

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การศึกษาปัจจัยการกะเทาะเปลือกเมล็ดมะรุม

โดยชุดทดสอบแบบใช้แรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง

(AFFECTING FACTOR CENTRIFUGAL SHELLER  
FOR MORINGA)



T119488



จิราวัฒน์

มรรคทรัพย์

ชลนิศา

รัตนมหันต์

ทวิรา

ผาดิ

รัฐนันท์

เมธาสิทธิสุข

เลขหมู่.....

119488

เลขทะเบียน.....

วัน,เดือน,ปี..... B.S.A. 2554

b. 119488 118  
i.....

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมอาหาร

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2553

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# **AFFECTING FACTOR CENTRIFUGAL SHELLER FOR MORINGA**



**THIS THESIS IS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT  
OF THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE OF  
BACHELOR OF FOOD ENGINEERING**

**FACULTY OF ENGINEERING  
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG  
ACADEMIC YEAR 2010**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาานิพนธ์ปีการศึกษา 2553

ภาควิชาวิศวกรรมอาหาร

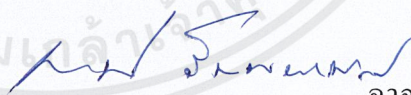
คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การศึกษาปัจจัยการกะเทาะเปลือกเมล็ดมะรุมโดยชุดทดสอบแบบใช้แรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง

AFFECTING FACTOR CENTRIFUGAL SHELLER FOR MORINGA

ผู้จัดทำ

- |                    |               |               |
|--------------------|---------------|---------------|
| 1. นางสาวจิรารัตน์ | มรรคทรัพย์    | รหัส 50010244 |
| 2. นางสาวชลนิศา    | รัตนมหันต์    | รหัส 50010320 |
| 3. นางสาวทวิรา     | ผาคี          | รหัส 50010565 |
| 4. นายรัฐนันท์     | เมธาสถิตย์สุข | รหัส 50011289 |



.....อาจารย์ที่ปรึกษา

รองศาสตราจารย์สาทิป

รัตนภาสกร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

|                         |                       |               |               |
|-------------------------|-----------------------|---------------|---------------|
| <b>นักศึกษา</b>         | นางสาวจิรารัตน์       | มรรคทรัพย์    | รหัส 50010244 |
|                         | นางสาวชลนิศา          | รัตนมหันต์    | รหัส 50010320 |
|                         | นางสาวทวิรา           | ผาคี          | รหัส 50010565 |
|                         | นายรัฐนันท์           | เมธาสถิตย์สุข | รหัส 50011289 |
| <b>อาจารย์ที่ปรึกษา</b> | รองศาสตราจารย์สาทิป   | รัตนภาสกร     |               |
| <b>ปริญญา</b>           | วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต   |               |               |
| <b>สาขาวิชา</b>         | สาขาวิชาวิศวกรรมอาหาร |               |               |
| <b>ปีการศึกษา</b>       | 2553                  |               |               |

### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทำการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการกะเทาะเปลือกเมล็ดมะรุมแบบใช้แรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง โดยปัจจัยที่ทำการศึกษามี 2 ปัจจัย คือ 1) ผนังเป้ากระทบ 4 ชนิด ได้แก่ เหล็ก ตะแกรงเหล็กสาน (No.8) ตะแกรงเหล็ก (รู 10 มิลลิเมตร) และสายพานผ้า 2) ความเร็วรอบจานเหวี่ยง 4 ระดับ ได้แก่ 3,600 3,800 4,000 และ 4,200 รอบต่อนาที แล้วนำมาวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และเปรียบเทียบผลเฉลี่ยของความแตกต่างกรรมวิธีโดยวิธี DMRT (Duncan's New Multiple Range Test) ผลการศึกษาพบว่า ผนังเป้ากระทบชนิดสายพานผ้าและความเร็วรอบที่ 4,000 รอบต่อนาที มีความเหมาะสมมากที่สุด โดยได้ประสิทธิภาพในการกะเทาะเปลือกเมล็ดสมบูรณ์เท่ากับ 63.78 เปอร์เซ็นต์ เปอร์เซ็นต์เมล็ดที่นำกลับมากะเทาะใหม่ (เมล็ดไม่กะเทาะและเมล็ดกะเทาะบางส่วน) คือ 33.56 เปอร์เซ็นต์ และเปอร์เซ็นต์เมล็ดแตกเท่ากับ 2.66 เปอร์เซ็นต์

|                        |  |                |          |
|------------------------|--|----------------|----------|
| <b>Project Title</b>   | AFFECTING FACTOR CENTRIFUGAL SHELLER FOR MORINGA |                |          |
| <b>Students</b>        | Miss Jirarat                                     | Makkasab       | 50010244 |
|                        | Miss Chonnisa                                    | Rattanamahan   | 50010320 |
|                        | Miss Tawira                                      | Phadee         | 50010565 |
|                        | Mr. Rathnan                                      | Maethastidsook | 50011289 |
| <b>Project Advisor</b> | Assoc.Prof. Satip                                | Rattanapaskorn |          |
| <b>Degree</b>          | Bachelor of engineering                          |                |          |
| <b>Program</b>         | Food engineering                                 |                |          |
| <b>Academic Year</b>   | 2010   |                |          |

### ABSTRACT

This work studied the effects of operating parameters of a moringa centrifugal sheller on its performance. Effects of 4 types of striking surfaces (steel sheet, steel sieve with mesh no.8, steel sieve with opening diameter 10 mm, and fabric belt) and 4 - levels impeller speeds (3,600, 3,800, 4,000, and 4,200 rpm) were investigated. The experimental results were analyzed using a variance method (ANOVA) and compared the means of treatment tested in an experiment using Duncan's New Multiple Range Test (DMRT). The results indicated that the striking surface and impeller speed significantly affected the percentages of completely shelled seeds, incompletely shelled seeds, and damaged seeds. The result shown that the fabric belt as a striking surface with the impeller speed of 4,000 rpm was the optimum operating condition, At these condition, the result were 63.78% of completely shelled seeds, 33.56% incompletely shelled seeds, and 2.66% damaged seeds.

## กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จได้ด้วยความกรุณาจากอาจารย์ที่ปรึกษาฯ.สาทิป รัตนภาสกร ที่ให้ความช่วยเหลือ ให้คำชี้แนะ ช่วยแก้ปัญหาตลอดจนให้ความรู้ประสบการณ์ที่ดีอันเป็นประโยชน์ต่องานวิจัยนี้คณะผู้จัดทำขอขอบพระคุณอย่างสูง

ขอขอบพระคุณ กรรมการการสอบหัวข้อและ โครงร่างปริญญานิพนธ์ ผศ.ดร.พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ ผศ.ดร.มาฤดี ผ่องพิพัฒน์พงศ์ ดร.นวกัทราน หนูนาถ ดร.เกียรติศักดิ์ รุ่งพระแสง อาจารย์สมักร รักแม่ อาจารย์เองพงษ์ ชีวิตโสภณ และดร.กัณฑ์นิษฐ์ ขวัญฤกษ์ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำตลอดจนข้อชี้แนะ จนในที่สุดทำให้ปริญญานิพนธ์นี้สำเร็จลงได้

ขอขอบพระคุณ คุณอำนาจ คุณตะคุ คุณวราภรณ์ มาไพศาลทรัพย์ และคุณบุญนำ ผลโพธิ์ เจ้าหน้าที่ภาควิชาวิศวกรรมอาหาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่คอยให้คำปรึกษาและชี้แนะแนวทางในการทดสอบ ตลอดจนอุปกรณ์ต่างๆและช่วยเหลือในการสร้างอุปกรณ์ชุดทดสอบและการทดลองต่างๆแก่คณะและผู้จัดทำและอยู่เคียงข้างตลอดการสร้างชิ้นงาน

ขอขอบพระคุณ อาจารย์สุจิตรา สุคนธมัต อาจารย์ประจำภาควิชาสถิติ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่คอยให้คำปรึกษาและชี้แนะแนวทางในการวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้ที่ให้กำลังใจและให้การสนับสนุนการศึกษาเล่าเรียนของคณะผู้จัดทำมาโดยตลอด ได้แก่ คุณพ่อ คุณแม่ และเพื่อน ๆ ภาควิชาวิศวกรรมอาหาร รุ่น 12 ทุกคน คณะผู้จัดทำรู้สึกซาบซึ้งในพระคุณเป็นอย่างยิ่ง

|                 |              |
|-----------------|--------------|
| นางสาวจิรารัตน์ | มรรคทรัพย์   |
| นางสาวชลนิตา    | รัตนมหันต์   |
| นางสาวทวิรา     | ผาคี         |
| นายรัฐนันท์     | เมธาสิทธิสุข |

# สารบัญ

|  | หน้า |
|--|------|
| บทคัดย่อภาษาไทย  | I    |
| บทคัดย่อภาษาอังกฤษ   | II   |
| กิตติกรรมประกาศ  | III  |
| สารบัญ   | IV   |
| สารบัญรูป  | VI   |
| สารบัญตาราง  | VII  |
| บทที่ 1 บทนำ   |      |
| 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ   | 1    |
| 1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ   | 2    |
| 1.3 ขอบเขตของการศึกษา  | 2    |
| 1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ  | 2    |
| บทที่ 2 ตรวจสอบเอกสาร  |      |
| 2.1 ลักษณะทั่วไป   | 3    |
| 2.2 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์  | 3    |
| 2.3 พันธุ์และการเพาะปลูก   | 4    |
| 2.4 การแปรรูปมะรุม   | 5    |
| 2.5 ความสำคัญของมะรุมต่อระบบเศรษฐกิจ   | 6    |
| 2.6 การใช้ประโยชน์ของมะรุม   | 6    |
| 2.7 การใช้ประโยชน์จากมะรุมในด้านอื่น ๆ   | 6    |
| 2.8 หลักการการกะเทาะเปลือกเมล็ดมะรุม   | 7    |
| 2.9 การตัดสินใจเลือกชนิดเครื่องกะเทาะเปลือกข้าวมาประยุกต์ใช้<br>กะเทาะเปลือกเมล็ดมะรุมและสมมติฐานการกะเทาะเปลือกเมล็ดมะรุม | 10   |
| บทที่ 3 การวางแผนและการออกแบบ  |      |
| 3.1 การวางแผนการทดสอบ  | 11   |

## สารบัญ(ต่อ)

|   | หน้า |
|---|------|
| 3.2 การออกแบบสร้างชุดทดสอบที่ใช้ในการกะเทาะเปลือก<br>เมล็ดมะรุมแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง  | 11   |
| 3.3 หลักการทำงานของชุดทดสอบที่ใช้ในการกะเทาะเปลือก<br>เมล็ดมะรุมแบบใช้แรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง                                    | 13   |
| 3.4 ชุดทดสอบที่ใช้ในการกะเทาะเปลือกเมล็ดมะรุมแบบใช้แรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง   | 13   |
| บทที่ 4 วัสดุอุปกรณ์และวิธีการทดลอง   |      |
| 4.1 การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อสมรรถนะของชุดทดสอบในการ<br>กะเทาะเปลือกเมล็ดมะรุมแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง (Centrifugal)            | 16   |
| 4.2 วัสดุและอุปกรณ์   | 16   |
| 4.3 การวางแผนการทดลอง   | 17   |
| 4.4 วิธีการทดลอง  | 17   |
| บทที่ 5 ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง  |      |
| 5.1 ผลการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของเมล็ดมะรุมที่ใช้ในการทดสอบ   | 21   |
| 5.2 การศึกษาลักษณะผนังเปลือกมะรุม และความเร็วจานเหวี่ยง<br>กะเทาะเมล็ดมะรุมพันธุ์พื้นเมือง                                      | 23   |
| บทที่ 6 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ   |      |
| 6.1 สรุปผลการทดลอง  | 29   |
| 6.2 ข้อเสนอแนะ  | 30   |
| ภาคผนวก ก.  | 31   |
| ภาคผนวก ข. ผลการทดสอบและประเมินผลปัจจัยที่มีผลต่อสมรรถนะของ<br>ชุดทดสอบที่ใช้กะเทาะเปลือกเมล็ดมะรุมแบบใช้แรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง | 38   |
| ภาคผนวก ค. แบบและส่วนประกอบหลักของชุดทดสอบที่ใช้ในการกะเทาะเมล็ดมะรุม<br>แบบใช้แรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง                           | 43   |
| บรรณานุกรม  | 48   |

## สารบัญรูป

|  | หน้า |
|--|------|
| รูปที่ 2.1 ฝักและดอกของมะรุุม  | 3    |
| รูปที่ 2.2 เมล็ดมะรุุมแห้ง   | 3    |
| รูปที่ 2.3 การทำงานของลูกยาง   | 9    |
| รูปที่ 2.4 เครื่องกะเทาะแบบ โม้หินแนวนอน   | 9    |
| รูปที่ 2.5 เครื่องกะเทาะแบบแรงเหวี่ยงกระทบ   | 10   |
| รูปที่ 3.1 ส่วนประกอบของงานเหวี่ยงกะเทาะเมล็ดมะรุุม  | 12   |
| รูปที่ 3.2 ผนังเป้กระทบแต่ละชนิด   | 12   |
| รูปที่ 3.3 ชุดทดสอบที่ใช้ในการกะเทาะเปลือกเมล็ดมะรุุมแบบใช้แรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง                      | 13   |
| รูปที่ 3.4 ชุดทดสอบที่ใช้ในการกะเทาะเปลือกเมล็ดมะรุุมแบบใช้แรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง                      | 14   |
| รูปที่ 3.5 เครื่องกะเทาะเมล็ดมะรุุมต้นแบบ แบบ ใช้แรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางโดยใช้โปรแกรม Solid work        | 15   |
| รูปที่ 4.1 แผนภาพการทดลอง  | 20   |
| รูปที่ 5.1 ความกว้างของเมล็ดมะรุุมทั้งเปลือกและเมล็ดในมะรุุม   | 21   |
| รูปที่ 5.2 ความยาวของเมล็ดมะรุุมทั้งเปลือกและเมล็ดในมะรุุม   | 22   |
| รูปที่ 5.3 ความหนาของเมล็ดมะรุุมทั้งเปลือกและเมล็ดในมะรุุม   | 22   |
| รูปที่ 5.4 ผลของความเร็วรอบและชนิดของผนังเป้กระทบที่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์เมล็ดมะรุุมกะเทาะเปลือกสมบูรณ์   | 24   |
| รูปที่ 5.5 ผลของความเร็วรอบและชนิดของผนังเป้กระทบที่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์เมล็ดมะรุุมที่นำกลับมากะเทาะใหม่ | 25   |
| รูปที่ 5.6 ผลของความเร็วรอบและชนิดของผนังเป้กระทบที่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์เมล็ดแตก                         | 28   |
| รูปที่ ก.1 แผนภาพการคัดแยกลักษณะเมล็ดประเภทต่าง ๆ ที่ได้จากการกะเทาะ                                   | 37   |
| รูปที่ ก.2 ลักษณะเมล็ดประเภทต่างๆ  | 37   |
| รูปที่ ค. 1 ภาพ Isometric ชุดทดสอบที่ใช้ในการกะเทาะเปลือกเมล็ดมะรุุมแบบใช้แรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง       | 44   |
| รูปที่ ค. 2 โครงสร้างของชุดทดสอบที่ใช้ในการกะเทาะเปลือกเมล็ดมะรุุม                                     | 45   |
| รูปที่ ค. 3 ภาพฉายและภาพสามมิติของถังป้อน  | 46   |
| รูปที่ ค. 4 ภาพฉายและภาพสามมิติของงานเหวี่ยง   | 47   |

## สารบัญตาราง

|   | หน้า |
|---|------|
| ตารางที่ 2.1 แสดงข้อเปรียบเทียบระหว่างสายพันธุ์ SK1 และสายพันธุ์พื้นเมือง   | 4    |
| ตารางที่ 2.2 แสดงสรรพคุณทางยาตามส่วนประกอบของต้นมะรุ้ม  | 6    |
| ตารางที่ 4.1 การสุ่มตัวอย่างสมบูรณ์ของปัจจัยที่ทำการทดลอง   | 19   |
| ตารางที่ 5.1 ผลการเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์เมล็ดกะเทาะสมบูรณ์เฉลี่ยของผนังเปลือก<br>ในแต่ละความเร็วงานเหวี่ยง  | 23   |
| ตารางที่ 5.2 ผลการเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์เมล็ดที่นำกลับมากะเทาะใหม่เฉลี่ยของผนังเปลือก<br>ในแต่ละความเร็วงานเหวี่ยง  | 25   |
| ตารางที่ 5.3 ผลการเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์เมล็ดแตกเฉลี่ยของผนังเปลือก<br>ในแต่ละความเร็วงานเหวี่ยง  | 27   |
| ตารางที่ ก.1 ผลการวัดขนาดความยาว ความกว้าง และความหนา ของเมล็ดมะรุ้มทั้งเปลือกและ<br>เมล็ดในมะรุ้มที่ความชื้น 7.15 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานเปียก                                  | 32   |
| ตารางที่ ข.1 การทดสอบชนิดของผนังเปลือกและความเร็วงานเหวี่ยงที่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์<br>ต่าง ๆ เมื่อใช้กะเทาะเมล็ดมะรุ้มพันธุ์พื้นเมืองที่ความชื้น 7.15 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานเปียก | 39   |
| ตารางที่ ข.2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติการศึกษาชนิดผนังเปลือกและความเร็วรอบที่มีผลต่อ<br>เปอร์เซ็นต์เมล็ดกะเทาะสมบูรณ์  | 41   |
| ตารางที่ ข.3 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติการศึกษาชนิดผนังเปลือกและความเร็วรอบที่มีผลต่อ<br>เปอร์เซ็นต์เมล็ดที่นำกลับมากะเทาะใหม่  | 41   |
| ตารางที่ ข.4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติการศึกษาชนิดผนังเปลือกและความเร็วรอบที่มีผลต่อ<br>เปอร์เซ็นต์เมล็ดแตก  | 42   |

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

มะรุมนีชื่อทางวิทยาศาสตร์คือ : *Moringa oleifera* Lam.

ชื่อสามัญ : Horse radish, Drumstick.

