	22.89	17.44	20.75	20.23

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 ค่า GMD ของผลสุ่มค่า (ต่อ)

ผลที่	a(mm)	b(mm)	c(mm)	GMD(ผล)(mm)
76	22.12	19.36	16.66	19.25
77	20.54	15.44	19.10	18.22
78	20.95	20.39	21.58	20.96
79	24.40	20.86	20.63	21.89
80	23.15	21.40	17.45	20.52
81	23.19	19.18	19.21	20.44
82	22.34	19.16	19.05	20.12
83	24.80	19.04	18.74	20.68
84	23.63	19.84	21.49	21.59
85	22.63	19.42	20.69	20.87
86	24.33	20.37	17.25	20.44
87	26.06	22.24	20.82	22.93
88	20.88	20.37	20.20	20.48
89	24.33	20.45	20.73	21.76
90	24.13	20.09	20.34	21.44
91	23.45	20.19	20.02	21.16
92	22.25	20.04	19.48	20.55
93	22.17	20.46	18.11	20.17
94	20.69	17.71	19.81	19.36
95	22.98	19.54	20.76	21.04
96	24.42	19.28	20.06	21.13
97	22.50	20.53	21.16	21.38
98	24.60	20.43	20.38	21.71
99	25.23	20.10	17.10	20.54
100	22.67	16.18	19.91	19.40
ค่าเฉลี่ย	23.38	19.96	19.43	20.85
STDEV	1.13	1.08	0.97	1.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 ค่า GMD ของเมล็ดสนุ่นดำ

เมล็ด ที่	a(mm)	b(mm)	c(mm)	GMD(เมล็ด)(mm)
1	18.83	11.32	8.82	12.34
2	18.11	10.89	9.09	12.30
3	17.02	12.05	9.02	12.27
4	18.24	11.44	8.59	12.14
5	18.64	11.72	8.88	12.47
6	18.78	11.36	9.51	12.65
7	17.48	11.36	9.22	12.23
8	18.24	11.52	8.82	12.28
9	18.29	10.98	9.21	12.27
10	17.55	11.09	9.42	12.23
11	17.16	11.44	8.02	11.63
12	18.63	11.09	8.42	12.02
13	18.88	11.45	9.15	12.55
14	17.45	14.41	8.51	12.88
15	17.95	10.50	8.81	11.84
16	18.40	10.85	8.52	11.93
17	17.93	12.24	9.21	12.64
18	18.96	11.77	8.82	12.53
19	18.55	12.00	9.17	12.68
20	17.38	12.07	9.07	12.39
21	18.31	11.99	9.19	12.63
22	18.50	11.68	8.93	12.44
23	18.71	11.70	8.81	12.44
24	16.24	11.55	8.67	11.75
25	18.43	11.45	8.67	12.23

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 ค่า GMD ของเมล็ดสนุ่นดำ (ต่อ)

เมล็ด ที่	a(mm)	b(mm)	c(mm)	GMD(เมล็ด)(mm)
26	18.67	11.52	8.58	12.26
27	18.09	11.83	8.92	12.40
28	19.24	11.25	9.15	12.55
29	17.80	11.41	8.84	12.15
30	18.62	11.20	8.96	12.31
31	18.58	11.43	9.52	12.64
32	17.27	11.27	8.84	11.98
33	17.47	11.11	8.48	11.80
34	18.37	11.25	8.49	12.06
35	18.72	11.84	8.78	12.48
36	18.26	10.66	9.51	12.27
37	16.42	12.34	9.16	12.28
38	17.44	11.19	8.48	11.82
39	17.81	11.39	9.09	12.26
40	17.91	12.08	8.88	12.43
41	18.90	10.92	9.16	12.36
42	18.94	11.26	8.18	12.03
43	18.37	11.34	8.87	12.27
44	18.70	11.90	9.46	12.81
45	18.06	11.43	9.12	12.34
46	19.57	11.87	8.48	12.53
47	17.97	11.79	9.89	12.79
48	18.05	12.01	8.87	12.43
49	19.22	10.78	9.46	12.51
50	18.11	11.53	8.92	12.30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 ค่า GMD ของเมล็ดสบู่ดำ (ต่อ)

เมล็ด ที่	a(mm)	b(mm)	c(mm)	GMD(เมล็ด)(mm)
51	18.87	10.95	8.52	12.07
52	18.94	12.02	8.52	12.47
53	17.26	10.52	8.22	11.42
54	18.74	11.74	8.76	12.44
55	19.04	11.22	8.55	12.22
56	15.70	11.76	8.45	11.59
57	18.35	10.96	8.76	12.07
58	17.10	11.03	8.78	11.83
59	19.59	11.51	9.04	12.67
60	18.58	11.98	8.82	12.52
61	18.54	11.73	8.64	12.33
62	17.52	11.15	8.93	12.03
63	18.92	11.89	9.24	12.76
64	18.53	11.35	8.80	12.27
65	18.95	11.06	8.72	12.22
66	18.44	11.33	8.56	12.13
67	16.83	11.17	8.09	11.49
68	16.98	10.75	8.14	11.41
69	18.49	11.79	8.94	12.49
70	18.50	11.39	8.59	12.18
71	17.53	10.78	8.36	11.64
72	18.67	11.32	8.60	12.20
73	18.47	11.30	8.19	11.95
74	18.96	11.82	9.11	12.68
75	18.16	11.87	8.97	12.45

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 ค่า GMD ของเมล็ดสับุดำ (ต่อ)

เมล็ดที่	a(mm)	b(mm)	c(mm)	GMD(เมล็ด)(mm)
76	17.98	11.83	8.65	12.25
77	18.67	12.80	9.06	12.94
78	18.36	11.18	8.45	12.01
79	18.94	12.07	8.99	12.71
80	18.29	11.77	9.02	12.47
81	16.80	12.75	8.79	12.34
82	16.02	10.90	9.95	12.02
83	17.93	11.86	9.15	12.48
84	15.09	10.52	8.08	10.86
85	18.21	11.49	8.78	12.22
86	18.51	11.55	9.28	12.56
87	16.24	11.52	8.66	11.74
88	18.89	11.79	8.93	12.57
89	17.92	11.25	9.19	12.28
90	17.51	11.55	8.84	12.13
91	18.54	11.45	8.46	12.15
92	19.27	11.15	8.83	12.37
93	19.30	11.67	8.84	12.58
94	19.57	11.69	9.18	12.79
95	18.40	11.17	8.55	12.06
96	18.19	11.78	9.08	12.48
97	18.55	11.52	8.46	12.18
98	17.55	11.14	9.33	12.21
99	18.06	11.89	8.84	12.38
100	15.53	11.10	8.53	11.37
ค่าเฉลี่ย	18.13	11.50	8.84	12.25
STDEV	1.05	0.27	0.36	0.21

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 ค่าGMD ของเนื้อในเมล็ดสบู่ดำ

