เครื่องแยกผลปาล์มออกจากทะลาย

PALM BUNCH SPLITTER

นายพิพัฒน์ อารักษ์พุทธนันท์
นางสาวสวรินทร์ แก้วชาญค้า
นางสาวสิริวัลย์ คำภูมี
นางสาวสุมาลี เศรษฐมังกร

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอาหาร
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2559

เครื่องแยกผลปาล์มออกจากทะลาย

PALM BUNCH SPLITTER

นายพิพัฒน์ อารักษ์พุทธนันท์

นางสาวสวรินทร์ แก้วชาญค้า

นางสาวสิริวัลย์ คำภูมี

นางสาวสุมาลี เศรษฐมังกร

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต

สาขาวิศวกรรมอาหาร

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2559

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PALM BUNCH SPLITTER

Mr. PIPAT ARAKPUTTANAN

Ms. SAWARIN KAEWCHANKA

Ms. SIRIWAN KAMPOOMEE

Ms. SUMALEE SETTHAMUNGKORN

THESIS SUBMITTED INPARTIAL FULFILLLMENT OF THE REQUIREMENT

FOR THE DEGREE OF BACHELOR OF ENGINEERING IN FOOD ENGINEERING

DEPARTMENT OF FOOD ENGINEERING FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

ACADEMIC YEAR 2016

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2559

ภาควิชาวิศวกรรมอาหาร

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง เครื่องแยกผลปาล์มออกจากทะลาย

PALM BUNCH SPLITTER

นักศึกษาผู้ทำโครงงาน

1. นายพิพัฒน์ อารักษ์พุทธนันท์ รหัสนักศึกษา 56010864
2. นางสาวสวรินทร์ แก้วชาญค้า รหัสนักศึกษา 56011286
3. นางสาวสิริวัลย์ คำภูมี รหัสนักศึกษา 56011327
4. นางสาวสุมาลี เศรษฐมังกร รหัสนักศึกษา 56011361

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(ดร.เจษฎา ชัยโฉม)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงงาน เครื่องแยกผลปาล์มออกจากทะลาย

นักศึกษา นายพิพัฒน์ อารักษ์พุทธนันท์
นางสาวสวรินทร์ แก้วชาญค้า
นางสาวสิริวัลย์ คำภูมี
นางสาวสุมาลี เศรษฐมังกร

อาจารย์ที่ปรึกษา ดร.เจษฎา ชัยโฉม

ปีการศึกษา 2559

บทคัดย่อ

โครงงานนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างเครื่องแยกผลปาล์มออกจากทะลายปาล์ม เนื่องจากความต้องการของเกษตรกรที่ต้องการขายผลผลิตปาล์มน้ำมัน ที่มีราคาสูงขึ้น และลดต้นทุนการขนส่งปาล์มน้ำมัน โดยได้ทำการศึกษาข้อมูลพื้นฐานของปาล์มน้ำมันเพื่อใช้ในการออกแบบวิธีการแยกผลปาล์มออกจากทะลาย ได้แก่ ส่วนประกอบของทะลายปาล์มน้ำมัน รูปร่างของทะลายปาล์มน้ำมัน ขนาดของผลปาล์มน้ำมัน น้ำหนัก ความสุกแก่ของผลปาล์ม ซึ่งขั้นตอนการทำเครื่องแยกผลปาล์ม เริ่มจากการศึกษาเครื่องแยกผลปาล์มที่มีอยู่ในปัจจุบัน เพื่อศึกษาถึงข้อดีและข้อเสียของเครื่องจักรรูปแบบต่างๆ จากนั้นจึงเริ่มออกแบบตัวเครื่องจักร มีส่วนประกอบดังนี้ ฐานตัวเครื่อง ชุดลูกกลิ้งตีทะลายปาล์ม และชุดกำลังขับ และศึกษาตัวแปรที่มีผลต่อการแยกผลปาล์ม ได้แก่ ความเร็วรอบของเพลาหมุน และระยะห่างของหนามตีทะลาย จากการศึกษาผลการทดลองเครื่องแยกผลปาล์มออกจากทะลาย ที่เพลาหมุนมีความเร็วรอบ 50 70 และ 90 รอบต่อนาที และระยะห่างของหนามตีทะลาย +30 0 และ -30 มิลลิเมตร โดยการทดลองจะนำผลปาล์มที่ผ่านการแยกออกมาจากทะลายปาล์ม มาคัดแยกช้ำน้อยหรือไม่ช้ำ ผลช้ำปานกลาง และผลช้ำมาก เพื่อหาคุณภาพของผลปาล์ม ซึ่งจากการทดลองและการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (ANOVA) พบว่าความเร็วรอบไม่มีผลต่อประสิทธิภาพและคุณภาพของผลปาล์ม แต่ระยะห่างของหนามตีทะลายมีผลต่อประสิทธิภาพและคุณภาพของผลปาล์มในการแยกผลปาล์มออกจากทะลาย ดังนั้นจึงคำนึงถึงคุณภาพอาหารเป็นสำคัญ พบว่าที่ระยะห่างหนามตีทะลาย +30 มิลลิเมตรนั้น ให้ค่าปริมาณผลปาล์มที่เสียจากเครื่องจักรน้อยที่สุดคือ 18.19 เปอร์เซ็นต์ และใช้เวลาในการแยกผลปาล์มออกจากทะลายประมาณ 29 – 76 วินาที/ทะลาย และจากการวิเคราะห์ด้านเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมของเครื่องแยกผลปาล์มออกจากทะลายนั้น จุดคุ้มทุนของเครื่องจักรคือ 2.03 ตันต่อปี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Report Title	Palm Bunch Splitter
Students	Mr. Pipat Arakputtanan
	Ms. Sawarin Kaewchanka
	Ms. Siriwan Kampoomee
	Ms. Sumalee Setthamungkorn
Project Advisor	Dr. Jedsada chaishome
Submitted for	Bachelor Degree of Engineering
	Department of Food Engineering, Faculty of Engineering
	King mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
Academic Year	2016

Abstract

The purpose of this project is to produce a palm bunch splitter due to the farmers desire to sell oil palm product with a higher price and reduce the transportation cost. The characteristics of oil palm bunch have examined including the composition of oil palm bunch, the shape of oil palm bunch, the size of oil palm fruit, the weight of oil palm fruit and the maturation of oil palm fruit. Firstly, study about palm fruit separate machine to learn about advantage and disadvantage of machine. Secondly, the machine design consists of machine structure, roller unit and power drive unit. Lastly, studies about the variables that affect oil palm bunch separation include rotational speed of shaft and distance between of beater. From the result of oil palm separation experiment at rotational speeds of shafts of 50, 70 and 90 rpm and the distance between of beater at +30, 0 and -30 millimeters respectively. Then divide oil palm fruit into 3 groups include good fruit, middle fruit and bruise fruit for calculate the percentage of oil palm fruit quality. From the experiment and static analysis (ANOVA) the rotational speed does not significantly affect on the efficiency and the quality of palm fruit. Nevertheless, the distance among the beaters significantly

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

affect on the efficiency and the quality of palm fruit. Therefore, the authors recommend that with regard to the food quality, the distance among the beater of +30 millimeter is suggested to the lowest bruise fruit from this machine of 18.19%. In addition, the machine spends time to split palm fruit from bunch between 29 to 79 seconds per bunch. Finally, the economic engineering aspect was investigated. The break-even point of 2.03 tons per year was obtained.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ดีเพราะได้รับความเมตตาจาก ดร.เจษฎา ชัยโฉม ที่ได้ให้คำปรึกษาและคำแนะนำที่เป็นประโยชน์แก่ผู้วิจัยด้วยดีตลอดมา อีกทั้งยังเอื้อเฟื้ออุปกรณ์และเครื่องมือต่าง ๆ ในการทำปริญญานิพนธ์ รวมถึง คุณอำนาจ คูตะคุ และคุณวราภรณ์ มาไพศาลทรัพย์ ที่ช่วยให้คำแนะนำด้านการจัดหาอุปกรณ์และเอื้อเฟื้อสถานที่ในการปฏิบัติงาน ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งและขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณ ดร.เอกพงษ์ ชีวิตโสภณ รวมถึงคณะอาจารย์และบุคลากรภาควิชาวิศวกรรมอาหารที่ให้คำแนะนำ เอื้อเฟื้ออุปกรณ์และสถานที่ในการทำงาน รวมทั้งให้คำแนะนำอันเป็นประโยชน์ต่อการทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้

ขอขอบพระคุณ บริษัท สุขสมบูรณ์น้ำมันปาล์ม จำกัด ที่ให้ความอนุเคราะห์ทะลายปาล์มทั้งหมด 81 ทะลาย เพื่อนำมาทำการทดลองเครื่องแยกผลปาล์มออกจากทะลายในครั้งนี้

ขอกราบขอบพระคุณคุณพ่อและคุณแม่ ที่ให้การสนับสนุนและเป็นแรงบันดาลใจในการทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้

สุดท้ายขอขอบคุณเพื่อนๆทุกคนในภาควิชาวิศวกรรมอาหารทุกคนที่ให้กำลังใจในการทำงานจนสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีจากปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ คณะผู้วิจัยขอมอบให้แก่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

นายพิพัฒน์ อารักษ์พุทธนันท์
นางสาวสวรินทร์ แก้วชาญค้า
นางสาวสิริวัลย์ คำภูมี
นางสาวสุมาลี เศรษฐมังกร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	IV
สารบัญ	V
สารบัญตาราง	X
สารบัญรูป	XI
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์	1
1.3 ผลที่คาดว่าจะได้รับ	1
1.4 ขอบเขตการศึกษา	2
บทที่ 2 ตรวจสอบเอกสาร	3
2.1 ข้อมูลเบื้องต้นของปาล์มน้ำมัน	3
2.2 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของปาล์มน้ำมัน	3
2.2.1 ราก	3
2.2.2 ลำต้นปาล์ม	4
2.2.3 ใบปาล์ม	4
2.2.4 ช่อดอก	5
2.2.5 ทะลาย	5
2.2.6 ผล	6
2.2.7 เมล็ด	6
2.3 พันธุ์ปาล์มน้ำมัน	6
2.3.1 แหล่งแม่พันธุ์	7
2.3.2 แหล่งพ่อพันธุ์	8
2.4 การเก็บเกี่ยวปาล์มน้ำมัน	9
2.4.1 การพัฒนาการของผลปาล์มน้ำมัน	9
2.4.2 การเปลี่ยนสีผิวเปลือกปาล์มน้ำมัน	10
2.4.3 ปัจจัยที่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์น้ำมัน	10
2.4.3.1 องค์ประกอบของผลปาล์ม	10
2.4.3.2 องประกอบของทะลาย	11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.3.3 ความสุขของผลปาล์ม 11
2.4.4 ดัชนีการเก็บเกี่ยวปาล์ม 11
2.4.5 มาตรฐานและดัชนีการเก็บเกี่ยวของปาล์ม 12
2.4.6 มาตรฐานคุณภาพทะลายปาล์ม 12
2.4.7 วิธีการเก็บเกี่ยวปาล์มน้ำมัน 13
2.4.8 ช่วงเวลาในการเก็บเกี่ยวปาล์มน้ำมัน 13
2.4.9 รอบหรือความถี่ของการเก็บเกี่ยว 14
2.4.10 ความสุก 14
2.4.11 มาตรฐานความสุก 14
2.4.12 ความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพของทะลายปาล์มกับราคาทะลายปาล์มสด 15
2.5 ระดับความช้ำของผลปาล์ม 15
2.6 การแปรรูปปาล์มน้ำมัน 16
2.6.1 ประเภทของการสกัด 17
2.6.2 กระบวนการผลิตน้ำมันปาล์ม 17
2.6.2.1 กระบวนการสกัดน้ำมันปาล์ม 17
2.6.2.2 กระบวนการกลั่นบริสุทธิ์น้ำมันปาล์ม 18
2.7 คุณภาพของน้ำมัน 19
2.7.1 ปัจจัยที่มีผลต่อการสร้างกรดไขมันอิสระ 19
2.8 องค์ประกอบของน้ำมันปาล์มดิบ 20
2.9 องค์ประกอบกรดไขมันของน้ำมันปาล์มดิบและน้ำมันเมล็ดปาล์ม 21
2.10 การนำไปใช้ประโยชน์ 21
2.10.1 อุตสาหกรรมอาหาร 22
2.11 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 23
2.11.1 การพัฒนาเครื่องแยกผลจากทะลายปาล์มน้ำมันสำหรับกลุ่มเกษตรกร 23
2.11.2 การทดสอบและการพัฒนาเครื่องปลิดผลปาล์มออกจากทะลายปาล์มน้ำมันในเขตพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 24
บทที่ 3 ทฤษฎีและหลักการ 25
3.1 ระบบมอเตอร์ต้นกำลัง 25
3.1.1 เกียร์ทดรอบ 26
3.2 เพลาส่งกำลัง 27
3.2.1 วัสดุเพลา 28

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2 ขนาดของเพลา 28
3.3 แบริ่ง 29
3.3.1 แบริ่งกาบ 30
3.3.2 โรลลิ่งแบริ่ง 30
3.4 วัสดุที่ใช้ในการออกแบบ 31
3.4.1 เหล็ก 31
3.5 สกรูและน็อต 32
3.5.1 สกรู 32
3.5.2 น็อต 32
3.6 เฟืองโซ่ 33
3.7 โซ่ส่งกำลัง 34
3.8 สมมติฐานการออกแบบเครื่องแยกผลปาล์มออกจากทะลาย 34
บทที่ 4 การออกแบบและหลักการทำงาน 35
4.1 การออกแบบเครื่องแยกผลปาล์มออกจาทะลาย 35
4.1.1 เครื่องแยกผลปาล์มออกจาทะลายโดยวิธีการเจาะแกนกลางทะลายปาล์ม 35
4.1.2 เครื่องแยกผลปาล์มออกจากทะลายโดยการสับแบ่ง 36
4.1.3 เครื่องแยกผลปาล์มออกจาทะลายโดยการใช้ชุดลูกกลิ้งตีทะลายปาล์ม 36
4.2 การคำนวณและการออกแบบเพลา 37
4.2.1 การคำนวณค่าโมเมนต์บิด 37
4.2.2 การคำนวณค่าโมเมนต์ดัด 38
4.3 การคำนวณและการออกแบบท่อเหล็กกลวง 41
4.4 การคำนวณและการออกแบบหนามตีทะลาย 44
4.5 การออกแบบชุดลูกกลิ้งตีทะลายปาล์ม 45
4.5.1 ความยาวของลูกกลิ้งตีทะลายปาล์ม 45
4.5.2 ระยะห่างของหนามตีทะลายปาล์ม 46
4.5.3 ลักษณะการวางตำแหน่งหนามตีทะลายปาล์มบนผิวท่อเหล็กกลวง 47
4.5.4 ลักษณะการวางลูกกลิ้งตีทะลายปาล์มทั้งสองและกลไกการเลื่อนของลูกกลิ้งตีทะลายปาล์ม 48
4.6 เครื่องแยกผลปาล์มออกจากทะลายก่อนการปรับปรุง 50
4.6.1 หลักการทำงาน 51
4.6.2 ปัญหาที่พบ 52
4.7 เครื่องแยกผลปาล์มออกจากทะลายหลังการปรังปรุง 52

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5 วิธีการทดลองและผลการทดลอง 54
5.1 วัสดุและอุปกรณ์ในการทดลอง 54
5.1.1 วัตถุดิบ 54
5.1.2 อุปกรณ์การทดลอง 54
5.2 วิธีการทดลอง 54
5.2.1 การหาสมบัติทางกายภาพของทะลายปาล์มและผลปาล์ม 54
5.2.2 การทดลองเครื่องแยกผลปาล์มออกจากทะลาย 54
5.2.3 สมมติฐานการทดลอง 56
5.2.4 การวิเคราะห์สภาวะที่เหมาะสมในการแยกผลปาล์มออกจากทะลาย 56
5.3 ผลการทดลอง 56
5.3.1 ผลการศึกษาสมบัติทางกายภาพของทะลายปาล์มและผลปาล์ม 56
5.3.2 การทดลองเครื่องแยกผลปาล์มออกจากทะลาย 57
5.3.2.1 การทดลองด้านประสิทธิภาพของเครื่องแยกผลปาล์มออกจากทะลาย 57
5.3.2.2 การทดลองด้านคุณภาพของผลปาล์มที่ได้จากเครื่องแยกผลปาล์มออกจากทะลาย 58
5.3.2.3 การทดลองด้านเวลาในการทำงานของเครื่องแยกผลปาล์มออกจากทะลาย 60
5.3.3 การวิเคราะห์สภาวะที่เหมาะสมในการแยกผลปาล์มออกจากทะลาย 61
5.3.3.1 การวิเคราะห์ด้านประสิทธิภาพของเครื่องแยกผลปาล์มออกจากทะลาย 62
5.3.3.2 การวิเคราะห์ด้านคุณภาพผลปาล์มที่ได้จากเครื่องแยกผลปาล์มออกจากทะลาย 63
5.3.3.3 การวิเคราะห์ด้านเวลาในการทำงานของเครื่องแยกผลปาล์มออกจากทะลาย 64
5.4 การวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมของเครื่องแยกผลปาล์มออกจากทะลาย 65
5.4.1 เงื่อนไขในการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ 66
5.4.2 วิธีการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ 67
บทที่ 6 สรุปผลการทดลอง วิจารณ์และข้อเสนอแนะ 69
6.1 สรุปผลการทดลอง 69
6.2 วิจารณ์และข้อเสนอแนะ 69
6.2.1 วิจารณ์ 69

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.2.2 ข้อเสนอแนะ 70
6.3 แนวคิดการพัฒนาเครื่องแยกผลปาล์มออกจากทะลายปาล์มน้ำมัน 70
เอกสารอ้างอิง 71
ภาคผนวก ก. ลักษณะทางกายภาพของปาล์มน้ำมัน 73
ภาคผนวก ข. การออกแบบและทดลองเครื่องแยกผลปาล์มออกจากทะลาย 84

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 เปรียบเทียบลักษณะของพันธุ์ปาล์มที่สำคัญ 7

ตารางที่ 2.2 องค์ประกอบกรดไขมันของน้ำมันปาล์มดิบและน้ำมันเมล็ดปาล์ม 21

ตารางที่ 5.1 ผลการศึกษาสมบัติทางกายภาพของทะลายปาล์มและผลปาล์ม 56

ตารางที่ 5.2 ประสิทธิภาพการแยกผลปาล์มออกจากทะลาย 57

ตารางที่ 5.3 คุณภาพการแยกผลปาล์มออกจากทะลาย 59

ตารางที่ 5.4 เวลาในการทำงานของเครื่องแยกผลปาล์มออกจากทะลาย 60

ตารางที่ 5.5 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของความเร็วรอบและระยะห่างหนามตีทะลายที่ระดับต่าง ๆที่มีผลต่อประสิทธิภาพของเครื่องแยกผลปาล์มออกจากทะลาย 62

ตารางที่ 5.6 ระยะห่างหนามตีทะลายและความเร็วรอบต่าง ๆ ที่มีผลต่อประสิทธิภาพการแยกผลปาล์มออกจากทะลาย 63

ตารางที่ 5.7 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของความเร็วรอบและระยะห่างหนามตีทะลายที่ระดับต่าง ๆที่มีผลต่อคุณภาพผลปาล์มที่ได้จากเครื่องแยกผลปาล์มออกจากทะลาย 63

ตารางที่ 5.8 ระยะห่างหนามตีทะลายและความเร็วรอบต่าง ๆที่มีผลต่อคุณภาพผลปาล์มในการแยกผลปาล์มออกจากทะลาย 64

ตารางที่ 5.9 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของความเร็วรอบและระยะห่างหนามตีทะลายระดับต่าง ๆที่มีผลต่อเวลาในการทำงานของเครื่องแยกผลปาล์มออกจากทะลาย 64

ตารางที่ 5.10 เวลาในการทำงานของเครื่องแยกผลปาล์มออกจากทะลายโดยเฉลี่ย 65

ตารางที่ 5.11 ค่าวัสดุในการสร้างเครื่องแยกผลปาล์มออกจากทะลาย 66

ตารางที่ 5.12 ข้อมูลเบื้องต้นในการวิเคราะห์จุดคุ้มทุน 67

ตารางที่ ก.1 ขนาดผลปาล์มไม่ช้ำหรือช้ำน้อยมาก 74

ตารางที่ ก.2 ขนาดผลปาล์มช้ำปานกลาง 75

ตารางที่ ก.3 ขนาดผลปาล์มที่เสียหายจากเครื่องจักร 76

ตารางที่ ก.4 ขนาดทะลายปาล์ม 77

ตารางที่ ข.1 น้ำหนักทะลายปาล์ม เมื่อทดลองที่ระยะห่างหนามตีทะลาย +30 มิลลิเมตร 85

ตารางที่ ข.2 น้ำหนักทะลายปาล์ม เมื่อทดลองที่ระยะห่างหนามตีทะลาย 0 มิลลิเมตร 86

ตารางที่ ข.3 น้ำหนักทะลายปาล์ม เมื่อทดลองที่ระยะห่างหนามตีทะลาย -30 มิลลิเมตร 87

ตารางที่ ข.4 เวลาที่ใช้ทดสอบการทำงานของเครื่องแยกผลปาล์มออกจากทะลาย 88

ตารางที่ ข.5 ค่าตัวประกอบความล้า 88

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 2.1 ลักษณะลำต้นของปาล์มน้ำมัน	4
รูปที่ 2.2 ลักษณะใบของปาล์มน้ำมัน	4
รูปที่ 2.3 ลักษณะช่อดอกของปาล์มน้ำมัน	5
รูปที่ 2.4 ลักษณะของทะลายปาล์มน้ำมัน	5
รูปที่ 2.5 ลักษณะผลของปาล์มน้ำมัน	6
รูปที่ 2.6 ลักษณะเมล็ดของปาล์มน้ำมัน	6
รูปที่ 2.7 ลักษณะผลปาล์มพันธุ์ ดูรา พิสิเฟอรา และเทเนอรา	7
รูปที่ 2.8 น้ำมันที่สกัดได้จากเนื้อผลปาล์มและเนื้อในเมล็ดปาล์ม	10
รูปที่ 2.9 (ก) ผลซ้ำก่อนเข้าเครื่องจักร	15
รูปที่ 2.9 (ข) ผลไม่ซ้ำหรือซ้ำเล็กน้อย	16
รูปที่ 2.9 (ค) ผลซ้ำปานกลาง	16
รูปที่ 2.9 (ง) ผลซ้ำมาก	16
รูปที่ 2.10 เครื่องแยกผลปาล์มออกจากทะลายปาล์ม	24
รูปที่ 2.11 เครื่องแยกผลปาล์มออกจากทะลายปาล์ม	24
รูปที่ 3.1 เกียร์ทดรอบแบบแนวนอน	26
รูปที่ 3.2 เกียร์ทดรอบแบบแนวตั้ง	26
รูปที่ 3.3 เฟืองโซ่	33
รูปที่ 4.1 กิ่งก้านของทะลายปาล์ม	35
รูปที่ 4.2 การเจาะแกนกลางของทะลายปาล์ม	36
รูปที่ 4.3 ชุดลูกกลิ้ง	37
รูปที่ 4.4 การอธิบายแรงที่กระทำบนเพลาตัน (ด้านหน้า)	38
รูปที่ 4.5 Free body diagram ของเพลาตัน (ด้านข้าง)	38
รูปที่ 4.6 Free body diagram ที่แสดงค่าของแรงที่กระทำบนเพลาตันทั้งหมด	39
รูปที่ 4.7 ภาพจำลองแรงและโมเมนต์ดัดภายในเพลาตันช่วงความยาว 0 ถึง 0.175 เมตร	39
รูปที่ 4.8 ภาพจำลองแรงและโมเมนต์ดัดภายในเพลาตันช่วงความยาว 0. 175 ถึง 0.5 เมตร	40
รูปที่ 4.9 ภาพจำลองแรงและโมเมนต์ดัดภายในเพลาตันช่วงความยาว 0.5 ถึง 0.825 เมตร	40
รูปที่ 4.10 ภาพจำลองแรงและโมเมนต์ดัดภายในเพลาตันช่วงความยาว 0.825 ถึง 1 เมตร	41
รูปที่ 4.11 Free body diagram ที่แสดงค่าของแรงที่กระทำบนท่อเหล็กกลวง	42
รูปที่ 4.12 ภาพจำลองแรงและโมเมนต์ดัดภายในท่อเหล็กกลวงช่วงความยาว 0 ถึง 0.325 เมตร	42

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.13 ภาพจำลองแรงและโมเมนต์ดัดภายในท่อเหล็กกลวงช่วงความยาว 0.325 ถึง 0.65 เมตร 43
รูปที่ 4.14 ภาพจำลองแรงที่กระทำบนหนามตีทะลาย 44
รูปที่ 4.15 วิธีการวัดขนาดของทะลายปาล์ม 46
รูปที่ 4.16 วิธีการวัดขนาดผลปาล์มน้ำมัน 46
รูปที่ 4.17 ระยะห่างหนามตีทะลายปาล์มและส่วนประกอบของลูกกลิ้งตีทะลายปาล์ม 47
รูปที่ 4.18 ลักษณะการวางตำแหน่งหนามตีทะลายปาล์มบนผิวท่อเหล็กกลวง 48
รูปที่ 4.19 การกำหนดระยะห่างระหว่างหนามตีทะลาย 49
รูปที่ 4.20 ลูกกลิ้งที่มีกลไกการเลื่อน 49
รูปที่ 4.21 (ก) ระยะห่างหนามของเพลาหมุนทั้งสองห่างกันที่ 30 มิลลิเมตร (+30 mm) 50
รูปที่ 4.21 (ข) ระยะห่างหนามของเพลาหมุนทั้งสองพอดีกัน (0 mm) 50
รูปที่ 4.21 (ค) ระยะห่างหนามของเพลาหมุนทั้งสองสบกัน 30 มิลลิเมตร (-30 mm) 50
รูปที่ 4.22 แบบเครื่องแยกผลปาล์มออกจากทะลายก่อนการปรับปรุง 51
รูปที่ 4.23 แบบเครื่องแยกผลปาล์มออกจากทะลายหลังการปรังปรุง 53
รูปที่ 5.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์ประสิทธิภาพเครื่องจักรและระยะห่างหนามตี 58
รูปที่ 5.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์ผลปาล์มที่เสียจากเครื่องจักรและระยะห่างหนามตีทะลาย 59
รูปที่ 5.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาการทำงานเครื่องจักรและระยะห่างหนามตีทะลาย 61
รูปที่ 5.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนเงินและปริมาณทะลายปาล์มที่ใช้ผลิต 68
รูปที่ ก.1 ทะลายปาล์ม 78
รูปที่ ก.2 ทะลายปาล์มเปล่าที่ผ่านการแยกผลปาล์มจากโรงงานซึ่งพบผลปาล์มที่แยกออกจากทะลายไม่หมด 78
รูปที่ ก.3 ทะลายปาล์มที่เสียหายก่อนเข้าเครื่องจักร 79
รูปที่ ก.4 ผลปาล์มหลังการคัดคุณภาพ 79
รูปที่ ก.5 ผลปาล์มไม่ช้ำหรือช้ำน้อยมาก 80
รูปที่ ก.6 ผลปาล์มช้ำปานกลาง 80
รูปที่ ก.7 ผลปาล์มที่เสียหาย 81
รูปที่ ก.8 ผลปาล์มฝ่อ 81
รูปที่ ก.9 ผลปาล์มไม่ช้ำหรือช้ำน้อยมาก 82
รูปที่ ก.10 ผลปาล์มช้ำปานกลาง 82
รูปที่ ก.11 ผลปาล์มที่เสียหายจากเครื่องจักร 83