วงศ์ : Moringaceae [1]

มีถิ่นกำเนิดอยู่ในประเทศแถบเอเชีย เช่น อินเดีย ศรีลังกา เป็นต้น จัดเป็นพืชผักพื้นบ้านของไทยเป็นไม้ยืนต้นที่โตเร็ว ทนแล้ง ปลูกง่ายในเขตร้อน มะรุมนีมีประโยชน์เอนกประสงค์ ทั้งทางด้านอาหาร ยาและอุตสาหกรรม ประโยชน์ของมะรุมนีหลากหลายประการ เช่น ใช้รักษาโรคขาดสารอาหารในเด็กแรกเกิดจนถึง 10 ปี ช่วยผู้ป่วยโรคเบาหวานให้อยู่ในภาวะควบคุมได้ ใช้ควบคุมความดันโลหิตสูง ช่วยเพิ่มและเสริมสร้างภูมิคุ้มกันให้แก่ร่างกาย ช่วยบรรเทาอาการปวดบวมของโรคเก๊าท์ ช่วยรักษาโรคตาเกือบทุกชนิด รักษาโรคลำไส้อักเสบ โรคที่เกี่ยวข้องกับท้อง โรคพยาธิในลำไส้ รักษาโรคปอด รักษาโรคทางเดินหายใจอักเสบ โรคโพรงจมูกอักเสบ หอบหืดและโรคภูมิแพ้ช่วยรักษาโรคคอหอยพอกชนิดมีพิษ เป็นยาระบายอย่างดี [2]

จากประโยชน์ของมะรุมนีที่มีมากมายดังได้กล่าวข้างต้น ทำให้ในปัจจุบันมะรุมนกลายเป็นสมุนไพรพื้นบ้านที่นิยมนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ ทำให้ราคาของมะรุมนค่อนข้างสูงจากเมื่อก่อนที่เป็นพืชที่ไม่ได้รับความสนใจ กลับเป็นพืชที่ได้รับความนิยมขึ้นมา ด้วยสรรพคุณที่มากมาย จนเรียกกันทั่วไปว่ามะรุมนพืชมหัศจรรย์ ส่วนประกอบของพืชมะรุมนที่นิยมนำมาแปรรูปกันอย่างหนึ่งคือ เมล็ดของมะรุมน เมล็ดมะรุมนสามารถนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ได้หลากหลายชนิดเช่นน้ำมันมะรุมน มะรุมนผงบรรจุแคปซูล ชามะรุมน ผงขัดผิว มะรุมน เนื่องจากได้รับความนิยมในปัจจุบันทำให้มีการซื้อขายเมล็ดมะรุมนกันในราคาที่สูง ราคาขายในปัจจุบันอยู่ที่ขีดละ 120 บาท [3] เมล็ดมะรุมนเป็นที่ต้องการอย่างมากในปัจจุบัน ทำให้เกษตรกรผู้ปลูกมะรุมนมีรายได้เพิ่มขึ้น แต่เมล็ดมะรุมนที่พ่อค้าคนกลางต้องการคือเมล็ดมะรุมนที่กะเทาะเปลือกแล้วซึ่งเกษตรกรยังไม่มีเทคโนโลยีเครื่องจักรที่สามารถกะเทาะเปลือกเมล็ดมะรุมนได้ หากสามารถกะเทาะเปลือกเมล็ดมะรุมนได้จะสามารถเพิ่มมูลค่าได้ เมื่อในปัจจุบันความต้องการในตลาดมากขึ้นแต่แรงงานคนไม่สามารถตอบสนองความต้องการของอุตสาหกรรมได้ อีกทั้งต้นทุนในการผลิตก็สูงขึ้น ประสิทธิภาพในการทำงานต่ำลงและความจำเป็นในแง่สุขอนามัยที่ต้องการใช้เครื่องจักรอุปกรณ์ในการผลิตที่เหมาะสมเพื่อลดการปนเปื้อนจากสิ่งสกปรก และยังต้องการความสะดวกรวดเร็วในการกะเทาะเปลือก รวมทั้งคุณภาพของเมล็ดด้วย ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่ต้องศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการกะเทาะเปลือกเมล็ดมะรุมนเพื่อใช้ในธุรกิจขนาดกลางและธุรกิจขนาดย่อม [3]

## 1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

1.2.1 เพื่อสร้างชุดทดสอบที่ใช้ในการกะเทาะเปลือกเมล็ดมะรุมแบบใช้แรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง

1.2.2 เพื่อศึกษาผลกระทบของผนังเป้ากระทบ 4 แบบ คือ เหล็ก ตะแกรงเหล็กสาน (No.8) ตะแกรงเหล็ก (รู 10 มิลลิเมตร) และสายพานผ้า ที่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์การกะเทาะเมล็ดสมบูรณ์ เปอร์เซ็นต์เมล็ดที่นำกลับมากะเทาะใหม่ และเปอร์เซ็นต์เมล็ดแตก

1.2.3 เพื่อศึกษาผลกระทบของความเร็วรอบในการเหวี่ยง 4 ระดับ คือ 3,600 3,800 4,000 และ 4,200 รอบ ต่อนาที ที่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์การกะเทาะเมล็ดสมบูรณ์ เปอร์เซ็นต์เมล็ดที่นำกลับมากะเทาะใหม่ และเปอร์เซ็นต์เมล็ดแตก

## 1.3 ขอบเขตของการศึกษา

ออกแบบและสร้างชุดทดสอบที่ใช้ในการกะเทาะเปลือกเมล็ดมะรุมแบบใช้แรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง (Centrifugal) ให้มีประสิทธิภาพดีที่สุดโดยปัจจัยที่ศึกษา คือ ชนิดของผนังเป้ากระทบและความเร็วรอบของจานเหวี่ยง

## 1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 ลดค่าใช้จ่ายในการใช้แรงงานคนในการกะเทาะเปลือกเมล็ดมะรุม

1.4.2 เรียนรู้วิธีการทำงานของชุดทดสอบที่ใช้ในการกะเทาะเปลือกเมล็ดมะรุมแบบใช้แรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง (Centrifugal)

1.4.3 สามารถนำชุดทดสอบที่ใช้ในการกะเทาะเมล็ดมะรุมแบบใช้แรงเหวี่ยงนี้ไปใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมได้

## บทที่ 2

### ตรวจเอกสาร

#### 2.1 ลักษณะทั่วไป

มะรุรมมีชื่อทั่วไปคือ Moringa มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ Moringa oleifera Lam. วงศ์ Moringaceae [1] เป็นพืชกำเนิดแถบเอเชีย เช่น อินเดีย ศรีลังกา เป็นต้น เป็นไม้ ยืนต้นขนาดกลาง เจริญเติบโตเร็ว ทนร้อน ปลูกง่ายในเขตร้อน ปลูกได้ทุกภาคในไทย มะรุรมเป็นพืชที่มีประโยชน์หลายอย่าง เมล็ดและเนื้อนำมาประกอบอาหาร ให้คุณค่าทางโภชนาการและทางยา หากนำมาแปรรูปหรือสกัดน้ำมันจะเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับเกษตรกรอย่างยิ่ง



รูปที่ 2.1 ฝักและดอกของมะรุรม



รูปที่ 2.2 เมล็ดมะรุรมแห้ง

#### 2.2 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ [1]

1. ใบ ใบประกอบแบบขนนก ชนิดที่แตกใบย่อย 3 ชั้น ยาว 20 - 40 ซม. ออกเรียงแบบสลับ ใบย่อยยาว 1 - 3 ซม. รูปไข่ ปลายใบและฐานใบมน กว้าง 1-1.5 นิ้ว ผิวใบด้านล่างสีอ่อนกว่าและมีขนเล็กน้อยขณะที่ใบยังอ่อน ใบมีรสหวานมัน
2. ดอก เป็นดอกช่อ สีขาว กลีบเรียง มี 5 กลีบ กลีบดอกมี 5 กลีบแยกกัน
3. ฝัก ฝักเป็นสีเขียวมีส่วนคอด และส่วนมนเป็นระยะตามความยาวของฝัก ฝักแก่ผิวเปลือกเป็นสีน้ำตาล มีความยาว 20-50 เซนติเมตร ลักษณะเหมือนไม้ติกลง
4. เมล็ด เมล็ดมีเยื่อหุ้มกลมเป็นสีน้ำตาล มีขนาดเล็ก เส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 1 เซนติเมตร
5. ลำต้น เป็นพุ่มโปร่งมีเปลือกลำต้นเป็นสีเทาอ่อน ผิวค่อนข้างเรียบ ลำต้นมีความสูง 15-20 เมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.3 พันธุ์และการเพาะปลูก

### 2.3.1 พันธุ์

สายพันธุ์มะรุมทั้งหมดที่ถูกจำแนกไว้ 13 สายพันธุ์ [1] ที่นิยมปลูกคือสายพันธุ์พื้นเมือง และสายพันธุ์ SK1

#### - สายพันธุ์ SK1

มะรุมสายพันธุ์นี้เป็นมะรุมสายพันธุ์ใหม่จากประเทศอินเดียเริ่มนำมาปลูกในไทยโดยโครงการพระราชดำรินในสมเด็จพระนางเจ้าสิริกิติ์ พระบรมราชินีนาถ มีวัตถุประสงค์เพื่อแสวงหาพืชพันธุ์ที่สามารถสร้างรายได้ให้กับเกษตรกร โดยการเพาะปลูกนั้นพบว่ามะรุมสายพันธุ์ SK1 มีการเจริญเติบโตได้ดีกว่าพันธุ์พื้นเมืองซึ่งจุดเด่นของมะรุมสายพันธุ์ SK1 มีดังนี้

ตารางที่ 2.1 แสดงข้อเปรียบเทียบระหว่างสายพันธุ์ SK1 และสายพันธุ์พื้นเมือง

| ข้อเปรียบเทียบ         | พันธุ์ SK1       | พันธุ์พื้นเมือง |
|------------------------|------------------|-----------------|
| ความสูงของต้น          | 2.5-3 เมตร       | 3-6 เมตร        |
| ความยาวของฝัก          | 70-100 เซนติเมตร | 60 เซนติเมตร    |
| ปริมาณฝักต่อ 1 ต้น     | 250-300 ฝัก      | 150-200 ฝัก     |
| ปริมาณเมล็ดต่อ 1 ฝัก   | 30-40 เมล็ด      | 20 เมล็ด        |
| ระยะเวลาที่จะให้ผลผลิต | 10-12 เดือน      | 2-3 ปี          |
| คุณค่าทางอาหาร         | มากกว่า          | น้อยกว่า        |

### 2.3.2 การเพาะปลูก

การขยายพันธุ์มะรุมที่นิยมทำนั้นมี 2 วิธี คือ การปลูกด้วยเมล็ด และการปลูกด้วยกิ่ง

#### - การปลูกด้วยเมล็ด

ใช้เมล็ดพันธุ์จำนวน 1-2 เมล็ด หยอดในหลุมลึกลงไปประมาณ 3 เซนติเมตร ฝังให้ห่างกันประมาณ 1 นิ้วในแต่ละหลุม ระยะห่างแต่ละหลุมประมาณ 2.5 เมตร รดน้ำให้ดินชุ่มอาทิตย์ละ 1 ครั้งเพื่อไม่ให้ผิวดินแห้ง การรดน้ำมากเกินไปจะทำให้รากเน่าตาย เมล็ดจะเริ่มงอกหลังจากหว่านประมาณ 5-7 วัน อัตราการงอกของเมล็ดพันธุ์แท้จะสูงมาก ราว 90-95 เปอร์เซ็นต์

## - การปลูกด้วยกิ่ง

กิ่งมะรุมนั้นควรมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางมากกว่า 1 นิ้ว ความยาวของกิ่งมากกว่า 6 ฟุต ปลูกลงในหลุมที่มีขนาด 3 ฟุต x 3 ฟุต เมตร ความลึก 3 ฟุต นำกิ่งมะรุมนำปลูกลงในหลุม กลบหลุมด้วยดินผสมทรายและปุ๋ยคอก

## 2.4 การแปรรูปมะรุมน

การแปรรูปมะรุมนั้นเป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ นั้น สามารถทำได้หลายชนิด [3] เช่น ชามะรุมน มะรุมนผง มะรุมนแคปซูล น้ำมันมะรุมนและนำไปเป็นส่วนผสมของเครื่องสำอางต่างๆ

### 2.4.1 มะรุมนแคปซูล

ใบมะรุมนที่ผ่านกระบวนการแปรรูปอย่างถูกวิธี จะทำให้คุณค่าทางอาหารของใบมะรุมนสูญเสียน้อยที่สุด ซึ่งมีวิธีการแปรรูปใบมะรุมนเป็นมะรุมนแคปซูลที่เหมาะสมอยู่ 2 วิธี คือแปรรูปด้วยการตากแห้งและใช้ตู้อบ

### 2.4.2 น้ำมันมะรุมน

การสกัดน้ำมันมะรุมนสามารถทำได้หลายวิธี ดังนี้

#### 2.4.2.1 สกัดโดยการเคี้ยว

โดยการนำมะรุมนแก่บดให้ละเอียด และนำไปใส่กระทะ เติมน้ำสองเท่าของเนื้อมะรุมนที่บดแล้วนำไปตั้งไฟให้เดือดแล้วหรีไฟลง หลังจากนั้นก็เกี่ยวไฟอ่อนๆ เกี่ยวจนน้ำมันแยกตัวออกมา ลอยตัวอยู่บนผิวน้ำหรือเกี่ยวจนน้ำระเหยออกหมด ก็จะได้น้ำมันที่ขมออกมาแล้วกรองแยกเอาน้ำมันมะรุมน มาบรรจุขวด การสกัดน้ำมันด้วยวิธีนี้ไม่เป็นที่นิยมมากนักเพราะคุณภาพของน้ำมันที่ได้ไม่ดี เนื่องจากผ่านความร้อนเป็นเวลานาน น้ำมันที่ได้เหม็นหืนเร็ว เมื่อนำมาผสมในเครื่องสำอางพบว่าซึมผ่านผิวหนังได้ยาก

#### 2.4.2.2 สกัดน้ำมันโดยการกลั่นนำเมล็ดมะรุมน

นำฝักแก่มาบดละเอียดแล้วผสมน้ำ ต้มให้เดือด กรองด้วยผ้าขาวบางแล้วตั้งทิ้งไว้ในขวดสูง เพื่อให้ไขมันแยกชั้นจึงตักน้ำมันใส่ขวด คุณภาพของน้ำมันที่ได้มีลักษณะคล้ายกับการสกัดโดยการเคี้ยว

#### 2.4.2.3 สกัดเย็นด้วยเครื่องสกัด

วิธีนี้เป็นการแยกน้ำมันออกจากเมล็ด โดยไม่ใช้ความร้อนและสารเคมี น้ำมันมะรุมนที่สกัดด้วยวิธีนี้ จะมีคุณภาพดี มีสี กลิ่นตามธรรมชาติ มีสารต้านอนุมูลอิสระ มีกรดไขมันไม่อิ่มตัวสูง ซึ่งกรดไขมันชนิดนี้ช่วยลดไขมันไตรกลีเซอไรด์ และลดคอเลสเตอรอลอีกด้วย

## 2.5 ความสำคัญของมะรุมาต่อระบบเศรษฐกิจ

ในปัจจุบันแพทย์แผนไทยเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่ประชาชนนิยม [3] สิ้นค้าประเภทสมุนไพรนั้นไม่ใช่สิ้นค้าฟุ่มเฟือย แต่จัดเป็นสิ้นค้าที่สำคัญต่อการดำรงชีวิต เพราะหากสุขภาพดีก็จะส่งผลให้ชีวิตดี ยอดขายของมะรุมาที่เป็นสิ้นค้าแปรรูปมีปริมาณสูงขึ้น เนื่องจากสรรพคุณของมะรุมาไม่ได้เป็นการรักษาโรคใดโรคหนึ่งแต่เปรียบเสมือนเป็นอาหารเสริมสร้างความแข็งแรงให้กับร่างกาย มีฤทธิ์ในการป้องกันโรคต่าง ๆ ด้วยเหตุนี้จึงทำให้มีผู้สนใจบริโภคมะรุมา และทำให้ปริมาณการซื้อขายเพิ่มสูงขึ้นอีกด้วย

## 2.6 การใช้ประโยชน์ของมะรุมา [1]

ประโยชน์ของมะรุมามีมากมาย มะรุมา มีธาตุอาหารปริมาณสูงเป็นพิเศษที่ช่วยป้องกันโรค นั่นคือวิตามินเอบำรุงสายตา มีมากกว่าแครอท 3 เท่า, วิตามินซีช่วยป้องกันหวัด 7 เท่าของส้ม แคลเซียมบำรุงกระดูกเกิน 3 เท่าของนมสด โพแทสเซียมบำรุงสมองและระบบประสาท 3 เท่าของกล้วย โยอาหารและพลังงานไม่สูงมากเหมาะกับผู้ที่ควบคุมน้ำหนักอีกด้วย น้ำมันสกัดจากเมล็ดมะรุมา มีองค์ประกอบคล้ายน้ำมันมะกอกดีต่อสุขภาพอย่างยิ่ง มีแบ่งการใช้ประโยชน์ของมะรุมาตามส่วนประกอบของต้นดังนี้

### ตารางที่ 2.2 แสดงสรรพคุณทางยาตามส่วนประกอบของต้นมะรุมา

| ส่วนประกอบของต้น | สรรพคุณทางยา                       |
|------------------|------------------------------------|
| เปลือกต้นมะรุมา  | ใช้ขับลมในลำไส้                    |
| กระพี้มะรุมา     | ใช้แก้ไข้สันนิบาต                  |
| ราก              | ใช้แก้บวม บำรุงธาตุไฟ              |
| ฝัก              | ใช้ถอนพิษไข้ ดับพิษร้อน            |
| ใบ               | ใช้พอกรักษาบาดแผล แก้อักเสบ แก้ไข้ |
| ดอก              | ใช้ขับปัสสาวะ บำรุงกำลัง           |
| เมล็ด            | ใช้แก้ปวดตามข้อ                    |

## 2.7 การใช้ประโยชน์จากมะรุมาในด้านอื่น ๆ [1]

### 1. วิธีใช้เมล็ดมะรุมาบำบัดน้ำเสีย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประชาชนในแถบชนบทในหลายประเทศทั่วโลก ได้มีการใช้เมล็ดมะรุมทำความสะอาดน้ำสกปรกหรือน้ำขุ่นไว้ใช้ในการบริโภคและอุปโภคในครัวเรือน จากการศึกษาพบว่ากระบวนการใช้มะรุมทำความสะอาดน้ำนี้ นอกจากทำให้น้ำหายขุ่นแล้ว ก็ยังช่วยทำให้เชื้อแบคทีเรียอันตรายที่อยู่ในน้ำลดจำนวนลงได้ด้วย ในปัจจุบันจึงมีการนำความรู้นี้มาประยุกต์ใช้มะรุมในการบำบัดน้ำหรือกรองน้ำให้สะอาดเพื่อใช้ดื่มในประเทศที่ยากจน เช่น อินเดีย แอฟริกา