เมล็ดที่	a(mm)	b(mm)	c(mm)	GMD(ผล)(mm)
1	16.00	8.78	4.58	8.63
2	15.40	8.06	4.68	8.34
3	15.67	8.93	5.74	9.29
4	15.14	8.06	5.74	8.88
5	15.25	7.87	7.70	9.74
6	15.76	8.95	5.58	9.23
7	15.86	8.20	6.75	9.57
8	15.82	8.60	6.65	9.67
9	15.46	8.17	5.75	8.98
10	15.53	8.35	6.36	9.37
11	15.92	8.70	6.20	9.50
12	15.26	8.71	5.81	9.17
13	14.94	8.51	7.00	9.61
14	16.07	8.58	6.21	9.49
15	15.47	8.94	5.86	9.32
16	15.06	8.79	6.90	9.70
17	16.61	8.52	6.41	9.68
18	15.53	9.03	5.87	9.37
19	15.94	9.35	5.49	9.35
20	14.98	8.58	4.49	8.32
21	15.86	6.18	8.45	9.39
22	15.73	9.14	7.24	10.13
23	14.84	7.75	5.82	8.74
24	15.06	8.09	5.95	8.98
25	14.23	8.41	5.86	8.88

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 ค่าGMD ของเนื้อในเมล็ดสบู่ดำ (ต่อ)

เมล็ดที่	a(mm)	b(mm)	c(mm)	GMD(ผล)(mm)
26	15.25	8.72	6.85	9.69
27	15.24	8.77	6.85	9.71
28	15.38	8.74	5.86	9.23
29	14.29	8.01	6.12	8.88
30	15.08	8.16	6.38	9.22
31	16.11	9.52	5.75	9.58
32	15.73	8.62	5.16	8.87
33	19.97	8.70	6.72	10.52
34	15.43	7.63	5.25	8.51
35	15.54	7.83	6.37	9.18
36	16.06	9.07	6.58	9.85
37	14.35	7.89	5.11	8.33
38	15.62	8.74	5.81	9.25
39	14.39	7.39	4.85	8.01
40	15.18	8.08	4.52	8.21
41	15.28	7.55	5.77	8.73
42	15.51	7.69	6.80	9.32
43	15.81	8.82	5.08	8.91
44	14.21	7.95	4.96	8.24
45	15.80	9.14	5.60	9.31
46	15.54	9.22	5.84	9.42
47	15.20	8.14	7.40	9.71
48	15.95	8.77	5.13	8.95
49	15.66	9.44	5.66	9.42
50	15.79	8.35	5.30	8.87

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 ค่าGMD ของเนื้อในเมล็ดสบู่ดำ (ต่อ)

เมล็ดที่	a(mm)	b(mm)	c(mm)	GMD(ผล)(mm)
51	15.69	8.11	6.47	9.37
52	15.23	8.55	6.07	9.24
53	15.04	9.14	7.19	9.96
54	15.71	9.39	7.39	10.29
55	15.74	8.33	6.06	9.26
56	16.16	8.82	6.59	9.97
57	15.45	7.89	6.33	9.17
58	15.21	8.75	5.58	9.05
59	15.04	8.67	7.95	10.11
60	15.75	8.11	6.31	9.30
61	15.18	8.52	6.27	9.32
62	14.83	8.90	5.32	8.88
63	14.69	8.45	6.88	9.48
64	14.64	7.81	7.30	9.42
65	15.58	7.80	5.03	8.48
66	14.69	8.88	6.11	9.27
67	13.73	6.84	5.04	7.79
68	14.82	9.47	6.22	9.55
69	13.35	7.66	5.26	8.13
70	15.31	8.70	7.06	9.79
71	15.44	9.61	7.20	10.22
72	15.63	8.42	4.89	8.63
73	15.44	7.47	5.84	8.76
74	15.33	7.93	5.63	8.81
75	15.67	6.46	5.62	8.28

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 ค่าGMD ของเนื้อในเมล็ดสบู่ดำ (ต่อ)

เมล็ดที่	a(mm)	b(mm)	c(mm)	GMD(ผล)(mm)
76	14.13	7.83	4.18	7.73
77	15.80	8.20	5.53	8.94
78	14.89	7.06	4.04	7.51
79	14.01	7.91	5.65	8.55
80	14.80	7.76	6.58	9.10
81	13.36	7.05	5.88	8.21
82	14.49	7.84	5.98	8.79
83	15.25	7.35	4.56	7.99
84	14.18	6.73	4.02	7.26
85	16.11	7.88	5.37	8.80
86	12.93	8.52	5.67	8.54
87	15.58	8.33	5.85	9.12
88	15.38	8.52	5.17	8.78
89	15.59	8.93	7.23	10.04
90	15.33	9.18	5.76	9.32
91	15.66	9.03	6.04	9.48
92	15.48	8.31	6.43	9.38
93	14.82	8.81	6.21	9.32
94	15.54	8.32	4.63	8.42
95	15.50	8.03	5.77	8.95
96	15.55	8.81	4.64	8.59
97	14.62	8.18	6.04	8.97
98	15.86	8.53	6.36	9.51
99	15.07	8.57	5.17	8.74
100	14.62	7.95	6.51	9.11
ค่าเฉลี่ย	15.29	8.34	5.93	9.08
STDEV	0.73	0.67	0.94	1.12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4 ค่าความชื้น

อบที่อุณหภูมิ 130 °C

น้ำหนักผลสดบ่ม 200 g

แบ่งตัวอย่างออกเป็น 3 ตัวอย่าง

ก่อนอบ

	ตัวอย่างที่ 1			ตัวอย่างที่ 2			ตัวอย่างที่ 3		
	เปลือก นอก	เปลือก หุ้มเมล็ด	เมล็ดใน	เปลือก นอก	เปลือก หุ้มเมล็ด	เมล็ดใน	เปลือก นอก	เปลือก หุ้มเมล็ด	เมล็ดใน
น้ำหนัก ถาด (g)	74.13	77.46	72.36	79.97	88.09	79.57	76.74	85.44	91.83
น้ำหนัก ถาด+วัสดุ (g)	130.42	99.07	104.02	135.55	108.48	104.21	131.89	108.69	115.67
น้ำหนัก วัสดุ (g)	56.29	21.61	31.66	55.58	20.37	24.64	55.15	23.25	23.84

หลังอบใช้เวลา 6 ชั่วโมง

	ตัวอย่างที่ 1			ตัวอย่างที่ 2			ตัวอย่างที่ 3		
	เปลือก นอก	เปลือก หุ้มเมล็ด	เมล็ดใน	เปลือก นอก	เปลือก หุ้มเมล็ด	เมล็ดใน	เปลือก นอก	เปลือก หุ้มเมล็ด	เมล็ดใน
น้ำหนัก ถาด (g)	74.13	77.46	72.36	79.97	88.09	79.57	76.74	85.44	91.83
น้ำหนัก ถาด+วัสดุ (g)	124.82	96.97	102.38	129.84	106.52	102.96	126.17	106.40	113.45
น้ำหนัก วัสดุ (g)	50.69	19.51	30.02	49.51	18.43	23.39	49.43	20.94	21.62

