สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

# การออกแบบและพัฒนาเครื่องเฉือนเนื้อทุเรียนสำหรับกระบวนการทำทุเรียนทอด

# DESIGN AND DEVELOPMENT OF DURIAN SLICING MACHINE FOR FRIED DURIAN PROCESS

T119395

นางสาวนันทินี วิทยากุล
นายภูมิสิทธิ เสงี่ยมในเมือง
นางสาวมนัสวี วรรณศิริ
นางสาววิไลวรรณ สินธพ

เลขหมู่.....
ทะเบียน...119395
วัน,เดือน,ปี...-7 S.A. 2554

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

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมอาหาร
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2553

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# DESIGN AND DEVELOPMENT OF DURIAN SLICING MACHINE FOR FRIED DURIAN PROCESS


MISS.NANTINEE VITAYAKUL

MR.POOMSIT SANGIUMNAIMUANG

MISS.MANASSAWEE WANNASIRI

MISS.WILAIWAN SINTOP


**THIS THESIS IS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILIMENT OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF BACHELOR OF ENGINEERING IN FOOD ENGINEERING FACULTY OF ENGINEERING KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG ACADEMIC YEAR 2010**


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2553

สาขาวิชาวิศวกรรมอาหาร

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การออกแบบและพัฒนาเครื่องเฉือนเนื้อทุเรียนสำหรับกระบวนการทำทุเรียนทอด


นักศึกษาผู้ทำโครงงาน

| | | | |
|---|---|---|---|
| นางสาวนันทินี | วิทยากุล | รหัสนักศึกษา | 50010804 |
| นายภูมิสิทธิ | เสงี่ยมในเมือง | รหัสนักศึกษา | 50011192 |
| นางสาวมนัสวี | วรรณศิริ | รหัสนักศึกษา | 50011217 |
| นางสาววิไลวรรณ | สินธพ | รหัสนักศึกษา | 50011486 |

.....อาจารย์ที่ปรึกษา

( ดร.เกียรติศักดิ์ รุ่นพระแสง)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**หัวข้อโครงงาน** การออกแบบและพัฒนาเครื่องเฉือนเนื้อทุเรียนสำหรับกระบวนการทำทุเรียนทอด

**นักศึกษา**

| | | | |
|---|---|---|---|
| นางสาวนันทินี | วิทยากุล | รหัสนักศึกษา | 50010804 |
| นายภูมิสิทธิ | เสงี่ยมในเมือง | รหัสนักศึกษา | 50011192 |
| นางสาวมนัสวี | วรรณศิริ | รหัสนักศึกษา | 50011217 |
| นางสาววิไลวรรณ | สินธพ | รหัสนักศึกษา | 50011486 |

**อาจารย์ที่ปรึกษา** ดร.เกียรติศักดิ์ รุ่นพระแสง

**ปริญญา** วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

**สาขาวิชา** วิศวกรรมอาหาร

**ปีการศึกษา** 2553

## บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาและพัฒนาเครื่องเฉือนเนื้อทุเรียนต้นแบบ เพื่อใช้สำหรับกระบวนการทำทุเรียนทอด โดยเริ่มจากการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพของชิ้นเนื้อทุเรียน พบว่าขนาดชิ้นเนื้อทุเรียนมีขนาดความยาวสูงสุด 11.68 cm ความกว้างสูงสุด 7.9 cm ซึ่งสามารถนำไปใช้ในการออกแบบพื้นที่การตัด (Cutting Zone) ขนาด 12 cm × 8 cm และจากการทดสอบแรงตัดชิ้นทุเรียนที่ความเร็ว 120, 240 และ 360 mm/min พบว่าที่ความเร็วต่ำจะใช้แรงตัดมาก และแรงตัดที่มากที่สุดมีค่า 58.9 N ใบมีดที่ใช้มีลักษณะคมโค้ง มีจำนวนใบมีดสองใบในแนวรัศมี และมีการออกแบบการป้อนทุเรียนในแนวดิ่งเพื่อให้แรงกระทำมีค่าคงที่และมีแนวการเคลื่อนที่ตรงเข้าสู่แนวตัด ระบบส่งกำลังที่ใช้คือมอเตอร์กระแสตรงขนาด 500 Watt ซึ่งมีจุดเด่นที่มีขนาดเล็ก มีแรงบิดสูง และสามารถควบคุมความเร็วรอบได้ ทำการทดลองการเฉือนโดยทำการศึกษาผลที่ได้จากการปรับระยะห่างช่องใบมีดขนาด 1 , 1.45 และ 1.95 mm ที่ความเร็วรอบของจานหมุน 120, 180, 250, 320 และ 400 rpm ตามลำดับ พบว่าเมื่อใช้ระยะห่างใบมีด 1 mm พบว่าลักษณะเนื้อทุเรียนที่ได้มีการแตกหักมากเมื่อเทียบกับระยะห่างใบมีดอื่นๆ จากการทดลองพบว่าขนาดความหนาของชิ้นทุเรียนที่เหมาะสมกับการทอดคือ 1.45 mm ที่ความเร็วรอบเหมาะสม 250 rpm และเมื่อความเร็วสูงขึ้นจะทำให้ชิ้นเนื้อที่เฉือนได้มีความหนาลดลงและเกิดความเสียหายมากขึ้น สามารถสรุปได้ว่า เครื่องเฉือนจะมีประสิทธิภาพสูงสุดสำหรับชิ้นเนื้อความหนาใด ๆ ที่ความเร็วรอบการตัดค่าหนึ่งเสมอ และเมื่อเพิ่มความเร็วในการตัดจากรอบที่เหมาะสมจะทำให้ชิ้นเนื้อทุเรียนเสียหาย การที่จะทำให้เครื่องเฉือนทำงานเร็วขึ้นได้จะต้องมีการศึกษาตัวแปรเกี่ยวกับมุมคม และลักษณะใบมีดที่ใช้ ซึ่งเป็นข้อเสนอแนะสำหรับการทำงานวิจัยต่อไปในอนาคต

**คำสำคัญ** ทุเรียน, ทุเรียนทอด, เครื่องเฉือน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| | | | |
|---|---|---|---|
| **Project Title** | DESIGN AND DEVELOPMENT OF DURIAN SLICING MACHINE FOR FRIED DURIAN PROCESS | | |
| **Students** | Miss.Nantinee | Vitayakul | Student ID 50010804 |
| | Mr.Poomsit | Sangiumnaimuang | Student ID 50011192 |
| | Miss.Manassawee | Wannasiri | Student ID 50011217 |
| | Miss.Wilaiwan | Sintop | Student ID 50011486 |
| **Project Advisor** | Dr.Kiattisak | Roonprasang | |
| **Degree** | Bachelor of Engineering | | |
| **Program** | Food Engineering | | |
| **Academic Year** | 2010 | | |


## Abstract


This research aims to study and develop prototype of durian slicing machine for use in fried durian processing. This research begins with an analysis of physical properties of durian. The results showed that piece of durian has 11.68 cm long and 7.9 cm width in average and used to design the cutting zone of prototype as the cutting area of 96 $cm^2$ (12x8 cm). The results of cutting at 120, 240 and 360 mm/min showed that at lower speed resulted the more cutting force and maximum force was 58.9 N at 120 rpm. The prototype consisted of twin radical cutting blade and feed durian from vertical which designed for constant cutting force and directly moves to cutting range. The 500 Watt DC motor was used for power unit by advantage of small size and high torque. The study on the gap of the blades variation as 1.1, 1.45 and 1.95 mm at round speed 120, 180, 250, 320 and 400 rpm exhibited the results of thickness of durian piece vary from 1 mm to 0.77 mm. When investigated the cutting process, it found the more round speed has the more fragments of durian pieces. From experiment, the optimum gap for cutting blade was 1.45 mm which can be achieved with 250 rpm. The durians slicing machine has high efficiency for any thickness at only one constant speed and if more than that, it will damage the durian sheet. For increase productions rate, the angle of sharp and type of blade must be studied so that is suggestion for further research.



Keywords Durian / Fried durian / Slicing machine



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# กิตติกรรมประกาศ

โครงงานการออกแบบและพัฒนาเครื่องเฉือนเนื้อทุเรียนสำหรับกระบวนการทำทุเรียนทอด สามารถสำเร็จลงได้ด้วยดี เกิดจากการทำงานด้วยความวิริยะอุตสาหะ อีกทั้งยังได้รับการสนับสนุนด้านต่างๆไม่ว่าจะเป็นด้านวิชาการ เทคนิค อุปกรณ์เครื่องมือ รวมถึงคำแนะนำต่างๆ ทางคณะผู้จัดทำจึงขอขอบพระคุณในความอนุเคราะห์ดังกล่าว ดังมีรายนามต่อไปนี้

ขอขอบพระคุณ ดร.เกียรติศักดิ์ รุ่นพระแสง อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน สำหรับคำปรึกษาทั้งทางด้านทฤษฎีและปฏิบัติ รวมถึงความสะดวกในการจัดทำโครงงานทั้งในและนอกเวลาราชการ

ขอขอบพระคุณ ดร.นพดล มณีรัตน์ อาจารย์สาขาวิชาวิศวกรรมระบบควบคุม (แมคคาทรอนิกส์) ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการออกแบบระบบควบคุมความเร็วของเครื่องเฉือนเนื้อทุเรียน

ขอขอบพระคุณ อาจารย์สาขาวิชาวิศวกรรมอาหารทุกท่าน ผู้ช่วยประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ตลอดถึงดูแล เอาใจใส่ สอบถามถึงความคืบหน้าของโครงงานอยู่เสมอ

ขอขอบพระคุณ คุณศิริพงษ์ เทศนา วิศวกรของสถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารที่ช่วยให้ความรู้และคำปรึกษาเกี่ยวกับเรื่องใบมีดของเครื่องตัด

ขอขอบพระคุณ คุณอำนาจ คูตะคุ สำหรับความช่วยเหลือทางด้านการปฏิบัติ เทคนิค วิธีการต่างๆในการใช้เครื่องมือ รวมถึงให้คำปรึกษาและแนะนำในรายละเอียดโครงงานนี้มาโดยตลอด

ขอขอบพระคุณ คุณบุญนำ ผลโพธิ์ คุณวราภรณ์ มาไพศาลทรัพย์ และคุณยุวรี ดีมิตร สำหรับความช่วยเหลือในการทำหนังสือขออนุญาตและจัดเตรียมอุปกรณ์ต่างสำหรับการทดสอบ

ขอขอบพระคุณ สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการใช้เครื่อง Testomatic AX หรือ เครื่อง Universal Testing Machine และให้ยืมใช้อุปกรณ์ต่างๆสำหรับการทดสอบ

ท้ายที่สุดนี้ ขอขอบพระคุณบิดาและมารดาที่ได้อุปการะเลี้ยงดู อบรมสั่งสอนตลอดจนส่งเสริมทางด้านการศึกษาจนสามารถสำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีในครั้งนี้

นางสาวนันทินี วิทยากุล
นายภูมิสิทธิ เสงี่ยมในเมือง
นางสาวมนัสวี วรรณศิริ
นางสาววิไลวรรณ สินธพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ


| เรื่อง | หน้า |
|---|---|
| บทคัดย่อภาษาไทย | I |
| บทคัดย่อภาษาอังกฤษ | II |
| กิตติกรรมประกาศ | III |
| สารบัญ | IV |
| สารบัญตาราง | VII |
| สารบัญรูป | VIII |
| รายการสัญลักษณ์ | X |
| บทที่ 1 บทนำ | |
| 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา | 1 |
| 1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของโครงงาน | 2 |
| 1.3 ขอบเขตของโครงงาน | 2 |
| 1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ | 2 |
| บทที่ 2 ตรวจเอกสาร | |
| 2.1 ข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับทุเรียน | 4 |
| 2.1.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ | 4 |
| 2.1.2 สายพันธุ์ | 4 |
| 2.1.3 ลักษณะทางกายภาพของทุเรียน | 6 |
| 2.1.4 ประโยชน์ ด้านโภชนาการและสรรพคุณทางยาของทุเรียน | 6 |
| 2.1.5 รูปแบบของทุเรียนที่จำหน่าย ( การนำไปแปรรูป ) | 8 |
| 2.2 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก. 2317-2549) ของทุเรียนทอดกรอบ | 11 |
| 2.2.1 ขอบข่าย | 11 |
| 2.2.2 บทนิยาม | 11 |
| 2.2.3 รูปแบบของทุเรียนทอดกรอบ | 11 |
| 2.2.4 คุณลักษณะที่ต้องการ | 11 |
| 2.2.5. วัตถุเจือปนอาหาร | 12 |
| 2.2.6 สุขลักษณะ | 12 |


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ (ต่อ)


| เรื่อง | หน้า |
|---|---|
| 2.3 โครงการวิจัยที่เกี่ยวกับการเฉือนทุเรียน | 13 |
| 2.3.1 เครื่องเฉือนทุเรียนที่ใช้ในปัจจุบัน | 13 |
| 2.3.2 เครื่องหั่น–ซอยผัก ผลไม้ และสมุนไพร | 13 |
| บทที่ 3 ทฤษฎีและหลักการ | |
| 3.1 ความเค้นอย่างง่าย | 15 |
| 3.2 กระแสไฟฟ้า กำลังไฟฟ้า และแรงบิด | 16 |
| 3.2.1 กระแสไฟฟ้า | 16 |
| 3.2.2 กำลังไฟฟ้า | 16 |
| 3.2.3 แรงบิดสูงสุด | 17 |
| 3.3 Slice / Push Ratio | 17 |
| 3.4 แรงเสียดทาน | 18 |
| บทที่ 4 การออกแบบและการสร้างเครื่อง | |
| 4.1 การวิเคราะห์เพื่อเลือกลักษณะการลำเลียง | 20 |
| 4.2 ชุดใบมีด | 20 |
| 4.3 ตัวป้อนชิ้นเนื้อทุเรียน | 21 |
| 4.4 โครงของเครื่องเฉือนเนื้อทุเรียน | 22 |
| 4.5 มอเตอร์ | 23 |
| 4.6 ชุดส่งกำลัง | 24 |
| 4.7 ส่วนรับชิ้นทุเรียน | 24 |
| 4.8 โครงสร้างของเครื่องเฉือนเนื้อทุเรียน | 25 |
| บทที่ 5 การทดลองและผลการทดลอง | |
| 5.1 การทดสอบหาคุณสมบัติทางกายภาพของเนื้อทุเรียน | 27 |
| 5.1.1 การทดสอบหาปริมาณเนื้อจำเพาะของทุเรียน | 27 |
| 5.1.2 การวัดขนาดชิ้นทุเรียน | 28 |
| 5.1.3 การทดสอบหาแรงกระทำสูงสุดที่ใช้ในการเฉือนเนื้อทุเรียน | 30 |


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ (ต่อ)


| เรื่อง | หน้า |
|---|---|
| 5.2 การทดสอบหาต้นกำลังที่เหมาะสม | 33 |
| 5.2.1 การหาความเร็วรอบมอเตอร์ | 33 |
| 5.2.2 การทดสอบหากำลังใช้งานจริงของมอเตอร์ | 33 |
| 5.3 การทดสอบการเฉือนเนื้อทุเรียนโดยเครื่องเฉือนเนื้อทุเรียน | 34 |
| 5.3.1 วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ | 34 |
| 5.3.2 วิธีการทดสอบ | 34 |
| 5.3.3 การคำนวณความเสียหายที่เกิดจากการเฉือนเนื้อทุเรียน ด้วยเครื่องเฉือนเนื้อทุเรียนต้นแบบ | 34 |
| 5.3.4 ผลการทดสอบ | 55 |
| บทที่ 6 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ | |
| 6.1 สรุปผลการทดลอง | 57 |
| 6.2 ข้อเสนอแนะ | 57 |
| เอกสารอ้างอิง | 58 |
| ภาคผนวก | 59 |
| ภาคผนวก ก. | 60 |
| ภาคผนวก ข. | 66 |


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญตาราง


| ตารางที่ | หน้า |
|---|---|
| 2.1 คุณค่าทางโภชนาการของทุเรียน | 7 |
| 2.2 ข้อมูลการผลิตผลิตภัณฑ์ต่างๆของทุเรียน | 9 |
| 5.1 ผลการหาปริมาณเนื้อจำเพาะของทุเรียน | 27 |
| 5.2 ขนาดความกว้าง ความยาว และความหนาของชิ้นเนื้อทุเรียน | 28 |
| 5.3 แรงกระทำในการกดทุเรียนเฉลี่ยที่ความเร็วใบมีด 120 , 240, 360 rpm ส่วนบนและส่วนล่างของทุเรียน | 32 |
| 5.4 ผลการหาความเร็วรอบมอเตอร์ (rpm) | 33 |
| 5.5 ความเสียหายที่เกิดจากการเฉือนทุเรียนที่ระยะห่างช่องใบมีด 1 mm ความเร็วรอบ 120 rpm | 35 |
| 5.6 ความเสียหายที่เกิดจากการเฉือนทุเรียนที่ระยะห่างช่องใบมีด 1 mm ความเร็วรอบ 180 rpm | 36 |
| 5.7 ความเสียหายที่เกิดจากการเฉือนทุเรียนที่ระยะห่างช่องใบมีด 1 mm ความเร็วรอบ 250 rpm | 38 |
| 5.8 ความเสียหายที่เกิดจากการเฉือนทุเรียนที่ระยะห่างช่องใบมีด 1 mm ความเร็วรอบ 320 rpm | 39 |
| 5.9 ความเสียหายที่เกิดจากการเฉือนทุเรียนที่ระยะห่างช่องใบมีด 1 mm ความเร็วรอบ 400 rpm | 40 |
| 5.10 ความเสียหายที่เกิดจากการเฉือนทุเรียนที่ระยะห่างช่องใบมีด 1.45 mm ความเร็วรอบ 120 rpm | 41 |
| 5.11 ความเสียหายที่เกิดจากการเฉือนทุเรียนที่ระยะห่างช่องใบมีด 1.45 mm ความเร็วรอบ 180 rpm | 43 |
| 5.12 ความเสียหายที่เกิดจากการเฉือนทุเรียนที่ระยะห่างช่องใบมีด 1.45 mm ความเร็วรอบ 250 rpm | 44 |
| 5.13 ความเสียหายที่เกิดจากการเฉือนทุเรียนที่ระยะห่างช่องใบมีด 1.45 mm ความเร็วรอบ 320 rpm | 46 |


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญตาราง

**ตารางที่** **หน้า**

5.14 ความเสียหายที่เกิดจากการเฉือนทุเรียนที่ระยะห่างช่องใบมีด 1.45 mm ความเร็วรอบ 400 rpm 47

5.15 ความเสียหายที่เกิดจากการเฉือนทุเรียนที่ระยะห่างช่องใบมีด 1.95 mm ความเร็วรอบ 120 rpm 48

5.16 ความเสียหายที่เกิดจากการเฉือนทุเรียนที่ระยะห่างช่องใบมีด 1.95 mm ความเร็วรอบ 180 rpm 49

5.17 ความเสียหายที่เกิดจากการเฉือนทุเรียนที่ระยะห่างช่องใบมีด 1.95 mm ความเร็วรอบ 250 rpm 51

5.18 ความเสียหายที่เกิดจากการเฉือนทุเรียนที่ระยะห่างช่องใบมีด 1.95 mm ความเร็วรอบ 320 rpm 52

5.19 ความเสียหายที่เกิดจากการเฉือนทุเรียนที่ระยะห่างช่องใบมีด 1.95 mm ความเร็วรอบ 400 rpm 54

5.20 ผลการทดสอบเฉือนเนื้อทุเรียนด้วยเครื่องเฉือนเนื้อทุเรียนต้นแบบ 55

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญรูป


| รูปที่ | หน้า |
|---|---|
| 2.1 ลักษณะทุเรียนเมื่อผ่าแล้ว | 6 |
| 2.2 ผลิตภัณฑ์ทุเรียนทอดกรอบ | 9 |
| 2.3 เครื่องเฉือนทุเรียนที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบัน | 13 |
| 2.4 เครื่องหั่น – ซอยผัก ผลไม้ และสมุนไพร | 13 |
| 3.1 ลักษณะของแรงกระทำชนิดต่าง ๆ | 15 |
| 3.2 ลักษณะการเกิดแรงบิดในตำแหน่งที่แตกต่างกันของจานหมุน | 17 |
| 3.3 กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง Slice/Push Ratio กับแรงตัดของชิ้นมันฝรั่ง | 18 |
| 3.4 การลำเลียงเนื้อทุเรียนในแนวนอน | 19 |
| 3.5 การลำเลียงเนื้อทุเรียนในแนวดิ่ง | 19 |
| 4.1 ลักษณะของใบมีดจากการออกแบบ | 20 |
| 4.2 ลักษณะของใบมีด | 20 |
| 4.3 จานหมุนยึดกับใบมีดจากการออกแบบ | 21 |
| 4.4 จานหมุนยึดกับใบมีด | 21 |
| 4.5 ส่วนป้อนชิ้นเนื้อทุเรียนจากการออกแบบ | 22 |
| 4.6 ส่วนป้อนชิ้นเนื้อทุเรียนจากการสร้าง | 22 |
| 4.7 โครงของเครื่องเฉือนเนื้อทุเรียนจากการออกแบบ | 23 |
| 4.8 มอเตอร์กระแสตรงที่ใช้ | 23 |
| 4.9 พูลเล่ย์ขนาด 102.5 mm ที่มอเตอร์ กับพูลเล่ย์ขนาด 38.6 mm ที่เพลา | 24 |
| 4.10 ส่วนรับชิ้นทุเรียนที่ผ่านการเฉือนจากการออกแบบ | 24 |
| 4.11 ส่วนรับชิ้นทุเรียนที่ผ่านการเฉือนจากการสร้าง | 25 |
| 4.12 เครื่องเฉือนเนื้อทุเรียนจากการออกแบบ | 25 |
| 4.13 เครื่องเฉือนเนื้อทุเรียนจากการสร้าง | 26 |
| 5.1 ลักษณะการวัดขนาดของชิ้นทุเรียน | 28 |
| 5.2 ความสัมพันธ์ระหว่างระยะกด(mm)กับแรงที่กระทำ(kg) ที่ความเร็ว 120, 240 และ360 mm/min ส่วนหัวของทุเรียน | 32 |


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญรูป (ต่อ)

**รูปที่** **หน้า**

5.3 ความสัมพันธ์ระหว่างระยะกด(mm)กับแรงที่กระทำ(kg) ที่ความเร็ว120, 240 และ 360 mm/min ส่วนท้ายของทุเรียน 32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# รายการสัญลักษณ์

| สัญลักษณ์ | ความหมาย | หน่วย |
|---|---|---|
| $\sigma$ | ความเค้น | Pa หรือ $N/m^2$ |
| F | แรงที่กระทำต่อวัสดุ ซึ่งอาจเป็นแรงดึง แรงกด หรือแรงเฉือน | N |
| A | พื้นที่หน้าตัดรับแรง | $m^2$ |
| $\sigma_t$ | ความเค้นแรงดึง | Pa |
| $\sigma_c$ | ความเค้นกด | Pa |
| $\tau$ | ความเค้นแรงเฉือน | Pa |
| I | กระแสไฟฟ้า | A |
| Q | ประจุไฟฟ้า | Coulomb, C |
| T | เวลา | s |
| P | กำลังไฟฟ้า | W หรือ J/s |
| V | แรงดันทางไฟฟ้า | Volt |
| $T_{max}$ | แรงบิดสูงสุด | N/m |
| $\varepsilon$ | อัตราส่วนของการเคลื่อนไปของใบมีดตามแนวตั้งและแนวนอน (Slice/Push Ratio) | - |
| dh | ระยะที่ใบมีดเปลี่ยนแปลงไปในแนวนอน | cm. |
| dv | ระยะที่ใบมีดเปลี่ยนแปลงไปในแนวตั้ง | cm. |
| H | แรงในแนวนอน | N |
| R | ความเหนียวของวัตถุดิบ | N/m |
| w | ด้านกว้างของวัตถุดิบ | m. |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 1
# บทนำ

## 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ทุเรียน ผลไม้เมืองร้อนที่ได้รับสมญานามว่า King of Fruits เป็นผลไม้เศรษฐกิจที่ออกเป็นฤดูกาลส่วนใหญ่จะออกในช่วงเดือนเมษายนถึงมิถุนายน ให้ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจค่อนข้างสูง และมีการส่งออกได้มาก นิยมนำมารับประทานทั้งแบบผลสุก และแบบนำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ ซึ่งทุเรียนสามารถแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์มากมายหลายประเภท ไม่ว่าจะเป็นทุเรียนกวน ลูกอมทุเรียน ทุเรียนทอด และอื่นๆอีกมากมาย และเนื่องจากทุเรียนเป็นผลไม้เฉพาะฤดูกาลจึงทำให้เมื่อถึงฤดูกาลมีผลผลิตออกสู่ตลาดเป็นจำนวนมาก ส่งผลต่อราคาทุเรียนตามท้องตลาดให้มีราคาต่ำลงถึงกิโลกรัมละ 6-10 บาท ซึ่งไม่สามารถตอบแทนต้นทุนการผลิตของชาวเกษตรได้ ด้วยเหตุนี้ในหน้าฤดูกาลผู้ประกอบการจึงนิยมนำทุเรียนราคาตกต่ำมาทำการแปรรูป นอกจากจะช่วยยืดอายุการเก็บรักษาแล้วยังช่วยเพิ่มมูลค่าผลผลิตจากการแปรรูปได้อีกด้วย การแปรรูปทุเรียนที่มีความนิยมเป็นอย่างมากคือการแปรรูปเป็นทุเรียนทอดซึ่งหลังจากทำการแปรรูปแล้วจะทำให้ราคาผลิตภัณฑ์สูงขึ้นถึงกิโลกรัมละ 300 - 400 บาท ถึงแม้ปริมาณเนื้อใน 1 ลูกที่สามารถนำมาผลิตเป็นทุเรียนทอดได้มีเพียง 35% ถ้าหากนำไปแปรรูปจริงทุเรียนดิบทั้งเปลือก 100 กิโลกรัม ( ราคากิโลกรัมละ 12 บาท ) ราคา 1,200 บาท จะสามารถผลิตเป็นทุเรียนทอดกรอบได้ 9 กิโลกรัมหากนำไปขายกิโลกรัมละ 400 บาทจะทำให้มีรายได้ 3,600 บาทซึ่งหากนำมาเปรียบเทียบกันหากเรามาแปรรูปเป็นทุเรียนทอดจะสามารถทำกำไรได้มากกว่าการจำหน่ายเป็นทุเรียนสุกได้ถึง 2,400 บาท ( มยุรี วนะสุขสถิตย์: 2541 ) และขั้นตอนการเฉือนทุเรียนในกระบวนการแปรรูปทุเรียนเป็นขั้นตอนที่มีความสำคัญขั้นตอนหนึ่ง ซึ่งปัญหาที่พบคือ ในกระบวนการเฉือนชิ้นทุเรียนผู้ปฏิบัติงานต้องใช้มือเฉือนชิ้นทุเรียนทีละชิ้นซึ่งจะทำให้ความหนาของแผ่นทุเรียนไม่คงที่นอกจากจะต้องใช้ความชำนาญ และความระมัดระวังมีและให้อัตราการผลิตที่ต่ำแล้ว การใช้คนเป็นผู้ปฏิบัติงานอาจจะทำให้กระบวนการผลิตเกิดการปนเปื้อน เป็นผลให้กระบวนการทำงานไม่เป็นไปตามมาตรฐานของโรงงานอุตสาหกรรมอาหารนอกจากนี้ในบางโรงงานยังมีการนำเครื่องจักรที่ใช้สำหรับหั่นผักนำมาใช้ในกระบวนการเฉือนทุเรียน สามารถผลิตได้รวดเร็วแต่จะมีผลให้ชิ้นทุเรียนที่ได้เป็นชิ้นที่ไม่สมบูรณ์เนื่องจากไม่ได้ออกแบบมาให้เหมาะสมกับเนื้อทุเรียน ( มนตรี กล้าขาย และวรนุช สีแดง: 2553 ) ดังนั้นจึงจำเป็นต้องใช้หลักการด้านวิศวกรรมอาหารมารองรับกระบวนการผลิตให้มีประสิทธิภาพ มีมาตรฐานและเป็นที่ยอมรับในระดับสากล อีกทั้งเพื่อยกระดับของกระบวนการผลิตของโรงงานระดับ SME ในประเทศให้สามารถแข่งขันในตลาดสากลได้ จึงได้ทำการศึกษาการออกแบบและพัฒนาเครื่องเฉือนเนื้อทุเรียนสำหรับกระบวนการทำทุเรียน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทอด ให้เป็นเครื่องกึ่งอัตโนมัติเฉพาะบุคคล ทำหน้าที่เฉือนทุเรียนสำหรับกระบวนการทำทุเรียนทอดได้มีสมรรถนะและประสิทธิภาพที่ดี ได้ผลผลิตที่มีคุณภาพ ชิ้นสมบูรณ์ ทำงานได้เร็วทำให้ได้อัตราการผลิตที่มากขึ้นซึ่งเป็นการเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์แปรรูปทางการเกษตรให้มีมูลค่าสูงขึ้น

