# การออกแบบและสร้างเครื่องกะเทาะเปลือกถั่วแปจี

# Design and Construction of Pae Gee Bean Sheller

นาย อนุสรณ์ อ้นเวียง
นาย ก้องภพ เพ็ชรพงศ์
นาย สุวิทย์ แซ่หยาง

1404897
ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์
วันที่รับ 24 มี.ค. 2551
เลขทะเบียน 05000176
เลขเรียกหนังสือ ฝร.
มหาวิทยาลัยนเรศวร ว 231 ก 2549

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิศวกรรมเครื่องกล ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
ปีการศึกษา 2549

# ใบรับรองโครงงาน

**หัวข้อโครงงาน** : การออกแบบและสร้างเครื่องกะเทาะเปลือกถั่วแปจี

Design and Construction of Pae Gee Bean Sheller

**ผู้ดำเนินโครงงาน** : นาย อนุสรณ์ อ้นเวียง รหัส 46361069

นาย ก้องภพ เพ็ชรพงศ์ รหัส 46362596

นาย สุวิทย์ แซ่หยาง รหัส 46362760

**อาจารย์ที่ปรึกษา** : อาจารย์ รัตนา การุญบุญญานันท์

**ภาควิชา** : วิศวกรรมเครื่องกล

**ปีการศึกษา** : 2549

---

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อนุมัติให้โครงงานฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล

**คณะกรรมการสอบโครงงาน**

.....ประธานกรรมการ

( อาจารย์ รัตนา การุญบุญญานันท์)

.....กรรมการ

( ผศ.ดร. มัทนี สงวนเสริมศรี )

.....กรรมการ

( อาจารย์ สุรัตน์ ปัญญาแก้ว)

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| หัวข้อโครงงาน | : การออกแบบและสร้างเครื่องกะเทาะเปลือกถั่วแปจี | | | |
| ผู้ดำเนินโครงงาน | : นายอนุสรณ์ | อ้นเวียง | รหัส | 46361069 |
| | นายก้องภพ | เพ็ชรพงศ์ | รหัส | 46362596 |
| | นายสุวิทย์ | แซ่หยาง | รหัส | 46362760 |
| อาจารย์ที่ปรึกษา | : อาจารย์ รัตนา การุญบุญญานันท์ | | | |
| ภาควิชา | : วิศวกรรมเครื่องกล | | | |
| ปีการศึกษา | : 2549 | | | |


## บทคัดย่อ


วัตถุประสงค์ของโครงงานนี้เพื่อศึกษาลักษณะทางกายภาพเมล็ดถั่วแปจี และออกแบบสร้างเครื่องกะเทาะเปลือกถั่วแปจี โดยศึกษาขนาดเมล็ด, ความหนาแน่น และความชื้นของเมล็ดถั่วแปจีทั้งเมล็ดแห้งและเมล็ดที่แช่น้ำ เครื่องกะเทาะที่ได้ออกแบบจะใช้แรงกดและแรงเฉือนในกระบวนการกะเทาะ โดยใช้ลูกกลิ้งสองลูกซึ่งขับด้วยมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส ขนาด 1 แรงม้า ใช้สายพานส่งกำลังไปยังพูลเล่ย์เพื่อหมุนเพลาของลูกกลิ้งให้หมุนในทิศทางตรงข้ามกัน ลูกกลิ้งมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10.16 เซนติเมตรหรือ 4 นิ้ว

ทดลองหาพื้นผิวลูกกลิ้งที่เหมาะสมจากวัสดุ 4 ชนิดคือ ผิวยาง ผิวมุ้งลวด ผิวสก็อตไบรท์ และผิวตีนตุ๊กแก ที่ความเร็วรอบ 400, 600, 800, 1000, 1200,1400 และ 1600 รอบต่อนาที โดยใช้เมล็ดถั่วแปจีที่แช่น้ำ 2, 3, 4 และ 5 ชั่วโมง และปรับระยะห่างระหว่างลูกกลิ้งตามข้อมูลทางกายภาพ พบว่า พื้นผิวตีนตุ๊กแก เหมาะสมที่สุด

ทำการคัดขนาดเมล็ดถั่วแปจีที่แช่น้ำ 3, 4 และ 5 ชั่วโมง โดยแยกเป็น 2 ขนาดคือ ขนาดกลาง (กว้าง ยาวและหนา อยู่ระหว่าง 7.5–12.0, 13.5–20.0 และ 5.0–7.0 มิลลิเมตร ตามลำดับ) และขนาดใหญ่ (กว้าง ยาวและหนา อยู่ระหว่าง 10.0–14.0, 15.0–20.0 และ 5.0–8.0 มิลลิเมตร ตามลำดับ) ทดลองกะเทาะเปลือกด้วยพื้นผิวตีนตุ๊กแกที่ความเร็วรอบ 400, 600, 800, 1000 และ 1200 รอบต่อนาที พบว่า เมล็ดขนาดกลางจากการแช่น้ำ 5 ชั่วโมง ระยะห่างลูกกลิ้ง 1.2 มิลลิเมตร ความเร็ว 600 รอบต่อนาที มีประสิทธิภาพการกะเทาะสูงสุด 73.1 เปอร์เซ็นต์และการสูญเสีย 10.2 เปอร์เซ็นต์ มีอัตราการผลิต 32 กิโลกรัม(เมล็ดแห้ง)ต่อชั่วโมง และเมล็ดขนาดใหญ่จากการแช่น้ำ 3 ชั่วโมง ระยะห่างลูกกลิ้ง 2.4 มิลลิเมตร ความเร็ว 400 รอบต่อนาที มีประสิทธิภาพการกะเทาะสูงสุด 86.5 เปอร์เซ็นต์และการสูญเสีย 17.7 เปอร์เซ็นต์ มีอัตราการผลิต 25 กิโลกรัม(เมล็ดแห้ง)ต่อชั่วโมง

| | |
|---|---|
| Project Title | : Design and Construction of Pae Gee Bean Sheller |
| Name | : Mr. Anusorn Onviang Code 46361069 |
| | Mr. Kongpop Petchpong Code 46362596 |
| | Mr. Suwit Saeyang Code 46362760 |
| Project Advisor | : Mrs. Rattana Karoonboonyanan |
| Department | : Mechanical Engineering |
| Academic Year | : 2006 |

## Abstract

The objective of this project is to study physical properties of Pae Gee bean and to design and construct the sheller. In this project, there are studies about moisture, dimension and bulk density of dry and soaked Pae Gee bean in dried and soaked bean. The sheller applied compressive force and shear force in the peeling process. The power was transmitted from a 1- horsepower, 3-phase electric motor to counter-rotating 4-inch rollers by a belt

The experiments to find the most appropriate surface with rubber, screen, scottbriter and roughen-plaster at the speed of 400, 600, 800, 1000, 1200, 1400 and 1600 rpm with 2, 3, 4 and 5 hour-soaked bean and adjusting clearance according to the dimensions of the bean.

The Pae Gee bean soaked for 3, 4 and 5 hour wrer separated into two sizes, medium and large size. The width, lenght and thickness were between 7.5–12.0, 13.5–20.0 and 5.0–7.0 millimeter respectively for the medium size and 10.0–14.0, 15.0–20.0 and 5.0–8.0 millimeter respectively for the large size. For the medium size bean, using roughen plaster with 1.2 millimeter clearance and 600 rpm. Speed for the 5 hour soaked bean yielded the highest efficiency of 73.1 percent with 10.2 percent loss; the shelling rate was 32 kg(dry)/hr. For the large size bean, the highest efficiency of 86.5 percent with 17.7 percent loss and 25 kg(dry)/hr was achieved by shelling 3 hour soaked with 2.4 millimeter clearance and 400 rpm. speed.

# กิตติกรรมประกาศ

## (Acknowledgement)

รายงานโครงงานฉบับนี้สามารถจัดทำขึ้นได้ เนื่องจากความร่วมมือและความกรุณาจากหลาย ๆ ท่าน ในนามของผู้จัดทำรายงานฉบับนี้ขอขอบพระคุณ อาจารย์รัตนา การุญบุญญานันท์ อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน ที่ได้สนับสนุนข้อมูล ให้คำแนะนำและให้คำปรึกษาในทางที่เป็นประโยชน์ และคอยดูแลติดตามผลการทำโครงงาน แก่คณะผู้จัดทำตลอดมาจนกระทั่งโครงงานนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบพระคุณ คุณกิตติกานต์ ปุพพโก ผู้จัดการร้านอนันต์ธนา ที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับถั่วแปจี ขั้นตอนในการเอาเปลือกออก กระบวนการผลิตและการขนส่ง ตลอดจนให้เข้าเยี่ยมชมกิจการเพื่อเก็บข้อมูลที่เป็นประโยชน์ และได้อนุเคราะห์เมล็ดถั่วแปจีจำนวนหนึ่งเพื่อใช้ในการทำโครงงานครั้งนี้

ขอขอบพระคุณ ครูช่างทุกท่านที่ได้ให้ความช่วยเหลือ ทางด้านอุปกรณ์ต่าง ๆ เทคนิคในการทำงานและการสร้างเครื่องจักรเป็นอย่างดี

สุดท้ายนี้ผู้จัดทำรายงานฉบับนี้ขอมอบความดีของโครงงานให้แก่ คุณพ่อ-คุณแม่ ที่ได้อบรมสั่งสอน ให้การสนับสนุนและให้กำลังใจตลอดการศึกษา คณาจารย์และผู้ที่เกี่ยวข้องทุกท่านที่ได้ประสิทธิประสาทวิชาความรู้ให้ผู้จัดทำโครงงานตลอดมา นอกจากนี้ขอขอบคุณเพื่อนๆทุกคนที่ให้ความช่วยเหลือ เป็นเพื่อนที่ดีตลอดมาและเป็นกำลังใจในการทำงานครั้งนี้

ขอขอบพระคุณ

คณะผู้จัดทำ

# สารบัญ


| | หน้า |
|---|---|
| ใบรับรองโครงงาน | ก |
| บทคัดย่อ | ข |
| Abstract | ค |
| กิตติกรรมประกาศ | ง |
| สารบัญ | จ |
| สารบัญรูปภาพ | ช |
| สารบัญตาราง | ฌ |
| ลำดับสัญลักษณ์ | ญ |
| บทที่ 1 บทนำ | |
| 1.1 ความสำคัญและที่มาของโครงงาน | 1 |
| 1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน | 1 |
| 1.3 ขอบข่ายของโครงงาน | 1 |
| 1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน | 2 |
| 1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ | 2 |
| 1.6 แผนการดำเนินงานตลอดโครงงาน | 3 |
| บทที่ 2 หลักการและทฤษฎี | |
| 2.1 ลักษณะโดยทั่วไปของเมล็ดถั่วแปจี | 4 |
| 2.2 การกะเทาะเปลือก | 7 |
| 2.3 สาเหตุที่เลือกใช้เครื่องกะเทาะแบบใช้ลูกกลิ้ง 2 ลูก (Double rollers) | 10 |
| 2.4 หลักการทำงาน ของเครื่องกะเทาะเปลือกเมล็ดถั่วแปจี | 13 |
| บทที่ 3 วิธีการดำเนินโครงการและการออกแบบ | |
| 3.1 การสำรวจและรวบรวมข้อมูล | 16 |
| 3.2 การออกแบบและการคำนวณ | 17 |
| 3.3 ศึกษาลักษณะทางกายภาพของเมล็ดถั่วแปจี | 19 |

# สารบัญ(ต่อ)


3.4 การหาพื้นผิวของลูกกลิ้ง ความเร็วรอบและช่วงเวลาแช่เมล็ดที่เหมาะสม 22

3.5 การปรับปรุงและแก้ไขข้อบกพร่อง 27

3.6 การหาระยะห่างของลูกกลิ้งทั้งสอง 30

3.7 การหาอัตราการผลิตของเครื่องกะเทาะเปลือกเมล็ดถั่วแปจี 31

บทที่ 4 ผลการทดลองและการวิเคราะห์ผล

4.1 ผลการศึกษาลักษณะทางกายภาพเมล็ดถั่วแปจี 32

4.2 การทดลองเบื้องต้นเพื่อหาตัวแปรที่เหมาะสม 34

4.3 ผลการทดลองและการวิเคราะห์ผล 38

4.4 การทดสอบหากำลังการผลิตของเครื่องกะเทาะเปลือกของเมล็ดถั่วแปจี 41

บทที่ 5 สรุปคุณสมบัติเครื่องกะเทาะเปลือกถั่วแปจี ผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 คุณสมบัติของเครื่องกะเทาะเปลือกถั่วแปจี 42

5.2 สรุปผลการทดลอง 42

5.3 ข้อเสนอแนะ 44

บรรณานุกรม 45

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก รูปเครื่องกะเทาะเปลือกเมล็ดถั่วแปจี 47

ภาคผนวก ข ผลการทดลอง 49

ภาคผนวก ค แบบ Drawing แสดงส่วนประกอบต่าง ๆ ของเครื่องกะเทาะเปลือกเมล็ดถั่วแปจี 53

ประวัติผู้จัดทำโครงงาน 73

# สารบัญรูปภาพ


| | หน้า |
|---|---|
| รูปที่ 2.1 ลักษณะดอกและการติดฝักของถั่วแปจี | 4 |
| รูปที่ 2.2 เมล็ดถั่วแปจีแห้งและส่วนประกอบ | 5 |
| รูปที่ 2.3 ผลิตภัณฑ์ของถั่วแปจี | 6 |
| รูปที่ 2.4 หลักการกะเทาะโดยใช้ผลต่างความเร็ว | 7 |
| รูปที่ 2.5 หลักการกะเทาะโดยใช้จานกลมหมุน | 8 |
| รูปที่ 2.6 หลักการกะเทาะโดยใช้ลูกกลิ้งความเร็วต่างกัน | 8 |
| รูปที่ 2.7 หลักการกะเทาะโดยใช้ลูกกลิ้งหมุนในปลอกเหล็ก | 9 |
| รูปที่ 2.8 หลักการกะเทาะโดยใช้แรงเหวี่ยงกระทบ | 10 |
| รูปที่ 2.9 เครื่องกะเทาะ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา จ.พิษณุโลก | 11 |
| รูปที่ 2.10 ผลการทดลองกะเทาะกับเครื่องกะเทาะข้าวเปลือก | 11 |
| รูปที่ 2.11 ผลที่ได้จาการปั่นด้วยเครื่องซักผ้า | 12 |
| รูปที่ 2.12 ผลที่ได้จากการใช้สก๊อตไบรท์ | 12 |
| รูปที่ 2.13 แสดงหลักการทำงานของเครื่องและลักษณะการทำงานของสายพาน | 13 |
| รูปที่ 2.14 แสดงหลักการทำงานของเครื่องกะเทาะเปลือกแบบใช้ลูกกลิ้งสองลูก | 14 |
| รูปที่ 2.15 แสดงความเร็วสัมพัทธ์ของลูกกลิ้งลูกที่ 1 และ 2 | 14 |
| รูปที่ 3.1 ถั่วแปจ่อเหลืองที่ได้จากการแปรรูป | 17 |
| รูปที่ 3.2 แสดงลักษณะการกดลงบนผิวลูกกลิ้งของเมล็ดถั่วแปจี | 18 |
| รูปที่ 3.3 แสดงการคำนวณหาขนาดของลูกกลิ้ง | 18 |
| รูปที่ 3.4 แสดงการชั่งเมล็ดแปจีกับตาชั่งดิจิตอล | 20 |
| รูปที่ 3.5 ตู้อบที่ใช้ทดลอง | 21 |
| รูปที่ 3.6 การใช้เวอร์เนียแคลิเปอร์ สำหรับวัดขนาดเมล็ดถั่วแปจี | 21 |
| รูปที่ 3.6 การใช้เวอร์เนียแคลิเปอร์ สำหรับวัดขนาดเมล็ดถั่วแปจี (ต่อ) | 22 |
| รูปที่ 3.7 ลูกกลิ้งพื้นผิวยาง | 24 |
| รูปที่ 3.8 ลูกกลิ้งพื้นผิวมุ้งลวด | 24 |
| รูปที่ 3.9 ลูกกลิ้งพื้นผิวสก๊อตไบรท์ | 24 |
| รูปที่ 3.10 ลูกกลิ้งพื้นผิวตีนตุ๊กแก | 25 |
| รูปที่ 3.11 เครื่องที่ใช้ร่อนเพื่อแยกขนาดเมล็ดถั่วแปจี | 28 |

# สารบัญรูปภาพ(ต่อ)


รูปที่ 3.12 แสดงลักษณะการเรียงตัวของเมล็ดถั่วแปจีหลังจากการร่อน 28

รูปที่ 4.1 กราฟประสิทธิภาพและการสูญเสียของผิวชนิดต่าง ๆที่เวลาแช่ 3 ชั่วโมง 34

รูปที่ 4.2 กราฟผลต่างของผิวชนิดต่าง ๆ จากการแช่เมล็ดถั่วแปจี 3 ชั่วโมง 34

รูปที่ 4.3 กราฟประสิทธิภาพและการสูญเสียของผิวชนิดต่าง ๆที่เวลาแช่ 4 ชั่วโมง 35

รูปที่ 4.4 กราฟผลต่างของผิวชนิดต่าง ๆ จากการแช่เมล็ดถั่วแปจี 4 ชั่วโมง 35

รูปที่ 4.5 กราฟประสิทธิภาพและการสูญเสียของผิวตีนตุ๊กแก ที่เวลาแช่ต่าง ๆ 37

รูปที่ 4.6 กราฟผลต่างของผิวตีนตุ๊กแก ที่เวลาการแช่เมล็ดถั่วแปจีเวลาต่าง ๆ 37

รูปที่ 4.7 กราฟประสิทธิภาพและการสูญเสียที่เวลาแช่ต่าง ๆ เมล็ดเบอร์ M 39

รูปที่ 4.8 กราฟผลต่างระหว่างประสิทธิภาพและการสูญเสียเมล็ดเบอร์ M 39

รูปที่ 4.9 กราฟประสิทธิภาพและการสูญเสียที่เวลาแช่ต่าง ๆ เมล็ดเบอร์ L 40

รูปที่ 4.10 กราฟผลต่างระหว่างประสิทธิภาพและการสูญเสียเมล็ดเบอร์ L 40

# สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 3.1 ขนาดลูกกลิ้งที่มุมต่างๆ 19

ตารางที่ 3.2 การเปรียบเทียบค่าจาก Inverter กับมอเตอร์ 23

ตารางที่ 3.3 แสดงเปอร์เซ็นต์การร่อนผ่านตระแกรงที่เบอร์ต่าง ๆ 29

ตารางที่ 3.4 แสดงความกว้าง ยาวและหนาของเมล็ดถั่วแปจีที่ผ่านตระแกรงเบอร์ต่าง ๆ 29

ตารางที่ 4.1 ขนาดเมล็ดถั่วแปจีลักษณะขนาดต่าง ๆ 32

ตารางที่ 4.2 ค่าเฉลี่ยความหนาแน่นเมล็ดถั่วแปจี 33

ตารางที่ 4.3 ค่าเฉลี่ยความชื้นเมล็ดแปจี 33

# ลำดับสัญลักษณ์

| สัญลักษณ์ | ความหมาย | หน่วย |
|---|---|---|
| $W_1$ | ลูกกลิ้งลูกที่ 1 | - |
| $W_2$ | ลูกกลิ้งลูกที่ 2 | - |
| $V_1$ | ความเร็วลูกกลิ้งลูกที่ 1 | m/s |
| $V_2$ | ความเร็วลูกกลิ้งลูกที่ 2 | m/s |
| $\vec{V}_1$ | ความเร็วสัมพัทธ์ลูกกลิ้งลูกที่ 1 | m/s |
| $\vec{V}_2$ | ความเร็วสัมพัทธ์ลูกกลิ้งลูกที่ 2 | m/s |
| R | รัศมีของลูกกลิ้ง | *mm.* |
| S | ความสูงเฉลี่ยของเมล็ดถั่วที่สัมผัสลูกกลิ้ง | *mm.* |
| $\theta$ | มุมของผิวเมล็ดถั่วที่ถูกลูกกลิ้งสัมผัส | องศา |
| $\rho$ | ความหนาแน่นรวมของเมล็ดถั่วแปจี | $kg/cm^3$ |
| $m$ | มวลของเมล็ดถั่วแปจี | kg |
| $v$ | ปริมาตรของกระป๋องที่ใช้บรรจุ | $cm^3$ |
| $\bar{W}$ | ความหนาของเมล็ดถั่วแปจีเฉลี่ย | *mm.* |
| $n$ | ระยะกดลงในเมล็ดถั่วแปจี | *mm.* |
| $t$ | ระยะของผิวที่สามารถยุบตัวได้มากสุด | *mm.* |
| $SD$ | ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน | - |

# บทที่ 1
# บทนำ

## 1.1 ความสำคัญและที่มาของโครงงาน

ปัจจุบันการทำการเกษตรนั้นมีความหลากหลาย ในแต่ละท้องถิ่นมีการทำการเกษตรที่ต่างกัน ทั้งชนิดพืชที่ปลูกและวิธีการเพาะปลูก ซึ่งขึ้นอยู่กับลักษณะภูมิประเทศและภูมิอากาศของแต่ละพื้นที่ พืชที่ปลูกส่วนใหญ่ได้แก่ ข้าว ข้าวโพด อ้อย ถั่วชนิดต่างๆ วัตถุประสงค์ในการปลูกมีทั้งปลูกเพื่อบริโภคในครัวเรือน หรือปลูกเพื่อการค้าขาย โดยเฉพาะอย่างยิ่งพืชตระกูลถั่วเป็นพืชชนิดหนึ่งที่นิยมปลูกเพื่อใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับป้อนโรงงานแปรรูปอาหาร เนื่องจากถั่วเป็นพืชที่ให้คุณค่าทางอาหารมาก เนื้อของถั่วทุกชนิดจะมีสารอาหารที่เป็นโปรตีนอยู่จำนวนหนึ่ง ซึ่งโปรตีนนี้เป็นสารอาหารที่มีความจำเป็นต่อร่างกายของมนุษย์ ถั่วแปจีเป็นถั่วชนิดหนึ่งที่นิยมนำมาบริโภคโดยผ่านการแปรรูปด้วยการทอดแล้วทำการปรุงแต่งรสชาติตามต้องการ การแปรรูปถั่วแปจีโดยการทอดนั้นจะต้องนำถั่วไปกะเทาะเอาเปลือกหุ้มเมล็ดออกก่อนแล้วจึงนำมาทอด ซึ่งถั่วชนิดนี้มีเปลือกที่แข็งมาก ซึ่งยากต่อการเอาเปลือกออก ปัจจุบันโรงงานที่แปรรูปถั่วชนิดนี้จะมีขั้นตอนการเอาเปลือกออกโดยนำเมล็ดถั่วไปแช่น้ำประมาณ 3-4 ชั่วโมง เพื่อให้เปลือกหุ้มเมล็ดนุ่มและยุ่ย หลังจากนั้นแกะเอาเปลือกออกโดยใช้มือแกะทีละเมล็ด ทำให้เสียเวลาในการเอาเปลือกออก ต้องใช้แรงงานจำนวนมาก มีค่าใช้จ่ายในการจ้างแรงงานสูง และได้อัตราการผลิตที่ต่ำเมื่อใช้แรงงานคนแกะเปลือก

จากปัญหาดังกล่าว จึงมีแนวคิดที่จะออกแบบและสร้างเครื่องกะเทาะเปลือกถั่วแปจีขึ้นมา เพื่อให้สามารถกะเทาะเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วออกมาจากเนื้อได้ เกิดผลเสียหายกับเนื้อเมล็ดถั่วน้อยที่สุด สามารถผลิตได้ตามความต้องการในแต่ละวัน โดยที่ไม่จำเป็นต้องจ้างแรงงานเพิ่ม ทำให้ช่วยลดค่าใช้จ่ายที่เกิดจากการจ้างแรงงานสำหรับการเอาเปลือกหุ้มเมล็ดออก

## 1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

1. เพื่อศึกษาลักษณะทางกายภาพของเมล็ดถั่วแปจี
2. เพื่อออกแบบและสร้างเครื่องกะเทาะเปลือกถั่วแปจี

## 1.3 ขอบข่ายของโครงงาน

ขอบข่ายของโครงงานนี้คือ การศึกษา ออกแบบ และสร้างเครื่องให้สามารถกะเทาะเปลือกถั่วแปจีได้

**1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน**

1. ศึกษาลักษณะทางกายภาพของถั่วแปจี เพื่อเป็นข้อมูลเบื้องต้น ในการออกแบบเครื่องกะเทาะเปลือก
2. ศึกษาเครื่องมือกะเทาะเปลือกที่มีอยู่ในปัจจุบันและทำการกะเทาะเปลือกถั่วแปจีเบื้องต้น เพื่อหาแนวทางที่เป็นไปได้ในการสร้างเครื่องกะเทาะเปลือกถั่วแปจี
3. ออกแบบและสร้างเครื่องกะเทาะเปลือกถั่วแปจีขนาดเล็ก เพื่อเป็นเครื่องต้นแบบ ในการศึกษาปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อประสิทธิภาพในการกะเทาะเปลือก
4. ทดลองกะเทาะเปลือกถั่วกับเครื่องต้นแบบ โดยใช้เมล็ดถั่วแปจีที่แช่น้ำไว้ในระยะเวลาที่แตกต่างกัน เพื่อประเมินความสามารถในการกะเทาะออกของเปลือกถั่ว ของเครื่องกะเทาะต้นแบบ โดยเก็บข้อมูลดังนี้
    1) ความเร็วรอบที่ใช้
    2) ระยะห่างระหว่างลูกกลิ้งทั้งสอง (Clearance)
    3) ชนิดพื้นผิวของลูกกลิ้งที่ใช้
    4) จำนวนระยะเวลาในการแช่ถั่วแปจี
    5) ความสามารถในการกะเทาะเปลือกของเครื่องกะเทาะเปลือก
    6) ปริมาณความเสียหายที่เกิดขึ้นกับเนื้อของถั่วที่กะเทาะออกได้
    7) ปริมาณของถั่วที่ได้เมื่อเทียบกับเวลา
5. ปรับปรุงและแก้ไขเครื่องกะเทาะเปลือกถั่วแปจีต้นแบบ
6. ทดสอบประสิทธิภาพและประเมินผล
7. วิเคราะห์ข้อมูลและเขียนรายงาน

**1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ**

1. ได้ลักษณะทางกายภาพของถั่วแปจี
2. ได้เครื่องกะเทาะเปลือกถั่วแปจีต้นแบบ ที่สามารถกะเทาะเอาเปลือกหุ้มเมล็ดออกจากเนื้อของเมล็ดถั่วได้
3. เครื่องกะเทาะเปลือกถั่วแปจีต้นแบบ สามารถพัฒนาและปรับปรุงให้สามารถกะเทาะเปลือกถั่วชนิดอื่นที่มีลักษณะทางกายภาพใกล้เคียงกันได้

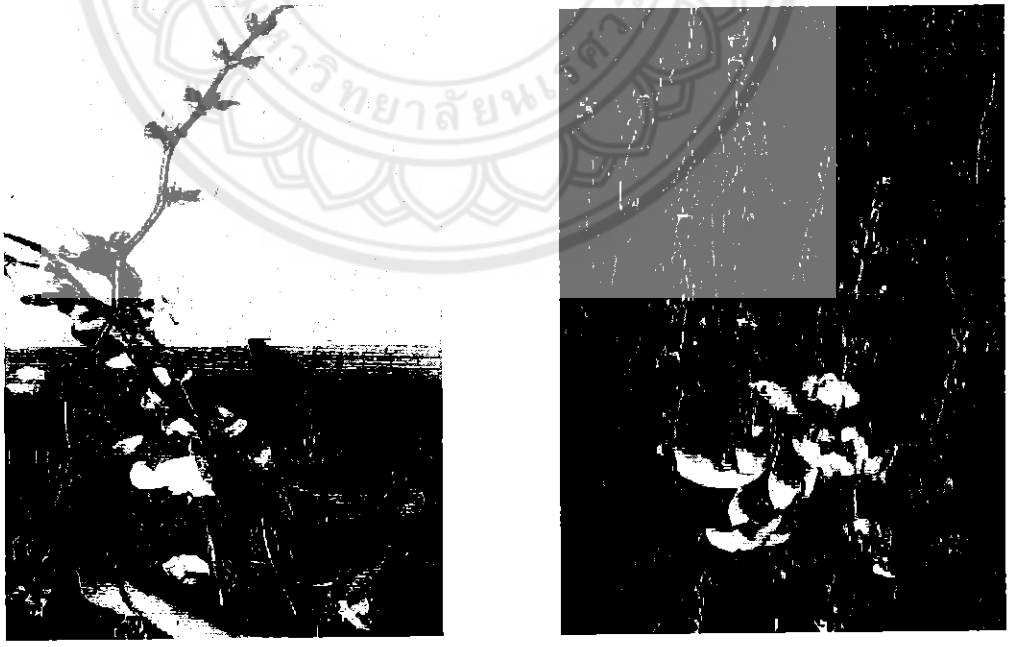
**1.6 แผนการดำเนินงานตลอดโครงงาน**

| กิจกรรม | พ.ศ. 2548 | | | | | | พ.ศ. 2549 | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | พ.ย. | ธ.ค. | ม.ค. | ก.พ. | มี.ค. | เม.ย. | พ.ค. | มิ.ย. | ก.ค. | ส.ค. | ก.ย. |
| 1. ศึกษาลักษณะทางกายภาพของถั่วแปจี | | | | | | | | | | | |
| 2. ศึกษาเครื่องกะเทาะที่มีในปัจจุบันและทำการกะเทาะถั่วแปจีเบื้องต้น | | | | | | | | | | | |
| 3. ออกแบบและสร้างเครื่องกะเทาะเปลือกถั่วแปจีต้นแบบ | | | | | | | | | | | |
| 4.ทดลงกะเทาะเปลือกถั่วแปจีกับเครื่องต้นแบบ | | | | | | | | | | | |
| 5. ปรับปรุงและแก้ไขเครื่องกะเทาะเปลือกถั่วแปจีต้นแบบ | | | | | | | | | | | |
| 6. ทดสอบและประเมินผล | | | | | | | | | | | |
| 7. วิเคราะห์ข้อมูลและเขียนรายงาน | | | | | | | | | | | |

