สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การพัฒนาเครื่องกะเทาะเมล็ดมะม่วงหิมพานต์

DEVELOPMENT OF A CASHEW NUT MACHINE

T119262

นายณัฐพล กุลรัตนานนท์

นายวิชุวัฒน์ กันตุ่ม

นางสาวสุชาดา ระปัญญา

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 119262
วัน,เดือน,ปี - 6 ส.ค. 2554

b.....
i.....

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมเกษตร

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2553

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2553

สาขาวิชาวิศวกรรมเกษตร

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การพัฒนาเครื่องกะเทาะเมล็ดมะม่วงหิมพานต์

DEVELOPMENT OF A CASHEW NUT MACHINE

ผู้จัดทำ

1.นายณัฐพล กุลรัตนานนท์ รหัสประจำตัว 50010480

2.นายวิชุวัฒน์ กันตุ่ม รหัสประจำตัว 50011456

3.นางสาวสุชาดา ระปัญญา รหัสประจำตัว 50011704

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผศ.วีระชัย ลิ้มพรชัยเจริญ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การพัฒนาเครื่องกะเทาะเมล็ดมะม่วงหิมพานต์

นายณัฐพล กุลรัตนานนท์
นายวิชุวัฒน์ กันตุ่ม
นางสาวสุชาดา ระปัญญา
ผศ.วีระชัย ลิ้มพรชัยเจริญ อาจารย์ที่ปรึกษา
ปีการศึกษา 2553

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์นี้มีจุดประสงค์ เพื่อศึกษาปรับปรุงเครื่องกะเทาะเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ และทดสอบเปรียบเทียบกับเครื่องกะเทาะเมล็ดมะม่วงหิมพานต์เครื่องเดิมที่มีอยู่ ให้มีประสิทธิภาพการในกะเทาะเมล็ดเนื้อออกจากเปลือกสูงสุด ซึ่งจะทำการออกแบบโดยทำการปรับปรุงชุดใบมีดตัดและกลไกการตัด

จากการทดลองปรับปรุงกลไกต่างๆ เปรียบเทียบที่ความเร็วรอบ 21 ครั้ง/นาที 28 ครั้ง/นาที และ36 ครั้ง/นาที ของลูกเบี้ยวทั้ง 2 แบบ สามารถสรุปผลได้ว่าที่ความเร็วรอบที่ 21 ครั้ง/นาที ของลูกเบี้ยวแบบที่ 1 ให้ผลเปอร์เซ็นต์เมล็ดผ่าเปลือกออก (เมล็ดขาว) เท่ากับ 60.33 เปอร์เซ็นต์ เมล็ดผ่าเปลือกออกโดนเนื้อในเท่ากับ 16.33 เปอร์เซ็นต์ และเปอร์เซ็นต์เมล็ดที่ไม่ผ่าเปลือกออกเท่ากับ 23.34 เปอร์เซ็นต์ จะเห็นได้ว่าที่ความเร็วรอบที่ 21 ครั้ง/นาที จะให้ประสิทธิภาพในการกะเทาะเมล็ดมะม่วงหิมพานต์สูงที่สุด ทั้งนี้ก่อนทำการทดลองจะต้องมีการคัดขนาดเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ก่อนทำการกะเทาะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DEVELOPMENT OF A CASHEW NUT MACHINE

Mr.Nattapon Kulrattananon

Mr.Wichuwat Kantum

Ms.Suchada Rapanya

Assoc.Prof. Asst.Weerachai Limpornchaicharoen Advisor

Abstract

The objective of this study is to improve the Cashew nut machine and compare its performance with the original machine. Knife cutting suit with cam mechanism is modified. Both efficiency of cutting speed and quality of Cashew nut with are study.

The results from the testing which compares the cutting speed at 21time/min, 28time/min and 36 time/min.The second type of cam. Can be concluded that the speed at 21 time/min of the cam type 1. Percentage seed shell being cut meat was 60.33 percent, percentage seed shell being cut meat was 16.33 percent and percent of seeds that were not cut to shell out 23.34 percent. Will be seen that the speed at 21 time/min to the performance of cashew nut crackers highest. Prior experiments have to be before grading cashew nut crackers.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยความช่วยเหลือของบุคคลหลายท่าน ที่คอยให้ความช่วยเหลือ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ผศ.วีระชัย ลิ้มพรชัยเจริญ ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษา และคณะอาจารย์ที่เป็นผู้สอบวิทยานิพนธ์ที่ได้ให้ข้อเสนอแนะดีๆในการออกแบบและสร้างเครื่องในครั้งนี้

ขอขอบคุณคุณพ่อ คุณแม่ ที่เป็นกำลังใจและเป็นแรงผลักดันในการเรียนมาจนถึงทุกวันนี้

ขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมเกษตรและอาจารย์ในภาคทุกท่าน ที่คอยให้ความรู้ในทุกด้าน

ขอขอบคุณพี่ๆในภาคทุกๆท่านที่คอยให้ความสะดวกในเรื่องต่างๆและคอยช่วยเหลือมาตลอด

ขอบคุณเพื่อนๆ ทุกๆคนที่คอยให้กำลังใจ ให้รอยยิ้ม และร่วมกันแก้ปัญหาทุกๆอย่างมาด้วยกัน

ขอบคุณเจ้าหน้าที่ช๊อปทุกๆท่านที่คอยช่วยในการเบิกจ่ายเครื่องมือและคำแนะนำในเกร็ดเล็กๆน้อยๆในการใช้เครื่องมือชนิดต่างๆ รวมถึงดูแลความปลอดภัยในขณะทำงาน และให้คำแนะนำในการสร้างเครื่อง

ขอบคุณพี่สันต์ ที่ต่อวงจรไฟเครื่องกะเทาะ ทำให้เครื่องสามารถทดลองได้

ทางคณะผู้จัดทำหวังเป็นอย่างยิ่งว่า ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ จะมีประโยชน์กับใครสักคนในสักวันหนึ่ง

นายณัฐพล กุลรัตนานนท์
นายวิชุวัฒน์ กันตุ่ม
นางสาวสุชาดา ระปัญญา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้าที่
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญรูป	ช
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน	2
1.3 ขอบเขตการศึกษาโครงงาน	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
1.5 ขั้นตอนการดำเนินงาน	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 สภาพทั่วไปของการผลิตและการตลาดของเมล็ดมะม่วงหิมพานต์	3
2.2 เมล็ดมะม่วงหิมพานต์	4
2.3 การแปรสภาพผลผลิตเมล็ดมะม่วงหิมพานต์	6
2.4 วิธีการไล่น้ำมันออกจากเปลือกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์	6
2.5 วิธีการกะเทาะเมล็ดมะม่วงหิมพานต์	7
2.6 ทฤษฎีที่ใช้ในการออกแบบและการสร้าง	12
2.6.1 การหากำลังขับของมอเตอร์	12
2.6.2 การออกแบบลูกเบี้ยว	12
2.6.3 การออกแบบเพลา	14
2.6.4 การออกแบบโซ่และเฟืองโซ่	15
2.6.5 การเลือกใช้สปริง	17
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย	18
3.1 การศึกษากลไกของเครื่องกะเทาะเมล็ดมะม่วงหิมพานต์	18
3.2 การศึกษาออกแบบและสร้างการเครื่องกะเทาะเมล็ดมะม่วงหิมพานต์	18
3.3 การพิจารณาเลือกปัจจัยสำหรับการศึกษา ทดสอบเปรียบเทียบ	18
3.4 ค่าชี้ผลการทดสอบการกะเทาะเมล็ดมะม่วงหิมพานต์	19

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

	หน้าที่
3.5 การออกแบบและปรับปรุงกลไกเครื่องกะเทาะเมล็ดมะม่วงหิมพานต์	20
3.6 การทำงานของเครื่องในการกะเทาะเมล็ดมะม่วงหิมพานต์	21
3.7 การออกแบบปรับปรุงชุดกดตัด	22
บทที่ 4 ผลการทดลอง	27
4.1 ประสิทธิภาพของการกะเทาะเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ของลูกเบี้ยวแบบที่ 1 ที่ความเร็วรอบต่างๆ	27
4.2 ประสิทธิภาพของการกะเทาะเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ของลูกเบี้ยวแบบที่ 2 ที่ความเร็วรอบต่างๆ	29
บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	31
5.1 สรุปผลการทดลอง	31
5.2 ปัญหาที่ในการทดสอบ	31
5.3 ข้อเสนอแนะ	32
เอกสารอ้างอิง	33
ภาคผนวก ก	
ภาคผนวก ข	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

	หน้าที่
ตารางที่ 2.1 จำนวนพื้นที่ปลูกและผลผลิตมะม่วงหิมพานต์ ในประเทศไทย ปี พ.ศ. 2524-2528	3
ตารางที่ 2.2 อัตราส่วนของปริมาณการเก็บเกี่ยวผลผลิตเมล็ดมะม่วงหิมพานต์	4
ตารางที่ 2.3 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักเมล็ด	5
ตารางที่ 4.1.1 ประสิทธิภาพของการกะเทาะเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ ที่ความเร็วรอบ 36ครั้ง/นาที	27
ตารางที่ 4.1.2 ประสิทธิภาพของการกะเทาะเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ ที่ความเร็ว 28ครั้ง/นาที	27
ตารางที่ 4.1.3 ประสิทธิภาพของการกะเทาะเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ ที่ความเร็ว 21ครั้ง/นาที	28
ตารางที่ 4.2.1 ประสิทธิภาพของการกะเทาะเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ ที่ความเร็ว 36ครั้ง/นาที	29
ตารางที่ 4.2.2 ประสิทธิภาพของการกะเทาะเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ ที่ความเร็ว 28ครั้ง/นาที	29
ตารางที่ 4.1.3 ประสิทธิภาพของการกะเทาะเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ ที่ความเร็ว 21ครั้ง/นาที	29
ภาคผนวก ก	
ตารางผนวกที่ ก.1 ผลการทดสอบประสิทธิภาพการกะเทาะเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ ที่ความเร็วรอบต่างของลูกเบี้ยวแบบที่ 1	34
ตารางผนวกที่ ก.2 ผลการทดสอบประสิทธิภาพการกะเทาะเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ ที่ความเร็วรอบต่างของลูกเบี้ยวแบบที่ 2	34

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

	หน้าที่
รูปที่ 2.1 ลักษณะและโครงสร้างของเมล็ดมะม่วงหิมพานต์	4
รูปที่2.2 ขนาดด้านต่างๆของเมล็ดมะม่วงหิมพานต์	5
รูปที่2.3 เครื่องกะเทาะเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ แบบใบมีดคู่ประกบบนล่าง ใช้มือกดผ่าเปลือกแล้วบิดใบมีดบน แบบเท้าเหยียบเพื่อกดผ่าเปลือก และเหล็กปลายแหลม สำหรับงัดเปลือกและแคะเมล็ดเนื้อใน	8
รูปที่2.4 เครื่องกะเมาะเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ ใบมีดคู่ประกบบนล่าง แบบมือโยกและบิด วศก (มข.) 2	8
รูปที่2.5 เครื่องกะเมาะเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ ใบมีดคู่ประกบบนล่าง แบบมือโยกและบิด กวศ.3	9
รูปที่2.6 เครื่องกะเมาะเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ แบบใบมีดคู่ประสาน ที่ออกแบบโดยกองเกษตรวิศวกรรม	9
รูปที่2.7 เครื่องกะเมาะเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ แบบใบมีดคู่ประสาน ที่ออกแบบโดยนายสมควร อินทรพาณิชย์	10
รูปที่2.8 เครื่องกะเมาะเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ แบบใช้ใบเลื่อยวงเดือน	10
รูปที่2.9 เครื่องกะเมาะเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ แบบแรงเหวี่ยง	11
รูปที่ 2.10 ลูกเบี้ยวแบบเยื้องศูนย์	13
รูปที่ 2.11เฟืองโซ่	15
รูปที่2.12 แสดงขนาดต่างๆของเฟืองแบบธรรมดา	16
รูปที่ 2.13 แสดงขนาดต่างๆของเฟืองโซ่	16
รูปที่ 2.14 ลักษณะพื้นฐานของเฟืองตรง	16
รูปที่ 2.15 ปลายสปริงขดรับแรงกด	17
รูปที่ 2.16 การเปรียบเทียบแรงที่เกิดขึ้นจากสปริงกดแบบอัด และสปริงกดแบบดึง	17
รูปที่3.1 ถังป้อนเมล็ด	21
รูปที่ 3.2 รางลำเลียง	21
รูปที่3.3 ลูกเบี้ยว	22
รูปที่3.4 คานกดตัดเมล็ด	22
รูปที่ 3.5 ลูกเบี้ยวที่ทำการออกแบบ	23
รูปที่3.6 เพลาลูกเบี้ยว	23

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

	หน้าที่
รูปที่ 3.7 สปริงที่โซ่กดตัด	24
รูปที่ 3.8 เฟืองและโซ่	24
รูปที่ 3.9 คานและก้านกดเมล็ด	25
รูปที่ 3.10 ชุดใบมีด	25
รูปที่ 3.11 ส่วนของใบมีดตัด	26
รูปที่3.12 ถาดรองเมล็ด	26
รูปที่4.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการกะเทาะเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ (%) ของลูกเบี้ยวที่ 1 ที่ความเร็วรอบต่างๆ (ครั้ง/นาที)	28
รูปที่4.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการกะเทาะเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ (%) ของลูกเบี้ยวที่ 1 ที่ความเร็วรอบต่างๆ (ครั้ง/นาที)	30
ภาคผนวก ข	
รูปที่ข 1 ลักษณะเมล็ดที่นำมาทำการทดลอง	38
รูปที่ข 2 ลักษณะเมล็ดที่ผ่าเปลือกออก (เมล็ดขาว)	38
รูปที่ข 3 ลักษณะเมล็ดที่ผ่าเปลือกโดนเนื้อใน	39
รูปที่ข 4 ลักษณะเมล็ดที่ไม่ผ่าเปลือกออก	39
รูปที่ข 5 เครื่องกะเทาะเมล็ดมะม่วงหิมพานต์	40
รูปที่ข 6 แสดงลักษณะด้านต่างๆของเครื่องกะเทาะเมล็ดมะม่วงหิมพานต์	41
รูปที่ข 7 แสดงโครงสร้างของตัวเครื่องกะเทาะเมล็ดมะม่วงหิมพานต์	42
รูปที่ข 8 แสดงชุดกดตัดเมล็ดมะม่วงหิมพานต์	43
รูปที่ข9 แสดงชุดรางลำเลียงเมล็ด	43
รูปที่ข10 แสดงชุดป้อนเมล็ดมะม่วงหิมพานต์	44

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

การศึกษาครั้งนี้เป็นการศึกษาเกี่ยวกับเครื่องกะเทาะเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ เพื่อปรับปรุงกลไกในส่วนต่างๆ โดยมีรายละเอียดความเป็นมาและความสำคัญของปัญหาที่ดำเนินการศึกษา วัตถุประสงค์ ขอบเขตการศึกษา และประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

มะม่วงหิมพานต์เป็นผลไม้ซึ่งมีอยู่ในบ้านเรามาเป็นเวลานาน พบในจังหวัดทางภาคใต้ อาทิเช่น สงขลา ยะลา นราธิวาส ภูเก็ต สุราษฎร์ธานี และนครศรีธรรมราช แต่ในปัจจุบันเริ่มมีการปลูกในแถบภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เมล็ดมะม่วงหิมพานต์ยังคงเป็นที่ต้องการทั้งในประเทศและต่างประเทศ ซึ่งมีแนวโน้มสูงขึ้นเรื่อยๆจึงเป็นผลทำให้เมล็ดมะม่วงหิมพานต์มีราคาที่สูงพอสมควร จึงจำเป็นต้องมีเครื่องมือที่เหมาะสมกับการกะเทาะเปลือกอย่างมีประสิทธิภาพ สามารถทำงานได้รวดเร็ว ผ่อนแรงผู้ใช้ได้ดีและราคาไม่สูงเกินไปสำหรับผู้ประกอบการ

การพัฒนาการเกษตรแบบดั้งเดิมให้เป็นการเกษตรแบบอุตสาหกรรม เป็นแนวทางพัฒนาประเทศให้เป็นประเทศอุตสาหกรรมใหม่หรือ Newly Industrialized Countries ในการพัฒนานี้เครื่องจักรกลเกษตรกระบวนการพัฒนานี้เครื่องจักรกลเกษตรที่ใช้ในการแปรรูปผลผลิตทางการเกษตร ให้เป็นผลผลิตทางอุตสาหกรรม จึงมีความจำเป็นที่จะต้องได้รับการศึกษาให้พร้อมสำหรับการแปรรูปผลผลิต การแปรรูปเมล็ดมะม่วงหิมพานต์จากสภาพเมล็ดดิบ โดยการกะเทาะให้เป็นเมล็ดเนื้อในดิบนั้นจะต้องใช้เครื่องในการกะเทาะ สำหรับโรงงานผู้ประกอบการและเกษตรกรรายย่อยยังคงเป็นเครื่องกะเทาะเมล็ดแบบใช้แรงงานคน ซึ่งการกะเทาะแบบนี้ต้องใช้ความชำนาญของผู้กะเทาะค่อนข้างสูง และถ้าใช้เครื่องกะเทาะเมล็ดมะม่วงหิมพานต์แบบอัตโนมัติทั้งระบบจะต้องสั่งซื้อมาจากต่างประเทศ ซึ่งมีราคาสูงมาก และคุณภาพของเมล็ดเนื้อในเกิดการแตกหักสูง

ในปัจจุบัน สำหรับภาคอุตสาหกรรม พบว่าเครื่องกะเทาะเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ที่ใช้อยู่ยังมีประสิทธิภาพไม่สูงพอต่อความต้องการสำหรับการผลิต เพราะการกะเทาะเปลือกเป็นขั้นตอนที่สำคัญและมีปัญหามากที่สุด โดยพบว่าประสิทธิภาพของเครื่องกะเทาะเปลือกที่มีการใช้งานในปัจจุบัน มีประสิทธิภาพต่ำกว่า 50 % ดังนั้น จึงได้มีความคิดในการออกแบบเครื่องกะเทาะเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ให้มีประสิทธิภาพดีกว่าเครื่องที่มีอยู่ เพื่อเพิ่มผลผลิตและลดการสูญเสียตลอดจนการลดต้นทุนในการผลิตเครื่องโดยการนำโปรแกรมคอมพิวเตอร์มาช่วยในการออกแบบเครื่องเพื่อให้ได้ประสิทธิภาพสูงสุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาชิ้นส่วนและกลไกส่วนต่างๆของเครื่อง เพื่อนำมาออกแบบและปรับปรุงเครื่องกะเทาะเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ สำหรับใช้งานในระดับอุตสาหกรรม และนำไปเปรียบเทียบกับเครื่องที่มีอยู่ในปัจจุบันให้ได้เครื่องที่มีประสิทธิภาพสูง