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.5 ค่าความชื้น

แฟกเตอร์ที่หา	ตัวอย่างที่ 1	ตัวอย่างที่ 2	ตัวอย่างที่ 3	ค่าเฉลี่ย
สัดส่วนเปลือก (%)	38.51	38.26	36.46	37.74
สัดส่วนเปลือกหุ้มเมล็ด (%)	29.91	31.39	30.47	30.59
สัดส่วนเมล็ดใน (%)	31.58	30.34	32.78	31.56
ความชื้นของเปลือก (%wb)	9.94	10.92	10.37	10.41
ความชื้นของเมล็ดใน (%wb)	9.71	9.95	9.93	9.72
ความชื้นของเปลือกหุ้มเมล็ด (%wb)	5.18	5.07	9.31	6.52
ความชื้นของทั้งผล (%wb)	8.44	8.74	9.87	9.01

#### 4.2 การทดสอบสมรรถนะการกะเทาะของชุดกะเทาะเปลือกผลสบู่ดำ



รูปที่ 4.2 ชุดลูกกลิ้งกะเทาะเปลือกผลสบู่ดำที่ได้ปรับปรุงใหม่

##### 4.2.1 วัตถุประสงค์

1. เพื่อทดสอบหาความเร็วรอบใช้งานที่ดีที่สุดของลูกกลิ้ง
2. เพื่อทดสอบหาระยะห่างระหว่างลูกกลิ้งที่ดีที่สุด

##### 4.2.2 วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้

1. สบู่ดำจำนวน 10 kg
2. เครื่องกะเทาะเปลือกผลและเปลือกเมล็ดสบู่ดำ
3. มอเตอร์ Mitsubishi รุ่น SF – JR ขนาด 0.5 แรงม้า จำนวน 1 เครื่อง
4. เครื่องทดรอบมอเตอร์ Sumitomo รุ่น AF-500 จำนวน 1 เครื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. เครื่องวัดรอบ DIGICON รุ่น DT – 235T จำนวน 1 เครื่อง
6. นาฬิกาจับเวลา จำนวน 1 เรือน
7. เครื่องชั่ง Digital SHIMADZU BX 300 จำนวน 1 เครื่อง
8. ถุงพลาสติกขางน้ำหนักแล้ว 1 ชุด
9. ตะกร้าเอนกประสงค์ 1 ชุด

#### 4.1.3 ขั้นตอนการทดสอบ

1. เตรียมผลสับคั่วที่จะใช้ในการทดสอบโดยชั่งน้ำหนักเฉลี่ยที่ 200 g
2. ปรับความเร็วรอบใช้งานที่ 200, 225, 250 rpm ระยะห่างระหว่างลูกกลิ้ง 7, 9, 11 mm ตามลำดับ
3. ทดสอบชุดกะเทาะเปลือกผลสับคั่วโดยการทดลองบรรจุให้มีอัตราการป้อนอย่างสม่ำเสมอ
4. จับเวลาการกะเทาะ บันทึกผล
5. ชั่งน้ำหนักเมล็ดดีที่หลุดออกจากเปลือกผล บันทึกผล
6. ชั่งน้ำหนักเมล็ดดีที่ไม่หลุดออกจากเปลือกผล บันทึกผล
7. ชั่งน้ำหนักเปลือกผลทั้งหมด บันทึกผล
8. นำไปคำนวณหาความสามารถในการกะเทาะเมล็ดและประสิทธิภาพในการกะเทาะเมล็ดตามสูตรดังต่อไปนี้

$$\text{ความสามารถในการกะเทาะ (g/s)} = \frac{A}{X1}$$

$$\text{ประสิทธิภาพการกะเทาะเมล็ด (\%)} = \frac{B}{B + D} \times 100$$

$X1$  = เวลาที่ใช้ในการกะเทาะ (sec)

$A$  = น้ำหนักสับคั่วที่ป้อนเข้าเครื่อง (g)

$B$  = น้ำหนักเมล็ดดีที่หลุดออกจากเปลือกผลทั้งหมด (g)

$C$  = น้ำหนักเปลือกผลทั้งหมด (g)

$D$  = น้ำหนักเมล็ดดีที่ไม่หลุดออกจากเปลือกผล (g)

#### 4.2.4 ผลการทดสอบ

ผลการทดสอบแสดงในตารางที่ 4.6-4.10

#### 4.2.5 สรุปผลการทดสอบ

จากการทดลองที่สภาวะที่เหมาะสมที่สุดของชุดกะเทาะเปลือกผลสับคั่วคือที่ความเร็วรอบ 225 rpm ระยะห่างลูกกลิ้ง 9 mm มีค่าความสามารถในการกะเทาะเมล็ด 37.41 g/s (134.67 kg/hr) และประสิทธิภาพการกะเทาะเมล็ด 99.07 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.6 ค่าที่ได้จากการทดสอบสมรรถนะชุดกะเทาะเปลือกผลสับดำ

ความเร็วรอบลูกกลิ้ง (rpm)	200								
	ครั้งที่ 1			ครั้งที่ 2			ครั้งที่ 3		
การทดสอบ	7	9	11	7	9	11	7	9	11
ระยะห่างลูกกลิ้ง (mm)	7	9	11	7	9	11	7	9	11
เวลาที่ใช้ในการกะเทาะ (sec)	11.46	6.76	6.32	12.92	6.95	6.54	11.66	7.10	5.84
น้ำหนักสับดำที่ป้อนเข้าเครื่อง (g)	200.52	200.17	200.48	200.28	200.98	200.57	200.34	200.31	200.16
น้ำหนักเมล็ดที่หลุดออกจากเปลือกผลทั้งหมด (g)	52.64	107.14	116.99	50.09	106.59	118.14	52.41	107.92	119.61
น้ำหนักเปลือกผลทั้งหมด (g)	144.17	85.69	73.86	145.38	88.52	71.71	143.92	87.06	71.08
น้ำหนักเมล็ดที่ไม่หลุดออกจากเปลือกผล (g)	1.16	5.64	5.82	0.86	3.04	3.36	1.23	3.79	5.32