## 1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของโครงงาน

1. เพื่อออกแบบและพัฒนาเครื่องเฉือนแผ่นบางสำหรับอุตสาหกรรมแปรรูปทุเรียนที่สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ
2. เพื่อออกแบบรูปแบบการลำเลียงทุเรียนมายังเครื่องเฉือนทุเรียนที่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพ
3. เพื่อสร้างองค์ความรู้และใช้พื้นฐานทางวิศวกรรม ในการพัฒนาเครื่องมือ ในการทำงานสำหรับอุตสาหกรรมขนาดย่อมในประเทศไทย

## 1.3 ขอบเขตของโครงงาน

1. เครื่องเฉือนทุเรียนแผ่นบางที่ออกแบบและพัฒนาจะใช้สำหรับกระบวนการทำทุเรียนทอด
2. ระบบการทำงานของเครื่องเป็นแบบต่อเนื่องโดยใช้แรงงานคนบรรจุเนื้อทุเรียนผ่านสายพาน
3. เนื้อทุเรียนที่ป้อนเข้าเครื่องเฉือนแผ่นบางจะต้องผ่านกระบวนการคัดและนำเมล็ดออกมาก่อนแล้ว
4. สภาพของทุเรียนสำหรับป้อนเข้าเครื่องเฉือนแผ่นบางจะต้องเป็นทุเรียนห่ามไม่สุกงอมจนเนื้อนุ่ม และทุเรียนพันธุ์หมอนทอง
5. โครงงานวิจัยในส่วนนี้มุ่งเน้นการออกแบบโครงสร้างระบบการทำงานทางกลและประสิทธิภาพในการทำงานเพื่อให้สัมพันธ์กับงานวิจัย ด้านระบบควบคุมซึ่งจะรับผิดชอบโดย ดร.นพดล มณีรัตน์ ซึ่งจะช่วยให้เครื่องจักรมีความสามารถสูงขึ้น

## 1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1. เป็นตัวอย่างและความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการแก้ปัญหาทางอุตสาหกรรม โดยการใช้ความรู้เชิงวิชาการและเทคโนโลยีมาประยุกต์ใช้เพื่อแก้ปัญหาทางปฏิบัติ โดยความร่วมมือกับแหล่งความรู้โดยเฉพาะกับมหาวิทยาลัย ซึ่งจะนำไปสู้ความร่วมมือในระดับสูงขึ้นในเวลาต่อไป
2. เป็นโอกาสในการฝึกฝนประสบการณ์ทำงานด้านวิศวกรรมของกลุ่มนักศึกษาที่จะสามารถประสบกับปัญหาที่เกิดขึ้นจริงในอุตสาหกรรมอาหาร ได้คุ้นเคยกับการติดต่อและ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แลกเปลี่ยนความคิดเห็นกับกลุ่มนักวิจัยและอาจารย์ผู้ควบคุมงานวิจัยเพื่อให้ได้ผลงานออกมาตรงตามจุดประสงค์ที่วางไว้

3. เครื่องจักรและผลงานวิจัยสามารถนำไปปรับใช้ทำงานในอุตสาหกรรมการแปรรูปทุเรียนทอดได้จริง ซึ่งกระบวนการในการเฉือนชิ้นทุเรียนเป็นขั้นตอนที่ทำยาก ช้า และต้องใช้แรงงานคนผู้มีความชำนาญในการทำ นอกจากนั้นเครื่องเฉือนทุเรียนสามารถลดอัตราการปนเปื้อน เพิ่มความสามารถในการผลิต ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่สะอาด ถูกสุขอนามัย เพียงพอต่อความต้องการของผู้บริโภคมากขึ้น โรงงานแปรรูปสามารถรับซื้อผลผลิตจากการเกษตรได้ปริมาณมากขึ้น
4. การพัฒนาเครื่องจักรในกระบวนการผลิต นอกจากจะเป็นการเพิ่มปริมาณการผลิต สร้างความง่ายในการทำงานแล้ว ยังมีผลต่อการพัฒนาลักษณะในการทำงาน การแต่งกาย ความปลอดภัย สิ่งแวดล้อมในการทำงานส่งผลต่อความเป็นระเบียบสะอาด ถูกสุขลักษณะตามมาตรฐานโรงงานอุตสาหกรรมอาหาร ซึ่งเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับโรงงานที่ต้องการพัฒนาไปสู่การผลิตเพื่อขยายตลาดไปในระดับสูงขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 2
# ข้อมูลของทุเรียน

## 2.1 ข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับทุเรียน

ทุเรียน ( Durian ) เป็นผลไม้เศรษฐกิจที่สำคัญของไทย ในปี 2538 มีพื้นที่ปลูก 800,152 ไร่ โดยปลูกแทบทุกภาคของประเทศไทย แต่แหล่งปลูกที่สำคัญจะอยู่ในภาคตะวันออกและภาคใต้ ซึ่งจังหวัดที่มีพื้นที่ปลูกมากได้แก่ จังหวัดจันทบุรี (33.14%) จังหวัดระยอง (13.83%) ผลผลิต 746,642 ตัน ผลผลิตทุเรียนที่ใช้บริโภคภายในประเทศและมีการส่งออกทั้งผลสด แช่แข็งและทุเรียนกวน ในปี 2540 มูลค่าการส่งออก 1736.9 ล้านบาท ในช่วงที่ผ่านมาเกษตรกรสนใจขยายพื้นที่ปลูกกันมาก เนื่องจากทุเรียนเป็นพืชที่ให้ผลผลิตตอบแทนสูงตลอดจนเป็นผลมาจากรัฐบาลมีนโยบายปรับโครงสร้างและระบบการผลิตการเกษตร ซึ่งเกษตรกรได้เลือกปลูกไม้ผลทดแทนพืชอื่นที่มีปัญหาทางด้านการผลิตและการตลาด โดยทุเรียนเป็นไม้ผลชนิดหนึ่งที่เกษตรกรให้ความสนใจปลูกกันมาก

### 2.1.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

ทุเรียนเป็นไม้ผลยืนต้นไม่ผลัดใบ ลำต้นตรงสูง 25-50 m ขึ้นกับชนิด แตกกิ่งเป็นมุมแหลม ปลายกิ่งตั้งกระจายกิ่งกลางลำต้นขึ้นไป เปลือกชั้นนอกของลำต้นมีสีเทาแก่ ผิวขรุขระหลุดลอกออกเป็นสะเก็ด ไม่มียาง ใบเป็นใบเดี่ยวกระจายทั่วกิ่ง ก้านใบกลมยาว 2–4 cm แผ่นใบรูปไข่แกมขอบขนานปลายใบใบเรียวแหลม ยาว 10-18 cm ผิวใบเรียบลื่น มีไขนวล ใบด้านบนมีสีเขียว ท้องใบมีสีน้ำตาล เส้นใบด้านล่างนูนเด่น ขอบใบเรียบ ดอกเป็นดอกช่อ มี 3-30 ช่อบนกิ่งเดียวกัน เกิดตามลำต้น และกิ่งก้านยาว 1–2 cm ลักษณะดอกสมบูรณ์เพศ มีกลีบเลี้ยงและมีกลีบดอก 5 กลีบ (บางครั้งอาจมี 4 หรือ 6 กลีบ) มีสีขาวหอม ลักษณะดอกคล้ายระฆัง มีช่วงเวลาออกดอก 1-2 ครั้งต่อปี ช่วงเวลาออกดอกขึ้นกับชนิด สายพันธุ์ และสถานที่ปลูกเลี้ยง โดยทั่วไปทุเรียนจะให้ผลเมื่อมีอายุ 4-5 ปี โดยจะออกตามกิ่งและสุกหลังจากผสมเกสรไปแล้ว 3 เดือน ผลเป็นผลสดชนิดผลเดี่ยว อาจยาวมากกว่า30 cm เส้นผ่าศูนย์กลางอาจยาวกว่า15 cm มีน้ำหนัก 1-3 kg มีรูปทรงเป็นรูปรีถึงกลม เปลือกทุเรียนมีหนามแหลมเมื่อแก่ผลมีสีเขียว เมื่อสุกมีสีน้ำตาลอ่อน แตกตามแต่ละส่วนของผลเรียกเป็นพู เนื้อในมีตั้งแต่สีเหลืองอ่อนถึงแดงขึ้นกับชนิด เนื้อในจะนิ่ม กึ่งอ่อนกึ่งแข็ง มีรสหวาน เมล็ดมีเยื่อหุ้ม กลมรี เปลือกหุ้มสีน้ำตาลผิวเรียบ เนื้อในเมล็ดสีขาว รสชาติฝาด

### 2.1.2 สายพันธุ์

2.1.2.1 สายพันธุ์ทุเรียนทั่วโลก

ทุเรียนที่เพาะปลูกมากมายหลายชนิดในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ใช้การขยายพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ เป็นเวลามาหลายศตวรรษแล้ว โดยใช้ทุเรียนต้นที่ให้ผลดีมีรสอร่อยมาขยายพันธุ์โดยการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เสียบยอด ทาบกิ่ง ติดตา และตอนกิ่ง แต่ละพันธุ์ก็จะมีความเด่นที่ต่างกัน เช่น ความต่างของรูปทรงผล และ หนาม เป็นต้น ทำให้ผู้บริโภคสามารถเลือกรับประทานได้ตามความพึงพอใจ ถึงแม้ว่าจะมีราคาสูงกว่าอีกพันธุ์หนึ่งในตลาดก็ตาม สายพันธุ์ส่วนใหญ่มีชื่อเรียกและรหัสหมายเลขที่ขึ้นต้นด้วย "D" เช่น กบ (D99), ชะนี (D123), ทุเรียนเขียว (D145), ก้านยาว (D158), หมอนทอง (D159), กระดุมทอง และที่ไม่มีชื่อเรียก ได้แก่ D24 และ D169 แต่ละสายพันธุ์มีรสชาติและกลิ่นต่างกันไป มี *D. zibethinus* มากกว่า 200 สายพันธุ์ในไทย ชาวสวนนิยมนำพันธุ์ชะนีมาทำเป็นต้นตอเพราะเป็นพันธุ์ที่ทนทานต่อเชื้อรา *Phytophthora palmivora* ในจำนวนสายพันธุ์ทั้งหมดในประเทศไทยมีเพียง 4 พันธุ์เท่านั้นที่นิยมปลูกเชิงพานิชย์ คือ ชะนี, กระดุมทอง, หมอนทอง และก้านยาว ส่วนในมาเลเซียมีมากกว่า 100 สายพันธุ์ และมีทุเรียนพันธุ์ดีจำนวนมากที่ได้รับการพัฒนาขึ้นมาเพื่อแข่งขันในงานเกษตรประจำปีของมาเลเซีย ในงานแสดงพืชสวนและการท่องเที่ยวเชิงเกษตรที่เวียดนามก็มีการแข่งขันแบบเดียวกันซึ่งจัดขึ้นโดยสถาบันวิจัยผลไม้ตอนใต้ และเมื่อไม่นานมานี้ ดร.ทรงพล สมศรี นักวิชาการเกษตร 8 จากสถาบันวิจัยพืชสวน กรมวิชาการเกษตร ได้ผสมพันธุ์ทุเรียนกว่า 90 พันธุ์จนได้พันธุ์ จันทบุรี 1 ซึ่งเป็นทุเรียนลูกผสมระหว่างพันธุ์ชะนีกับพันธุ์หมอนทอง เป็นพันธุ์ที่ไม่มีกลิ่นรุนแรง ส่วนลูกผสมอื่นๆ เช่น จันทบุรี 3 ซึ่งเป็นทุเรียนลูกผสมระหว่างพันธุ์ชะนีกับพันธุ์ก้านยาว จะมีกลิ่นแรงและจะมีกลิ่นต่อไปอีก 3 วันหลังเก็บผลแล้ว ซึ่งจากการพัฒนาสายพันธุ์นี้ นอกจากจะสามารถทำการขนส่งได้ง่าย ยังเป็นการเพิ่มทางเลือกให้แก่ผู้บริโภคอีกด้วย

2.1.2.2 พันธุ์ทุเรียนในประเทศไทย

พันธุ์ทุเรียนในประเทศไทยสามารถจำแนกออกได้เป็น 6 กลุ่ม ตามลักษณะรูปร่างใบ ปลายใบ ฐานใบ ทรงผล และรูปร่างของหนาม คือกลุ่มเบ็ดเตล็ด เป็นทุเรียนที่จำแนกลักษณะพันธุ์ได้ไม่แน่ชัด มีอยู่ถึง 81 พันธุ์ พันธุ์ที่นิยมปลูกกันมากมี 4 พันธุ์ คือ หมอนทอง (D159), ชะนี (D123), ก้านยาว (D158), และ กระดุม ซึ่งมีลักษณะดังนี้

พันธุ์กระดุม ผลจะมีขนาดค่อนข้างเล็ก น้ำหนักประมาณ 1 kg ผลมีลักษณะค่อนข้างกลมด้านหัวและด้านท้ายผลค่อนข้างป้าน ก้นผลปุ่มเล็กน้อย หนามเล็กสั้นและถี่ ขั้วค่อนข้างเล็กและสั้น ลักษณะของพูเต็มสมบูรณ์ ร่องพูค่อนข้างลึก เนื้อละเอียดอ่อนนุ่มสีเหลืองอ่อน เนื้อค่อนข้างบาง รสชาติหวานไม่ค่อยมัน เละง่ายเมื่อสุกจัด เมล็ดมีขนาดใหญ่

พันธุ์ชะนี (D123) ผลมีขนาดปานกลางถึงใหญ่ น้ำหนักประมาณ 2.5- 3 kg ผลมีรูปทรงหวด กล่าวคือ ตรงกลางผลป่อง หัวเรียว ก้นตัด ร่องพูค่อนข้างลึกเห็นได้ชัด ขั้วผลใหญ่และสั้น เนื้อละเอียด สีเหลืองจัดเกือบเป็นสีจำปา ปริมาณเนื้อมาก รสชาติหวานมัน เมล็ดค่อนข้างเล็กและมีจำนวนเมล็ดน้อย

พันธุ์หมอนทอง (D159) ผลมีขนาดใหญ่ น้ำหนักประมาณ 3- 4 kg ทรงผลค่อนข้างยาวมีบ่าผล ปลายผลแหลม พูมักไม่ค่อยเต็มทุกพู หนามแหลมสูง ฐานหนามเป็นเหลี่ยม ระหว่างหนามใหญ่

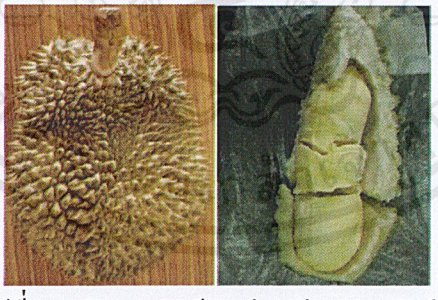
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะมีหนามเล็กวางแซมอยู่ทั่วไป ซึ่งเรียกหนามชนิดนี้ว่า เขี้ยวงู ก้านผลใหญ่แข็งแรง ช่วงกลางก้านผลจนถึงปากปลิงจะอ้วนใหญ่เป็นทรงกระบอก เนื้อหนาสีเหลืองอ่อนละเอียด เนื้อค่อนข้างแห้งไม่แฉะติดมือ รสชาติหวานมัน เมล็ดน้อยและลีบเป็นส่วนใหญ่

พันธุ์ก้านยาว (D158) ผลมีขนาดปานกลาง น้ำหนักประมาณ 3 kg ทรงผลกลมเห็นพูไม่ชัดเจน พูเต็มทุกพู หนามเล็กถี่สั้นสม่ำเสมอทั้งผล ก้านผลใหญ่และยาวกว่าพันธุ์อื่นๆ เนื้อละเอียดสีเหลืองหนาปานกลาง รสชาติหวานมัน เมล็ดมากค่อนข้างใหญ่

**2.1.3 ลักษณะทางกายภาพของทุเรียน**

ผลสีเขียว ตามเปลือกมีหนามแหลมแทงขึ้นรอบผล ผลใหญ่ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางผลประมาณ 18-25 เซนติเมตร ยาว 25-35 เซนติเมตร ภายในผลแบ่งออกเป็นช่องๆเรียกว่าพู ในแต่ละพูจะมีเนื้อทุเรียน 1 เม็ดบ้าง 2-3เม็ดก็มี ขึ้นอยู่กับพูใหญ่หรือเล็ก เนื้อทุเรียนสีเหลืองหุ้มรอบเมล็ดขนาดใหญ่ ดังรูปที่ 2.1 รสชาติหวานมันถึงหวานจัด มีกลิ่นที่ไม่ธรรมดาของทุเรียนทำให้หลาย ๆ คนแสดงปฏิกิริยาที่ต่างกัน จากชอบมากจนถึงรังเกียจอย่างรุนแรง ในปี พ.ศ. 2399 นักธรรมชาติวิทยาชาวอังกฤษที่ชื่ออัลเฟรด รัสเซล วอลเลซได้เขียนพรรณนาถึงรสชาติของทุเรียนไว้ดังนี้ มี 5 โพรงสีขาวอยู่ภายใน แต่ละโพรงบรรจุไปด้วยเนื้อผลไม้สีครีมที่มีเมล็ดประมาณ 3 เมล็ดในแต่ละชิ้น เนื้อในสามารถรับประทานได้และมีรสชาติเหนือจะบรรยาย เนื้อที่เหมือนคัสตาร์ดมันย่อง มีรสชาติกลมกล่อมคล้ายอัลมอนด์ให้ความรู้สึกดี แต่บางทีรสชาตินี้ทำให้นึกถึงครีมชีส, ซอสหัวหอม, ไวน์เชอรี่ และอาหารอื่น ๆ ที่ไม่เข้ากันเลย แล้วยังมีความเรียบเหนียวในเนื้อแต่กับเพิ่มความอร่อยให้กับทุเรียน ทุเรียนไม่เปรี้ยว ไม่หวาน ไม่ฉ่ำ ทุเรียนไม่ต้องการสิ่งเหล่านี้มันก็สมบูรณ์แบบด้วยตัวของมันเอง เมื่อรับประทานไม่มีอาการคลื่นไส้หรือผลกระทบที่เลวร้ายอื่น ๆ



**รูปที่ 2.1** ลักษณะทุเรียนก่อนผ่าและหลังผ่า

**2.1.4 ประโยชน์ ด้านโภชนาการและสรรพคุณทางยาของทุเรียน**

ทุเรียนเป็นผลไม้ที่มีน้ำตาลสูง วิตามินซี โพแทสเซียม และกรดอะมิโนซีโรโทเนอร์จิก ทริปโตเฟน และยังเป็นแหล่งของคาร์โบไฮเดรต โปรตีนและไขมัน ดังตารางที่ 2.1 ทุเรียนถือเป็นแหล่งไขมันสดที่ดีในอาหารไม่ผ่านความร้อนหลาย ๆ ชนิด นอกจากนี้ทุเรียนยังมีค่าดัชนีน้ำตาลที่สูงหรือเป็นอาหารที่มีไขมันมาก จึงมีการแนะนำให้บริโภคทุเรียนแต่น้อย และทุเรียนยังอุดมไปด้วยกำมะถันและไขมัน ไม่เหมาะสำหรับผู้ป่วยเบาหวาน เพราะหากกินเข้าไป นอกจากจะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำให้ระดับน้ำตาลในเลือดสูงขึ้นอย่างรวดเร็วแล้ว ยังทำให้ร้อนในและรู้สึกไม่สบายเนื้อไม่สบายตัวอีกด้วย

**ตารางที่ 2.1** คุณค่าทางโภชนาการของทุเรียน

| ทุเรียน (*Durio zibethinus*)<br>คุณค่าทางโภชนาการต่อ 100 g (3.5 ออนซ์) | |
|---|---|
| พลังงาน 150 kcal 620 kJ | |
| คาร์โบไฮเดรต | 27.09 g |
| - ใยอาหาร 3.8 g | |
| ไขมัน | 5.33 g |
| โปรตีน | 1.47 g |
| น้ำ | 65 g |
| B - แคโรทีน 46 μg | 0% |
| วิตามินบี1 0.16 mg | 12% |
| วิตามินบี2 0.23 mg | 15% |
| ไนอะซิน 2.5 mg | 17% |
| วิตามินซี 19.7 mg | 33% |
| แคลเซียม 29 mg | 3% |
| เหล็ก 1.1 mg | 9% |
| ฟอสฟอรัส 34 mg | 5% |
| โพแทสเซียม 436 mg | 9% |

ในตำราสมุนไพรไทยได้กล่าวไว้ว่า ส่วนต่าง ๆ ของทุเรียนสามารถนำมาใช้เป็นยาได้ โดยใบมีรสขม เย็นเฝื่อน มีสรรพคุณแก้ไข้ แก้ดีซ่าน ขับพยาธิ และทำให้หนองแห้ง เนื้อทุเรียนมีรสหวาน ร้อน มีสรรพคุณให้ความร้อน แก้โรคผิวหนัง ทำให้ฝีแห้ง และขับพยาธิ เปลือกทุเรียนมีรสฝาดเฝื่อนใช้สมานแผล แก้น้ำเหลืองเสีย พุพอง แก้ฝี ตาน ซาง คุมธาตุ แก้คางทูม และไล่ยุงและแมลง ส่วนรากมีรสฝาดขมใช้แก้ไข้และแก้ท้องร่วง ในช่วงปี พ.ศ. 2463 มีบริษัทในนครนิวยอร์กได้ทำผลิตภัณฑ์จากผลทุเรียนเรียกว่า "Dur-India (เดอร์ อินเดีย)" เป็นอาหารเสริม ขายอยู่ที่ราคา US$9 ต่อหนึ่งโหล แต่ละขวดบรรจุ 63 เม็ด แต่ละเม็ดประกอบไปด้วยทุเรียน พืชสกุลกระเทียมบางชนิดจากอินเดียและวิตามินอี บริษัทได้โฆษณาอาหารเสริมนี้ว่ามันเปี่ยมไปด้วย"พลังงานที่เป็นประโยชน์ต่อสุขภาพเข้มข้นในรูปแบบอาหารมากกว่าผลิตภัณฑ์อื่น ๆ ในโลกที่สามารถจะมีได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**2.1.5 รูปแบบของทุเรียนที่จำหน่าย ( การนำไปแปรรูป )**

1. ทุเรียนกวน ทุเรียนเป็นผลไม้ที่นิยมนำมากวน เพราะรสชาติหวาน มัน กลิ่นหอม เนื้อละเอียดเหนียว สีเหลืองสวย ไม่ดำคล้ำ เป็นที่นิยมของผู้บริโภคมาก อุปกรณ์และเครื่องมือ ในการทำทุเรียนกวน มี 2 แบบ ดังนี้

- การกวนแบบชาวบ้าน (ใช้แรงงานคน) - ใช้กระทะเหล็ก กระทะทองเหลือง หรือกระทะสเตนเลส - เตา ใช้เตาแก๊สหรือเตาถ่าน ควรตรึงหรือยึดเตาไม่ให้เคลื่อนที่ - ไม้พาย

- การกวนโดยใช้เครื่องกวนไฟฟ้า - กระทะทำด้วยสเตนเลสหรือทองเหลือง - เตาใช้แก๊สในการให้ความร้อน - พายเคลื่อนที่โดยใช้ไฟฟ้า มี 2 อัน ใช้กวนและปาดทุเรียนตรงขอบกระทะ - ความสามารถในการกวน 10-70 กิโลกรัมต่อ1กระทำ ส่วนผสม เนื้อทุเรียนแก่จัด-สุก-งอมและสด 1 กิโลกรัม น้ำตาลทราย 1 ขีด

วิธีทำ 1. แกะเนื้อทุเรียนสุกออกจากเปลือกและเมล็ด 2. ใส่ในกระทะเหล็กหรือสเตนเลสใช้ไฟปานกลางกวนด้วยไม้พายจนเนื้อทุเรียนสุก 3. ใส่น้ำตาลทรายกวนต่อไปจนเริ่มเหนียว จับตัวเป็นก้อน ลดไฟให้อ่อน กวนต่อจนเหนียวเริ่มมัน จึงจะถือว่าใช้ได้ 4. บรรจุเพื่อจำหน่ายต่อไป 1. ส่วนผสม โดยทั่วไปใช้เนื้อทุเรียน 10 ส่วน น้ำตาล 1 ส่วน อาจเพิ่ม-ลดน้ำตาลได้ตามชอบ แต่ถ้าเป็นทุเรียนพันธุ์หมอนทอง ไม่ควรใช้น้ำตาลมาก เพราะอาจตกทรายหรือขึ้นเกล็ดได้ 2. ทุเรียนกวนต้องใช้ทุเรียนใหม่และสด จึงจะรสชาติดีและกลิ่นหอม 3. ถ้ามีเนื้อทุเรียนจำนวนมาก กวนไม่ทัน ควรนำทุเรียนแกะใหม่ ๆ สด ๆ ไปแช่แข็ง ถ้าอยู่ไกลห้องเย็นควรกวนให้สุก (รวน) โดยไม่ใส่น้ำตาล แล้วจึงนำไปฝากห้องเย็น เมื่อจะจำหน่ายจึงเติมน้ำตาลแล้วกวนให้ได้ที่

2. ทอฟฟี่ทุเรียน ทอฟฟี่ทุเรียนเป็นสินค้าของฝากจากจังหวัดชลบุรี ระยองและจันทบุรี มีลักษณะเป็นเม็ดสีน้ำตาลอ่อน ขนาดพอคำ มีกลิ่นหอม รสชาติหวานมัน อาจใส่ถั่วลิสงคั่วเพื่อเพิ่มรสชาติได้อีกด้วย มีวิธีง่าย ๆ ไม่ซับซ้อน ต้นทุนการผลิตต่ำ ขายได้ราคาดี สามารถเก็บไว้ได้นาน ส่วนผสม เนื้อทุเรียน 1 ถ้วยตวง น้ำตาลทราย 5 ขีด น้ำตาลปี๊บ 2 ขีด แบะแซ 5 ขีด หัวกะทิ 2 ถ้วยตวง นมข้นหวาน 1 กระป๋อง เนย 1 ถ้วยตวง เกลือป่น 1 ช้อนชา วิธีทำ 1. ผสมน้ำตาลทราย น้ำตาลปี๊บ และน้ำกะทิเข้าด้วยกัน กวนด้วยไฟปานกลางให้เข้ากัน 2. เติมนมข้นหวานและเกลือป่น คนตลอดเวลาจนเริ่มเหนียว 3. เติมแบะแซ เนื้อทุเรียน กวนด้วยไฟอ่อนจนเหนียวได้ที่ 4. เทใส่ถาดที่ทาเนย หรือถาดที่รองใบตอง พออุ่น ๆ จึงเริ่มปั้นเป็นก้อน 5. ห่อด้วยพลาสติกและกระดาษแก้วสีสวย ๆ เพื่อจำหน่ายต่อไป ชวนคิดชวนรู้ 1. วิธีดูว่าทอฟฟี่เหนียวได้ที่ ให้หยอดเนื้อทอฟฟี่ทุเรียนลงในน้ำเย็นหรือใบตอง ถ้าเนื้อทอฟฟี่จับตัวเป็นก้อน ถือว่าใช้ได้ 2. ถ้าไม่มีเนื้อทุเรียนสด สามารถใช้เนื้อทุเรียนกวนแทนได้ 3. การห่อเม็ดทอฟฟี่ทุเรียนให้สวยงาม ควรพันด้วยเชือกดึงให้แน่นแล้วปล่อย จะสวยงามกว่าใช้วิธีหมุนบิด

