



# วิทยานิพนธ์

การออกแบบและพัฒนาเครื่องกะเทาะเปลือกเมล็ดทานตะวัน

**DESIGN AND DEVELOPMENT OF SUNFLOWER SEED  
HULLER**

นายนเรนทร บุญส่ง

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

พ.ศ. 2550



## ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมเกษตร)

ปริญญา

| วิศวกรรมเกษตร | วิศวกรรมเกษตร                                     |
|---------------|---|
| สาขา          | ภาควิชา   |
| เรื่อง        | การออกแบบและพัฒนาเครื่องกะเทาะเปลือกเมล็ดทานตะวัน |

Design and Development of Sunflower Seed Huller

นามผู้วิจัย นายเรนทร บุญส่ง

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

ประธานกรรมการ

( ผู้ช่วยศาสตราจารย์สิวลักษณ์ ปรีวีรัตน์, Ph.D. )

กรรมการ

( รองศาสตราจารย์วิชา หมั่นทำการ, M.Eng. )

กรรมการ

( ผู้ช่วยศาสตราจารย์อ่อนพันธ์ เทอดวงศ์วรกุล, Ph.D. )

หัวหน้าภาควิชา

( ผู้ช่วยศาสตราจารย์สิวลักษณ์ ปรีวีรัตน์, Ph.D. )

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

( รองศาสตราจารย์วินัย อางคงหาญ, M.A. )

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ 1 เดือน มิถุนายน พ.ศ. 2550

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การออกแบบและพัฒนาเครื่องกะเทาะเปลือกเมล็ดทานตะวัน

Design and Development of Sunflower Seed Huller

โดย

นายนเรนทร บุญส่ง

เสนอ

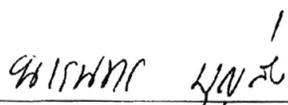
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

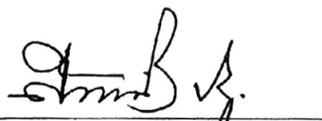
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมเกษตร)

พ.ศ. 2550

นเรนทร บุญส่ง 2550: การออกแบบและพัฒนาเครื่องกะเทาะเปลือกเมล็ดทานตะวัน  
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมเกษตร) สาขาวิศวกรรมเกษตร ภาควิชา  
วิศวกรรมเกษตร ปรธานกรรมการที่ปรึกษา: ผู้ช่วยศาสตราจารย์ศิวลักษณ์ ปฐวีรัตน์,  
Ph.D. 128 หน้า

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของปัจจัยที่มีต่อสมรรถนะของชุดกะเทาะเปลือก  
เมล็ดทานตะวันแบบใช้แรงเหวี่ยง เพื่อใช้เป็นแนวทางในการออกแบบและพัฒนาเครื่องกะเทาะ  
เมล็ดทานตะวันต่อไป ปัจจัยที่ทำการศึกษา ได้แก่ ระยะห่างเป้ากระทบกับช่องทางออก ความชื้น  
เมล็ดทานตะวัน อัตราการป้อนเมล็ด ชนิดผนังเป้ากระทบเมล็ด ความเร็วรอบงานเหวี่ยงกะเทาะ  
เมล็ดทานตะวัน และการคัดแยกเนื้อในเมล็ดกับเมล็ดที่ไม่กะเทาะเปลือก ผลการทดลองพบว่า  
ระยะห่างเป้ากระทบกับช่องทางออกที่เหมาะสม คือ ระยะ 6 เซนติเมตร ซึ่งมีเปอร์เซ็นต์กะเทาะ  
เมล็ดได้เมล็ดในเต็มสูงกว่าระยะห่างอื่น เปอร์เซ็นต์การกะเทาะมีแนวโน้มลดลง เมื่อเมล็ด  
ทานตะวันมีความชื้นเพิ่มขึ้นจาก 6.75 ถึง 15 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานเปียก เมล็ดทานตะวันที่ใช้ใน  
การกะเทาะควรมีความชื้นเมล็ดอยู่ระหว่าง 6.75 ถึง 9.94 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานเปียก เปอร์เซ็นต์  
กะเทาะลดลงเมื่ออัตราการป้อนเมล็ดเพิ่มขึ้น โดยอัตราการป้อนเมล็ดที่ใช้ควรอยู่ในช่วง 50-80  
กิโลกรัมต่อชั่วโมง และใช้ผนังเป้ากระทบเป็นพื้นเหล็ก เปอร์เซ็นต์กะเทาะที่ผนังเป้ากระทบเมล็ด  
เป็นพื้นเหล็กเพิ่มขึ้น และเปอร์เซ็นต์เมล็ดในทีกะเทาะได้เต็มเมล็ดลดลง เมื่อความเร็วงานเหวี่ยง  
กะเทาะเมล็ดเพิ่มขึ้น โดยความเร็วงานเหวี่ยงกะเทาะเมล็ดที่เหมาะสม อยู่ในช่วง 1789 ถึง 1949  
รอบต่อนาที (ความเร็วเชิงเส้นอยู่ในช่วง 187.34, 204.09 เมตรต่อนาที) เครื่องคัดแยกเมล็ดใน  
ทานตะวันกับเมล็ดที่ไม่กะเทาะ พบว่า เครื่องสามารถทำงานได้ดี โดยที่มุมเอียง 20 องศา  
ความสามารถแยกเมล็ดในออกจากเมล็ดที่ไม่กะเทาะ 99.7 เปอร์เซ็นต์ โดยมีเมล็ดที่ไม่กะเทาะเจือ  
ปนอยู่ 0.13 เปอร์เซ็นต์

  
ลายมือชื่อนิสิต

  
ลายมือชื่อประธานกรรมการ

15 / wa. / 2550

Naraintorn Boonsong 2007: Design and Development of Sunflower Seed Huller.  
Master of Engineering (Agricultural Engineering), Major Field: Agricultural  
Engineering, Department of Agricultural Engineering. Thesis Advisor: Assistant  
Professor Siwalak Pathaveerat, Ph.D. 128 pages.

The objective of this study was to determine factors affecting the performance of centrifugal type sunflower seed husking machine to be used as criteria in the design and development of sunflower seed husker. The effect of distance from seed outlet to impacted surface, seed moisture content, feeding rate, impact surface type and impeller speed were studied. The optimum distance from seed outlet to impacted surface with 6 centimeter, yield the highest complete kernel. The husking efficiency of the husking unit decreased with increasing seed moisture content in the range 6.75 to 15 % (w.b.). The optimum sunflower seed moisture content should be in the range of 6.75 to 9.94 % (w.b.). The husking efficiency decreased with increasing feeding rate. The optimum feeding rate was in the range 50-80 kg/h. The husking efficiency of mild steel impact surface increased and the percentage of whole kernels decreased with increasing impeller speed. The optimum impeller speed was in the range 1789-1949 rpm (peripheral speed: 187.34-204.09). The kernel separator gave separated percentage 99.7 percent and 0.13 percent for unhusking grain for 20 degree of inclination angle of the tray at kernel discharge.

  
Student's signature

 25 May 2007  
Thesis Advisor's signature

## กิตติกรรมประกาศ

ในการจัดทำวิทยานิพนธ์นี้ ผู้เขียนขอขอบพระคุณ ศศ.ดร.ศิวลักษณ์ ปฐวิรัตน์ ซึ่งเป็นประธานกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ พร้อมกับให้คำปรึกษาและแนะนำแนวทางในการออกแบบ การสร้าง การทดสอบ และตรวจแก้ไขข้อบกพร่องวิทยานิพนธ์พร้อมทั้งหาทุนสนับสนุนงบประมาณในการสร้างเครื่อง ให้ลุล่วงไปได้ด้วยดี และขอบพระคุณ รศ.วิชา หมั่นทำการ กรรมการที่ปรึกษาวิชาเอก ศศ.ดร.อนุพันธ์ เทอดวงศ์วรกุล กรรมการที่ปรึกษาวิชาการ และ อาจารย์ ดร.วชิรญา อิมสบาย ผู้แทนบัณฑิตวิทยาลัย ที่กรุณาให้ความรู้และแนะนำสิ่งที่เป็นประโยชน์ในการทำวิทยานิพนธ์เล่มนี้ และขอบพระคุณ ศศ.ดร.รังสิณี โสธรวิทย์ ที่กรุณาให้ความรู้และแนะนำสิ่งที่เป็นประโยชน์ในการทำวิทยานิพนธ์จนลุล่วง

ขอขอบคุณ เจ้าหน้าที่ของภาควิชาวิศวกรรมเกษตรทุกท่าน ตลอดจนรุ่นพี่รุ่นน้องและเพื่อนร่วมรุ่นทุกคนที่ให้ความช่วยเหลือด้วยดีในทุกๆด้านและเป็นกำลังใจให้เสมอมาจนเสร็จสมบูรณ์

สุดท้ายขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ และทุกๆ คนในครอบครัวที่เป็นกำลังใจและให้การสนับสนุนและช่วยเหลือทุกๆ ด้าน

ประโยชน์อันเกิดจากวิทยานิพนธ์นี้ มีเพียงใด ผู้เขียนขอมอบแด่คุณบิดามารดา ที่ให้การเลี้ยงดูและให้โอกาสศึกษาเล่าเรียน คณาจารย์ทุกท่านที่ให้ความรู้และคุณธรรมจนสำเร็จการศึกษา หากวิทยานิพนธ์มีความผิดพลาดและบกพร่องประการใด ด้วยความรู้เท่าไม่ถึงการณ์ ผู้เขียนขอน้อมรับและขออภัยไว้ ณ. ที่นี้

นเรนทร บุญส่ง

พฤษภาคม 2550

## สารบัญ

|  | หน้า |
|--|------|
| สารบัญ   | (1)  |
| สารบัญตาราง  | (2)  |
| สารบัญภาพ  | (8)  |
| คำนำ   | 1    |
| วัตถุประสงค์   | 3    |
| การตรวจเอกสาร  | 4    |
| อุปกรณ์และวิธีการ  | 19   |
| อุปกรณ์  | 19   |
| วิธีการ  | 20   |
| ผลและวิจารณ์   | 35   |
| สรุปและข้อเสนอแนะ  | 75   |
| สรุป   | 75   |
| ข้อเสนอแนะ   | 77   |
| เอกสารและสิ่งอ้างอิง   | 78   |
| ภาคผนวก  | 81   |
| ภาคผนวก ก ข้อมูลที่ได้จากการทดสอบและการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ | 82   |
| ภาคผนวก ข แบบเครื่องกะเทาะเปลือกเมล็ดทานตะวัน                  | 129  |
| ประวัติการศึกษา และการทำงาน                                    | 129  |

## สารบัญตาราง

| ตารางที่            |   | หน้า |
|---------------------|---|------|
| 1                   | ตารางแสดงค่าประสิทธิภาพการคัดขนาดเมล็ดด้วยเครื่องคัดขนาดแบบ<br>ตะแกรงโยก  | 64   |
| 2                   | แสดงประสิทธิภาพในการคัดแยกระหว่างเนื้อในเมล็ดและเมล็ดที่ยังไม่<br>กะเทาะเปลือก  | 65   |
| <b>ตารางผนวกที่</b> |   |      |
| ก1                  | ข้อมูลการศึกษาขนาดความยาว ความกว้าง และความหนาของเมล็ดทานตะวัน<br>ทั้งเปลือกและเมล็ดในทานตะวันพันธุ์เปซิฟิก 33  | 78   |
| ก2                  | ข้อมูลการทดสอบระยะห่างเป้ากระทบและความเร็วรอบจานเหวี่ยงกะเทาะ<br>เมล็ดที่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์ต่างๆ เมื่อใช้กะเทาะเมล็ดทานตะวันพันธุ์เปซิฟิก<br>33                               | 86   |
| ก3                  | ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของการศึกษาระยะห่างของเป้ากระทบและ<br>ความเร็วรอบจานเหวี่ยงกะเทาะเมล็ดที่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์กะเทาะและเปอร์เซ็นต์<br>เมล็ดในที่กะเทาะได้เต็มเมล็ด   | 90   |
| ก4                  | ผลของการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของการศึกษาระยะห่างเป้ากระทบเมล็ด<br>และความเร็วรอบจานเหวี่ยงกะเทาะเมล็ดที่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์เมล็ดในหัก<br>บางส่วนและเปอร์เซ็นต์เมล็ดในหักกลาง | 90   |
| ก5                  | ผลของการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของการศึกษาระยะห่างเป้ากระทบเมล็ด<br>และความเร็วรอบจานเหวี่ยงกะเทาะเมล็ดที่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์เมล็ดในกะเทาะ<br>แตกหักชิ้นเล็กชิ้นน้อย           | 91   |
| ก6                  | การเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์กะเทาะเฉลี่ย ของผลการศึกษาระยะห่างเป้ากระทบ<br>และความเร็วรอบจานเหวี่ยงกะเทาะเมล็ด   | 91   |

## สารบัญตาราง (ต่อ)

| ตารางผนวกที่ |   | หน้า |
|--------------|---|------|
| ก7           | การเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์เมล็ดในกะเทาะได้เต็มเมล็ดเฉลี่ยของผลการศึกษา<br>ระยะห่างเป้ากระทบและความเร็วรอบจานเหวี่ยงกะเทาะเมล็ด   | 92   |
| ก8           | การเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์เมล็ดในที่กะเทาะหักเล็กน้อยเฉลี่ยของผล<br>การศึกษาระยะห่างเป้ากระทบและความเร็วรอบจานเหวี่ยงกะเทาะเมล็ด   | 92   |
| ก9           | การเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์เมล็ดในที่กะเทาะหักกลางเฉลี่ยของผลการศึกษา<br>ระยะห่างเป้ากระทบและความเร็วรอบจานเหวี่ยงกะเทาะเมล็ด   | 93   |
| ก10          | การเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์เมล็ดในแตกหักชิ้นเล็กชิ้นน้อยเฉลี่ยของผล<br>การศึกษาระยะห่างเป้ากระทบและความเร็วรอบจานเหวี่ยงเมล็ด   | 93   |
| ก11          | ข้อมูลการทดสอบความชื้นเมล็ดทานตะวันและความเร็วรอบจานเหวี่ยง<br>กะเทาะเมล็ดที่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์ต่างๆ เมื่อใช้กะเทาะเมล็ดทานตะวัน  | 94   |
| ก12          | ผลของการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของการศึกษาความชื้นเมล็ดทานตะวัน<br>และความเร็วรอบจานเหวี่ยงกะเทาะเมล็ดที่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์กะเทาะและ<br>เปอร์เซ็นต์เมล็ดในที่กะเทาะได้เต็มเมล็ด | 97   |
| ก13          | ผลของการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของการศึกษาความชื้นเมล็ดทานตะวัน<br>และความเร็วรอบจานเหวี่ยงกะเทาะเมล็ดที่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์เมล็ดในหัก<br>เล็กน้อยและเปอร์เซ็นต์เมล็ดในหักกลาง   | 97   |
| ก14          | ผลของการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของการศึกษาความชื้นเมล็ดทานตะวัน<br>และความเร็วรอบจานเหวี่ยงกะเทาะเมล็ดที่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์เมล็ดในแตกหัก<br>ชิ้นเล็กชิ้นน้อย                    | 98   |
| ก15          | การเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์กะเทาะเฉลี่ยของผลการศึกษาความชื้นของเมล็ด<br>และความเร็วรอบจานเหวี่ยงกะเทาะเมล็ด   | 98   |
| ก16          | การเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์เมล็ดในที่กะเทาะได้เต็มเมล็ดเฉลี่ยของผล<br>การศึกษาความชื้นเมล็ดและความเร็วรอบจานเหวี่ยงกะเทาะเมล็ด  | 99   |

## สารบัญตาราง (ต่อ)

| ตารางผนวกที่ |  | หน้า |
|--------------|--|------|
| ก17          | การเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์เมล็ดในหักเล็กน้อยเฉลี่ยของผลการศึกษาคือความขึ้น<br>ของเมล็ดและความเร็วรอบงานเหียงกะเทาะ  | 99   |
| ก18          | การเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์เมล็ดในหักกลางเฉลี่ยของผลการศึกษาคือความขึ้น<br>ของเมล็ดและความเร็วรอบงานเหียงกะเทาะเมล็ด   | 100  |
| ก19          | การเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์เมล็ดในแตกหักขึ้นเล็กน้อยเฉลี่ยของผล<br>การศึกษาคือความขึ้นและความเร็วงานเหียงกะเทาะเมล็ด   | 100  |
| ก20          | ข้อมูลการศึกษาคือการทดสอบอัตราการป้อน ผนังเป้ากระทบและความเร็วรอบ<br>งานเหียงกะเทาะเมล็ดตามวันที่มีค่าเปอร์เซ็นต์ต่างๆ เมื่อใช้เมล็ด<br>ตามวันที่พันธุ์แปซิฟิก 33 ที่ความขึ้น 7.11 เปอร์เซ็นต์ฐานเปียก | 101  |
| ก21          | ผลของการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของการศึกษาอัตราการป้อน ผนังเป้า<br>กระทบ และความเร็วรอบงานเหียงเมล็ดที่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์กะเทาะและ<br>เปอร์เซ็นต์เมล็ดในที่กะเทาะได้เต็มเมล็ด                          | 111  |
| ก22          | ผลของการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของการศึกษาอัตราการป้อน ผนังเป้า<br>กระทบ และความเร็วรอบงานเหียงกะเทาะเมล็ดที่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์แตกหัก<br>เล็กน้อยและเปอร์เซ็นต์เมล็ดในหักกลาง                          | 112  |
| ก23          | ผลของการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของการศึกษาอัตราการป้อน ผนังเป้า<br>กระทบ และความเร็วรอบงานเหียงกะเทาะเมล็ดตามวันที่มีผลต่อ<br>เปอร์เซ็นต์เมล็ดแตกหักขึ้นเล็กน้อย                                       | 113  |
| ก24          | การเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์กะเทาะเฉลี่ยของผลการศึกษาผนังเป้ากระทบและ<br>ความเร็วรอบงานเหียงกะเทาะเมล็ด ที่อัตราการป้อน 25 กิโลกรัมต่อชั่วโมง   | 114  |
| ก25          | การเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์เมล็ดในกะเทาะได้เต็มเมล็ดเฉลี่ยของผลการศึกษา<br>ผนังเป้ากระทบเมล็ดตามวันที่และความเร็วรอบงานเหียงกะเทาะเมล็ด ที่<br>อัตราการป้อน 25 กิโลกรัมต่อชั่วโมง                        | 114  |

## สารบัญตาราง (ต่อ)

| ตารางผนวกที่ |  | หน้า |
|--------------|--|------|
| ก26          | การเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์เมล็ดในแตกหักเล็กน้อยเฉลี่ยของผลการศึกษาผนังเป่ากระทบเมล็ดทานตะวันและความเร็วรอบจานเหวี่ยงกะเทาะเมล็ด ที่อัตราการป้อน 25 กิโลกรัมต่อชั่วโมง         | 115  |
| ก27          | การเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์เมล็ดในแตกหักปานกลางเฉลี่ยของผลการศึกษาผนังเป่ากระทบเมล็ดทานตะวันและความเร็วรอบจานเหวี่ยงกะเทาะเมล็ด ที่อัตราการป้อน 25 กิโลกรัมต่อชั่วโมง          | 115  |
| ก28          | การเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์เมล็ดในแตกหักชิ้นเล็กชิ้นน้อยเฉลี่ยของผลการศึกษาผนังเป่ากระทบเมล็ดทานตะวันและความเร็วรอบจานเหวี่ยงกะเทาะเมล็ด ที่อัตราการป้อน 25 กิโลกรัมต่อชั่วโมง | 116  |
| ก29          | การเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์กะเทาะเฉลี่ยของผลการศึกษาผนังเป่ากระทบเมล็ดทานตะวันและความเร็วรอบจานเหวี่ยงกะเทาะเมล็ด ที่อัตราการป้อน 50 กิโลกรัมต่อชั่วโมง                        | 116  |
| ก30          | การเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์เมล็ดในกะเทาะได้เต็มเมล็ดเฉลี่ยของผลการศึกษาผนังเป่ากระทบเมล็ดทานตะวันและความเร็วรอบจานเหวี่ยงกะเทาะเมล็ด ที่อัตราการป้อน 50 กิโลกรัมต่อชั่วโมง     | 117  |
| ก31          | การเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์เมล็ดในแตกหักเล็กน้อยเฉลี่ยของผลการศึกษาผนังเป่ากระทบเมล็ดทานตะวันและความเร็วรอบจานเหวี่ยงกะเทาะเมล็ด ที่อัตราการป้อน 50 กิโลกรัม                   | 117  |
| ก32          | การเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์เมล็ดในหักกลางเฉลี่ยของผลการศึกษาผนังเป่ากระทบเมล็ดทานตะวันและความเร็วรอบจานเหวี่ยงกะเทาะเมล็ด ที่อัตราการป้อน 50 กิโลกรัมต่อชั่วโมง                | 118  |
| ก33          | การเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์เมล็ดในแตกหักชิ้นเล็กชิ้นน้อยเฉลี่ยของผลการศึกษาผนังเป่ากระทบเมล็ดทานตะวันและความเร็วรอบจานเหวี่ยงกะเทาะเมล็ด ที่อัตราการป้อน 50 กิโลกรัมต่อชั่วโมง | 118  |

## สารบัญญัตราง (ต่อ)

| ตารางผนวกที่ | หน้า   |     |
|--------------|--|-----|
| ก34          | การเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์กะเทาะเฉลี่ยของผลการศึกษาผนังเป่ากระทบเมล็ดทานตะวันและความเร็วรอบงานเหวี่ยงกะเทาะเมล็ด ที่อัตราการป้อน 80 กิโลกรัมต่อชั่วโมง                        | 119 |
| ก35          | การเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์เมล็ดในทีกะเทาะได้เต็มเมล็ดเฉลี่ยของผลการศึกษาผนังเป่ากระทบเมล็ดทานตะวันและความเร็วรอบงานเหวี่ยงกะเทาะเมล็ด ที่อัตราการป้อน 80 กิโลกรัมต่อชั่วโมง   | 119 |
| ก36          | การเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์เมล็ดในแตกหักเล็กน้อยเฉลี่ยของผลการศึกษาผนังเป่ากระทบเมล็ดทานตะวันและความเร็วรอบงานเหวี่ยงกะเทาะเมล็ด ที่อัตราการป้อน 80 กิโลกรัมต่อชั่วโมง         | 120 |
| ก37          | การเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์เมล็ดในหักกลางเฉลี่ยของผลการศึกษาผนังเป่ากระทบเมล็ดทานตะวันและความเร็วรอบงานเหวี่ยงกะเทาะเมล็ด ที่อัตราการป้อน 80 กิโลกรัมต่อชั่วโมง                | 120 |
| ก38          | การเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์เมล็ดในแตกหักชิ้นเล็กชิ้นน้อยเฉลี่ยของผลการศึกษาผนังเป่ากระทบเมล็ดทานตะวันและความเร็วรอบงานเหวี่ยงกะเทาะเมล็ด ที่อัตราการป้อน 80 กิโลกรัมต่อชั่วโมง | 121 |
| ก39          | การเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์กะเทาะเฉลี่ยของผลการศึกษาผนังเป่ากระทบเมล็ดทานตะวันและความเร็วรอบงานเหวี่ยงกะเทาะเมล็ด ที่อัตราการป้อน 120 กิโลกรัมต่อชั่วโมง                       | 121 |
| ก40          | การเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์เมล็ดในกะเทาะเต็มเมล็ดเฉลี่ยของผลการศึกษาผนังเป่ากระทบเมล็ดทานตะวันและความเร็วรอบงานเหวี่ยงกะเทาะเมล็ด ที่อัตราการป้อน 120 กิโลกรัมต่อชั่วโมง       | 122 |

## สารบัญตาราง (ต่อ)

| ตารางผนวกที่ |   | หน้า |
|--------------|---|------|
| ก41          | การเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์เมล็ดในแตกหักเล็กน้อยเฉลี่ยของผลการศึกษาผนัง<br>เป่ากระทบเมล็ดทานตะวันและความเร็วรอบจานเหวี่ยงกะเทาะเมล็ด ที่อัตรา<br>การป้อน 120 กิโลกรัมต่อชั่วโมง         | 122  |
| ก42          | การเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์เมล็ดในหักกลางเฉลี่ยของผลการศึกษาผนังเป่า<br>กระทบเมล็ดทานตะวันและความเร็วรอบจานเหวี่ยงกะเทาะเมล็ด ที่อัตราการ<br>ป้อน 120 กิโลกรัมต่อชั่วโมง                | 123  |
| ก43          | การเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์เมล็ดในแตกหักชิ้นเล็กชิ้นน้อยเฉลี่ยของผล<br>การศึกษาผนังเป่ากระทบเมล็ดทานตะวันและความเร็วรอบจานเหวี่ยงกะเทาะ<br>เมล็ด ที่อัตราการป้อน 120 กิโลกรัมต่อชั่วโมง | 123  |
| ข1           | หมายเลขและความหมายของชิ้นส่วน   | 126  |

## สารบัญภาพ

| ภาพที่ |   | หน้า |
|--------|---|------|
| 1      | แสดงภาพตัดขวางจานดอกทานตะวัน (A) ดอกย่อยของทานตะวัน (ซ้าย) การพัฒนาของดอกทานตะวันทั้ง 4 ลักษณะ (B) จานดอก | 3    |
| 2      | แสดงส่วนประกอบต่างๆ และลักษณะการทำงานของเครื่องกะเทาะแบบแรงเหวี่ยง  | 8    |
| 3      | แสดงลักษณะการทำงานของเครื่องกะเทาะแบบลูกกลิ้งยาง  | 9    |
| 4      | หลักการทำงานของการกะเทาะเปลือกโดยใช้ผลต่างความเร็วลม  | 10   |
| 5      | แสดงรายละเอียดของเครื่องกะเทาะเมล็ดทานตะวันของ Gupta, R.K. and Das, S.K.                                  | 10   |
| 6      | แสดงรายละเอียดเครื่องกะเทาะเปลือกเมล็ดทานตะวันของ อารีย์ ทิมินกุล   | 11   |
| 7      | เครื่องกะเทาะเปลือกเมล็ดทานตะวันของ เกียรติสุดา สุวรรณปา  | 12   |
| 8      | (ก) round hole screen (ข) oblong screen   | 12   |
| 9      | เครื่องคัดแยกข้าวแบบตะแกรง  | 13   |
| 10     | (ก) disc separator (ข) cylinder   | 14   |
| 11     | โต๊ะความถ่วงจำเพาะ (specific gravity separator)   | 14   |
| 12     | (ก) Hust Aspirator with Plansifter (ข) Hust Aspirator with Vibrating Sieves                               | 15   |
| 13     | (ก) side view (ข) top view (ค) compartment type separator   | 16   |
| 14     | Tray type separator   | 16   |
| 15     | แสดงภาพตัดขวางของเมล็ดทานตะวัน (ก) ภาพลายเส้นเมล็ด (ข) เมล็ดทานตะวัน                                      | 19   |
| 16     | กรวยป้อนและท่อลำเลียงเมล็ดทานตะวัน  | 21   |
| 17     | จานเหวี่ยงกะเทาะที่ใช้ทดสอบ   | 21   |
| 18     | ชุดกะเทาะเมล็ดทานตะวัน  | 22   |
| 19     | ชุดเพิ่มประสิทธิภาพการกะเทาะ  | 22   |
| 20     | การติดตั้งวัสดุรองกระทบ   | 23   |

## สารบัญญภาพ (ต่อ)

| ภาพที่ |   | หน้า |
|--------|---|------|
| 21     | การคัดแยกชิ้นส่วนเมล็ดทานตะวันแบบต่างๆ  | 25   |
| 22     | (ก) เครื่องคัดขนาดแบบตะแกรงโยก (ข) ตะแกรงที่ใช้ทดสอบ  | 29   |
| 23     | เครื่องคัดแยกเมล็ดในทานตะวันและเมล็ดทานตะวันไม่กะเทาะ   | 30   |
| 24     | ความกว้างของเมล็ดทานตะวันทั้งเปลือกและเมล็ดในทานตะวัน   | 34   |
| 25     | ความยาวของเมล็ดทานตะวันทั้งเปลือกและเมล็ดในทานตะวัน   | 34   |
| 26     | ความหนาของเมล็ดทานตะวันทั้งเปลือกและเมล็ดในทานตะวัน   | 35   |
| 27     | ผลของความเร็วจานเหวี่ยงกะเทาะที่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์กะเทาะ ในแต่ละระยะห่างของเป้ากระทบเมล็ดทานตะวัน                           | 38   |
| 28     | ผลของจานเหวี่ยงกะเทาะที่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์เมล็ดในกะเทาะ ได้เต็มเมล็ดในแต่ละระยะห่างของเป้ากระทบเมล็ดทานตะวันต่างๆ           | 38   |
| 29     | ผลของความเร็วจานเหวี่ยงกะเทาะที่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์เมล็ดในแตกหักเล็กน้อย ในแต่ละระยะห่างของเป้ากระทบเมล็ดทานตะวันต่างๆ       | 39   |
| 30     | ผลของความเร็วจานเหวี่ยงกะเทาะที่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์เมล็ดในหักปานกลางในแต่ละระยะห่างของเป้ากระทบเมล็ดทานตะวัน                 | 39   |
| 31     | ผลของความเร็วจานเหวี่ยงกะเทาะเมล็ดที่มีต่อเปอร์เซ็นต์เมล็ดในแตกหักชิ้นเล็กชิ้นน้อยในแต่ละระยะของเป้ากระทบเมล็ดทานตะวันต่างๆ | 40   |
| 32     | ผลของความเร็วจานเหวี่ยงกะเทาะที่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์กะเทาะ ในแต่ละระดับความชื้นของเมล็ดทานตะวันต่างๆ                          | 42   |
| 33     | ผลของความเร็วจานเหวี่ยงกะเทาะเมล็ดที่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์เมล็ดในกะเทาะเต็มเมล็ดในแต่ละระดับความชื้นของเมล็ดทานตะวันต่างๆ      | 42   |
| 34     | ผลของความเร็วจานเหวี่ยงกะเทาะที่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์เมล็ดในแตกหักเล็กน้อย ในแต่ละระดับความชื้นของเมล็ดทานตะวันต่างๆ           | 43   |

## สารบัญญภาพ (ต่อ)

| ภาพที่ |  | หน้า |
|--------|--|------|
| 35     | ผลของงานเหวี่ยงกะเทาะที่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์เมล็ดในแตกหักปานกลาง ในแต่ละระดับความชื้นของเมล็ดทานตะวันต่างๆ   | 43   |
| 36     | ผลของความเร็วงานเหวี่ยงกะเทาะที่มีต่อเปอร์เซ็นต์เมล็ดในแตกหักชิ้นเล็กชิ้นน้อย ในแต่ละระดับความชื้นของเมล็ดทานตะวันต่างๆ                              | 44   |
| 37     | ผลของความเร็วงานเหวี่ยงกะเทาะในแต่ละผนังเป้ากระทบเมล็ดทานตะวันต่างๆ ที่อัตราป้อน 25 กิโลกรัมต่อชั่วโมง   | 47   |
| 38     | ผลของความเร็วงานเหวี่ยงกะเทาะเมล็ดในกะเทาะได้เต็มเมล็ด ในแต่ละผนังเป้ากระทบเมล็ดทานตะวันต่างๆ ที่อัตราการป้อน 25 กิโลกรัมต่อชั่วโมง                  | 47   |
| 39     | ผลของความเร็วงานเหวี่ยงกะเทาะที่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์เมล็ดในแตกหักเล็กน้อย ในแต่ละผนังเป้ากระทบเมล็ดทานตะวันต่างๆ ที่อัตราการป้อน 25 กิโลกรัมต่อชั่วโมง | 48   |
| 40     | ผลของความเร็วงานเหวี่ยงกะเทาะเมล็ดที่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์เมล็ดในหักปานกลาง ในแต่ละผนังเป้ากระทบเมล็ดทานตะวันต่างๆ ที่อัตราป้อน 25 กิโลกรัมต่อชั่วโมง   | 48   |
| 41     | ผลของความเร็วงานเหวี่ยงกะเทาะที่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์เมล็ดในแตกหักชิ้นเล็กชิ้นน้อย ในแต่ละผนังเป้ากระทบเมล็ดต่างๆ ที่อัตราการป้อน 25 กิโลกรัมต่อชั่วโมง | 49   |
| 42     | ผลของความเร็วงานเหวี่ยงกะเทาะที่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์กะเทาะ ในแต่ละผนังเป้ากระทบเมล็ดทานตะวันต่างๆ ที่อัตราการป้อน 50 กิโลกรัมต่อชั่วโมง                | 52   |
| 43     | ผลของความเร็วงานเหวี่ยงที่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์เมล็ดในกะเทาะได้เต็มเมล็ด ในแต่ละผนังเป้ากระทบเมล็ดทานตะวันต่างๆ ที่อัตราการป้อน 50 กิโลกรัมต่อชั่วโมง   | 52   |
| 44     | ผลของความเร็วงานเหวี่ยงกะเทาะที่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์เมล็ดในหักเล็กน้อย ในแต่ละผนังเป้ากระทบเมล็ดทานตะวันต่างๆ ที่อัตราการป้อน 50 กิโลกรัมต่อชั่วโมง    | 53   |
| 45     | ผลของความเร็วงานเหวี่ยงกะเทาะที่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์เมล็ดในหักปานกลาง ในแต่ละผนังเป้ากระทบเมล็ดทานตะวันต่างๆ ที่อัตราการป้อน 50 กิโลกรัมต่อชั่วโมง     | 53   |

## สารบัญญภาพ (ต่อ)

| ภาพที่ |   | หน้า |
|--------|---|------|
| 46     | ผลของความเร็วงานเหวี่ยงกะเทาะที่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์เมล็ดในแตกหักชิ้นเล็กชิ้นน้อย ในแต่ละผนังเป้ากระทบเมล็ดทานตะวันต่างๆ ที่อัตราการป้อน 50 กิโลกรัมต่อชั่วโมง      | 54   |
| 47     | ผลของความเร็วงานเหวี่ยงกะเทาะที่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์กะเทาะ ในแต่ละผนังเป้ากระทบเมล็ดทานตะวันต่างๆ ที่อัตราการป้อน 80 กิโลกรัมต่อชั่วโมง                             | 56   |
| 48     | ผลของความเร็วงานเหวี่ยงกะเทาะที่มีต่อเปอร์เซ็นต์เมล็ดในกะเทาะได้เต็มเมล็ด ในแต่ละผนังเป้ากระทบเมล็ดทานตะวันต่างๆ ที่อัตราการป้อน 80 กิโลกรัมต่อชั่วโมง            | 57   |
| 49     | ผลของความเร็วงานเหวี่ยงกะเทาะที่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์เมล็ดในแตกหักเล็กน้อย ในแต่ละผนังเป้ากระทบเมล็ดทานตะวันต่างๆ ที่อัตราการป้อน 80 กิโลกรัมต่อชั่วโมง              | 57   |
| 50     | ผลของความเร็วงานเหวี่ยงกะเทาะที่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์เมล็ดในแตกหักปานกลาง ในแต่ละผนังเป้ากระทบเมล็ดทานตะวันต่างๆ ที่อัตราการป้อน 80 กิโลกรัมต่อชั่วโมง               | 58   |
| 51     | ผลของความเร็วงานเหวี่ยงกะเทาะเมล็ดที่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์เมล็ดในแตกหักชิ้นเล็กชิ้นน้อย ในแต่ละผนังเป้ากระทบเมล็ดทานตะวันต่างๆ ที่อัตราการป้อน 80 กิโลกรัมต่อชั่วโมง | 58   |
| 52     | ผลของความเร็วงานเหวี่ยงกะเทาะที่มีต่อเปอร์เซ็นต์กะเทาะ ในแต่ละผนังเป้ากระทบเมล็ดทานตะวันต่างๆ ที่อัตราการป้อน 120 กิโลกรัมต่อชั่วโมง                              | 61   |
| 53     | ผลของความเร็วงานเหวี่ยงกะเทาะที่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์เมล็ดในกะเทาะได้เต็มเมล็ด ในแต่ละผนังเป้ากระทบเมล็ดทานตะวันต่างๆ ที่อัตราการป้อน 120 กิโลกรัมต่อชั่วโมง         | 61   |

## สารบัญภาพ (ต่อ)

| ภาพที่     |   | หน้า |
|------------|---|------|
| 54         | ผลของความเร็วงานเหวี่ยงกะเทาะที่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์เมล็ดในแตกหักเล็กน้อย ในแต่ละผนังเป้ากระทบเมล็ดทานตะวันต่างๆ ที่อัตราการป้อน 120 กิโลกรัมต่อ ชั่วโมง          | 62   |
| 55         | ผลของความเร็วงานเหวี่ยงกะเทาะที่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์เมล็ดในหักปานกลาง ใน แต่ละผนังเป้ากระทบเมล็ดทานตะวันต่างๆ ที่อัตราการป้อน 120 กิโลกรัมต่อ ชั่วโมง             | 62   |
| 56         | ผลของความเร็วงานเหวี่ยงกะเทาะที่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์เมล็ดในแตกหักชิ้นเล็กชิ้น น้อย ในแต่ละผนังเป้ากระทบเมล็ดทานตะวันต่างๆ ที่อัตราการป้อน 120 กิโลกรัม ต่อชั่วโมง | 63   |
| 57         | แสดงการคัดแยกด้วยเครื่องที่มุม 10 องศา  | 65   |
| 58         | แสดงการคัดแยกด้วยเครื่องที่มุมเอียง 30 องศา   | 66   |
| 59         | แสดงการคัดแยกด้วยเครื่องที่มุมเอียง 20 องศา   | 66   |
| <br>       |   |      |
| ภาพผนวกที่ |   | หน้า |
| ข1         | แบบประกอบ (Assembly drawing) เครื่องกะเทาะเปลือกเมล็ดทานตะวัน   | 125  |
| ข2         | ภาพไอโซเมตริก เครื่องกะเทาะเปลือกเมล็ดทานตะวัน  | 127  |
| ข3         | ภาพไอโซเมตริก เป้ากระทบเมล็ด  | 127  |

## การออกแบบและพัฒนาเครื่องกะเทาะเปลือกเมล็ดทานตะวัน

### Design and Development of Sunflower Seed Huller

#### คำนำ

ทานตะวันเป็นพืชน้ำมันที่มีบทบาทสำคัญอันดับ 3 ของโลก รองจากถั่วเหลืองและปาล์ม น้ำมัน ประเทศไทยมีความต้องการใช้เมล็ดทานตะวันเพื่อสกัดน้ำมันมากกว่าปีละ 100,000 ตัน แต่สามารถผลิตได้ต่ำกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ของความต้องการ จึงมีการนำเข้าผลิตภัณฑ์ทานตะวันรวมมูลค่ามากกว่า 500 ล้านบาทต่อปี โดยแยกเป็นน้ำมันทานตะวันประมาณ 30,000 ตัน กากเมล็ดทานตะวัน ประมาณ 90,000 ตัน เมล็ดเพื่อขบเคี้ยวประมาณ 1,000 ตัน และเมล็ดพันธุ์ประมาณ 500-1000 ตัน ประเทศไทยในปี 2544/45 มีพื้นที่ปลูกทานตะวันประมาณ 315,000 ไร่ ได้ผลผลิตประมาณ 50,000 ตัน ผลผลิตเฉลี่ยในแหล่งปลูกที่สำคัญ เช่น ลพบุรี และสระบุรี (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2542) ในปัจจุบันเกษตรกรได้มีการเพาะปลูกทานตะวันมากขึ้นและได้มีการแปรรูปเมล็ดทานตะวันเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ ออกจำหน่ายมากมายหลายรูปแบบ มีทั้ง เมล็ดทานตะวันอบเกลือ ข้าวเกรียบเมล็ดทานตะวัน ลูกก็เมล็ดทานตะวัน ซึ่งเป็นการเพิ่มมูลค่าของเมล็ดทานตะวันให้สูงขึ้นและยังเป็นการเพิ่มรายได้ให้แก่เกษตรกรผู้ปลูกทานตะวันอีกด้วย ซึ่งขบวนการที่สำคัญในการแปรรูปเมล็ดทานตะวัน คือการกะเทาะเพื่อนำเอาเมล็ดในทานตะวันมาใช้ในการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ

การกะเทาะเมล็ดทานตะวันในปัจจุบันโดยมากจะมีการทำกันในโรงงานอุตสาหกรรมซึ่งยังไม่แพร่หลายในหมู่เกษตรกร ปัจจุบันเกษตรกรทำการแปรรูปผลิตภัณฑ์ที่ได้จากเมล็ดทานตะวัน โดยอาศัยแรงงานคนในการกะเทาะโดยการใช้มือแกะ ซึ่งทำได้ช้ามากโดยกะเทาะได้ 0.11 กิโลกรัมต่อคนต่อวัน เกษตรกรบางส่วนต้องซื้อเมล็ดทานตะวันกะเทาะจากโรงงานในราคาสูงถึง 95-150 บาทต่อกิโลกรัม ขณะที่เกษตรกรมีเมล็ดทานตะวันเป็นผลผลิตทางการเกษตรเป็นของตัวเองและต้องจำหน่ายเมล็ดทานตะวันทั้งเปลือกในราคา 9-12 บาทต่อกิโลกรัม หากเกษตรกรสามารถเพิ่มมูลค่าเมล็ดทานตะวัน โดยทำการกะเทาะเปลือกได้ก็จะเพิ่มรายได้มากขึ้น (เกรียงติสุดา, 2548)

ดังนั้นหากมีการศึกษาวิจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพของการกะเทาะเปลือกเมล็ดทานตะวันแบบใช้แรงเหวี่ยง เพื่อเป็นแนวทางในการออกแบบและพัฒนาเครื่องกะเทาะเปลือกเมล็ดทานตะวันให้มีประสิทธิภาพในการกะเทาะเปลือกมากขึ้น จะเกิดประโยชน์ต่อเกษตรกร

## วัตถุประสงค์

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อเครื่องกะเทาะเปลือกเมล็ดทานตะวันแบบใช้หลักการกะเทาะเปลือกแบบแรงเหวี่ยง โดยมีวัตถุประสงค์ของการศึกษาดังนี้

1. ออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบ เครื่องกะเทาะเมล็ดทานตะวันแบบแรงเหวี่ยง
2. ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการกะเทาะเมล็ดทานตะวันแบบใช้แรงเหวี่ยง
3. ศึกษาแนวทางการออกแบบระบบประกอบการกะเทาะเมล็ดทานตะวัน

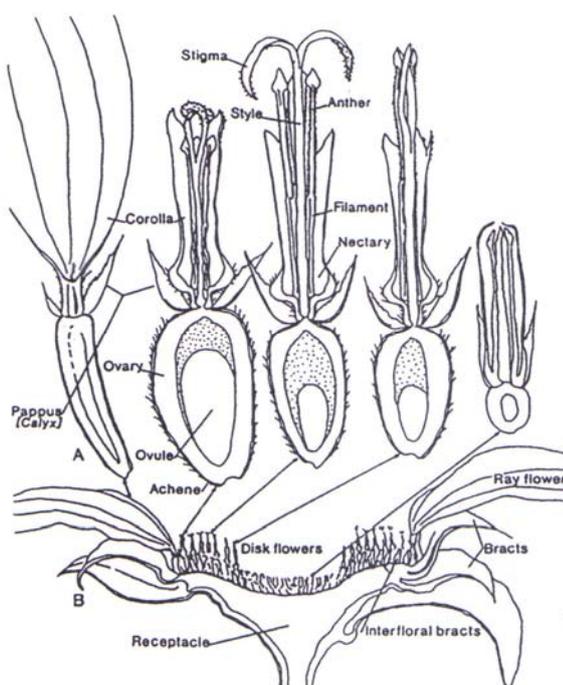
## ขอบเขตของการศึกษา

ในการศึกษานี้ จะศึกษาปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อสมรรถนะของเครื่องกะเทาะเปลือกเมล็ดทานตะวันแบบแรงเหวี่ยง และระบบประกอบการกะเทาะเมล็ดทานตะวัน โดยใช้เมล็ดทานตะวันพันธุ์แปซิฟิก 33 ที่เพาะปลูกในพื้นที่ของเกษตรกรใน อำเภอท่าหลวงและอำเภอนานาคัน จังหวัดลพบุรี และอำเภอพระพุทธบาท จังหวัดสระบุรี โดยในการทดสอบจะเน้นที่ชุดกะเทาะเปลือกเมล็ดทานตะวัน โดยปัจจัยที่เลือกทำการศึกษาคือ ความชื้นเมล็ด ชนิดผนังเป้ากระทบเมล็ด อัตราการป้อน และความเร็วรอบจานเหวี่ยงกะเทาะเมล็ดทานตะวัน และระบบประกอบการกะเทาะเมล็ดทานตะวัน ในการทดสอบจะศึกษาการคัดขนาดเมล็ดทานตะวันก่อนกะเทาะ และการคัดแยกเมล็ดทานตะวันที่กะเทาะเปลือกแล้วกับเมล็ดทานตะวันที่ไม่กะเทาะเปลือก

## การตรวจเอกสาร

### ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับทานตะวัน

ทานตะวัน มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Helianthus annuus, L.* อยู่ในวงศ์ *Compositae* เป็นพืชล้มลุก มีอายุในการเก็บเกี่ยวประมาณ 100-120 วัน ลำต้นสูง 1.2-4.6 เมตร ลำต้นมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1-4 เซนติเมตร ใบเป็นใบเดี่ยวในหนึ่งต้นมีตั้งแต่ 8-70 ใบ (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2537) ดอกเป็นรูปจานเกิดอยู่บนตาขอของลำต้นมีเส้นผ่าศูนย์กลางดอก 6-37 เซนติเมตร ดอกมีลักษณะเป็นแบบช่อดอกประกอบด้วยดอกย่อย 700-3,000 ดอก ดังภาพที่ 1 แสดงภาพตัดขวางของจานดอกเมล็ดทานตะวัน (ศรีสุคา และพัฒนา, 2537)



ภาพที่ 1 แสดงภาพตัดขวางจานดอกทานตะวัน (A) ดอกย่อยของทานตะวัน (ซ้าย) การพัฒนาของดอกทานตะวันทั้ง 4 ลักษณะ (B) จานดอก

ที่มา: Mc Gregor (1976)

ทานตะวันมีลักษณะของเมล็ดที่ลีบแบน เมื่อแก่จะเป็นเมล็ดแห้งที่ไม่เปิดให้เห็นเนื้อในเมล็ด โดยจะมีลักษณะผลเป็นแบบหนึ่งผลต่อหนึ่งเมล็ด โดยจะยึดติดกับฐานดอก โดยเปลือกหุ้ม

เมล็ดมีหลายสีจะมีลักษณะเป็นแถบสี เช่น สีดำ, สีเทา, สีน้ำตาลเข้ม และสีขาว เมล็ดมีรูปร่างแหลม ที่ฐานและกลมที่ปลายของเมล็ด (ศรีสุตา และพัฒนา, 2537)

### การผลิตและการตลาดในประเทศไทย

การนำทานตะวันมาทดลองปลูกในประเทศไทยเพื่อผลิตเมล็ดเป็นวัตถุดิบสำหรับโรงงานสกัดน้ำมัน ตั้งแต่ปี 2515 ถึง 2516 แต่ไม่เป็นผลสำเร็จเนื่องจากพันธุ์ที่ใช้ปลูกมีเปอร์เซ็นต์การติดเมล็ดต่ำ ต่อมาในปี 2528 บริษัทแปซิฟิกเมล็ดพันธุ์ จำกัด ร่วมกับกรมส่งเสริมการเกษตรนำเมล็ดทานตะวันลูกผสมซึ่งมีเปอร์เซ็นต์การติดเมล็ดที่สมบูรณ์สูงมาทดสอบเป็นครั้งแรก ต่อมาในปี 2529 ถึง 2534 ได้มีการวิจัยและพัฒนาทานตะวันให้เป็นพืชไร่ น้ำมันเศรษฐกิจจากหน่วยราชการ ทั้งกรมวิชาการเกษตร มหาวิทยาลัยต่างๆ และกรมส่งเสริมการเกษตร ภายใต้การประสานงานของโครงการพัฒนาพืชน้ำมันสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย โดยการสนับสนุนงบประมาณจากประชาคมยุโรปว่า ทานตะวันพันธุ์แปซิฟิก33 หรือ Hysun33 และพันธุ์ S101 สามารถปลูกได้ดีทุกภาคในประเทศไทย (ไพศาล, 2535)

จากการผลิตทานตะวันตั้งแต่ปี 2531 ถึง 2539 มีพื้นที่ปลูกทานตะวันอยู่ในช่วง 799 ถึง 170,000 ไร่ ปริมาณผลผลิต 130 ถึง 28,560 ตัน (อุดร, 2539) การผลิตทานตะวันในช่วงปี 2531 ถึง 2535 มีพื้นที่เพาะปลูกอยู่ในช่วง 799 ถึง 12,000 ไร่ ปริมาณผลผลิต 130 ถึง 1,900 ตัน มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเพราะกรมส่งเสริมการเกษตรดำเนินการจัดทำโครงการส่งเสริมการปลูกทานตะวันครบวงจร เพื่อส่งเสริมให้เกษตรกรปลูกทดแทนพืชไร่หลักที่ประสบปัญหาเรื่องราคาผลผลิตตกต่ำ และปี 2536 ความต้องการใช้น้ำมันพืชของประเทศไทยมีปริมาณ 357,000 ตัน ซึ่งปริมาณน้ำมันพืชที่มีอยู่ไม่เพียงพอกับความต้องการจึงได้นำเข้าจากต่างประเทศมากกว่า 32,000 ตัน คิดเป็นมูลค่ากว่า 500 ล้านบาท (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2538) จึงมีการส่งเสริมให้เกษตรกรปลูกทานตะวันจึงส่งผลให้ในช่วงปี 2535 ถึง 2537 มีปริมาณผลผลิตเพิ่มขึ้น และความต้องการของโรงงานอุตสาหกรรมมีความต้องการเมล็ดทานตะวันมากถึงปีละประมาณ 100,000 ตัน (อุดร, 2539) จึงทำให้ตั้งแต่ปี 2537 ถึง 2539 มีพื้นที่เพาะปลูกทานตะวันเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยมีพื้นที่เพาะปลูก 137,460 ถึง 170,000 ไร่ โดยผลผลิตจะออกสู่ตลาด 2 ระยะด้วยกัน คือ ระยะเดือนธันวาคมถึงมกราคม หรือเรียกว่าทานตะวันปลายฤดูฝน ซึ่งเป็นผลผลิตทานตะวันหลักที่ออกสู่ตลาด และระยะเดือนมีนาคมซึ่งเรียกว่าทานตะวันฤดูแล้ง (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2537) ผลผลิตทานตะวันส่วนใหญ่จะมีบริษัทเอกชนรับซื้อ ซึ่งทำสัญญาการรับซื้อกับเกษตรกรรับซื้อกับเกษตรกรที่เข้าร่วมโครงการมีการประกันราคาซื้อขั้นต่ำ และมีพ่อค้าในท้องถิ่นรับซื้อจากเกษตรกรนอกโครงการจากสถิติราคามูลค่าเมล็ดทานตะวันที่เกษตรกรขายได้ในราคาประกันขั้นต่ำ ตั้งแต่ปี 2536 ถึง 2539 อยู่

ในช่วง 5.60 ถึง 5.80 บาทต่อกิโลกรัม ในขณะที่ราคาซื้อขายจริงที่เกษตรกรขายได้ ณ จุดรับซื้ออยู่ ในช่วง 5.60 ถึง 8.00 บาทต่อกิโลกรัม โดยที่ราคาเฉลี่ยในปี 2539 ถึง 2540 ราคาประกันขั้นต่ำและราคาซื้อขายจริงเท่ากับ 5.70 และ 6.28 บาทต่อกิโลกรัม ตามลำดับ และราคารับซื้อ ณ จุดรับซื้อหน้าโรงงานอุตสาหกรรมสกัดน้ำมันพืช 10 ถึง 13 บาทต่อกิโลกรัม โดยเกณฑ์มาตรฐานการรับซื้อเมล็ดทานตะวันที่มีความชื้นไม่เกิน 10 เปอร์เซ็นต์ สิ่งเจือปนไม่เกิน 1.5 เปอร์เซ็นต์ เมล็ดแตกไม่เกิน 5 เปอร์เซ็นต์ และเมล็ดมีเชื้อราไม่เกิน 1 เปอร์เซ็นต์ (อรรถชัย, 2539) ราคาของเมล็ดทานตะวันมีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นอยู่ในเกณฑ์สูงขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากความต้องการของตลาดมีอยู่ในระดับสูง เพราะผลผลิตมีปริมาณไม่เพียงพอต่อความต้องการบริโภคและโรงงานสกัดน้ำมันพืชให้ความสนใจที่จะผลิตน้ำมันทานตะวันมากขึ้น ดังนั้นทานตะวันจึงมีแนวโน้มที่จะเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญอีกชนิดหนึ่ง (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2538) ทำให้มีพื้นที่ปลูกทานตะวันและเกษตรกรเข้าร่วมโครงการผลิตทานตะวันมากขึ้น โดยเฉพาะในเขตจังหวัดลพบุรี สระบุรี เพชรบูรณ์ นครราชสีมา นครสวรรค์ และสระแก้ว เป็นต้น มีพื้นที่ปลูกทานตะวันมากกว่า 200,000 ไร่ โดยประมาณการว่าจะได้ผลผลิตรวมทั้งสิ้นไม่น้อยกว่า 20,000 ตัน และปี 2541 ภาครัฐและเอกชนมีแผนส่งเสริมการผลิตและการตลาดรองรับแบบครบวงจรในพื้นที่ปลูกถึง 425,000 ไร่ (กรมวิชาการเกษตร, 2540)