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ ก.12 ผลปาล์มที่เสียหายก่อนเข้าเครื่องจักร 83
รูปที่ ข.1 เกียร์ทดรอบ 89
รูปที่ ข.2 แบริ่ง 89
รูปที่ ข.3 โครงเครื่องแยกผลปาล์มออกจาทะลาย 90
รูปที่ ข.4 ชุดลูกกลิ้ง 90
รูปที่ ข.5 เครื่องวัดความเร็วรอบ 91
รูปที่ ข.6 ชุดกำลังขับ 91
รูปที่ ข.7 การประกอบเครื่องแยกผลปาล์มออกจากทะลาย 92
รูปที่ ข.8 การประกอบเครื่องแยกผลปาล์มออกจากทะลาย 92
รูปที่ ข.9 การประกอบเครื่องแยกผลปาล์มออกจากทะลาย 93
รูปที่ ข.10 การประกอบเครื่องแยกผลปาล์มออกจากทะลาย 93
รูปที่ ข.11 การประกอบเครื่องแยกผลปาล์มออกจากทะลาย 94
รูปที่ ข.12 การชั่งน้ำหนักทะลายปาล์มก่อนการทดลองเครื่องจักร 94
รูปที่ ข.13 การชั่งน้ำหนักทะลายปาล์มหลังการทดลองเครื่องจักร 95
รูปที่ ข.14 การชั่งน้ำหนักผลปาล์มหลังการทดลองเครื่องจักร 95
รูปที่ ข.15 การทดลองก่อนปรับปรุงเครื่องจักร 96
รูปที่ ข.16 การคัดคุณภาพผลปาล์มหลังการทดลองเครื่องจักร 96
รูปที่ ข.17 ชุดลูกกลิ้งตีทะลายปาล์ม 97
รูปที่ ข.18 โครงเครื่องแยกผลปาล์มออกจากทะลาย 98
รูปที่ ข.19 ชุดกำลังขับ 99
รูปที่ ข.20 โครงกันผลปาล์มและทะลายปาล์ม 100
รูปที่ ข.21 ชุดลูกกลิ้งที่มีกลไกการเลื่อน 101
รูปที่ ข.22 แบบจำลองเครื่องแยกผลปาล์มออกจากทะลายก่อนปรับปรุง 102
รูปที่ ข.23 แบบจำลองเครื่องแยกผลปาล์มออกจากทะลายหลังปรับปรุง 103
รูปที่ ข.24 แบบจำลองเครื่องแยกผลปาล์มออกจากทะลายก่อนปรับปรุง 104
รูปที่ ข.25 แบบเครื่องจริงเครื่องแยกผลปาล์มออกจากทะลายก่อนปรับปรุง 104
รูปที่ ข.26 แบบจำลองเครื่องแยกผลปาล์มออกจากทะลายหลังปรับปรุง 105
รูปที่ ข.27 แบบเครื่องจริงเครื่องแยกผลปาล์มออกจากทะลายหลังปรับปรุง 105

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

ในปัจจุบันปาล์มน้ำมันได้เข้ามามีบทบาทในชีวิตประจำวันมากขึ้น อีกทั้งปาล์มน้ำมันเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญต่อประเทศอย่างมาก ในประเทศไทยการทำเกษตรปาล์มน้ำมันมีมากขึ้นเรื่อยๆ โดยส่วนมากการทำเกษตรปาล์มน้ำมันจะอยู่บริเวณภาคใต้ของประเทศไทย ปาล์มน้ำมันนอกจากจะเป็นพืชน้ำมันที่มีบทบาทสำคัญในธุรกิจน้ำมันพืชเพื่อการบริโภคแล้ว ยังเป็นวัตถุดิบสำหรับอุตสาหกรรมต่อเนื่องอีกหลายอุตสาหกรรม เช่น สบู่ บะหมี่กึ่งสำเร็จรูป นมข้นหวาน เนยเทียม ขนมขบเคี้ยว เครื่องสำอาง เป็นต้น อุตสาหกรรมน้ำมันปาล์มจึงเป็นแหล่งรายได้ที่สำคัญของประเทศไทย

ปัจจุบันนี้เกษตรกรได้หันมาปลูกปาล์มจำนวนมากขึ้น โดยเกษตรกรมีการขนส่งทะลายปาล์มน้ำมันไปขายให้กับโรงงานผลิตน้ำมันปาล์ม ค่าขนส่งและค่าแรงที่ใช้เพื่อขนส่งมีค่าใช้จ่ายที่สูง และยังเกิดความช้ำหรือความเสียหายแก่ผลปาล์ม ซึ่งส่งผลต่อคุณภาพของน้ำมันปาล์ม เกษตรกรมีการขายผลผลิตในรูปแบบของทะลายปาล์มทั้งทะลาย ทำให้สูญเสียกากของทะลาย ซึ่งสามารถนำมากลับมาใช้เพื่อเป็นปุ๋ยบำรุงต้นไม้ หรือใช้ในการเพาะเห็ดเพื่อทำเป็นรายได้เสริม อีกทั้งโรงงานผลิตน้ำมันปาล์มบางแห่งรับซื้อผลปาล์มร่วงจากทะลายปาล์มในราคาที่สูงกว่ารับซื้อทะลายปาล์มทั้งทะลาย

โครงงานเล่มนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบเครื่องแยกผลปาล์มออกจากทะลาย เพื่อเพิ่มมูลค่าแก่ผลผลิตขึ้นจากการขายทั้งทะลายปาล์ม ลดค่าใช้จ่ายในการขนส่ง ลดค่าแรงงานที่ใช้เพื่อขนย้ายปาล์ม และยังคำนึงถึงค่าความช้ำหรือความเสียหายของผลปาล์ม อีกทั้งเกษตรกรยังสามารถนำกากใยของทะลายปาล์มมาผลิตปุ๋ย เพื่อลดต้นทุนค่าปุ๋ย หรือสามารถนำไปเพาะเห็ดเป็นรายได้เสริม และสามารถลดภาระการกำจัดกากใยทะลายปาล์มของโรงงานผลิตน้ำมันปาล์ม

1.2 วัตถุประสงค์

เพื่อออกแบบเครื่องจักรกล สำหรับการแยกผลปาล์มออกจากทะลายปาล์มน้ำมัน

1.3 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทราบถึงคุณลักษณะทางกายภาพของปาล์มน้ำมัน
2. สามารถออกแบบเครื่องจักรกลสำหรับแยกผลปาล์มออกจากทะลายปาล์ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 ขอบเขตการศึกษา

1. เลือกใช้ปาล์มสายพันธุ์เทเนอรา ซึ่งเป็นสายพันธุ์ที่เกษตรกรนิยมปลูกเพื่อทำการค้าขาย เนื่องจากว่าให้ปริมาณน้ำมันในส่วนของเนื้อปาล์มและเนื้อในเมล็ดปาล์มมาก (ธีระพงศ์, 2555)

2. เลือกใช้ปาล์มที่มีลักษณะสุกเต็มที่ คือมีผลลักษณะสีส้มแดง หรือมีอายุ 15-20 วัน โดยมีน้ำหนัก 6-11 kg

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ตรวจสอบเอกสาร

2.1 ข้อมูลเบื้องต้นของปาล์มน้ำมัน

ปาล์มน้ำมัน (Elaeis guineensis) เป็นพืชน้ำมันชนิดหนึ่งที่มีความเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตในสภาพภูมิอากาศแบบร้อนชื้นแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ประเทศไทยจัดเป็นประเทศผู้ผลิตปาล์มน้ำมันที่สำคัญอันดับต้นๆของโลก มีพื้นที่ให้ผลผลิตปาล์มน้ำมัน 3,982,623 ไร่ มีเกษตรกรผู้ปลูกปาล์มน้ำมันภายในประเทศไม่ต่ำกว่า 1.28 แสนครัวเรือน (นิรนาม 1, 2560) ส่งผลให้ปาล์มน้ำมันจัดเป็นพืชเศรษฐกิจของประเทศไทยที่มีศักยภาพสูงหรือมีความได้เปรียบ เมื่อเทียบกับพืชน้ำมันชนิดอื่นทั้งในด้านการผลิตและการตลาด เพราะปาล์มน้ำมันเป็นพืชที่ให้ผลผลิตน้ำมันต่อหน่วยพื้นที่สูงกว่าพืชน้ำมันอื่นทุกชนิด โดยสามารถให้ผลผลิตน้ำมันได้สูงถึง 640-800 กิโลกรัมต่อไร่ (นิรนาม 1, 2560) ทำให้ต้นทุนการผลิตน้ำมันต่อกิโลกรัมต่ำกว่าพืชน้ำมันชนิดอื่น

ปาล์มน้ำมันเป็นพืชที่มีราคาถูกและสามารถใช้ทดแทนน้ำมันพืชชนิดอื่นได้ เช่น น้ำมันถั่วเหลือง น้ำมัน ถั่วลิสง น้ำมันมะพร้าว เป็นต้น ซึ่งรวมไปถึงไขมันสัตว์ได้เป็นอย่างดี เมื่อผลิตน้ำมันปาล์มจึงเป็นวัตถุดิบสำคัญของอุตสาหกรรมผลิตสินค้าอุปโภคบริโภคของครัวเรือนมากมาย อาทิเช่น น้ำมันปรุงอาหาร นมข้นหวานและนมจืด เนยขาว เนยเทียม บะหมี่กึ่งสำเร็จรูป ขนมขบเคี้ยว สบู่ เครื่องสำอาง พลาสติก น้ำมันหล่อลื่นยางรถยนต์ และไบโอดีเซลล์

2.2 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของปาล์มน้ำมัน

ปาล์มน้ำมันจัดอยู่ในพืชตระกูลปาล์ม (Plamae หรือ Arecaceae) ตระกูลย่อยเดียวกับมะพร้าว ปาล์มน้ำมันเป็นพืชยืนต้นใบเลี้ยงเดี่ยวที่ผสมข้าม (คือการใช้เกสรตัวผู้จากต้นอื่นมาผสมกับเกสรตัวเมียของต้นตัวเอง) สามารถให้ผลผลิตทะลายสดได้ตลอดปี การเก็บเกี่ยวทะลายปาล์มจะเริ่มจากที่ปาล์มมีอายุได้ประมาณ 30 เดือนหลังจากปลูก และสามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตทะลายปาล์มสดได้นานกว่า 20 ปี (ธีระพงศ์, 2555)

ปาล์มเป็นพืชสมบูรณ์เพศ คือมีดอกตัวผู้และดอกตัวเมียบนต้นเดียวกัน ดังนั้นจะไม่มีปาล์มต้นตัวเมียหรือต้นตัวผู้ ต้นตัวผู้ที่เกษตรกรเข้าใจคือต้นที่ผิดปกติซึ่งจะมีดอกตัวผู้มากกว่าปกติ แต่ก็ยังมีดอกตัวเมียดังนั้นจึงเป็นต้นตัวผู้ไม่ได้

2.2.1 ราก

เกิดขึ้นตรงโคนของลำต้นเป็นระบบแขนง ปาล์มน้ำมันมีระบบรากแบบรากฝอย มีรากปริมาณมากแต่อยู่ไม่ลึกประมาณ 30-35 เซนติเมตร ทำหน้าที่ดูดซับน้ำและธาตุอาหาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2 ลำต้นปาล์ม

ลำต้นของปาล์มน้ำมันมีลักษณะตั้งตรง ไม่มีกิ่งแขนง ประกอบด้วยข้อและปล่องที่ถี่มาก ดังรูปที่ 2.1 ในระยะที่ปาล์มอายุยังน้อย (น้อยกว่า 3 ปี) จะสังเกตเห็นทางใบอยู่ติดกับลำต้นมากกว่า 40 ทางใบ เมื่อต้นปาล์มมีอายุมากขึ้นและเริ่มมีการตกแต่งทางใบ ต้นปาล์มที่อายุมาก (มากกว่า 20 ปี) อาจมีความสูงถึง 15-18 เมตร มีเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น 30-35 เซนติเมตร โดยทั่วไปความสูงของต้นปาล์มจะเพิ่มขึ้นปีละ 50 เซนติเมตร ซึ่งอัตราความสูงของลำต้นจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับ พันธุ์ปาล์ม ระยะปลูก และการตัดแต่งทางใบ (ธีระพงศ์, 2555)

รูปที่ 2.1 ลักษณะลำต้นของปาล์มน้ำมัน (พลังเกษตร, 2558)

2.2.3 ใบปาล์ม

ใบของปาล์มน้ำมันเป็นใบประกอบรูปขนนก (Pinnate) แต่ละใบแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนแกนกลางที่มีใบย่อยอยู่ 2 ข้าง และส่วนก้านทางใบ ซึ่งมีขนาดสั้นกว่าส่วนแกนกลางและมีหนามสั้นๆอยู่ 2 ข้าง ดังรูปที่ 2.2 แต่ละทางใบมีใบย่อย 100-160 คู่ แต่ละใบย่อยยาว 80-120 เซนติเมตร กว้าง 4-6 เซนติเมตร สีของทางใบไม่มีผลต่อการสร้างทะลายปาล์ม โดยสีของทางใบอาจเป็นสีเขียวหรือสีเหลืองก็ได้ตามคุณสมบัติของพันธุ์ (ธีระพงศ์, 2555)

รูปที่ 2.2 ลักษณะใบของปาล์มน้ำมัน (ธีระพงศ์, 2555)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.4 ช่อดอก

ปาล์มน้ำมันเป็นพืชสมบูรณ์เพศ โดยมีดอกตัวเมียและดอกตัวผู้แยกช่อดอกอยู่ในต้นเดียวกัน ในสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมช่อดอกจะพัฒนาเป็นช่อดอกตัวเมียเป็นส่วนใหญ่ และจะพัฒนาไปเป็นทะลายที่สุกเต็มที่สามารถเก็บเกี่ยวได้ ปาล์มน้ำมันจะเริ่มออกดอกเมื่ออายุประมาณ 2-3 ปี (นับจากเมล็ดงอก) โอกาสที่จะเกิดเป็นช่อดอก ตัวผู้ ตัวเมีย หรือ ดอกกระเทย ขึ้นอยู่กับพันธุกรรม อายุพืช สภาพแวดล้อม และการจัดการ (ธีระพงศ์, 2555) ดังรูปที่ 2.3

รูปที่ 2.3 ลักษณะช่อดอกของปาล์มน้ำมัน (นิรนาม 2, 2559)

2.2.5 ทะลาย

ทะลายปาล์มน้ำมัน ประกอบด้วย ก้านทะลาย ช่อทะลายย่อย และผล ดังรูปที่ 2.4 ในแต่ละทะลายมีน้ำหนักผล 45-80 เปอร์เซ็นต์ (ตามความสมบูรณ์และขนาดของทะลาย) ทะลายปาล์มน้ำมันเมื่อสุกแก่เต็มที่ มีน้ำหนักประมาณ 1-60 กิโลกรัม แปรไปตามชนิดของสายพันธุ์ อายุของปาล์มน้ำมัน และปัจจัยสิ่งแวดล้อม ทะลายปาล์มที่เหมาะสมควรมีน้ำหนักทะลายระหว่าง 15-25 กิโลกรัม เนื่องจากเป็นขนาดที่ให้สัดส่วนของผลปาล์มต่อทะลายมากที่สุด ทำให้เปอร์เซ็นต์น้ำมันสูงสุด

รูปที่ 2.4 ลักษณะทะลายของปาล์มน้ำมัน (พืชพลังงาน, 2555)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.6 ผล

ผลปาล์มน้ำมันไม่มีก้านผล (Sessile drup) รูปร่างมีหลายแบบ ทั้งรูปร่างเรียวแหลมจนถึงรูปไข่ ความยาวผลอยู่ระหว่าง 2-5 เซนติเมตร น้ำหนักผลมีตั้งแต่ 3-30 กรัม ผลปาล์มประกอบด้วย ผิวเปลือกนอก (Exocarp), เนื้อปาล์ม (Mesocarp) เป็นเนื้อเยื่อเส้นใยเมื่อสุกมีสีส้มแดงจะมีน้ำมัน ดังรูปที่ 2.5

รูปที่ 2.5 ลักษณะผลของปาล์มน้ำมัน (นิรนาม 3, 2559)

2.2.7 เมล็ด

เมล็ดปาล์มของปาล์มน้ำมันมีลักษณะแข็งประกอบด้วยกะลา (Endocarp) มีสีน้ำตาลแก่ และเนื้อในเมล็ดปาล์ม (Kernel) มีสีขาวอมเทามีน้ำมันสะสมอยู่ ขนาดของเมล็ดขึ้นอยู่กับความหนาของกะลาและขนาดของเนื้อในเมล็ดปาล์ม ดังรูปที่ 2.6

รูปที่ 2.6 ลักษณะเมล็ดของปาล์มน้ำมัน (นิรนาม 4, 2560)

2.3 พันธุ์ปาล์มน้ำมัน

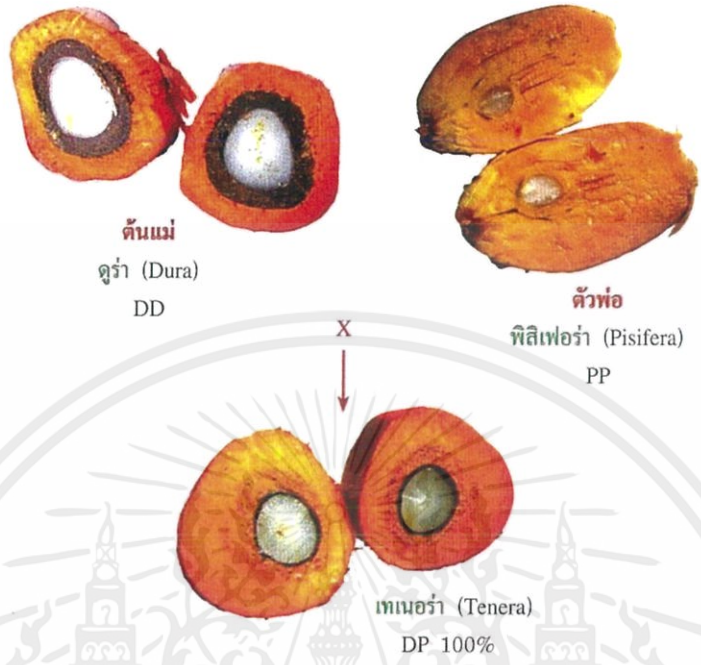
พันธุ์ปาล์มน้ำมันแยกได้เป็น 3 ชนิด ตามลักษณะของผล ดังรูปที่ 2.7 ได้แก่

1. ดูรา (Dura) เป็นพันธุ์ปาล์มที่ผลมีกะลาหนา

2. พิสิเฟอรา (Pisifera) เป็นพันธุ์ปาล์มที่ผลไม่มีกะลา หรือกะลาบางมาก รอบเมล็ดจะมีเส้นใยล้อมรอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. เทเนอรา (Tenera) เป็นพันธุ์ปาล์มลูกผสม ที่ใช้ต้นแม่เป็นพันธุ์ดูราและต้นพ่อเป็นพันธุ์พิสิเฟอรา (บางครั้งเรียก DxP) ผลที่ได้จึงมีกะลาบางและมีเส้นใยสีน้ำตาลล้อมรอบกะลา ปัจจุบันเป็นพันธุ์ที่ปลูกเพื่อทำการค้า เพราะให้ผลผลิตและเปอร์เซ็นต์น้ำมันสูง



รูปที่ 2.7 ลักษณะผลปาล์มพันธุ์ ดูรา พิสิเฟอรา และเทเนอรา (ธีระพงศ์, 2555)

ตารางที่ 2.1 เปรียบเทียบลักษณะของพันธุ์ปาล์มที่สำคัญ (ธีระพงศ์, 2555)

ลักษณะ	แบบของพันธุ์		
	ดูรา	เทเนอรา	พิสิเฟอรา
ความหนากะลาของผลปาล์ม (มิลลิเมตร)	2-8	3 (0.5-4)	บางมากหรือไม่มี
เส้นใยสีน้ำตาลรอบกะลา	ไม่มี	มี	เส้นใยหุ้มรอบกะลาหรือเนื้อในเมล็ด
เนื้อปาล์ม (เปอร์เซ็นต์)	30-70 (20-65)	60-95	มากกว่า 90

เนื่องจากมีการใช้พันธุ์เทเนอราปลูกในทางการค้า ดังนั้นในการผลิตเมล็ดพันธุ์เทเนอราจึงทำให้มีการคัดเลือกต้นแม่พันธุ์ (ดูรา) และพ่อพันธุ์ (พิสิเฟอรา) ที่มีคุณสมบัติเด่นๆเพื่อผลิตเมล็ดเทเนอราที่มีคุณภาพสูง และเหมาะสมในแต่ละพื้นที่ปลูกต่างๆ

2.3.1 แหล่งแม่พันธุ์

ชนิดของแม่พันธุ์ปาล์มซึ่งเป็นสายพันธุ์ดูรา ที่นิยมใช้กันมี 3 ชนิด ได้แก่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. DELI DURA เป็นกลุ่มแม่พันธุ์ดูราที่ใช้กันมากที่สุด แม่พันธุ์กลุ่มนี้เริ่มปลูกที่สวนพฤษศาสตร์เมือง Deli ประเทศอินโดนิเซีย จำนวน 4 ต้น เมื่อปี พ.ศ.2391 หลังจากนั้นได้มีการพัฒนาและคัดเลือกต้นที่มีลักษณะดีคือผลผลิต (ทะลายสด) สูง เปอร์เซ็นต์น้ำมันสูง

2. DUMPY DURA เป็นกลุ่มแม่พันธุ์ดูราที่คัดเลือกมาจาก DELI DURA โดยเลือกต้นที่มีลักษณะลำต้นใหญ่และเตี้ย มีทะลายใหญ่และให้ผลผลิตสูง

3. AFRICAN DURA เป็นแม่พันธุ์ดูราที่มีถิ่นกำเนิดในแถบแอฟริกา แม่พันธุ์ชนิดนี้มีข้อด้อยคือมีขนาดทะลายเล็กและลำต้นสูงเร็ว

กลุ่มแม่พันธุ์ทั้ง 3 กลุ่มชนิด Elaeis quineensis ซึ่งเรียกว่า Africa oil palm แต่ปาล์มน้ำมันยังมีอีกกลุ่มหนึ่งคือ Elaeis oleifera หรือ America oil palm ในปัจจุบันมีการพัฒนาแม่พันธุ์ที่มีการผสมระหว่าง E.quineensis x E.oleifera ซึ่งแม่พันธุ์ (Dura) ลูกผสมนี้จะเรียกว่า Compact

2.3.2 แหล่งพ่อพันธุ์

ชนิดของพ่อพันธุ์ซึ่งเป็นสายพันธุ์พิสิเฟอรา ที่ผลิตในปัจจุบัน ได้แก่

1. AVROS เป็นกลุ่มพ่อพันธุ์ที่พัฒนาโดยสถาบัน AVROS ของประเทศอินโดนิเซีย ใช้ผสมกับแม่ Deli dura ได้ลูกผสม DELI x AVROS ให้ผลผลิตสูง กะลาบาง ผลปาล์มเป็นรูปไข่ ขนาดใหญ่ (น้ำหนัก 1 ผล มากกว่า 11 กรัม) แต่ลำต้นสูงเร็ว (ความสูงมากกว่า 70 เซ็นติเมตร/ปี) ขนาดทะลายใหญ่ (มากกว่า 15 กิโลกรัม) มีเปอร์เซ็นต์น้ำมัน 26-28 เปอร์เซ็นต์ เหมาะสำหรับปลูกในพื้นที่ที่มีน้ำสมบูรณ์ ปริมาณน้ำฝนมาก

2. YANGAMBI เป็นกลุ่มพ่อพันธุ์ที่ใกล้ชิดกับ AVROS มีถิ่นกำเนิดในประเทศแซร์ทวีปแอฟริกา มีลักษณะใกล้เคียงกับ AVROS โดยลูกผสม Deli x Yangambi มีอัตราการสูงของลำต้นมากกว่า 70 เซนติเมตร /ปี ทะลายขนาดปานกลาง (13-15 กิโลกรัม) ขนาดผลใหญ่ (น้ำหนัก 1 ผล มากกว่า 11 กรัม) มีเปอร์เซ็นต์น้ำมัน 26-28 เปอร์เซ็นต์

3. LA ME เป็นกลุ่มพ่อพันธุ์ที่มีการปรับปรุงพันธุ์ที่เมือง LAME ประเทศไอวารี่โคสต์ ทวีปแอฟริกา ลักษณะลูกผสม Deli x La Me จะมีลักษณะต้นเตี้ย (ความสูงน้อยกว่า 60 เซนติเมตร/ปี) ผลมีขนาดเล็ก (น้ำหนัก 1 ผล น้อยกว่า 9 กรัม) ทะลายขนาดเล็ก (น้อยกว่า 13 กิโลกรัม/ทะลาย) เปอร์เซ็นต์น้ำมันมากกว่า 26 เปอร์เซ็นต์ มีลักษณะเด่นคือก้านทะลายยาว ทำให้ง่ายต่อการเก็บเกี่ยว ทนแล้ง ให้ผลผลิตทะลายสดค่อนข้างสม่ำเสมอแม้จะปลูกในสภาพพื้นที่ไม่เหมาะสม

4. EKONA เป็นกลุ่มพันธุ์ที่บางสายพันธุ์ต้านทานต่อโรค fusarium wilt มีลักษณะต้นเตี้ย อัตราการสูงของลำต้นน้อยกว่า 60 เซนติเมตร/ปี ทะลายมีขนาดกลาง (13-15 กิโลกรัม) ผลเล็ก (น้ำหนัก 1 ผล น้อยกว่า 9 กรัม) มีเปอร์เซ็นต์น้ำมัน 26-28 เปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. CALABAR เป็นกลุ่มพ่อพันธุ์ที่มีถิ่นกำเนิดจาก Calabar ประเทศไนจีเรีย ทวีปแอฟริกาใต้ ลูกผสมที่ใช้ CALABAR เป็นพ่อพันธุ์จะเจริญได้ดีในสภาพฝนตกชุก ความชื้นสูง และมีแสงแดดน้อย ลูกผสมกลุ่มนี้มีสีผลเป็นแบบ Virescens (ผลดิบมีสีเขียวและเปลี่ยนเป็นสีส้มเมื่อสุก)