2. กระบวนการใช้เมล็ดมะรุมบำบัดน้ำเสียทำดังนี้

ใช้มะรุมจากฝักมะรุมที่แห้งคาต้น นำมาแกะเปลือกหุ้มเมล็ดมะรุมออกให้เหลือเฉพาะเมล็ดมะรุมด้านใน ปริมาณ 50-150 มิลลิกรัม แล้วทำให้ละเอียด ใส่เมล็ดมะรุมบดในภาชนะที่มีน้ำสะอาดพอประมาณ แล้วกรองน้ำเมล็ดมะรุมบดด้วยผ้าขาวบาง นำน้ำเมล็ดมะรุมที่กรองแล้วนี้ มาเทใส่ลงในภาชนะน้ำที่สกปรกที่เราต้องการให้สะอาดปริมาณ 1 ลิตร แล้วคนน้ำสกปรกที่เจือด้วยน้ำเมล็ดมะรุมบดอย่างรวดเร็ว นาน 30-60 วินาที แล้วคนซ้ำๆ ต่อไปอีก 5 นาที จึงใช้ผ้าปิดภาชนะน้ำ ตั้งไว้นาน 1 ชั่วโมง เพื่อให้ตกตะกอน เมื่อครบระยะเวลาจึงเทน้ำที่สะอาดที่อยู่ชั้นบนของภาชนะออกเพื่อนำไปใช้

หมายเหตุ โปรตีนที่อยู่ในเนื้อของฝักเมล็ดมะรุมจะไปจับกับสิ่งสกปรกทำให้ตกตะกอน น้ำจึงใสขึ้น นอกจากนั้นฤทธิ์ในการฆ่าเชื้อโรคได้ถึงกว่า 90%

ปกติน้ำสกปรก 1 ลิตร จะใช้เมล็ดมะรุมบด ระหว่าง 50-150 มิลลิกรัม ซึ่งก็ขึ้นอยู่กับน้ำนั้นขุ่นหรือสกปรกมากน้อยแค่ไหน ซึ่งต้องทำการทดสอบอีกครั้ง นอกจากนี้ยังสามารถใช้กากเมล็ดมะรุมที่เหลือจากการบีบน้ำมันมะรุมแล้วมาใช้ทำน้ำให้สะอาดได้เช่นเดียวกัน

2.8 เครื่องกะเทาะข้าวเปลือก

ผู้วิจัยเห็นว่าสามารถนำหลักการของเครื่องกะเทาะข้าวเปลือกมาประยุกต์ใช้ในการออกแบบเครื่องต้นแบบที่ใช้ในการกะเทาะเมล็ดมะรุม [4] ซึ่งในปัจจุบันสามารถแบ่งหลักการกะเทาะได้ออกเป็น 3 ลักษณะ ได้แก่

1. อาศัยแรงกดและแรงเฉือนทำให้เมล็ดหลุดออกจากเมล็ดข้าวเปลือก
2. อาศัยแรงเหวี่ยงกระทบทำให้เมล็ดหลุด เนื่องจากการกระทบกับผิวสัมผัสที่เป็นพื้นยาง
3. อาศัยแรงเสียดทานที่เกิดขึ้นที่ผิวสัมผัส ทำให้เมล็ดหลุดจากข้าวเปลือก

2.8.1 เครื่องกระทบแบบลูกยาง (Rubber roll huller)

สำหรับเมล็ดธัญพืชซึ่งเปลือกไม่ได้ยึดติดกับส่วนที่เป็นเมล็ด การทำให้เปลือกแยกออกจากเมล็ด โดยใช้แรงเฉือน หรือแรงกดก็เพียงพอ โดยทั่วไปนิยมใช้พื้นผิวสัมผัสที่เป็นยางในการกะเทาะ

- หลักการทำงาน

สำหรับเครื่องกะเทาะแบบลูกยางประกอบด้วยลูกยางกะเทาะ 2 ลูก ซึ่งมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากัน หมุนในทิศทางที่ตรงข้ามกันและออกแบบให้ความเร็วในการหมุนแตกต่างกัน ลูกยางกะเทาะซึ่งมีความเร็วรอบสูงกว่าจะยึดติดกับลูกปิ่นที่อยู่กับที่ ในขณะที่ลูกยางอีกลูกหนึ่งที่หมุนด้วยความเร็วรอบที่ต่ำกว่าถูกยึดติดกับลูกปิ่นที่สามารถเลื่อนเข้า – ออกได้ ดังนั้นระยะห่างระหว่างลูกยางทั้งสองจึงสามารถปรับตั้งได้ มีข้อดี คือ ง่ายต่อการบำรุงรักษา เพราะเครื่องมือขนาดเล็ก ให้อัตราการกะเทาะสูง และมีประสิทธิภาพในการกะเทาะสูงเมล็ดเสียหายน้อย และมีข้อเสีย คือ ลูกยางมีอัตราการสึกหรอสูง โดยเฉพาะเมื่อทำงานในฤดูร้อน อีกทั้งราคาของลูกยางสูง ประสิทธิภาพในการกะเทาะของเครื่องชนิดนี้จะขึ้นอยู่กับอัตราส่วนของความเร็วรอบของลูกยางทั้งสอง ระยะห่างระหว่างลูกยาง ความแข็งของผิวสัมผัสหน้ายาง รวมทั้งความชื้นของเมล็ดข้าวเปลือก

### 2.8.2 เครื่องกะเทาะแบบโม้หินแนวนอน (Disc huller or Under – Runner disc huller)

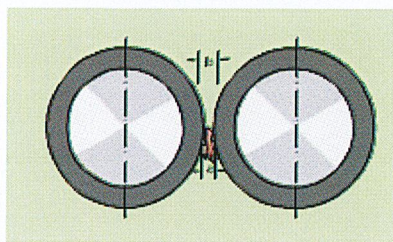
- หลักการทำงาน

เครื่องกะเทาะชนิดนี้ใช้สำหรับการกะเทาะข้าวเปลือก ข้าว โอดและยังสามารถใช้กับข้าวฟ่างได้ด้วย ในระบบการทำงานนี้ ข้าวเปลือกไหลผ่านระหว่างแผ่นจานทั้งสองซึ่งระยะห่างระหว่างจานทั้งสองสามารถปรับตั้งได้ ที่ผิวของจานบนถูกเคลือบด้วยวัสดุที่มีลักษณะหยาบ เช่น หินกากเพชร จานที่อยู่ด้านบนถูกยึดอยู่กับที่ ในขณะที่จานที่อยู่ด้านล่างขนานกับจานบนและสามารถหมุนได้โดยอาศัยการถ่ายทอดกำลังจากเพลลาที่หมุน ข้าวเปลือกถูกป้อนเข้าที่ตรงกลางของจานด้านบนที่เป็นช่องป้อนเมล็ดที่ร่วงผ่านสู่จานล่างจะถูกตั้งขึ้นด้วยแรงหมุนและเคลื่อนออกจากจุดศูนย์กลางด้วยแรงเหวี่ยงผ่านส่วนของหินขัด ส่วนยอดของเมล็ดถูกสัมผัสกับจานด้านบนทำให้เมล็ดเปลือกหลุดจากเมล็ดข้าวได้ ถ้าระยะห่างระหว่างจานบนและจานล่าง มากเกินกว่าความยาวของเมล็ด ทำให้เมล็ดข้าวเปลือกเคลื่อนที่ได้อย่างอิสระ ไม่ก่อให้เกิดการกะเทาะ

### 2.8.3 เครื่องกะเทาะแบบแรงเหวี่ยงกระทบ (Impact huller or Centrifugal husker)

เครื่องกะเทาะเปลือกแบบอาศัยแรงเหวี่ยงกระทบ ทำให้เปลือกหลุดออกจากเมล็ดได้ประกอบด้วย ถังป้อน (Hopper) จานหมุน (Acceleration disc) เป้ากระทบ (Impact plate) และฝาครอบ (Housing) ข้าวเปลือกถูกป้อนเข้าที่ตำแหน่งตรงกลางของจานหมุน ทำให้ข้าวเปลือกหมุนไปตามทิศทางการหมุนของจาน และไปกระทบกับเป้ากระทบที่ทำจากยาง ทำให้เปลือกหลุดออกจากเมล็ดข้าวได้ มุมการกระทบของข้าวเปลือก อยู่ระหว่าง 30-45 องศา กับแนวระดับของจานหมุน ข้าวที่กะเทาะเปลือกออกแล้วจะเคลื่อนที่โดยความเร็วของลมที่เกิดจากจานหมุน

จากการศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติม พบว่า มีการนำหลักการเหวี่ยงกระทบมาทำการทดลองและวิจัยเพื่อหาเปอร์เซ็นต์การกะเทาะเมล็ดทานตะวันและเมล็ดสบู่ดำ [5][6][7]

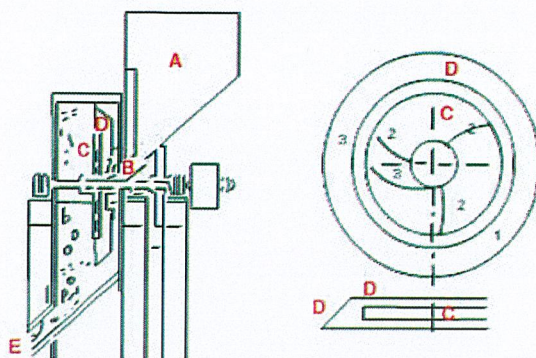


รูปที่ 2.3 การทำงานของลูกยาง



รูปที่ 2.4 เครื่องกะเทาะแบบโม้หินแนวนอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.5 เครื่องกะเทาะแบบแรงเหวี่ยงกะเทบ

- |                   |                           |
|-------------------|---------------------------|
| (A) ถังป้อน       | 1.ทางเข้าเม็ล็ด           |
| (B) ทางเข้าเม็ล็ด | 2.ใบพัดจานเหวี่ยง         |
| (C) ผนังเป้ากะเทบ | 3.ช่องที่ให้เม็ล็ดไหลผ่าน |
| (E) ทางออก        |                           |

## 2.9 การตัดสินใจเลือกชนิดเครื่องกะเทาะเปลือกข้วมาประยุกต์ใช้กะเทาะเปลือกเม็ล็ดมะรุมและ สมมติฐานการกะเทาะเปลือกเม็ล็ดมะรุม

2.9.1 การตัดสินใจในการเลือกหลักการการกะเทาะแบบใช้แรงเหวี่ยงเพื่อนำมากะเทาะเปลือกมะรุม ด้วยเหตุผลประกอบ ดังนี้

1. มีกลไกการทำงานที่ง่ายไม่ซับซ้อน
2. ใช้แหล่งต้นกำลังไม่มากในการขับเคลื่อนชุดทดสอบการกะเทาะเปลือกเม็ล็ดมะรุม
3. ชิ้นส่วนต่าง ๆ ของชุดทดสอบสามารถถอดออกมาทำความสะอาดได้ง่าย
4. เสียค่าใช้จ่ายน้อยในการสร้างชุดทดสอบ

2.9.2 สมมติฐาน

1. ชุดทดสอบที่ใช้หลักการเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง สามารถกะเทาะเปลือกเม็ล็ดมะรุมได้มีเปอร์เซ็นต์การกะเทาะเม็ล็ดสมบูรณ์มากกว่า 50 เปอร์เซ็นต์
2. ชนิดผนังเป้ากะเทบและความเร็วรอบจานเหวี่ยงคาดว่าจะมีผลต่อการกะเทาะเม็ล็ด
3. ชุดทดสอบที่ใช้กะเทาะเม็ล็ดมะรุมที่สร้างขึ้นสามารถนำไปใช้ใน โรงงานอุตสาหกรรมขนาดกลางและขนาดย่อม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 3

### การวางแผนและการออกแบบ

#### 3.1 การวางแผนการทดสอบ

##### 3.1.1 การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของเมล็ดมะรุมที่ใช้ในการทดสอบ

วัตถุประสงค์เพื่อศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของเมล็ดมะรุมเพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการสร้างชุดทดสอบที่ใช้ในการกะเทาะเปลือกเมล็ดมะรุมแบบใช้แรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง โดยวัดขนาดของเมล็ดมะรุมที่ใช้ในการทดสอบ ได้แก่ ความกว้าง ความยาว และความหนาของเมล็ดมะรุมทั้งเปลือก และเมล็ดในกะเทาะเปลือก จำนวน 100 เมล็ด และทำการหาค่าความชื้นของเมล็ดมะรุม โดยได้ค่าความชื้น เท่ากับ 7.15 เปอร์เซ็นต์

##### 3.1.2 การกำหนดเกณฑ์ และรายละเอียดในการออกแบบ

- เกณฑ์ในการออกแบบ

1. ใช้หลักการกะเทาะเปลือกเมล็ดมะรุมแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง
2. สามารถป้อนเมล็ดให้ไหลเข้าสู่ชุดกะเทาะได้สะดวก และเป็นอิสระ
3. สามารถถอดชิ้นส่วนหลัก ๆ ได้ง่าย เพื่อใช้ในการทดสอบผลของปัจจัยที่เกี่ยวข้อง
4. ระบบส่งกำลังที่สามารถปรับเปลี่ยนความเร็วรอบได้หลายระดับ
5. ช่องทางออกของเมล็ดที่ผ่านการกะเทาะ สามารถไหลได้ต่อเนื่อง ไม่เกิดการติดค้างของเมล็ดในเครื่อง

#### 3.2 การออกแบบสร้างชุดทดสอบที่ใช้ในการกะเทาะเปลือกเมล็ดมะรุมแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง

3.2.1 ส่วนประกอบของชุดทดสอบที่ใช้ในการกะเทาะเปลือกเมล็ดมะรุมแบบใช้แรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง มีดังนี้

1. ถังป้อน เลือกใช้ถังป้อนที่ทำจากอะลูมิเนียมเพราะหาซื้อได้ง่ายมีความคงทนและมีอายุการใช้งานนาน และเมล็ดสามารถไหลเข้าสู่ชุดกะเทาะได้อย่างต่อเนื่อง ถังป้อนต้องมีความกว้างมากพอที่เมล็ดได้มากพอ จึงเลือกใช้กรวยอะลูมิเนียมที่มีกรวยมีมุมลาดเอียงประมาณ 45 องศา และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางช่องปล่อยเมล็ด 4 x 4 เซนติเมตร

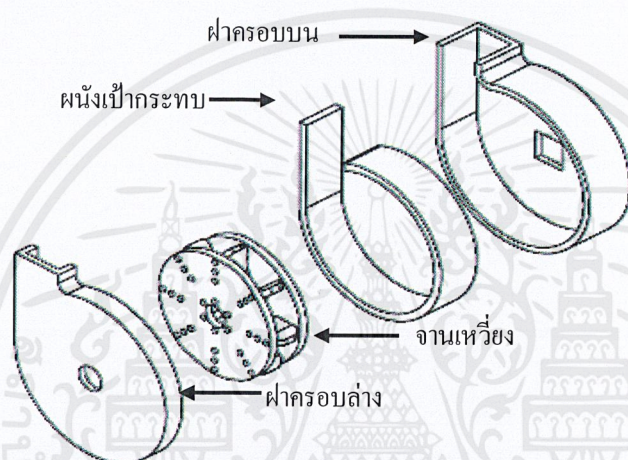
2. ชุดทดสอบที่ใช้ในการกะเทาะเปลือกเมล็ดมะรุม ประกอบด้วยชุดจานเหวี่ยง และแผ่นเป่ากระทบเมล็ด ซึ่งมีรายละเอียด ดังนี้

(1) จานเหวี่ยงเมล็ดมีลักษณะเป็นจานกลมมีใบพัด 8 ซี่ ลักษณะใบพัดโค้งงอเพื่อเพิ่มแรงกระแทกให้กับเมล็ดมะรุมขณะเหวี่ยง ดังแสดงในรูปที่ 3.1

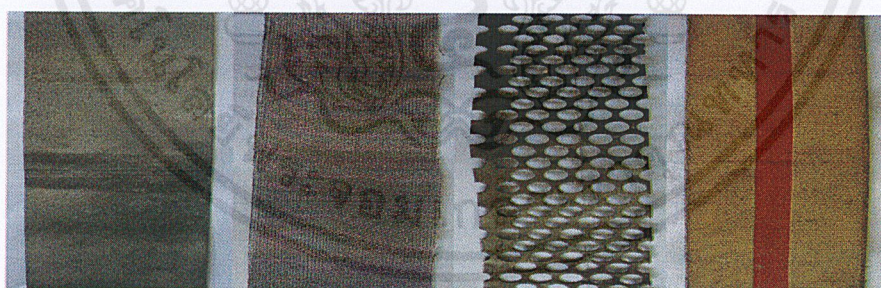
(2) แผ่นเป่ากระทบเมล็ด มี 4 ชนิด คือ เหล็ก ตะแกรงเหล็กสาน (No.8) ตะแกรงเหล็ก (รู 10 มิลลิเมตร) และสายพานผ้า โดยความหนาของผนังทั้ง 4 ชนิดมีดังนี้ 0.3, 0.1, 0.1 และ 0.5 เซนติเมตร ตามลำดับ ความกว้าง 10 เซนติเมตร ความยาว 31.5 เซนติเมตรและถูกตัดโค้งเป็นวงกลม ผนังเป่ากระทบทั้ง 4 ชนิด แสดงในรูปที่ 3.2

3.ไซโคลน มีลักษณะเป็นกรวย เพื่อให้แยกเมล็ดมะรุมที่ผ่านกะเทาะแล้วและลมออกจากกัน

4.ชุดระบบส่งกำลัง มีชุดทดรอบให้มีความเร็วที่เหมาะสมเพื่อขับอุปกรณ์ของเครื่องโดยผ่านพูลเลย์ และสายพาน ได้รับการถ่ายทอดกำลังจากมอเตอร์



รูปที่ 3.1 ส่วนประกอบของจานเหวี่ยงกะเทาะเมล็ดมะรุม



(ก)

(ข)

(ค)

(ง)

รูปที่ 3.2 ผนังเป่ากระทบแต่ละชนิด

(ก) เหล็ก

(ข) ตะแกรงเหล็กสาน

(ค) ตะแกรงเหล็ก (รู 10 mm.)