3. ทุเรียนทอดกรอบ(ทุเรียนอบกรอบ) ทุเรียนทอดกรอบมีลักษณะเป็นแผ่นบางสีเหลืองอ่อน ๆ รสชาติหวาน มัน และกรอบ สามารถแปรรูปโดยนำเอาทุเรียนดิบ แก่จัด หรือทุเรียนผลใหญ่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ร่วงเนื่องจากถูกลมพายุหรือหนอนเจาะทำลายร่วงมาแปรรูปจำหน่ายซึ่งได้ราคาดีมาก นอกจากนี้ถ้าผลิตทุเรียนทอดกรอบมาก ๆ จะทำให้ผลสดในตลาดลดลง ราคาผลก็จะสูงขึ้น อุปกรณ์และเครื่องมือ อุปกรณ์ในการแกะเปลือก-หั่น-ฝานและทอดเนื้อทุเรียน ส่วนผสม ทุเรียน-เกลือ-น้ำมัน วิธีทำ 1. แกะเปลือก-แกะเนื้อ 2. หั่นหรือฝานเนื้อทุเรียน พยายามหั่นให้ได้ชิ้นเนื้อเป็นแผ่นใหญ่บางสม่ำเสมอกัน 3. แยกขนาดของชิ้นทุเรียนพร้อมกับผึ่งชิ้นทุเรียนให้หมาดเพื่อประหยัดเวลาในการทอด 4. การทอด ใช้ไฟร้อนปานกลาง กลับชิ้นเนื้อเป็นระยะ พอเหลืองตักขึ้นพักให้สะเด็ดน้ำมันใส่ภาชนะที่รองด้วยกระดาษซับน้ำมัน 5. โรยเกลือและบรรจุภาชนะพร้อมจำหน่าย

รูปที่ 2.2 ผลิตภัณฑ์ทุเรียนทอดกรอบ

(ที่มา : http://it.doa.go.th/durian/serch_data.php)

**ตารางที่ 2.2** ข้อมูลการผลิตผลิตภัณฑ์ต่างๆของทุเรียน

| ลำดับ | รายการ | หน่วย | ปี 2547 | ปี 2548 | ปี 2549 |
|---|---|---|---|---|---|
| | จำนวนครัวเรือน | ครัวเรือน | 188,891 | 181,070 | 173,538 |
| 1 | เนื้อที่ต่อครัวเรือน | ไร่ | 4.45 | 4.53 | 4.57 |
| 2 | เนื้อที่ | | | | |
| 2.1 | เนื้อที่ยืนต้น | ไร่ | 848,135 | 810,724 | 793,332 |
| 2.2 | เนื้อที่ให้ผล | ไร่ | 752,220 | 715,491 | 703,609 |
| 3 | ผลผลิต | ตัน | 829,197 | 649,789 | 618,775 |
| 4 | ผลผลิตต่อเนื้อที่ให้ผล | kg | 1,102 | 908 | 879 |
| 5 | ต้นทุนการผลิต | บาท/kg | 15.28 | 13.91 | 14.3 |
| 6 | ราคาที่เกษตรขายได้ | | | | |
| 6.1 | หมอนทอง | บาท/ตัน | 16,310 | 16,290 | 18,970 |
| 6.2 | ชะนี | บาท/ตัน | 7,320 | 7,290 | 11,260 |
| 7 | ราคาส่งออก FOB | | | | |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| ลำดับ | รายการ | หน่วย | ปี 2547 | ปี 2548 | ปี 2549 |
|---|---|---|---|---|---|
| 7.1 | ทุเรียนสด | บาท/ตัน | 18,944 | 16,290 | 18,970 |
| 7.2 | ทุเรียนแช่แข็ง | บาท/ตัน | 19,339 | 26,704 | 28,066 |
| 7.3 | ทุเรียนกวน | บาท/ตัน | 102,846 | 69,692 | 63,160 |
| 7.4 | ทุเรียนอบแห้ง | บาท/ตัน | 609,988 | 894,195 | 866,166 |
| 8 | การใช้ในประเทศ | ตัน | 710,704 | 499,039 | 463,657 |
| 9 | การส่งออก | | | | |
| 9.1 | ส่งออกทุเรียนสด | | | | |
| | ปริมาณ | ตัน | 86,361 | 132,781 | 137,391 |
| | มูลค่า | ล้านบาท | 1,635.87 | 2,190.87 | 2,726.86 |
| 9.2 | ส่งออกทุเรียนแช่แข็ง | | | | |
| | ปริมาณ | ตัน | 31,989 | 17,338 | 16,540 |
| | มูลค่า | ล้านบาท | 590.82 | 462.6 | 464.23 |
| 9.3 | ส่งออกทุเรียนกวน | | | | |
| | ปริมาณ | ตัน | 142 | 617 | 1154 |
| | มูลค่า | ล้านบาท | 14.18 | 43.02 | 72.87 |
| 9.4 | ส่งออกทุเรียนอบแห้ง | | | | |
| | ปริมาณ | ตัน | 0.58 | 14 | 33 |
| | มูลค่า | ล้านบาท | 0.35 | 12.78 | 28.56 |
| 10 | ตลาดส่งออกที่สำคัญ | ประเทศจีน, ไต้หวัน, ฮ่องกง, อินโดนีเซีย, สหรัฐอเมริกา | | | |
| 11 | แหล่งปลูกที่สำคัญ | จังหวัดจันทบุรี, ระยอง, ชุมพร, ยะลา, นครศรีธรรมราช | | | |
| 12 | ช่วงผลผลิตออกมาก | ภาคกลาง | เดือนเมษายน - มิถุนายน | | |
| | | ภาคใต้ | เดือนกรกฎาคม - กันยายน | | |
| 13 | ประเทศคู่ค้าที่สำคัญ | ประเทศจีน, ไต้หวัน, ฮ่องกง, อินโดนีเซีย, สหรัฐอเมริกา | | | |

ที่มา : กรมศุลกากร

จากตารางที่ 2.2 จะเห็นว่าการผลิตทุเรียนทอดมีแนวโน้มการผลิตเพิ่มสูงขึ้น เนื่องจากขายได้ในราคาแพง เมื่อนำมาแปรรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.2 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก. 2317-2549) ของทุเรียนทอดกรอบ

### 2.2.1 ขอบข่าย

2.2.1.1 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ครอบคลุมทุเรียนทอดกรอบที่ทำจากเนื้อทุเรียนทุกพันธุ์ที่สามารถนำมาทอดกรอบได้

### 2.2.2 บทนิยาม

ความหมายของคำที่ใช้ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ มีดังต่อไปนี้

2.2.2.1 ทุเรียน หมายถึง พืชที่มีชื่อทางพฤกษศาสตร์ว่า ดูริโอ ซีเบทีนัส เมอร์ (Durio zibethinus murr)

2.2.2.2 ทุเรียนทอดกรอบ หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำเนื้อทุเรียนที่มีความแก่พอเหมาะมาฝานบางหรือหั่นเป็นรูปร่างต่างๆ นำมาทอดในน้ำมันจนกรอบและอาจนำไปอบแห้งเพื่อให้กรอบอีกครั้งหนึ่ง อาจใช้วัตถุปรุงแต่งกลิ่นรส เช่น เกลือ น้ำตาล

2.2.2.3 ชิ้นแตกหัก หมายถึง ชิ้นของทุเรียนที่มีขนาดเล็กกว่า 1 ใน 3 ส่วนของขนาดชิ้นที่ใหญ่ที่สุดในแต่ละภาชนะบรรจุ

### 2.2.3 รูปแบบของทุเรียนทอดกรอบ

ทุเรียนทอดกรอบแบ่งตามรูปร่างเป็น 4 แบบได้ดังนี้

2.2.3.1 ทุเรียนทอดกรอบรูปแบบแผ่น

2.2.3.2 ทุเรียนทอดกรอบรูปแบบแท่ง

2.2.3.3 ทุเรียนทอดกรอบรูปแบบชิ้นหนา

2.2.3.4 ทุเรียนทอดกรอบรูปแบบอื่น

### 2.2.4 คุณลักษณะที่ต้องการ

2.2.4.1 ลักษณะทั่วไป

ชิ้นทุเรียนทอดกรอบในภาชนะเดียวกันต้องกรอบ มีขนาด สี และความหนาใกล้เคียงกัน อาจมีลักษณะเป็นแผ่น แท่ง หรือรูปทรงอื่น การทดสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจ

2.2.4.2 ข้อบกพร่องที่อาจมีได้

- ทุเรียนทอดกรอบรูปแผ่นมีชิ้นแตกหักได้ไม่เกินร้อยละ 10 ของน้ำหนัก
- ทุเรียนทอดกรอบรูปแท่งมีชิ้นแตกหักได้ไม่เกินร้อยละ 5 ของน้ำหนัก
- ทุเรียนทอดกรอบรูปชิ้นหนามีชิ้นแตกหักได้ไม่เกินร้อยละ 15 ของน้ำหนัก
- ทุเรียนทอดกรอบรูปอื่นมีชิ้นแตกหักได้ไม่เกินร้อยละ 10 ของน้ำหนัก

2.2.4.3 สี กลิ่น และเนื้อสัมผัส

- ต้องมีสีตามลักษณะเฉพาะของส่วนประกอบที่ใช้ และมีสีสม่ำเสมอในแต่ละภาชนะบรรจุ อาจมีสีเข้มได้บ้าง แต่ต้องไม่ไหม้เกรียม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ต้องมีกลิ่นตามลักษณะเฉพาะของส่วนประกอบที่ใช้ ปราศจากกลิ่นอับ กลิ่นไหม้กลิ่นหืน หรือกลิ่นอื่นที่ไม่พึงประสงค์

- เนื้อสัมผัสต้องกรอบในแต่ละภาชนะบรรจุ

2.2.4.4 สิ่งแปลกปลอม

ต้องปราศจากสิ่งแปลกปลอม เช่น เส้นผม เปลือกทุเรียน เศษเชือก เศษไนล่อน ชิ้นส่วนหรือสิ่งปฏิกูลของแมลง หนู นก ขนสัตว์ การทดสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจ

2.2.4.5 ความชื้น

ต้องไม่เกินร้อยละ 3.5 การทดสอบให้ปฏิบัติตาม AOAC วิธีที่ 934.06

2.2.4.6 วอเตอร์แอกทิวิตี ($a_w$)

ต้องไม่เกิน 0.4 การทดสอบให้ใช้เครื่องมือวัดวอเตอร์แอกทิวิตีที่ควบคุมอุณหภูมิได้ที่ (252) องศาเซลเซียส

**2.2.5. วัตถุเจือปนอาหาร**

2.2.5.1 สี ห้ามใช้สีทุกชนิด การทดสอบให้ปฏิบัติตาม AOAC วิธีที่ 930.38

2.2.5.2 วัตถุกันหืน ซึ่งอาจติดปนมากับน้ำมันที่ทอด บิวทิเลเตดไอดรอกซีอะนิโซล บิวทิเลเตดไฮดรอกซีโทลูอีน และเทอเทียรีบิวทิลไฮโดรควิโนนอย่างใดอย่างหนึ่ง หรือรวมกันต้องไม่เกิน 50 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม การทดสอบให้ปฏิบัติตาม AOAC วิธีที่ 968.71

**2.2.6 สุขลักษณะ**

2.2.6.1 สุขลักษณะในการทำทุเรียนทอดกรอบให้เป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ข้อปฏิบัติแนะนำระหว่างประเทศ: หลักการทั่วไปเกี่ยวกับลักษณะอาหาร มาตรฐานเลขที่ มอก.34

2.2.6.2 จุลินทรีย์

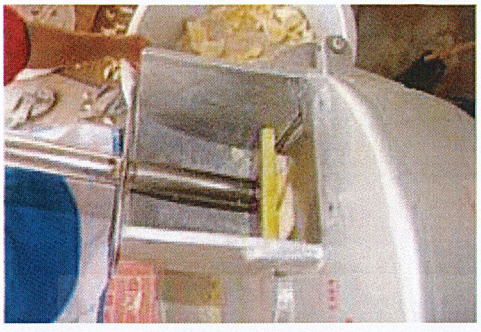
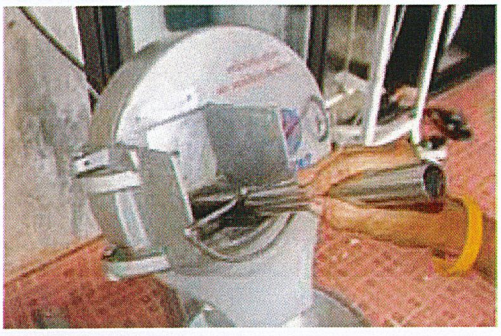
- โคลิฟอร์ม (Coliform) โดยวิธีเอ็มพีเอ็น (MPN) ต้องน้อยกว่า 3 ตัวอย่าง 1 กรัม การทดสอบให้ปฏิบัติตาม BAM,8$^{th}$ ed., Rev. A

- รา ต้องไม่เกิน 10 โคโลนี่ต่อตัวอย่าง 1 กรัม การทดสอบให้ปฏิบัติตาม BAM,8$^{th}$ ed., Rev. A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.3 โครงการวิจัยที่เกี่ยวกับการสไลด์ทุเรียน

### 2.3.1 เครื่องเฉือนทุเรียนที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบัน

**รูปที่ 2.3** เครื่องเฉือนทุเรียนที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบัน

(นิรนาม,2551) ได้สร้างเครื่องเฉือนทุเรียน ให้ป้อนชิ้นทุเรียนจากทางด้านหน้าของเครื่องเป็นแบบไม่อัตโนมัติ ใช้แรงงานคนป้อนทุเรียนทีละชิ้น โดยทำให้อัตราการป้อนสม่ำเสมอด้วยการใช้ไม้ป้อนเป็นตัวดัน ที่ปลายไม้ป้อนได้ออกแบบให้มีพลาสติกสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวขวางติดอยู่เพื่อให้เวลาเมื่อดันชิ้นทุเรียนเข้าไป ไม้ป้อนจะได้ไม่เข้าไปมากเกินไปซึ่งอาจจะทำให้เกิดการสัมผัสกับใบมีด ทำให้เกิดการเสียหายได้ หลังจากที่ผ่านการสไลด์ผลิตภัณฑ์ที่ได้คือชิ้นทุเรียนสไลด์ที่มีความบางสม่ำเสมอ อัตราการผลิตขึ้นอยู่กับความเร็วรอบของมอเตอร์ ซึ่งจากการใช้แรงงานคนในการป้อนวัตถุดิบอาจมีผลให้เกิดความไม่สะอาด เกิดการปนเปื้อนข้าม และแรงที่ใช้ในดันชิ้นทุเรียนไม่เท่ากันก็มีผลสามารถทำให้ชิ้นทุเรียนสไลด์ที่ออกมาได้นั้นมีขนาดชิ้นที่ไม่เท่ากันได้

### 2.3.2 เครื่องหั่น-ซอยผัก ผลไม้ และสมุนไพร

**รูปที่ 2.4** เครื่องหั่น – ซอยผัก ผลไม้ และสมุนไพร

(ที่มา : http://www.tarad.com/wasino/, 2008.)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นเครื่องหั่นผักในแนวดิ่ง โดยการใส่ผักด้านบนของเครื่อง ซึ่งจะมีที่กดผักในลักษณะทรงกระบอกเพื่อให้มีแรงกดไม่ให้ผักเคลื่อนที่ในระหว่างการหั่น การหั่นจะให้ใบมีดเคลื่อนที่เนื่องจากมอเตอร์ ทำให้ผักถูกเฉือนแล้วออกมา

จากงานวิจัยทั้งหมด ทำให้เห็นข้อดีข้อเสียของการออกแบบและสร้างเพื่อนำมาประยุกต์ใช้ในการออกแบบเครื่องเฉือนทุเรียนแบบใหม่ ที่มีลักษณะที่เหมาะสมกับการเฉือนเนื้อทุเรียนต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

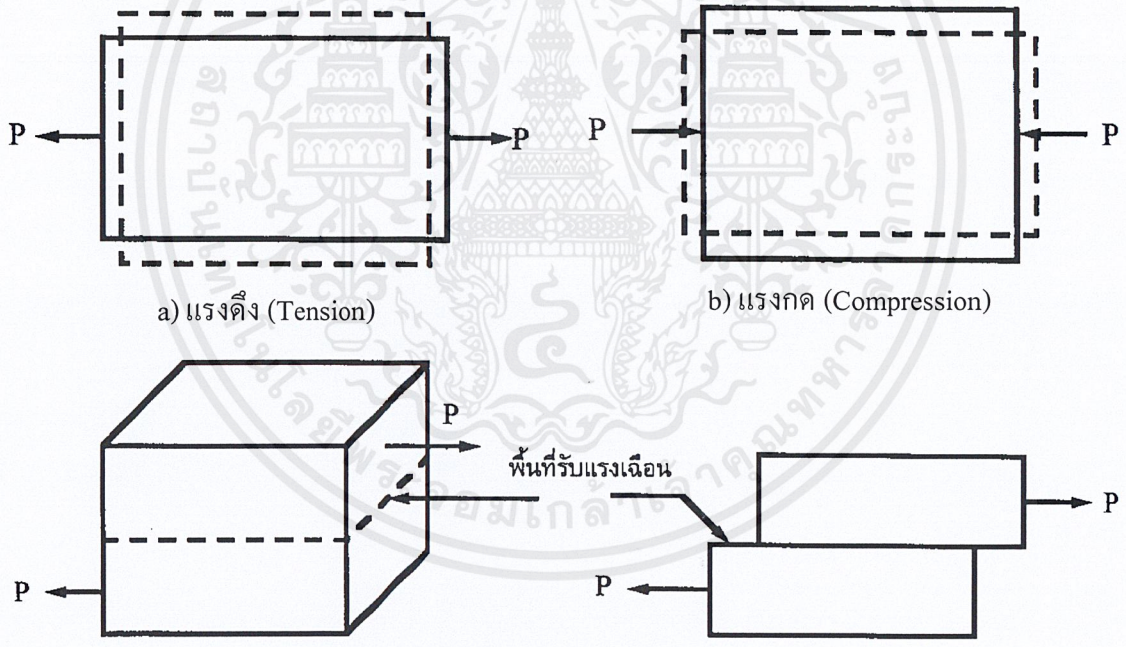
# บทที่ 3
# ทฤษฎีและหลักการ

## 3.1 ความเค้นอย่างง่าย

**ความเค้น (stress)** คือ แรงกระทำในเนื้อวัสดุต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ที่ตั้งฉากหรือขนานกับแรงนั้น มีหน่วยเป็น $N/m^2$ หรือ Pa ความเค้นอย่างง่าย ( Simple stress ) มีอยู่ 3 ชนิดคือ ความเค้นดึง ความเค้นกด และความเค้นเฉือน

$$\sigma = \frac{F}{A} \tag{3.1}$$

1. **ความเค้นแรงดึง** (Tensile Stress) $\sigma_t$ เกิดขึ้นเมื่อมีแรงดึงมากระทำตั้งฉากกับพื้นที่ภาคตัดขวาง โดยพยายามจะแยกเนื้อวัสดุให้แยกขาดออกจากกัน ดังรูปที่ 3.1




a) แรงดึง (Tension)

b) แรงกด (Compression)

C) แรงเฉือน (Shear)

**รูปที่ 3.1** ลักษณะของแรงกระทำชนิดต่าง ๆ

2. **ความเค้นกด** (Compressive Stress) $\sigma_c$ เกิดขึ้นเมื่อมีแรงกดมากระทำตั้งฉากกับพื้นที่ภาคตัดขวาง เพื่อพยายามอัดให้วัสดุมีขนาดสั้นลง ดังรูปที่ 3.1b

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**3. ความเค้นแรงเฉือน** (Shear Stress) ใช้สัญลักษณ์ $\tau$ เกิดขึ้นเมื่อมีแรงมากระทำให้ทิศทางขนานกับพื้นที่ภาคตัดขวาง เพื่อให้วัสดุเคลื่อนผ่านจากกันดังรูปที่ 3.1c มีค่าเท่ากับแรงเฉือน (Shear Force) หารด้วยพื้นที่ภาคตัดขวาง A ซึ่งขนานกับทิศทางของแรงเฉือน

## 3.2 กระแสไฟฟ้า กำลังไฟฟ้า และแรงบิด

### 3.2.1 กระแสไฟฟ้า ( I )

กระแสไฟฟ้า (Electrical Current) ในทางไฟฟ้าคือ การไหลของอิเล็กตรอนผ่านตัวนำและอุปกรณ์ต่างๆเช่น ตัวต้านทาน กระแสไฟฟ้าเป็นปริมาณประจุไฟฟ้าที่เคลื่อนไหลผ่านในวงจรไฟฟ้าทำให้เกิดกระแสขึ้นในตัวนำ หน่วยของกระแสไฟฟ้าคือ คูลอมบ์/วินาที ซึ่งเรียกว่าแอมแปร์ (Ampere, A) สัญลักษณ์ที่ใช้แทนปริมาณกระแสไฟฟ้า (ปริมาณประจุไฟฟ้า Q ที่ไหลต่อหน่วยเวลา T) คือ I ปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ผ่านพื้นที่ภาคตัดขวางใดๆ นิยามจากปริมาณประจุไฟฟ้าที่ผ่านพื้นที่ผิวในหน่วยเวลา

$$I = \frac{Q}{T} \tag{3.2}$$

### 3.2.2 กำลังไฟฟ้า (Electric Power)

กำลังไฟฟ้า หมายถึง อัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อหนึ่งหน่วยเวลา มีหน่วยเป็นวัตต์ (Watt) หรือ จูลต่อวินาที (J/s)

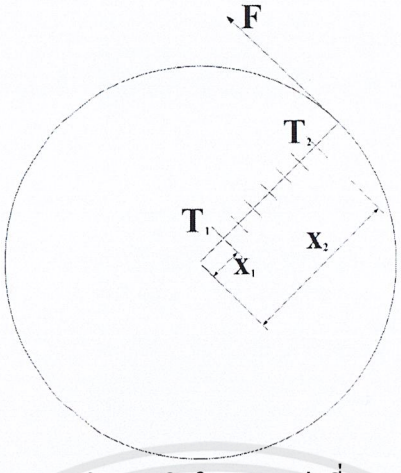
$$P = VI \tag{3.3}$$

เมื่อกำหนดให้ P คือ กำลังไฟฟ้า มีหน่วยเป็น วัตต์ (Watt) หรือ จูลต่อวินาที (J/s), V คือ แรงดันทางไฟฟ้า มีหน่วยเป็น โวลต์ (Volt) และ I คือ กระแสไฟฟ้า มีหน่วยเป็น แอมแปร์ (A)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

### 3.2.3 แรงบิดสูงสุด ($T_{max}$)




**รูปที่ 3.2** ลักษณะการเกิดแรงบิดในตำแหน่งที่แตกต่างกันของจานหมุน

แรงบิดสูงสุด คือเมื่อกำหนดให้ P คือ กำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้กับมอเตอร์ มีหน่วยเป็น วัตต์ (Watt) หรือ จูลต่อวินาที (J/s) $\omega$ คือ ความเร็วเชิงมุม มีหน่วยเป็น เรเดียนต่อวินาที (rad/s) $\omega = 2\pi r$ กำหนดให้ r คือ ความเร็วรอบของมอเตอร์ มีหน่วยเป็น rpm

$$T_{max} = \frac{P}{\omega} \tag{3.4}$$

## 3.3 Slice/Push Ratio ($\varepsilon$)

Slice/Push Ratio คือ อัตราส่วนของการเคลื่อนไปของใบมีดตามแนวตั้งและแนวนอน เมื่อทำการตัดวัตถุดิบ โดยสามารถแสดงเป็นสมการได้ดังนี้

$$\xi = \frac{dh}{dv} \tag{3.5}$$

เมื่อกำหนดให้ $\xi$ คือ Slice/Push Ratio

dh คือ ระยะที่ใบมีดเปลี่ยนแปลงไปในแนวนอน (cm)

dv คือ ระยะที่ใบมีดเปลี่ยนแปลงไปในแนวตั้ง (cm)

และเมื่อนำไปคำนวณกับแรงในแนวนอนจะได้ว่า

$$\frac{H}{Rw} = \frac{\xi}{1+\xi^2} \tag{3.6}$$

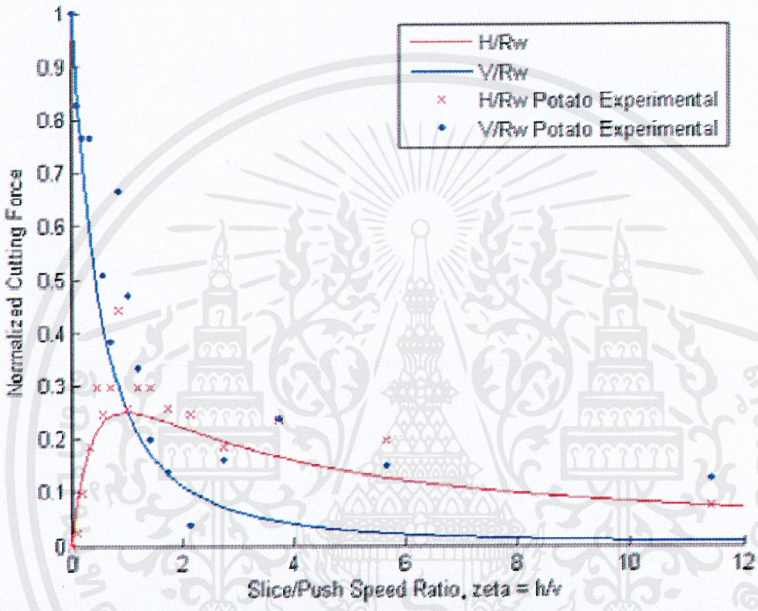
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

119395

เมื่อกำหนดให้ H คือ แรงในแนวนอน (N) R คือ ความเหนียวของวัตถุดิบ (N/m) และ w คือ ด้านกว้าง(ความหนา) ของวัตถุดิบ ส่วนแรงในแนวตั้งคือ

$$\frac{V}{Rw} = \frac{1}{1+\xi^2} \tag{3.7}$$

เมื่อกำหนดให้ V คือ แรงในแนวตั้ง (N) และเมื่อนำค่า $\xi$ มาจุดบนกราฟกับแรงที่ใช้ในการตัดจะได้เป็นกราฟดังนี้