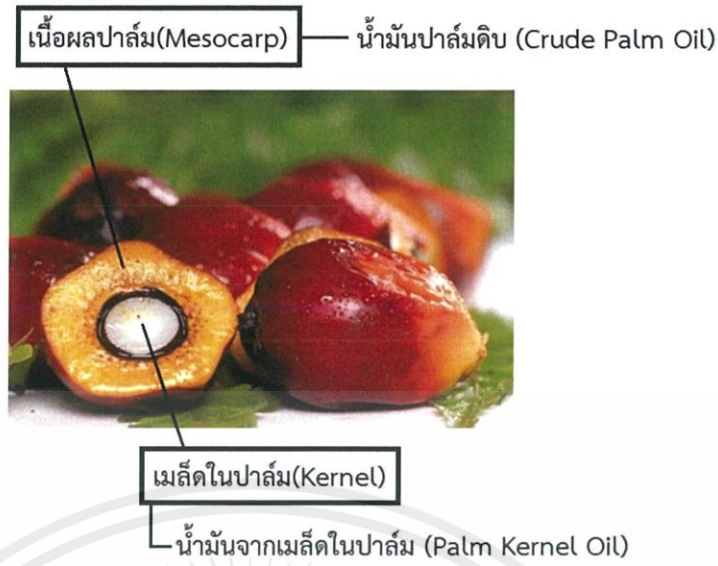
2.4 การเก็บเกี่ยวปาล์มน้ำมัน

การเก็บเกี่ยวปาล์มน้ำมันมีความสำคัญเป็นอย่างมาก เนื่องจากเป็นปัจจัยที่มีผลต่อการกำหนดปริมาณและคุณภาพของน้ำมันปาล์มดิบ โดยปริมาณน้ำมันดิบนิยมคำนวณจากอัตราส่วนของน้ำมันที่สกัดได้ต่อผลผลิตทะลายปาล์ม ซึ่งปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพของน้ำมันปาล์ม ได้แก่ การดูแลรักษา พันธุ์ปาล์มน้ำมัน และระยะเวลาที่เหมาะสมต่อการเก็บเกี่ยวทะลายปาล์ม โดยการเก็บเกี่ยวทะลายที่ถูกต้องจะทำให้ได้ทะลายปาล์มที่มีคุณภาพและเปอร์เซ็นต์น้ำมันสูง ซึ่งมีผลต่อราคาทะลายปาล์ม (เปอร์เซ็นต์น้ำมัน หมายถึงเปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักน้ำมันที่หีบได้ เมื่อเปรียบเทียบกับน้ำหนักทะลายปาล์มสดที่เกษตรกรนำมาขายให้กับโรงงาน) ปัจจัยที่กำหนดเปอร์เซ็นต์น้ำมันในทะลายจะประกอบด้วย 3 ปัจจัย ได้แก่ องค์ประกอบผล องค์ประกอบทะลาย และความสุกของผลในทะลาย ซึ่งแต่ละปัจจัยต่างก็มีผลเปอร์เซ็นต์น้ำมันทั้งสิ้น ซึ่งจะกล่าวถึงในข้อ 2.4.3 ต่อไป

2.4.1 การพัฒนาการของผลปาล์มน้ำมัน

การพัฒนาการตั้งแต่เริ่มผสมเกสรไปจนกระทั่งสุกแก่จะใช้เวลาประมาณ 5 - 6 เดือน แต่ทั้งนี้อาจจะมีความคลาดเคลื่อนบ้างทั้งนี้ขึ้นกับความอุดมสมบูรณ์ของต้น ฤดูกาลที่แตกต่างกัน โดยในช่วงที่มีฝนตกติดต่อกันจะส่งผลให้ผลปาล์มสุกแก่เร็วขึ้น ในช่วงที่ปาล์มน้ำมันแก่จัดช่วงนี้จะเกิดแป้งในปริมาณค่อนข้างสูง จากนั้นจึงค่อยๆเปลี่ยนเป็นน้ำมัน เรียกว่า กลีเซอไรด์ (Glyceride) หลังจากที่สีของผลเริ่มเปลี่ยนแปลง ก็จะสร้างเอนไซม์ชนิดหนึ่ง เรียกว่า ไลเปส (lipase) ทำหน้าที่ในการเปลี่ยนกลีเซอไรด์ให้เป็นกรดไขมันอิสระกับกลีเซอรอล ในช่วงที่ผลปาล์มเริ่มสุกปริมาณกรดไขมันอิสระยังมีในระดับน้อย แต่เมื่อมีการตัดทะลายปาล์มออกจากต้นปริมาณกรดไขมันอิสระจะค่อยๆเพิ่มขึ้นในส่วนของเนื้อผลปาล์ม ประมาณ 1-5% ภายใน เวลาประมาณ 20 นาที แต่หากมีการเก็บเกี่ยวที่ไม่ถูกต้องเกิดการตกกระทบลงสู่พื้นในระหว่างการเก็บเกี่ยวก็จะส่งผลให้เกิดปริมาณกรดไขมันอิสระเพิ่มขึ้นอีกหลายชนิด ได้แก่ Linoleic acid, Myristic acid, Oleic acid, Palmitic acid, และ Stearic acid เป็นต้น โดยยิ่งมีปริมาณกรดไขมันอิสระมากขึ้นเท่าใด ก็ส่งผลให้คุณภาพของผลผลิตปาล์มน้ำมันลดต่ำลงมากเท่านั้น องค์ประกอบของทะลายและเปอร์เซ็นต์น้ำมันต่อทะลาย พบว่าส่วนที่สามารถจะสกัดน้ำมันได้ มี 2 ส่วน คือ เนื้อผลปาล์ม (Mesocarp) และเนื้อในเมล็ดปาล์ม (Kernel) ดังรูปที่ 2.8 มีสัดส่วนเป็น 62.35% และ 10.85% ของทะลาย ตามลำดับ และส่วนที่ไม่มีน้ำมัน คือ ก้านผลและก้านทะลาย มีสัดส่วนเป็น 9.35% และ 17.44% ของทะลาย นอกจากนี้จะพบว่าทะลายปาล์มน้ำมันที่มีการพัฒนาสีผล 100% มีน้ำมันต่อทะลาย 28.37% น้ำในเนื้อผล 34.38% ส่วนทะลายที่มีการสุกแก่เพียง 60-70% มีน้ำมันต่อทะลาย 19.01% น้ำในเนื้อผล 53.35% (นิรนาม 5, 2560)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.8 น้ำมันที่สกัดได้จากเนื้อผลปาล์ม (Mesocarp) และเนื้อในเมล็ดปาล์ม (Kernel) (นิรนาม 3, 2559)

2.4.2 การเปลี่ยนสีผิวเปลือกปาล์มน้ำมัน มี 3 ประเภท คือ

1. Virescens fruit ผลปาล์มดิบมีสีเขียว เมื่อสุกเป็นสีส้ม และจุกของผลหลุดร่วง ที่ปลายยอด ของผลมี persistent stigma ซึ่งมีวงแหวนสีเขียวอยู่รอบๆ

2. Nigrescens fruit ผลปาล์มดิบมีสีม่วงเข้มจนถึงดำ เมื่อสุกเป็นสีแดงส้ม และจุกของผลมีสีน้ำตาลหรือดำเหมือนเดิมไม่ว่าดิบหรือสุก

3. Albescens มีสีผิวเปลือกเมื่อสุกเป็นสีเหลืองซีด โดยทั่วไปพบน้อยมาก

2.4.3 ปัจจัยที่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์น้ำมัน

2.4.3.1 องค์ประกอบของผลปาล์ม ประกอบด้วย 4 ส่วน ได้แก่

1.ผิวเปลือกนอก (Exocarp) องค์ประกอบส่วนนี้เป็นผิวนอกของปาล์ม มีผลต่อเปอร์เซ็นต์น้ำมันน้อยมาก

2.เนื้อปาล์ม (Mesocarp) เป็นชั้นเนื้อเยื่อเส้นใยสีส้มแดง เมื่อปาล์มสุกจะมีน้ำมันในชั้นนี้ ความหนาของชั้นเปลือกนอกจะเป็นปัจจัยที่สำคัญในการกำหนดเปอร์เซ็นต์น้ำมัน ผลปาล์มที่มีเนื้อหนาจะมีเปอร์เซ็นต์น้ำมันมากกว่าผลปาล์มที่มีเนื้อบาง

3.กะลาหรือเมล็ด (Endocarp) เป็นเปลือกแข็งซึ่งห่อหุ้มเนื้อเยื่อภายในเมล็ด ผลปาล์มที่มีกะลาหนาจะมีเปอร์เซ็นต์น้ำมันของทะลายน้อยกว่าผลปาล์มที่มีกะลาบาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.เนื้อในเมล็ดปาล์ม (Kernel) เป็นเนื้อในที่มีสีขาวอมเทา เนื้อส่วนนี้จะมีน้ำมันสะสมอยู่เช่นกัน ซึ่งส่วนนี้ไม่ค่อยมีผลต่อเปอร์เซ็นต์น้ำมันมากนัก เพราะองค์ประกอบนี้จะผกผันกับเนื้อปาล์มด้านนอก หากเมล็ดมีขนาดใหญ่จะทำให้เนื้อปาล์มด้านนอกกะลาบางลง

2.4.3.2 องค์ประกอบของทะลาย

ทะลายปาล์มจะประกอบด้วย แกนทะลาย แขนงทะลาย ผลปาล์มลีบและผลปาล์มสมบูรณ์ โดยผลปาล์มจะเป็นส่วนที่มีน้ำมัน ดังนั้นหากองค์ประกอบของทะลายมีเปอร์เซ็นต์ของผลปาล์มมากก็จะทำให้ผลปาล์มมีเปอร์เซ็นต์น้ำมันมาก แต่ในทางตรงกันข้ามหากทะลายปาล์มมีเปอร์เซ็นต์ของแขนง แกนทะลาย และผลลีบมากก็จะทำให้เปอร์เซ็นต์น้ำมันต่ำ

2.4.3.3 ความสุกของผลปาล์ม

โดยปกติการพัฒนาของผลปาล์มจากระยะเริ่มติดผลจนกระทั่งผลปาล์มสุกจะใช้เวลาประมาณ 20 สัปดาห์ โดยในช่วง 3 สัปดาห์แรกจะมีการพัฒนาในด้านความยาวผล หลังจาก 3 สัปดาห์แล้วผลปาล์มจะมีการพัฒนาของชั้นเนื้อปาล์มและเนื้อในเมล็ดปาล์ม โดยการขยายของเปลือกจะดำเนินไปพร้อมกับการพัฒนาของเนื้อในเมล็ดปาล์ม และการสังเคราะห์น้ำมันในเนื้อเมล็ดปาล์มจนกระทั่ง 13-14 สัปดาห์ ผลจะหยุดการขยายของเปลือกนอกหลังจากสัปดาห์ที่ 14 จะมีการสังเคราะห์น้ำมันในเนื้อปาล์ม โดยในสัปดาห์ที่ 15 จะมีการสะสมน้ำมันอย่างรวดเร็วจนกระทั่งในสัปดาห์ที่ 20 การสังเคราะห์น้ำมันในเนื้อปาล์มจะสิ้นสุดลงและเริ่มมีการร่วงของผลระยะนี้ถือว่าเป็นระยะที่สุกเหมาะสมที่จะเก็บเกี่ยว (นิรนาม 5, 2560)

2.4.4 ดัชนีการเก็บเกี่ยวปาล์ม

ดัชนีการเก็บเกี่ยวปาล์มน้ำมันนอกจากจะสามารถประเมินจากสีเปลือกแล้วยังสามารถประเมินจากผลปาล์มน้ำมันที่สุกและร่วงหล่นลงพื้นดิน เช่น ทะลายปาล์มที่จัดได้ว่าอยู่ในช่วงที่สุกพอดี ควรมีผลปาล์มร่วงลงพื้นดินเฉลี่ยประมาณ 2 ผลต่อน้ำหนักทะลายปาล์มสด 1 กิโลกรัม แต่ทั้งนี้อาจจะต้องสังเกตลักษณะอื่นๆควบคู่ไปด้วยเช่นกัน นอกจากนี้หากพบว่ามีการปล่อยให้ทะลายปาล์มน้ำมันสุกเกินไปก็จะส่งผลให้เกิดกรดไขมันอิสระเพิ่มสูงขึ้นอย่างรวดเร็วอีกด้วย ซึ่งไม่เป็นผลดีต่อการจำหน่าย ผลผลิตปาล์มน้ำมันของเกษตรกร ดังนั้นสิ่งที่ต้องคำนึงเป็นอันดับต้นๆของการผลิตปาล์มน้ำมันนั่นก็คือ ระยะการเก็บเกี่ยวผลผลิตปาล์มน้ำมันที่เหมาะสมเพื่อลดปริมาณการเกิดกรดไขมันอิสระ การกำหนดระยะเวลาและรอบการเก็บเกี่ยวที่เหมาะสมนั้น ต้องพิจารณาถึงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของผลปาล์มสุกในทะลายกับค่าใช้จ่ายแรงงาน ค่าขนส่ง สภาพดินฟ้าอากาศและการขึ้นลงของราคาปาล์มสดในขณะนั้น โดยปกติจะพบว่าราคาค่อนข้างมีความผันผวนตลอดเวลาด้วยเช่นกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.5 มาตรฐานและดัชนีการเก็บเกี่ยวของปาล์ม

สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ ได้กำหนดคุณภาพทั่วไปของทะลายปาล์มตามมาตรฐานสินค้าเกษตรทะลายปาล์มน้ำมัน (มกษ.5702-2552) ที่เก็บเกี่ยวเพื่อจำหน่ายไว้ดังนี้

1. ทะลายปาล์มมีลักษณะตรงตามพันธุ์
2. เป็นทะลายปาล์มสุกหรือกึ่งสุก
   - ทะลายสุก (Ripe bunch) เป็นทะลายปาล์มที่ผลปาล์มส่วนใหญ่มีผิวเปลือกสีส้มแดงหรือสีแดง และเนื้อปาล์ม (Mesocarp) มีสีส้ม และมีจำนวนผลร่วงอย่างน้อย 10 ผล/ทะลาย
   - ทะลายกึ่งสุก (Underripe bunch) เป็นทะลายที่ผลปาล์มส่วนใหญ่ มีผิวเปลือกสีส้มแดงหรือแดงม่วง มีจำนวนผลร่วงน้อยกว่า 10 ผล/ทะลาย
3. มีความสด (ส่งถึงโรงงานภายใน 24 ชั่วโมงหลังเก็บเกี่ยว) โดยไม่ผ่านการรดน้ำหรือมีการกระทำใดๆที่เป็นการเร่งให้ดูเหมือนสุกหรือผลร่วง เช่น การบ่มแก๊ส
4. สะอาดและปราศจากสิ่งแปลกปลอมที่มองเห็นได้
5. ไม่มีความเสียหายอันเนื่องมาจากศัตรูพืชที่มีผลกระทบต่อคุณภาพผลผลิต
6. ความยาวของก้านทะลายไม่เกิน 5 เซนติเมตร

2.4.6 มาตรฐานคุณภาพทะลายปาล์ม

สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ 2552 ได้กำหนดชั้นคุณภาพทะลายปาล์มน้ำมันเป็น 3 ชั้น ดังนี้

1. ชั้นพิเศษ (Extra class) ทะลายปาล์มน้ำมันชั้นนี้มีคุณภาพดีที่สุด โดยมีคุณสมบัติตามคุณภาพทั่วไป และมีทะลายสุกไม่น้อยกว่า 90% มีทะลายปาล์มกึ่งสุกไม่เกิน 10% ของจำนวนทะลายปาล์มน้ำมันในรุ่น (รุ่นหรือlotที่นำส่งโรงงาน) และ/หรือ มีสัดส่วนน้ำมันต่อทะลาย (oil/bunch) ไม่น้อยกว่า 24%

2. ชั้นหนึ่ง (Class I) ทะลายปาล์มน้ำมันชั้นนี้ต้องมีคุณภาพดีตามคุณภาพทั่วไป และมีทะลายสุกไม่น้อยกว่า 80% และทะลายกึ่งสุกไม่เกิน 20% ของจำนวนทะลายปาล์มน้ำมันในรุ่น และ/หรือ มีสัดส่วนน้ำมันต่อทะลาย (oil/bunch) ไม่น้อยกว่า 22%

3. ชั้นสอง (Class II) ทะลายปาล์มน้ำมันชั้นนี้ต้องมีคุณภาพพื้นฐานตามคุณภาพทั่วไป และมีทะลายสุกไม่น้อยกว่า 70% และทะลายกึ่งสุกไม่เกิน 30% ของจำนวนทะลายปาล์มน้ำมันในรุ่น และ/หรือ มีสัดส่วนน้ำมันต่อทะลาย (oil/bunch) ไม่น้อยกว่า 20%

*สัดส่วนน้ำมันต่อทะลาย คือ ผลการคำนวณที่ได้จากการวิเคราะห์องค์ประกอบของทะลายปาล์มน้ำมันกับเปอร์เซ็นต์น้ำมันที่สกัดได้จากผลปาล์มน้ำมัน โดยไม่รวมเนื้อในเมล็ดปาล์ม (kernel)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.7 วิธีการเก็บเกี่ยวปาล์มน้ำมัน

1. ควรมีการตัดแต่งทางลำเลียงปาล์มน้ำมันในแต่ละแปลงให้เรียบร้อย สะดวกต่อการตัดและการขนย้าย

2. ควรมีการวางทางใบปาล์มน้ำมันที่ตัดแต่งแล้วให้เป็นระเบียบอย่าให้ปิดกั้นทางระบายน้ำในแปลง

3. ควรคัดเลือกทะลายปาล์มสุกโดยการสังเกตจากมาตรฐานของสีผล ซึ่งผลจะเปลี่ยนเป็นสีส้มแดงและจำนวนผลสุกที่ร่วงหล่นลงบนพื้นประมาณ 10-12 ผล

4. ควรมีการตัดขั้วทะลายปาล์มให้สั้นที่สุดเพื่อให้ง่ายต่อการขนส่งเพื่อให้สะดวกต่อการเข้าสู้โรงงานและจะได้ไม่ถูกกดราคาจากโรงงานผู้รับซื้ออีกด้วย

5. การเก็บรวบรวมผลผลิตปาล์มน้ำมันจำเป็นต้องคำนึงถึงความบอบช้ำที่อาจจะเกิดขึ้นได้จากการเทผลผลิตรวมไว้ด้วยกันจนอาจส่งผลให้ปริมาณกรดไขมันอิสระจะเพิ่มมากขึ้น

2.4.8 ช่วงเวลาในการเก็บเกี่ยวปาล์มน้ำมัน (นิรนาม 5, 2560)

ปาล์มน้ำมัน อายุ 2-5 ปี เมื่อปาล์มน้ำมันให้ดอกตัวเมียประมาณ 50% ของพื้นที่ ก็จะเริ่มเด็ดดอกทิ้งควรมีการเด็ดดอกทิ้งติดต่อกันประมาณ 6-18 เดือน ซึ่งจะส่งผลให้สามารถเก็บเกี่ยวปาล์มน้ำมันได้ครั้งแรกเมื่อปาล์มน้ำมันอายุ 3-4 ปี ถ้าหากเป็นช่อดอกอ่อนจะสามารถใช้วิธีดึงช่อดอกด้วยมือได้ แต่ถ้าเป็นช่อดอกที่มีอายุมากกว่า 6 เดือน ควรใช้สิ่วใบแคบเพื่อป้องกันไม่ให้ต้นปาล์มน้ำมันเกิดบาดแผล การเด็ดช่อดอกทิ้งทำให้มีการสะสมคาร์โบไฮเดรตในลำต้นเพิ่มขึ้น ทะลายที่ได้จะมีคุณภาพและมีความสมบูรณ์มากขึ้น แต่หากไม่มีการตัดช่อดอกปาล์มชุดแรกทิ้งจะส่งผลให้ทะลายปาล์มน้ำมันในชุดนั้นมีขนาดเล็กและคุณภาพต่ำทั้งในแง่จำนวนผลต่อทะลายและเปอร์เซ็นต์น้ำมันในเนื้อผล และยังส่งผลให้มีการสะสมทะลายเน่ามากขึ้นด้วย สำหรับเครื่องมือที่ใช้เก็บเกี่ยวปาล์มน้ำมันที่อายุนี้ จะเป็นเสียมขนาดเล็ก ความกว้าง 7-12 เซนติเมตร ความยาว 25 เซนติเมตร ความยาวตลอดทั้งตัวเสียมและด้ามคือ 145 เซนติเมตร โดยใช้เสียมแทงไปตรงก้านทะลายและตัดให้ชิดทะลาย ก้านทะลายไม่ควรยาวเกิน 5 ซม. สำหรับปาล์มน้ำมันที่อายุน้อยควรหลีกเลี่ยงการตัดทางใบที่มีสีเขียว เนื่องจากทางใบปาล์มน้ำมันที่มีสีเขียวยังคงมีประสิทธิภาพในการสังเคราะห์แสงและสามารถเปลี่ยนรูปพลังงานเป็นคาร์โบไฮเดรตสะสมในลำต้น ส่งผลให้ต้นปาล์มน้ำมันมีความสมบูรณ์และแข็งแรงมากขึ้น

ปาล์มน้ำมันอายุ 5 ปีขึ้นไป การเก็บเกี่ยวปาล์มน้ำมันอายุมากกว่า 5 ปี แตกต่างจากปาล์มอายุน้อยกว่า 5 ปี เนื่องจากต้นปาล์มน้ำมันสูงทำให้การทำงานและการดูความสุกของทะลายยากขึ้น เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บเกี่ยวจะใช้เป็นใบมีดรูปเคียว ยาวประมาณ 60 ซม. ด้ามเป็นไม้ไผ่หรืออะลูมิเนียม ซึ่งการตัดทะลายทำโดยการเอาใบมีดเกี่ยวกับก้านทะลายแล้วออกแรงดึงลง ถ้าทะลายไม่หลุดให้เลื่อนใบมีดมาไว้ที่ตรงปลายทะลายแล้วดึงเพื่อให้ห่างจากใบที่ไม่ต้องการตัด เมื่อใช้ใบมีดรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เคียวตัดทะลายก็จะตัดใบรองทะลายออกด้วย ควรตัดทางใบให้เหลือทางใบรองรับทะลายปาล์มน้ำมัน 2 ทาง และนำทางใบที่ตัดแต่งมาเรียงระหว่างแถวปลูกและทุกๆ 4-5 ปี ควรวางสลับแถวเพื่อเพิ่มปริมาณอินทรียวัตถุให้แก่ดิน นอกจากนั้นต้องมีการดูแลต้นปาล์มน้ำมัน โดยต้องมีการเลาะทางเก่า ต้นเฟิร์น ต้นปาล์มที่งอกในกาบของทางใบปาล์มน้ำมันและทำความสะอาดรอบคอต้นโดยการเอาช่อดอกตัวผู้และทะลายที่เป็นโรค เพื่อป้องกันการสูญเสียของผลผลิตจากลูกร่วงที่จะร่วงลงมาสะสมที่กาบทางใบปาล์มน้ำมัน

2.4.9 รอบหรือความถี่ของการเก็บเกี่ยว (นิรนาม 5, 2560)

รอบหรือความถี่ของการเก็บเกี่ยวปาล์มน้ำมันในแต่ละแปลงจะมีรอบของการเก็บเกี่ยวแตกต่างกันบางสวนอาจเก็บเกี่ยว 2 ครั้งต่อเดือน ในขณะที่สวนที่มีขนาดเล็กจะมีรอบของการเก็บเกี่ยวถี่ขึ้น รอบของการเก็บเกี่ยวจะเปลี่ยนไปตามฤดูกาล มาตรฐานความถี่ที่ใช้ของประเทศไนจีเรียคือทุกๆ 7 วัน ถ้ามีผลผลิตออกมามาก ความถี่ก็จะถี่ขึ้นด้วย ในมาเลเซียช่วง 6 เดือนแรก รอบความถี่จะทุกๆเดือนและ 1 ปีต่อไปเก็บทุกๆ 15 วัน หลังจากนั้นเก็บทุก 7-10 วัน โดยทั่วไปรอบการเก็บเกี่ยวที่แม่นย้ำที่สุดจะขึ้นอยู่กับมาตรฐานความสุกและดัชนีการเก็บเกี่ยว ซึ่งได้แก่จำนวนผลร่วง ถ้าปล่อยให้ผลร่วงมากเกินไปก็จะทำให้สูญเสียคุณภาพของน้ำมัน

2.4.10 ความสุก (นิรนาม 5, 2560)

การเก็บเกี่ยวปาล์มน้ำมันที่มีความสุกแก่ที่เหมาะสมจะส่งผลให้มีการขายในราคาที่สูงขึ้นและจะยังส่งผลให้มีคุณภาพน้ำมันที่ดีอีกด้วย สำหรับรูปแบบการสุกของทะลายปาล์มน้ำมันจะเริ่มสุกจากชั้นนอกของทะลายก่อน โดยเมื่อผลปาล์มเริ่มสุกจะมีการเปลี่ยนแปลงในส่วนของสีผิวเปลือกผล เช่น เปลี่ยนจากผลดิบสีดำเป็นสีส้มแดง หรือผลดิบสีเขียวเป็นสีส้ม ในระยะนี้ผลปาล์มมีการหลุดร่วงจากทะลายปาล์ม ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงสีผิวเปลือกและการหลุดร่วงของผลสามารถใช้เป็นดัชนีการเก็บเกี่ยวปาล์มน้ำมันได้เป็นอย่างดี ช่วงระยะเวลาหลุดร่วงของผลอยู่ในช่วง 11-20 วัน ขึ้นอยู่กับขนาดของทะลาย ในสวนปาล์มน้ำมันขนาดใหญ่จะใช้การหลุดร่วงของผลปาล์มน้ำมันจำนวนเล็กน้อยในช่วงที่ผลปาล์มสุกจะมีการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ โดยเนื้อผลปาล์มอ่อนนุ่มลงทำให้มีรอยช้ำและเกิดบาดแผลได้ง่าย ซึ่งการเกิดบาดแผลของผลปาล์มจะส่งผลให้มีการทำงานของเอนไซม์เพิ่มสูงขึ้น ซึ่งเอนไซม์จะทำให้เกิดการเปลี่ยนจากน้ำมันเป็นกรดไขมันอิสระ โดยทั่วไปทะลายปาล์มที่สุกมีกรดไขมันอิสระประมาณ 0.5% เมื่อส่งทะลายปาล์มน้ำมันไปยังโรงงานจะมีค่ากรดไขมันอิสระประมาณ 2% น้ำมันปาล์มดิบที่สกัดได้ตามมาตรฐานควรมีค่ากรดไขมันอิสระไม่เกิน 5%

2.4.11 มาตรฐานความสุก (นิรนาม 5, 2560)

การเก็บเกี่ยวปาล์มน้ำมันเพื่อให้ได้ปริมาณน้ำมันสูงสุดและมีปริมาณกรดไขมันอิสระเป็นที่ยอมรับทางเศรษฐกิจนั้นมีหลายเกณฑ์มาตรฐาน แต่โดยทั่วไปจะใช้เกณฑ์คือควรมีผลร่วงบนพื้นดิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อย่างน้อย 2 ผลต่อ 1 กิโลกรัม ถ้าทะลายขนาด 10 กิโลกรัมมีจำนวนผลร่วงน้อยกว่า 20 ผลก็ให้รอเก็บในรอบต่อไป ถ้ามีรอบเก็บเกี่ยวทุกๆ 10 วัน หรือสภาพค่อนข้างชื้น แต่ถ้าทะลายมีขนาด 10 กิโลกรัม และมีผลร่วงบนดิน 15 ผลก็สามารถเก็บเกี่ยวทะลายนั้นได้ การวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์น้ำมันต่อน้ำหนักแห้งของผลชั้นใน, ผลชั้นนอกของทะลาย และผลร่วงไม่มีความแตกต่างกัน

2.4.12 ความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพของทะลายกับราคาทะลายปาล์มสด

ในการขายทะลายปาล์มสดของเกษตรกรให้กับโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มนั้น ที่จริงแล้วเป็นการขายน้ำมันปาล์มที่อยู่ในทะลาย ดังนั้นหากทะลายปาล์มมีคุณภาพ มีเปอร์เซ็นต์น้ำมันสูงโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มก็สามารถซื้อในราคาสูงได้ เองจากปัจจัยหลักในการกำหนดราคาทะลายปาล์มสดขึ้นอยู่กับ 2 ปัจจัยสำคัญ คือ ประการแรกคือราคาน้ำมันปาล์มดิบ (Crude palm oil : CPO) ที่โรงสกัดผลิตได้ ประการที่2 คือ คุณภาพของวัตถุดิบซึ่ง ได้แก่ เปอร์เซ็นต์น้ำมันของทะลายปาล์ม