# บทที่ 2
# หลักการและทฤษฎี

## 2.1 ลักษณะโดยทั่วไปของเมล็ดถั่วแปจี

เมล็ดถั่วแปจี หรือ เรียกอีกอย่างหนึ่งว่า เมล็ดถั่วแปยี มีชื่อทางพฤษศาสตร์ว่า *Phaseolus limatus*. เป็นไม้ล้มลุกมีถิ่นกำเนิดในเขตร้อน ทนแล้งได้ดี เป็นพืชคลุมดิน ช่วยป้องกันการพังทลายของหน้าดินและรักษาความชื้นของดินได้ดี ชอบดินร่วนซุย ปลูกมากในภาคเหนือ จะปลูกในช่วงเดือนกรกฎาคม – เดือนพฤศจิกายน อายุเก็บเกี่ยว 90 - 120 วัน ออกดอกเป็นช่อยาว มีทั้งสีขาวและสีม่วง สีขาวเป็นดอกตัวเมีย จะติดฝักประมาณ 10 – 15 ฝักต่อช่อ สีม่วงเป็นดอกตัวผู้ จะติดฝักประมาณ 3 – 5 ฝักต่อช่อหรือไม่ติดฝักเลย แต่ละฝักมีประมาณ 4 – 5 เมล็ด ฝักมีลักษณะแบน เมล็ดถั่วแปจีมีรูปร่างกลมรี คล้ายเมล็ดถั่วเหลือง แต่แบนและใหญ่กว่า มีผิวเรียบเนียน มีจุดสีขาวที่ด้านข้างสำหรับการแตกตาหรืองอกของเมล็ด ซึ่งมีความยาวประมาณครึ่งหนึ่งของเมล็ด ในหนึ่งเมล็ดมี 2 ส่วนคือเปลือกและเมล็ดในซึ่งแยกออกเป็น 2 ซีกได้ ผิวมีสีเดียวกับเปลือกคือ สีไข่ เปลือกมีลักษณะบางและแข็งหุ้มเมล็ดในแบบแนบสนิท โดยมีปริมาณเปลือกและเมล็ดเนื้อในโดยเฉลี่ยเท่ากับ 15.6 และ 84.4 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ตามลำดับ



(ก.) ดอกและการติดฝักของต้นตัวเมีย (ข.) ดอกและการติดฝักของต้นตัวผู้

รูปที่ 2.1 ลักษณะดอกและการติดฝักของถั่วแปจี

(ก.) เมล็ดถั่วแปจีแห้ง

(ข.) เนื้อถั่วแปจี

(ค.)เปลือกถั่วแปจี

รูปที่ 2.2 เมล็ดถั่วแปจีแห้งและส่วนประกอบ

ส่วนที่นำมาบริโภคหรือใช้ประโยชน์ คือ ส่วนของเมล็ดใน ได้มาจากการกะเทาะเปลือก โดยการนำเมล็ดไปแช่ในน้ำให้นุ่มและยุ่ยก่อน จึงสามารถกะเทาะเอาเปลือกออกได้หรือแล้วแต่รูปแบบของการแปรรูป นำไปแปรรูปด้วยการทอด(ถั่วแปจ่อ) หรือคั่ว(ถั่วแปหล่อ) เมื่อนำมาเคี้ยวจะมัน หอมและอร่อย รสชาติคล้ายถั่วเหลือง

ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการแปรรูปเมล็ดถั่วแปจีนั้นมีหลายชนิด ซึ่งมีชื่อเรียกและความหมายที่หลากหลาย โดยชื่อที่เรียกนั้นเป็นภาษาท้องถิ่นทางภาคเหนือของประเทศไทย เพื่อให้เกิดความเข้าใจตรงกันในการเรียกชื่อผลิตภัณฑ์ จึงได้อธิบายชื่อและความหมายไว้ดังต่อไปนี้

แป แปลว่า ถั่ว

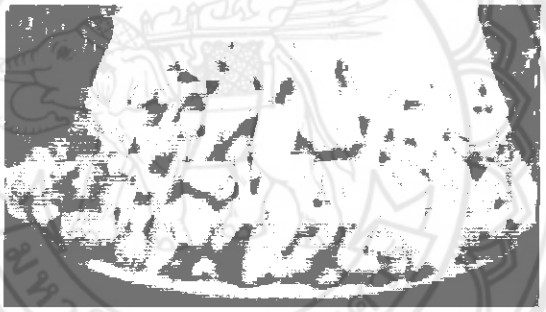
จี แปลว่า ใหญ่

หล่อ แปลว่า คั่ว

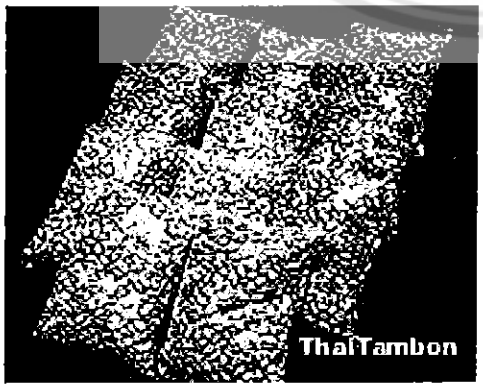
จ่อ แปลว่า ทอด

ดังนั้นเมื่อนำมารวมกันจะได้ชื่อและความหมายดังต่อไปนี้

1. แปจี คือ เมล็ดถั่วแห้งและดิบที่ยังไม่ได้ผ่านกรรมวิธีการแปรรูปใด ๆ ทั้งสิ้น บางที่อาจเรียกว่า แปยี
2. แปหล่อ คือ เมล็ดแปจีแห้งและดิบที่ผ่านกรรมวิธีการแปรรูปโดยการคั่วทั้งเมล็ดและปรุงแต่งรส ให้สามารถรับประทานได้
3. แปจ่อเหลือง คือ เมล็ดถั่วแปจีแห้งและดิบที่ผ่านกรรมวิธีการแปรรูปโดยการทอด ซึ่งเมล็ดดิบนั้นจะต้องแยกเอาเปลือกด้านนอกออกก่อน จึงนำไปทอดให้มีสีเหลืองทองและปรุงรสให้สามารถรับประทานได้
4. แปจ่อเขียว คือ เมล็ดถั่วแปจีสดที่ได้มาจากฝักสดของถั่วแปจี ซึ่งจะต้องนำมาแกะเปลือกเพื่อเอาเมล็ดสดด้านใน แล้วนำไปทอด และปรุงรสให้สามารถรับประทานได้



(ก.)เมล็ดถั่วแปจีที่ผ่านการทอด




(ข.)ผลิตภัณฑ์เมล็ดถั่วแปหล่อ

(ค.) ผลิตภัณฑ์เมล็ดถั่วแปจ่อ

รูปที่ 2.3 ผลิตภัณฑ์ของถั่วแปจี

**2.2 การกะเทาะเปลือก**

**วิธีการกะเทาะเปลือกในปัจจุบันที่นิยมใช้กันมีอยู่ 5 วิธี คือ**

**2.2.1 กะเทาะโดยอาศัยผลต่างของความเร็วลม** ซึ่งข้าวเปลือกหรือเมล็ดพืช จะวิ่งมาด้วยความเร็วสูงพร้อมลมความเร็วสูง และถูกหน่วงให้ลดความเร็วลมลงอย่างรวดเร็ว ผลที่ได้คือผลต่างของความดัน ซึ่งตัวนี้จะเป็นตัวทำให้เปลือกกะเทาะออก หลักการนี้เป็นหลักการที่คิดค้นขึ้นใหม่

**ข้อดีคือ**

**1. เมล็ดพืชจะไม่ได้รับอันตราย (แตกหัก) เลย**

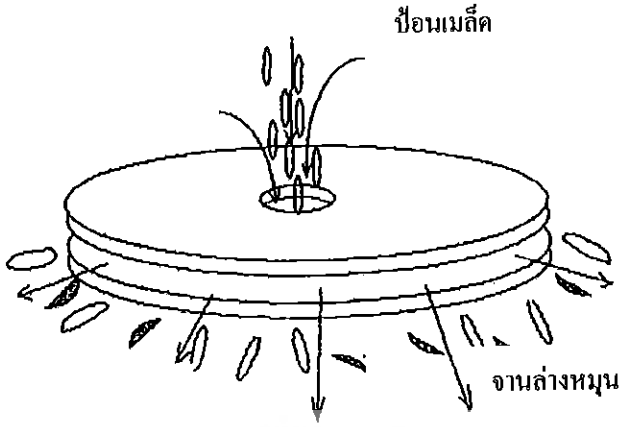
ข้อเสียคือ

1. การสร้างต้องใช้เทคโนโลยีในการออกแบบสร้างสูง
2. หลักการค่อนข้างยุ่งยากต่อการเข้าใจ

รูปที่ 2.4 หลักการกะเทาะโดยใช้ผลต่างความเร็ว

ที่มา : เครื่องกะเทาะแบบใช้ไฟฟ้า, ประพันธ์ ศิริพลับพลา

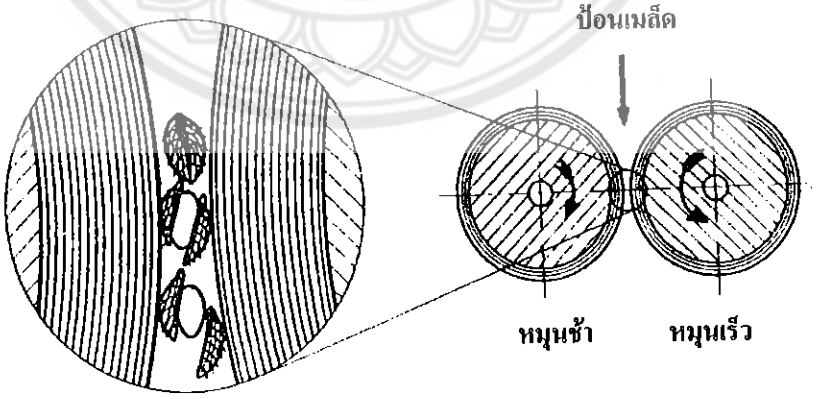
**2.2.2 กะเทาะโดยใช้จานกลมหมุน** จานบนซึ่งมีรูอยู่ตรงกลางจะถูกยึดไว้และจานล่างจะหมุนด้วยความเร็วค่าหนึ่ง เมล็ดจะถูกป้อนเข้าตรงรูของจานบนแล้วถูกแรงหนีศูนย์กลางเหวี่ยงเข้าไปในระยะห่างของจานทั้งสอง และจะถูกเบียดให้ทำการกะเทาะเปลือกออกมา ซึ่งวิธีนี้การสร้างให้มีขนาดเล็กจะยุ่งยากมาก




รูปที่ 2.5 หลักการกะเทาะโดยใช้จานกลมหมุน

ที่มา : เครื่องกะเทาะแบบใช้ไฟฟ้า, ประพันธ์ ศิริพลับพลา

**2.2.3 การกะเทาะโดยใช้ลูกกลิ้ง 2 ลูก (Double rollers)** โดยให้ลูกกลิ้งทั้งสองมีความเร็วต่างกัน ลูกหนึ่งช้า ลูกหนึ่งเร็ว ข้าวจะถูกปล่อยให้ลงมาตรงกลางระหว่างลูกกลิ้งทั้งสองและจะถูกเบียดให้กะเทาะเปลือกและถูกเบียดไปพร้อมกับการเฉือนให้เปลือกหลุดออก ระยะห่างระหว่างลูกกลิ้งทั้งสองสามารถปรับได้เพื่อให้เหมาะสมกับขนาดเมล็ด




รูปที่ 2.6 หลักการกะเทาะโดยใช้ลูกกลิ้งความเร็วต่างกัน

ที่มา : Rice milling equipment operation and maintenance, 1974

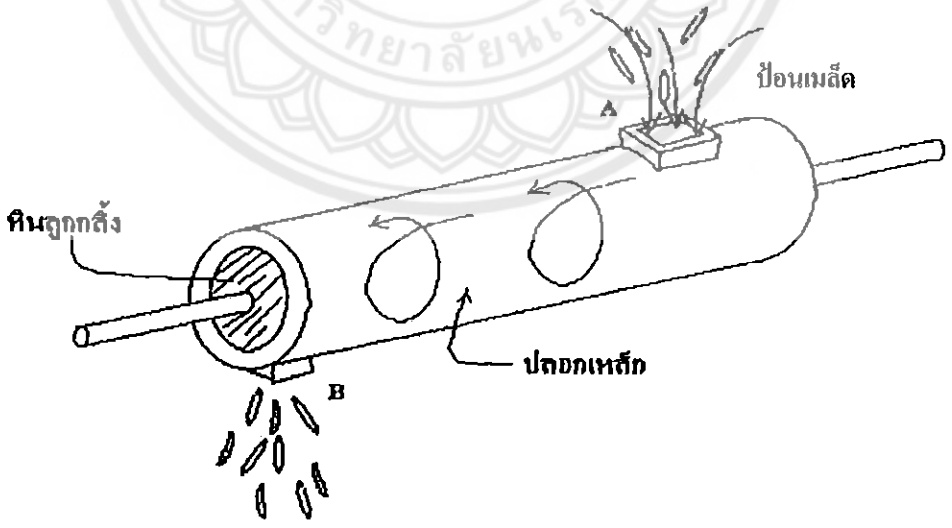
**ข้อดี คือ**

1. ลดความเสียหายที่เกิดขึ้นกับเมล็ดโดยลักษณะของแนวแรงเป็นแรงดึงมากกว่าแรงกด
2. ลดความเสียหายที่เกิดขึ้นระหว่างเมล็ดกับลูกกลิ้งเพราะระยะห่างระหว่างลูกกลิ้งทั้งสองถูกปรับและควบคุมด้วยสกรูและสปริง
3. ลักษณะของผิวเมล็ดที่ได้ออกมามีรอยขีดข่วนน้อยกว่า

**ข้อเสีย คือ**

1. ลูกกลิ้งมีการสึกหลอและเสื่อมคุณภาพบริเวณผิวสัมผัสสูง
2. วัสดุที่ใช้ในการผลิตลูกกลิ้ง บริเวณผิวเป็นวัสดุชนิดพิเศษ ต้องมีความเหนียวและยืดตัวได้ดี จะส่งผลต่อกระบวนการผลิตและราคาที่สูง
3. ถ้าผิวของลูกกลิ้งมีคุณสมบัติไม่สม่ำเสมอกันทำให้เมล็ดที่กะเทาะเกิดความเสียหาย

**2.2.4 การกะเทาะโดยใช้ลูกกลิ้งหมุนในปลอกเหล็ก** เมล็ดจะถูกใส่เข้าไปในทางช่อง A แล้วถูกเหวี่ยงให้หมุนมาทางช่อง B ซึ่งตามระยะทางเมล็ดจะถูกเบียดเข้ากับปลอกเหล็กโดยหินลูกกลิ้งทำให้เกิดการกะเทาะเปลือกขึ้น

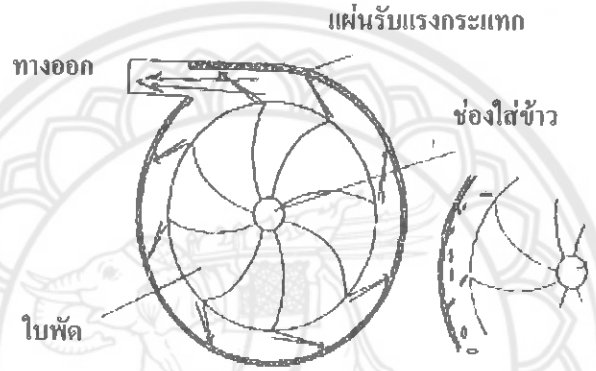



รูปที่ 2.7 หลักการกะเทาะโดยใช้ลูกกลิ้งหมุนในปลอกเหล็ก
ที่มา : เครื่องกะเทาะแบบใช้ไฟฟ้า, ประพันธ์ ศิริพลับพลา

**2.2.5 เครื่องกะเทาะแบบแรงเหวี่ยง** เป็นเครื่องที่ใช้แรงเหวี่ยงจากจานหมุนให้เมล็ดไปกระทบผนังยาง ใช้กันแพร่หลายในญี่ปุ่นและอินโดนีเซีย

ข้อดีคือ

1. ราคาถูก
2. ใช้งานง่ายไม่ยุ่งยาก
3. ผู้ใช้ไม่ต้องมีความชำนาญมาก




รูปที่ 2.8 หลักการกะเทาะโดยใช้แรงเหวี่ยงกระทบ
ที่มา : เครื่องกะเทาะแบบใช้ไฟฟ้า, ประพันธ์ ศิริพลับพลา

ส่วนสึกหรอ คือ แผ่นยางที่ติดฝาผนัง และจานหมุน ซึ่งสามารถหาหรือทำได้ง่าย เพราะไม่ต้องทำชิ้นส่วนพิเศษแต่อย่างใด

**2.3 สาเหตุที่เลือกใช้เครื่องกะเทาะแบบใช้ลูกกลิ้ง 2 ลูก (Double rollers)**

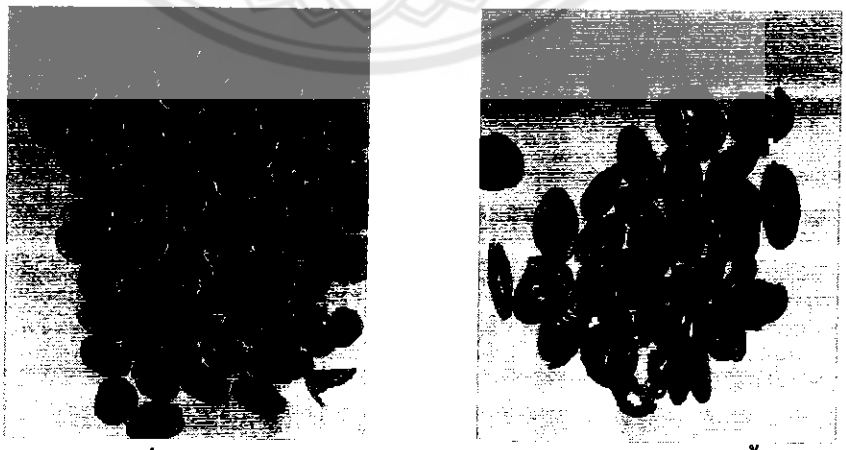
จากการศึกษาและทดลองเบื้องต้นกับเครื่องกะเทาะที่มีอยู่ในปัจจุบันและเครื่องอื่นๆ ที่เป็นไปได้ ซึ่งได้ทดลองดังต่อไปนี้

**1. ทดลองกับเครื่องกะเทาะข้าวเปลือกแบบแรงเหวี่ยง (Centrifugal)** โดยใช้ทั้งเมล็ดถั่วแปจีแห้งและเมล็ดที่แช่น้ำ ผลที่ได้จากการใช้เมล็ดแห้งคือ เมล็ดถั่วแปจีไม่มีการกะเทาะเปลือกออกเลย ส่วนผลที่ได้จากการใช้เมล็ดที่แช่น้ำคือ เมล็ดจะแตกและเละมาก

**2. ทดลองกะเทาะกับเครื่องกะเทาะข้าวเปลือกแบบใช้ลูกกลิ้ง 2 ลูก (Double rollers)** ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา จ.พิษณุโลก ดังรูปที่ 2.9 ผลจากการทดลองกะเทาะ โดย

ใช้เมล็ดถั่วแปจีแห้งและเมล็ดที่แช่น้ำ และปรับระยะห่างระหว่างลูกกลิ้งให้เหมาะสม พบว่าเมล็ดถั่วแปจีแห้งไม่มีการกะเทาะออกของเปลือก แต่มีเมล็ดที่แตกเล็กน้อย ส่วนเมล็ดที่แช่น้ำมีการหลุดออกเปลือกและเนื้อแยกออกจากกัน แต่ไม่ทุกเมล็ดและมีเมล็ดที่แตกเล็กน้อย ดังรูปที่ 2.10

รูปที่ 2.9 เครื่องกะเทาะ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา จ.พิษณุโลก



(ก.)เมล็ดแปจีแห้ง (ข.)เมล็ดแปจีแช่น้ำ

รูปที่ 2.10 ผลการทดลองกะเทาะกับเครื่องกะเทาะข้าวเปลือก

**3. ทดลองโดยการปั่นกับเครื่องซักผ้า** จากการทดลองพบว่า ไม่มีเปลือกหลุดออกจากเมล็ด ดังรูปที่ 2.11

(ก.) แสดงการปั่นกับเครื่องซักผ้า (ข.) ผลที่ได้จากการปั่นกับเครื่องซักผ้า

รูปที่ 2.11 ผลที่ได้จากการปั่นด้วยเครื่องซักผ้า

4. ทดลองโดยใช้สก๊อตไบรท์ เพื่อทดลองหาผิวที่เหมาะสมในการกะเทาะ เมื่อทดลองกับผิวของสก๊อตไบรท์มีลักษณะที่นุ่มและสาก พบว่าผิวลักษณะนี้เหมาะกับเมล็ดที่แช่น้ำ เนื่องจากการเฉือนเปลือก ไม่ทำให้เนื้อที่ได้เกิดการแตกหรือหัก ดังรูปที่ 2.12

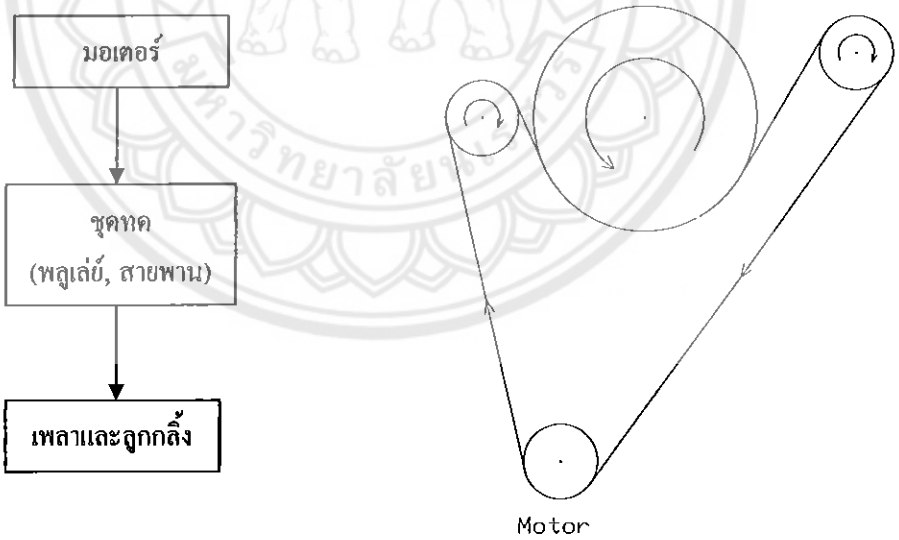
รูปที่ 2.12 ผลที่ได้จากการใช้สก๊อตไบรท์

จากการศึกษาและทดลองเบื้องต้น พบว่าการใช้เครื่องกะเทาะแบบใช้ลูกกลิ้ง 2 ลูก (Double rollers) มีแนวทางที่เป็นไปได้มากกว่าแบบอื่น เพราะการกะเทาะแบบนี้มีลักษณะที่ใช้แรงบีบและแรงเฉือน ซึ่งปัจจัยที่จะส่งผลต่อการหลุดออกของเปลือกเมล็ดถั่วแปจีเมื่อใช้เครื่องชนิดนี้ คือ

1. ความเร็วรอบที่แตกต่างกันของลูกกลิ้งทั้งสอง
2. ลักษณะพื้นผิวของลูกกลิ้งควรมีลักษณะนิ่มเล็กน้อย เพื่อให้เมล็ดถั่วแปจียุบเข้าไปในผิวของลูกกลิ้ง เป็นการเพิ่มพื้นที่ผิวสัมผัสระหว่างเมล็ดแปจีกับผิวลูกกลิ้ง จึงทำให้เกิดแรงบีบและแรงเฉือนมากขึ้น
3. ขนาดของลูกกลิ้งควรมีพื้นผิวสัมผัสมากพอกับผิวของเมล็ดถั่วแปจี
4. ระยะห่างระหว่างลูกกลิ้ง ควรเหมาะสมกับความหนาของเมล็ดถั่วแปจี เพื่อให้เกิดการบีบและเฉือนเปลือกมากที่สุดและเกิดผลเสียหายกับเนื้อเมล็ดถั่วแปจีน้อยที่สุด
5. ระยะเวลาแช่เมล็ดถั่วแปจีที่เหมาะสม เมื่อกะเทาะ เปลือกต้องหลุดออกและได้เนื้อที่เกิดผลเสียหายน้อยที่สุด

**2.4 หลักการทำงาน ของเครื่องกะเทาะเปลือกเมล็ดถั่วแปจี**

การทำงานของเครื่องโดยเริ่มจาก มอเตอร์ส่งกำลังไปยังชุดอัตราทดซึ่งประกอบด้วย พูลเล่ย์ 4 ตัวและสายพาน เพื่อที่จะใช้ในการกลับทิศทางการหมุนและบังคับให้ความเร็วรอบของลูกกลิ้งต่างกัน




รูปที่ 2.13 แสดงหลักการทำงานของเครื่องและลักษณะการทำงานของสายพาน

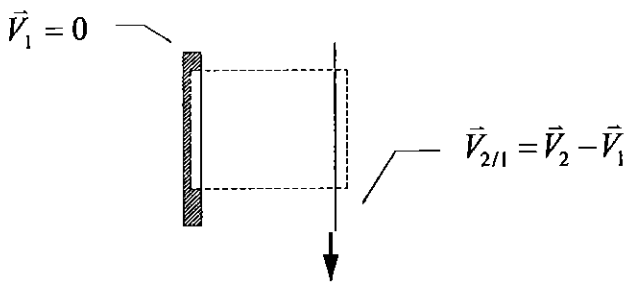
หลักการทำงานของเครื่องกะเทาะเปลือกแบบใช้ลูกกลิ้งสองลูก (Double rollers) คือ ลูกกลิ้งสองลูกที่มีลักษณะเป็นทรงกระบอกตันมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากัน หมุนในทิศทาง

ตรงกันข้าม แกนกลางของลูกกลิ้งเป็นแท่งเหล็กยาวและมีผิวหน้าของลูกกลิ้งทำจากวัสดุที่เหมาะสมต่อการกะเทาะเปลือกสำหรับพืชแต่ละชนิด

ลูกกลิ้ง 2 ลูก วางขนานกันในแนวระดับโดยให้มีระยะห่างระหว่างลูกกลิ้งทั้งสอง ซึ่งระยะห่างดังกล่าวสามารถปรับค่าได้ ลูกกลิ้งทั้งสองจะหมุนในทิศทางตรงกันข้ามด้วยความเร็วรอบที่แตกต่างกันโดยการใช้อัตราทดของพลูเล่ย์ที่แตกต่างกัน เนื่องจากระยะห่างระหว่างลูกกลิ้งทั้งสองมีขนาดเล็กกว่าขนาดของเมล็ดถั่วแปจีเล็กน้อย ดังนั้น เมื่อเมล็ดถั่วแปจีเข้ามาอยู่ระหว่างลูกกลิ้งที่กำลังหมุนอยู่ เมล็ดถั่วแปจีจะถูกบีบด้วยลูกกลิ้งและเกิดแรงเสียดทานระหว่างผิวของลูกกลิ้งกับเมล็ดถั่วแปจี ทำให้เกิดแรงเฉือนเป็นผลให้เปลือกหุ้มเมล็ดถั่วแปจีฉีกขาด หลักการทำงานของเครื่องกะเทาะเปลือกแบบใช้ลูกกลิ้งสองลูก แสดงดังรูปที่ 2.14

รูปที่ 2.14 แสดงหลักการทำงานของเครื่องกะเทาะเปลือกแบบใช้ลูกกลิ้งสองลูก

จากรูปที่ 2.14 เมื่อพิจารณาที่ผิวของลูกกลิ้งทั้งสองลูกจะพบว่า ความเร็วที่ผิวของลูกกลิ้งลูกที่เทียบกับ ความเร็วของผิวลูกกลิ้งลูกที่ 1 มีค่าเท่ากับ $\vec{V}_2 - \vec{V}_1$ ดังรูปที่ 2.15




รูปที่ 2.15 แสดงความเร็วสัมพัทธ์ของลูกกลิ้งลูกที่ 1 และ 2

เมื่อเกิดความเร็วที่ผิวด้านใดด้านหนึ่งของเมล็ดถั่วแปจี จะทำให้เกิดแรงเฉือนระหว่างเมล็ดถั่วแปจีกับผิวของลูกกลิ้งลูกที่ 2 แรงเฉือนจะทำให้เปลือกหุ้มเมล็ดถั่วแปจีหลุดออกและผ่านช่องว่างระหว่างเมล็ดลงไป

# บทที่ 3
# วิธีการดำเนินโครงการและการออกแบบ

การดำเนินโครงการนี้มีส่วนหลัก ๆ 2 ส่วนตามวัตถุประสงค์ของโครงการคือ การศึกษาลักษณะทางกายภาพของเมล็ดถั่วแปจี และการออกแบบและสร้างเครื่องกะเทาะเปลือกเมล็ดถั่วแปจี ซึ่งทั้ง 2 ส่วนนี้ต้องอาศัยข้อมูลที่ดีและถูกต้อง เพื่อศึกษาให้ได้ตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ ดังนั้นจึงต้องสำรวจและรวบรวมข้อมูลเบื้องต้น ข้อมูลและวิธีดำเนินงานตลอดโครงการแสดงดังต่อไปนี้

## 3.1 การสำรวจและรวบรวมข้อมูล

### 3.1.1 การเยี่ยมชมโรงงานการแปรรูปเมล็ดถั่วแปจี

การเยี่ยมชมโรงงานนี้มีจุดประสงค์เพื่อต้องการทราบข้อมูลเบื้องต้น การแปรรูปและการผลิตเมล็ดถั่วแปจีในปัจจุบัน