## พันธุ์ที่นิยมปลูก

พันธุ์ที่นิยมปลูกกันในประเทศไทย สามารถแบ่งการใช้ประโยชน์ออกเป็น 2 กลุ่มด้วยกัน ได้แก่ พันธุ์ที่ปลูกสำหรับใช้สกัดน้ำมันและปลูกเพื่อใช้สำหรับขบเคี้ยว (กรมวิชาการเกษตร, 2543)

### 1. สกัดน้ำมัน

1.1 พันธุ์เปซิฟิก เป็นพันธุ์ถูกผสมนำเข้ามาจากต่างประเทศ มีความสามารถในการผสมตัวเองติดเมล็ด 96 เปอร์เซ็นต์ อายุดอกบาน 58 วัน อายุเก็บเกี่ยว 100 วัน เส้นผ่าศูนย์กลางจานดอก 15 เซนติเมตร ผลผลิต 218 กิโลกรัมต่อไร่ น้ำหนักต่อ 1,000 เมล็ด มีค่าเฉลี่ย 48 กรัม เมล็ดมีสีดำ ปริมาณน้ำมันในเมล็ด 35 เปอร์เซ็นต์

1.2 พันธุ์เชียงใหม่ 1 เป็นพันธุ์ถูกผสมเปิด ที่พัฒนาขึ้นในประเทศไทย เปอร์เซ็นต์ติดเมล็ด 90 เปอร์เซ็นต์ อายุดอกบาน 58 วัน อายุเก็บเกี่ยว 100 วัน เส้นผ่าศูนย์กลางจานดอก 15 เซนติเมตร ผลผลิต 203 กิโลกรัมต่อไร่ น้ำหนักต่อ 1,000 เมล็ด มีค่าเฉลี่ย 48 กรัม ปริมาณน้ำมันในเมล็ด 35 เปอร์เซ็นต์

## 2. พันธุ์สำหรับใช้ขบเคี้ยว

2.1 พันธุ์แม่สาย เป็นพันธุ์ผสมเปิด อายุดอกบาน 64 วัน ขนาดจานดอกค่อนข้างใหญ่ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 19 เซนติเมตร อายุเก็บเกี่ยว 107 วัน ผลผลิต 309 กิโลกรัมต่อไร่ น้ำหนักต่อ 1,000 เมล็ด มีค่าเฉลี่ย 112 กรัม ปริมาณน้ำมันในเมล็ด 33 เปอร์เซ็นต์

### การใช้ประโยชน์จากเมล็ดทานตะวัน

#### 1. การนำไปใช้ในรูปของเมล็ดโดยตรง

การใช้ประโยชน์จากเมล็ดทานตะวันโดยตรงจะพูดถึงการบริโภคเมล็ดทานตะวันอบ เมล็ดทานตะวันกะเทาะเปลือกแล้วนำมาคั่วคลุกกับเกลือทำเป็นอาหารขบเคี้ยวและประกอบเป็นอาหารได้หลายชนิด เช่น คุกกี้ทานตะวัน ทานตะวันอบกระเทียม ทานตะวันเคลือบช็อกโกแลต ฯลฯ ซึ่งมีจำหน่ายตามท้องตลาด (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2537)

#### 2. การนำไปสกัดเป็นน้ำมันพืช

เมล็ดทานตะวันเมื่อนำไปสกัดน้ำมันจะให้ปริมาณน้ำมัน 40 ถึง 45 เปอร์เซ็นต์ และน้ำมันที่ได้จะมีสีเหลืองอ่อนและมีรสชาติดี จะมีกรดไขมันไม่อิ่มตัว 63 กรัมต่อไขมัน 100 กรัม ขณะที่น้ำมันถั่วเหลืองและน้ำมันปาล์มมีกรดไขมันไม่อิ่มตัว 52 และ 8 กรัมต่อไขมัน 100 กรัม ตามลำดับ (มานิตย์, 2539) จึงนับได้ว่าคุณค่าทางอาหารของน้ำมันเมล็ดทานตะวันดีกว่าน้ำมันจากถั่วเหลืองทำให้ผลิตภัณฑ์น้ำมันทานตะวันที่มีจำหน่ายตามท้องตลาดจะมีราคาสูงกว่าน้ำมันถั่วเหลือง และน้ำมันทานตะวันเป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมต่อเนื่องหลายประเภท เช่น อาหารกระป๋อง เนยเทียม น้ำมันสกัด น้ำมันปรุงอาหาร สบู่ ครีมนวดผม การทำสี น้ำมันขัดเงา และน้ำมันหล่อลื่น เป็นต้น (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2539)

#### 3. การนำไปใช้เป็นอาหารสัตว์

เมล็ดทานตะวันนำไปใช้เป็นอาหารสัตว์ในรูปของกากเมล็ดทานตะวันซึ่งเหลือจากการสกัดเอาน้ำมันออกแล้วมีโปรตีนอยู่ 42 เปอร์เซ็นต์ มีเส้นใย 12.2 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีปริมาณโปรตีนต่ำกว่ากากถั่วเหลืองและมีราคาถูกกว่า (มานิตย์, 2530)

## คุณสมบัติบางประการทางกายภาพและทางกลของเมล็ดทานตะวัน

Gupta and Das (1996) ได้ทำการศึกษาคูณสมบัติทางกายภาพของเมล็ดทานตะวัน โดยทำการศึกษานาณมิติต่างๆของเมล็ดทานตะวันทั้งเปลือกและเนื้อในเมล็ด ความชื้นต่างๆ ความหนาแน่นจริง (True density) ความหนาแน่นมวล (Bulk density) สัมประสิทธิ์แรงเสียดทานสถิต (Static coefficient of friction) ความเร็วปลาย (Terminal velocity) และมุมคงสภาพองวัสดุ (Angle of repose) ของเมล็ดทานตะวันทั้งเปลือกและเมล็ดใน

Gupta and Das (1998) ได้ทำการศึกษาคูณสมบัติทางกายภาพของเมล็ดทานตะวัน โดยทำการศึกษาค่าสัมประสิทธิ์การเคลื่อนที่ของเมล็ดทานตะวันทั้งเปลือกและเมล็ดที่กะเทาะเปลือกแล้ว บนพื้นผืนต่างๆ โดยทำการทดสอบบนพื้นผิว 6 ชนิด และความชื้นของเมล็ดทานตะวัน 5 ระดับ โดยความชื้นที่ทำการศึกษายู่ระหว่าง 4 ถึง 20 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานเปียก การศึกษาพบว่า ค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานสถิตและสัมประสิทธิ์ความเสียดทานจลน์ของเมล็ดทานตะวันเมื่อถูกกะเทาะเปลือกออกแล้วจะมีค่ามากกว่าเมล็ดทานตะวันทั้งเปลือก โดยพบว่าพื้นยางจะมีสัมประสิทธิ์ความเสียดทานจลน์สูงสุด ตามด้วยพื้นไม้ เหล็กอ่อน เหล็กหุบสังกะสี อลูมิเนียม และสแตนเลส

อารีย์ (2547) ได้ทำการศึกษาคูณสมบัติทางกายภาพของเมล็ดทานตะวันพันธุ์แปซิฟิก 33 โดยทำการศึกษานาณมิติต่างๆของเมล็ดทานตะวันทั้งเปลือกและเนื้อในเมล็ด ความชื้นต่างๆ ความเร็วปลาย (Terminal velocity) มุมคงสภาพองวัสดุ (Angle of repose) ความแข็งของเมล็ด ความหนาแน่นมวล (Bulk density) และมุมเสียดทาน (Angle of Friction)

เกียรติสุดา (2548) ได้ทำการศึกษาคูณสมบัติทางกายภาพของเมล็ดทานตะวันพันธุ์แปซิฟิก 33 โดยทำการศึกษานาณมิติต่างๆของเมล็ดทานตะวันทั้งเปลือกและเนื้อในเมล็ด สัมประสิทธิ์ของความเสียดทานสถิตของเมล็ด บนพื้นยาง พื้นโลหะ และพื้นไม้ ค่าความหนาแน่นของเมล็ดทานตะวัน มุมคงสภาพองของเมล็ด อัตราส่วนของเมล็ดทานตะวันทีกะเทาะเปลือกแล้วต่อน้ำหนักเมล็ดทานตะวันทั้งเปลือก

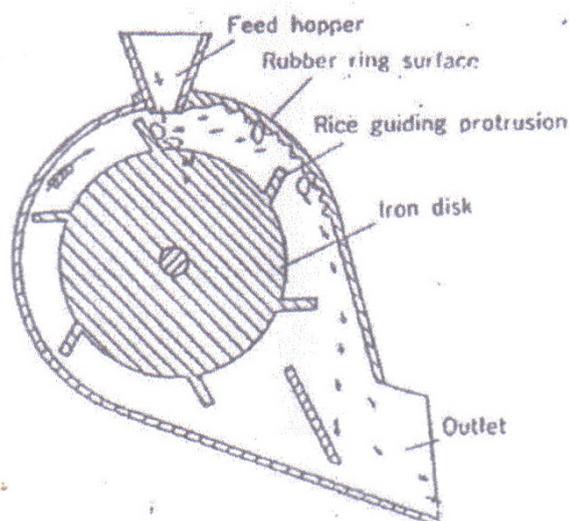
ซึ่งตัวแปรต่างๆเหล่านี้เป็นปัจจัยที่มีความสำคัญในการออกแบบเครื่องกะเทาะเปลือกเมล็ดทานตะวัน

## การกะเทาะเปลือก

อารีย์ (2547) วัตถุประสงค์ของเครื่องกะเทาะเปลือกก็เพื่อที่จะนำเอาเปลือกหรือแกลบที่ห่อหุ้มเมล็ดคอกและให้เกิดการแตกหักเสียหายน้อยที่สุด แต่ความเสียหายเนื่องจากการแตกหักเป็นสิ่งที่หลีกเลี่ยงได้ จะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับความเที่ยงตรงในการสร้างเครื่องจักรและการควบคุมปัจจัยอย่างอื่นเกี่ยวกับตัวเมล็ดของวัสดุที่จะนำมากะเทาะ เช่น ความชื้น สำหรับการกะเทาะเปลือกตามที่คุณวิจัยได้ทำการศึกษามา วิธีการกะเทาะเปลือกที่นิยมกันมีอยู่ 3 วิธี ดังต่อไปนี้

### 1. เครื่องกะเทาะแบบใช้แรงเหวี่ยง

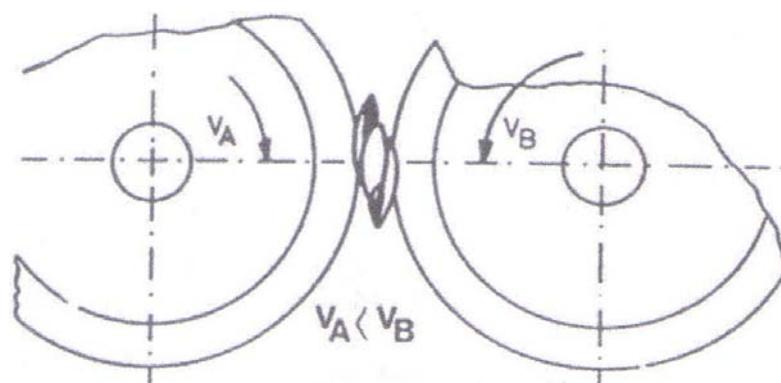
อารีย์ (2547) กล่าวถึงการประดิษฐ์เครื่องกะเทาะแบบแรงเหวี่ยงเพื่อใช้ในการกะเทาะข้าว จากการศึกษาของ Ritsuya Yamashita ในช่วงปี ค.ศ. 1980 เครื่องกะเทาะเปลือกแบบนี้จะใช้จานเหล็กที่มีครีบบนออกมาเพื่อใช้ในการเหวี่ยงเมล็ดที่ไหลลงมาจาก Hopper จานเหล็กซึ่งหมุนด้วยความเร็วสูงจะเหวี่ยงเมล็ดไปกระทบกับวงยาง โดยรอบแล้วจะถูกพ่นออกมาตรงทางออก จากการศึกษาพบว่า เครื่องกะเทาะแบบใช้แรงเหวี่ยงสามารถรักษาระดับประสิทธิภาพในการกะเทาะได้คงที่ ที่ระดับความชื้นของเมล็ดข้าวเปลือกต่างๆ ซึ่งต่างจากเครื่องกะเทาะแบบลูกกลิ้งยางที่มีประสิทธิภาพขึ้นอยู่กับค่าความชื้นของเมล็ดข้าวเปลือก ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 แสดงส่วนประกอบต่างๆ และลักษณะการทำงาน of เครื่องกะเทาะแบบแรงเหวี่ยง

## 2. เครื่องกะเทาะแบบลูกกลิ้งยาง

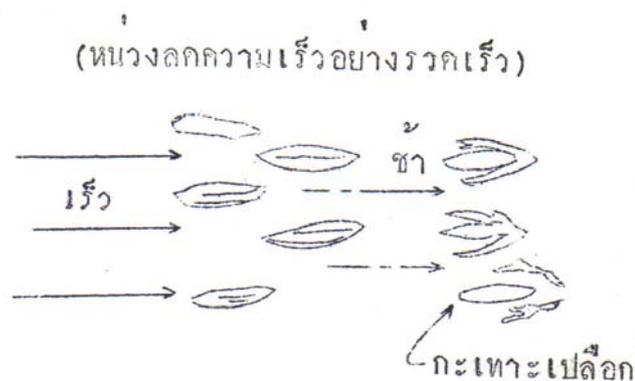
James (1983) ได้กล่าวถึงหลักการของการกะเทาะการอาศัยความแตกต่างของความเร็วระหว่างลูกกลิ้งยางสองลูกโดยการหมุนในทิศตรงกันข้าม เมื่อเมล็ดตกลงมาอยู่ระหว่างลูกกลิ้งยางทั้งสองจะตกอยู่ภายใต้การกดอัดเนื่องจากความเร็วที่ต่างกันของลูกกลิ้งยางทั้งสองจึงเกิดแรงเฉือนทำให้เปลือกหลุด ดังภาพที่ 3 วิธีนี้สามารถปรับระยะห่างระหว่างลูกกลิ้งทั้งสองได้เหมาะสมกับขนาดเมล็ดที่ต้องการกะเทาะได้



ภาพที่ 3 แสดงลักษณะการทำงาน of เครื่องกะเทาะแบบลูกกลิ้งยาง

## 3. เครื่องกะเทาะโดยอาศัยหลักการผลต่างความเร็วลม

ประพันธ์ (2530) ได้กล่าวถึงการใช้หลักการผลต่างของความเร็วลม ดังรูปที่ 4 ซึ่งข้าวเปลือกจะวิ่งมาด้วยความเร็วสูงพร้อมลมความเร็วสูง และถูกหน่วงลดความเร็วลมลงอย่างรวดเร็ว ผลที่ได้คือ ผลต่างของความเร็วลมซึ่งจะเป็นตัวที่ทำให้เปลือกข้าวกะเทาะออก หลักการนี้เป็นหลักการที่คิดค้นขึ้นมาใหม่ มีข้อดี คือ เมล็ดข้าวไม่ได้รับอันตราย(แตกหัก)เลย การสร้างเครื่องต้องใช้เทคโนโลยีในการออกแบบสร้างสูง และหลักการค่อนข้างยุ่งยากต่อการเข้าใจ



ภาพที่ 4 หลักการทำงานของเครื่องกะเทาะเปลือกโดยใช้ผลต่างความเร็วลม

#### 4. งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการกะเทาะเมล็ดทานตะวัน

Gupta และ Das (1999) ได้ทำการศึกษาการกะเทาะเปลือกเมล็ดทานตะวันแบบใช้แรงเหวี่ยง โดยงานเหวี่ยงกะเทาะเปลือกมีครีบเหวี่ยง 3 ครีบ โดยวางทำมุมกัน 120 องศา ใช้มอเตอร์กระแสสลับ 1 เฟสหรือประมาณ 0.75 กิโลวัตต์ โดยศึกษาระดับความเร็วขึ้น 4-14 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานเปียก ความเร็วของงานกะเทาะ 34-54 เมตรต่อวินาทีและมีอัตราการป้อน 20-200 กิโลกรัมต่อชั่วโมง จากการทดสอบพบว่า จุดที่มีการกะเทาะสูงสุดมีความเร็วของงานกะเทาะ 40.7-44.5 เมตรต่อวินาที และอัตราการป้อน 100 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ที่ความเร็วขึ้นเมล็ด 5.3-8.0 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานเปียก โดยได้จุดทำงานที่เหมาะสมที่สุด คือ เปอร์เซ็นต์กะเทาะสูงสุด 69-77 เปอร์เซ็นต์ และมีเนื้อในที่แตกละเอียด 4.0-6.0 เปอร์เซ็นต์

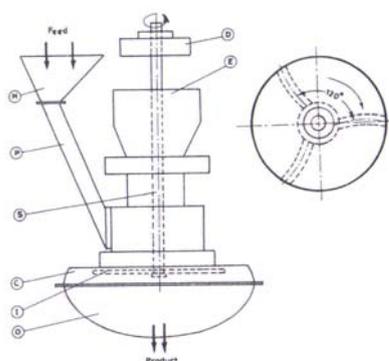
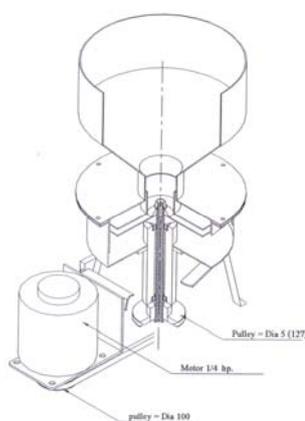


Fig. 1. Details of centrifugal dehusking system: (a) schematic of centrifugal dehusker; (b) impeller vane configuration (H – hopper, P – feed spout, S – central shaft, I – impeller, C – impacting casing, O – discharge chute, D – driven pulley, E – central shaft casing).

ภาพที่ 5 แสดงรายละเอียดของเครื่องกะเทาะเมล็ดทานตะวันของ Gupta, R.K. and Das, S.K.

อารีย์ (2547) ได้ทำการออกแบบและสร้างเครื่องกะเทาะเปลือกเมล็ดทานตะวันแบบใช้แรงเหวี่ยง โดยออกแบบใช้ชุดกะเทาะเป็นทรงกระบอกมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 30 เซนติเมตร หนา 3 มิลลิเมตร มีแผ่นรองกระทบติดไว้โดยรอบ งานกะเทาะเป็นหลักมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 26 เซนติเมตร หนา 5 มิลลิเมตร ใช้มอเตอร์  $\frac{1}{4}$  แรงม้า มีอัตราการทำงาน 125 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ได้จุดทำงานที่เหมาะสมที่สุด คือ เปอร์เซ็นต์กะเทาะสูงสุดที่ 65.16 เปอร์เซ็นต์ เปอร์เซ็นต์เมล็ดในเต็ม 58.14 เปอร์เซ็นต์ และมีเนื้อในแตกหัก 12.65 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้เมล็ดทานตะวันที่มีความชื้น 12 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานเปียก และความเร็วรอบในการกะเทาะที่ 2250 รอบต่อนาที



ภาพที่ 6 แสดงรายละเอียดเครื่องกะเทาะเปลือกเมล็ดทานตะวันของ อารีย์ ทิมินกุล

เกียรติสุดา (2548) ได้ศึกษาผลของปัจจัยที่มีต่อสมรรถนะของชุดกะเทาะเมล็ดทานตะวันแบบแรงเหวี่ยงและทดสอบประเมินสมรรถนะของชุดทดสอบการกะเทาะ พบว่า ฟันกระทบเป็นหลัก ที่ความเร็วงานเหวี่ยงกะเทาะ 1933 รอบต่อนาที อัตราการป้อนเมล็ด 75 กิโลกรัมต่อชั่วโมง โดยใช้เมล็ดทานตะวันที่มีความชื้น 5.80 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานเปียก โดยได้จุดทำงานที่เหมาะสมที่สุด คือ เปอร์เซ็นต์กะเทาะสูงสุดที่ 60.68 เปอร์เซ็นต์ โดยมีเปอร์เซ็นต์รวมระหว่างเมล็ดเต็มกับเมล็ดแตกหักเล็กน้อย 52.60 เปอร์เซ็นต์และมีเมล็ดแตกหักชิ้นเล็กชิ้นน้อยอยู่ระหว่าง 25.78-27.81 เปอร์เซ็นต์

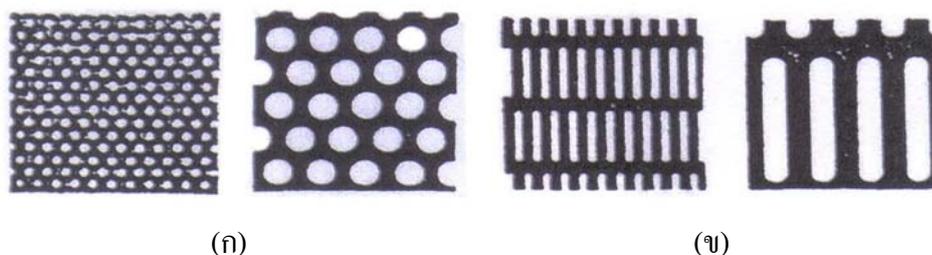


ภาพที่ 7 เครื่องกะเทาะเปลือกเมล็ดทานตะวันของ เกียรติสุดา สุวรรณปา

### หลักการคัดแยกและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

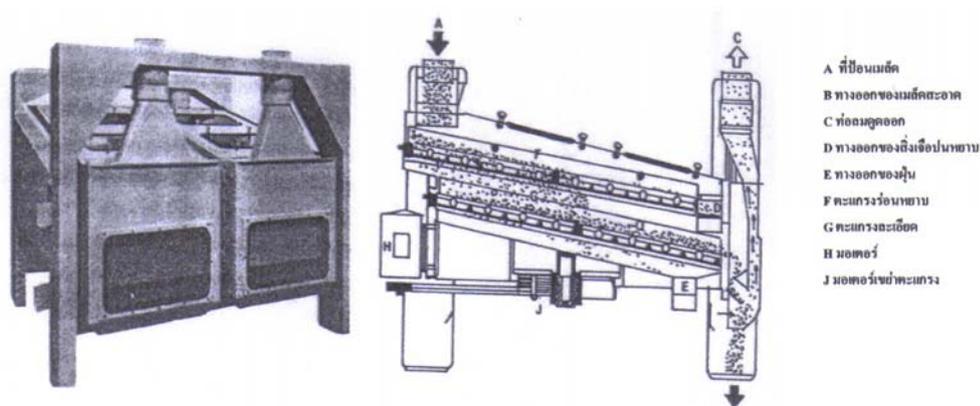
Subramanian *et al.* (1990) ศึกษาเครื่องต้นแบบในการกะเทาะและคัดแยกเมล็ดทานตะวัน โดยพิจารณาคูสมบัติทางกายภาพของเมล็ด เช่น พันธุ์ ขนาด รูปร่าง และความชื้นภายในเมล็ดและศึกษาสภาวะการทำงานของเครื่องที่ทำให้เครื่องมีประสิทธิภาพในการกะเทาะและคัดแยกได้สูงสุด ซึ่งพบว่าพันธุ์ที่มีช่องว่างระหว่างเมล็ดในกับเปลือกมาก ขนาดใหญ่ และความชื้นต่ำ จะทำให้ประสิทธิภาพของเครื่องสูงสุด ในเครื่องนี้มีการออกแบบส่วนการคัดแยกด้วยตะแกรงลวดสี่เหลี่ยม ขนาด 1.41 มิลลิเมตร ติดกับอุปกรณ์สั่น เพื่อแยกเอาเมล็ดหักออก และใช้ Aspirator ในการแยกเปลือกแต่เมล็ดที่ยังไม่ได้กะเทาะจะปนออกมากับเมล็ดในซึ่งต้องทำการคัดแยกอีกครั้ง

วัลลภ (2540) คุณสมบัติทางกายภาพของวัสดุเกษตร สามารถนำมาเป็นเกณฑ์ในการคัดแยกเอาสิ่งไม่พึงประสงค์ออกจากสิ่งที่เราไม่ต้องการได้ โดยคุณสมบัติทางกายภาพเหล่านั้นได้แก่ เมล็ดที่มีความกว้างและความหนาต่างกันแยกออกจากกันด้วยตะแกรงที่มีรูกลม (round hole screen) และตะแกรงรูรี (oblong screen) ตามลำดับ



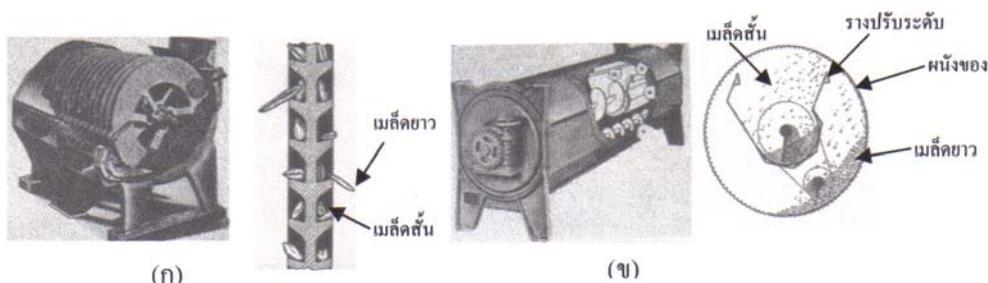
ภาพที่ 8 (ก) round hole screen (ข) oblong screen

เมล็ดที่มีขนาด น้ำหนัก และรูปร่างต่างกันสามารถแยกด้วยตะแกรงและแรงลม (air-screen cleaner) การคัดแยกของเครื่องเกิดจากแรงลมที่เป่าหรือลมดูดขึ้นส่วนที่เบาออกก่อนและหลังการคัดแยกด้วยตะแกรง ส่วนตะแกรงรูปต่างๆ จะคัดแยกสิ่งเจือปนที่มีขนาดและรูปร่างต่างกัน การทำงานของตะแกรงแบ่งเป็น 2 ลักษณะคือ (1) ตะแกรงร่อนหรือตะแกรงบน (scalper or top screen) คัดแยกชิ้นส่วนที่มีขนาดใหญ่กว่าเมล็ดออกโดยใช้ตะแกรงที่มีขนาดใหญ่กว่าเมล็ด (2) ตะแกรงคัดหรือตะแกรงล่าง (grader or bottom screen) คัดชิ้นส่วนที่มีขนาดเล็กกว่าเมล็ดออกโดยใช้ตะแกรงที่มีขนาดเล็กกว่าเมล็ด



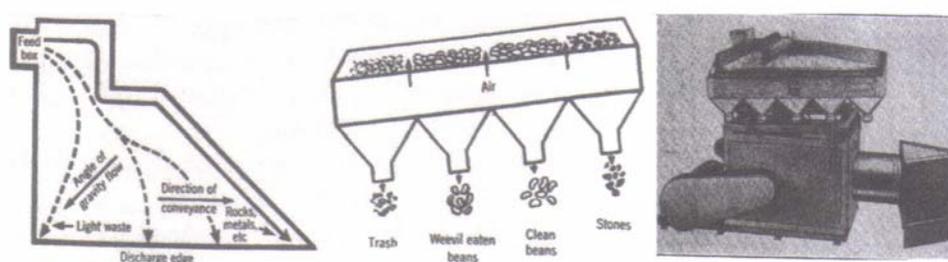
ภาพที่ 9 เครื่องคัดแยกข้าวแบบตะแกรง

เมล็ดที่แตกต่างกันด้านความยาว แยกด้วยเครื่องแยกแบบจาน (disc separator) หรือเครื่องแยกแบบทรงกระบอก (cylinder separator) เครื่องแยกแบบจานประกอบด้วยแผ่นจานกลมที่มีหลุมและรูปร่างขนาดต่างกันเพื่อแยกเมล็ดและสิ่งเจือปนที่มีขนาดต่างกัน โดยองค์ประกอบที่สั้นจะเข้าไปในหลุม ส่วนเมล็ดที่มีความยาวกว่าหลุม ไม่สามารถเข้าหลุมได้จึงไหลออกอีกด้านหนึ่ง เครื่องคัดแยกแบบทรงกระบอกวางตัวในแนวนอนและเอียงทำมุมเล็กน้อย มีหลุมอยู่ภายในผิวทรงกระบอกภายในทรงกระบอกมีรางปรับระดับได้เพื่อรับเมล็ดสั้นที่ถูกยกขึ้นมาจากหลุม ทรงกระบอกที่หมุนส่วนเมล็ดยาวที่ลงหลุมไม่ได้จะตกอยู่บริเวณด้านล่างและจะคัดแยกออกมาอีกด้านหนึ่ง ทั้งสองเครื่องนี้เนื่องจากต้องใช้เวลาในการคัดขนาดนาน จึงทำให้ สมรรถนะในการทำงานต่ำ แต่สามารถคัดขนาดได้อย่างมีประสิทธิภาพสูง



ภาพที่ 10 (ก) disc separator (ข) cylinder

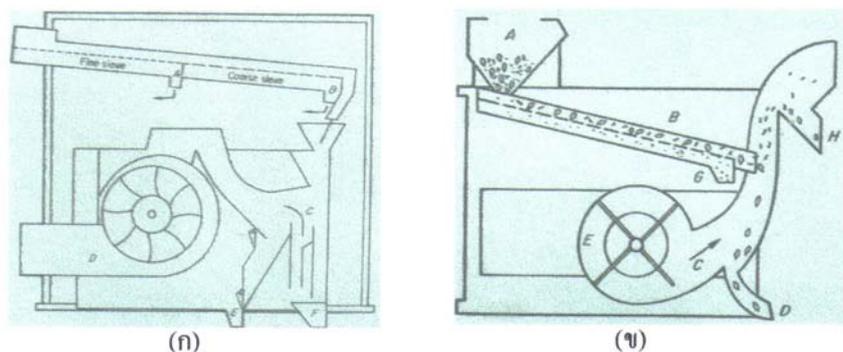
Henderson and Perry (1966) ได้ใช้ความถ่วงจำเพาะ (specific gravity separator) ใช้หลักการแยกตามความถ่วงจำเพาะของวัสดุ โดยขึ้นอยู่กับปัจจัย 2 อย่างคือ (1) ความสามารถในการไหลของวัสดุไปตามพื้นเอียง (2) การลอยตัวของวัสดุ การคัดแยกวิธีนี้มีความแม่นยำในการคัดแยกสูง ตัวเครื่องประกอบด้วยพื้นเอียงเพื่อให้ลมจากพัดลมผ่านได้ เพื่อให้ลมเป่าเม็ลต์แยกชั้นตามน้ำหนักของเม็ลต์ (stratification) ตัวอย่างถาดวางเอียงจากด้านป้อนเม็ลต์เข้ามาสู่ด้านที่เม็ลต์ออก และเอียงจากซ้ายขึ้นไปทางขวา โดยถาดจะเขย่าในด้านซ้าย-ขวาจากด้านที่ต่ำกว่าไปด้านที่สูงกว่าเพื่อให้เม็ลต์ที่มีความถ่วงจำเพาะมากกว่าซึ่งติดกับพื้นเคลื่อนที่ไปด้านที่สูงกว่า ส่วนเม็ลต์ที่มีความถ่วงจำเพาะต่ำจะอยู่ชั้นบนและเคลื่อนที่ลงทางด้านหน้าถาดที่ต่ำกว่าตามความลาดเอียง ทำให้เม็ลต์ที่ไหลออกจากถาดแยกตามความถ่วงจำเพาะน้อยสุดทางด้านต่ำไล่ขึ้นไปจนความถ่วงจำเพาะสูงสุดอยู่ด้านบนสุด



ภาพที่ 11 ได้ใช้ความถ่วงจำเพาะ (specific gravity separator)

เครื่องแยกด้วยลม (aspirator) ใช้คัดแยกเปลือก เม็ลต์ดิบ ฟุ่น ผง และชิ้นส่วนที่มีน้ำหนักเบา การออกแบบใช้หลักการของน้ำหนักของเม็ลต์ ความถ่วงจำเพาะและคุณสมบัติทาง Aerodynamics (James, 1983) ใช้ Aspirator ร่วมกับตะแกรงแบบต่างๆ ในกระบวนการสีข้าวเปลือกเพื่อช่วยให้การคัดแยกมีประสิทธิภาพมากขึ้น โดยตะแกรงทำหน้าที่แยกส่วนที่ละเอียด เช่น รำข้าว ผงฟุ่น หรือ

เมล็ดข้าวหัก และ Aspirator ทำหน้าที่เป่า หรือดูดเอาเปลือก และเมล็ดลีบ ออกจากของผสม โดยที่เมล็ดในของข้าวและเมล็ดข้าวเปลือกจะถูกส่งไปยังเครื่องคัดแยกเมล็ดอีกครั้ง เครื่องเหล่านี้ เช่น Hust Aspirator with Plansifter, Hust Aspirator with Vibrating Sieves เป็นต้น

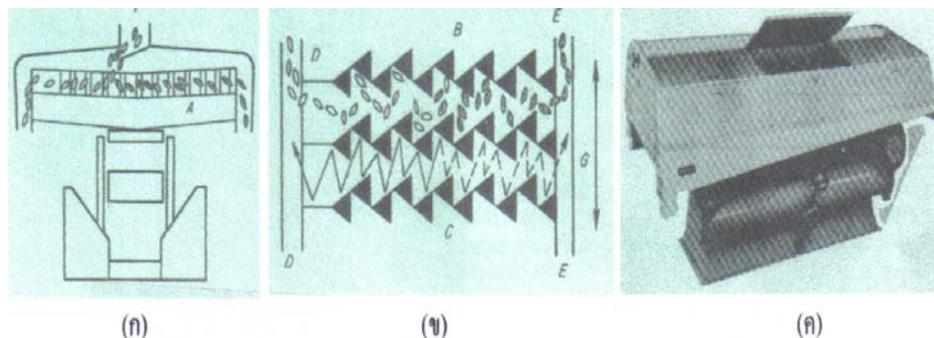


ภาพที่ 12 (ก) Hust Aspirator with Plansifter (ข) Hust Aspirator with Vibrating Sieves

James (1983) การแยกด้วยสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานที่ต่างกัน (coefficient of friction characteristics) ความถ่วงจำเพาะของเมล็ดในของข้าวมีค่ามากกว่าข้าวเปลือก และข้าวเปลือกที่มีขนาดยาวกว่า กว้างกว่า และหนากว่าเมล็ดในข้าว ซึ่งใช้คุณสมบัติเหล่านี้ในการคัดแยกเมล็ดในของข้าวและข้าวเปลือกออกจากกัน เครื่องคัดแยกที่ใช้หลักการนี้แบ่งได้เป็น 2 แบบคือ

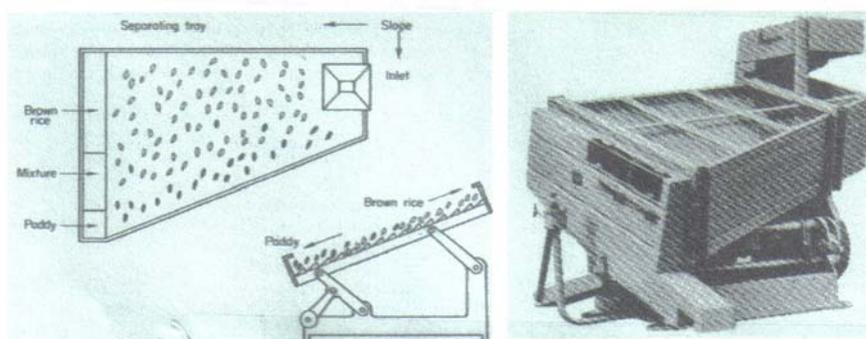
- Compartment type separator ส่วนประกอบของเครื่องดังภาพที่ 13 (ก) แสดงภาพด้านข้างของเครื่อง A เป็น Table และ F เป็น Input hopper ที่รองรับเมล็ดในและเมล็ดข้าวเปลือกที่ผ่านมาจากเครื่องคัดแยกเปลือกและปล่อยของผสมลงตรงกลางเครื่อง ภาพที่ 13 (ข) แสดงภาพด้านบนของเครื่อง โดยที่ G เป็นทิศทางเคลื่อนที่ในแนวราบของเครื่อง เมล็ดที่ถูกปล่อยลงมาจาก hopper ตกลงสู่พื้นเหล็กเรียบ และเมื่อเครื่องเขย่าจะทำให้เมล็ดเคลื่อนที่กลับไปกลับมาชนกับขอบด้านข้างที่เป็นรูซิกแซก (zig-zag) โดยที่พื้นรองรับเมล็ดเอียงเป็นมุมเล็กน้อย จากด้าน D ลงไปสู่ด้าน E เนื่องจากเมล็ดข้าวเปลือกมีความถ่วงจำเพาะน้อยกว่าและสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานมากกว่าและจากการเคลื่อนที่ชนขอบด้านข้างนี้จึงเป็นผลให้เมล็ดข้าวเปลือกเคลื่อนที่ขึ้นไปทางด้าน D ส่วนเมล็ดในของข้าวมีความถ่วงจำเพาะมากกว่าข้าวเปลือกและมีสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานน้อยกว่าจึงมีทิศทางเคลื่อนที่ลงสู่ด้าน E โดยมี capacity ของ compartment 1 ช่องประมาณ 40 kg/hr (long grain) หรือประมาณ 60 kg/hr (short grain) ในการเพิ่ม capacity ของการคัดแยก สามารถเพิ่มจำนวนชั้นได้หลายชั้น โดยที่ 1 ชั้นสามารถแบ่งเป็น compartment ได้ถึง 10 compartment และสามารถปรับความถี่ในการเขย่า มุมเอียงของพื้นได้ตามสภาพและการเปลี่ยนแปลงสมบัติทาง

กายภาพวัสดุได้อีกด้วย รวมทั้งสามารถเปลี่ยนอุปกรณ์ เช่น ผนังด้านข้างรูปซิกแซก พื้นเหล็ก รองรับเมล็ดได้ เมื่อเกิดการสึกหรอ



ภาพที่ 13 (ก) side view (ข) top view (ค) compartment type separator

- Tray type separator เป็นเครื่องที่ออกแบบโดยประเทศญี่ปุ่น ประกอบด้วย ถาด (tray) ซึ่งทำเป็นรูปฟันเลื่อย โดยที่ ถาดเอียงจากด้านบนลงสู่ด้านล่างและจากด้านขวาลงสู่ด้านซ้าย ถูกติดตั้งกับอุปกรณ์เขย่าซึ่งจะทำให้ของผสมที่เคลื่อนที่ลงมาจาก hopper กระเด็นกระดอนขึ้นลงบนถาด ซึ่งเมล็ดในและข้าวเปลือกจะเคลื่อนที่แยกออกจากกัน เมล็ดในที่มีผิวสัมผัสเรียกว่าและมี bulk density มากกว่าจะเคลื่อนที่ขึ้นด้านบนสุดของเครื่อง ส่วนข้าวเปลือกจะเคลื่อนที่ลงด้านล่างเครื่อง ส่วนบริเวณกลางเครื่องจะมีส่วนผสมระหว่างข้าวเปลือกและเมล็ดในซึ่งจะถูกส่งกลับเข้าเครื่องเพื่อทำการคัดแยกใหม่อีกครั้ง เครื่องชนิดนี้สามารถปรับเปลี่ยนสภาวะการทำงานต่างๆ ของเครื่องได้คล้าย Compartment type separator



ภาพที่ 14 Tray type separator

## อุปกรณ์และวิธีการ

### อุปกรณ์

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองมีรายการดังนี้

1. เครื่องกะเทาะเปลือกเมล็ดทานตะวัน
2. เครื่องชั่งมวลแบบ Digital : Precisa รุ่น 6200 CSCS ความละเอียด 0.01 กรัม
3. ถังพลาสติกบรรจุเมล็ดทานตะวัน
4. ตู้อบแห้ง (Drying Oven)
5. ตู้ดูดความชื้น (Desiccator)
6. เครื่องวัดความเร็วรอบ (Digital Tachometer) : ONOSOKKI รุ่น TM2130
7. มอเตอร์ไฟฟ้า : MITSUBISHI รุ่น SF-JR ขนาด 5 กำลังม้า
8. อุปกรณ์ปรับความเร็วรอบ (Inverter) : TOSHIBA รุ่น VF-S9
9. เมล็ดทานตะวัน
10. ภาชนะรองรับเมล็ดทานตะวันที่ผ่านการกะเทาะเปลือกแล้ว
11. เครื่องวัดขนาดเมล็ดทานตะวัน (Vernier caliper)
12. เครื่องวัดความเร็วลม
13. เครื่องทำความสะอาดสิ่งเจือปน

## วิธีการ

เพื่อให้บรรลุตามวัตถุประสงค์การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการพัฒนาเครื่องกะเทาะเปลือกเมล็ดทานตะวัน จึงได้ดำเนินการศึกษาแยกเป็น 4 ขั้นตอน คือ การศึกษาคุณภาพเมล็ดทานตะวันที่ใช้สำหรับทดสอบ การศึกษาการกะเทาะเปลือกเมล็ดทานตะวันด้วยเครื่องกะเทาะแบบแรงเหวี่ยง ศึกษาแนวทางการออกแบบระบบประกอบเครื่องกะเทาะเมล็ดทานตะวัน และการวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม

### 1. การศึกษาคุณภาพเมล็ดทานตะวันที่ใช้ทดสอบเบื้องต้น

การศึกษาคุณภาพเมล็ดทานตะวันที่ใช้ทดสอบเบื้องต้น มีวัตถุประสงค์เพื่อ ศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของเมล็ดทานตะวัน ได้แก่ เปอร์เซ็นต์ความชื้น ขนาด ส่วนประกอบต่างๆของเมล็ดทานตะวัน โดยเมล็ดทานตะวันที่นำมาทำการศึกษาคือเมล็ดทานตะวันลูกผสมพันธุ์พันธุ์แปซิฟิก 33 จาก อำเภอท่าหลวงและอำเภอนานาชาติ จังหวัดอุบลราชธานี และอำเภอพระพุทธบาท จังหวัดสระบุรี เก็บเกี่ยวฤดูการปลูกปี 2549/2550 จำนวนประมาณ 1,000 กิโลกรัม โดยเมล็ดทานตะวันที่ปลูกในแปลงเดียวกันใช้วิธีการเก็บเกี่ยวโดยคนและนวดด้วยเครื่องนวดข้าวโพลที่นำมาดัดแปลงใช้นวดทานตะวัน นำเมล็ดทานตะวันมาลดความชื้นด้วยการตากแดด แล้วนำมาทำความสะอาดโดยเป่าลมและผ่านตะแกรงคัดแยก เพื่อนำสิ่งเจือปนออก จากนั้นบรรจุในกระสอบป่านประมาณ กระสอบละ 80 กิโลกรัม แล้วรัดปากถุงให้แน่น ก่อนนำไปเก็บรักษา ณ ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ซึ่งการศึกษาคุณภาพเมล็ดทานตะวันมีดังนี้

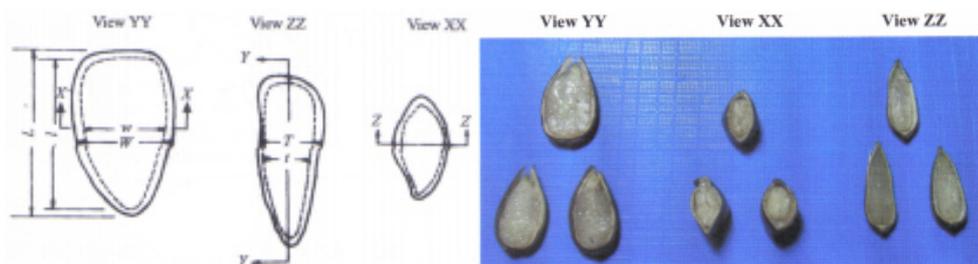
1.1 การศึกษาความชื้นเมล็ดทานตะวัน สุ่มเก็บตัวอย่างเมล็ดทานตะวันในถุงพลาสติกใสที่นำมาเก็บรักษาแล้วแบ่งเมล็ดทานตะวันที่สุ่มได้ออกเป็น 5 ซ้ำๆ ละ 100 กรัมใส่ในภาชนะนำเข้าตู้อบ ที่อุณหภูมิอบ 103 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 72 ชั่วโมง (United Nations Industrial Development Organization [UNIDO], 1995) จากนั้นบันทึกน้ำหนักเมล็ดทานตะวันหลังอบ แล้วนำข้อมูลที่ได้ไปคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ ความชื้น (มาตรฐานเปียก) ตามสมการที่ (1)

$$MC_{wd} = \frac{(W_w - W_d)}{W_w} \times 100 \quad \dots(1)$$

โดยที่  $MC_{wd}$  คือ เปอร์เซ็นต์ความชื้นมาตรฐานเปียก  
 $W_w$  คือ น้ำหนักเริ่มต้น  
 $W_d$  คือ น้ำหนักสุดท้าย

1.2 การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพเมล็ดทานตะวัน ได้ทำการศึกษา ขนาดของเมล็ดทานตะวัน น้ำหนักเมล็ดทานตะวัน น้ำหนักเนื้อในเมล็ดทานตะวัน โดยมีขั้นตอนดำเนินการศึกษาดังนี้

1.2.1 สุ่มเก็บตัวอย่างเมล็ดทานตะวันจำนวน 200 เมล็ด แล้ววัดขนาดทั้งสามด้าน คือ ความกว้าง ความยาว และความหนา ด้วยเวอร์เนียคาลิเปอร์ จากนั้นนำมาแกะเปลือกออกด้วยมือ แยกที่แกะออกเป็นส่วนต่างๆดังนี้ คือ ส่วนของเปลือก และส่วนของเนื้อใน ทำการวัดขนาด เนื้อในเมล็ดที่แกะออกมา ได้แก่ ความกว้าง ความยาว และความหนา ภาพที่ 15 (ก) แสดงลักษณะมิติของขนาด ความกว้าง (W, w) ความยาว (L, l) และความหนา (T, t) ของเมล็ดทานตะวัน โดยเส้นประจะแทนขนาดของเนื้อในเมล็ดทานตะวัน ภาพที่ 15 (ข) เมล็ดทานตะวันที่ผ่าตามแนวแกน



ภาพที่ 15 แสดงภาพตัดขวางของเมล็ดทานตะวัน (ก) ภาพลายเส้นเมล็ด (ข) เมล็ดทานตะวัน

1.2.2 สุ่มทานตะวันตัวอย่างละ 50 กรัม นำมาแกะเปลือกออกด้วยมือ แยกที่แกะออกเป็นส่วนต่างๆดังนี้ คือ ส่วนของเปลือก และส่วนของเนื้อใน จากนั้นชั่งน้ำหนักในแต่ละส่วนที่แยกออกมาจำนวน 5 ตัวอย่าง

## 2. การกำหนดเกณฑ์และรายละเอียดในการออกแบบ

### 2.1 เกณฑ์ในการออกแบบ

2.1.1 ใช้หลักการกะเทาะเปลือกเมล็ดทานตะวันแบบแรงเหวี่ยง

2.1.2 ทางป้อนสามารถทำการป้อนได้อย่างอิสระ

2.1.3 สามารถถอดชิ้นส่วนหลักๆได้ง่าย เพื่อใช้ในการทดสอบปัจจัยต่างๆที่เกี่ยวข้องกับการกะเทาะเปลือก

2.1.4 สามารถปรับความเร็วรอบได้

2.1.5 สามารถเห็นกระบวนการที่เกิดจากการกะเทาะแบบแรงเหวี่ยงได้

2.1.6 ออกแบบการกะเทาะซ้ำโดยใช้พลังงานที่เหลือจากการกะเทาะในชุดจานเหวี่ยง

### 2.2 การออกแบบสร้างเครื่องกะเทาะเมล็ดทานตะวันแบบใช้แรงเหวี่ยง

ในการออกแบบและสร้างเครื่องกะเทาะเปลือกเมล็ดทานตะวันแบบแรงเหวี่ยงสามารถสรุปได้ดังนี้

2.2.1 ช่องทางป้อนเมล็ด เนื่องจากการศึกษานี้ได้ทำการศึกษาเฉพาะส่วนของการกะเทาะเมล็ด ประกอบกับทางผู้ออกแบบมีความประสงค์ที่จะดูกระบวนการกะเทาะที่เกิดขึ้นในชุดกะเทาะจึงใช้พลาสติกพีวีซีใส มาทำฝาปิดเครื่องเพื่อให้สามารถทำการเชื่อมติดกันได้จึงใช้กรวยป้อนและท่อลำเลียงเป็นพลาสติกทั้งหมด โดยทำการเลือกใช้กรวยพลาสติกที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางด้านบน 20 เซนติเมตรและเส้นผ่าศูนย์กลางช่องปล่อยเมล็ด 5 เซนติเมตร กรวยมีมุมลาดเอียงประมาณ 20 องศา และเชื่อมต่อกับท่อพีวีซี ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 5.5 เซนติเมตร โดยใช้ข้อต่อทำมุม 45 องศา กับระนาบจานเหวี่ยง ภาพที่ 16



ภาพที่ 16 กรวยป้อนและท่อลำเลียงเมล็ดทานตะวัน

2.2.2 งานเหวี่ยงเมล็ดทานตะวัน มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 35.5 เซนติเมตร หน้า 6 มิลลิเมตร โดยมีครีบ 4 ครีบ ทำจากเหล็กฉากขนาด 50×50×4 มิลลิเมตร ยาว 13 เซนติเมตร ติดทำมุมซึ่งกันและกัน 90 องศา ดังภาพที่ 17



ภาพที่ 17 งานเหวี่ยงกะเทาะที่ใช้ทดสอบ

2.2.3 ชุดห้องกะเทาะ ทำจากเหล็กแผ่น หน้า 4 มิลลิเมตร กว้าง 7.5 เซนติเมตร ยาว 150 เซนติเมตร 40 เซนติเมตร โดยเปิดช่องทางออกกว้าง 10 เซนติเมตร ดังภาพที่ 18



ภาพที่ 18 ชุดกะเทาะเมล็ดทานตะวัน

2.2.4 ชุดเพิ่มประสิทธิภาพการกะเทาะเปลือก ออกแบบให้เป็นเป่ากระทบที่สามารถปรับระยะห่างจากช่องทางออกได้ หลักการทำงานจะอาศัยแรงเหวี่ยงที่หลุดจากจานเหวี่ยงโดยเมล็ดจะเคลื่อนที่เข้ามากระทบกับเป้าที่เตรียมไว้ โดยชุดเพิ่มประสิทธิภาพนี้ทำเป็นกล่องสี่เหลี่ยม โดยมีขนาด 20×24×16 เซนติเมตร เหล็กหนา 2 มิลลิเมตร โดยทางออกทำมุมเอียง 20 องศา ดังภาพที่ 19



ภาพที่ 19 ชุดเพิ่มประสิทธิภาพการกะเทาะ

2.2.5 แผ่นเป่ากระทบเมล็ด เลือกลงใช้วัสดุ 3 ชนิดที่มีลักษณะแตกต่างกันทางกายภาพ โดยพิจารณาถึงความแข็งและความอ่อนนุ่มของวัสดุ โดยวัสดุคุดังนี้คือ

1. เหล็ก เป็นวัสดุที่มีความแข็ง คงทน ไม่เสียหายง่าย น่าจะเป็นวัสดุรองกระทบที่ดี เหตุผลอีกประการหนึ่ง คือ ตัวห้องกะเทาะนั้นทำจากเหล็กแผ่นอยู่แล้วจึงเลือกเป็นหนึ่งปัจจัยในการหาความสัมพันธ์

2. สายพานยางธรรมชาติ เป็นวัสดุที่มีความแข็งแต่มากทำเหล็กและมีความยืดหยุ่นและอ่อนนุ่มกว่าเหล็ก