2.5 ระดับความช้ำของผลปาล์ม

ความช้ำของผลปาล์มที่เกิดจากการเก็บเกี่ยวของเกษตรกรและการขนส่งไปยังโรงงาน ดังรูปที่ 2.9 (ก) อาจส่งผลต่อคุณภาพของน้ำมันปาล์มได้ เนื่องจากเนื้อผลปาล์มสัมผัสกับอากาศทำให้เกิดปฏิกิริยาออซิเดชั่นหรือสัมผัสกับน้ำทำให้เกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสได้ ซึ่งจะเกิดกรดไขมันอิสระเพิ่มขึ้นทำให้คุณภาพของน้ำมันปาล์มต่ำลง โดยคุณภาพของน้ำมันปาล์มที่ดีควรมีกรดไขมันอิสระไม่เกินร้อยละ 5 โดยความสัมพันธ์ระหว่างกรดไขมันอิสระกับความช้ำบนผิวผลปาล์มซึ่งสามารถแบ่งระดับความช้ำได้ 4 ระดับ ได้แก่

1. ผลช้ำก่อนเข้าเครื่องจักร ดังรูปที่ 2.9 (ก)
2. ผลไม่ช้ำหรือช้ำเล็กน้อย พื้นที่ผิวมีรอยช้ำไม่เกิน 1 ตารางเซนติเมตร ดังรูปที่ 2.9 (ข)
3. ผลช้ำปานกลาง พื้นที่ผิวมีรอยช้ำ 1-2 ตารางเซนติเมตร ดังรูปที่ 2.9 (ค)
4. ผลช้ำมาก พื้นที่ผิวรอยช้ำมากกว่า 2 ตารางเซนติเมตร ดังรูปที่ 29 (ง)

ซึ่งผลไม่ช้ำหรือช้ำเล็กน้อยและผลช้ำปานกลาง มีปริมาณกรดไขมันอิสระน้อยกว่าร้อยละ 5 ส่วนผลช้ำมากจะมีปริมาณกรดไขมันอิสระมากกว่าร้อยละ 5 ซึ่งจะส่งผลต่อคุณภาพน้ำมัน

รูปที่ 2.9 (ก) ผลช้ำก่อนเข้าเครื่องจักร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.9 (ข) ผลไม่ช้ำหรือช้ำเล็กน้อย

รูปที่ 2.9 (ค) ผลช้ำปานกลาง

รูปที่ 2.9 (ง) ผลช้ำมาก

2.6 การแปรรูปปาล์มน้ำมัน

สำหรับสถานการณ์การผลิตน้ำมันในตลาดโลก พบว่าปาล์มน้ำมันเป็นพืชน้ำมันที่มีศักยภาพที่ใช้สำหรับการบริโภคและอุปโภคมากที่สุดเป็นอันดับต้นๆ นอกจากนี้ยังสามารถให้ปริมาณน้ำมันต่อหน่วยพื้นที่ปลูกสูงมาก เมื่อเปรียบเทียบกับถั่วเหลืองและเมล็ดแรพ โดยการสกัดน้ำมันปาล์มจะสามารถสกัดได้จาก 2 ส่วน คือ ส่วนของเปลือกนอกและจากเมล็ด ซึ่งมีองค์ประกอบทางเคมีที่แตกต่างกัน แต่ทั้งนี้จะเห็นว่าทั้งในส่วนของน้ำมันมะพร้าว น้ำมันถั่วเหลือง น้ำมันถั่วลิสง น้ำมันหมู คือ สารอินทรีย์จำพวกหนึ่งที่เรียกว่าเอสเตอร์ซึ่งโมเลกุลประกอบด้วยสารเคมี 2 ชนิด คือ กลีเซอรอลหรือกลีเซอรีน และกรดอินทรีย์หรือกรดคาร์บอกซิลิกเชื่อมต่อกันด้วยพันธะเคมีที่แข็งแรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.1 ประเภทของการสกัด

1. น้ำมันปาล์มจากเนื้อผลปาล์ม (Mesocarp) น้ำมันปาล์มโดยทั่วไปหีบได้จากเนื้อของผลปาล์มเมื่อหีบจะได้น้ำมันปาล์มดิบมีลักษณะเหลวมีน้ำปนอยู่ หลังจากนั้นจะนำมากรองแยกสิ่งสกปรกและเส้นใยออก แล้วนำไปขจัดความชื้นให้อยู่ในมาตรฐาน เพื่อลดการเกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซีสระหว่างการเก็บทะลายขนส่งน้ำมันปาล์มดิบที่ได้บรรจุลงเก็บในถัง เพื่อรอนำขายให้กับโรงกลั่นใส น้ำมันปาล์มต่อไปน้ำมันปาล์มดิบแยกเป็น 2 ส่วน ส่วนใสและส่วนที่เป็นไข โดยทั่วไปจะหลอมเหลวประมาณ 40 องศาเซลเซียส และจุดแข็งตัวระหว่าง 25-50 องศาเซลเซียส (นิรนาม 5, 2560) ซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดและปริมาณกรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบอยู่ น้ำมันปาล์มดิบจะมีลักษณะสีแดงส้ม ซึ่งเป็นส่วนของสารคาร์โรทีนอยด์ ประกอบด้วยเม็ดสีที่เรียกว่า คาโรทีน ไลโคปีน และซินโตฟิล และอาจมีกลิ่นซึ่งเกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชั่นของ P-ionome น้ำมันปาล์มดิบมีองค์ประกอบของกรดไขมัน

2. น้ำมันปาล์มจากเมล็ดในปาล์ม เมล็ดในปาล์มจะมีน้ำมันประมาณ 46-57% การหีบน้ำมันเมล็ดในทำได้โดยหีบด้วยแรงอัดสูงๆหรือสกัดด้วยตัวทำละลาย น้ำมันที่ได้แตกต่างจากน้ำมันจากเปลือกปาล์ม แต่มีคุณสมบัติและส่วนประกอบใกล้เคียงกับน้ำมันมะพร้าว น้ำมันเมล็ดในจะใสไม่มีสีจนถึงมีสีเหลืองอ่อน กรดไขมันที่มีอยู่ส่วนมากจะเป็นกรดไขมันอิ่มตัวคล้ายกับที่พบในน้ำมันมะพร้าว

2.6.2 กระบวนการผลิตน้ำมันปาล์ม ประกอบด้วย 2 กระบวนการหลัก คือ

2.6.2.1 กระบวนการสกัดน้ำมันปาล์ม (Mill Processing)

ทะลายปาล์มน้ำมันที่ได้จากการเก็บเกี่ยวแล้วจะถูกขนส่งไปยังโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มซึ่งมีกระบวนการสกัดน้ำมัน 2 แบบ คือ แบบมาตรฐาน (หีบน้ำมันแยก) และแบบหีบน้ำมันผสม โดยโรงงานแบบมาตรฐานเป็นโรงงานที่มีกำลังการผลิตสูงประมาณ 30 - 80 ตัน/ชั่วโมง และน้ำมันที่ได้จัดเป็นน้ำมันเกรดเอ เนื่องจากมีการแยกชนิดของน้ำมันปาล์ม สำหรับโรงงานแบบหีบน้ำมันผสมเป็นโรงงานที่มีกำลังการผลิตค่อนข้างต่ำและน้ำมันที่สกัดได้เป็นน้ำมันผสมระหว่างน้ำมันปาล์มจากเนื้อผลปาล์มและน้ำมันจากเมล็ดในปาล์ม

โรงงานผลิตน้ำมันแบบมาตรฐานมีกระบวนการผลิตน้ำมัน 4 ขั้นตอน (นิรนาม 5, 2560) คือ

1. การอบทะลายด้วยไอน้ำ (sterilization) อบที่อุณหภูมิ 130 - 135 องศาเซลเซียส ความดัน 2.5 – 3.0 บาร์ นาน 50 - 75 นาที การอบทะลายจะช่วยหยุดปฏิกิริยาไลโปไลซีส ที่ทำให้เกิดกรดไขมันอิสระในผลปาล์มและช่วยให้ผลปาล์มอ่อนนุ่มหลุดจากขั้วผลได้ง่าย

2. การแยกผล (stripping) เป็นการส่งทะลายเข้าเครื่องแยกผลปาล์มออกจากทะลาย สำหรับทะลายเปล่าจะถูกแยกออกไป จากนั้นนำผลปาล์มไปย่อยด้วยเครื่องย่อยผลปาล์ม เพื่อให้ส่วนเปลือกแยกออกจากเมล็ด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. การสกัดน้ำมัน (oil extraction) น้าส่วนเปลือกอบที่อุณหภูมิ 90 – 100 องศาเซลเซียส นาน 20 - 30 นาที จากนั้นผ่านเข้าเครื่องหีบแบบเกลียวอัดคู่ จะได้น้ำมันปาล์มดิบที่มีองค์ประกอบ คือ น้ำมัน 66 %, น้ำ 24 % และของแข็ง 10 %

4. การทำความสะอาดน้ำมันปาล์มดิบ (clarification) นำน้ำมันปาล์มดิบที่ได้จากการสกัดส่งไปยังถังกรองเพื่อแยกน้ำและของแข็งออก จากนั้นนำเข้าเครื่องเหวี่ยงเพื่อทำความสะอาดอีกครั้งและไล่น้ำออกเพื่อทำให้แห้ง ส่งเข้าถังเก็บน้ำมันเพื่อรอการกลั่นหรือจำหน่ายต่อไป น้ำมันปาล์มดิบที่ได้แยกเป็นสองส่วนคือ

4.1 ส่วนบนมีลักษณะเป็นของเหลวสีส้มแดง (crude palm oil olein) ประมาณ 30-50 %

4.2 ส่วนล่างมีลักษณะเป็นไขสีเหลืองส้ม (crude palm oil stearin) ประมาณ 50-70 %

สำหรับกาก ผลปาล์มจะถูกนำมาแยกเส้นใยออกจากเมล็ด นำเมล็ดที่ได้มาอบแห้งและทำความสะอาด จากนั้นนำเข้าเครื่องกะเทาะเพื่อแยกกะลาออกและนำเมล็ดในมาอบแห้งให้มีความชื้นไม่เกิน 7 % จากนั้นบรรจุกระสอบเพื่อรอจำหน่าย หรือหีบน้ำมันต่อไป น้ำมันปาล์มดิบและน้ำมันเมล็ดในปาล์มที่ได้จาก กระบวนการสกัด สามารถส่งเข้าสู่โรงงานเพื่อทำให้บริสุทธิ์ หรือจะนำไปแยกส่วน (fractionation) ก่อนก็ได้ ซึ่งจะได้น้ำมันปาล์มที่มีคุณสมบัติแตกต่างกันไป

2.6.2.2 กระบวนการกลั่นบริสุทธิ์น้ำมันปาล์ม (Refine Processing) (นิรนาม 5, 2560)

การกลั่นบริสุทธิ์น้ำมันปาล์ม เป็นกระบวนการทำให้น้ำมันปาล์มดิบและน้ำมันเมล็ดในปาล์มดิบเป็นน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์และน้ำมันเมล็ดในปาล์มบริสุทธิ์พร้อมสำหรับการบริโภคซึ่งกระบวนการกลั่นสามารถแบ่งได้เป็น 2 วิธีการ คือ

1. วิธีทางกายภาพ (Physical or Steam refining) เป็นกระบวนการกำจัดกรดไขมันอิสระโดยผ่านไอน้ำเข้าไปในน้ำมันร้อน แล้วกลั่นแยกกรดไขมันอิสระและสารที่ให้กลิ่นให้ระเหยออกไปจึงเป็นการกำจัดกลิ่นและทำให้น้ำมันเป็นกลางไปพร้อมกัน การกลั่นน้ำมันปาล์มโดยวิธีทางกายภาพ ทำได้โดยเตรียมน้ำมันปาล์มดิบหรือน้ำมันเมล็ดในปาล์มดิบที่ไม่มีฟอสโฟลิปิด โดยกำจัดออกด้วยน้ำ แล้วทำปฏิกิริยาด้วยกรดฟอสฟอริก ความเข้มข้น 80 – 85 % ประมาณ 0.05 – 0.2 % ของน้ำมันปาล์มดิบผสมกับน้ำมันที่อุณหภูมิ 90 – 100 องศาเซลเซียส นาน 15 – 30 นาที จากนั้นเติมผงฟอกสี (bleaching earth) ประมาณ 0.8 – 2.0 % ของน้ำมันปาล์มดิบ และฟอกสีภายใต้สภาพสุญญากาศที่อุณหภูมิ 95–100 องศาเซลเซียส นาน 30–45 นาที จากนั้นนำน้ำมันปาล์มผ่านเข้าเครื่องกรองจะได้น้ำมันที่ไม่มีฟอสโฟลิปิด และทำการกลั่นโดยใช้ไอน้ำที่อุณหภูมิน้ำมัน 240-270 องศาเซลเซียส นาน 1-2 ชั่วโมง ภายใต้สภาพสุญญากาศจะได้น้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ (Refined Bleached and Deodorized Palm Oil, RBD PO) หรือน้ำมันเมล็ดในปาล์มบริสุทธิ์ (Refined Bleached and Deodorized Palm Kernel Oil, RBD PKO)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. วิธีทางเคมี (Chemical refining) เป็นกระบวนการกำจัดกรดไขมันอิสระโดยใช้สารเคมี ที่นิยมคือ ใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์หรือโซเดียมคาร์บอเนต ทำปฏิกิริยากับกรดไขมันอิสระในน้ำมันให้เกิดเป็นสบู่ จากนั้นแยกสบู่ออกโดยวิธีการหมุนเหวี่ยง สำหรับความเข้มข้นของด่างที่ใช้มากน้อยแปรผันตามปริมาณกรดไขมันอิสระในน้ำมันปาล์ม การกลั่นน้ำมันปาล์มด้วยสารละลายด่าง เริ่มด้วยการให้ความร้อนแก่น้ำมันปาล์มดิบที่อุณหภูมิ 80–90 องศาเซลเซียส แล้วเติมกรดฟอสฟอริกความเข้มข้น 80–85 % ในปริมาณ 0.05–0.2 % จากนั้นเติมสารละลายด่างซึ่งจะทำให้เกิดสบู่ แยกสบู่ออกด้วยเครื่องหมุนเหวี่ยงและล้างไขสบู่ด้วยน้ำ จากนั้นให้ความร้อนแก่น้ำมันเพื่อไล่น้ำให้ระเหยออก นำน้ำมันมาฟอกสีและกำจัดกลิ่นด้วยไอน้ำจะได้น้ำมันปาล์มที่เรียกว่า “Neutralized Bleached and Deodorized Palm Oil” น้ำมันปาล์มที่ผ่านการทำให้บริสุทธิ์แล้ว จะแยกเป็นสองส่วนคือ ส่วนล่างมีลักษณะเป็นไข และส่วนบนเป็นน้ำมันมีสีเหลืองอ่อนถึงเข้ม เนื่องจากน้ำมันที่ได้มีคุณสมบัติทางเคมีและกายภาพบางประการที่ไม่เหมาะสมสำหรับการผลิตผลิตภัณฑ์บางชนิดจึงได้มีการศึกษาการดัดแปรคุณสมบัติของ น้ำมันปาล์มโดยใช้กระบวนการต่างๆ เพื่อให้สามารถนำไปใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์ได้หลากหลายมากขึ้น ผลิตภัณฑ์ผลพลอยได้ที่สำคัญจากการกลั่นบริสุทธิ์น้ำมันปาล์ม คือ กรดไขมันปาล์ม หรือ Palm Fatty Acid Distillated (PFAD) ซึ่งนิยมใช้เป็นวัตถุดิบในการทำสบู่ อาหารสัตว์ ใช้เป็นสารตั้งต้นในการสกัดกรดไขมันชนิดต่างๆ หรือการสกัดวิตามินอีในอุตสาหกรรมออริโอเคมิคอล

2.7 คุณภาพของน้ำมัน

น้ำมันปาล์มดิบที่สกัดได้ (crude palm oil) จากทะลายปาล์มสดต้องมีกรดไขมันอิสระ (free fatty acid) ไม่เกิน 5 % ซึ่งกรดไขมันอิสระที่เกิดขึ้นมีผลต่อคุณสมบัติทางกายภาพของน้ำมันเช่น จุดหลอมเหลวและจุดตกผลึก และนอกจากนี้ในน้ำมันที่มีกรดไขมันอิสระสูงในขบวนการกลั่นน้ำมันบริโภคต้องมีค่ากรดไขมันอิสระไม่เกิน 0.2 % จึงต้องมีการกำจัดกรดไขมันอิสระออกจากน้ำมันในขั้นตอนของการกลั่นใสทำให้ปริมาณน้ำมันกลั่นใสลดลง ดังนั้นการจะเพิ่มคุณภาพน้ำมันปาล์มดิบจำเป็นต้องทราบปัจจัยที่มีผลต่อการสร้างและยับยั้งกรดไขมันอิสระ

2.7.1 ปัจจัยที่มีผลต่อการสร้างกรดไขมันอิสระ

1. การได้รับแรงกระเทือนทางกายภาพ เช่น การเก็บเกี่ยวและการขนส่ง ส่งผลให้เซลล์ในชั้นเปลือกบอบช้ำทำให้เกิดปฏิกิริยาทางเคมี เกิดการ hydrolysis ของน้ำมัน ทำให้มีการสร้างกรดไขมันอิสระขึ้นซึ่งมักเกิดกับทะลายที่มีความสุกมากเกินไป

2. การเก็บเกี่ยวทะลายปาล์มน้ำมันที่สุกเกินไป ในส่วนของผนังเซลล์ที่หุ้มน้ำมันจะเปราะแตกได้ง่ายกว่าทะลายปาล์มน้ำมันที่สุกพอดี การเก็บเกี่ยวปาล์มน้ำมันในระยะนี้จะส่งผลให้ผลปาล์มจะได้รับอิทธิพลของแรงกระทบกระเทือนมากกว่าทำให้เซลล์แตกหักได้ง่าย ทำให้มีการสร้างกรดไขมันอิสระมากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. เชื้อจุลินทรีย์ เชื้อจุลินทรีย์สามารถเข้าไปทำลายผลปาล์มน้ำมันได้ในสภาพของปาล์มน้ำมันที่ได้รับการกระทบกระเทือนจนเกิดบาดแผล ซึ่งจุลินทรีย์จะไปช่วยเร่งการสร้างกรดไขมันอิสระให้เกิดมากขึ้น

4. ระยะเวลาเก็บเกี่ยวจนถึงโรงงานสกัด ระยะเวลาการขนส่งและการดูแลทะลายปาล์มหลังเก็บเกี่ยวมีผลต่อการสร้างกรดไขมันอิสระเป็นส่วนที่สำคัญ เนื่องจากทะลายสุกจะมีการเจริญเติบโตของเอนไซม์ไลเปสในช่วงสัปดาห์สุดท้ายของการพัฒนาของทะลายปาล์มและจะเพิ่มสูงขึ้นเมื่อมีสภาวะที่เหมาะสมเช่น มีน้ำและอุณหภูมิที่เหมาะสมจะทำให้ค่ากรดไขมันอิสระในน้ำมันที่สกัดได้จากทะลายเพิ่มขึ้น

2.8 องค์ประกอบของน้ำมันปาล์มดิบ

ประกอบด้วย ดังนี้

1. Glycerides ประมาณ 95 %

2. Fatty acids ประมาณ 3 - 5 %

3. Minor & Trace component ประมาณ 1% ซึ่งประกอบไปด้วย phytonutrient ที่มีคุณค่าทางอาหารสูง และสารอื่น ๆ เช่น carotenoid, tocopherols, tocotrienols, sterols, triterperpene alcohols, phospholipids, glycolipids, terpenic hydrocarbons, waxes และ impurities

จากกระบวนการสกัดปาล์มน้ำมัน สามารถแบ่งน้ำมันปาล์มตามวัตถุดิบที่ใช้สกัดเป็น 2 ชนิด คือ น้ำมันปาล์มดิบและน้ำมันเมล็ดในปาล์มดิบ ซึ่งมีองค์ประกอบกรดไขมันที่แตกต่างกัน โดยน้ำมันปาล์มดิบและน้ำมันเมล็ดในปาล์ม มีองค์ประกอบของกรดไขมันอิ่มตัวต่อกรดไขมันไม่อิ่มตัว ในสัดส่วนประมาณ 50 : 50 และ 82 : 18 ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.9 องค์ประกอบกรดไขมันของน้ำมันปาล์มดิบและน้ำมันเมล็ดในปาล์ม

ตารางที่ 2.2 องค์ประกอบกรดไขมันของน้ำมันปาล์มดิบและน้ำมันเมล็ดในปาล์ม (นิรนาม 5, 2560)

กรดไขมัน	น้ำมันปาล์มดิบ (Crude Palm Oil)	น้ำมันเมล็ดในปาล์ม (Palm Kernel Oil)
กรดไขมันอิ่มตัว	50%	82%
C 6:0 (caproic acid)	–	0.1 – 0.5
C 8:0 (caprylic acid)	–	3.4 – 5.9
C10:0 (capric acid)	–	3.3 – 4.4
C12:0 (lauric aid)	0.1 – 0.4	46.3 – 51.1
C14:0 (myristic acid)	1.0 – 1.4	14.3 – 16.8
C16:0 (palmitic acid)	40.9 – 47.5	6.5 – 8.9
C18:0 (stearic acid)	3.8 – 4.8	1.6 – 2.6
C20:0 (arachidic acid)	0 – 0.8	–
กรดไขมันไม่อิ่มตัว	50%	18%
C16:1 (palmitoleic acid)	0 – 0.6	–
C18:1 (oleic acid)	36.4 – 41.2	13.2 – 16.4
C18:2 (linoleic acid)	9.2 – 11.6	2.2 – 3.4
C18:3 (linolenic acid)	0 – 0.5	–

2.10 การนำไปใช้ประโยชน์

น้ำมันปาล์มเป็นน้ำมันที่มีคุณสมบัติเหมาะสมสำหรับการนำไปใช้ประโยชน์ได้หลายอย่าง เนื่องจากความแตกต่างระหว่างองค์ประกอบของกรดไขมันลักษณะทางเคมีและกายภาพ และคุณสมบัติอื่น ๆ ดังนี้

1. มีความคงตัวต่อการเกิดออกซิเดชั่น
2. มีปริมาณไขมันแข็งตามธรรมชาติ
3. มีความคงตัวในการเกิดผลึกเบต้าไพรม์ (B')
4. ราคาถูก หาได้ง่าย และมีการผลิตเพิ่มมากขึ้นในแต่ละปี
5. มีคุณค่าทางโภชนาการ

จากคุณสมบัติเหล่านี้ของน้ำมันปาล์ม จึงได้รับการยอมรับจากภาคอุตสาหกรรมในการนำไปใช้ผลิตผลิตภัณฑ์ต่างๆมากมาย โครงสร้างอุตสาหกรรมปาล์มน้ำมันปัจจุบันการแปรรูปน้ำมันปาล์ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนใหญ่ยังคงเน้นที่การแปรรูปเป็นน้ำมันพืชสำหรับบริโภคประมาณ 85 - 87 %และระบบการผลิตน้ำมันพืชในประเทศไทยมีการผลิตน้ำมันพืชหลายชนิดด้วยกัน

การนำไปใช้กับอุตสาหกรรม 2 ประเภท คือ

2.10.1 อุตสาหกรรมอาหาร (food use) ซึ่งที่นำไปใช้ประโยชน์ในปัจจุบันประกอบด้วย 9 ประเภท คือ

1. เนยขาว (shortening) เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีเฉพาะไขมันและน้ำมันเท่านั้น โดยมีไขมันและน้ำมัน 100% ในการผลิตเนยขาวมีการเติมน้ำมันปาล์ม 15-20% เพื่อเหนี่ยวนำให้เกิดการตกผลึกแบบเบต้าซึ่งเป็นที่ต้องการเนื่องจากจะทำให้เนยขาวมีลักษณะเนื้อเนียนเรียบ

2. มาการีน (margarines) หรือ เนยเทียม เป็นผลิตภัณฑ์ไขมันชนิดหนึ่งที่มีปริมาณไขมันไม่น้อยกว่า 80% แต่เดิมในอดีตการทำมาการีนจะใช้ไขมันจากสัตว์เป็นวัตถุดิบ แต่ในปัจจุบันจะนิยมใช้ไขมันจากพืชทดแทน การทำมาการีนนั้นจำเป็นต้องใช้ผสมระหว่างของแข็งและของเหลวและมีปริมาณไขมันแข็งในสัดส่วนที่ต้องการ ซึ่งอาจจะต้องมีการเติมไฮโดรเจนเข้าไปเพื่อทำให้ไขมันแข็งตัว แต่สำหรับไขมันจากน้ำมันปาล์มนั้นโดยธรรมชาติจะมีการแข็งตัวอยู่แล้ว จึงสามารถใช้เป็นวัตถุดิบได้โดยตรง หรือในบางครั้งอาจจะต้องมีการเติมไฮโดรเจนเพียงเล็กน้อยเพื่อลดความเสี่ยงจากการได้รับไขมันทรานส์จากน้ำมันปาล์ม

3. ไขมันและน้ำมันทอดไขมันและน้ำมันทำหน้าที่เป็นตัวนำความร้อน และสัมผัสกับ อาหารโดยตรง ทำให้เกิดปฏิกิริยาระหว่างไขมันกับโปรตีนและคาร์โบไฮเดรต ท้าให้เกิดกลิ่นและรสที่เกิดจากการทอดน้ำมันและไขมันจะเกิดปฏิกิริยาทางเคมีและกายภาพที่เปลี่ยนแปลงไปทำให้เกิด ควัน ข้น หนืด และมีฟอง การเลือกน้ำมันในการทอด ควรมีความต้านทานต่อการเกิดออกซิเดชั่น และไม่ควรเลือกน้ำมันที่มีปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัวสูง เช่น น้ำมันถั่วเหลือง ในขณะที่น้ำมันปาล์มเป็นน้ำมันที่มีความคงตัวที่อุณหภูมิสูง มีกรดเลโนเลอิกซึ่งเป็นกรดไขมนไม่อิ่มตัวน้อย มีวิตามินอีสูง ช่วยในเรื่องการกันหืน เกิดกลิ่นน้อยกว่าน้ำมันชนิดอื่น

นอกจากการนำมาใช้ทอดแล้ว มาเลเซียยังมีการนำมาผลิตเป็น red palm oil เพื่อใช้สำหรับการปรุงอาหารที่มีการใช้อุณหภูมิไม่สูงมากนัก ทั้งนีพบว่า red palm oil มีคุณค่าทางอาหารสูง ได้แก่

- วิตามินเอ และวิตามินอี เป็นสารต้านอนุมูลอิสระและช่วยลดความเสี่ยงการเกิด โรคมะเร็ง โรคหลอดเลือดหัวใจอุดตัน

- Coenzyme Q10 เป็นสารที่ช่วยเพิ่มความคุ้มกันให้กับร่างกาย ช่วยป้องกันการเกิดโรคมะเร็ง โรคหลอดเลือดหัวใจอุดตัน และช่วยลดระดับความดันโลหิตไม่ให้สูง จนเกินไป ทั้งยังช่วยชะลอริ้วรอยเหี่ยวย่นของผิวหนัง

4. Confectionary fats

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. ครีมเทียม (coffee whitener) นิยมนำมาใช้แทนครีม นมผง หรือนมสดในกาแฟ ชา หรือโกโก้ โดยจำเป็นต้องคำนึงถึงความหลอมเหลวในกาแฟเป็นสำคัญ ซึ่งควรหลอมเหลวที่ 35-37 องศาเซลเซียส ซึ่งจากการทำครีมเทียมจากน้ำมันปาล์มพบว่ามีรสชาติที่ถูกปากคงตัวต่อการออกซิเดชั่น

6. วานาสปาติ เป็นไขมันที่ผ่านการเติมไฮโดรเจน จากนั้นทำให้เย็นและบรรจุลงกระป๋อง ใช้เป็นไขมันเนยในการปรุงอาหาร นิยมบริโภคกันมากในประเทศอินเดียและปากีสถาน