ตารางที่ 4.7 ค่าที่ได้จากการทดสอบสมรรถนะชุดกะเทาะเปลือกผลสับดำ

ความเร็วรอบลูกกลิ้ง (rpm)	225								
	ครั้งที่ 1			ครั้งที่ 2			ครั้งที่ 3		
การทดสอบ	7	9	11	7	9	11	7	9	11
ระยะห่างลูกกลิ้ง (mm)	7	9	11	7	9	11	7	9	11
เวลาที่ใช้ในการกะเทาะ (sec)	10.29	5.39	5.88	11.15	5.23	4.33	10.45	5.45	5.25
น้ำหนักสับดำที่ป้อนเข้าเครื่อง (g)	200.39	200.46	200.95	200.25	200.33	200.62	200.31	200.34	200.74
น้ำหนักเมล็ดที่หลุดออกจากเปลือกผลทั้งหมด (g)	45.20	105.40	108.22	47.14	105.53	118.11	45.56	105.47	112.43
น้ำหนักเปลือกผลทั้งหมด (g)	152.40	93.02	82.33	158.95	93.06	78.45	155.32	93.04	80.14
น้ำหนักเมล็ดที่ไม่หลุดออกจากเปลือกผล (g)	1.02	0.94	3.98	1.12	1.03	2.42	0.95	0.98	2.98

ตารางที่ 4.8 ค่าที่ได้จากการทดสอบสมรรถนะชุดกะเทาะเปลือกผลสับดำ(ต่อ)

ความเร็วรอบลูกกลิ้ง (rpm)	250								
	ครั้งที่ 1			ครั้งที่ 2			ครั้งที่ 3		
ระยะห่างลูกกลิ้ง (mm)	7	9	11	7	9	11	7	9	11
เวลาที่ใช้ในการกะเทาะ (sec)	5.42	4.71	4.10	5.15	4.27	3.76	5.57	4.88	3.55
น้ำหนักสับดำที่ป้อนเข้าเครื่อง (g)	200.65	200.96	200.13	200.48	200.51	200.48	200.52	200.78	200.23
น้ำหนักเมล็ดดีที่หลุดออกจากเปลือกผลทั้งหมด (g)	57.74	98.80	106.26	59.12	95.68	108.21	55.23	99.98	109.18
น้ำหนักเปลือกผลทั้งหมด (g)	140.51	94.47	82.82	142.10	98.81	80.79	144.19	90.87	79.59
น้ำหนักเมล็ดดีที่ไม่หลุดออกจากเปลือกผล (g)	0	4.58	7.05	0.23	2.56	6.65	0.41	3.39	6.42

ตารางที่ 4.9 ค่าประสิทธิภาพการกะเทาะเปลือกผล, ความสามารถในการกะเทาะเปลือกผล ที่ได้จากการทดสอบสมรรถนะชุดกะเทาะเปลือกผลสบูดำ

การทดสอบ	ครั้งที่ 1									ครั้งที่ 2									ครั้งที่ 3								
	200			225			250			200			225			250			200			225			250		
ความเร็วรอบ ลูกกลิ้ง (rpm)																											
ระยะห่าง ลูกกลิ้ง (mm)	7	9	11	7	9	11	7	9	11	7	9	11	7	9	11	7	9	11	7	9	11	7	9	11	7	9	11
ความสามารถ ในการกะเทาะ เปลือกผล (g/s)	17.49	29.61	31.72	19.47	37.19	34.17	37.02	42.66	48.8	15.50	28.91	30.66	17.95	38.3	46.33	38.96	46.95	53.31	17.1	28.21	34.27	19.18	36.75	38.23	36.00	41.14	38.75
ประสิทธิภาพ ในการกะเทาะ เปลือกผล (%)	97.84	97.59	95.26	97.79	99.11	96.45	100.0	95.56	93.7	98.31	97.22	97.23	97.67	99.0	97.99	99.61	97.39	94.21	97.7	96.60	95.95	99.07	97.41	99.26	99.26	96.72	95.46

54

ตารางที่ 4.10 ค่าเฉลี่ยของค่าประสิทธิภาพการกะเทาะเปลือกผล, ความสามารถในการกะเทาะเปลือกผล ที่ได้จากการทดสอบสมรรถนะชุดกะเทาะเปลือกผลสบูดำ

	ค่าเฉลี่ย								
	200			225			250		
ความเร็วรอบลูกกลิ้ง (rpm)									
ระยะห่างลูกกลิ้ง (mm)	7	9	11	7	9	11	7	9	11
ความสามารถในการกะเทาะเปลือกผล (g/s)	16.72	28.91	32.21	19.07	37.41	39.57	37.32	43.58	52.87
ประสิทธิภาพการกะเทาะเปลือกผล (%)	97.95	97.13	95.98	97.80	99.07	97.28	99.45	96.55	94.14

### 4.3 การทดสอบสมรรถนะชุดคัดแยกเมล็ดสับดูดำ



รูปที่ 4.3 ชุดคัดแยกเมล็ดสับดูดำที่ได้ปรับปรุงขึ้นใหม่

#### 4.3.1 วัตถุประสงค์

1. เพื่อหาความเร็วรอบเพลาช้อนเหวี่ยงของตะแกรงที่เหมาะสมกับการใช้งานของชุดตะแกรง

#### 4.3.2 วัสดุและอุปกรณ์

1. สับดูดำจำนวน 10 kg
2. เครื่องกะเทาะเปลือกผลและเปลือกเมล็ดสับดูดำ
3. มอเตอร์ Mitsubishi รุ่น SF – JR ขนาด 0.5 แรงม้า จำนวน 1 เครื่อง
4. เครื่องทดรอบมอเตอร์ Sumitomo รุ่น AF-500 จำนวน 1 เครื่อง
5. เครื่องวัดรอบ DIGICON รุ่น DT – 235T จำนวน 1 เครื่อง
6. นาฬิกาจับเวลา จำนวน 1 เรือน
7. เครื่องชั่ง Digital SHIMADZU BX 300 จำนวน 1 เครื่อง
8. ถังพลาสติกขังน้ำหนักแล้ว 1 ชุด
9. ตะกร้าเอนกประสงค์ 1 ชุด

#### 4.3.3 ขั้นตอนการทดสอบ

1. เตรียมผลสับดูดำที่ใช้ในการทดสอบโดยชั่งน้ำหนักเฉลี่ยที่ 200 g
2. ปรับตั้งค่าความเร็วรอบของชุดลูกเบี้ยวเข่าตะแกรงโดยปรับไปที่ 190, 220, 240 rpm ตามลำดับ
3. ทดสอบชุดคัดแยกเมล็ดสับดูดำโดยการเทลงถังบรรจุให้มีอัตราการป้อนสม่ำเสมอ
4. จับเวลาเมื่อเมล็ดสับดูดำเม็ดแรกแรกลงสู่ชุดตะแกรงคัดแยกและหยุดเวลาเมื่อเมล็ดสับดูดำผ่านช่องตะแกรงจนหมดหรือเมล็ดสับดูดำไม่สามารถผ่านช่องตะแกรงได้แล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. ชั่งน้ำหนักเมล็ดดี, น้ำหนักเมล็ดแตก, น้ำหนักเปลือกผล ที่ช่องทางออกเมล็ด บันทึกลงผล
6. ชั่งน้ำหนักเปลือกผล, น้ำหนักเมล็ดดี, น้ำหนักเมล็ดแตก ที่ช่องทางออกเปลือกผล บันทึกลงผล
7. ชั่งน้ำหนักเปลือกผลที่ติดบนตะแกรง, เมล็ดที่ค้างบนตะแกรง บันทึกลงผล
8. นำไปคำนวณหาประสิทธิภาพการคัดแยกเมล็ด, ความสามารถในการคัดแยกเมล็ดและการสูญเสียในการคัดแยกเมล็ด ดังสูตรดังต่อไปนี้

$$\text{ความสามารถในการกะเทาะ (g/s)} = \frac{A}{X1}$$

$$\text{ประสิทธิภาพการกะเทาะเมล็ด (\%)} = \frac{B+C}{B+C+F+G+I} \times 100$$

การสูญเสียในการคัดแยกเมล็ดสูญค่า (%) = 100 - ประสิทธิภาพการคัดแยกเมล็ดสูญค่า

X1 = เวลาที่ใช้ในการกะเทาะ (sec)