จากการเยี่ยมชมโรงงาน ร้านอนันต์ธนา อ.แม่สอด จ.ตาก เป็นโรงงานที่ประกอบธุรกิจถั่วทอด ทางโรงงานได้ประกอบธุรกิจนี้มานาน 25 ปี มีผลิตภัณฑ์ที่ทางโรงงานผลิตออกมา ได้แก่ ถั่วปากอ้าทอด ถั่วลันเตาทอด ถั่วทองหรือถั่วเขียวแกะเปลือกทอด ถั่วหัวช้างทอด ถั่วแปจ่อเหลือง (เมล็ดถั่วแปจีกะเทาะเปลือกแล้วนำไปทอด) ถั่วแปจ่อเขียว(เมล็ดอ่อนจากฝักถั่วแปจีสดทอด) และถั่วแปหล่อ(เมล็ดถั่วแปจีดั่วทั้งเปลือก) รวมอัตราการผลิตสูงสุด 1,080 กิโลกรัมต่อวัน กำลังการผลิตที่ดำเนินการอยู่เป็นประจำคือ 500 – 800 กิโลกรัมต่อวัน ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 46 – 74 ของอัตราการผลิตสูงสุด เมล็ดถั่วแปจีแห้งนั้นซื้อมาจากประเทศจีน ฟินแลนด์ นิวซีแลนด์ พม่าและประเทศไทย เมล็ดถั่วแปจีในประเทศส่วนใหญ่ซื้อมาจาก อ.เชียงดาว และ อ.ฝาง จ.เชียงใหม่, จ.แม่ฮ่องสอน, จ.ลำพูนและที่ อ.แม่สอด จ.ตาก ส่วนใหญ่ซื้อเมล็ดถั่วแปจีภายในประเทศ ในราคากิโลกรัมละ 22 บาท ถ้าภายในประเทศขาดแคลน จะนำเข้าจากประเทศพม่า แต่ไม่เป็นที่นิยม เนื่องจากเมล็ดถั่วแปจีนั้นไม่สะอาดและมีสิ่งเจือปนสูงมาก เมื่อเมล็ดถั่วแปจีผ่านการแปรรูปหรือกรรมวิธีต่าง ๆ แล้ว จะนำไปบรรจุถุง ๆ ละ 5 – 10 กิโลกรัม เพื่อส่งขายตามสถานที่ต่าง ๆ โดยขายในราคากิโลกรัมละ 35 บาท

กรรมวิธีการแปรรูปเมล็ดถั่วแปจีเป็นถั่วแปจ่อเหลือง มีดังนี้คือ

1. สั่งวัตถุดิบ(เมล็ดถั่วแปจีแห้ง)
2. นำเมล็ดถั่วแปจีล้างน้ำ 3 รอบเพื่อทำความสะอาด
3. แช่เมล็ดถั่วแปจีในน้ำสะอาด 3 – 4 ชั่วโมง เพื่อให้เปลือกนุ่มและยุ่ย

4. กะเทาะเปลือก โดยใช้แรงงานคน บีบด้วยมือทีละเมล็ด เพื่อแยกเปลือกและเนื้อถั่วแปจีให้แยกออกจากกัน อัตราค่าจ้างแรงงานในการกะเทาะเปลือกเมล็ดถั่วแปจีที่แช่น้ำแล้ว 1 ถัง (15 กิโลกรัม) ราคาจ้าง 50 บาท ปกติกะเทาะได้วันละ 1 ถังต่อคน
5. นำเนื้อเมล็ดถั่วแปจีที่ได้ไปแช่น้ำอีกประมาณ 3 ชั่วโมง เพื่อให้เมล็ดพองตัว
6. นำเนื้อเมล็ดถั่วแปจีขึ้นจากน้ำ เพื่อแล้วรอให้สะเด็ดน้ำ
7. ทอดในน้ำมันร้อน ๆ 3 นาที โดยทอดในกระทะใบบัว(กระทะใบใหญ่) และใช้น้ำมันบัวสำหรับทอด ใช้ซังข้าวโพดและฟืนไม้ เป็นเชื้อเพลิง เมื่อทอดเสร็จแล้วเรียกว่า ถั่วแปจ่อเหลือง
8. คัดแยกเมล็ดถั่วแปจ่อเหลืองส่วนที่สมบูรณ์และแตกออกจากกัน เพื่อให้ขายได้ราคาสูงขึ้น
9. บรรจุใส่ถุง ๆ ละ 5 – 10 กิโลกรัม เพื่อเตรียมส่งขาย

รูปที่ 3.1 เมล็ดถั่วแปจ่อเหลืองที่ได้จากการแปรรูป

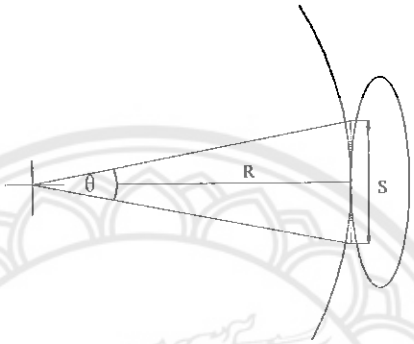
**3.2 การออกแบบและการคำนวณ**

ในการออกแบบเครื่องกะเทาะเมล็ดถั่วแปจี สิ่งที่ต้องคำนึงถึงคือส่วนประกอบหลักของเครื่องกะเทาะ ซึ่งก็คือ ขนาดลูกกลิ้ง และต้องคำนึงถึงปัจจัยอื่น ๆ ที่ส่งผลต่อการกะเทาะดังต่อไปนี้

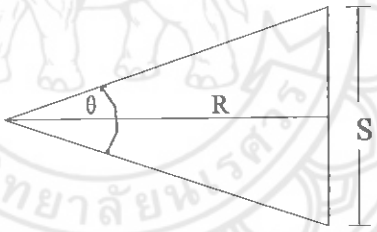
1) ความเร็วรอบ
2) พื้นผิวของลูกกลิ้ง
3) ขนาดของเมล็ดถั่วแปจีซึ่งขึ้นอยู่กับเวลาที่แช่น้ำ

การออกแบบลูกกลิ้งกะเทาะเปลือกนั้น ตัวของลูกกลิ้งประกอบไปด้วย 2 ส่วน คือ ส่วนที่เป็นโลหะที่ใช้สำหรับยึดตัวลูกกลิ้งกับเพลาและผิวของลูกกลิ้ง ในการออกแบบขนาดของลูกกลิ้งให้เหมาะสมนั้น ต้องคำนึงถึงขนาดของเมล็ดถั่วแปจีที่ผิวสัมผัสกับผิวของลูกกลิ้งที่ใช้สำหรับการเฉือนเปลือกเมล็ดถั่วแปจีออกจากเนื้อถั่วแปจีและไม่ทำให้เมล็ดเสียหาย

การคำนวณหาขนาดของลูกกลิ้งสามารถคำนวณได้จาก




รูปที่ 3.2 แสดงลักษณะการกดลงบนผิวลูกกลิ้งของเมล็ดถั่วแปจี




รูปที่ 3.3 แสดงการคำนวณหาขนาดของลูกกลิ้ง

กำหนดให้ระยะที่ผิวลูกกลิ้งสัมผัสกับเมล็ดถั่วแปจีเป็นเส้นตรง ดังรูปที่ 3.3
สมการที่ใช้ในการคำนวณ คือ

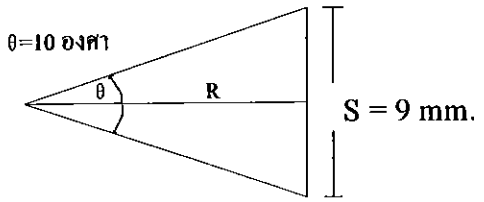
$$\tan\left(\frac{\theta}{2}\right)=\frac{\frac{S}{2}}{R} \qquad (3.1)$$

$S$ = ความสูงเฉลี่ยทางกายภาพของเมล็ดถั่วที่สัมผัสลูกกลิ้ง $(mm)$

$R$ = รัศมีของลูกกลิ้ง $(mm)$

$\theta$ = มุมของผิวเมล็ดถั่วที่ถูกลูกกลิ้งสัมผัส (องศา)

การคำนวณหาขนาดลูกกลิ้ง




กำหนดให้ ความสูงเฉลี่ยทางกายภาพของเมล็ดถั่วแปจีที่ถูกสัมผัสคือ 50 % ของความสูงทางกายภาพ โดยความสูงเฉลี่ยมากที่สุดที่เวลาการแช่ 5 ชั่วโมงเท่ากับ 17.01 mm. ดังนั้นจึงเผื่อความสูงเฉลี่ยเป็น 18 mm. จะได้ $S = 0.5 \times 18 = 9\ mm$.

ตารางที่ 3.1 ขนาดลูกกลิ้งที่มุมต่างๆ

| Θ(องศา) | 6 | 8 | 10 | 12 | 14 | 16 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| เส้นผ่านศูนย์กลาง (มม.) | 171.7 | 128.7 | 102.9 | 85.6 | 73.3 | 64.0 |

จากจากตารางที่ 3.1 เลือกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของลูกกลิ้งที่คำนวณได้ คือ 102.9 *mm*. เมื่อเทียบกับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของลูกกลิ้งสีข้าวที่มีอยู่ในปัจจุบัน คือ ขนาด 4, 6, 8, 10 และ 12 นิ้ว ดังนั้นจึงเลือกใช้ลูกกลิ้งขนาดใกล้เคียงกับขนาดที่คำนวณได้ คือ 4 นิ้ว หรือ 101.6 *mm* มาทำการดัดแปลงโดยการหุ้มพื้นผิวด้วยวัสดุต่างๆ เพื่อใช้ในการกะเทาะเมล็ดถั่วแปจี

**3.3 ศึกษาลักษณะทางกายภาพของเมล็ดถั่วแปจี**

การศึกษาลักษณะทางกายภาพของเมล็ดถั่วแปจี มีวัตถุประสงค์เพื่อใช้เป็นข้อมูลเบื้องต้นในการออกแบบเครื่องกะเทาะเปลือกรวมไปถึงกระบวนการอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการกะเทาะเปลือก การพัฒนาและออกแบบเครื่องกะเทาะที่เหมาะสม จะนำไปสู่การเพิ่มประสิทธิภาพของการกะเทาะเปลือกของเมล็ดถั่วแปจีที่ดีได้

การศึกษาลักษณะทางกายภาพได้ศึกษาคุณสมบัติบางประการของเมล็ดถั่วแปจี เช่น การหาค่าความชื้นในเมล็ด การวัดขนาด และการหาความหนาแน่น ซึ่งเมล็ดถั่วแปจีที่ใช้สำหรับศึกษาในครั้งนี้ เป็นเมล็ดถั่วแปจีจาก จ.เชียงใหม่ เพราะส่วนมากนิยมใช้ในการผลิต ในการเก็บข้อมูลได้เก็บข้อมูลจากเมล็ดถั่วแปจีแห้งและแช่น้ำ โดยเมล็ดถั่วแปจีที่แช่น้ำจะแช่ที่ 2, 3, 4 และ 5 ชั่วโมง

เนื่องจากระยะเวลาการแช่ในช่วงนี้เป็นช่วงที่เหมาะสม เพราะถ้าแช่น้ำในระยะเวลาที่น้อยเกินไป เมล็ดถั่วแปจีจะยังไม่นุ่มและยุ่ย แต่ถ้าแช่นานเกินไปเมล็ดถั่วแปจี จะเปื่อย งอก และอาจเน่าได้

### 3.3.1 หาค่าความชื้นของเมล็ดถั่วแปจี

การทดสอบเพื่อหาค่าความชื้น ได้ทดสอบทั้งที่เป็นเมล็ดถั่วแปจีแห้งและเมล็ดถั่วแปจีที่แช่น้ำ ซึ่งทดสอบตามขั้นตอนดังนี้

1. แช่เมล็ดถั่วแปจีที่ 2, 3, 4 และ 5 ชั่วโมงในน้ำสะอาดที่เตรียมไว้ จนครบตามระยะเวลาที่กำหนด
2. ชั่งน้ำหนักกระป๋องเปล่า โดยใช้ตาชั่งดิจิตอล
3. นำเมล็ดถั่วแปจีแห้งและเมล็ดถั่วจากข้อ 1. แบ่งใส่กระป๋องจำนวนตัวอย่างละ 3 กระป๋อง โดยกระป๋องมีปริมาตร 254.5 ซม$^3$
4. ชั่งน้ำหนักก่อนอบ พร้อมบันทึกผล
5. นำกระป๋องเข้าตู้อบ อบที่อุณหภูมิ 103 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง
6. นำออกจากตู้อบ และชั่งน้ำหนักหลังอบ พร้อมบันทึกผล
7. คำนวณค่าความชื้นจาก มาตรฐานเปียก(wet basis) ตามสมการ 3.2

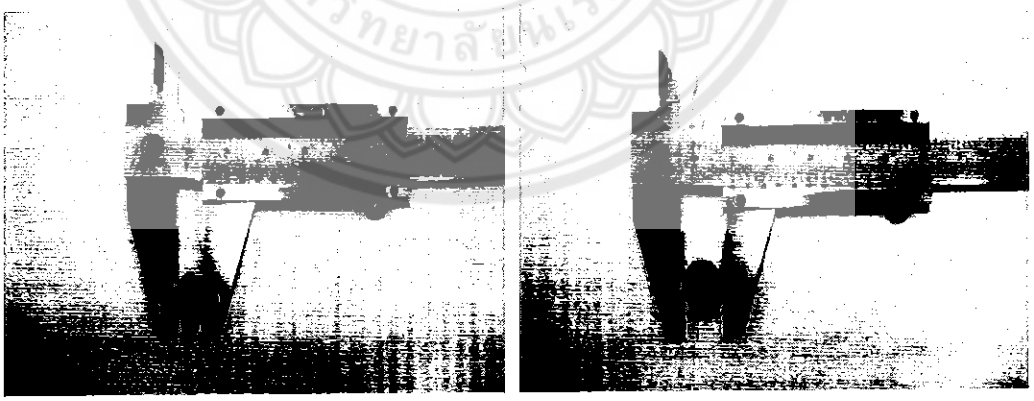
$$\text{เปอร์เซ็นต์ค่าความชื้น(\% wb.)} = \frac{\text{น้ำหนักก่อนอบ} - \text{น้ำหนักหลังอบ}}{\text{น้ำหนักเมล็ดแห้งก่อนอบ}} \times 100 \qquad (3.2)$$

รูปที่ 3.4 แสดงการชั่งเมล็ดแปจีกับตาชั่งดิจิตอล

รูปที่ 3.5 ตู้อบที่ใช้ทดลอง

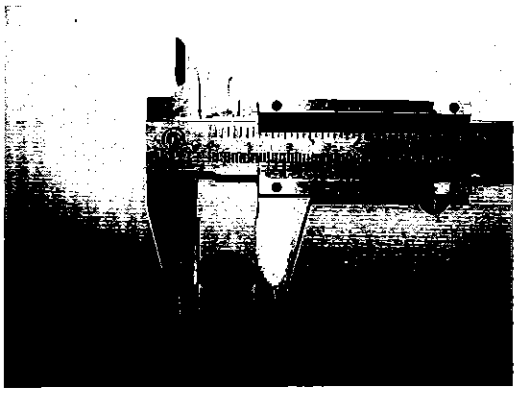
**3.3.2 วัดขนาดของเมล็ดถั่วแปจี**

การวัดขนาด ได้วัดความกว้าง ความยาว และความหนามากสุดของเมล็ดถั่วแปจี ทั้งเมล็ดถั่วแปจีแห้งและแช่น้ำ 2, 3, 4 และ 5 ชั่วโมง โดยสุ่มเมล็ดถั่วแปจีมาวัดขนาดชุดละ 100 เมล็ด วัดขนาดโดยใช้เวอร์เนียแคลิเปอร์ เพื่อหาค่าเฉลี่ย ค่ามากที่สุด ค่าน้อยที่สุด และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation) ของความกว้างความยาวและความหนา ของเมล็ดถั่วแปจีแต่ละชุด



(ก.) วัดความหนา (ข.) วัดความกว้าง

**รูปที่ 3.6 การใช้เวอร์เนียแคลิเปอร์ สำหรับวัดขนาดเมล็ดถั่วแปจี**



(ค.) วัดความยาว

รูปที่ 3.6 การใช้เวอร์เนียแคลิเปอร์ สำหรับวัดขนาดเมล็ดถั่วแปจี (ต่อ)

**3.3.3 หาค่าความหนาแน่นรวมของเมล็ดถั่วแปจี**

ความหนาแน่นรวมของเมล็ดถั่วแปจี (Bulk density) สามารถหาโดยใส่เมล็ดถั่วแปจีแห้งและแช่น้ำในกระป๋องปริมาตร 254.5 ซม$^3$. ทดสอบตามขั้นตอนดังนี้

1. ใส่เมล็ดถั่วแปจีให้เกินขอบกระป๋อง
2. ใช้ไม้ผิวเรียบที่มีความยาวเกินขอบกระป๋อง ปาดที่ปากกระป๋องให้เรียบสม่ำเสมอ
3. นำเมล็ดถั่วแปจีไปชั่งน้ำหนัก(เฉพาะเมล็ดถั่วแปจี) พร้อมบันทึกผล
4. ทดสอบซ้ำชุดละ 5 ครั้ง เพื่อหาค่าเฉลี่ย
5. คำนวณหาค่าความหนาแน่นจากสมการ

$$\rho = \frac{m}{v} \tag{3.3}$$

$\rho$ = ความหนาแน่นรวมของเมล็ดถั่วแปจี (กิโลกรัม/ซม$^3$)

$m$ = มวลของเมล็ดถั่วแปจีที่ได้จากการชั่งน้ำหนัก (กิโลกรัม)

$v$ = ปริมาตรของกระป๋องที่ใช้บรรจุ (ซม$^3$.)

**3.4 การหาพื้นผิวของลูกกลิ้ง ความเร็วรอบและช่วงเวลาแช่เมล็ดที่เหมาะสม**

การหาช่วงความเร็วรอบและชนิดพื้นผิวลูกกลิ้งที่เหมาะสม ตัวแปรที่ใช้ทดสอบมีดังต่อไปนี้คือ

**3.4.1 ตัวแปรที่ต้องการศึกษา**

1) ชนิดพื้นผิวของลูกกลิ้งที่ใช้มี 4 ชนิดคือ ผิวยาง ผิวมุ้งลวดโลหะ(ผิวมุ้งลวดพลาสติกไม่สามารถนำมาใช้ได้เนื่องจากลื่น) ผิวสก๊อตไบรท์และผิวตีนตุ๊กแก พบว่า เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการกะเทาะ ผลที่ได้ต้องมีประสิทธิภาพการกะเทาะที่สูงและมีความเสียหายน้อยที่สุด ลักษณะพื้นผิวของลูกกลิ้งแต่ละชนิด แสดงได้ดังรูปที่ 3.7 , 3.8 , 3.9 และ 3.10 ตามลำดับ
2) ความเร็วรอบใช้ที่ 400, 600, 800, 1000, 1200, 1400 และ 1600 rpm. โดยใช้เครื่องปรับความเร็วรอบ (Inverter) สำหรับปรับความเร็วรอบช่วงต่าง ๆ ข้อมูลดังตารางที่ 3.2
3) ระยะเวลาในการแช่เมล็ดถั่วแปจีที่ 3 และ 4 ชั่วโมง

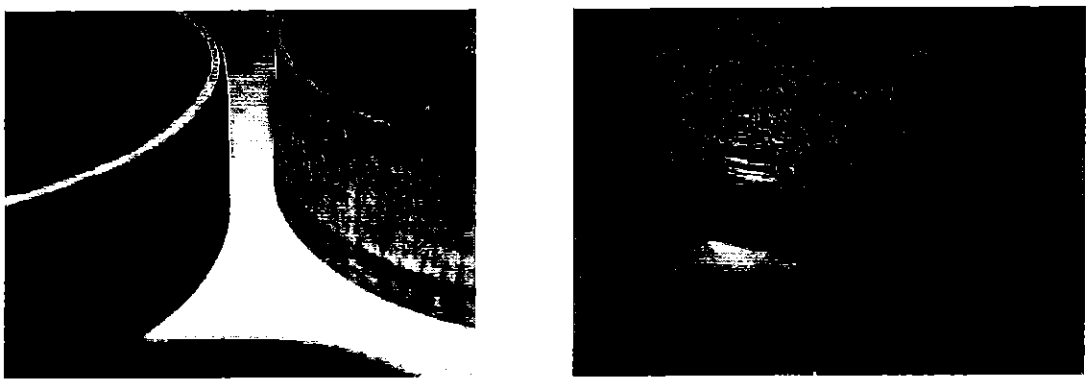
ตารางที่ 3.2 การเปรียบเทียบค่าจาก Inverter กับมอเตอร์

| ความเร็วรอบ(rpm) | 400 | 600 | 800 | 1000 | 1200 | 1400 | 1600 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ความถี่ (Hz) | 14.5 | 20.5 | 26.5 | 32.5 | 38.5 | 44.5 | 50.5 |

**3.4.2 การกำหนดระยะห่างระหว่างลูกกลิ้ง (Clearance)**

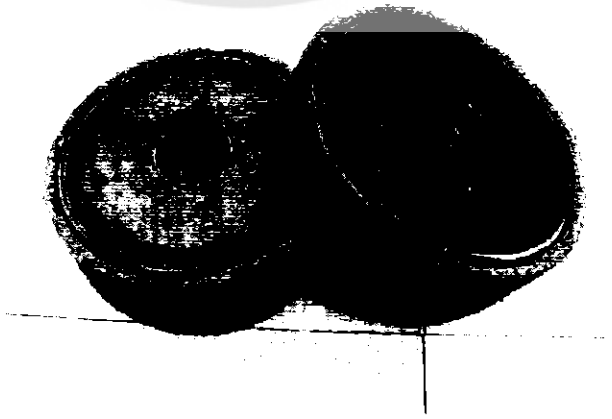
การกำหนดระยะห่างระหว่างลูกกลิ้งทั้งสอง พิจารณาจากลักษณะผิวของลูกกลิ้งแต่ละชนิดและความหนาของเมล็ดถั่วแปจี ประกอบการปรับระยะห่างลูกกลิ้ง มีข้อมูลดังนี้

1. ผิวยาง วัดระยะห่างจากผิวถึงผิว โดยพิจารณาความหนาเมล็ดถั่วแปจีและระยะยุบร่วมด้วย
2. ผิวมุ้งลวด วัดระยะห่างจากผิวถึงผิว โดยพิจารณาจากความหนาเมล็ดถั่วแปจีอย่างเดียว เพราะผิวไม่มีการยุบ
3. ผิวสก๊อตไบรท์ วัดระยะห่างจากผิวถึงผิว โดยพิจารณาความหนาเมล็ดถั่วแปจีและระยะยุบร่วมด้วย
4. ผิวตีนตุ๊กแก วัดระยะห่างจากผิวถึงผิว โดยพิจารณาความหนาเมล็ดถั่วแปจีและระยะยุบร่วมด้วย



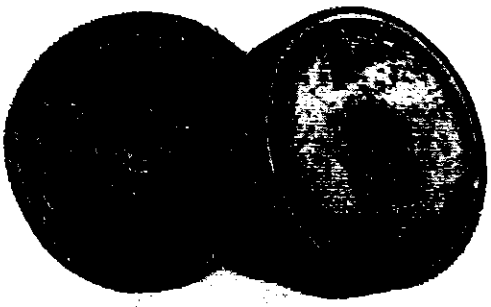
รูปที่ 3.7 ลูกกลิ้งพื้นผิวยาง

รูปที่ 3.8 ลูกกลิ้งพื้นผิวมุ้งลวด



รูปที่ 3.9 ลูกกลิ้งพื้นผิวสก๊อตไบรท์

05000176



(ก.) ลูกกลิ้งพื้นผิวตีนตุ๊กแก

(ข.) พื้นผิวตีนตุ๊กแก

รูปที่ 3.10 ลูกกลิ้งพื้นผิวตีนตุ๊กแก

**3.4.3 ขั้นตอนการทดลองเพื่อหาพื้นผิวของลูกกลิ้ง ความเร็วรอบและเวลาแช่ที่เหมาะสม**

ทำการทดลองกับผิวยาง ผิวมุ้งลวด ผิวสก๊อตไบรท์และผิวตีนตุ๊กแก **ทดลองในลักษณะเดียวกัน ตามขั้นตอนดังต่อไปนี้คือ**

1. เตรียมอุปกรณ์

1) เครื่องกะเทาะเปลือกเมล็ดถั่วแปจีที่ปรับความเร็วรอบโดยใช้ Inverter และปรับระยะห่างลูกกลิ้งตามลักษณะผิวของลูกกลิ้งที่เปลี่ยน
2) เมล็ดถั่วแปจีที่แช่น้ำ 3 และ 4 ชั่วโมง โดยแบ่งใส่ถุง ๆ ละ 50 กรัม จำนวนชั่วโมงละ 21 ถุง
3) ถาดสำหรับรองรับเมล็ดถั่วแปจีที่ผ่านการกะเทาะ
4) ถาดแยกเมล็ดถั่วแปจี
5) เครื่องชั่งดิจิตอล

2. เปิดเครื่อง
3. ปรับความเร็วรอบของมอเตอร์ให้มีความเร็วรอบที่ 400 rpm. โดยใช้ Inverter ที่เปรียบเทียบค่าความถี่กับความเร็วรอบของมอเตอร์แล้ว ข้อมูลดังตารางที่ 3.2
4. ใส่เมล็ดถั่วแปจีลงในถังใส่เมล็ดถั่วแปจี
5. เปิดลิ้นควบคุมด้านล่างเพื่อให้เมล็ดถั่วแปจีผ่านลงสู่ลูกกลิ้งกะเทาะ
6. นำส่วนที่ผ่านการกะเทาะมาแยก เปลือก เมล็ดดี เมล็ดแตกและเมล็ดที่กะเทาะไม่ ออกโดยในที่นี้ถือว่าเมล็ดถั่วแปจีที่ออกมาแล้วไม่มีการแตกหักคือ เมล็ดดี
7. ชั่งแต่ละส่วนที่แยกไว้ พร้อมบันทึกผลการทดลอง
8. ทำการทดสอบจนครบความเร็วรอบทั้ง 7 ค่า ตามลำดับ และทดลอง 3 ซ้ำเพื่อหาค่าเฉลี่ย
9. ทำการทดลองเช่นนี้กับเมล็ดถั่วแปจีที่แช่น้ำที่ชั่วโมงอื่น ๆ จนครบ
10. นำข้อมูลที่บันทึกในตารางมาคิดเป็นเปอร์เซ็นต์การกะเทาะ ประสิทธิภาพการกะเทาะ เปอร์เซ็นต์การสูญเสียและเปอร์เซ็นต์การสูญเสียโดยรวมดังนี้

$$\text{ประสิทธิภาพการกะเทาะ(\%)} = \frac{\text{น้ำหนักทั้งหมด} - \text{น้ำหนักเมล็ดที่ไม่ออก}}{\text{น้ำหนักทั้งหมด}} \times 100 \qquad (3.4)$$

$$\text{เปอร์เซ็นต์การสูญเสีย (\%)} = \frac{\text{น้ำหนักเมล็ดแตก}}{\text{น้ำหนักทั้งหมด} - \text{น้ำหนักเมล็ดที่ไม่ออก}} \times 100 \qquad (3.5)$$

$$\text{เปอร์เซ็นต์การสูญเสียโดยรวม (\%)} = \frac{\text{น้ำหนักเมล็ดแตก} + \text{น้ำหนักเมล็ดที่ไม่ออก}}{\text{น้ำหนักทั้งหมด}} \times 100 \qquad (3.6)$$

11. หาผลต่างของประสิทธิภาพการกะเทาะกับเปอร์เซ็นต์การสูญเสีย นั่นก็คือ ผลต่างประสิทธิภาพดีที่สุดและเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้อยที่สุด ซึ่งเป็นสิ่งที่ต้องการ
12. นำผลที่ได้มาเขียนกราฟความเร็วรอบกับเปอร์เซ็นต์ผลต่างที่ได้ ของแต่ละชั่วโมงที่แช่ เพื่อเปรียบเทียบหาลักษณะพื้นผิวและความเร็วรอบที่เหมาะสม
13. เลือกพื้นผิวที่ดีที่สุด โดยคำนึงถึงคุณสมบัติของวัสดุที่ใช้ทำพื้นผิวและคุณภาพวัสดุประกอบการเลือก

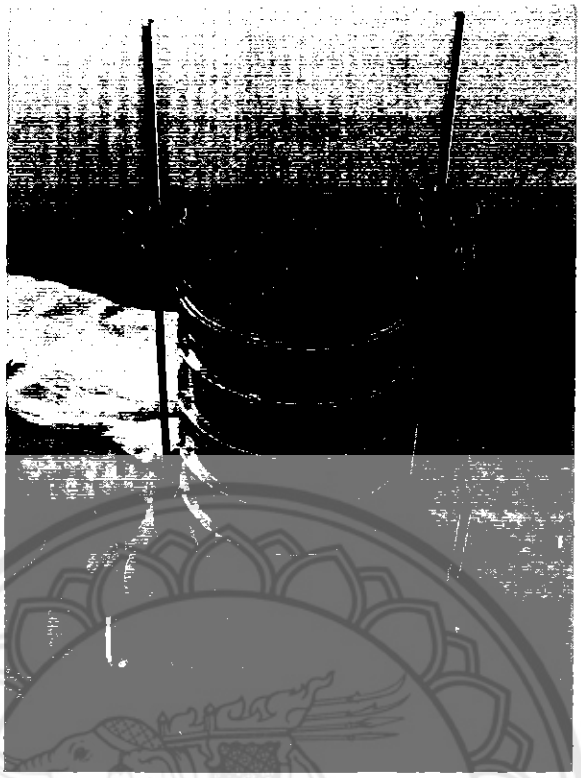
14. ทดลองเช่นเดียวกับข้อ 1. – 11. โดยใช้พื้นผิวที่เลือกกับเมล็ดที่แช่ 2 และ 5 ชั่วโมงเพิ่มเติม นำผลที่ได้มาเขียนกราฟเช่นเดียวกับข้อ 12. เพื่อเลือกช่วงความเร็วรอบและช่วงเวลาแช่เมล็ดถั่วแปจีที่เหมาะสม
15. วิเคราะห์ผลการทดลอง หาจุดบกพร่องและแก้ไขปรับปรุงข้อบกพร่อง