7. วิตามินอี

8. อุตสาหกรรมอาหารสัตว์

9. อุตสาหกรรมอาหารอื่นๆ มีการนำเอาไปใช้ในส่วนประกอบของอาหารต่างๆ เช่น การทำไส้ขนมปัง ไอศกรีม บิสกิต พาย ลูกกวาด คุกกี้ ข้าวโพดคั่ว เป็นต้น

2.10.2 อุตสาหกรรมที่ไม่ใช่อาหาร (non food use) สำหรับอุตสาหกรรมในส่วนนี จะมีเพียง 10-20% ซึ่งแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ

1. การใช้ประโยชน์โดยตรง

- การใช้น้ำมันดีเซล
- Drilling Mud
- สบู่

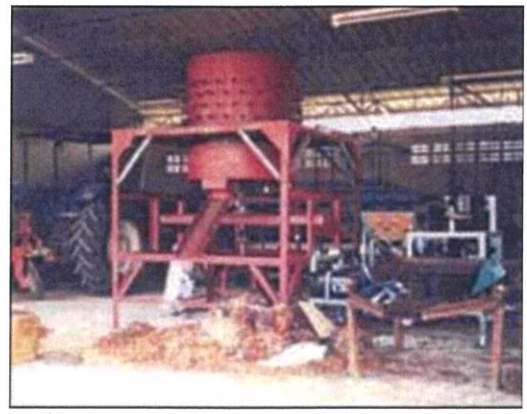
2. การใช้ประโยชน์ผ่านทางอุตสาหกรรมออริโอเคมีคอล

2.11 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.11.1 การพัฒนาเครื่องแยกผลจากทะลายปาล์มน้ำมันสำหรับกลุ่มเกษตรกร

จากภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ได้ออกแบบเครื่องแยกผลปาล์มออกจากทะลาย โดยมีลักษณะเป็นเป็นทรงกระบอกกลวง แกนหมุนวางตัวในแนวตั้ง อาศัยแรงเหวี่ยงและการตี เพื่อนำผลปาล์มออกจากทะลาย ดังรูปที่ 2.10 ซึ่งสามารถนำผลปาล์มออกจากทะลายได้ 80-90% และมีกำลังการผลิต 7,800 กิโกรัม/ชั่วโมง แต่มีข้อเสียคือต้องมีการหยุดพักเครื่องเพื่อนำทะลายเปล่าออกจากตัวเครื่อง ผลปาล์มที่ออกมามีการกระจายออกจากช่องลำเลียง ยากต่อการจัดเก็บ อาศัยการป้อนทีละลูก และผลปาล์มที่ผ่านการเหวี่ยงมีความช้ำระดับหนึ่ง (จิรวัฒน์, 2544)

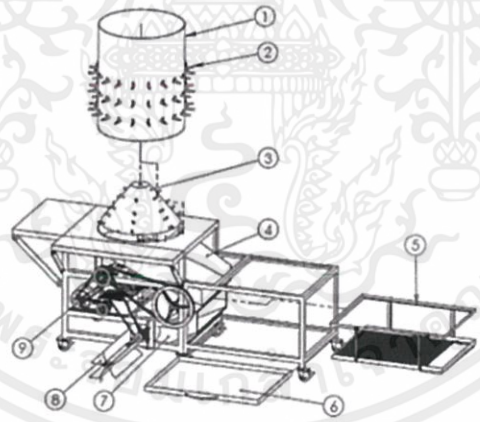
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.10 เครื่องแยกผลปาล์มออกจากทะลายปาล์ม(จิรวัฒน์, 2544)

2.11.2 การทดสอบและพัฒนาเครื่องปลิดผลปาล์มออกจากทะลายปาล์มน้ำมันในเขตพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

จากภาควิชาวิศวกรรมอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ได้นำรูปแบบเครื่องแยกผลปาล์มออกจากทะลาย จากภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ดังรูปที่ 2.11 มาแก้ไขจุดบกพร่องคือ ลดความซ้ำและเพิ่มระเบียบต่อการลำเลียงผลปาล์ม โดยการเพิ่มถาดลำเลียง มีขนาดที่เล็กลงเมื่อเทียบกับเครื่องอื่นๆ สามารถนำผลปาล์มออกจากทะลายได้ 80-90% แต่ยังคงต้องการป้อนทะลายทีละลูก (วุฒิพล, 2556)



รูปที่ 2.11 เครื่องแยกผลปาล์มออกจากทะลายปาล์ม (วุฒิพล, 2556)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

ทฤษฎีและหลักการ

การออกแบบและสร้างเครื่องแยกผลปาล์มออกจากทะลาย มีส่วนประกอบที่สำคัญคือ มอเตอร์ เกียร์ทดรอบ เพลา แบริ่ง โซ่ จานเกียร์ เหล็กฉาก นัทและโบลท์ ซึ่งหลักการเลือกใช้วัสดุต่าง ๆ แสดงดังต่อไปนี้

3.1 ระบบมอเตอร์ต้นกำลัง

มอเตอร์คือเครื่องกลไฟฟ้า (Electromechanical energy) ที่ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานกลในรูปของการหมุนเครื่องที่มอเตอร์ไฟฟ้ามีโครงสร้างเบื้องต้นที่สำคัญ 2 ส่วน คือ ส่วนแม่เหล็กถาวรและส่วนขดลวดตัวนำ ซึ่งมีโครงสร้างคล้ายกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า การทำงานของมอเตอร์อาศัยสนามแม่เหล็ก 2 ชุดที่เกิดขึ้น ได้แก่ สนามแม่เหล็กถาวรและสนามแม่เหล็กไฟฟ้าของขดลวดตัวนำ ส่งผลให้เกิดการผลักดันกันขึ้นของสนามแม่เหล็กทั้งสอง ทำให้ขวดลวดตัวนำเคลื่อนที่ที่วางอยู่กลางแม่เหล็กถาวร เกิดการหมุนเคลื่อนที่ไปได้การหมุนเคลื่อนที่ของขดลวดตัวนำและทิศทางการเคลื่อนที่ (ปัญญา, 2547)

หลักการทำงานของมอเตอร์

มอเตอร์ทำงานตามหลักการแม่เหล็กไฟฟ้า เมื่อนำเอาขดลวดพันแกนเหล็กหลายรอบแล้วป้อนกระแสไฟฟ้าเข้าไปในขดลวดนั้น แกนเหล็กกลายเป็นสนามแม่เหล็ก (แต่เป็นแบบชั่วคราวเท่านั้น) นำกระแสไฟฟ้าออกจากแกนเหล็กกลายเป็นแกนเหล็กธรรมดากล่าวคือ เมื่อแม่เหล็ก 2 อันมีขั้วต่างกันผลักกัน ดังนั้นในตัวมอเตอร์จึงประกอบด้วยเหล็กที่มีขั้วต่างกัน เมื่อป้อนพลังงานให้กับมอเตอร์เกิดเป็นแม่เหล็กไฟฟ้าและมีขั้วต่างกันกับแม่เหล็กที่มีขั้วมักเกิดการผลักกัน โดยการผลักกันของสนามแม่เหล็กทั้งสองคือ การหมุนของมอเตอร์นั่นเอง

การนำมอเตอร์ไปใช้งานต้องคำนึงถึงแรงดันไฟฟ้าที่ป้อนให้กับมอเตอร์ และทิศทางการหมุนมอเตอร์ การป้อนแรงดันไฟฟ้าต่ำกว่าแรงดันปกติของมอเตอร์ทำให้มอเตอร์หมุนช้าลง หรืออาจไม่หมุนและแรงบิดที่ได้น้อยลง ในทำนองเดียวกันหากเราป้อนแรงดันสูงกว่าแรงดันที่กำหนด ทำให้มอเตอร์หมุนเร็วขึ้น มอเตอร์อาจเกิดความเสียหาย เช่น ขดลวดไหม้ หรือขาดได้ สิ่งสำคัญในการนำมอเตอร์ไปใช้งานอย่างหนึ่งคือ การที่มอเตอร์รับภาระในการหมุนมากเกินไป หรืออาจทำให้มอเตอร์หมุนไม่ได้ จึงทำให้มอเตอร์เกิดกระแสลัดวงจรในขดลวดและมอเตอร์เสียหาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มอเตอร์ไฟฟ้าที่ถูกผลิตขึ้นมาใช้งานแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทคือ มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (DC Motor) เป็นมอเตอร์ที่ใช้กับแหล่งจ่ายไฟกระแสตรง (DC Source) เป็นมอเตอร์แบบเบื้องต้นที่ถูกผลิตมาใช้งาน และมอเตอร์กระแสสลับ (AC Motor)) เป็นมอเตอร์ที่ใช้กับแหล่งจ่ายไฟกระแสสลับ (AC Source) มอเตอร์ชนิดนี้พัฒนามาจากมอเตอร์กระแสตรง เพื่อให้สามารถใช้งานได้อย่างกว้างขวางมากขึ้น

เลือกใช้มอเตอร์กระแสสลับ เนื่องจากประสิทธิภาพสูง การบำรุงรักษาง่าย แข็งแรงทนทาน มีโครงสร้างง่ายไม่ซับซ้อน และยังมีราคาถูกหาซื้อได้ง่ายเพราะเป็นที่นิยม

3.1.1 เกียร์ทดรอบ (Gear Reducer)

1. เกียร์ทดรอบแบบแนวนอน (Gear Reducer Type Horizontal) ทำหน้าที่ทดรอบมอเตอร์และเพิ่มแรงบิด ใช้เฟืองเป็นตัวขับเคลื่อน มี 2 แบบ 2- stage (2 เฟือง) และ 3-Stage (3 เฟือง) เหมาะสำหรับงานที่ต้องการขับในแนวราบทุกชนิด

รูปที่ 3.1 เกียร์ทดรอบแบบแนวนอน

2. เกียร์ทดรอบแนวตั้ง (Gear Reducer Type Vertical) ทำหน้าที่ทดรอบมอเตอร์และเพิ่มแรงบิด ใช้เฟืองเป็นตัวขับเคลื่อน มี 2 แบบ 2-Stage (2 เฟือง) และ 3-stage (3 เฟือง) เหมาะสำหรับงานที่ต้องขับในแนวตั้งทุกชนิด

รูปที่ 3.2 เกียร์ทดรอบแบบแนวตั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งมีสูตรการคำนวณหาเกียร์ทดรอบดังนี้

$$I = \frac{n1}{n2} \quad (3.1)$$

โดย I คือ อัตราทด

n1 คือ ความเร็วรอบสุดท้าย

n2 คือ ความเร็วรอบเริ่มต้น

3.2 เพลาส่งกำลัง

เพลาเป็นชิ้นส่วนเครื่องจักรที่มีการหมุน ซึ่งมีความสำคัญต่อระบบส่งผ่านกำลัง กำลังที่ส่งผ่านเพลาอยู่ในรูปของโมเมนต์แรงบิต (Torque) ในการส่งกำลังผ่านระหว่างเพลาหนึ่งไปยังอีกเพลาหนึ่งจำเป็นต้องอาศัยตัวกลาง เช่น เฟือง โซ่ สายพาน ฯลฯ ดังนั้นจึงเกิดแรงซึ่งเกิดจากการขบกันของเฟือง แรงเนื่องจากการฉุดของโซ่ หรือแรงดึงของสายพานมากระทำต่อเพลาอันเป็นผลให้เกิดโมเมนต์ตัด (Bending Moment) ขึ้นบนเพลาด้วย ดังนั้นขณะที่เพลาทำหน้าที่ส่งผ่านกำลังเพลาต้องรับทั้งโมเมนต์บิดและโมเมนต์ตัดพร้อมกัน (Richard, G. et.al., 2011)

เนื่องจากเพลาเป็นชิ้นส่วนที่มีอยู่ในเครื่องจักรกลเกือบทุกชนิด ดังนั้นจึงสมควรที่จะพิจารณาการออกแบบเพลาโดยเฉพาะเพลาอาจมีชื่อเรียกแตกต่างกันไปตามลักษณะของการใช้งานดังต่อไปนี้

เพลา (Shaft) เป็นชิ้นส่วนที่มีการหมุนและใช้ในการส่งกำลัง

แกน (Axle) เป็นชิ้นส่วนที่มีลักษณะเดียวกันกับเพลาแต่ไม่มีการหมุน ส่วนมากเป็นการรองรับชิ้นงานที่หมุน เช่น ล้อ ล้อสายพานเป็นต้น อย่างไรก็ตามทั้งเพลาและแกนที่นิยมเรียกรวมกันว่า “เพลา” ไม่ว่าชิ้นส่วนนั้นหมุนหรือหยุดนิ่งก็ตาม

สพินเดิล (Spindle) เป็นขนาดสั้นที่ไม่หมุน เช่น เพลาที่แท่นหัวกลึง (Head-Shock Spindle) เป็นต้น

สตับชาฟต์ (Stub Shaft) หรือบางครั้งเรียกว่า เฮดชาฟต์ (Head-Shaft) เป็นเพลาที่ติดเป็นชิ้นต่อเนื่องกับเครื่องยนต์ มอเตอร์ หรือเครื่องต้นกำลังอื่น ๆ มีส่วนที่ยื่นออกมาใช้ต่อกับเพลาอื่น ๆ

เพลาแนว (Line Shaft) หรือเพลาส่งกำลัง (Power Transmission Shaft) หรือเพลาเมน (Main Shaft) เป็นเพลาที่ต่อจากเครื่องต้นกำลัง และใช้ในการส่งกำลังไปยังเครื่องจักรกลอื่น ๆ โดยเฉพาะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แจ๊คชาฟต์ (Jack Shaft)หรือเพลาเคาน์เตอร์ชาฟต์ (Counter Shaft) เป็นเพลาขนาดสั้นที่ต่อระหว่างเครื่องต้นกำลังกับเพลาเมน หรือเครื่องจักรกล

เพลาอ่อน (Flexible Shaft) เป็นเพลาที่สามารถอ่อนตัวหรือโค้ง เพลาประเภทนี้ทำด้วยสายลวดใหญ่ (Cable) ลวดสปริงหรือลวดเกลียว (Wire Rope) ใช้ในการส่งกำลังในลักษณะที่แกนหมุนทำมุมกันได้ แต่ส่งกำลังได้น้อย

3.2.1 วัสดุเพลา

วัสดุที่ใช้ทำเพลาโดยทั่วไปคือ เหล็กกล้าชนิดต่าง ๆ แต่ถ้าต้องการให้มีความเหนียว และความหนา ทนทานต่อแรงกระตุกเป็นพิเศษแล้วมักใช้เหล็กกล้าผสมโลหะอื่น โดยทั่วไปเลือกใช้เหล็กกล้า ANSI 102-1050 การนำเหล็กไปผ่านกระบวนการทางความร้อนทำให้เพิ่มต้นทุนในการผผลิต แต่ถ้าไม่มีทางเลือกอื่นเพื่อทำให้เพลามีความต้านทานแรงตามที่ต้องการ ให้พิจารณาเลือกใช้เหล็กกล้า 1345-50 3140-50 4140 4340 5140 และ 8650 เพลาที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางใหญ่กว่า 90 มิลลิเมตร มักกลึงมาจากเหล็กกล้าคาร์บอน ซึ่งผ่านการรีดร้อน อย่างไรก็ตามเพื่อให้เพลามีราคาถูกที่สุด ผู้ออกแบบควรพยามยามใช้เหล็กกล้าคาร์บอนธรรมดา ก่อนที่เลือกใช้เหล็กกล้าชนิดอื่น (Richard, G. et.al., 2011) ในการเลือกวัสดุและวิธีที่ใช้ทำเพลา วิศวกรผู้ออกแบบต้องคำนึงถึงสภาพการใช้งานและโหลดที่เพลาต้องรับเป็นสำคัญ โดยทั่วไปพิจารณาเลือกวัสดุและวิธีการผลิตเพลา

3.2.2 ขนาดของเพลา

เพื่อให้เพลามีมาตรฐานเหมือนกัน องค์การมาตรฐานระหว่างประเทศจึงได้กำหนดมาตรฐานของเพลา ซึ่งเป็นขนาดระบุ (Normal Size) ใน ISO/R 775-1969 เพื่อให้ผู้ออกแบบเลือกใช้ ทั้งนี้เพื่อให้สามารถซื้อได้ทั่วไป นอกจากนี้ยังเป็นขนาดที่สอดคล้องกับขนาดของแบริ่งที่ใช้รองรับเพลาด้วย ขนาดระบุเพลา

การพิจารณาในการออกแบบเพลา

การคำนวณหาขนาดเพลาที่เหมาะสมนั้นขึ้นอยู่กับลักษณะการใช้งานบางครั้งการหาขนาดเพลา เพื่อให้เพลาทนต่อแรงที่มากระทำอย่างเดียวไม่เป็นการเพียงพอ เช่น ในกรณีเพลาลูกเบี้ยว ในเครื่องยนต์สันดาปภายในต้องการให้มีตำแหน่งที่เที่ยงตรง ดังนั้นมุมบิดของเพลาที่เกิดขึ้นในขณะใช้งานต้องมีค่าไม่มากกว่าที่กำหนดไว้ เป็นต้น นั่นคือเพลาต้องมีความแข็งแรงอยู่ในพิกัดที่ต้องการ ถ้ามุมบิดมากไปนอกจากเสียความเที่ยงตรงทางด้านตำแหน่งแล้วยังอาจก่อให้เกิดความสั่นสะเทือน ซึ่งมีผลทำให้เฟืองหรือแบริ่งที่รองรับเพลาอยู่เกิดความเสียหายได้ง่ายถึงแม้ว่า ไม่มีมาตรฐานสำหรับพิกัดมุมบิดของเพลาไว้ก็ตามในทางปฏิบัติแล้วมักให้มุมบิดของเพลาในเครื่องจักรกลส่งกำลังทั่วไปอาจให้มี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มุมบิดได้ถึง 1° ต่อความยาวเพลา 20 เท่าของขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเพลา ในกรณีของเพลาลูกเบี้ยวของเครื่องยนต์สันดาปภายในแล้วซึ่งให้มีมุมบิดได้ไม่เกิน 0.5° ตลอดความยาวของเพลาไม่เกิน 0.3° ต่อความยาวเพลา 1 เมตร สำหรับเพลาส่งกำลังทั่วไปอาจใช้มุมบิดได้ถึง 1° ต่อความยาว 20 เท่าของเส้นผ่าศูนย์กลางเพลา

ความแข็งแรงที่สำคัญอีกอย่างหนึ่งคือ ความแข็งแกร่งทางด้านระยะโก่ง เพราะต้องใช้ระยะโก่งของเพลาที่อยู่ภายใต้แรงภายนอกเป็นสำคัญ ในการกำหนดระยะเบียด (Clearance) ระหว่างล้อสายพาน เฟืองโครงของเครื่องจักร ตลอดจนการเลือกชนิดของแบริ่งสำหรับรองรับเพลาให้เหมาะสม ถ้าเพลามีระยะโก่งมากเกินไปทำให้ความยาวของฟันเฟืองส่วนที่สัมผัสหรือขบกันลดลงเป็นผลทำให้อัตราการขบของเฟืองลดลง ทำให้อัตราการส่งกำลังของเฟืองไม่ราบเรียบเท่าที่ควร การเลือกแบริ่งมารองรับเพลาก็เช่นกัน จำเป็นต้องเลือกแบริ่งชนิดที่อนุญาตให้มีการเยื้องแนวสำหรับการใช้งานได้เหมาะกับระยะโก่งของเพลาที่เกิดขึ้น ซึ่งอาจเป็น แบริ่งแบบธรรมดา หรือแบริ่งแบบปรับแนวได้เอง (Self-Aligning Bearing) ทั้งนี้ก็ขึ้นอยู่กับค่าระยะการโก่งเป็นสำคัญในการคำนวณ ASME ได้กำหนดสูตรที่ใช้ในการคำนวณขนาดของเพลาไว้ โดยได้รวมเอาผลของการล้าต่อเนื่อง เนื่องจากโหลดที่กระทำซ้ำๆกันไว้ด้วยดังนี้

$$d^3 = \frac{16}{\pi\tau}\left[(C_t T)^2 + (C_m M)^2\right]^{\frac{1}{2}} \qquad (3.2)$$

d คือ เส้นผ่านศูนย์กลางของเพลา

T คือ โมเมนต์บิด

M คือ โมเมนต์ดัด

τ คือ ค่าความเค้นเฉือน

C_t และ C_m คือ ค่าตัวประกอบความล้า ซึ่งสามารถเปิดได้จากตารางที่ ข.5

3.3 แบริ่ง (Bearing)

ในการเลือกใช้แบริ่ง ต้องอาศัยองค์ประกอบหลายประการในการเลือก เช่น ความต้องการการหล่อลื่นลักษณะของฐานที่ใช้ยึดแบริ่ง เพื่อว่าการเลือกใช้แบริ่งที่เหมาะสมกับสภาพการทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบริ่ง คือสิ่งที่ช่วยรองรับหรือช่วยยึดชิ้นส่วนต่างๆของเครื่องจักรที่มีการหมุนให้อยู่ในตำแหน่งที่ถูกต้อง แบริ่งสามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ คือแบริ่งกาบ (Plain Bearing) และโรลลิ่งแบริ่ง (Rolling Bearing) (Richard, G. et.al., 2011)

3.3.1 แบริ่งกาบ (Plain Bearing)

มีลักษณะเป็นรูปทรงกระบอกกลวงโดยมีแกนหมุนอยู่ภายในส่วนของแกนหมุนหรือเพลาที่หมุนอยู่ภายในส่วนของแกนหมุนหรือเพลาหมุนอยู่ในแบริ่งเรียกว่า เจอร์นอล (Journal) ส่วนรูปทรงกระบอกกลวงเรียกว่า เจอร์นอลแบริ่ง (Journal Bearing) ซึ่งมักทำด้วยโลหะหรือส่วนผสมของโลหะที่มีเนื้ออ่อนกว่าเจอร์นอล แบริ่งกาบยังสามารถแบ่งออกเป็นทรัสต์แบริ่ง (Trust Bearing) ซึ่งตัวเจอร์นอลได้รับแรงกดและหมุนอยู่ภายในเจอร์นอลแบริ่งกับไกด์แบริ่ง (Guide Bearing) ซึ่งตัวเจอร์นอลเคลื่อนที่กลับไปกลับมาตามแนวยาวของเจอร์นอลแบริ่ง แบริ่งกาบโดยทั่วไปใช้น้ำมันเป็นตัวหล่อลื่นมากกว่าจารบี ในกรณีที่แบริ่งไม่มีระบบป้องกันหรือซีลที่เพียงพอสำหรับน้ำมันในขณะที่ตัวเจอร์นอลหมุนอยู่ภายในแบริ่ง น้ำมันถูกเหวี่ยงเข้ามาเป็นฟิล์มป้องกันไม่ให้ผิวของเจอร์นอลและแบริ่งมาสัมผัสกัน ความหนืดของน้ำมันไม่ควรต่ำเกินจนฟิล์มน้ำมันไม่สามารถแยกผิวสัมผัสทั้งสองออกจากกันได้ ความหนืดของน้ำมันหล่อลื่นสูงขนาดน้ำมันหล่อลื่น ลูกสูบ การเลือกความหนืดของน้ำมันขึ้นอยู่กับความเร็วรอบแรงกดและอุณหภูมิในขณะที่ใช้งาน

3.3.2 โรลลิ่งแบริ่ง (Rolling Bearing)

การเคลื่อนไหวของแบริ่งกาบ เกิดในลักษณะเลื่อนสัมผัส (Sliding) ของผิวสัมผัสทั้งสองซึ่งทำให้เกิดแรงเสียดทานขึ้น แรงเสียดทานนี้สามารถลดลงได้โดยการเปลี่ยนการเคลื่อนไหวแบบเลื่อนสัมผัส (Rolling) โดยการติดตั้งวงแหวนซึ่งประกอบด้วยลูกปืนที่ทำด้วยโลหะแข็งอาจมีลักษณะกลมเหมือนลูกบอลหรือแบบลูกกลิ้งเคลื่อนที่อยู่ระหว่างวงแหวนชั้นในและชั้นนอก ในทางทฤษฎีการหมุนสัมผัสนั้นไม่จำเป็นต้องอาศัยน้ำมันหล่อลื่นแต่ในทางปฏิบัติแล้วแบริ่งยังมีการเคลื่อนไหวแบบเลื่อนสัมผัสอยู่บ้างโดยเฉพาะอย่างยิ่งโรลลิ่งแบริ่งบางชนิดเกิดการบิดเมื่อได้รับแรงกด นอกจากนี้ยังเกิดการเอนสัมผัสระหว่างตัวลูกปืนกับตัววัสดุที่ยึดลูกปืน ดังนั้นการหล่อลื่นจึงยังจำเป็นเพื่อลดแรงเสียดทานที่เกิดจากการเลื่อนสัมผัส เป็นเกราะหรือซีลป้องกันความชื้น การกัดกร่อนตลอดจนสิ่งสกปรกต่างๆที่เข้าไปในแบริ่ง แบริ่งส่วนใหญ่ใช้จารบีเป็นตัวหล่อลื่น การเลือกชนิดของจารบีขึ้นอยู่กับความเร็วรอบแรงกดและอุณหภูมิของแบริ่งในขณะใช้งานโดยทั่วไปมักใช้จารบีที่สามารถทนต่ออุณหภูมิและอุณหภูมิต่ำคือไม่เหลวและไม่ทำปฏิกิริยากับออกซิเดชั่นในขณะที่ใช้งานภายใต้อุณหภูมิต่ำเช่น จารบีสำหรับเครื่องบินเป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 วัสดุที่ใช้ในการออกแบบ

วัสดุ (Material) ถือเป็นส่วนสำคัญที่ใช้ในการออกแบบ เนื่องจากเป็นส่วนรองรับโหลดต่าง ๆ ถ้าวัสดุที่ใช้มีคุณสมบัติไม่เหมาะสมอาจเกิดปัญหาด้านความเสียหายของเครื่องจักรได้

3.4.1 เหล็ก

เหล็กเป็นธาตุสามัญอย่างหนึ่งในธรรมชาติที่มีอยู่มาก โดยปกติเหล็กเกิดในธรรมชาติในรูปแบบของแร่เฮมาไทท์และแมกนีไทท์โดยมีแหล่งแร่สำคัญอยู่ที่ประเทศออสเตรเลีย อินเดีย บราซิล มนุษย์นำแร่เหล็กไปผ่านกระบวนการผลิต เพื่อนำมาใช้ในอุตสาหกรรม การก่อสร้างทุกประเภท

ประเภทของเหล็ก

เหล็กที่ผ่านกระบวนการผลิต เพื่อนำมาใช้ในงานก่อสร้าง และงานอุตสาหกรรมแบ่งเป็นประเภทต่าง ๆ ได้ดังนี้

1. เหล็กพิก ได้มาจากการถลุงแร่เหล็กโดยเตาพ่นลมเพื่อให้ได้เหล็กดิบหรือเหล็กพิกซึ่งมีส่วนประกอบของเหล็กประมาณ 95 เปอร์เซ็นต์ คาร์บอน 3-4 เปอร์เซ็นต์ ซิลิกอน 1 เปอร์เซ็นต์ และธาตุอื่น ๆ ต้องนำมาทำให้บริสุทธิ์ขึ้นและเติมสารอัลลอยเพื่อปรับปรุงคุณสมบัติ เหล็กพิกเป็นต้นกำเนิดของวัสดุผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในงานอุตสาหกรรม เช่น เหล็กเหนียว เหล็กหล่อ และเหล็กกล้า