1.3 ขอบเขตการศึกษาโครงงาน

สำหรับขอบเขตการศึกษาครั้งนี้เพื่อการปรับปรุงและเลือกใช้กลไกที่เหมาะสมในการสร้างเครื่องกะเทาะ โดยการศึกษาโปรแกรมคอมพิวเตอร์มาช่วยในการออกแบบเครื่องกะเทาะเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ให้ได้วิธีการกะเทาะที่ดีที่สุดที่กะเทาะไม่ให้โดนเนื้อในหรือโดนน้อยที่สุด

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

สามารถนำเครื่องกะเทาะเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ที่ได้ออกแบบมาเพื่อให้ได้เครื่องกะเทาะเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ที่มีประสิทธิภาพสูง เกิดการสูญเสียของเมล็ดมะม่วงหิมพานต์น้อยที่สุด และใช้ต้นทุนในการผลิตเครื่องกะเทาะที่น้อยลง

1.5 ขั้นตอนการดำเนินงาน

ขั้นตอนการดำเนินงาน	ปี/เดือน									
	2553							2554		
	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ	มี.ค.
1.นำเสนอโครงงาน	↔									
2.วางแผนการดำเนินงาน		↔								
3.ศึกษาค้นคว้าเรื่องเครื่องกะเทาะเมล็ดมะม่วงหิมพานต์			↔	↔						
4.ออกแบบเครื่องกะเทาะเมล็ดมะม่วงหิมพานต์					↔	↔	↔			
5.หาข้อบกพร่องและวิธีการแก้ไข								↔	↔	
6.สรุปผลการทดลองและทำรายงาน										↔

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง

การตรวจเอกสารที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย คือ การตรวจเอกสารเกี่ยวกับสภาพทั่วไปของการผลิตและการตลาดของเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ วิธีการกะเทาะ และเครื่องกะเทาะเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

2.1 สภาพทั่วไปของการผลิตและการตลาดของเมล็ดมะม่วงหิมพานต์

มะม่วงหิมพานต์ (Cashew or Cashew nut) มีชื่อทางพฤกษศาสตร์ว่า Anacardium Occidentale เป็นพืชในตระกูล Anacadiaceae มีถิ่นกำเนิดอยู่ในแถบลุ่มน้ำอะเมซอนทางตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศบราซิล สำหรับในประเทศไทยมะม่วงหิมพานต์ได้ถูกนำเข้ามาทางภาคใต้ของประเทศ โดยได้รับผ่านมาจากประเทศมาเลเซียอีกทอดหนึ่ง สันนิษฐานว่ามะม่วงหิมพานต์กับยางพาราเป็นพืชพันธุ์ที่ไทยนำมาจากมาเลเซีย เพื่อทดลองปลูกทางจังหวัดภาคใต้ โดยพระยารัษฎานุประดิษฐมหิศรภักดี (คอนซิมบี้ ณ ระนอง) ราวๆ พ.ศ. 2444 นำไปปลูกที่จังหวัดระนองเป็นครั้งแรก (ธงชัย, ม.ป.ป.)

การผลิตเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ในประเทศไทยในช่วงปี พ.ศ. 2524-2528 มีจำนวนพื้นที่เพิ่มขึ้นตลอดและผลผลิตเพิ่มมากขึ้นทุกปีเช่นกันทั้งในภาคใต้และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ดังแสดงในตารางที่ หิมพานต์ทั้งสิ้น 352,590 ไร่ แบ่งเป็นพื้นที่ให้ผลผลิตแล้ว 45% คิดเป็น 160,773 ไร่ และพื้นที่ที่ยังไม่ให้ผลผลิต 55% คิดเป็นพื้นที่ 191,817 ไร่ ได้ผลผลิตทั้งสิ้น 41,893 ตัน หรือ 41,893,000 กิโลกรัม (ปราโมทย์, 2532)

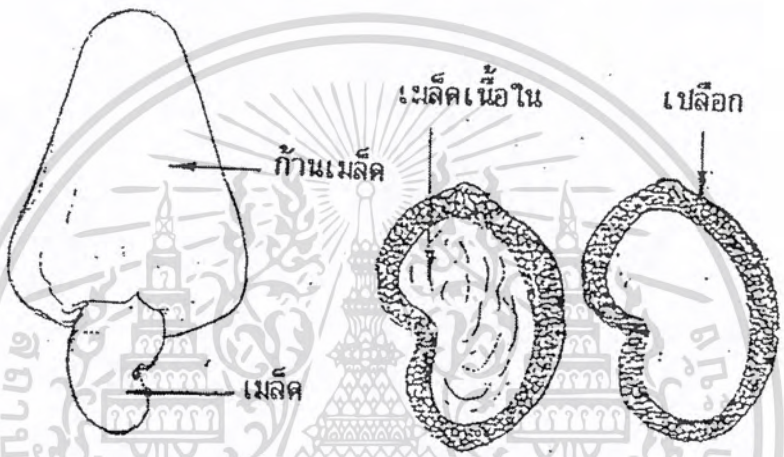
ตารางที่ 2.1 จำนวนพื้นที่ปลูกและผลผลิตมะม่วงหิมพานต์ในประเทศไทย ปี พ.ศ. 2524-2528

ปี พ.ศ.	2524/2525		2528/2529	
	พื้นที่ (ไร่)	ผลผลิต (กิโลกรัม)	พื้นที่ (ไร่)	ผลผลิต(กิโลกรัม)
รวมทั้งประเทศ	161,754	23,830,032	242,194	34,332,826
ภาคใต้	76,978	21,151,382	120,201	25,790,927
ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	68,144	1,625,990	79,922	4,820,926

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 เมล็ดมะม่วงหิมพานต์

เมล็ดมะม่วงหิมพานต์ คือ ส่วนที่ห้อยอยู่ใต้ส่วนของก้านเมล็ดเมื่ออ่อนอยู่จะมีสีชมพูแล้วเปลี่ยนเป็นสีเขียว เมื่อเจริญเติบโตเต็มที่จะหยุดการขยายตัวจะเปลี่ยนสีมาเป็นเทาแก่หรือสีน้ำตาลคล้ำ ระยะเวลาตั้งแต่ออกดอกจนถึงผลแก่เต็มที่ใช้เวลาประมาณ 60 วัน เมล็ดแบ่งออกเป็นสองซีก แต่ละซีกมีรูปคล้ายรูปไต เปลือกเมล็ดจะหนาและแข็งมีความหนาประมาณ2-3 มม. ดังแสดงในรูปที่ 2.1 เมล็ดประกอบด้วยส่วนเปลือกประมาณ 72-74% และเมล็ดเนื้อในอีกประมาณ 25% ของน้ำหนักทั้งเมล็ด ภายในเปลือกที่หุ้มเมล็ด จะมีน้ำมันที่ออกฤทธิ์เป็นกรด ประกอบด้วยกรดอานาคาร์ดิก 90% และคาร์ดอล 10% กรดนี้ถ้าถูกผิวหนัง จะพองเป็นแผลเปื่อยได้ (สัมฤทธิ์และธำรง, 2532)



รูปที่ 2.1 ลักษณะและโครงสร้างของเมล็ดมะม่วงหิมพานต์

การออกดอกและการให้ผลมะม่วงหิมพานต์ในประเทศไทยจะออกช่อในช่วงเดือนธันวาคม-กุมภาพันธ์ หลังจากออกช่อแล้วราว 2 เดือน ผลก็จะสุก และเก็บเกี่ยวได้ในช่วงเดือนกุมภาพันธ์-พฤษภาคม ในระหว่างเดือนมีนาคมและเมษายน เป็นระยะที่มีผลมะม่วงหิมพานต์สุกและร่วงหล่นมากที่สุด ฉะนั้นอาจแบ่งเป็นปริมาณการเก็บผลผลิตเป็นร้อยละในรอบปีได้ ดังแสดงใน ตารางที่ 2.2 ปกติต้นมะม่วงหิมพานต์จะเริ่มให้ผลผลิตในปีที่สาม ถ้าได้รับการบำรุงรักษาอย่างดีจะเริ่มให้ผลเต็มที่เมื่อต้นมีอายุ 10 ปี เป็นพืชที่มีอายุยืนนาน อายุยืนถึง 70 ปี

ตารางที่ 2.2 อัตราส่วนของปริมาณการเก็บเกี่ยวผลผลิตเมล็ดมะม่วงหิมพานต์

เดือน	อัตราส่วนเก็บเกี่ยว (%)
กุมภาพันธ์	10
มีนาคม-เมษายน	73
พฤษภาคม	17

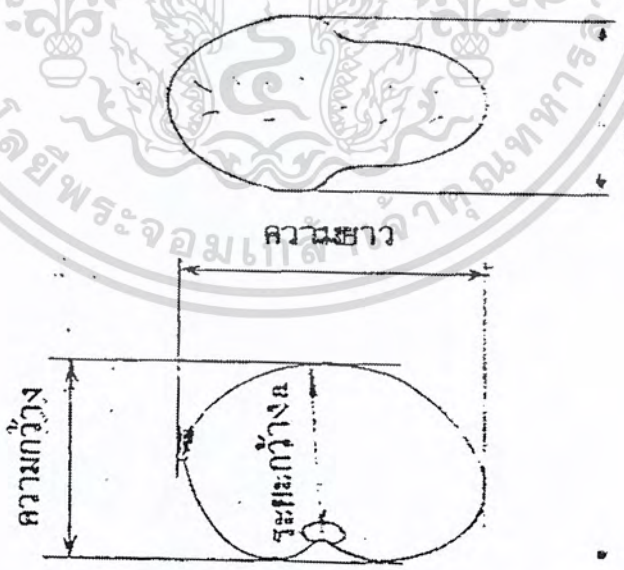
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เปลือกชั้นในหรือเยื่อหุ้มเมล็ด มีสีชมพูอมแดง ซึ่งในกระบวนการแปรรูปเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ให้ได้เมล็ดเนื้อในสีขาว ต้องทำการลอกเยื่อหุ้มเมล็ดก่อน เมล็ดเนื้อในเป็นส่วนที่ใช้ในการบริโภค ซึ่งมีสารประกอบที่เป็นประโยชน์ ดังนี้ (สัมฤทธิ์ และธำรง, 2532)

ตารางที่ 2.3 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักเมล็ด

น้ำ	5.9 % ของน้ำหนักเมล็ด
โปรตีน	21.0 % ของน้ำหนักเมล็ด
ไขมัน	47.0 % ของน้ำหนักเมล็ด
คาร์โบไฮเดรต	22.0 % ของน้ำหนักเมล็ด
อื่นๆ	4.1 % ของน้ำหนักเมล็ด

เมล็ดมะม่วงหิมพานต์มีขนาดไม่เท่ากัน ขึ้นอยู่กับลักษณะของแต่ละสายพันธุ์และสภาพดินฟ้า อากาศของสถานที่ปลูก แบ่งขนาดตามลักษณะของเมล็ด เป็นความยาว ความกว้าง ความหนา และความสูงดังแสดงในรูปที่ 2.2 โดยความสูงเป็นขนาดของเมล็ด จากตำแหน่งตาของเมล็ดจนถึงส่วนโค้งด้านบนของเมล็ดที่มากสุด ซึ่งในการคัดขนาดของเมล็ดจะใช้ตะกร้ารูกลม เมล็ดจะพลิกตัวรอดผ่านตะแกรงรูกลมโดยที่เมล็ดจะต้องมีขนาดความสูงน้อยกว่าขนาดรูกลม



รูปที่ 2.2 ขนาดด้านต่างๆของเมล็ดมะม่วงหิมพานต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 การแปรสภาพผลผลิตเมล็ดมะม่วงหิมพานต์

ขั้นตอนการกะเทาะเมล็ดมะม่วงหิมพานต์จะเริ่มต้นตั้งแต่การปรับสภาพเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ให้เหมาะต่อการกะเทาะ การคัดขนาดก่อนกะเทาะ การกะเทาะเปลือก การลอกเยื่อหุ้มเมล็ดในและการคัดเกรดเมล็ดใน วิธีโดยทั่วไปเริ่มจากการทำความสะอาดเมล็ด โดยล้างแยกทราย หิน และสิ่งแปลกปลอมอื่นๆออก ต่อจากนั้นจะต้องคัดขนาดเมล็ดก่อน นำเมล็ดไปเพิ่มชื้นโดยการให้น้ำซึมผ่านเปลือกเข้าไปในเมล็ดในเพื่อให้เมล็ดในนุ่มไม่แตกหักง่ายและนำไปให้ความร้อน การให้ความร้อนมีวัตถุประสงค์ในการกำจัดน้ำมัน CNSL และทำให้เปลือกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์เปราะง่ายต่อการกะเทาะเมล็ด ซึ่งการแปรสภาพเมล็ดมะม่วงหิมพานต์อาจแบ่งได้ 4 ขั้นตอนใหญ่ๆได้ดังนี้ (สมยศ และเสริมพล, 2528)

1.ขั้นตอนการเตรียมเมล็ดก่อนการกะเทาะ ทำได้หลายวิธี เช่น การเพิ่มความชื้นให้กับเมล็ดดิบ การให้ความร้อนเพื่อไล่น้ำมันออกจากเปลือก และการให้ความเย็นเพื่อทำให้เปลือกเปราะและวิธีอื่นๆ ดังจะกล่าวในหัวข้อ 2.4 จากการทดลองเตรียมเมล็ดโดยการต้มในน้ำที่เดือดพล่าน ปรากฏว่าต้มในน้ำนาน 30 นาที จะได้เปอร์เซ็นต์การแตกหักน้อยเมื่อทำการกะเทาะและเมล็ดเนื้อในสะอาด

2.ขั้นตอนการกะเทาะหรือแยกเปลือกออกจากเมล็ดเนื้อใน ซึ่งมีหลายวิธีดังจะกล่าวในหัวข้อ 2.5 หลักของการกะเทาะ คือ ต้องทำให้มีเมล็ดเนื้อในที่มีคุณภาพดี ซึ่งหมายถึง ได้เมล็ดเนื้อเต็มประกบซีก มีความสะอาดและมีอัตราการกะเทาะสูง มีการสูญเสียน้อย นอกจากนี้ต้องมีต้นทุนการกะเทาะต่ำอีกด้วย

3.ขั้นตอนการปรับสภาพเมล็ดเนื้อในไปใช้ประโยชน์ เริ่มด้วยการนำเมล็ดเนื้อในที่กะเทาะได้ไปลดความชื้น โดยการนำไปอบหรือผึ่งแดด และทำการลอกเยื่อหุ้มเมล็ดเนื้อในออกก่อนนำไปใช้ในการบริโภค

4.ขั้นตอนการปรับสภาพเปลือกไปใช้ประโยชน์ โดยการสกัดน้ำมันจากในเปลือกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ (Cashew nut shell liquid, CNSL) ออกจากเปลือก เพื่อนำไปใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมต่างๆ ส่วนกากเปลือกที่เหลือนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิง

2.4 วิธีการไล่น้ำมันออกจากเปลือกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์

การให้ความร้อนเพื่อไล่น้ำมันออกจากเปลือก มีดังนี้

1. การคั่วอาจกระทำในกระทะย่างไฟหรือในทรงกระบอกหมุนที่มีรูพรุนย่างไฟ โดย CNSL ที่ออกมาจะไหลทิ้งไปจากรูที่ก้นกระทะหรือรูรอบๆทรงกระบอก ทั้ง 2 วิธีจะไม่สามารถนำ CNSL กลับคืนมาได้ มีการคั่วอีกวิธีหนึ่งที่สารถเก็บ CNSL จากเปลือกไปทำประโยชน์ต่อได้ คือ การคั่วแบแช่ลงในน้ำมัน CNSL (Hot oil bath) เมล็ดมะม่วงหิมพานต์จะถูกแช่ในน้ำมัน CNSL ต้มที่อุณหภูมิประมาณ 170-200 °c เป็นเวลาประมาณ 1.5 นาที น้ำมันจากเปลือกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะไหลซึมออกมา วิธีนี้จะได้น้ำมัน CNSL ประมาณ 6-8 % ของน้ำหนักเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ วิธีนี้สามารถลำเลียงเมล็ดผ่าน CNSL ที่ไหลต่อเนื่องได้ เมล็ดจากการแช่น้ำมันต้องนำมาเหวี่ยงสลัดน้ำมัน CNSL บนผิวออกให้หมดก่อนนำไปกะเทาะ

2.การผึ่งแดด ให้ผึ่งแดดไว้ประมาณ 3-4 วัน ก่อนนำไปกะเทาะเปลือก

3.การเผาในกองไฟ โดยนำเมล็ดดิบโยนเข้าไปในกองไฟ รอเวลาซักครู่จึงเขี่ยเมล็ดออกมาแล้วทำการทุบด้วยท่อนไม้ วิธีนี้เป็นวิธีที่ไม่ควรทำเพราะอาจได้รับอันตรายจากควันของน้ำมันเปลือกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ และผลผลิตที่ได้เกิดความเสียหายเป็นจำนวนมาก

4.ทอดในน้ำมัน การทอดครั้งแรกจะใช้น้ำมันพืชเติมลงไปก่อนเพื่อล่อน้ำมัน CNSL ออกมา อุณหภูมิที่มีหลายช่วง โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 177-205 °c เป็นเวลา 1-2 นาที เสร็จแล้วนำออกมาคลุกกับขี้เถ้าหรือแกลบเพื่อซับน้ำมันออก

5.การอบด้วยลมร้อน จะใช้เวลาอบประมาณ 2-3 นาที โดยใช้อุณหภูมิต่ำๆ

6.การต้มในน้ำที่เดือดพล่าน ปรากฏว่าต้มนาน 30 นาทีในน้ำเดือดพล่าน จะได้เปอร์เซ็นต์การแตกหักน้อยเมื่อทำการกะเทาะและเมล็ดเนื้อในสะอาด

การให้ความเย็น เป็นการเตรียมเมล็ดอีกวิธีการหนึ่ง คือ การให้ความเย็นจัดประมาณ -10 °c นาน 15 นาที ซึ่งวิธีการนี้อาจทำให้เปลือกเปราะ เหมาะกับการนำไปกะเทาะเพื่อให้มีประสิทธิภาพสูง แต่ก้อต้องคำนึงถึงต้นทุนการใช้พลังงานในการทำความเย็นด้วย วิธีการนี้มีทำกันบ้างแล้วในประเทศญี่ปุ่น