3. แผ่นยางสังเคราะห์ ทำจาก Polyethylene (ยางเทา) เป็นวัสดุที่อ่อนนุ่มกว่าสายพานยางและเหล็ก

โดยทำการติดตั้งวัสดุรองกระทบ ทั้ง 3 ชนิดเพื่อใช้ในการทดสอบ แสดงในภาพที่ 20



ภาพที่ 20 การติดตั้งวัสดุรองกระทบ

2.2.6 ระบบส่งกำลัง ทดสอบโดยใช้พลูเลย์และสายพาน โดยมีมอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 5 แรงม้าเป็นต้นกำลังปรับระดับความเร็วรอบด้วย Inverter

จากข้อกำหนดและข้อสรุปในการออกแบบเครื่องกะเทาะเมล็ดทานตะวันพันธุ์แปซิฟิก 33 มีหลักการทำงาน คือ เมล็ดทานตะวันที่ผ่านกระบวนการทำความสะอาดแล้วนั้น จะถูกป้อนจากกรวยป้อน เมล็ดจะไหลผ่านกรวยป้อนลงสู่จานเหวี่ยงกะเทาะ โดยไหลผ่านท่อพีวีซี ที่เชื่อมติดกับฝาปิดด้านหน้าของเครื่องกะเทาะเปลือก เพื่อควบคุมให้ไหลเข้าสู่จุดศูนย์กลางของจานเหวี่ยงกะเทาะ

เปลือกเมล็ดทานตะวัน และจะถูกเหวี่ยงด้วยแรงหนีศูนย์กลางไปกระทบกับผนังเป่ากระทบและถูกพามากระทบกับเป่ากระทบที่ทางออกโดยอาศัยแรงลมพา ซึ่งเป่ากระทบสามารถปรับระยะห่างที่ห่างจากช่องทางออกเมล็ดได้ ซึ่งจะทำให้ถูกกะเทาะเมล็ดในและเปลือกจะถูกลำเลียงออกตรงช่องทางออก จากนั้นนำเมล็ดทานตะวันที่กะเทาะแล้วนำไปทำความสะอาด และคัดแยกชั่งน้ำหนัก เพื่อคำนวณหาค่าชี้ผลต่างๆ เพื่อดูผลของปัจจัยที่ใช้ในการทดสอบต่อไป

### 3. การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อสมรรถนะของชุดกะเทาะเมล็ดทานตะวันแบบแรงเหวี่ยง

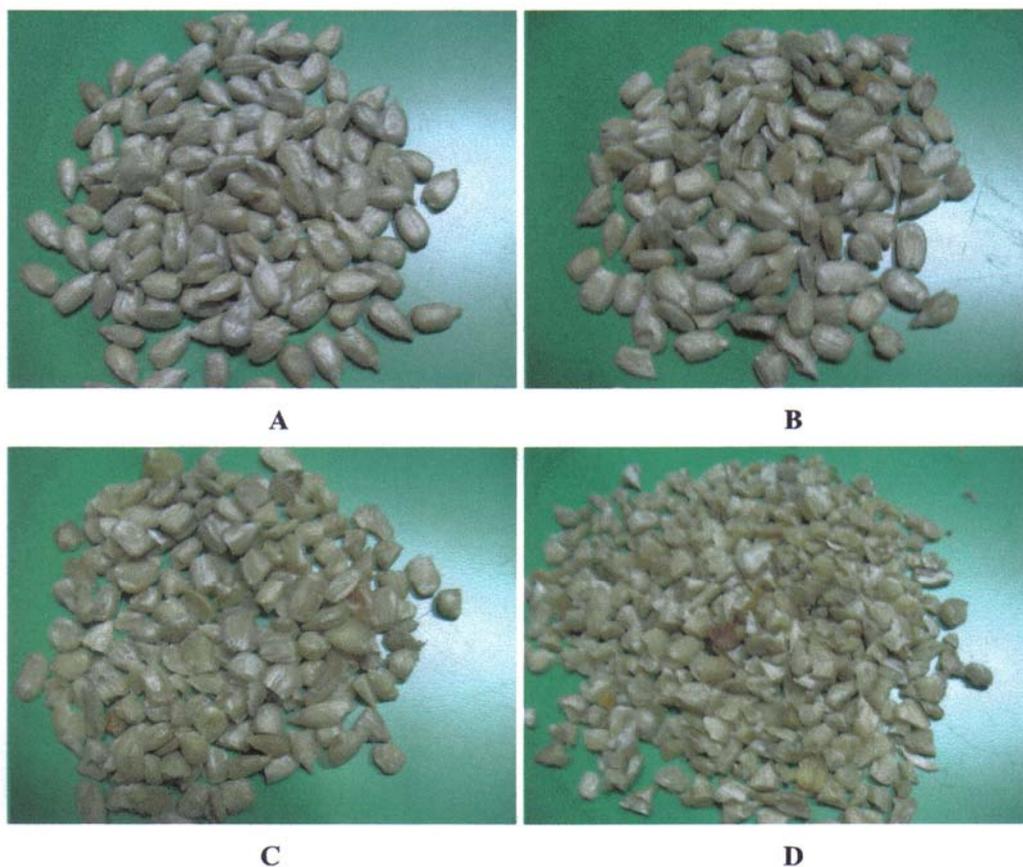
#### 3.1 การศึกษาความเร็วรอบของจานเหวี่ยงและระยะห่างของเป่ากระทบในชุดกะเทาะ

เพื่อศึกษาผลของความเร็วรอบของจานเหวี่ยงและระยะห่างของเป่ากระทบ โดยทำการทดสอบการกะเทาะเมล็ดทานตะวันที่มีระยะห่างของเป่ากระทบต่างกัน โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

##### วิธีการดำเนินการ

1. เตรียมตัวอย่างเมล็ดทานตะวันโดยทำความสะอาดและชั่งน้ำหนักตัวอย่างที่ใช้ทดสอบ
2. ใช้แผนการทดสอบแบบ 4×4 Factorial Experiment in CRD โดยวิเคราะห์ความแปรปรวนตามรูปแบบแผนการทดลอง เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ที่ความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์
3. ทำการทดสอบที่อัตราการป้อน 120 กิโลกรัมต่อชั่วโมง โดยมีระยะห่างของเป่ากระทบห่างจากช่องทางออก 4 ระดับ โดยทำการปรับระยะห่างที่ระยะ 2, 4, 6 และ 8 เซนติเมตร ที่ความเร็วรอบจานเหวี่ยง 4 ระดับ โดยทำการปรับค่าความถี่บนหน้าจอที่แสดงบน Inverter ที่ความถี่ 12.5, 15, 17.5 และ 20 Hz ตามลำดับ ซึ่งจะได้ความเร็วรอบจานเหวี่ยง 1435, 1789, 1949 และ 2240 รอบต่อนาที (ที่ความเร็วเชิงเส้น 150.16, 187.34, 204.09 และ 234.57 เมตรต่อวินาที) โดยมีผนังเป่ากระทบเป็นพื้นหลัก

4. ทำการสุ่ม 4 ซ้ำ นำตัวอย่างเมล็ดทานตะวันที่ได้จากการทดสอบมาทำความสะอาด และคัดแยกตามมาตรฐานที่กำหนด (ภาพที่ 21) และนำผลการศึกษาที่ได้มาวิเคราะห์ทางสถิติ เพื่อวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ของปัจจัยที่ทำการศึกษา



ภาพที่ 21 การคัดแยกชิ้นส่วนเมล็ดทานตะวันแบบต่างๆ

- เมื่อ A คือ เมล็ดในเต็มเมล็ด  
 B คือ เมล็ดในทานตะวันแตกหักเล็กน้อย ( $\frac{3}{4}A < B < A$ )  
 C คือ เมล็ดในทานตะวันแตกหักปานกลาง ( $\frac{1}{2}A < C < B$ )  
 D คือ เมล็ดในทานตะวันแตกหักชิ้นเล็กชิ้นน้อย ( $\frac{1}{2}A > D$ )

ค่าชี้ผล (เกียรติสุดา, 2548)

(1) เปอร์เซนต์กะเพาะ (Seed Efficiency : SE) คำนวณจากสมการ

$$SE = ((A+B+C+D)/((A+B+C+D) + (E \times k)) \times 100 \quad \dots(2)$$

(2) เปอร์เซ็นต์เมล็ดในทีกะเพาะได้เต็มเมล็ด (Full Kernel : FK) คำนวณจากสมการ

$$FK = (A/(A+B+C+D)) \times 100 \quad \dots(3)$$

(3) เปอร์เซ็นต์เมล็ดในทานตะวันแตกหักเล็กน้อย (Quarter Kernel : QK) คำนวณ  
จากสมการ

$$QK = (B/(A+B+C+D)) \times 100 \quad \dots(4)$$

(4) เปอร์เซ็นต์เมล็ดในทานตะวันแตกหักปานกลาง (Half Kernel : HK) คำนวณ  
จากสมการ

$$HK = (C/(A+B+C+D)) \times 100 \quad \dots(5)$$

(5) เปอร์เซ็นต์เมล็ดในทานตะวันแตกหักชิ้นเล็กชิ้นน้อย (Broken Grain : BG)  
คำนวณจากสมการ

$$BG = (D/(A+B+C+D)) \times 100 \quad \dots(6)$$

เมื่อ A คือ น้ำหนักเมล็ดในทีกะเพาะเปลือกได้เต็มเมล็ด (กรัม)  
B คือ น้ำหนักเมล็ดในทานตะวันแตกหักเล็กน้อย (กรัม)  
C คือ น้ำหนักเมล็ดในทานตะวันแตกหักปานกลาง (กรัม)  
D คือ น้ำหนักเมล็ดในทานตะวันแตกหักชิ้นเล็กชิ้นน้อย (กรัม)  
E คือ น้ำหนักเมล็ดทานตะวันที่ไม่ถูกกะเพาะเปลือก (กรัม)  
k คือ อัตราส่วนระหว่างน้ำหนักเมล็ดในต่อน้ำหนักเมล็ดทานตะวันทั้ง  
เปลือก มีค่า เท่ากับ 0.689

### 3.2 การศึกษาผลของความชื้นเมล็ดทานตะวันและความเร็วรอบจานเหวี่ยง ที่มีผลต่อสมรรถนะของเครื่องกะเทาะเปลือกเมล็ดทานตะวัน

เพื่อศึกษาผลของความชื้นเมล็ดทานตะวันและความเร็วรอบจานเหวี่ยงที่มีผลต่อการกะเทาะเปลือกเมล็ดทานตะวัน โดยทำการทดสอบการกะเทาะเมล็ดทานตะวันที่มีค่าระดับความชื้นต่างกัน จากการตรวจเอกสาร พบว่า ค่าความชื้นของเมล็ดทานตะวันมีผลต่อลักษณะทางกายภาพของเมล็ดจึงเป็นปัจจัยที่สำคัญในการออกแบบเครื่องกะเทาะเปลือกเมล็ดทานตะวัน Gupta and Das (1996) และอารีย์ (2547) ได้ทำการศึกษาอิทธิพลของความชื้นที่มีต่อเปอร์เซ็นต์การกะเทาะ พบว่าระดับความชื้นที่แตกต่างจะให้ผลการกะเทาะที่แตกต่าง โดยเปอร์เซ็นต์การกะเทาะสูงที่ความชื้นต่ำ และมีเปอร์เซ็นต์กะเทาะต่ำที่ความชื้นเมล็ดสูง ดังนั้น จึงควรทำการศึกษาระดับความชื้นที่เหมาะสมในการกะเทาะเปลือกเมล็ดทานตะวัน ในการศึกษาทำการเลือกระดับความชื้นเมล็ดทานตะวันจาก 6.75 ถึง 15 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานเปียก ซึ่งครอบคลุมความชื้นในการเก็บรักษาเมล็ดทานตะวันด้วย

#### วิธีการดำเนินการ

1. เตรียมตัวอย่างเมล็ดทานตะวัน โดยทำความสะอาดและชั่งน้ำหนักตัวอย่างที่ใช้ทดสอบ
2. ใช้แผนการทดสอบแบบ  $4 \times 3$  Factorial Experiment in CRD โดยวิเคราะห์ความแปรปรวนตามรูปแบบแผนการทดลอง เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ที่ความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์
3. ทำการทดสอบที่อัตราการป้อน 120 กิโลกรัมต่อชั่วโมง โดยมีระยะห่างของเป้ากระทบห่างจากช่องทางออก 6 เซนติเมตร ที่ความเร็วรอบจานเหวี่ยง 4 ระดับ โดยทำการปรับค่าความถี่บนหน้าจอที่แสดงบน Inverter ที่ความถี่ 12.5, 15, 17.5 และ 20 Hz ตามลำดับ ซึ่งจะได้ความเร็วรอบจานเหวี่ยง 1435, 1789, 1949 และ 2240 รอบต่อนาที(ที่ความเร็วเชิงเส้น 150.16, 187.34, 204.09 และ 234.57 เมตรต่อวินาที) โดยมีผนังเป้ากระทบเป็นพื้นเหล็ก
4. โดยตัวอย่างที่นำมาทำการทดสอบมี 3 ระดับความชื้นคือ 6.75, 9.94 และ 15 เปอร์เซ็นต์ ทำการสุ่ม 4 ซ้ำ นำตัวอย่างเมล็ดทานตะวันที่ได้จากการทดสอบมาทำความสะอาด และ

คัดแยกตามมาตรฐานที่กำหนด (ภาพที่ 21) และนำผลการศึกษาที่ได้มาวิเคราะห์ทางสถิติ เพื่อวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ของปัจจัยที่ทำการศึกษา

3.3 การศึกษาชนิดของผนังเป่ากระทบเมล็ดทานตะวัน อัตราการป้อน และความเร็วรอบงานเหวี่ยง

ในการทดสอบนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาชนิดผนังเป่ากระทบเมล็ดทานตะวัน อัตราการป้อนเมล็ดที่ระดับต่างๆ และความเร็วรอบงานเหวี่ยงเมล็ด ในการกะเทาะเปลือกเมล็ดทานตะวัน

วิธีการดำเนินการ

1. เตรียมตัวอย่างเมล็ดทานตะวันโดยทำความสะอาดและชั่งน้ำหนักตัวอย่างที่ใช้ทดสอบ
2. ใช้แผนการทดสอบแบบ  $3 \times 4 \times 4$  Factorial Experiment in CRD โดยวิเคราะห์ความแปรปรวนตามรูปแบบแผนการทดลอง เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ที่ความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์
3. ทำการทดสอบที่อัตราการป้อน 4 ระดับ คือ 25, 50, 80 และ 120 กิโลกรัมต่อชั่วโมง โดยมีระยะห่างของเป่ากระทบห่างจากช่องทางออก 6 เซนติเมตร ที่ความเร็วรอบงานเหวี่ยง 4 ระดับ โดยทำการปรับค่าความถี่บนหน้าจอที่แสดงบน Inverter ที่ความถี่ 12.5, 15, 17.5 และ 20 Hz ตามลำดับ ซึ่งจะได้ความเร็วรอบงานเหวี่ยง 1435, 1789, 1949 และ 2240 รอบต่อนาที (ที่ความเร็วเชิงเส้น 150.16, 187.34, 204.09 และ 234.57 เมตรต่อวินาที) โดยทำการเปลี่ยนผนังเป่ากระทบเป็นพื้นเหล็ก สายพานยาง และแผ่นยางสังเคราะห์ที่ทำจาก Polyethylene
4. ทำการสุ่ม 4 ซ้ำ นำตัวอย่างเมล็ดทานตะวันที่ได้จากการทดสอบมาทำความสะอาดและคัดแยกตามมาตรฐานที่กำหนด (ภาพที่ 21) และนำผลการศึกษาที่ได้มาวิเคราะห์ทางสถิติ เพื่อวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ของปัจจัยที่ทำการศึกษา

#### 4. การศึกษาระบบประกอบการกะเทาะเมล็ดทานตะวัน

##### 4.1 การศึกษาการคัดขนาดเมล็ดทานตะวันด้วยเครื่องคัดแบบรูตะแกรง

การศึกษาศักยภาพการคัดขนาดเมล็ดทานตะวันด้วยเครื่องคัดแบบรูตะแกรงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ของการคัดขนาดเมล็ดทานตะวัน เพื่อให้มีขนาดเมล็ดที่เหมือนกันเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการกะเทาะเปลือก โดยกำหนดให้เมล็ดทานตะวันที่มีความหนาของเมล็ดมากกว่า 3 มิลลิเมตร และขนาดเมล็ดน้อยกว่า 3 มิลลิเมตร นำมาผสมกันในอัตราส่วนระหว่างเมล็ดทานตะวันที่มีขนาดของเมล็ดมากกว่า 3 มิลลิเมตร ต่อ ขนาดเมล็ดหนาน้อยกว่า 3 มิลลิเมตร โดยทำการกำหนดอัตราส่วนในการผสมเป็น 3:1, 2:1, 1:1, 1:2 และ 1:3 ตามลำดับ ในการทดสอบประสิทธิภาพเครื่องคัดขนาดเมล็ดทำโดยนำเมล็ดทานตะวัน 5 กิโลกรัม มาทำการคัดขนาดโดยจะทำการสุ่มเก็บตัวอย่างที่คัดแยก ตัวอย่างละ 200 กรัม ทำ 3 ซ้ำ จากช่องทางออกทั้งหมดที่ออกจากเครื่องคัดขนาดเมล็ด นำมาทำการคัดแยกและคำนวณประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องคัดขนาดเมล็ด



ภาพที่ 22 (ก) เครื่องคัดขนาดแบบรูตะแกรง (ข) ตะแกรงที่ใช้ทดสอบ

##### 4.2 การศึกษาศักยภาพการคัดแยกเมล็ดในทานตะวันกับเมล็ดทานตะวันที่ไม่กะเทาะเปลือก

มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษามุมเอียงที่เหมาะสมที่ใช้ในการแยกเมล็ดทานตะวันกับเนื้อในเมล็ด โดยมีขั้นตอนการศึกษาดังนี้คือ นำเอาเมล็ดในทานตะวัน 2 กิโลกรัม ผสมกับเมล็ดทานตะวันที่ยังไม่กะเทาะเปลือก 2 กิโลกรัม นำมาเทใส่เครื่องคัดแยกที่กำหนดมุมเอียงของพื้นตะแกรงคัดแยก (ตะแกรงซิกแซก) โดยกำหนดมุมเอียงที่ใช้ศึกษา 3 ระดับ คือ 10, 20 และ 30 องศา



ภาพที่ 23 เครื่องคัดแยกเมล็ดในทานตะวันและเมล็ดทานตะวันไม่กะเทาะ

## 5. การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม

ไพบูลย์ (2542) กล่าวว่าเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม หมายถึง การนำเอาเศรษฐศาสตร์มาประยุกต์ใช้กับงานด้านวิศวกรรม เพื่อให้สามารถใช้ทรัพยากรที่อยู่กับงานด้านวิศวกรรมอย่างประหยัดเพื่อใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

### 5.1 ค่าใช้จ่ายทั้งหมดที่เกิดขึ้นในการกะเทาะเปลือกเมล็ดทานตะวัน

แบ่งได้ 2 กลุ่ม ดังนี้คือ

1.1 ค่าใช้จ่ายคงที่ (Fixed Cost) เป็นค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นในระยะเวลาที่กำหนด ไม่ขึ้นกับปริมาณการใช้เครื่องจักร ประกอบด้วย ดอกเบี้ยจากการลงทุนสร้างเครื่องจักร และค่าเสื่อมราคา

1.2 ค่าใช้จ่ายผันแปร (Variable Cost) เป็นค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นตามปริมาณการใช้งาน ประกอบด้วย ค่าบำรุงรักษา ค่าไฟฟ้า ค่าจ้างแรงงาน และค่าซ่อมแซม

$$AC = FC + VC \quad \dots(7)$$

โดยที่ AC คือ ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นในการกะเทาะเปลือกเมล็ดทานตะวัน (บาท)  
 FC คือ ค่าใช้จ่ายคงที่ (บาท)  
 VC คือ ค่าใช้จ่ายผันแปร (บาท)

## 5.2 ค่าเสื่อมราคา (Depreciation)

ค่าเสื่อมราคา คือ มูลค่าที่ต่ำลงไปของเครื่องมือเครื่องจักรที่ซื้อมาใช้ในการผลิตเมื่อใช้งานไประยะหนึ่งก็จะมีการเสื่อมสภาพไปตามอายุการใช้งานหรือตามปริมาณการผลิต จะทำให้มูลค่าต่ำลงได้จนหมดอายุการใช้งาน อาจจะต้องขายเป็นซากได้

การคิดค่าเสื่อมราคาแบบเส้นตรง (Straight-Line Depreciation) เป็นวิธีที่นิยมใช้เพราะคำนวณง่าย โดยการใช้ค่ามูลค่าของทรัพย์สินลบด้วยมูลค่าซาก แล้วหารด้วยจำนวนอายุการใช้งาน จะได้ค่าเสื่อมราคาในแต่ละปีดังนี้

$$\text{ค่าเสื่อมราคาต่อปี} = (P-L)/N \quad \dots(8)$$

โดยที่ P คือ ราคาทุนของทรัพย์สิน (บาท)  
L คือ ราคาหรือมูลค่าซากเมื่อหมดอายุการใช้งานของทรัพย์สิน (บาท)  
N คือ จำนวนอายุการใช้งานของทรัพย์สิน (ปี)

## 5.3 จุดคุ้มทุน (Break Even Point)

จุดคุ้มทุน คือ จุดซึ่งรายได้จากการลงทุนคุ้มกับค่าลงทุน หรืออีกนัยหนึ่งหมายถึง จุดที่แสดงค่าใช้จ่ายกับรายรับเท่ากัน ซึ่งมีความหมายว่าเป็นจุดซึ่งมีกำไรเป็นศูนย์นั่นเอง

$$\text{BEP} = FC/(P-VC) \quad \dots(9)$$

โดยที่ BEP คือ จุดคุ้มทุน (หน่วย)  
FC คือ ค่าใช้จ่ายคงที่ (บาท)  
VC คือ ค่าใช้จ่ายผันแปรต่อหน่วย (บาท/หน่วย)  
P คือ กำไร (บาท/หน่วย)

#### 5.4 ระยะเวลาคืนทุน (Payback Period)

ระยะเวลาคืนทุน คือ เวลาที่ต้องการเพื่อให้การลงทุนเริ่มต้นได้รับการคืนทุน โดยไม่คำนึงถึงค่าของเงินที่เปลี่ยนแปลงตามเวลา

$$PBP = CF_0 / YCF \quad \dots(10)$$

โดยที่ PBP คือ ระยะเวลาคืนทุน (ปี)  
CF<sub>0</sub> คือ เงินทุนเริ่มต้นหรือค่าใช้จ่ายในการสร้างเครื่อง (บาท)  
YCF คือ กำไรเฉลี่ยแต่ละปี (บาท)

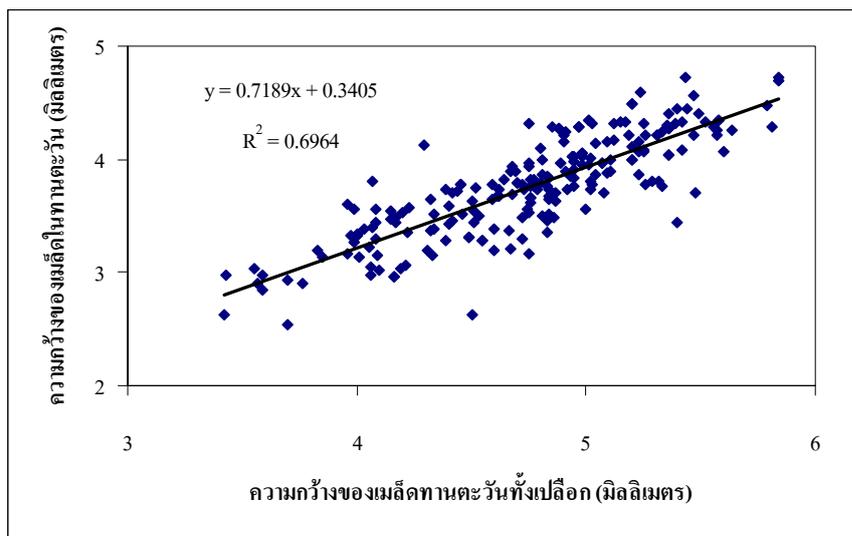
## ผลและวิจารณ์

ผลการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของเมล็ดทานตะวันที่ใช้ในการทดสอบ การศึกษาตัวแปรที่มีผลต่อการทำงานของเครื่องกะเทาะเมล็ดทานตะวันแบบแรงเหวี่ยง การศึกษาระบบประกอบเครื่องกะเทาะเมล็ดทานตะวัน ผลการศึกษามีรายละเอียดดังนี้

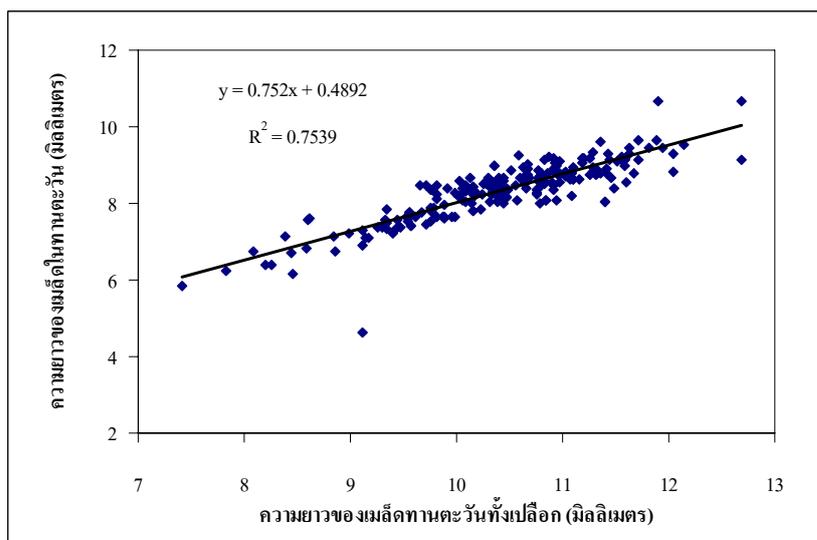
### 1. ผลการศึกษาคุณภาพเมล็ดทานตะวันที่ใช้ทดสอบเบื้องต้น

เนื่องจากคุณสมบัติทางกายภาพของเมล็ดทานตะวันมีความสำคัญต่อการออกแบบส่วนประกอบหลักของเครื่องกะเทาะ ในการศึกษาครั้งนี้จึงได้วัดขนาดความกว้าง ความยาว และความหนาของเมล็ดทานตะวันทั้งเปลือก และเมล็ดในทานตะวัน น้ำหนักต่อ 200 เมล็ด และอัตราส่วนของน้ำหนักเมล็ดในต่อน้ำหนักของเมล็ดทานตะวันทั้งเปลือก มีรายละเอียดผลการศึกษาดังนี้

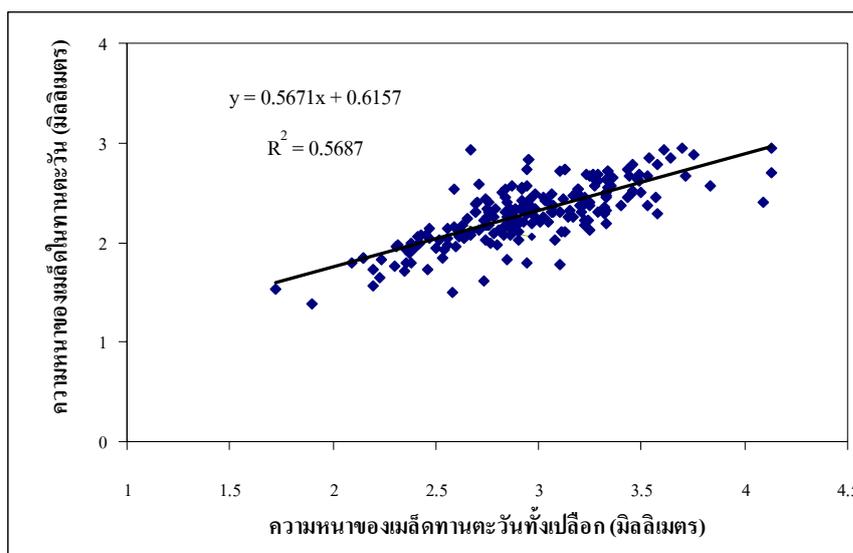
ผลการศึกษาขนาดความกว้าง ความยาว และความหนาของเมล็ดทานตะวันพันธุ์แปซิฟิก 33 ที่ได้จากการสุ่มตัวอย่าง จำนวน 200 เมล็ด ที่ความชื้นเมล็ดทานตะวัน 7.11 เปอร์เซ็นต์มาตรฐาน เปียก แสดงในภาคผนวก ก. และ ตารางที่ ก.1 พบว่าเมล็ดทานตะวันทั้งเปลือกมีความกว้าง ความยาว และความหนา อยู่ระหว่างช่วง 3.42 ถึง 5.84 มิลลิเมตร 7.41 ถึง 12.68 มิลลิเมตร และ 1.72 ถึง 4.13 มิลลิเมตรตามลำดับ และเมล็ดในทานตะวันมีความกว้าง ความยาว และความหนา อยู่ระหว่างช่วง 2.54 ถึง 4.72 มิลลิเมตร 4.65 ถึง 10.63 มิลลิเมตร และ 1.83 ถึง 2.94 มิลลิเมตร ตามลำดับ โดยความสัมพันธ์ระหว่างความกว้าง ความยาว และความหนา ของเมล็ดทานตะวันทั้งเปลือก และเมล็ดในทานตะวัน ซึ่งพบว่าความยาวและความหนามีสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่ใกล้เคียงกัน โดยความกว้างของเมล็ดจะมีความสัมพันธ์ของตัวแปรที่มากกว่าความยาว และความหนา ดังแสดงในภาพที่ 24, 25 และ 26 ตามลำดับ



ภาพที่ 24 ความกว้างของเมลิคทานตะวันทั้งเปลือกและเมลิคในทานตะวัน



ภาพที่ 25 ความยาวของเมลิคทานตะวันทั้งเปลือกและเมลิคในทานตะวัน



ภาพที่ 26 ความหนาของเมล็ดทานตะวันทั้งเปลือกและเมล็ดในทานตะวัน

ผลการวัดขนาดของเมล็ดทานตะวันทั้งเปลือก และเมล็ดใน สามารถนำข้อมูลที่ได้ไปใช้ในการพิจารณาในการออกแบบ ขนาดของถังป้อน ขนาดช่องป้อนเมล็ดเข้าสู่ห้องกะเทาะ และใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการออกแบบชุดกะเทาะเมล็ดทานตะวัน โดยใช้หลักการแบบแรงเหวี่ยง

อัตราส่วนระหว่างเมล็ดในกับเปลือกที่ทำการศึกษา พบว่า อัตราส่วนของน้ำหนักเมล็ดในต่อน้ำหนักเมล็ดทานตะวันทั้งหมด (รวมเปลือกและเนื้อใน) มีค่า 0.689

## 2. ผลการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อสมรรถนะของเครื่องกะเทาะเมล็ดทานตะวันแบบแรงเหวี่ยง

### 2.1 ผลการศึกษาความเร็วรอบของจานเหวี่ยงและระยะห่างของเป่ากระทบในชุดกะเทาะ

ผลการศึกษาการกะเทาะเมล็ดทานตะวัน โดยอาศัยหลักการแบบแรงเหวี่ยง เมื่อทดสอบเก็บข้อมูลที่ความเร็วจานเหวี่ยงกะเทาะที่ความเร็วรอบจานเหวี่ยง 4 ระดับ โดยทำการปรับค่าความถี่บนหน้าจอที่แสดงบน Inverter ที่ความถี่ 12.5, 15, 17.5 และ 20 Hz ตามลำดับ ซึ่งจะมีความเร็วรอบจานเหวี่ยง 1435, 1789, 1949 และ 2240 รอบต่อนาที (ที่ความเร็วเชิงเส้น 150.16, 187.34, 204.09 และ 234.57 เมตรต่อวินาที) โดยมีผนังเป่ากระทบเป็นพื้นเหล็ก ซึ่งกำหนดให้มีระยะห่างของเป่ากระทบ 2, 4, 6 และ 8 เซนติเมตรจากช่องทางออกของเมล็ด ใช้เมล็ดทานตะวันพันธุ์แปซิฟิก 33 ที่ความชื้น 7.11 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานเปียก ข้อมูลผลการศึกษาและผลการวิเคราะห์ทางสถิติดังแสดงในตารางผนวกที่ ก.2. ถึงตารางผนวกที่ ก.5. พบว่าความเร็วรอบจานเหวี่ยง

กะเทาะเมล็ดและระยะห่างของเป้ากระทบเมล็ด มีผลต่อ เปอร์เซ็นต์เมล็ดในทีกะเทาะได้เต็มเมล็ด เปอร์เซ็นต์เมล็ดในแตกหักน้อย เปอร์เซ็นต์เมล็ดในแตกหักปานกลาง มีผลแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ มีเพียงความเร็วรอบงานเหวี่ยงกะเทาะเมล็ดเท่านั้นที่มีผลต่อ เปอร์เซ็นต์กะเทาะ และเปอร์เซ็นต์เมล็ดในแตกหักชิ้นเล็กชิ้นน้อย ซึ่งแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ มีรายละเอียดของผลการศึกษาดังนี้

1. เปอร์เซ็นต์กะเทาะ จากตารางผนวกที่ ก.6. แสดงการเปรียบเทียบค่าเปอร์เซ็นต์กะเทาะเฉลี่ยที่ความเร็วรอบงานเหวี่ยงกะเทาะเมล็ดและระยะห่างเป้ากระทบเมล็ด พบว่าความเร็วรอบงานเหวี่ยงมีผลทำให้เปอร์เซ็นต์กะเทาะแตกต่างกัน โดยที่ความเร็วรอบงานเหวี่ยงกะเทาะ 2240 รอบต่อ นาที (ความเร็วเชิงเส้น 234.57 เมตรต่อวินาที) ในแต่ละระยะของเป้ากระทบมีเปอร์เซ็นต์กะเทาะสูงสุดเฉลี่ย 86.14 เปอร์เซ็นต์ ที่ผนังเป้ากระทบเป็นหลัก เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยในแต่ละระยะของเป้ากระทบต่างๆพบว่า เมื่อความเร็วรอบงานเหวี่ยงกะเทาะเพิ่มขึ้นทำให้เปอร์เซ็นต์กะเทาะเพิ่มสูงขึ้น แสดงในภาพที่ 27

2. เปอร์เซ็นต์เมล็ดในกะเทาะได้เต็มเมล็ด จากตารางผนวกที่ ก.7. แสดงผลการเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์เมล็ดในทีกะเทาะได้เต็มเมล็ด พบว่าความเร็วรอบงานเหวี่ยงกะเทาะเมล็ดและระยะห่างของเป้ากระทบเมล็ดมีผลทำให้เปอร์เซ็นต์เมล็ดในทีกะเทาะได้เต็มเมล็ดแตกต่างกันทางสถิติ โดยที่ความเร็วรอบงานเหวี่ยงกะเทาะ 1789 รอบต่อนาที(ที่ความเร็วเชิงเส้น 187.34 เมตรต่อวินาที) มีเปอร์เซ็นต์เมล็ดในทีกะเทาะได้เต็มเมล็ดสูงกว่า 1949 และ 2240 รอบต่อนาที (ที่ความเร็วเชิงเส้น 204.09 และ 234.57 เมตรต่อวินาที) เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของระยะห่างของเป้ากระทบต่างๆพบว่า เปอร์เซ็นต์เมล็ดในทีกะเทาะได้เต็มเมล็ดลดลงเมื่อความเร็วรอบงานเหวี่ยงกะเทาะเมล็ดทานตะวันเพิ่มขึ้น โดยความเร็วรอบงานเหวี่ยงกะเทาะเมล็ด 1789 รอบต่อนาที ที่ระยะห่างเป้ากระทบ 2 เซนติเมตร มีค่าเฉลี่ยสูงสุด 71.48 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อความเร็วรอบงานเหวี่ยงกะเทาะเมล็ดทานตะวันเพิ่มจาก 1949 ถึง 2240 รอบต่อนาที ระยะห่างเป้ากระทบ 4 และ 6 เซนติเมตร จะมีเปอร์เซ็นต์กะเทาะสูงกว่า 8 เซนติเมตร โดยระยะห่าง 4 เซนติเมตรมีค่าเฉลี่ยจาก 62.39 เหลือ 29.46 เปอร์เซ็นต์ ที่ระยะห่างเป้ากระทบเมล็ด 6 เซนติเมตรมีค่าเฉลี่ยในช่วง 28.12 - 69.12 เปอร์เซ็นต์ แสดงในภาพที่ 28

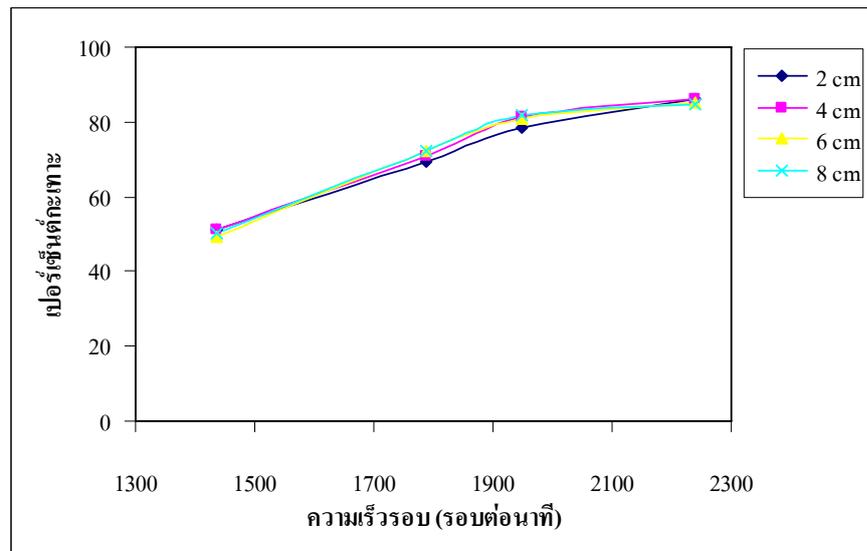
3. เปอร์เซ็นต์เมล็ดในแตกหักเล็กน้อย จากตารางผนวกที่ ก.8. แสดงผลการเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์เมล็ดในแตกหักเล็กน้อยที่ความเร็วรอบงานเหวี่ยงกะเทาะเมล็ดและระยะห่างเป้ากระทบเมล็ด พบว่า ความเร็วรอบงานเหวี่ยงกะเทาะเมล็ดทานตะวันมีผลต่อเปอร์เซ็นต์เมล็ดในแตกหักเล็กน้อยแตกต่างกันทางสถิติ โดยพบว่า เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยในแต่ละระยะห่าง

ของเป้ากระทบพบว่า ระยะห่าง 6 เซนติเมตร มีค่าเปอร์เซ็นต์เมล็ดในแตกหักเล็กน้อยสูงสุด เฉลี่ย ในช่วง 25.65-28.78 เปอร์เซ็นต์ ที่ความเร็วงานเหวี่ยงกะเทาะจาก 1949 และ 2240 รอบต่อนาที (ที่ความเร็วเชิงเส้น 204.09 และ 234.57 เมตรต่อวินาที) ดังภาพที่ 29

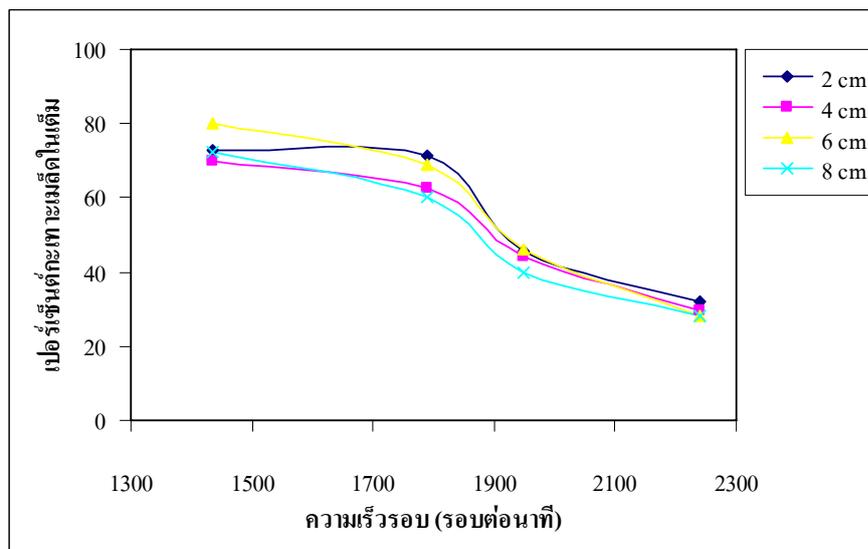
4. เปอร์เซ็นต์เมล็ดในหักกลาง จากตารางผนวกที่ ก.9. แสดงผลการเปรียบเทียบ เปอร์เซ็นต์เมล็ดในหักกลางเฉลี่ยที่ความเร็วรอบงานเหวี่ยงกะเทาะและระยะห่างเป้ากระทบเมล็ด พบว่า ความเร็วรอบของงานเหวี่ยงกะเทาะเมล็ดมีผลทำให้เปอร์เซ็นต์เมล็ดในหักกลางแตกต่างกัน ทางสถิติ ดังภาพที่ 30 แสดงให้เห็นว่าที่ระยะห่างเป้ากระทบ 8 เซนติเมตรความเร็วรอบงานเหวี่ยงกะเทาะ 2240 รอบต่อนาที (ที่ความเร็วเชิงเส้น 234.57 เมตรต่อวินาที) มีค่าเปอร์เซ็นต์เมล็ดในแตกหักปานกลางสูงสุดมีค่าเฉลี่ย 22.06 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยในแต่ละระยะห่างของเป้ากระทบเมล็ดทานตะวัน

5. เปอร์เซ็นต์เมล็ดในแตกหักชิ้นเล็กชิ้นน้อย จากตารางผนวกที่ ก.10. แสดงผลการเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์เมล็ดในแตกหักชิ้นเล็กชิ้นน้อยเฉลี่ย พบว่า ความเร็วรอบงานเหวี่ยงกะเทาะ มีผลทำให้ เปอร์เซ็นต์เมล็ดในแตกหักชิ้นเล็กชิ้นน้อยแตกต่างกันทางสถิติ ผลจากการเปรียบเทียบ พบว่า เมื่อความเร็วรอบงานเหวี่ยงกะเทาะเมล็ดเพิ่มขึ้นทำให้เปอร์เซ็นต์เมล็ดในแตกหักชิ้นเล็กชิ้นน้อยเพิ่มขึ้นในแต่ละระยะห่างเป้ากระทบเมล็ด ดังภาพที่ 31 โดยที่ความเร็วงานเหวี่ยงกะเทาะ 2240 รอบต่อนาที (ที่ความเร็วเชิงเส้น 234.57 เมตรต่อวินาที) ระยะห่างเป้ากระทบ 8 เซนติเมตร มีค่าเฉลี่ยสูงสุดเฉลี่ย 23.43 เปอร์เซ็นต์

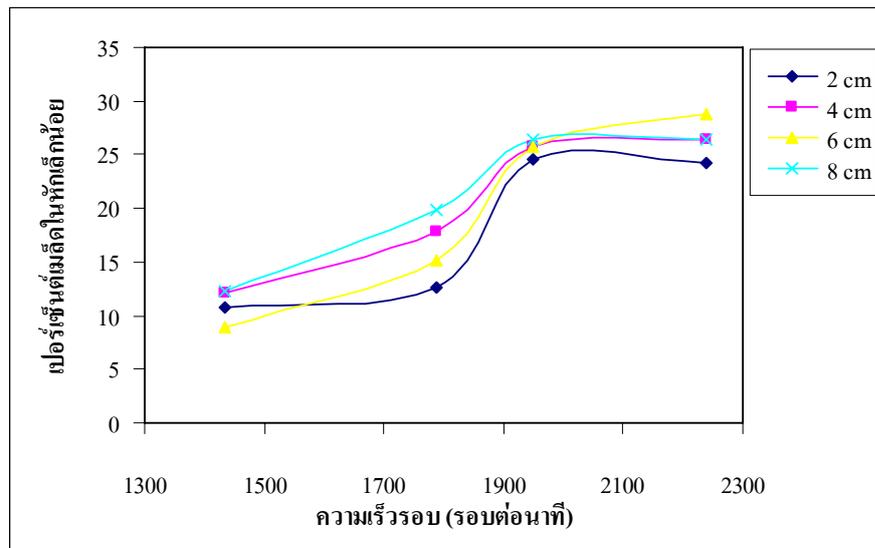
จากผลการศึกษาสามารถสรุปผลได้ว่าที่ความเร็วรอบงานเหวี่ยงกะเทาะเมล็ดจาก 1789 และ 1949 รอบต่อนาที ระยะห่างเป้ากระทบ 4 และ 6 เซนติเมตร มีเปอร์เซ็นต์กะเทาะสูงเมื่อทดสอบที่อัตราป้อนที่เท่ากัน ดังนั้นจึงนำระยะห่างเป้ากระทบที่ 6 เซนติเมตร ไปใช้ในการศึกษาต่อไป



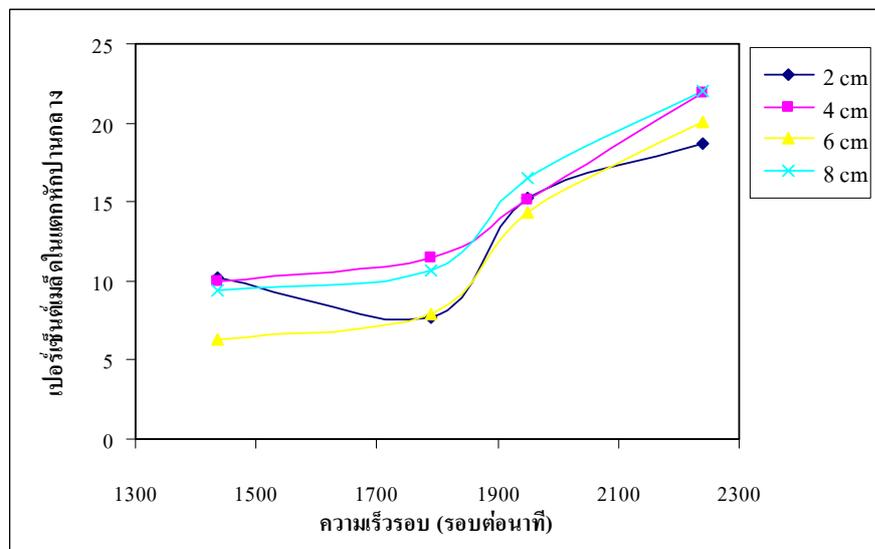
ภาพที่ 27 ผลของความเร็วงานเหวี่ยงกะเทาะที่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์กะเทาะ ในแต่ละระยะห่างของเป้ากระทบเมล็ดทานตะวัน



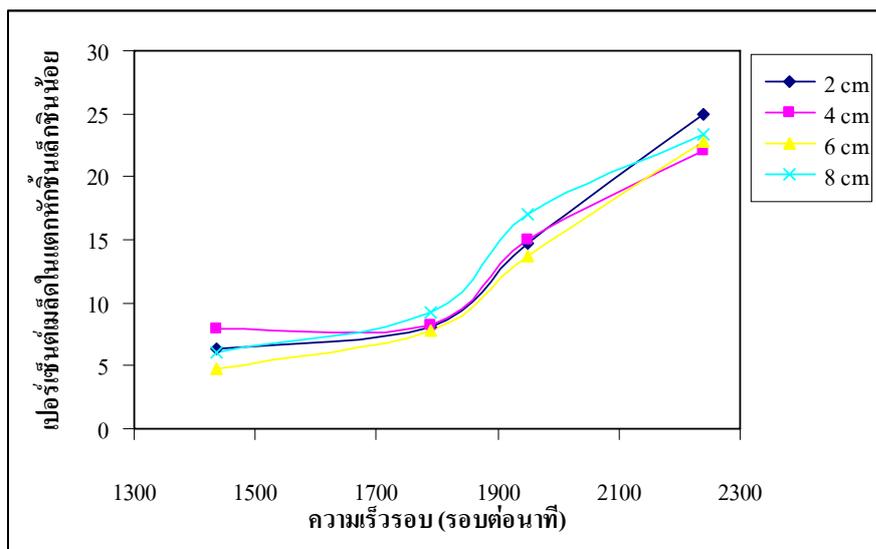
ภาพที่ 28 ผลของงานเหวี่ยงกะเทาะที่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์เมล็ดในกะเทาะได้เต็มเมล็ดในในแต่ละระยะห่างของเป้ากระทบเมล็ดทานตะวันต่างๆ



ภาพที่ 29 ผลของความเร็วจานเหยียงกะเทาะที่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์เมล็ดในแตกหักเล็กน้อย ในแต่ละระยะห่างของเป้ากระทบเมล็ดทานตะวันต่างๆ



ภาพที่ 30 ผลของความเร็วจานเหยียงกะเทาะที่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์เมล็ดในหักปานกลางในแต่ละระยะห่างของเป้ากระทบเมล็ดทานตะวัน



ภาพที่ 31 ผลของความเร็วงานเหวี่ยงกะเทาะเมล็ดที่มีต่อเปอร์เซ็นต์เมล็ดในแตกหักชิ้นเล็กชิ้นน้อยในแต่ละระยะของเป้ากระทบเมล็ดทานตะวันต่างๆ

2.2 ผลการศึกษาผลของความชื้นเมล็ดทานตะวันและความเร็วรอบงานเหวี่ยง ที่มีผลต่อสมรรถนะของเครื่องกะเทาะเปลือกเมล็ดทานตะวัน

ผลการศึกษาการกะเทาะเปลือกเมล็ดทานตะวัน โดยใช้อัตราป้อนคงที่ 120 กิโลกรัมต่อชั่วโมง และระยะห่างระหว่างเป้ากระทบ 6 เซนติเมตร โดยมีผนังเป้ากระทบเป็นพื้นเหล็ก ซึ่งได้จากการศึกษาในตอนต้นที่กล่าวมา จากข้อมูลที่ทำการศึกษาและผลการวิเคราะห์ทางสถิติ แสดงในตารางผนวกที่ ก.11. ถึงตารางผนวกที่ ก.14 พบว่า ความเร็วรอบและความชื้นมีผลต่อค่าเปอร์เซ็นต์กะเทาะ เปอร์เซ็นต์เมล็ดในกะเทาะ ได้เต็มเมล็ด เปอร์เซ็นต์เมล็ดในกะเทาะหักเล็กน้อย เปอร์เซ็นต์เมล็ดในหักกลาง เปอร์เซ็นต์เมล็ดในแตกหักชิ้นเล็กชิ้นน้อย มีผลแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยมีผลการศึกษา ดังนี้คือ

1. เปอร์เซ็นต์กะเทาะจากค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นและความเร็วรอบของงานเหวี่ยง จากตารางผนวกที่ ก.15. พบว่า ที่ค่าความชื้น 6.75 เปอร์เซ็นต์มีเปอร์เซ็นต์กะเทาะสูงสุดเฉลี่ย 83.93 เปอร์เซ็นต์ที่ความเร็วรอบ 2240 รอบต่อนาที ดังแสดงในภาพที่ 32 จากภาพแนวโน้มของเปอร์เซ็นต์กะเทาะจะเพิ่มขึ้นเมื่อความเร็วรอบงานเหวี่ยงเพิ่มขึ้นและเปอร์เซ็นต์ความชื้นต่ำ

2. เปอร์เซ็นต์เมล็ดในที่กะเทาะได้เต็มเมล็ด จากตารางผนวกที่ ก.16. พบว่า ความเร็วรอบงานเหวี่ยงที่มีผลทำให้เปอร์เซ็นต์เมล็ดกะเทาะได้เต็มเมล็ดสูงสุดคือ 1430 รอบต่อนาที มี

ค่าเฉลี่ย 75.30 เปอร์เซ็นต์ที่ระดับความชื้น 15 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานเปียก จากภาพที่ 33 แสดงแนวโน้มของเปอร์เซ็นต์กะเทาะเมล็ดในเต็มเมล็ดจะเพิ่มขึ้นเมื่อมีระดับความชื้นสูงแต่มีความเร็วรอบงานเหวี่ยงกะเทาะเมล็ดต่ำ โดยมีเปอร์เซ็นต์เมล็ดในที่กะเทาะได้ในปริมาณต่ำ (ปริมาณน้อยมากเมื่อเทียบกับความเร็วรอบอื่น) ดังนั้นเราต้องพิจารณาถึงค่าชี้ผลอื่นๆประกอบด้วย