A = น้ำหนักผลสูญค่าทั้งหมด (g)

B = น้ำหนักเมล็ดดีที่ช่องทางออกของเมล็ด (g)

C = น้ำหนักเมล็ดแตกที่ช่องทางออกของเมล็ด (g)

D = น้ำหนักเปลือกผลที่ช่องทางออกของเมล็ด (g)

E = น้ำหนักเปลือกผลที่ช่องทางออกของเปลือกผล (g)

F = น้ำหนักเมล็ดดีที่ช่องทางออกเปลือกผล (g)

G = น้ำหนักเมล็ดแตกที่ช่องทางออกเปลือกผล (g)

H = น้ำหนักเปลือกผลที่ติดบนตะแกรง (g)

I = น้ำหนักเมล็ดที่ค้างอยู่บนตะแกรง (g)

#### 4.3.4 ผลการทดสอบ

ผลการทดสอบแสดงในตารางที่ 4.11-4.13

#### 4.3.5 สรุปผลการทดสอบ

จากการทดสอบจะเห็นได้ว่าถ้ามีความเร็วรอบสูงมากเกินไปและระยะชักที่มากนั้นจะทำให้เครื่องสั่นอย่างแรงและเมล็ดสูญค่าจะ ไปออกที่ช่องทางออกเปลือกผลเป็นส่วนมากแต่ถ้ามีความเร็วรอบช้าไปนั้นเปลือกผลสูญค่าก็จะค้างอยู่บนตะแกรง ไม่ไหลลงออกที่ช่องทางออกของเปลือกผลซึ่งได้แก้ปัญหาโดยการลดรอบให้ช้าลงโดยการใส่กลีบยางตัดเป็นริ้ววางทางลงของเมล็ดสูญค่าเพื่อที่จะให้เมล็ดสูญค่าได้ลอดผ่านช่องรูตะแกรงไปได้มากที่สุดซึ่งค่าที่ได้จากการทดสอบที่ดีที่สุดคือที่ความเร็วรอบที่เพลาช้อเหวี่ยงตะแกรง 220 rpm มีการสูญเสียในการคัดแยก 0 % ประสิทธิภาพการคัดแยก 100 % และความสามารถในการคัดแยก 15.71 g/s (56.55kg/hr)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ตารางที่ 4.12 ค่าประสิทธิภาพการคัดแยกเมล็ด, การสูญเสียในการคัดแยกเมล็ด, ความสามารถในการคัดแยกเมล็ด ที่ได้จากการทดสอบชุดคัดแยกเมล็ดสูงค่า

การทดสอบ	ครั้งที่ 1			ครั้งที่ 2			ครั้งที่ 3		
	ความเร็วรอบของเพลาช้อเหวี่ยง (rpm)	190	220	240	190	220	240	190	220
ประสิทธิภาพการคัดแยกเมล็ด (%)	100	100	92.77	100	100	94.36	100	100	94.23
การสูญเสียในการคัดแยกเมล็ด (%)	0	0	7.23	0	0	5.64	0	0	5.77
ความสามารถในการคัดแยกเมล็ด (g/s)	12.95	16.06	19.46	12.80	15.01	18.75	13.07	16.08	17.73

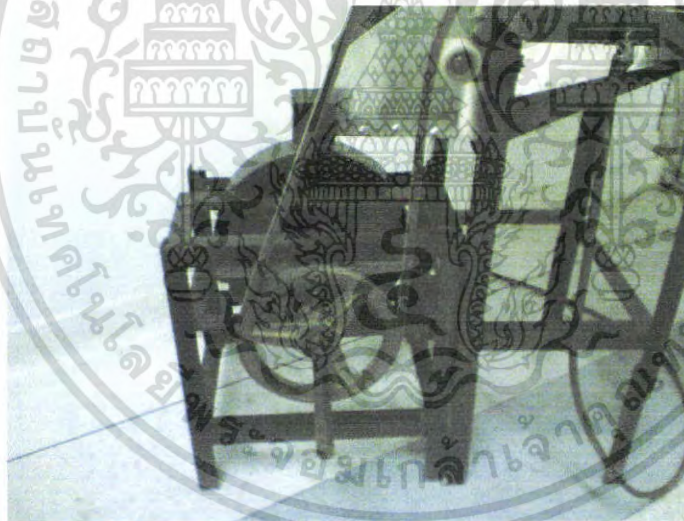
ตารางที่ 4.13 ค่าเฉลี่ยของค่าประสิทธิภาพการคัดแยกเมล็ด, การสูญเสียในการคัดแยกเมล็ด, ความสามารถในการคัดแยกเมล็ด ที่ได้จากการทดสอบชุดคัดแยกเมล็ดสูงค่า

การทดสอบ	ค่าเฉลี่ย		
ความเร็วรอบของเพลาช้อเหวี่ยง (rpm)	190	220	240
ประสิทธิภาพการคัดแยกเมล็ด (%)	100	100	93.78
การสูญเสียในการคัดแยกเมล็ด (%)	0	0	6.21
ความสามารถในการคัดแยกเมล็ด (g/s)	12.94	15.71	18.64



รูปที่ 4.4 สภาพเปลือกผลที่ออกไปยังช่องทางออกของเปลือกผล

#### 4.4 การทดสอบสมรรถนะการกะเทาะของชุดกะเทาะเปลือกเมล็ดสบูดำ



รูปที่ 4.5 ชุดงานกะเทาะเปลือกเมล็ดสบูดำที่ปรับปรุงใหม่

##### 4.4.1 วัตถุประสงค์

1. เพื่อหาความเร็วรอบที่มีประสิทธิภาพสูงสุดของงานกะเทาะ
2. เพื่อหาระยะห่างที่ดีที่สุดของชุดกะเทาะเปลือกเมล็ดสบูดำ