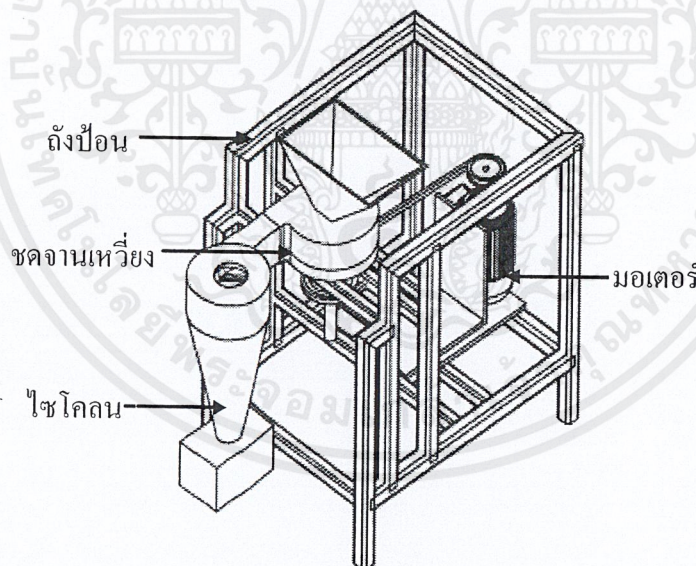
(ง) สายพานผ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.3 หลักการทำงานของชุดทดสอบที่ใช้ในการกะเทาะเปลือกเมล็ดมะรุมแบบใช้แรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง

หลักการทำงานของชุดทดสอบที่ใช้ในการกะเทาะเปลือกเมล็ดมะรุมแบบใช้แรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง คือ นำเมล็ดมะรุมที่ผ่านกระบวนการเตรียมเมล็ดโดยการทำความสะอาดแล้ว จะถูกป้อนเข้าที่ถังป้อน และจะไหลผ่านถึงถังป้อนลงสู่จานเหวี่ยงกะเทาะไหลเข้าสู่ศูนย์กลางจานเหวี่ยง เมล็ดถูกเหวี่ยงออกด้านข้างด้วยแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง ไปกระทบผนังเป้ากระทบเมล็ดทำให้เมล็ดเกิดการกะเทาะโดยเมล็ดและเปลือกถูกลำเลียงออกตรงช่องปล่อยเมล็ด จากนั้นเมล็ดมะรุมจะไหลเข้าไซโคลน เพื่อทำการแยกเมล็ดที่ผ่านการกะเทาะเปลือกและลมออกจากกัน โดยเมล็ดที่ผ่านการกะเทาะและเปลือกจะไหลลงสู่ถังเก็บ จากนั้นนำมาคัดแยกนับจำนวนเมล็ดแต่ละประเภทตามลักษณะของเมล็ดที่ได้เพื่อคำนวณหาค่าชี้ผลต่าง ๆ เพื่อดูผลของปัจจัยที่ใช้ในการทดสอบต่อไป

### 3.4 ชุดทดสอบที่ใช้ในการกะเทาะเปลือกเมล็ดมะรุมแบบใช้แรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง

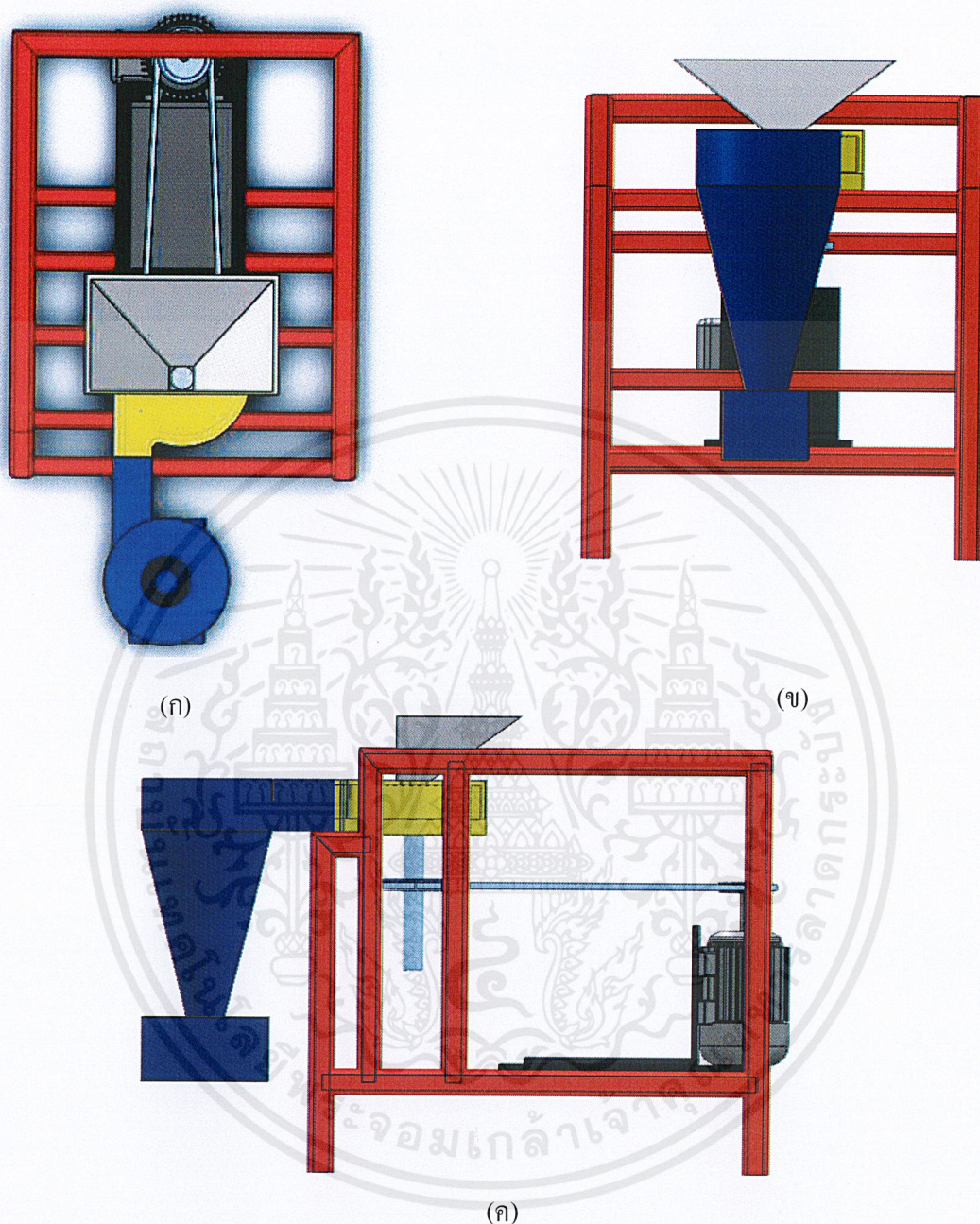


รูปที่ 3.3 ชุดทดสอบที่ใช้ในการกะเทาะเปลือกเมล็ดมะรุมแบบใช้แรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง 1



รูปที่ 3.4 ชุดทดสอบที่ใช้ในการกะเทาะเปลือกเมล็ดมะรุมแบบใช้แรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.5 เครื่องกะเทาะเมล็ดมะรุมต้นแบบ แบบใช้แรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง (Centrifugal)

โดยใช้โปรแกรม Solid work

(ก) ภาพด้านบน

(ข) ภาพด้านข้าง

(ค) ภาพด้านหน้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 4

### วัสดุอุปกรณ์และวิธีการทดลอง

การศึกษานี้เป็นการออกแบบและสร้างชุดทดสอบที่ใช้ในการกะเทาะเปลือกเมล็ดมะรุม แบบใช้แรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง เพื่อศึกษาถึงปัจจัยต่างๆที่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์การกะเทาะของเมล็ดมะรุม ปัจจัยที่ศึกษา ได้แก่ ชนิดของผนังเปลือกกระทบและความเร็วรอบที่ใช้ในการกะเทาะ ทั้งนี้เพื่อหาค่าต่างๆ ที่เหมาะสมในการทำให้ชุดทดสอบที่ใช้ในการกะเทาะเปลือกเมล็ดมะรุมแบบใช้แรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง เวนอนทำงาน ได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยมีรายละเอียดดังนี้

#### 4.1 การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อสมรรถนะของชุดทดสอบในการกะเทาะเปลือกเมล็ดมะรุมแบบใช้แรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง (Centrifugal)

ตัวแปรที่ศึกษาได้กำหนดไว้ดังนี้

##### 1. การศึกษาชนิดของผนังเปลือกกระทบ ที่มีผลต่อสมรรถนะของชุดทดสอบในการกะเทาะเปลือกเมล็ดมะรุม

ผนังเปลือกกระทบเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อการกะเทาะของเมล็ดมะรุม เนื่องจากแรงที่เมล็ดกับผนังนั้นมีค่าแตกต่างกัน เป็นผลมาจากค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานต่างกัน ดังนั้นผนังเปลือกกระทบจึงมีผลต่อการกะเทาะของเมล็ด โดยการทดลองเลือกผนังเปลือกกระทบ 4 ชนิด คือ เหล็ก ตะแกรงเหล็กสาน(No.8) ตะแกรงเหล็ก (รู 10 มิลลิเมตร) และสายพานผ้า เปรียบเทียบการใช้งานที่ดีที่สุด

##### 2. การศึกษาระดับความเร็วรอบ ที่มีผลต่อสมรรถนะของชุดทดสอบในการกะเทาะเปลือกเมล็ดมะรุม

เปอร์เซ็นต์การกะเทาะเปลือกเมล็ดมะรุมนั้นมากหรือน้อย ปัจจัยหนึ่งที่สำคัญคือ ความเร็วรอบของแกนหมุน เมื่อความเร็วรอบเพิ่มขึ้นทำให้มีความเสียดทานระหว่างเมล็ดมะรุมกับผนังเปลือกกระทบเกิดการขัดสีขึ้น เป็นผลทำให้เปอร์เซ็นต์การกะเทาะของเมล็ดมะรุมมากขึ้น แต่ก็สามารถทำให้เมล็ดแตกหักได้ ดังนั้นจึงต้องมีการศึกษาระดับความเร็วรอบของแกนโลหะที่ระดับต่าง ๆ เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมที่สุด ที่จะทำให้เปอร์เซ็นต์การกะเทาะเปลือกเมล็ดมะรุมมีค่ามากที่สุด โดยทดสอบความเร็วรอบของชุดกะเทาะเปลือกเมล็ดมะรุม 4 ระดับ คือ 3,600 3,800 4,000 และ 4,200 รอบต่อนาที

#### 4.2 วัสดุและอุปกรณ์

วัตถุดิบ – เมล็ดมะรุม

เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

1. ชุดทดสอบที่ใช้ในการกะเทาะเปลือกเมล็ดมะรุม
2. ผนังเป้ากระทบ 4 ชนิด คือ เหล็ก ตะแกรงเหล็กสาน (No.8) ตะแกรงเหล็ก (รู 10 มิลลิเมตร) และ สายพานผ้า
3. เครื่องปรับความถี่กระแสไฟ (Inverter) เพื่อปรับความเร็วรอบ
4. เครื่องวัดความเร็วรอบ
5. ถังพลาสติกสำหรับเก็บตัวอย่าง

#### 4.3 การวางแผนการทดลอง

การศึกษาเปอร์เซ็นต์เมล็ดมะรุมกะเทาะเปลือกสมบูรณ์ เปอร์เซ็นต์เมล็ดที่นำกลับมากะเทาะใหม่ และ เปอร์เซ็นต์เมล็ดแตก โดยวางแผนการทดลองแบบ Factorial in completely randomized design ขนาด 4 x 4 มีกรรมวิธีการทดลอง 3 ซ้ำ ซึ่งปัจจัยทั้ง 2 มีดังนี้

ปัจจัยที่ 1 ผนังเป้ากระทบ 4 ชนิด คือ ได้แก่ เหล็ก ตะแกรงเหล็กสาน (No.8) ตะแกรงเหล็ก (รู 10 มิลลิเมตร) และสายพานผ้า

ปัจจัยที่ 2 ความเร็วรอบของชุดกะเทาะเปลือก 4 ระดับ คือ 3,600 3,800 4,000 และ 4,200 รอบต่อนาที

นำข้อมูลที่ได้จากการทดลองมาวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และเปรียบเทียบผลค่าความแตกต่างของกรรมวิธี โดยใช้วิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT)

#### 4.4 วิธีการทดลอง

ขั้นตอนการทดลองดังนี้

1. เตรียมตัวอย่างเมล็ดมะรุมใส่ถังพลาสติก โดยในแต่ละถังใส่เมล็ดมะรุมในปริมาณตามแผนการทดลองที่กำหนดไว้ และติดฉลากตัวเลขทุกถัง จาก 1 ถึง 48 ตามแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์
2. ใช้ตารางเชิงสุ่มในการสุ่มตัวอย่างที่จะใช้กับการทดลองตามตารางที่ 4.1
3. นำเมล็ดมะรุมที่สุ่มป้อนเข้าสู่ชุดทดสอบที่ใช้ในการกะเทาะเปลือกเมล็ดมะรุม
4. ใช้ผนังเป้ากระทบชนิดเหล็กที่ความเร็วรอบ 3,600 รอบต่อนาที เป็นชุดทดสอบ
5. นำตัวอย่างเมล็ดมะรุมที่ได้จากการสุ่มมาทำความสะอาด และคัดแยกออกเป็น 3 ส่วน คือ เมล็ดมะรุมที่กะเทาะเปลือกสมบูรณ์ เมล็ดที่นำกลับมากะเทาะใหม่และเมล็ดแตก
6. นำเมล็ดที่ได้จากข้อที่ 5 มานับและคำนวณหาค่าเปอร์เซ็นต์เมล็ดกะเทาะเปลือกสมบูรณ์ เปอร์เซ็นต์เมล็ดที่นำกลับมากะเทาะใหม่ และเปอร์เซ็นต์เมล็ดแตก

119488

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. เปลี่ยนความเร็วรอบใหม่เป็น 3,800 4,000 และ 4,200 รอบต่อนาที ตามลำดับ แล้วทำการทดลองซ้ำตามข้อ 4-6
8. เปลี่ยนผนังเป่ากระทบใหม่เป็นตะแกรงเหล็กสาน (No.8) ตะแกรงเหล็ก (รู 10 มิลลิเมตร) และสายพานฟ้า ตามลำดับ แล้วทำการทดลองซ้ำตามข้อ 4-7
9. ทำการทดลองซ้ำอีก 2 ชุดการทดลองตามข้อ 4-8 โดยเปอร์เซ็นต์เมล็ดชนิดต่าง ๆ หาได้ดังนี้

$$\text{เปอร์เซ็นต์กะเทาะสมบูรณ์} = \frac{\text{เมล็ดกะเทาะสมบูรณ์}}{\text{เมล็ดทั้งหมดที่ป้อน}} \times 100$$

$$\text{เปอร์เซ็นต์เมล็ดที่นำกลับมากะเทาะใหม่} = \frac{\text{เมล็ดที่นำกลับมากะเทาะใหม่}}{\text{เมล็ดทั้งหมดที่ป้อน}} \times 100$$

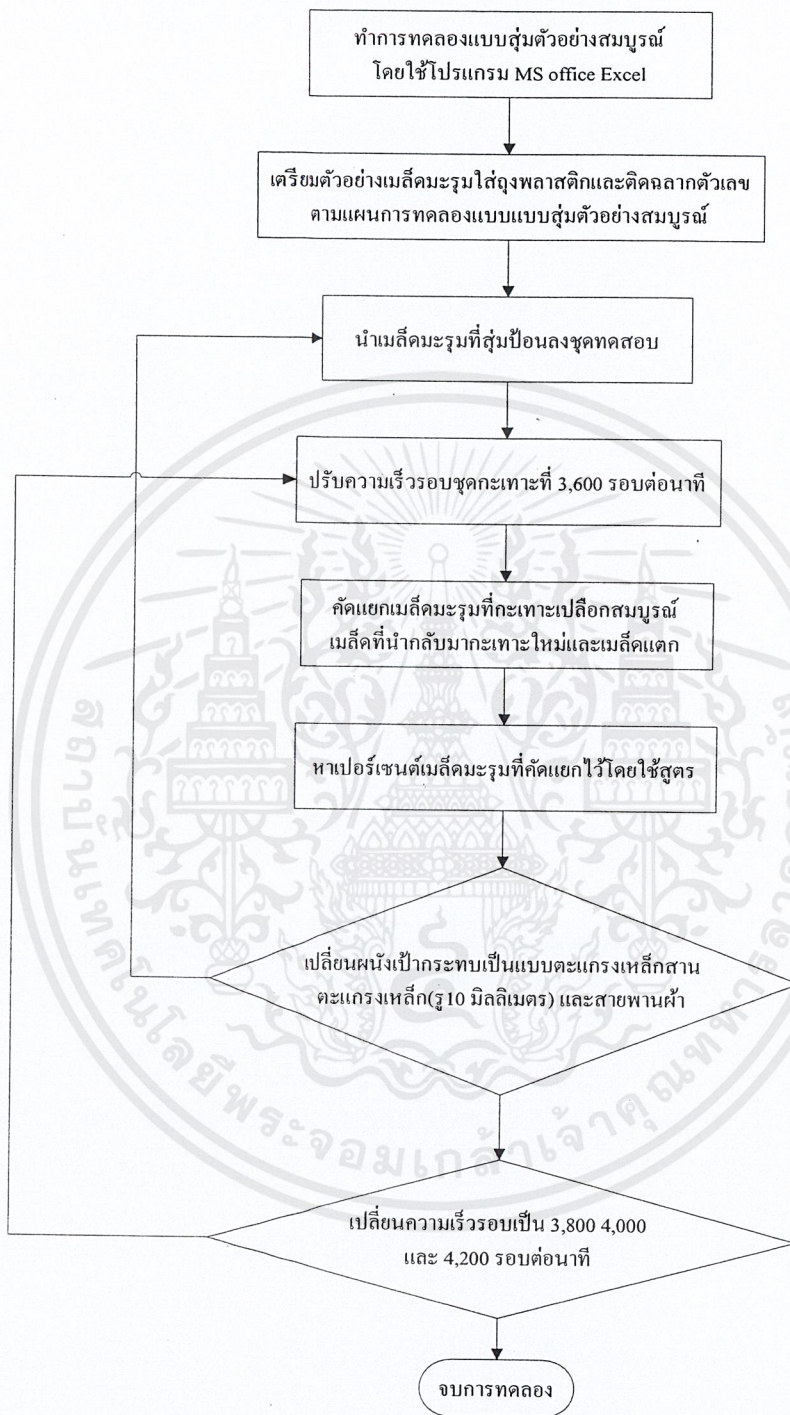
$$\text{เปอร์เซ็นต์เมล็ดแตก} = 100 - \text{เปอร์เซ็นต์กะเทาะสมบูรณ์} - \text{เปอร์เซ็นต์เมล็ดที่นำกลับมากะเทาะใหม่}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 การสุ่มตัวอย่างสมบูรณ์ของปัจจัยที่ทำการทดลอง

| ผนังเป่ากระทบ                    | ความเร็วรอบ<br>(รอบต่อนาที) | ตัวเลขสุ่มตัวอย่างทดลอง |               |               |
|----------------------------------|-----------------------------|-------------------------|---------------|---------------|
|                                  |                             | การทดลองที่ 1           | การทดลองที่ 2 | การทดลองที่ 3 |
| เหล็ก                            | 3,600                       | 23                      | 37            | 41            |
|                                  | 3,800                       | 46                      | 22            | 5             |
|                                  | 4,000                       | 30                      | 8             | 27            |
|                                  | 4,200                       | 3                       | 40            | 4             |
| ตะแกรงเหล็กสาน<br>(No.8)         | 3,600                       | 1                       | 21            | 12            |
|                                  | 3,800                       | 43                      | 33            | 18            |
|                                  | 4,000                       | 15                      | 29            | 6             |
|                                  | 4,200                       | 9                       | 36            | 42            |
| ตะแกรงเหล็ก<br>(รู 10 มิลลิเมตร) | 3,600                       | 34                      | 39            | 13            |
|                                  | 3,800                       | 31                      | 25            | 38            |
|                                  | 4,000                       | 26                      | 16            | 2             |
|                                  | 4,200                       | 10                      | 48            | 32            |
| สายพานผ้า                        | 3,600                       | 44                      | 35            | 14            |
|                                  | 3,800                       | 45                      | 17            | 24            |
|                                  | 4,000                       | 20                      | 28            | 11            |
|                                  | 4,200                       | 7                       | 47            | 19            |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.1 แผนภาพการทดลอง