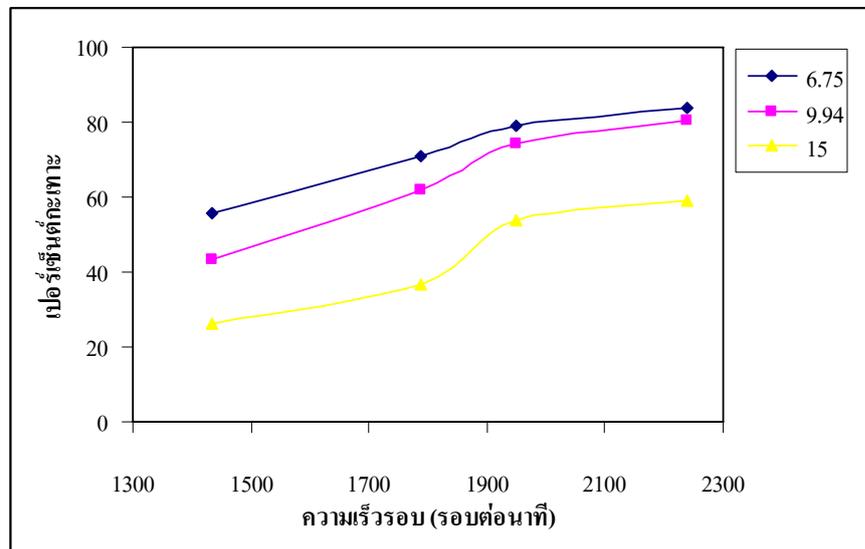
3. เปอร์เซ็นต์เมล็ดในทานตะวันแตกหักเล็กน้อย จากตารางผนวกที่ ก.17. แสดงการเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์เมล็ดในทานตะวันกะเทาะแตกหักเล็กน้อยในแต่ละระดับความชื้นและความเร็วรอบงานเหวี่ยงกะเทาะ พบว่า ความเร็วรอบงานเหวี่ยงกะเทาะเมล็ดและความชื้นของเมล็ดมีผลต่อเปอร์เซ็นต์เมล็ดในแตกหักเล็กน้อยแตกต่างกันทางสถิติ โดยที่ความเร็วรอบระหว่าง 1789 – 1949 รอบต่อนาที มีปริมาณเมล็ดในแตกหักเล็กน้อยอยู่ในช่วง 60.81-74.84 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อพิจารณาถึงระดับความชื้น ที่มีความชื้นต่ำๆ จะมีค่าเปอร์เซ็นต์เมล็ดในแตกหักเล็กน้อย ลดลง ดังแสดงในภาพที่ 34

4. เปอร์เซ็นต์เมล็ดในหักกลาง จากตารางผนวกที่ ก.18. แสดงผลการเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์เมล็ดในทานตะวันหักกลางในแต่ละระดับความชื้น และความเร็วรอบงานเหวี่ยงกะเทาะเมล็ด พบว่า ระดับความชื้นเมล็ดทานตะวันและความเร็วรอบงานเหวี่ยงกะเทาะมีผลต่อเปอร์เซ็นต์เมล็ดในหักกลางแตกต่างกันทางสถิติ ซึ่งพบว่าที่ระดับความชื้น 6.75 เปอร์เซ็นต์ ที่ความเร็วรอบระหว่าง 1949 – 2240 รอบต่อนาที มีปริมาณเมล็ดในแตกหักปานกลางอยู่ในช่วงระหว่าง 21.80-25.91 เปอร์เซ็นต์ โดยเฉพาะที่ความเร็วรอบ 2240 รอบต่อนาทีมีแนวโน้มให้ค่าเปอร์เซ็นต์เมล็ดในแตกหักปานกลาง เพิ่มขึ้น ดังแสดงในภาพที่ 35

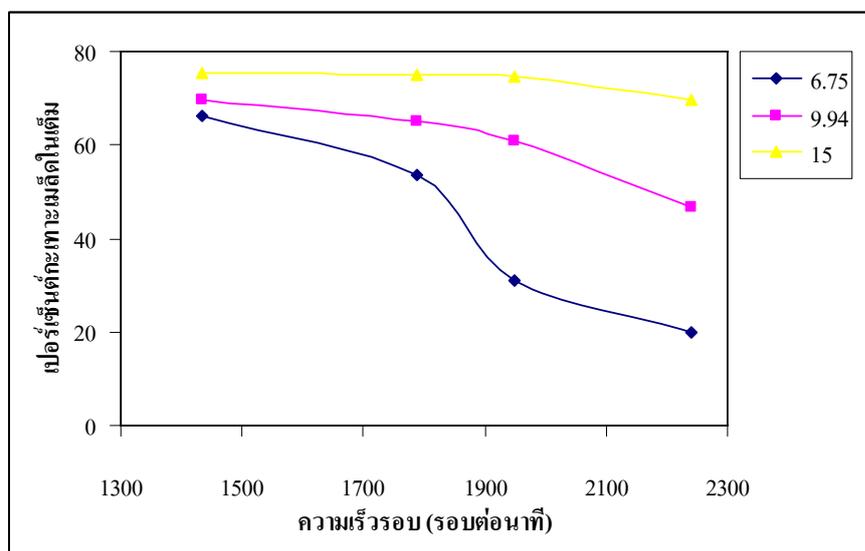
5. เปอร์เซ็นต์เมล็ดในทานตะวันแตกหักชิ้นเล็กชิ้นน้อย จากตารางผนวกที่ ก.19. แสดงผลการเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์เมล็ดในทานตะวันแตกหักชิ้นเล็กชิ้นน้อยในแต่ละความชื้นและความเร็วรอบงานเหวี่ยงกะเทาะเมล็ด พบว่า ความเร็วรอบงานเหวี่ยงกะเทาะเมล็ดและความชื้นมีผลต่อเปอร์เซ็นต์เมล็ดในแตกหักชิ้นเล็กชิ้นน้อยแตกต่างกันทางสถิติ โดยที่เปอร์เซ็นต์ความชื้น 6.75 มีค่าสูงสุด 27.73 เปอร์เซ็นต์ ที่ความเร็วรอบงานเหวี่ยงกะเทาะ 2240 รอบต่อนาที แสดงภาพที่ 36

จากการทดสอบพบว่าเมล็ดทานตะวันที่น่ามากะเทาะเปลือกควรมีค่าระดับความชื้นอยู่ระหว่าง 6.75-9.94 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานเปียก ที่ระหว่างความเร็วรอบ 1789-1949 รอบต่อนาทีและเป็นช่วงความชื้นของการเก็บรักษา ทำให้เมล็ดที่ได้จากการกะเทาะไม่มีปัญหาในการแปรรูปหากเกษตรกรนำเมล็ดที่ปลูกได้มาทำการกะเทาะเอง โดยไม่เป็นการเพิ่มกระบวนการเตรียมเมล็ดก่อน

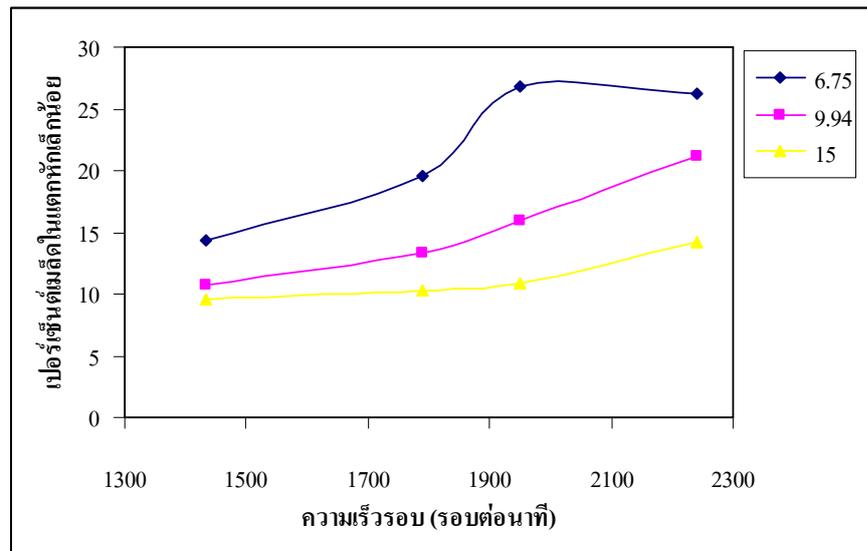
กะเทาะให้ยุ่งยากในการทำงาน จะเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับเมล็ดทานตะวันและสร้างรายได้ให้กับกลุ่มเกษตรกรที่ทำการแปรรูปให้มากขึ้น จึงนำข้อมูลที่ศึกษาไปใช้ในการศึกษาต่อไป



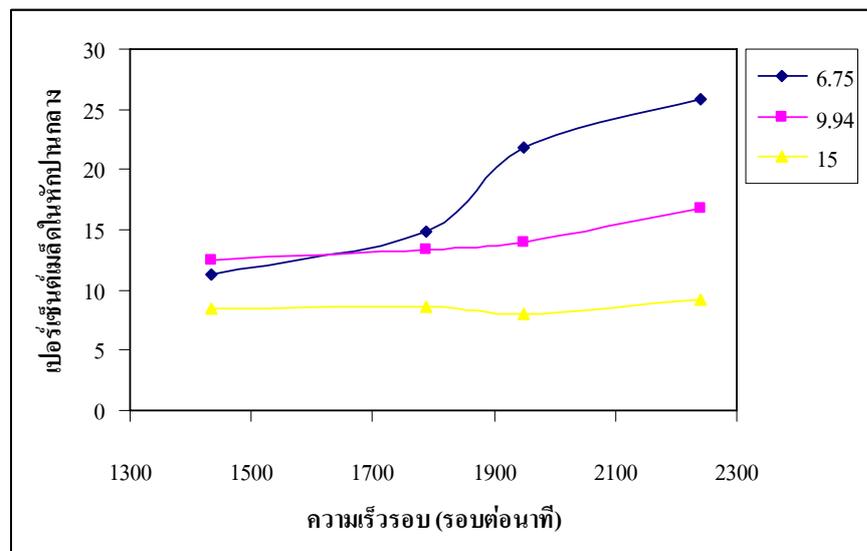
ภาพที่ 32 ผลของความเร็วงานเหวี่ยงกะเทาะที่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์กะเทาะ ในแต่ละระดับความชื้นของเมล็ดทานตะวันต่างๆ



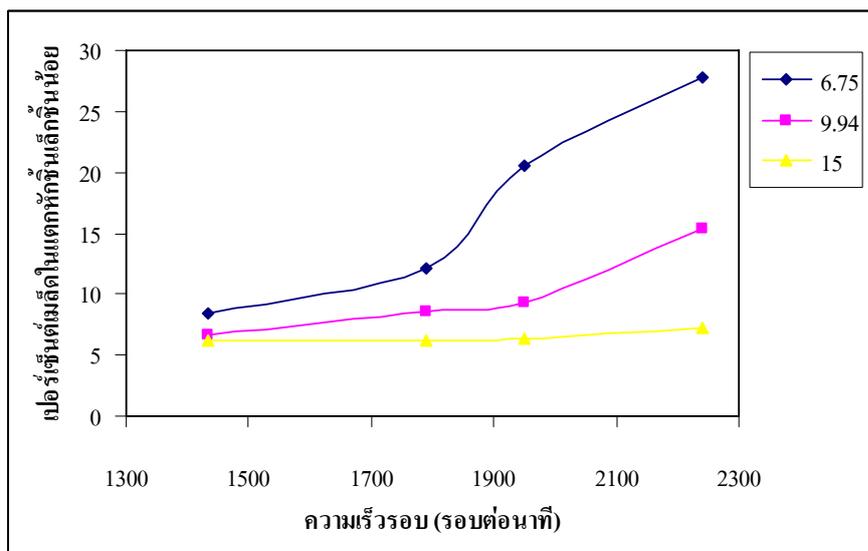
ภาพที่ 33 ผลของความเร็วงานเหวี่ยงกะเทาะเมล็ดที่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์เมล็ดในกะเทาะเต็มเมล็ดในแต่ละระดับความชื้นของเมล็ดทานตะวันต่างๆ



ภาพที่ 34 ผลของความเร็วงานเหวี่ยงกะเทาะที่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์เมล็ดในแตกหักเล็กน้อย ในแต่ละระดับความชื้นของเมล็ดทานตะวันต่างๆ



ภาพที่ 35 ผลของงานเหวี่ยงกะเทาะที่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์เมล็ดในแตกหักปานกลาง ในแต่ละระดับความชื้นของเมล็ดทานตะวันต่างๆ



ภาพที่ 36 ผลของความเร็วงานเหวี่ยงกะเทาะที่มีต่อเปอร์เซ็นต์เมล็ดในแตกหักขึ้นเล็กน้อย ในแต่ละระดับความชื้นของเมล็ดทานตะวันต่างๆ

### 2.3 การศึกษาลักษณะผนังเป่ากระทบเมล็ดทานตะวัน อัตราการป้อนและความเร็วรอบงานเหวี่ยงกะเทาะเมล็ดทานตะวันพันธุ์ แปซิฟิก 33

ผลการศึกษากะเทาะเมล็ดทานตะวัน โดยอาศัยหลักการแบบแรงเหวี่ยง เมื่อทดสอบเก็บข้อมูลที่อัตราการป้อนเมล็ดทานตะวัน 4 ระดับ คือ 25, 50, 80 และ 120 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ผนังเป่ากระทบเมล็ดทานตะวัน 3 ชนิด คือ เหล็ก สายพานยาง และ Polyethylene (ยางเทา) ความเร็วรอบงานเหวี่ยงกะเทาะเมล็ด 4 ระดับ คือ 1435, 1789, 1949 และ 2240 รอบต่อนาที (ที่ความเร็วเชิงเส้น 150.16, 187.34, 204.09 และ 234.57 เมตรต่อวินาที) ระยะห่างเป่ากระทบ 6 เซนติเมตร ผลการศึกษาพบว่า ความเร็วรอบ อัตราการป้อน และผนังเป่ากระทบ ต่างก็มีผลต่อค่าชี้ผลต่างๆ ได้แก่ เปอร์เซ็นต์กะเทาะ เปอร์เซ็นต์เมล็ดในที่กะเทาะได้เต็มเมล็ด เปอร์เซ็นต์เมล็ดในหักบางส่วน เปอร์เซ็นต์เมล็ดในหักกลาง และเปอร์เซ็นต์เมล็ดในแตกหักขึ้นเล็กน้อย มีผลแตกต่างกันทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ และการเพิ่มระดับปัจจัยหนึ่งจะมีผลทำให้มีการตอบสนองในอีกสองปัจจัย

#### 2.3.1 ผลการศึกษาผนังเป่ากระทบ และความเร็วรอบงานเหวี่ยงกะเทาะ โดยใช้อัตราการป้อนเมล็ดทานตะวัน 25 กิโลกรัมต่อชั่วโมง

ผลการศึกษาระยะเวลาการเกิดทานตะวันโดยใช้หลักการแบบแรงเหวี่ยง เมื่อทำการทดสอบที่อัตราการป้อนเมล็ดทานตะวัน 25 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ความเร็วรอบจานเหวี่ยงกะเทาะเมล็ด 4 ระดับ คือ 1435, 1789, 1949 และ 2240 รอบต่อนาที (ที่ความเร็วเชิงเส้น 150.16, 187.34, 204.09, และ 234.57 เมตรต่อวินาที) ระยะห่างเป้ากระทบ 6 เซนติเมตร ผนังเป้ากระทบเมล็ด 3 ชนิด คือ เหล็ก สายพานยาง และ Polyethylene (ยางเทา) ที่ความชื้นเมล็ดทานตะวัน 7.11 เปอร์เซ็นต์ มาตรฐานเปียก ข้อมูลการศึกษาและผลการวิเคราะห์ทางสถิติแสดงในตารางผนวกที่ ก.20. ถึงตารางผนวกที่ ก.23 ซึ่งพบว่าความเร็วรอบและผนังเป้ากระทบเมล็ดมีผลต่อเปอร์เซ็นต์ค่าชี้ผลต่างๆ ได้แก่ เปอร์เซ็นต์กะเทาะ เปอร์เซ็นต์เมล็ดในที่กะเทาะได้เต็มเมล็ด เปอร์เซ็นต์เมล็ดในหักบางส่วน เปอร์เซ็นต์เมล็ดในหักกลาง และเปอร์เซ็นต์เมล็ดในแตกหักชิ้นเล็กชิ้นน้อย มีผลแตกต่างกันทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ในแต่ละค่าชี้ผลมีรายละเอียดดังนี้

1. เปอร์เซ็นต์กะเทาะ จากตารางผนวกที่ ก.24. แสดงผลการเปรียบเทียบค่าเปอร์เซ็นต์กะเทาะเฉลี่ย พบว่า ความเร็วรอบจานเหวี่ยงกะเทาะเมล็ดและความเร็วรอบจานเหวี่ยงกะเทาะเมล็ดมีผลทำให้เปอร์เซ็นต์กะเทาะแตกต่างกันทางสถิติ โดยความเร็วรอบจานเหวี่ยงกะเทาะ 2240 รอบต่อนาทีในแต่ละชนิดของผนังเป้ากระทบมีเปอร์เซ็นต์กะเทาะสูงสุดเฉลี่ย 86.64 เปอร์เซ็นต์ ที่ผนังเป้ากระทบเป็นสายพานยาง เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยในแต่ละผนังเป้ากระทบต่างๆ พบว่า สายพานยางและเหล็กมีเปอร์เซ็นต์กะเทาะเฉลี่ย 86.64 และ 85.47 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งมีค่าสูงกว่า Polyethylene (ยางเทา) เมื่อกะเทาะที่ความเร็วรอบจานเหวี่ยงกะเทาะเมล็ด 2240 รอบต่อนาที จากภาพที่ 37 แสดงให้เห็นว่า เมื่อความเร็วรอบจานเหวี่ยงกะเทาะเพิ่มขึ้นทำให้เปอร์เซ็นต์กะเทาะเพิ่มสูงขึ้น ซึ่งพบว่า ที่ผนังเป้ากระทบเป็นเหล็ก มีแนวโน้มเปอร์เซ็นต์กะเทาะสูงกว่า สายพานยาง และ Polyethylene (ยางเทา)

2. เปอร์เซ็นต์เมล็ดในกะเทาะได้เต็มเมล็ด จากตารางผนวกที่ ก.25. แสดงผลการเปรียบเทียบค่าเปอร์เซ็นต์เมล็ดในกะเทาะได้เต็มเมล็ดเฉลี่ย พบว่า ความเร็วรอบจานเหวี่ยงกะเทาะเมล็ดและผนังเป้ากระทบเมล็ดมีผลเปอร์เซ็นต์เมล็ดในกะเทาะได้เต็มเมล็ดแตกต่างกันทางสถิติ โดยที่ความเร็วรอบจานเหวี่ยงกะเทาะเมล็ด 1789 รอบต่อนาที มีเปอร์เซ็นต์เมล็ดในกะเทาะได้เต็มเมล็ดสูงกว่า 1435, 1949 และ 2240 รอบต่อนาที มีค่าเฉลี่ยในช่วง 49.05-71.80 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของผนังเป้ากระทบต่างๆ พบว่า เปอร์เซ็นต์เมล็ดในที่กะเทาะได้เต็มเมล็ดลดลงเมื่อความเร็วรอบจานเหวี่ยงกะเทาะเมล็ดทานตะวันเพิ่มขึ้น ภาพที่ 38

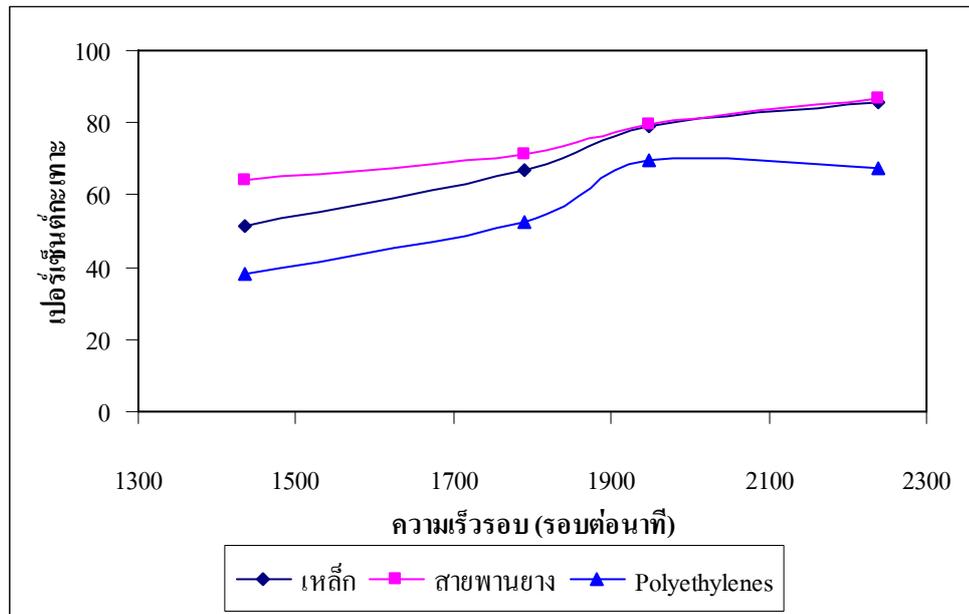
3. เปอร์เซ็นต์เมล็ดในแตกหักเล็กน้อย จากตารางผนวกที่ ก.26 แสดงผลการเปรียบเทียบค่าเปอร์เซ็นต์เมล็ดในแตกหักเล็กน้อยเฉลี่ย พบว่า ความเร็วรอบจานเหวี่ยงกะเทาะเมล็ด

ทานตะวันมีผลเปอร์เซ็นต์เมล็ดในแตกหักเล็กน้อยแตกต่างกันทางสถิติ โดยที่ความเร็วรอบงานเหวี่ยงกะเทาะ ที่ 1949 ถึง 2240 รอบต่อนาที มีเปอร์เซ็นต์เมล็ดในแตกหักเล็กน้อยสูงกว่า 1435 และ 1789 รอบต่อนาที มีค่าเฉลี่ยในช่วง 9.07-27.89 เปอร์เซ็นต์ ที่พื้นกระทบเป็นหลัก เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยในแต่ละผนังเป้ากะเทาะเมล็ดพบว่าที่ความเร็วรอบงานเหวี่ยงกะเทาะ 1435-2240 รอบต่อนาที พื้นกระทบเป็นหลัก มีค่าเปอร์เซ็นต์เมล็ดในแตกหักเล็กน้อยสูงสุดเฉลี่ยในช่วง 9.07-27.89 ดังแสดงในภาพที่ 39

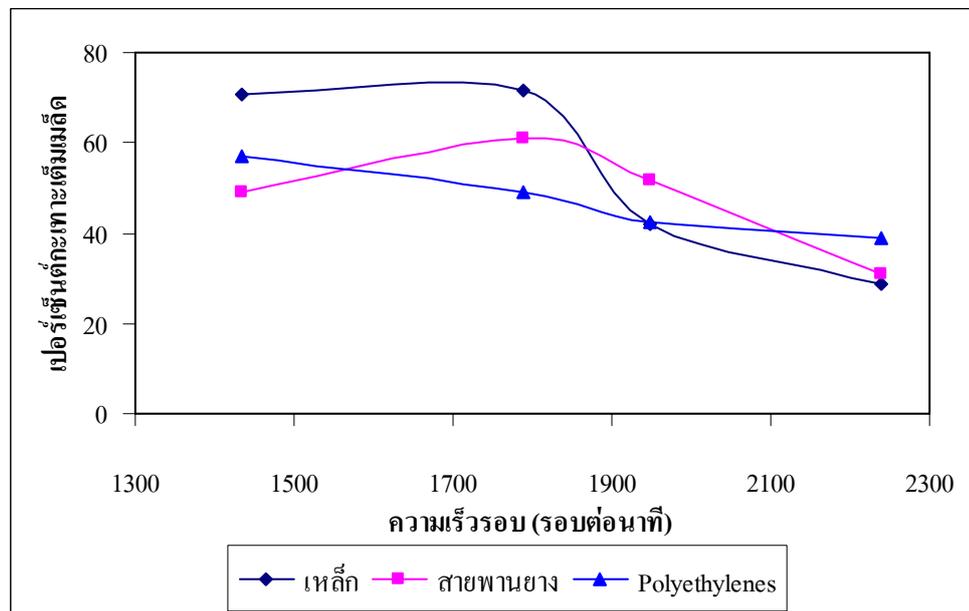
4. เปอร์เซ็นเมล็ดในหักกลาง จากตารางผนวกที่ ก.27 แสดงการเปรียบเทียบค่าเปอร์เซ็นต์เมล็ดในหักกลาง ซึ่งพบว่าความเร็วรอบงานเหวี่ยงมีผลเปอร์เซ็นต์เมล็ดในหักกลางแตกต่างกันทางสถิติ โดยที่ความเร็วรอบงานเหวี่ยงกะเทาะเมล็ดจาก 1949-2240 รอบต่อนาที มีค่าเปอร์เซ็นต์เมล็ดในหักกลางสูงกว่า 1435 ถึง 1789 รอบต่อนาที โดยมีค่าเปอร์เซ็นต์เมล็ดในหักกลางสูงที่สุดมีค่าเฉลี่ย 23.38 เปอร์เซ็นต์ ที่ผนังเป้ากระทบเป็นสายพานยางความเร็วรอบ 2240 รอบต่อนาที ดังภาพที่ 40

5. เปอร์เซ็นเมล็ดในแตกหักชิ้นเล็กชิ้นน้อย จากตารางผนวกที่ ก.28 แสดงการเปรียบเทียบค่าเปอร์เซ็นต์เมล็ดในแตกหักชิ้นเล็กชิ้นน้อยเฉลี่ย พบว่า ความเร็วรอบงานเหวี่ยง และผนังเป้ากระทบเมล็ดมีผลทำให้เปอร์เซ็นต์เมล็ดในแตกหักชิ้นเล็กชิ้นน้อยแตกต่างกันทางสถิติ โดยที่ความเร็วรอบงานเหวี่ยงกะเทาะ 2240 รอบต่อนาที ที่ผนังเป้ากระทบเป็นหลักมีค่าสูงสุดเฉลี่ย 23.16 เปอร์เซ็นต์ เมื่อทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของผนังเป้ากระทบที่ความเร็วรอบงานเหวี่ยงกะเทาะ 1435-1789 รอบต่อนาที พบว่าในแต่ละผนังเป้ากระทบเมล็ดมีเปอร์เซ็นต์เมล็ดในแตกหักชิ้นเล็กชิ้นน้อยไม่แตกต่างกันทางสถิติ มีค่าเฉลี่ยในช่วง 6.32-16.74 และ 8.62-12.44 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ดังแสดงในภาพที่ 41

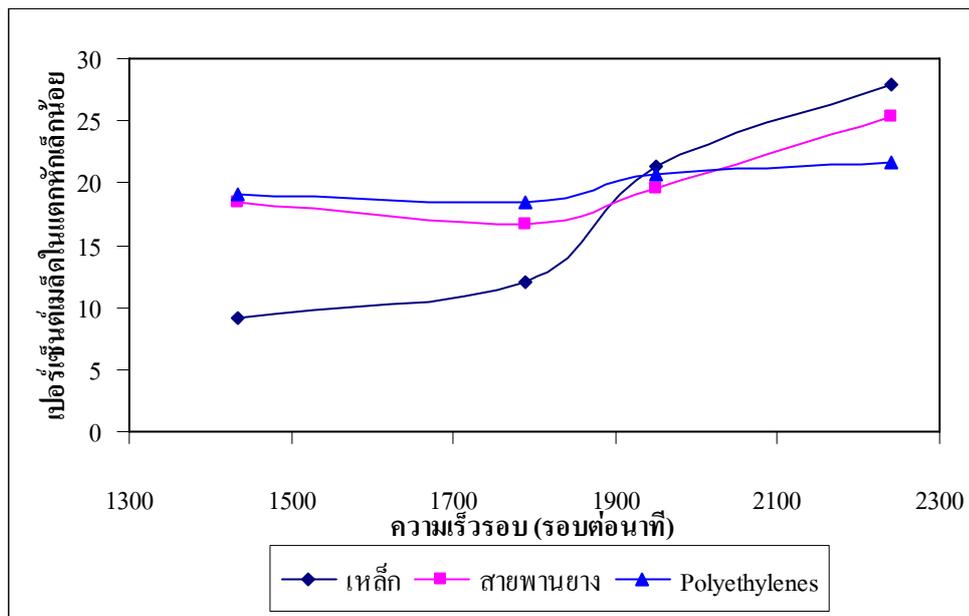
จากผลการศึกษาดังกล่าวสามารถสรุปได้ว่าการกะเทาะเปลือกเมล็ดทานตะวันใช้อัตราการป้อน 25 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ควรเลือกใช้ผนังเป้ากระทบเมล็ดเป็นพื้นหลัก ความเร็วงานเหวี่ยงกะเทาะในช่วง 1789-1949 รอบต่อนาที จะได้เปอร์เซ็นต์กะเทาะเฉลี่ยในช่วง 67.02-79.28 เปอร์เซ็นต์ เปอร์เซ็นต์เมล็ดในกะเทาะได้เต็มเมล็ดเฉลี่ยลดลงจาก 71.80 เป็น 42.00 เปอร์เซ็นต์ มีเปอร์เซ็นต์เมล็ดในทานตะวันแตกหักเล็กน้อยเฉลี่ยในช่วง 12.04-21.38 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งได้เมล็ดทานตะวันที่ค่อนข้างสมบูรณ์มาก จึงควรเลือกลักษณะดังกล่าวไปใช้ในการศึกษาปัจจัยต่างๆต่อไป เพื่อหาจุดที่เหมาะสมในการกะเทาะเมล็ดทานตะวันแบบแรงเหวี่ยงให้มีประสิทธิภาพในการกะเทาะสูงสุด



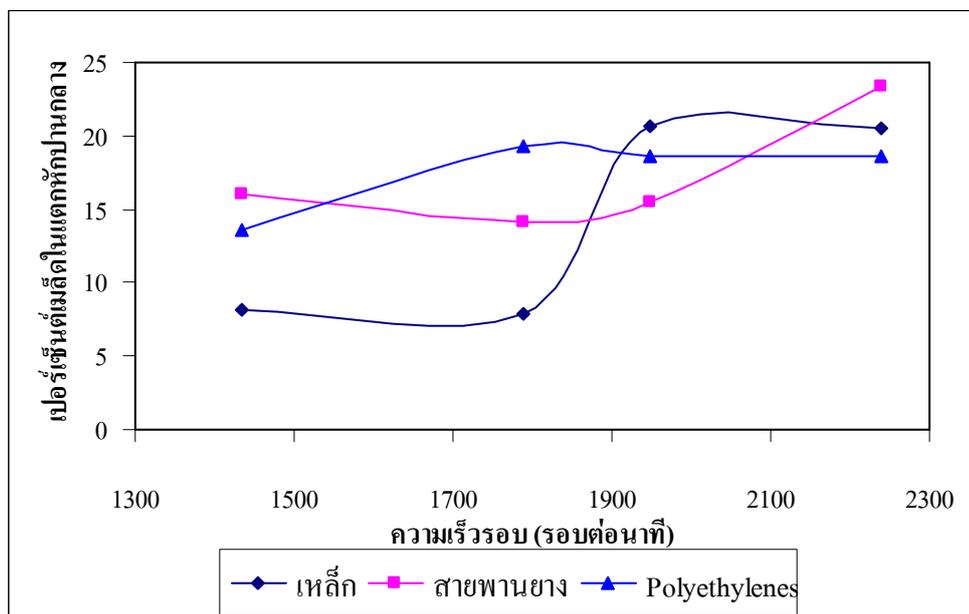
ภาพที่ 37 ผลของความเร็วงานเหวี่ยงกะเทาะในแต่ละผนังเป้ากระทบเมล็ดทานตะวันต่างๆ ที่อัตราป้อน 25 กิโลกรัมต่อชั่วโมง



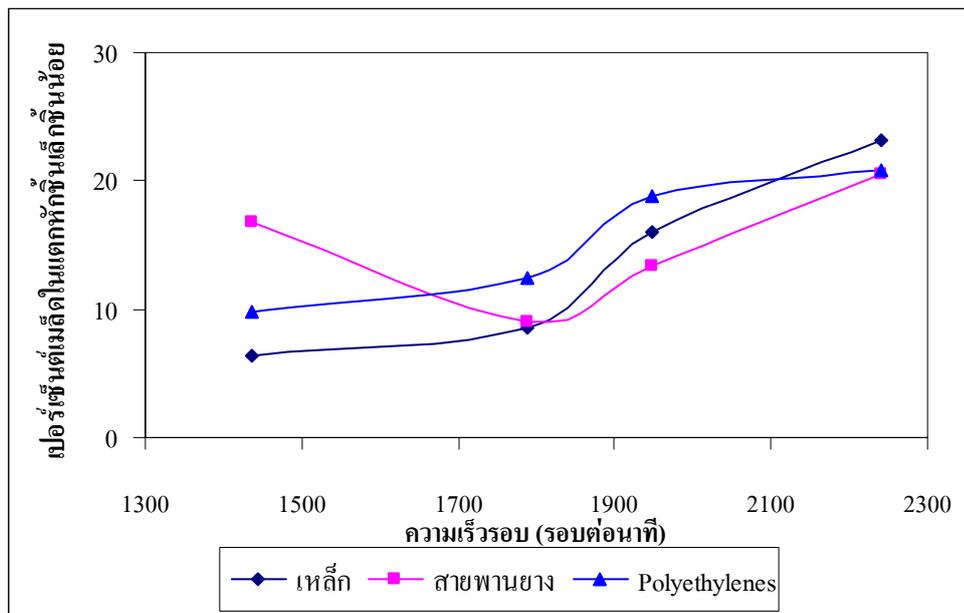
ภาพที่ 38 ผลของความเร็วงานเหวี่ยงกะเทาะเมล็ดในกะเทาะได้เต็มเมล็ด ในแต่ละผนังเป้ากระทบเมล็ดทานตะวันต่างๆ ที่อัตราการป้อน 25 กิโลกรัมต่อชั่วโมง



ภาพที่ 39 ผลของความเร็วงานเหวี่ยงกะเทาะที่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์เมล็ดในแตกหักเล็กน้อย ในแต่ละผนังเป้ากระทบเมล็ดทานตะวันต่างๆ ที่อัตราการป้อน 25 กิโลกรัมต่อชั่วโมง



ภาพที่ 40 ผลของความเร็วงานเหวี่ยงกะเทาะเมล็ดที่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์เมล็ดในหักปานกลาง ในแต่ละผนังเป้ากระทบเมล็ดทานตะวันต่างๆ ที่อัตราป้อน 25 กิโลกรัมต่อชั่วโมง



ภาพที่ 41 ผลของความเร็วงานเหวี่ยงกะเทาะที่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์เมล็ดในแตกหักชิ้นเล็กชิ้นน้อย ในแต่ละผนังเป้ากระทบเมล็ดต่างๆ ที่อัตราการป้อน 25 กิโลกรัมต่อชั่วโมง

### 2.3.2 ผลการศึกษาผนังเป้ากระทบ และความเร็วรอบงานเหวี่ยงกะเทาะเมล็ดทานตะวันที่อัตราป้อนเมล็ดทานตะวัน 50 กิโลกรัมต่อชั่วโมง

ผลการศึกษาการกะเทาะเมล็ดทานตะวันโดยใช้หลักการแบบแรงเหวี่ยง เมื่อทำการทดสอบที่อัตราการป้อนเมล็ดทานตะวัน 50 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ความเร็วรอบงานเหวี่ยงกะเทาะเมล็ด 4 ระดับ คือ 1435, 1789, 1949 และ 2240 รอบต่อนาที (ที่ความเร็วเชิงเส้น 150.16, 187.34, 204.09 และ 234.57 เมตรต่อวินาที) ระยะห่างเป้ากระทบ 6 เซนติเมตร ผนังเป้ากระทบเมล็ด 3 ชนิด คือ เหล็ก สายพานยาง และ Polyethylene (ยางเทา) ที่ความชื้นเมล็ดทานตะวัน 7.11 เปอร์เซ็นต์ มาตรฐานเปียก ข้อมูลการศึกษาและผลการวิเคราะห์ทางสถิติแสดงในตารางผนวกที่ ก.20 ถึงตารางผนวกที่ ก.23 ซึ่งพบว่าความเร็วรอบและความชื้นมีผลต่อค่าเปอร์เซ็นต์กะเทาะ เปอร์เซ็นต์เมล็ดในกะเทาะได้เต็มเมล็ด เปอร์เซ็นต์เมล็ดในกะเทาะหักเล็กน้อย เปอร์เซ็นต์เมล็ดในหักกลาง เปอร์เซ็นต์เมล็ดในแตกหักชิ้นเล็กชิ้นน้อย มีผลแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยมีผลการศึกษาดังนี้คือ

1. เปอร์เซ็นต์กะเทาะ จากตารางผนวกที่ ก.29 แสดงผลการเปรียบเทียบค่าเปอร์เซ็นต์กะเทาะเฉลี่ย พบว่า ความเร็วรอบงานเหวี่ยงกะเทาะและผนังเป้ากระทบเมล็ดมีผลทำให้เปอร์เซ็นต์กะเทาะแตกต่างกันทาง โดยเมื่อดูที่ผนังเป้ากระทบเป็นเหล็กและสายพานยางจะไม่มี

ความแตกต่างกันสถิติ และเมื่อที่ความเร็วรอบงานเหวี่ยงกะเทาะเมล็ดเดียวกันในแต่ละผนังเป้ากระทบจะให้ผลไม่ต่างกัน แต่ถ้าความเร็วรอบงานเหวี่ยงกะเทาะเพิ่มขึ้นค่าเปอร์เซ็นต์กะเทาะจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น โดยความเร็วรอบอยู่ในช่วง 1435-2240 รอบต่อนาที มีเปอร์เซ็นต์กะเทาะเพิ่มขึ้นอยู่ในช่วง 48.86-83.29 และ 49.94-83.78 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อทำการพิจารณาแต่ละความเร็วรอบ ดังแสดงในภาพที่ 42

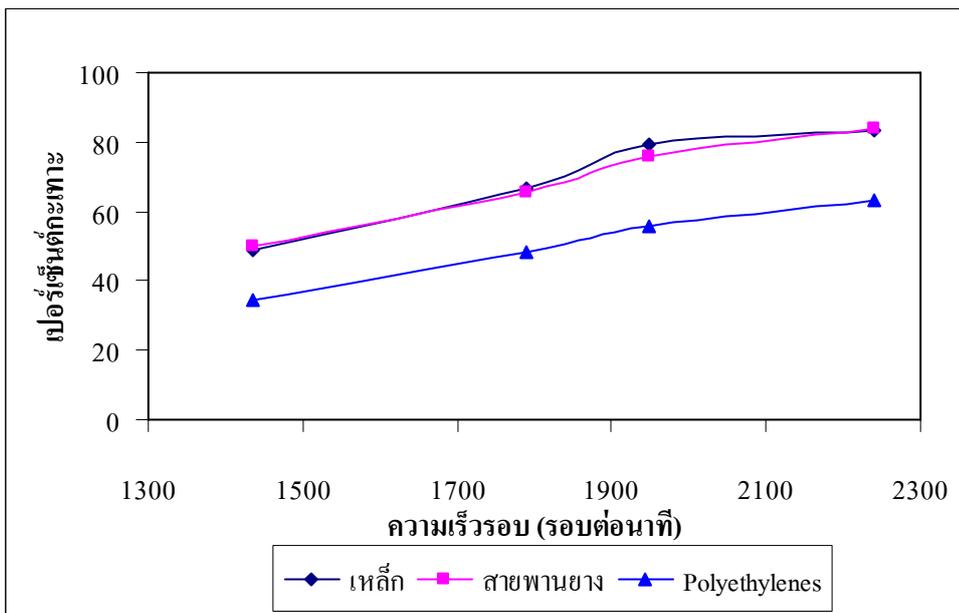
2. เปอร์เซ็นต์เมล็ดในทีกะเทาะได้เต็มเมล็ด จากตารางผนวกที่ ก.30 แสดงผลการเปรียบเทียบค่าเปอร์เซ็นต์เมล็ดในทีกะเทาะได้เต็มเมล็ดที่ความเร็วรอบงานเหวี่ยงกะเทาะเมล็ดและผนังเป้ากระทบเมล็ดต่างๆ พบว่า ความเร็วรอบงานเหวี่ยงกะเทาะเมล็ดและผนังเป้ากระทบมีผลทำให้เปอร์เซ็นต์เมล็ดในทีกะเทาะได้เต็มเมล็ดแตกต่างกันทางสถิติ โดยมีเปอร์เซ็นต์เมล็ดในทีกะเทาะได้เต็มเมล็ดสูงสุดเฉลี่ย 78.61 เปอร์เซ็นต์ที่ความเร็วรอบงานเหวี่ยงกะเทาะเมล็ด 1435 รอบต่อนาทีและผนังเป้ากระทบเป็นหลัก เมื่อทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยผนังเป้ากระทบต่างๆในแต่ละความเร็วรอบงานเหวี่ยงกะเทาะเมล็ด พบว่า เปอร์เซ็นต์เมล็ดในทีกะเทาะได้เต็มเมล็ดลดลงเมื่อความเร็วรอบงานเหวี่ยงกะเทาะเพิ่มขึ้น ดังแสดงในภาพที่ 43

3. เปอร์เซ็นต์เมล็ดในแตกหักเล็กน้อย จากตารางผนวกที่ ก.31 แสดงผลการเปรียบเทียบค่าเปอร์เซ็นต์เมล็ดในแตกหักเล็กน้อยเฉลี่ย ซึ่งพบว่าความเร็วรอบงานเหวี่ยงกะเทาะเมล็ดทานตะวันและผนังเป้ากระทบเมล็ดมีผลทำให้เปอร์เซ็นต์เมล็ดในแตกหักเล็กน้อยแตกต่างกันทางสถิติ โดยที่เปอร์เซ็นต์เมล็ดในแตกหักเล็กน้อยเฉลี่ยที่ความเร็วรอบงานเหวี่ยงกะเทาะเมล็ดจาก 1949 ถึง 2240 รอบต่อนาที มีค่าเฉลี่ย 19.28-27.48 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งสูงกว่า 1435 และ 1789 รอบต่อนาที เมื่อทำการเปรียบเทียบค่าเปอร์เซ็นต์เมล็ดในแตกหักเล็กน้อยเฉลี่ยสูงสุด เมื่อกะเทาะเมล็ดทานตะวัน ที่ผนังเป้ากระทบเมล็ดเป็นหลัก ความเร็วงานเหวี่ยงจาก 1435 ถึง 2240 รอบต่อนาที มีค่าเฉลี่ยในช่วง 8.13-27.48 เปอร์เซ็นต์ ดังแสดงในภาพที่ 44

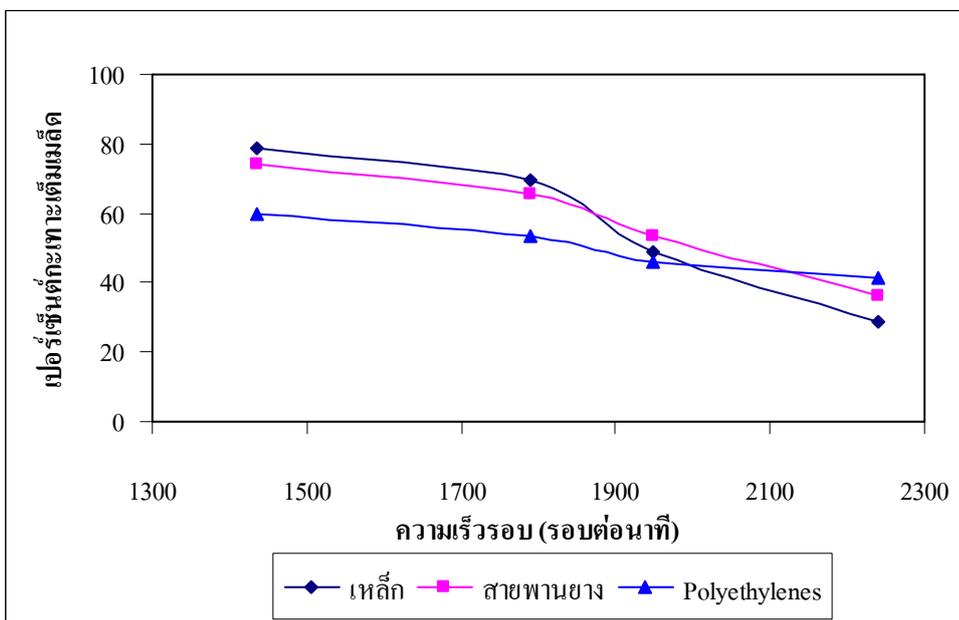
4. เปอร์เซ็นต์เมล็ดในหักกลาง จากตารางผนวกที่ ก.32 แสดงผลการเปรียบเทียบค่าเปอร์เซ็นต์เมล็ดในหักกลาง ซึ่งพบว่า ความเร็วรอบงานเหวี่ยงกะเทาะเมล็ดทานตะวันและผนังเป้ากระทบเมล็ดมีผลทำให้ค่าเปอร์เซ็นต์เมล็ดในหักกลางแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยในแต่ละผนังเป้ากะเทาะเมล็ดทานตะวัน ที่ความเร็วงานเหวี่ยงกะเทาะเมล็ด 2240 รอบต่อนาที พบว่า ผนังเป้ากระทบเมล็ดเป็นหลักและสายพานยางมีเปอร์เซ็นต์เมล็ดในแตกหักปานกลางสูงกว่า Polyethylene (ยางเทา) เมื่อพิจารณาที่พื้นหลักที่ความเร็วรอบงานเหวี่ยงกะเทาะเมล็ด 1789 ถึง 2240 รอบต่อนาที มีค่าเฉลี่ยในช่วง 10.65-22.57 เปอร์เซ็นต์ ดังแสดงในภาพที่ 45

5. เปอร์เซ็นต์เมล็ดในแตกหักชิ้นเล็กชิ้นน้อย จากตารางผนวกที่ ก.33 แสดงผลการเปรียบเทียบค่าเปอร์เซ็นต์เมล็ดในแตกหักชิ้นเล็กชิ้นน้อยเฉลี่ย พบว่า ความเร็วรอบจานเหวี่ยงกะเทาะและผนังเป่ากระทบเมล็ดมีผลทำให้เปอร์เซ็นต์เมล็ดในแตกหักชิ้นเล็กชิ้นน้อยแตกต่างกันทางสถิติ โดยเปอร์เซ็นต์เมล็ดในแตกหักชิ้นเล็กชิ้นน้อยสูงสุด เมื่อกะเทาะที่ผนังเป่ากระทบเป็นเหล็กที่ความเร็วรอบจานเหวี่ยงกะเทาะเมล็ด 2240 รอบต่อนาที มีค่าเฉลี่ย 21.32 เปอร์เซ็นต์ ดังภาพที่ 46 แสดงให้เห็นว่า ที่ผนังเป่ากระทบเมล็ดพื้นต่างๆที่ความเร็วรอบจานเหวี่ยงกะเทาะเมล็ด 1435 รอบต่อนาที มีเปอร์เซ็นต์เมล็ดในแตกหักชิ้นเล็กชิ้นน้อยไม่แตกต่างกันทางสถิติ มีค่าเฉลี่ยในช่วง 5.78-8.64 เปอร์เซ็นต์

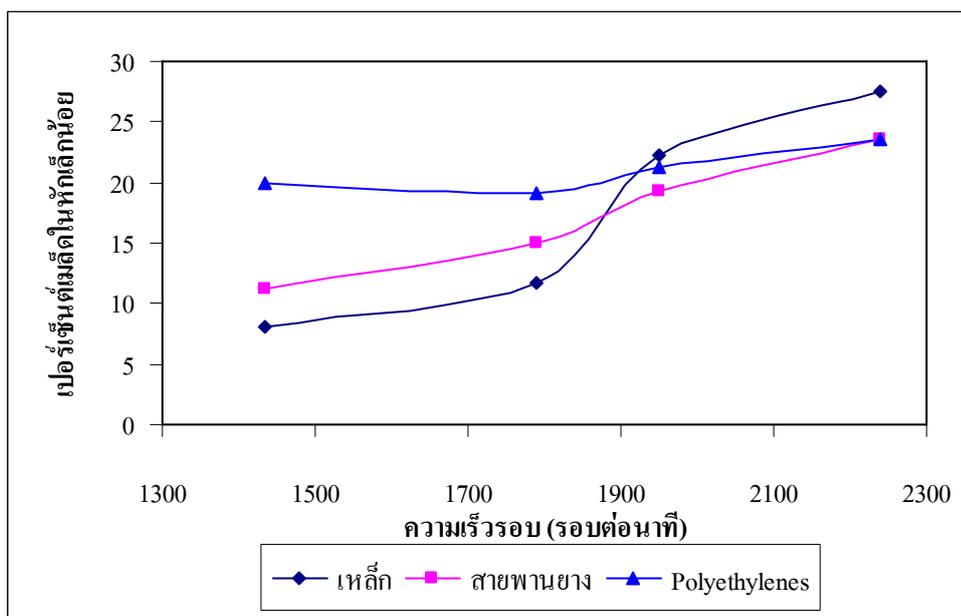
จากผลการศึกษาดังกล่าวสามารถสรุปได้ว่า ในการกะเทาะเมล็ดทานตะวันที่อัตราการป้อน 50 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ควรเลือกใช้ผนังเป่ากระทบเป็นเหล็ก ความเร็วอยู่ในช่วง 1789 ถึง 2240 รอบต่อนาที โดยมีเปอร์เซ็นต์กะเทาะเฉลี่ยในช่วง 66.54-83.29 เปอร์เซ็นต์ เปอร์เซ็นต์เมล็ดในที่กะเทาะได้เต็มเมล็ดเฉลี่ยลดลงจาก 69.61 เป็น 28.62 เปอร์เซ็นต์ เปอร์เซ็นต์เมล็ดในแตกหักเล็กน้อยจาก 11.66 เพิ่มขึ้น 27.48 เปอร์เซ็นต์ เปอร์เซ็นต์เมล็ดในหักกลางเฉลี่ยในช่วง 10.65-22.57 เปอร์เซ็นต์ และมีเปอร์เซ็นต์เมล็ดในแตกหักชิ้นเล็กชิ้นน้อยเฉลี่ยในช่วง 8.06-21.32 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเมื่อรวมเมล็ดในที่กะเทาะได้เต็มเมล็ดกับเมล็ดในแตกหักเล็กน้อยจะได้เมล็ดในที่ค่อนข้างสมบูรณ์สูง ดังนั้น จึงความเลือกปัจจัยดังกล่าวนี้ไปใช้ในการศึกษาเพื่อพิจารณาหาจุดที่เหมาะสมในการกะเทาะเปลือกเมล็ดทานตะวันแบบแรงเหวี่ยงให้มีประสิทธิภาพในการกะเทาะสูงขึ้น



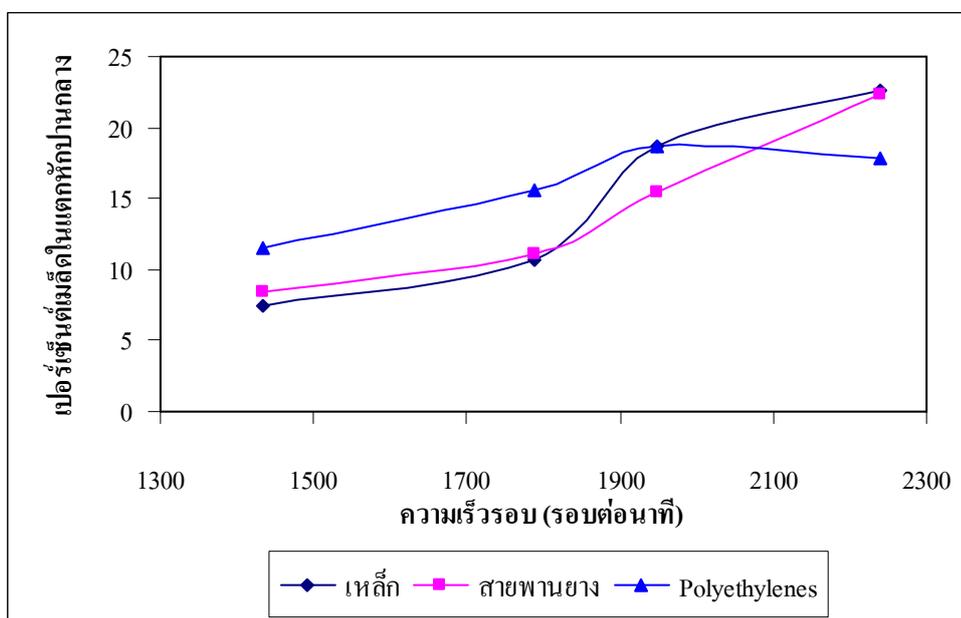
ภาพที่ 42 ผลของความเร็วงานเหวี่ยงกะเทาะที่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์กะเทาะ ในแต่ละผนังเป้ากระทบ เมล็ดทานตะวันต่างๆ ที่อัตราการป้อน 50 กิโลกรัมต่อชั่วโมง