##### 4.4.2 วัสดุและอุปกรณ์

1. สบูดำจำนวน 10 kg
2. เครื่องกะเทาะเปลือกผลและเปลือกเมล็ดสบูดำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. มอเตอร์ Mitsubishi รุ่น SF – JR ขนาด 0.5 แรงม้า จำนวน 1 เครื่อง
4. เครื่องทอรอบมอเตอร์ Sumitomo รุ่น AF-500 จำนวน 1 เครื่อง
5. เครื่องวัดรอบ DIGICON รุ่น DT – 235T จำนวน 1 เครื่อง
6. นาฬิกาจับเวลา จำนวน 1 เรือน
7. เครื่องชั่ง Digital SHIMADZU BX 300 จำนวน 1 เครื่อง
8. ถูพลาสติกข่างน้ำหนักแล้ว 1 ชุด
9. ตะกร้าเอนกประสงค์ 1 ชุด

#### 4.4.3 ขั้นตอนการทดสอบ

1. เตรียมผลสบูดำที่จะใช้ในการทดสอบโดยชั่งน้ำหนักเฉลี่ยที่ 200 g
2. ปรับความเร็วรอบใช้งานที่ 90, 95, 100 rpm ระยะห่างระหว่างจานกะเทาะ 6, 7, 8 mm ตามลำดับ
3. ทดสอบชุดกะเทาะเปลือกเมล็ดสบูดำ โดยการทดลองถึงบรรลุให้มีอัตราการป้อนสม่ำเสมอ
4. จับเวลาเมื่อเมล็ดสบูดำเม็ดแรกลงสู่ชุดกะเทาะเปลือกเมล็ดสบูดำและหยุดเวลาเมื่อชุดกะเทาะเปลือกเมล็ดสบูดำกะเทาะเมล็ดจนหมดหรือไม่สามารถที่จะกะเทาะเมล็ดสบูดำที่ตกค้างได้อีก
5. ชั่งน้ำหนักเนื้อในเมล็ดที่ไม่ได้รับการกะเทาะ บันทึกผล
6. ชั่งน้ำหนักเนื้อในเมล็ดที่สมบูรณ์ บันทึกผล
7. ชั่งน้ำหนักเนื้อในเมล็ดที่ไม่สมบูรณ์ บันทึกผล
8. ชั่งน้ำหนักเนื้อในเมล็ดที่แตกหัก บันทึกผล
9. ชั่งน้ำหนักเปลือกเมล็ด บันทึกผล
10. กำหนดหาความสามารถในการกะเทาะเนื้อในเมล็ด และ ประสิทธิภาพการกะเทาะเนื้อในเมล็ดตามสูตรดังต่อไปนี้

$$\text{ความสามารถในการกะเทาะ (g/s)} = \frac{A}{X1}$$

$$\text{ประสิทธิภาพการกะเทาะเมล็ด (\%)} = \frac{C + D}{B + C + D + E} \times 100$$

X1 = เวลาที่ใช้ในการกะเทาะ (sec)

A = น้ำหนักสบูดำที่ป้อนเข้าเครื่อง (g)

B = น้ำหนักเนื้อในเมล็ดที่ไม่ได้รับการกะเทาะ (g)

C = น้ำหนักเนื้อในเมล็ดที่สมบูรณ์ (g)

D = น้ำหนักเนื้อในเมล็ดที่ไม่สมบูรณ์ (g)

E = น้ำหนักเนื้อในเมล็ดที่แตกหัก (g)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$F = \text{น้ำหนักเปลือกเมล็ด (g)}$$

#### 4.4.4 ผลการทดสอบ

ผลการทดสอบแสดงในตารางที่ 4.14-4.18

#### 4.4.5 สรุปผลการทดสอบ

จากการทดสอบที่สภาวะที่เหมาะสมที่สุดของชุดกะเทาะเปลือกเมล็ดสบู่ดำคือที่ความเร็วรอบของเพลาจานกะเทาะ 95 rpm ระยะห่างระหว่างจานกะเทาะ 7 mm ประสิทธิภาพการกะเทาะเนื้อในเมล็ด 95.23 % ความสามารถในการกะเทาะเนื้อในเมล็ด 12.41 g/s (44.67 kg/hr)



รูปที่ 4.6 สภาพเมล็ดเนื้อในสบู่ดำและเปลือกเมล็ดสบู่ดำที่แยกออกจากกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.14 ค่าที่ได้จากการทดสอบสมรรถนะชุดกะเทาะเปลือกเมล็ดสับดูดำ

ความเร็วรอบที่เพลงานกะเทาะ (rpm)	90								
	ครั้งที่ 1			ครั้งที่ 2			ครั้งที่ 3		
การทดสอบ	6	7	8	6	7	8	6	7	8
ระยะห่างงานกะเทาะ (mm)	6	7	8	6	7	8	6	7	8
เวลาที่ใช้ในการกะเทาะ (sec)	28.74	33.32	24.11	29.25	25.16	25.92	29.12	27.48	21.18
น้ำหนักสับดูดำที่ป้อนเข้าเครื่อง (g)	200.86	200.34	200.46	200.11	200.85	200.69	200.45	200.39	200.73
น้ำหนักเนื้อในเมล็ดที่ไม่ได้รับการกะเทาะ (g)	2.01	7.19	4.21	1.95	5.52	3.95	2.54	5.33	4.18
น้ำหนักเนื้อในเมล็ดที่สมบูรณ์ (g)	14.49	15.27	18.89	16.68	15.84	16.63	16.28	14.94	17.25
น้ำหนักเนื้อในเมล็ดที่ไม่สมบูรณ์ (g)	28.74	31.68	21.62	25.13	26.73	24.92	27.19	29.97	24.44
น้ำหนักเนื้อในเมล็ดที่แตกหัก (g)	2.58	1.16	2.28	1.09	1.82	1.85	1.15	2.05	2.98
น้ำหนักเปลือกเมล็ด (g)	71.42	80.33	70.19	65.57	68.81	66.46	70.47	67.59	65.42

ตารางที่ 4.15 ค่าที่ได้จากการทดสอบสมรรถนะชุดกะเทาะเปลือกเมล็ดสับคำ (ต่อ)

ความเร็วรอบที่เพลงานกะเทาะ (rpm)	95								
	ครั้งที่ 1			ครั้งที่ 2			ครั้งที่ 3		
การทดสอบ	6	7	8	6	7	8	6	7	8
ระยะห่างงานกะเทาะ (mm)	6	7	8	6	7	8	6	7	8
เวลาที่ใช้ในการกะเทาะ (sec)	23.24	14.20	11.67	21.54	16.23	10.94	25.56	18.59	10.27
น้ำหนักสับคำที่ป้อนเข้าเครื่อง (g)	200.25	200.75	200.64	200.82	200.71	200.19	200.91	200.14	200.48
น้ำหนักเนื้อในเมล็ดที่ไม่ได้รับการกะเทาะ (g)	2.26	0.54	3.12	3.01	0	2.93	1.84	1.02	4.56
น้ำหนักเนื้อในเมล็ดที่สมบูรณ์ (g)	13.49	14.42	16.67	12.54	13.66	15.51	12.25	15.86	12.28
น้ำหนักเนื้อในเมล็ดที่ไม่สมบูรณ์ (g)	26.72	30.74	13.74	25.15	25.46	28.84	25.97	27.47	21.96
น้ำหนักเนื้อในเมล็ดที่แตกหัก (g)	1.05	1.58	4.35	0.52	2.23	2.01	2.93	0.97	1.05
น้ำหนักเปลือกเมล็ด (g)	71.40	68.54	56.11	68.82	65.78	61.41	67.55	66.14	60.71