2.5 วิธีการกะเทาะเมล็ดมะม่วงหิมพานต์

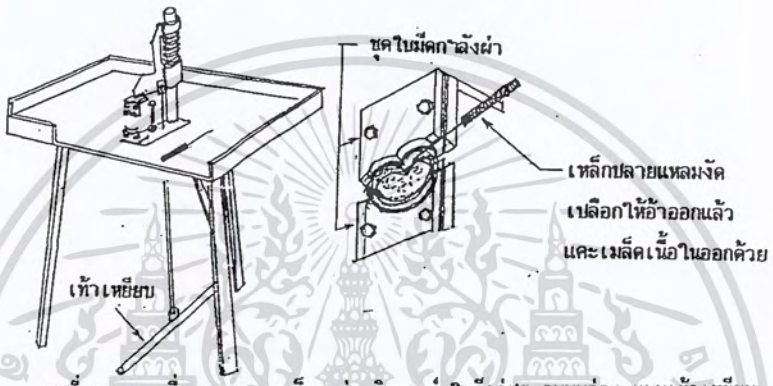
ในอุตสาหกรรมการผลิตเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ การกะเทาะเปลือกเป็นขั้นตอนที่สำคัญและมีปัญหามากที่สุด เช่น รูปร่างที่ไม่แน่นอนของเมล็ด เปลือกที่เหนียว และน้ำมัน CNSL (Cashew nut shell liquid) ซึ่งต้องป้องกันไม่ให้สัมผัสเมล็ดที่ได้เพราะถ้าหากรับประทานเข้าไปจะทำให้เกิดอาการคันหรือถึงกับทำให้ปากและคอไหม้ การกะเทาะเปลือกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์มี 2 วิธี คือ การกะเทาะโดยใช้แรงงานคน และการกระเทาะโดยใช้เครื่องทุ่นแรงหรือเครื่องมือ

1.การกะเทาะโดยใช้แรงงานคน จะวางเมล็ดบนพื้นแข็งแล้วใช้ไม้หรือค้อนทุบ ผู้กะเทาะจะต้องป้องกันตัวเองจากน้ำมัน CNSL โดยใส่ถุงมือ หรือคลุกเมล็ดกับขี้เถ้าก่อนทุบ โดยเฉลี่ยจะกะเทาะได้ประมาณ 10 เมล็ดต่อนาที (Ohle , 1979) นอกจากนั้นแล้วผู้กะเทาะอาจใช้กรรไกรหนีบใช้มีดผ่าหรือเผาได้ หลังจากกะเทาะจะต้องใช้มีดแคะเอาเมล็ดออกจากเปลือก การใช้วิธีเหล่านี้มักทำให้เมล็ดในเสียหาย แหลกป่น และยังเสียเวลามาก นอกจากนั้นในการเผาถ้าความร้อนสูงมเกินไปน้ำมัน CNSL ซึ่งอยู่ในเปลือกจะซึมเข้าสู่เมล็ดใน เป็นอันตรายต่อผู้บริโภคได้ ชนิดของเครื่องแบบใช้แรงงานคนมีดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

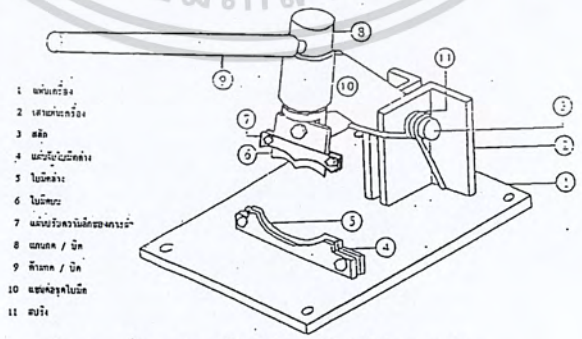
1.1 แบบใบมีดคู่ประกบบนล่าง ใช้เท้าหรือมือกดผ่าเปลือกให้แตก แล้วใช้เหล็กปลายแหลมงัดเปลือกให้แยกออกจากกัน แล้วแคะเมล็ดเนื้อในออก (ดังแสดงในรูปที่ 2.3) เครื่องกะเทาะแบบนี้สามารถกะเทาะได้ตั้งแต่ 1-2 กิโลกรัม/ชั่วโมง/คน (เมล็ดเนื้อในประกบคู่ก่อนอบแห้งและลอกเยื่อหุ้มเมล็ดใน)

มีข้อด้อย คือ ควบคุมคุณภาพได้ยากเพราะในการกะเทาะมักจะผ่าเปลือกลึกลงไปถึงเนื้อในเมล็ด เพื่อทำให้การงักเปลือกและแคะเมล็ดเนื้อในออกได้ง่ายและรวดเร็วขึ้น แต่จะมีผลเสียคือ เมล็ดเนื้อในจะเปื้อนน้ำมันจากเปลือกและเมื่ออบแห้งเพื่อลอกเนื้อเยื่อหุ้มเมล็ดเนื้อใน จะมีจำนวนเมล็ดแยกเป็นสองซีกมาก 30-40%



รูปที่ 2.3 เครื่องกะเทาะเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ ใบมีดคู่ประกบบนล่าง แบบเท้าเหยียบ เพื่อกดผ่าเปลือกและเหล็กปลายแหลมสำหรับงัดเปลือกและแคะเมล็ดเนื้อใน

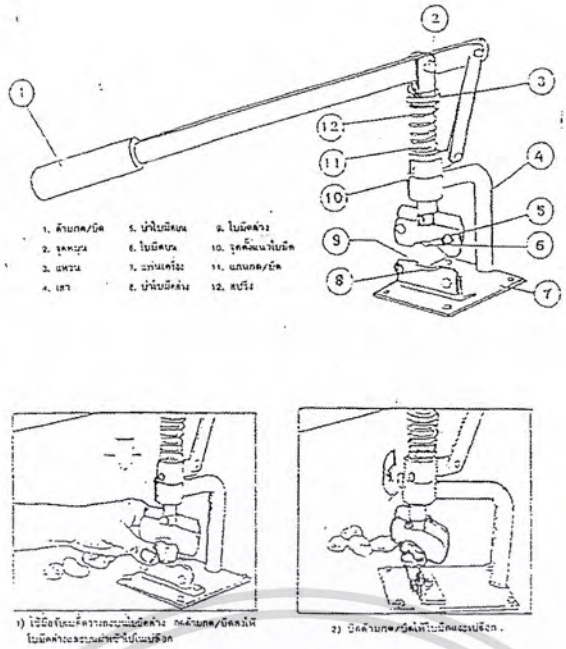
1.2 แบบใบมีดคู่ประกบบนล่างใช้มือกดผ่าเปลือกแล้วบิดใบมีดบน เพื่อให้ใบมีดงัดเปลือกแยกออกจากกัน เครื่องกะเทาะเมล็ดมะม่วงหิมพานต์หลักการนี้มีเครื่องแบบ วศก. (มข.)2 และ วศก .3 (ดังแสดงในรูปที่ 2.4 และ 2.5) ออกแบบโดยคณะวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยขอนแก่นและกองเกษตรวิศวกรรม ข้อดีของเครื่องทั้งสองแบบนี้ คือ ราคาถูกและใช้งานได้ง่าย ความสามารถในการกะเทาะ 0.5-1.0 กิโลกรัม/ชั่งโมง/คน เป็นเมล็ดเนื้อในเต็มประกบซีก 70-95% (สุรเวทย์และคณะ, 2536)



รูปที่ 2.4 เครื่องกะเทาะเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ ใบมีดคู่ประกบบนล่าง แบบมือโยกแล้วบิด วศก(มข.)2

ที่มา : ชวัชชัย ทิวาวรรณวงศ์ และคณะ. 2530. การเปรียบเทียบสมรรถนะของเครื่องกะเทาะเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ซึ่งใช้แรงคน

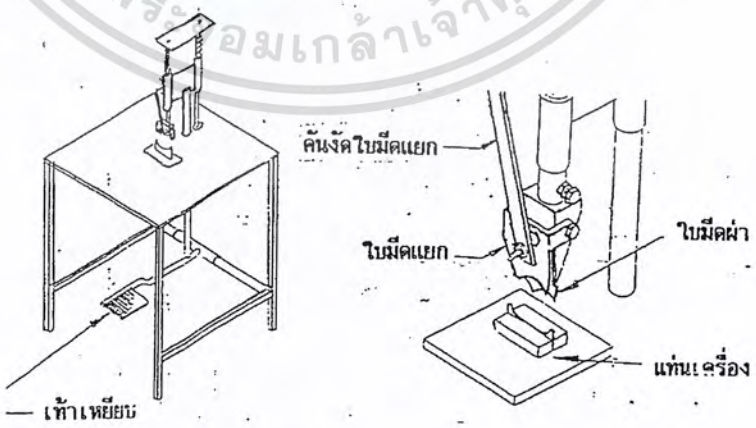
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.5 เครื่องกะเทาะเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ ใบมีดคู่ประกบบนล่าง แบบมือโยกแล้วบิด กวศ.3

ที่มา : สุรเวทย์ กฤษณะเศรณี และคณะ. 2536. เครื่องจักรกลเกษตร

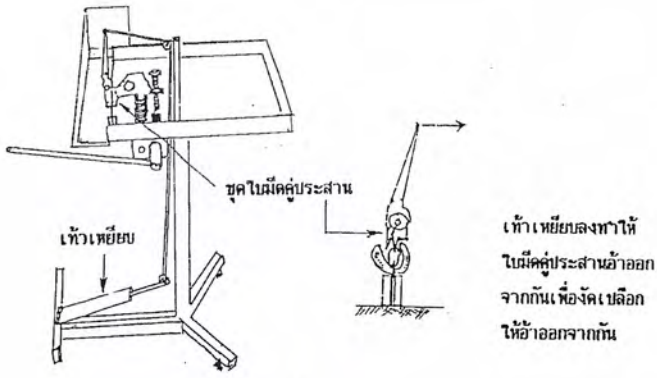
1.3 แบบใบมีดคู่ประสาน ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 แบบ คือ แบบใช้เท้าเหยียบเพื่อให้ใบมีดผ่าเปลือกแล้วใช้มือผลักก้านใบมีดคู่ประสานให้งัดเปลือกแยกออกจากกันก่อนแคะเมล็ดเนื้อในด้วยเหล็กปลายแหลม พัฒนาโดยกองเกษตรวิศวกรรม (ดังแสดงในรูปที่ 2.6) เมล็ดที่จะกะเทาะต้องผ่านการทอดให้กรอบก่อน และแบบใช้มือกดเพื่อให้มีดผ่าเปลือกแล้วใช้เท้าเหยียบให้ใบมีดคู่ประสานงัดเปลือกแยกออกจากกันก่อนแคะเมล็ดเนื้อใน (ดังแสดงในรูปที่ 2.7) ออกแบบและพัฒนาโดยนายสมควร อินทรพาณิชย์ ความสามารถในการกะเทาะ 0.7-1.5 กิโลกรัม/ชั่วโมง/คน โดยไม่ต้องคัดขนาดของเมล็ดก่อนได้เมล็ดเนื้อในเต็มประกบซีกมากกว่า 90% ข้อสำคัญ ผู้ทำการกะเทาะต้องใช้ความประณีตและความชำนาญค่อนข้างสูงมาก



รูปที่ 2.6 เครื่องกะเทาะเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ แบบใบมีดคู่ประสาน ที่ออกแบบโดยกองเกษตรวิศวกรรม

ที่มา : ดัดแปลงจาก สมยศ เชิญอักษร และเสริมพล เบื้องสูง. 2528. ออกแบบเครื่องกะเทาะเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ แบบแรงเหวี่ยง.

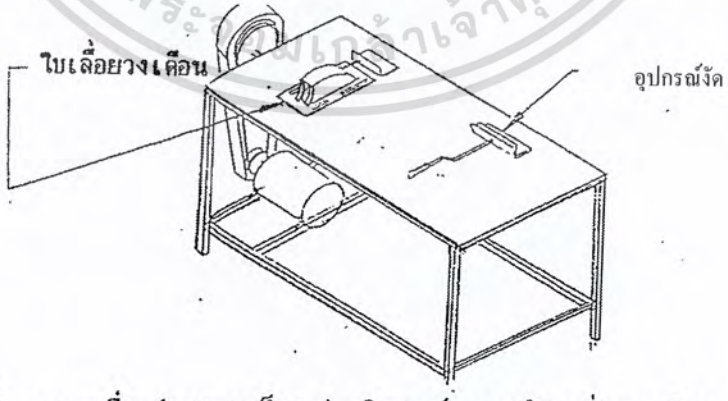
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.7 เครื่องกะเทาะเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ แบบใบมีดคู่ประสาน
ที่ออกแบบโดยนายสมควร อินทรพาณิชย์
ที่มา : สมควร อินทรพาณิชย์. 2532. การกะเทาะเมล็ดมะม่วงหิมพานต์.

2. การกะเทาะแบบใช้เครื่องทุ่นแรง มีหลายหน่วยงานได้ค้นคว้าและประดิษฐ์เครื่องกะเทาะเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ขึ้นหลายแบบ เช่น แบบมือโยกกดลง แบบเท้าเหยียบ เครื่องดังกล่าวนิยมใช้กันในช่วงแรกเท่านั้น ซึ่งโดยทั่วไปประกอบด้วยใบมีดคู่สร้างให้สอดคล้องกับรูปร่างของเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ การแงะเปลือกและการแซะเมล็ดในออกจากเปลือกต้องแยกกระทำต่างหากและถ้าจะให้ได้เมล็ดในที่สมบูรณ์ไม่แตกหัก ต้องมีกรรมวิธีหรือเทคนิคในการเตรียมเมล็ดที่เฉพาะและผู้ใช้จะต้องมีความชำนาญ จึงเป็นสาเหตุให้เครื่องมือนี้ได้รับความนิยมในวงอุตสาหกรรมการกะเทาะขนาดเล็กเท่านั้น เครื่องกะเทาะเมล็ดมะม่วงหิมพานต์แบบใช้มอเตอร์หรือเครื่องยนต์ มีดังต่อไปนี้

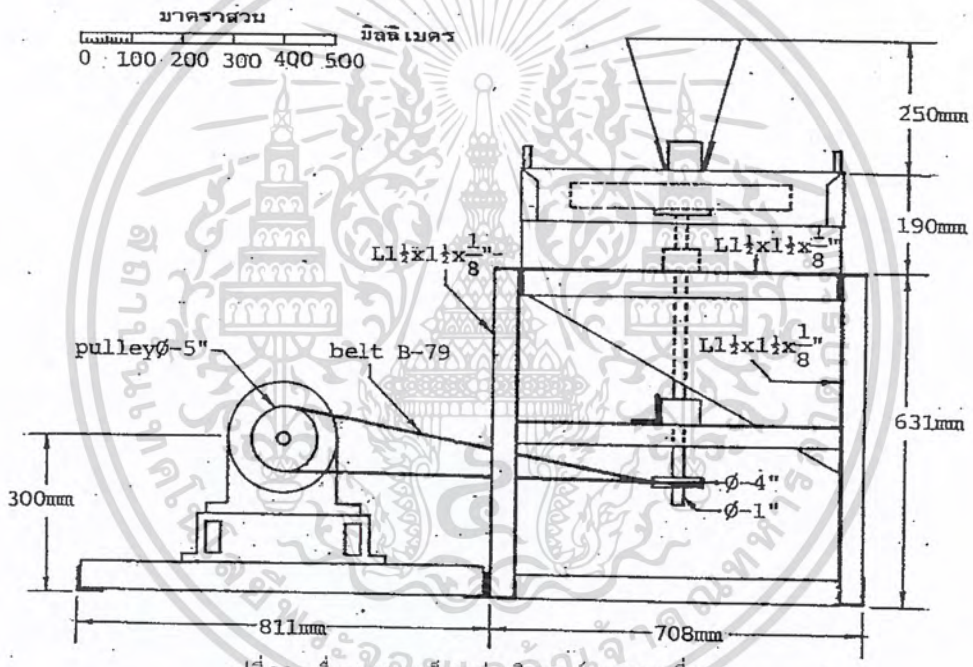
2.1 แบบใช้ใบเลื่อยวงเดือน เลื่อยผ่าตามส่วนโค้งในแนวระนาบสมมาตรของเมล็ด เพื่อให้เกิดรอยแยกแล้วจึงงัดให้เปลือกแยกออกจากกัน โดยใช้มีดหรืออุปกรณ์งัดอีกครั้งหนึ่ง (ดังแสดงในรูปที่ 2.8) ซึ่งออกแบบโดยกองเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร เครื่องมือแบบนี้ผู้ปฏิบัติงานต้องใช้ความระมัดระวังค่อนข้างมาก



รูปที่ 2.8 เครื่องกะเทาะเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ แบบใช้ใบเลื่อยวงเดือน
ที่มา : ดัดแปลงจาก สมยศ เชิญอักษร และเสริมพล เบื้องสูง. 2528.
ออกแบบเครื่องกะเทาะเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ แบบแรงเหวี่ยง.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 เครื่องใช้แรงเหวี่ยงกระทบ การกระทะทำโดยการป้อนเมล็ดจากังพักเมล็ดด้านบนลงสู่จานเหวี่ยง จานเหวี่ยงจะเหวี่ยงเมล็ดออกไปกระทบเป้า ซึ่งอยู่ด้านในของถังในระดับเดียวกับจานเหวี่ยง (ดังแสดงในรูปที่ 2.9) ผลจากการทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องต้นแบบโดยอาศัยวิธีแรงเหวี่ยงกระทบ พิจารณาจากความเร็วรอบและขนาดของเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ ที่มีต่อการกะเทาะเมล็ดเพื่อให้ได้เมล็ดเนื้อในเต็มประกบซีก พบว่าระดับความแตกต่างของความเร็วรอบของจานเหวี่ยงในช่วง 800-1100 รอบต่อนาที ไม่มีผลต่อประสิทธิภาพของการกะเทาะ แต่น้ำหนักของเมล็ดมะม่วงหิมพานต์มีผลต่อประสิทธิภาพการกะเทาะ โดยเมล็ดน้ำหนักตั้งแต่ 7 กรัมขึ้นไป จะให้ค่าเฉลี่ยของประสิทธิภาพการกะเทาะ 51.35-58.32% และเมล็ดเบากว่า 7 กรัม ให้ค่าเฉลี่ยของประสิทธิภาพการกะเทาะ 21.84-25.90% อัตราการกะเทาะเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ทั้งเปลือกประมาณ 20 กิโลกรัมต่อชั่วโมง



รูปที่ 2.9 เครื่องกะเทาะเมล็ดมะม่วงหิมพานต์แบบแรงเหวี่ยง

2.3 เครื่องกะเทาะเมล็ดมะม่วงหิมพานต์แบบกึ่งอัตโนมัติ วศก. (มข.)ก1 เป็นเครื่องกะเทาะที่พัฒนามาโดยใช้หลักการผ่าและบิดซีกเปลือกของเครื่องแบ วศก. (มข.)2 และกลไลขับเคลื่อนจานลำเลียงเมล็ดแบบเยื้องศูนย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 ทฤษฎีที่ใช้ในการออกแบบและการสร้าง