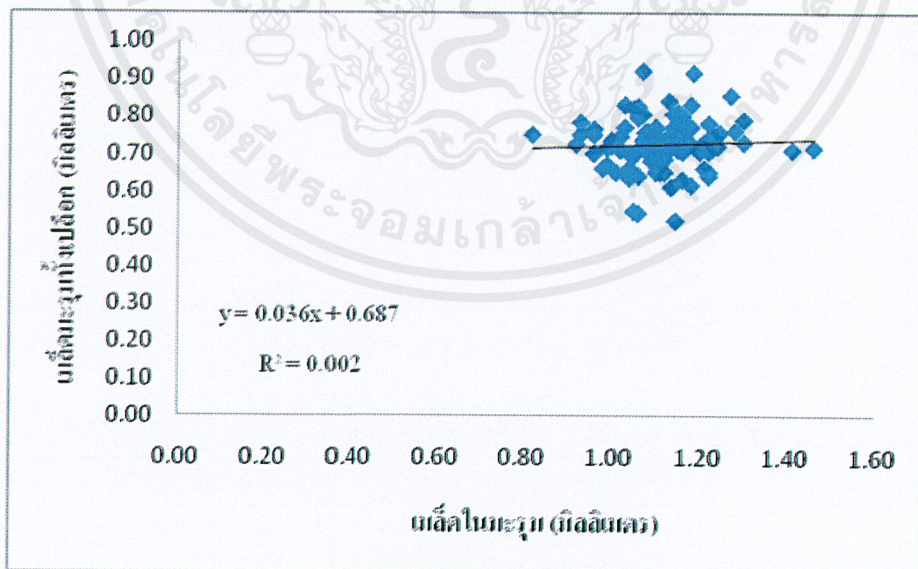
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 5

### ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง

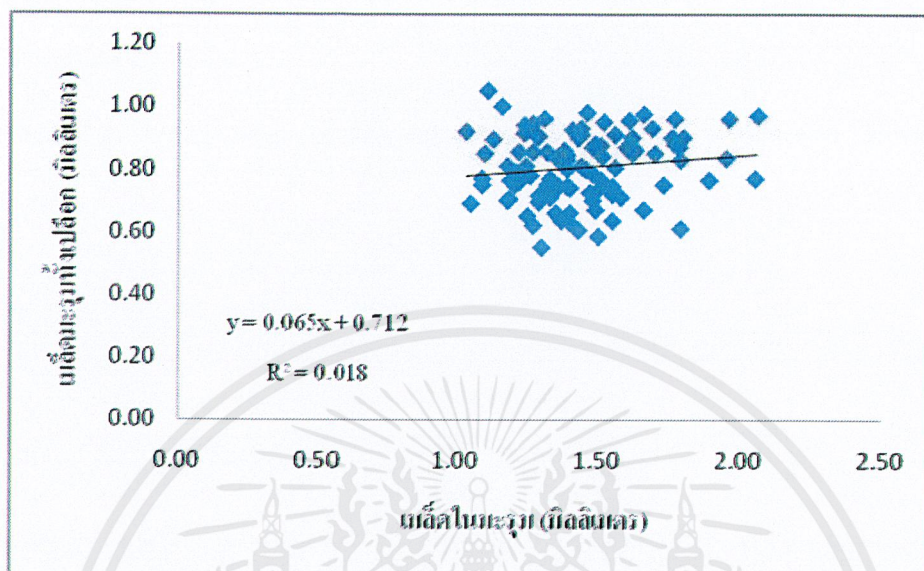
#### 5.1 ผลการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของเมล็ดมะรุมที่ใช้ในการทดสอบ

เนื่องจากคุณสมบัติทางกายภาพของเมล็ดมะรุมมีความสำคัญในการออกแบบส่วนประกอบหลักของชุดกะเทาะ ในการศึกษาครั้งนี้จึงได้วัดขนาดความกว้าง ความยาว และความหนาของเมล็ดมะรุมทั้งเปลือก และเมล็ดในมะรุม มีรายละเอียดผลการศึกษาดังนี้ ผลการศึกษาขนาดความกว้าง ความยาว และความหนาของเมล็ดมะรุมพันธุ์พื้นเมือง ที่ได้จากการสุ่มตัวอย่าง จำนวน 100 เมล็ด ที่ความชื้นเมล็ดทานตะวัน 7.15 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานเปียก แสดงในภาคผนวก ก. และ ตารางที่ ก.1 พบว่าเมล็ดมะรุมทั้งเปลือกมีความกว้าง ความยาว และความหนาเฉลี่ย อยู่ระหว่าง 0.82 ถึง 1.46 เซนติเมตร 1.04 ถึง 2.06 เซนติเมตร และ 0.9 ถึง 1.4 เซนติเมตร ตามลำดับ และเมล็ดในมะรุมมีความกว้าง ความยาว และความหนาเฉลี่ย อยู่ระหว่าง 1.52 ถึง 0.92 เซนติเมตร 0.55 ถึง 1.05 เซนติเมตร และ 0.61 ถึง 0.88 เซนติเมตร ตามลำดับ โดยความสัมพันธ์ระหว่างความกว้าง ความยาว และความหนา ของเมล็ดมะรุมทั้งเปลือก และเมล็ดในมะรุมซึ่งพบว่าความยาวและความหนามีค่าสหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่ใกล้เคียงกัน โดยความกว้างของเมล็ดจะมีค่าสหสัมพันธ์ที่มากกว่าความยาว และความหนา ดังแสดงในรูปที่ 5.1, 5.2 และ 5.3 ตามลำดับ

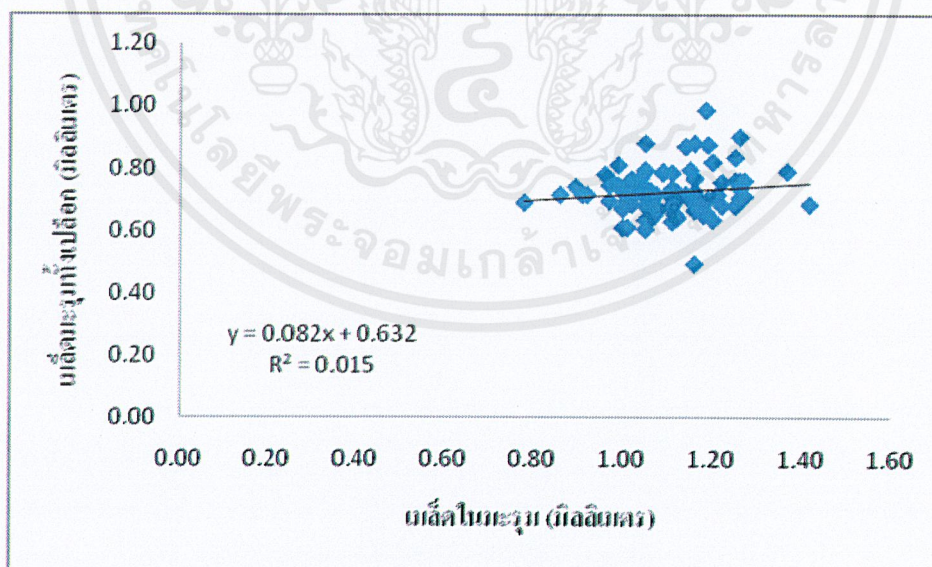


รูปที่ 5.1 ความกว้างของเมล็ดมะรุมทั้งเปลือกและเมล็ดในมะรุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.2 ความยาวของเม็ล็ดมะรุุมทั้งปลือกและเม็ล็ดในมะรุุม



รูปที่ 5.3 ความหนาของเม็ล็ดมะรุุมทั้งปลือกและเม็ล็ดในมะรุุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

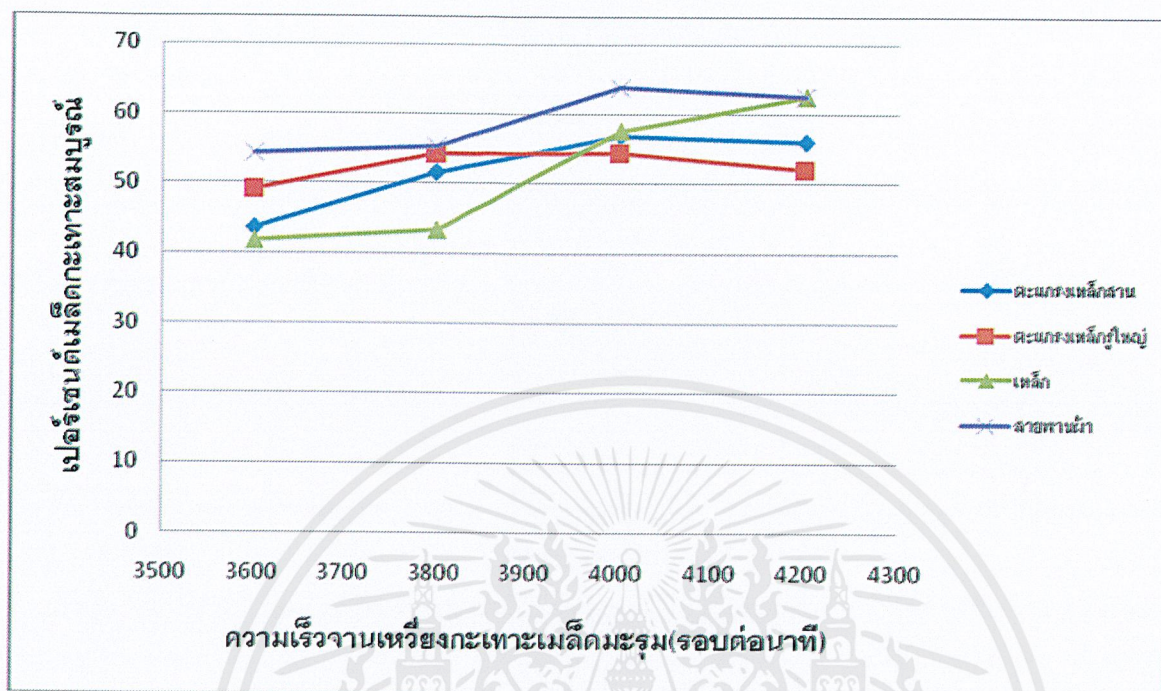
## 5.2 การศึกษาลักษณะผนังเป่ากระทบเมล็ดมะรุม และความเร็วงานหว่านกะเทาะเมล็ดมะรุมพันธุ์พื้นเมือง

จากการวิเคราะห์ความแปรปรวน ANOVA พบว่า ปัจจัยรวมทั้ง 2 คือ ผนังเป่ากระทบและความเร็วรอบต่างก็มีผลต่อค่าที่ผลต่าง ๆ ได้แก่ เปอร์เซ็นต์เมล็ดกะเทาะสมบูรณ์ เปอร์เซ็นต์เมล็ดที่นำกลับมากะเทาะใหม่และ เปอร์เซ็นต์เมล็ดแตก โดยอาศัยการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) โดยใช้โปรแกรม SPSS ในการวิเคราะห์ผลซึ่งข้อมูลผลการศึกษาและผลการวิเคราะห์ทางสถิติแสดงในภาคผนวก ข.2

ตารางที่ 5.1 ผลการเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์เมล็ดกะเทาะสมบูรณ์เฉลี่ยของผนังเป่ากระทบ ในแต่ละความเร็วงานหว่าน

| ผนังเป่ากระทบ            | ความเร็วงานหว่าน(รอบต่อนาที) |            |            |             |
|--------------------------|------------------------------|------------|------------|-------------|
|                          | 3,600                        | 3,800      | 4,000      | 4,200       |
| เหล็ก                    | 41.8±1.7cB                   | 43.3±3.3bB | 57.6±2.1bA | 62.4±3.4aA  |
| ตะแกรงเหล็กสาน<br>(No.8) | 43.6±1.4cC                   | 51.6±1.7aB | 56.9±0.8bA | 56.0±0.7bA  |
| ตะแกรงเหล็ก<br>(10 mm.)  | 49.1±1.5bB                   | 54.2±2.1aA | 54.4±2.5bA | 52.0±1.8cAB |
| สายพานผ้า                | 54.2±0.8aB                   | 55.3±2.0aB | 63.8±1.0aA | 62.4±1.4aA  |

หมายเหตุ: อักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กที่เหมือนกันในแต่ละคอลัมน์ คือ ไม่แตกต่างกันทางสถิติ  
อักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่ที่เหมือนกันในแต่ละแถว คือ ไม่แตกต่างกันทางสถิติ  
ทั้งนี้โดยใช้ DMRT ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01



รูปที่ 5.4 ผลของความเร็วรอบและชนิดของผนังเป่ากระทบที่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์เมตริกมะรุมกะเทาะเปลือกสมบูรณ

เมื่อพิจารณาเปอร์เซ็นต์เมตริกกะเทาะเปลือกสมบูรณพบว่าความเร็วงานเหวี่ยงและผนังเป่ากระทบเมตริกมะรุมมีผลต่อเปอร์เซ็นต์เมตริกที่กะเทาะเปลือกสมบูรณแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยที่ความเร็วงานเหวี่ยง 3,600 และ 3,800 รอบต่อนาที ให้เปอร์เซ็นต์การกะเทาะเพิ่มขึ้น ดูจากรูปที่ 5.4 ความเร็วรอบของงานเหวี่ยง 4,000 รอบต่อนาที ทำให้มีเปอร์เซ็นต์เมตริกมะรุมกะเทาะเปลือกสมบูรณมากที่สุด (จากตารางแทนด้วยอักษร a) ให้ค่าเปอร์เซ็นต์การกะเทาะเท่ากับ 63.78 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อความเร็วของงานเหวี่ยงเพิ่มขึ้นจาก 4,000 รอบต่อนาที จะให้ผลเปอร์เซ็นต์การกะเทาะเปลือกสมบูรณน้อยลงใน 3 ชนิดของผนังเป่ากระทบ ได้แก่ ตะแกรงเหล็กสาน (No.8) ตะแกรงเหล็ก (รู 10 มิลลิเมตร) และสายพานผ้า ส่วนผนังเหล็กมีแนวโน้มของเปอร์เซ็นต์การกะเทาะเพิ่มขึ้น