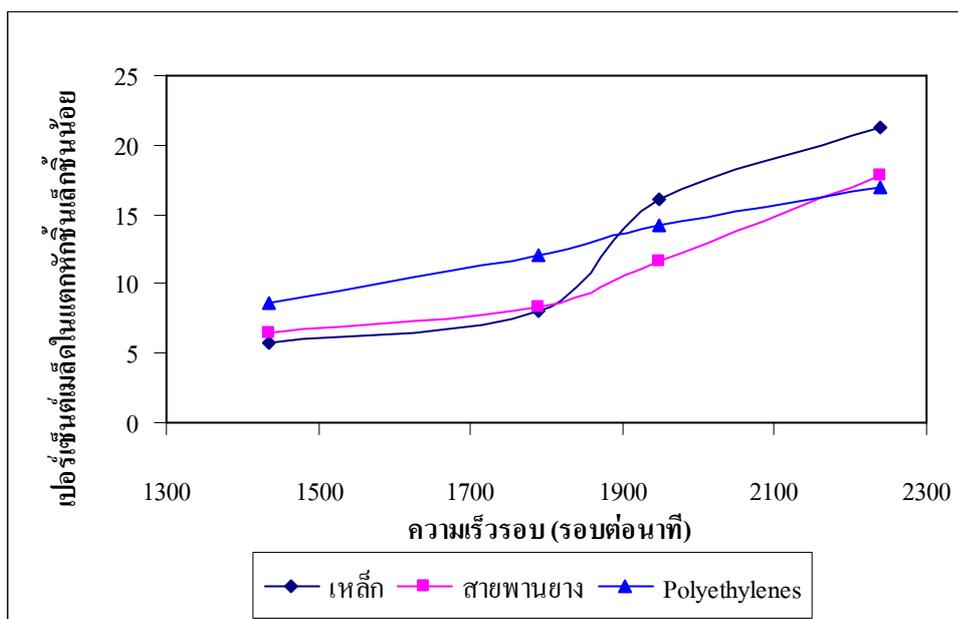
ภาพที่ 43 ผลของความเร็วงานเหวี่ยงที่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์เมล็ดในกะเทาะ ได้เต็มเมล็ด ในแต่ละผนังเป้ากระทบเมล็ดทานตะวันต่างๆ ที่อัตราการป้อน 50 กิโลกรัมต่อชั่วโมง



ภาพที่ 44 ผลของความเร็วงานเหวี่ยงกะเทาะที่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์เมล็ดในหักเล็กน้อย ในแต่ละผนังเป้ากระทบเมล็ดทานตะวันต่างๆ ที่อัตราการป้อน 50 กิโลกรัมต่อชั่วโมง



ภาพที่ 45 ผลของความเร็วงานเหวี่ยงกะเทาะที่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์เมล็ดในหักปานกลาง ในแต่ละผนังเป้ากระทบเมล็ดทานตะวันต่างๆ ที่อัตราการป้อน 50 กิโลกรัมต่อชั่วโมง



ภาพที่ 46 ผลของความเร็วงานเหวี่ยงกะเทาะที่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์เมล็ดในแตกหักชิ้นเล็กชิ้นน้อยในแต่ละผนังเป้ากระทบเมล็ดทานตะวันต่างๆ ที่อัตราการป้อน 50 กิโลกรัมต่อชั่วโมง

### 2.3.3 ผลการศึกษาผนังเป้ากระทบ และความเร็วรอบงานเหวี่ยงกะเทาะเมล็ดทานตะวันที่อัตราป้อนเมล็ดทานตะวัน 80 กิโลกรัมต่อชั่วโมง

ผลการศึกษาการกะเทาะเมล็ดทานตะวัน โดยใช้หลักการแบบแรงเหวี่ยง เมื่อทำการทดสอบที่อัตราการป้อนเมล็ดทานตะวัน 80 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ความเร็วรอบงานเหวี่ยงกะเทาะเมล็ด 4 ระดับ คือ 1435, 1789, 1949 และ 2240 รอบต่อนาที (ที่ความเร็วเชิงเส้น 150.16, 187.34, 204.09, และ 234.57 เมตรต่อวินาที) ระยะห่างเป้ากระทบ 6 เซนติเมตร ผนังเป้ากระทบเมล็ด 3 ชนิด คือ เหล็ก สายพานยาง และ Polyethylene (ยางเทา) ที่ความชื้นเมล็ดทานตะวัน 7.11 เปอร์เซ็นต์ มาตรฐานเปียก ข้อมูลการศึกษาและผลการวิเคราะห์ทางสถิติแสดงในตารางผนวกที่ ก.20 ถึงตารางผนวกที่ ก.23 ซึ่งพบว่าความเร็วรอบและความชื้นมีผลต่อค่าเปอร์เซ็นต์กะเทาะ เปอร์เซ็นต์เมล็ดในกะเทาะได้เต็มเมล็ด เปอร์เซ็นต์เมล็ดในกะเทาะหักเล็กน้อย เปอร์เซ็นต์เมล็ดในหักกลาง เปอร์เซ็นต์เมล็ดในแตกหักชิ้นเล็กชิ้นน้อย มีผลแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยมีผลการศึกษา ดังนี้คือ

1. เปอร์เซ็นต์กะเทาะ จากตารางผนวกที่ ก.34 แสดงผลการเปรียบเทียบค่าเปอร์เซ็นต์กะเทาะเฉลี่ย พบว่า ความเร็วรอบงานเหวี่ยงกะเทาะเมล็ดทานตะวันและผนังเป้ากระทบเมล็ดมีผลทำให้เปอร์เซ็นต์กะเทาะแตกต่างกันทางสถิติ โดยที่ความเร็วรอบงานเหวี่ยงกะเทาะ 2240

รอบต่อนาที ผงแป้งกระทบเป็นหลัก มีค่าเปอร์เซ็นต์กะเทาะสูงสุดเฉลี่ย 83.64 เปอร์เซ็นต์ จากภาพที่ 47 แสดงให้เห็นว่า เมื่อความเร็วรอบงานเหวี่ยงกะเทาะเพิ่มขึ้นจาก 1789 ถึง 2240 รอบต่อนาที พบว่าพบว่าผงแป้งกระทบเมล็ดเป็นพื้นหลักมีค่าเปอร์เซ็นต์กะเทาะสูงกว่าสายพานยางและ Polyethylene (ยางเทา) มีค่าเฉลี่ยในช่วง 65.49-83.64 เปอร์เซ็นต์

2. เปอร์เซ็นต์เมล็ดในแตกหักเล็กน้อย จากตารางผนวกที่ ก.35 แสดงผลการเปรียบเทียบค่าเปอร์เซ็นต์เมล็ดในกะเทาะได้เต็มเมล็ดเฉลี่ย พบว่า ความเร็วรอบงานเหวี่ยงกะเทาะและผงแป้งกระทบเมล็ดทานตะวันมีผลทำให้เปอร์เซ็นต์เมล็ดในที่กะเทาะได้เต็มเมล็ดแตกต่างกันทางสถิติ โดยเปอร์เซ็นต์เมล็ดในที่กะเทาะได้เต็มเมล็ดที่ความเร็วรอบงานเหวี่ยงกะเทาะจาก 1435 ถึง 1789 รอบต่อนาทีมีค่าเฉลี่ยในช่วง 56.11-83.25 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งสูงกว่า 1949 ถึง 2240 รอบต่อนาที ภาพที่ 48 แสดงให้เห็นว่า เปอร์เซ็นต์เมล็ดในที่กะเทาะได้เต็มเมล็ดลดลงเมื่อความเร็วรอบงานเหวี่ยงกะเทาะเพิ่มขึ้น โดยมีค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์กะเทาะสูงสุด 83.25 เปอร์เซ็นต์ ผงแป้งกระทบเป็นหลัก

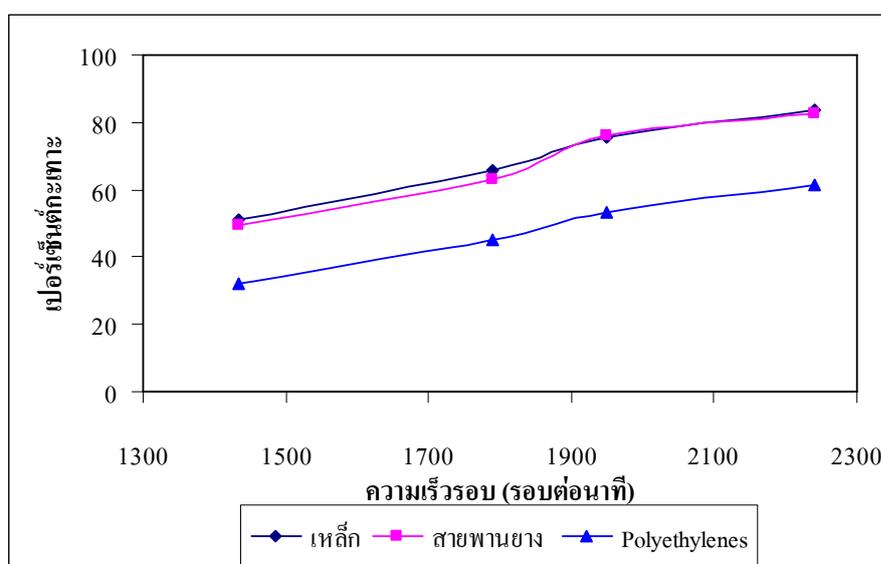
3. เปอร์เซ็นต์เมล็ดในแตกหักเล็กน้อย จากตารางผนวกที่ ก.36 แสดงผลการเปรียบเทียบค่าเปอร์เซ็นต์เมล็ดในแตกหักเล็กน้อยเฉลี่ย พบว่า ความเร็วรอบงานเหวี่ยงกะเทาะเมล็ดทานตะวันและผงแป้งกระทบเมล็ดมีผลทำให้เปอร์เซ็นต์เมล็ดในแตกหักเล็กน้อยแตกต่างกันทางสถิติ โดยเปอร์เซ็นต์เมล็ดในแตกหักเล็กน้อยในแต่ละผนังแป้งกระทบต่างๆที่ความเร็วกะเทาะจาก 1949 ถึง 2240 รอบต่อนาที มีค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์เมล็ดในแตกหักเล็กน้อยในช่วง 20.52-26.31 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งสูงกว่า 1435-1789 รอบต่อนาที และเมื่อความเร็วงานเหวี่ยงเมล็ดเพิ่มขึ้นพบว่าแต่ละผนังแป้งกระทบมีเปอร์เซ็นต์เมล็ดในแตกหักเล็กน้อยไม่แตกต่างกันทางสถิติ แสดงในภาพที่ 49

4. เปอร์เซ็นต์เมล็ดในแตกหักปานกลาง จากตารางผนวกที่ ก.37 แสดงผลการเปรียบเทียบค่าเปอร์เซ็นต์เมล็ดในแตกหักปานกลางเฉลี่ย พบว่า ความเร็วรอบงานเหวี่ยงกะเทาะและผงแป้งกระทบมีผลทำให้เปอร์เซ็นต์เมล็ดในแตกหักปานกลางแตกต่างกันทางสถิติ โดยที่ความเร็วรอบงานเหวี่ยงกะเทาะจาก 1435 ถึง 1789 รอบต่อนาที ในแต่ละผนังแป้งกระทบเมล็ดทานตะวันมีเปอร์เซ็นต์เมล็ดในแตกหักปานกลางใกล้เคียงกันเฉลี่ยในช่วง 6.29-13.15 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อความเร็วงานรอบงานเหวี่ยงกะเทาะเพิ่มขึ้น โดยมีเปอร์เซ็นต์เมล็ดในแตกหักปานกลางสูงสุดที่ผนังแป้งกระทบเป็นหลัก มีค่าอยู่ในช่วง 6.29-22.71 เปอร์เซ็นต์ ดังแสดงในภาพที่ 50

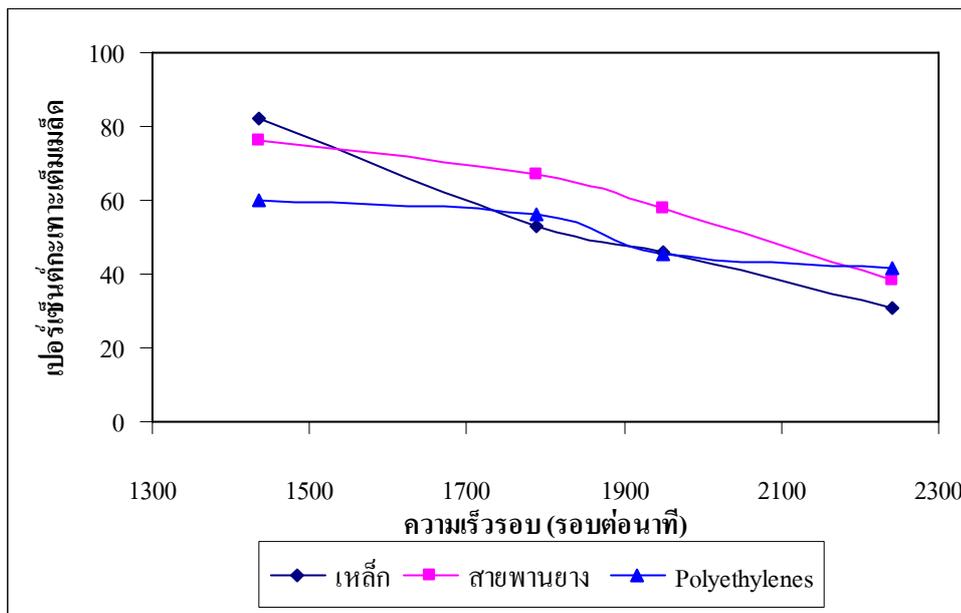
5. เปอร์เซ็นต์เมล็ดในแตกหักชิ้นเล็กชิ้นน้อย จากตารางผนวกที่ ก.38 แสดงผลการเปรียบเทียบค่าเปอร์เซ็นต์เมล็ดในแตกหักชิ้นเล็กชิ้นน้อยเฉลี่ย พบว่า ความเร็วรอบงานเหวี่ยง

กะเทาะเมล็ดทานตะวันและผนังเปลือกกระทบเมล็ดมีผลทำให้เปอร์เซ็นต์เมล็ดในแตกหักขึ้นเล็กน้อย น้อยแตกต่างกันทางสถิติ โดยพบว่าที่ความเร็วรอบงานเหวี่ยงกะเทาะ 2240 รอบต่อนาที ในแต่ละผนังเปลือกกระทบมีเปอร์เซ็นต์เมล็ดทานตะวันแตกหักขึ้นเล็กน้อยสูงสุดเฉลี่ยในช่วง 17.62-20.24 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของผนังเปลือกกระทบที่ความเร็วงานเหวี่ยงกะเทาะเมล็ดทานตะวัน พบว่าเมื่อความเร็วรอบเพิ่มขึ้นในแต่ละผนังเปลือกกระทบเมล็ดมีเปอร์เซ็นต์เมล็ดในแตกหักขึ้นเล็กน้อยไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยผนังเปลือกกระทบเป็นเหล็กมีค่าสูงสุด ที่ความเร็วรอบงานเหวี่ยงกะเทาะเมล็ด 2240 รอบต่อนาที มีค่าเฉลี่ย 20.24 เปอร์เซ็นต์ ดังแสดงในภาพที่ 51

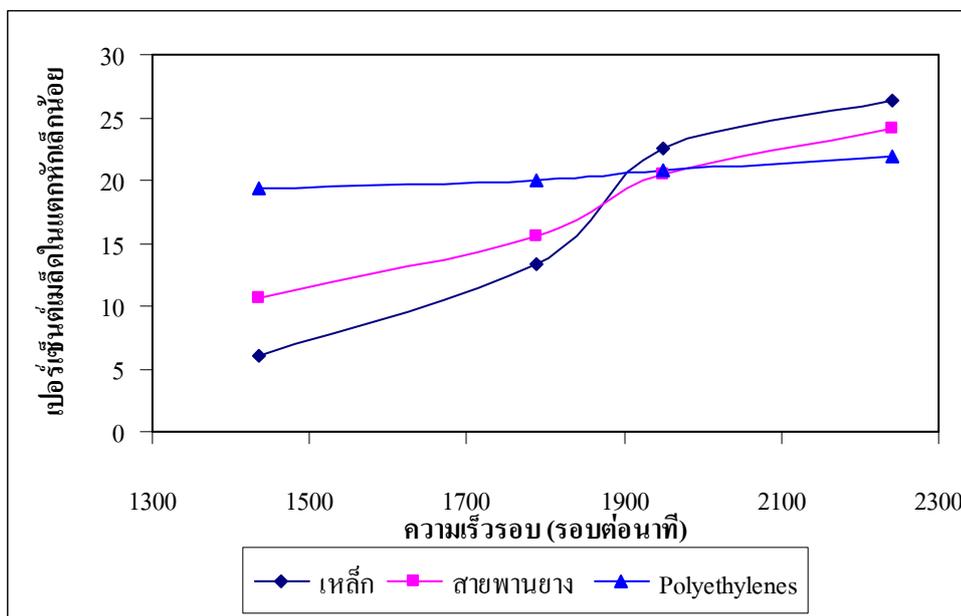
จากผลการศึกษาดังกล่าวสามารถสรุปได้ว่า ในการกะเทาะเมล็ดทานตะวันที่อัตราการป้อน 80 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ควรเลือกใช้ผนังเปลือกกระทบเป็นเหล็ก ความเร็วรอบงานเหวี่ยงกะเทาะเมล็ดในช่วง 1789 ถึง 2240 รอบต่อนาที โดยมีเปอร์เซ็นต์กะเทาะเฉลี่ยในช่วง 65.49-83.64 เปอร์เซ็นต์ เปอร์เซ็นต์เมล็ดในกะเทาะได้เต็มเมล็ดเฉลี่ยลดลงจาก 70.59 เป็น 30.73 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่เปอร์เซ็นต์เมล็ดในหักเล็กน้อยในช่วง 13.33-26.31 เปอร์เซ็นต์ เปอร์เซ็นต์เมล็ดในแตกหักปานกลางเฉลี่ยในช่วง 9.39-22.71 เปอร์เซ็นต์และเปอร์เซ็นต์เมล็ดในแตกหักขึ้นเล็กน้อยเฉลี่ยในช่วง 6.68-20.24 เปอร์เซ็นต์ จึงความเลือกปัจจัยดังกล่าวนี้ไปใช้ในการศึกษาเพื่อพิจารณาหาจุดที่เหมาะสมในการกะเทาะเปลือกเมล็ดทานตะวันแบบแรงเหวี่ยงให้มีประสิทธิภาพในการกะเทาะสูงขึ้น



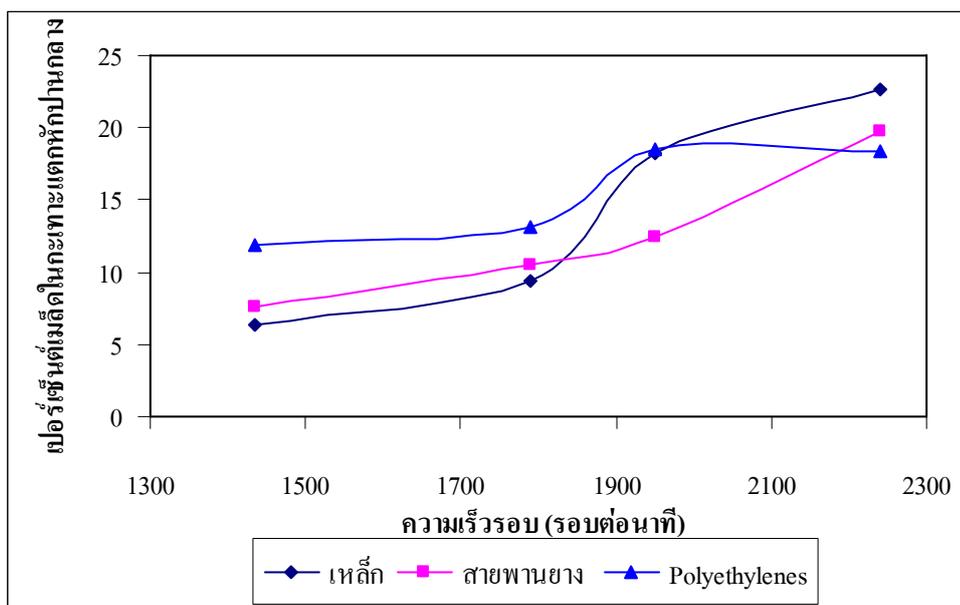
ภาพที่ 47 ผลของความเร็วงานเหวี่ยงกะเทาะที่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์กะเทาะ ในแต่ละผนังเปลือกกระทบเมล็ดทานตะวันต่างๆ ที่อัตราการป้อน 80 กิโลกรัมต่อชั่วโมง



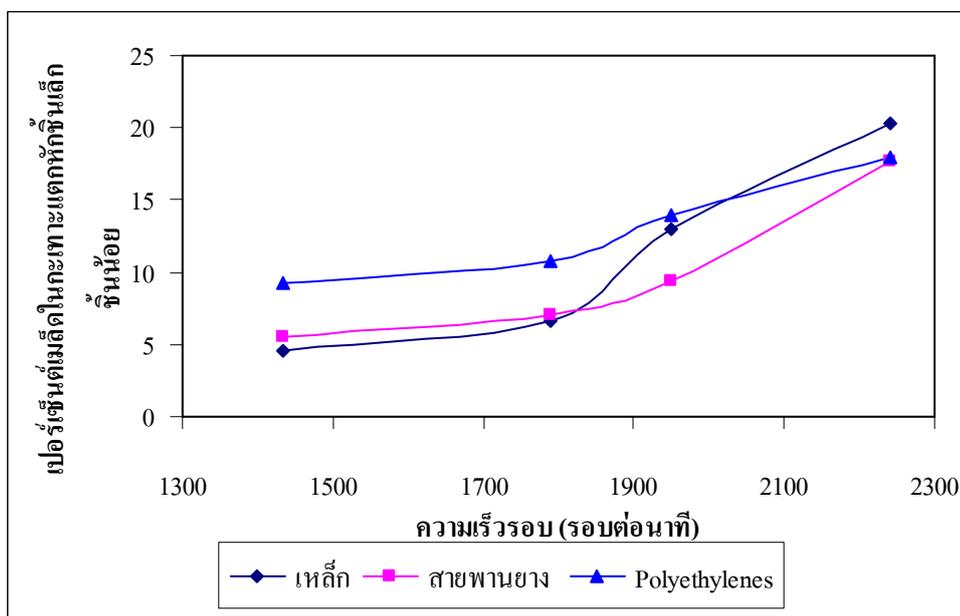
ภาพที่ 48 ผลของความเร็วงานเหวี่ยงกะเทาะที่มีต่อเปอร์เซ็นต์เมล็ดในกะเทาะได้เต็มเมล็ด ในแต่ละผนังเป้ากระทบเมล็ดทานตะวันต่างๆ ที่อัตราการป้อน 80 กิโลกรัมต่อชั่วโมง



ภาพที่ 49 ผลของความเร็วงานเหวี่ยงกะเทาะที่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์เมล็ดในแตกหักเล็กน้อย ในแต่ละผนังเป้ากระทบเมล็ดทานตะวันต่างๆ ที่อัตราการป้อน 80 กิโลกรัมต่อชั่วโมง



ภาพที่ 50 ผลของความเร็วงานเหวี่ยงกะเทาะที่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์เม็ล็ดในแตกหักปานกลาง ในแต่ละผนังเป้ากระทบเม็ล็ดทานตะวันต่างๆ ที่อัตราการป้อน 80 กิโลกรัมต่อชั่วโมง



ภาพที่ 51 ผลของความเร็วงานเหวี่ยงกะเทาะที่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์เม็ล็ดในแตกหักชิ้นเล็กชิ้นน้อย ในแต่ละผนังเป้ากระทบเม็ล็ดทานตะวันต่างๆ ที่อัตราการป้อน 80 กิโลกรัมต่อชั่วโมง

### 2.3.4 ผลการศึกษาผนังเป่ากระทบ และความเร็วรอบงานเหวี่ยงกะเทาะเมล็ดทานตะวันที่อัตราป้อนเมล็ด 120 กิโลกรัมต่อชั่วโมง

การศึกษาการกะเทาะเมล็ดทานตะวัน โดยใช้หลักการแบบแรงเหวี่ยง เมื่อทำการทดสอบที่อัตราการป้อนเมล็ดทานตะวัน 120 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ความเร็วรอบงานเหวี่ยงกะเทาะเมล็ด 4 ระดับ คือ 1435, 1789, 1949 และ 2240 รอบต่อนาที (ที่ความเร็วเชิงเส้น 150.16, 187.34, 204.09 และ 234.57 เมตรต่อวินาที) ระยะห่างเป่ากระทบ 6 เซนติเมตร ผนังเป่ากระทบเมล็ด 3 ชนิด คือ เหล็ก สายพานยาง และ Polyethylene (ยางเทา) ที่ความชื้นเมล็ดทานตะวัน 7.11 เปอร์เซ็นต์ มาตรฐานเปียก ข้อมูลการศึกษาและผลการวิเคราะห์ทางสถิติแสดงในตารางผนวกที่ ก.20 ถึงตารางผนวกที่ ก.23 ซึ่งพบว่าความเร็วรอบและความชื้นมีผลต่อค่าเปอร์เซ็นต์กะเทาะ เปอร์เซ็นต์เมล็ดในกะเทาะ ได้เต็มเมล็ด เปอร์เซ็นต์เมล็ดในกะเทาะหักเล็กน้อย เปอร์เซ็นต์เมล็ดในหักกลาง เปอร์เซ็นต์เมล็ดในแตกหักชิ้นเล็กชิ้นน้อย มีผลแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยมีผลการศึกษา ดังนี้คือ

1. เปอร์เซ็นต์กะเทาะ จากตารางผนวกที่ ก.39 แสดงผลการเปรียบเทียบค่าเปอร์เซ็นต์กะเทาะเฉลี่ยซึ่งพบว่าความเร็วรอบงานเหวี่ยงกะเทาะเมล็ดมีผลทำให้เปอร์เซ็นต์กะเทาะแตกต่างกันทางสถิติ โดยมีเปอร์เซ็นต์กะเทาะมีค่าเฉลี่ยสูงสุดในแต่ละผนังเป่ากระทบเมล็ดที่ความเร็วงานเหวี่ยงกะเทาะ 2240 รอบต่อนาที มีค่าเฉลี่ยในช่วง 59.94-85.34 เปอร์เซ็นต์ เมื่อทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแต่ละผนังเป่ากระทบเมล็ดเป็นเหล็กมีเปอร์เซ็นต์กะเทาะสูงสุดเฉลี่ย 85.34 เปอร์เซ็นต์ ที่ความเร็วรอบ 2240 รอบต่อนาที ภาพที่ 52 แสดงให้เห็นว่า เปอร์เซ็นต์กะเทาะเพิ่มสูงขึ้น เมื่อความเร็วงานเหวี่ยงกะเทาะเพิ่มขึ้น ที่ผนังเป่ากระทบต่างๆ โดยผนังเป่ากระทบเมล็ดเป็นเหล็กในแต่ละความเร็วรอบจะมีเปอร์เซ็นต์กะเทาะเฉลี่ยสูงสุด มีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 28.34-85.34 เปอร์เซ็นต์

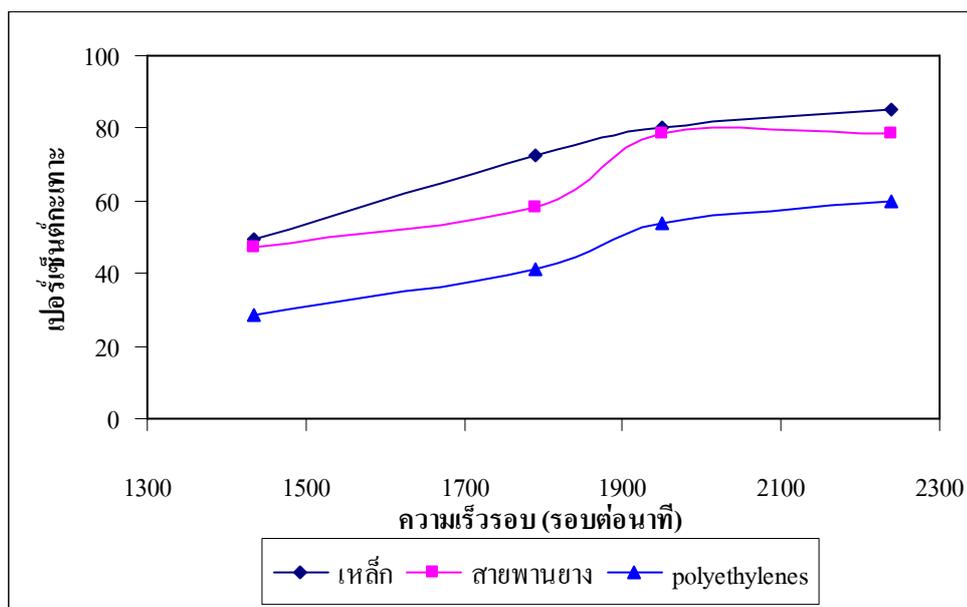
2. เปอร์เซ็นต์เมล็ดในกะเทาะ ได้เต็มเมล็ด จากตารางผนวกที่ ก.40 แสดงผลการเปรียบเทียบค่าเปอร์เซ็นต์เมล็ดในแตกหักเล็กน้อย พบว่า ความเร็วรอบงานเหวี่ยงกะเทาะและผนังเป่ากระทบเมล็ดทานตะวันมีผลเปอร์เซ็นต์เมล็ดในกะเทาะ ได้เต็มเมล็ดแตกต่างกันทางสถิติ โดยที่ความเร็วรอบงานเหวี่ยงกะเทาะ 1435 รอบต่อนาที มีเปอร์เซ็นต์เมล็ดในกะเทาะ ได้เต็มเมล็ดสูงกว่าความเร็วงานเหวี่ยงกะเทาะอื่นๆ ในแต่ละผนังเป่ากระทบมีค่าเฉลี่ยในช่วง 28.33-80.23 เปอร์เซ็นต์ โดยเมื่อทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยในแต่ละความเร็วรอบงานเหวี่ยงกะเทาะเมล็ดเพิ่มขึ้น ที่มีผนังเป่ากระทบเป็นเหล็กมีค่าเฉลี่ยในแต่ละความเร็วรอบงานเหวี่ยงลดลงจาก 80.23 เป็น 28.33 เปอร์เซ็นต์ ดังแสดงในภาพที่ 53

3. เปอร์เซ็นต์เมล็ดในแตกหักเล็กน้อย จากตารางผนวกที่ ก.41 แสดงผลการเปรียบเทียบค่าเปอร์เซ็นต์เมล็ดในแตกหักเล็กน้อยเฉลี่ย พบว่า ความเร็วรอบงานเหวี่ยงกะเทาะเมล็ดทานตะวันและผนังเป่ากระทบเมล็ดมีผลทำให้เปอร์เซ็นต์เมล็ดในแตกหักเล็กน้อยแตกต่างกันทางสถิติ โดยเปอร์เซ็นต์เมล็ดในแตกหักเล็กน้อยในแต่ละผนังเป่ากระทบต่างๆที่ความเร็วกะเทาะจาก 1949-2240 รอบต่อนาทีมีค่าเฉลี่ยในช่วง 22.50-28.77 เปอร์เซ็นต์ ดังภาพที่ 54

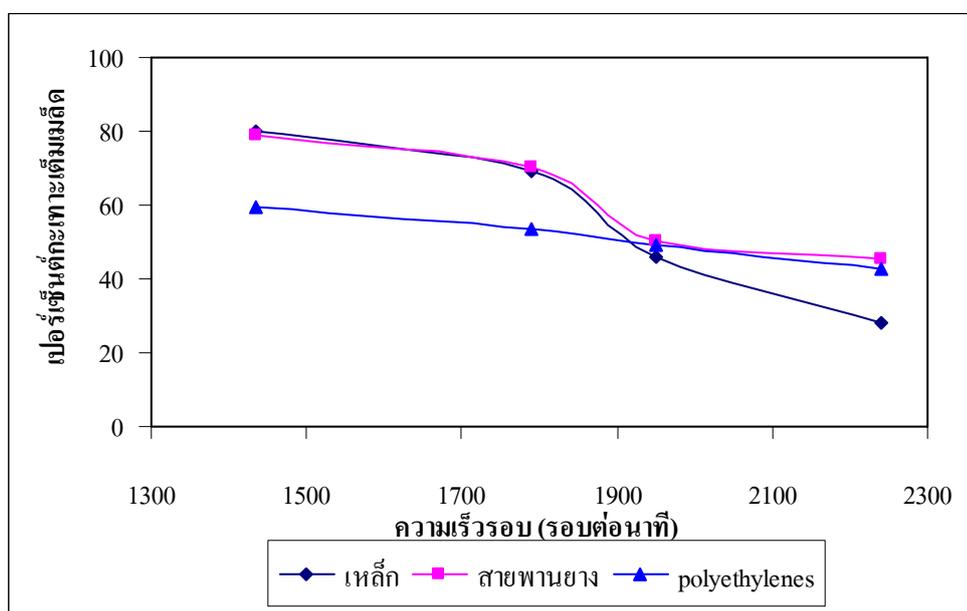
4. เปอร์เซ็นต์เมล็ดในแตกหักปานกลาง จากตารางผนวกที่ ก.42 แสดงผลการเปรียบเทียบค่าเปอร์เซ็นต์เมล็ดในแตกหักปานกลาง ซึ่งพบว่า ความเร็วรอบงานเหวี่ยงกะเทาะเมล็ดทานตะวันและผนังเป่ากระทบเมล็ดมีผลทำให้เปอร์เซ็นต์เมล็ดในแตกหักปานกลางแตกต่างกันทางสถิติ โดยทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยผนังเป่ากระทบเมล็ดทานตะวันแตกหักปานกลางเฉลี่ยใกล้เคียงกับ 14.34-20.10 เปอร์เซ็นต์ที่ความเร็วรอบ 1949-2240 รอบต่อนาที ดังภาพที่ 55

5. เปอร์เซ็นต์เมล็ดในแตกหักชิ้นเล็กชิ้นน้อย จากตารางผนวกที่ ก.43 แสดงผลการเปรียบเทียบค่าเปอร์เซ็นต์เมล็ดในแตกหักชิ้นเล็กชิ้นน้อยเฉลี่ย พบว่า ความเร็วรอบงานเหวี่ยงกะเทาะเมล็ดทานตะวันและผนังเป่ากระทบเมล็ดมีผลทำให้เปอร์เซ็นต์เมล็ดในแตกหักชิ้นเล็กชิ้นน้อยแตกต่างกันทางสถิติ โดยพบว่าที่ความเร็วรอบงานเหวี่ยงกะเทาะ 2240 รอบต่อนาที ในแต่ละผนังเป่ากระทบมีเปอร์เซ็นต์เมล็ดทานตะวันแตกหักชิ้นเล็กชิ้นน้อยสูงสุดเฉลี่ยในช่วง 13.61-22.78 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของผนังเป่ากระทบที่ความเร็วงานเหวี่ยงกะเทาะเมล็ดทานตะวัน พบว่าเมื่อความเร็วรอบเพิ่มขึ้นในแต่ละผนังเป่ากระทบเมล็ดมีเปอร์เซ็นต์เมล็ดในแตกหักชิ้นเล็กชิ้นน้อยไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยผนังเป่ากระทบเป็นเหล็กมีค่าสูงสุด ที่ความเร็วรอบงานเหวี่ยงกะเทาะเมล็ด 2240 รอบต่อนาที มีค่าเฉลี่ย 22.78 เปอร์เซ็นต์ แสดงในภาพที่ 56

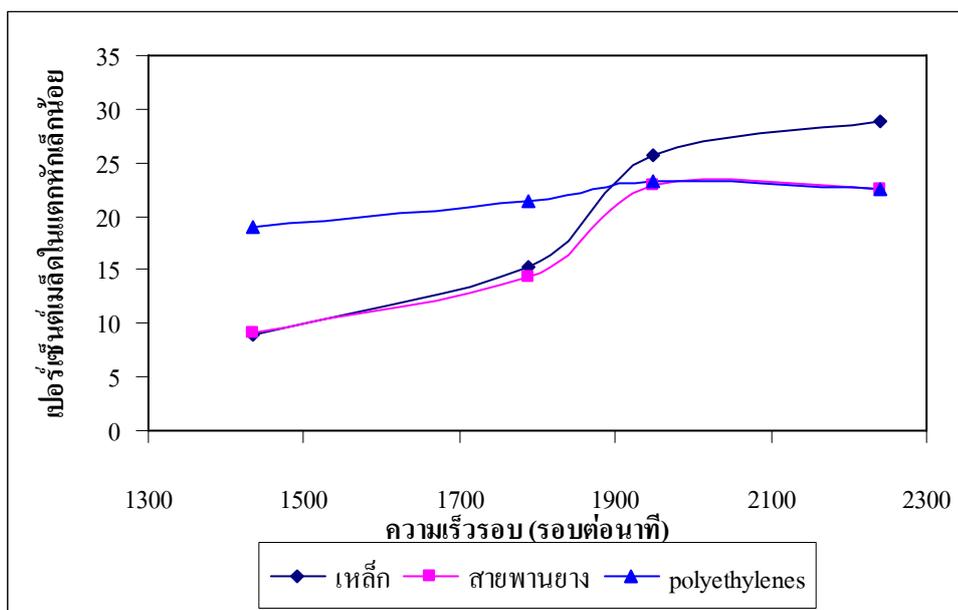
จากผลการศึกษาดังกล่าวสามารถสรุปได้ว่า ในการกะเทาะเมล็ดทานตะวันที่อัตราการป้อน 120 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ควรเลือกใช้ผนังเป่ากระทบเป็นเหล็ก ความเร็วรอบงานเหวี่ยงกะเทาะเมล็ดในช่วง 1789 ถึง 2240 รอบต่อนาที โดยมีเปอร์เซ็นต์กะเทาะเฉลี่ยในช่วง 41.36-85.34 เปอร์เซ็นต์ เปอร์เซ็นต์เมล็ดในกะเทาะได้เต็มเมล็ดเฉลี่ยลดลงจาก 80.23 เป็น 28.33 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่เปอร์เซ็นต์เมล็ดในหักเล็กน้อยในช่วง 14.42-28.77 เปอร์เซ็นต์ เปอร์เซ็นต์เมล็ดในแตกหักปานกลางเฉลี่ยในช่วง 6.36-20.10 เปอร์เซ็นต์และเปอร์เซ็นต์เมล็ดในแตกหักชิ้นเล็กชิ้นน้อยเฉลี่ยในช่วง 4.72-22.78 เปอร์เซ็นต์ จึงความเล็อกปัจจัยดังกล่าวนี้ไปใช้ในการศึกษาเพื่อพิจารณาหาจุดที่เหมาะสมในการกะเทาะเปลือกเมล็ดทานตะวันแบบแรงเหวี่ยงให้มีประสิทธิภาพในการกะเทาะสูงขึ้น



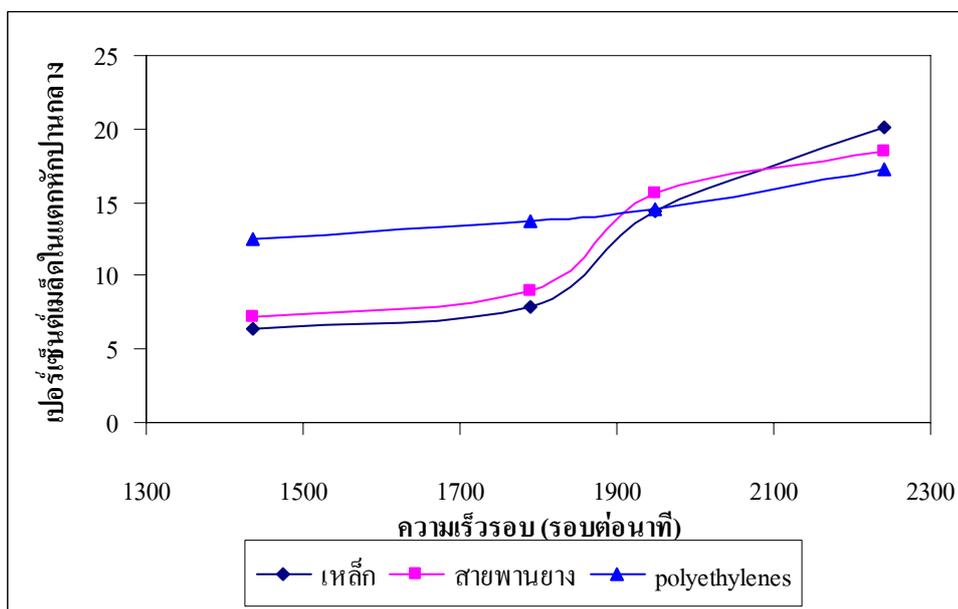
ภาพที่ 52 ผลของความเร็วงานเหวี่ยงกะเทาะที่มีต่อเปอร์เซ็นต์กะเทาะ ในแต่ละผนังเป้ากระทบ เมล็ดทานตะวันต่างๆ ที่อัตราการป้อน 120 กิโลกรัมต่อชั่วโมง



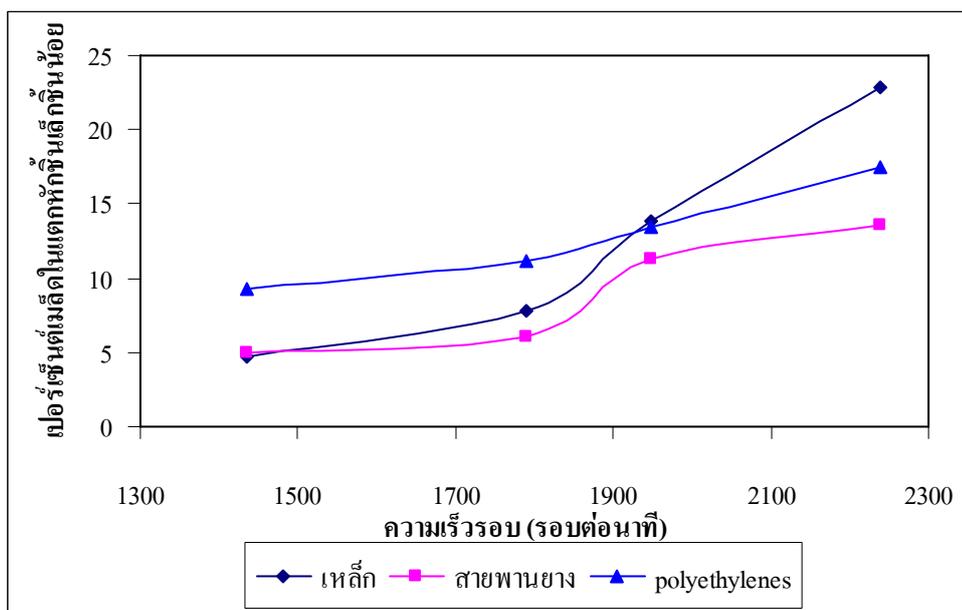
ภาพที่ 53 ผลของความเร็วงานเหวี่ยงกะเทาะที่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์เมล็ดในกะเทาะได้เต็มเมล็ด ในแต่ละผนังเป้ากระทบเมล็ดทานตะวันต่างๆ ที่อัตราการป้อน 120 กิโลกรัมต่อชั่วโมง



ภาพที่ 54 ผลของความเร็วงานเหวี่ยงกะเทาะที่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์เมล็ดในแตกหักเล็กน้อย ในแต่ละผนังเป้ากระทบเมล็ดคานตะวันต่างๆ ที่อัตราการป้อน 120 กิโลกรัมต่อชั่วโมง



ภาพที่ 55 ผลของความเร็วงานเหวี่ยงกะเทาะที่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์เมล็ดในหักปานกลาง ในแต่ละผนังเป้ากระทบเมล็ดคานตะวันต่างๆ ที่อัตราการป้อน 120 กิโลกรัมต่อชั่วโมง



ภาพที่ 56 ผลของความเร็วงานเหวี่ยงกะเทาะที่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์เมล็ดในแตกหักชิ้นเล็กชิ้นน้อยในแต่ละผนังเป้ากระทบเมล็ดทานตะวันต่างๆ ที่อัตราการป้อน 120 กิโลกรัมต่อชั่วโมง

### 3. ผลการศึกษาระบบประกอบการกะเทาะเมล็ดทานตะวัน

#### 3.1 ผลการศึกษาคัดขนาดเมล็ดทานตะวันด้วยเครื่องคัดแบบรูตะแกรง

ผลการศึกษาการคัดขนาดเมล็ดทานตะวันด้วยเครื่องคัดขนาดแบบรูตะแกรงนั้น เมื่อเราเตรียมตัวอย่างทดสอบ โดยกำหนดอัตราส่วนในการผสมระหว่างเมล็ดขนาดใหญ่ (ความหนาของเมล็ดมากกว่า 3 มิลลิเมตร) และเมล็ดขนาดเล็ก (ความหนาของเมล็ดน้อยกว่า 3 มิลลิเมตร) โดยกำหนดอัตราส่วนในการผสมเป็น 3:1, 2:1, 1:1, 1:2 และ 1:3 ตามลำดับนั้น ค่าประสิทธิภาพของการคัดขนาดด้วยเครื่องคัดแบบรูตะแกรงแสดงในตารางที่ 1

**ตารางที่ 1** ตารางแสดงค่าประสิทธิภาพการคัดขนาดเมล็ดด้วยเครื่องคัดขนาดแบบรูตะแกรง

| อัตราส่วน<br>(a : b) | ช่องที่ 1                    |                              | ช่องที่ 2                    |                              | ประสิทธิภาพ<br>ในการคัด<br>แยก (%) |
|----------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------------|
|                      | $\Phi < 3 \text{ mm}$<br>(%) | $\Phi > 3 \text{ mm}$<br>(%) | $\Phi < 3 \text{ mm}$<br>(%) | $\Phi > 3 \text{ mm}$<br>(%) |                                    |
| 3 : 1                | 100                          | -                            | 29.92                        | 70.08                        | 76.97                              |
| 2 : 1                | 100                          | -                            | 19.70                        | 80.30                        | 83.54                              |
| 1 : 1                | 100                          | -                            | 13.17                        | 86.83                        | 88.36                              |
| 1 : 2                | 100                          | -                            | 7.39                         | 92.61                        | 93.11                              |
| 1 : 3                | 100                          | -                            | 4.41                         | 95.59                        | 95.77                              |

หมายเหตุ เมื่อ a คือ เมล็ดทานตะวันที่มีขนาดความหนาแน่นมากกว่า 3 มิลลิเมตร

b คือ เมล็ดทานตะวันที่มีขนาดความหนาแน่นน้อยกว่า 3 มิลลิเมตร

จากผลการทดสอบประสิทธิภาพในการคัดขนาดจะเห็นได้ว่าอัตราส่วนผสมมีผลต่อการคัดขนาดเมล็ดทานตะวันคือ ถ้าเมล็ดทานตะวันส่วนใหญ่ที่นำมาทำทดสอบมีขนาดเมล็ดเล็กจำนวนมากจะสามารถคัดขนาดได้ดีที่สุด ซึ่งมีค่าประสิทธิภาพในการคัดขนาดเท่ากับ 95.77 เปอร์เซ็นต์ และมีค่าประสิทธิภาพการคัดขนาดต่ำสุดที่อัตราส่วนผสม 3 : 1 ซึ่งมีค่าประสิทธิภาพในการคัดขนาดเท่ากับ 76.97 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งค่าประสิทธิภาพที่ได้นี้อาจเป็นเพราะว่าการเคลื่อนที่ของเมล็ดขนาดใหญ่ที่มีการเคลื่อนผ่านรูตะแกรงและยังไม่ให้เมล็ดขนาดเล็กสามารถร่วงลงได้

### 3.2 ผลการศึกษาการแยกเมล็ดทานตะวันทีละเท่าๆกับเมล็ดทานตะวันที่ไม่กะเทาะเปลือก

ผลการทดสอบในการคัดแยกเมล็ดทานตะวันทีละเท่าๆกับเนื้อในทีละเท่าๆแล้วตามปัจจัยในการทดสอบที่กำหนด (มุมเอียง) และแต่ละประสิทธิภาพในการคัดแยกตามช่องทางออกแสดงในตารางที่ 2

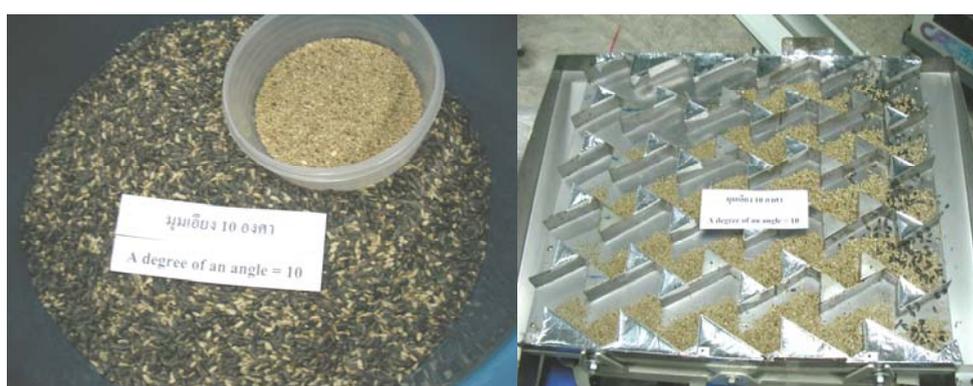
ตารางที่ 2 แสดงประสิทธิภาพในการคัดแยกระหว่างเนื้อในเมล็ดและเมล็ดที่ยังไม่กะเทาะเปลือก

| มุมเอียง<br>(องศา) | ช่องทางออกที่ 1               |                                     | ช่องทางออกที่ 2               |                                     | ประสิทธิภาพ<br>(เปอร์เซ็นต์)<br>(E) |
|--------------------|-------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
|                    | เนื้อในเมล็ด<br>(เปอร์เซ็นต์) | เมล็ดไม่<br>กะเทาะ<br>(เปอร์เซ็นต์) | เนื้อในเมล็ด<br>(เปอร์เซ็นต์) | เมล็ดไม่<br>กะเทาะ<br>(เปอร์เซ็นต์) |                                     |
| 10                 | 19.5                          | -                                   | 80.5                          | 100                                 | 19.5                                |
| 20                 | 99.7                          | 0.13                                | 0.3                           | 99.87                               | 99.57                               |
| 30                 | 99.38                         | 2.12                                | 0.62                          | 97.88                               | 97.27                               |

หมายเหตุ เมื่อ  $E = \{a/(a+c)\} \times \{d/(b+d)\} = \text{Separation Efficiency}$

- a คือ เนื้อในที่ออกจากช่องที่ 1
- b คือ เมล็ดที่ไม่กะเทาะที่ออกในช่องที่ 1
- c คือ เนื้อในที่ออกจากช่องที่ 2
- d คือ เมล็ดที่ไม่กะเทาะที่ออกในช่องที่ 2

มุมเอียง 10 องศา เศษเนื้อในเมล็ดจะเคลื่อนที่ลงจากพื้นเอียงในขณะที่พื้นเอียงยังสั้นอยู่ เมล็ดที่ไม่กะเทาะและเนื้อในที่เต็มเมล็ดและแตกหักมากก็จะเคลื่อนที่ไหลขึ้นไปด้านบนของพื้นเอียง ดังภาพที่ 57



ภาพที่ 57 แสดงการคัดแยกด้วยเครื่องที่มุม 10 องศา

ที่มุมเอียง 30 องศา เมล็ดที่ไม่มีภาระเกาะเปลือกจะเคลื่อนที่ขึ้นด้านบนพื้นเอียง ในขณะที่พื้นเอียงสั้น ส่วนเนื้อในเมล็ดจะเคลื่อนที่ลงมาด้านล่างของพื้นเอียงแต่มีเมล็ดที่ไม่เกาะเปลือกปนมาบางส่วน ดังภาพที่ 58