2.6.1 การหากำลังขับของมอเตอร์

การหากำลังขับของมอเตอร์นั้นเป็นสิ่งที่สำคัญมากในการออกแบบ เพราะจะนำค่าที่ได้ไปเลือกขนาดของมอเตอร์ที่ใช้ โดยสมการที่ใช้เป็นดังนี้

$$W_p = \frac{2\pi nT}{60}$$

เมื่อ W_p = กำลังขับ (Watt)

N = ความเร็วรอบที่ใช้งาน

T = แรงบิดที่เกิดขึ้น

2.6.2 การออกแบบลูกเบี้ยว

ลูกเบี้ยวเป็นอุปกรณ์ส่วนหนึ่งที่ใช้อยู่ในเครื่องยนต์โดยติดตั้งอยู่บนเพลา ซึ่งเรียกรวมกันว่า เพลาลูกเบี้ยว (cam shaft) และจะทำหน้าที่เปลี่ยนแปลงการเคลื่อนที่แบบหมุนให้เป็นการเคลื่อนที่แบบขึ้น-ลงตามแนวเส้นตรง โดยกำลังจากเพลาลูกเบี้ยวจะถูกส่งไปยังตัวรับหรือตัวตาม (follower) ตัวตามจะทำหน้าที่เปลี่ยนการเคลื่อนที่ให้เป็นแบบเส้นตรงอัตราเร็วของตัวตามจะช้าหรือเร็วขึ้นอยู่กับรูปร่างลักษณะของตัวลูกเบี้ยว ในปัจจุบันนี้อุปกรณ์ของลูกเบี้ยวและตัวตามนิยมใช้มากในเครื่องยนต์ต่างๆ เช่น อุปกรณ์การควบคุมการทำงานของวาล์วไอดีและไอเสียของเครื่องยนต์ สันดาปภายในเครื่องตัดกระดาษ เครื่องปั่นด้าย ฯลฯ

กลไกการทำงานของลูกเบี้ยว จะประกอบไปด้วยอุปกรณ์ที่สำคัญๆ ดังนี้

ลูกเบี้ยว ทำหน้าที่เป็นตัวขับกลไกตัวอื่นๆซึ่งอาจจะมีสัมผัสที่เป็นส่วนโค้งหรือเรียบก็ได้

ตัวตาม จะเป็นตัวรับการถ่ายทอดกำลังงานจากลูกเบี้ยวโดยตรงและจะมีผิวสัมผัสกับลูกเบี้ยวตลอดเวลาเฟรม (Frame) จะทำหน้าที่ยึดหรือเป็นฐานรองรับของเพลาลูกเบี้ยวและเป็นช่องนำทางของตัวกลางในการเคลื่อนที่

ลูกเบี้ยวที่ใช้ในการจับยึดชิ้นงานมีอยู่ด้วยกัน 2 แบบคือ

1.ลูกเบี้ยวแบบเยื้องศูนย์ (Simple Eccentric)

ลูกเบี้ยวแบบเยื้องศูนย์ (Simple Eccentric) เป็นลูกเบี้ยวแบบง่ายๆที่ได้จากการเจาะรูในชิ้นงาน ให้เยื้องศูนย์ออกไปจากศูนย์เดิม ช่วงของการกดงานอาศัยระยะของการเยื้องศูนย์ ลูกเบี้ยวแบบเยื้องศูนย์นี้ก็มีข้อเสียที่ว่าลูกเบี้ยวชนิดนี้มีโอกาสคลายตัวได้ง่ายโดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อได้รับการสั่นสะเทือน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.10 ลูกเบี้ยวแบบเยื้องศูนย์

การคำนวณระยะเยื้องศูนย์ของลูกเบี้ยว

จากกฎของโมเมนต์เมื่อชิ้นงานอยู่ในสภาพสมดุลย์

$$\sum M = 0$$

$$F_{sp} \cdot e + f \cdot \mu_1 \cdot F_{sp} + \frac{d}{2} \cdot \mu_2 \cdot R - F_h \cdot l = 0$$

แรงรวมที่กระทำบนแกนของลูกเบี้ยว

$$R = F_{sp}$$

$$F_{sp} \cdot e + f \cdot \mu_1 \cdot F_{sp} + \frac{d}{2} \cdot \mu_2 \cdot F_{sp} - F_h \cdot l = 0$$

$$F_{sp}(e + f \cdot \mu_1 + \frac{d}{2} \cdot \mu_2) = F_h \cdot l$$

2.ลูกเบี้ยวแบบสไปราล (Spiral Eccentric)

เป็นลูกเบี้ยวที่มีประสิทธิภาพในการใช้งานได้ดีกว่าลูกเบี้ยวแบบเยื้องศูนย์ เพราะกดงานได้นิ่มนวลกว่า เนื่องจากหน้าสัมผัสของลูกเบี้ยวแบบสไปราลถูกทำให้โค้งตามสไปราลของอาคิดีส ซึ่งโค้งของสไปราลนี้เองทำให้ทิศทางของแรงกดมีระยะห่างจากจุดศูนย์กลางการหมุนของลูกเบี้ยว (ระยะ a) เท่ากันตลอดไม่ว่ามุมของแขนโยกจะอยู่ในตำแหน่งใดก็ตาม จะเห็นว่าเมื่อส่วนโค้งของลูกเบี้ยวเปลี่ยนตำแหน่งไประยะ a ก็ยังคงเดิม ซึ่งผิดกับลูกเบี้ยวแบบเยื้องศูนย์ ซึ่งระยะ a นี้จะเปลี่ยนไปเรื่อยๆตามมุมเอียงของแขนโยก แต่ลูกเบี้ยวแบบสไปราลก็มีข้อเสียที่ว่าการออกแบบสร้างทำได้ยากและนอกจากนั้นกรรมวิธีการผลิตยังทำได้ยากอีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.3 การออกแบบเพลา

เพลาเป็นชิ้นส่วนที่มีใช้อยู่ในเครื่องจักรเกือบทุกชนิดทำหน้าที่ในการส่งถ่ายกำลังหรือทำให้เกิดการหมุนระหว่างชิ้นส่วนต่างๆของเครื่อง ขณะใช้งานจะอยู่ภายใต้ภาระการกระทำชนิดต่างๆ เช่น แรงกด แรงดึง โมเมนต์หลัก และโมเมนต์บิด ซึ่งมีทั้งแรงสถิตย์และแรงแบบวัฏจักรทำให้เกิดการล้าได้ เพลาอาจมีชื่อเรียกแตกต่างกันตามลักษณะการใช้งานดังนี้ คือ

เพลา(Shaft) เป็นชิ้นส่วนที่หมุนและใช้ในการส่งกำลัง

แกน(Axle) เป็นชิ้นส่วนลักษณะเดียวกันกับเพลาแต่ไม่หมุน

สตับชาฟ(Spindle) เป็นเพลาที่ติดเป็นชิ้นส่วนต่อเนื่องกับเครื่องยนต์มอเตอร์ หรือเครื่องต้นกำลังอื่นๆ มีขนาด รูปร่าง และส่วนที่ยื่นออกมาสำหรับใช้ต่อเพลาอื่นๆ

เพลาแนว(Line shaft) หรือเพลาส่งกำลัง (Power transmission shaft) หรือเพลาเมน(Main shaft) เป็นเพลาที่ต่อตรงจากเครื่องต้นกำลัง ใช้ในการส่งกำลังไปยังเครื่องจักรกลอื่นๆโดยเฉพาะ

แจ็คชาฟ(Jack shaft) เป็นเพลาขนาดสั้นที่ต่อระหว่างเครื่องต้นกำลังเพลาเมนหรือเครื่องจักรกล

เพลาอ่อน (Fiexble shaft) เป็นเพลาที่สามารถอ่อนตัวหรือโค้งได้ เพลาประเภทนี้ทำด้วยสายลวดใหญ่ (Cable) ลวดสปริงหรือลวดเหนียว (Wire rope) ใช้ในการส่งกำลังในลักษณะที่แกนหมุนทำมุมกันได้แต่ส่งกำลังได้น้อย เพลาอาจรับแรงดึง แรงกด แรงบิด หรือแรงอัด หรือแรงหลายอย่างรวมกันก็ได้ ดังนั้นการคำนวณจึงต้องใช้ความเค้นผสมเข้ามาช่วย แรงเหล่านี้อาจมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลาทำให้เพลาเสียหายได้เพราะความล้า ฉะนั้นจึงต้องมีการออกแบบเพลาให้มีความแข็งแรงเพียงพอสำหรับการใช้งานในลักษณะนี้ นอกจากนี้เพลายังต้องมีความแข็งเกร็ง (Rigidity) เพียงพอเพื่อลดมุมบิดภายในเพลาให้อยู่ในขีดจำกัดที่พอเหมาะ ระยะโก่ง (Deflection) ของเพลาก็เป็นสิ่งสำคัญในกรกำหนดขนาดเพลา เพราะถ้าเพลามีระยะโก่งมากก็จะเกิดการแกว่งขณะหมุนได้

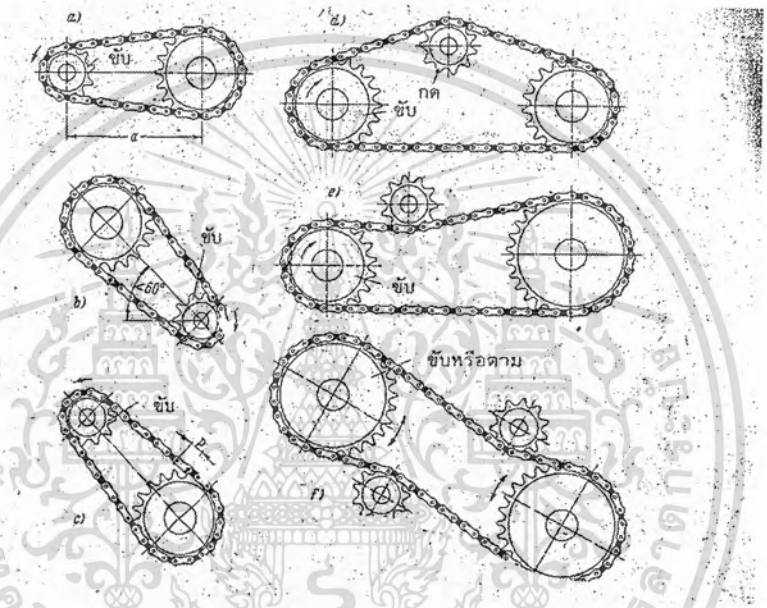
วัสดุเพลา ในการเลือกวัสดุและวิธีที่ใช้ในการทำเพลา นักออกแบบจะต้องคำนึงถึงสภาพการใช้งานและภาระที่เพลาต้องรับ โดยหลักทั่วไปแล้วจะพิจารณาเลือกวัสดุและวิธีการผลิตเพลาตามขนาดระบุเพลา วัสดุที่ใช้ทำเพลาโดยทั่วไปคือ เหล็กล้าละมุน(Mile steel) แต่ถ้าต้องการให้มีความเหนียวและความทนทานเป็นพิเศษมักจะใช้เหล็กกล้าผสมโลหะอื่นทำเพลา เช่น AISI 3140,1347, 4150, 4340 เป็นต้น เพลาที่มีขนาดเป็นเส้นผ่านศูนย์กลางโตกว่า *90* มิลลิเมตรแล้วมักจะกลึงมาจากเหล็กกล้าคาร์บอนซึ่งผ่านการรีดร้อน อย่างไรก็ตามเพื่อให้เพลามีราคาถูกที่สุด ผู้ออกแบบควรพยายามเลือกใช้เหล็กกล้าคาร์บอนธรรมดาก่อนที่จะใช้คาร์บอนชนิดอื่น ขนาดของเพลาเพื่อให้เพลามีมาตรฐานเหมือนกัน องค์การมาตรฐานระหว่างประเทศ จึงได้กำหนดขนาดมาตรฐานของเพลา มีขนาดระบุ(Nominal size) ใน ISO/R 775-1969 เอาไว้สำหรับให้ผู้ออกแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เลือกใช้ ทั้งนี้เพื่อสามารถเลือกใช้ได้ทั่วไป นอกจากนี้ยังเป็นขนาดที่สอดคล้องกับขนาดของแบริ่งที่ใช้รองรับเพลา

2.6.4 การออกแบบโซ่และเฟืองโซ่

โซ่และเฟืองโซ่ใช้สำหรับส่งกำลังในกรณีเพลาทั้งสองอยู่ห่างกันวิ่งก็คล้ายกับการส่งกำลังของสายพานธรรมดา แต่การส่งกำลังโดยใช้โซ่และเฟืองโซ่มีข้อดีที่ว่าสามารถส่ง Torque ได้มากเพราะไม่มีการ Slip และโซ่ยังมีความแข็งแรงกว่าสายพานธรรมดา ในลักษณะการใช้งานของโซ่จำเป็นต้องคำนึงถึงความตึงของโซ่ด้วยเหมือนกัน ซึ่งสามารถทำได้หลายวิธีดังนี้

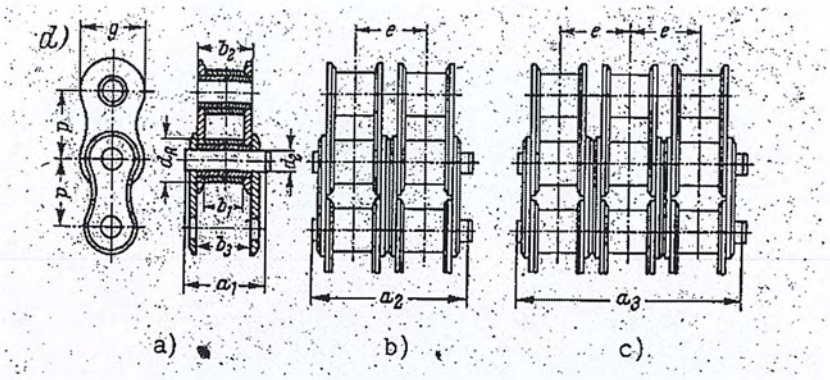


รูปที่ 2.11เฟืองโซ่

a.เฟืองโซ่วางแนวระนาบ
b.เฟืองโซ่ขับอยู่ด้านล่างทำมุม 60°
c.เฟืองโซ่ขับอยู่ด้านบนทำมุม 60°
d.มีเฟืองกดภายใน
e.มีเฟืองกดภายนอก
f.มีเฟืองกด 2 ตัว

โซ่ ที่ใช้มีอยู่ด้วยกันหลายชนิดแต่ที่นิยมใช้กันมากที่สุดก็คือ โซ่แบบธรรมดา มีลักษณะของโซ่เป็นแบบลูกกลิ้งทรงกระบอก ซึ่งมีแบบเส้นเดี่ยว เส้นคู่ และสามเส้นเรียงติดกัน ข้อเสียของโซ่ คือ มีการกระเพื่อมของการถ่ายทอดความเร็วเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงค่า Effective pitch radius ในขณะที่ขบกับล้อเฟืองตัวขับ ดังนั้นในการออกแบบจึงกำหนดให้จำนวนฟันของล้อเฟืองตัวเล็กสุดมีไม่น้อยกว่า 12 ฟัน สำหรับความเร็วรอบต่ำ ไม่น้อยกว่า 17 ฟันสำหรับความเร็วรอบปานกลาง และไม่น้อยกว่า 21 ฟันสำหรับความเร็วรอบสูง

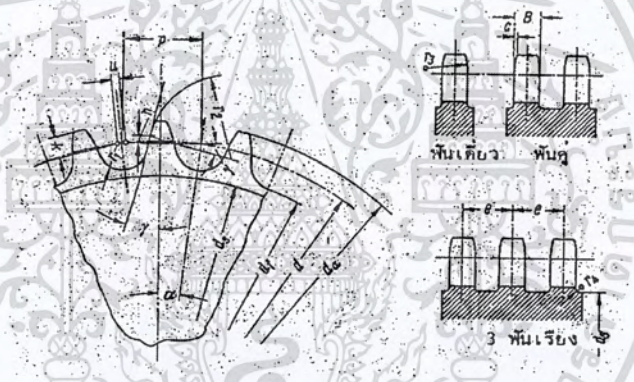
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



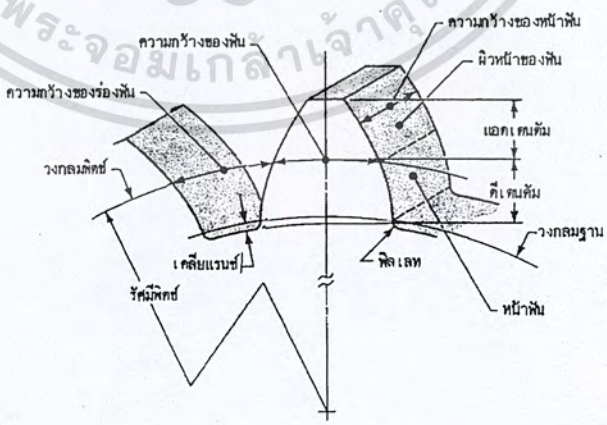
รูปที่2.12 แสดงขนาดต่างๆของเฟืองแบบธรรมดา

a.เส้นเดี่ยว b.เส้นคู่ c.สามเส้นเรียง

เฟือง การส่งถ่ายกำลังจากเพลาหนึ่งไปยังอีกเพลาหนึ่ง โดยที่กำลังจะส่งนั้นมีไม่มากเกินไปและมีความเร็วไม่สูงมากนักอาจใช้ลูกล้อเสียดทานจำนวน 2 ล้อได้ เมื่อไม่มีการลื่นเกิดขึ้นความเร็วสัมผัสที่จุดสัมผัสของล้อทั้งสองเท่ากัน เฟืองโซ่ที่ดีจะต้องมีขนาดสัมพันธ์กับโซ่ที่จะนำมาคล้อง ดังรูป