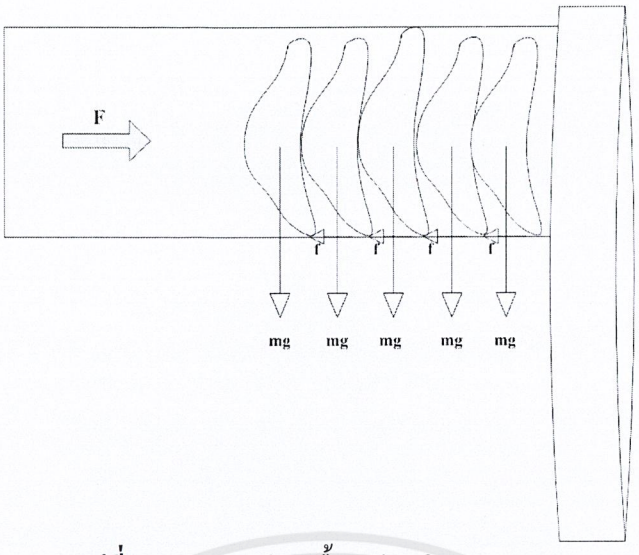

**รูปที่ 3.3** กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง Slice/Push Ratio กับแรงตัดของชิ้นมันฝรั่ง

จะสังเกตได้ว่าเมื่อมีการใช้ Slice/Push Ratio แล้ว แรงที่ใช้ในการตัดจะลดลง ทั้งในแนวตั้งและแนวนอน อย่างเห็นได้ชัด โดยเฉพาะแรงในแนวตั้ง

## 3.4 แรงเสียดทาน (Friction)

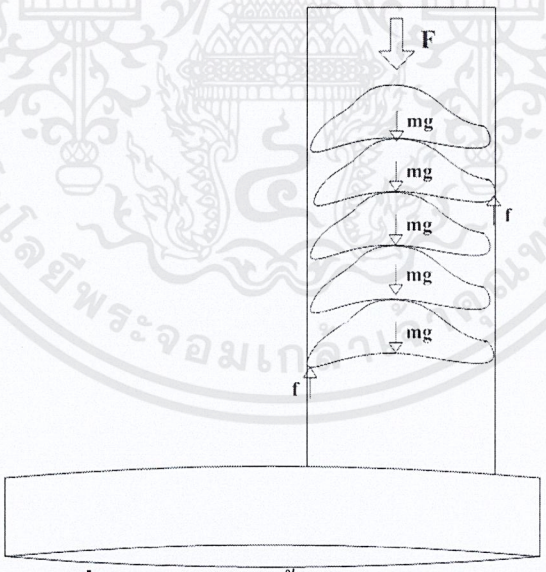
แรงเสียดทานคือแรงในแนวสัมผัสระหว่างผิวสัมผัสของวัตถุ 2 ชิ้นที่ติดกัน และมีแนวโน้มที่จะเกิดการเลื่อน (การเคลื่อนที่ในแนวสัมผัส) ระหว่างผิวสัมผัสคู่นี้ หรือแรงที่กระทำบนวัตถุมีทิศทางตรงข้ามกับแนวโน้มการเคลื่อนที่ของวัตถุนั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




**รูปที่ 3.4** การลำเลียงเนื้อทุเรียนในแนวนอน

จากกฎของแรงโน้มถ่วงของโลกจะทำให้เนื้อทุเรียนที่เคลื่อนที่ในแนวนอนจากรูปที่ 3.4 จะตกมาสู่พื้นผิวขอบด้านล่างของส่วนลำเลียง ทำให้เกิดการเสียดทานในทิศทางที่ตรงข้ามกับแรงที่ลำเลียงเนื้อทุเรียน เป็นผลให้เนื้อทุเรียนส่วนบนเอียงไปด้านหน้า เมื่อลำเลียงถึงใบมีดที่เฉือนจะทำให้ชิ้นทุเรียนมีขนาดเล็กลง ไม่ได้ขนาดที่ยาวที่สุดเท่ากับขนาดความยาวของเนื้อทุเรียนชิ้นนั้นๆ




**รูปที่ 3.5** การลำเลียงเนื้อทุเรียนในแนวดิ่ง

จากรูปที่ 3.5 จะสังเกตุว่าเนื้อทุเรียนที่ลำเลียงในแนวดิ่งจะมีผลของแรงโน้มถ่วงของโลกและแรงที่ใช้ในการกดเนื้อทุเรียนจะช่วยในการเคลื่อนที่เข้าหาใบมีด จะมีผลจากแรงเสียดทานน้อยกว่าเพราะเนื้อทุเรียนไม่ไปติดกับขอบด้านใดด้านหนึ่งจนเกินไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 4
# การออกแบบและการสร้างเครื่อง

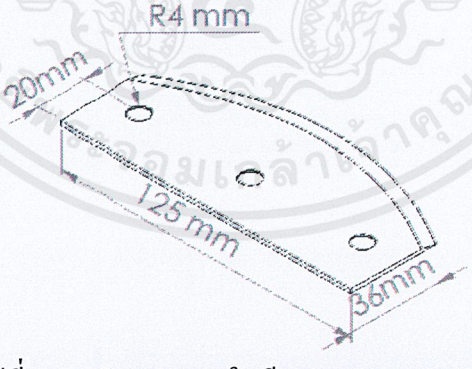
เครื่องเฉือนเนื้อทุเรียนกึ่งอัตโนมัติที่ทำการสร้างขึ้นมานี้ได้มีการวางแผนทำการทดลองและนำผลจากการทดลองมาใช้ทำการออกแบบเพื่อให้ได้เครื่องเฉือนเนื้อทุเรียนที่มีประสิทธิภาพและเหมาะสมกับการนำมาใช้งานกับเนื้อทุเรียนมากที่สุด และหลังจากสร้างเครื่องเฉือนเนื้อทุเรียนสำเร็จก็ทำการทดลอง วิเคราะห์ผลการทดลอง และการสรุปผลเพื่อใช้ตรวจสอบประสิทธิภาพความสามารถ และอัตราการผลิตของเครื่องดังนี้

## 4.1 การวิเคราะห์เพื่อเลือกลักษณะการลำเลียง

จากทฤษฎีการลำเลียงเนื้อทุเรียนในแนวนอนและแนวดิ่ง ทำให้ทราบว่าการลำเลียงในแนวดิ่งมีความเหมาะสมในการออกแบบ เนื่องจากมีความเป็นไปได้ที่จะเกิดชิ้นทุเรียนที่มีขนาดที่ใหญ่และไม่แตกหักมากกว่าการลำเลียงในแนวนอน

## 4.2 ชุดใบมีด

ใบมีดเป็นส่วนสำคัญในการรับแรงเฉือนเนื้อทุเรียนที่ผ่านใบมีด ซึ่งลักษณะใบมีดที่ใช้เป็นแบบคมโค้ง ซึ่งทำจากสแตนเลส 316 ดังรูปที่ 4.2 กำหนดความกว้างและความยาวของใบมีดให้มีขนาดมากกว่าความยาวสูงสุดที่วัดได้จากการหาคุณสมบัติทางกายภาพของทุเรียน โดยมีขนาดความกว้างใบมีด 36 mm ความยาวใบมีด 125 mm ดังรูปที่ 4.1

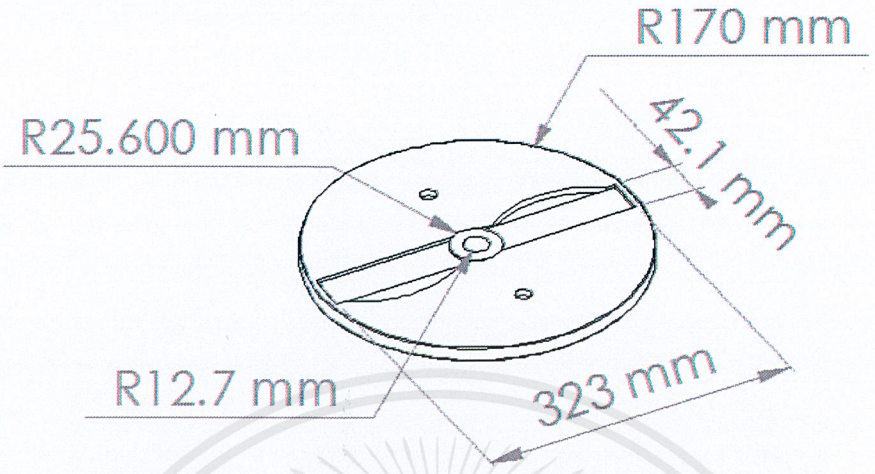



**รูปที่ 4.1** ลักษณะของใบมีดจากการออกแบบ

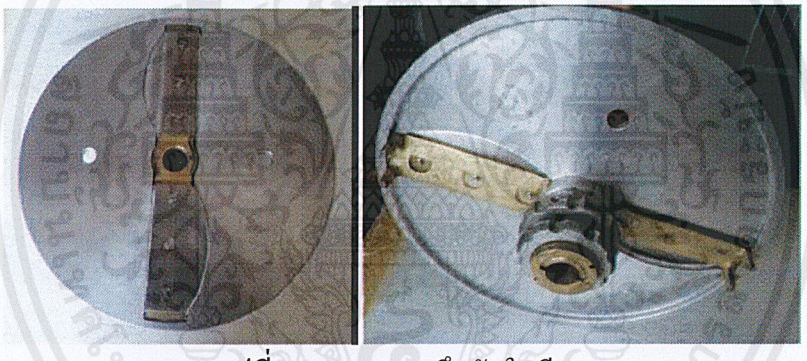
**รูปที่ 4.2** ลักษณะของใบมีด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กลไกที่ทำให้ใบมีดมีการเคลื่อนที่โดยการติดตั้งใบมีดไว้กับจานหมุน เมื่อจานใบมีดหมุนจะทำให้ใบมีดเฉือนเนื้อทุเรียนได้




**รูปที่ 4.3** จานหมุนยึดกับใบมีดจากการออกแบบ

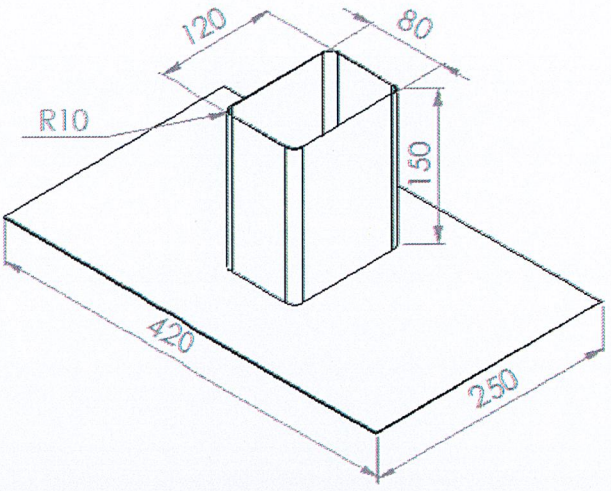


**รูปที่ 4.4** จานหมุนยึดกับใบมีด

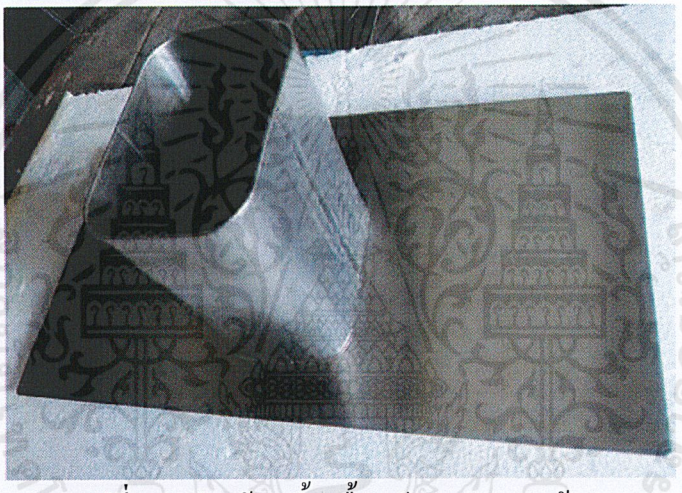
## 4.3 ตัวป้อนชิ้นเนื้อทุเรียน

การติดตั้งตัวป้อนเนื้อทุเรียนเพื่อความสะดวกในการลำเลียงเนื้อทุเรียนเข้าสู่การเฉือน และความปลอดภัยแก่ผู้ปฏิบัติงาน โดยตัวป้อนมีลักษณะการลำเลียงในแนวดิ่ง ซึ่งจะประกอบตัวโต๊ะรองตัวป้อน ชุดลำเลียงเนื้อทุเรียน เฟือง และแท่นกดเนื้อทุเรียน ในแต่ละส่วนทำจากสแตนเลส 316 โดยชุดลำเลียงเนื้อทุเรียนมีขนาดความกว้าง 80 mm และความยาว 120 mm ซึ่งมากกว่าขนาดของชิ้นเนื้อทุเรียนเพื่อให้สามารถวางชิ้นเนื้อทุเรียนภายในได้ครอบคลุมทุกขนาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




**รูปที่ 4.5** ส่วนป้อนชิ้นเนื้อทุเรียนจากการออกแบบ

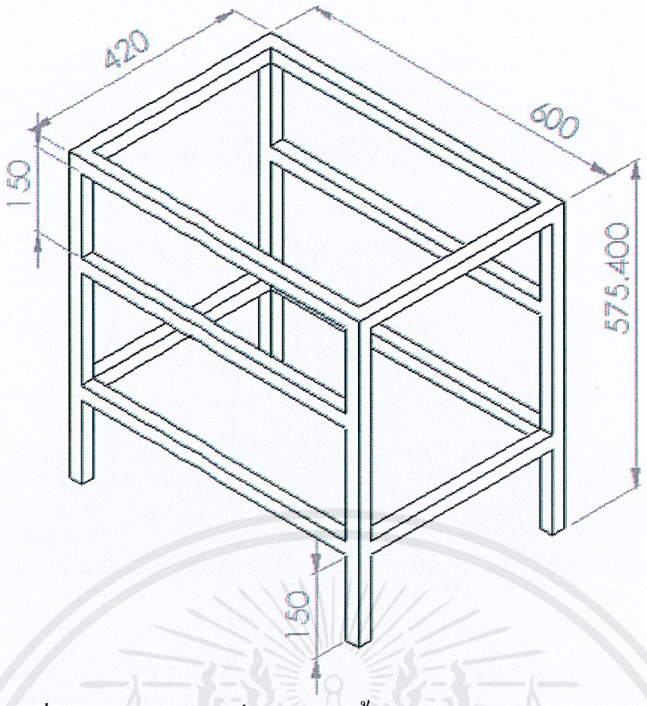


**รูปที่ 4.6** ส่วนป้อนชิ้นเนื้อทุเรียนจากการสร้าง

## 4.4 โครงของเครื่องเฉือนเนื้อทุเรียน

ออกแบบให้มีลักษณะแข็งแรงทนทาน ทำจากเหล็กกล่องหนา 1 mm กว้าง 1 in นำมาเชื่อมติดกัน โดยความสูงของโครง 575.4 mm ความยาว 600 mm และความกว้าง 420 mm ซึ่งมากกว่าเส้นผ่านศูนย์กลางของจานใบมีดที่มีอยู่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




**รูปที่ 4.7** โครงของเครื่องเฉือนเนื้อทุเรียนจากการออกแบบ

## 4.5 มอเตอร์

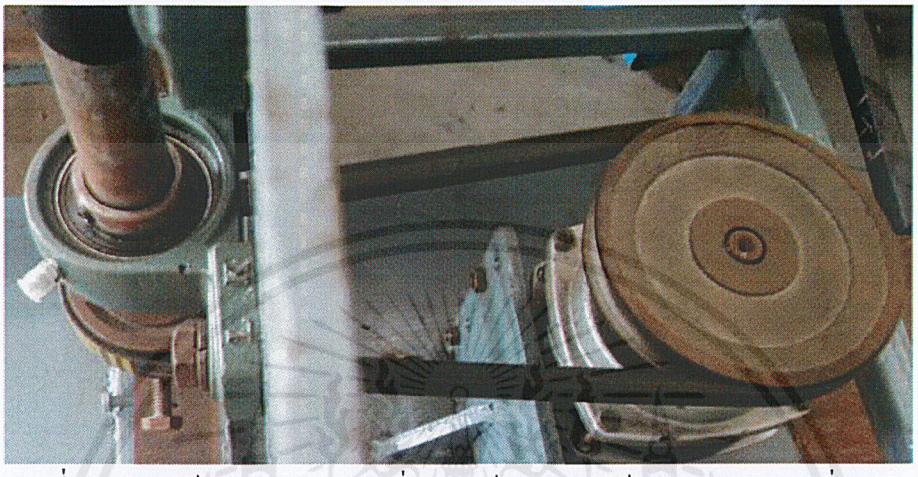
เนื่องจากเครื่องเฉือนทุเรียนเป็นเครื่องที่ต้องการการควบคุมแรงบิดและความเร็วได้ง่ายและดี มีผลตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงได้รวดเร็ว และการปรับความเร็วสามารถทำได้ในช่วงกว้าง ดังนั้นจึงเลือกใช้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง ซึ่งทำงานโดยได้รับพลังงานจากภายนอกมาทำให้เกิดสนามแม่เหล็กขึ้นในมอเตอร์นั้นไปขับขดลวดตัวนำในอาร์เมเจอร์หมุน ดังนั้นเพลาของมอเตอร์ก็จะหมุน ได้พลังงานกลออกมาใช้งานต่อไป

**รูปที่ 4.8** มอเตอร์กระแสตรงที่ใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 4.6 ชุดส่งกำลัง

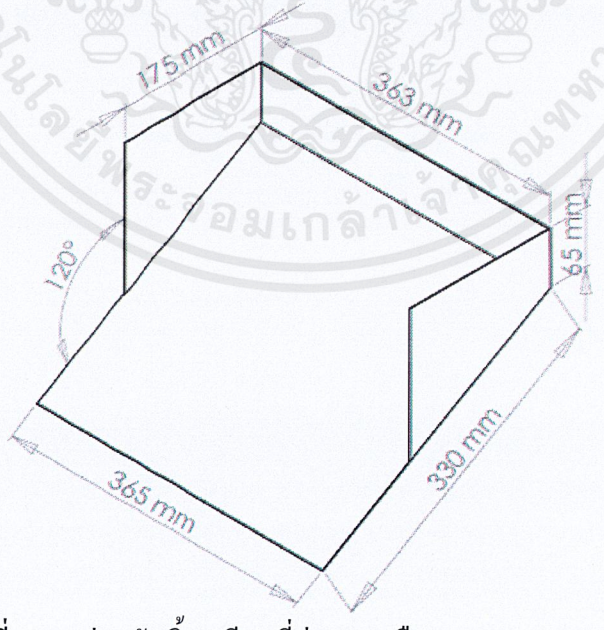
เลือกใช้การส่งกำลังโดยใช้พูลเล่ย์และสายพาน เนื่องจากส่งถ่ายแรงได้อย่างยืดหยุ่น ดูดซับเสียงดังและการสั่นสะเทือน ไม่ต้องมีการหล่อลื่นเหมือนกับโซ่ และไม่มีอัตราทดเบี่ยงเบนซึ่งทำให้ควมคุมง่ายและคงที่กว่าการใช้โซ่ โดยพูลเล่ย์ที่ยึดกับมอเตอร์มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก 102.5 mm และพูลเล่ย์ที่ยึดกับเพลาขับจานใบมีดมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 38.6 mm



**รูปที่ 4.9** พูลเล่ย์ขนาด 102.5 mm ที่มอเตอร์ กับพูลเล่ย์ขนาด 38.6 mm ที่เพลา

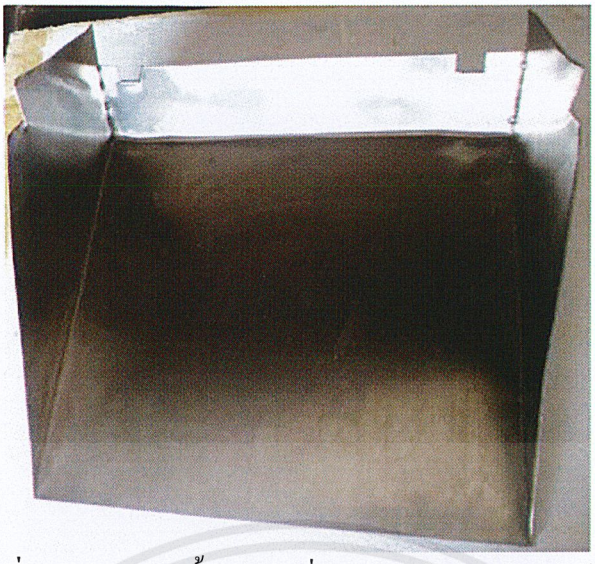
## 4.7 ส่วนรับชิ้นทุเรียน

ออกแบบให้มีลักษณะเอียง 120 ° เพื่อรองรับทุเรียนที่ถูกเฉือนลงมาทางด้านล่าง และออกแบบให้มีส่วนที่ยื่นออกมานอกตัวเครื่อง เพื่อให้สะดวกต่อการนำภาชนะมารองรับ




**รูปที่ 4.10** ส่วนรับชิ้นทุเรียนที่ผ่านการเฉือนจากการออกแบบ

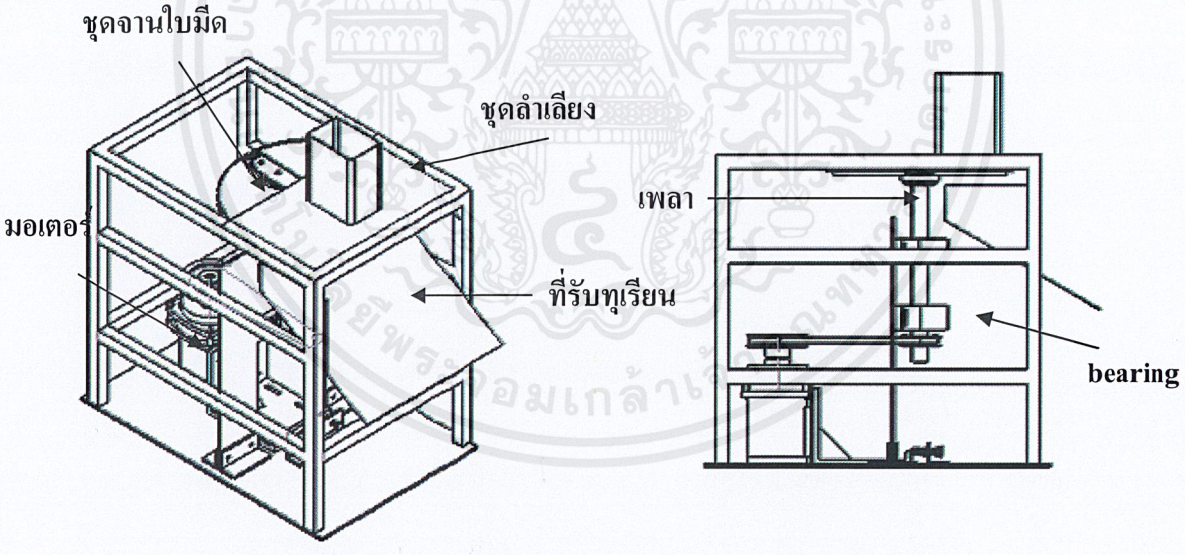
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



**รูปที่ 4.11** ส่วนรับชิ้นทุเรียนที่ผ่านการเฉือนจากการสร้าง

## 4.8 โครงสร้างของเครื่องเฉือนเนื้อทุเรียน

หลังจากที่ทำการออกแบบชิ้นส่วนต่างๆ ของเครื่องแล้ว จะนำขนาดของชิ้นส่วนต่างๆ นั้นมาออกแบบโครงสร้างของเครื่องและวางตำแหน่งของชิ้นส่วนแต่ละชิ้น ดังรูปที่ 4.12




**รูปที่ 4.12** เครื่องเฉือนเนื้อทุเรียนจากการออกแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**รูปที่ 4.13** เครื่องเฉือนเนื้อทุเรียนจากการสร้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 5

# การทดลองและผลการทดลอง

## 5.1 การทดสอบหาคุณสมบัติทางกายภาพของเนื้อทุเรียน

ทุเรียนเป็นผลผลิตจากการเกษตร จึงให้คุณสมบัติทางกายภาพของชิ้นทุเรียนแต่ละชิ้นมีลักษณะที่แตกต่างกัน เราจึงต้องทำการศึกษาและทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของทุเรียนในด้านต่างๆที่มีผลในการนำมาออกแบบและสร้างเครื่องเฉือนเนื้อทุเรียน เพื่อให้ได้เครื่องเฉือนเนื้อทุเรียนที่มีประสิทธิภาพเหมาะสมกับการใช้งานเฉือนทุเรียนโดยเฉพาะ

### 5.1.1 การหาปริมาณเนื้อทุเรียนจำเพาะของทุเรียน

คุณสมบัติหนึ่งที่สำคัญของทุเรียนคือมวลเนื้อทุเรียนเทียบกับมวลทุเรียนทั้งผล เพื่อศึกษาหาปริมาณเนื้อจำเพาะของทุเรียนโดยเฉลี่ยที่มีอยู่ในผลทุเรียน ทำการทดสอบโดยใช้ผลทุเรียนทั้งหมด 9 ผล แกะแยกส่วนและชั่งน้ำหนักส่วนเปลือกและเมล็ด ส่วนเนื้อ และน้ำหนักทั้งผล ซึ่งจะได้ผลดังตารางที่ 5.1 จะได้ว่ามีค่าเฉลี่ยปริมาณเนื้อจำเพาะของทุเรียน 35 ± 5.364 % ของทุเรียนทั้งผล

**ตารางที่ 5.1** ผลการหาปริมาณเนื้อจำเพาะของทุเรียน

| จำนวน (ผล) | น้ำหนักทั้งผล (kg) | น้ำหนักเปลือกและเมล็ด (kg) | น้ำหนักเนื้อ (kg) | ปริมาณเนื้อ (%) |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 1.8 | 1.2 | 0.6 | 33 |
| 2 | 2.2 | 1.4 | 0.8 | 36 |
| 3 | 2 | 1.3 | 0.7 | 35 |
| 4 | 2.1 | 1.5 | 0.6 | 28 |
| 5 | 3.5 | 1.9 | 1.6 | 45 |
| 6 | 2 | 1.4 | 0.6 | 30 |
| 7 | 3 | 2 | 1 | 33 |
| 8 | 2 | 1.2 | 0.8 | 40 |
| 9 | 2 | 1.4 | 0.6 | 30 |
| เฉลี่ย | 2.29 ± 0.569 | 1.48 ± 0.286 | 0.81 ± 0.326 | 35 ± 5.364 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**5.1.2 การวัดขนาดชิ้นทุเรียน**

คุณสมบัติทางกายภาพของชิ้นทุเรียนแต่ละชิ้นมีลักษณะที่แตกต่างกัน ซึ่งในการออกแบบเครื่องเฉือนทุเรียนต้องทราบถึงขนาดชิ้นเนื้อทุเรียนที่ยาวและกว้างที่สุด เพื่อจะนำไปใช้ในการออกแบบส่วน Cutting zone และขนาดของช่องป้อนวัตถุดิบ โดยการวัดขนาดความกว้าง (W) ความยาว (L) และความหนา (H) ดังรูปที่ 5.1 โดยใช้ชิ้นทุเรียน 61 ชิ้น โดยมีค่าขนาดของชิ้นทุเรียนทั้งหมดดังตารางที่ 5.2 จะได้ว่าชิ้นทุเรียนที่ยาวที่สุดคือ 11.680 cm ความกว้างที่สุดคือ 7.935 cm