2. เหล็กเหนียวหรือเหล็กหล่อ เป็นเหล็กที่มีค่าความแข็งต่ำ มีกำลังวัสดุต่ำกว่าเหล็กชนิดอื่น ๆ มีส่วนผสมของธาตุคาร์บอนต่ำ เหล็กเหนียวที่ดีมีธาตุคาร์บอนประมาณ 0.15 เปอร์เซ็นต์ และมีตะกรันอย่างละเอียดปนอยู่ประมาณ 1.3 เปอร์เซ็นต์กระจายอยู่ทั่วชิ้นโลหะ เหล็กเหนียวมีเนื้อหยาบและถ้านำไปทดลองเกี่ยวกับแรงดึงแตกเป็นรอยสีดำหรือสีคล้ำ

3. เหล็กหล่อ เป็นเหล็กที่มีธาตุคาร์บอนผสมอยู่มาก ขึ้นรูปได้ด้วยวิธีหลอมละลายและเทลงในแบบหล่อที่ทำด้วยทรายหรือวัสดุทนความร้อน จึงได้ชื่อตามกรรมวิธีการขึ้นรูปว่า เหล็กหล่อ หลังจากหล่อรูปร่างได้ใกล้เคียงกับขนาดที่ต้องการแล้ว จึงนำมาทำการกลึง ใส ตัดและเจาะ

4. เหล็กกล้า คือโลหะผสมประกอบด้วยธาตุหลัก ๆ คือ เหล็ก คาร์บอนแมงกานีส ซิลิคอน และธาตุอื่น ๆ อีกเล็กน้อย เหล็กกล้าเป็นวัสดุโลหะที่ไม่ได้มีอยู่ตามธรรมชาติผลิตขึ้นเพื่อปรับปรุงคุณภาพเหล็ก ให้มีคุณสมบัติโดยรวมดียิ่งขึ้น เช่น แปรเปลี่ยนรูปได้ตามที่ต้องการแข็งแรง ยืดหยุ่น ทนทานต่อแรงกระแทกหรือสภาวะทางธรรมชาติสามารถรับน้ำหนัก

- เหล็กกล้าผสมต่ำ มีธาตุอื่นผสมอยู่ไม่เกิน 10 เปอร์เซ็นต์ ธาตุที่ผสมในเหล็กกล้าผสมต่ำ เช่น คาร์บอน ฟอสฟอรัส โมลิบดีนัม แมงกานีส ซิลิคอน ทองแดง โครเมียม และนิกเกิล โดยที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฟอสฟอรัส แมงกานีส โครเมียมและนิกเกิลผสมเข้าไปเพื่อเพิ่มความแข็งแรงและทองแดงผสมเพื่อเพิ่มความต้านทานต่อการกัดกร่อนเหล็กกล้าผสมต่ำสามารถนำมาขึ้นรูปเย็น เชื่อม กลึงไส และกัดได้ง่าย ปกติผลิตออกมาในรูปของเหล็กแผ่น เหล็กเส้น เหล็กโครงสร้าง รูปร่างต่าง ๆ แช่น I-beam เหล็กรูปพรรณ เหล็กรางน้ำ เหล็กฉากเป็นต้น

- เหล็กกล้าผสมสูง มีธาตุอื่น ๆ ผสมอยู่เกิน 10 เปอร์เซ็นต์ เป็นเหล็กกล้าพิเศษที่ผลิตขึ้นมาโดย วัตถุประสงค์เพื่อนำไปทำเป็นเครื่องมือตัดในการตัดเฉือนขึ้นรูปวัสดุอื่น ๆ ไม่ว่าเป็นวัสดุประเภทโลหะหรืออโลหะเป็นเหล็กกล้าที่มีราคาแพงผลิตจากเตาไฟฟ้า สามารถนำมาทำการชุบแข็งได้ค่าความแข็งที่ได้จากการชุบแข็งขึ้นอยู่กับปริมาณส่วนผสมภายในเหล็ก เหล็กกล้าชนิดนี้มีคุณสมบัติคือทนต่อการสึกหรอ ทนต่อความร้อนและมีความแข็งแรงสูง

ในการออกแบบนี้ผู้ศึกษาเลือกใช้เหล็กฉากจัดเป็นเหล็กกล้าผสมต่ำ ทำงานด้านโครงสร้างของเครื่อง

3.5 สกรูและน็อต (Screw and Nut)

สกรูและน็อต อุตสาหกรรม เป็นวัสดุที่จำเป็นอย่างมากสำหรับการยึดวัตถุสองชิ้นให้ติดกัน มีหน้าที่คล้ายตะปูแต่จะอาศัยแรงหมุนเพื่อให้เกลียวเคลื่อนเจาะทะลุเข้าไปใน เนื้อวัตถุได้

3.5.1 สกรู

สกรู (Screw) หมายถึง น็อตตัวผู้ ซึ่งมีลักษณะเป็นเกลียวรอบทรงกระบอกยาว หัวสกรูจะมีหลายประเภท เช่น หัวหกเหลี่ยม หัวแฉก หัวผ่า เป็นต้น ซึ่งแบ่งได้เป็น 4 ประเภท คือ สกรูเกลียวไม้ สกรูเกลียว สกรูหัวจมหกเหลี่ยม สกรูปลายสว่าน

3.5.2 น็อต

น็อต (Nut) หรือที่มักเรียกกันว่า หัวน็อต หมายถึง น็อตตัวเมีย มีลักษณะคล้ายแหวน มีรูตรงกลาง ภายในจะมีร่องเป็นเกลียวเพื่อที่จะสามารถหมุนเข้ากับสกรูได้ หัวน็อตมีหลายประเภท เช่น หัวน็อตหกเหลี่ยม หัวน็อตติดจาน หัวน็อตกลม เป็นต้น

$$\theta = \left[\frac{PL}{2EI}\right] \qquad (3.3)$$

โดย θ คือ องศาของชิ้นงานที่รับแรงแล้วเกิดการงอ

P คือ แรงที่กระทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

L คือ ระยะระหว่างแรงกับจุดอ้างอิง

E คือ มอดูลัสของสภาพยืดหยุ่น

I คือ โมเมนต์ความเฉื่อย

3.6 เฟืองโซ่

ใช้สำหรับการส่งกำลังในลักษณะของแรงบิด โดยการหมุนของตัวเฟืองที่มีฟันอยู่ในแนวรัศมี เหมาะสำหรับโรงงานอุตสาหกรรมทุกชนิด เป็นเครื่องกลที่ทำงานโดยการหมุน ใช้ในการส่งกำลังในระยะสั้น โดยการส่งกำลังจะสามารถเกิดขึ้นได้ก็ต่อเมื่อมีฟันเฟืองตั้งแต่สองตัวขึ้นไป เป็นอุปกรณ์ที่มีความแข็งแรงสูงและมีความปลอดภัย โดยมีวิธีคำนวณความหนาของเฟืองดังนี้

$$W^t = \frac{\sigma F t^2}{6l} \tag{3.4}$$

โดย W^t คือ แรงที่กระทำต่อฟันเฟือง

σ คือ ความเค้นในฟันเฟือง

F คือ ความหนาของฟันเฟือง

t คือ ความกว้างของฟันเฟือง

l คือ ความสูงของฟันเฟือง

รูปที่ 3.3 เฟืองโซ่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.7 โซ่ส่งกำลัง

ซึ่งเป็นการส่งกำลังที่ใช้ในงานอุตสาหกรรมอย่างกว้างขวาง มีแบ่งชนิดของโซ่ได้เป็น 3 ประเภท ดังนี้

1.โซ่ลูกกลิ้ง (Roller Chain) มีส่วนประกอบคือ สลัก (Bearing pin), ปลอกสลัก (Bush), ลูกกลิ้ง (Roller), แผ่นประกบด้านใน (Inner Plate) และแผ่นประกบด้านนอก (Outer Plate)

2.โซ่ปลอก (Leaf Chain) มีส่วนประกอบคล้ายกับโซ่ลูกกลิ้ง (Roller Chain) เพียงแต่จะมีลูกกลิ้ง (Roller)

3.โซ่ฟันเฟือง (Chain Sprockets Gear) มีส่วนประกอบคือแผ่นประกบคล้ายเฟือง โดยที่มีร่องบาก ยึดด้วยสลัก ซึ่งสามารถคำนวณระยะพิท (Pitch Diameter) ของเฟืองโซ่ได้ดังนี้

$$D = \frac{p}{\sin(180^{o}/N)} \tag{3.5}$$

โดย D คือ ระยะพิท ซึ่งค่านี้สามารถนำไปเลือกเบอร์โซ่ที่ใช้งานได้

p คือ ระยะห่างระหว่างข้อต่อ

N คือ จำนวนฟันเฟือง

3.8 สมมติฐานการออกแบบเครื่องแยกผลปาล์มออกจากทะลาย

จากการศึกษางานวิจัย หลักการ และทฤษฎี จึงมีแนวคิดที่จะนำหลักการการแยกผลปาล์มแบบใช้ลูกกลิ้งที่มีการหมุน การเหวี่ยง และแรงเฉือน มาใช้ในการออกแบบกลไกในการแยกผลปาล์มออกจากทะลาย ซึ่งมีกลไกการแยกผลปาล์มด้วยลูกกลิ้งติดหนาม เพื่อให้เกิดการหมุนและแรงเฉือนจากหนามในการตีผลปาล์มให้ออกจากทะลายปาล์ม ในการออกแบบขั้นต้นได้ออกแบบให้เป็นกระบวนการทดงานแบบ Batch เพื่อศึกษาผลของการทำงาน แล้วจึงพัฒนาต่อยอดเป็นกระบวนการทดงานแบบต่อเนื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
การออกแบบและหลักการทำงาน

4.1.การออกแบบเครื่องแยกผลปาล์มออกจากทะลายปาล์ม

จากการศึกษาสมบัติทางกายภาพของทะลายปาล์ม พบว่าทะลายปาล์มมีลักษณะโครงสร้างทางกายภาพคล้ายพวงองุ่น ซึ่งมีแกนกลางและกิ่งก้านแตกแขนงที่ประกอบไปด้วยผลปาล์ม ซึ่งแสดงดังรูปที่ 4.1 โดยบริเวณที่ใกล้เคียงกับแกนทะลายจะมีความหนาแน่นของผลปาล์มมาก ส่งผลให้การนำผลปาล์มออกจากทะลายปาล์มเป็นไปได้ยาก และด้วยการกดทับของกิ่งก้านและผลปาล์มชั้นในส่งผลให้การนำผลปาล์มออกจากทะลายผลปาล์ม ยังคงติดค้างอยู่บริเวณแกนของทะลายเป็นจำนวนมาก ส่วนบริเวณชั้นนอกของทะลายนั้น ผลปาล์มยังสามารถหลุดออกมาได้ง่าย ดังนั้นการออกแบบเครื่องจักรจึงสามารถเลือกรูปแบบของเครื่องแยกผลปาล์มออกจากทะลายได้ดังนี้

รูปที่ 4.1 กิ่งก้านของทะลายปาล์ม

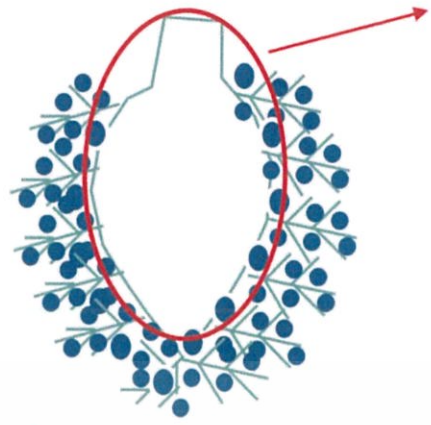
4.1.1 เครื่องแยกผลปาล์มออกจากทะลายโดยวิธีการเจาะแกนกลางทะลายปาล์ม

ลักษณะการทำงานของเครื่องจักรคือ เครื่องจักรจะทำการเจาะส่วนของแกนทะลายปาล์มออก เพื่อแยกกิ่งก้านของทะลายออกจากแกนกลาง จากนั้นนำไปแยกผลปาล์มโดยใช้วิธีการสั่นสะเทือน (Vibration) เพื่อให้ผลปาล์มออกจากกิ่งก้านของทะลายปาล์มอีกครั้ง ซึ่งแสดงดังรูปที่ 4.2

ข้อดีของวิธีการนี้คือ สามารถแยกผลปาล์มบริเวณใกล้เคียงกับแกนทะลายปาล์มได้

ข้อเสียของวิธีการนี้คือ การคำนวณระยะในการเจาะแกนทะลายเป็นไปได้ยาก เนื่องจากขนาดของแกนทะลายมีขนาดแตกต่างกันมาก จึงมีโอกาสผิดพลาดในการเจาะแกนทะลาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2 การเจาะแกนกลางของทะลาย

4.1.2 เครื่องแยกผลปาล์มออกจากทะลายโดยการสับแบ่ง

ลักษณะการทำงานของเครื่องจักรคือ สับแบ่งทะลายออกเป็นส่วนๆ เพื่อเพิ่มพื้นที่ให้ผลปาล์มออกจากแกนทะลายได้จากนั้นนำไปแยกผลปาล์มโดยใช้วิธีการสั่นสะเทือน (Vibration) เพื่อให้ผลปาล์มออกจากกิ่งก้านของทะลายปาล์ม

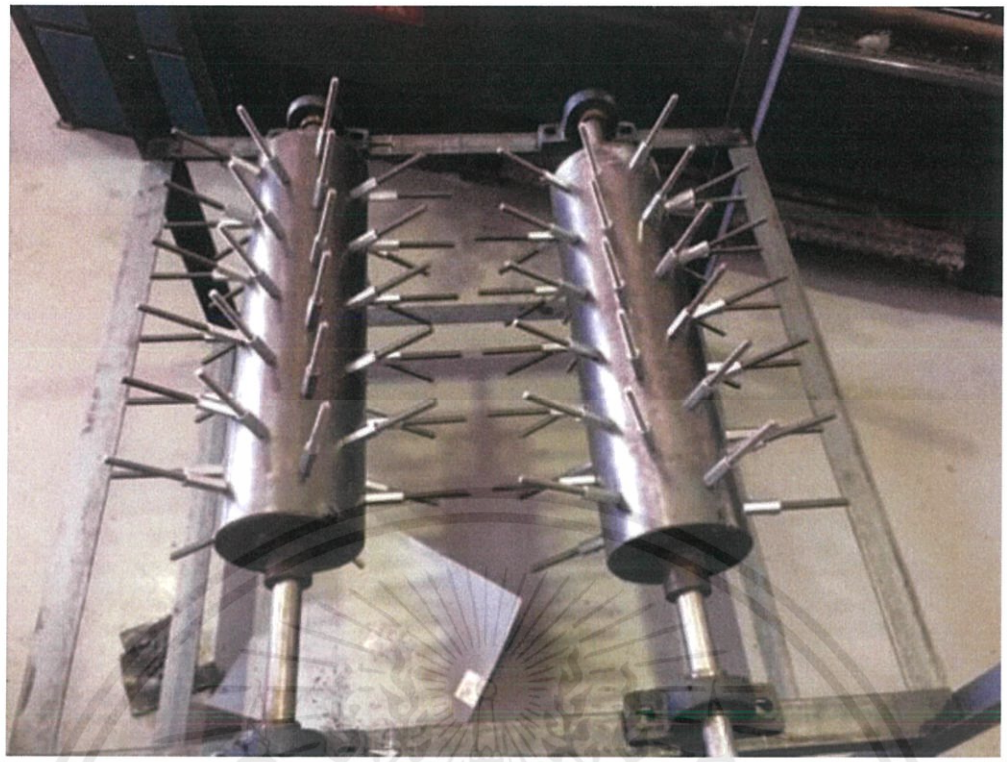
ข้อดีของวิธีการนี้คือ สามารถใช้งานได้กับผลปาล์มทุกขนาดและสามารถนำผลปาล์มออกจากทะลายได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ข้อเสียของวิธีการนี้คือ ผลปาล์มจะเกิดความเสียหายจากการสับแบ่งเป็นจำนวนมาก ซึ่งความเสียหายนั้นส่งผลต่อคุณภาพของน้ำมัน

4.1.3 เครื่องแยกผลปาล์มออกจากทะลายโดยการใช้ชุดกลูกกลิ้งตีทะลายปาล์ม

ลักษณะการทำงานของเครื่องจักรคือ การให้ชุดลูกกลิ้ง ซึ่งแสดงดังรูป 4.3 ตีผลปาล์มออกจากทะลาย โดยทะลายปาล์มจะอยู่บนชุดลูกกลิ้งจนกว่าผลปาล์มหลุดออกจากทะลายจนหมด ซึ่งกระบวนการนี้คาดการณ์ว่าจะไม่เกิดความเสียหายต่อผลปาล์ม และสามารถนำผลปาล์มออกจากทะลายได้อย่างมีประสิทธิภาพ อีกทั้งยังสามารถลดขนาดของเครื่องแยกผลปาล์มออกจากทะลายปาล์มได้ เมื่ออ้างอิงหัวข้อ 4.1.1 และ 4.1.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.3 ชุดลูกกลิ้ง

4.2 การคำนวณและออกแบบเพลา

จากสมการ $$d^3 = \frac{16}{\pi\tau}\left[(C_t T)^2 + (C_m M)^2\right]^{\frac{1}{2}} \quad (4.1)$$

เมื่อ d คือ เส้นผ่านศูนย์กลางของเพลา

T คือ โมเมนต์บิด

M คือ โมเมนต์ดัด

τ คือ ค่าความเค้นเฉือน เลือกใช้ค่า 41×10^6 N/m^2 สำหรับเพลามีร่องลิ่ม

C_t และ C_m คือ ค่าตัวประกอบความล้า ซึ่งสามารถเปิดได้จากตารางที่ ข.5

ค่าที่เลือกใช้ คือ $C_t = 1$ และ $C_m = 1.5$

4.2.1 คำนวณหาค่าโมเมนต์บิด (T)

จากสมการ $$W_p = 2\pi nT \quad (4.2)$$

เมื่อ W_p คือ กำลังมอเตอร์ (Watt)

n คือ ความเร็วรอบ (รอบต่อวินาที)

T คือ โมเมนต์บิด

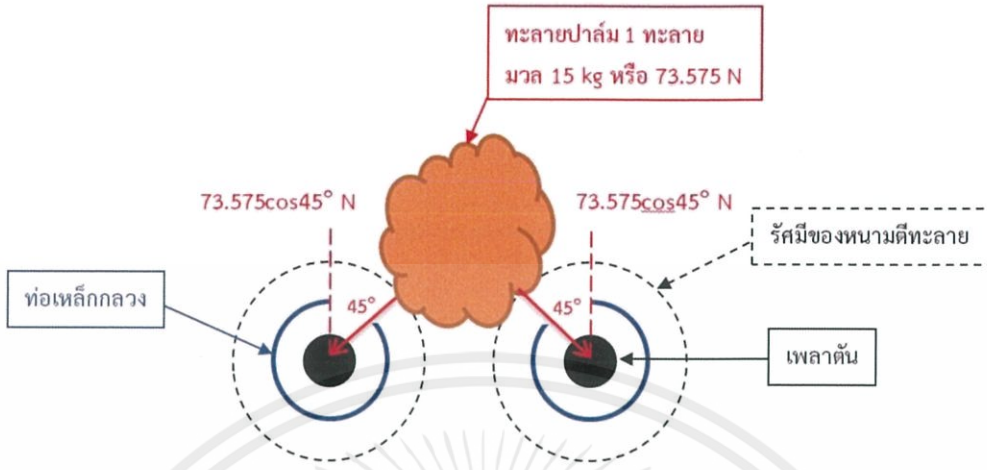
จะได้ $$745.7 = 2\pi \left(\frac{90}{60}\right) T$$

$$T = 79.12 \text{ Nm}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2 คำนวณหาโมเมนต์ดัด (M)

แรงที่กระทำกับเพลาตัน ได้แก่ มวลของทะลายปาล์มและชุดลูกกลิ้ง เป็นดังรูปที่ 4.4

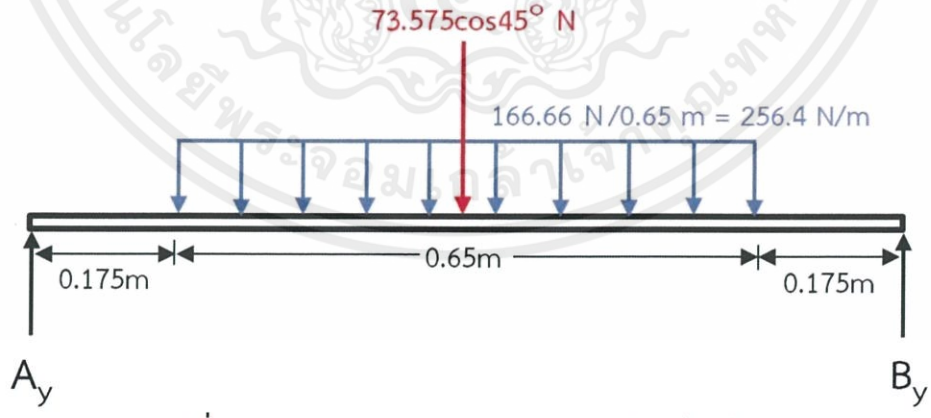


รูปที่ 4.4 การอธิบายแรงที่กระทำบนเพลาตัน (ด้านหน้า)

ซึ่งมวลของชุดลูกกลิ้ง 1 ชุด ประกอบด้วย

- มวลของนัตขนาด จำนวน 60 ตัว เท่ากับ 0.489 กิโลกรัม
- มวลของนัตขนาด จำนวน 60 ตัว เท่ากับ 1.7 กิโลกรัม
- มวลของน็อตขนาด จำนวน 60 ตัว เท่ากับ 2.4 กิโลกรัม
- มวลของท่อเหล็กกลวง จำนวน 1 ท่อ เท่ากับ 6 กิโลกรัม
- มวลของหน้าแปลน 2 หน้าแปลน เท่ากับ 6.4 กิโลกรัม

ดังนั้นมวลชุดลูกกลิ้ง 1 ชุด เท่ากับ 16.989 กิโลกรัม หรือ 166.66 N สามารถแสดง Free body diagram ได้ดังรูปที่ 4.5



รูปที่ 4.5 Free body diagram ของเพลาตัน (ด้านข้าง)

$$\Sigma F = 0$$

$$\Sigma F_x = 0$$

$$\Sigma F_y = 0$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

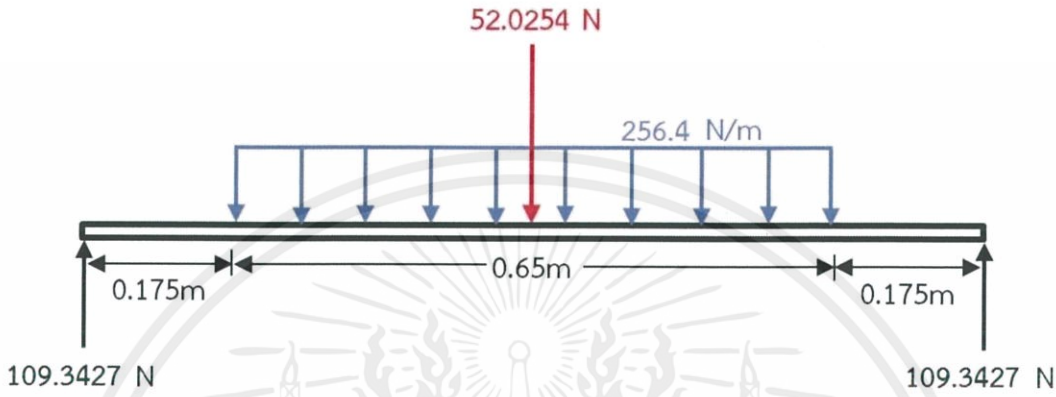
$$A_y + B_y = 73.575\cos45^\circ + 166.66$$

เนื่องจากแรงที่กระทำและระยะทั้ง 2 ด้านสมมาตร ดังนั้นจะได้ $A_y = B_y$

แทนค่า $$2A_y = 52.0254 + 166.66$$

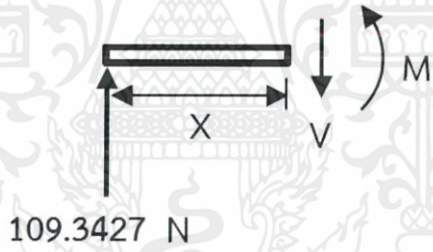
$$A_y = B_y = 109.3427 \text{ N}$$

แสดงค่าของแรงที่กระทำบนเพลาตันทั้งหมด ดังรูปที่ 4.6



รูปที่ 4.6 Free body diagram ที่แสดงค่าของแรงที่กระทำบนเพลาตันทั้งหมด

<u>การตัดคานครั้งที่ 1</u> ในช่วงความยาว $0 \text{ m} < X < 0.175 \text{ m}$



รูปที่ 4.7 ภาพจำลองแรงและโมเมนต์ดัดภายในเพลาตัน ช่วงความยาว 0 ถึง 0.175 เมตร

$$\Sigma M = 0$$

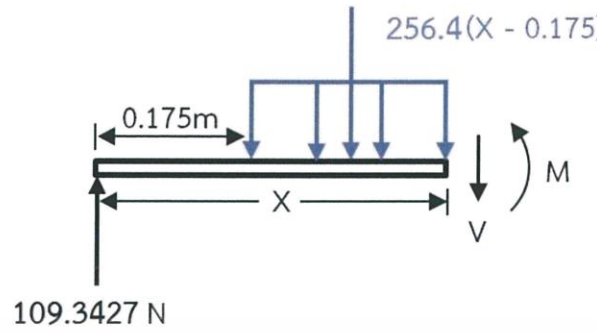
$$M = 109.3427X \text{ Nm}$$

ที่ระยะ $X = 0$ m ; $M = 0$ Nm

$X = 0.175$ m ; $M = 19.14$ Nm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การตัดคานครั้งที่ 2 ในช่วงความยาว $0.175\ m < X < 0.5\ m$



รูปที่ 4.8 ภาพจำลองแรงและโมเมนต์ดัดภายในเพลาตัน ช่วงความยาว 0.175 ถึง 0.5 เมตร

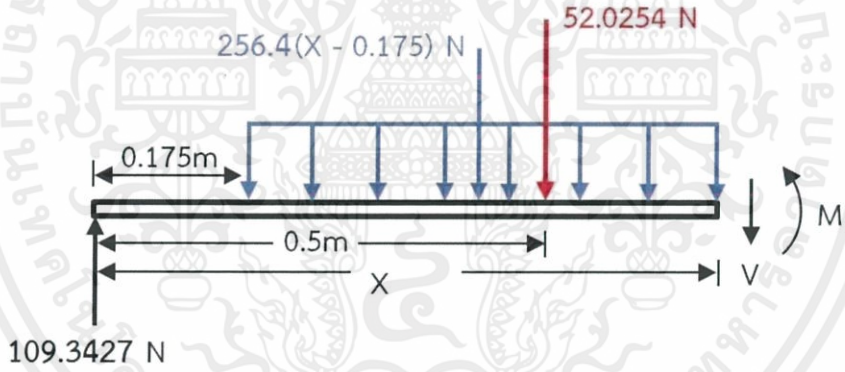
$$\Sigma M = 0$$

$$M = 109.3427X - \frac{256.4}{2}(X - 0.175)^2 \ Nm$$

ที่ระยะ $X = 0.175\ m$; $M = 19.14\ Nm$

$X = 0.5\ m$; $M = 41.13\ Nm$

การตัดคานครั้งที่ 3 ในช่วงความยาว $0.5\ m < X < 0.825\ m$



รูปที่ 4.9 ภาพจำลองแรงและโมเมนต์ดัดภายในเพลาตัน ช่วงความยาว 0.5 ถึง 0.825 เมตร

$$\Sigma M = 0$$

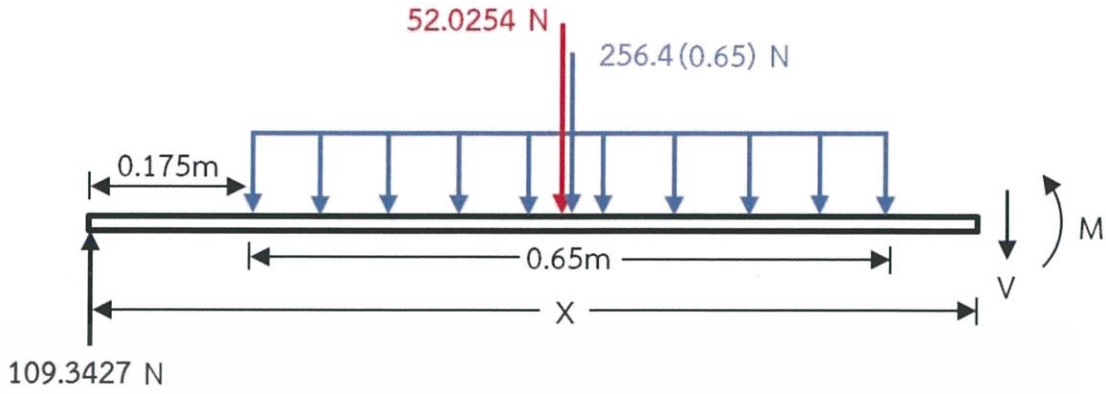
$$M = 109.3427X - \frac{256.4}{2}(X - 0.175)^2 - 52.0254(X - 0.5)\ Nm$$