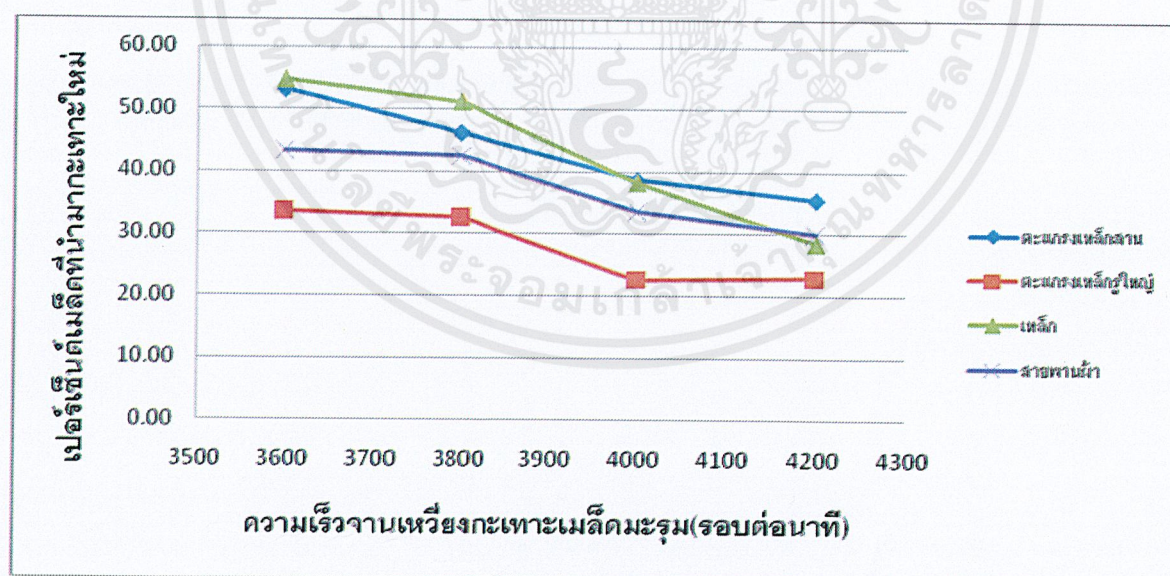
จากการพิจารณาผลของความเร็วงานเหวี่ยงในแต่ละผนังพบว่าผนังสายพานผ้าให้เปอร์เซ็นต์เมตริกกะเทาะสมบูรณมากที่สุดอยู่ในช่วง 54.22-62.44 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งความเร็วรอบงานเหวี่ยง 4,000 รอบต่อนาที ให้เปอร์เซ็นต์กะเทาะเปลือกเมตริกสมบูรณมากที่สุดเท่ากับ 63.78 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นในการเลือกชนิดของผนังและความเร็วที่เหมาะสมควรเลือกใช้ผนังเป่ากระทบชนิดสายพานผ้าและความเร็วรอบ 4,000 รอบต่อนาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.2 ผลเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์เมล็ดที่นำกลับมาเพาะใหม่เฉลี่ยของผนังเป่ากระทบ ในแต่ละความเร็วงานเหวี่ยง

| ผนังเป่ากระทบ            | ความเร็วงานเหวี่ยง(รอบต่อนาที) |            |            |            |
|--------------------------|--------------------------------|------------|------------|------------|
|                          | 3,600                          | 3,800      | 4,000      | 4,200      |
| เหล็ก                    | 54.7±1.3aA                     | 51.1±4.1aA | 38.2±1.4aB | 28.4±2.8bC |
| ตะแกรงเหล็กสาน<br>(No.8) | 53.1±1.0aA                     | 46.2±1.0bB | 38.7±1.8aC | 35.6±1.4aD |
| ตะแกรงเหล็ก<br>(10 mm.)  | 33.6±2.7cA                     | 32.7±1.8cA | 22.7±1.3cB | 22.9±3.3cB |
| สายพานผ้า                | 43.3±0.7bA                     | 42.5±1.7bA | 33.6±2.0bB | 30.0±0.7bC |

หมายเหตุ: อักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กที่เหมือนกันในแต่ละคอลัมน์ คือ ไม่แตกต่างกันทางสถิติ  
อักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่ที่เหมือนกันในแต่ละแถว คือ ไม่แตกต่างกันทางสถิติ  
ทั้งนี้โดยใช้ DMRT ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01



รูปที่ 5.5 ผลของความเร็วรอบและชนิดของผนังเป่ากระทบที่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์เมล็ดที่นำกลับมาเพาะใหม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อพิจารณาเปอร์เซ็นต์เมล็ดมะรุมนที่นำกลับมากะเทาะใหม่ พบว่าความเร็วงานเหยียงกะเทาะเมล็ดและ  
ผนึ่งเป่ากระทบเมล็ดมะรุมนมีผลแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเมื่อความเร็วเพิ่มขึ้นใน 3 ชนิดของผนึ่ง  
เป่ากระทบ ได้แก่ เหล็ก ตะแกรงเหล็กสาน (No.8) และสายพานผ้า (ดูจากตารางที่ 5.2) แต่ผนึ่งตะแกรงเหล็ก  
(รู 10 มิลลิเมตร) ที่ความเร็วรอบ 4,000 รอบต่อนาที มีเปอร์เซ็นต์เมล็ดที่นำกลับมากะเทาะใหม่แนวโน้มลดลง มี  
แนวโน้มเพิ่มขึ้นอยู่ในช่วง 22.7-22.9 เปอร์เซ็นต์ และพิจารณาชนิดผนึ่งสายพานผ้าให้เปอร์เซ็นต์เมล็ดที่นำ  
กลับมากะเทาะใหม่น้อยที่สุดเมื่อเทียบกับผนึ่งเหล็ก และตะแกรงเหล็กสาน (NO.8)

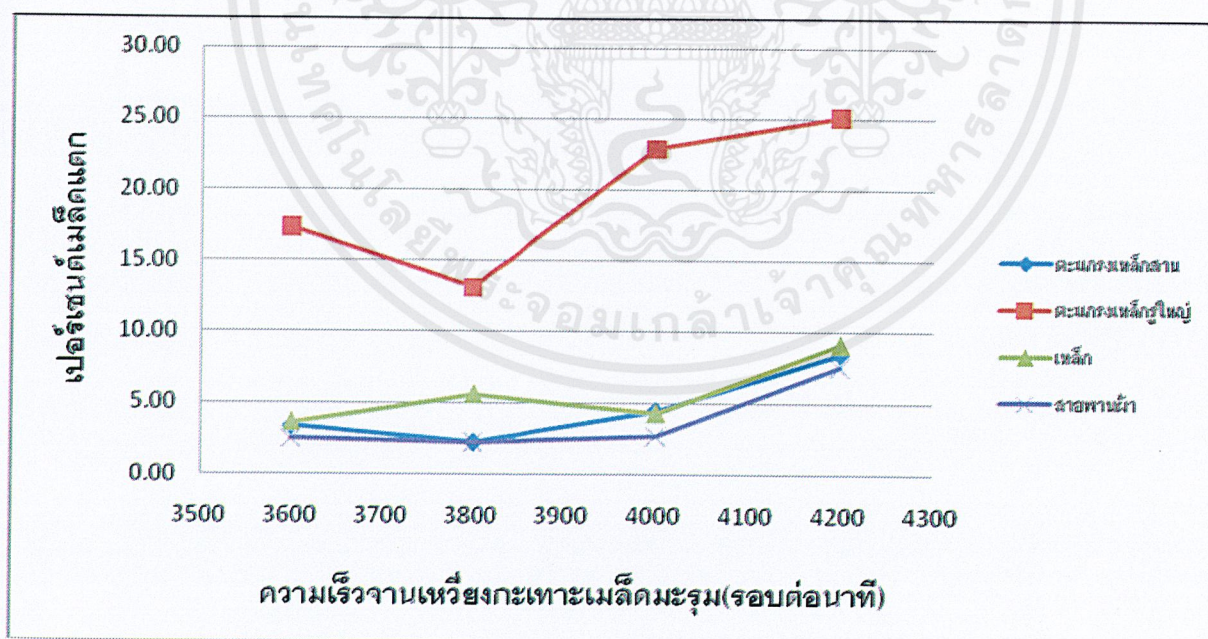


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.3 ผลเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์เมล็ดแตกเฉลี่ยของผนังเป่ากระทบ ในแต่ละความเร็วงานเหวี่ยง

| ผนังเป่ากระทบ            | ความเร็วงานเหวี่ยง(รอบต่อนาที) |            |             |            |
|--------------------------|--------------------------------|------------|-------------|------------|
|                          | 3,600                          | 3,800      | 4,000       | 4,200      |
| เหล็ก                    | 3.5±1.7bB                      | 5.6±1.0bB  | 4.2±2.7bB   | 9.2±0.8bA  |
| ตะแกรงเหล็กสาน<br>(No.8) | 3.3±1.3bB                      | 2.2±2.1bB  | 4.4±2.5bB   | 8.4±1.4bA  |
| ตะแกรงเหล็ก<br>(10 mm.)  | 17.3±3.7aBC                    | 13.1±3.0aC | 22.9±3.0aAB | 25.1±4.5aA |
| สายพานผ้า                | 2.5±1.0bB                      | 2.2±3.4bB  | 2.6±1.8bB   | 7.6±1.7bA  |

หมายเหตุ: อักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กที่เหมือนกันในแต่ละคอลัมน์ คือ ไม่แตกต่างกันทางสถิติ  
อักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่ที่เหมือนกันในแต่ละแถว คือ ไม่แตกต่างกันทางสถิติ  
ทั้งนี้โดยใช้ DMRT ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01



รูปที่ 5.6 ผลของความเร็วรอบและชนิดของผนังเป่ากระทบที่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์เมล็ดแตก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการพิจารณาเปอร์เซ็นต์เมล็ดแตก (ตารางที่ 5.3) ซึ่งพบว่าชนิดของผนังเป่ากระทบและความเร็วของงานเหวี่ยงให้ผลแตกต่างกันทางสถิติ ผนังเป่ากระทบชนิดตะแกรงเหล็กสาน (No.8) ให้เปอร์เซ็นต์เมล็ดแตกมากที่สุดอยู่ในช่วง 17.33-25.11 เปอร์เซ็นต์ และผนังเป่ากระทบชนิดตะแกรงเหล็กสาน (No.8) และสายพานผ้า ที่ความเร็วรอบ 3,800 รอบต่อนาที ให้เปอร์เซ็นต์เมล็ดแตกน้อยที่สุดเท่ากับ 2.22 เปอร์เซ็นต์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 6

### สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

#### 6.1 สรุปผลการทดลอง

การศึกษาปัจจัยการกะเทาะเปลือกเมล็ดมะรุมโดยชุดทดสอบแบบใช้แรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง โดยมีปัจจัยการศึกษา คือ ชนิดของผนังเปลือก 4 ชนิด ได้แก่ เหล็ก ตะแกรงเหล็กสาน (No.8) ตะแกรงเหล็ก (รู10 มิลลิเมตร) และสายพานผ้า และความเร็วของงานเหวี่ยง 4 ระดับ ได้แก่ 3,600 3,800 4,000 และ 4,200 รอบต่อนาที พบว่า ปัจจัยรวมทั้งสองมีผลต่อเปอร์เซ็นต์เมล็ดกะเทาะสมบูรณ์ เปอร์เซ็นต์เมล็ดที่นำกลับมากะเทาะใหม่ และเปอร์เซ็นต์เมล็ดแตก

#### เปอร์เซ็นต์เมล็ดกะเทาะสมบูรณ์

- เมื่อความเร็วงานเหวี่ยงเพิ่มขึ้นจาก 3,600 - 4,000 รอบต่อนาที พบว่ามีเปอร์เซ็นต์เมล็ดกะเทาะสมบูรณ์เพิ่มขึ้น แต่เมื่อความเร็วงานเหวี่ยงเพิ่มขึ้นเป็น 4,200 รอบต่อนาที จะทำให้เปอร์เซ็นต์เมล็ดกะเทาะสมบูรณ์ลดลงในทุกชนิดผนังเปลือก ยกเว้นผนังเหล็ก

- เมื่อเลือกใช้ผนังชนิดสายพานผ้าและความเร็วงานเหวี่ยง 4,000 รอบต่อนาที ให้เปอร์เซ็นต์เมล็ดกะเทาะสมบูรณ์มากที่สุด เท่ากับ 63.78 เปอร์เซ็นต์

#### เปอร์เซ็นต์เมล็ดมะรุมที่นำกลับมากะเทาะใหม่

- เมื่อความเร็วงานเหวี่ยงเพิ่มขึ้นผนังเปลือก 3 ชนิด ได้แก่ เหล็ก ตะแกรงเหล็กสาน (No.8) และสายพานผ้า มีเปอร์เซ็นต์เมล็ดที่นำกลับมากะเทาะใหม่แนวโน้มลดลง ส่วนผนังตะแกรงเหล็ก (รู10 มิลลิเมตร) ที่ความเร็วรอบ 4,000 รอบต่อนาที มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอยู่ในช่วง 22.7-22.9 เปอร์เซ็นต์

- ชนิดผนังสายพานผ้าให้เปอร์เซ็นต์เมล็ดที่นำกลับมากะเทาะใหม่น้อยที่สุดเมื่อเทียบกับผนังเหล็ก และตะแกรงเหล็กสาน

#### เปอร์เซ็นต์เมล็ดแตก

- เมื่อเลือกใช้ผนังเปลือกชนิดตะแกรงเหล็กสาน (No.8) และสายพานผ้า ที่ความเร็วรอบ 3,800 รอบต่อนาทีให้เปอร์เซ็นต์เมล็ดแตกน้อยที่สุดเท่ากับ 2.22 เปอร์เซ็นต์

- เมื่อเลือกใช้ผนังเปลือกชนิดเหล็กพบว่าให้เปอร์เซ็นต์เมล็ดแตกมากที่สุด ดังนั้นจึงไม่ควรนำผนังชนิดเหล็กมาใช้ในการกะเทาะ

จากการศึกษาสามารถสรุปได้ว่า ปัจจัยที่ดีในการกะเทาะเปลือกเมล็ดมะรุม คือ เลือกใช้ผนังเปลือกชนิดสายพานผ้า ที่ความเร็วรอบงานเหวี่ยง 4,000 รอบต่อนาที เพราะให้เปอร์เซ็นต์การกะเทาะสมบูรณ์มากที่สุด

คือ 63.78 เปอร์เซ็นต์ เปอร์เซ็นต์เมล็ดที่นำกลับมาเพาะใหม่ คือ 33.56 เปอร์เซ็นต์ และเปอร์เซ็นต์เมล็ดแตก คือ 2.66 เปอร์เซ็นต์

## 6.2 ข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาการกะเทาะเมล็ดมะรุมแบบใช้แรงเหวี่ยงมีข้อเสนอแนะและเป็นแนวทางในการพัฒนาเครื่องดังนี้

1. ควรมีชุดคัดแยกเมล็ดมะรุมและเปลือกออกจากกัน เพื่อนำเมล็ดที่ไม่ผ่านการกะเทาะและกะเทาะได้บางส่วน นำกลับมาทำการกะเทาะอีกครั้ง เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ
2. จากการทดลองนี้ไม่ได้ศึกษาผลของอัตราการป้อน ซึ่งปัจจัยนี้อาจส่งผลต่อเปอร์เซ็นต์การกะเทาะเมล็ดมะรุม



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



**ภาคผนวก ก.**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.1 ผลการวัดขนาดความยาว ความกว้าง และความหนา ของเมล็ดมะรุมทั้งเปลือกและเมล็ดในมะรุมที่ความชื้น 7.15 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานเปียก

| ตัวอย่างที่ | เมล็ดมะรุมทั้งเปลือก |       |      | เมล็ดในมะรุม |       |      |
|-------------|----------------------|-------|------|--------------|-------|------|
|             | ยาว                  | กว้าง | หนา  | ยาว          | กว้าง | หนา  |
| 1           | 1.32                 | 1.03  | 1.12 | 0.86         | 0.83  | 0.66 |
| 2           | 1.46                 | 1.30  | 1.12 | 0.80         | 0.73  | 0.71 |
| 3           | 1.52                 | 1.22  | 1.18 | 0.84         | 0.78  | 0.65 |
| 4           | 1.39                 | 1.08  | 1.01 | 0.83         | 0.74  | 0.70 |
| 5           | 1.18                 | 0.93  | 0.97 | 0.81         | 0.74  | 0.70 |
| 6           | 1.51                 | 1.05  | 1.16 | 0.77         | 0.82  | 0.77 |
| 7           | 1.48                 | 1.10  | 1.11 | 0.87         | 0.69  | 0.68 |
| 8           | 2.06                 | 1.21  | 1.14 | 0.97         | 0.66  | 0.72 |
| 9           | 1.39                 | 1.14  | 1.11 | 0.75         | 0.73  | 0.69 |
| 10          | 1.39                 | 1.16  | 0.99 | 0.85         | 0.79  | 0.81 |
| 11          | 1.66                 | 1.15  | 1.22 | 0.67         | 0.81  | 0.76 |
| 12          | 1.46                 | 1.06  | 1.12 | 0.98         | 0.80  | 0.72 |
| 13          | 1.77                 | 1.16  | 1.14 | 0.88         | 0.73  | 0.87 |
| 14          | 1.69                 | 1.02  | 1.06 | 0.93         | 0.71  | 0.71 |
| 15          | 1.22                 | 1.07  | 1.25 | 0.76         | 0.92  | 0.84 |
| 16          | 1.04                 | 1.14  | 1.08 | 0.92         | 0.81  | 0.67 |
| 17          | 1.56                 | 1.25  | 1.12 | 0.81         | 0.76  | 0.64 |
| 18          | 1.96                 | 1.27  | 1.37 | 0.96         | 0.86  | 0.79 |
| 19          | 1.30                 | 1.07  | 1.03 | 0.55         | 0.74  | 0.76 |
| 20          | 1.24                 | 1.06  | 0.99 | 0.94         | 0.83  | 0.75 |
| 21          | 1.79                 | 1.46  | 1.42 | 0.61         | 0.72  | 0.69 |
| 22          | 1.29                 | 0.82  | 0.78 | 0.91         | 0.75  | 0.69 |
| 23          | 1.36                 | 0.99  | 1.01 | 0.65         | 0.67  | 0.61 |
| 24          | 1.79                 | 1.18  | 1.27 | 0.83         | 0.77  | 0.76 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.1 ผลการวัดขนาดความยาว ความกว้าง และความหนา ของเมล็ดมะรุมทั้งเปลือกและเมล็ดในมะรุมที่  
ความชื้น 7.15 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานเปียก (ต่อ)

| ตัวอย่างที่ | เมล็ดมะรุมทั้งเปลือก |       |      | เมล็ดในมะรุม |       |      |
|-------------|----------------------|-------|------|--------------|-------|------|
|             | ยาว                  | กว้าง | หนา  | ยาว          | กว้าง | หนา  |
| 25          | 1.73                 | 1.08  | 1.09 | 0.75         | 0.76  | 0.79 |
| 26          | 1.77                 | 1.16  | 1.12 | 0.96         | 0.71  | 0.73 |
| 27          | 1.62                 | 1.13  | 1.05 | 0.85         | 0.84  | 0.80 |
| 28          | 1.62                 | 1.21  | 1.22 | 0.87         | 0.73  | 0.68 |
| 29          | 1.32                 | 0.96  | 0.96 | 0.75         | 0.77  | 0.78 |
| 30          | 1.95                 | 1.22  | 1.26 | 0.84         | 0.64  | 0.90 |
| 31          | 1.19                 | 1.24  | 1.05 | 0.71         | 0.75  | 0.88 |
| 32          | 1.48                 | 1.16  | 1.07 | 0.70         | 0.80  | 0.65 |
| 33          | 1.51                 | 1.02  | 1.05 | 0.88         | 0.75  | 0.71 |
| 34          | 1.25                 | 1.19  | 1.03 | 0.93         | 0.92  | 0.74 |
| 35          | 1.21                 | 1.10  | 1.01 | 0.75         | 0.77  | 0.71 |
| 36          | 1.24                 | 1.02  | 1.05 | 0.92         | 0.71  | 0.79 |
| 37          | 1.35                 | 1.07  | 1.09 | 0.66         | 0.81  | 0.79 |
| 38          | 1.36                 | 0.93  | 1.05 | 0.83         | 0.78  | 0.72 |
| 39          | 1.40                 | 1.04  | 1.01 | 0.74         | 0.70  | 0.72 |
| 40          | 1.31                 | 1.09  | 1.06 | 0.96         | 0.72  | 0.73 |
| 41          | 1.25                 | 1.01  | 1.02 | 0.65         | 0.65  | 0.69 |
| 42          | 1.63                 | 1.28  | 1.20 | 0.86         | 0.65  | 0.64 |
| 43          | 1.38                 | 1.08  | 0.97 | 0.84         | 0.76  | 0.77 |
| 44          | 1.16                 | 0.96  | 0.91 | 1.00         | 0.70  | 0.72 |
| 45          | 1.33                 | 1.04  | 1.11 | 0.71         | 0.64  | 0.63 |
| 46          | 1.26                 | 1.13  | 1.07 | 0.78         | 0.75  | 0.66 |
| 47          | 1.44                 | 1.11  | 1.12 | 0.91         | 0.65  | 0.72 |
| 48          | 1.52                 | 1.11  | 1.11 | 0.95         | 0.74  | 0.74 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.1 ผลการวัดขนาดความยาว ความกว้าง และความหนา ของเม็ล็ดมะรุุมทั้งเปลือกและเม็ล็ดคในมะรุุมที่ ความชื้น 7.15 เปอร์เซนต์มาตรฐานเปียก (ต่อ)