## 3.5 การปรับปรุงและแก้ไขข้อบกพร่อง

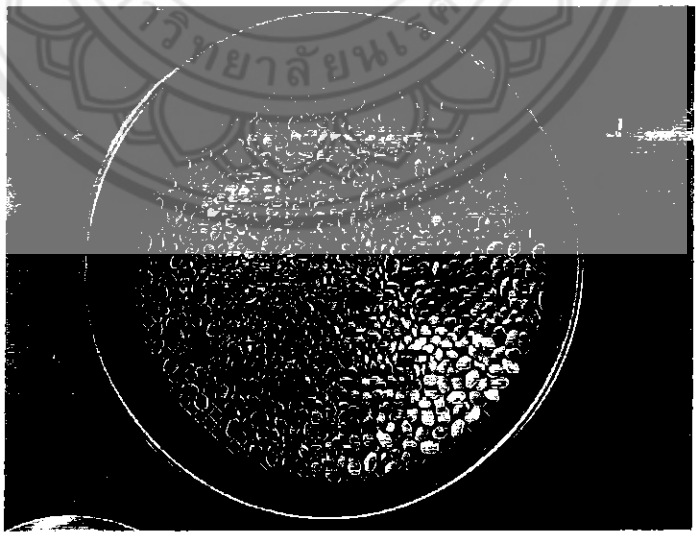
### 3.5.1 ขั้นตอนและผลการทดลองเพื่อลดเปอร์เซ็นต์การสูญเสีย

1. เตรียมอุปกรณ์
   1) เครื่องร่อนที่มีขนาดตะแกรงเบอร์ 7, 8, 9 และ 10 ตามมาตรฐาน ASTME II
   2) เวอร์เนียแคลิเปอร์ สำหรับวัดขนาด
   3) เครื่องกะเทาะเปลือกเมล็ดถั่วแปจีที่ปรับความเร็วรอบโดยใช้ Inverter และปรับระยะห่างลูกกลิ้งตามความหนาของเมล็ดถั่วแปจีแต่ละขนาด
   4) เมล็ดถั่วแปจีที่แช่น้ำ 3, 4 และ 5 ชั่วโมง โดยแบ่งใส่ถุง ๆ ละ 50 กรัม จำนวนตามขนาดที่แยกได้ ขนาดละ 45 ถุง
   5) ถาดสำหรับรองรับเมล็ดถั่วแปจีที่ผ่านการกะเทาะ
   6) ถาดแยกเมล็ดถั่วแปจี
   7) เครื่องชั่งดิจิตอล

2. การร่อนผ่านตระแกรงเพื่อแยกขนาด
   1) ชั่งเมล็ดถั่วแปจีที่แช่น้ำ 3 ชั่วโมง จำนวน 1 กิโลกรัม (ประมาณจากขนาดตะแกรง)
   2) นำเมล็ดถั่วแปจีที่ชั่งไว้ ใส่ลงในตะแกรงบนสุดเบอร์ 7 (เรียงจากเบอร์น้อยไปมาก)
   3) ติดตั้งตระแกรงแล้วเปิดเครื่อง โดยใช้เวลาร่อน 5 นาทีต่อ 1 ครั้ง
   4) นำผลที่ได้จากการร่อนมาหาเปอร์เซ็นต์และวัดความกว้าง ยาว และหนาของแต่ละขนาดผลที่ได้แสดงดังตารางที่ 3.3 และ 3.4
   5) ร่อนเมล็ดถั่วแปจีแต่ละขนาด ให้เพียงพอกับปริมาณที่ใช้ทดลอง
   6) เปลี่ยนจากเมล็ดถั่วแปจีที่แช่ 3 ชั่วโมงเป็น 4 และ 5 ชั่วโมงตามลำดับ



รูปที่ 3.11 เครื่องที่ใช้ร่อนเพื่อแยกขนาดเมล็ดถั่วแปจี



รูปที่ 3.12 แสดงลักษณะการเรียงตัวของเมล็ดถั่วแปจีหลังจากการร่อน

ตารางที่ 3.3 แสดงเปอร์เซ็นต์การร่อนผ่านตระแกรงที่เบอร์ต่าง ๆ

| เบอร์ตระแกรง และสัญลักษณ์ | | เมล็ดที่แช่ 3 ชั่วโมง เปอร์เซ็นต์ | เมล็ดที่แช่ 4 ชั่วโมง เปอร์เซ็นต์ | เมล็ดที่แช่ 5 ชั่วโมง เปอร์เซ็นต์ |
|---|---|---|---|---|
| 7 | E | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 8 | L | 26.6 | 38.6 | 44.3 |
| 9 | M | 73.4 | 61.4 | 55.7 |
| 10 | S | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| รวม | | 100 | 100 | 100 |

ตารางที่ 3.4 แสดงความกว้าง ยาวและหนาของเมล็ดถั่วแปจีที่ผ่านตระแกรงเบอร์ต่าง ๆ

| สัญลักษณ์ตระแกรง | ขนาด | เมล็ดที่แช่ 3 ชั่วโมง | | | | เมล็ดที่แช่ 4 ชั่วโมง | | | | เมล็ดที่แช่ 5 ชั่วโมง | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Max | Min | Mean | SD | Max | Min | Mean | SD | Max | Min | Mean | SD |
| L | กว้าง | 14 | 11 | 12.21 | 0.52 | 13.4 | 10.5 | 12.2 | 0.5 | 13.3 | 11.3 | 12.1 | 0.51 |
| | ยาว | 19.5 | 15.3 | 17.74 | 0.99 | 19.7 | 16 | 18.1 | 0.87 | 20.1 | 15.3 | 18.3 | 0.99 |
| | หนา | 7.7 | 5.3 | 6.38 | 0.50 | 7.4 | 5.2 | 6.47 | 0.47 | 8.0 | 5.5 | 6.6 | 0.50 |
| M | กว้าง | 12.1 | 7.8 | 10.99 | 0.81 | 11.8 | 10 | 10.9 | 0.45 | 11.9 | 9.7 | 10.8 | 0.45 |
| | ยาว | 20 | 13.6 | 16.74 | 1.43 | 18.7 | 15.6 | 17.1 | 0.67 | 18.8 | 15.3 | 16.9 | 0.80 |
| | หนา | 6.9 | 4.8 | 6.04 | 0.56 | 7.00 | 5.2 | 6.09 | 0.44 | 6.7 | 5.0 | 6.02 | 0.39 |

3. ทดลองเช่นเดียวกับข้อ 2. – 11. ในหัวข้อที่ 3.4.3 แต่เปลี่ยน

1) ช่วงความเร็วรอบเป็น 400 – 1200 rpm.

2) ช่วงแช่เมล็ดถั่วแปจี 3, 4 และ 5 ชั่วโมง

3) เมล็ด 2 ขนาดจากการแยกคือ M และ L

4) ระยะห่างลูกกลิ้ง 3 ค่า ตามสมการที่ 3.7 และ 3.8

4. นำผลที่ได้มาเขียนกราฟความเร็วรอบกับเปอร์เซ็นต์ผลต่างที่ได้ ของแต่ละระยะห่างลูกกลิ้ง ในชั่วโมงเดียวกันและขนาดเมล็ดถั่วแปจีเดียวกัน เพื่อเปรียบเทียบหา ระยะห่างลูกกลิ้ง ความเร็วรอบ และระยะเวลาการแช่ที่ดีที่สุด

**3.6 การหาระยะห่างของลูกกลิ้งทั้งสอง**

ระยะห่างของผิวถึงผิวของลูกกลิ้งทั้งสองจะมีขนาดน้อยกว่าขนาดของความหนาของเมล็ดถั่วแปจี เพื่อช่วยทำให้เกิดแรงกดลงบนเมล็ดและเพิ่มพื้นที่ผิวสัมผัส สามารถหาได้จาก

$$\text{ระยะห่างของผิวลูกกลิ้งทั้งสอง} = \bar{W} - n - t \qquad (3.7)$$

$\bar{W}$ = ความหนาของเมล็ดถั่วแปจีเฉลี่ย *mm.*

$n$ = ระยะกดลงในเมล็ดถั่วแปจีมีค่าโดยประมาณ 2 *mm.*

$t$ = ระยะของผิวที่สามารถยุบตัวได้มากสุด(ผิวตีนตุ๊กแกมีระยะ 1.25 ***mm.***)

เนื่องจากขนาดของเมล็ดถั่วแปจีมีขนาดของเมล็ดถั่วแปจีไม่เท่ากันดังนั้นในการทดลองจึงต้องมีระยะห่างของผิวลูกกลิ้งทั้งสอง ที่มีขนาดกว้างขึ้นและลดลงซึ่งสามารถหาได้จากสมการที่ 3.8

$$\text{ระยะห่างของผิวลูกกลิ้งทั้งสอง} \pm SD \qquad (3.8)$$

$SD$ = ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานที่ได้จากคุณสมบัติทางกายภาพที่เวลาการแช่น้ำในเวลาต่างๆ

### 3.7 การหาอัตราการผลิตของเครื่องกะเทาะเปลือกเมล็ดถั่วแปจี

**ขั้นตอนการหาอัตราการผลิตของเครื่องกะเทาะ**

1. เตรียมอุปกรณ์

1) เครื่องกะเทาะเมล็ดถั่วแปจี(ที่ติดตั้ง Inverter กับ Motor)
2) นาฬิกาจับเวลา
3) วอร์เนียแคลิเปอร์
4) ภาชนะสำหรับรองเมล็ดถั่วแปจีที่ถูกกะเทาะ
5) เมล็ดถั่วแปจีที่แช่น้ำ 1 กิโลกรัม

2. วิธีทำการทดลอง

1) เปิดสวิตช์เครื่องกะเทาะเปลือกเมล็ดถั่วแปจี แล้วทำการปรับความเร็วรอบที่ Inverter จนมีความเร็วรอบคงที่
2) เทเมล็ดถั่วแปจีลงในถังป้อนเมล็ด
3) เปิดลิ้นควบคุมเพื่อให้เมล็ดผ่านลงไป พร้อมจับเวลาทันทีจนกระทั่งเมล็ดถั่วแปจีถูกกะเทาะออกมาจนหมดจึงหยุดจับเวลาแล้วบันทึกผล
4) ทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง เพื่อหาค่าเฉลี่ย
5) อัตราการผลิตหาได้จากสมการที่ 3.9

อัตราการผลิตจากการทดลองสามารถคำนวณได้จากสมการ

$$\text{อัตราการผลิต} \left(\frac{kg}{hr}\right) = \text{เมล็ดถั่วแปจีที่ได้ (กิโลกรัมต่อนาที)} \times 60 \qquad (3.9)$$

**อัตราการผลิตของเมล็ดที่แช่น้ำเมื่อเทียบกับเมล็ดแห้งหาจากสมการ**

$$\text{อัตราการผลิตเมล็ดแห้} \left(\frac{kg}{hr}\right) = \frac{\text{อัตราการผลิตเมล็ดที่แช่น้ำ (kg/hr) x ความชื้นเมล็ดแห้ง (\%)}}{\text{ความชื้นเมล็ดที่แช่น้ำ (\%)}} \qquad (3.10)$$

# บทที่ 4

## ผลการทดลองและการวิเคราะห์ผล

### 4.1 ผลการศึกษาลักษณะทางกายภาพเมล็ดถั่วแปจี

#### 4.1.1 ขนาดเมล็ดถั่วแปจีลักษณะต่าง ๆ

ผลการวัดขนาดเมล็ดถั่วแปจีในชั่วโมงการแช่น้ำต่าง ๆ แสดงดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ขนาดเมล็ดถั่วแปจีลักษณะขนาดต่าง ๆ

| ลักษณะเมล็ดถั่วแปจี | ขนาด | ค่าที่ได้จากการวัด (มม.) | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | Max | Min | Mean | SD |
| เมล็ดถั่วแปจีแห้ง | กว้าง | 12.10 | 7.50 | 9.81 | 0.73 |
| | ยาว | 15.70 | 10.0 | 12.88 | 1.00 |
| | หนา | 6.10 | 3.10 | 4.64 | 0.47 |
| เมล็ดถั่วแปจีแช่น้ำ 2 ชม. | กว้าง | 13.70 | 7.50 | 10.76 | 1.05 |
| | ยาว | 19.00 | 12.30 | 15.80 | 1.65 |
| | หนา | 9.60 | 4.30 | 5.86 | 0.81 |
| เมล็ดถั่วแปจีแช่น้ำ 3 ชม. | กว้าง | 15.50 | 6.80 | 11.03 | 1.13 |
| | ยาว | 19.70 | 11.90 | 16.54 | 1.54 |
| | หนา | 9.80 | 4.00 | 6.03 | 0.88 |
| เมล็ดถั่วแปจีแช่น้ำ 4 ชม. | กว้าง | 17.00 | 9.00 | 11.18 | 1.11 |
| | ยาว | 19.20 | 11.90 | 16.09 | 1.45 |
| | หนา | 9.80 | 4.40 | 6.08 | 0.71 |
| เมล็ดถั่วแปจีแช่น้ำ 5 ชม. | กว้าง | 12.70 | 9.30 | 11.09 | 0.87 |
| | ยาว | 20.50 | 12.50 | 17.01 | 1.28 |
| | หนา | 7.20 | 4.49 | 6.00 | 0.53 |

จากข้อมูลในตารางที่ 4.1 พบว่า เมล็ดที่แช่น้ำในจำนวนชั่วโมงที่เพิ่มขึ้น เมล็ดจะมีขนาดเพิ่มขึ้นด้วย

### 4.1.2 ค่าความหนาแน่นของเมล็ดถั่วแปจี

ตารางที่ 4.2 ค่าเฉลี่ยความหนาแน่นเมล็ดถั่วแปจี

| ลักษณะเมล็ดถั่วแปจี | เมล็ดแห้ง | 2 ชั่วโมง | 3 ชั่วโมง | 4 ชั่วโมง | 5 ชั่วโมง |
|---|---|---|---|---|---|
| ความหนาแน่น (กก./ซม$^3$.) | 0.84 | 0.76 | 0.78 | 0.79 | 0.80 |

ความหนาแน่นของเมล็ดถั่วแปจี แสดงในตารางที่ 4.2 ซึ่งพบว่า ความหนาแน่นเมล็ดถั่วแปจีแช่น้ำ มีค่าน้อยกว่าเมล็ดแห้ง เนื่องจากเมล็ดมีขนาดใหญ่ขึ้นเมื่อแช่น้ำในเวลาที่มากขึ้น เมล็ดแช่น้ำที่เวลา 2 ชั่วโมงมีค่าน้อยกว่าที่เวลา 3, 4 และ 5 ชั่วโมง ตามลำดับ เพราะเกิดจากผิวของเมล็ดที่แช่น้ำ 2 ชั่วโมง พองขึ้นเป็นรอยขุขระที่ผิวจำนวนมาก ทำให้เกิดช่องว่างระหว่างผิวมาก และน้ำยังซึมเข้าไปในเมล็ดน้อย ทำให้มีมวลที่น้อยลง เมื่อเทียบกับเวลาการแช่ที่มากขึ้น

### 4.1.3 ค่าความชื้นในเมล็ดถั่วแปจี

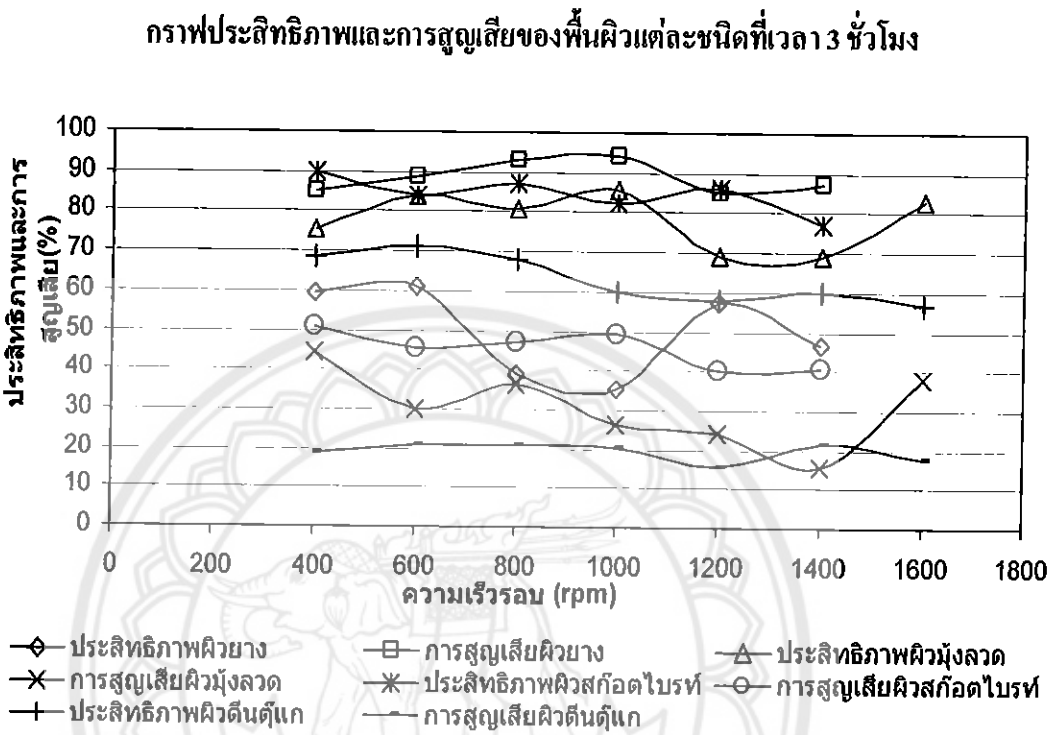
ตารางที่ 4.3 ค่าเฉลี่ยความชื้นเมล็ดแปจี

| ลักษณะเมล็ดแปจี | เมล็ดแห้ง | 2 ชั่วโมง | 3 ชั่วโมง | 4 ชั่วโมง | 5 ชั่วโมง |
|---|---|---|---|---|---|
| เปอร์เซ็นต์ความชื้น (w.b. %) | 11.9 | 47.6 | 51.6 | 55.4 | 54.7 |

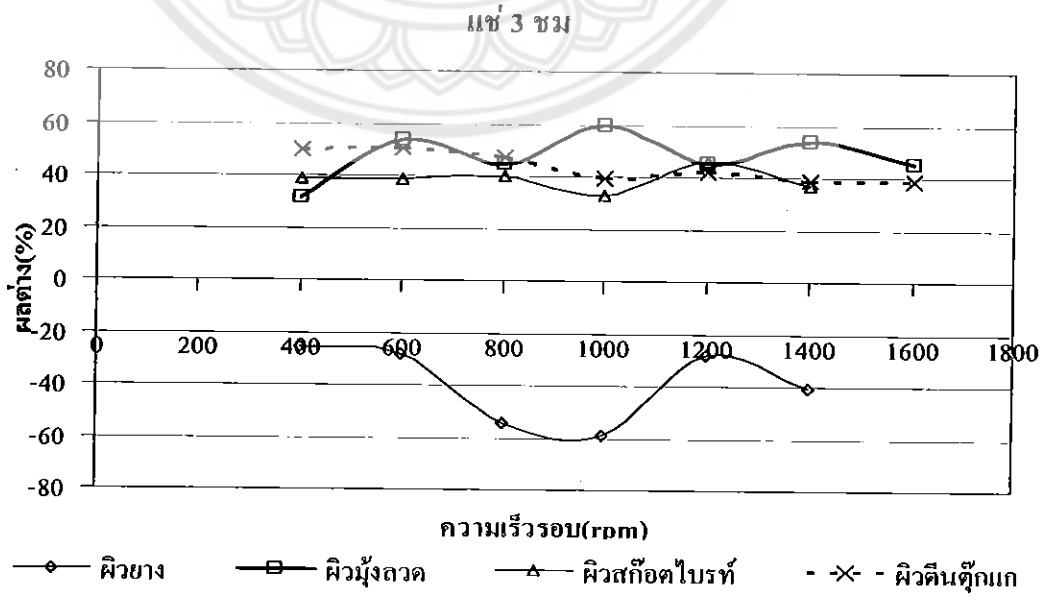
ค่าความชื้นในเมล็ดถั่วแปจี แสดงในตารางที่ 4.3 ซึ่งพบว่า ค่าความชื้นในเมล็ดถั่วแปจี จากการแช่น้ำในเวลาที่เพิ่มขึ้นมีค่าความชื้นในเมล็ดที่เพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการแช่

## 4.2 การทดลองเบื้องต้นเพื่อหาตัวแปรที่เหมาะสม

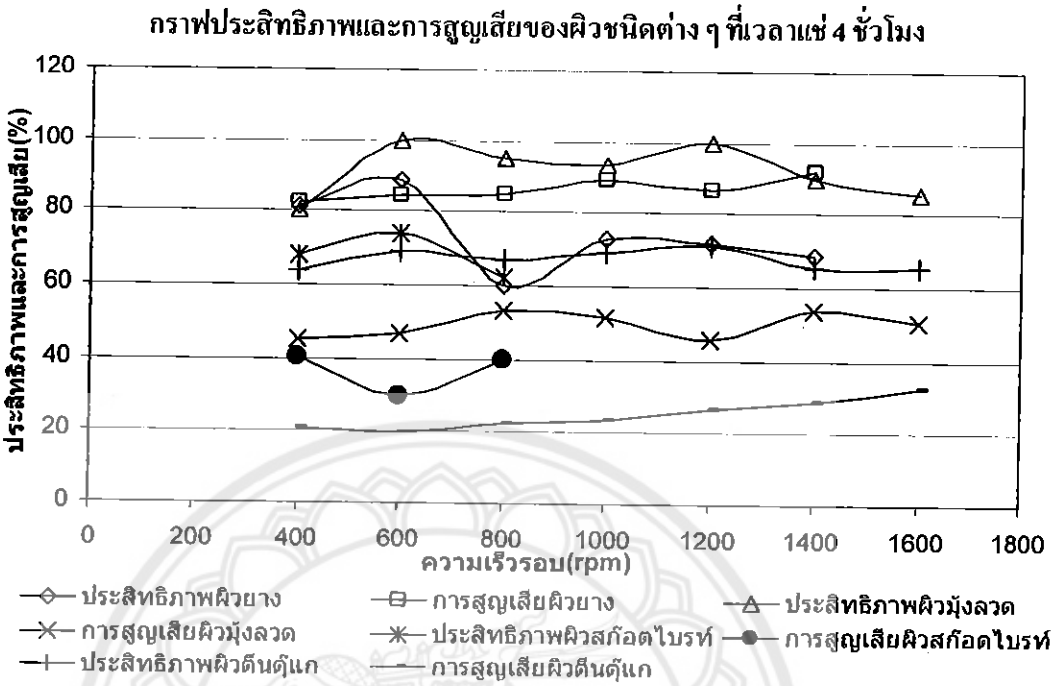
### 4.2.1 ผลของพื้นผิว



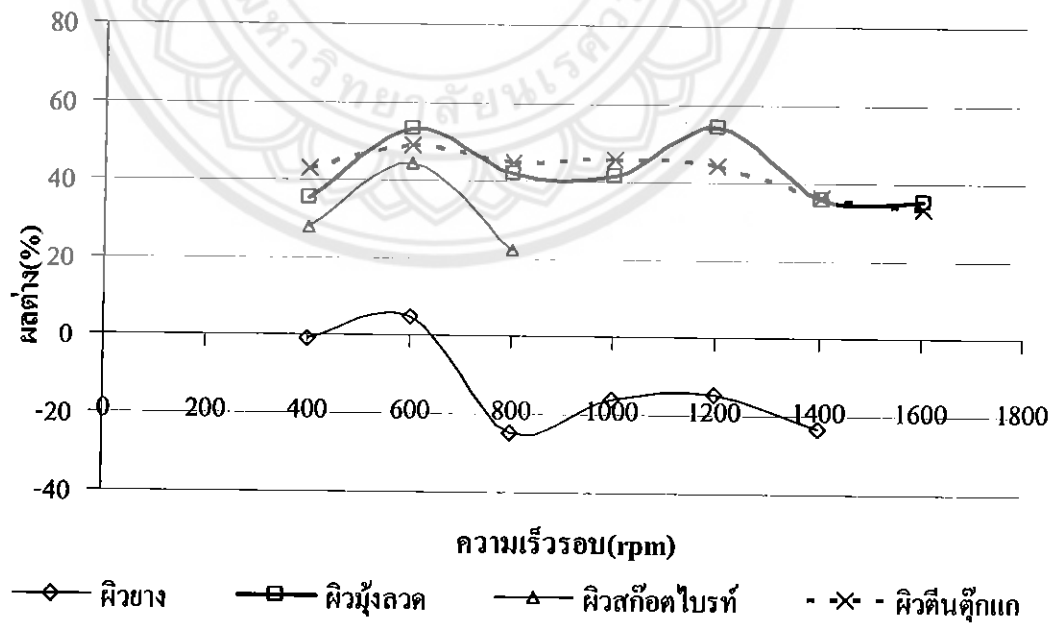

รูปที่ 4.1 กราฟประสิทธิภาพและการสูญเสียของผิวชนิดต่าง ๆที่เวลาแช่ 3 ชั่วโมง




รูปที่ 4.2 กราฟผลต่างของผิวชนิดต่าง ๆ จากการแช่เมล็ดถั่วแปจี 3 ชั่วโมง




รูปที่ 4.3 กราฟประสิทธิภาพและการสูญเสียของผิวชนิดต่าง ๆที่เวลาแช่ 4 ชั่วโมง




รูปที่ 4.4 กราฟผลต่างของผิวชนิดต่าง ๆ จากการแช่เมล็ดถั่วแปจี 4 ชั่วโมง

จากกราฟผลการทดลองกับพื้นผิวแต่ละชนิด ที่ความเร็วรอบต่าง ๆ พบว่า พื้นผิวที่ให้ประสิทธิภาพการกะเทาะสูงสุด คือ ผิวมุ้งลวด ผิวตีนตุ๊กแก ผิวสก๊อตไบรท์ และผิวยาง ตามลำดับ แสดงดังรูปที่ 4.2 และ 4.4

ผิวยาง ให้ประสิทธิภาพต่ำสุดและมีความเสียหายมากที่สุด ซึ่งอาจมีสาเหตุจากผิวยางมีความนุ่มของผิวน้อย และ เมื่อพื้นผิวถูกน้ำผิวจะลื่น ทำให้ความเสียดทานที่พื้นผิวต่ำและเมล็ดเกิดการลื่นไม่สามารถกะเทาะเมล็ดได้

ผิวสก๊อตไบรท์ เป็นผิวที่ให้ประสิทธิภาพสูงและมีความเสียหายต่ำชนิดหนึ่ง แต่พื้นผิวชนิดนี้ไม่มีความทนทาน มีอายุการใช้งานสั้น จากรูปที่ 4.4 พบว่าเส้นกราฟมีแค่ 3 จุด เนื่องจากเกิดความเสียหายที่ผิวอย่างรวดเร็ว ทำให้ไม่สามารถทำการทดลองต่อไปได้ และจากความเสียหายที่ผิวทำให้เศษของผิวที่หลุดออกมาติดกับเมล็ดถั่วแปจี ซึ่งเป็นอุปสรรคในการทำความสะอาด

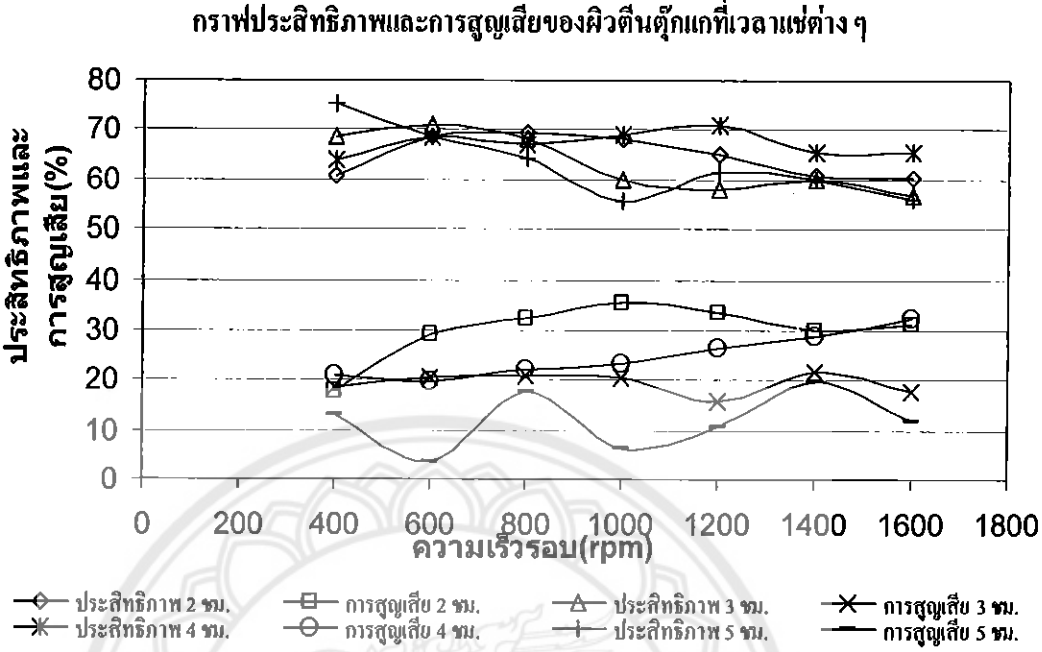
ผิวตีนตุ๊กแก เป็นผิวที่ให้ประสิทธิภาพสูงและมีความเสียหายต่ำเช่นกัน ผิวชนิดนี้เป็นผิวที่เรียบ สม่ำเสมอ มีอายุการใช้งานที่ยาวนาน มีขนที่ยาวนุ่มและมีความเสียดทานที่พื้นผิวมาก ไม่ทำให้เมล็ดถั่วแปจีเกิดรอยจากการขูด ให้ผลที่แน่นอนแสดงได้ดังรูปที่ 4.2 และ 4.4

ผิวมุ้งลวด เป็นผิวที่ให้ประสิทธิภาพสูงที่สุด แต่มีความไม่แน่นอนแสดงได้ดังกราฟรูปที่ 4.2 และ4.4 จากกราฟจะเห็นว่าเส้นกราฟมีลักษณะที่ไม่สม่ำเสมอ ซึ่งยากต่อการทำนายแนวโน้ม และพื้นผิวชนิดนี้เป็นผิวที่แข็งและมีความคม ทำให้เมล็ดเป็นรอยไม่สวยงาม เมื่อใช้ไปนาน ๆ ผิวจะเป็นสนิม เนื่องจากทำจากโลหะ ทำให้เกิดอันตรายได้