รูปที่ 2.13 แสดงขนาดต่างๆของเฟืองโซ่



รูปที่ 2.14 ลักษณะพื้นฐานของเฟืองตรง

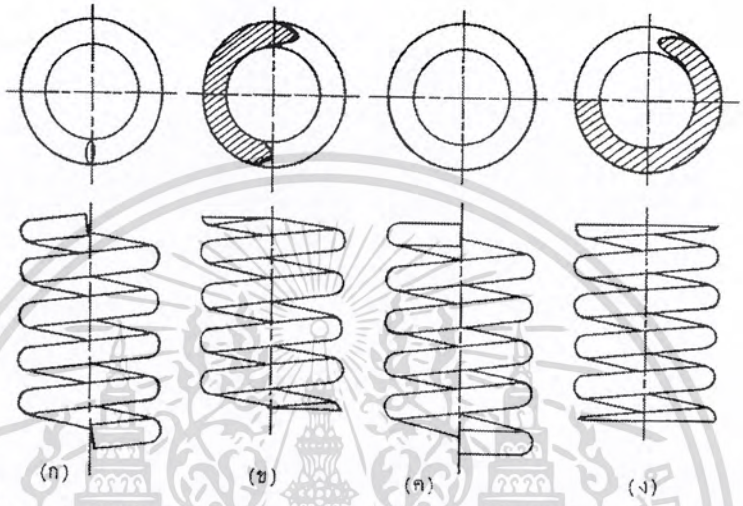
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

2.6.5 การเลือกใช้สปริง

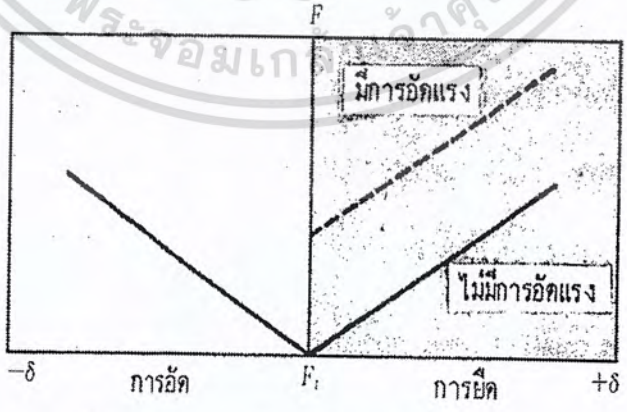
สปริงถูกนำมาใช้เพื่อผ่อนคลายแรงกระแทก และลดหรือแยกการสั่นสะเทือนให้ลดน้อยลง สปริงสามารถที่จะเก็บหรือจ่ายพลังงานได้เป็นอย่างดี นอกจากนี้สปริงยังจะถูกใช้เป็นชิ้นส่วนสำคัญในอุปกรณ์เพื่อการควบคุมการใช้งานที่เกินกำลัง สปริงมีหลายรูปแบบ ดังนี้

สปริงขดแบบกด มี 4 แบบ ดังรูปที่ 2.17



รูปที่ 2.15 ปลายสปริงขดรับแรงกด ก. ปลายธรรมดา ข. ปลายธรรมดาและเจียระไน ค. ปลายตรง ง. ปลายตรงและเจียระไน (จากวริทธิ์และชาญ 2525 เล่ม 1 หน้า 234)

สปริงขดแบบรับแรงดึง แรงที่ใช้ดึงสปริงขดจนถึงจุดที่ขอจะแยกออกจากกันโดยที่ยังไม่มีการยืดตัว กล่าวคือแรงที่ใช้ดึงสปริงขดจนถึงจัดที่ขดจะแยกออกจากกันโดยที่ยังไม่มีการยืดตัว



รูปที่ 2.16 การเปรียบเทียบแรงที่เกิดขึ้นจากสปริงขดแบบอัด และสปริงขดแบบดึง ทั้งที่มีการอัดแรงเบื้องต้นและไม่มี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
119262

บทที่ 3

วิธีการดำเนินการวิจัย

วิธีการดำเนินการวิจัยเพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ของการศึกษาที่ได้กล่าวมา มีขั้นตอนและรายละเอียดดังนี้

3.1 การศึกษากลไกของเครื่องกะเทาะเมล็ดมะม่วงหิมพานต์

ดำเนินการศึกษาเครื่องกะเทาะเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ โดยการศึษหลักการทำงานของเครื่องและกลไกในส่วนต่างๆเพื่อให้ทราบถึงส่วนประกอบของเครื่อง ซึ่งในการทำงานของเครื่องประกอบด้วย ขั้นตอนการป้อนเมล็ดเข้าสู่ที่จับประคองเมล็ด ขั้นตอนการลำเลียงเมล็ด ขั้นตอนการผ่าเปลือก เพื่อนำไปสู่ขั้นตอนการแยกเมล็ดเนื้อในออกจากเปลือก

3.2 การศึกษาออกแบบและสร้างการเครื่องกะเทาะเมล็ดมะม่วงหิมพานต์

ดำเนินการศึกษาและออกแบบกลไลชิ้นส่วนต่างๆเพื่อการประดิษฐ์เครื่องกะเทาะเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ ที่มีกลไกส่วนต่างๆของเครื่องทำให้กะเทาะเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ได้ดียิ่งขึ้น มีความคงทน และใช้งานง่าย ตั้งแต่ขั้นตอนการป้อนเมล็ด ตลอดจนถึงขั้นตอนการลำเลียงหลังการผ่าและบิดฉีกเปลือกแล้วออกจากเครื่อง รวมทั้งคำนึงถึงการลดจำนวนชิ้นส่วนการผลิต ซึ่งมีลายระเอียดของการออกแบบ และสร้างเครื่องดังกล่าวขึ้นเพื่อทดสอบเปรียบเทียบ

3.3 การพิจารณาเลือกปัจจัยสำหรับการศึกษา ทดสอบเปรียบเทียบ

เนื่องจากการวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อการปรับปรุงกลไกและชิ้นส่วนต่างๆของเครื่องกะเทาะเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ ดังนั้นการทดสอบเปรียบเทียบจึงเลือกศึกษาเน้นในส่วนของผลการกะเทาะเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ที่ได้ผลกระทบจากการปรับปรุงกลไกและอุปกรณ์ส่วนต่างๆของเครื่อง ในการกะเทาะมีอยู่ 3 ส่วน คือ เมล็ดที่ใช้ในการกะเทาะ เครื่องกะเทาะเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ และผู้ปฏิบัติการกะเทาะ ซึ่งประกอบด้วยผู้ปฏิบัติการป้อนเมล็ดและผู้แยกเมล็ดเนื้อในออกจากเปลือก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 ค่าชี้ผลการทดสอบการกะเทาะเมล็ดมะม่วงหิมพานต์

การเปรียบเทียบเครื่องกะเทาะเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ มีขั้นตอนที่แยกผลการทำงานได้โดยง่าย ดังนี้ ขั้นตอนการป้อนเมล็ดสู่รางลำเลียง ขั้นตอนการผ่าเมล็ดโดยการกดตัด เพื่อให้ผลการทดสอบเปรียบเทียบได้ผลที่ถูกต้องเด่นชัด จึงเลือกผลที่ได้จากการทำงานของเครื่องในแต่ละขั้นตอนดังกล่าวข้างต้น เป็นค่าชี้ผลในการทดสอบเปรียบเทียบค่าชี้ผลในขั้นตอนการป้อนเมล็ดและลำเลียง ค่าชี้ผลในขั้นตอการป้อนและลำเลียง สำหรับการศึกษาเครื่องกะเทาะเมล็ดมะม่วงหิมพานต์มีรายละเอียดดังนี้

ประสิทธิภาพการป้อนเมล็ด คือ อัตราส่วนระหว่างอัตราการป้อนเมล็ดต่ออัตราการลำเลียงเมล็ดโดยคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ ซึ่งอาจเขียนในรูปของสมการได้ดังนี้

$$TE = \frac{NF}{C} \times 100\%$$

ซึ่ง TE = ประสิทธิภาพการป้อน (%)
NF = อัตราการป้อนเมล็ด (เมล็ด/นาที)
C = อัตราการลำเลียงเมล็ด (เมล็ด/นาที)

ค่าชี้ผลในขั้นตอนการกดผ่าเมล็ด

ในขั้นตอนชุดกดตัดใบมีดทำหน้าที่ผ่าเมล็ด โดยให้ผลการทำงานเป็น 4 ลักษณะ ดังนี้ เมล็ดเนื้อในประกบซีก(เมล็ดขาว) เมล็ดที่ผ่าโดนเนื้อใน(เมล็ดเสีย) และเมล็ดที่เปลือกทั้งสองด้านไม่ได้ถูกผ่าให้อ้าออกจากกัน(เมล็ดไม่กะเทาะ) โดยใช้ค่าชี้ผลดังนี้

1.เปอร์เซ็นต์เมล็ดเนื้อในเต็มประกบซีก (เมล็ดขาว) คือ อัตราส่วนของจำนวน เมล็ดเนื้อในเต็มประกบซีกต่อจำนวนเมล็ดที่ใช้กะเทาะใน 1 ตัวอย่าง โดยคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ซึ่งอาจเขียนให้อยู่ในรูปของสมการ

$$WO = \frac{NWO}{NT} \times 100\%$$

ซึ่ง WO = เปอร์เซ็นต์เมล็อเนื้อในเต็มประกบซีก
NOW = จำนวนเมล็ดเนื้อในเต็มประกบซีก(เมล็ดขาว)
NT = จำนวนเมล็ดที่ใช้กะเทาะใน 1 ตัวอย่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.เปอร์เซ็นต์เมล็ดที่โดนผ่าโดนเนื้อใน (เมล็ดเสีย) คือ อัตราส่วนจำนวนเมล็ดที่โดนผ่าโดนเนื้อในต่อจำนวนเมล็ดที่จะกะเทาะในหนึ่งตัวอย่าง โดยคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ ซึ่งอาจเขียนให้อยู่ในรูปของสมการ

$$BO = \frac{NBO}{NT} \times 100\%$$

ซึ่ง BO = เปอร์เซ็นต์เมล็ดที่โดนผ่าโดนเนื้อใน (เมล็ดเสีย)
NBO = จำนวนเมล็ดเมล็ดที่โดนผ่าโดนเนื้อใน (เมล็ดเสีย)
NT = จำนวนเมล็ดที่ใช้กะเทาะใน 1 ตัวอย่าง

3. เปอร์เซ็นต์เมล็ดที่เปลือกทั้งสองด้านไม่ได้ถูกผ่าให้อ้าออกจากกัน (เมล็ดไม่กะเทาะ) คือ อัตราส่วนจำนวนเมล็ดที่เปลือกทั้งสองด้านไม่ได้ถูกผ่าออกจากกันต่อเมล็ดที่ใช้กะเทาะใน 1 ตัวอย่าง

$$BWC = \frac{NC}{NT} \times 100\%$$

ซึ่ง BWC = เปอร์เซ็นต์เมล็ดที่เปลือกทั้งสองด้านไม่ได้ถูกผ่าให้อ้าออกจากกัน
NC = จำนวนเมล็ดเนื้อที่เปลือกไม่ได้ถูกผ่าให้อ้าออกจากกัน
NT = จำนวนเมล็ดที่ใช้กะเทาะใน 1 ตัวอย่าง

3.5 การออกแบบและปรับปรุงกลไกเครื่องกะเทาะเมล็ดมะม่วงหิมพานต์

การศึกษากลไกส่วนต่างๆของเครื่องกะเทาะเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ พบว่าหลักการทำงานเป็นการขับเคลื่อนแบบเยื้องศูนย์ และกะเทาะโดยใช้หลักการใช้ลูกเบี้ยวในการกดตัดเมล็ด มีส่วนประกอบดังต่อไปนี้

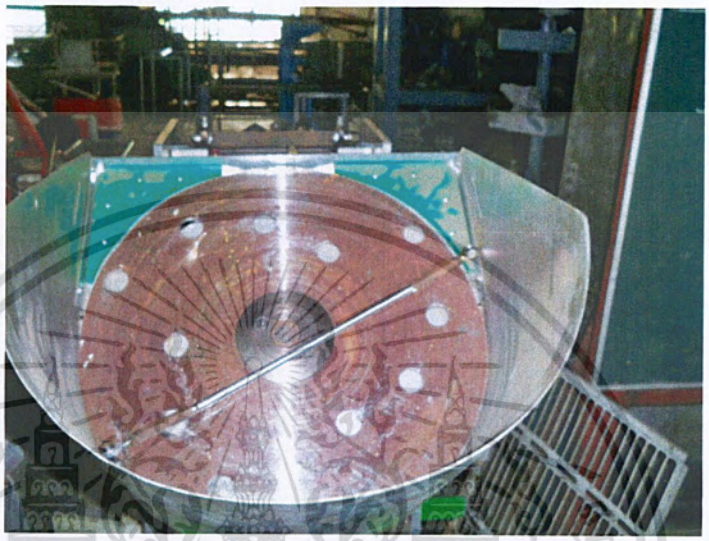
1. มอเตอร์ไฟฟ้า *3* เฟส
2. แกนเพลาขับเคลื่อนหลัก
3. รางลำเลียงเมล็ด
4. ชุดใบมีดตัดเมล็ด
5. ลูกเบี้ยวแบบเยื้องศูนย์ 2 แบบ
6. ชุดเฟืองโซ่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. Inverter
8. เมล็ดมะม่วงหิมพานต์

3.6 การทำงานของเครื่องในการกะเทาะเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. ขั้นตอนการป้อนเมล็ดสู่รางลำเลียง



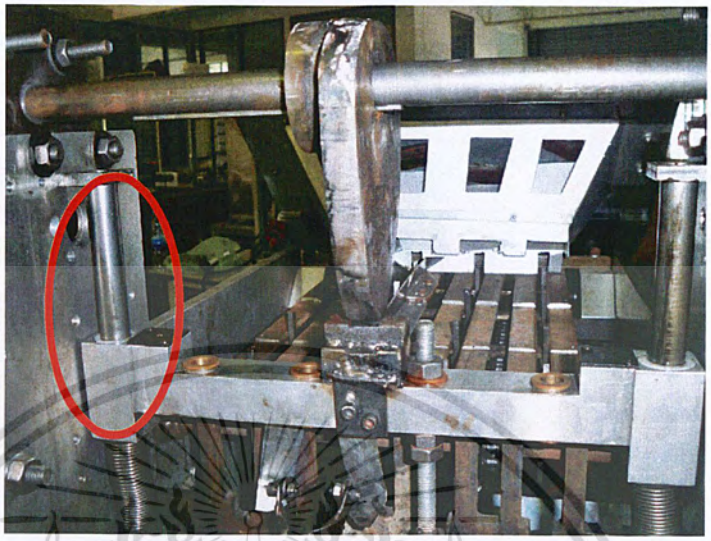
รูปที่3.1 ถังป้อนเมล็ด

2. ขั้นตอนการลำเลียงเมล็ดโดยรางลำเลียงจะถูกขับเคลื่อนให้เคลื่อนไปในแนวราบจากตำแหน่งที่ป้อนไปยังตำแหน่งที่ผ่าเมล็ด ซึ่งมีใบมีดด้านล่างและด้านข้างอยู่ในแนวดิ่ง

รูปที่ 3.2 รางลำเลียง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

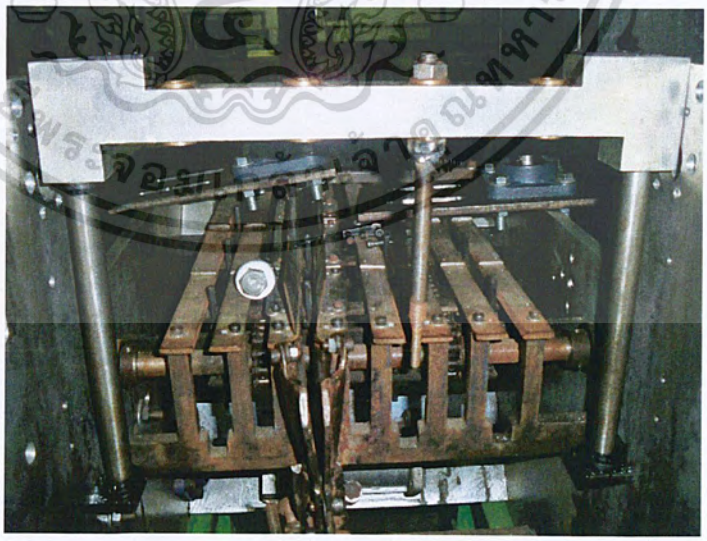
3. ขั้นตอนการผ่าเมล็ดโดยลูกเบี้ยวแบบเยื้องศูนย์กดเมล็ดลงให้โดนใบมีดด้านข้างเพื่อให้ใบมีดผ่าเปลือกที่ห่อหุ้มเมล็ดเนื้อใน ระยะกดตัดประมาณ 8-10 เซนติเมตร



รูปที่3.3 ลูกเบี้ยว

3.7 การออกแบบปรับปรุงชุดกดตัด

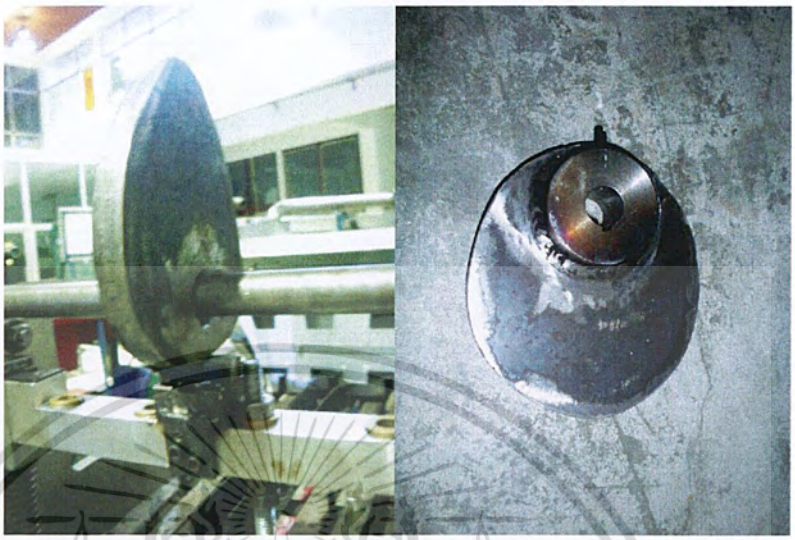
1.ทำการเปลี่ยนระยะคานกดเมล็ด โดยการวัดระยะที่กดเมล็ดของเครื่องเดิมแล้วขยับคานให้ได้ระยะพอดี ที่จะกดเมล็ดลงช่องผ่าเมล็ด ระยะที่ขยับคานประมาณ 5-6 เซนติเมตร ดังรูปที่ 3.4



รูปที่3.4 คานกดตัดเมล็ด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.การทำลูกเบี้ยวเพื่อเป็นตัวกดให้คานเคลื่อนที่ขึ้น-ลงในแนวดิ่ง ทำการออกแบบลูกเบี้ยวแบบเยื้องศูนย์ โดยลูกเบี้ยวที่ได้ทำการออกแบบมี 2 แบบ ตามลำดับดังรูป