| ตัวอย่างที่ | เม็ล็ดมะรุุมทั้งเปลือก |       |      | เม็ล็ดคในมะรุุม |       |      |
|-------------|------------------------|-------|------|-----------------|-------|------|
|             | ยาว                    | กว้าง | หนา  | ยาว             | กว้าง | หนา  |
| 49          | 1.36                   | 0.96  | 0.86 | 0.75            | 0.75  | 0.72 |
| 50          | 1.31                   | 1.10  | 1.05 | 0.73            | 0.77  | 0.64 |
| 51          | 1.18                   | 1.00  | 1.07 | 0.70            | 0.74  | 0.65 |
| 52          | 1.29                   | 1.06  | 1.01 | 0.91            | 0.80  | 0.74 |
| 53          | 1.09                   | 1.14  | 1.10 | 0.75            | 0.61  | 0.72 |
| 54          | 1.19                   | 1.10  | 0.97 | 0.77            | 0.73  | 0.75 |
| 55          | 1.25                   | 1.12  | 1.16 | 0.81            | 0.65  | 0.69 |
| 56          | 1.79                   | 1.18  | 1.16 | 0.87            | 0.73  | 0.77 |
| 57          | 1.55                   | 1.10  | 1.00 | 0.72            | 0.65  | 0.61 |
| 58          | 1.60                   | 1.20  | 1.20 | 0.87            | 0.71  | 0.82 |
| 59          | 1.48                   | 1.06  | 1.01 | 0.79            | 0.71  | 0.75 |
| 60          | 1.61                   | 1.30  | 1.26 | 0.96            | 0.79  | 0.76 |
| 61          | 1.89                   | 1.23  | 1.16 | 0.77            | 0.75  | 0.73 |
| 62          | 1.27                   | 1.14  | 1.15 | 0.95            | 0.77  | 0.80 |
| 63          | 1.41                   | 1.11  | 1.12 | 0.93            | 0.70  | 0.65 |
| 64          | 1.80                   | 1.10  | 1.01 | 0.90            | 0.77  | 0.72 |
| 65          | 1.44                   | 0.98  | 0.92 | 0.81            | 0.66  | 0.72 |
| 66          | 1.22                   | 1.12  | 1.02 | 0.86            | 0.71  | 0.77 |
| 67          | 1.44                   | 1.10  | 1.02 | 0.93            | 0.68  | 0.75 |
| 68          | 1.27                   | 0.99  | 0.99 | 0.86            | 0.72  | 0.74 |
| 69          | 1.49                   | 1.16  | 1.14 | 0.88            | 0.63  | 0.72 |
| 70          | 1.21                   | 1.08  | 1.05 | 0.79            | 0.71  | 0.71 |
| 71          | 1.50                   | 1.22  | 1.25 | 0.59            | 0.71  | 0.76 |
| 72          | 1.11                   | 1.06  | 1.00 | 1.05            | 0.54  | 0.68 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.1 ข้อมูลผลการศึกษานาขนาดความยาว กว้าง และความหนา ของเมล็ดมะรุมทั้งเปลือกและเมล็ดใน  
มะรุมที่ความชื้น 7.315 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานเปียก (ต่อ)

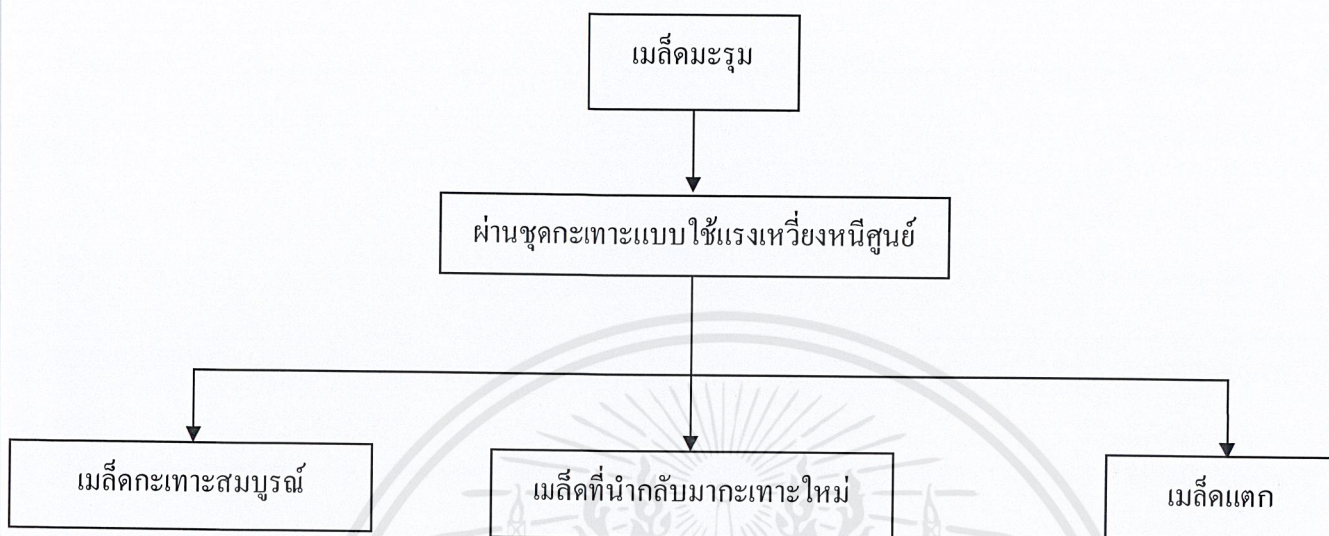
| ตัวอย่างที่ | เมล็ดมะรุมทั้งเปลือก |       |      | เมล็ดในมะรุม |       |      |
|-------------|----------------------|-------|------|--------------|-------|------|
|             | ยาว                  | กว้าง | หนา  | ยาว          | กว้าง | หนา  |
| 73          | 1.40                 | 1.17  | 1.11 | 0.66         | 0.54  | 0.79 |
| 74          | 1.70                 | 1.18  | 1.04 | 0.85         | 0.73  | 0.77 |
| 75          | 1.55                 | 1.15  | 1.19 | 0.75         | 0.74  | 0.66 |
| 76          | 1.27                 | 1.04  | 1.03 | 0.62         | 0.66  | 0.73 |
| 77          | 1.55                 | 1.10  | 1.19 | 0.64         | 0.74  | 0.99 |
| 78          | 1.56                 | 1.12  | 1.16 | 0.91         | 0.74  | 0.88 |
| 79          | 1.58                 | 1.41  | 1.19 | 0.71         | 0.71  | 0.70 |
| 80          | 1.43                 | 1.13  | 1.26 | 0.90         | 0.71  | 0.74 |
| 81          | 1.50                 | 1.15  | 1.26 | 0.74         | 0.71  | 0.71 |
| 82          | 1.13                 | 0.92  | 0.90 | 0.90         | 0.73  | 0.74 |
| 83          | 1.40                 | 1.16  | 1.12 | 0.63         | 0.71  | 0.65 |
| 84          | 1.39                 | 1.03  | 1.01 | 0.80         | 0.77  | 0.74 |
| 85          | 1.09                 | 1.00  | 1.02 | 0.77         | 0.72  | 0.76 |
| 86          | 1.38                 | 1.08  | 1.00 | 0.86         | 0.71  | 0.67 |
| 87          | 1.49                 | 1.09  | 1.05 | 0.67         | 0.68  | 0.74 |
| 88          | 1.62                 | 1.18  | 1.19 | 0.90         | 0.83  | 0.88 |
| 89          | 1.10                 | 1.09  | 1.16 | 0.85         | 0.76  | 0.67 |
| 90          | 1.33                 | 1.24  | 1.25 | 0.77         | 0.72  | 0.68 |
| 91          | 1.43                 | 1.18  | 1.06 | 0.61         | 0.62  | 0.64 |
| 92          | 2.05                 | 1.22  | 1.17 | 0.77         | 0.65  | 0.70 |
| 93          | 1.33                 | 1.06  | 1.05 | 0.72         | 0.64  | 0.61 |
| 94          | 1.66                 | 1.10  | 1.12 | 0.98         | 0.75  | 0.70 |
| 95          | 1.37                 | 1.12  | 1.05 | 0.64         | 0.69  | 0.68 |
| 96          | 1.76                 | 1.05  | 1.08 | 0.90         | 0.55  | 0.72 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.1 ข้อมูลผลการศึกษานาขนาดความยาว กว้าง และความหนา ของเมล็ดมะรุมทั้งเปลือกและเมล็ดใน  
มะรุมที่ความชื้น 7.15 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานเปียก (ต่อ)

| ตัวอย่างที่             | เมล็ดมะรุมทั้งเปลือก |       |      | เมล็ดในมะรุม |       |      |
|-------------------------|----------------------|-------|------|--------------|-------|------|
|                         | ยาว                  | กว้าง | หนา  | ยาว          | กว้าง | หนา  |
| 97                      | 1.47                 | 1.16  | 1.27 | 0.73         | 0.79  | 0.71 |
| 98                      | 1.29                 | 1.15  | 1.16 | 0.72         | 0.52  | 0.50 |
| 99                      | 1.05                 | 1.16  | 1.21 | 0.69         | 0.77  | 0.73 |
| 100                     | 1.29                 | 1.05  | 1.12 | 0.70         | 0.70  | 0.72 |
| ค่าเฉลี่ย               | 1.44                 | 1.11  | 1.10 | 0.81         | 0.73  | 0.72 |
| ค่าเบี่ยงเบน<br>มาตรฐาน | 0.22                 | 0.23  | 0.18 | 0.14         | 0.16  | 0.16 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก.1 แผนภาพการคัดแยกลักษณะเม็ล็ดประเภทต่าง ๆ ที่ได้จากการกะเทาะ



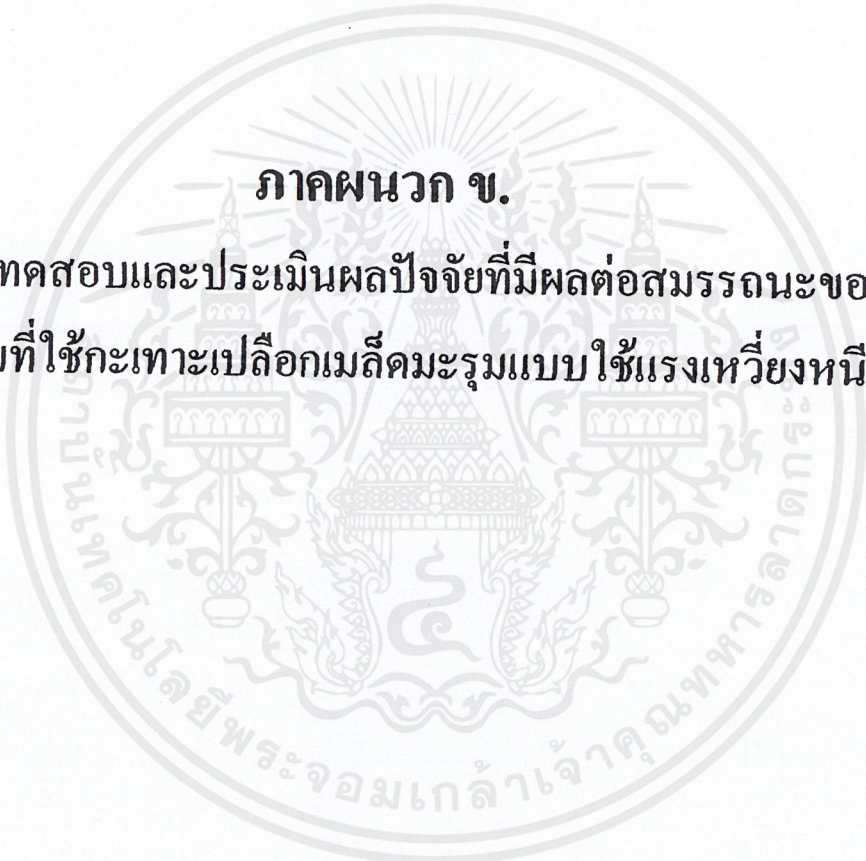
รูปที่ ก.2 ลักษณะเม็ล็ดประเภทต่างๆ

หมายเลข 1 เม็ล็ดที่นำกลับมากะเทาะใหม่

หมายเลข 2 เม็ล็ดกะเทาะสมบูรณ์

หมายเลข 3 เม็ล็ดแตก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



**ภาคผนวก ข.**

**ผลการทดสอบและประเมินผลปัจจัยที่มีผลต่อสมรรถนะของ  
ชุดทดสอบที่ใช้กะเทาะเปลือกเมล็ดมะรุมแบบใช้แรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง**

ตารางที่ ข.1 การทดสอบชนิดของผนังเป่ากระทบและความเร็วงานเหวี่ยงที่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์ต่าง ๆ เมื่อใช้กะเทาะเมล็ดมะรุมพันธุ์พื้นเมือง ที่ความชื้น 7.15 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานเปียก

| ชนิดของผนัง<br>เป่ากระทบ | ความเร็วงานเหวี่ยงกะเทาะ<br>(รอบต่อนาที) | ซ้ำ  | จำนวนเมล็ดลักษณะต่าง ๆ |                    |          |    |
|--------------------------|--|------|------------------------|--------------------|----------|----|
|                          |  |      | กะเทาะสมบูรณ์          | นำกลับมากะเทาะใหม่ | เมล็ดแตก |    |
| ตะแกรงเหล็กสาน           | 3600                                     | 1    | 66                     | 81                 | 3        |    |
|                          |  | 2    | 67                     | 78                 | 5        |    |
|                          |  | 3    | 63                     | 80                 | 7        |    |
|                          | 3800                                     | 1    | 80                     | 69                 | 1        |    |
|                          |  | 2    | 75                     | 68                 | 7        |    |
|                          |  | 3    | 77                     | 71                 | 2        |    |
|                          | 4000                                     | 1    | 86                     | 59                 | 5        |    |
|                          |  | 2    | 84                     | 55                 | 11       |    |
|                          |  | 3    | 86                     | 60                 | 4        |    |
|                          | ตะแกรงเหล็กกรุใหญ่                       | 4200 | 1                      | 85                 | 54       | 11 |
|                          |  |      | 2                      | 84                 | 51       | 15 |
|                          |  |      | 3                      | 83                 | 55       | 12 |
| 3600                     |  | 1    | 71                     | 48                 | 31       |    |
|                          |  | 2    | 75                     | 48                 | 27       |    |
|                          |  | 3    | 75                     | 55                 | 20       |    |
| 3800                     |  | 1    | 79                     | 51                 | 20       |    |
|                          |  | 2    | 85                     | 50                 | 15       |    |
|                          |  | 3    | 80                     | 46                 | 24       |    |
| 4000                     | 1  | 86   | 34                     | 30                 |          |    |
|                          | 2  | 80   | 36                     | 34                 |          |    |
|                          | 3  | 79   | 32                     | 39                 |          |    |
| 4200                     | 1  | 75   | 32                     | 43                 |          |    |
|                          | 2  | 80   | 40                     | 30                 |          |    |
|                          | 3  | 79   | 31                     | 40                 |          |    |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.1 การทดสอบชนิดของผนังเป่ากระทบและความเร็วงานเหวี่ยงกะเทาะที่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์ต่าง ๆ เมื่อใช้กะเทาะเมล็ดมะรุมพันธุ์พื้นเมือง ที่ความชื้น 7.15 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานเปียก (ต่อ)

| ชนิดของผนัง | ความเร็วงานเหวี่ยงกะเทาะ<br>(รอบต่อนาที) | ซ้ำ  | จำนวนเมล็ดลักษณะต่าง ๆ |      |          |   |
|-------------|--|------|------------------------|------|----------|---|
|             |  |      | กะเทาะสมบูรณ์          | ใหม่ | เมล็ดแตก |   |
| เปลือก      | 3600                                     | 1    | 60                     | 82   | 8        |   |
|             |  | 2    | 65                     | 80   | 5        |   |
|             |  | 3    | 63                     | 84   | 3        |   |
|             | 3800                                     | 1    | 60                     | 82   | 8        |   |
|             |  | 2    | 65                     | 78   | 7        |   |
|             |  | 3    | 70                     | 70   | 10       |   |
|             | 4000                                     | 1    | 90                     | 58   | 2        |   |
|             |  | 2    | 85                     | 55   | 10       |   |
|             |  | 3    | 84                     | 59   | 7        |   |
|             | 4200                                     | 1    | 99                     | 38   | 13       |   |
|             |  | 2    | 89                     | 46   | 15       |   |
|             |  | 3    | 93                     | 44   | 13       |   |
|             | สายพานผ้า                                | 3600 | 1                      | 82   | 66       | 2 |
|             |  |      | 2                      | 80   | 65       | 5 |
|             |  |      | 3                      | 82   | 64       | 4 |
| 3800        |  | 1    | 83                     | 64   | 3        |   |
|             |  | 2    | 80                     | 66   | 4        |   |
|             |  | 3    | 86                     | 61   | 3        |   |
| 4000        |  | 1    | 96                     | 53   | 1        |   |
|             |  | 2    | 94                     | 51   | 5        |   |
|             |  | 3    | 97                     | 47   | 6        |   |
| 4200        |  | 1    | 96                     | 45   | 9        |   |
|             |  | 2    | 92                     | 44   | 14       |   |
|             |  | 3    | 93                     | 46   | 11       |   |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติการศึกษานัดผนังเป่ากระทบและความเร็วรอบที่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์ เมล็ดกะเทาะสมบูรณ์

| แหล่งความแปรปรวน | เปอร์เซ็นต์เมล็ดกะเทาะสมบูรณ์ |    |         |          |
|------------------|-------------------------------|----|---------|----------|
|                  | DF                            | SS | MS      | F-value  |
| Type             | 454.022                       | 3  | 151.341 | 40.645** |
| Speed            | 1077.415                      | 3  | 359.138 | 96.452** |
| Type * Speed     | 477.492                       | 9  | 53.055  | 14.249** |
| Error            | 119.151                       | 32 | 3.723   |          |
| Total            | 140371.267                    | 48 |         |          |