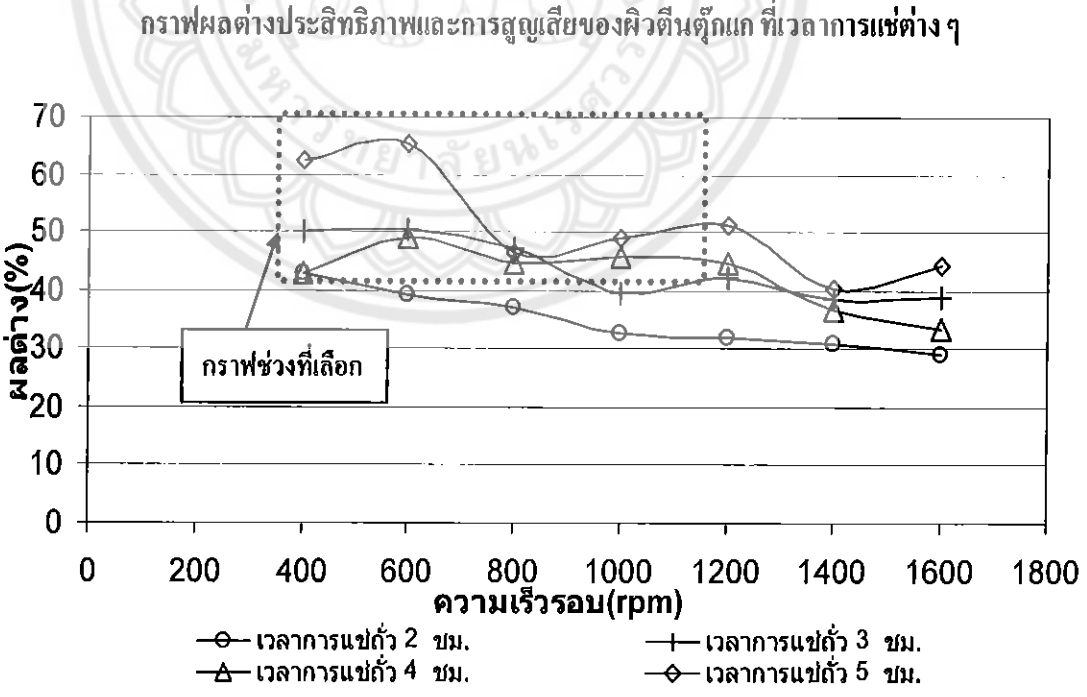
จากการพิจารณาผลการทดลองและคุณสมบัติของวัสดุที่ใช้ทำพื้นผิวและคุณภาพวัสดุประกอบกันแล้วจึงเลือกพื้นผิวตีนตุ๊กแก เพื่อหาช่วงความเร็วรอบและช่วงเวลาแช่เมล็ดถั่วแปจีที่เหมาะสม

### 4.2.2 ผลของความเร็วรอบและช่วงเวลาแช่เมล็ดถั่วแปจีที่เหมาะสม

จากกราฟรูปที่ 4.5 และ 4.6 พบว่าความเร็วรอบที่สูงขึ้นให้ประสิทธิภาพต่ำลงและมีความเสียหายเพิ่มขึ้น ถ้าเลยช่วงความเร็วรอบที่ 400 – 1200 rpm. กราฟจะลดลงอย่างลวดเร็วหลังจากที่ผ่านความเร็วรอบที่ 1200 rpm. ดังนั้นจึงเลือกช่วงความเร็วรอบที่ 400 – 1200 rpm. และจากกราฟสามารถเลือกช่วงเวลาสำหรับการแช่เมล็ดถั่วแปจีได้ โดยเลือกเวลาแช่ที่ 3 , 4 และ 5 ชั่วโมงเป็นช่วงที่เหมาะสม




รูปที่ 4.5 กราฟประสิทธิภาพและการสูญเสียของผิวตีนตุ๊กแก ที่เวลาแช่ต่าง ๆ




รูปที่ 4.6 กราฟผลต่างของผิวตีนตุ๊กแก ที่เวลาการแช่เมล็ดถั่วแปจีเวลาต่าง ๆ

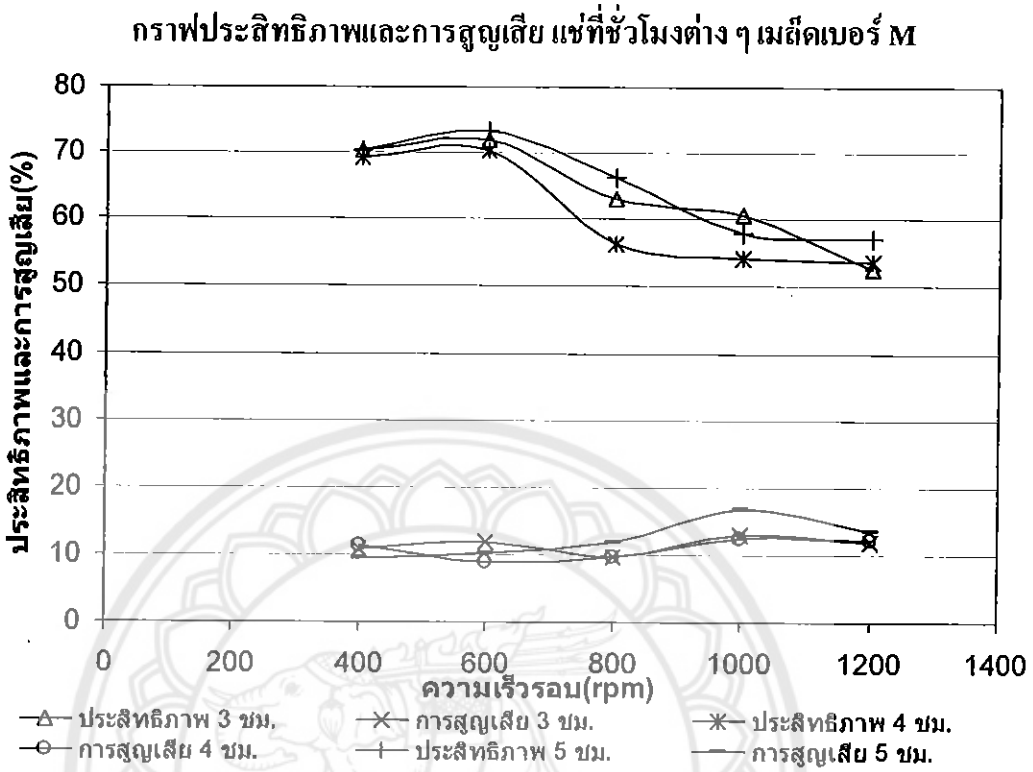
**4.3 ผลการทดลองและการวิเคราะห์ผล**

**4.3.1 ผลการทดลองและการวิเคราะห์ผลก่อนทำการแก้ไข**

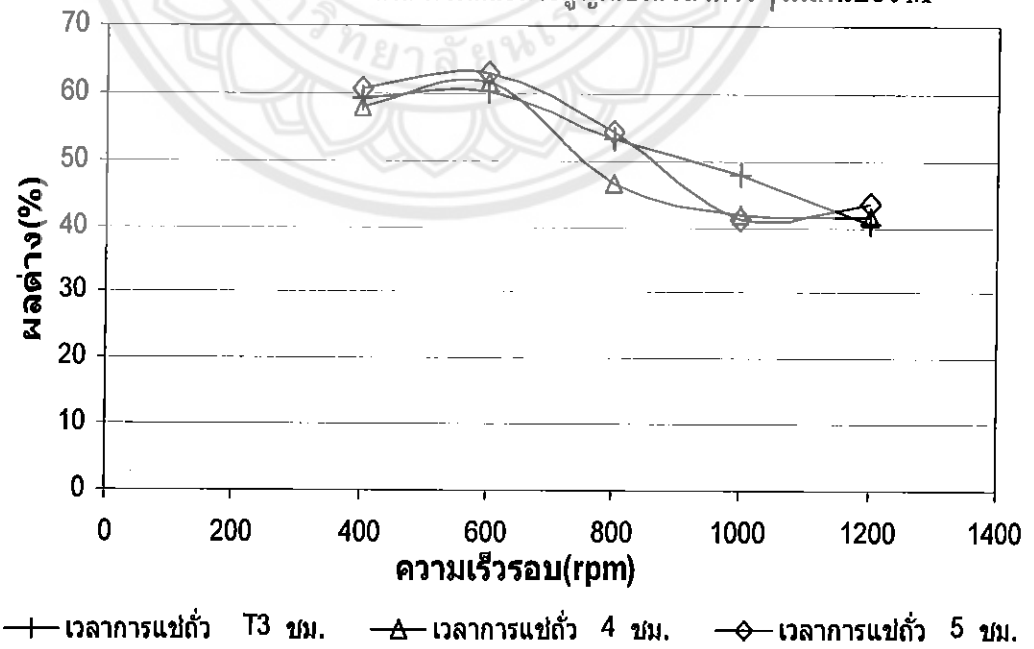
จากผลการทดลอง กราฟรูปที่ 4.5 และ 4.6 พบว่าเปอร์เซ็นต์การสูญเสีย ไม่เป็นไปตามที่ออกแบบไว้ โดยได้ออกแบบเปอร์เซ็นต์การสูญเสียไว้ 0 % หรือน้อยที่สุด โดยที่เวลาการแช่เมล็ดถั่วแปจี 2, 3, 4 และ 5 ชั่วโมงมีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียสูงถึง 35 % , 21 %, 28 % และ 19 % ตามลำดับ ประสิทธิภาพการกะเทาะได้ออกแบบไว้ที่ 100 % ผลไม่เป็นไปตามที่ออกแบบไว้เช่นกัน จากกราฟรูปที่ 4.6 จะเห็นว่าผลต่างระหว่างประสิทธิภาพการกะเทาะและการสูญเสียในแต่ละชั่วโมงที่แช่เมล็ดถั่วแปจีมีค่าที่ไม่สูง โดยที่เวลาการแช่เมล็ดถั่วแปจีที่ 3 ชั่วโมง ได้ผลต่างสูงสุด 50.4 % ที่ความเร็วรอบ 600 rpm แช่เมล็ดถั่วแปจีที่ 4 ชั่วโมง ได้ผลต่างสูงสุด 49.0 % ที่ความเร็วรอบ 600 rpm และแช่เมล็ดถั่วแปจีที่ 5 ชั่วโมง ได้ผลต่างสูงสุด 65.2 % ที่ความเร็วรอบ 600 rpm ซึ่งอาจเกิดจากประสิทธิภาพการกะเทาะต่ำหรือเกิดการสูญเสียที่สูง จึงสันนิฐานว่าอาจเป็นเพราะขนาดของเมล็ดถั่วแปจีไม่เท่ากัน และระยะห่างระหว่างลูกกลิ้งกว้างหรือแคบเกินไป ซึ่งเมล็ดถั่วแปจีที่ใหญ่อาจจะถูกบีบจนแตก และเมล็ดถั่วแปจีเล็กจะลอดผ่านช่องว่างลงไป ทำให้ไม่ถูกกะเทาะ หรืออาจเป็นเพราะมีเมล็ดถั่วแปจีที่ไม่ซับน้ำรวมอยู่ด้วย ซึ่งในที่นี้ได้ทำการแก้ไขด้วยการแยกขนาดเมล็ดถั่วแปจีโดยใช้เครื่องร่อนที่มีขนาดตะแกรงเบอร์ 7, 8, 9 และ 10 (เรียงจากน้อยไปมาก) ระยะห่างของลูกกลิ้งตามความหนาของเมล็ดที่แยกขนาดไว้ ขั้นตอนและผลการทดลองดังแสดงในบทที่ 3 หัวข้อ 3.5

**4.3.2 ผลการทดลองและผลการวิเคราะห์หลังทำการคัดขนาด**

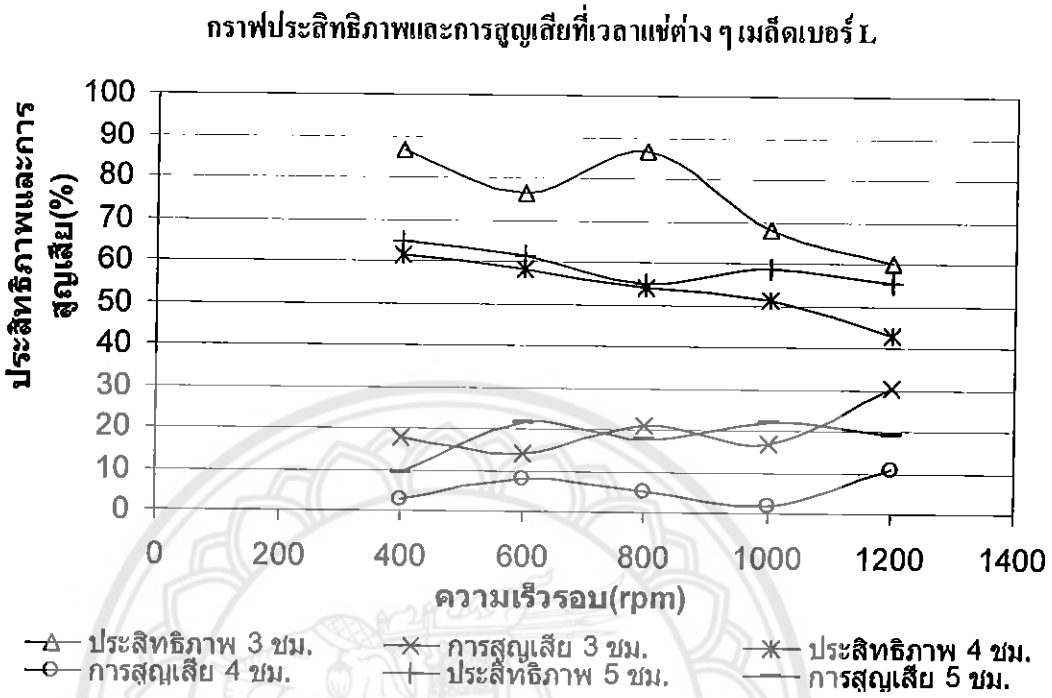
หลังจากการคัดแยกขนาดเมล็ดถั่วแปจีแล้วได้ทำการทดลอง เพื่อตรวจสอบว่าผลการทดลองเป็นไปตามที่ได้ตั้งสมมุติฐานไว้หรือไม่ ซึ่งได้ผลการทดลองดังกราฟรูปที่ 4.8 และ 4.10 ขนาดเมล็ดเบอร์ L และ M จากกราฟแสดงดังตารางที่ 3.3 และ 3.4



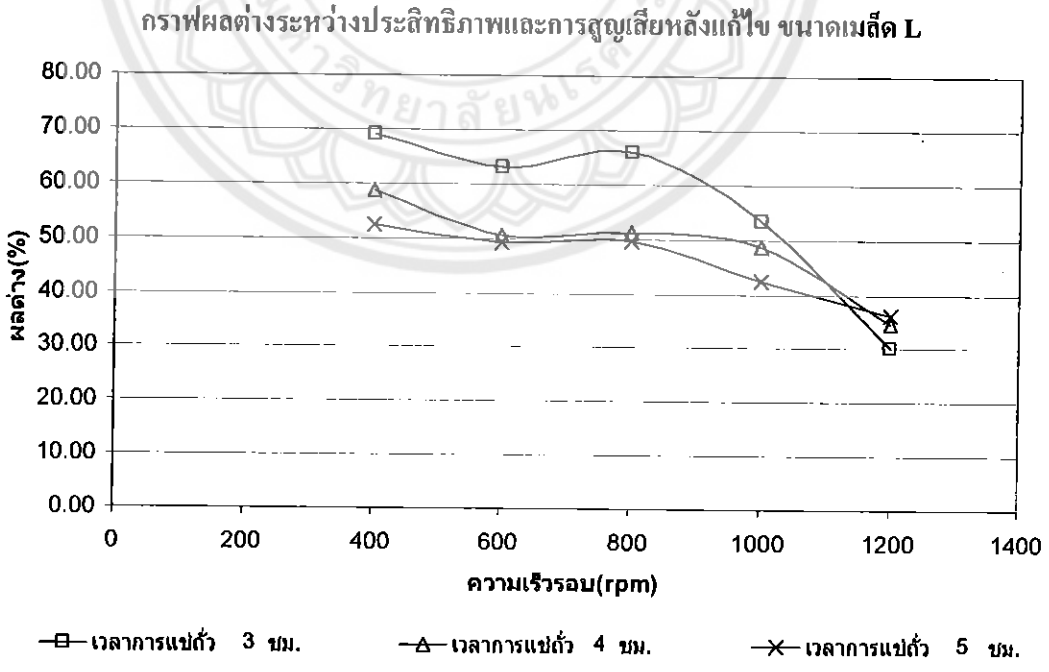

รูปที่ 4.7 กราฟประสิทธิภาพและการสูญเสียที่เวลาแช่ต่าง ๆ เมล็ดเบอร์ M




รูปที่ 4.8 กราฟผลต่างระหว่างประสิทธิภาพและการสูญเสียเมล็ดเบอร์ M




รูปที่ 4.9 กราฟประสิทธิภาพและการสูญเสียที่เวลาแช่ต่าง ๆ เมล็ดเบอร์ L




รูปที่ 4.10 กราฟผลต่างระหว่างประสิทธิภาพและการสูญเสียเมล็ดเบอร์ L

จากกราฟพบว่าผลต่างระหว่างประสิทธิภาพและการสูญเสีย ที่จุดสูงสุดของกราฟก่อนการแก้ไขในแต่ละชั่วโมงที่แช่ เมื่อเทียบกับหลังการแก้ไขมีค่ามากขึ้น โดยเมล็ดถั่วแปจีเบอร์ M แช่ที่ 3, 4 และ 5 ชั่วโมง ได้ผลต่างระหว่างประสิทธิภาพและการสูญเสีย 60.1 %, 61.5 %และ 62.9 % ที่ความเร็วรอบ 600 rpm ตามลำดับ และเมล็ดถั่วแปจีเบอร์ L ได้ผลต่าง 68.9 %, 58.4 % และ 55.5 % ที่ความเร็วรอบ 400 rpm ตามลำดับ ซึ่งสามารถวิเคราะห์ได้ว่าการคัดแยกขนาดเมล็ดถั่วแปจีและการปรับระยะห่างลูกกลิ้งตามขนาดเมล็ดถั่วแปจี ความเร็วรอบ และระยะเวลาการแช่น้ำ มีผลต่อประสิทธิภาพการกะเทาะและการสูญเสีย ดังนั้นจึงควรคัดแยกขนาดเมล็ดถั่วแปจีก่อนการกะเทาะ

**4.4 การทดสอบหากำลังการผลิตของเครื่องกะเทาะเปลือกของเมล็ดถั่วแปจี**

จากการทดสอบหากำลังการผลิต เมื่อทำการทดลองโดยใช้เมล็ดถั่วแปจีเบอร์ M แช่น้ำเป็นเวลา 5 ชั่วโมง ความเร็วรอบ 600 รอบต่อนาที และ ระยะห่างระหว่างลูกกลิ้ง 1.2 มิลลิเมตร ใช้ปริมาณเมล็ดถั่วแปจี 1 กิโลกรัมจะใช้เวลาทั้งหมดในกระบวนการกะเทาะเมล็ดถั่วแปจี 22.1 วินาที ได้อัตราการผลิต 162.3 กิโลกรัมต่อชั่วโมงสำหรับเมล็ดที่แช่น้ำหรือ 32 กิโลกรัมต่อชั่วโมงสำหรับเมล็ดแห้ง และเมล็ดถั่วแปจีเบอร์ L แช่น้ำเป็นเวลา 3 ชั่วโมง ความเร็วรอบ 400 รอบต่อนาที ระยะห่างระหว่างลูกกลิ้ง 2.4 มิลลิเมตร ใช้ปริมาณเมล็ดถั่วแปจี 1 กิโลกรัม จะใช้เวลาทั้งหมดในกระบวนการกะเทาะเมล็ดถั่วแปจี 31.2 วินาที ได้อัตราการผลิต 114 กิโลกรัมต่อชั่วโมงสำหรับเมล็ดที่แช่น้ำหรือ 25 กิโลกรัมต่อชั่วโมงสำหรับเมล็ดแห้ง

# บทที่ 5

## สรุปคุณสมบัติเครื่องกะเทาะเปลือกถั่วแปจี ผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

### 5.1 คุณสมบัติของเครื่องกะเทาะเปลือกถั่วแปจี

| | |
|---|---|
| 1. ต้นกำลัง | มอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส ขนาด 1 แรงม้า |
| 2. ปรับความเร็วรอบได้ | โดยใช้เครื่องปรับความเร็วรอบ (Inverter) |
| 3. ขนาด(กว้าง x ยาว x สูง) | 50 x 55 x 102.5 เซนติเมตร |
| 4. ความจุของถังบรรจุเมล็ด | 4,450 ซม$^3$ |
| 5. ขนาดลูกกลิ้ง | 4 นิ้ว หรือ 10.16 เซนติเมตร |
| 6. ปรับระยะห่างระหว่างลูกกลิ้งสูงสุดได้ | 20 มิลลิเมตร หรือ 2 เซนติเมตร |

### 5.2 สรุปผลการทดลอง

1. สรุปลักษณะทางกายภาพของเมล็ดถั่วแปจี
   1) ขนาดความกว้าง ยาวและหนา มีขนาดเพิ่มขึ้นเมื่อใช้เวลาในการแช่มากขึ้น
   2) ความชื้นในเมล็ด เพิ่มขึ้นเมื่อใช้เวลาในการแช่มากขึ้น
   3) ความหนาแน่นในเมล็ด มากขึ้นเมื่อใช้เวลาในการแช่มากขึ้นและเมล็ดถั่วแปจีแห้ง มีความหนาแน่นมากกว่าเมล็ดที่แช่น้ำ

2. สรุปผลการเลือกชนิดพื้นผิว ช่วงความเร็วรอบและช่วงเวลาในการแช่น้ำ
   1) จากพื้นผิวทั้ง 4 ชนิด คือ ผิวยาง ผิวมุ้งลวด ผิวสก๊อตไบรท์และผิวตีนตุ๊กแก พื้นผิวให้ผลดีที่สุดคือ ผิวตีนตุ๊กแก
   2) ช่วงความเร็วที่เหมาะสม 400 – 1200 รอบต่อนาที
   3) ช่วงเวลาในการแช่น้ำที่เหมาะสม คือ 3, 4 และ 5 ชั่วโมง

3. สรุปผลการทดลองก่อนการแก้ไข
   1) ความเร็วที่ให้ผลการกะเทาะดีที่สุด 600 รอบต่อนาที
   2) เวลาการแช่น้ำที่ให้ผลการกะเทาะดีที่สุดคือ 5 ชั่วโมง
   3) ระยะห่างระหว่างลูกกลิ้ง 1 มิลลิเมตร

4) ประสิทธิภาพการกะเทาะสูงสุด 68.6 เปอร์เซ็นต์

5) การสูญเสีย 3.4 เปอร์เซ็นต์

**4. สรุปผลการทดลองหลังการแยกขนาด**

แยกขนาดได้ 2 ขนาดคือ ขนาดกลาง(เบอร์ M) และขนาดใหญ่ (เบอร์ L)

ขนาดกลาง(เบอร์ M) มีความกว้าง ยาวและหนา อยู่ระหว่าง 7.5 – 12.0, 13.5 – 20.0 และ 5.0 – 7.0 มิลลิเมตร ตามลำดับ

1) ความเร็วที่ให้ผลการกะเทาะดีที่สุด 600 รอบต่อนาที

2) เวลาการแช่น้ำที่ให้ผลการกะเทาะดีที่สุดคือ 5 ชั่วโมง

3) ระยะห่างระหว่างลูกกลิ้ง 1.2 มิลลิเมตร

4) ประสิทธิภาพการกะเทาะสูงสุด 73.1 เปอร์เซ็นต์

5) การสูญเสีย 10.2 เปอร์เซ็นต์

6) อัตราการผลิต 32 กิโลกรัมต่อชั่วโมงสำหรับเมล็ดแห้ง

ขนาดใหญ่ (เบอร์ L) มีความกว้าง ยาวและหนา อยู่ระหว่าง 10.0 – 14.0, 15.0 – 20.0 และ 5.0 – 8.0 มิลลิเมตร ตามลำดับ

1) ความเร็วที่ให้ผลการกะเทาะดีที่สุด 400 รอบต่อนาที

2) เวลาการแช่น้ำที่ให้ผลการกะเทาะดีที่สุดคือ 3 ชั่วโมง

3) ระยะห่างระหว่างลูกกลิ้ง 2.4 มิลลิเมตร

4) ประสิทธิภาพการกะเทาะสูงสุด 86.5 เปอร์เซ็นต์

5) การสูญเสีย 17.7 เปอร์เซ็นต์

6) อัตราการผลิต 25 กิโลกรัมต่อชั่วโมงสำหรับเมล็ดแห้ง

**5. สรุปการนำเครื่องกะเทาะเมล็ดถั่วแปจีไปใช้งาน**

จากการสรุปผลการทดลองหลังการแยกขนาด เพื่อให้ง่ายต่อการนำไปใช้งาน จะพิจารณาถึงระยะเวลาการแช่น้ำของเมล็ดเป็นหลัก โดยควรใช้เวลาในการแช่น้อยที่สุดเพื่อให้อัตราการผลิตในแต่ละวันเพิ่มมากขึ้น ซึ่งจะทำให้ได้ผลกำไรมากขึ้นด้วย เมื่อพิจารณาตัวแปรทั้งหมดแล้วควรใช้

1) เวลาการแช่น้ำ 3 ชั่วโมง

2) ความเร็ว 400 รอบต่อนาที

3) ระยะห่างระหว่างลูกกลิ้ง 2.1 และ 2.4 มิลลิเมตร สำหรับเมล็ดเบอร์ M และ L ตามลำดับ

**5.3 ข้อเสนอแนะ**

การทำงานของเครื่องกะเทาะเมล็ดถั่วแปจียังไม่สามารถทำงานให้มีประสิทธิภาพตามการออกแบบ ดังนั้นจึงควรทำการแก้ไขให้ดีขึ้นเช่น

1. ออกแบบเครื่องแยกขนาดเมล็ดเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการกะเทาะ
2. ศึกษาแนวทางการแยกเปลือกและเมล็ดออกจากกันสำหรับกระบวนการขั้นต่อไป

# บรรณานุกรม


1. คู่มือสร้างเครื่องจักรกลเกษตรสำหรับถั่วลิสง. โครงการเครื่องจักรกลเกษตรสำหรับถั่วลิสง โดยความสนับสนุนของ The International Development Research Center (IRDC, Canada)
2. เครือวัลย์ อัตตะวิริยะสุข. 2534. คุณภาพเมล็ดข้าวทางกายภาพและการแปรสภาพเมล็ด. ศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี สถาบันวิจัยข้าว กรมวิชาการเกษตร.
3. จิราภรณ์ เบญจประกายรัตน์ และ พิชิต กิตตินนท์. 2544. การออกแบบเครื่องกะเทาะข้าวกล้องขนาดครอบครัว. วารสารเทคโนโลยีวิศวกรรมเกษตร (Thai Agricultural Engineering Technology Journal) ปีที่ 1 ฉบับที่ 1 มกราคม – มิถุนายน 2544 หน้า 67-76.
4. บัณฑิต จริโมภาส. 2533. คุณสมบัติทางกายภาพผลิตผลเกษตร (Physical Properties of Agricultural Products). ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จ.นครปฐม.
5. สุรเวทย์ กฤษณะเศรณี. 2540. เครื่องจักรกลเกษตรสำหรับถั่วเหลือง. เกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
6. สมนึก ชูศิลป์ และ สมโภชน์ สุดาจันทร์. 2544. คุณสมบัติทางกายภาพของเมล็ดกระบก รายงานการประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมแห่งประเทศไทย "วิศวกรรมศาสตร์กับวิชาการสร้างสรรค์แห่งสหัสวรรษใหม่" ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น วันที่ 25-26 ม.ค. 2544.
7. สมบูรณ์ เกียรตินันทน์, เพ็ญนภา ทรัพย์เจริญ, กัญจนา ดีวิเศษ, พรทิพย์ เติมวิเศษ, ภัทราพร ตั้งสุขฤทัย, นวลจันทร์ ใจอารีย์และ กมลพรรณ โอวาทสุวรรณ. 2544. การศึกษาทางมานุษยวิทยาโภชนาการ: กรณีถั่ว. สถาบันการแพทย์แผนไทย กระทรวงสาธารณสุข ประจำปีงบประมาณ 2544.
8. Apiporn Adulpichit, Pornlada Nakakete, Julianingsih and Girish Ganjyal. Rice Milling and Material Handling and Design of a Rice Mill System. Posttharvest and Food Engineering Asian Institute of Technology Bongkok, Thailand
9. Garibaldi, F. 1974. Rice milling equipment operation and maintenance. Food and Agriculture Arganization of the United Nations. Rome 1974.