**รูปที่ 5.1** ลักษณะการวัดขนาดของชิ้นทุเรียน

**ตารางที่ 5.2** ขนาดความกว้าง ความยาว และความหนาของชิ้นเนื้อทุเรียน

| ลำดับที่ | กว้าง | หนา | ยาว |
|---|---|---|---|
| 1 | 4.850 | 2.350 | 9.330 |
| 2 | 7.265 | 2.820 | 9.680 |
| 3 | 5.200 | 2.700 | 11.680 |
| 4 | 5.000 | 2.755 | 7.300 |
| 5 | 5.660 | 2.550 | 9.975 |
| 6 | 5.040 | 2.120 | 8.285 |
| 7 | 4.950 | 2.490 | 8.080 |
| 8 | 5.990 | 2.775 | 8.725 |
| 9 | 5.405 | 2.740 | 10.720 |
| 10 | 4.320 | 2.330 | 9.000 |
| 11 | 4.150 | 3.400 | 5.170 |
| 12 | 5.475 | 1.870 | 7.860 |
| 13 | 5.325 | 1.990 | 10.805 |
| 14 | 7.935 | 3.680 | 6.390 |
| 15 | 5.100 | 1.970 | 5.700 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| ลำดับที่ | กว้าง | หนา | ยาว |
|---|---|---|---|
| 16 | 5.065 | 1.9600 | 5.890 |
| 17 | 4.825 | 3.525 | 5.135 |
| 18 | 4.895 | 1.980 | 5.610 |
| 19 | 1.815 | 4.565 | 5.750 |
| 20 | 6.095 | 2.460 | 9.300 |
| 21 | 6.595 | 2.300 | 10.800 |
| 22 | 6.205 | 2.810 | 7.800 |
| 23 | 6.025 | 2.645 | 7.825 |
| 24 | 4.965 | 2.360 | 10.205 |
| 25 | 5.780 | 2.735 | 8.480 |
| 26 | 5.185 | 2.795 | 7.485 |
| 27 | 4.340 | 3.470 | 8.020 |
| 28 | 4.445 | 2.525 | 7.950 |
| 29 | 4.950 | 2.415 | 7.210 |
| 30 | 5.250 | 1.890 | 6.535 |
| 31 | 4.980 | 3.120 | 5.435 |
| 32 | 4.825 | 1.800 | 7.930 |
| 33 | 4.990 | 2.735 | 6.080 |
| 34 | 4.180 | 1.910 | 6.995 |
| 35 | 4.700 | 2.135 | 4.235 |
| 36 | 4.800 | 1.800 | 5.650 |
| 37 | 5.320 | 3.020 | 8.400 |
| 38 | 4.200 | 2.335 | 6.800 |
| 39 | 4.780 | 2.300 | 7.645 |
| 40 | 6.300 | 2.130 | 5.000 |
| 41 | 4.500 | 2.200 | 9.000 |
| 42 | 4.470 | 2.465 | 8.155 |
| 43 | 5.025 | 2.000 | 4.740 |
| 44 | 5.135 | 2.055 | 5.415 |
| 45 | 2.800 | 1.260 | 7.000 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| ลำดับที่ | กว้าง | หนา | ยาว |
|---|---|---|---|
| 46 | 4.530 | 2.095 | 7.520 |
| 47 | 3.300 | 1.720 | 5.050 |
| 48 | 5.000 | 1.895 | 6.150 |
| 49 | 4.575 | 2.100 | 10.800 |
| 50 | 4.950 | 3.725 | 5.200 |
| 51 | 5.395 | 3.210 | 7.190 |
| 52 | 5.025 | 1.900 | 10.700 |
| 53 | 5.325 | 3.600 | 11.075 |
| 54 | 4.920 | 2.640 | 8.605 |
| 55 | 5.850 | 3.125 | 6.000 |
| 56 | 4.980 | 2.780 | 6.455 |
| 57 | 4.950 | 2.725 | 6.425 |
| 58 | 5.640 | 3.235 | 6.780 |
| 59 | 5.325 | 2.925 | 7.975 |
| 60 | 6.675 | 1.950 | 10.400 |
| 61 | 4.345 | 1.810 | 8.645 |
| เฉลี่ย | 5.080 ± 0.923 | 2.520 ± 0.613 | 7.640 ± 1.880 |
| ค่ามากสุด | 7.935 | 4.565 | 11.680 |
| ค่าน้อยสุด | 1.815 | 1.260 | 4.235 |

**5.1.3 การทดสอบหาแรงกระทำสูงสุดที่ใช้ในการเฉือนเนื้อทุเรียน**

การทดสอบเบื้องต้นเพื่อหาแรงกระทำที่สูงที่สุดในการเฉือนเนื้อทุเรียนของใบมีดแบบคมโค้ง ทดสอบโดยใช้เครื่อง Texture Analyzer กับใบมีดเฉือนทุเรียนในการทดสอบ โดยต้องการจะรู้ว่าส่วนบนและส่วนท้ายของลูกทุเรียนมีความสุกที่สม่ำเสมอกันหรือไม่ โดยแบ่งชิ้นทุเรียนทดสอบเป็นส่วนหัวและส่วนท้ายแล้วทำการทดสอบ

5.1.3.1 วัสดุและอุปกรณ์

1. เครื่องทดสอบแรง Texture Analyzer สาขาวิชาวิศวกรรมอาหาร
2. ใบมีดทดสอบที่ทำจากสแตนเลส
3. อุปกรณ์วัดขนาดภายนอกของชิ้นเนื้อทุเรียน
4. เครื่องชั่งน้ำหนัก
5. ชิ้นทุเรียนสำหรับทดสอบ

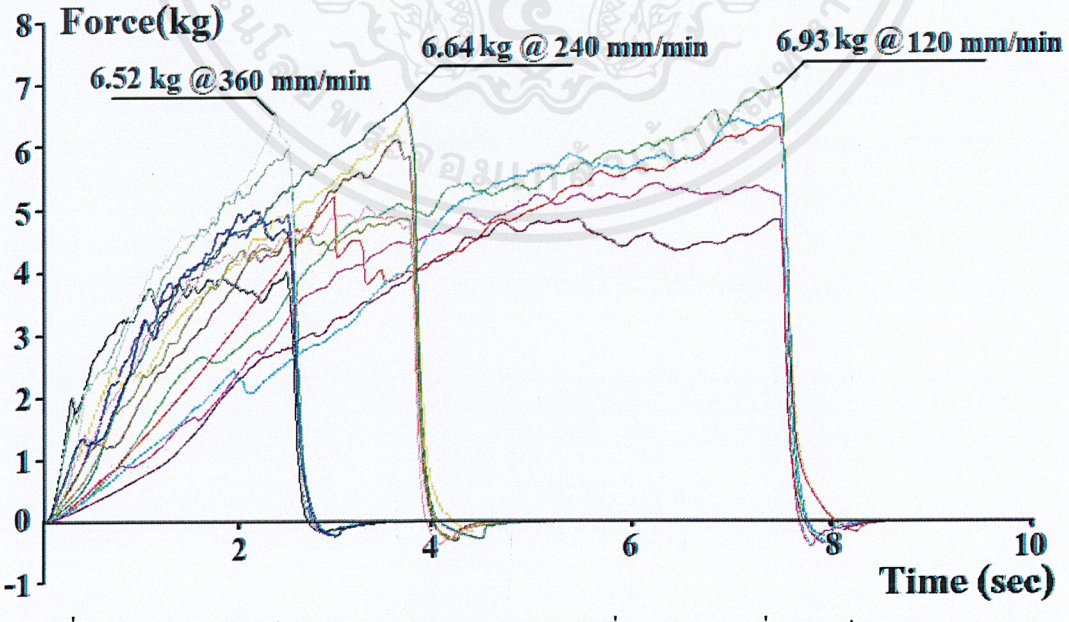
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.1.3.2 วิธีการทดลอง

1. วัดขนาดชิ้นทุเรียนทั้งด้านกว้าง ยาว หนา
2. ชั่งน้ำหนักชิ้นทุเรียน
3. เตรียมชิ้นทุเรียน จัดให้อยู่ในรูปแบบที่วางไว้คือด้านหน้า
4. ติดตั้ง load cell และชิ้นทดสอบเข้ากับตัวเครื่อง โดยวางใบมีดแบบคมโค้งลงบนตัวรองรับใบมีด
5. เลือกวิธีการทดสอบที่เหมาะสมกับชิ้นทดสอบ และปรับแต่งค่าความเร็วในการทดสอบ ( Crosshead speed ) ระยะการทดสอบ ( Displacement ) ขนาดของแรงที่ใช้ ( Load ) และตัวแปรอื่นๆที่เกี่ยวข้องในการคำนวณค่าเชิงกลที่ต้องการ โดยใช้ความเร็วในการทดสอบ มิลลิเมตรต่อวินาที
6. วางชิ้นทุเรียนลงบนชุดทดสอบ และทำการทดสอบแรงโดยการเฉือนชิ้นทุเรียนจนกระทั่งชิ้นทุเรียนขาดเป็นสองซีก ทดลอง 5 ชิ้น บันทึกค่าแรงกดที่เกิดขึ้น
7. นำค่าแรงที่ได้มาคำนวณด้วยโปรแกรมซึ่งช่วยในการออกแบบ เพื่อหาแรงที่เกิดขึ้นเมื่อทำการเฉือนด้วยเครื่องเฉือนทุเรียน

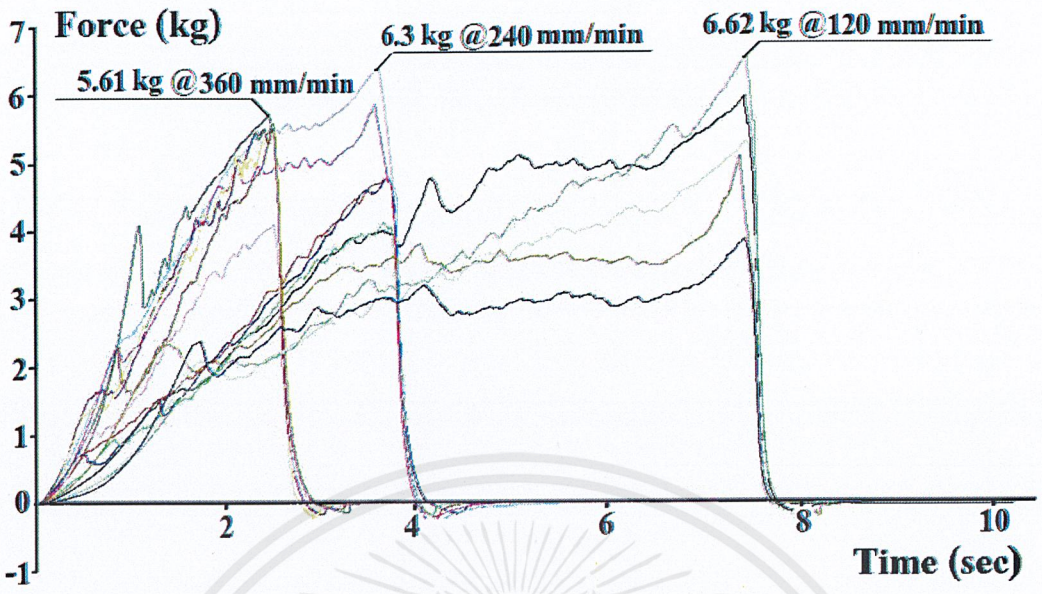
5.1.3.3 ผลการทดสอบ

ผลการทดลองหาแรงกระทำสูงสุดที่ใช้ในการเฉือนเนื้อทุเรียน ได้ผลดังกราฟรูปที่ 5.5 และ 5.6




**รูปที่ 5.2** ความสัมพันธ์ระหว่างระยะกด(mm)กับแรงที่กระทำ(kg) ที่ความเร็ว 120, 240, 360 mm/min ส่วนหัวของทุเรียน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




**รูปที่ 5.3** ความสัมพันธ์ระหว่างระยะกด(mm)กับแรงที่กระทำ(kg) ที่ความเร็ว120, 240, 360 mm/min ส่วนท้ายของทุเรียน

จากรูปที่ 5.2 และ 5.3 จะพบว่า เมื่อความเร็วรอบใบมีดลดลงมีผลทำให้แรงกดเนื้อทุเรียนมีค่าเพิ่มขึ้น และจากแรงกดที่เกิดขึ้นนั้นมีค่าไม่คงที่สามารถแสดงเป็นค่าเฉลี่ยของแรงกดสูงสุดที่ความเร็วต่างๆได้ดังตารางที่ 5.3

**ตารางที่ 5.3** แรงกระทำสูงสุดในการกดทุเรียนเฉลี่ยที่ความเร็วใบมีด 120, 240, 360 mm/min ส่วนบนและส่วนล่างของทุเรียน

| ความเร็วใบมีด (mm/min) | 120 | 240 | 360 |
|---|---|---|---|
| ส่วนหัว | 6.93 | 6.64 | 6.52 |
| ส่วนท้าย | 6.62 | 6.3 | 5.61 |

จากค่าเฉลี่ยแรงกระทำต่อเนื้อทุเรียนที่จุดสูงสุด ค่าที่ได้ที่ความเร็วต่าง ๆ พบว่าชิ้นเนื้อทุเรียนส่วนหัวใช้แรงกดมากกว่าส่วนท้าย และยิ่งความเร็วใบมีดเพิ่มขึ้นแรงกระทำสูงสุดที่ใช้ในการกดทุเรียนยิ่งลดลง สำหรับการนำไปใช้งานจะนำค่าแรงกระทำที่สูงที่สุดคือ 6.93 kg ที่ความเร็วใบมีด 120 mm/min ของทุเรียนส่วนหัว ไปใช้เปรียบเทียบกับค่ากำลังของมอเตอร์ที่ได้จากการทดสอบค่ากำลังใช้งานจริงของมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 5.2 การทดสอบหาต้นกำลังที่เหมาะสม

### 5.2.1 ทดสอบหาความเร็วรอบมอเตอร์

จากการใช้เครื่องวัดความเร็วรอบแบบ Infrared โดยนำแผ่นสะท้อนแสงมาติดที่เพลาของมอเตอร์ จำนวน 5 ซ้ำ ได้ผลดังตารางที่ 5.4

**ตารางที่ 5.4** ผลการหาความเร็วรอบมอเตอร์ (rpm)

| ครั้งที่ | ความเร็วรอบมอเตอร์ rpm |
|---|---|
| 1 | 560 |
| 2 | 564 |
| 3 | 565 |
| 4 | 562 |
| 5 | 557 |
| เฉลี่ย | 561.6 ± 3.209 |

ความเร็วรอบของมอเตอร์ที่วัดได้จากเครื่องวัดความเร็วรอบแบบ Infrared มีค่าเท่ากับ 561.6 rpm เพื่อดูว่ามอเตอร์ที่ใช้มีค่าความเร็วรอบสูงสุดเท่าไร แต่ค่าความเร็วรอบที่วัดได้จากเครื่องวัดความเร็วรอบแบบ Infrared มีค่าไม่เท่ากับค่าความเร็วรอบที่ได้จากเครื่องวัดค่าแรงบิดในห้องปฏิบัติการ

### 5.2.2 การทดสอบหากำลังใช้งานจริงของมอเตอร์

การวัดแรงที่ต้านการหมุนของมอเตอร์เพื่อหากำลังใช้งานจริงของมอเตอร์ โดยนำมอเตอร์ที่ใช้งานมาเชื่อมกับชุดทดสอบหากำลังมอเตอร์ด้วยเพลาตรง ในระหว่างที่ทดสอบให้นำตุ้มน้ำหนักวางบนแท่นกด โดยน้ำหนักที่ทำให้แท่นกดขนานกับพื้น คือน้ำหนักที่บอกกำลังใช้งานจริงของมอเตอร์

เมื่อเพิ่มมวลไปเรื่อยๆจนถึง 18.5 kg ค่ากระแสที่วัดได้ 20 A เป็นค่าสูงสุดในย่านการวัดของเครื่อง Digital Multi-meters และแรงดันไฟฟ้ามีค่า 23.18 V จากสมการที่ (3.3) สามารถคำนวณกำลังไฟฟ้าได้เท่ากับ 463.6 W คิดเป็นแรงบิด 7.88 N.m และคำนวณกำลังมอเตอร์ได้ 440.42 W คิดเป็นประสิทธิภาพ 88.08% จากกำลังมอเตอร์ที่ระบุมากับเครื่อง 500 W แต่โหลดที่เกิดขึ้นจริงกับเนื้อทุเรียนมีค่าสูงสุดที่ 123 N ที่ความเร็ว 120 mm/min) ซึ่งต่ำมาก คิดเป็นกำลังมอเตอร์ที่ใช้เท่ากับ (123 N x ระยะเกิดแรงสูงสุดบนจานหมุน x 0.120)/ (60 x ระยะเกิดแรงสูงสุดบนจานหมุน) คิดเป็น 0.246 W ซึ่งไม่เกินกำลังของมอเตอร์ที่ 500 W ซึ่งสามารถสรุปได้ว่ามอเตอร์ที่มีอยู่นี้สามารถใช้ในการทดลองสำหรับเครื่องต้นแบบได้ครอบคลุมรอบการทำงานทุกรอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปัญหาในการทดลอง เครื่องที่ใช้วัดค่าแรงบิดของมอเตอร์ในห้องปฏิบัติการ ต้องนำมาซ่อมแซมก่อนการใช้งาน และต้องมีการต่อเติมส่วนวางมอเตอร์เพื่อให้เพลาของมอเตอร์อยู่ในแนวระดับกับส่วนเพลาของเครื่องวัดแรงบิด

## 5.3 การทดสอบการเฉือนเนื้อทุเรียนโดยเครื่องเฉือนเนื้อทุเรียน

ทำการทดสอบเครื่องเฉือนชิ้นเนื้อทุเรียน โดยการปรับเปลี่ยนค่าความเร็วรอบและระยะห่างช่องใบมีด โดยความเร็วรอบที่ใช้มีทั้งหมด 5 ค่า คือ 120, 180, 250, 320 และ 400 rpm และใช้ระยะห่างช่องใบมีดทั้งหมด 3 ระดับ คือ 1, 1.45 และ 1.95 mm เพื่อทำการหาค่าความเร็วรอบและระยะห่างช่องใบมีด ที่เฉือนชิ้นทุเรียนแล้วทำให้ได้แผ่นทุเรียนที่มีคุณภาพดีที่สุด และเกิดการเสียหายน้อยที่สุด

### 5.3.1 วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ

1. เครื่องเฉือนทุเรียน
2. ชุดควบคุมเครื่องเฉือนทุเรียน
3. เนื้อทุเรียน
4. ตะกร้า
5. กล้องถ่ายรูป

### 5.3.2 วิธีการทดสอบ

ในขั้นตอนแรก ต้องแยกชิ้นทุเรียนออกผลทุเรียน แล้วผ่าครึ่งชิ้นทุเรียน จากนั้นเอาเมล็ดออก ทำการวัดขนาดความกว้าง ความยาว และความหนาของชิ้นทุเรียน จากนั้นนำไปถ่ายภาพก่อนที่จะนำชิ้นทุเรียนไปทดสอบกับเครื่องเฉือนต้นแบบ

ขั้นตอนต่อไป นำชิ้นทุเรียนเข้าเครื่องเฉือนต้นแบบ เพื่อเฉือนให้เป็นแผ่นบาง โดยการเปลี่ยนความเร็วรอบ 5 ความเร็วรอบ คือ 120, 180, 250, 320 และ 400 rpm และ เปลี่ยนระยะห่างช่องใบมีดเป็น 3 ระดับ คือ 1, 1.45 และ 1.95 mm หลังจากที่เฉือนเนื้อทุเรียนแล้ว นำชิ้นเนื้อทุเรียนมาวัดขนาดความหนา แล้วจึงดำเนินการในขั้นตอนสุดท้าย คือ การถ่ายภาพชิ้นเนื้อทุเรียนที่ถูกเฉือนเพื่อนำภาพไปวิเคราะห์รอยเฉือน

### 5.3.3 การคำนวณความเสียหายที่เกิดจากการเฉือนเนื้อทุเรียนด้วยเครื่องเฉือนเนื้อทุเรียนต้นแบบ

จากมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก. 2317-2549) ของทุเรียนทอดกรอบ ระบุว่า ชิ้นแตกหัก หมายถึง ชิ้นของทุเรียนที่มีขนาดเล็กกว่า 1 ใน 3 ส่วนของขนาดชิ้นที่ใหญ่ที่สุดในแต่ละภาชนะบรรจุ ดังนั้นสามารถคำนวณร้อยละความเสียหายของการเฉือนเนื้อทุเรียนได้จากจำนวนชิ้นทุเรียนที่มีพื้นที่น้อยกว่า 1 ใน 3 ของชิ้นทุเรียนที่ใหญ่ที่สุดหารด้วยจำนวนชิ้นทุเรียนทั้งหมด โดยคำนวณหาพื้นที่ของชิ้นทุเรียนได้จากค่า pixels ของรูปชิ้นทุเรียนในโปรแกรม Adobe Photoshop ดังตารางที่ 5.5-5.19

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 5.5** ความเสียหายที่เกิดจากการเฉือนทุเรียนที่ระยะห่างช่องใบมีด 1 mm ความเร็วรอบ 120 rpm

| ลำดับที่ | จำนวน pixels ของชิ้นทุเรียน | พื้นที่ของชิ้นทุเรียน ($cm^2$) | อัตราส่วนพื้นที่เทียบกับชิ้นทุเรียนที่ใหญ่ที่สุด | จำนวนชิ้นที่เสียหายสะสม |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 32264 | 10.971 | 0.285 | 1 |
| 2 | 78932 | 26.839 | 0.697 | - |
| 3 | 105751 | 35.958 | 0.934 | - |
| 4 | 73202 | 24.890 | 0.647 | - |
| 5 | 87421 | 29.725 | 0.772 | - |
| 6 | 34143 | 11.609 | 0.302 | 2 |
| 7 | 36333 | 12.354 | 0.321 | 3 |
| 8 | 83468 | 28.381 | 0.738 | - |
| 9 | 31613 | 10.749 | 0.279 | 4 |
| 10 | 26833 | 9.124 | 0.237 | 5 |
| 11 | 58599 | 19.925 | 0.518 | - |
| 12 | 30888 | 10.503 | 0.273 | 6 |
| 13 | 72659 | 24.706 | 0.642 | - |
| 14 | 75568 | 25.695 | 0.668 | - |
| 15 | 103172 | 35.081 | 0.912 | - |
| 16 | 52656 | 17.904 | 0.465 | - |
| 17 | 96499 | 32.812 | 0.853 | - |
| 18 | 85065 | 28.924 | 0.752 | - |
| 19 | 33032 | 11.232 | 0.292 | 7 |
| 20 | 98601 | 33.527 | 0.871 | - |
| 21 | 77185 | 26.245 | 0.682 | - |
| 22 | 86500 | 29.412 | 0.764 | - |
| 23 | 83918 | 28.534 | 0.742 | - |
| 24 | 82714 | 28.125 | 0.731 | - |
| 25 | 65872 | 22.398 | 0.582 | - |
| 26 | 73963 | 25.149 | 0.654 | - |
| 27 | 36609 | 12.448 | 0.323 | 8 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| ลำดับที่ | จำนวน pixels ของชิ้นทุเรียน | พื้นที่ของชิ้นทุเรียน ($cm^2$) | อัตราส่วนพื้นที่เทียบกับชิ้นทุเรียนที่ใหญ่ที่สุด | จำนวนชิ้นที่เสียหายสะสม |
|---|---|---|---|---|
| 28 | 79063 | 26.883 | 0.699 | - |
| 29 | 75840 | 25.787 | 0.670 | - |
| 30 | 36676 | 12.471 | 0.324 | 9 |
| 31 | 101072 | 34.367 | 0.893 | - |
| 32 | 37133 | 12.626 | 0.328 | 10 |
| 33 | 30123 | 10.243 | 0.266 | 11 |
| 34 | 73741 | 25.074 | 0.652 | - |
| 35 | 83438 | 28.371 | 0.737 | - |
| 36 | 26048 | 8.857 | 0.230 | 12 |
| 37 | 63572 | 21.616 | 0.562 | - |
| 38 | 54093 | 18.393 | 0.478 | - |
| 39 | 108164 | 36.778 | 0.956 | - |
| 40 | 28903 | 9.828 | 0.255 | 13 |
| 41 | 62751 | 21.337 | 0.554 | - |
| 42 | 35003 | 11.902 | 0.309 | 14 |
| 43 | 27812 | 9.457 | 0.246 | 15 |
| 44 | 24194 | 8.227 | 0.214 | 16 |
| 45 | 36302 | 12.344 | 0.321 | 17 |
| 46 | 113170 | 38.480 | 1.000 | - |
| ความเสียหายที่เกิดจากการเฉือนทุเรียน | | | | 36.96% |