หมายเหตุ : \*\* แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 1 %

ตารางที่ ข.3 ผลของการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติการศึกษานัดผนังเป่ากระทบและความเร็วรอบที่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์เมล็ดที่นำกลับมากะเทาะใหม่

| แหล่งความแปรปรวน | เปอร์เซ็นต์เมล็ดที่นำกลับมากะเทาะใหม่ |    |         |           |
|------------------|---------------------------------------|----|---------|-----------|
|                  | DF                                    | SS | MS      | F-value   |
| Type             | 1880.381                              | 3  | 626.794 | 152.081** |
| Speed            | 2305.894                              | 3  | 768.631 | 186.496** |
| Type * Speed     | 274.616                               | 9  | 30.513  | 7.403**   |
| Error            | 131.886                               | 32 | 4.121   |           |
| Total            | 73702.765                             | 48 |         |           |

หมายเหตุ : \*\* แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 1 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.4 ผลของการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติการศึกษาชนิดผนังเป่ากระทบและความเร็วรอบที่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์เมล็ดแตก

| แหล่งความแปรปรวน | เปอร์เซ็นต์เมล็ดแตก |    |         |           |
|------------------|---------------------|----|---------|-----------|
|                  | DF                  | SS | MS      | F-value   |
| Type             | 2036.644            | 3  | 678.881 | 126.348** |
| Speed            | 326.103             | 3  | 108.701 | 20.231**  |
| Type * Speed     | 119.785             | 9  | 13.309  | 2.477**   |
| Error            | 171.940             | 32 | 5.373   |           |
| Total            | 6032.454            | 48 |         |           |

หมายเหตุ : \*\* แตกต่างกันอย่างสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 1 %

DF (Degree of Freedom) = องศาความเป็นอิสระ

SS (Sum of Squares) = ผลรวมกำลังสองของค่าเบี่ยงเบนไปจากค่าเฉลี่ย

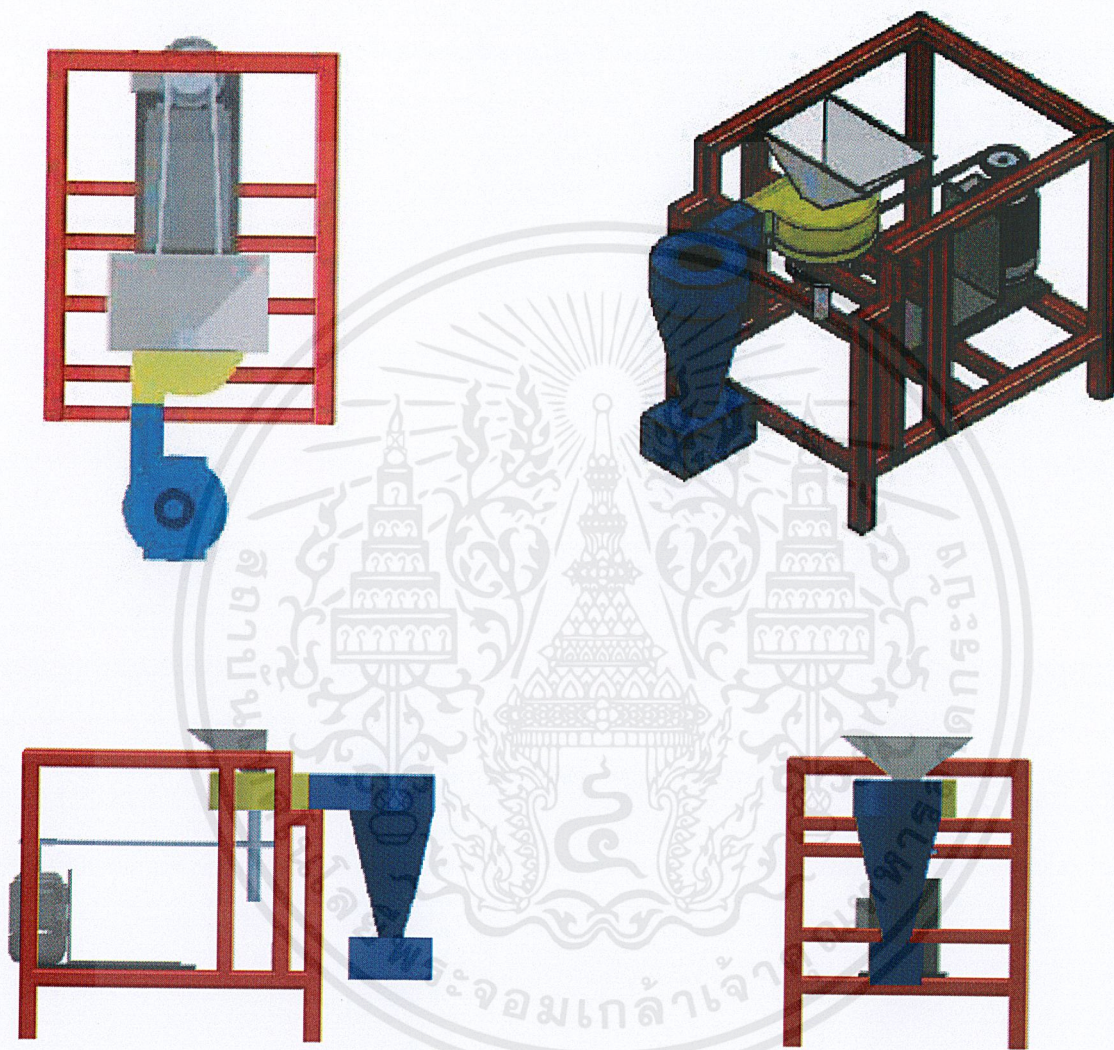
MS (Mean Squares) = ผลเฉลี่ยของผลรวมกำลังสองของค่าเบี่ยงเบนจากค่าเฉลี่ย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



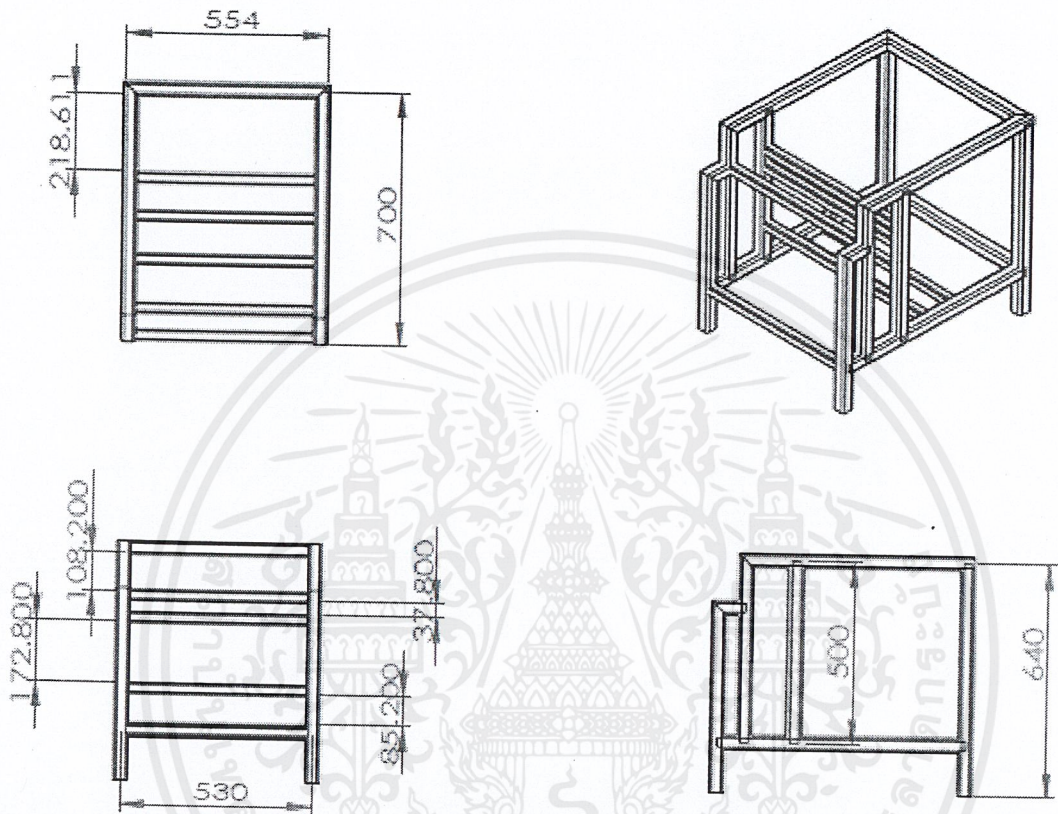
**ภาคผนวก ค.**  
**แบบและส่วนประกอบหลักของชุดทดสอบ**  
**ที่ใช้ในการกะเทาะเปลือกเมล็ดมะรุมแบบใช้แรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



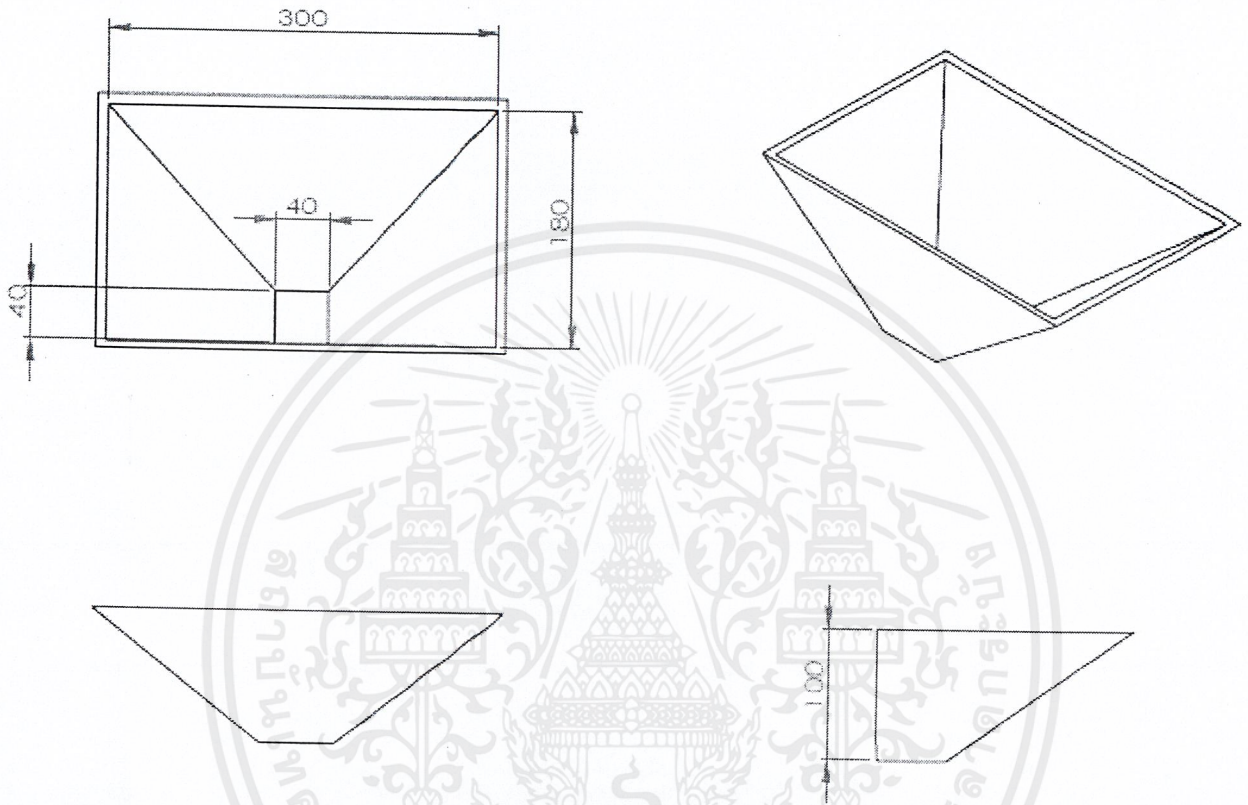
รูปที่ ๑. ภาพ Isometric ชุดทดสอบที่ใช้ในการกะเทาะเปลือกเมล็ดมะรุมแบบใช้แรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



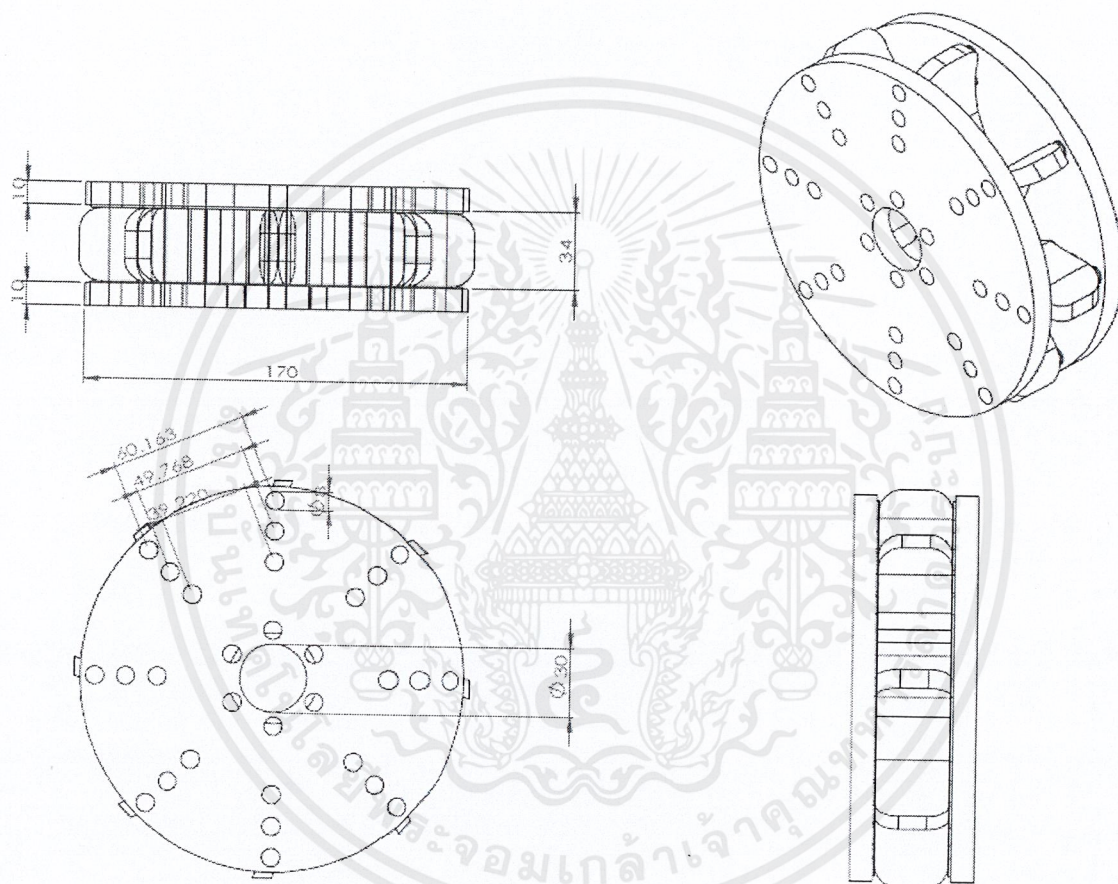
รูปที่ ค. 2 โครงสร้างของชุดทดสอบที่ใช้ในการกะเทาะเปลือกเมล็ดมะรุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ค. 3 ภาพฉายและภาพสามมิติของซองป้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ๓. ๔ ภาพฉายและภาพสามมิติของงานเหวี่ยง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บรรณานุกรม

- [1] อภิชาติ ศรีสะอาด. (2553). *คู่มือการเพาะปลูก แปรรูป และผลิตภัณฑ์มะรุม ครบวงจร*, กรุงเทพฯ, นาคา อินเทอร์เน็ตมีเดีย.
- [2] เอื้อกานต์. (2551). *คุณประโยชน์ของมะรุม*. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : <http://www.newwavefarmer.com/forum/index.php?topic=881.0> (วันที่ค้นข้อมูล : 22 พฤศจิกายน 2554).
- [3] นิรนาม1. (2553). *สินค้าและราคามะรุม*. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้ จาก: <http://www.maroomthai.com/index.php?mo=3&art=239470> (วันที่ค้นข้อมูล : 21 พฤศจิกายน 2554).
- [4] นิรนาม2. (2554). *เครื่องจักรที่ใช้ในการสีข้าว*. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : [http://kasetinfo.ar.da.or.th/rice/rice-product4\\_2.html](http://kasetinfo.ar.da.or.th/rice/rice-product4_2.html). / (วันที่ค้นข้อมูล : 2 พฤศจิกายน 2554).
- [5] เกียรติสุดา สุวรรณปา. (2546). *การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อสมรรถนะของชุดกะเทาะเมล็ดทานตะวันแบบแรงเหวี่ยง*. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- [6] เกียรติสุดา สุวรรณปาและสมโภชน์ สุดาจันทร์. (2546). *อิทธิพลของอัตราการบิน ผ่นงเป่ากระทบเมล็ดและความเร็วงานเหวี่ยงกะเทาะที่มีผลต่อสมรรถนะของชุดกะเทาะเมล็ดทานตะวันแบบแรงเหวี่ยง*. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- [7] นัญ จรุงศิริวัฒน์ และปณิธาน น้อยยะ. (2546). *การศึกษาการกะเทาะเปลือกเมล็ดสบู่ดำ*. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต, มหาวิทยาลัยขอนแก่น.