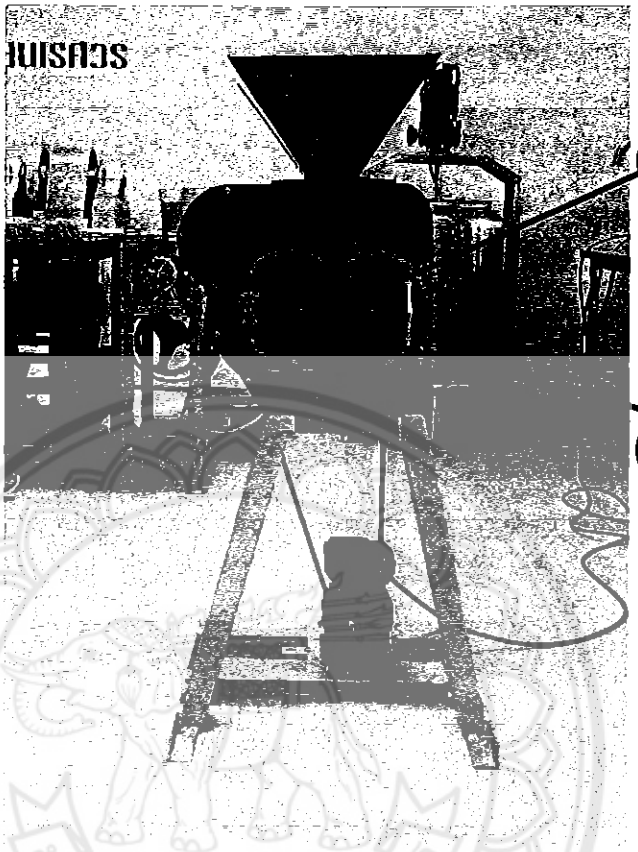
# บรรณานุกรม


1. คู่มือสร้างเครื่องจักรกลเกษตรสำหรับถั่วลิสง, โครงการเครื่องจักรกลเกษตรสำหรับถั่วลิสง โดยความสนับสนุนของ The International Development Research Center (IRDC, Canada)
2. เครือวัลย์ อัตตะวิริยะสุข. 2534. คุณภาพเมล็ดข้าวทางกายภาพและการแปรสภาพเมล็ด. ศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี สถาบันวิจัยข้าว กรมวิชาการเกษตร.
3. จิราภรณ์ เบญจประกายรัตน์ และ พิชิต กิตตินนท์. 2544. การออกแบบเครื่องกะเทาะข้าวกล้องขนาดครอบครัว. วารสารเทคโนโลยีวิศวกรรมเกษตร (Thai Agricultural Engineering Technology Journal) ปีที่ 1 ฉบับที่ 1 มกราคม – มิถุนายน 2544 หน้า 67-76.
4. บัณฑิต จริโมภาส. 2533. คุณสมบัติทางกายภาพผลิตผลเกษตร (Physical Properties of Agricultural Products). ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จ.นครปฐม.
5. สุรเวทย์ กฤษณะเศรณี. 2540. เครื่องจักรกลเกษตรสำหรับถั่วเหลือง. เกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
6. สมนึก ชูศิลป์ และ สมโภชน์ สุดาจันทร์. 2544. คุณสมบัติทางกายภาพของเมล็ดกระบก รายงานการประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมแห่งประเทศไทย "วิศวกรรมศาสตร์กับวิชาการสร้างสรรค์แห่งสหัสวรรษใหม่" ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น วันที่ 25-26 ม.ค. 2544.
7. สมบูรณ์ เกียรตินันทน์, เพ็ญนภา ทรัพย์เจริญ, กัญจนา ดีวิเศษ, พรทิพย์ เติมวิเศษ, ภัทราพร ตั้งสุขฤทัย, นวลจันทร์ ใจอารีย์และ กมลพรรณ โอวาทสุวรรณ. 2544. การศึกษาทางมานุษยวิทยาโภชนาการ: กรณีถั่ว. สถาบันการแพทย์แผนไทย กระทรวงสาธารณสุข ประจำปีงบประมาณ 2544.
8. Apiporn Adulpichit, Pornlada Nakakete, Julianingsih and Girish Ganjyal. Rice Milling and Material Handling and Design of a Rice Mill System. Postharvest and Food Engineering Asian Institute of Technology Bongkok, Thailand
9. Garibaldi, F. 1974. Rice milling equipment operation and maintenance. Food and Agriculture Arganization of the United Nations. Rome 1974.

# ภาคผนวก

# ภาคผนวก ก

# รูปเครื่องกะเทาะเปลือกเมล็ดถั่วแปจี




รูปที่ ก เครื่องกะเทาะเปลือกถั่วแปจี

## คุณสมบัติของเครื่อง

| | | | |
|---|---|---|---|
| 1. | ขนาดเครื่อง(กว้าง x ยาว x สูง) | 50 x 55 x 102.5 | *cm* |
| 2. | ปริมาตรถังป้อนเมล็ด | 4,450 | $cm^3$ |
| 3. | มอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟสขนาด | 1 | Hp |
| 4. | ความเร็วรอบมอเตอร์ที่เหมาะสม | 400 | rpm |
| 5. | ความเร็วรอบลูกกลิ้งตัวที่ 1 | 400 | rpm |
| 6. | ความเร็วรอบลูกกลิ้งตัวที่ 2 | 133 | rpm |
| 7. | ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลูกกลิ้ง(2 ลูก ) | 4 | inch. |
| 8. | อัตราการผลิต(เมล็ดแห้ง) | 25-32 | kg/hr |

# ภาคผนวก ข

# ผลการทดลอง

# ตารางบันทึกผลประสิทธิภาพการกะเทาะ การสูญเสียและการสูญเสียโดยรวม

## ก่อนการแก้ไข

**เวลาการแช่ 2 ชม. ระยะห่างลูกกลิ้ง 1 มม.**

| ความเร็วรอบ rpm | ประสิทธิภาพ | การสูญเสีย | การสูญเสียโดยรวม | ผลต่าง |
|---|---|---|---|---|
| 400 | 60.6 | 17.9 | 50.3 | 42.6 |
| 600 | 68.5 | 29.2 | 51.5 | 39.3 |
| 800 | 69.3 | 32.4 | 53.2 | 36.9 |
| 1000 | 68.1 | 35.5 | 56.1 | 32.6 |
| 1200 | 65.2 | 33.4 | 56.6 | 31.8 |
| 1400 | 60.6 | 29.8 | 57.5 | 30.7 |
| 1600 | 60.2 | 31.3 | 58.6 | 29.0 |

**เวลาการแช่ 3 ชม. ระยะห่างลูกกลิ้ง 1 มม.**

| ความเร็วรอบ rpm | ประสิทธิภาพ | การสูญเสีย | การสูญเสียโดยรวม | ผลต่าง |
|---|---|---|---|---|
| 400 | 68.6 | 18.6 | 44.1 | 50.0 |
| 600 | 71.1 | 20.6 | 43.6 | 50.4 |
| 800 | 68.0 | 20.9 | 46.2 | 47.1 |
| 1000 | 59.9 | 20.5 | 52.4 | 39.4 |
| 1200 | 57.8 | 15.7 | 51.3 | 42.0 |
| 1400 | 59.9 | 21.5 | 53.0 | 38.4 |
| 1600 | 56.6 | 17.7 | 53.4 | 39.0 |

**เวลาการแช่ 4 ชม. ระยะห่างลูกกลิ้ง 1 มม.**

| ความเร็วรอบ rpm | ประสิทธิภาพ | การสูญเสีย | การสูญเสียโดยรวม | ผลต่าง |
|---|---|---|---|---|
| 400 | 63.8 | 21.0 | 49.6 | 42.8 |
| 600 | 68.8 | 19.7 | 44.8 | 49.0 |
| 800 | 66.9 | 22.2 | 47.9 | 44.7 |
| 1000 | 69.1 | 23.2 | 47.0 | 45.9 |
| 1200 | 71.0 | 26.4 | 47.8 | 44.6 |
| 1400 | 65.4 | 28.9 | 53.5 | 36.5 |
| 1600 | 65.5 | 32.2 | 55.6 | 33.3 |

**เวลาการแช่ 5 ชม. ระยะห่างลูกกลิ้ง 1 มม.**

| ความเร็วรอบ rpm | ประสิทธิภาพ | การสูญเสีย | การสูญเสียโดยรวม | ผลต่าง |
|---|---|---|---|---|
| 400 | 75.2 | 12.8 | 34.5 | 62.4 |
| 600 | 68.6 | 3.4 | 33.7 | 65.2 |
| 800 | 64.2 | 17.6 | 47.1 | 46.6 |
| 1000 | 55.4 | 6.3 | 48.1 | 49.1 |
| 1200 | 61.6 | 10.4 | 44.8 | 51.1 |
| 1400 | 60.0 | 19.6 | 51.7 | 40.4 |
| 1600 | 56.0 | 11.8 | 50.6 | 44.1 |

## หลังการคัดขนาด

**เวลาการแช่ 3 ชม. ขนาดเมล็ด M ระยะห่างลูกกลิ้ง 1 มม.**

| ความเร็วรอบ rpm | ประสิทธิภาพ | การสูญเสีย | การสูญเสียโดยรวม | ผลต่าง |
|---|---|---|---|---|
| 400 | 60.0 | 10.5 | 46.3 | 49.5 |
| 600 | 65.1 | 12.3 | 42.9 | 52.8 |
| 800 | 60.5 | 14.1 | 48.0 | 46.4 |
| 1000 | 54.9 | 14.9 | 53.3 | 40.0 |
| 1200 | 51.0 | 16.7 | 57.5 | 34.3 |

**เวลาการแช่ 3 ชม. ขนาดเมล็ด L ระยะห่างลูกกลิ้ง 1.4 มม.**

| ความเร็วรอบ rpm | ประสิทธิภาพ | การสูญเสีย | การสูญเสียโดยรวม | ผลต่าง |
|---|---|---|---|---|
| 400 | 79.6 | 13.1 | 30.8 | 66.5 |
| 600 | 62.4 | 12.8 | 45.6 | 49.6 |
| 800 | 57.6 | 9.8 | 48.0 | 47.8 |
| 1000 | 54.9 | 13.2 | 52.3 | 41.8 |
| 1200 | 56.6 | 20.2 | 54.9 | 36.3 |

เวลาการแช่ 3 ชม. ขนาดเมล็ด M ระยะห่างลูกกลิ้ง 1.5 มม.

| ความเร็วรอบ rpm | ประสิทธิภาพ | การสูญเสีย | การสูญเสียโดยรวม | ผลต่าง |
|---|---|---|---|---|
| 400 | 56.9 | 12.0 | 49.9 | 45.0 |
| 600 | 65.5 | 9.6 | 40.8 | 55.9 |
| 800 | 60.0 | 14.9 | 49.0 | 45.1 |
| 1000 | 52.8 | 30.6 | 63.4 | 22.1 |
| 1200 | 60.7 | 23.2 | 53.4 | 37.5 |

เวลาการแช่ 3 ชม. ขนาดเมล็ด L ระยะห่างลูกกลิ้ง 1.9 มม.

| ความเร็วรอบ rpm | ประสิทธิภาพ | การสูญเสีย | การสูญเสียโดยรวม | ผลต่าง |
|---|---|---|---|---|
| 400 | 79.8 | 20.4 | 36.5 | 59.4 |
| 600 | 74.8 | 25.1 | 44.0 | 49.7 |
| 800 | 63.6 | 20.4 | 49.4 | 43.2 |
| 1000 | 65.7 | 29.9 | 54.0 | 35.8 |
| 1200 | 70.1 | 29.3 | 50.4 | 40.9 |

เวลาการแช่ 3 ชม. ขนาดเมล็ด M ระยะห่างลูกกลิ้ง 2.1 มม.

| ความเร็วรอบ rpm | ประสิทธิภาพ | การสูญเสีย | การสูญเสียโดยรวม | ผลต่าง |
|---|---|---|---|---|
| 400 | 70.2 | 10.8 | 37.4 | 59.4 |
| 600 | 72.0 | 11.9 | 36.5 | 60.1 |
| 800 | 63.0 | 9.8 | 43.1 | 53.3 |
| 1000 | 60.7 | 12.9 | 47.2 | 47.8 |
| 1200 | 52.4 | 11.8 | 53.8 | 40.6 |

เวลาการแช่ 3 ชม. ขนาดเมล็ด L ระยะห่างลูกกลิ้ง 2.4 มม.

| ความเร็วรอบ rpm | ประสิทธิภาพ | การสูญเสีย | การสูญเสียโดยรวม | ผลต่าง |
|---|---|---|---|---|
| 400 | 86.5 | 17.7 | 28.8 | 68.9 |
| 600 | 76.2 | 14.1 | 34.5 | 62.1 |
| 800 | 86.4 | 20.7 | 31.5 | 65.7 |
| 1000 | 68.0 | 16.7 | 43.3 | 51.4 |
| 1200 | 60.2 | 30.2 | 58.0 | 30.0 |

เวลาการแช่ 4 ชม. ขนาดเมล็ด M ระยะห่างลูกกลิ้ง 1.2 มม.

| ความเร็วรอบ rpm | ประสิทธิภาพ | การสูญเสีย | การสูญเสียโดยรวม | ผลต่าง |
|---|---|---|---|---|
| 400 | 69.3 | 11.4 | 38.6 | 57.9 |
| 600 | 70.4 | 8.9 | 35.9 | 61.5 |
| 800 | 56.2 | 9.8 | 49.3 | 46.5 |
| 1000 | 54.2 | 12.3 | 52.5 | 41.9 |
| 1200 | 53.7 | 12.1 | 52.8 | 41.6 |

เวลาการแช่ 4 ชม. ขนาดเมล็ด L ระยะห่างลูกกลิ้ง 1.5 มม.

| ความเร็วรอบ rpm | ประสิทธิภาพ | การสูญเสีย | การสูญเสียโดยรวม | ผลต่าง |
|---|---|---|---|---|
| 400 | 61.2 | 2.8 | 40.5 | 58.4 |
| 600 | 58.1 | 8.1 | 46.6 | 50.0 |
| 800 | 54.0 | 5.2 | 48.8 | 48.8 |
| 1000 | 51.1 | 2.0 | 50.0 | 49.1 |
| 1200 | 42.9 | 10.7 | 61.7 | 32.2 |

เวลาการแช่ 4 ชม. ขนาดเมล็ด M ระยะห่างลูกกลิ้ง 1.6 มม.

| ความเร็วรอบ rpm | ประสิทธิภาพ | การสูญเสีย | การสูญเสียโดยรวม | ผลต่าง |
|---|---|---|---|---|
| 400 | 69.6 | 18.5 | 43.3 | 51.1 |
| 600 | 69.9 | 15.8 | 41.2 | 54.1 |
| 800 | 65.7 | 16.7 | 45.3 | 49.0 |
| 1000 | 51.0 | 15.0 | 56.7 | 36.0 |
| 1200 | 56.9 | 29.7 | 60.0 | 27.2 |

เวลาการแช่ 4 ชม. ขนาดเมล็ด L ระยะห่างลูกกลิ้ง 2 มม.

| ความเร็วรอบ rpm | ประสิทธิภาพ | การสูญเสีย | การสูญเสียโดยรวม | ผลต่าง |
|---|---|---|---|---|
| 400 | 52.7 | 8.4 | 51.7 | 44.3 |
| 600 | 48.4 | 6.4 | 54.7 | 42.0 |
| 800 | 45.8 | 3.5 | 55.8 | 42.2 |
| 1000 | 38.3 | 11.0 | 65.9 | 27.3 |
| 1200 | 38.0 | 17.1 | 68.5 | 20.9 |

เวลาการแช่ 4 ชม. ขนาดเมล็ด M ระยะห่างลูกกลิ้ง 2 มม.

| ความเร็วรอบ rpm | ประสิทธิภาพ | การสูญเสีย | การสูญเสียโดยรวม | ผลต่าง |
|---|---|---|---|---|
| 400 | 69.4 | 14.7 | 40.8 | 54.7 |
| 600 | 66.4 | 16.7 | 44.7 | 49.7 |
| 800 | 64.3 | 18.8 | 47.8 | 45.5 |
| 1000 | 61.7 | 24.3 | 53.3 | 37.4 |
| 1200 | 59.7 | 27.8 | 56.9 | 32.0 |

เวลาการแช่ 4 ชม. ขนาดเมล็ด L ระยะห่างลูกกลิ้ง 2.4 มม.

| ความเร็วรอบ rpm | ประสิทธิภาพ | การสูญเสีย | การสูญเสียโดยรวม | ผลต่าง |
|---|---|---|---|---|
| 400 | 58.8 | 8.0 | 45.9 | 50.8 |
| 600 | 46.4 | 11.0 | 58.7 | 35.4 |
| 800 | 54.1 | 7.6 | 50.0 | 46.5 |
| 1000 | 45.9 | 17.2 | 62.0 | 28.8 |
| 1200 | 41.3 | 20.2 | 67.1 | 21.0 |

เวลาการแช่ 5 ชม. ขนาดเมล็ด M ระยะห่างลูกกลิ้ง 1.2 มม.

| ความเร็วรอบ rpm | ประสิทธิภาพ | การสูญเสีย | การสูญเสียโดยรวม | ผลต่าง |
|---|---|---|---|---|
| 400 | 70.3 | 9.6 | 36.4 | 60.7 |
| 600 | 73.1 | 10.2 | 34.3 | 62.9 |
| 800 | 66.3 | 11.9 | 41.6 | 54.3 |
| 1000 | 57.8 | 16.6 | 51.8 | 41.2 |
| 1200 | 57.0 | 13.4 | 50.6 | 43.6 |

เวลาการแช่ 5 ชม. ขนาดเมล็ด L ระยะห่างลูกกลิ้ง 1.6 มม.

| ความเร็วรอบ rpm | ประสิทธิภาพ | การสูญเสีย | การสูญเสียโดยรวม | ผลต่าง |
|---|---|---|---|---|
| 400 | 64.2 | 21.0 | 49.3 | 43.2 |
| 600 | 60.4 | 16.4 | 49.5 | 44.0 |
| 800 | 56.6 | 14.1 | 51.4 | 42.4 |
| 1000 | 55.3 | 18.2 | 54.8 | 37.1 |
| 1200 | 53.9 | 29.2 | 61.8 | 24.7 |

เวลาการแช่ 5 ชม. ขนาดเมล็ด M ระยะห่างลูกกลิ้ง 1.5 มม.

| ความเร็วรอบ rpm | ประสิทธิภาพ | การสูญเสีย | การสูญเสียโดยรวม | ผลต่าง |
|---|---|---|---|---|
| 400 | 74.5 | 17.6 | 38.6 | 56.9 |
| 600 | 64.3 | 19.5 | 48.3 | 44.8 |
| 800 | 71.1 | 19.7 | 42.9 | 51.4 |
| 1000 | 67.6 | 19.5 | 45.6 | 48.1 |
| 1200 | 58.8 | 22.9 | 54.7 | 35.9 |

เวลาการแช่ 5 ชม. ขนาดเมล็ด L ระยะห่างลูกกลิ้ง 2.1 มม.

| ความเร็วรอบ rpm | ประสิทธิภาพ | การสูญเสีย | การสูญเสียโดยรวม | ผลต่าง |
|---|---|---|---|---|
| 400 | 64.6 | 9.2 | 41.3 | 55.5 |
| 600 | 61.6 | 21.4 | 51.6 | 40.2 |
| 800 | 55.0 | 17.9 | 54.8 | 37.1 |
| 1000 | 58.5 | 21.7 | 54.2 | 36.8 |
| 1200 | 55.5 | 19.3 | 55.2 | 36.2 |

เวลาการแช่ 5 ชม. ขนาดเมล็ด M ระยะห่างลูกกลิ้ง 1.9 มม.

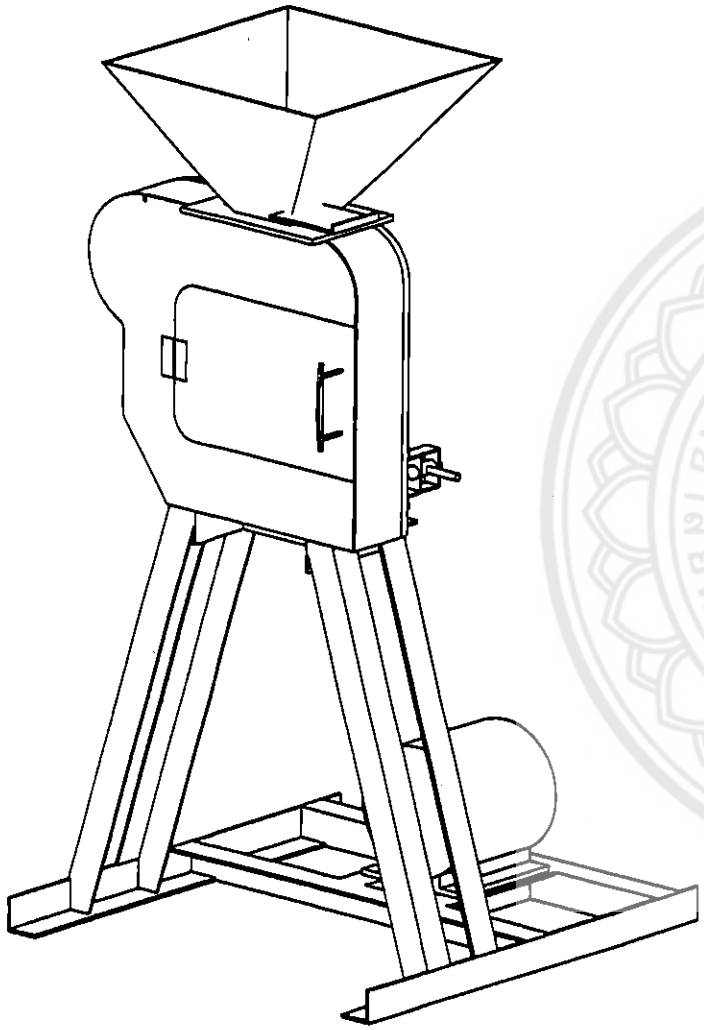
| ความเร็วรอบ rpm | ประสิทธิภาพ | การสูญเสีย | การสูญเสียโดยรวม | ผลต่าง |
|---|---|---|---|---|
| 400 | 71.9 | 19.9 | 42.4 | 52.0 |
| 600 | 62.1 | 9.9 | 44.1 | 52.1 |
| 800 | 67.4 | 16.7 | 43.8 | 50.7 |
| 1000 | 64.3 | 26.6 | 52.8 | 37.6 |
| 1200 | 58.5 | 36.2 | 62.7 | 22.2 |

เวลาการแช่ 5 ชม. ขนาดเมล็ด L ระยะห่างลูกกลิ้ง 2.6 มม.

| ความเร็วรอบ rpm | ประสิทธิภาพ | การสูญเสีย | การสูญเสียโดยรวม | ผลต่าง |
|---|---|---|---|---|
| 400 | 57.4 | 6.4 | 46.2 | 51.1 |
| 600 | 55.7 | 8.3 | 48.9 | 47.4 |
| 800 | 57.1 | 7.9 | 47.4 | 49.2 |
| 1000 | 57.9 | 22.2 | 55.0 | 35.7 |
| 1200 | 59.6 | 23.9 | 54.6 | 35.7 |

# ภาคผนวก ค

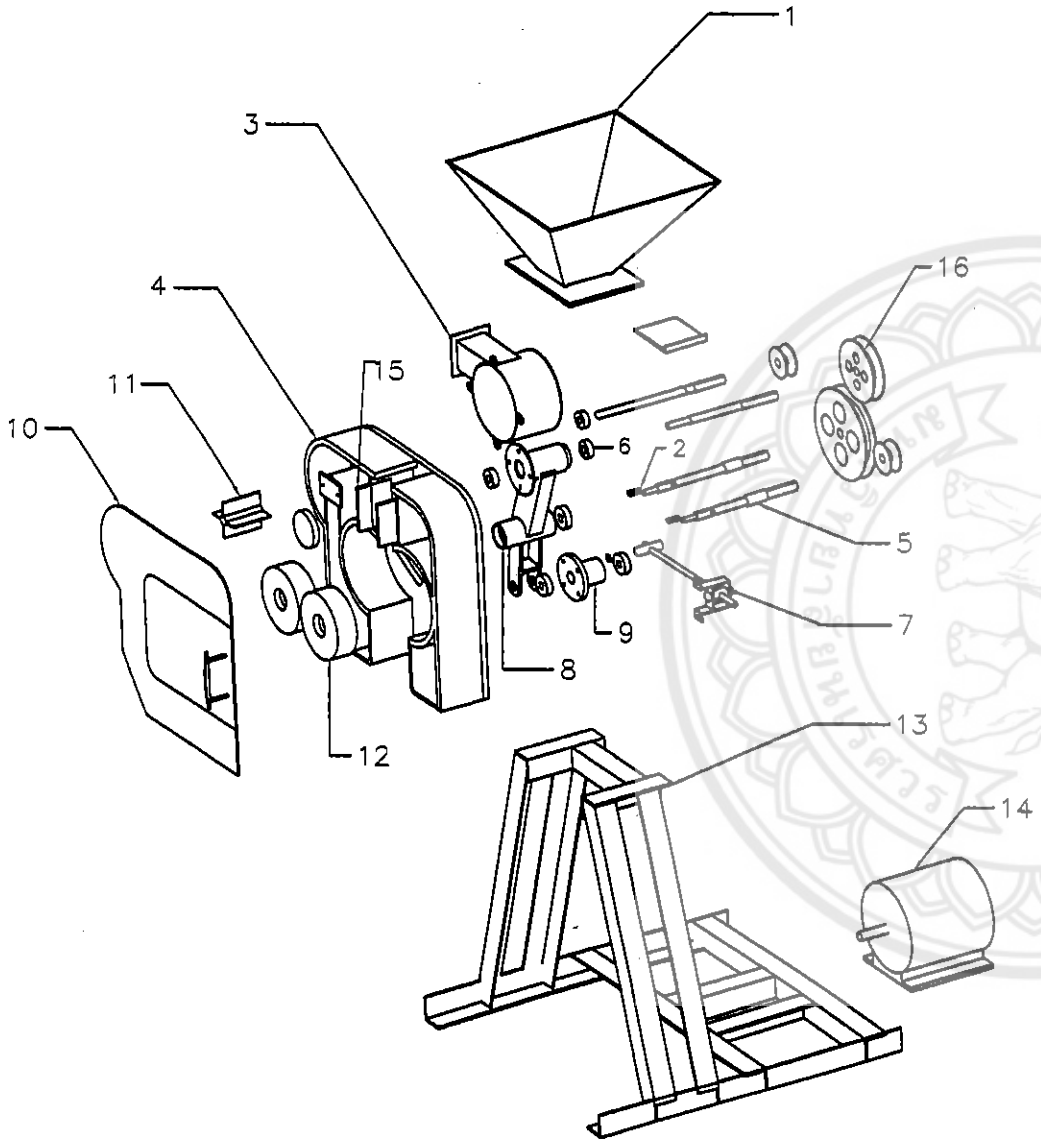
# แบบ Drawing แสดงส่วนประกอบต่าง ๆ ของเครื่องกะเทาะเปลือกเมล็ดถั่วแปจี



| คุณสมบัติทางเทคนิคของเครื่องกระเทาะเปลือกถั่ว | |
|---|---|
| ขนาดเครื่อง | กว้าง 50 ยาว 55 สูง 102.5 เซนติเมตร |
| ตัวส่งกำลัง | มอเตอร์ไฟฟ้า 3เฟส 1 Hp 1450 rpm + invester |
| อัตราทดที่ลูกกลิ้ง | อัตราทดที่ลูกกลิ้ง 1และ 2 กับมอเตอร์เท่ากับ 1:1 และ 1:3 |
| ความเร็วรอบที่เหมาะสม | 400 rpm ที่ มอเตอร์ |
| ถังป้อนเมล็ด | มีปริมาตร 4490 ลูกบาศเซนติเมตร |
| ชุดลูกกลิ้ง | ลูกกลิ้งขนาด 4 นิ้ว ผิวเทปตีนตุ๊กแก |
| ระยะ clearance | 0-2 เซนติเมตร |
| อัตราการผลิต | 25-32 Kg/hr (เมล็ดแห้ง) |

All dimensions are in centimeters

| FACULTY OF ENGINEERING NARESUAN UNIVERSITY | | |
|---|---|---|
| Isomatric | | |
| DN BY: Mechanical project | | SCALE: 1:1 |
| DATE: 10/09/49 | ID: Group Project | PLATE: 1/19 |



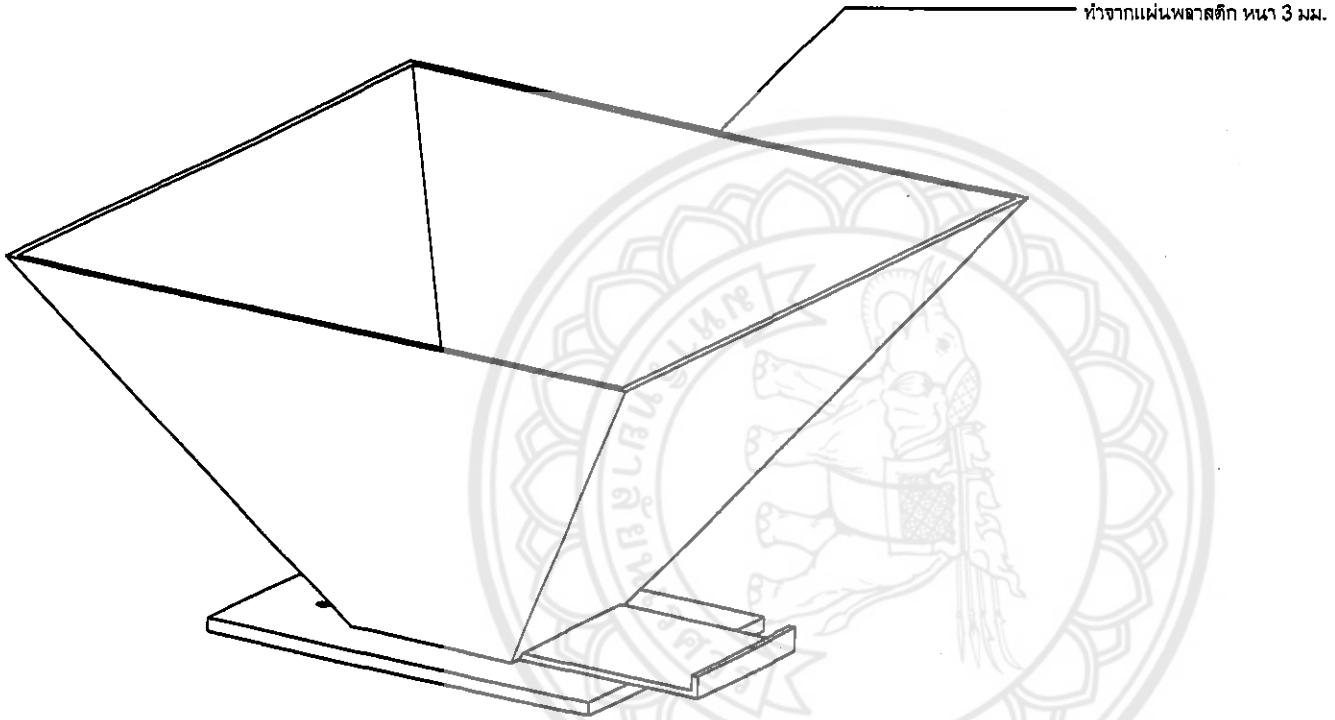

| No | Name | Quan | Note |
|---|---|---|---|
| 1 | Hopper | 1 | |
| 2 | Key 5x5 mm. | 2 | |
| 3 | Blower | 1 | |
| 4 | Housing cast iron | 1 | |
| 5 | Plastic cover and door | 1 | |
| 6 | Rolling baering | 8 | |
| 7 | Adjust of box baering | 1 | |
| 8 | Box baering 2 | 1 | |
| 9 | Adjustments | 1 | |
| 10 | Axle 1,2,3,4 | 4 | |
| 11 | Controling of flow | 1 | |
| 12 | Roller | 2 | |
| 13 | Structure Base | 1 | |
| 14 | Motor 3 Hp | 1 | |
| 15 | Plastic 3 mm. | 3 | |
| 16 | Pulley | 5 | |