**ตารางที่ 5.6** ความเสียหายที่เกิดจากการเฉือนทุเรียนที่ระยะห่างช่องใบมีด 1 mm ความเร็วรอบ 180 rpm

| ลำดับที่ | จำนวน pixels ของชิ้นทุเรียน | พื้นที่ของชิ้นทุเรียน ($cm^2$) | อัตราส่วนพื้นที่เทียบกับชิ้นทุเรียนที่ใหญ่ที่สุด | จำนวนชิ้นที่เสียหายสะสม |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 25534 | 10.881 | 0.208 | 1 |
| 2 | 31075 | 13.242 | 0.253 | 2 |
| 3 | 36581 | 15.588 | 0.298 | 3 |
| 4 | 40056 | 17.069 | 0.326 | 4 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| ลำดับที่ | จำนวน pixels ของชิ้นทุเรียน | พื้นที่ของชิ้นทุเรียน ($cm^2$) | อัตราส่วนพื้นที่เทียบกับชิ้นทุเรียนที่ใหญ่ที่สุด | จำนวนชิ้นที่เสียหายสะสม |
|---|---|---|---|---|
| 5 | 87500 | 37.287 | 0.712 | - |
| 6 | 96523 | 41.132 | 0.785 | - |
| 7 | 79760 | 33.988 | 0.649 | - |
| 8 | 122956 | 52.396 | 1.000 | - |
| 9 | 58198 | 24.800 | 0.473 | - |
| 10 | 21600 | 9.204 | 0.176 | 5 |
| 11 | 35627 | 15.182 | 0.290 | 6 |
| 12 | 77091 | 32.851 | 0.627 | - |
| 13 | 66161 | 28.193 | 0.538 | - |
| 14 | 117507 | 50.074 | 0.956 | - |
| 15 | 110611 | 47.135 | 0.900 | - |
| 16 | 31493 | 13.420 | 0.256 | 7 |
| 17 | 38763 | 16.518 | 0.315 | 8 |
| 18 | 71840 | 30.613 | 0.584 | - |
| 19 | 37528 | 15.992 | 0.305 | 9 |
| 20 | 38934 | 16.591 | 0.317 | 10 |
| 21 | 34117 | 14.538 | 0.277 | 11 |
| 22 | 35784 | 15.249 | 0.291 | 12 |
| 23 | 34352 | 14.639 | 0.279 | 13 |
| 24 | 38042 | 16.211 | 0.309 | 14 |
| 25 | 62426 | 26.602 | 0.508 | - |
| 26 | 62238 | 26.522 | 0.506 | - |
| 27 | 32622 | 13.901 | 0.265 | 15 |
| 28 | 73650 | 31.385 | 0.599 | - |
| ความเสียหายที่เกิดจากการเฉือนทุเรียน | | | | 53.57% |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 5.7** ความเสียหายที่เกิดจากการเฉือนทุเรียนที่ระยะห่างช่องใบมีด 1 mm ความเร็วรอบ 250 rpm

| ลำดับที่ | จำนวน pixels ของชิ้นทุเรียน | พื้นที่ของชิ้นทุเรียน ($cm^2$) | อัตราส่วนพื้นที่เทียบกับชิ้นทุเรียนที่ใหญ่ที่สุด | จำนวนชิ้นที่เสียหายสะสม |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 124085 | 41.212 | 0.777 | - |
| 2 | 91115 | 30.262 | 0.571 | - |
| 3 | 86186 | 28.625 | 0.540 | - |
| 4 | 88048 | 29.243 | 0.552 | - |
| 5 | 52223 | 17.345 | 0.327 | 1 |
| 6 | 113884 | 37.824 | 0.713 | - |
| 7 | 18750 | 6.227 | 0.117 | 2 |
| 8 | 21126 | 7.017 | 0.132 | 3 |
| 9 | 84880 | 28.191 | 0.532 | - |
| 10 | 47019 | 15.616 | 0.295 | 4 |
| 11 | 50411 | 16.743 | 0.316 | 5 |
| 12 | 46024 | 15.286 | 0.288 | 6 |
| 13 | 159622 | 53.015 | 1.000 | - |
| 14 | 38293 | 12.718 | 0.240 | 7 |
| 15 | 119264 | 39.611 | 0.747 | - |
| 16 | 44729 | 14.856 | 0.280 | 8 |
| 17 | 99760 | 33.133 | 0.625 | - |
| 18 | 102435 | 34.021 | 0.642 | - |
| 19 | 159078 | 52.834 | 0.997 | - |
| 20 | 45197 | 15.011 | 0.283 | 9 |
| 21 | 48945 | 16.256 | 0.307 | 10 |
| 22 | 119693 | 39.753 | 0.750 | - |
| 23 | 93543 | 31.068 | 0.586 | - |
| 24 | 48396 | 16.074 | 0.303 | 11 |
| ความเสียหายที่เกิดจากการเฉือนทุเรียน | | | | 45.83% |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 5.8** ความเสียหายที่เกิดจากการเฉือนทุเรียนที่ระยะห่างช่องใบมีด 1 mm ความเร็วรอบ 320 rpm

| ลำดับที่ | จำนวน pixels ของชิ้นทุเรียน | พื้นที่ของชิ้นทุเรียน ($cm^2$) | อัตราส่วนพื้นที่เทียบกับชิ้นทุเรียนที่ใหญ่ที่สุด | จำนวนชิ้นที่เสียหายสะสม |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 48434 | 24.612 | 0.258 | 1 |
| 2 | 32236 | 16.381 | 0.172 | 2 |
| 3 | 57207 | 29.070 | 0.305 | 3 |
| 4 | 56341 | 28.630 | 0.300 | 4 |
| 5 | 42766 | 21.732 | 0.228 | 5 |
| 6 | 187500 | 95.278 | 1.000 | - |
| 7 | 108660 | 55.216 | 0.580 | - |
| 8 | 71708 | 36.438 | 0.382 | - |
| 9 | 51753 | 26.298 | 0.276 | 6 |
| 10 | 78571 | 39.926 | 0.419 | - |
| 11 | 112112 | 56.970 | 0.598 | - |
| 12 | 108536 | 55.153 | 0.579 | - |
| 13 | 41880 | 21.281 | 0.223 | 7 |
| 14 | 56155 | 28.535 | 0.299 | 8 |
| 15 | 97734 | 49.664 | 0.521 | - |
| 16 | 86613 | 44.012 | 0.462 | - |
| 17 | 51988 | 26.418 | 0.277 | 9 |
| 18 | 61040 | 31.017 | 0.326 | 10 |
| 19 | 61226 | 31.112 | 0.327 | 11 |
| 20 | 48616 | 24.704 | 0.259 | 12 |
| 21 | 18750 | 9.528 | 0.100 | 13 |
| 22 | 86818 | 44.117 | 0.463 | - |
| 23 | 187434 | 95.245 | 1.000 | - |
| 24 | 54883 | 27.889 | 0.293 | 14 |
| ความเสียหายที่เกิดจากการเฉือนทุเรียน | | | | 58.33% |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 5.9** ความเสียหายที่เกิดจากการเฉือนทุเรียนที่ระยะห่างช่องใบมีด 1 mm ความเร็วรอบ 400 rpm

| ลำดับที่ | จำนวน pixels ของชิ้นทุเรียน | พื้นที่ของชิ้นทุเรียน ($cm^2$) | อัตราส่วนพื้นที่เทียบกับชิ้นทุเรียนที่ใหญ่ที่สุด | จำนวนชิ้นที่เสียหายสะสม |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 18750 | 3.004 | 0.170 | 1 |
| 2 | 27746 | 4.446 | 0.252 | 2 |
| 3 | 93693 | 15.013 | 0.851 | - |
| 4 | 65073 | 10.427 | 0.591 | - |
| 5 | 32680 | 5.236 | 0.297 | 3 |
| 6 | 76835 | 12.312 | 0.698 | - |
| 7 | 91524 | 14.665 | 0.831 | - |
| 8 | 100006 | 16.024 | 0.908 | - |
| 9 | 67762 | 10.858 | 0.615 | - |
| 10 | 76994 | 12.337 | 0.699 | - |
| 11 | 27702 | 4.439 | 0.252 | 4 |
| 12 | 76231 | 12.215 | 0.692 | - |
| 13 | 27999 | 4.486 | 0.254 | 5 |
| 14 | 31935 | 5.117 | 0.290 | 6 |
| 15 | 65709 | 10.529 | 0.597 | - |
| 16 | 36015 | 5.771 | 0.327 | 7 |
| 17 | 36419 | 5.836 | 0.331 | 8 |
| 18 | 11055 | 1.771 | 0.100 | 9 |
| 19 | 75297 | 12.065 | 0.684 | - |
| 20 | 67703 | 10.848 | 0.615 | - |
| 21 | 27208 | 4.360 | 0.247 | 10 |
| 22 | 31030 | 4.972 | 0.282 | 11 |
| 23 | 29138 | 4.669 | 0.265 | 12 |
| 24 | 33351 | 5.344 | 0.303 | 13 |
| 25 | 81722 | 13.095 | 0.742 | - |
| 26 | 70837 | 11.351 | 0.643 | - |
| 27 | 62967 | 10.089 | 0.572 | - |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| ลำดับที่ | จำนวน pixels ของชิ้นทุเรียน | พื้นที่ของชิ้นทุเรียน ($cm^2$) | อัตราส่วนพื้นที่เทียบกับชิ้นทุเรียนที่ใหญ่ที่สุด | จำนวนชิ้นที่เสียหายสะสม |
|---|---|---|---|---|
| 28 | 35393 | 5.671 | 0.321 | 14 |
| 29 | 64695 | 10.366 | 0.588 | - |
| 30 | 110097 | 17.641 | 1.000 | - |
| ความเสียหายที่เกิดจากการเฉือนทุเรียน | | | | 46.67% |

**ตารางที่ 5.10** ความเสียหายที่เกิดจากการเฉือนทุเรียนที่ระยะห่างช่องใบมีด 1.45 mm ความเร็วรอบ 120 rpm

| ลำดับที่ | จำนวน pixels ของชิ้นทุเรียน | พื้นที่ของชิ้นทุเรียน ($cm^2$) | อัตราส่วนพื้นที่เทียบกับชิ้นทุเรียนที่ใหญ่ที่สุด | จำนวนชิ้นที่เสียหายสะสม |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 179148 | 32.390 | 0.849131 | - |
| 2 | 197854 | 35.772 | 0.937794 | - |
| 3 | 177722 | 32.132 | 0.842372 | - |
| 4 | 141963 | 25.667 | 0.672881 | - |
| 5 | 173855 | 31.433 | 0.824043 | - |
| 6 | 186792 | 33.772 | 0.885362 | - |
| 7 | 201927 | 36.509 | 0.9571 | - |
| 8 | 174183 | 31.492 | 0.825598 | - |
| 9 | 170662 | 30.856 | 0.808909 | - |
| 10 | 176999 | 32.002 | 0.838945 | - |
| 11 | 145059 | 26.227 | 0.687555 | - |
| 12 | 210978 | 38.145 | 1 | - |
| 13 | 99165 | 17.929 | 0.470025 | - |
| 14 | 64018 | 11.575 | 0.303434 | 1 |
| 15 | 55322 | 10.002 | 0.262217 | 2 |
| 16 | 145113 | 26.237 | 0.687811 | - |
| 17 | 189659 | 34.291 | 0.898952 | - |
| 18 | 44041 | 7.963 | 0.208747 | 3 |
| 19 | 64053 | 11.581 | 0.3036 | 4 |
| 20 | 102581 | 18.547 | 0.486217 | - |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| ลำดับที่ | จำนวน pixels ของชิ้นทุเรียน | พื้นที่ของชิ้นทุเรียน ($cm^2$) | อัตราส่วนพื้นที่เทียบกับชิ้นทุเรียนที่ใหญ่ที่สุด | จำนวนชิ้นที่เสียหายสะสม |
|---|---|---|---|---|
| 21 | 66469 | 12.018 | 0.315052 | 5 |
| 22 | 55501 | 10.035 | 0.263065 | 6 |
| 23 | 55256 | 9.990 | 0.261904 | 7 |
| 24 | 32655 | 5.904 | 0.154779 | 8 |
| 25 | 40865 | 7.388 | 0.193693 | 9 |
| 26 | 42271 | 7.643 | 0.200357 | 10 |
| 27 | 45064 | 8.148 | 0.213596 | 11 |
| 28 | 23472 | 4.244 | 0.111253 | 12 |
| 29 | 20632 | 3.730 | 0.097792 | 13 |
| 30 | 46808 | 8.463 | 0.221862 | 14 |
| 31 | 71740 | 12.971 | 0.340035 | - |
| 32 | 79478 | 14.370 | 0.376712 | - |
| 33 | 22967 | 4.152 | 0.10886 | 15 |
| 34 | 96084 | 17.372 | 0.455422 | - |
| 35 | 94135 | 17.020 | 0.446184 | - |
| 36 | 33189 | 6.001 | 0.15731 | 16 |
| 37 | 46530 | 8.413 | 0.220544 | 17 |
| 38 | 93030 | 16.820 | 0.440946 | - |
| 39 | 46989 | 8.496 | 0.22272 | 18 |
| 40 | 50642 | 9.156 | 0.240035 | 19 |
| 41 | 101793 | 18.404 | 0.482482 | - |
| 42 | 17410 | 3.148 | 0.08252 | 20 |
| 43 | 17071 | 3.086 | 0.080914 | 21 |
| ความเสียหายที่เกิดจากการเฉือนทุเรียน | | | | 47.5 % |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 5.11** ความเสียหายที่เกิดจากการเฉือนทุเรียนที่ระยะห่างช่องใบมีด 1.45 mm ความเร็วรอบ 180 rpm

| ลำดับที่ | จำนวน pixels ของชิ้นทุเรียน | พื้นที่ของชิ้นทุเรียน ($cm^2$) | อัตราส่วนพื้นที่เทียบกับชิ้นทุเรียนที่ใหญ่ที่สุด | จำนวนชิ้นที่เสียหายสะสม |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 205031 | 54.045 | 0.925 | - |
| 2 | 190027 | 50.090 | 0.858 | - |
| 3 | 198309 | 52.273 | 0.895 | - |
| 4 | 183256 | 48.305 | 0.827 | - |
| 5 | 174507 | 45.999 | 0.788 | - |
| 6 | 221588 | 58.410 | 1.000 | - |
| 7 | 133894 | 35.294 | 0.604 | - |
| 8 | 166300 | 43.836 | 0.750 | - |
| 9 | 155497 | 40.988 | 0.702 | - |
| 10 | 140212 | 36.959 | 0.633 | - |
| 11 | 112069 | 29.541 | 0.506 | - |
| 12 | 77154 | 20.337 | 0.348 | - |
| 13 | 95224 | 25.101 | 0.430 | - |
| 14 | 123273 | 32.494 | 0.556 | - |
| 15 | 162511 | 42.837 | 0.733 | - |
| 16 | 134958 | 35.574 | 0.609 | - |
| 17 | 63060 | 16.622 | 0.285 | 1 |
| 18 | 68839 | 18.146 | 0.311 | 2 |
| 19 | 38310 | 10.098 | 0.173 | 3 |
| 20 | 25887 | 6.824 | 0.117 | 4 |
| 21 | 29842 | 7.866 | 0.135 | 5 |
| 22 | 46004 | 12.126 | 0.208 | 6 |
| 23 | 54247 | 14.299 | 0.245 | 7 |
| 24 | 36329 | 9.576 | 0.164 | 8 |
| 25 | 31166 | 8.215 | 0.141 | 9 |
| 26 | 48732 | 12.846 | 0.220 | 10 |
| 27 | 28399 | 7.486 | 0.128 | 11 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| ลำดับที่ | จำนวน pixels ของชิ้นทุเรียน | พื้นที่ของชิ้นทุเรียน ($cm^2$) | อัตราส่วนพื้นที่เทียบกับชิ้นทุเรียนที่ใหญ่ที่สุด | จำนวนชิ้นที่เสียหายสะสม |
|---|---|---|---|---|
| 28 | 54665 | 14.409 | 0.247 | 12 |
| 29 | 57922 | 15.268 | 0.261 | 13 |
| 30 | 34097 | 8.988 | 0.154 | 14 |
| 31 | 22797 | 6.009 | 0.103 | 15 |
| 32 | 44526 | 11.737 | 0.201 | 16 |
| 33 | 30319 | 7.992 | 0.137 | 17 |
| 34 | 25333 | 6.678 | 0.114 | 18 |
| 35 | 28906 | 7.619 | 0.130 | 19 |
| 36 | 38354 | 10.110 | 0.173 | 20 |
| 37 | 28962 | 7.634 | 0.131 | 21 |
| 38 | 48455 | 12.773 | 0.219 | 22 |
| 39 | 41958 | 11.060 | 0.189 | 23 |
| 40 | 58136 | 15.324 | 0.262 | 24 |
| 41 | 37513 | 9.888 | 0.169 | 25 |
| 42 | 14244 | 3.755 | 0.064 | 26 |
| 43 | 50600 | 13.338 | 0.228 | 27 |
| 44 | 14260 | 3.759 | 0.064 | 28 |
| 45 | 37187 | 9.802 | 0.168 | 29 |
| 46 | 26100 | 6.880 | 0.118 | 30 |
| ความเสียหายที่เกิดจากการเฉือนทุเรียน | | | | 65.22% |

**ตารางที่ 5.12** ความเสียหายที่เกิดจากการเฉือนทุเรียนที่ระยะห่างช่องใบมีด 1.45 mm ความเร็วรอบ 250 rpm

| ลำดับที่ | จำนวน pixels ของชิ้นทุเรียน | พื้นที่ของชิ้นทุเรียน ($cm^2$) | อัตราส่วนพื้นที่เทียบกับชิ้นทุเรียนที่ใหญ่ที่สุด | จำนวนชิ้นที่เสียหายสะสม |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 188094 | 48.184 | 0.957 | - |
| 2 | 161587 | 41.394 | 0.822 | - |
| 3 | 190472 | 48.793 | 0.969 | - |
| 4 | 196628 | 50.370 | 1.000 | - |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| ลำดับที่ | จำนวน pixels ของชิ้นทุเรียน | พื้นที่ของชิ้นทุเรียน ($cm^2$) | อัตราส่วนพื้นที่เทียบกับชิ้นทุเรียนที่ใหญ่ที่สุด | จำนวนชิ้นที่เสียหายสะสม |
|---|---|---|---|---|
| 5 | 131508 | 33.688 | 0.669 | - |
| 6 | 109579 | 28.071 | 0.557 | - |
| 7 | 195850 | 50.171 | 0.996 | - |
| 8 | 160354 | 41.078 | 0.816 | - |
| 9 | 104476 | 26.764 | 0.531 | - |
| 10 | 116895 | 29.945 | 0.594 | - |
| 11 | 114897 | 29.433 | 0.584 | - |
| 12 | 130039 | 33.312 | 0.661 | - |
| 13 | 85234 | 21.834 | 0.433 | - |
| 14 | 106495 | 27.281 | 0.542 | - |
| 15 | 108240 | 27.728 | 0.550 | - |
| 16 | 75736 | 19.401 | 0.385 | - |
| 17 | 83569 | 21.408 | 0.425 | - |
| 18 | 65701 | 16.831 | 0.334 | - |
| 19 | 64094 | 16.419 | 0.326 | 1 |
| 20 | 49762 | 12.748 | 0.253 | 2 |
| 21 | 52137 | 13.356 | 0.265 | 3 |
| 22 | 23757 | 6.086 | 0.121 | 4 |
| 23 | 68200 | 17.471 | 0.347 | - |
| 24 | 36734 | 9.410 | 0.187 | 5 |
| 25 | 33809 | 8.661 | 0.172 | 6 |
| 26 | 60512 | 15.501 | 0.308 | 7 |
| 27 | 37755 | 9.672 | 0.192 | 8 |
| 28 | 51327 | 13.148 | 0.261 | 9 |
| 29 | 39624 | 10.150 | 0.202 | 10 |
| 30 | 84301 | 21.595 | 0.429 | - |
| ความเสียหายที่เกิดจากการเฉือนทุเรียน | | | | 33.33% |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 5.13** ความเสียหายที่เกิดจากการเฉือนทุเรียนที่ระยะห่างช่องใบมีด 1.45 mm ความเร็วรอบ 320 rpm

| ลำดับที่ | จำนวน pixels ของชิ้นทุเรียน | พื้นที่ของชิ้นทุเรียน ($cm^2$) | อัตราส่วนพื้นที่เทียบกับชิ้นทุเรียนที่ใหญ่ที่สุด | จำนวนชิ้นที่เสียหายสะสม |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 25341 | 6.988 | 0.239 | 1 |
| 2 | 35055 | 9.667 | 0.330 | 2 |
| 3 | 88800 | 24.488 | 0.837 | - |
| 4 | 27905 | 7.695 | 0.263 | 3 |
| 5 | 71825 | 19.807 | 0.677 | - |
| 6 | 32682 | 9.013 | 0.308 | 4 |
| 7 | 67369 | 18.578 | 0.635 | - |
| 8 | 59427 | 16.388 | 0.560 | - |
| 9 | 54749 | 15.098 | 0.516 | - |
| 10 | 28927 | 7.977 | 0.273 | 5 |
| 11 | 35091 | 9.677 | 0.331 | 6 |
| 12 | 69906 | 19.278 | 0.659 | - |
| 13 | 35199 | 9.707 | 0.332 | 7 |
| 14 | 28423 | 7.838 | 0.268 | 8 |
| 15 | 67237 | 18.542 | 0.634 | - |
| 16 | 33145 | 9.140 | 0.312 | 9 |
| 17 | 29604 | 8.164 | 0.279 | 10 |
| 18 | 99299 | 27.384 | 0.936 | - |
| 19 | 105154 | 28.998 | 0.991 | - |
| 20 | 106088 | 29.256 | 1 | - |
| 21 | 25416 | 7.009 | 0.240 | 11 |
| 22 | 68531 | 18.899 | 0.646 | 12 |
| 23 | 93356 | 25.745 | 0.880 | 13 |
| 24 | 106034 | 29.241 | 0.999 | 14 |
| 25 | 79543 | 21.935 | 0.750 | 15 |
| ความเสียหายที่เกิดจากการเฉือนทุเรียน | | | | 44% |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 5.14** ความเสียหายที่เกิดจากการเฉือนทุเรียนที่ระยะห่างช่องใบมีด 1.45 mm ความเร็วรอบ 400 rpm

| ลำดับที่ | จำนวน pixels ของชิ้นทุเรียน | พื้นที่ของชิ้นทุเรียน ($cm^2$) | อัตราส่วนพื้นที่เทียบกับชิ้นทุเรียนที่ใหญ่ที่สุด | จำนวนชิ้นที่เสียหายสะสม |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 119441 | 10.537 | 0.580 | - |
| 2 | 116319 | 10.262 | 0.565 | - |
| 3 | 145290 | 12.817 | 0.706 | - |
| 4 | 96459 | 8.509 | 0.468 | - |
| 5 | 169967 | 14.994 | 0.825 | - |
| 6 | 108136 | 9.540 | 0.525 | - |
| 7 | 187500 | 16.541 | 0.911 | - |
| 8 | 164610 | 14.522 | 0.799 | - |
| 9 | 118278 | 10.434 | 0.574 | - |
| 10 | 102210 | 9.017 | 0.496 | - |
| 11 | 205903 | 18.165 | 1 | - |
| 12 | 137378 | 12.119 | 0.667 | - |
| 13 | 87500 | 7.719 | 0.425 | - |
| 14 | 194487 | 17.157 | 0.945 | - |
| 15 | 183212 | 16.163 | 0.890 | |
| 16 | 60407 | 5.329 | 0.293 | 1 |
| 17 | 59420 | 5.242 | 0.289 | 2 |
| 18 | 52384 | 4.621 | 0.254 | 3 |
| 19 | 67508 | 5.955 | 0.328 | 4 |
| 20 | 67785 | 5.980 | 0.329 | 5 |
| 21 | 48287 | 4.260 | 0.235 | 6 |
| 22 | 37751 | 3.330 | 0.183 | 7 |
| 23 | 48712 | 4.297 | 0.237 | 8 |
| 24 | 119629 | 10.554 | 0.581 | - |
| 25 | 68506 | 6.044 | 0.333 | 9 |
| 26 | 83394 | 7.357 | 0.405 | - |
| 27 | 60938 | 5.376 | 0.296 | 10 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| ลำดับที่ | จำนวน pixels ของชิ้นทุเรียน | พื้นที่ของชิ้นทุเรียน ($cm^2$) | อัตราส่วนพื้นที่เทียบกับชิ้นทุเรียนที่ใหญ่ที่สุด | จำนวนชิ้นที่เสียหายสะสม |
|---|---|---|---|---|
| 28 | 22720 | 2.004 | 0.110 | 11 |
| 29 | 30487 | 2.690 | 0.148 | 12 |
| 30 | 26351 | 2.325 | 0.128 | 13 |
| 31 | 67445 | 5.950 | 0.328 | 14 |
| 32 | 32937 | 2.906 | 0.160 | 15 |
| 33 | 15681 | 1.383 | 0.076 | 16 |
| ความเสียหายที่เกิดจากการเฉือนทุเรียน | | | | 48.48% |

**ตารางที่ 5.15** ความเสียหายที่เกิดจากการเฉือนทุเรียนที่ระยะห่างช่องใบมีด 1.95 mm ความเร็วรอบ 120 rpm

| ลำดับที่ | จำนวน pixels ของชิ้นทุเรียน | พื้นที่ของชิ้นทุเรียน ($cm^2$) | อัตราส่วนพื้นที่เทียบกับชิ้นทุเรียนที่ใหญ่ที่สุด | จำนวนชิ้นที่เสียหายสะสม |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 137442 | 30.780 | 0.722 | - |
| 2 | 190426 | 42.646 | 1 | - |
| 3 | 161121 | 36.083 | 0.846 | - |
| 4 | 146785 | 32.872 | 0.771 | - |
| 5 | 112559 | 25.207 | 0.591 | - |
| 6 | 144316 | 32.319 | 0.758 | - |
| 7 | 99421 | 22.265 | 0.522 | - |
| 8 | 140992 | 31.575 | 0.740 | - |
| 9 | 135701 | 30.390 | 0.713 | - |
| 10 | 31967 | 7.159 | 0.168 | 1 |
| 11 | 53286 | 11.933 | 0.280 | 2 |
| 12 | 95708 | 21.434 | 0.503 | - |
| 13 | 171410 | 38.387 | 0.900 | - |
| 14 | 157346 | 35.237 | 0.826 | - |
| 15 | 24983 | 5.595 | 0.131 | 3 |
| 16 | 46846 | 10.491 | 0.246 | 4 |
| 17 | 57912 | 12.969 | 0.304 | 5 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| ลำดับที่ | จำนวน pixels ของชิ้นทุเรียน | พื้นที่ของชิ้นทุเรียน ($cm^2$) | อัตราส่วนพื้นที่เทียบกับชิ้นทุเรียนที่ใหญ่ที่สุด | จำนวนชิ้นที่เสียหายสะสม |
|---|---|---|---|---|
| 18 | 76947 | 17.232 | 0.404 | - |
| 19 | 47945 | 10.737 | 0.252 | 6 |
| 20 | 54069 | 12.109 | 0.284 | 7 |
| 21 | 36984 | 8.283 | 0.194 | 8 |
| 22 | 18557 | 4.156 | 0.097 | 9 |
| 23 | 59483 | 13.321 | 0.312 | 10 |
| 24 | 30680 | 6.871 | 0.161 | 11 |
| 25 | 22045 | 4.937 | 0.116 | 12 |
| 26 | 45580 | 10.208 | 0.239 | 13 |
| 27 | 45137 | 10.108 | 0.237 | 14 |
| 28 | 16962 | 3.799 | 0.089 | 15 |
| 29 | 30578 | 6.848 | 0.161 | 16 |
| ความเสียหายที่เกิดจากการเฉือนทุเรียน | | | | 55.17% |

**ตารางที่ 5.16** ความเสียหายที่เกิดจากการเฉือนทุเรียนที่ระยะห่างช่องใบมีด 1.95 mm ความเร็วรอบ 180 rpm

| ลำดับที่ | จำนวน pixels ของชิ้นทุเรียน | พื้นที่ของชิ้นทุเรียน ($cm^2$) | อัตราส่วนพื้นที่เทียบกับชิ้นทุเรียนที่ใหญ่ที่สุด | จำนวนชิ้นที่เสียหายสะสม |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 84736 | 35.783 | 0.452 | - |
| 2 | 66053 | 27.894 | 0.352 | - |
| 3 | 65770 | 27.774 | 0.351 | - |
| 4 | 100891 | 42.606 | 0.538 | - |
| 5 | 74335 | 31.391 | 0.396 | - |
| 6 | 17365 | 7.333 | 0.093 | 1 |
| 7 | 48132 | 20.326 | 0.257 | 2 |
| 8 | 55738 | 23.538 | 0.297 | 3 |
| 9 | 45390 | 19.168 | 0.242 | 4 |
| 10 | 40080 | 16.926 | 0.214 | 5 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| ลำดับที่ | จำนวน pixels ของชิ้นทุเรียน | พื้นที่ของชิ้นทุเรียน ($cm^2$) | อัตราส่วนพื้นที่เทียบกับชิ้นทุเรียนที่ใหญ่ที่สุด | จำนวนชิ้นที่เสียหายสะสม |
|---|---|---|---|---|
| 11 | 38627 | 16.312 | 0.206 | 6 |
| 12 | 34128 | 14.412 | 0.182 | 7 |
| 13 | 88415 | 37.337 | 0.472 | - |
| 14 | 104197 | 44.002 | 0.556 | - |
| 15 | 96747 | 40.856 | 0.516 | - |
| 16 | 93756 | 39.593 | 0.500 | - |
| 17 | 73895 | 31.205 | 0.394 | - |
| 18 | 66408 | 28.044 | 0.354 | - |
| 19 | 53657 | 22.659 | 0.286 | 8 |
| 20 | 42460 | 17.931 | 0.226 | 9 |
| 21 | 52927 | 22.351 | 0.282 | 10 |
| 22 | 30198 | 12.752 | 0.161 | 11 |
| 23 | 24507 | 10.349 | 0.131 | 12 |
| 24 | 26349 | 11.127 | 0.141 | 13 |
| 25 | 52410 | 22.132 | 0.280 | 14 |
| 26 | 83309 | 35.181 | 0.444 | - |
| 27 | 66930 | 28.264 | 0.357 | - |
| 28 | 68581 | 28.961 | 0.366 | - |
| 29 | 95351 | 40.266 | 0.509 | - |
| 30 | 79682 | 33.649 | 0.425 | - |
| 31 | 108524 | 45.829 | 0.579 | - |
| 32 | 116676 | 49.271 | 0.622 | - |
| 33 | 187500 | 79.180 | 1.000 | - |
| 34 | 132383 | 55.904 | 0.706 | - |
| 35 | 70089 | 29.598 | 0.374 | - |
| 36 | 136005 | 57.434 | 0.725 | - |
| 37 | 70320 | 29.696 | 0.375 | - |
| 38 | 95664 | 40.398 | 0.510 | - |
| 39 | 64943 | 27.425 | 0.346 | - |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| ลำดับที่ | จำนวน pixels ของชิ้นทุเรียน | พื้นที่ของชิ้นทุเรียน ($cm^2$) | อัตราส่วนพื้นที่เทียบกับชิ้นทุเรียนที่ใหญ่ที่สุด | จำนวนชิ้นที่เสียหายสะสม |
|---|---|---|---|---|
| 40 | 40180 | 16.968 | 0.214 | 15 |
| 41 | 51631 | 21.803 | 0.275 | 16 |
| ความเสียหายที่เกิดจากการเฉือนทุเรียน | | | | 39.02% |