ตารางที่ 4.16 ค่าที่ได้จากการทดสอบสมรรถนะชุดกะเทาะเปลือกเมล็ดสับดำ (ต่อ)

ความเร็วรอบที่เพลงานกะเทาะ (rpm)	95								
	ครั้งที่ 1			ครั้งที่ 2			ครั้งที่ 3		
การทดสอบ	6	7	8	6	7	8	6	7	8
ระยะห่างงานกะเทาะ (mm)	6	7	8	6	7	8	6	7	8
เวลาที่ใช้ในการกะเทาะ (sec)	13.46	15.23	9.84	15.58	16.61	11.29	12.87	15.41	11.74
น้ำหนักสับดำที่ป้อนเข้าเครื่อง (g)	200.46	200.23	200.08	200.91	200.51	200.18	200.84	200.19	200.47
น้ำหนักเนื้อในเมล็ดที่ไม่ได้รับการกะเทาะ (g)	3.93	7.19	10.61	4.15	6.94	8.23	2.29	7.51	9.84
น้ำหนักเนื้อในเมล็ดที่สมบูรณ์ (g)	14.65	17.74	11.26	12.67	17.03	14.76	16.95	20.16	12.81
น้ำหนักเนื้อในเมล็ดที่ไม่สมบูรณ์ (g)	21.38	33.19	21.98	25.16	31.06	20.22	22.91	28.74	20.94
น้ำหนักเนื้อในเมล็ดที่แตกหัก (g)	2.72	1.04	6.42	4.41	2.16	4.12	7.12	1.79	5.58
น้ำหนักเปลือกเมล็ด (g)	64.50	70.28	70.36	71.81	72.52	69.58	60.91	71.19	70.71

ตารางที่ 4.17 ค่าประสิทธิภาพการกะเทาะเปลือกเมล็ด, ความสามารถในการกะเทาะเปลือกเมล็ด ที่ได้จากการทดสอบชุดกะเทาะเปลือกเมล็ดสมุนไพร

การทดสอบ	ครั้งที่ 1									ครั้งที่ 2									ครั้งที่ 3											
	90			95			100			90			95			100			90			95			100					
ความเร็วรอบงานกะเทาะ (rpm)																														
ระยะห่างงานกะเทาะ (mm)	6	7	8	6	7	8	6	7	8	6	7	8	6	7	8	6	7	8	6	7	8	6	7	8	6	7	8	6	7	8
ความสามารถในการกะเทาะเมล็ด (g/s)	6.98	6.00	8.31	8.61	14.13	17.19	14.89	13.14	20.3	6.84	7.98	7.74	9.32	12.3	18.29	12.89	12.07	17.78	6.88	7.29	9.47	7.86	10.76	19.52	15.60	12.99	18.54			
ประสิทธิภาพในการกะเทาะเมล็ด (%)	90.40	84.93	86.19	92.39	95.51	80.27	84.41	86.08	86.1	93.22	85.29	87.75	91.43	94.6	89.57	81.54	84.08	73.90	92.2	85.88	85.34	88.90	95.60	85.92	80.90	84.02	78.84			

ตารางที่ 4.18 ค่าเฉลี่ยของค่าประสิทธิภาพการกะเทาะเปลือกเมล็ด, ความสามารถในการกะเทาะเปลือกเมล็ด ที่ได้จากการทดสอบชุดกะเทาะเปลือกเมล็ดสมุนไพร

การทดสอบ	ค่าเฉลี่ย								
	90			95			100		
ความเร็วรอบงานกะเทาะ (rpm)									
ระยะห่างระหว่างงานกะเทาะ (mm)	6	7	8	6	7	8	6	7	8
ความสามารถในการกะเทาะเปลือกเมล็ดสมุนไพร (g/s)	6.91	7.09	8.50	8.59	12.41	18.33	14.46	12.73	18.39
ประสิทธิภาพการกะเทาะเปลือกเมล็ดสมุนไพร (%)	92.11	85.36	86.42	90.90	95.23	85.25	82.28	84.72	69.55

## บทที่ 5

### สรุปผลการทดลอง และ วิจารณ์ผล

#### 5.1 สรุปผลการทดลองและ วิจารณ์ผล

เครื่องกะเทาะเปลือกผลและเปลือกเมล็ดสับดูดำ ใด้แบ่งกระบวนการออกเป็น 3 กระบวนการ คือ

##### (1) ชุดกะเทาะเปลือกผลสับดูดำ

จากการทดสอบชุดกะเทาะเปลือกผลสับดูดำเราจะเห็นได้ว่าประสิทธิภาพในการกะเทาะ 99.07% นั้นเป็นประสิทธิภาพที่ค่อนข้างสูงมากเลยทีเดียวสรุปเลยได้ว่าในการพัฒนาและปรับปรุงชุดกะเทาะเปลือกผลสับดูดำนี้ด้วิเคราะห์ปัญหาถูกทาง คือ อาศัยหลักการใช้ลูกกลิ้งบีบอัดเพียงอย่างเดียวไม่ได้เพราะเพียงแค่การบีบอัดนั้นเป็นเพียงแค่ทำให้ผลสับดูดำแบนเท่านั้น ไม่สามารถที่จะฉีกเปลือกผลให้เมล็ดหลุดออกมาได้แต่ต้องมีการบิดเข้าไปด้วยถึงจะทำให้เปลือกของผลสับดูดำฉีกแยกออกจนเมล็ดหลุดออกมาจากเปลือกผลได้ซึ่งจะใช้วิธีถือลูกกลิ้งไว้หนึ่งตัวไม่ให้หมุนส่วนอีกหนึ่งตัวให้หมุนตามปกติซึ่งวิธีนี้จะทำให้ลูกกลิ้งตัวที่หมุนพาผลสับดูดำไปกดอัดและเกิดการบิดตัวของผลสับดูดำกับลูกกลิ้งที่ถูกล็อกไม่ให้หมุนทำให้เมล็ดสับดูดำหลุดออกจากผลโดยง่าย