ที่ระยะ $X = 0.5\ m$; $M = 41.31\ Nm$

$X = 0.825\ m$; $M = 19.14\ Nm$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การตัดคานครั้งที่ 4 ในช่วงความยาว 0.825 m < X < 1 m



รูปที่ 4.10 ภาพจำลองแรงและโมเมนต์ดัดภายในเพลาตัน ช่วงความยาว 0.825 ถึง 1 เมตร

$$\Sigma M = 0$$

$$M = 80.1772X - 166.66(0.65)(X - 0.5) - 52.0254(X - 0.5)\ \text{Nm}$$

ที่ระยะ X = 0.825 m ; M = 19.14 Nm

X = 1 m ; M = 0 Nm

เพราะฉะนั้นจึงเลือกใช้ค่าโมเม้นดัดสูงสุด คือ 41.31 Nm

แทนค่าลงในสมการที่ 4.5

$$d^3 = \frac{16}{\pi\,(41 \times 10^6)}\left[(1 \times 79.12)^2 + (1.5 \times 41.31)^2\right]^{\frac{1}{2}}$$

จะได้ d = 0.0232 m หรือ 23.2 mm

เพราะฉะนั้นจึงเลือกใช้เพลาตันที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 31.75 มิลลิเมตร

4.3 การคำนวณและออกแบบท่อเหล็กกลวง

ออกแบบให้ความยาวท่อเหล็กกลวงเท่ากับ 650 มิลลิเมตร

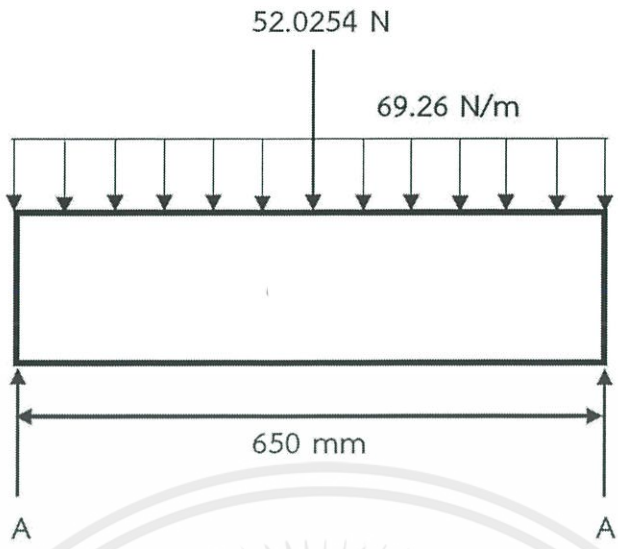
- มวลที่กระทำต่อท่อ มีดังนี้
- มวลของทะลาย 7.5 กิโลกรัม/ท่อ
- มวลของน็อตทั้งหมด 2.4 กิโลกรัม/ท่อ
- มวลของนัตทั้งหมด 2.189 กิโลกรัม/ท่อ

แรงกระทำต่อท่อแบบจุด คือ มวลของทะลายปาล์ม = $7.5 \times 9.81 \times \cos 45^\circ = 52.0254$ N

แรงกระทำต่อท่อแบบกระจายตัว คือ น็อตและนัต = $\frac{9.81(2.4 + 2.189)}{0.65} = 69.26$ N/m

สามารถแสดง Free body diagram ได้ดังรูปที่ 4.11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



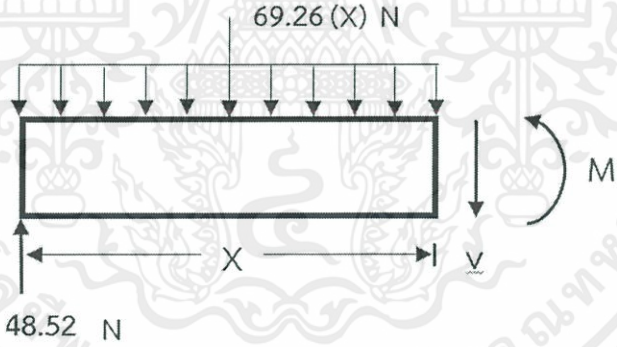
รูปที่ 4.11 Free body diagram ที่แสดงค่าของแรงที่กระทำบนท่อเหล็กกลวง

$$\sum F_y = 0$$

จะได้ $2A = 52.0254 + 69.26(0.65)$

$A = 48.52$ N

<u>การตัดคานครั้งที่ 1</u> ในช่วงความยาว $0\ m < X < 0.325\ m$



รูปที่ 4.12 ภาพจำลองแรงและโมเมนต์ดัดภายในท่อเหล็กกลวง ช่วงความยาว 0 ถึง 0.325 เมตร

$$\sum M = 0$$

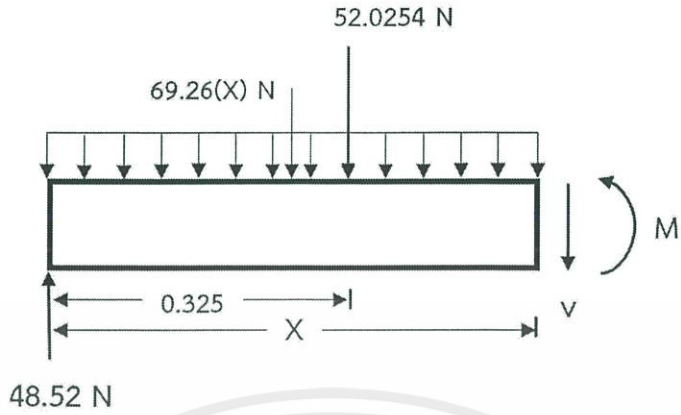
$$M = 48.52X - 69.26X\left(\frac{X}{2}\right)$$

ที่ระยะ $X = 0\ m$; $M = 0$ Nm

$X = 0.325\ m$; $M = 12.11$ Nm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<u>การตัดคานครั้งที่ 2</u> ในช่วงความยาว 0.325 m < X < 0.65 m



รูปที่ 4.13 ภาพจำลองแรงและโมเมนต์ดัดภายในท่อเหล็กกลวง ช่วงความยาว 0.325 ถึง 0.65 เมตร

$$\Sigma M = 0$$

$$M = 48.52X - 69.26X\left(\frac{X}{2}\right) - 52.0254(X - 0.325)$$

ที่ระยะ X = 0.325 m ; M = 12.11 Nm

X = 0.65 m ; M = 0 Nm

เพราะฉะนั้นจึงเลือกใช้ค่าโมเม้นดัดสูงสุด คือ 12.11 Nm

จากนั้นคำนวณหาความแข็งแรงของท่อ จากสูตร

$$\frac{S}{n} = \frac{Mc}{I}$$

กำหนดให้

1. ตัวแปร S คือค่า Tensile Strength ของวัสดุ

2. ตัวแปร n คือค่า Safety factor โดยใช้ค่า Safety factor เท่ากับ 3 เนื่องจากเป็นเครื่องจักรที่มีการเคลื่อนไหว

3. ตัวแปร M คือ โมเมนต์ดัด ซึ่งมีค่าเท่ากับ 12.11 นิวตันเมตร

4. ตัวแปร c คือ ค่า cg ซึ่งมีค่าเท่ากับ 82.55 มิลลิเมตร

5. ตัวแปร I คือ โมเมนต์ความเฉื่อย โดยสูตรหาโมเมนต์ความเฉื่อยจะเปลี่ยนไปตามรูปทรงของวัสดุ โดยในที่นี้วัสดุเป็นท่อกลมกลวง จึงมีสูตรหาโมเมนต์ความเฉื่อยเป็น

$$I = \frac{\pi}{64}(D^4 - d^4)$$

โดยตัวแปร D คือ เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก มีค่าเท่ากับ 165.1 มิลลิเมตร และ d คือ เส้นผ่านศูนย์กลางภายใน มีค่าเท่ากับ 162.3 มิลลิเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เลือกใช้วัสดุ ASTM A312 TP304 หรือ TP316 ซึ่งมีค่า Tensile Strength เท่ากับ 515 MPa

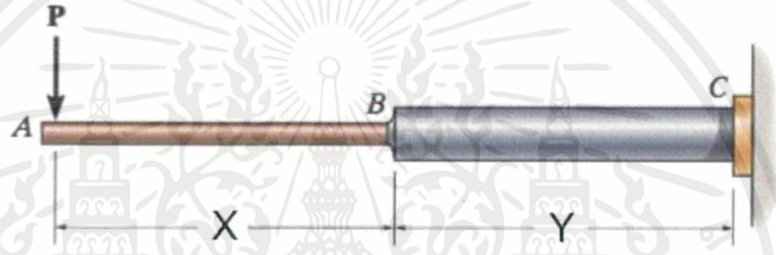
สามารถคำนวณได้ว่า

$$\frac{515\times10^{6}}{3} = \frac{12.11 \times 0.08255}{\frac{\pi}{64}\left(0.1651^{4}-0.1623^{4}\right)}$$

$$171.67\ \text{MPa} > 0.4145\ \text{MPa}$$

เพราะฉะนั้นจากการคำนวณค่า 171.67 MPa > 0.4145 MPa สามารถบอกได้ว่าวัสดุสามารถรองรับแรงกระทำได้โดยเครื่องจักรไม่ชำรุด

4.4 การคำนวณและออกแบบหนามตีทะลาย



รูปที่ 4.14 ภาพจำลองแรงที่กระทำบนหนามตีทะลาย

ประกอบด้วยสกรูACขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 9.53 มิลลิเมตร ยาว 1250 มิลลิเมตร. P=15 กิโลกรัมจากน้ำหนักทะลายปาล์มสูงสุด (147.15 N) สวมด้วยตัวน็อตABขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 14 มิลลิเมตรน็อตและสกรูใช้วัสดุ SS400 (Eallow=210GPa)

$$\theta_{A/B} = \left[\frac{-PX}{2EIx_{AB}}\right][X] + \left[\frac{-PY}{2EIx_{AB}}\right][Y] + \left[\frac{-PY}{2EIx_{BC}}\right][Y]$$

$$= \left[\frac{-147.15\times0.08}{2EIx_{AB}}\right][0.08] + \left[\frac{-147.15\times0.045}{2EIx_{AB}}\right][0.045] + \left[\frac{-147.15\times0.045}{2EIx_{BC}}\right][0.045]$$

$$= \left[-\frac{0.075}{EIx_{AB}}\right] + \left[-\frac{0.15}{EIx_{AB}}\right] + \left[-\frac{0.15}{EIx_{BC}}\right]$$

; $Ix_{AB} = \frac{\pi r^{4}}{4}$ และ $Ix_{BC} = \frac{A}{4}\left(R^{2}-r^{2}\right)$

$$= \left[-\frac{0.075}{E\frac{\pi r^{4}}{4}}\right] + \left[-\frac{0.15}{E\frac{\pi r^{4}}{4}}\right] + \left[-\frac{0.15}{E\frac{A}{4}\left(R^{2}-r^{2}\right)}\right]$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$= \left[-\frac{0.3}{E\pi r^4}\right] + \left[-\frac{0.6}{E\pi r^4}\right] + \left[-\frac{0.6}{E(\pi R^2-\pi r^2)(R^2-r^2)}\right]$$

$$= \left[-\frac{0.3}{E\pi(0.004765)^4}\right] + \left[-\frac{0.6}{E\pi(0.004765)^4}\right]$$

$$+ \left[-\frac{0.6}{E(\pi(0.007)^2-\pi(0.004765)^2)((0.007)^2-(0.004765)^2)}\right]$$

$$= \left[-\frac{185,233,598}{E}\right] + \left[-\frac{370,467,196}{E}\right] + \left[-\frac{276,224,668}{E}\right]$$

$$= \left[-\frac{831,925,462}{E}\right]$$

$\theta_{max} = \theta_{A/B}$; กำหนดให้ไม่มีการงอของหนามตีทะลาย

$$0 = \left[\frac{831,925,462}{E}\right]$$

$$E = 831,925,462 = 0.8 \text{ GPa}$$

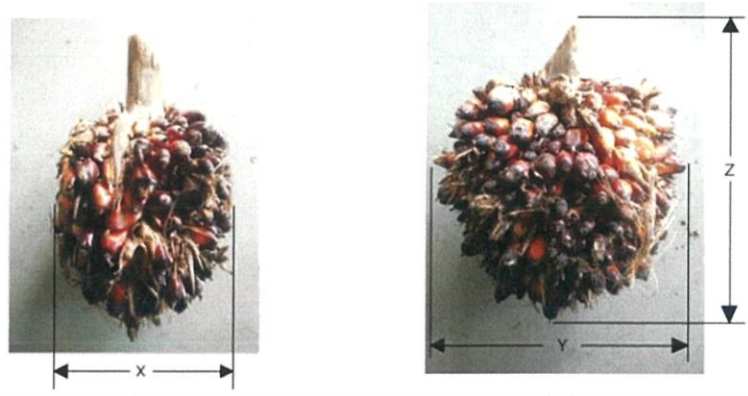
น็อตและสกรูใช้วัสดุ SS400 Eallow = 210GPa $>$ 0.8GPa สามารถใช้ได้

4.5 การออกแบบชุดลูกกลิ้งตีทะลายปาล์ม

4.5.1 ความยาวของลูกกลิ้งตีทะลายปาล์ม

จากการศึกษาลักษณะทางกายภาพของทะลายปาล์มน้ำมันในการวัดขนาดความกว้าง (X), ความยาว (Y) และความสูง (Z) ของทะลายปาล์มดังรูปที่ 4.15 (ก) และ (ข) จึงได้มีการกำหนดขอบเขตขนาดของทะลายปาล์มที่จะนำมาทดลองว่าควรมีด้านที่ยาวที่สุดคือความสูง (Z) ไม่เกิน 500 มิลลิเมตร เพื่อให้โครงสร้างของเครื่องจักรมีขนาดความกว้าง, ความยาว และความสูงแต่ละด้านไม่เกิน 1000 มิลลิเมตร ง่ายต่อการสร้างเครื่องจักรและการหาอุปกรณ์ ดังนั้นจึงออกแบบความยาวของลูกกลิ้งตีทะลายปาล์ม 650 มิลลิเมตร ดังรูปที่ 4.18

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก) (ข)

รูปที่ 4.15 วิธีการวัดขนาดทะลายปาล์ม

4.5.2 ระยะห่างของหนามตีทะลายปาล์ม

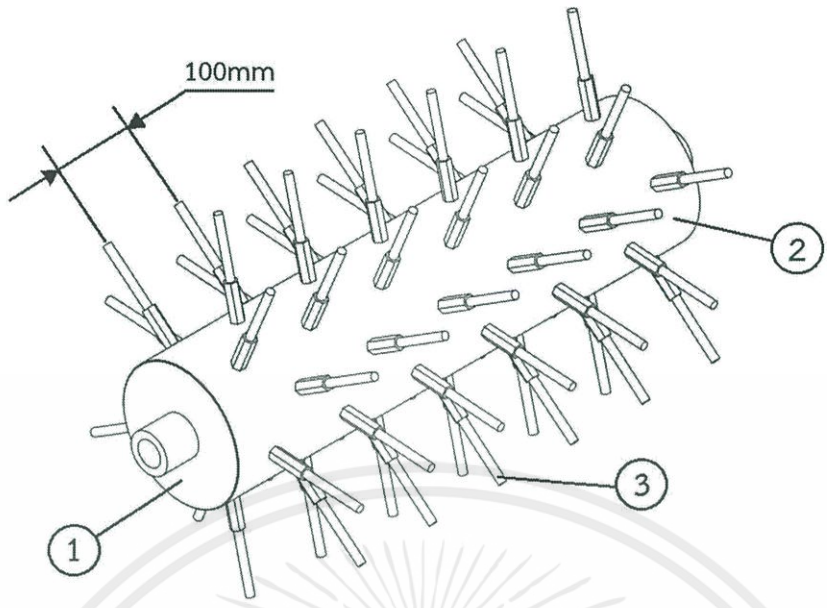
จากการศึกษาลักษณะทางกายภาพของผลปาล์มในการวัดขนาดความกว้าง (x), ความยาว (y) และความสูง (z) ของทะลายปาล์มดังรูปที่ 4.16 (ก) และ (ข) ซึ่งขนาดผลปาล์มในด้านที่ยาวที่สุด (ความสูง, z) จะอยู่ที่ประมาณ 30-50 มิลลิเมตร

(ก) (ข)

รูปที่ 4.16 วิธีการวัดขนาดผลปาล์มน้ำมัน

จึงออกแบบให้ระยะห่างหนามตีทะลายห่างกัน 100 มิลลิเมตร ดังรูปที่ 4.17 เนื่องจากทำการทดลองที่ระยะห่างหนามของเพลาหมุนทั้งสองสบกัน 30 มิลลิเมตร (-30 mm) ดังรูปที่ 4.21 (ค) จะทำให้ลูกกลิ้งทั้งสองมีหนามตีทะลายปาล์มซ้อนทับกันพอดีที่ระยะห่างหนาม 50 มิลลิเมตร ดังรูปที่ 4.19 ซึ่งจะอธิบายเพิ่มเติมในข้อ 4.5.4 ต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.17 ระยะห่างหนามตีทะลายปาล์มและส่วนประกอบของลูกกลิ้งตีทะลายปาล์ม

ส่วนประกอบของลูกกลิ้งตีทะลายปาล์มดังรูปที่ 4.16 ได้แก่

1.หน้าแปลน

2.ท่อเหล็กกลวง

3.หนามตีทะลายปาล์ม

4.5.3 ลักษณะการวางตำแหน่งหนามตีทะลายปาล์มบนผิวท่อเหล็กกลวง

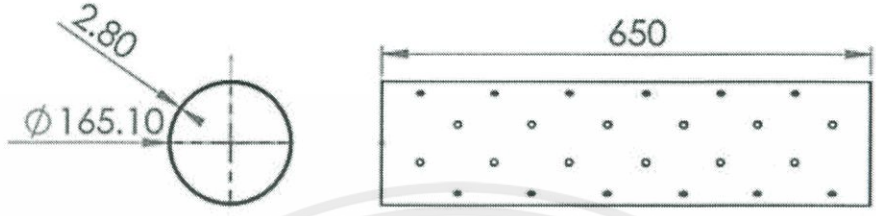
เลือกวิธีการวางแบบสลับฟันปลาดังรูปที่ 4.17 เพื่อให้สามารถทดลองวิธีการหมุนของทั้ง 2 ลูกกลิ้ง ทั้งแบบการหมุนไปทิศทางเดียวกัน, การหมุนทิศทางตรงกันข้ามแบบหมุนแยกออกจากกัน และการหมุนทิศทางตรงกันข้ามแบบหมุนเข้าหากันได้

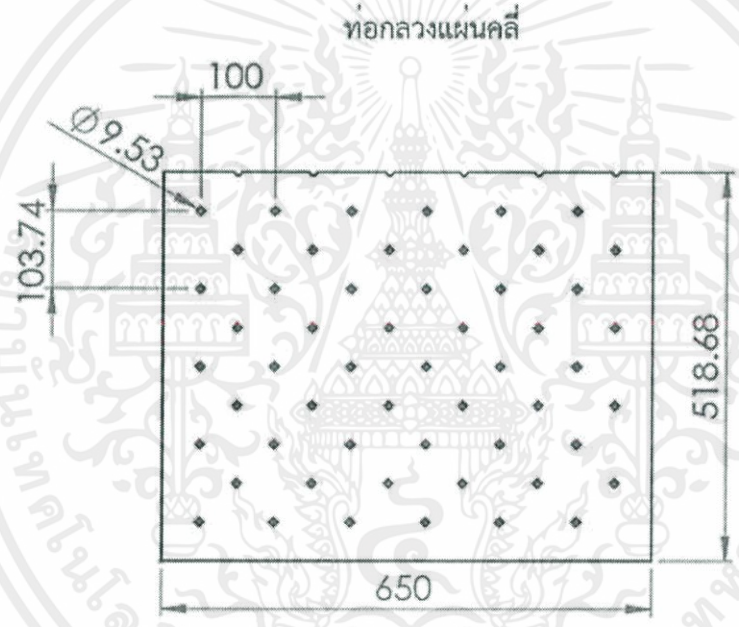
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ท่อกลวง เจาะรู 60 ตำแหน่ง

(เจาะรูที่ผิวท่อ ขนาดรูเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 หุน)

- หนาประมาณ 2.8 มิลลิเมตร
- ยาว 650 มิลลิเมตร



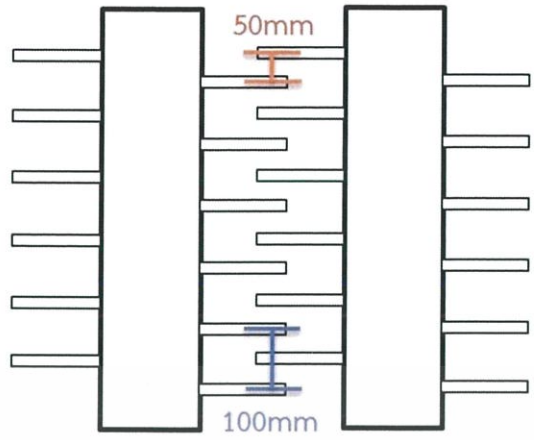


รูปที่ 4.18 ลักษณะการวางตำแหน่งหนามตีทะลายปาล์มบนผิวท่อเหล็กกลวง

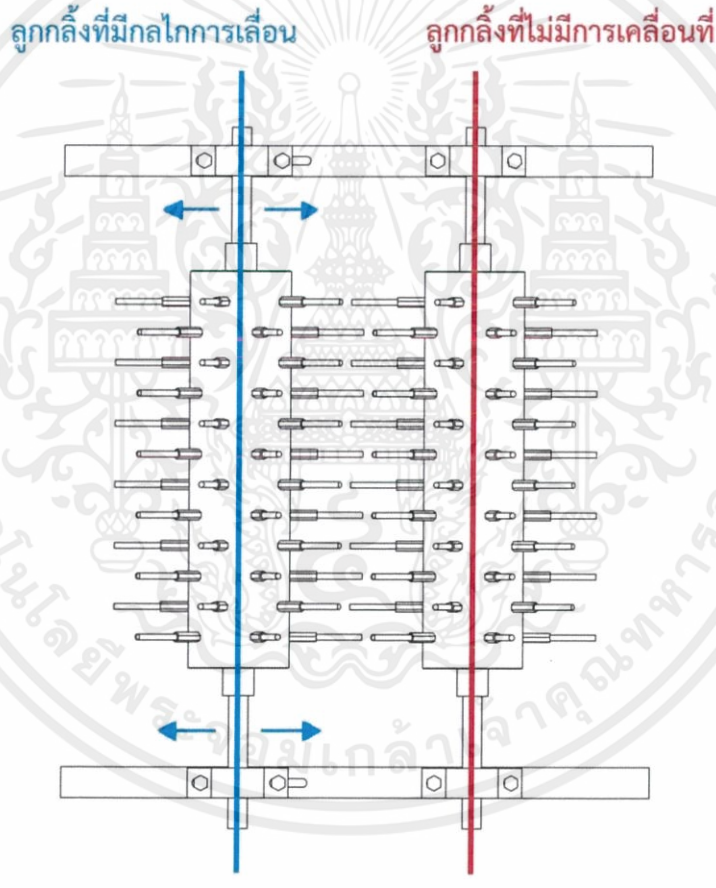
4.5.4 ลักษณะการวางลูกกลิ้งตีทะลายปาล์มทั้งสองและกลไกการเลื่อนของลูกกลิ้งตีทะลายปาล์ม

การวางลูกกลิ้งตีทะลายปาล์มจะต้องคำนึงถึงตำแหน่งของหนามตีทะลายปาล์มของสองลูกกลิ้งให้มีตำแหน่งของหนามตีทะลายปาล์มแบบสับหว่างกัน ทำให้มีระยะห่างระหว่างหนามตีทะลายของลูกกลิ้งที่ 1 กับลูกกลิ้งที่ 2 เท่ากับ 50 มิลลิเมตร เมื่อเทียบการเรียงตัวของหนามตีทะลายที่ระดับเดียวกัน ดังรูปที่ 4.18 ซึ่งเป็นระยะช่องว่างที่พอดีให้ผลปาล์มหล่นลงมาด้านล่างของเครื่องจักร จะได้ลักษณะการวางตำแหน่งกลไกการเลื่อนของลูกกลิ้ง ดังรูปที่ 4.19

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



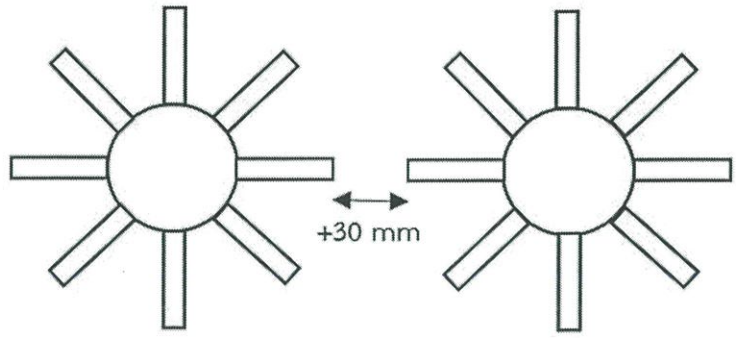
รูปที่ 4.19 การกำหนดระยะห่างระหว่างหนามตีทะลาย



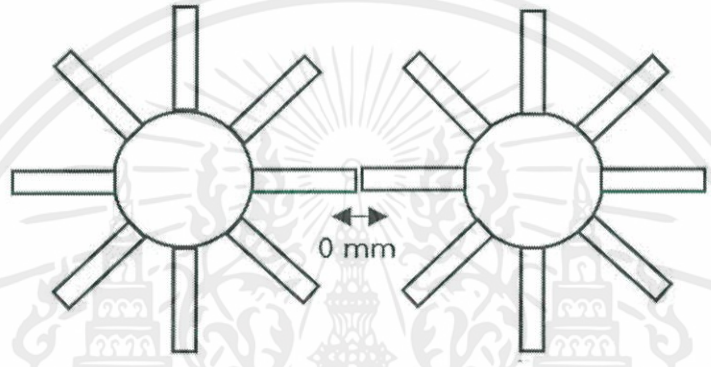
รูปที่ 4.20 ลูกกลิ้งที่มีกลไกการเลื่อน

โดยกลไกการเลื่อนของลูกกลิ้งตีทะลายปาล์ม คือการออกแบบให้ชุดลูกกลิ้งฝั่งหนึ่งถูกยึดให้อยู่กับที่ ส่วนอีกฝั่งหนึ่งสามารถปรับระยะระหว่างลูกกลิ้งให้มีระยะห่างระหว่างหนามตีทะลายของทั้งสองลูกกลิ้ง ห่างกันที่ระยะ +30, 0 และ -30 มิลลิเมตร ดังรูปที่ 4.20 (ก), (ข) และ (ค) ตามลำดับ