**ตารางที่ 5.17** ความเสียหายที่เกิดจากการเฉือนทุเรียนที่ระยะห่างช่องใบมีด 1.95 mm ความเร็วรอบ 250 rpm

| ลำดับที่ | จำนวน pixels ของชิ้นทุเรียน | พื้นที่ของชิ้นทุเรียน ($cm^2$) | อัตราส่วนพื้นที่เทียบกับชิ้นทุเรียนที่ใหญ่ที่สุด | จำนวนชิ้นที่เสียหายสะสม |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 144494 | 37.704 | 0.866 | - |
| 2 | 135934 | 35.470 | 0.815 | - |
| 3 | 153961 | 40.174 | 0.923 | - |
| 4 | 166800 | 43.525 | 1.000 | - |
| 5 | 122931 | 32.077 | 0.737 | - |
| 6 | 135110 | 35.255 | 0.810 | - |
| 7 | 92194 | 24.057 | 0.553 | - |
| 8 | 103889 | 27.109 | 0.623 | - |
| 9 | 134524 | 35.102 | 0.806 | - |
| 10 | 76358 | 19.925 | 0.458 | - |
| 11 | 135255 | 35.293 | 0.811 | - |
| 12 | 71163 | 18.569 | 0.427 | - |
| 13 | 97386 | 25.412 | 0.584 | - |
| 14 | 82067 | 21.414 | 0.492 | - |
| 15 | 61636 | 16.083 | 0.370 | - |
| 16 | 64605 | 16.858 | 0.387 | - |
| 17 | 59926 | 15.637 | 0.359 | - |
| 18 | 90734 | 23.676 | 0.544 | - |
| 19 | 93562 | 24.414 | 0.561 | - |
| 20 | 30697 | 8.010 | 0.184 | 1 |
| 21 | 54642 | 14.258 | 0.328 | 2 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| ลำดับที่ | จำนวน pixels ของชิ้นทุเรียน | พื้นที่ของชิ้นทุเรียน ($cm^2$) | อัตราส่วนพื้นที่เทียบกับชิ้นทุเรียนที่ใหญ่ที่สุด | จำนวนชิ้นที่เสียหายสะสม |
|---|---|---|---|---|
| 22 | 49715 | 12.973 | 0.298 | 3 |
| 23 | 49051 | 12.799 | 0.294 | 4 |
| 24 | 58315 | 15.217 | 0.350 | - |
| 25 | 46986 | 12.260 | 0.282 | 5 |
| 26 | 24083 | 6.284 | 0.144 | 6 |
| 27 | 32124 | 8.382 | 0.193 | 7 |
| 28 | 36308 | 9.474 | 0.218 | 8 |
| 29 | 45095 | 11.767 | 0.270 | 9 |
| 30 | 62136 | 16.214 | 0.373 | - |
| 31 | 32721 | 8.538 | 0.196 | 10 |
| 32 | 39376 | 10.275 | 0.236 | 11 |
| 33 | 24230 | 6.323 | 0.145 | 12 |
| 34 | 34309 | 8.953 | 0.206 | 13 |
| 35 | 22512 | 5.874 | 0.135 | 14 |
| 36 | 44628 | 11.645 | 0.268 | 15 |
| ความเสียหายที่เกิดจากการเฉือนทุเรียน | | | | 41.67% |

**ตารางที่ 5.18** ความเสียหายที่เกิดจากการเฉือนทุเรียนที่ระยะห่างช่องใบมีด 1.95 mm ความเร็วรอบ 320 rpm

| ลำดับที่ | จำนวน pixels ของชิ้นทุเรียน | พื้นที่ของชิ้นทุเรียน ($cm^2$) | อัตราส่วนพื้นที่เทียบกับชิ้นทุเรียนที่ใหญ่ที่สุด | จำนวนชิ้นที่เสียหายสะสม |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 187500 | 52.168 | 0.904 | - |
| 2 | 155005 | 43.127 | 0.747 | - |
| 3 | 207440 | 57.715 | 1.000 | - |
| 4 | 188142 | 52.346 | 0.907 | - |
| 5 | 52008 | 14.470 | 0.251 | 1 |
| 6 | 68846 | 19.155 | 0.332 | 2 |
| 7 | 32629 | 9.078 | 0.157 | 3 |
| 8 | 192995 | 53.696 | 0.930 | - |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| ลำดับที่ | จำนวน pixels ของชิ้นทุเรียน | พื้นที่ของชิ้นทุเรียน ($cm^2$) | อัตราส่วนพื้นที่เทียบกับชิ้นทุเรียนที่ใหญ่ที่สุด | จำนวนชิ้นที่เสียหายสะสม |
|---|---|---|---|---|
| 9 | 148319 | 41.266 | 0.715 | - |
| 10 | 37710 | 10.492 | 0.182 | 4 |
| 11 | 32983 | 9.177 | 0.159 | 5 |
| 12 | 45539 | 12.670 | 0.220 | 6 |
| 13 | 53336 | 14.840 | 0.257 | 7 |
| 14 | 43666 | 12.149 | 0.210 | 8 |
| 15 | 62817 | 17.477 | 0.303 | 9 |
| 16 | 22838 | 6.354 | 0.110 | 10 |
| 17 | 26630 | 7.409 | 0.128 | 11 |
| 18 | 40741 | 11.335 | 0.196 | 12 |
| 19 | 34198 | 9.515 | 0.165 | 13 |
| 20 | 23432 | 6.519 | 0.113 | 14 |
| 21 | 22100 | 6.149 | 0.107 | 15 |
| 22 | 37513 | 10.437 | 0.181 | 16 |
| 23 | 25394 | 7.065 | 0.122 | 17 |
| 24 | 35535 | 9.887 | 0.171 | 18 |
| 25 | 41881 | 11.652 | 0.202 | 19 |
| 26 | 25985 | 7.230 | 0.125 | 20 |
| 27 | 45638 | 12.698 | 0.220 | 21 |
| 28 | 30417 | 8.463 | 0.147 | 22 |
| 29 | 35873 | 9.981 | 0.173 | 23 |
| 30 | 40927 | 11.387 | 0.197 | 24 |
| 31 | 28629 | 7.965 | 0.138 | 25 |
| 32 | 22764 | 6.334 | 0.110 | 26 |
| 33 | 55369 | 15.405 | 0.267 | 27 |
| 34 | 44800 | 12.465 | 0.216 | 28 |
| 35 | 37884 | 10.540 | 0.183 | 29 |
| 36 | 42696 | 11.879 | 0.206 | 30 |
| ความเสียหายที่เกิดจากการเฉือนทุเรียน | | | | 83.33% |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 5.19** ความเสียหายที่เกิดจากการเฉือนทุเรียนที่ระยะห่างช่องใบมีด 1.95 mm ความเร็วรอบ 400 rpm

| ลำดับที่ | จำนวน pixels ของชิ้นทุเรียน | พื้นที่ของชิ้นทุเรียน ($cm^2$) | อัตราส่วนพื้นที่เทียบกับชิ้นทุเรียนที่ใหญ่ที่สุด | จำนวนชิ้นที่เสียหายสะสม |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 137577 | 20.097 | 0.708 | - |
| 2 | 171500 | 25.053 | 0.883 | - |
| 3 | 194286 | 28.381 | 1.000 | - |
| 4 | 153699 | 22.452 | 0.791 | - |
| 5 | 63722 | 9.308 | 0.328 | 1 |
| 6 | 93487 | 13.657 | 0.481 | - |
| 7 | 98528 | 14.393 | 0.507 | - |
| 8 | 154047 | 22.503 | 0.793 | - |
| 9 | 40535 | 5.921 | 0.209 | 2 |
| 10 | 101508 | 14.828 | 0.522 | - |
| 11 | 64601 | 9.437 | 0.333 | 3 |
| 12 | 154729 | 22.603 | 0.796 | - |
| 13 | 40883 | 5.972 | 0.210 | 4 |
| 14 | 39449 | 5.763 | 0.203 | 5 |
| 15 | 23547 | 3.440 | 0.121 | 6 |
| 16 | 40873 | 5.971 | 0.210 | 7 |
| 17 | 56256 | 8.218 | 0.290 | 8 |
| ความเสียหายที่เกิดจากการเฉือนทุเรียน | | | | 47% |

จากตารางที่ 5.5 - 5.19 สามารถสรุปค่าเปอร์เซ็นความเสียหายได้ดังตารางที่ 5.20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**5.3.4 ผลการทดสอบ**

ในการทดสอบเฉือนเนื้อทุเรียนด้วยเครื่องเฉือนเนื้อทุเรียนต้นแบบ ได้วัดขนาดความกว้าง, ความยาว, และความหนาเริ่มต้น เพื่อหาค่าความเสียหายซึ่งได้จากตารางที่ 5.5 – 5.19 และสังเกตุลักษณะผิวของชิ้นทุเรียนที่ได้จากการเฉือน, ลักษณะความสม่ำเสมอของความหนาตลอดทั้งแผ่น, ลักษณะขอบของชิ้นทุเรียน และความหนาเฉลี่ยของทุกๆชิ้น ของการปรับระยะห่างช่องใบมีดที่ความเร็วรอบใด ๆ สามารถแสดงเป็นผลได้ดังตารางที่ 5.20 ซึ่งสามารถสังเกตุเห็นว่าการปรับระยะห่างช่องใบมีด 1.45 mm ที่ความเร็วรอบของจานใบมีด 250 rpm จะได้ค่า % ความเสียหายน้อยที่สุด และลักษณะชิ้นทุเรียนที่ได้มีผิวที่เรียบและความหนาสม่ำเสมอ, เมื่อปรับความเร็วรอบของจานใบมีดเพิ่มขึ้นมีผลทำให้ความหนาของชิ้นทุเรียนลดลง, ที่การปรับระยะห่างช่องใบมีดค่าหนึ่งจะมีค่าความเร็วรอบที่เหมาะสมค่าหนึ่งเสมอ

**ตารางที่ 5.20** ผลการทดสอบเฉือนเนื้อทุเรียนด้วยเครื่องเฉือนเนื้อทุเรียนต้นแบบ

| ระยะห่างใบมีด (mm) | ข้อมูลเปรียบเทียบ | ผลของการเฉือนเนื้อทุเรียนที่ความเร็วรอบต่างๆ | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 120 rpm | 180 rpm | 250 rpm | 320 rpm | 400 rpm |
| 1.00 | กว้างเริ่มต้น | 6.44 cm | 8.07 cm | 8.05 cm | 6.75 cm | 5.18 cm |
| | ยาวเริ่มต้น | 11.36 cm | 11.96 cm | 9.79 cm | 9.93 cm | 5.8 cm |
| | หนาเริ่มต้น | 3.14 cm | 2.67 cm | 3.36 cm | 2.92 cm | 3.1 cm |
| | ผลของการเฉือน %ความเสียหาย | 36.96% | 53.57% | 45.83% | 58.33% | 46.67% |
| | ลักษณะผิว | เรียบ | ค่อนข้างเรียบ | ค่อนข้างเรียบ | มีความเสียหาย | ขรุขระ |
| | ความหนา | ไม่สม่ำเสมอ | ไม่สม่ำเสมอ | ไม่สม่ำเสมอ | ไม่สม่ำเสมอ | ไม่สม่ำเสมอ |
| | ลักษณะขอบ | ขอบแผ่นเกิดการเสียหาย | เกิดการเสียหาย | เกิดการเสียหาย | เกิดความเสียหาย | เกิดความเสียหาย |
| | ความหนาของแผ่นทุเรียน(mm) | 1.030 | 0.874 | 0.832 | 0.891 | 0.765 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| ระยะห่างใบมีด (mm) | ข้อมูลเปรียบเทียบ | ผลของการเฉือนเนื้อทุเรียนที่ความเร็วรอบต่างๆ | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 120 rpm | 180 rpm | 250 rpm | 320 rpm | 400 rpm |
| 1.45 | กว้างเริ่มต้น | 4.97 cm | 8.16 cm | 6.25 cm | 8.19 cm | 4.7 cm |
| | ยาวเริ่มต้น | 11.3 cm | 12.06 cm | 11.2 cm | 5.96 cm | 5.87 cm |
| | หนาเริ่มต้น | 2.79 cm | 3.3 cm | 3.99 cm | 3.89 cm | 2.6 cm |
| | ผลของการเฉือน %ความเสียหาย | 47.5% | 65.22% | 33.33% | 44% | 48.48% |
| | ลักษณะผิว | ค่อนข้างเรียบ | ค่อนข้างเรียบ | มีความเรียบมาก | ค่อนข้างเรียบ | มีความเรียบ |
| | ความหนา | ไม่สม่ำเสมอ | สม่ำเสมอ | สม่ำเสมอ | สม่ำเสมอเล็กน้อย | ไม่สม่ำเสมอ |
| | ลักษณะขอบ | เกิดความเสียหาย | เสียหายเล็กน้อย | ไม่เสียหาย | เสียหายเล็กน้อย | เสียหายเล็กน้อย |
| | ความหนาของแผ่นทุเรียน(mm) | 1.439 | 1.297 | 1.358 | 1.044 | 1.083 |
| 1.95 | กว้างเริ่มต้น | 7.23 cm | 7.77 cm | 9.855 cm | 7.58 cm | 5.54 cm |
| | ยาวเริ่มต้น | 9.66 cm | 10.76 cm | 5.79 cm | 9.44 cm | 6.65 cm |
| | หนาเริ่มต้น | 2.96 cm | 4.2 cm | 2.82 cm | 3.65 cm | 3.47 cm |
| | ผลของการเฉือน %ความเสียหาย | 55.17% | 39.02% | 41.67% | 83.33% | 47% |
| | ลักษณะผิว | เรียบ | ค่อนข้างเรียบ | เรียบ | เรียบ | เรียบ |
| | ความหนา | สม่ำเสมอ | สม่ำเสมอ | ไม่สม่ำเสมอ | ไม่ค่อยสม่ำเสมอ | ไม่สม่ำเสมอ |
| | ลักษณะขอบ | เสียหายเล็กน้อย | เสียหายเล็กน้อย | เสียหายเล็กน้อย | เสียหายที่ขอบด้านใน | เสียหายมาก |
| | ความหนาของแผ่นทุเรียน(mm) | 1.645 | 1.663 | 1.698 | 1.668 | 1.686 |

สามารถดูรูปลักษณะของชิ้นทุเรียนจากการเฉือนที่ความเร็วรอบและระยะห่างช่องใบมีดต่างๆ ได้จากภาคผนวก ข.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 6
# สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

## 6.1 สรุปผลการทดลอง

6.1.1 เมื่อทำการทดสอบการทำงานของเครื่องเฉือนเนื้อทุเรียนต้นแบบ พบว่ามอเตอร์ให้ความเร็วสูงมากพอที่จะเฉือนเนื้อทุเรียนได้ ที่ความเร็ว 561.6 rpm และให้กำลังมอเตอร์ 440.42 Watt คิดเป็นประสิทธิภาพ 88.08% ซึ่งเพียงพอในการใช้สำหรับเฉือนทุเรียน ซึ่งมีแรงต้าน 0.12 Watt และความฝืดในระบบ

6.1.2 จากการทดสอบเฉือนเนื้อทุเรียนกับเครื่องต้นแบบทำให้ทราบว่า ขนาดของช่องใบมีดที่เหมาะกับการเฉือนด้วยเครื่องต้นแบบนี้เท่ากับ 1.45 mm และเฉือนด้วยความเร็วรอบ 250 rpm จะได้ชิ้นเนื้อคุณภาพที่ดีที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับระยะห่างใบมีดและความเร็วรอบอื่นๆ และยังทำให้ทราบอีกว่า ยิ่งความเร็วรอบสูง จะทำให้ชิ้นเนื้อทุเรียนเกิดความเสียหายมากขึ้น ดังนั้นปัจจัยหลักที่มีผลต่อการเฉือนก็คือความเร็วรอบ ดังนั้นควรจะเลือกความเร็วรอบที่เหมาะสมกับระยะห่างของใบมีด เพราะแต่ละระยะห่างนั้นใช้ความเร็วรอบที่เหมาะสมไม่เท่ากัน ส่วนสภาพของชิ้นทุเรียนที่เฉือนด้วยระยะห่างใบมีด 1.1 mm จะเกิดความเสียหายมาก เพราะว่ารูปร่างและขนาดของใบมีดไม่เหมาะสม การเฉือนชิ้นเนื้อทุเรียนที่บางมากๆนั้น จะมีแรงเสียดทานมาเกี่ยวข้องกับการเฉือนมาก การออกแบบใบมีดสำหรับการเฉือนที่บางมากๆ จะต้องออกแบบให้ใบมีดที่มีขนาดเล็กและมุมของใบมีดต้องน้อยกว่าใบมีดต้นแบบ ที่มีอยู่แต่ทั้งนี้เนื่องจากด้วยเวลาที่จำกัด ทำให้ไม่สามารถทดลองในรูปแบบอื่นๆ ได้ เช่น ความเร็วรอบอย่างละเอียด รูปทรงใบมีด และมุมคมของใบมีด เป็นต้น

## 6.2 ข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้ เป็นการออกแบบและพัฒนาเครื่องเฉือนเนื้อทุเรียนสำหรับกระบวนการแปรรูปทุเรียนทอด ซึ่งได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับความเร็วรอบและระยะห่างช่องใบมีดที่เหมาะสมในการเฉือนเนื้อทุเรียน แต่ด้วยเวลาที่จำกัดในการทำโครงงาน ทำให้ไม่เพียงพอต่อการศึกษาตัวแปรอื่นที่มีผลต่อการเฉือนเนื้อทุเรียน ดังนั้นในอนาคตควรมีการศึกษาตัวแปรอื่นที่มีผลต่อสภาวะที่เหมาะสมในการเฉือนเนื้อทุเรียน เพื่อให้ได้ชิ้นทุเรียนเฉือนที่มีคุณภาพยิ่งขึ้น เช่น ลักษณะของใบมีด มุมคมของใบมีด และลักษณะการป้อนชิ้นเนื้อทุเรียน ซึ่งการทดลองปัจจัยอื่นๆ ดังที่กล่าวมานี้ จะทำให้สามารถพัฒนาเครื่องเฉือนทุเรียนให้มีประสิทธิภาพดียิ่งขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# เอกสารอ้างอิง

ไชยชาญ หินเกิด. เมษายน 2543. **เครื่องกลไฟฟ้ากระแสตรง (direct current mechines).**พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยีไทยญี่ปุ่น.หน้า 189.

นิดดา หงษ์วิวัฒน์ และทวีทองหงษ์วิวัฒน์.2550.**ผลไม้ 111 ชนิด คุณค่าอาหารและการกิน**. กรุงเทพฯ :สำนักพิมพ์แสงแดด.หน้า 90-95.

นิรนาม.2008.**เครื่องหั่น-ซอยผักผลไม้.**[online].Available : http://www.tarad.com/wasino/.

มยุรี วนะสุขสถิตย์.2541,9 มิถุนายน. "คอลัมน์ช่องทางทำกินขายทุเรียนทอดกรอบอาชีพชั่วคราวที่อย่ามองข้าม."**เดลินิวส์.** หน้า 11.

มนตรี กล้าขาย และวรนุช สีแดง. 2553. 1 มกราคม. ผลิตภัณฑ์หน้าชิ้นทุเรียนทอดกรอบ สแน็กไทยไปอินเตอร์. มติชน. หน้า 9.

มานพ ตันตระบัณฑิตย์, สำลี แสงห้าว และสุทิน จิตร์เจริญ. 2540. **ชิ้นส่วนเครื่องจักรกล.** พิมพ์ครั้งที่ 5. กรุงเทพฯ: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยีไทยญี่ปุ่น. หน้าที่ 69-70,92-93.

หิรัญ หิรัญประดิษฐ์, สุขวัฒน์ จันทรปรรณิก และเสริมสุข สลักเพ็ชร์. 2541. **เทคโนโลยีการผลิตทุเรียน.** กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สถาบันวิจัยพืชสวน.2541. **เอกสารวิชาการพืชสวนพันธุ์ดีและเทคโนโลยีที่เหมาะสม.**กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.หน้า 5–15.

Ling-Min Cheng. 1992. **FOOD MACHINERY For the Production of Cereal Foods, Snack Foods and Confectionery.**England : Simon & Schuster International Group.

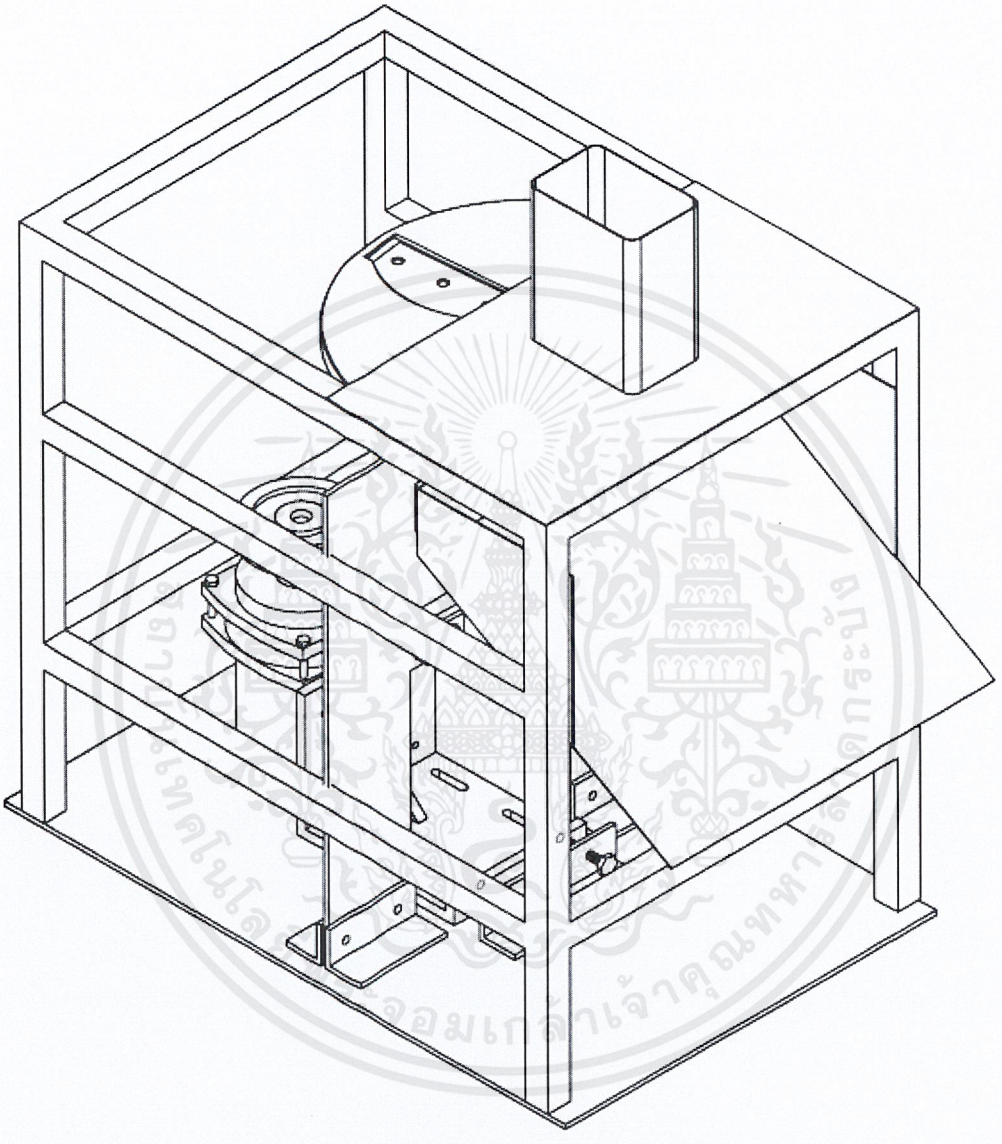
Matthias Krüger.2008. **Prony brake.** [online].Available : http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Prony_brake.svg.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ภาคผนวก

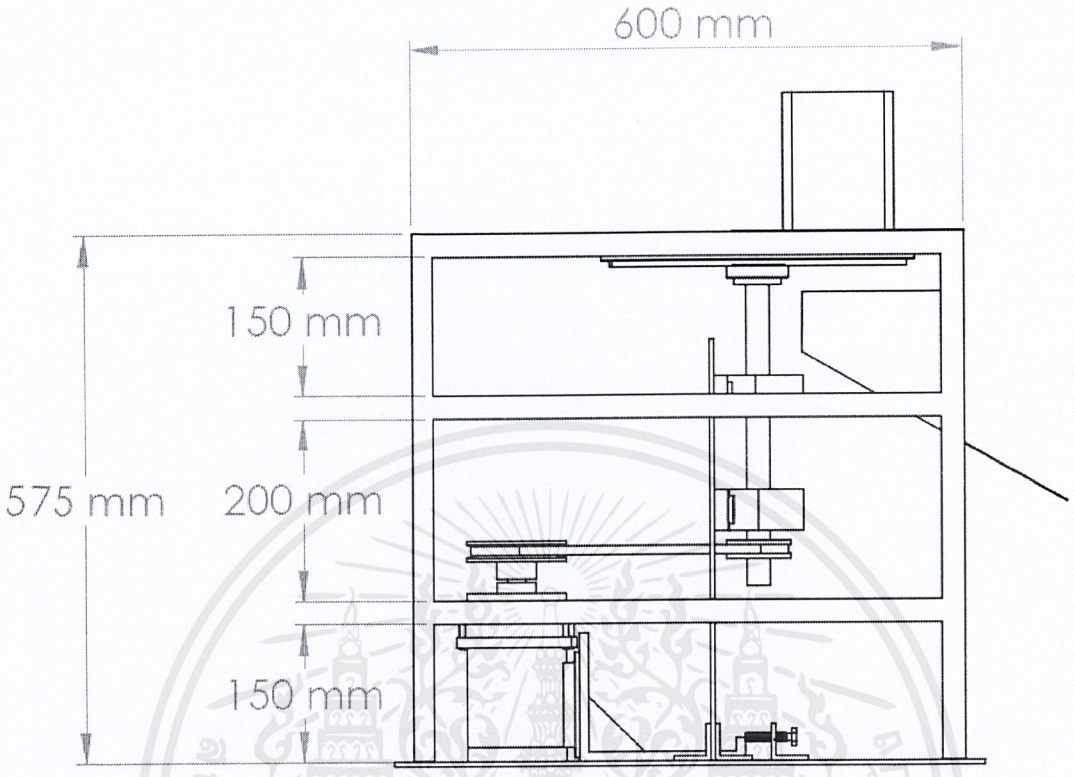
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ภาคผนวก ก.