All dimensions are in centimeters

FACULTY OF ENGINEERING NARESUAN UNIVERSITY

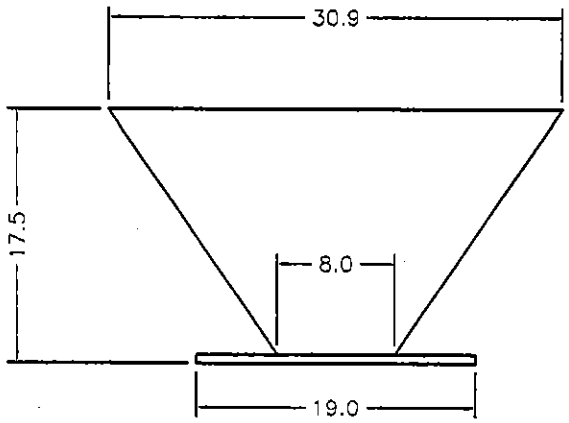
Assembly

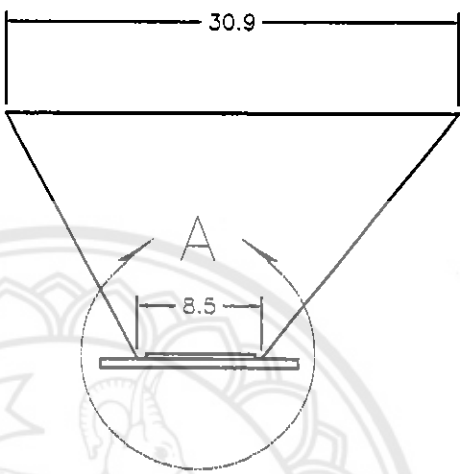
| | | |
|---|---|---|
| DN BY: Mechanical Project | | SCALE: 1:1 |
| DATE: 10/09/49 | ID: Group Project | PLATE: 02/19 |

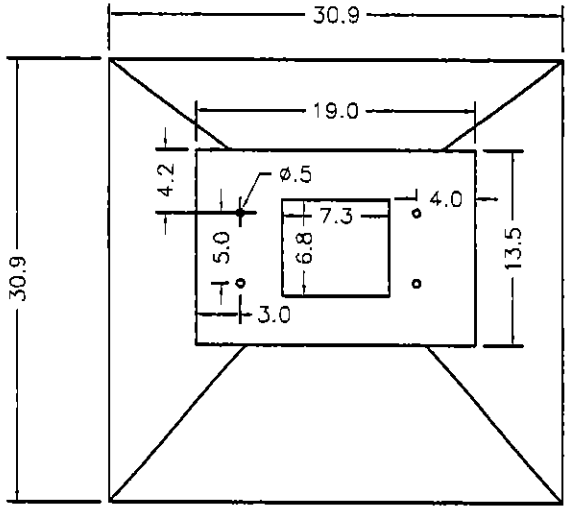


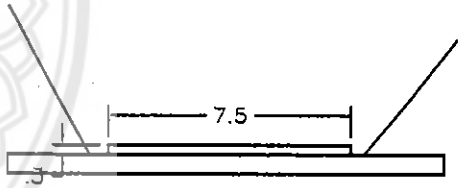

All dimensions are in centimeters

| FACULTY OF ENGINEERING NARESUAN UNIVERSITY | | |
|---|---|---|
| Hopper | | |
| DN BY: Mechanical Project | | SCALE: 1:1 |
| DATE: 10/09/49 | ID: Group Project | PLATE: 03/19 |

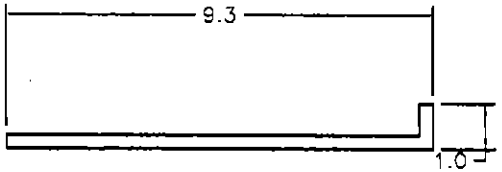


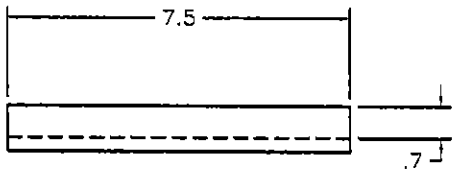



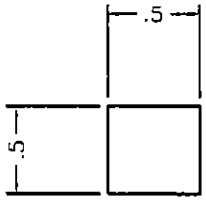

DETAIL A
SCALE 1:5.68182

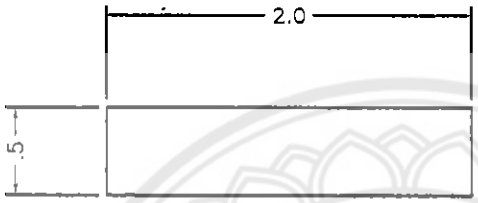


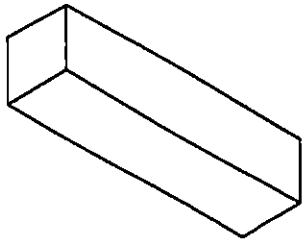




All dimensions are in centimeters

| FACULTY OF ENGINEERING NARESUAN UNIVERSITY | | |
|---|---|---|
| Hopper | | |
| DN BY: Mechanical Project | | SCALE: 1:1 |
| DATE: 10/09/49 | ID: Group Project | PLATE: 04/19 |

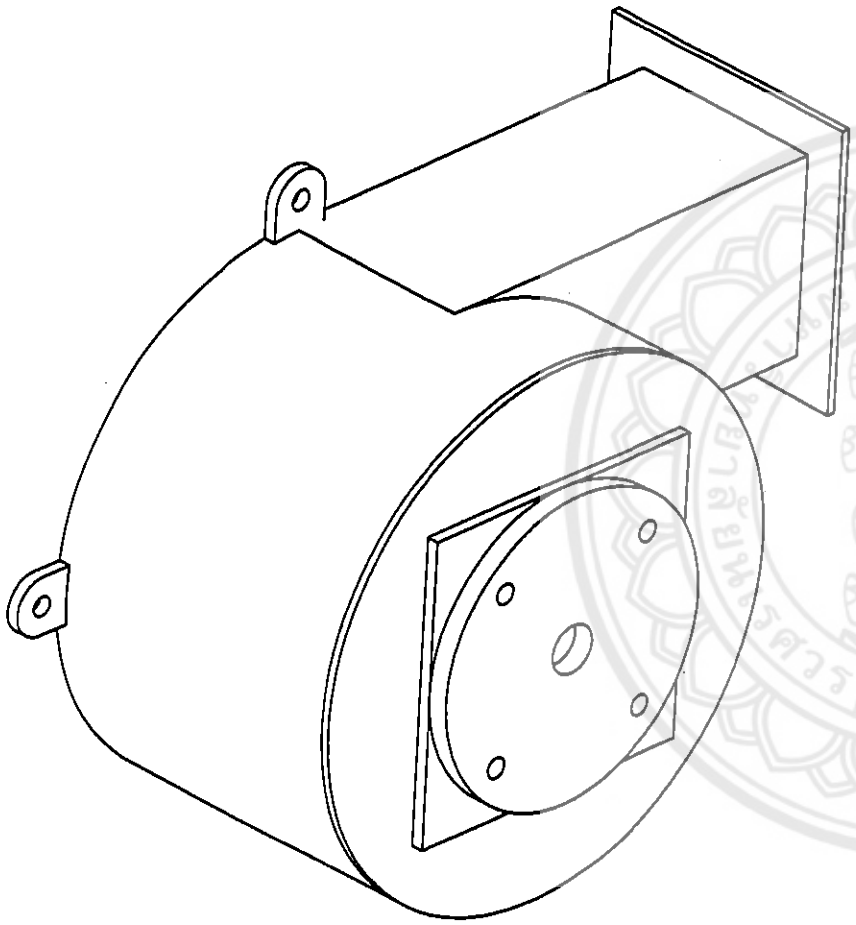


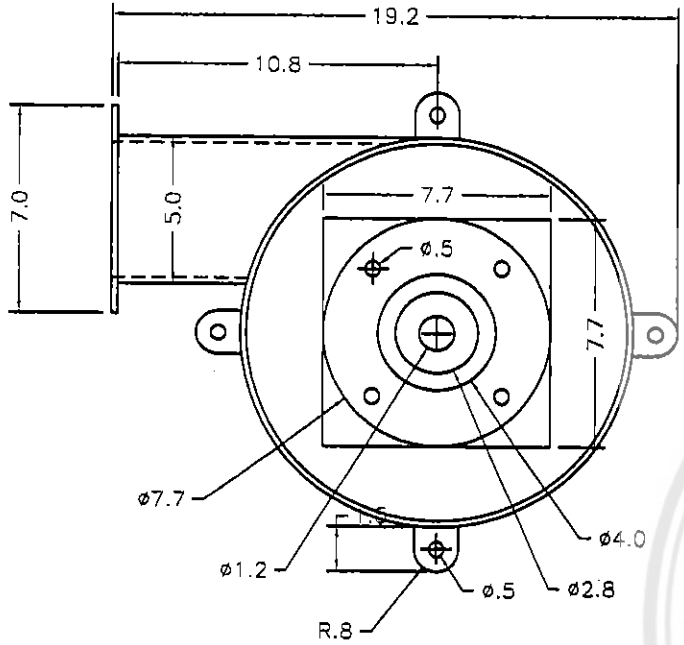
All dimensions are in centimeters

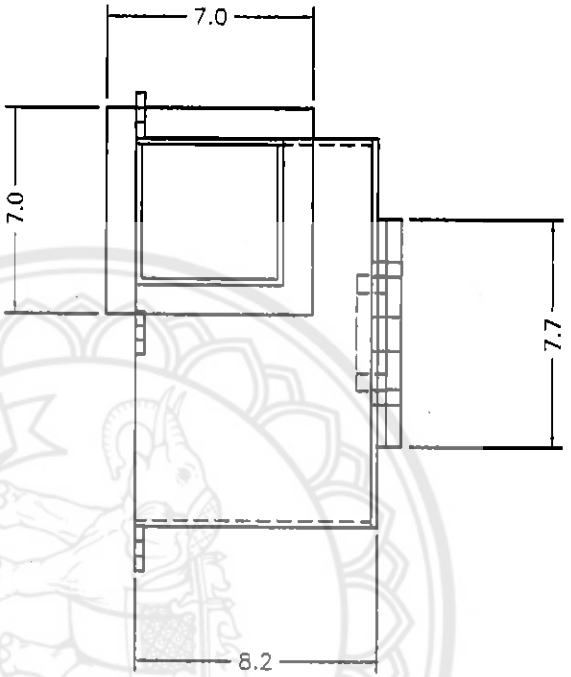
| FACULTY OF ENGINEERING NARESUAN UNIVERSITY | | |
|---|---|---|
| Key | | |
| DN BY: Mechanical Project | | SCALE: 1:1 |
| DATE: 10/09/49 | ID: Group Project | PLATE: 05/19 |

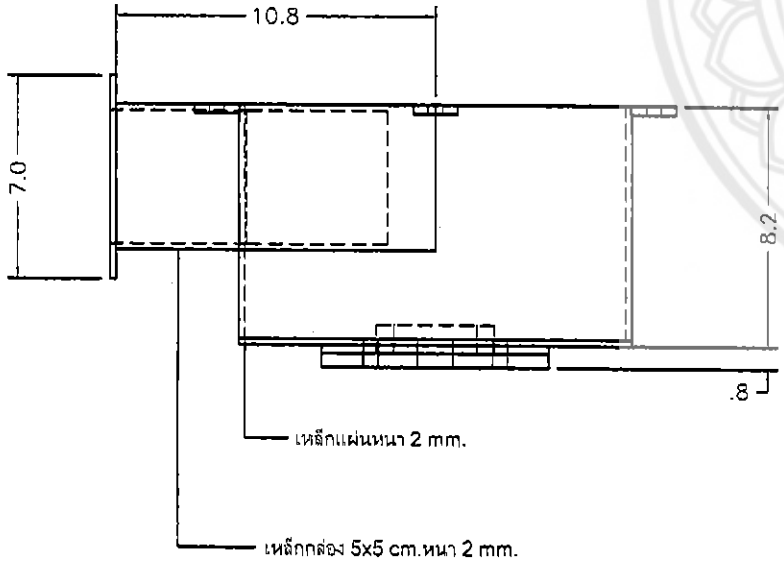


All dimensions are in centimeters

| FACULTY OF ENGINEERING NARESUAN UNIVERSITY | | |
|---|---|---|
| Blower | | |
| DN BY: Mechanical Project | | SCALE: 1:1 |
| DATE: 10/09/49 | ID: Group Project | PLATE: 06/19 |



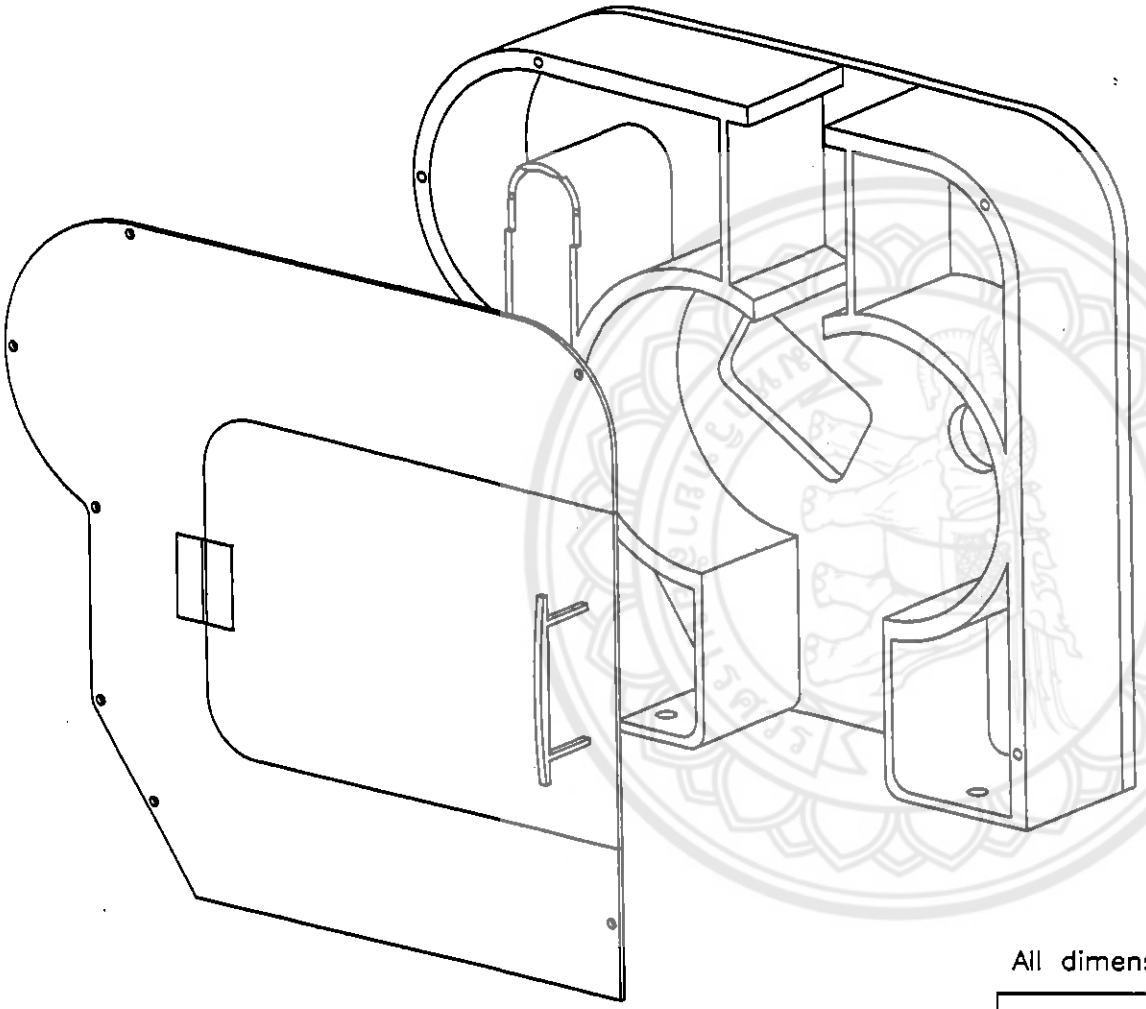




All dimensions are in centimeters

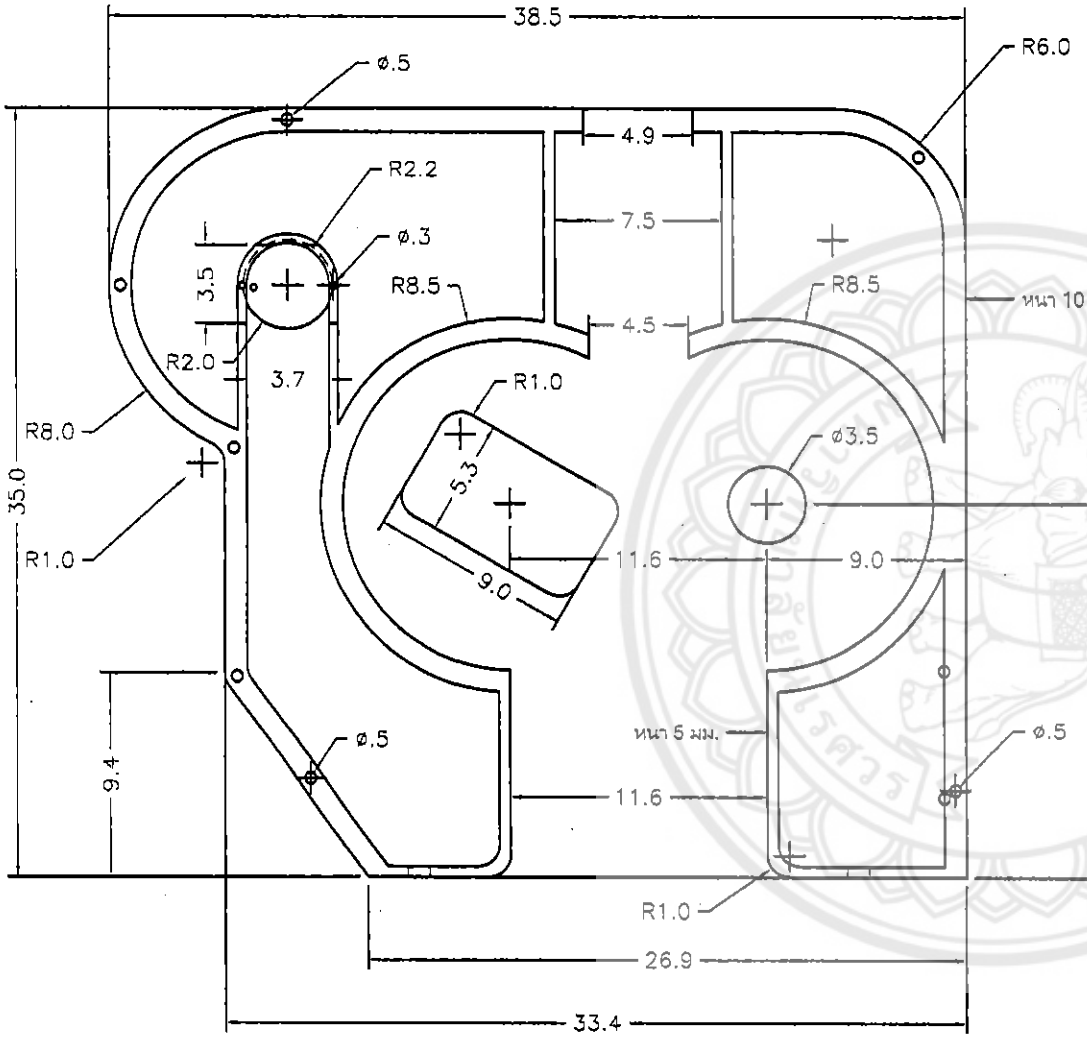
| FACULTY OF ENGINEERING NARESUAN UNIVERSITY | | |
|---|---|---|
| Blower | | |
| DN BY: Mechanical Project | | SCALE: 1:1 |
| DATE: 10/09/49 | ID: Group project | PLATE: 07/19 |

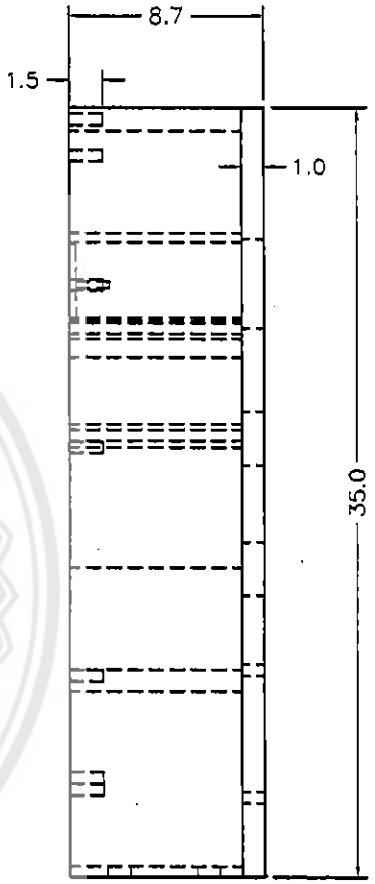
09



All dimensions are in centimeters

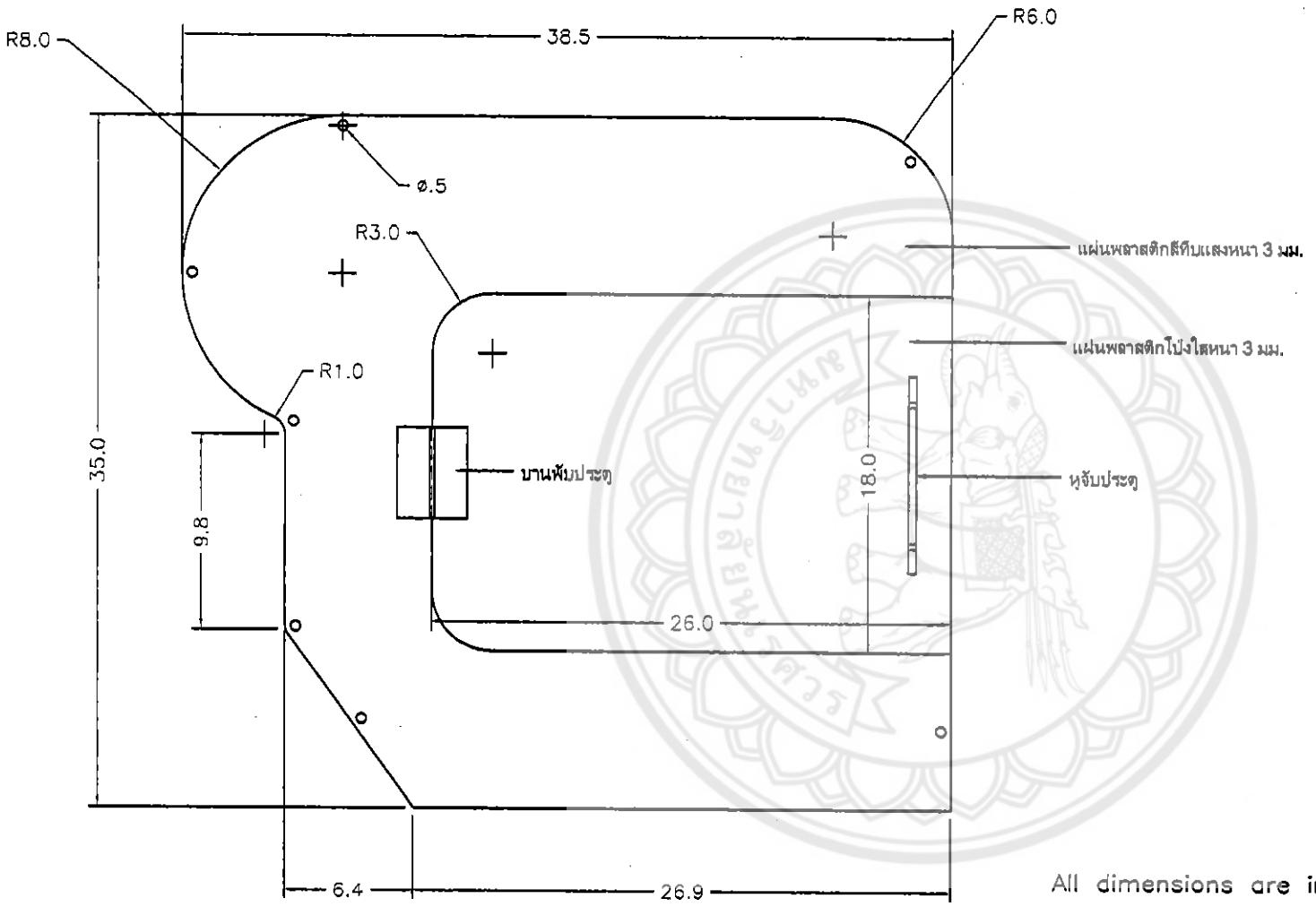
| FACULTY OF ENGINEERING NARESUAN UNIVERSITY | | |
|---|---|---|
| Housing cast iron | | |
| DN BY: Mechainal Project | | SCALE: 1:1 |
| DATE: 10/09/49 | ID: Group Project | PLATE: 8/19 |



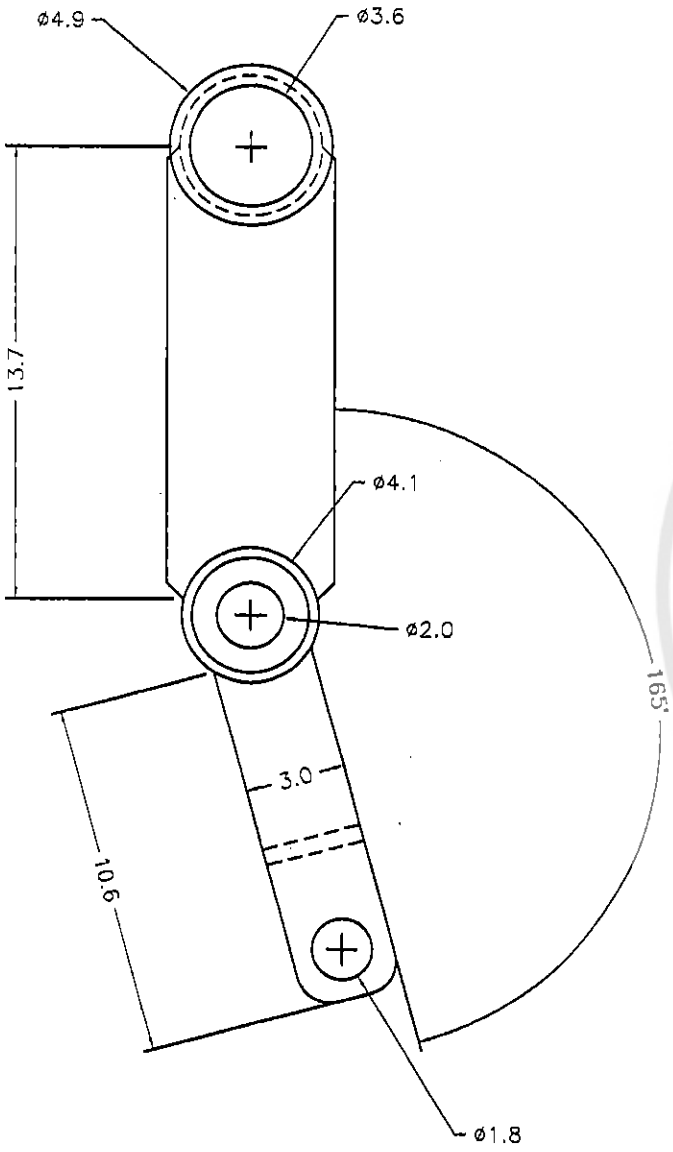

All dimensions are in centimeters

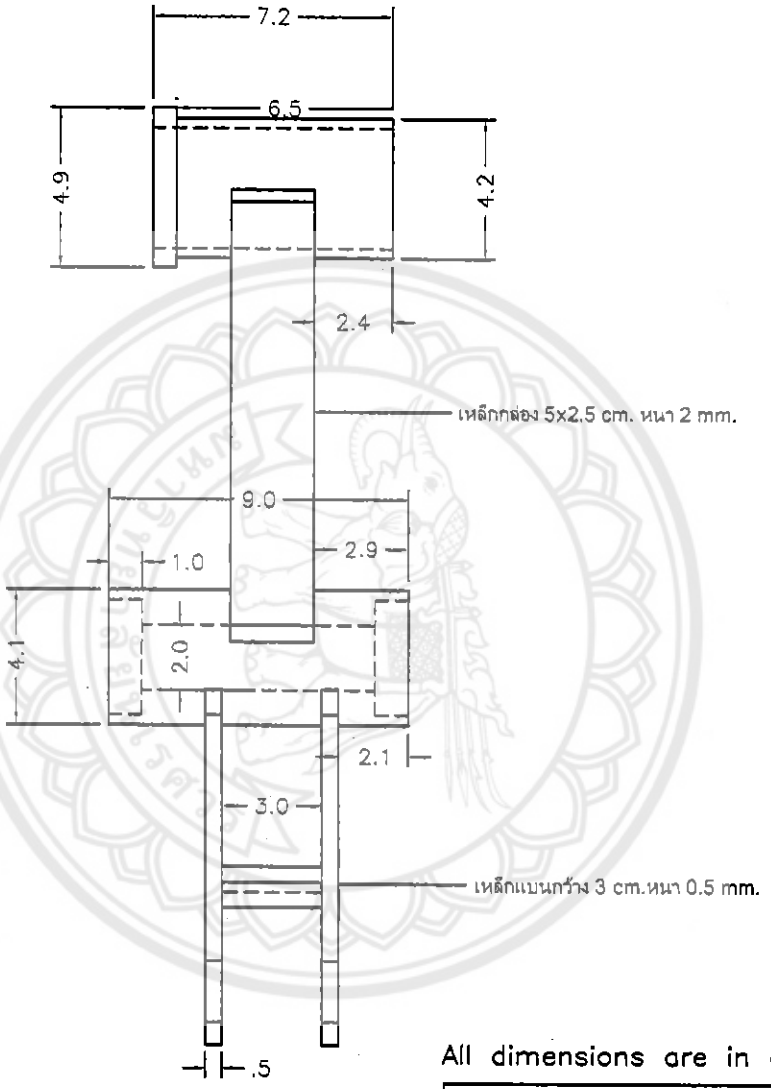
| FACULTY OF ENGINEERING NARESUAN UNIVERSITY | | |
|---|---|---|
| Housing cast iron | | |
| DN BY: Mechanical project | | SCALE: 1:1 |
| DATE: 10/09/49 | ID: Group Project | PLATE: 09/19 |