ภาพที่ 58 แสดงการคัดแยกด้วยเครื่องที่มุมเอียง 30 องศา

ยกเว้นที่มุมเอียง 20 องศา จะมีประสิทธิภาพในการคัดแยก 99.57 เปอร์เซ็นต์ โดยที่เนื้อในเมล็ดเคลื่อนที่แยกจากเมล็ดที่ไม่เกาะเปลือกชัดเจน ดังภาพที่ 59



ภาพที่ 59 แสดงการคัดแยกด้วยเครื่องที่มุมเอียง 20 องศา

#### 4. ผลการวิเคราะห์และประเมินผลทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม

เครื่องกะเทาะเปลือกเมล็ดทานตะวันที่ออกแบบ มีต้นทุนในการสร้าง 27,500 บาท จากการทดสอบโดยใช้แรงงานปฏิบัติการ 1 คน สามารถกะเทาะเมล็ดทานตะวันได้เฉลี่ย 120 กิโลกรัมต่อ

ชั่วโมง โดยพลังงานไฟฟ้าที่ใช้งานประมาณ 0.727 กิโลวัตต์ต่อชั่วโมง เมื่อกำหนดให้ใช้งานเครื่องวันละ 8 ชั่วโมง ปีละ 160 วัน สามารถคิดค่าใช้จ่ายในการดำเนินการและระยะเวลาคืนทุน ได้ดังนี้

#### 4.1 ผลการประเมินค่าใช้จ่ายในการดำเนินการ

ซึ่งค่าใช้จ่ายทั้งหมดที่เกิดขึ้นในการจัดซื้ออ้อย แบ่งได้ 2 กลุ่ม คือ ค่าใช้จ่ายคงที่และค่าใช้จ่ายผันแปร

$$AC = FC + VC$$

โดยที่ AC คือ ค่าใช้จ่ายทั้งหมดที่เกิดขึ้นในการกะเทาะเมล็ดทานตะวัน (บาท)  
 FC คือ ค่าใช้จ่ายคงที่ (บาท)  
 VC คือ ค่าใช้จ่ายผันแปร (บาท)

4.1.1 ค่าใช้จ่ายคงที่ (Fixed Cost) ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นในระยะเวลาที่กำหนด ไม่ขึ้นกับปริมาณการใช้เครื่องจักร ประกอบด้วย ดอกเบี้ยจากการลงทุนสร้างเครื่องจักร และค่าเสื่อมราคา

$$\text{ค่าเสื่อมราคาต่อปี (วิธีตรง)} = (P-L)/N$$

$$\text{ค่าเสียโอกาสในการลงทุน} = (P+L)i/2$$

โดยที่ P คือ ราคาสร้างเครื่องกะเทาะเปลือกเมล็ดทานตะวัน (=27,500บาท)

L คือ ราคาหรือมูลค่าซากเมื่อหมดอายุการใช้งาน (=0.1×P บาท)

N คือ อายุการใช้งานของเครื่องกะเทาะเปลือกเมล็ดทานตะวัน (10 ปี)

i คือ อัตราดอกเบี้ย (7.50%ต่อปี) 17 เมษายน 2549 ธนาคารกรุงเทพ

ดังนั้น

$$\text{มูลค่าซากเครื่อง} = \left( \frac{10}{100} \right) \times 27,500 = 2,750 \text{ บาท}$$

$$\text{ค่าเสื่อมราคา} = \frac{(27,500 - 2,750)}{10} = 2,475 \text{ บาท}$$

$$\text{ค่าเสียโอกาสในการลงทุน} = \frac{27,500 + 2,475}{2} \times \frac{7.50}{100} = 1,124.0625 \text{ บาท}$$

$$\text{รวมค่าใช้จ่ายคงที่ (FC)} = 2,475 + 1,124.0625 = 3,599.0625 \text{ บาทต่อปี}$$

4.1.2 ค่าใช้จ่ายผันแปร (Variable Cost) ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นตามปริมาณการใช้งาน ประกอบด้วย ค่าบำรุงรักษา ค่าไฟฟ้า ค่าจ้างแรงงาน และค่าซ่อมแซม

เครื่องจักรกลเกษตรหลังการเก็บเกี่ยวมีอายุการใช้งาน 10 ปี จะมีค่าบำรุงรักษา และซ่อมแซมประมาณ 120% ของราคาเครื่อง

$$\text{ค่าบำรุงรักษา} = \frac{27,500 \times 120}{100} = 33,000 \text{ บาทต่อปี} = 9.041 \text{ บาทต่อวัน}$$

ค่าบำรุงรักษาและค่าซ่อมแซม คิดเฉลี่ยประมาณวันละ 9.00 บาท ในระยะเวลา 1 ปีทำงาน 160 วัน วันละ 8 ชั่วโมง

$$\text{ค่าบำรุงรักษา} = 9.00 \times 160 = 1,440 \text{ บาทต่อปี}$$

ค่าไฟฟ้าหน่วยละ 3 บาท สิ้นเปลืองไฟฟ้า 0.727 kW ใน 1 ปี ทำงาน 160 วัน วันละ 8 ชั่วโมง

$$\begin{aligned} \text{จำนวนหน่วยไฟฟ้าที่ใช้งาน} &= \text{จำนวนกิโลวัตต์} \times \text{จำนวนชั่วโมงใช้งาน} \\ &= 0.727 \times 8 = 5.816 \text{ หน่วยต่อวัน} \end{aligned}$$

$$\text{ค่าไฟฟ้า} = 3 \times 5.816 \times 160 = 2,489.28 \text{ บาทต่อปี}$$

อัตราค่าจ้างแรงงานวันละ 184 บาท ทำงาน 1 คน (ค่าแรงงานขั้นต่ำ กรุงเทพฯ และปริมณฑล 1 มกราคม 2549 กระทรวงแรงงาน)

$$\text{ค่าจ้างแรงงาน} = 1 \times 184 \times 160 = 29,440 \text{ บาทต่อปี}$$

$$\text{รวมค่าใช้จ่ายผันแปร (VC)} = 1,440 + 2489.28 + 29,440 = 33,369.28 \text{ บาทต่อปี}$$

ดังนั้น

$$\begin{aligned} \text{ค่าใช้จ่ายทั้งหมด (AC)} &= 3,599.0625 + 33,369.28 \\ &= 36,968.3425 \approx 36,969 \text{ บาทต่อปี} \end{aligned}$$

#### 4.2 จุดคุ้มทุน (Break Even Point) ของเครื่องกะเทาะเปลือกเมล็ดทานตะวัน

กำหนดให้ค่าจ้างเครื่องกะเทาะเปลือกเมล็ดทานตะวันเท่ากับ 0.5 บาทต่อกิโลกรัม ใน 1 ปี เครื่องทำงาน 160 วัน วันละ 8 ชั่วโมง ความสามารถในการทำงานเฉลี่ย 120 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ดังนั้นเครื่องสามารถทำงานได้ 153,600 กิโลกรัมต่อปี

$$\text{BEP} = \text{FC}/(\text{p}-\text{VC})$$

โดยที่      BEP คือ จุดคุ้มทุน (กิโลกรัมต่อปี)  
               FC คือ ค่าใช้จ่ายคงที่ (บาทต่อปี)  
               VC คือ ค่าใช้จ่ายผันแปรต่อหน่วย (บาทต่อปี)  
               p คือ ราคาขายต่อหน่วย (บาทต่อกิโลกรัม)

ดังนั้น

$$\begin{aligned} \text{จุดคุ้มทุน} &= \frac{3,599.625}{0.5 - (33,369.28/153,600)} = 12,717.54 \text{ กิโลกรัมต่อปี} \\ &= 12.72 \text{ ตันต่อปี} \end{aligned}$$

#### 4.3 ระยะเวลาคืนทุน (Payback period) ของเครื่องกะเทาะเมล็ดทานตะวัน

จากรายได้ค่ารับจ้างใช้เครื่องกะเทาะเมล็ดทานตะวัน เท่ากับ 0.5 บาทต่อกิโลกรัม ใน 1 ปี เครื่องทำงาน 160 วัน วันละ 8 ชั่วโมง ความสามารถในการทำงานเฉลี่ย 120 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ดังนั้นเครื่องสามารถทำงานได้ 76800 บาทต่อปี

$$PBP = CF_0 / YCF$$

$$YCF = R - AC$$

โดยที่ PBP คือ ระยะเวลาคืนทุน (ปี)

$CF_0$  คือ ค่าใช้จ่ายทั้งหมดในการสร้างเครื่องกะเทาะเมล็ดทานตะวัน (บาท)

YCF คือ กำไร (บาทต่อปี)

R คือ รายได้ (บาทต่อปี)

AC คือ ค่าใช้จ่ายทั้งหมดที่เกิดขึ้นในการกะเทาะเปลือกเมล็ดทานตะวัน

ดังนั้น

$$\text{กำไร} = 76,800 - 36,969 = 39,831 \text{ บาทต่อปี}$$

$$\text{ระยะเวลาคืนทุน} = 27,500 / 39,831 = 0.69 \text{ ปี} \approx 8 \text{ เดือน}$$

## สรุปและข้อเสนอแนะ

### สรุป

จากการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการออกแบบเครื่องกะเทาะเมล็ดทานตะวัน ดังได้กล่าวมาแล้ว สามารถสรุปผลการศึกษาและมีข้อเสนอแนะเพื่อประโยชน์ในการศึกษาและปรับปรุงต่อไป ได้ดังนี้

#### 1. การศึกษาคุณภาพทางกายภาพของเมล็ดทานตะวันที่ใช้ในการทดสอบ

ทานตะวันพันธุ์แปซิฟิก 33 ที่ความชื้น 7.11 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานเปียก มีความกว้าง ความยาว และความหนาของเมล็ดทั้งเปลือกเฉลี่ยในช่วง 3.42-5.84, 7.41-12.8, 1.72-4.13 มิลลิเมตร ตามลำดับ เมล็ดในทานตะวันมีความกว้าง ความยาว และความหนาในช่วง 2.54-4.72, 4.63-10.65, 1.38-2.94 มิลลิเมตรตามลำดับ น้ำหนักต่อ 200 เมล็ด จากผลการศึกษา มีอัตราส่วนน้ำหนักของเมล็ดในทานตะวันต่อน้ำหนักเมล็ดทานตะวันทั้งเปลือก เฉลี่ย 0.689

#### 2. การศึกษาการกะเทาะเปลือกเมล็ดทานตะวันด้วยเครื่องกะเทาะแบบแรงเหวี่ยง

##### 2.1 การศึกษาความเร็วรอบของจานเหวี่ยงและระยะห่างของเป้ากระทบในชุดกะเทาะ

พบว่าระยะห่างเป้ากระทบ 6 เซนติเมตรเป็นระยะที่เหมาะสมสำหรับเป้ากระทบเมล็ด ที่ความเร็วจานเหวี่ยงกะเทาะเมล็ด 1789 รอบต่อนาที (ที่ความเร็วเชิงเส้น 187.34 เมตรต่อวินาที) เป็นความเร็วจานเหวี่ยงที่เหมาะสมสำหรับการกะเทาะเมล็ดทานตะวัน มีประสิทธิภาพการกะเทาะเมล็ดทานตะวันคิดเป็นเปอร์เซ็นต์กะเทาะเมล็ดเฉลี่ย 72.31 เปอร์เซ็นต์ คิดเป็นเปอร์เซ็นต์เมล็ดกะเทาะจำหน่ายเฉลี่ย 84.32 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเกิดจากเปอร์เซ็นต์รวมของเปอร์เซ็นต์กะเทาะได้เต็มเมล็ดเฉลี่ย 69.12 เปอร์เซ็นต์ รวมกับเปอร์เซ็นต์เมล็ดในที่กะเทาะแตกหักเล็กน้อยเฉลี่ย 15.21 เปอร์เซ็นต์

## 2.2 การศึกษาผลของความชื้นเมล็ดทานตะวันและความเร็วรอบจานเหวี่ยง ที่มีผลต่อสมรรถนะของเครื่องกะเทาะเปลือกเมล็ดทานตะวัน

พบว่าที่ความชื้นเมล็ดทานตะวัน 9.94 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานเปียก เป็นความชื้นที่ดีที่สุด ที่ความเร็วจานเหวี่ยงกะเทาะเมล็ด 1789 รอบต่อนาที (ที่ความเร็วเชิงเส้น 187.34 เมตรต่อวินาที) เป็นความเร็วจานเหวี่ยงที่เหมาะสมสำหรับการกะเทาะเมล็ดทานตะวัน มีประสิทธิภาพการกะเทาะเมล็ดทานตะวันคิดเป็นเปอร์เซ็นต์กะเทาะเมล็ดเฉลี่ย 61.91 เปอร์เซ็นต์ คิดเป็นเปอร์เซ็นต์เมล็ดกะเทาะจำหน่ายเฉลี่ย 78.20 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเกิดจากเปอร์เซ็นต์รวมของเปอร์เซ็นต์กะเทาะได้เต็มเมล็ดเฉลี่ย 64.92 เปอร์เซ็นต์ รวมกับเปอร์เซ็นต์เมล็ดในที่กะเทาะแตกหักเล็กน้อยเฉลี่ย 13.28 เปอร์เซ็นต์

## 2.3 ผลการศึกษาชนิดของผนังเป้ากระทบเมล็ดทานตะวัน อัตราการป้อน และความเร็วรอบจานเหวี่ยง

พบว่าผนังเป้ากระทบเป็นพื้นเหล็กเป็นวัสดุรองกระทบเมล็ดที่เหมาะสมที่สุด ที่อัตราการป้อนเมล็ด 80 กิโลกรัมต่อชั่วโมงเป็นอัตราป้อนที่เหมาะสมที่สุด และที่ความเร็วจานเหวี่ยงกะเทาะเมล็ด 1789 รอบต่อนาที (ที่ความเร็วเชิงเส้น 187.34 เมตรต่อวินาที) เป็นความเร็วจานเหวี่ยงที่เหมาะสมสำหรับการกะเทาะเมล็ดทานตะวัน มีประสิทธิภาพการกะเทาะเมล็ดทานตะวันคิดเป็นเปอร์เซ็นต์กะเทาะเมล็ดเฉลี่ย 65.49 เปอร์เซ็นต์ คิดเป็นเปอร์เซ็นต์เมล็ดกะเทาะจำหน่ายเฉลี่ย 83.92 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเกิดจากเปอร์เซ็นต์รวมของเปอร์เซ็นต์กะเทาะได้เต็มเมล็ดเฉลี่ย 70.59 เปอร์เซ็นต์ รวมกับเปอร์เซ็นต์เมล็ดในที่กะเทาะแตกหักเล็กน้อยเฉลี่ย 13.33 เปอร์เซ็นต์

## 3. การศึกษาระบบประกอบการกะเทาะเมล็ดทานตะวัน

### 1. การศึกษาการคัดขนาดเมล็ดทานตะวันด้วยเครื่องคัดแบบรูตะแกรง

จากผลการทดสอบประสิทธิภาพในการคัดขนาดจะเห็นได้ว่าอัตราส่วนผสมมีผลต่อการคัดขนาดเมล็ดทานตะวันคือ ถ้าเมล็ดทานตะวันส่วนใหญ่ที่นำมาทดสอบมีขนาดเมล็ดเล็กเยอะจะสามารถคัดขนาดได้ดีที่สุดที่อัตราส่วนระหว่างเมล็ดเล็กกับเมล็ดใหญ่ 1:3 ซึ่งมีค่าประสิทธิภาพในการคัดขนาดเท่ากับ 95.77 เปอร์เซ็นต์ และค่าประสิทธิภาพต่ำสุดมีค่าประสิทธิภาพในการคัดขนาดเท่ากับ 76.97 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเป็นค่าของอัตราผสมระหว่างเมล็ดขนาดเล็กกับเมล็ดขนาดใหญ่ 3:1

## 2. การศึกษาการแยกเมล็ดในทานตะวันทีละทะเปลือกกับเมล็ดทานตะวันที่ไม่ทะเปลือก

เครื่องคัดแยกเมล็ดในทานตะวันกับเมล็ดที่ไม่ทะเปลือก พบว่า เครื่องสามารถทำงานได้ ประสิทธิภาพในการคัดแยกเมล็ดดีที่สุด ที่มุมเอียง 20 องศา สามารถแยกเมล็ดในออกจากเมล็ดที่ไม่ทะเปลือก 99.7 เปอร์เซ็นต์โดยมีเมล็ดที่ไม่ทะเปลือกเจือปนอยู่ 0.13 เปอร์เซ็นต์ โดยเครื่องมืออัตราการทำงานประมาณ 80 กิโลกรัมต่อชั่วโมง

### ข้อเสนอแนะ

จากผลการปฏิบัติงาน ทางผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะและแนวทางการศึกษาเพิ่มเติมดังนี้

1. เมล็ดทานตะวันที่ใช้ในการทดสอบควรจะทำการศึกษาขนาดเสียก่อน เพื่อให้ได้เมล็ดที่ใช้มีขนาดเมล็ดใกล้เคียงกัน จะช่วยให้เปอร์เซ็นต์ทะเปลือกสูงขึ้น
2. ควรมีการศึกษาชนิดของผนังเปลือกแบบอื่นเพื่อให้ได้สภาวะที่เหมาะสมในการทะเปลือกทานตะวันแบบแรงเหวี่ยง
3. ในการศึกษาระบบประกอบการทะเปลือกควรทำการศึกษาการคัดแยกด้วยวิธีการอื่น เพื่อให้ได้สภาวะที่เหมาะสมในการคัดแยกเมล็ดทานตะวันไม่ทะเปลือกกับเนื้อในเมล็ด

## เอกสารและสิ่งอ้างอิง

- กรมส่งเสริมการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2545. เอกสารประกอบการประชุมสัมมนา เรื่องอนาคตการส่งเสริมการปลูกทานตะวันของประเทศไทย, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- กรมส่งเสริมการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2542. เอกสารประกอบการสัมมนาเรื่อง อนาคตการส่งเสริมการปลูกทานตะวันในประเทศไทย. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.
- กองเกษตรสัมพันธ์ กรมส่งเสริมการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2537. เอกสารคำแนะนำ ที่ 128 เรื่องการปลูกทานตะวัน. กรุงเทพฯ.
- เกียรติสุดา สุวรรณปา. 2548. การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อสมรรถนะของชุดกะเทาะเมล็ดทานตะวัน แบบแรงเหวี่ยง. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเครื่องจักรกลเกษตร, มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- ประพันธ์ ศิริพลับปลา. 2530. เครื่องสีข้าวไฟฟ้า. ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะ วิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่,
- มานิตย์ ทวีกสิกรรม. 2530. พืชน้ำมันที่มีอนาคตจริงหรือ. วิชาการเพื่อการเกษตรและสหกรณ์ การเกษตร(ธกส) 18 (2): 28-32.
- วัลลภ สันติประภา. 2540. เทคโนโลยีเมล็ดพันธุ์. ภาควิชาพืชศาสตร์, คณะทรัพยากรธรรมชาติ, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, สงขลา.
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2538. การผลิตและการตลาด ทานตะวัน ปี 2537/2539 ของจังหวัดลพบุรี. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.
- ศรีสุดา เตชะสาน และ พัฒนา นรมาศ. 2537. การปลูกทานตะวัน. กรมส่งเสริมการเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

- อรรถชัย เอี่ยมกระสินธุ์. 2539. เอกสารประกอบการประชุมสัมมนาทางวิชาการ เรื่อง ทานตะวัน. กรมส่งเสริมการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.
- อารีย์ ทิมินกุล. 2547. การออกแบบเครื่องกะเทาะเมล็ดทานตะวัน. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัย สาขาวิศวกรรมเกษตร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- อุคร ขจรเวหาศน์. 2539. เอกสารประกอบการประชุมสัมมนาทางวิชาการ เรื่อง ทานตะวัน. กรมส่งเสริมการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.
- Gupta R.K. and S.K. Das. 1997. Physical Properties of Sunflower Seed. **Journal of Agricultural Engineering** 1997 (66): 1-8.
- \_\_\_\_\_, 1998. Friction Coefficients of Sunflower Seed and Kernel on Various Structural Surfaces. **Journal of Agricultural Engineering Research** 1998 (71): 175-180.
- \_\_\_\_\_, 1999. Performance of Centifugal dehulling system for Sunflower Seed. **Journal of Food Engineering** 1999 (42): 191-198.
- Henderson S. M. and Perry R. L. 1966. **Agricultural Process Engineering**. University of California, USA.
- James E Wimberly. 1983. **Paddy Rice Postharvest Industry in Developing Countries**. International Rice Research Institute, Philippines.
- McGregor S.E. 1976. **Insect pollination of cultivated crop plants**. USDA-ARS Agric. Handb. 496. U.S. Gov. Print. Office, Washington, DC.
- Subramanian R., Shamanthaka Sastry M.C. and Venkateshmurthy K. 1990. Impact Dehulling of Sunflower Seed : Effect of Operating Conditions and Seed Characteristics. **Journal of Food Engineering** 12(1990) (83-94):

**ภาคผนวก**

### ภาคผนวก ก

ข้อมูลที่ได้จากการทดสอบและการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ตารางผนวกที่ ก1 ข้อมูลการศึกษาขนาดความยาว ความกว้าง และความหนาของเมล็ดทานตะวัน  
ทั้งเปลือกและเมล็ดในทานตะวันพันธุ์แปซิฟิก 33

| ตัวอย่างที่ | เมล็ดทานตะวันทั้งเปลือก |                      |                    | เมล็ดในทานตะวัน    |                      |                    |
|-------------|-------------------------|----------------------|--------------------|--------------------|----------------------|--------------------|
|             | ยาว<br>(มิลลิเมตร)      | กว้าง<br>(มิลลิเมตร) | หนา<br>(มิลลิเมตร) | ยาว<br>(มิลลิเมตร) | กว้าง<br>(มิลลิเมตร) | หนา<br>(มิลลิเมตร) |
| 1           | 8.61                    | 4.32                 | 2.75               | 7.62               | 3.65                 | 2.33               |
| 2           | 11.67                   | 4.51                 | 2.61               | 8.79               | 3.44                 | 2.06               |
| 3           | 11.46                   | 4.76                 | 2.69               | 8.66               | 3.66                 | 2.39               |
| 4           | 10.39                   | 4.95                 | 2.92               | 8.6                | 4.02                 | 2.54               |
| 5           | 10.14                   | 4.72                 | 2.36               | 8.01               | 3.49                 | 1.8                |
| 6           | 9.54                    | 4.4                  | 2.96               | 7.53               | 3.59                 | 2.44               |
| 7           | 9.88                    | 5.56                 | 3.46               | 7.62               | 4.29                 | 2.52               |
| 8           | 9.71                    | 4.42                 | 2.24               | 8.49               | 3.45                 | 1.83               |
| 9           | 11.26                   | 5.58                 | 3.02               | 9.19               | 4.34                 | 2.25               |
| 10          | 11.15                   | 4.77                 | 3.23               | 8.64               | 3.76                 | 2.21               |
| 11          | 10.36                   | 5.49                 | 3.53               | 8.38               | 4.4                  | 2.67               |
| 12          | 10.45                   | 5.04                 | 3.02               | 8.58               | 4.14                 | 2.46               |
| 13          | 8.59                    | 3.59                 | 1.72               | 6.81               | 2.98                 | 1.53               |
| 14          | 10.52                   | 4.81                 | 2.61               | 8.86               | 4                    | 2.12               |
| 15          | 10.39                   | 5.2                  | 2.89               | 8.18               | 4.11                 | 2.18               |
| 16          | 10.31                   | 4.05                 | 2.61               | 8.04               | 3.23                 | 2.07               |
| 17          | 10.77                   | 5.32                 | 2.87               | 8.59               | 3.8                  | 2.13               |
| 18          | 10.08                   | 4.52                 | 2.86               | 8.49               | 3.75                 | 2.26               |
| 19          | 8.39                    | 4.93                 | 3.01               | 7.12               | 3.85                 | 2.2                |
| 20          | 10.3                    | 4.95                 | 3.34               | 8.48               | 3.83                 | 2.55               |
| 21          | 9.11                    | 5.29                 | 3.35               | 4.63               | 3.8                  | 2.56               |
| 22          | 9.45                    | 3.96                 | 2.56               | 7.57               | 3.6                  | 2.14               |
| 23          | 9.87                    | 3.99                 | 2.94               | 7.66               | 3.26                 | 2.73               |
| 24          | 9.12                    | 5.11                 | 2.67               | 7.29               | 4                    | 2.11               |
| 25          | 8.84                    | 4.79                 | 3.29               | 7.15               | 3.74                 | 2.69               |
| 26          | 11.55                   | 5.02                 | 3.17               | 9.21               | 3.81                 | 2.47               |

## ตารางผนวกที่ ก1 (ต่อ)

| ตัวอย่างที่ | เมล็ดทานตะวันทั้งเปลือก |                      |                    | เมล็ดในทานตะวัน    |                      |                    |
|-------------|-------------------------|----------------------|--------------------|--------------------|----------------------|--------------------|
|             | ยาว<br>(มิลลิเมตร)      | กว้าง<br>(มิลลิเมตร) | หนา<br>(มิลลิเมตร) | ยาว<br>(มิลลิเมตร) | กว้าง<br>(มิลลิเมตร) | หนา<br>(มิลลิเมตร) |
| 27          | 9.98                    | 3.57                 | 2.45               | 7.63               | 2.9                  | 2.07               |
| 28          | 11.35                   | 4.69                 | 3.22               | 9.61               | 3.89                 | 2.45               |
| 29          | 10.9                    | 5.84                 | 3.46               | 8.85               | 4.69                 | 2.5                |
| 30          | 10.57                   | 3.83                 | 2.67               | 8.08               | 3.2                  | 2.11               |
| 31          | 10.83                   | 5.11                 | 2.7                | 9.15               | 3.9                  | 2.4                |
| 32          | 10.59                   | 5.42                 | 3.46               | 9.26               | 4.08                 | 2.79               |
| 33          | 10.4                    | 4.89                 | 2.75               | 8.66               | 3.96                 | 2.25               |
| 34          | 11.1                    | 4.39                 | 2.83               | 8.95               | 3.74                 | 2.08               |
| 35          | 11.29                   | 4.08                 | 2.98               | 8.93               | 3.56                 | 2.34               |
| 36          | 10.35                   | 5.25                 | 2.9                | 8.55               | 4.32                 | 2.22               |
| 37          | 10.95                   | 5.39                 | 3.7                | 8.97               | 4.31                 | 2.94               |
| 38          | 11.26                   | 4.67                 | 2.87               | 8.76               | 3.9                  | 2.27               |
| 39          | 9.65                    | 5.07                 | 2.94               | 8.46               | 3.97                 | 2.56               |
| 40          | 10.97                   | 4.75                 | 2.67               | 9.09               | 3.53                 | 2.07               |
| 41          | 11.18                   | 4.76                 | 2.84               | 9.19               | 3.66                 | 2.3                |
| 42          | 10.87                   | 4.95                 | 2.92               | 9.21               | 3.76                 | 2.42               |
| 43          | 12.68                   | 5.6                  | 4.13               | 9.15               | 4.07                 | 2.7                |
| 44          | 11.03                   | 5.25                 | 3.05               | 8.69               | 4.07                 | 2.41               |
| 45          | 11.72                   | 5.08                 | 3.49               | 9.15               | 3.71                 | 2.69               |
| 46          | 10.47                   | 5.02                 | 3.44               | 8.4                | 4.01                 | 2.67               |
| 47          | 8.6                     | 5.35                 | 3.28               | 7.57               | 4.3                  | 2.61               |
| 48          | 11.18                   | 4.64                 | 2.59               | 9.05               | 3.82                 | 2.15               |
| 49          | 11.9                    | 5.43                 | 3.64               | 10.65              | 4.72                 | 2.85               |
| 51          | 10.91                   | 4.29                 | 2.59               | 9.17               | 4.13                 | 2.53               |
| 52          | 11.56                   | 5.26                 | 3.25               | 9.13               | 3.77                 | 2.4                |
| 53          | 11.63                   | 4.85                 | 3.61               | 9.45               | 4.29                 | 2.93               |
| 54          | 10.01                   | 4                    | 3.32               | 8.18               | 3.34                 | 2.36               |

## ตารางผนวกที่ ก1 (ต่อ)

| ตัวอย่างที่ | เมล็ดทานตะวันทั้งเปลือก |                      |                    | เมล็ดในทานตะวัน    |                      |                    |
|-------------|-------------------------|----------------------|--------------------|--------------------|----------------------|--------------------|
|             | ยาว<br>(มิลลิเมตร)      | กว้าง<br>(มิลลิเมตร) | หนา<br>(มิลลิเมตร) | ยาว<br>(มิลลิเมตร) | กว้าง<br>(มิลลิเมตร) | หนา<br>(มิลลิเมตร) |
| 55          | 9.77                    | 5.01                 | 3.13               | 8.35               | 3.95                 | 2.11               |
| 56          | 11.2                    | 5.79                 | 3.25               | 9.18               | 4.47                 | 2.37               |
| 57          | 10.8                    | 5.4                  | 2.96               | 8.8                | 4.44                 | 2.44               |
| 58          | 9.82                    | 5.12                 | 3.43               | 8.24               | 4.32                 | 2.45               |
| 59          | 10.24                   | 4.62                 | 2.86               | 8.23               | 3.73                 | 2.08               |
| 60          | 10.75                   | 3.96                 | 2.81               | 8.23               | 3.16                 | 2.13               |
| 61          | 9.55                    | 4.44                 | 2.84               | 7.66               | 3.72                 | 2.53               |
| 62          | 11.71                   | 4.8                  | 3.33               | 9.63               | 3.79                 | 2.63               |
| 63          | 10.48                   | 4.66                 | 2.32               | 8.37               | 3.37                 | 1.97               |
| 64          | 9.82                    | 3.76                 | 2.47               | 8.12               | 2.9                  | 2.04               |
| 65          | 10.34                   | 4.72                 | 2.71               | 8.39               | 3.3                  | 2.58               |
| 66          | 10.03                   | 5.44                 | 3.15               | 8.59               | 4.44                 | 2.32               |
| 67          | 10.77                   | 5.03                 | 2.83               | 8.68               | 4.31                 | 2.16               |
| 68          | 10.75                   | 4.77                 | 2.92               | 8.34               | 3.82                 | 2.55               |
| 69          | 10.79                   | 4.4                  | 2.78               | 8.7                | 3.43                 | 2.25               |
| 70          | 10.08                   | 5.04                 | 3.22               | 8.3                | 3.86                 | 2.39               |
| 71          | 10.34                   | 4.94                 | 3.49               | 8.3                | 4.02                 | 2.62               |
| 72          | 11.6                    | 5.23                 | 2.73               | 8.56               | 3.86                 | 1.62               |
| 73          | 9.98                    | 5.33                 | 3.58               | 8.29               | 4.25                 | 2.78               |
| 74          | 10.77                   | 4.03                 | 2.76               | 8.38               | 3.39                 | 2.41               |
| 75          | 10.37                   | 4.81                 | 2.65               | 8.54               | 3.5                  | 2.24               |
| 76          | 9.82                    | 5.47                 | 3.57               | 8.46               | 4.21                 | 2.45               |
| 77          | 11.08                   | 4.87                 | 2.89               | 8.83               | 3.7                  | 2.33               |
| 78          | 8.45                    | 4.06                 | 3.22               | 6.69               | 2.98                 | 2.22               |
| 79          | 10.26                   | 4.49                 | 2.42               | 8.51               | 3.31                 | 2                  |
| 80          | 11.3                    | 4.55                 | 3.1                | 8.88               | 3.28                 | 2.3                |
| 81          | 11.59                   | 4.97                 | 2.94               | 9.13               | 4.29                 | 2.37               |

## ตารางผนวกที่ ก1 (ต่อ)

| ตัวอย่างที่ | เมล็ดทานตะวันทั้งเปลือก |                      |                    | เมล็ดในทานตะวัน    |                      |                    |
|-------------|-------------------------|----------------------|--------------------|--------------------|----------------------|--------------------|
|             | ยาว<br>(มิลลิเมตร)      | กว้าง<br>(มิลลิเมตร) | หนา<br>(มิลลิเมตร) | ยาว<br>(มิลลิเมตร) | กว้าง<br>(มิลลิเมตร) | หนา<br>(มิลลิเมตร) |
| 82          | 9.55                    | 4.16                 | 2.15               | 7.75               | 2.96                 | 1.85               |
| 83          | 9.76                    | 4.01                 | 2.35               | 7.53               | 3.13                 | 1.71               |
| 84          | 10.42                   | 4.46                 | 2.65               | 8.41               | 3.52                 | 2.08               |
| 85          | 10.3                    | 4.53                 | 2.89               | 8.67               | 3.5                  | 2.21               |
| 86          | 9.47                    | 4.21                 | 2.85               | 7.39               | 3.06                 | 2.41               |
| 87          | 10.75                   | 4.6                  | 2.46               | 8.26               | 3.19                 | 1.73               |
| 88          | 12.04                   | 5.58                 | 3.23               | 9.29               | 4.35                 | 2.69               |
| 89          | 11.35                   | 4.83                 | 3.35               | 8.8                | 3.76                 | 2.65               |
| 90          | 10.38                   | 4.17                 | 2.76               | 8.02               | 3.49                 | 2.18               |
| 91          | 11.1                    | 4.84                 | 3.33               | 8.63               | 3.51                 | 2.5                |
| 92          | 11.63                   | 4.9                  | 3.27               | 9.28               | 4.22                 | 2.56               |
| 93          | 10.55                   | 4.5                  | 2.93               | 8.49               | 3.63                 | 2.2                |
| 94          | 10.94                   | 4.59                 | 2.37               | 9.06               | 3.64                 | 1.9                |
| 95          | 9.35                    | 4.81                 | 2.98               | 7.86               | 3.86                 | 2.26               |
| 96          | 10.79                   | 4.67                 | 2.52               | 8.53               | 3.21                 | 2.02               |
| 97          | 10.67                   | 5.33                 | 2.86               | 8.92               | 3.76                 | 2.21               |
| 98          | 9.89                    | 4.33                 | 2.53               | 7.95               | 3.15                 | 1.84               |
| 99          | 10.96                   | 5.02                 | 2.94               | 8.74               | 3.74                 | 1.8                |
| 100         | 11.07                   | 5.03                 | 3.21               | 8.63               | 3.77                 | 2.3                |
| 101         | 11.45                   | 4.86                 | 2.97               | 9.14               | 3.48                 | 2.19               |
| 102         | 12.04                   | 4.83                 | 3.25               | 8.81               | 3.35                 | 2.13               |
| 103         | 9.17                    | 4.2                  | 2.74               | 7.08               | 3.53                 | 2.44               |
| 104         | 10.93                   | 5                    | 2.86               | 8.87               | 3.56                 | 2.33               |
| 105         | 11.81                   | 5.09                 | 3.1                | 9.44               | 3.88                 | 2.72               |
| 106         | 9.76                    | 4.76                 | 2.82               | 8.36               | 3.62                 | 2.5                |
| 107         | 10.6                    | 4.62                 | 2.47               | 8.68               | 3.68                 | 2.14               |
| 108         | 10.17                   | 4.59                 | 2.77               | 8.33               | 3.77                 | 1.99               |

## ตารางผนวกที่ ก1 (ต่อ)

| ตัวอย่างที่ | เมล็ดทานตะวันทั้งเปลือก |                      |                    | เมล็ดในทานตะวัน    |                      |                    |
|-------------|-------------------------|----------------------|--------------------|--------------------|----------------------|--------------------|
|             | ยาว<br>(มิลลิเมตร)      | กว้าง<br>(มิลลิเมตร) | หนา<br>(มิลลิเมตร) | ยาว<br>(มิลลิเมตร) | กว้าง<br>(มิลลิเมตร) | หนา<br>(มิลลิเมตร) |
| 109         | 10.66                   | 5.31                 | 3.36               | 8.86               | 4.22                 | 2.65               |
| 110         | 10.17                   | 4.73                 | 2.78               | 8.2                | 3.74                 | 2.09               |
| 111         | 9.33                    | 4.23                 | 2.87               | 7.55               | 3.57                 | 2.57               |
| 112         | 11.48                   | 4.91                 | 2.9                | 8.41               | 4.25                 | 2.11               |
| 113         | 10.65                   | 4.15                 | 2.36               | 8.39               | 3.47                 | 1.92               |
| 114         | 10.06                   | 4.68                 | 2.98               | 8.38               | 3.93                 | 2.48               |
| 115         | 10.13                   | 4.98                 | 2.76               | 8.31               | 3.95                 | 2.25               |
| 116         | 11.1                    | 5.64                 | 3.83               | 8.64               | 4.26                 | 2.56               |
| 117         | 11.58                   | 4.98                 | 3.26               | 9                  | 4.06                 | 2.69               |
| 118         | 9.35                    | 3.99                 | 2.4                | 7.32               | 3.56                 | 1.95               |
| 119         | 9.96                    | 4.61                 | 2.3                | 7.63               | 3.68                 | 1.76               |
| 120         | 10.95                   | 4.83                 | 3.08               | 8.08               | 3.45                 | 2.02               |
| 121         | 11.29                   | 4.8                  | 3.25               | 8.81               | 4.09                 | 2.66               |
| 122         | 10.64                   | 5.26                 | 3.29               | 8.52               | 4.22                 | 2.3                |
| 123         | 9.53                    | 4.34                 | 2.56               | 7.63               | 3.51                 | 2.04               |
| 124         | 10.67                   | 4.87                 | 3.22               | 9.01               | 3.63                 | 2.18               |
| 125         | 9.11                    | 4.72                 | 2.88               | 6.89               | 3.77                 | 2.31               |
| 126         | 10.4                    | 3.97                 | 2.96               | 8.11               | 3.33                 | 2.37               |
| 127         | 10.44                   | 4.17                 | 2.94               | 7.99               | 3.44                 | 2.29               |
| 128         | 8.46                    | 3.42                 | 2.09               | 6.17               | 2.62                 | 1.79               |
| 129         | 11.42                   | 5.57                 | 3.03               | 8.78               | 4.26                 | 2.42               |
| 130         | 10.41                   | 5.47                 | 3.48               | 8.25               | 4.56                 | 2.64               |
| 131         | 9.14                    | 4.39                 | 2.67               | 7.09               | 3.28                 | 2.93               |
| 132         | 10.09                   | 4.84                 | 3.12               | 8.02               | 3.73                 | 2.44               |
| 133         | 10.63                   | 5.15                 | 3.2                | 8.68               | 4.33                 | 2.37               |
| 134         | 10.13                   | 5.09                 | 3.43               | 8.67               | 4.15                 | 2.73               |
| 135         | 9.35                    | 4.75                 | 3.29               | 7.49               | 3.94                 | 2.62               |

## ตารางผนวกที่ ก1 (ต่อ)

| ตัวอย่างที่ | เมล็ดทานตะวันทั้งเปลือก |                      |                    | เมล็ดในทานตะวัน    |                      |                    |
|-------------|-------------------------|----------------------|--------------------|--------------------|----------------------|--------------------|
|             | ยาว<br>(มิลลิเมตร)      | กว้าง<br>(มิลลิเมตร) | หนา<br>(มิลลิเมตร) | ยาว<br>(มิลลิเมตร) | กว้าง<br>(มิลลิเมตร) | หนา<br>(มิลลิเมตร) |
| 136         | 8.25                    | 4.32                 | 2.79               | 6.38               | 3.37                 | 2.33               |
| 137         | 11.09                   | 5.4                  | 3.1                | 8.18               | 3.44                 | 1.77               |
| 138         | 10.83                   | 5.19                 | 2.91               | 8.52               | 4.22                 | 2.21               |
| 139         | 8.2                     | 3.55                 | 2.41               | 6.39               | 3.04                 | 2.05               |
| 140         | 11.31                   | 5.36                 | 3.75               | 8.89               | 4.4                  | 2.88               |
| 141         | 11.01                   | 5.07                 | 3.33               | 8.79               | 3.97                 | 2.32               |
| 142         | 10.63                   | 5.31                 | 3.54               | 8.95               | 4.21                 | 2.85               |
| 143         | 11.88                   | 5.23                 | 3.32               | 9.64               | 4.15                 | 2.29               |
| 144         | 11.29                   | 4.84                 | 2.85               | 9.32               | 3.65                 | 1.82               |
| 145         | 10.97                   | 4.98                 | 3.4                | 8.56               | 4.02                 | 2.37               |
| 146         | 10.67                   | 4.68                 | 3.11               | 8.75               | 3.69                 | 2.11               |
| 147         | 9.67                    | 5.25                 | 3.2                | 7.77               | 4.08                 | 2.47               |
| 148         | 7.83                    | 4.08                 | 2.85               | 6.24               | 3.44                 | 2.26               |
| 149         | 11.09                   | 4.91                 | 3.07               | 8.79               | 3.89                 | 2.3                |
| 150         | 11.42                   | 4.42                 | 3.21               | 8.91               | 3.7                  | 2.46               |
| 151         | 9.91                    | 4.75                 | 3.33               | 8.4                | 3.96                 | 2.47               |
| 152         | 11.03                   | 5.42                 | 3.71               | 8.83               | 4.33                 | 2.66               |
| 153         | 10.85                   | 4.84                 | 2.84               | 8.78               | 3.83                 | 2.15               |
| 154         | 9.4                     | 4                    | 2.71               | 7.22               | 3.32                 | 2.13               |
| 155         | 8.99                    | 3.7                  | 2.58               | 7.22               | 2.54                 | 1.5                |
| 156         | 7.41                    | 4.15                 | 2.54               | 5.83               | 3.55                 | 1.92               |
| 157         | 9.3                     | 4.34                 | 2.64               | 7.39               | 3.38                 | 2.07               |
| 158         | 9.71                    | 3.7                  | 1.9                | 7.47               | 2.93                 | 1.38               |
| 159         | 10.16                   | 4.07                 | 2.38               | 8.37               | 3.4                  | 1.8                |
| 160         | 12.14                   | 4.95                 | 3.33               | 9.53               | 3.91                 | 2.19               |
| 161         | 11.32                   | 5.23                 | 3.53               | 8.73               | 4.07                 | 2.37               |
| 162         | 9.78                    | 4.51                 | 2.74               | 7.87               | 3.55                 | 2.03               |

## ตารางผนวกที่ ก1 (ต่อ)

| ตัวอย่างที่ | เมล็ดทานตะวันทั้งเปลือก |                      |                    | เมล็ดในทานตะวัน    |                      |                    |
|-------------|-------------------------|----------------------|--------------------|--------------------|----------------------|--------------------|
|             | ยาว<br>(มิลลิเมตร)      | กว้าง<br>(มิลลิเมตร) | หนา<br>(มิลลิเมตร) | ยาว<br>(มิลลิเมตร) | กว้าง<br>(มิลลิเมตร) | หนา<br>(มิลลิเมตร) |
| 163         | 10.91                   | 4.08                 | 2.23               | 8.34               | 3.29                 | 1.64               |
| 164         | 10.91                   | 4.6                  | 2.63               | 8.47               | 3.38                 | 2.18               |
| 165         | 11.51                   | 5.24                 | 2.97               | 9.08               | 4.59                 | 2.06               |
| 166         | 10.78                   | 4.1                  | 2.6                | 8.01               | 3.02                 | 1.96               |
| 167         | 10.83                   | 4.83                 | 2.91               | 8.59               | 3.85                 | 2.34               |
| 168         | 10.77                   | 4.07                 | 2.8                | 8.88               | 3.81                 | 1.97               |
| 169         | 8.86                    | 3.59                 | 2.84               | 6.74               | 2.85                 | 2.45               |
| 170         | 10.05                   | 5.48                 | 2.64               | 8.08               | 3.7                  | 2.04               |
| 171         | 9.81                    | 4.75                 | 2.56               | 7.63               | 3.16                 | 1.98               |
| 172         | 10.97                   | 5.17                 | 3.18               | 8.74               | 4.33                 | 2.51               |
| 173         | 10.32                   | 5.57                 | 3.58               | 8.53               | 4.22                 | 2.29               |
| 174         | 10.76                   | 4.19                 | 2.2                | 8.35               | 3.04                 | 1.57               |
| 175         | 10.44                   | 4.09                 | 2.31               | 8.67               | 3.15                 | 1.96               |
| 176         | 9.26                    | 4.22                 | 2.2                | 7.36               | 3.36                 | 1.73               |
| 177         | 9.61                    | 4.06                 | 2.9                | 7.66               | 3.05                 | 2.03               |
| 178         | 9.43                    | 4.84                 | 2.75               | 7.33               | 3.67                 | 2.18               |
| 179         | 10.23                   | 4.31                 | 3.14               | 7.83               | 3.2                  | 2.25               |
| 180         | 11.95                   | 4.9                  | 3.07               | 9.46               | 4.15                 | 2.37               |
| 181         | 10.29                   | 5.12                 | 2.43               | 8.5                | 4.17                 | 2.07               |
| 182         | 10.16                   | 5.2                  | 2.95               | 7.82               | 3.99                 | 2.83               |
| 183         | 10.33                   | 5.01                 | 3.19               | 8.25               | 4.34                 | 2.54               |
| 184         | 10.36                   | 5.2                  | 3.13               | 8.97               | 4.49                 | 2.74               |
| 185         | 9.57                    | 4.45                 | 2.69               | 7.43               | 3.77                 | 2.31               |
| 186         | 10.84                   | 4.7                  | 3.24               | 8.09               | 3.79                 | 2.22               |
| 187         | 10.16                   | 4.88                 | 2.76               | 8.42               | 4.27                 | 2.3                |
| 188         | 10.47                   | 5.36                 | 3.06               | 8.15               | 4.04                 | 2.3                |
| 189         | 11.4                    | 5.36                 | 3.34               | 8.04               | 4.27                 | 2.71               |

## ตารางผนวกที่ ก1 (ต่อ)

| ตัวอย่างที่ | เมล็ดทานตะวันทั้งเปลือก |                      |                    | เมล็ดในทานตะวัน    |                      |                    |
|-------------|-------------------------|----------------------|--------------------|--------------------|----------------------|--------------------|
|             | ยาว<br>(มิลลิเมตร)      | กว้าง<br>(มิลลิเมตร) | หนา<br>(มิลลิเมตร) | ยาว<br>(มิลลิเมตร) | กว้าง<br>(มิลลิเมตร) | หนา<br>(มิลลิเมตร) |
| 190         | 10.97                   | 4.92                 | 3.05               | 8.78               | 3.73                 | 2.2                |
| 191         | 9.75                    | 5.52                 | 3.33               | 7.9                | 4.33                 | 2.45               |
| 192         | 10.68                   | 4.95                 | 3.06               | 8.68               | 3.98                 | 2.48               |
| 193         | 9.89                    | 4.98                 | 3.5                | 7.64               | 4.06                 | 2.51               |
| 194         | 11.33                   | 4.74                 | 2.96               | 8.77               | 3.56                 | 2.31               |
| 195         | 10.05                   | 4.76                 | 3.17               | 8.29               | 3.82                 | 2.25               |
| 196         | 10.9                    | 5.81                 | 4.09               | 8.53               | 4.28                 | 2.41               |
| 197         | 11.43                   | 4.5                  | 2.74               | 9.31               | 2.62                 | 2.17               |
| 198         | 10.93                   | 4.75                 | 2.73               | 9.04               | 4.31                 | 2.22               |
| 199         | 8.08                    | 3.85                 | 2.38               | 6.75               | 3.13                 | 1.99               |
| 200         | 9.77                    | 3.43                 | 2.5                | 7.75               | 2.97                 | 1.95               |
| ค่าเฉลี่ย   | 10.42                   | 4.75                 | 2.94               | 8.32               | 3.75                 | 2.28               |
| ค่าสูงสุด   | 12.68                   | 5.84                 | 4.13               | 10.65              | 4.72                 | 2.94               |
| ค่าต่ำสุด   | 7.41                    | 3.42                 | 1.72               | 4.63               | 2.54                 | 1.38               |

ตารางผนวกที่ ก2 ข้อมูลการทดสอบระยะห่างเป้ากระทบและความเร็วรอบงานเหียงกะเทาะเมล็ด  
ที่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์ต่างๆ เมื่อใช้กะเทาะเมล็ดทานตะวันพันธุ์แปซิฟิก 33

| ความเร็ว<br>รอบ | ระยะห่าง | ซ้<br>เข้า | ค่าเปอร์เซ็นต์ต่างๆ(%) |       |            |         |          |
|-----------------|----------|------------|------------------------|-------|------------|---------|----------|
|                 |          |            | กะเทาะ                 | เต็ม  | หักบางส่วน | หักกลาง | เล็กน้อย |
| 1435            | 2        | 1          | 57.38                  | 75.54 | 8.49       | 9.78    | 6.19     |
|                 |          | 2          | 44.89                  | 71.85 | 11.19      | 10.35   | 6.62     |
|                 |          | 3          | 47.25                  | 71.1  | 13.01      | 9.92    | 5.68     |
|                 |          | 4          | 55.11                  | 72.23 | 10.44      | 11.23   | 6.81     |
|                 |          | เฉลี่ย     | 51.16                  | 72.68 | 10.78      | 10.23   | 6.33     |
|                 | 4        | 1          | 54.8                   | 72.84 | 8.72       | 9.51    | 9.05     |
|                 |          | 2          | 53.33                  | 69.57 | 12.02      | 10.55   | 7.86     |
|                 |          | 3          | 47.95                  | 69.56 | 15.27      | 8.19    | 6.98     |
|                 |          | 4          | 48.94                  | 68.11 | 12.4       | 11.7    | 7.8      |
|                 |          | เฉลี่ย     | 51.26                  | 70.02 | 12.1       | 9.98    | 7.92     |
|                 | 6        | 1          | 51.21                  | 80.11 | 8.37       | 5.8     | 5.72     |
|                 |          | 2          | 49.61                  | 79.08 | 9.86       | 6.42    | 4.65     |
|                 |          | 3          | 47.34                  | 82.77 | 7.97       | 5.34    | 4.8      |
|                 |          | 4          | 49.1                   | 78.91 | 9.43       | 7.8     | 3.86     |
|                 |          | เฉลี่ย     | 49.32                  | 80.22 | 8.91       | 6.34    | 4.75     |
|                 | 8        | 1          | 51.35                  | 67.94 | 12.37      | 11.2    | 8.5      |
|                 |          | 2          | 50.45                  | 72.08 | 12.85      | 9.85    | 5.22     |
|                 |          | 3          | 48.28                  | 75.08 | 11.44      | 8.59    | 4.88     |
|                 |          | 4          | 51.38                  | 73.8  | 12.16      | 8.18    | 5.86     |
|                 |          | เฉลี่ย     | 50.37                  | 72.23 | 12.21      | 9.45    | 6.12     |
| 1789            | 2        | 1          | 70.02                  | 73.08 | 13.63      | 5.87    | 7.12     |
|                 |          | 2          | 71.2                   | 71.69 | 10.23      | 9.43    | 8.65     |
|                 |          | 3          | 71.54                  | 72.92 | 13.24      | 6.4     | 7.44     |
|                 |          | 4          | 65.67                  | 68.23 | 13.47      | 9.11    | 9.19     |
|                 |          | เฉลี่ย     | 69.61                  | 71.48 | 12.64      | 7.7     | 8.18     |

## ตารางผนวกที่ ก2 (ต่อ)

| ความเร็ว<br>รอบ | ระยะห่าง | ซ้<br>ชา | ค่าเปอร์เซ็นต์ต่างๆ(%) |       |            |         |          |
|-----------------|----------|----------|------------------------|-------|------------|---------|----------|
|                 |          |          | กะเทาะ                 | เต็ม  | หักบางส่วน | หักกลาง | เล็กน้อย |
| 1789            | 4        | 1        | 70.22                  | 64.06 | 18.16      | 10.03   | 7.75     |
|                 |          | 2        | 68.71                  | 58.44 | 19.86      | 12.39   | 9.31     |
|                 |          | 3        | 72.72                  | 64.26 | 16.12      | 11.96   | 7.66     |
|                 |          | 4        | 71.68                  | 62.78 | 17.28      | 11.49   | 8.45     |
|                 |          | เฉลี่ย   | 70.83                  | 62.39 | 17.85      | 11.47   | 8.29     |
|                 | 6        | 1        | 73.2                   | 71.31 | 14.18      | 7.6     | 6.91     |
|                 |          | 2        | 73.01                  | 68.39 | 15.48      | 8.04    | 8.09     |
|                 |          | 3        | 69.83                  | 67.27 | 17.07      | 7.29    | 8.37     |
|                 |          | 4        | 73.22                  | 69.49 | 14.1       | 8.77    | 7.64     |
|                 |          | เฉลี่ย   | 72.32                  | 69.12 | 15.21      | 7.93    | 7.74     |
|                 | 8        | 1        | 72.24                  | 58.77 | 19.96      | 11.28   | 9.99     |
|                 |          | 2        | 70.55                  | 58.89 | 20.44      | 11.14   | 9.53     |
|                 |          | 3        | 73.54                  | 60.47 | 21.5       | 9.14    | 8.89     |
|                 |          | 4        | 73.47                  | 62.53 | 17.54      | 11.3    | 8.62     |
|                 |          | เฉลี่ย   | 72.48                  | 60.17 | 19.86      | 10.72   | 9.25     |
| 1949            | 2        | 1        | 78.42                  | 44.85 | 26.74      | 14.76   | 13.65    |
|                 |          | 2        | 77.91                  | 45.17 | 23.15      | 17.46   | 14.22    |
|                 |          | 3        | 78.18                  | 47.59 | 22.89      | 12.97   | 16.55    |
|                 |          | 4        | 78.51                  | 44.19 | 25.73      | 15.67   | 14.14    |
|                 |          | เฉลี่ย   | 78.26                  | 45.45 | 24.63      | 15.22   | 14.7     |
|                 | 4        | 1        | 80.22                  | 46.6  | 25.96      | 14.66   | 12.78    |
|                 |          | 2        | 80.88                  | 43.07 | 23.79      | 16.26   | 16.88    |
|                 |          | 3        | 80.87                  | 44.08 | 26.54      | 15.2    | 14.18    |
|                 |          | 4        | 83.28                  | 43.02 | 26.52      | 14.51   | 15.95    |
|                 |          | เฉลี่ย   | 81.31                  | 44.19 | 25.7       | 15.16   | 14.95    |