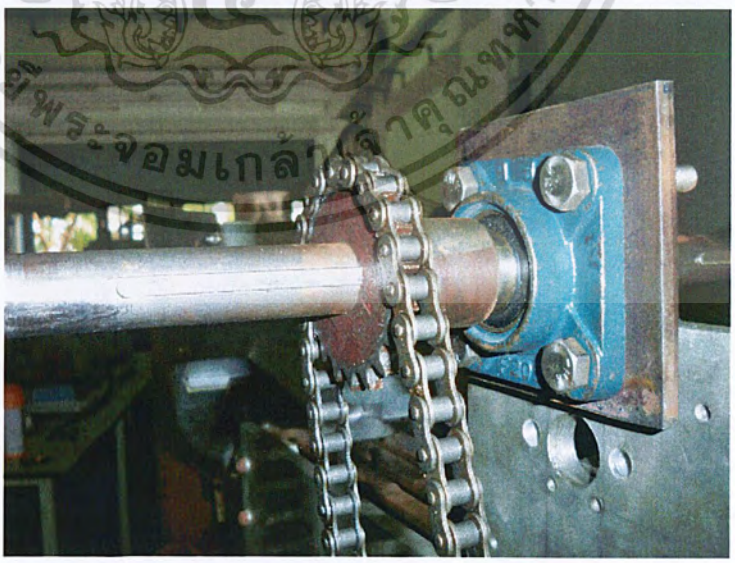


a. ลูกเบี้ยวแบบที่ 1 การกดตัดเมล็ดช้าและเด้งกลับเร็ว ลูกเบี้ยวมีลักษณะคล้ายเมล็ดมะม่วง

b. ลูกเบี้ยวแบบที่ 2 การกดตัดและเด้งกลับเท่ากัน ลูกเบี้ยวมีลักษณะคล้ายทรงกลม

รูปที่ 3.5 ลูกเบี้ยวที่ทำการออกแบบ

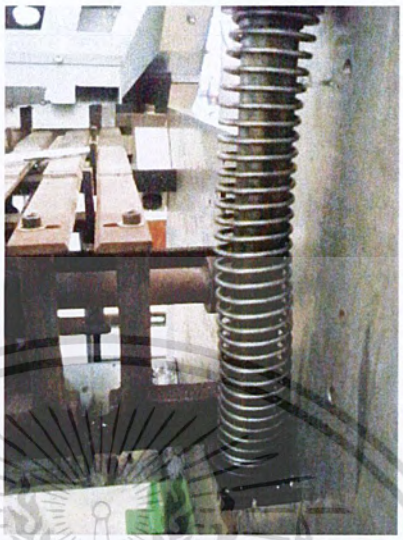
3.การทำเพลาลูกเบี้ยวเพื่อเป็นตัวขับเคลื่อนลูกเบี้ยวให้หมุนกดคาน โดยที่ใช้เพลาขนาด 1 นิ้ว หรือ 25.4 มิลลิเมตร ยึดติดกับแบริ่ง ซึ่งแบริ่งจะยึดติดกับแผ่นเหล็ก



รูปที่3.6 เพลาลูกเบี้ยว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. สปริงที่ใช้ในการช่วยให้คานกดตัดและเด้งกลับ เพื่อช่วยลดแรงกระแทกเวลาที่กดตัดเมล็ดและช่วยเพิ่มแรงในการเด้งกลับของลูกเบี้ยว ระยะกดของสปริงประมาณ 8- 10 เซนติเมตร



รูปที่ 3.7 สปริงที่โซ่กดตัด

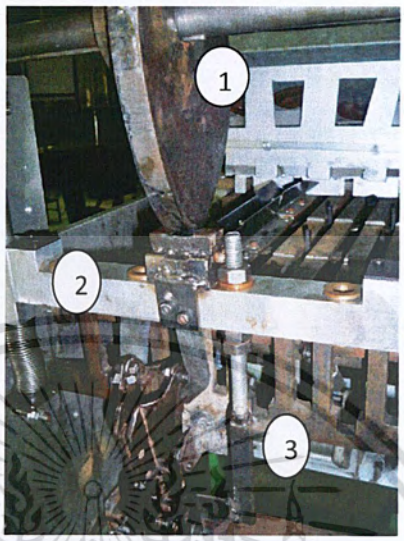
5. เฟืองและโซ่ที่ใช้ในการขับส่งกำลังในกรณีเพลาทั้งสองอยู่ห่างกันคล้ายกับการส่งกำลังของสายพานธรรมดา การใช้งานของโซ่จำเป็นต้องคำนึงถึงความตึงของโซ่ด้วยเหมือนกันและเฟืองโซ่ที่ดีจะต้องมีขนาดสัมพันธ์กับโซ่ที่จะนำมาคล้อง

รูปที่ 3.8 เฟืองและโซ่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กลไกการทำงานของชุดใบมีดตัด

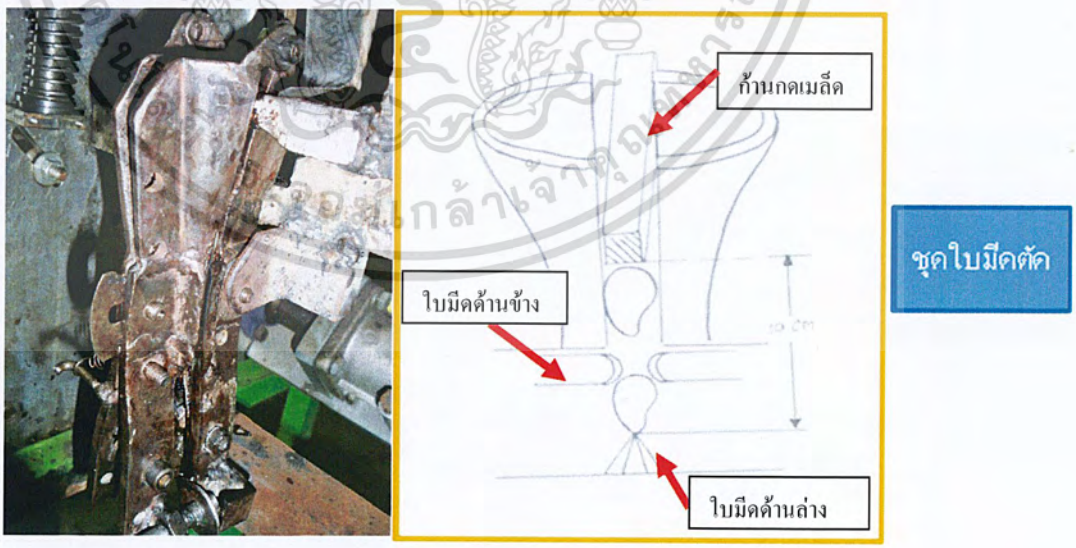
1.เมื่อลำเลียงเมล็ดตกลงมายังช่องป้อน ก้านกดเมล็ดที่ยึดอยู่กับคานจะทำการกดตัดเมล็ดโดยลูกเบี้ยวที่ถูกขับเคลื่อนโดยเพลา



1. ลูกเบี้ยว 2.คานกดตัด 3.ก้านกะเทาะ

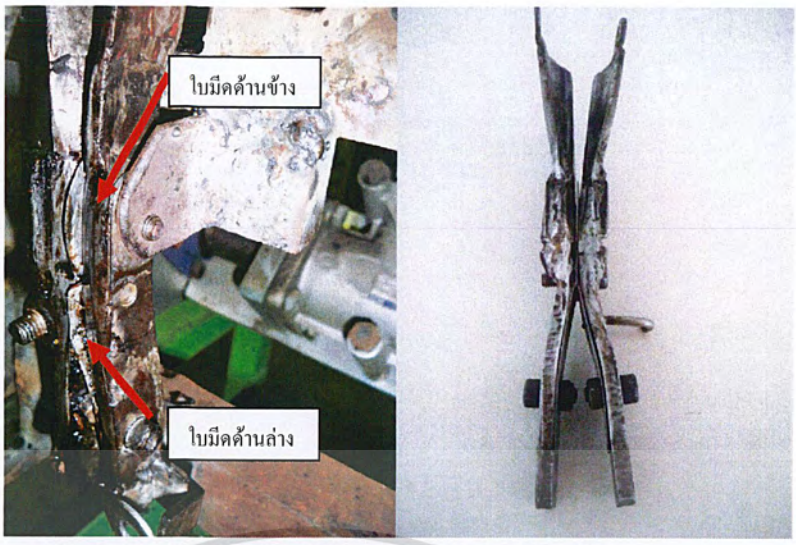
รูปที่ 3.9 คานและก้านกดเมล็ด

2.เมล็ดจะถูกกดผ่านใบมีด โดนที่จะมีใบมีดด้านข้างเป็นตัวผ่าเมล็ดและใบมีดด้านล่างเป็นตัวแยกเปลือกเมล็ดอ้าออกจากกัน ส่วนของใบมีดแสดงดังรูปที่ 3.10 และ 3.11



รูปที่ 3.10 ชุดใบมีด

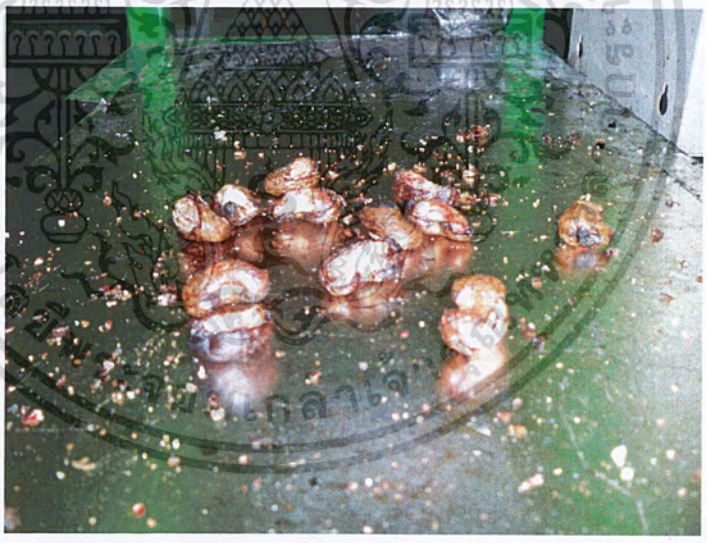
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



a. ใบมีดด้านข้างและด้านล่าง b.ช่องรับเมล็ด

รูปที่ 3.11 ส่วนของใบมีดตัด

3. เมล็ดที่ถูกผ่าจะตกลงมายังถาดรองเมล็ด ซึ่งจะมีทั้งเมล็ดคุณภาพดี (เมล็ดขาว) เมล็ดเสีย และเมล็ดที่ไม่ถูกผ่าให้อ้าออกจากกัน



รูปที่3.12 ถาดรองเมล็ด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่4

ผลการทดลอง

เครื่องกะเทาะเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ที่ได้นำมาทำการปรับปรุงนั้น ใช้มอตอร์ 1 แรงม้าในการกะเทาะเมล็ดและทำการกะเทาะเมล็ดโดยใช้การเคลื่อนที่แบบ 4 bar lingkage โดยที่ค่าเฉลี่ยความเร็วในการตัด สามารถตัดได้ 1 เมล็ดต่อครั้ง ใน1 นาที ตัดได้ 30 เมล็ด ประสิทธิภาพในการตัดเมล็ด 100 เปอร์เซ็นต์ ได้เมล็ดคุณภาพดี (เมล็ดขาว) 45 เปอร์เซ็นต์ เมล็ดเสีย 35 เปอร์เซ็นต์ และส่วนที่เหลือเป็นเมล็ดที่ไม่ได้ตัด

ผลการทดลองที่ 4.1 ประสิทธิภาพของการกะเทาะเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ของลูกเบี้ยวแบบที่ 1 ที่ความเร็ว รอบต่างๆ

ตารางที่4.1.1 ประสิทธิภาพของการกะเทาะเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ที่ความเร็วรอบ 36 ครั้ง/นาที

ครั้งที่	เมล็ดที่ผ่าเปลือกออก (%)	เมล็ดที่ผ่าเปลือกโดนเนื้อใน (%)	เมล็ดที่ไม่ผ่าเปลือกออก (%)
1	55.00	19.00	26.00
2	54.00	17.00	29.00
3	52.00	20.00	28.00
เฉลี่ย	53.66	18.67	27.67

หมายเหตุ: 1 ครั้ง = 100 เมล็ด

ตารางที่4.1.2 ประสิทธิภาพของการกะเทาะเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ที่ความเร็ว 28 ครั้ง/นาที

ครั้งที่	เมล็ดที่ผ่าเปลือกออก (%)	เมล็ดที่ผ่าเปลือกโดนเนื้อใน (%)	เมล็ดที่ไม่ผ่าเปลือกออก (%)
1	56.00	22.00	22.00
2	52.00	31.00	17.00
3	62.00	27.00	11.00
เฉลี่ย	56.66	26.67	16.67

หมายเหตุ: 1 ครั้ง = 100 เมล็ด

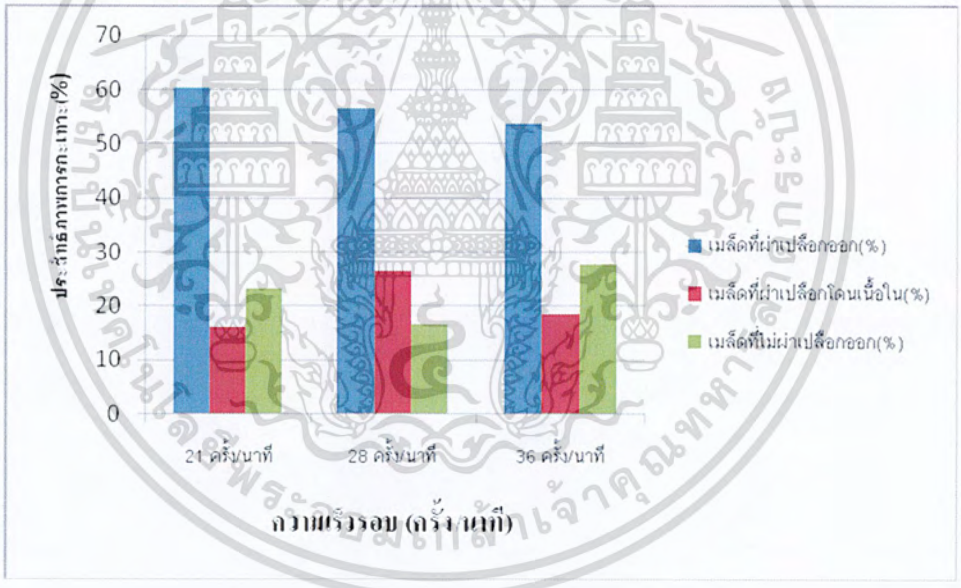
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่4.1.3 ประสิทธิภาพของการกะเทาะเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ที่ความเร็ว 21 ครั้ง/นาที

ครั้งที่	เมล็ดที่ผ่าเปลือกออก (%)	เมล็ดที่ผ่าเปลือกโดนเนื้อใน (%)	เมล็ดที่ไม่ผ่าเปลือกออก (%)
1	55.00	20.00	25.00
2	67.00	14.00	19.00
3	59.00	15.00	26.00
เฉลี่ย	60.33	16.33	23.34

หมายเหตุ: 1 ครั้ง = 100 เมล็ด

รูปที่4.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการกะเทาะเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ (%) ของลูกเบี้ยวที่ 1 ที่ความเร็วรอบต่างๆ (rpm)



การทดสอบเครื่องกะเทาะเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ของลูกเบี้ยวแบบที่ 1 ที่ความเร็วรอบต่างๆ มีผลต่อเปอร์เซ็นต์เมล็ดมะม่วงหิมพานต์ ดังแสดงในรูปที่ 4.1 เมื่อเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์เมล็ดที่ผ่าเปลือกออก พบว่าที่ความเร็วที่ 21 ครั้ง/นาที ให้ค่าเปอร์เซ็นต์เมล็ดที่ผ่าเปลือกออกสูงสุดเท่ากับ 60.33 เปอร์เซ็นต์ เปอร์เซ็นต์เมล็ดมะม่วงหิมพานต์ที่ผ่าเปลือกออกโดนเนื้อในเท่ากับ 16.33 เปอร์เซ็นต์ และเปอร์เซ็นต์เมล็ดที่ไม่ผ่าเปลือกออกเท่ากับ 23.34 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งที่ความเร็วรอบที่ 21 ครั้ง/นาที จะให้ค่าเปอร์เซ็นต์การกะเทาะเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ที่สูงสุดดังรูปที่4.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลองที่ 4.2 ประสิทธิภาพของการกะเทาะเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ของลูกเบี้ยวแบบที่ 2 ที่ความเร็ว รอบต่างๆ

ตารางที่4.2.1 ประสิทธิภาพของการกะเทาะเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ที่ความเร็ว 36 ครั้ง/นาที

ครั้งที่	เมล็ดที่ผ่าเปลือกออก (%)	เมล็ดที่ผ่าเปลือกโดนเนื้อใน (%)	เมล็ดที่ไม่ผ่าเปลือกออก (%)
1	47.00	30.00	23.00
2	43.00	25.00	32.00
3	31.00	24.00	45.00
เฉลี่ย	40.30	26.30	33.40

หมายเหตุ: 1 ครั้ง = 100 เมล็ด

ตารางที่4.2.2 ประสิทธิภาพของการกะเทาะเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ที่ความเร็ว 28 ครั้ง/นาที

ครั้งที่	เมล็ดที่ผ่าเปลือกออก (%)	เมล็ดที่ผ่าเปลือกโดนเนื้อใน (%)	เมล็ดที่ไม่ผ่าเปลือกออก (%)
1	49.00	25.00	26.00
2	45.00	33.00	22.00
3	36.00	21.00	43.00
เฉลี่ย	43.30	26.40	30.30

หมายเหตุ: 1 ครั้ง = 100 เมล็ด

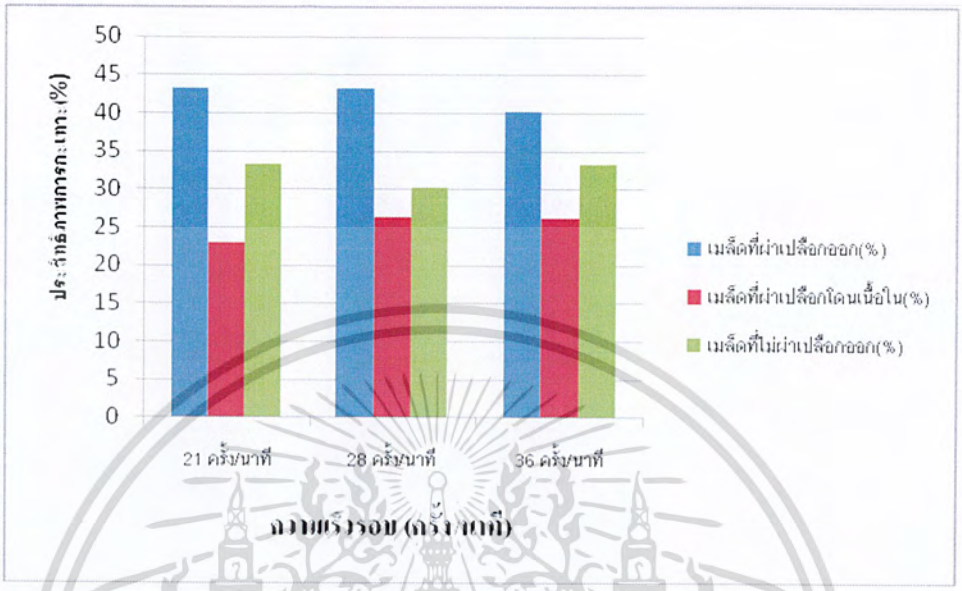
ตารางที่4.2.3 ประสิทธิภาพของการกะเทาะเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ที่ความเร็ว 21 ครั้ง/นาที