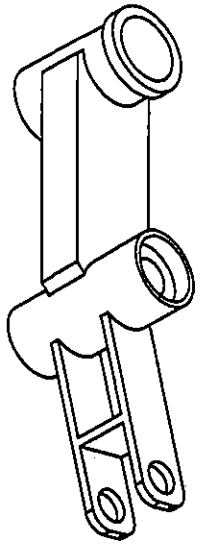



All dimensions are in centimeters

| FACULTY OF ENGINEERING NARESUAN UNIVERSITY | | |
|---|---|---|
| Cover and Door | | |
| DN BY: Mechanical Project | | SCALE: 1:1 |
| DATE: 10/09/49 | ID: Group project | PLATE: 10/19 |

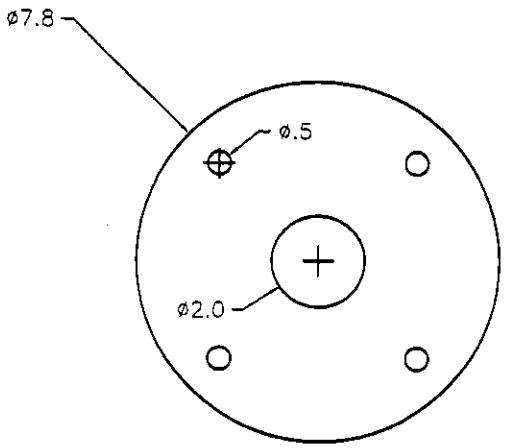


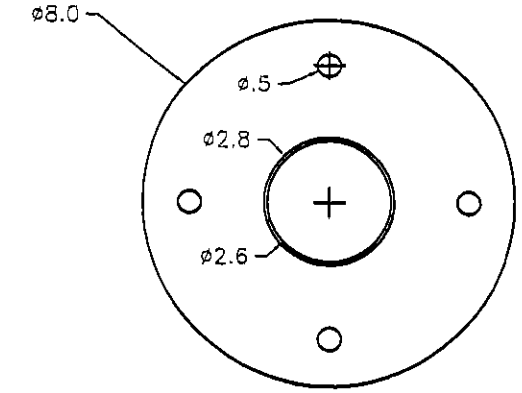



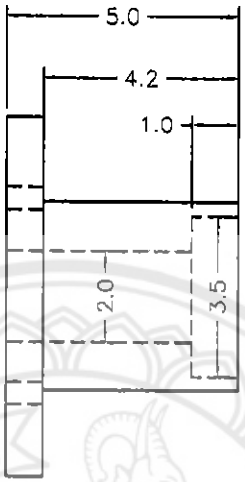



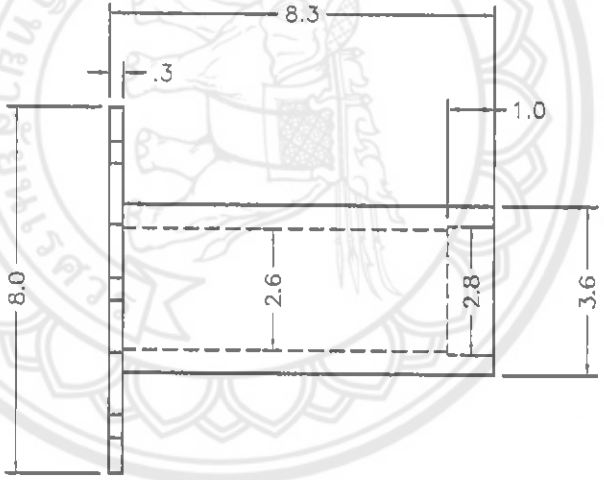
All dimensions are in centimeters

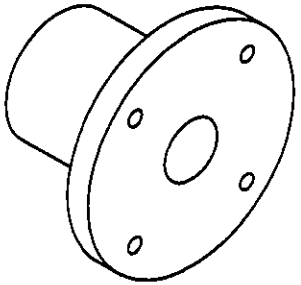
| FACULTY OF ENGINEERING NARESUAN UNIVERSITY | | |
|---|---|---|
| Adjust of box bearing | | |
| DN BY: Mechanical Project | | SCALE: 1:1 |
| DATE: 10/09/49 | ID: Group Project | PLATE: 11/19 |

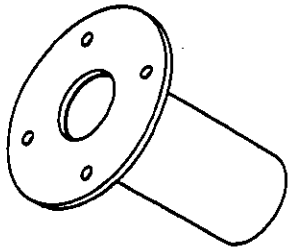


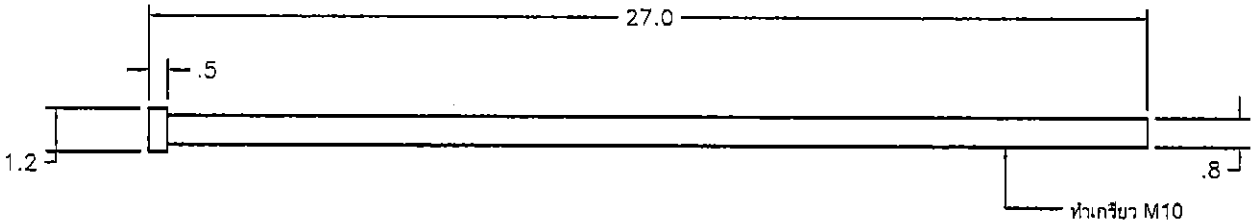



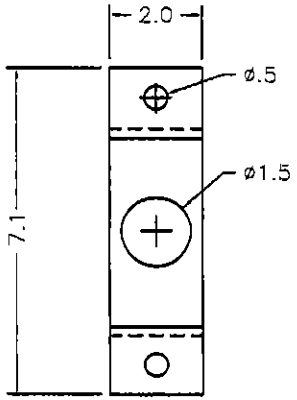



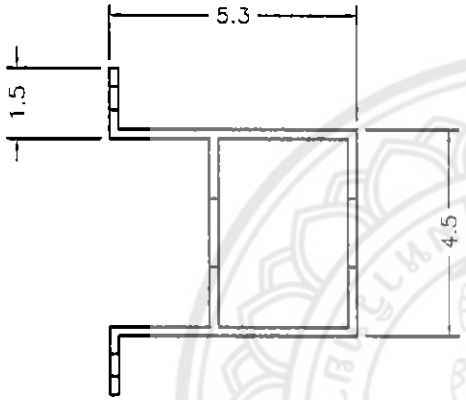


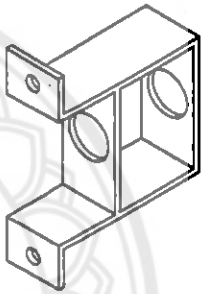
All dimensions are in centimeters

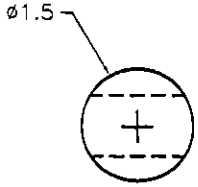
| FACULTY OF ENGINEERING NARESUAN UNIVERSITY | | |
|---|---|---|
| Box bearing 1,2 | | |
| DN BY: Mechanical Project | | SCALE: 1:1 |
| DATE: 10/09/49 | ID: Group Project | PLATE: 12/19 |

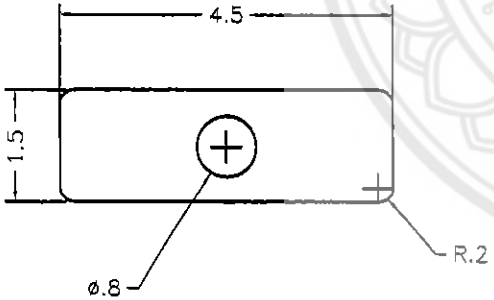


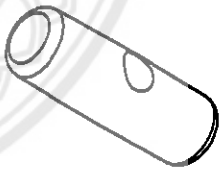



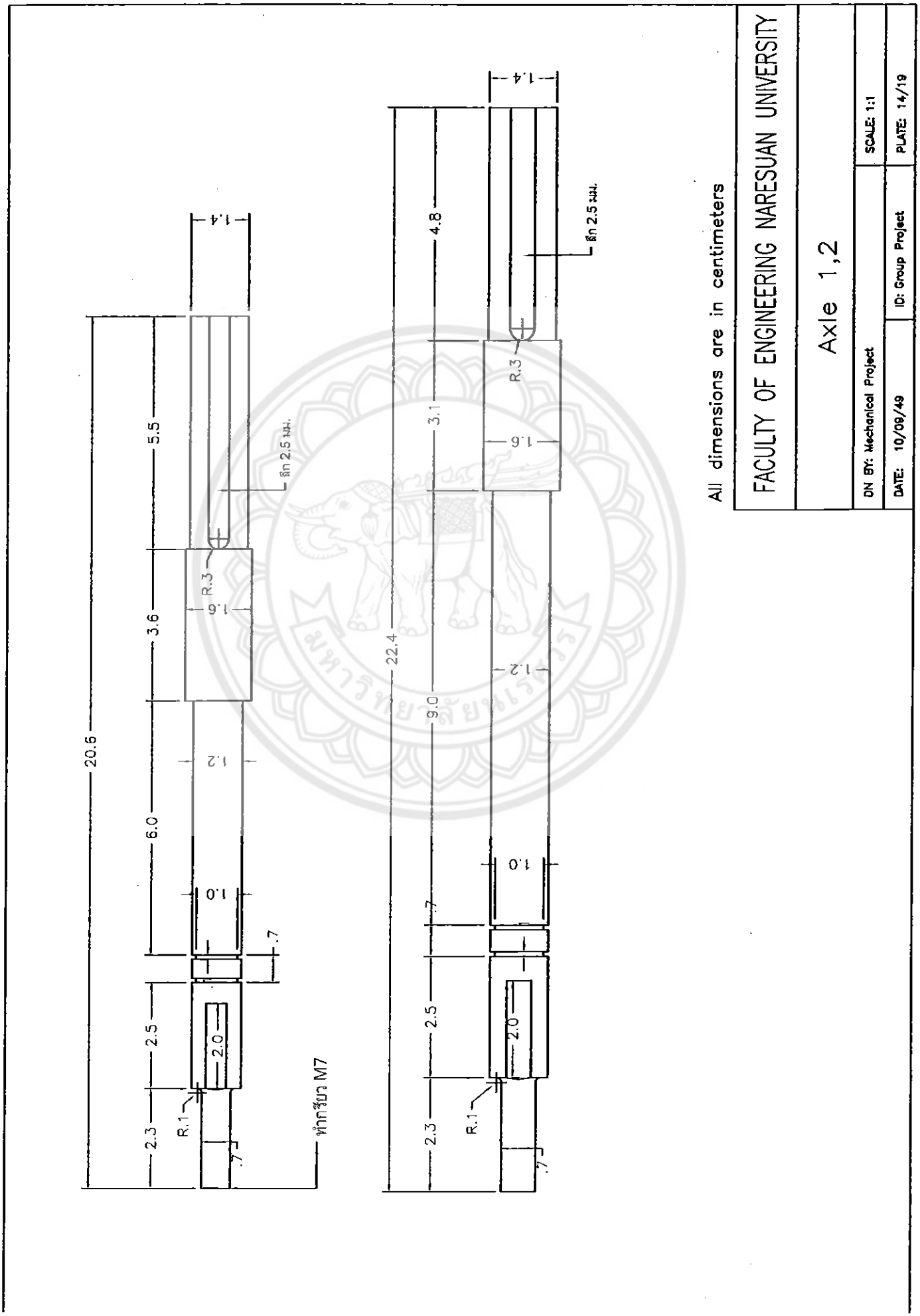


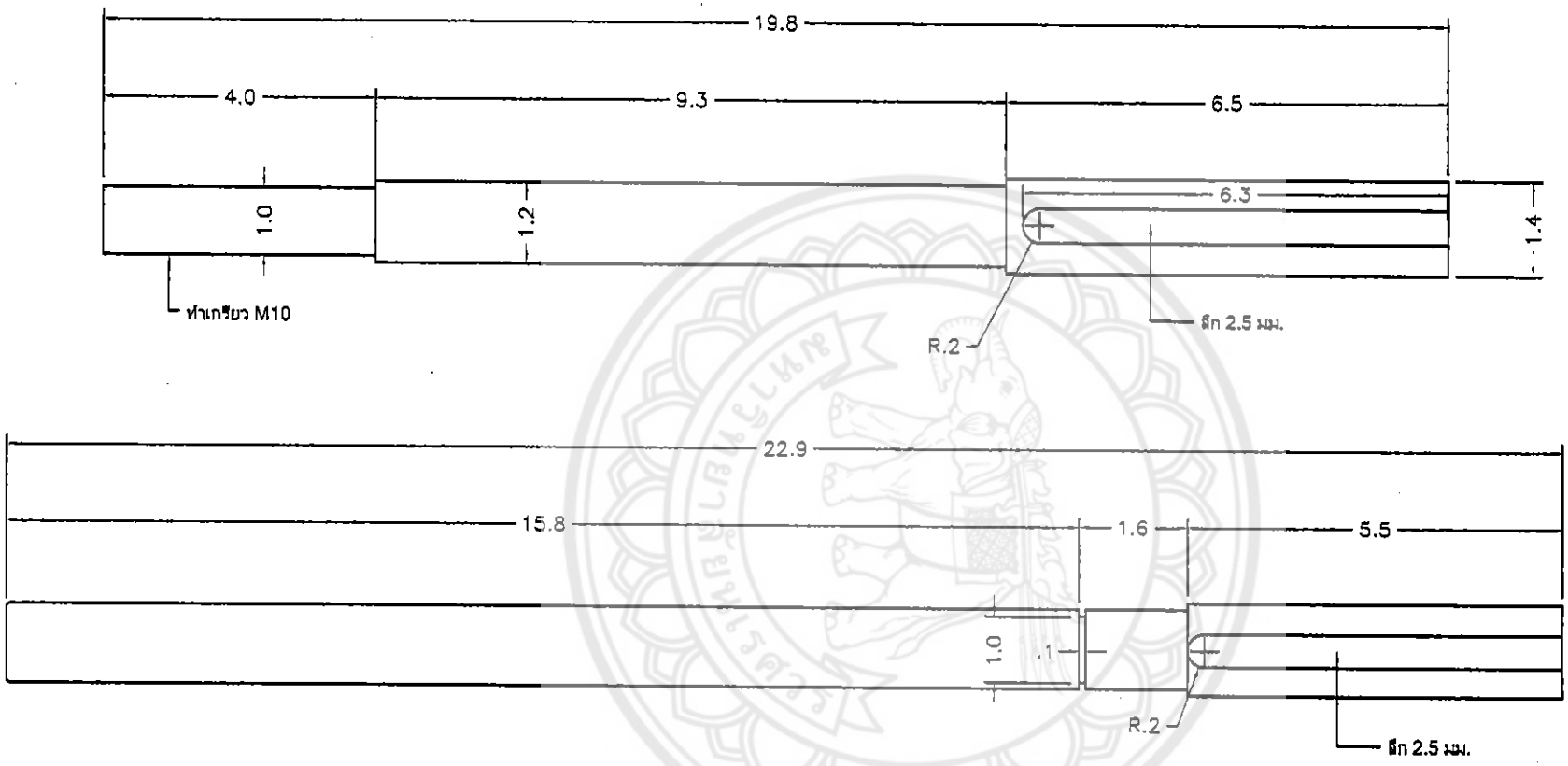



All dimensions are in centimeters

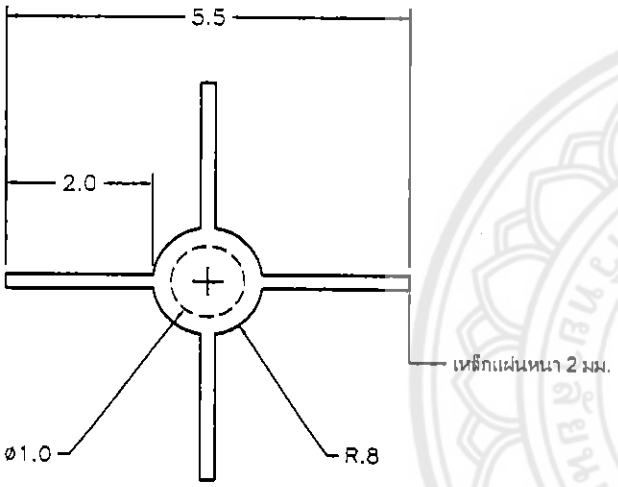
| FACULTY OF ENGINEERING NARESUAN UNIVERSITY | | |
|---|---|---|
| Adjustments | | |
| DN BY: Mechanical Project | | SCALE: 1:1 |
| DATE: 10/09/49 | ID: Group Project | PLATE: 13/19 |

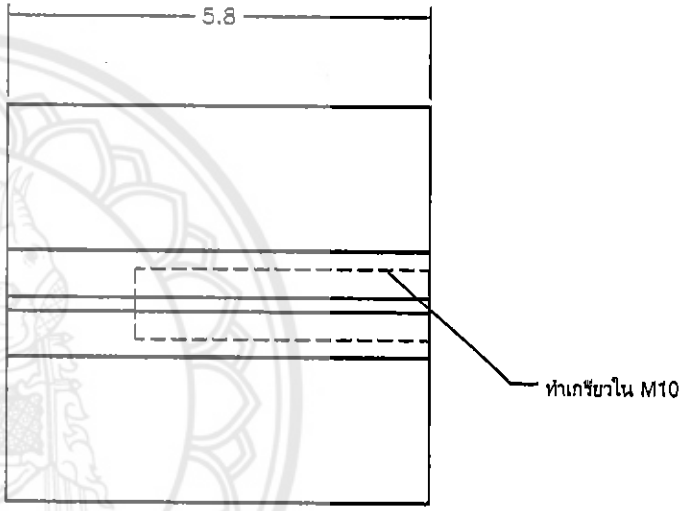

All dimensions are in centimeters
FACULTY OF ENGINEERING NARESUAN UNIVERSITY
Axle 1,2
DN BY: Mechanical Project
SCALE: 1:1
DATE: 10/09/49
ID: Group Project
PLATE: 14/19
ยึก 2.5 มม.
ยึก 2.5 มม.
ห้ามสัมผัส M7
20.6
5.5
3.6
6.0
2.5
2.3
4.8
3.1
22.4
9.0
2.5
2.3
1.4
1.6
1.2
1.0
.7
2.0
R.3
R.1

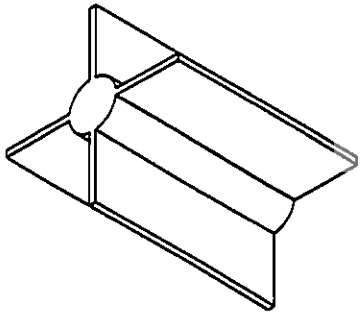



All dimensions are in centimeters

| FACULTY OF ENGINEERING NARESUAN UNIVERSITY | | |
|---|---|---|
| Axle 3,4 | | |
| DN BY: Mechanical Project | | SCALE: 15 |
| DATE: 10/09/49 | ID: Group Project | PLATE: 15/19 |

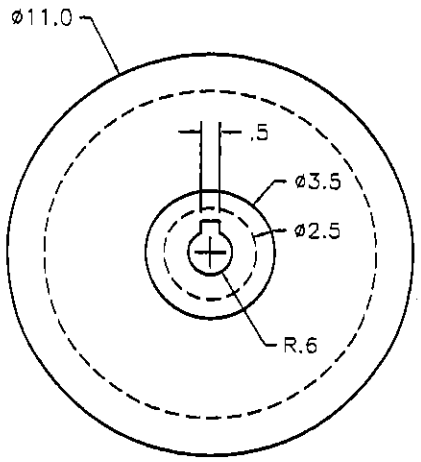


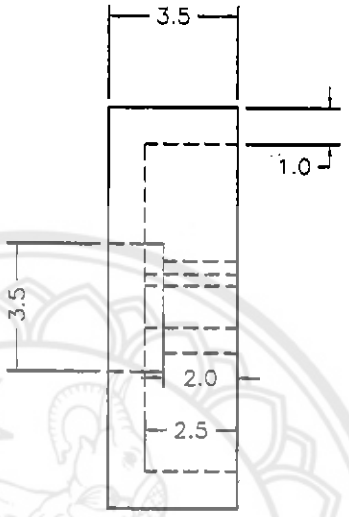



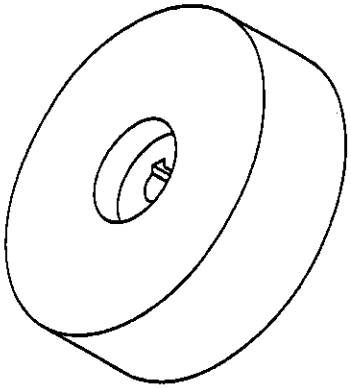



All dimensions are in centimeters

| FACULTY OF ENGINEERING NARESUAN UNIVERSITY | | |
|---|---|---|
| Controling of flow | | |
| DN BY: Mechanical project | | SCALE: 1:1 |
| DATE: 10/09/49 | ID: Group project | PLATE: 16/19 |

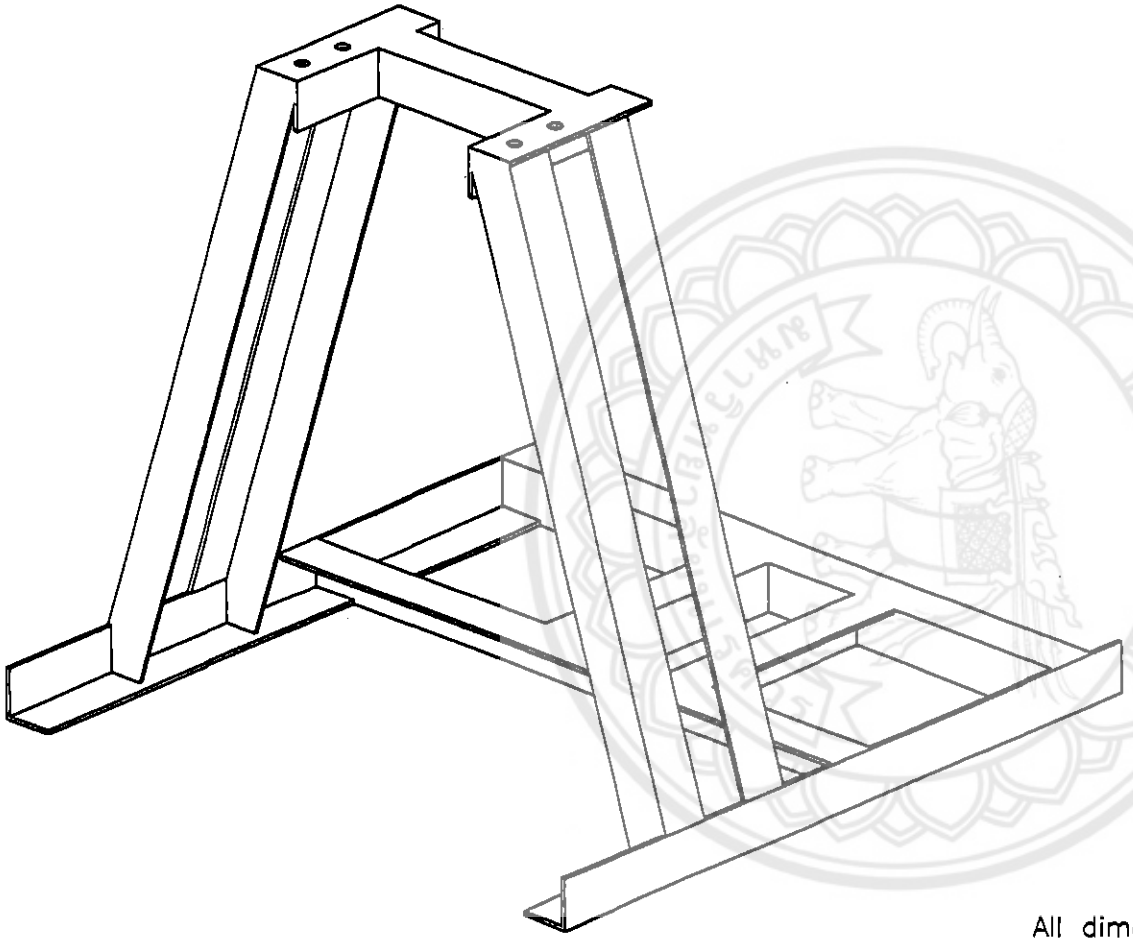


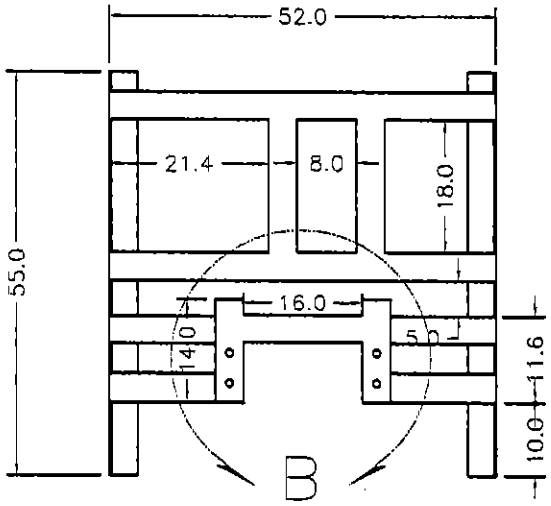
All dimensions are in centimeters

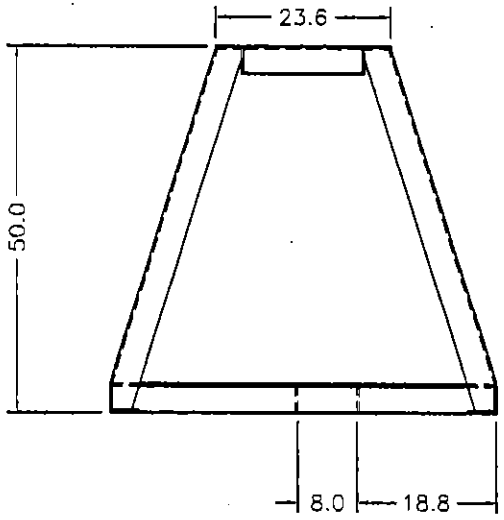
| FACULTY OF ENGINEERING NARESUAN UNIVERSITY | | |
|---|---|---|
| Roller | | |
| DN BY: Mechanical Project | | SCALE: 1:1 |
| DATE: 10/09/49 | ID: Group Project | PLATE: 17/19 |

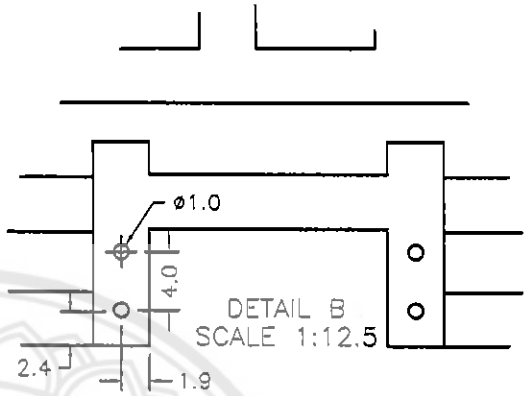


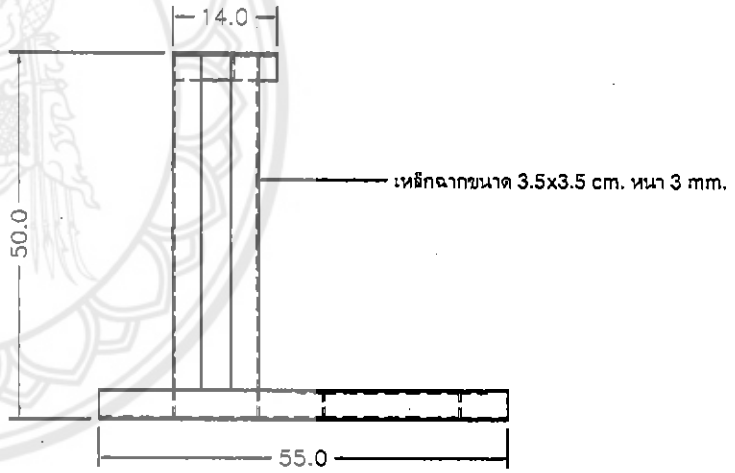
All dimensions are in centimeters

| FACULTY OF ENGINEERING NARESUAN UNIVERSITY | | |
|---|---|---|
| Structure | | |
| DN BY: Mechanical Project | | SCALE: 1:1 |
| DATE: 10/09/49 | ID: Group Project | PLATE: 18/19 |




All dimensions are in centimeters

| FACULTY OF ENGINEERING NARESUAN UNIVERSITY | | |
|---|---|---|
| Structure | | |
| DN BY: Mechanical Project | | SCALE: 1:1 |
| DATE: 10/09/49 | ID: Group Project | PLATE: 19/19 |

# ประวัติผู้จัดทำโครงงาน

ชื่อ/นามสกุล : นาย อนุสรณ์ อ้นเวียง
วันเกิด : 6 พฤษภาคม 2528
ที่อยู่ : 5 หมู่ 6 ต.บึงสามพัน อ.บึงสามพัน จ.เพชรบูรณ์ 67160
การศึกษา : จบการศึกษาระดับมัธยมตอนปลาย จากโรงเรียนบึงสามพันวิทยาคม จ.เพชรบูรณ์ ปีการศึกษา 2546

ชื่อ/นามสกุล : นาย ก้องภพ เพ็ชรพงศ์
วันเกิด : 5 กันยายน 2526
ที่อยู่ : 4/68 ถ.ศรีมาลา อ. เมือง ต.ในเมือง จ.พิจิตร 66000
การศึกษา : จบการศึกษาระดับมัธยมตอนปลาย จากโรงเรียนพิจิตรพิทยาคม จ.พิจิตร ปีการศึกษา 2545

ชื่อ/นามสกุล : นาย สุวิทย์ แซ่หยาง
วันเกิด : 30 มิถุนายน 2527
ที่อยู่ : 58 หมู่ 4 ต.เข็กน้อย อ.เขาค้อ จ.เพชรบูรณ์ 67280
การศึกษา : จบการศึกษาระดับมัธยมตอนปลาย จากโรงเรียนเลยพิทยาคม จ.เลย ปีการศึกษา 2546