## ตารางผนวกที่ ก2 (ต่อ)

| ความเร็ว<br>รอบ | ระยะห่าง | ซ้<br>ชา | ค่าเปอร์เซ็นต์ต่างๆ(%) |       |            |         |          |
|-----------------|----------|----------|------------------------|-------|------------|---------|----------|
|                 |          |          | กะเทาะ                 | เต็ม  | หักบางส่วน | หักกลาง | เล็กน้อย |
| 1949            | 6        | 1        | 78.01                  | 47.94 | 25.78      | 13.24   | 13.04    |
|                 |          | 2        | 82.58                  | 42.52 | 27.31      | 16.53   | 13.64    |
|                 |          | 3        | 79.93                  | 44.74 | 25.33      | 14.18   | 15.75    |
|                 |          | 4        | 83.09                  | 49.37 | 24.77      | 13.41   | 12.45    |
|                 |          | เฉลี่ย   | 80.9                   | 46.14 | 25.65      | 14.34   | 13.87    |
|                 | 8        | 1        | 81.13                  | 45.05 | 23.75      | 16.78   | 14.42    |
|                 |          | 2        | 80.6                   | 38.92 | 28.01      | 13.83   | 19.24    |
|                 |          | 3        | 83.01                  | 38.57 | 27.08      | 16.32   | 18.03    |
|                 |          | 4        | 81.96                  | 37.54 | 26.86      | 19.09   | 16.51    |
|                 |          | เฉลี่ย   | 81.68                  | 40.02 | 26.43      | 16.5    | 17.05    |
| 2240            | 2        | 1        | 87.54                  | 35.15 | 24.85      | 17.42   | 22.58    |
|                 |          | 2        | 86.19                  | 31.37 | 25.71      | 17.66   | 25.26    |
|                 |          | 3        | 88.1                   | 36.27 | 20.41      | 19.19   | 24.13    |
|                 |          | 4        | 81.94                  | 25.79 | 25.99      | 20.65   | 27.57    |
|                 |          | เฉลี่ย   | 85.94                  | 32.15 | 24.24      | 18.73   | 24.89    |
|                 | 4        | 1        | 83.7                   | 26.1  | 23.97      | 22.96   | 26.97    |
|                 |          | 2        | 88.21                  | 28.99 | 28.66      | 21.21   | 21.14    |
|                 |          | 3        | 86.55                  | 33.23 | 25.19      | 21.31   | 20.27    |
|                 |          | 4        | 85.79                  | 30.22 | 27.75      | 22.04   | 19.99    |
|                 |          | เฉลี่ย   | 86.06                  | 29.64 | 26.39      | 21.88   | 22.09    |
| 6               | 1        | 83.82    | 29.91                  | 23.13 | 21.4       | 25.55   |          |
|                 | 2        | 86.98    | 28.04                  | 30.58 | 19.26      | 22.12   |          |
|                 | 3        | 84.54    | 26.73                  | 30.11 | 20.39      | 22.77   |          |
|                 | 4        | 86.01    | 28.64                  | 31.29 | 19.36      | 20.71   |          |
|                 | เฉลี่ย   | 85.34    | 28.33                  | 28.78 | 20.1       | 22.79   |          |

ตารางผนวกที่ ก2 (ต่อ)

| ความเร็ว<br>รอบ | ระยะห่าง | ซ้<br>ชำ | ค่าเปอร์เซ็นต์ต่างๆ(%) |       |            |         |          |
|-----------------|----------|----------|------------------------|-------|------------|---------|----------|
|                 |          |          | กะเพาะ                 | เต็ม  | หักบางส่วน | หักกลาง | เล็กน้อย |
| 2240            | 8        | 1        | 85.29                  | 26.73 | 25.15      | 21.59   | 26.53    |
|                 |          | 2        | 85.31                  | 29.03 | 24.55      | 22.97   | 23.45    |
|                 |          | 3        | 81.6                   | 26.39 | 27.61      | 23.39   | 22.62    |
|                 |          | 4        | 87.38                  | 30.31 | 28.27      | 20.3    | 21.12    |
|                 |          | เฉลี่ย   | 86.14                  | 28.12 | 26.39      | 22.06   | 23.43    |

**ตารางผนวกที่ ก3** ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของการศึกษาระยะห่างของเป้ากระทบและ  
ความเร็วงานเหวี่ยงกะเทาะเมล็ดที่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์กะเทาะและเปอร์เซ็นต์  
เมล็ดในทีกะเทาะได้เต็มเมล็ด

| แหล่งความแปรปรวน | df | เปอร์เซ็นต์กะเทาะ |         |                    | เปอร์เซ็นต์เมล็ดในเต็มเมล็ด |         |           |
|------------------|----|-------------------|---------|--------------------|-----------------------------|---------|-----------|
|                  |    | SS                | MS      | F-Value            | SS                          | MS      | F-Value   |
| A                | 3  | 11495.47          | 3831.82 | 646.69**           | 19627.65                    | 6542.55 | 1029.31** |
| B                | 3  | 13.28             | 4.43    | 0.74 <sup>ns</sup> | 394.79                      | 131.59  | 20.70**   |
| AB               | 9  | 50.67             | 5.63    | 0.95 <sup>ns</sup> | 320.09                      | 35.56   | 5.59**    |
| error            | 48 | 284.41            | 5.925   |                    | 305.1                       | 6.35    |           |

หมายเหตุ \*\* แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 5 %, ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ  
ความเร็วงานเหวี่ยง (A), ระยะห่างเป้ากระทบ (B)

**ตารางผนวกที่ ก4** ผลของการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของการศึกษาระยะห่างเป้ากระทบเมล็ดและ  
ความเร็วรอบงานเหวี่ยงกะเทาะเมล็ดที่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์เมล็ดในหักบางส่วน  
และเปอร์เซ็นต์เมล็ดในหักกลาง

| แหล่งความแปรปรวน | df | เปอร์เซ็นต์เมล็ดในหักบางส่วน |        |          | เปอร์เซ็นต์เมล็ดในหักกลาง |          |          |
|------------------|----|------------------------------|--------|----------|---------------------------|----------|----------|
|                  |    | SS                           | MS     | F-Value  | SS                        | MS       | F-Value  |
| A                | 3  | 2677.98                      | 892.66 | 234.72** | 1461.62                   | 11870.65 | 273.13** |
| B                | 3  | 88.12                        | 29.37  | 7.72**   | 73.86                     | 487.21   | 13.80**  |
| AB               | 9  | 106.69                       | 11.85  | 3.12**   | 49.88                     | 5.54     | 3.11**   |
| error            | 48 | 182.55                       | 3.80   |          | 85.62                     | 1.78     |          |

หมายเหตุ \*\* แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 5 %, ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ  
ความเร็วงานเหวี่ยง (A), ระยะห่างเป้ากระทบ (B)

**ตารางผนวกที่ ก5** ผลของการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของการศึกษาระยะห่างเป้ากระทบเมล็ดและความเร็วรอบจานเหวี่ยงกะเทาะเมล็ดที่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์เมล็ดในกะเทาะแตกหักชิ้นเล็กชิ้นน้อย

| แหล่งความแปรปรวน | df | เปอร์เซ็นต์เมล็ดในทานตะวันแตกหักชิ้นเล็กชิ้นน้อย |        |                    |
|------------------|----|--|--------|--------------------|
|                  |    | SS   | MS     | F-Value            |
| A                | 3  | 2831.13  | 943.71 | 354.76**           |
| B                | 3  | 24.96  | 8.32   | 3.12 <sup>ns</sup> |
| AB               | 9  | 40.97  | 4.55   | 1.71 <sup>ns</sup> |
| error            | 48 | 127.68   | 2.66   |                    |

หมายเหตุ \*\* แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 5 %, ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ  
ความเร็วรอบจานเหวี่ยง (A), ระยะห่างเป้ากระทบ (B)

**ตารางผนวกที่ ก6** การเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์กะเทาะเฉลี่ย ของผลการศึกษาระยะห่างเป้ากระทบและความเร็วรอบจานเหวี่ยงกะเทาะเมล็ด

| ความเร็วรอบจานเหวี่ยง<br>(รอบต่อนาที) | ระยะห่างเป้ากระทบเมล็ดทานตะวัน (เซนติเมตร) |                     |                     |                     |
|---------------------------------------|--|---------------------|---------------------|---------------------|
|                                       | 2  | 4                   | 6                   | 8                   |
| 1435                                  | 51.16 <sup>aa</sup>                        | 51.26 <sup>aa</sup> | 49.32 <sup>aa</sup> | 50.37 <sup>aa</sup> |
| 1789                                  | 69.60 <sup>ba</sup>                        | 70.83 <sup>ba</sup> | 72.31 <sup>ba</sup> | 72.45 <sup>ba</sup> |
| 1949                                  | 78.26 <sup>ca</sup>                        | 81.31 <sup>ca</sup> | 80.90 <sup>ca</sup> | 81.68 <sup>ca</sup> |
| 2240                                  | 85.94 <sup>da</sup>                        | 86.06 <sup>da</sup> | 85.34 <sup>da</sup> | 84.90 <sup>da</sup> |

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยตามหลังด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันไม่แตกต่างกันทางสถิติ เมื่อวิเคราะห์โดยวิธี DMRT ที่ระดับนัยสำคัญ 5%

ตารางผนวกที่ ก7 การเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์เมล็ดในกะเทาะได้เต็มเมล็ดเฉลี่ยของผลการศึกษา  
ระยะห่างเป่ากระทบและความเร็วรอบจานเหวี่ยงกะเทาะเมล็ด

| ความเร็วรอบจานเหวี่ยง<br>(รอบต่อนาที) | ระยะห่างเป่ากระทบเมล็ดทานตะวัน (เซนติเมตร) |                     |                     |                     |
|---------------------------------------|--|---------------------|---------------------|---------------------|
|                                       | 2  | 4                   | 6                   | 8                   |
| 1435                                  | 72.68 <sup>db</sup>                        | 70.02 <sup>da</sup> | 80.22 <sup>db</sup> | 72.23 <sup>da</sup> |
| 1789                                  | 71.48 <sup>cd</sup>                        | 62.39 <sup>ca</sup> | 69.12 <sup>cd</sup> | 60.17 <sup>ca</sup> |
| 1949                                  | 45.45 <sup>bb</sup>                        | 44.19 <sup>ba</sup> | 46.14 <sup>bb</sup> | 40.02 <sup>ba</sup> |
| 2240                                  | 32.15 <sup>ab</sup>                        | 29.64 <sup>aa</sup> | 28.33 <sup>aa</sup> | 28.12 <sup>aa</sup> |

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยตามหลังด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันไม่แตกต่างกันทางสถิติ เมื่อวิเคราะห์โดยวิธี DMRT ที่ระดับนัยสำคัญ 5%

ตารางผนวกที่ ก8 การเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์เมล็ดในทีกะเทาะหักเล็กน้อยเฉลี่ยของผลการศึกษา  
ระยะห่างเป่ากระทบและความเร็วรอบจานเหวี่ยงกะเทาะเมล็ด

| ความเร็วรอบจานเหวี่ยง<br>(รอบต่อนาที) | ระยะห่างเป่ากระทบเมล็ดทานตะวัน (เซนติเมตร) |                      |                     |                     |
|---------------------------------------|--|----------------------|---------------------|---------------------|
|                                       | 2  | 4                    | 6                   | 8                   |
| 1435                                  | 10.78 <sup>aa</sup>                        | 12.10 <sup>abc</sup> | 8.91 <sup>ab</sup>  | 12.20 <sup>ac</sup> |
| 1789                                  | 12.64 <sup>ba</sup>                        | 17.86 <sup>bbc</sup> | 15.21 <sup>bb</sup> | 19.86 <sup>bc</sup> |
| 1949                                  | 24.63 <sup>ca</sup>                        | 25.70 <sup>cbc</sup> | 25.80 <sup>cb</sup> | 26.43 <sup>cc</sup> |
| 2240                                  | 24.24 <sup>ca</sup>                        | 26.39 <sup>cbc</sup> | 28.78 <sup>cb</sup> | 26.39 <sup>cc</sup> |

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยตามหลังด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันไม่แตกต่างกันทางสถิติ เมื่อวิเคราะห์โดยวิธี DMRT ที่ระดับนัยสำคัญ 5%

**ตารางผนวกที่ ก9** การเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์เมล็ดในทีกะเทาะหักกลางเฉลี่ยของผลการศึกษา  
ระยะเป่ากระทบและความเร็วรอบงานเหวี่ยงกะเทาะเมล็ด

| ความเร็วรอบงานเหวี่ยง<br>(รอบต่อนาที) | ระยะห่างเป่ากระทบเมล็ดทานตะวัน (เซนติเมตร) |                     |                     |                     |
|---------------------------------------|--|---------------------|---------------------|---------------------|
|                                       | 2  | 4                   | 6                   | 8                   |
| 1435                                  | 10.32 <sup>aa</sup>                        | 9.98 <sup>ba</sup>  | 6.34 <sup>aa</sup>  | 9.46 <sup>ab</sup>  |
| 1789                                  | 7.70 <sup>aa</sup>                         | 11.46 <sup>ab</sup> | 7.93 <sup>aa</sup>  | 10.72 <sup>ab</sup> |
| 1949                                  | 15.22 <sup>ba</sup>                        | 15.16 <sup>bb</sup> | 14.34 <sup>ba</sup> | 16.51 <sup>bb</sup> |
| 2240                                  | 18.73 <sup>ca</sup>                        | 21.88 <sup>cd</sup> | 20.10 <sup>ca</sup> | 22.06 <sup>cb</sup> |

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยตามหลังด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันไม่แตกต่างกันทางสถิติ เมื่อวิเคราะห์โดยวิธี DMRT ที่ระดับนัยสำคัญ 5%

**ตารางผนวกที่ ก10** การเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์เมล็ดในแตกหักชิ้นเล็กชิ้นน้อยเฉลี่ยของผล  
การศึกษาระยะห่างเป่ากระทบและความเร็วรอบงานเหวี่ยงเมล็ด

| ความเร็วรอบงานเหวี่ยง<br>(รอบต่อนาที) | ระยะห่างเป่ากระทบเมล็ดทานตะวัน (เซนติเมตร) |                      |                     |                     |
|---------------------------------------|--|----------------------|---------------------|---------------------|
|                                       | 2  | 4                    | 6                   | 8                   |
| 1435                                  | 6.32 <sup>ab</sup>                         | 7.92 <sup>aab</sup>  | 4.76 <sup>aa</sup>  | 6.12 <sup>ab</sup>  |
| 1789                                  | 8.10 <sup>bb</sup>                         | 8.29 <sup>bab</sup>  | 7.75 <sup>ba</sup>  | 9.26 <sup>bb</sup>  |
| 1949                                  | 14.64 <sup>cb</sup>                        | 14.95 <sup>cab</sup> | 13.72 <sup>ca</sup> | 17.05 <sup>cd</sup> |
| 2240                                  | 24.89 <sup>db</sup>                        | 22.09 <sup>dab</sup> | 22.79 <sup>da</sup> | 23.43 <sup>db</sup> |

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยตามหลังด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันไม่แตกต่างกันทางสถิติ เมื่อวิเคราะห์โดยวิธี DMRT ที่ระดับนัยสำคัญ 5%

ตารางผนวกที่ ก11 ข้อมูลการทดสอบความชื้นเมล็ดทานตะวันและความเร็วรอบจานเหวี่ยงกะเทาะ  
เมล็ดที่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์ต่างๆ เมื่อใช้กะเทาะเมล็ดทานตะวัน

| ความเร็ว<br>รอบ | ความชื้น | ซ้<br>้า | ค่าเปอร์เซ็นต์ต่างๆ |       |            |         |          |       |
|-----------------|----------|----------|---------------------|-------|------------|---------|----------|-------|
|                 |          |          | กะเทาะ              | เต็ม  | หักบางส่วน | หักกลาง | เล็กน้อย |       |
| 1235            | 6.75     | 1        | 55.62               | 67.78 | 11.89      | 11.82   | 8.5      |       |
|                 |          | 2        | 52.13               | 64.38 | 15.74      | 11.52   | 8.48     |       |
|                 |          | 3        | 56.77               | 68.64 | 12.85      | 11.38   | 7.3      |       |
|                 |          | 4        | 58.45               | 63.56 | 16.74      | 10.31   | 9.39     |       |
|                 |          | เฉลี่ย   | 55.74               | 66.09 | 14.31      | 11.26   | 8.42     |       |
|                 | 9.94     | 1        | 47.06               | 69.38 | 11.71      | 12.36   | 6.55     |       |
|                 |          | 2        | 36.52               | 68.74 | 11.29      | 12.42   | 6.17     |       |
|                 |          | 3        | 48.28               | 73.29 | 10.27      | 11.66   | 4.78     |       |
|                 |          | 4        | 41.66               | 67.59 | 9.72       | 13.66   | 9.03     |       |
|                 |          | เฉลี่ย   | 43.83               | 69.75 | 10.75      | 12.53   | 6.63     |       |
|                 | 15       | 1        | 28.62               | 78.35 | 7.53       | 7.62    | 6.49     |       |
|                 |          | 2        | 28.06               | 74.3  | 11.14      | 7.82    | 6.74     |       |
|                 |          | 3        | 27.01               | 75.28 | 9.29       | 9.29    | 6.13     |       |
|                 |          | 4        | 21.96               | 73.28 | 10.33      | 9.26    | 7.13     |       |
|                 |          | เฉลี่ย   | 26.41               | 75.3  | 9.57       | 8.49    | 6.62     |       |
|                 | 1789     | 6.75     | 1                   | 72.7  | 53.54      | 19.46   | 15.73    | 11.27 |
|                 |          |          | 2                   | 68.17 | 49.13      | 22.12   | 14.57    | 14.19 |
|                 |          |          | 3                   | 69.95 | 56.08      | 17.78   | 13.95    | 12.19 |
|                 |          |          | 4                   | 73.58 | 55.16      | 18.86   | 15.19    | 10.87 |
|                 |          |          | เฉลี่ย              | 71.1  | 53.48      | 19.56   | 14.86    | 12.13 |
| 9.94            |          | 1        | 60.54               | 68.79 | 11.82      | 13.07   | 7.32     |       |
|                 |          | 2        | 62.31               | 66.48 | 10.56      | 13.54   | 9.43     |       |
|                 |          | 3        | 60.13               | 63.57 | 15.76      | 11.72   | 8.95     |       |
|                 |          | 4        | 64.69               | 60.85 | 14.99      | 15.36   | 8.8      |       |
|                 |          | เฉลี่ย   | 61.92               | 64.92 | 13.28      | 13.42   | 8.63     |       |

## ตารางผนวกที่ ก11 (ต่อ)

| ความเร็ว<br>รอบ | ความชื้น | ฐั     | ค่าเปอร์เซ็นต์ต่างๆ |       |            |         |          |
|-----------------|----------|--------|---------------------|-------|------------|---------|----------|
|                 |          |        | กะเทาะ              | เต็ม  | หักบางส่วน | หักกลาง | เล็กน้อย |
| 1789            | 15       | 1      | 37.32               | 76.2  | 9.95       | 7.39    | 6.2      |
|                 |          | 2      | 34.91               | 72.56 | 14.28      | 7.76    | 5.41     |
|                 |          | 3      | 34.78               | 73.08 | 8.52       | 10.87   | 7.53     |
|                 |          | 4      | 39.29               | 77.52 | 8.16       | 8.72    | 5.6      |
|                 |          | เฉลี่ย | 36.58               | 74.84 | 10.23      | 8.69    | 6.2      |
| 1949            | 6.75     | 1      | 81.02               | 29.71 | 27.97      | 23.88   | 18.44    |
|                 |          | 2      | 83.46               | 30.11 | 24.68      | 20.56   | 24.65    |
|                 |          | 3      | 76.75               | 31.17 | 25.47      | 23.71   | 19.64    |
|                 |          | 4      | 74.55               | 32.62 | 29.06      | 19.06   | 19.26    |
|                 |          | เฉลี่ย | 78.95               | 30.9  | 26.8       | 21.8    | 20.49    |
| 1949            | 9.944    | 1      | 77.85               | 59.83 | 17.37      | 13.33   | 9.47     |
|                 |          | 2      | 73.28               | 61.43 | 16.39      | 12.63   | 9.54     |
|                 |          | 3      | 72.6                | 57.34 | 15.41      | 15.95   | 11.44    |
|                 |          | 4      | 73.23               | 64.64 | 14.58      | 14.02   | 6.76     |
|                 |          | เฉลี่ย | 74.24               | 60.81 | 15.94      | 13.98   | 9.3      |
| 1949            | 15       | 1      | 55.96               | 73.05 | 12.74      | 8.27    | 5.95     |
|                 |          | 2      | 50.96               | 71.78 | 13.08      | 8.77    | 5.97     |
|                 |          | 3      | 52.92               | 75.97 | 8.87       | 7.26    | 7.91     |
|                 |          | 4      | 55.06               | 78.01 | 8.71       | 7.54    | 5.74     |
|                 |          | เฉลี่ย | 53.73               | 74.7  | 10.85      | 7.96    | 6.39     |
| 2240            | 6.754    | 1      | 80.78               | 19.71 | 27.81      | 27.3    | 25.18    |
|                 |          | 2      | 83.74               | 22.73 | 24.83      | 27.83   | 24.61    |
|                 |          | 3      | 85.01               | 19.46 | 26.1       | 25.43   | 29.01    |
|                 |          | 4      | 86.17               | 18.42 | 26.4       | 23.06   | 32.11    |
|                 |          | เฉลี่ย | 83.93               | 20.08 | 26.29      | 25.91   | 27.73    |

## ตารางผนวกที่ ก11 (ต่อ)

| ความเร็ว<br>รอบ | ความถี่ | ซ้     | ค่าเปอร์เซ็นต์ต่างๆ |       |            |         |          |
|-----------------|---------|--------|---------------------|-------|------------|---------|----------|
|                 |         |        | กะเพาะ              | เต็ม  | หักบางส่วน | หักกลาง | เล็กน้อย |
| 2240            | 9.94    | 1      | 82.75               | 45.76 | 21.54      | 18.59   | 14.25    |
|                 |         | 2      | 81.38               | 44.8  | 23.88      | 15.62   | 15.7     |
|                 |         | 3      | 84.11               | 48.78 | 18.86      | 16.89   | 15.47    |
|                 |         | 4      | 74.61               | 47.55 | 20.4       | 15.78   | 16.27    |
|                 |         | เฉลี่ย | 80.7                | 46.72 | 21.17      | 16.72   | 15.42    |
|                 | 15      | 1      | 60.49               | 69.33 | 16.52      | 8.07    | 7.32     |
|                 |         | 2      | 57.61               | 67.64 | 14.9       | 9.67    | 7.67     |
|                 |         | 3      | 58.23               | 67.69 | 13.15      | 11.58   | 7.58     |
|                 |         | 4      | 60.8                | 73.79 | 12.19      | 7.7     | 6.32     |
|                 |         | เฉลี่ย | 59.28               | 69.61 | 14.19      | 9.26    | 7.22     |

**ตารางผนวกที่ ก12** ผลของการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของการศึกษาความชื้นเมล็ดทานตะวันและ  
ความเร็วรอบจานเหวี่ยงกะเทาะเมล็ดที่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์กะเทาะและ  
เปอร์เซ็นต์เมล็ดในทีกะเทาะได้เต็มเมล็ด

| แหล่งความแปรปรวน | df | เปอร์เซ็นต์กะเทาะ |         |          | เปอร์เซ็นต์เมล็ดที่กะเทาะเต็มเมล็ด |         |          |
|------------------|----|-------------------|---------|----------|------------------------------------|---------|----------|
|                  |    | SS                | MS      | F-Value  | SS                                 | MS      | F-Value  |
| A                | 3  | 7625.33           | 2541.78 | 268.33** | 4251.30                            | 1417.10 | 217.13** |
| B                | 2  | 6966.21           | 3483.10 | 367.70** | 7739.28                            | 3869.64 | 592.90** |
| AB               | 6  | 200.97            | 33.49   | 3.54**   | 2271.31                            | 378.55  | 58.00**  |
| error            | 36 | 341.01            | 9.47    |          | 234.96                             | 6.53    |          |

หมายเหตุ \*\* แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 5 %, ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ  
ความเร็วรอบจานเหวี่ยง (A), ความชื้น (B)

**ตารางผนวกที่ ก13** ผลของการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของการศึกษาความชื้นเมล็ดทานตะวันและ  
ความเร็วรอบจานเหวี่ยงกะเทาะเมล็ดที่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์เมล็ดในหักเล็กน้อย  
และเปอร์เซ็นต์เมล็ดในหักกลาง

| แหล่งความแปรปรวน | df | เปอร์เซ็นต์เมล็ดในหักเล็กน้อย |        |          | เปอร์เซ็นต์เมล็ดในหักกลาง |        |          |
|------------------|----|-------------------------------|--------|----------|---------------------------|--------|----------|
|                  |    | SS                            | MS     | F-Value  | SS                        | MS     | F-Value  |
| A                | 3  | 560.51                        | 186.84 | 47.59**  | 290.69                    | 96.89  | 46.36**  |
| B                | 2  | 901.26                        | 450.63 | 114.79** | 781.56                    | 390.78 | 186.97** |
| AB               | 6  | 153.79                        | 25.63  | 6.53**   | 277.69                    | 46.28  | 22.14**  |
| error            | 36 | 141.32                        | 3.93   |          | 75.24                     | 2.09   |          |

หมายเหตุ \*\* แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 5 %, ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ  
ความเร็วรอบจานเหวี่ยง (A), ความชื้น (B)

**ตารางผนวกที่ ก14** ผลของการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของการศึกษาความชื้นเมล็ดทานตะวันและ  
ความเร็วรอบงานเหวี่ยงกะเทาะเมล็ดที่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์เมล็ดในแตกหักชั้น  
เล็กชั้นน้อย

| แหล่งความแปรปรวน | df | เปอร์เซ็นต์เมล็ดในแตกหักชั้นเล็กชั้นน้อย |        |          |
|------------------|----|--|--------|----------|
|                  |    | SS                                       | MS     | F-Value  |
| A                | 3  | 632.67                                   | 210.89 | 74.22**  |
| B                | 2  | 935.42                                   | 467.71 | 164.59** |
| AB               | 6  | 440.37                                   | 73.39  | 25.83**  |
| error            | 36 | 102.29                                   | 2.84   |          |

หมายเหตุ \*\* แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 5 %, ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ  
ความเร็วรอบงานเหวี่ยง (A), ความชื้น (B)

**ตารางผนวกที่ ก15** การเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์กะเทาะเฉลี่ยของผลการศึกษาความชื้นของเมล็ด  
และความเร็วรอบงานเหวี่ยงกะเทาะเมล็ด

| ความเร็วรอบงานเหวี่ยง<br>(รอบต่อนาที) | ความชื้นเมล็ดทานตะวัน (เปอร์เซ็นต์มาตรฐานเปียก) |                     |                     |
|---------------------------------------|---|---------------------|---------------------|
|                                       | 6.75  | 9.94                | 15                  |
| 1435                                  | 55.74 <sup>ac</sup>                             | 43.38 <sup>ab</sup> | 26.41 <sup>aa</sup> |
| 1789                                  | 71.10 <sup>bc</sup>                             | 61.91 <sup>bb</sup> | 36.58 <sup>ba</sup> |
| 1949                                  | 78.95 <sup>cc</sup>                             | 74.24 <sup>cb</sup> | 53.73 <sup>ca</sup> |
| 2240                                  | 83.93 <sup>dc</sup>                             | 80.71 <sup>db</sup> | 59.28 <sup>da</sup> |

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยตามหลังด้วยตัวอักษรที่เหมือนกัน ไม่แตกต่างกันทางสถิติ เมื่อวิเคราะห์โดย  
วิธี DMRT ที่ระดับนัยสำคัญ 5%

**ตารางผนวกที่ ก16** การเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์เมล็ดในทีกะเพาะได้เต็มเมล็ดเฉลี่ยของผลการศึกษา  
ความชื้นเมล็ดและความเร็วรอบจานเหวี่ยงกะเพาะเมล็ด

| ความเร็วรอบจานเหวี่ยง<br>(รอบต่อนาที) | ความชื้นเมล็ดทานตะวัน (เปอร์เซ็นต์มาตรฐานเปียก) |                     |                     |
|---------------------------------------|---|---------------------|---------------------|
|                                       | 6.75  | 9.94                | 15                  |
| 1435                                  | 66.09 <sup>da</sup>                             | 69.75 <sup>db</sup> | 75.30 <sup>dc</sup> |
| 1789                                  | 53.48 <sup>ca</sup>                             | 64.92 <sup>cb</sup> | 74.84 <sup>cc</sup> |
| 1949                                  | 30.90 <sup>ba</sup>                             | 60.81 <sup>bb</sup> | 74.70 <sup>bc</sup> |
| 2240                                  | 20.08 <sup>aa</sup>                             | 46.72 <sup>ab</sup> | 69.61 <sup>ac</sup> |

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยตามหลังด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันไม่แตกต่างกันทางสถิติ เมื่อวิเคราะห์โดยวิธี DMRT ที่ระดับนัยสำคัญ 5%

**ตารางผนวกที่ ก17** การเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์เมล็ดในหักเล็กน้อยเฉลี่ยของผลการศึกษาความชื้น  
ของเมล็ดและความเร็วรอบจานเหวี่ยงกะเพาะ

| ความเร็วรอบจานเหวี่ยง<br>(รอบต่อนาที) | ความชื้นเมล็ดทานตะวัน (เปอร์เซ็นต์มาตรฐานเปียก) |                     |                     |
|---------------------------------------|---|---------------------|---------------------|
|                                       | 6.57  | 9.94                | 15                  |
| 1435                                  | 14.30 <sup>ac</sup>                             | 10.75 <sup>ab</sup> | 9.75 <sup>aa</sup>  |
| 1789                                  | 19.56 <sup>bc</sup>                             | 13.28 <sup>bb</sup> | 10.23 <sup>ba</sup> |
| 1949                                  | 26.79 <sup>cc</sup>                             | 15.93 <sup>cb</sup> | 10.85 <sup>ca</sup> |
| 2240                                  | 26.28 <sup>dc</sup>                             | 21.17 <sup>db</sup> | 14.19 <sup>da</sup> |

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยตามหลังด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันไม่แตกต่างกันทางสถิติ เมื่อวิเคราะห์โดยวิธี DMRT ที่ระดับนัยสำคัญ 5%

**ตารางผนวกที่ ก18** การเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์เมล็ดในหักกลางเฉลี่ยของผลการศึกษาความชื้นของเมล็ดและความเร็วรอบจานเหวี่ยงกะเทาะเมล็ด

| ความเร็วรอบจานเหวี่ยง<br>(รอบต่อนาที) | ความชื้นเมล็ดทานตะวัน (เปอร์เซ็นต์มาตรฐานเปียก) |                     |                    |
|---------------------------------------|---|---------------------|--------------------|
|                                       | 6.75  | 9.94                | 15                 |
| 1435                                  | 11.25 <sup>ac</sup>                             | 12.53 <sup>ab</sup> | 8.49 <sup>aa</sup> |
| 1789                                  | 14.86 <sup>bc</sup>                             | 13.42 <sup>bb</sup> | 8.68 <sup>ba</sup> |
| 1949                                  | 21.80 <sup>cc</sup>                             | 13.98 <sup>cb</sup> | 7.96 <sup>ca</sup> |
| 2240                                  | 25.91 <sup>dc</sup>                             | 16.72 <sup>db</sup> | 9.26 <sup>da</sup> |

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยตามหลังด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันไม่แตกต่างกันทางสถิติ เมื่อวิเคราะห์โดยวิธี DMRT ที่ระดับนัยสำคัญ 5%

**ตารางผนวกที่ ก19** การเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์เมล็ดในแตกหักชิ้นเล็กชิ้นน้อยเฉลี่ยของผลการศึกษาความชื้นและความเร็วรอบจานเหวี่ยงกะเทาะเมล็ด

| ความเร็วรอบจานเหวี่ยง<br>(รอบต่อนาที) | ความชื้นเมล็ดทานตะวัน (เปอร์เซ็นต์มาตรฐานเปียก) |                     |                    |
|---------------------------------------|---|---------------------|--------------------|
|                                       | 6.75  | 9.94                | 15                 |
| 1435                                  | 8.42 <sup>ac</sup>                              | 6.63 <sup>ab</sup>  | 6.22 <sup>aa</sup> |
| 1789                                  | 12.13 <sup>bc</sup>                             | 8.62 <sup>bb</sup>  | 6.18 <sup>ba</sup> |
| 1949                                  | 20.49 <sup>cc</sup>                             | 9.30 <sup>cb</sup>  | 6.39 <sup>ca</sup> |
| 2240                                  | 27.72 <sup>dc</sup>                             | 15.42 <sup>db</sup> | 7.22 <sup>da</sup> |

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยตามหลังด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันไม่แตกต่างกันทางสถิติ เมื่อวิเคราะห์โดยวิธี DMRT ที่ระดับนัยสำคัญ 5%

ตารางผนวกที่ ก20 ข้อมูลการศึกษาการทดสอบอัตราการป้อน ผนังเป้ากระทบและความเร็วรอบ  
งานห้วงกะเทาะเมล็ดทานตะวันที่มีค่าเปอร์เซ็นต์ต่างๆ เมื่อใช้เมล็ด  
ทานตะวันพันธุ์แปซิฟิก 33 ที่ความชื้น 11 เปอร์เซ็นต์ฐานเปียก

| พื้นที่<br>กระทบ | ความเร็ว<br>รอบ | อัตราการ<br>ป้อน | ชั่วโมง | ค่าเปอร์เซ็นต์ต่างๆ |       |                |         |          |      |
|------------------|-----------------|------------------|---------|---------------------|-------|----------------|---------|----------|------|
|                  |                 |                  |         | กะเทาะ              | เต็ม  | หัก<br>บางส่วน | หักกลาง | เล็กน้อย |      |
| เมล็ด            | 1435            | 25               | 1       | 51.28               | 75.15 | 8.13           | 8.88    | 7.84     |      |
|                  |                 |                  | 2       | 50.31               | 75.5  | 9.04           | 8.83    | 6.62     |      |
|                  |                 |                  | 3       | 53.41               | 76.59 | 9.11           | 8.54    | 5.76     |      |
|                  |                 |                  | 4       | 50.19               | 78.26 | 10.01          | 6.64    | 5.09     |      |
|                  |                 |                  | เฉลี่ย  | 51.3                | 76.38 | 9.07           | 8.22    | 6.33     |      |
|                  | 1435            | 50               | 50      | 1                   | 52.48 | 78.74          | 8.35    | 7.06     | 5.85 |
|                  |                 |                  |         | 2                   | 46.51 | 77.82          | 8.24    | 7.27     | 6.67 |
|                  |                 |                  |         | 3                   | 50.51 | 78.67          | 6.9     | 8.97     | 5.46 |
|                  |                 |                  |         | 4                   | 45.96 | 79.22          | 9.03    | 6.58     | 5.17 |
|                  |                 |                  |         | เฉลี่ย              | 48.87 | 78.61          | 8.13    | 7.47     | 5.78 |
|                  | 1435            | 80               | 80      | 1                   | 49.59 | 82.51          | 6.47    | 6.42     | 4.62 |
|                  |                 |                  |         | 2                   | 49.7  | 83.63          | 5.43    | 7.09     | 3.85 |
|                  |                 |                  |         | 3                   | 48.64 | 81.56          | 6.46    | 6.7      | 5.28 |
|                  |                 |                  |         | 4                   | 55.43 | 85.31          | 5.6     | 4.95     | 4.14 |
|                  |                 |                  |         | เฉลี่ย              | 50.84 | 82.25          | 5.99    | 6.29     | 4.6  |
|                  | 1435            | 120              | 120     | 1                   | 51.21 | 80.11          | 8.37    | 5.8      | 5.72 |
|                  |                 |                  |         | 2                   | 49.61 | 79.08          | 9.86    | 6.42     | 4.63 |
|                  |                 |                  |         | 3                   | 47.34 | 82.77          | 7.97    | 5.43     | 4.7  |
|                  |                 |                  |         | 4                   | 49.1  | 78.91          | 9.43    | 7.8      | 3.86 |
|                  |                 |                  |         | เฉลี่ย              | 49.32 | 80.22          | 8.91    | 6.34     | 4.75 |
| 1789             | 25              | 25               | 1       | 67.42               | 74.63 | 9.66           | 6.86    | 8.85     |      |
|                  |                 |                  | 2       | 67.69               | 70.76 | 14.6           | 7.66    | 8.45     |      |
|                  |                 |                  | 3       | 66.06               | 72.62 | 11.55          | 8.85    | 6.98     |      |
|                  |                 |                  | 4       | 66.91               | 69.2  | 12.35          | 8.24    | 10.21    |      |
|                  |                 |                  | เฉลี่ย  | 67.02               | 71.8  | 12.03          | 7.9     | 34.49    |      |

## ตารางผนวกที่ ก20 (ต่อ)

| พื้นที่<br>กระทบ | ความเร็ว<br>รอบ | อัตราการ<br>ป้อน | รู<br>ซ้า | ค่าเปอร์เซ็นต์ต่างๆ |       |                |         |          |
|------------------|-----------------|------------------|-----------|---------------------|-------|----------------|---------|----------|
|                  |                 |                  |           | กะเพาะ              | เต็ม  | หัก<br>บางส่วน | หักกลาง | เล็กน้อย |
| เหล็ก            | 1789            | 50               | 1         | 70.06               | 68.26 | 11.46          | 10.38   | 9.89     |
|                  |                 |                  | 2         | 65.61               | 72.62 | 9.56           | 11.07   | 6.75     |
|                  |                 |                  | 3         | 64.37               | 71.48 | 11.46          | 10.57   | 6.49     |
|                  |                 |                  | 4         | 66.12               | 66.11 | 14.17          | 10.59   | 9.12     |
|                  |                 |                  | เฉลี่ย    | 66.54               | 69.62 | 11.66          | 10.65   | 8.06     |
|                  |                 | 80               | 1         | 67.97               | 69.66 | 13.15          | 9.53    | 7.65     |
|                  |                 |                  | 2         | 68.89               | 70.13 | 14.72          | 8.62    | 6.54     |
|                  |                 |                  | 3         | 60.22               | 71.48 | 12.53          | 10.4    | 5.59     |
|                  |                 |                  | 4         | 64.9                | 71.09 | 12.92          | 9.04    | 6.95     |
|                  |                 |                  | เฉลี่ย    | 65.5                | 53.09 | 13.33          | 9.4     | 6.68     |
|                  | 120             | 1                | 73.2      | 71.31               | 14.18 | 7.6            | 6.91    |          |
|                  |                 | 2                | 73.01     | 68.39               | 15.48 | 8.04           | 8.09    |          |
|                  |                 | 3                | 69.83     | 67.27               | 17.07 | 7.29           | 8.37    |          |
|                  |                 | 4                | 73.22     | 69.49               | 14.1  | 8.77           | 7.64    |          |
|                  |                 | เฉลี่ย           | 72.32     | 69.12               | 15.21 | 7.93           | 7.74    |          |
|                  | 1949            | 25               | 1         | 81.3                | 43.93 | 23.57          | 17.21   | 15.05    |
|                  |                 |                  | 2         | 78.84               | 39.92 | 19.88          | 21.22   | 18.99    |
|                  |                 |                  | 3         | 80.59               | 40.61 | 22.42          | 21.85   | 15.12    |
|                  |                 |                  | 4         | 76.4                | 43.56 | 19.67          | 22.07   | 14.7     |
|                  |                 |                  | เฉลี่ย    | 79.27               | 42.01 | 21.39          | 20.59   | 15.97    |
| 50               |                 | 1                | 83.48     | 60.65               | 23.46 | 22.1           | 16.91   |          |
|                  |                 | 2                | 78.8      | 42.84               | 20.7  | 18.45          | 18      |          |
|                  |                 | 3                | 78.97     | 45.16               | 23.28 | 17.22          | 14.34   |          |
|                  |                 | 4                | 75.5      | 46.4                | 21.76 | 16.82          | 15.03   |          |
|                  |                 | เฉลี่ย           | 79.19     | 48.76               | 22.3  | 18.65          | 16.07   |          |

## ตารางผนวกที่ ก20 (ต่อ)

| พื้นที่<br>กระทบ | ความเร็ว<br>รอบ | อัตราการ<br>ป้อน | ซึ่<br>เข้า | ค่าเปอร์เซ็นต์ต่างๆ |       |                |         |          |
|------------------|-----------------|------------------|-------------|---------------------|-------|----------------|---------|----------|
|                  |                 |                  |             | กะเพาะ              | เต็ม  | หัก<br>บางส่วน | หักกลาง | เล็กน้อย |
| เหล็ก            | 1949            | 80               | 1           | 73.56               | 48.47 | 21.85          | 16.54   | 13.14    |
|                  |                 |                  | 2           | 79.23               | 45.15 | 22.01          | 18.51   | 14.33    |
|                  |                 |                  | 3           | 75.22               | 47.1  | 21.9           | 18.17   | 12.84    |
|                  |                 |                  | 4           | 74.84               | 44.8  | 24.58          | 19.45   | 11.69    |
|                  |                 |                  | เฉลี่ย      | 75.71               | 46.18 | 22.59          | 18.18   | 13       |
|                  | 120             |                  | 1           | 78.01               | 47.94 | 25.78          | 13.24   | 13.04    |
|                  |                 |                  | 2           | 82.58               | 42.52 | 27.31          | 16.53   | 13.64    |
|                  |                 |                  | 3           | 79.93               | 44.74 | 25.35          | 14.18   | 15.75    |
|                  |                 |                  | 4           | 83.09               | 49.37 | 24.77          | 13.41   | 12.45    |
|                  |                 |                  | เฉลี่ย      | 80.09               | 46.14 | 25.65          | 14.34   | 13.87    |
|                  | 25              |                  | 1           | 85.92               | 27.83 | 27.76          | 22.03   | 22.38    |
|                  |                 |                  | 2           | 84.92               | 29.57 | 25.83          | 23.19   | 21.41    |
|                  |                 |                  | 3           | 84.54               | 31.02 | 26.82          | 19.34   | 22.82    |
|                  |                 |                  | 4           | 86.51               | 25.58 | 31.18          | 17.24   | 26.03    |
|                  |                 |                  | เฉลี่ย      | 85.47               | 28.51 | 27.9           | 20.45   | 23.16    |
| 2240             | 50              | 1                | 86.22       | 27.89               | 25.67 | 24.35          | 22.09   |          |
|                  |                 | 2                | 86.65       | 27.09               | 28.81 | 21.19          | 22.91   |          |
|                  |                 | 3                | 81.58       | 29.31               | 30.31 | 20.95          | 19.43   |          |
|                  |                 | 4                | 78.71       | 30.19               | 25.14 | 23.8           | 20.87   |          |
|                  |                 | เฉลี่ย           | 83.29       | 28.62               | 22.55 | 22.57          | 21.33   |          |
| 80               |                 | 1                | 82.33       | 28                  | 25.48 | 24.88          | 21.64   |          |
|                  |                 | 2                | 87.05       | 28.26               | 27.25 | 22             | 22.48   |          |
|                  |                 | 3                | 83.16       | 32.33               | 23.42 | 23.34          | 20.91   |          |
|                  |                 | 4                | 82.03       | 34.34               | 29.1  | 20.62          | 15.94   |          |
|                  |                 | เฉลี่ย           | 83.64       | 30.73               | 26.31 | 22.71          | 20.24   |          |

## ตารางผนวกที่ ก20 (ต่อ)

| พื้นที่<br>กระทบ | ความเร็ว<br>รอบ | อัตราการ<br>ป้อน | ซ้<br>้า | ค่าเปอร์เซ็นต์ต่างๆ |       |                |         |          |
|------------------|-----------------|------------------|----------|---------------------|-------|----------------|---------|----------|
|                  |                 |                  |          | กะเทาะ              | เต็ม  | หัก<br>บางส่วน | หักกลาง | เล็กน้อย |
| เหล็ก            | 2240            | 120              | 1        | 83.82               | 29.91 | 23.13          | 21.4    | 25.55    |
|                  |                 |                  | 2        | 86.98               | 28.04 | 30.58          | 19.26   | 22.12    |
|                  |                 |                  | 3        | 84.54               | 26.73 | 30.11          | 20.39   | 22.77    |
|                  |                 |                  | 4        | 86.01               | 28.64 | 31.29          | 19.36   | 20.71    |
|                  |                 |                  | เฉลี่ย   | 85.34               | 28.33 | 28.78          | 20.1    | 22.79    |
| สายพาน<br>ยาง    | 1435            | 25               | 1        | 63.18               | 51.3  | 16.86          | 16.13   | 15.72    |
|                  |                 |                  | 2        | 64.06               | 52.87 | 15.93          | 14.57   | 16.63    |
|                  |                 |                  | 3        | 65.2                | 46.69 | 21.98          | 15.99   | 15.33    |
|                  |                 |                  | 4        | 64.75               | 44.56 | 18.76          | 17.21   | 19.3     |
|                  |                 |                  | เฉลี่ย   | 64.3                | 48.86 | 18.38          | 15.98   | 16.75    |
|                  |                 | 50               | 1        | 46.05               | 72.28 | 11.79          | 9.07    | 6.85     |
|                  |                 |                  | 2        | 52.35               | 75.37 | 10.28          | 8.56    | 5.8      |
|                  |                 |                  | 3        | 48.52               | 72.7  | 12.65          | 8.11    | 6.54     |
|                  |                 |                  | 4        | 52.84               | 75.18 | 10.36          | 7.97    | 6.48     |
|                  |                 |                  | เฉลี่ย   | 49.94               | 73.88 | 11.27          | 8.43    | 6.42     |
|                  |                 | 80               | 1        | 45.88               | 75.97 | 9.76           | 8.23    | 6.05     |
|                  |                 |                  | 2        | 50.83               | 75.64 | 10.65          | 8.33    | 5.41     |
|                  |                 |                  | 3        | 49.55               | 73.99 | 12.15          | 7.54    | 6.38     |
| 4                | 50.73           |                  | 79.16    | 10.29               | 6.15  | 4.4            |         |          |
| เฉลี่ย           | 49.25           |                  | 76.19    | 10.71               | 7.56  | 5.55           |         |          |
| 120              | 1               | 44.08            | 79.23    | 8.84                | 6.5   | 5.43           |         |          |
|                  | 2               | 49.14            | 77.65    | 9.87                | 7.78  | 4.7            |         |          |
|                  | 3               | 48.82            | 79.4     | 8.07                | 7.09  | 5.44           |         |          |
|                  | 4               | 47.91            | 78.81    | 9.82                | 7.31  | 4.06           |         |          |
|                  | เฉลี่ย          | 47.49            | 78.77    | 9.15                | 7.17  | 4.91           |         |          |

## ตารางผนวกที่ ก20 (ต่อ)

| พื้นที่<br>กระทบ | ความเร็ว<br>รอบ | อัตราการ<br>ป้อน | ซ้<br>้า | ค่าเปอร์เซ็นต์ต่างๆ |       |                |         |          |
|------------------|-----------------|------------------|----------|---------------------|-------|----------------|---------|----------|
|                  |                 |                  |          | กะเทาะ              | เต็ม  | หัก<br>บางส่วน | หักกลาง | เล็กน้อย |
| สายพาน<br>ยาง    | 1789            | 25               | 1        | 71.89               | 56.91 | 17.96          | 14.58   | 10.55    |
|                  |                 |                  | 2        | 69.89               | 61.02 | 15.9           | 15.5    | 7.58     |
|                  |                 |                  | 3        | 71.17               | 61.51 | 19.55          | 13.31   | 8.63     |
|                  |                 |                  | 4        | 73                  | 64.37 | 13.57          | 12.97   | 9.09     |
|                  |                 |                  | เฉลี่ย   | 71.49               | 60.95 | 16.75          | 14.09   | 8.96     |
|                  | 50              | 1                | 69.23    | 64.39               | 14.35 | 12.73          | 8.53    |          |
|                  |                 | 2                | 64.86    | 68.04               | 13.66 | 9.67           | 8.63    |          |
|                  |                 | 3                | 63.42    | 65.13               | 15.39 | 10.53          | 8.4     |          |
|                  |                 | 4                | 64.99    | 64.28               | 16.53 | 11.52          | 7.67    |          |
|                  |                 | เฉลี่ย           | 65.63    | 65.46               | 14.98 | 11.11          | 8.31    |          |
|                  | 80              | 1                | 61.6     | 67.25               | 14.24 | 10.4           | 8.11    |          |
|                  |                 | 2                | 61.3     | 68.63               | 15.13 | 10.67          | 5.57    |          |
|                  |                 | 3                | 67.05    | 64.61               | 16.16 | 11.29          | 7.94    |          |
|                  |                 | 4                | 62.46    | 67.31               | 16.45 | 9.67           | 6.57    |          |
|                  |                 | เฉลี่ย           | 63.1     | 66.95               | 15.5  | 10.51          | 7.05    |          |
|                  | 120             | 1                | 59.29    | 72.5                | 14.18 | 6.87           | 6.23    |          |
|                  |                 | 2                | 62.49    | 67.38               | 16.05 | 10.17          | 6.4     |          |
|                  |                 | 3                | 54.79    | 69.48               | 14.77 | 10.08          | 5.68    |          |
|                  |                 | 4                | 56.16    | 72.69               | 12.69 | 8.67           | 5.94    |          |
|                  |                 | เฉลี่ย           | 58.18    | 70.51               | 14.42 | 8.95           | 6.06    |          |
| 1949             | 25              | 1                | 78.35    | 52.62               | 19.83 | 15.43          | 12.12   |          |
|                  |                 | 2                | 81.54    | 48.47               | 20.88 | 14.94          | 15.71   |          |
|                  |                 | 3                | 78.81    | 52.03               | 19.64 | 17.2           | 11.13   |          |
|                  |                 | 4                | 79.68    | 53.05               | 18.24 | 14.26          | 14.46   |          |
|                  |                 | เฉลี่ย           | 79.6     | 51.54               | 19.65 | 15.46          | 13.39   |          |