ครั้งที่	เมล็ดที่ผ่าเปลือกออก (%)	เมล็ดที่ผ่าเปลือกโดนเนื้อใน (%)	เมล็ดที่ไม่ผ่าเปลือกออก (%)
1	47.00	23.00	30.00
2	34.00	29.00	37.00
3	49.00	18.00	33.00
เฉลี่ย	43.30	23.40	33.30

หมายเหตุ: 1 ครั้ง = 100 เมล็ด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่4.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการกะเทาะเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ (%) ของลูกเบี้ยวที่ 1 ที่ความเร็วรอบต่างๆ (rpm)



การทดสอบเครื่องกะเทาะเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ของลูกเบี้ยวแบบที่ 1 ที่ความเร็วรอบต่างๆ มีผลต่อเปอร์เซ็นต์เมล็ดมะม่วงหิมพานต์ ดังแสดงในรูปที่ 4.2 เมื่อเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์เมล็ดที่ผ่าเปลือกออก พบว่าที่ความเร็วที่ 21 ครั้ง/นาที ให้ค่าเปอร์เซ็นต์เมล็ดที่ผ่าเปลือกออกสูงสุดเท่ากับ 43.30 เปอร์เซ็นต์ซึ่งมีค่าเท่ากับความเร็วรอบที่ 28 ครั้ง/นาทีแต่เปอร์เซ็นต์เมล็ดมะม่วงหิมพานต์ที่ผ่าเปลือกออกโดนเนื้อในที่ความเร็วรอบ21 ครั้ง/นาทีเท่ากับ 20 เปอร์เซ็นต์จะมีค่าที่ต่ำกว่าความเร็วรอบที่ 28 ครั้ง/นาทีและเปอร์เซ็นต์เมล็ดที่ไม่ผ่าเปลือกออกที่ความเร็วรอบที่ 21 ครั้ง/นาทีเท่ากับ 33.30 เปอร์เซ็นต์มีค่ามากกว่าที่ความเร็วรอบที่ 28 ครั้ง/นาที จึงสรุปได้ว่าที่ความเร็วรอบที่ 21 ครั้ง/นาทีและที่ความเร็วรอบ 28 ครั้ง/นาที จะให้ค่าเปอร์เซ็นต์การกะเทาะเมล็ดมะม่วงหิมพานต์สูงสุดเมื่อเปรียบเทียบกับความเร็วรอบที่ 28 ครั้ง/นาทีดังรูปที่4.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาเครื่องกะเทาะเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ที่ได้นำมาทำการปรับปรุงนั้น ในการกะเทาะเมล็ดจะใช้การเคลื่อนที่แบบ 4 bar lingkage โดยที่ค่าเฉลี่ยความเร็วในการตัด สามารถตัดได้ 1 เมล็ดต่อครั้ง ใน1 นาที ตัดได้ 30 เมล็ด ประสิทธิภาพในการตัดเมล็ด 100 เปอร์เซ็นต์ ได้เมล็ดคุณภาพดี (เมล็ดขาว) 45 เปอร์เซ็นต์ เมล็ดเสีย 35 เปอร์เซ็นต์ และส่วนที่เหลือเป็นเมล็ดที่ไม่ได้ตัด

ผลการทดลองเครื่องกะเทาะเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ที่ได้ทำการปรับปรุง โดยการออกแบบและปรับปรุงกลไกการทำงานของเครื่องกะเทาะเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ โดยใช้ลูกเบี้ยวที่ทำการออกแบบไว้ทั้ง 2 แบบ เป็นตัวกดคานที่ติดก้านกดตัดเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ เพื่อให้ดันเมล็ดกดผ่านชุดใบมีด โดยใช้มอเตอร์ 3 เฟส อัตราทดรอบ 2:1 ระยะในการกดตัดเมล็ด 8-10 เซนติเมตร เมื่อทำการทดลองเปรียบเทียบที่ความเร็วรอบ21 ครั้ง/นาที 28 ครั้ง/นาทีและ 36 ครั้ง/นาที ของลูกเบี้ยวทั้ง 2 แบบ สามารถสรุปผลได้ว่าที่ความเร็วรอบที่ 21 ครั้ง/นาที ของลูกเบี้ยวแบบที่ 1 ให้ผลเปอร์เซ็นต์เมล็ดผ่าเปลือกออก(เมล็ดขาว)เท่ากับ 60.33 เปอร์เซ็นต์ เมล็ดผ่าเปลือกออกโดนเนื้อในเท่ากับ 16.33 เปอร์เซ็นต์ และเปอร์เซ็นต์เมล็ดที่ไม่ผ่าเปลือกออกเท่ากับ 23.34 เปอร์เซ็นต์ จะเห็นได้ว่าที่ความเร็วรอบที่ 21 ครั้ง/นาที ใช้เวลาในการกดตัด จะให้ประสิทธิภาพในการกะเทาะเมล็ดมะม่วงหิมพานต์สูงที่สุด ทั้งนี้ก่อนทำการทดลองจะต้องมีการคัดขนาดเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ก่อนทำการกะเทาะ (ขนาดเมล็ดเฉลี่ยยาว 2.9-3.1 mm., กว้าง 1.7-1.9 mm. , หนา 1.4-1.5 mm.)

5.2 ปัญหาที่ในการทดสอบ

1.) ระยะกดของตัวกดเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ที่ผ่านใบมีดตัด ยังไม่ได้ระยะที่ดี ซึ่งทำให้เมล็ดมะม่วงหิมพานต์ติดค้างอยู่ที่ใบมีดตัด

2.) อัตราการทดรอบของเฟืองกับสเตอร์ยังไม่ได้รอบที่เหมาะสม ซึ่งทำให้เพลาลูกเบี้ยวกดคานตัวกดไม่สัมพันธ์กับรอบการตกของเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ ทำให้บางครั้งการตัดเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ทับซ้อนกัน

3.) การตกอย่างอิสระของเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ ทำให้เมล็ดมะม่วงหิมพานต์ตกลงสู่ช่องรับการตัดไม่ได้ตามลักษณะการวางของใบมีด ซึ่งทำให้การตัดได้ประสิทธิภาพไม่สม่ำเสมอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3 ข้อเสนอแนะ

1.) ศึกษาออกแบบอุปกรณ์ที่ช่วยในการทรงตัวของเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ ก่อนการป้อนเมล็ดลงไปสู่ช่องรองรับการตัดซึ่งจะช่วยให้เมล็ดมะม่วงหิมพานต์อยู่ในลักษณะพอดีกับใบมีดตัด ทำให้มีประสิทธิภาพการตัดเมล็ดมะม่วงหิมพานต์มากขึ้น

2.) ศึกษาออกแบบและปรับปรุงช่องรองรับการตกของเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ให้มีขนาดกว้างขึ้น เพื่อพื้นที่ให้เมล็ดมะม่วงหิมพานต์ตกได้อย่างอิสระ และจะช่วยให้มีประสิทธิภาพในการตัดมากขึ้น

3.) ศึกษาเกี่ยวกับคุณสมบัติทางกายภาพของเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ เช่น ขนาดของเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ที่ได้ขนาดกับระยะตัดของใบมีดที่เหมาะสม เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการตัดมากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

กิตติ อินทรานนท์. พิมพ์ครั้งที่ 2 2539. การออกแบบชิ้นส่วนเครื่องกลสำหรับช่างอุตสาหกรรม (หน่วยSI). กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์ไพบูลย์ยูไนเต็ดบุ๊คส์.

เกียรติเกษตร กาญจนพสุทธิ์, มโนธรรม สัจจ์ถาวร, อดุลย์ พงศ์สุวรรณ, บรรณ บูรณะ, และ ลิขิต เอียดแก้ว. 2530, มะม่วงหิมพานต์. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ:สหมิตร

คมสันติ เม่ากลาง. 2549. การปรับปรุงและพัฒนาเครื่องกะเทาะเมล็ดมะม่วงหิมพานต์กึ่งอัตโนมัติแบบจานคู่แนวดิ่ง. ปทุมธานี : คณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิศวกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.

บุณยชัย บัวเผื่อน , นายสมยศ เชิญอักษร, นายเสริมพล เบื้องสูง (2528). เครื่องกะเทาะเมล็ดมะม่วงหิมพานต์แบบใช้แรงเหวี่ยง. นครปฐม : ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (วิทยาเขตกำแพงแสน).

ปราโมทย์ สุทธาโรจน์. 2532, ผลงานส่งเสริมและพัฒนามะม่วงหิมพานต์ของกรมส่งเสริมการเกษตร.เอกสารประกอบการบรรยายในการชุมนุมสัมมนาประจำปี 2532. “โครงการวิจัยและพัฒนามะม่วงหิมพานต์ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ” 26-27 มิถุนายน 2532 ณ. กรมวิชาการเกษตร.

วรพจน์ ศรีวงษ์คล. (2530). ออกแบบเครื่องจักรกล 1. กรุงเทพฯ : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

สมควร อินทรพาณิชย์.2532. การะเมาะเมล็ดมะม่วงหิมพานต์. เอกสารเสนอการประชุมสัมมนาเชิงปฏิบัติการ: การผลิตมะม่วงหิมพานต์ ณ ห้องประชุมชั้น 4 สถาบันวิจัยและพัฒนามหาลัยขอนแก่น. 26 ธันวาคม 2532

สมาน เจริญกิจพูลผล. (2544). การออกแบบชิ้นส่วนเตรื่องจักรกล. กรุงเทพฯ : ฟิสิกส์เซ็นเตอร์การพิมพ์.

สุชาติ แง้เจริญกุล. (2536). การศึกษาปรังปรุงเครื่องกะเทาะเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. ขอนแก่น : มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

สุรเวทย์ กฤษณะเศรณี. 2532. เครื่องกะเทาะและกรรมวิธีกะเทาะเมล็ดมะม่วงหิมพานต์. เอกสารประกอบการประชุมสัมมนาเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ประจำปี 2532. ณ กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพฯ. 25-27 มิถุนายน 2532

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก
ผลการทดสอบและตัวอย่างการคำนวณประสิทธิภาพ
เครื่องกะเทาะเมล็ดมะม่วงหิมพานต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ ก.1 ผลการทดสอบประสิทธิภาพการกะเทาะเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ที่ความเร็วรอบต่างของลูกเบี้ยวแบบที่ 1

ความเร็วรอบ (ครั้ง/นาที)	จำนวนเมล็ดที่กะเทาะ(เมล็ด/ชั่วโมง)	น้ำหนักเมล็ดทีกะเทาะ (กิโลกรัม/ชั่วโมง)	เมล็ดที่ผ่าเปลือกออก (%)	เมล็ดที่ผ่าเปลือกออกโดนเนื้อใน (%)	เมล็ดไม่โดนผ่าเปลือกออก (%)
21	1260	5.5692	60.33	16.33	23.34
28	1680	7.4256	56.66	26.67	16.67
36	2160	9.5472	53.66	18.67	27.67

หมายเหตุ : น้ำหนักเมล็ดมะม่วงหิมพานต์เฉลี่ยเท่ากับ 4.42 กรัม ที่ใช้ทำการทดลอง

ตารางผนวกที่ ก.2 ผลการทดสอบประสิทธิภาพการกะเทาะเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ที่ความเร็วรอบต่างของลูกเบี้ยวแบบที่ 2

ความเร็วรอบ (ครั้ง/นาที)	จำนวนเมล็ดที่กะเทาะ(เมล็ด/ชั่วโมง)	น้ำหนักเมล็ดทีกะเทาะ (กิโลกรัม/ชั่วโมง)	เมล็ดที่ผ่าเปลือกออก (%)	เมล็ดที่ผ่าเปลือกออกโดนเนื้อใน (%)	เมล็ดไม่โดนผ่าเปลือกออก (%)
21	1260	5.5062	43.3	23.4	33.3
28	1680	7.3416	43.3	26.4	30.3
36	2160	9.4392	40.3	26.3	33.4

หมายเหตุ : น้ำหนักเมล็ดมะม่วงหิมพานต์เฉลี่ยเท่ากับ 4.37 กรัม ที่ใช้ทำการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่าง การคำนวณผลการทดสอบประสิทธิภาพการกะเทาะเมล็ดมะม่วงหิมพานต์

1.จำนวนเมล็ดที่กะเทาะ คือ อัตราส่วนของความเร็วรอบคูณด้วยจำนวนชั่วโมง โดยคิดเป็นจำนวนเมล็ดต่อชั่วโมง ซึ่งอาจเขียนอยู่ในรูปสมการ

จำนวนเมล็ดที่กะเทาะ = ความเร็วรอบ × จำนวนชั่วโมง

ซึ่ง จำนวนเมล็ดที่กะเทาะ = จำนวนเมล็ดที่สามารถกะเทาะได้ (เมล็ด/ชั่วโมง)

ความเร็วรอบ = 21 (ครั้ง/นาที)

จำนวนชั่วโมง = 1 ชั่วโมงเท่ากับ 60 นาที

แทนค่า จำนวนเมล็ดที่กะเทาะ = 21×60

จำนวนเมล็ดที่กะเทาะ = 1260 เมล็ด/ชั่วโมง

∴ ดังนั้นจำนวนเมล็ดที่กะเทาะ 1260 เมล็ด/ชั่วโมง

2.น้ำหนักเมล็ดที่กะเทาะ คือ อัตราส่วนของจำนวนเมล็ดที่กะเทาะคูณด้วยน้ำหนักเมล็ดมะม่วงหิมพานต์เฉลี่ย โดยคิดเป็นกรัมต่อชั่วโมง ซึ่งอาจเขียนอยู่ในรูปสมการ

น้ำหนักเมล็ดที่กะเทาะ = จำนวนเมล็ดที่กะเทาะ × น้ำหนักเมล็ดมะม่วงหิมพานต์เฉลี่ย

ซึ่ง น้ำหนักเมล็ดที่กะเทาะ = น้ำหนักเมล็ดที่กะเทาะ (กิโลกรัม/ชั่วโมง)

จำนวนเมล็ดที่กะเทาะ = 1260 เมล็ด

น้ำหนักเมล็ดมะม่วงหิมพานต์เฉลี่ย = 4.42 กรัม

แทนค่า น้ำหนักเมล็ดที่กะเทาะ = 1260×4.42

น้ำหนักเมล็ดที่กะเทาะ = 5.5692 กิโลกรัม/ชั่วโมง

∴ ดังนั้นน้ำหนักเมล็ดที่กะเทาะ 5.5692 กิโลกรัม/ชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.เปอร์เซ็นต์เมล็ดเนื้อในเต็มประกบซีกที่ถูกผ่าเปลือกออก คือ อัตราส่วนของจำนวนเมล็ดเนื้อในเต็มประกบซีกที่ผ่าเปลือกออก ต่อ จำนวนเมล็ดที่ใช้กะเทาะใน 1 ตัวอย่าง โดยคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ ซึ่งอาจเขียนให้อยู่ในรูปของสมการ

$$WO = \frac{NWO}{NT} \times 100$$

ซึ่ง WO = เปอร์เซ็นต์เมล็ดเนื้อในเต็มประกบซีกที่ถูกผ่าเปลือกออก (%)

NOW = (55+67+59)/3 = 60.33

NT = (100+100+100)/3 = 100

แทนค่า $WO = \frac{60.33}{100} \times 100$

$WO = 60.33\ \%$

∴ ดังนั้นเปอร์เซ็นต์เมล็ดเนื้อในเต็มประกบซีกที่ถูกผ่าเปลือกออกเท่ากับ 60.33 %

4. เปอร์เซ็นต์เมล็ดเนื้อในซีกที่หลุดออกจากเปลือกทั้งสองด้าน คือ อัตราส่วนของจำนวนเมล็ดเนื้อในซีกที่หลุดออกจากเปลือกทั้งสองด้าน ต่อ จำนวนเมล็ดที่ใช้กะเทาะใน 1 ตัวอย่าง โดยคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ ซึ่งอาจเขียนให้อยู่ในรูปของสมการ

$$BO = \frac{NBO}{NT} \times 100$$

ซึ่ง BO = เปอร์เซ็นต์เมล็ดเนื้อในซีกที่หลุดออกจากเปลือกทั้งสองด้าน (%)

NBO = (20+14+15)/3 = 16.33

NT = (100+100+100)/3 = 100

แทนค่า $BO = \frac{16.33}{100} \times 100$

$BO = 16.33\ \%$

∴ ดังนั้นเปอร์เซ็นต์เมล็ดเนื้อในซีกที่หลุดออกจากเปลือกทั้งสองด้านเท่ากับ 16.33%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. เปอร์เซ็นต์เมล็ดที่เปลือกทั้งสองด้านไม่ได้ถูกบิดฉีกให้อ้าออกจากกัน คือ อัตราส่วนของจำนวนเมล็ดที่เปลือกทั้งสองด้านไม่ได้ถูกบิดฉีกให้อ้าออกจากกัน ต่อ จำนวนเมล็ดที่ใช้กะเทาะใน 1 ตัวอย่าง โดยคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ ซึ่งอาจเขียนให้อยู่ในรูปของสมการ

$$BWC = \frac{NC}{NT} \times 100$$

ซึ่ง BWC = เปอร์เซ็นต์เมล็ดที่เปลือกทั้งสองด้านไม่ได้ถูกบิดฉีกให้อ้าออกจากกัน (%)

NC = (25+19+26)/3 = 23.34

NT = (100+100+100)/3 = 100

แทนค่า WB = $\frac{23.34}{100} \times 100$

WB = 23.34 %

∴ ดังนั้นเปอร์เซ็นต์เมล็ดที่เปลือกทั้งสองด้านไม่ได้ถูกบิดฉีกให้อ้าออกจากกันเท่ากับ 23.34%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