##### (2) ชุดคัดแยกผลสับดูดำออกจากเปลือก

จากการทดลองชุดคัดแยกเราสามารถปรับค่าได้เพียงค่าเดียวคือ ความเร็วรอบ จากผลการทดลองจะเห็นได้ชัดเจนว่า ขนาดของรูตะแกรงนั้นมีเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงพอที่จะทำให้เมล็ดสับดูดำลอดไปได้ดี แต่ปัญหาเกิดขึ้นที่ความเร็วรอบถ้าหากความเร็วรอบสูงเกินไปจะทำให้เมล็ดดีหลุดลอดไปออกช่องทางออกของเปลือกผลเพราะเนื่องจากขนาดตะแกรงที่มีระยะที่สั้นจึงทำให้เกิดการสูญเสียในการคัดแยกอยู่มากแต่ถ้าหากความเร็วรอบต่ำเกินไปเปลือกผลก็จะค้างอยู่บนตะแกรงไม่ไหลลงมาออกที่ช่องทางออกของเปลือกผลแต่การแก้ปัญหาการสูญเสียในการคัดแยกทำได้โดยไม่มี การสูญเสียในการคัดแยกเลยคือ 0 % โดยใช้รอบที่ค่อนข้างสูงซึ่งได้ลดการไหลของเมล็ดสับดูดำให้ช้าลงโดยการใส่คัลบยางตัดเป็นริ้วขวางทางลงของเมล็ดสับดูดำเพื่อที่จะให้เมล็ดสับดูดำได้ลอดผ่านช่องตะแกรงไปได้มากที่สุดแต่อย่างไรก็ตามในการใช้วิธีนี้ก็ทำให้เศษเปลือกเล็กๆบางส่วนสามารถผ่านช่องตะแกรงไปได้ด้วยเช่นกัน

##### (3) ชุดกะเทาะเมล็ดสับดูดำ

จากการทดลองชุดกะเทาะเปลือกเมล็ดสับดูดำประสิทธิภาพในการกะเทาะ ได้ค่าที่ดีที่สุดออกมา 95.23 % จะเห็นได้ว่าประสิทธิภาพออกมาก่อนข้างสูงเพราะได้แก้ปัญหาการที่เมล็ดลงมาที่ชุดจานแล้วไม่ได้รับการกะเทาะเพราะ โคนแรงเหวี่ยงพาเมล็ดสับดูดำเหวี่ยงออกบนขอบจานได้แก้ปัญหาโดยการติดคัลบกันไว้ตามขอบจานโดยรอบเพื่อไม่ให้เมล็ดสับดูดำถูกเหวี่ยงออกไปตามขอบจานแต่จะเห็นได้ว่าจากการทดสอบนั้นเราเน้นที่การกะเทาะให้ไ้เนื้อในเมล็ดโดยไม่หวังเนื้อในเมล็ดที่สมบูรณ์จึงปรับระยะห่างจานกะเทาะที่เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่อนข้างแคบเมล็ดเนื้อในที่ออกมาจึงมีเมล็ดเนื้อในที่แตกค่อนข้างมากกว่าเมล็ดเนื้อในที่สมบูรณ์แต่ถ้าหากต้องการเมล็ดเนื้อในที่สมบูรณ์ก็จะต้องปรับระยะห่างงานให้กว้างขึ้นแต่ก็จะทำให้ประสิทธิภาพลดน้อยลงมา

## 5.2 ข้อเสนอแนะ

### 5.2.1 ชุดกะเทาะเปลือกผลสบู่ดำ

(1) เนื่องจากหน้าสัมผัสลูกกลิ้งเราใช้ยางในล้อรถในการทำขึ้นทำให้ยางไม่มีความคงทนและอายุการใช้งานยังต่ำอยู่หากต้องการให้มีความคงทนและอายุการใช้งานยืนยาวควรใช้การหล่ออย่างเป็นลูกกลิ้งขึ้นมาใหม่

### 5.2.2 ชุดคัดแยกเมล็ดสบู่ดำออกจากเปลือก

(1) เนื่องจากจะมีเศษเล็กๆของเปลือกผลบางส่วนที่ลอดผ่านช่องรูตะแกรงมาได้เราควรติดพัดลมโบลเวอร์ไว้ใต้ตะแกรงเพื่อจะได้พัดเศษเปลือกเล็กๆออกมาโดยเศษเปลือกจะได้ไม่ผ่านช่องรูตะแกรงลงมาได้แต่จะมีแต่เมล็ดเท่านั้นที่มีน้ำหนักมากกว่าเศษเปลือกผ่านช่องรูตะแกรงลงมาได้

### 5.2.3 ชุดกะเทาะเปลือกเมล็ดสบู่ดำ

(1) บริเวณช่องทางลงของเมล็ดสบู่ดำไปยังชุดกะเทาะเมล็ดสบู่ดำมีพื้นที่น้อยมาก อาจจะทำขึ้นใหม่เพื่อรองรับกับปริมาณการกะเทาะที่มากขึ้น

(2) ควรทำสเกลไว้ที่เพลงานหมุนเพื่อเป็นการที่จะได้ปรับระยะห่างของงานกะเทาะได้โดยง่ายโดยแค่ปรับเลื่อนที่เพลงานหมุน

(3) เนื่องจากชุดกะเทาะเปลือกเมล็ดสบู่ดำใช้งานแผ่นในการกะเทาะควรลองเปลี่ยนวิธีการกะเทาะมาเป็นแบบใช้ลูกกลิ้งกะเทาะเหมือนชุดลูกกลิ้งกะเทาะเปลือกผลสบู่ดำแล้วลองเปรียบเทียบค่าสมรรถนะระหว่าง 2 วิธีนี้

### เอกสารอ้างอิง

1. วรวิทย์ อึ้งภากร, ชาญ ถนังงาน 2548. การออกแบบเครื่องจักรกล. กรุงเทพฯ บริษัท ซีเอ็ดดูเคชั่น จำกัด .
2. ชีรพงษ์ ผลโพธิ์, เอกสารประกอบการสอนวิชาการกระบวนการทางวิศวกรรมเกษตร, คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
3. Akubuo C.O., 2002. Performance evaluation of a local maize sheller. *Biosystems Engineering* 83(1):77-83.
4. เฉลิมรัฐ พลคณอก, โชติ หงษ์มาและวิโรจน์ มหัทธัญญวณิชย์, 2548. การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของผล เมล็ด และเมล็ดในสับคั่วที่การอบต่างๆและการนึ่งและคุณสมบัติทางเคมีของน้ำมันสับคั่วที่ได้. ปรินญาณิพนธ์สาขาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
5. วีระชัย ลีมพรชัยเจริญ, เอกสารประกอบการสอนวิชาการออกแบบเครื่องจักรกล, คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
6. M.N. Amin, M.A. Hossain, K.C. Roy. 2003. Effects of Moisture physical properties of lentil seeds. [Online]. *Journal of food engineering*, 65 (2004) 83-87 :<http://www.elsevier.com/locate/jfoodeng>
7. ปานมนัส ศิริสมบูรณ์, พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์, สาทิป รัตนภาสกร 2538. สมบัติทางกายภาพและวิศวกรรมของข้าววัลดู. วิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.