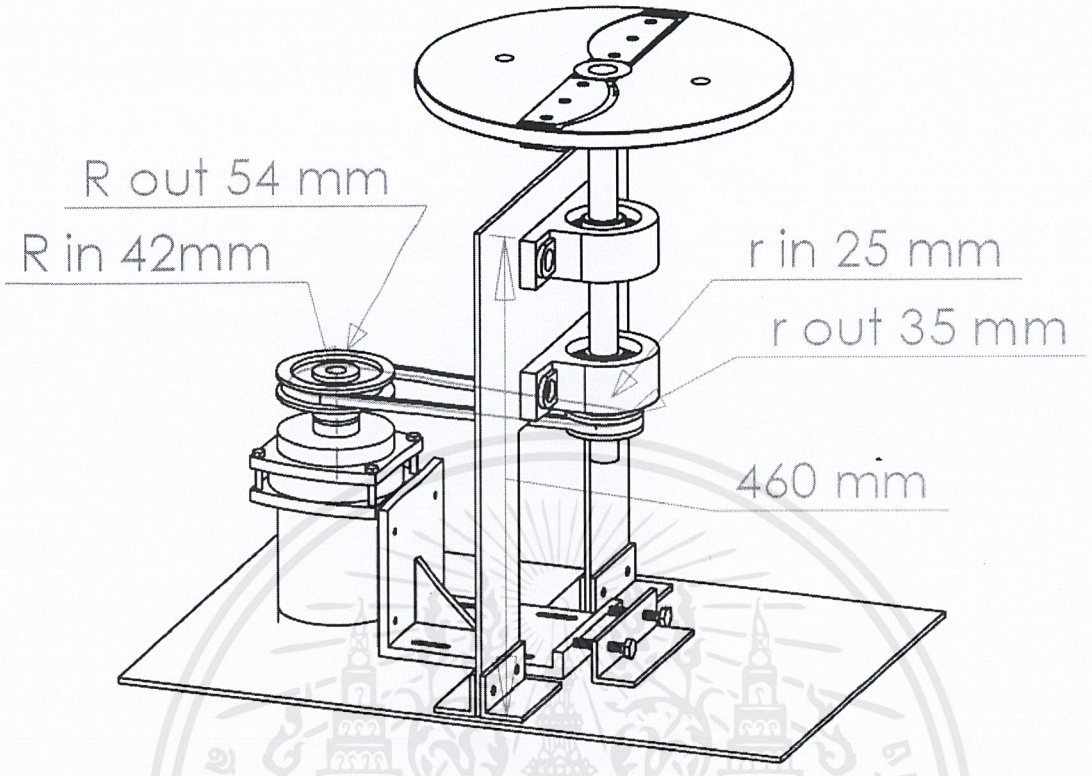
รูปที่ 1 มุมมองด้านหน้าเครื่องเฉือนเนื้อทุเรียน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



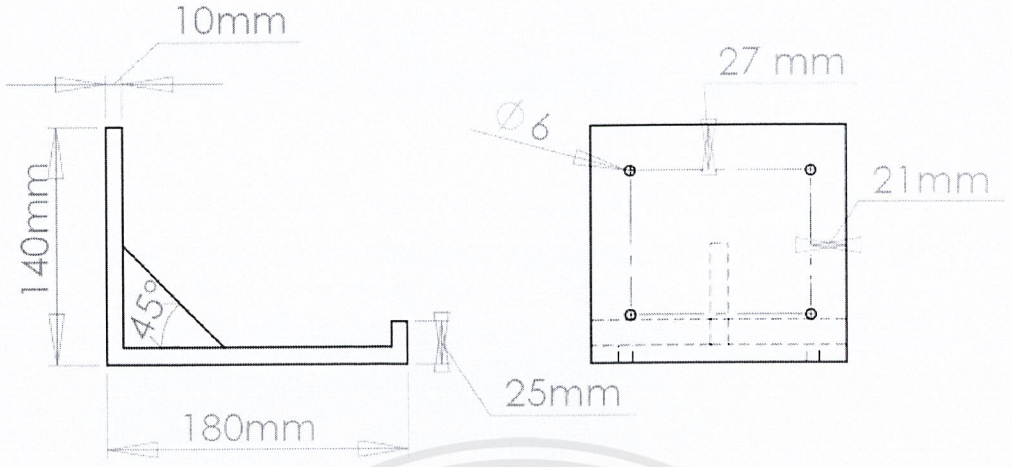

รูปที่ 2 มุมมองด้านข้างเครื่องเฉือนเนื้อทุเรียน

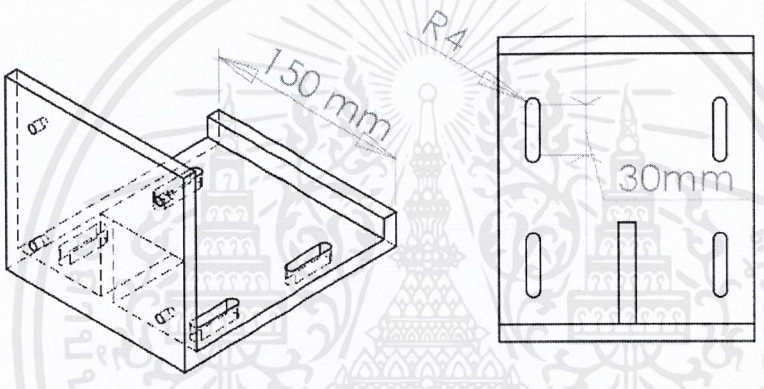
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




รูปที่ 3 ชุดส่งกำลัง

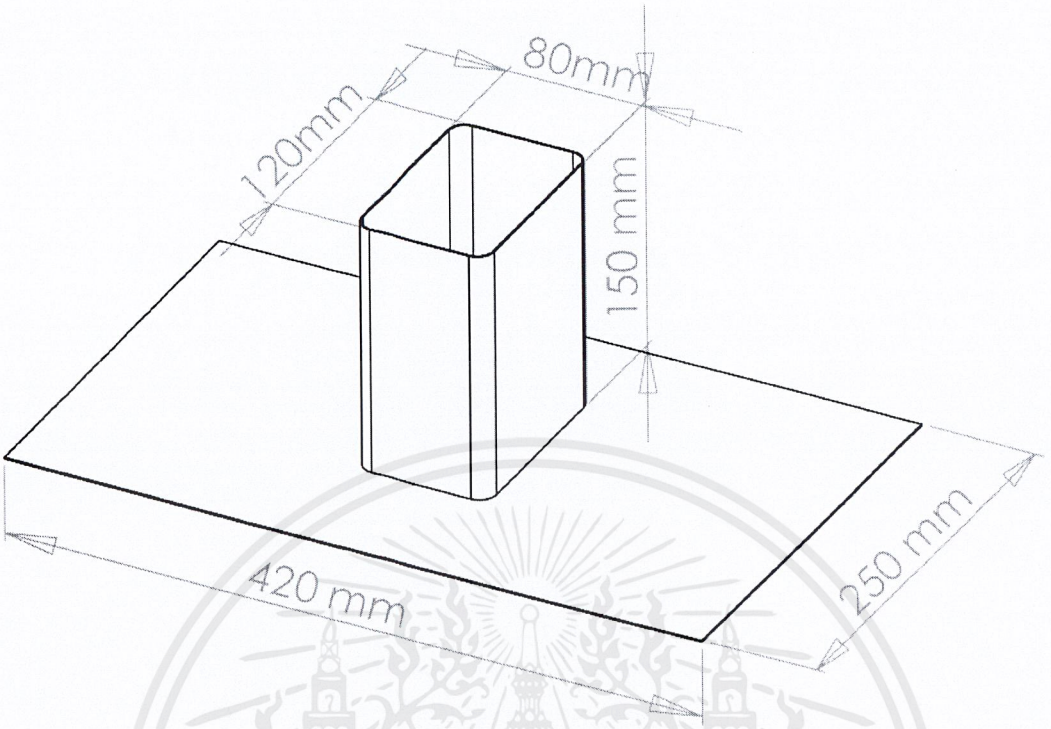
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



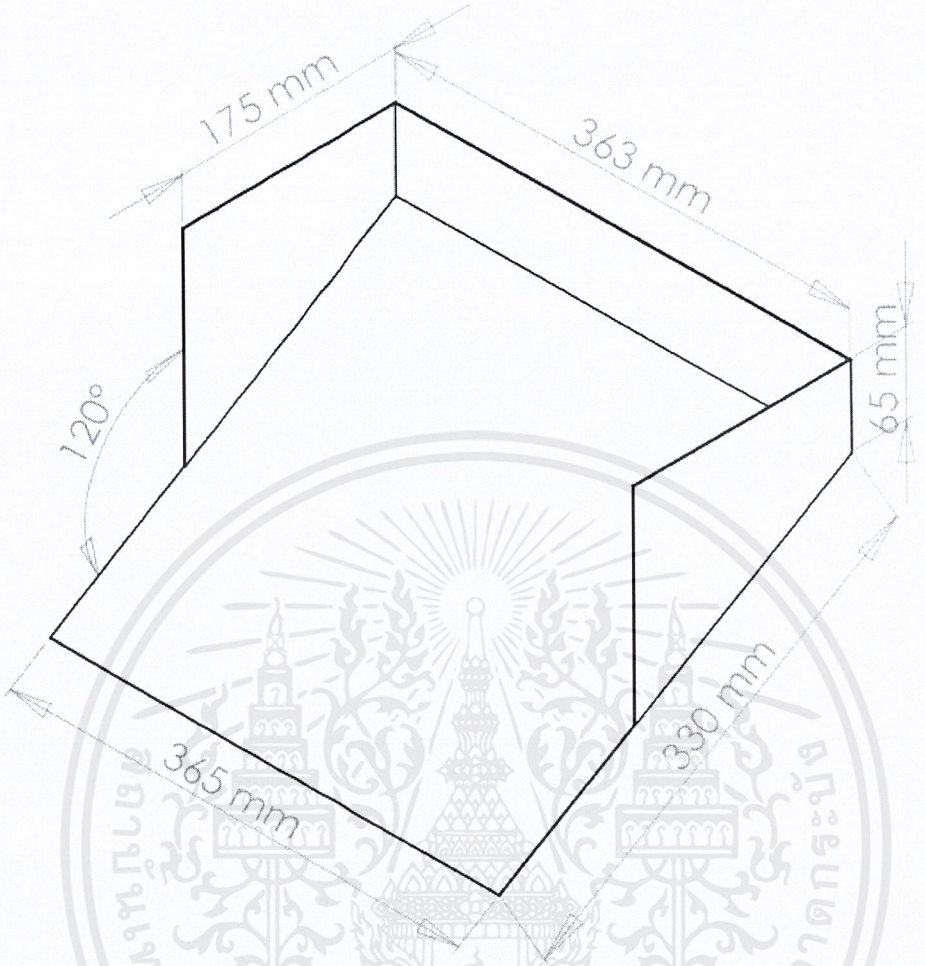

รูปที่ 4 แผ่นที่ยึดมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




รูปที่ 5 ตัวป้อนชิ้นทุเรียนจากการออกแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




รูปที่ 6 ส่วนรองรับชิ้นทุเรียน

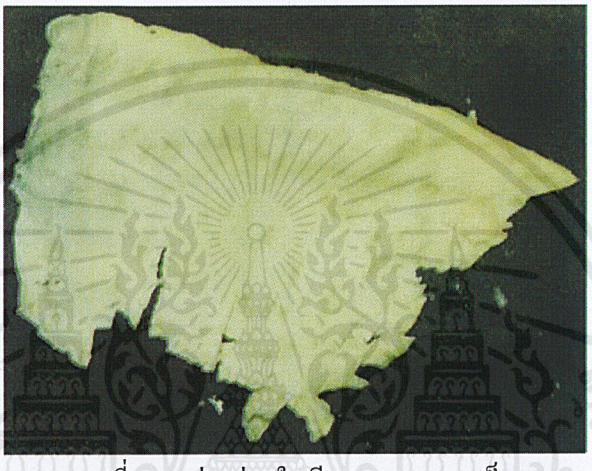
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ภาคผนวก ข.

## วิจารณ์ผลการทดลองการเฉือนเนื้อทุเรียนด้วยเครื่องเฉือนเนื้อทุเรียน

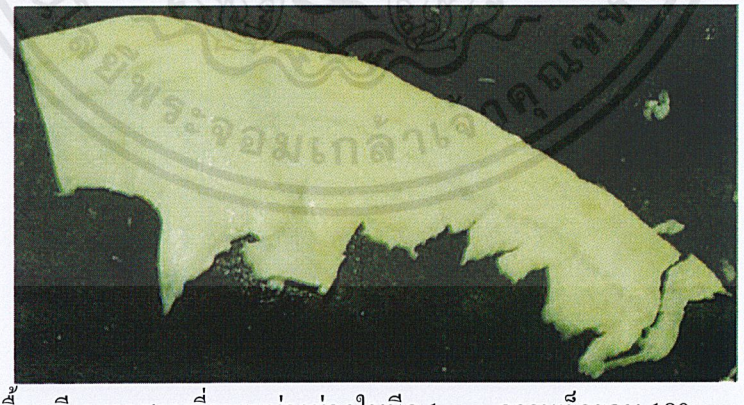
**1.พิจารณาที่ระยะห่างใบมีด 1 mm**

1.1 ความเร็วรอบ 120 rpm เนื้อทุเรียนที่เฉือนได้มีลักษณะค่อนข้างเรียบ และชิ้นเนื้อมีความหนาค่อนข้างสม่ำเสมอกัน และแผ่นชิ้นเนื้อที่ได้ตรงขอบจะเกิดความเสียหาย และไม่เรียบ ดังรูปที่ 7



รูปที่ 7 เนื้อทุเรียนทดสอบที่ระยะห่างช่องใบมีด 1 mm ความเร็วรอบ 120 rpm

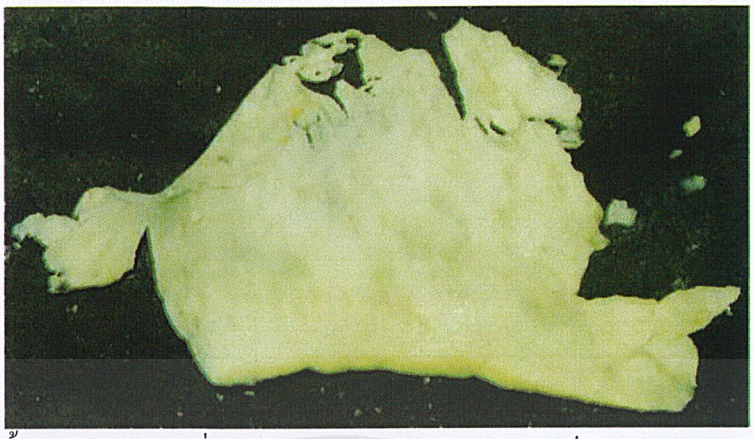
1.2 ความเร็วรอบ 180 rpm เนื้อทุเรียนที่ได้มีลักษณะดีขึ้น แผ่นทุเรียนที่ถูกเฉือนเรียบมากขึ้น แต่เกิดการเสียหายที่ขอบของแผ่นทุเรียน ดังรูปที่ 8



รูปที่ 8 เนื้อทุเรียนทดสอบที่ระยะห่างช่องใบมีด 1 mm ความเร็วรอบ 180 rpm

1.3 ความเร็วรอบ 250 rpm แผ่นทุเรียนที่ได้จากการเฉือนค่อนข้างเรียบ ความหนาของแผ่นไม่สม่ำเสมอกัน ขอบแผ่นเกิดการเสียหาย ดังรูปที่ 9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



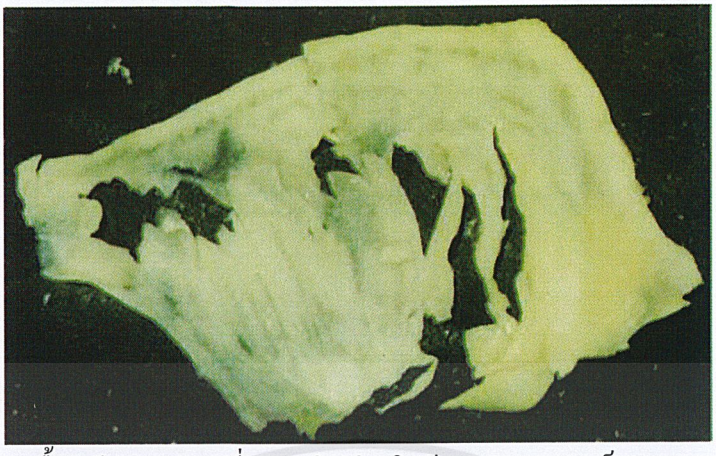
รูปที่ 9 เนื้อทุเรียนทดสอบที่ระยะห่างช่องใบมีด 1 mm ความเร็วรอบ 250 rpm

1.4 ความเร็วรอบ 320 rpm เนื้อทุเรียนที่ได้มีความเสียหายขึ้น ความหนาของแผ่นไม่สม่ำเสมอกัน ดังรูปที่ 10

รูปที่ 10 เนื้อทุเรียนทดสอบที่ระยะห่างช่องใบมีด 1 mm ความเร็วรอบ 320 rpm

1.5 ความเร็วรอบ 400 rpm เนื้อทุเรียนที่เฉือนได้มีความเสียหายมากที่สุด ทั้งนี้ความเสียหายที่เกิดขึ้น มีสาเหตุมาจากระยะห่างช่องใบมีดห่างน้อยเกินไป จึงทำให้เกิดแรงเสียดทานขึ้นระหว่างใบมีดกับชิ้นทุเรียน ทำให้ชิ้นทุเรียนที่เฉือนได้ติดไปกับใบมีด ซึ่งเมื่อใบมีดหมุนไปเฉือนเนื้อทุเรียนครั้งใหม่จึงทำให้เฉือนไม่ได้ ชิ้นทุเรียนจึงเกิดการเสียหาย ดังรูปที่ 11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 11 เนื้อทุเรียนทดสอบที่ระยะห่างช่องใบมีด 1 mm ความเร็วรอบ 400 rpm

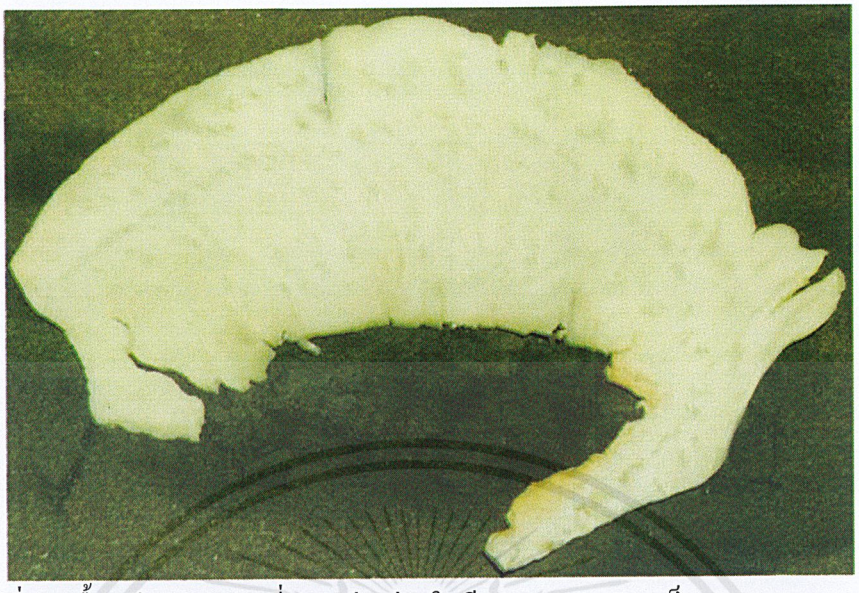
**2.ระยะห่างใบมีด 1.45 mm**

2.1 ความเร็วรอบ 120 rpm ลักษณะเนื้อทุเรียนที่เฉือนได้ จะมีความหนาไม่เท่ากันตลอดทั้งแผ่น โดยที่ขอบด้านในจะมีความหนาน้อยกว่าขอบด้านนอก และมีความเสียหายมากกว่า และแผ่นที่ได้จะไม่ค่อยเรียบเท่าไร ดังรูปที่ 12

รูปที่ 12 เนื้อทุเรียนทดสอบที่ระยะห่างช่องใบมีด 1.45mm ความเร็วรอบ 120 rpm

2.2 ความเร็วรอบ 180 rpm ลักษณะของแผ่นทุเรียนที่เฉือนได้ค่อยเรียบ และความหนาของแผ่นค่อนข้างสม่ำเสมอกัน แต่ที่ขอบของแผ่นยังคงเกิดความเสียหายเล็กน้อย ดังรูปที่ 13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



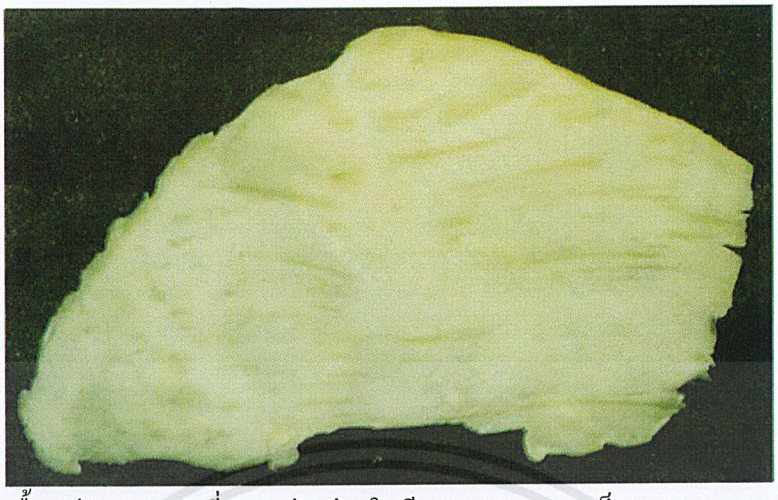
รูปที่ 13 เนื้อทุเรียนทดสอบที่ระยะห่างช่องใบมีด 1.45mm ความเร็วรอบ 180 rpm

2.3 ความเร็วรอบ 250 rpm ลักษณะของชิ้นเนื้อทุเรียนที่เฉือนได้มีความเรียบมาก ความหนาของแผ่นสม่ำเสมอกัน ได้แผ่นใหญ่ และเกิดการแตกหักน้อย ดังรูปที่ 14

รูปที่ 14 เนื้อทุเรียนทดสอบที่ระยะห่างช่องใบมีด1.45mm ความเร็วรอบ 250 rpm

2.4 ความเร็วรอบ 320 rpm ลักษณะของแผ่นทุเรียน ค่อนข้างเรียบ แต่ความหนาของแผ่นไม่สม่ำเสมอกัน และเกิดการเสียหายที่ขอบของแผ่นทุเรียน ดังรูปที่ 15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 15 เนื้อทุเรียนทดสอบที่ระยะห่างช่องใบมีด1.45mm ความเร็วรอบ 320 rpm

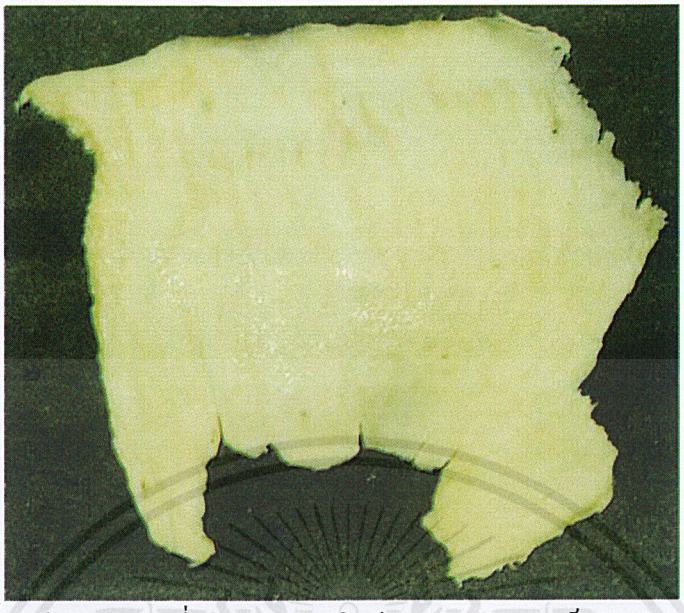
2.5 ความเร็วรอบ 400 rpm ลักษณะของแผ่นที่เฉือนได้มีความเรียบ แต่ความหนาไม่สม่ำเสมอกัน เกิดการเสียหายที่ขอบแผ่นเล็กน้อย ดังรูปที่ 16

รูปที่ 16 เนื้อทุเรียนทดสอบที่ระยะห่างช่องใบมีด1.45mm ความเร็วรอบ 400 rpm

**3.ระยะห่างใบมีด 1.95 mm**

3.1 ความเร็วรอบ 120 rpm ลักษณะของแผ่นทุเรียนที่ได้มีลักษณะค่อนข้างเรียบ ความหนาของแผ่น ค่อนข้างสม่ำเสมอกัน ที่ขอบของแผ่นเกิดความเสียหายบ้างเล็กน้อย ดังรูปที่ 17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



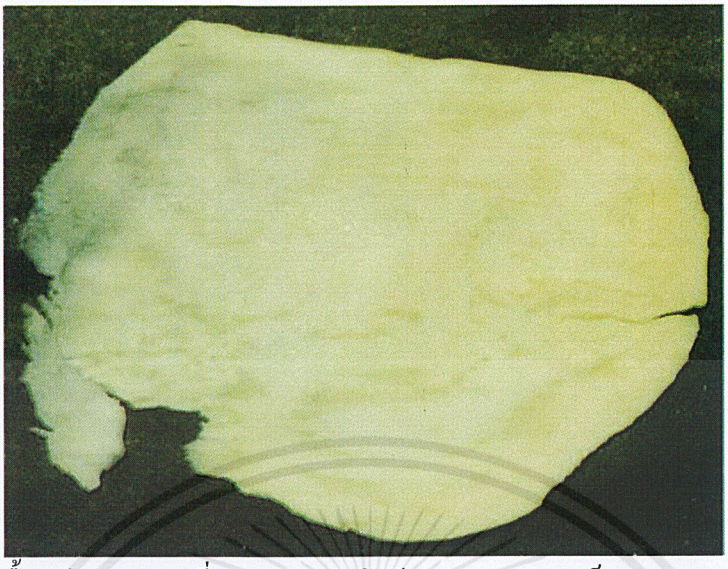
รูปที่ 17 เนื้อทุเรียนทดสอบที่ระยะห่างช่องใบมีด1.95mm ความเร็วรอบ 120 rpm

3.2 ความเร็วรอบ 180 rpm ลักษณะของแผ่นทุเรียนมีความหนาสม่ำเสมอกันทั้งแผ่น และค่อนข้างเรียบ มีความเสียหายเกิดขึ้นบ้างเล็กน้อย ดังรูปที่ 18

รูปที่ 18 เนื้อทุเรียนทดสอบที่ระยะห่างช่องใบมีด1.95mm ความเร็วรอบ 180 rpm

3.3 ความเร็วรอบ 250 rpm ลักษณะของแผ่นทุเรียนค่อนข้างเรียบ แต่ความหนาของแผ่นไม่สม่ำเสมอกัน โดยที่ส่วนขอบด้านในจะมีความหนาน้อยกว่าขอบด้านนอก และขอบของแผ่นมีการเสียหาย ดังรูปที่ 19

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 19 เนื้อทุเรียนทดสอบที่ระยะห่างช่องใบมีด1.95mm ความเร็วรอบ 250 rpm

3.4 ความเร็วรอบ 320 rpm ลักษณะของแผ่นทุเรียนค่อนข้างเรียบ ความหนาของแผ่นไม่สม่ำเสมอกัน ขอบแผ่นด้านในไม่เรียบ ดังรูปที่ 20

รูปที่ 20 เนื้อทุเรียนทดสอบที่ระยะห่างช่องใบมีด1.95mm ความเร็วรอบ 320 rpm

3.5 ความเร็วรอบ 400 rpm ลักษณะของแผ่นทุเรียนที่ได้จะไม่เรียบ และเกิดความเสียหายค่อนข้างมาก และแผ่นก็ไม่สม่ำเสมอกัน ดังรูปที่ 21

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 21 เนื้อทุเรียนทดสอบที่ระยะห่างช่องใบมีด1.95mm ความเร็วรอบ 400 rpm

จากการทดสอบเฉือนเนื้อทุเรียนกับเครื่องต้นแบบทำให้รู้ว่าความเร็วของจานใบมีดที่เหมาะสมกับเครื่องไม่ควรเกิน 250 rpm เนื่องจากจะทำให้ชิ้นทุเรียนเกิดความเสียหายมากขึ้น แต่ในเชิงอุตสาหกรรมยิ่งความเร็วมากอัตราการผลิตก็มากตามไปด้วย ดังนั้นจึงควรพิจารณาเลือกตามความเหมาะสม และระยะห่างช่องใบมีดควรใช้มากกว่าหรือเท่ากับ 1.1 mm เพราะไม่เช่นนั้นจะทำให้ชิ้นทุเรียนเกิดการแตกหัก ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้ไม่มีคุณภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้