ภาพแสดงลักษณะการกะเทาะเมล็ด

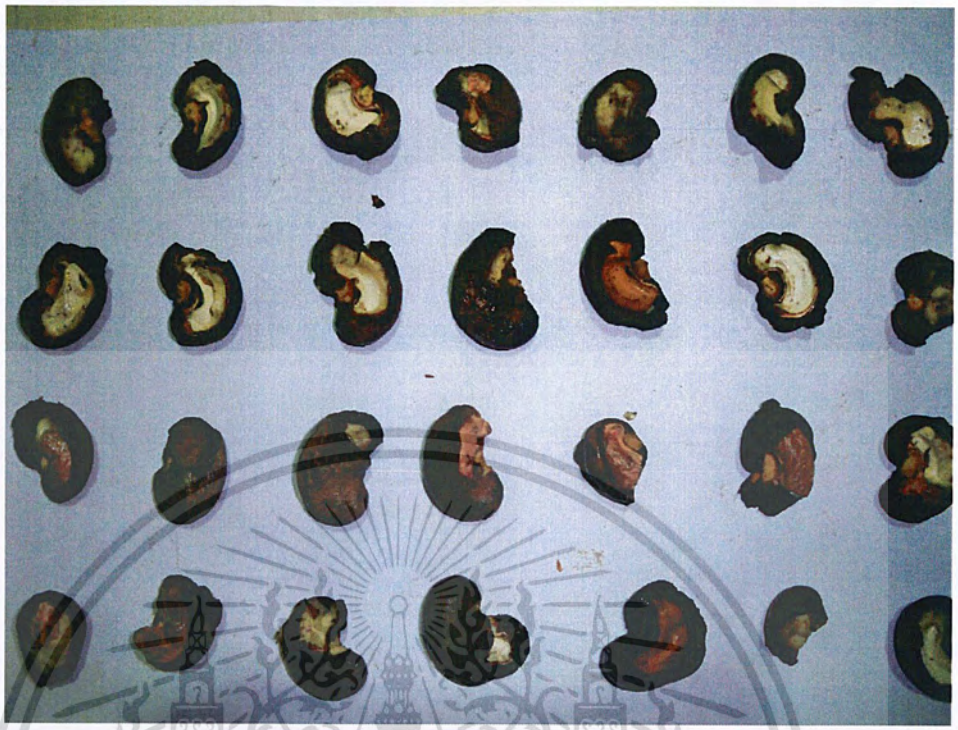
และภาพแสดงส่วนประกอบของเครื่องกะเทาะเมล็ดมะม่วงหิมพานต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ข 1 ลักษณะเมล็ดที่นำมาทำการทดลอง

รูปที่ข 2 ลักษณะเมล็ดที่ผ่าเปลือกออก (เมล็ดขาว)

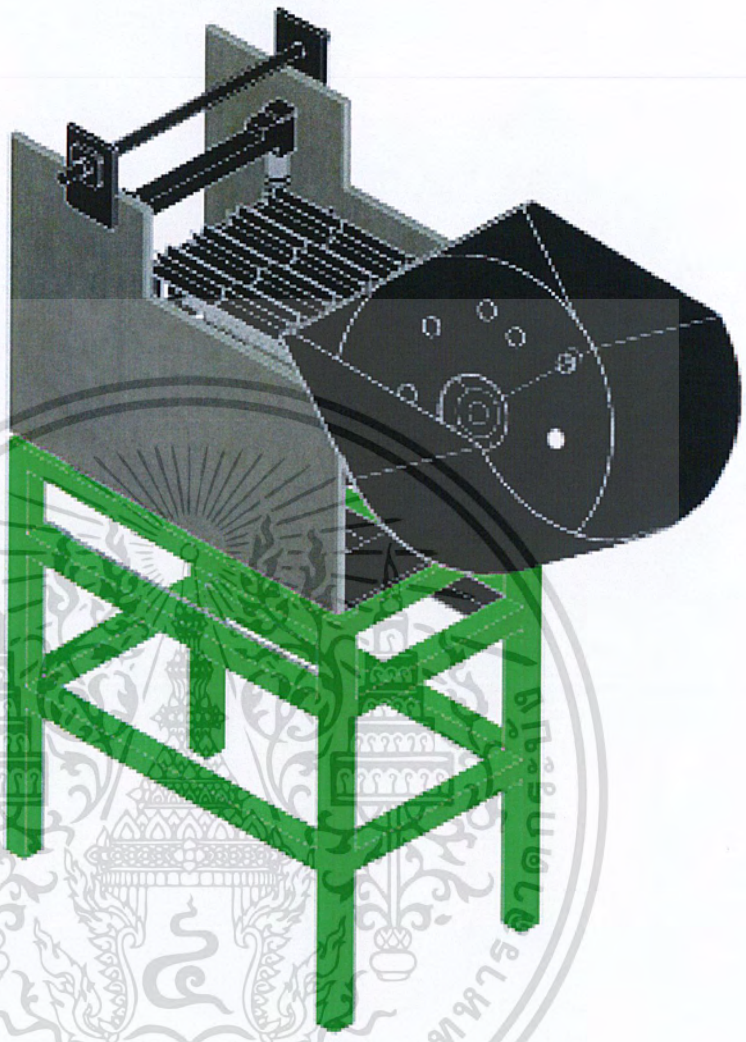
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ข 3 ลักษณะเมล็ดที่ผ่าเปลือกโดนเนื้อใน

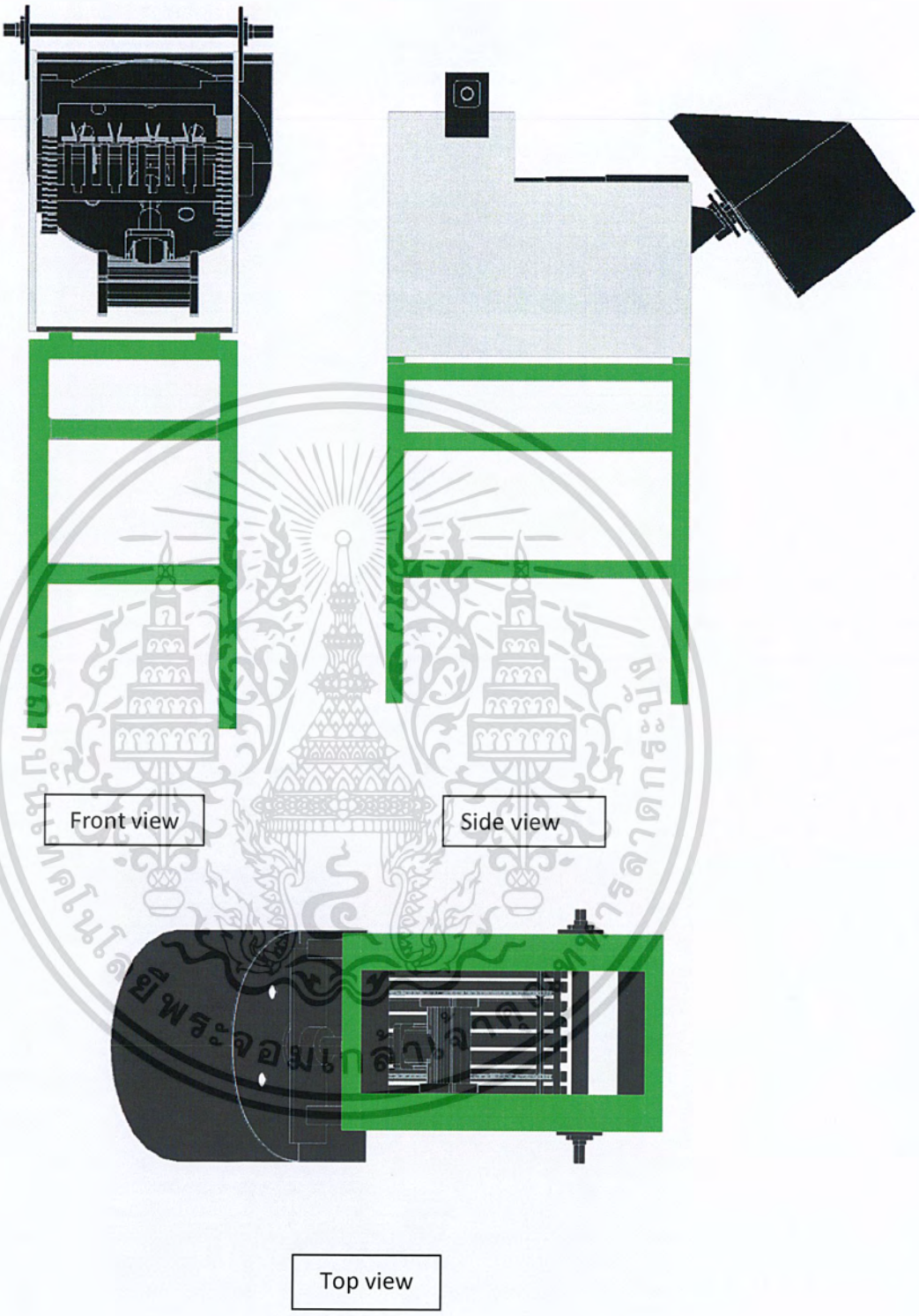
รูปที่ข 4 ลักษณะเมล็ดที่ไม่ผ่าเปลือกออก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



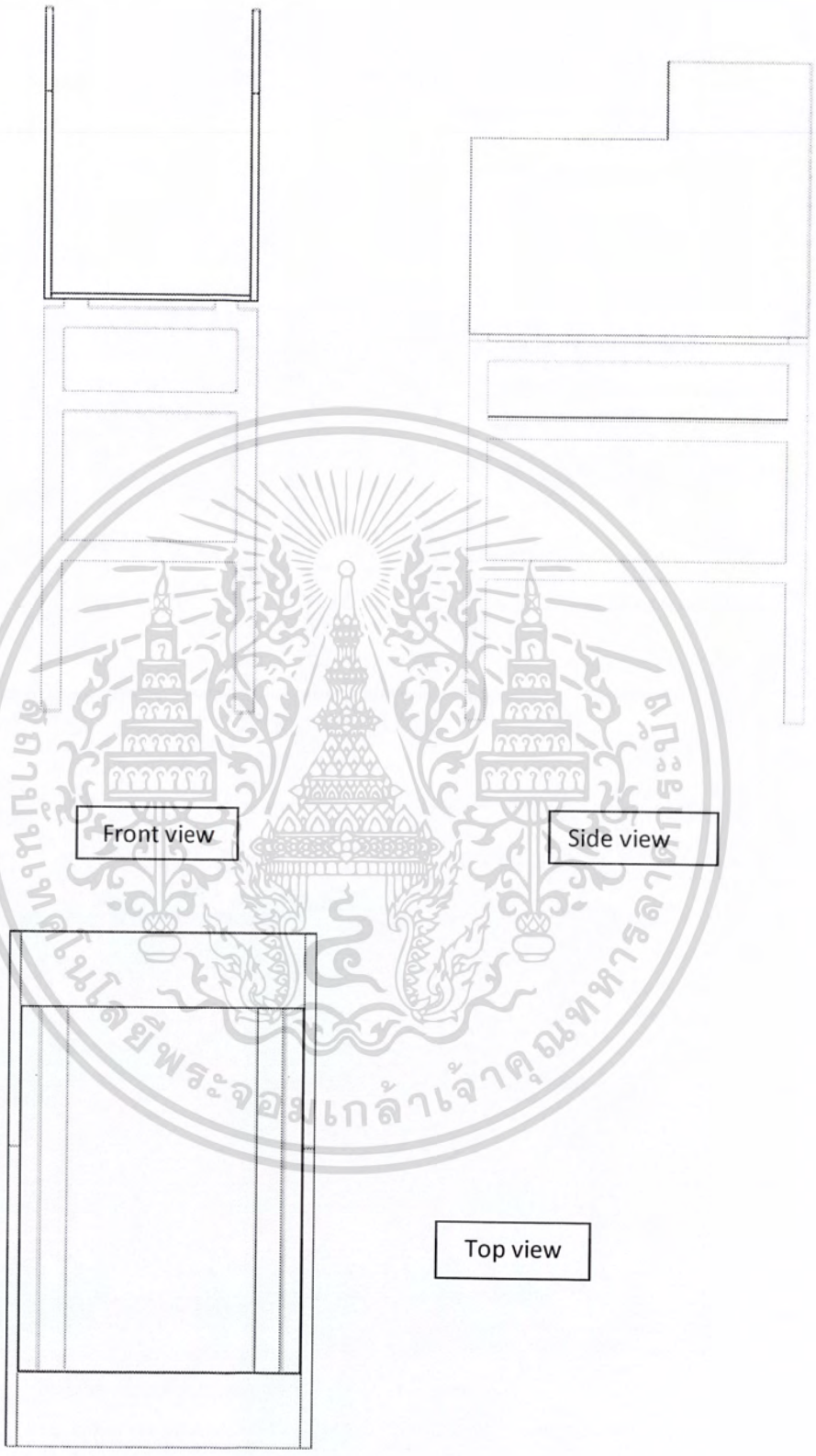
รูปที่ข 5 เครื่องกะเทาะเมล็ดมะม่วงหิมพานต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



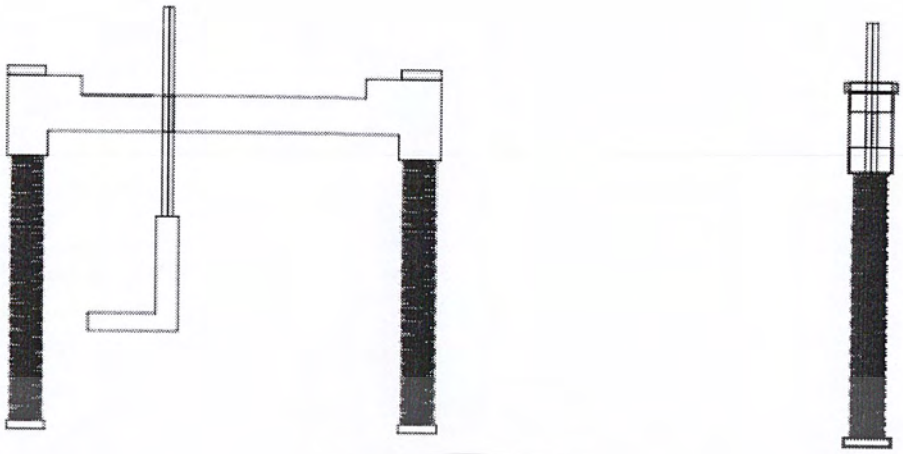
รูปที่ข 6 แสดงลักษณะด้านต่างๆของเครื่องกะเทาะเมล็ดมะม่วงหิมพานต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

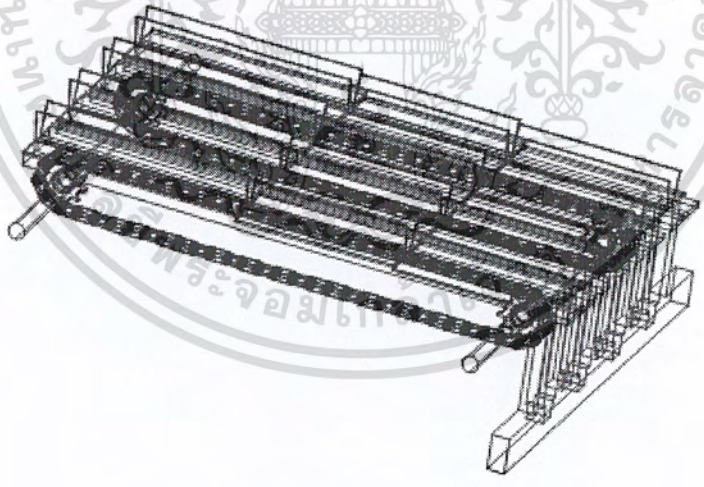


รูปที่ข 7 แสดงโครงสร้างของตัวเครื่องกะเทาะเมล็ดมะม่วงหิมพานต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

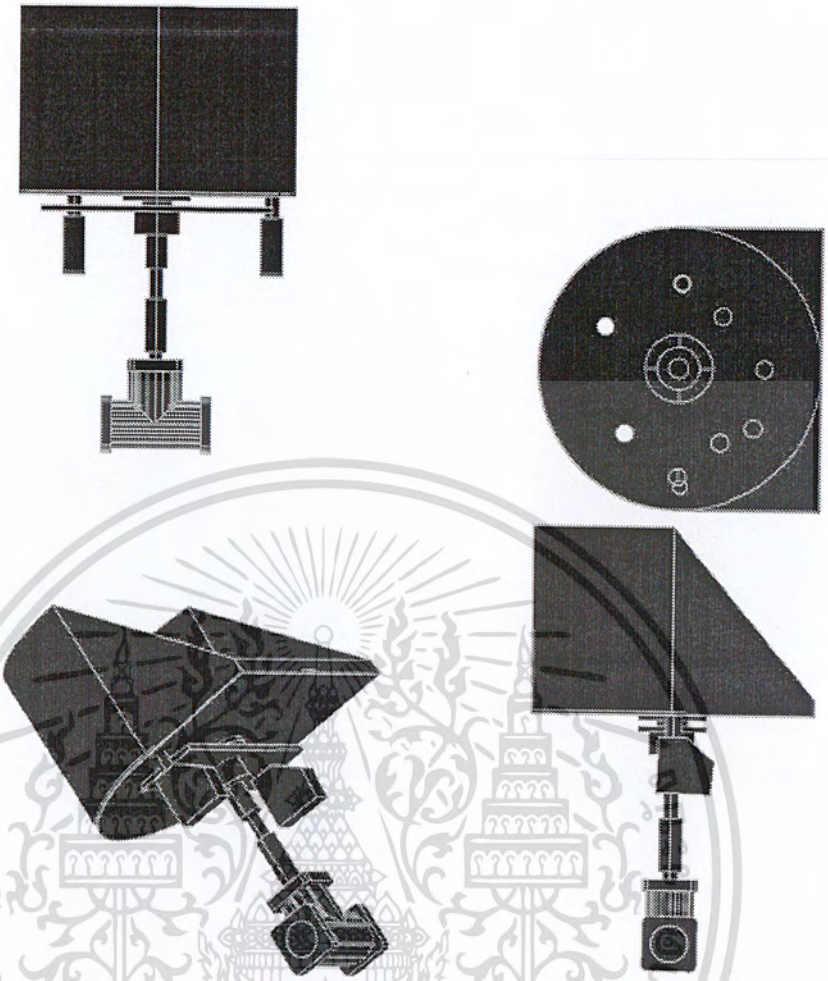


รูปที่ข 8 แสดงชุดกดตัดเมล็ดมะม่วงหิมพานต์



รูปที่ข9 แสดงชุดรางลำเลียงเมล็ด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ข10 แสดงชุดป้อนเมล็ดมะม่วงหิมพานต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้