## ตารางผนวกที่ ก20 (ต่อ)

| พื้นที่<br>กระทบ | ความเร็ว<br>รอบ | อัตราการ<br>ป้อน | ซึ่<br>เข้า | ค่าเปอร์เซ็นต์ต่างๆ |       |                |         |          |
|------------------|-----------------|------------------|-------------|---------------------|-------|----------------|---------|----------|
|                  |                 |                  |             | กะเพาะ              | เต็ม  | หัก<br>บางส่วน | หักกลาง | เล็กน้อย |
| สายพาน<br>ยาง    | 1949            | 50               | 1           | 78.1                | 49.65 | 23.35          | 15.08   | 11.92    |
|                  |                 |                  | 2           | 77.97               | 55.4  | 17.25          | 14.56   | 12.79    |
|                  |                 |                  | 3           | 74.27               | 54.92 | 18.35          | 16.88   | 9.84     |
|                  |                 |                  | 4           | 74.23               | 54.59 | 18.2           | 15.2    | 12.01    |
|                  |                 |                  | เฉลี่ย      | 76.14               | 53.64 | 19.29          | 15.43   | 11.64    |
|                  |                 | 1                | 74.81       | 57.15               | 19.19 | 13.45          | 10.21   |          |
|                  |                 | 2                | 76.53       | 60.88               | 20.76 | 10.89          | 7.47    |          |
|                  |                 | 3                | 78.64       | 54.79               | 20.77 | 13.46          | 10.97   |          |
|                  |                 | 4                | 74.04       | 57.79               | 21.36 | 11.69          | 9.16    |          |
|                  |                 | เฉลี่ย           | 76.01       | 57.65               | 20.52 | 12.37          | 9.45    |          |
|                  | 120             | 1                | 81.05       | 50.53               | 22.3  | 14.31          | 12.87   |          |
|                  | 2               | 78.88            | 47.39       | 24.32               | 17.4  | 10.89          |         |          |
|                  | 3               | 76.64            | 53.13       | 22                  | 15.33 | 9.53           |         |          |
|                  | 4               | 76.91            | 49.65       | 23                  | 15.52 | 11.83          |         |          |
|                  | เฉลี่ย          | 78.37            | 50.18       | 22.91               | 15.64 | 11.28          |         |          |
|                  | 25              | 1                | 87.09       | 29.27               | 23.91 | 23.93          | 22.89   |          |
|                  | 2               | 84.94            | 34.37       | 26.29               | 21.09 | 18.25          |         |          |
|                  | 3               | 85.62            | 29.79       | 27.64               | 24.12 | 18.44          |         |          |
|                  | 4               | 88.93            | 29.59       | 23.62               | 24.4  | 22.53          |         |          |
|                  | เฉลี่ย          | 86.65            | 30.76       | 25.37               | 23.39 | 20.53          |         |          |
| 2240             | 1               | 84               | 37.88       | 20.77               | 22.98 | 18.37          |         |          |
| 2                | 84.52           | 37.41            | 21.32       | 23.75               | 17.53 |                |         |          |
| 50               | 3               | 83.2             | 33.97       | 26.02               | 20.48 | 19.53          |         |          |
| 4                | 83.41           | 35.82            | 26.22       | 22.31               | 15.66 |                |         |          |
| เฉลี่ย           | 83.78           | 36.27            | 23.58       | 22.38               | 17.77 |                |         |          |

## ตารางผนวกที่ ก20 (ต่อ)

| พื้นที่<br>กระทบ | ความเร็ว<br>รอบ | อัตราการ<br>ป้อน | ซึ่<br>เข้า | ค่าเปอร์เซ็นต์ต่างๆ |       |                |         |          |
|------------------|-----------------|------------------|-------------|---------------------|-------|----------------|---------|----------|
|                  |                 |                  |             | กะเพาะ              | เต็ม  | หัก<br>บางส่วน | หักกลาง | เล็กน้อย |
| สายพาน<br>ยาง    | 2240            | 80               | 1           | 83.26               | 37.13 | 25.95          | 19.72   | 17.2     |
|                  |                 |                  | 2           | 79.28               | 38.66 | 20.54          | 21.84   | 18.95    |
|                  |                 |                  | 3           | 85.59               | 41.88 | 24.09          | 18.58   | 15.45    |
|                  |                 |                  | 4           | 81.29               | 36.13 | 26.13          | 18.86   | 18.88    |
|                  |                 |                  | เฉลี่ย      | 82.36               | 38.45 | 24.18          | 19.75   | 17.62    |
|                  | 120             | 1                | 76.28       | 48.24               | 22.51 | 17.5           | 11.75   |          |
|                  |                 | 2                | 77.89       | 45.5                | 22.69 | 18.92          | 12.89   |          |
|                  |                 | 3                | 79.45       | 44.86               | 22.99 | 18.93          | 13.22   |          |
|                  |                 | 4                | 80.58       | 43.05               | 21.81 | 18.55          | 16.59   |          |
|                  |                 | เฉลี่ย           | 78.55       | 45.41               | 22.5  | 18.48          | 13.61   |          |
| Polyethy<br>lene | 1435            | 25               | 1           | 38.99               | 59.12 | 17.32          | 14.14   | 9.42     |
|                  |                 |                  | 2           | 37.34               | 56.38 | 18.79          | 13.48   | 11.34    |
|                  |                 |                  | 3           | 35.42               | 56.24 | 20.56          | 15.13   | 8.07     |
|                  |                 |                  | 4           | 40.92               | 57.14 | 19.66          | 11.84   | 10.38    |
|                  |                 |                  | เฉลี่ย      | 38.17               | 57.22 | 19.08          | 13.65   | 9.8      |
|                  | 50              | 1                | 31.06       | 60.38               | 19.89 | 9.94           | 9.78    |          |
|                  |                 | 2                | 36.19       | 59.03               | 21.89 | 11.08          | 7.99    |          |
|                  |                 | 3                | 37.15       | 61.39               | 18.85 | 12.11          | 7.66    |          |
|                  |                 | 4                | 33.38       | 58.3                | 19.36 | 13.18          | 9.16    |          |
|                  |                 | เฉลี่ย           | 34.45       | 59.78               | 20.01 | 11.58          | 8.65    |          |
|                  | 80              | 1                | 31.54       | 56.21               | 21.9  | 12.26          | 10.85   |          |
|                  |                 | 2                | 32.85       | 61.17               | 16.78 | 12.55          | 9.5     |          |
|                  |                 | 3                | 36.84       | 62.34               | 18.18 | 10.84          | 8.64    |          |
|                  |                 | 4                | 27.71       | 59.23               | 20.79 | 11.83          | 8.15    |          |
|                  |                 | เฉลี่ย           | 32.24       | 59.74               | 19.41 | 11.87          | 9.29    |          |

## ตารางผนวกที่ ก20 (ต่อ)

| พื้นที่<br>กระทบ | ความเร็ว<br>รอบ | อัตราการ<br>ป้อน | รู<br>ซ้า | ค่าเปอร์เซ็นต์ต่างๆ |       |                |         |          |
|------------------|-----------------|------------------|-----------|---------------------|-------|----------------|---------|----------|
|                  |                 |                  |           | กะเพาะ              | เต็ม  | หัก<br>บางส่วน | หักกลาง | เล็กน้อย |
| Polyethy<br>lene | 1435            | 120              | 1         | 29.08               | 54.72 | 22.3           | 12.61   | 10.38    |
|                  |                 |                  | 2         | 28.22               | 59.16 | 18.06          | 13.97   | 8.81     |
|                  |                 |                  | 3         | 25.18               | 58.8  | 18.66          | 12.87   | 9.78     |
|                  |                 |                  | 4         | 30.86               | 64.55 | 16.72          | 10.53   | 8.2      |
|                  |                 |                  | เฉลี่ย    | 28.34               | 59.31 | 18.94          | 12.5    | 9.29     |
|                  | 25              |                  | 1         | 50.8                | 47.09 | 18.91          | 20.22   | 11.53    |
|                  |                 |                  | 2         | 51.45               | 53.58 | 19.82          | 15.52   | 10.99    |
|                  |                 |                  | 3         | 55.54               | 44.28 | 20.05          | 23.06   | 12.8     |
|                  |                 |                  | 4         | 52.99               | 51.27 | 15.05          | 18.49   | 14.47    |
|                  |                 |                  | เฉลี่ย    | 52.7                | 49.06 | 18.46          | 19.32   | 12.45    |
|                  | 50              |                  | 1         | 46.45               | 53.76 | 17.55          | 17.25   | 11.45    |
|                  |                 |                  | 2         | 49.7                | 52.74 | 19.6           | 14.86   | 12.8     |
|                  |                 |                  | 3         | 47.59               | 53.86 | 18.9           | 14.01   | 13.23    |
|                  |                 |                  | 4         | 50.21               | 52.31 | 20.33          | 16.36   | 11.01    |
|                  |                 |                  | เฉลี่ย    | 48.49               | 53.17 | 19.1           | 15.62   | 12.12    |
|                  | 1789            | 80               | 1         | 41.72               | 52.97 | 21.52          | 14.21   | 11.3     |
|                  |                 |                  | 2         | 48.34               | 54.02 | 19.78          | 13.12   | 13.07    |
|                  |                 |                  | 3         | 43.75               | 61.37 | 19.4           | 9.86    | 9.38     |
|                  |                 |                  | 4         | 45.83               | 56.09 | 19.13          | 15.41   | 9.37     |
|                  |                 |                  | เฉลี่ย    | 44.91               | 56.11 | 19.96          | 13.15   | 10.78    |
| 120              |                 | 1                | 44.64     | 52.62               | 21.89 | 10.89          | 14.49   |          |
|                  |                 | 2                | 33.24     | 52.96               | 19.02 | 16.31          | 11.7    |          |
|                  |                 | 3                | 43.76     | 52.61               | 24    | 14.12          | 9.28    |          |
|                  |                 | 4                | 43.8      | 56.74               | 20.53 | 13.58          | 9.14    |          |
|                  |                 | เฉลี่ย           | 41.36     | 53.73               | 21.36 | 13.75          | 11.15   |          |

## ตารางผนวกที่ ก20 (ต่อ)

| พื้นที่<br>กระทบ | ความเร็ว<br>รอบ | อัตราการ<br>ป้อน | รูปร่าง | ค่าเปอร์เซ็นต์ต่างๆ |       |                |         |          |
|------------------|-----------------|------------------|---------|---------------------|-------|----------------|---------|----------|
|                  |                 |                  |         | กะเพาะ              | เต็ม  | หัก<br>บางส่วน | หักกลาง | เล็กน้อย |
| Polyethyl<br>ene | 1949            | 25               | 1       | 61.58               | 40.75 | 19.25          | 19.89   | 19.86    |
|                  |                 |                  | 2       | 60.95               | 38.11 | 23.41          | 18.65   | 19.82    |
|                  |                 |                  | 3       | 61.8                | 43.64 | 20             | 18.3    | 18.06    |
|                  |                 |                  | 4       | 94.02               | 47.77 | 19.95          | 17.43   | 15.09    |
|                  |                 |                  | เฉลี่ย  | 62.09               | 42.57 | 20.58          | 18.57   | 13.96    |
|                  |                 | 1                | 53.84   | 42.29               | 23.35 | 22.93          | 11.42   |          |
|                  |                 | 2                | 55.28   | 44.74               | 20.64 | 17.9           | 16.73   |          |
|                  |                 | 3                | 58.98   | 49.71               | 18.32 | 16.19          | 15.51   |          |
|                  |                 | 4                | 55.42   | 46.44               | 22.63 | 17.47          | 13.45   |          |
|                  |                 | เฉลี่ย           | 55.88   | 45.79               | 21.24 | 18.62          | 14.28   |          |
|                  | 80              | 1                | 50.91   | 46.35               | 20.17 | 20.3           | 13.18   |          |
|                  | 2               | 57.75            | 41.71   | 19.43               | 21.92 | 16.94          |         |          |
|                  | 3               | 53.51            | 50.47   | 20.76               | 14.96 | 13.81          |         |          |
|                  | 4               | 51.65            | 48.48   | 22.85               | 16.6  | 12.07          |         |          |
|                  | เฉลี่ย          | 53.46            | 45.5    | 20.8                | 18.45 | 13.98          |         |          |
|                  | 120             | 1                | 51.35   | 50.18               | 21.39 | 13.6           | 14.84   |          |
|                  | 2               | 53.43            | 49.06   | 22.83               | 15.14 | 12.97          |         |          |
|                  | 3               | 54.42            | 48.32   | 25.98               | 15.49 | 12.21          |         |          |
|                  | 4               | 55.28            | 49.45   | 22.84               | 14.05 | 13.65          |         |          |
|                  | เฉลี่ย          | 53.62            | 49.25   | 22.76               | 14.57 | 13.42          |         |          |
| 2240             | 25              | 1                | 67.74   | 33.54               | 23.29 | 19.18          | 23.98   |          |
| 2                | 68.14           | 36.76            | 19.9    | 18.1                | 25.25 |                |         |          |
| 3                | 68.76           | 40.09            | 21.22   | 18.31               | 20.38 |                |         |          |
| 4                | 64.54           | 44.78            | 22.35   | 19.12               | 13.75 |                |         |          |
| เฉลี่ย           | 67.3            | 38.79            | 21.69   | 18.68               | 20.84 |                |         |          |

## ตารางผนวกที่ ก20 (ต่อ)

| พื้นกระทบ    | ความเร็วรอบ | อัตรา<br>การป้อน | ซึ่<br>ซึ่ | ค่าเปอร์เซ็นต์ต่างๆ |       |                |             |          |
|--------------|-------------|------------------|------------|---------------------|-------|----------------|-------------|----------|
|              |             |                  |            | กะเพาะ              | เต็ม  | หัก<br>บางส่วน | หัก<br>กลาง | เล็กน้อย |
| Polyethylene | 2240        | 50               | 1          | 62.11               | 40.89 | 25.3           | 17.91       | 15.9     |
|              |             |                  | 2          | 60.64               | 43.44 | 24.83          | 16.99       | 14.75    |
|              |             |                  | 3          | 64.78               | 42.08 | 19.99          | 19.66       | 18.27    |
|              |             |                  | 4          | 64.33               | 40.12 | 24.18          | 16.94       | 18.76    |
|              |             |                  | เฉลี่ย     | 62.97               | 41.63 | 23.58          | 17.88       | 16.92    |
|              |             | 80               | 1          | 62.31               | 38.28 | 23.33          | 19.46       | 18.93    |
|              |             |                  | 2          | 56.71               | 45.14 | 20.45          | 17.95       | 16.45    |
|              |             |                  | 3          | 62.14               | 43.29 | 19.57          | 18.89       | 18.25    |
|              |             |                  | 4          | 65.49               | 40.07 | 24.05          | 17.11       | 18.14    |
|              |             |                  | เฉลี่ย     | 61.66               | 41.7  | 21.84          | 18.35       | 17.94    |
|              |             | 120              | 1          | 56.5                | 42.79 | 21.64          | 17.62       | 17.94    |
|              |             |                  | 2          | 62.05               | 41.53 | 22.86          | 16.27       | 19.35    |
|              |             |                  | 3          | 55.6                | 47.08 | 22.54          | 16.98       | 13.4     |
|              |             |                  | 4          | 65.61               | 39.34 | 23.25          | 18.18       | 19.24    |
|              |             |                  | เฉลี่ย     | 59.94               | 42.69 | 22.57          | 17.26       | 17.48    |

**ตารางผนวกที่ ก21** ผลของการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของการศึกษาอัตราการป้อน ผงนึ่งเป้า  
กระทบ และความเร็วรอบงานเหวี่ยงเมล็ดที่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์กะเทาะและ  
เปอร์เซ็นต์เมล็ดในทีกะเทาะได้เต็มเมล็ด

| แหล่งความแปรปรวน | df  | เปอร์เซ็นต์กะเทาะ |         |                    | เปอร์เซ็นต์เมล็ดกะเทาะเต็มเมล็ด |          |           |
|------------------|-----|-------------------|---------|--------------------|---------------------------------|----------|-----------|
|                  |     | SS                | MS      | F-Value            | SS                              | MS       | F-Value   |
| A                | 2   | 16312.53          | 8156.26 | 674.12**           | 1842.08                         | 921.04   | 121.13**  |
| B                | 3   | 27912.06          | 9304.02 | 768.98**           | 32348.02                        | 10782.68 | 1418.07** |
| C                | 3   | 1320.67           | 440.22  | 36.38**            | 1282.13                         | 427.38   | 56.21**   |
| AB               | 6   | 188.34            | 31.38   | 2.59 <sup>ns</sup> | 5960.25                         | 993.38   | 130.64**  |
| AC               | 6   | 749.29            | 124.88  | 10.32**            | 679.69                          | 113.28   | 14.89**   |
| BC               | 9   | 165.12            | 18.35   | 1.52 <sup>ns</sup> | 448.63                          | 49.85    | 6.56**    |
| ABC              | 18  | 549.64            | 30.54   | 2.52**             | 124.57                          | 62.48    | 8.216**   |
| error            | 144 | 1742.27           | 12.09   |                    | 1094.94                         | 7.60     |           |

หมายเหตุ \*\* แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 5 %, ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ  
ผงนึ่งเป้ากระทบ (A), ความเร็วงานเหวี่ยงกะเทาะ (B), อัตราการป้อน (C)

**ตารางผนวกที่ ก22** ผลของการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของการศึกษาอัตราการป้อน ผงนึ่งเป่า  
กระทบ และความเร็วรอบจานเหวี่ยงกะเทาะเมล็ดที่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์แตกหัก  
เล็กน้อยและเปอร์เซ็นต์เมล็ดในหักกลาง

| แหล่ง<br>ความ<br>แปรปรวน | df  | เปอร์เซ็นต์แตกหักเล็กน้อย |           |                     | เปอร์เซ็นต์เมล็ดในหักกลาง |         |                      |
|--------------------------|-----|---------------------------|-----------|---------------------|---------------------------|---------|----------------------|
|                          |     | SS                        | MS        | F-<br>Value         | SS                        | MS      | F-Value              |
| A                        | 2   | 23938.58                  | 11969.29  | 0.91 <sup>ns</sup>  | 148.40                    | 74.20   | 332.18 <sup>**</sup> |
| B                        | 3   | 34261.75                  | 11420.582 | 0.86 <sup>ns</sup>  | 3192.18                   | 1064.06 | 461.41 <sup>**</sup> |
| C                        | 3   | 41289.89                  | 13763.29  | 1.04 <sup>ns</sup>  | 281.85                    | 93.95   | 40.74 <sup>**</sup>  |
| AB                       | 6   | 80876.75                  | 13479.46  | 1.02 <sup>ns</sup>  | 633.79                    | 105.63  | 45.81 <sup>**</sup>  |
| AC                       | 6   | 74602.71                  | 12433.78  | 0.943 <sup>ns</sup> | 93.88                     | 15.65   | 6.78 <sup>**</sup>   |
| BC                       | 9   | 119677.27                 | 13297.47  | 1.01 <sup>ns</sup>  | 61.62                     | 6.85    | 2.97 <sup>**</sup>   |
| ABC                      | 18  | 235103.34                 | 13061.29  | 0.99 <sup>ns</sup>  | 209.14                    | 11.62   | 5.04 <sup>**</sup>   |
| error                    | 144 | 1899223.58                | 13189.05  |                     | 332.07                    | 2.31    |                      |

หมายเหตุ \*\* แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 5 %, ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ  
ผงนึ่งเป่ากระทบ (A), ความเร็วรอบจานเหวี่ยงกะเทาะ (B), อัตราการป้อน (C)

**ตารางผนวกที่ ก23** ผลของการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของการศึกษาอัตราการป้อน ผงนึ่งเป้า  
กระทบ และความเร็วรอบงานเหียงกะเทาะเมล็ดทานตะวันที่มีผลต่อ  
เปอร์เซ็นต์เมล็ดแตกหักขึ้นเล็กน้อย

| แหล่งความแปรปรวน | df  | เปอร์เซ็นต์เมล็ดในแตกหักขึ้นเล็กน้อย |         |                      |
|------------------|-----|--------------------------------------|---------|----------------------|
|                  |     | SS                                   | MS      | F-Value              |
| A                | 2   | 174.45                               | 87.23   | 28.74 <sup>**</sup>  |
| B                | 3   | 3922.61                              | 1307.53 | 430.76 <sup>**</sup> |
| C                | 3   | 335.68                               | 11.89   | 36.86 <sup>**</sup>  |
| AB               | 6   | 432.62                               | 72.10   | 23.75 <sup>**</sup>  |
| AC               | 6   | 108.05                               | 18.01   | 5.93 <sup>**</sup>   |
| BC               | 9   | 54.26                                | 6.03    | 1.98 <sup>ns</sup>   |
| ABC              | 1   | 197.71                               | 10.98   | 3.62 <sup>**</sup>   |
| error            | 144 | 437.09                               | 3.04    |                      |

หมายเหตุ <sup>\*\*</sup> แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 5 %, ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ  
ผงนึ่งเป้ากระทบ (A), ความเร็วงานเหียงกะเทาะ (B), อัตราการป้อน (C)

**ตารางผนวกที่ ก24** การเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์กะเทาะเมล็ดของผลการศึกษาผนังเป่ากระทบและ  
ความเร็วรอบจานเหวี่ยงกะเทาะเมล็ด ที่อัตราการป้อน 25 กิโลกรัมต่อชั่วโมง

| ความเร็วงานเหวี่ยง<br>(รอบต่อนาที) | ผนังเป่า            |                     |                     |
|------------------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
|                                    | เหล็ก               | สายพานยาง           | Polyethylene        |
| 1435                               | 51.29 <sup>ab</sup> | 64.29 <sup>ac</sup> | 38.16 <sup>aa</sup> |
| 1789                               | 67.02 <sup>bb</sup> | 71.48 <sup>bc</sup> | 52.69 <sup>bc</sup> |
| 1949                               | 79.28 <sup>cb</sup> | 79.59 <sup>cc</sup> | 69.58 <sup>cc</sup> |
| 2240                               | 85.47 <sup>cb</sup> | 86.64 <sup>cc</sup> | 67.29 <sup>ca</sup> |

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยตามหลังด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันไม่แตกต่างกันทางสถิติ เมื่อวิเคราะห์โดย  
วิธี DMRT ที่ระดับนัยสำคัญ 5%

**ตารางผนวกที่ ก25** การเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์เมล็ดในกะเทาะได้เต็มเมล็ดเฉลี่ยของผลการศึกษา  
ผนังเป่ากระทบเมล็ดทานตะวันและความเร็วรอบจานเหวี่ยงกะเทาะเมล็ด ที่  
อัตราการป้อน 25 กิโลกรัมต่อชั่วโมง

| ความเร็วงานเหวี่ยง<br>(รอบต่อนาที) | ผนังเป่า            |                     |                     |
|------------------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
|                                    | เหล็ก               | สายพาน              | Polyethylene        |
| 1435                               | 70.90 <sup>cb</sup> | 48.85 <sup>ca</sup> | 57.22 <sup>ca</sup> |
| 1789                               | 71.80 <sup>cb</sup> | 60.95 <sup>ca</sup> | 49.05 <sup>ca</sup> |
| 1949                               | 42.00 <sup>bb</sup> | 51.54 <sup>ba</sup> | 42.56 <sup>ba</sup> |
| 2240                               | 28.50 <sup>ab</sup> | 30.75 <sup>aa</sup> | 38.79 <sup>aa</sup> |

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยตามหลังด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันไม่แตกต่างกันทางสถิติ เมื่อวิเคราะห์โดย  
วิธี DMRT ที่ระดับนัยสำคัญ 5%

**ตารางผนวกที่ ก26** การเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์เมล็ดในแตกหักเล็กน้อยเฉลี่ยของผลการศึกษาผนัง  
เป้ากระทบเมล็ดทานตะวันและความเร็วรอบงานเหวี่ยงกะเทาะเมล็ด ที่อัตรา  
การป้อน 25 กิโลกรัมต่อชั่วโมง

| ความเร็วงานเหวี่ยง<br>(รอบต่อนาที) | ผนังเป้า            |                     |                     |
|------------------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
|                                    | เหล็ก               | สายพานยาง           | Polyethylene        |
| 1435                               | 9.07 <sup>aa</sup>  | 18.38 <sup>ab</sup> | 19.08 <sup>ab</sup> |
| 1789                               | 12.04 <sup>aa</sup> | 16.74 <sup>ab</sup> | 18.45 <sup>ab</sup> |
| 1949                               | 21.38 <sup>ba</sup> | 19.64 <sup>bb</sup> | 20.65 <sup>bb</sup> |
| 2240                               | 27.89 <sup>ca</sup> | 25.36 <sup>cb</sup> | 21.69 <sup>cb</sup> |

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยตามหลังด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันไม่แตกต่างกันทางสถิติ เมื่อวิเคราะห์โดย  
วิธี DMRT ที่ระดับนัยสำคัญ 5%

**ตารางผนวกที่ ก27** การเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์เมล็ดในแตกหักปานกลางเฉลี่ยของผลการศึกษา  
ผนังเป้ากระทบเมล็ดทานตะวันและความเร็วรอบงานเหวี่ยงกะเทาะเมล็ด ที่  
อัตราการป้อน 25 กิโลกรัมต่อชั่วโมง

| ความเร็วงานเหวี่ยง<br>(รอบต่อนาที) | ผนังเป้า            |                     |                     |
|------------------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
|                                    | เหล็ก               | สายพานยาง           | Polyethylene        |
| 1435                               | 8.22 <sup>aa</sup>  | 15.97 <sup>ab</sup> | 13.64 <sup>ab</sup> |
| 1789                               | 7.90 <sup>aa</sup>  | 14.09 <sup>ab</sup> | 19.32 <sup>ab</sup> |
| 1949                               | 20.58 <sup>ba</sup> | 15.45 <sup>bb</sup> | 18.56 <sup>bb</sup> |
| 2240                               | 20.45 <sup>ca</sup> | 23.38 <sup>cb</sup> | 18.67 <sup>cb</sup> |

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยตามหลังด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันไม่แตกต่างกันทางสถิติ เมื่อวิเคราะห์โดย  
วิธี DMRT ที่ระดับนัยสำคัญ 5%

**ตารางผนวกที่ ก28** การเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์เมล็ดในแตกหักขึ้นเล็กน้อยเฉลี่ยของผล  
การศึกษาผนังเป่ากระทบเมล็ดทานตะวันและความเร็วรอบจานเหวี่ยงกะเทาะ  
เมล็ด ที่อัตราการป้อน 25 กิโลกรัมต่อชั่วโมง

| ความเร็วงานเหวี่ยง<br>(รอบต่อนาที) | ผนังเป่า            |                      |                     |
|------------------------------------|---------------------|----------------------|---------------------|
|                                    | เหล็ก               | สายพานยาง            | Polyethylene        |
| 1435                               | 6.32 <sup>aa</sup>  | 16.74 <sup>aab</sup> | 9.80 <sup>ab</sup>  |
| 1789                               | 8.62 <sup>aa</sup>  | 8.96 <sup>aab</sup>  | 12.44 <sup>ab</sup> |
| 1949                               | 15.96 <sup>ba</sup> | 13.35 <sup>bab</sup> | 18.84 <sup>bb</sup> |
| 2240                               | 23.16 <sup>ca</sup> | 20.52 <sup>cab</sup> | 20.84 <sup>cb</sup> |

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยตามหลังด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันไม่แตกต่างกันทางสถิติ เมื่อวิเคราะห์โดย  
วิธี DMRT ที่ระดับนัยสำคัญ 5%

**ตารางผนวกที่ ก29** การเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์กะเทาะเฉลี่ยของผลการศึกษาผนังเป่ากระทบเมล็ด  
ทานตะวันและความเร็วรอบจานเหวี่ยงกะเทาะเมล็ด ที่อัตราการป้อน 50  
กิโลกรัมต่อชั่วโมง

| ความเร็วงานเหวี่ยง<br>(รอบต่อนาที) | ผนังเป่า            |                     |                     |
|------------------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
|                                    | เหล็ก               | สายพานยาง           | Polyethylene        |
| 1435                               | 48.86 <sup>cb</sup> | 49.94 <sup>ab</sup> | 34.44 <sup>aa</sup> |
| 1789                               | 66.54 <sup>ba</sup> | 65.62 <sup>bb</sup> | 48.48 <sup>aa</sup> |
| 1949                               | 79.18 <sup>cb</sup> | 76.14 <sup>cb</sup> | 55.88 <sup>ca</sup> |
| 2240                               | 83.29 <sup>db</sup> | 83.78 <sup>gi</sup> | 62.96 <sup>da</sup> |

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยตามหลังด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันไม่แตกต่างกันทางสถิติ เมื่อวิเคราะห์โดย  
วิธี DMRT ที่ระดับนัยสำคัญ 5%

**ตารางผนวกที่ ก30** การเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์เมล็ดในกะเทาะได้เต็มเมล็ดเฉลี่ยของผลการศึกษา  
ผนังเป่ากระทบเมล็ดทานตะวันและความเร็วรอบจานเหวี่ยงกะเทาะเมล็ด ที่  
อัตราการป้อน 50 กิโลกรัมต่อชั่วโมง

| ความเร็วงานเหวี่ยง<br>(รอบต่อนาที) | ผนังเป่า            |                     |                     |
|------------------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
|                                    | เหล็ก               | สายพานยาง           | Polyethylene        |
| 1435                               | 78.61 <sup>db</sup> | 73.88 <sup>db</sup> | 59.77 <sup>da</sup> |
| 1789                               | 69.61 <sup>cb</sup> | 65.46 <sup>cb</sup> | 53.16 <sup>ca</sup> |
| 1949                               | 48.76 <sup>bb</sup> | 53.64 <sup>bb</sup> | 45.79 <sup>ba</sup> |
| 2240                               | 28.62 <sup>ab</sup> | 36.27 <sup>ab</sup> | 41.63 <sup>aa</sup> |

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยตามหลังด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันไม่แตกต่างกันทางสถิติ เมื่อวิเคราะห์โดย  
วิธี DMRT ที่ระดับนัยสำคัญ 5%

**ตารางผนวกที่ ก31** การเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์เมล็ดในแตกหักเล็กน้อยเฉลี่ยของผลการศึกษาผนัง  
เป่ากระทบเมล็ดทานตะวันและความเร็วรอบจานเหวี่ยงกะเทาะเมล็ด ที่อัตรา  
การป้อน 50 กิโลกรัม

| ความเร็วงานเหวี่ยง<br>(รอบต่อนาที) | ผนังเป่า            |                     |                     |
|------------------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
|                                    | เหล็ก               | สายพานยาง           | Polyethylene        |
| 1435                               | 8.13 <sup>aa</sup>  | 11.27 <sup>aa</sup> | 19.99 <sup>ab</sup> |
| 1789                               | 11.66 <sup>ba</sup> | 14.98 <sup>ba</sup> | 19.09 <sup>bb</sup> |
| 1949                               | 22.30 <sup>ca</sup> | 19.28 <sup>ca</sup> | 21.23 <sup>cb</sup> |
| 2240                               | 27.48 <sup>da</sup> | 23.58 <sup>da</sup> | 23.57 <sup>db</sup> |

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยตามหลังด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันไม่แตกต่างกันทางสถิติ เมื่อวิเคราะห์โดย  
วิธี DMRT ที่ระดับนัยสำคัญ 5%

**ตารางผนวกที่ ก32** การเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์เมล็ดในหักกลางเฉลี่ยของผลการศึกษาผนังเป่า  
กระทบเมล็ดทานตะวันและความเร็วรอบงานเหวี่ยงกะเทาะเมล็ด ที่อัตราการ  
ป้อน 50 กิโลกรัมต่อชั่วโมง

| ความเร็วงานเหวี่ยง<br>(รอบต่อนาที) | ผนังเป่า             |                     |                     |
|------------------------------------|----------------------|---------------------|---------------------|
|                                    | เหล็ก                | สายพานยาง           | Polyethylene        |
| 1435                               | 7.47 <sup>aab</sup>  | 8.42 <sup>aa</sup>  | 11.57 <sup>ab</sup> |
| 1789                               | 10.65 <sup>bab</sup> | 11.11 <sup>ba</sup> | 15.62 <sup>bb</sup> |
| 1949                               | 18.64 <sup>cab</sup> | 15.43 <sup>ca</sup> | 18.62 <sup>cb</sup> |
| 2240                               | 22.57 <sup>dab</sup> | 22.38 <sup>da</sup> | 17.87 <sup>đ</sup>  |

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยตามหลังด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันไม่แตกต่างกันทางสถิติ เมื่อวิเคราะห์โดย  
วิธี DMRT ที่ระดับนัยสำคัญ 5%

**ตารางผนวกที่ ก33** การเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์เมล็ดในแตกหักชิ้นเล็กชิ้นน้อยเฉลี่ยของผล  
การศึกษาผนังเป่ากระทบเมล็ดทานตะวันและความเร็วรอบงานเหวี่ยงกะเทาะ  
เมล็ด ที่อัตราการป้อน 50 กิโลกรัมต่อชั่วโมง

| ความเร็วงานเหวี่ยง<br>(รอบต่อนาที) | ผนังเป่า            |                     |                     |
|------------------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
|                                    | เหล็ก               | สายพานยาง           | Polyethylene        |
| 1435                               | 5.78 <sup>ab</sup>  | 6.41 <sup>aa</sup>  | 8.64 <sup>ab</sup>  |
| 1789                               | 8.06 <sup>bb</sup>  | 8.30 <sup>ba</sup>  | 12.12 <sup>bb</sup> |
| 1949                               | 16.07 <sup>cb</sup> | 11.64 <sup>ca</sup> | 14.27 <sup>cb</sup> |
| 2240                               | 21.32 <sup>db</sup> | 17.77 <sup>da</sup> | 16.92 <sup>db</sup> |

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยตามหลังด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันไม่แตกต่างกันทางสถิติ เมื่อวิเคราะห์โดย  
วิธี DMRT ที่ระดับนัยสำคัญ 5%

**ตารางผนวกที่ ก34** การเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์กะเทาะเฉลี่ยของผลการศึกษาผนังเป่ากระทบเมล็ดทานตะวันและความเร็วรอบงานเหวี่ยงกะเทาะเมล็ด ที่อัตราการป้อน 80 กิโลกรัมต่อชั่วโมง

| ความเร็วงานเหวี่ยง<br>(รอบต่อนาที) | ผนังเป่า            |                     |                     |
|------------------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
|                                    | เหล็ก               | สายพานยาง           | Polyethylene        |
| 1435                               | 50.84 <sup>ab</sup> | 49.24 <sup>ab</sup> | 32.23 <sup>aa</sup> |
| 1789                               | 65.49 <sup>bb</sup> | 63.10 <sup>bb</sup> | 44.91 <sup>ba</sup> |
| 1949                               | 75.71 <sup>cb</sup> | 76.00 <sup>cb</sup> | 53.45 <sup>ca</sup> |
| 2240                               | 83.64 <sup>db</sup> | 82.35 <sup>db</sup> | 61.66 <sup>da</sup> |

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยตามหลังด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันไม่แตกต่างกันทางสถิติ เมื่อวิเคราะห์โดยวิธี DMRT ที่ระดับนัยสำคัญ 5%

**ตารางผนวกที่ ก35** การเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์เมล็ดในที่กะเทาะ ได้เต็มเมล็ดเฉลี่ยของผลการศึกษาผนังเป่ากระทบเมล็ดทานตะวันและความเร็วรอบงานเหวี่ยงกะเทาะเมล็ด ที่อัตราการป้อน 80 กิโลกรัมต่อชั่วโมง

| ความเร็วงานเหวี่ยง<br>(รอบต่อนาที) | ผนังเป่า            |                     |                     |
|------------------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
|                                    | เหล็ก               | สายพานยาง           | Polyethylene        |
| 1435                               | 83.25 <sup>db</sup> | 76.19 <sup>dc</sup> | 59.73 <sup>da</sup> |
| 1789                               | 70.59 <sup>cb</sup> | 66.95 <sup>cc</sup> | 56.11 <sup>ca</sup> |
| 1949                               | 46.38 <sup>bb</sup> | 57.65 <sup>cb</sup> | 46.75 <sup>ba</sup> |
| 2240                               | 30.73 <sup>ab</sup> | 38.45 <sup>ac</sup> | 41.69 <sup>aa</sup> |

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยตามหลังด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันไม่แตกต่างกันทางสถิติ เมื่อวิเคราะห์โดยวิธี DMRT ที่ระดับนัยสำคัญ 5%

**ตารางผนวกที่ ก36** การเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์เมล็ดในแตกหักเล็กน้อยเฉลี่ยของผลการศึกษาน้ำ  
 เป่ากระทบเมล็ดทานตะวันและความเร็วรอบงานเหียงกะเทาะเมล็ด ที่อัตราการ  
 การป้อน 80 กิโลกรัมต่อชั่วโมง

| ความเร็วงานเหียง<br>(รอบต่อนาที) | ผนังเป่า            |                     |                     |
|----------------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
|                                  | เหล็ก               | สยาพานยาง           | Polyethylene        |
| 1435                             | 5.99 <sup>aa</sup>  | 10.71 <sup>aa</sup> | 19.41 <sup>ab</sup> |
| 1789                             | 13.33 <sup>ba</sup> | 15.49 <sup>ba</sup> | 19.95 <sup>bb</sup> |
| 1949                             | 22.58 <sup>ca</sup> | 20.52 <sup>ca</sup> | 20.80 <sup>cb</sup> |
| 2240                             | 26.31 <sup>da</sup> | 24.17 <sup>da</sup> | 21.85 <sup>db</sup> |

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยตามหลังด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันไม่แตกต่างกันทางสถิติ เมื่อวิเคราะห์โดย  
 วิธี DMRT ที่ระดับนัยสำคัญ 5%

**ตารางผนวกที่ ก37** การเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์เมล็ดในหักกลางเฉลี่ยของผลการศึกษาน้ำเป่า  
 กระทบเมล็ดทานตะวันและความเร็วรอบงานเหียงกะเทาะเมล็ด ที่อัตราการ  
 ป้อน 80 กิโลกรัมต่อชั่วโมง

| ความเร็วงานเหียง<br>(รอบต่อนาที) | ผนัง                |                     |                     |
|----------------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
|                                  | เหล็ก               | สยาพานยาง           | Polyethylene        |
| 1435                             | 6.29 <sup>ab</sup>  | 7.56 <sup>aa</sup>  | 11.87 <sup>ac</sup> |
| 1789                             | 9.39 <sup>bb</sup>  | 10.51 <sup>ba</sup> | 13.15 <sup>bc</sup> |
| 1949                             | 18.16 <sup>cb</sup> | 12.37 <sup>ca</sup> | 18.44 <sup>cc</sup> |
| 2240                             | 22.71 <sup>db</sup> | 19.75 <sup>da</sup> | 18.35 <sup>dc</sup> |

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยตามหลังด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันไม่แตกต่างกันทางสถิติ เมื่อวิเคราะห์โดย  
 วิธี DMRT ที่ระดับนัยสำคัญ 5%

**ตารางผนวกที่ ก38** การเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์เมล็ดในแตกหักชิ้นเล็กชิ้นน้อยเฉลี่ยของผล  
การศึกษาผนังเป่ากระทบเมล็ดทานตะวันและความเร็วรอบจานเหวี่ยงกะเทาะ  
เมล็ด ที่อัตราการป้อน 80 กิโลกรัมต่อชั่วโมง

| ความเร็วงานเหวี่ยง<br>(รอบต่อนาที) | ผนังเป่า            |                     |                     |
|------------------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
|                                    | เหล็ก               | สายพานยาง           | Polyethylene        |
| 1435                               | 4.47 <sup>ab</sup>  | 5.56 <sup>aa</sup>  | 9.28 <sup>ac</sup>  |
| 1789                               | 6.68 <sup>bb</sup>  | 7.04 <sup>ba</sup>  | 10.78 <sup>bc</sup> |
| 1949                               | 13.00 <sup>cb</sup> | 9.45 <sup>ca</sup>  | 14.00 <sup>cc</sup> |
| 2240                               | 20.24 <sup>db</sup> | 17.62 <sup>da</sup> | 17.94 <sup>dc</sup> |

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยตามหลังด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันไม่แตกต่างกันทางสถิติ เมื่อวิเคราะห์โดย  
วิธี DMRT ที่ระดับนัยสำคัญ 5%

**ตารางผนวกที่ ก39** การเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์กะเทาะเฉลี่ยของผลการศึกษาผนังเป่ากระทบเมล็ด  
ทานตะวันและความเร็วรอบจานเหวี่ยงกะเทาะเมล็ด ที่อัตราการป้อน 120  
กิโลกรัมต่อชั่วโมง

| ความเร็วงานเหวี่ยง<br>(รอบต่อนาที) | ผนัง                |                     |                     |
|------------------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
|                                    | เหล็ก               | สายพานยาง           | Polyethylene        |
| 1435                               | 49.32 <sup>ac</sup> | 47.89 <sup>ab</sup> | 28.34 <sup>aa</sup> |
| 1789                               | 72.32 <sup>bc</sup> | 58.18 <sup>bb</sup> | 41.36 <sup>ba</sup> |
| 1949                               | 80.90 <sup>cc</sup> | 78.37 <sup>cb</sup> | 53.62 <sup>ca</sup> |
| 2240                               | 85.34 <sup>dc</sup> | 78.55 <sup>db</sup> | 59.94 <sup>da</sup> |

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยตามหลังด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันไม่แตกต่างกันทางสถิติ เมื่อวิเคราะห์โดย  
วิธี DMRT ที่ระดับนัยสำคัญ 5%

**ตารางผนวกที่ ก40** การเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์เมล็ดในกะเทาะเต็มเมล็ดเฉลี่ยของผลการศึกษาผนัง  
เป้ากระทบเมล็ดทานตะวันและความเร็วรอบงานเหวี่ยงกะเทาะเมล็ด ที่อัตรา  
การป้อน 120 กิโลกรัมต่อชั่วโมง

| ความเร็วงานเหวี่ยง<br>(รอบต่อนาที) | ผนัง                |                     |                     |
|------------------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
|                                    | เหล็ก               | สายพานยาง           | Polyethylene        |
| 1435                               | 80.23 <sup>db</sup> | 78.77 <sup>dc</sup> | 59.31 <sup>da</sup> |
| 1789                               | 69.12 <sup>cb</sup> | 70.51 <sup>cc</sup> | 53.73 <sup>ca</sup> |
| 1949                               | 46.14 <sup>bb</sup> | 50.17 <sup>bc</sup> | 49.25 <sup>ba</sup> |
| 2240                               | 28.33 <sup>ab</sup> | 45.41 <sup>ac</sup> | 42.68 <sup>aa</sup> |

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยตามหลังด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันไม่แตกต่างกันทางสถิติ เมื่อวิเคราะห์โดย  
วิธี DMRT ที่ระดับนัยสำคัญ 5%

**ตารางผนวกที่ ก41** การเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์เมล็ดในแตกหักเล็กน้อยเฉลี่ยของผลการศึกษาผนัง  
เป้ากระทบเมล็ดทานตะวันและความเร็วรอบงานเหวี่ยงกะเทาะเมล็ด ที่อัตรา  
การป้อน 120 กิโลกรัมต่อชั่วโมง

| ความเร็วงานเหวี่ยง<br>(รอบต่อนาที) | ผนังเป้า            |                     |                     |
|------------------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
|                                    | เหล็ก               | สายพานยาง           | Polyethylene        |
| 1435                               | 8.90 <sup>ab</sup>  | 9.15 <sup>aa</sup>  | 18.93 <sup>ac</sup> |
| 1789                               | 15.20 <sup>bb</sup> | 14.42 <sup>ba</sup> | 21.36 <sup>bc</sup> |
| 1949                               | 25.8 <sup>cb</sup>  | 22.90 <sup>ca</sup> | 23.26 <sup>cc</sup> |
| 2240                               | 28.77 <sup>cb</sup> | 22.50 <sup>ca</sup> | 22.57 <sup>cc</sup> |

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยตามหลังด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันไม่แตกต่างกันทางสถิติ เมื่อวิเคราะห์โดย  
วิธี DMRT ที่ระดับนัยสำคัญ 5%

**ตารางผนวกที่ ก42** การเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์เมล็ดในหักกลางเฉลี่ยของผลการศึกษาผนังเป่า  
 กระทบเมล็ดทานตะวันและความเร็วรอบงานเหวี่ยงกะเทาะเมล็ด ที่อัตราการ  
 ป้อน 120 กิโลกรัมต่อชั่วโมง

| ความเร็วงานเหวี่ยง<br>(รอบต่อนาที) | ผนังเป่า            |                     |                     |
|------------------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
|                                    | เหล็ก               | สายพานยาง           | Polyethylene        |
| 1435                               | 6.36 <sup>aa</sup>  | 7.17 <sup>aa</sup>  | 12.49 <sup>ab</sup> |
| 1789                               | 7.92 <sup>ba</sup>  | 8.94 <sup>ba</sup>  | 13.73 <sup>bb</sup> |
| 1949                               | 14.34 <sup>ca</sup> | 15.64 <sup>ca</sup> | 14.57 <sup>cb</sup> |
| 2240                               | 20.10 <sup>da</sup> | 18.47 <sup>da</sup> | 17.26 <sup>db</sup> |

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยตามหลังด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันไม่แตกต่างกันทางสถิติ เมื่อวิเคราะห์โดย  
 วิธี DMRT ที่ระดับนัยสำคัญ 5%

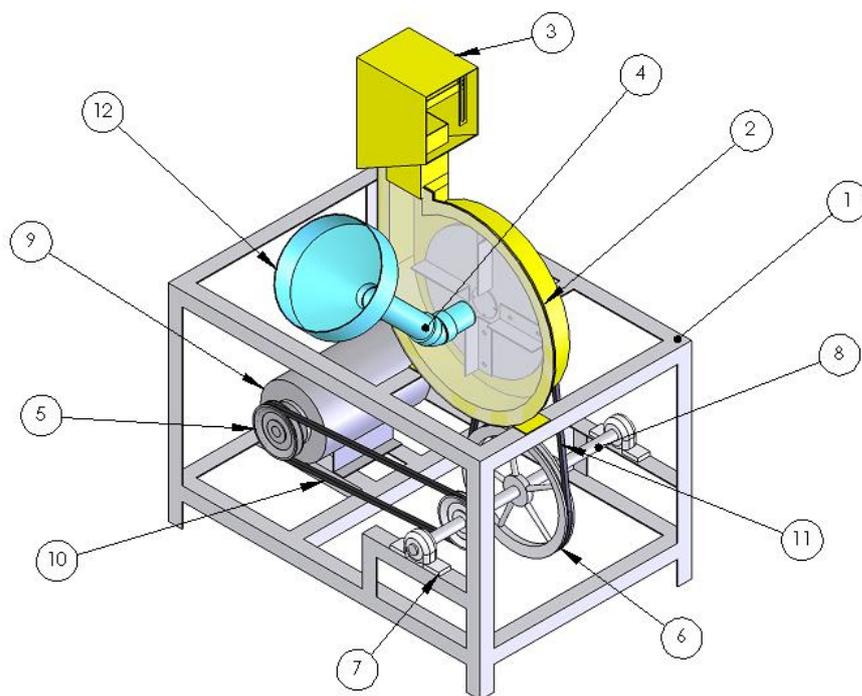
**ตารางผนวกที่ ก43** การเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์เมล็ดในแตกหักชิ้นเล็กชิ้นน้อยเฉลี่ยของผล  
 การศึกษาผนังเป่ากระทบเมล็ดทานตะวันและความเร็วรอบงานเหวี่ยงกะเทาะ  
 เมล็ด ที่อัตราการป้อน 120 กิโลกรัมต่อชั่วโมง

| ความเร็วงานเหวี่ยง<br>(รอบต่อนาที) | ผนังเป่า            |                     |                     |
|------------------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
|                                    | เหล็ก               | สายพานยาง           | Polyethylene        |
| 1435                               | 4.72 <sup>ab</sup>  | 4.90 <sup>aa</sup>  | 9.29 <sup>ab</sup>  |
| 1789                               | 7.75 <sup>bb</sup>  | 6.06 <sup>ba</sup>  | 11.15 <sup>bb</sup> |
| 1949                               | 13.72 <sup>cb</sup> | 11.28 <sup>ca</sup> | 13.41 <sup>cb</sup> |
| 2240                               | 22.78 <sup>db</sup> | 13.61 <sup>da</sup> | 17.48 <sup>db</sup> |

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยตามหลังด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันไม่แตกต่างกันทางสถิติ เมื่อวิเคราะห์โดย  
 วิธี DMRT ที่ระดับนัยสำคัญ 5%

**ภาคผนวก ข**

แบบเครื่องกะเทาะเปลือกเมล็ดทานตะวัน

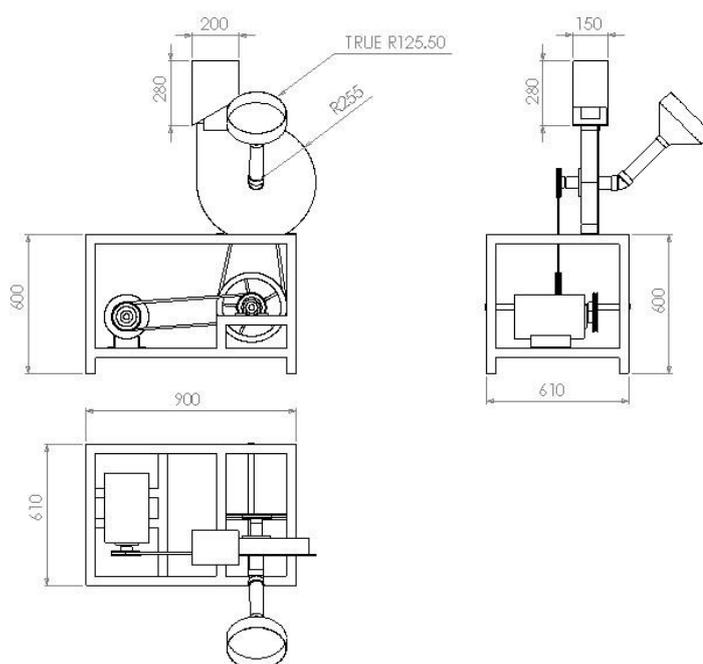


ภาพผนวกที่ ข1 แบบประกอบ (Assembly drawing) เครื่องกะเทาะเปลือกเมล็ดทานตะวัน

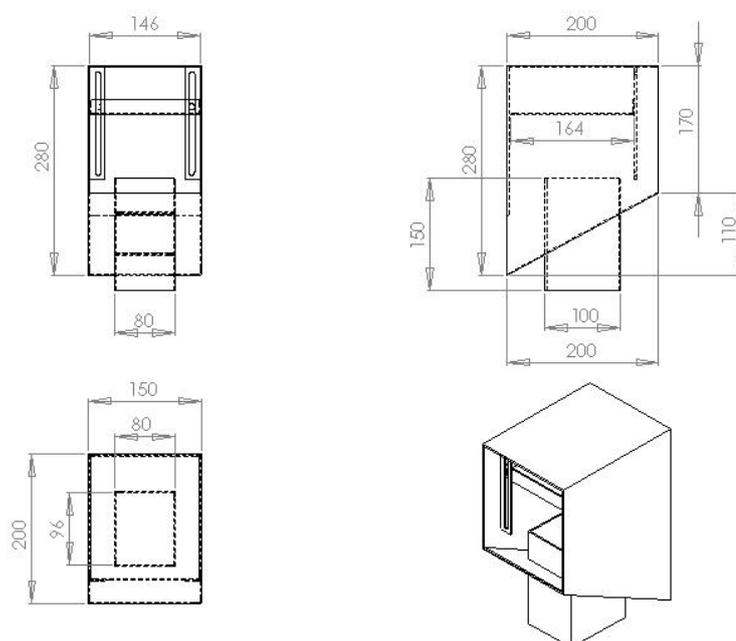
รายละเอียดของเครื่องกะเทาะเปลือกเมล็ดทานตะวันที่พัฒนาขึ้น (ภาพผนวกที่ ข1) มีส่วนประกอบดังตารางผนวกที่ ข1

**ตารางผนวกที่ ข1** หมายเลขและความหมายของชิ้นส่วน

| หมายเลข | ชื่อ                               |
|---------|------------------------------------|
| 1       | โครงเครื่อง                        |
| 2       | ชุดจานเหวี่ยงกะเทาะ                |
| 3       | เป้ากระทบ                          |
| 4       | ชุดท่อป้อนเมล็ด                    |
| 5       | พูลย์ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 3 นิ้ว  |
| 6       | พูลย์ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 12 นิ้ว |
| 7       | ตุ๊กตา                             |
| 8       | เพลาส่งกำลัง                       |
| 9       | มอเตอร์                            |
| 10      | สายพาน เบอร์ 50                    |
| 11      | สายพานเบอร์ 54                     |



ภาพผนวกที่ ข2 ภาพไอโซเมตริก เครื่องกะเทาะเปลือกเมล็ดทานตะวัน



ภาพผนวกที่ ข3 ภาพไอโซเมตริก เป่ากระทบเมล็ด

## ประวัติการศึกษา และการทำงาน

|                                |   |
|--------------------------------|---|
| ชื่อ –นามสกุล                  | นายนเรนทร บุญส่ง  |
| วัน เดือน ปี ที่เกิด           | วันที่ 14 ธันวาคม 2524  |
| สถานที่เกิด                    | สิงห์บุรี   |
| ประวัติการศึกษา                | เข้าศึกษาในระดับปริญญาตรีเมื่อปีการศึกษา 2543 ณ<br>ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์<br>มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน สำเร็จ<br>การศึกษาเมื่อปีการศึกษา 2547 |
| ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน   |   |
| สถานที่ทำงานปัจจุบัน           |   |
| ผลงานดีเด่นและรางวัลทางวิชาการ |   |
| ทุนการศึกษาที่ได้รับ           |   |