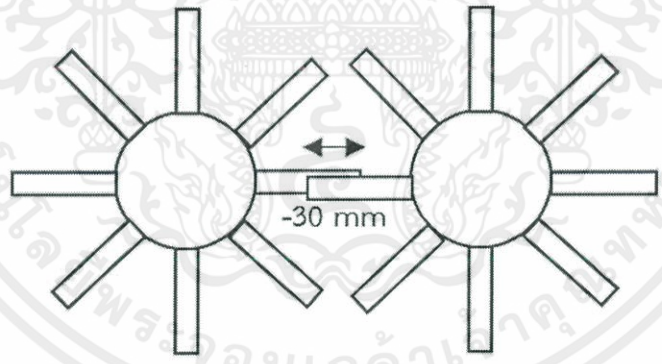
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.21 (ก) ระยะห่างหนามของเพลาหมุนทั้งสองห่างกันที่ 30 มิลลิเมตร (+30 mm)



รูปที่ 4.21 (ข) ระยะห่างหนามของเพลาหมุนทั้งสองพอดีกัน (0 mm)

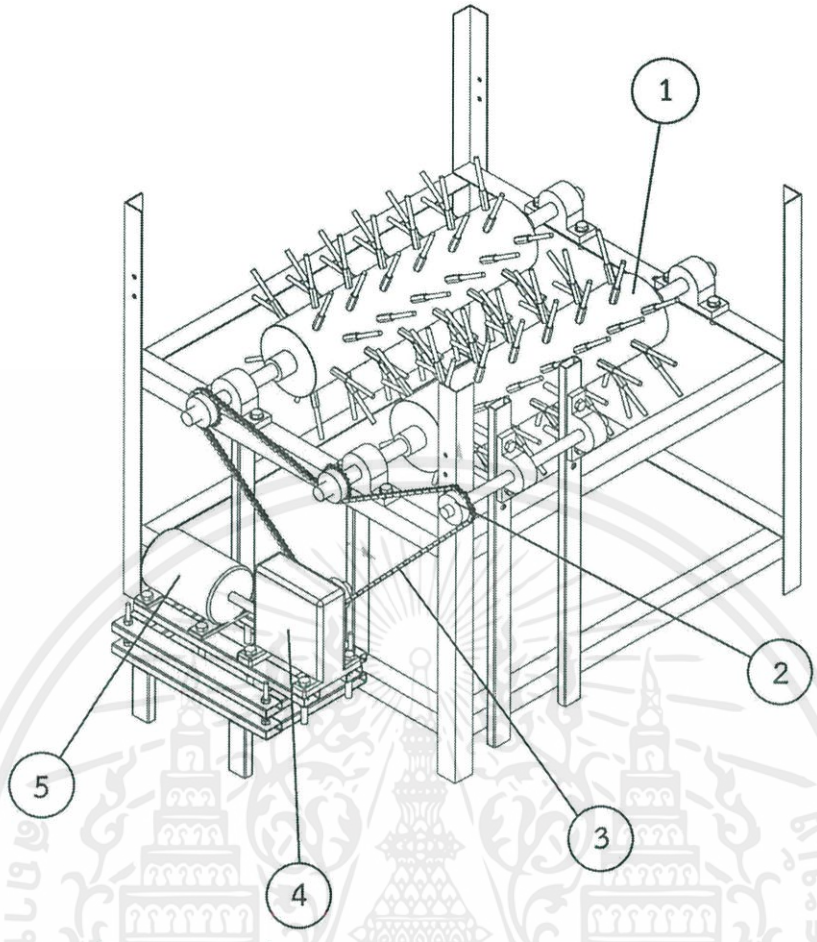


รูปที่ 4.21 (ค) ระยะห่างหนามของเพลาหมุนทั้งสองสบกัน 30 มิลลิเมตร (-30 mm)

4.6 เครื่องแยกผลปาล์มออกจากทะลายก่อนการปรับปรุง

ในการออกแบบเครื่องแยกผลปาล์มออกจากทะลายเบื้องต้น (ก่อนการปรับปรุง) ในโครงงานนี้ จะใช้ชุดลูกกลิ้งตีทะลายปาล์ม 2 ชุด ทำให้เกิดการสัมผัสกันระหว่างแท่งตีทะลายกับผลปาล์มให้เกิดแรงเฉือน เพื่อแยกผลปาล์มออกจากทะลาย เครื่องจักรนี้เหมาะสมกับการป้อนทีละทะลายและขนาดทะลายปาล์มที่เหมาะสมคือ ด้านที่ยาวที่สุด (ความสูง, Z) ไม่ควรเกิน 500 มิลลิเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.22 แบบเครื่องแยกผลปาล์มออกจากทะลายก่อนการปรับปรุง

การออกแบบเครื่องแยกผลปาล์มออกจากทะลายเบื้องต้น (ก่อนการปรับปรุง) ดังรูปที่ 4.22 ประกอบด้วย

1.ชุดลูกกลิ้งตีทะลายปาล์ม

2.เฟืองสำหรับโซ่ขับ

3.โซ่ขับ

4.เกียร์ทดรอบ

5.มอเตอร์

4.6.1 หลักการทำงาน

1.เตรียมทะลายปาล์มสุก 1 ทะลาย

2.ป้อนทะลายปาล์มเข้าเครื่องจักร

3.เครื่องจักรทำการแยกผลปาล์มออกจากทะลาย

4.ผลปาล์มที่ถูกแยกจะตกลงด้านล่างของเครื่องจักร ส่วนทะลายปาล์มเปล่าจะค้างอยู่ด้านบนของชุดลูกกลิ้งตีทะลายปาล์ม

5.นำทะลายปาล์มเปล่าออกจากเครื่องจักร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.6.2 ปัญหาที่พบ

1.ด้านความปลอดภัย ระหว่างกระบวนการจะต้องใช้แผ่นเหล็กกั้นเพื่อป้องกันการกระเด็นของผลปาล์มและการกระเด้งออกของทะลายปาล์ม

2.ด้านการควบคุมทิศทางของทะลายปาล์ม จะต้องมีการใช้อุปกรณ์ เช่น แผ่นเหล็ก หรือ แท่งเหล็ก ช่วยดันทะลายเพื่อให้ทะลายยังสามารถทรงตัวและอยู่ในเครื่องจักรได้อย่างต่อเนื่องในระหว่างกระบวนการ

3.ด้านการเก็บผลปาล์มหลังถูกแยกออกจากทะลาย จะต้องมีการนำถาดหรือตระแกรงมารองรับผลปาล์มไว้ทางด้านล่างเครื่องจักร เมื่อทำการแยกผลปาล์มเสร็จ 1 ทะลาย จะต้องดึงถาดหรือตระแกรงออกมาเพื่อทำการตรวจสอบผลซ้ำต่อไป แต่ก็ยังมีผลปาล์มบางส่วนที่กระจัดกระจายออกนอกถาดหรือตะแกรง

4.7 เครื่องแยกผลปาล์มออกจากทะลายหลังการปรับปรุง

จากปัญหาที่พบของเครื่องก่อนปรับปรุงในข้อที่ 4.6.2 จึงได้ทำการแก้ไขและปรับปรุงเครื่องเพื่อประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องดีขึ้นและปลอดภัยในการใช้งานมากยิ่งขึ้น ซึ่งส่วนที่เพิ่มเติมมีดังนี้

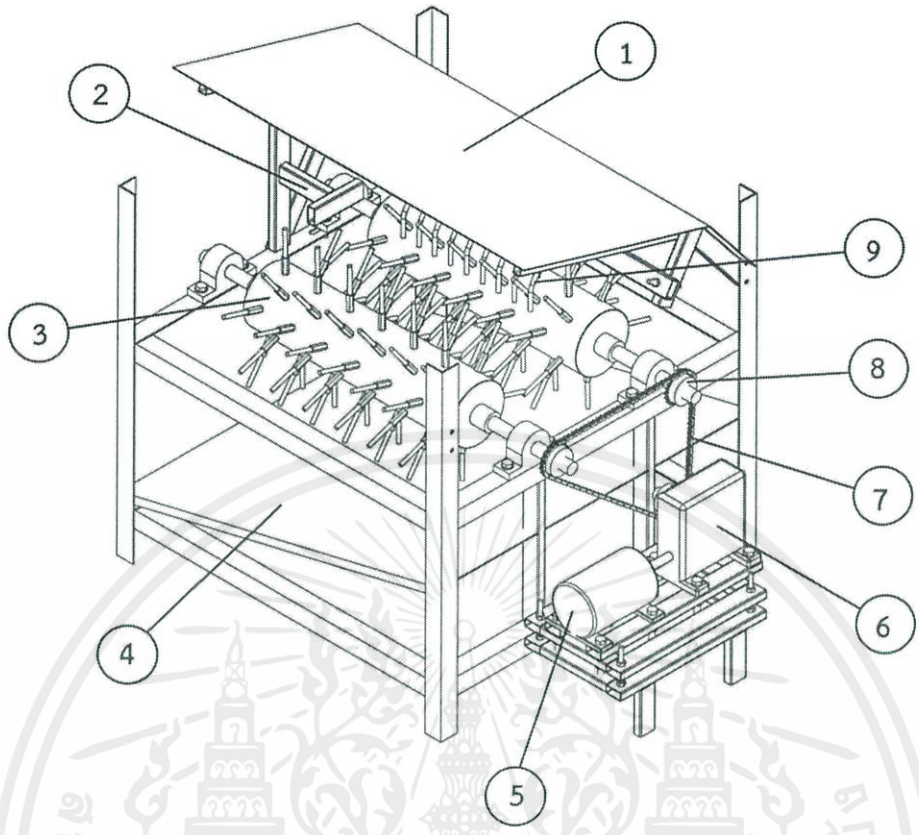
1.แผ่นกั้นด้านบน ทำหน้าที่ป้องกันการกระเด็นของผลปาล์ม

2.ที่กั้นทะลายปาล์มด้านข้าง ทำหน้าที่ดันทะลายปาล์มให้ทรงตัวอยู่ในเครื่องจักรและไม่หล่นออกด้านข้างเครื่องจักร

3.แผ่นรองรับผลปาล์ม ทำหน้าที่รองรับผลปาล์มเพื่อให้ไหลไปทิศทางเดียวกันลงทางด้านข้างเครื่องจักร

4.หนามสำหรับดันทะลายปาล์ม ทำหน้าที่ดันทะลายปาล์มไม่ให้ทะลายติดทางด้านในของเครื่องจักร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.23 เครื่องแยกผลปาล์มออกจากทะลายหลังการปรับปรุง

การออกแบบเครื่องแยกผลปาล์มออกจากทะลายหลังการปรับปรุงดังรูปที่ 4.23 ประกอบด้วย

1.แผ่นกั้นด้านบน

2.ที่กั้นทะลายปาล์มด้านข้าง

3.ชุดลูกกลิ้งตีทะลายปาล์ม

4.แผ่นรองรับผลปาล์ม

5.มอเตอร์

6.เกียร์ทดรอบ

7.โซ่ขับ

8.เฟืองสำหรับโซ่ขับ

9.หนามสำหรับดันทะลายปาล์ม

หลักการทำงานของเครื่องจักรเป็นเช่นเดิมดังก่อนการปรับปรุงในข้อ 4.6.1 ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้หลังการปรับปรุงคือทะลายปาล์มสามารถทรงตัวอยู่ได้นานขึ้นโดยไม่ต้องใช้อุปกรณ์ช่วยดันทะลายให้อยู่ใน

เครื่องจักร และผลปาล์มที่ถูกแยกออกจาทะลายสามารถเก็บผลปาล์มได้ง่ายและสะดวกรวดเร็วยิ่งขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

วิธีการทดลองและผลการทดลอง

5.1 วัสดุและอุปกรณ์ในการทดลอง

5.1.1 วัตถุดิบ

ปาล์มน้ำมัน พันธุ์เทเนอร่า

5.1.2 อุปกรณ์การทดลอง

1. เครื่องวัดความเร็วรอบ
2. มอเตอร์ขนาด 1 HP
3. เกียร์ทดรอบ อัตราทด 1:20
4. อินเวอร์เตอร์
5. เครื่องแยกผลปาล์มออกจากทะลาย

5.2 วิธีการทดลอง

5.2.1 การหาสมบัติทางกายภาพของทะลายปาล์มและผลปาล์ม

การหาสมบัติทางกายภาพของทะลายปาล์มและผลปาล์มเพื่อนำไปใช้ในการออกแบบเครื่องแยกผลปาล์มออกจากทะลายโดยใช้ปาล์มน้ำมันพันธุ์เทเนอร่า เนื่องจากพันธุ์นี้เป็นพันธุ์ที่นิยมนำมาสกัดเป็นน้ำมันปาล์ม

โดยการศึกษาเบื้องต้นจะใช้วิธีการวัดขนาดของทะลายปาล์มและผลปาล์ม เพื่อนำมาใช้ในการออกแบบเครื่องจักร โดยวัดขนาดทางด้านกว้าง (x) ด้านยาว (y) และด้านสูง (z) ของทะลายปาล์มและผลปาล์ม

5.2.2 การทดลองเครื่องแยกผลปาล์มออกจากทะลาย

เนื่องจากการแยกผลปาล์มออกจากทะลาย จากเครื่องต้นแบบที่ได้ทำการสร้างขึ้นมานั้น อาจไม่สามารถแยกผลปาล์มออกจากทะลายได้หมด ดังนั้นจึงต้องศึกษาปริมาณของผลปาล์มที่สามารถแยกออกจากทะลายได้หลังการทดลอง ทดสอบการแยกผลปาล์มออกจากทะลายที่ความเร็วรอบของเพลาหมุน 3 ระดับ (50, 70 และ 90 รอบต่อนาที) และที่ระยะห่างหนามตีทะลายเป็น 3 ระดับ (+30, 0 และ -30 มิลลิเมตร)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเตรียมตัวอย่างทะลายปาล์มในการทดลองนี้ใช้ทะลายปาล์มพันธุ์เทเนอร่า โดยเลือกทะลายปาล์มที่มีน้ำหนัก 6-11 กิโลกรัม จากนั้นนำมาบ่มเป็นระยะเวลา 3-4 วัน เพื่อให้ทะลายปาล์มนั้นสุกเต็มที่

การดำเนินงานแบ่งออกเป็น 4 ส่วนคือ การหาสมบัติทางกายภาพของทะลายปาล์มและผลปาล์ม การออกแบบและสร้างเครื่องแยกผลปาล์มออกจากทะลาย การทดสอบประสิทธิภาพเครื่องจักรและคุณภาพของผลปาล์มที่แยกได้จากเครื่องจักร และการวิเคราะห์สภาวะที่เหมาะสมในการแยกผลปาล์มออกจากทะลาย

การหาประสิทธิภาพของเครื่องแยกผลปาล์มออกจากทะลาย

หลังจากการแยกผลปาล์มออกจากทะลายนั้นอาจมีบางส่วนที่ไม่สามารถแยกผลปาล์มออกจากทะลายได้ ดังนั้นจึงทำการทดลองเพื่อศึกษาปริมาณผลปาล์มที่แยกออกจากทะลายโดยเครื่องต้นแบบ ซึ่งประสิทธิภาพการแยกผลปาล์มออกจากทะลายสามารถคำนวณได้จากสมการดังนี้

ประสิทธิภาพของการแยกผลปาล์มออกจากทะลาย แสดงถึงปริมาณของผลปาล์มที่เครื่องสามารถแยกออกจากทะลายได้มาเปรียบเทียบกับปริมาณของผลปาล์มทั้งหมดในทะลายปาล์ม

$$\%\ \text{ประสิทธิภาพ} = \frac{\text{น้ำหนักผลปาล์มที่แยกได้จากเครื่อง}}{\text{น้ำหนักผลปาล์มทั้งหมด}} \times 100 \qquad (5.1)$$

- น้ำหนักผลปาล์มที่แยกได้จากเครื่อง คือ น้ำหนักผลปาล์มที่เครื่องจักรสามารถแยกออกจากทะลายได้

- น้ำหนักผลปาล์มทั้งหมด คือ น้ำหนักผลปาล์มที่เครื่องจักรสามารถแยกได้ รวมกับผลปาล์มที่เครื่องจักรไม่สามารถแยกได้

การหาคุณภาพผลปาล์มที่แยกได้จากเครื่องแยกผลปาล์มออกจากทะลาย

นอกจากประสิทธิภาพการแยกผลปาล์มออกจากทะลายแล้ว อีกสิ่งหนึ่งที่สำคัญคือเรื่องของคุณภาพผลปาล์มที่สามารถแยกได้จากเครื่องต้นแบบ ดังนั้นจึงทำการทดลองเพื่อศึกษาปริมาณผลปาล์มที่เสียหายจากเครื่องต้นแบบ ซึ่งคุณภาพการแยกผลปาล์มออกจากทะลายสามารถคำนวณได้จากสมการดังนี้

คุณภาพของผลปาล์มที่สามารถแยกได้จากเครื่องต้นแบบ แสดงถึงปริมาณผลปาล์มที่เสียหายจากเครื่องจักร เปรียบเทียบกับปริมาณผลปาล์มที่เครื่องสามารถแยกออกจากทะลายได้

$$\%\ \text{ผลปาล์มเสีย} = \frac{\text{น้ำหนักผลปาล์มที่เสียจากเครื่องจักร}}{\text{น้ำหนักผลปาล์มที่แยกได้จากเครื่อง}} \times 100 \qquad (5.2)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- น้ำหนักผลปาล์มที่เสียจากเครื่องจักร คือ น้ำหนักผลปาล์มที่เสียหายมากจนมีผลต่อเปอร์เซ็นต์คุณภาพน้ำมัน

- น้ำหนักผลปาล์มที่แยกได้จากเครื่องจักร คือ น้ำหนักผลปาล์มที่เครื่องจักรสามารถแยกออกจากทะลายได้

5.2.3 สมมติฐานการทดลอง

ความเร็วรอบและระยะห่างหนามตีทะลายที่ระดับต่างๆ มีผลต่อประสิทธิภาพการแยกผลปาล์มออกจากทะลายและคุณภาพผลปาล์มที่ได้จากการแยกออกจากทะลาย

5.2.4 การวิเคราะห์สภาวะที่เหมาะสมในการแยกผลปาล์มออกจากทะลาย

การวิเคราะห์เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการแยกผลปาล์มออกจากทะลาย ได้ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการแยกผลปาล์มออกจากทะลาย 2 ปัจจัยดังต่อไปนี้

1. ความเร็วรอบของเพลาหมุน 3 ระดับ คือ 50, 70 และ 90 รอบต่อนาที
2. ระยะห่างหนามตีทะลาย 3 ระดับ คือ ห่างกัน 30 มิลลิเมตร (+30 มิลลิเมตร), พอดีกัน (0 มิลลิเมตร) และขบกัน 30 มิลลิเมตร (-30 มิลลิเมตร)

ในการทดลองนี้ได้ใช้แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design : CRD) 3x3x3 ซ้ำ วิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างแต่ละกรรมวิธีด้วยวิธี The least significant difference (LSD)

5.3 ผลการทดลอง

5.3.1 ผลการศึกษาสมบัติทางกายภาพของทะลายปาล์มและผลปาล์ม

ผลการศึกษาสมบัติทางกายภาพของทะลายปาล์มและผลปาล์ม เพื่อใช้เป็นข้อมูลเบื้องต้นในการออกแบบเครื่องแยกผลปาล์มออกจากทะลาย โดยทำการศึกษาผลปาล์มทั้งหมด 90 ผล และทะลายปาล์ม 40 ทะลาย ดังแสดงตารางที่ 5.1

ตารางที่ 5.1 ผลการศึกษาสมบัติทางกายภาพของทะลายปาล์มและผลปาล์ม

สิ่งที่วัดขนาด		กว้าง (มิลลิเมตร)	ยาว (มิลลิเมตร)	สูง (มิลลิเมตร)
ผลปาล์ม	ค่าเฉลี่ย	20.4	24.6	39.5
	SD	0.0759	0.0726	0.0799
ทะลายปาล์ม	ค่าเฉลี่ย	214.4	269.3	342.2
	SD	2.7363	3.3389	4.5517

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3.2 การทดลองเครื่องแยกผลปาล์มออกจากทะลาย

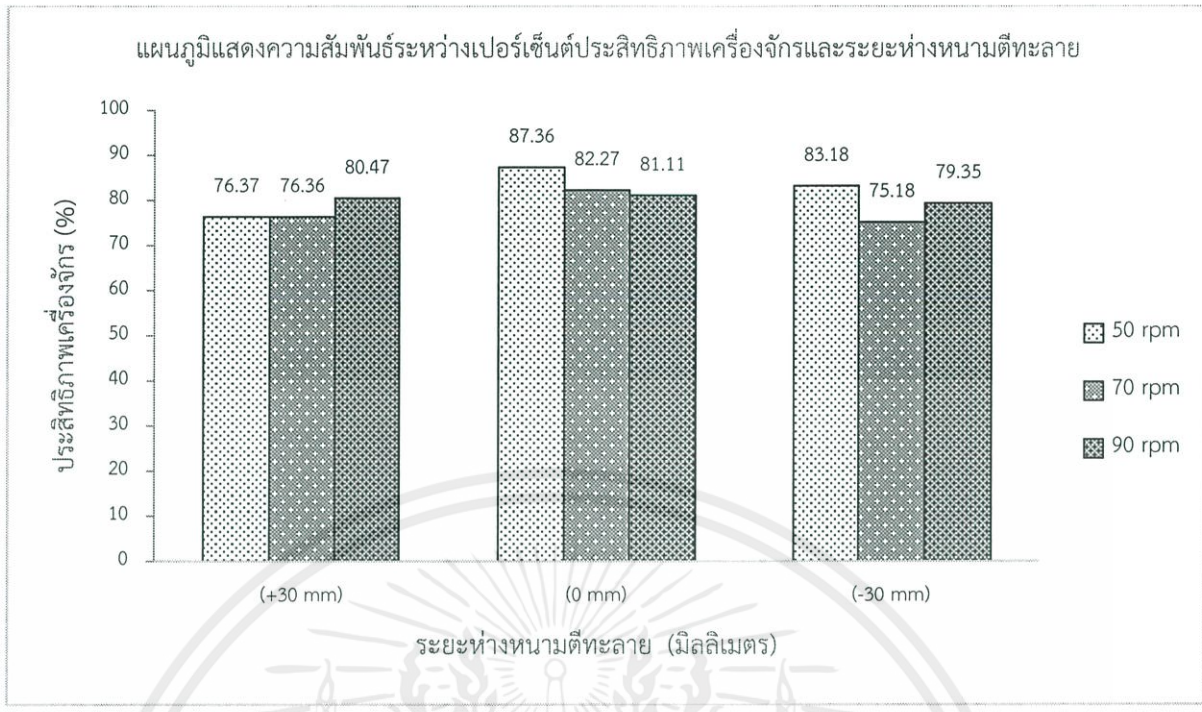
5.3.2.1 การทดลองด้านประสิทธิภาพของเครื่องแยกผลปาล์มออกจากทะลาย

จากผลการทดลองประสิทธิภาพการแยกผลปาล์มออกจากทะลาย ที่ความเร็วรอบ 50, 70 และ 90 รอบต่อนาที และที่ระยะห่างหนามตีทะลายห่างกัน 30 มิลลิเมตร (+30 มิลลิเมตร), ระยะห่างหนามตีทะลายพอดีกัน (0 มิลลิเมตร) และระยะห่างหนามตีทะลายขบกัน 30 มิลลิเมตร (-30 มิลลิเมตร) ได้ผลการทดสอบแสดงดังตารางที่ 5.2

ตารางที่ 5.2 ประสิทธิภาพการแยกผลปาล์มออกจากทะลาย

ระยะห่างของหนามตีทะลาย (มิลลิเมตร)	ความเร็วรอบ (รอบต่อนาที)	ประสิทธิภาพ (%)			
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย
+30	50	78.18	77.08	73.85	76.37
	70	76.00	77.22	75.86	76.86
	90	85.71	86.67	69.01	80.47
0	50	91.11	84.62	86.36	87.36
	70	84.21	83.87	78.72	82.27
	90	82.05	83.33	77.94	81.11
-30	50	82.00	83.33	84.21	83.18
	70	81.13	65.96	78.46	75.18
	90	80.30	79.17	78.57	79.35

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์ประสิทธิภาพเครื่องจักรและระยะห่างหนามตีทะลาย

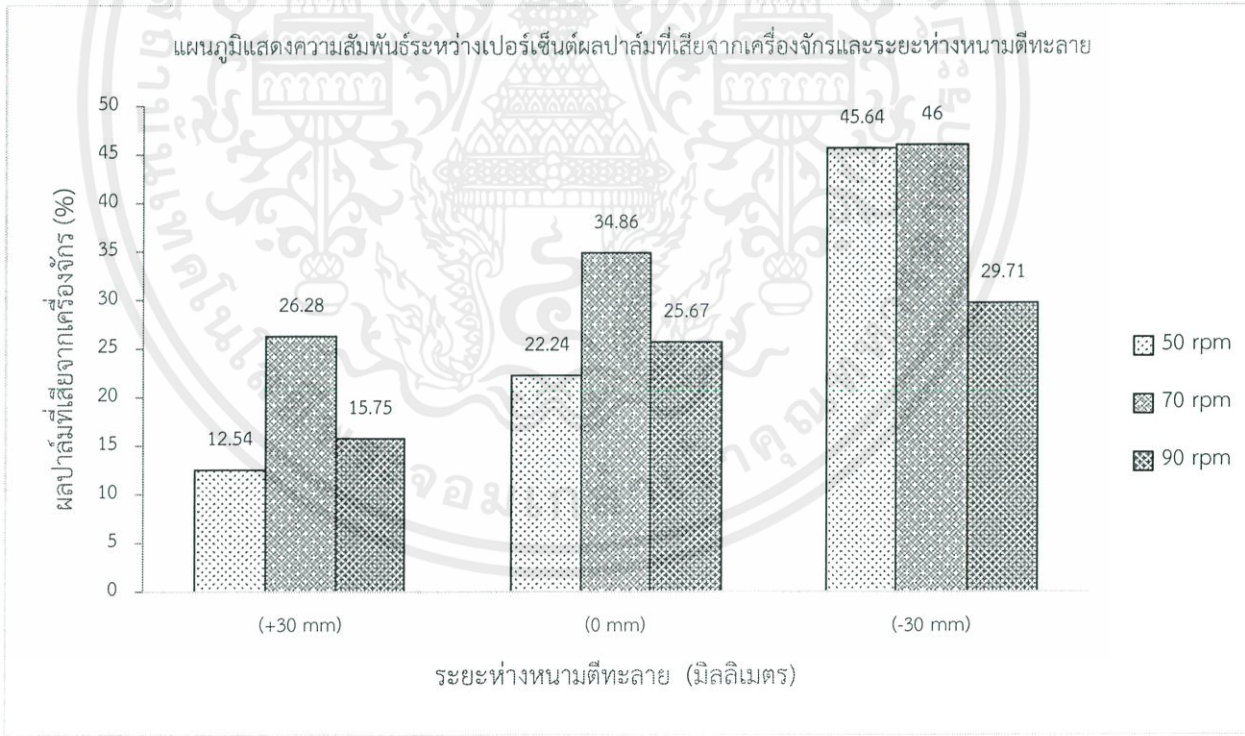
5.3.2.2 การทดลองด้านคุณภาพผลปาล์มที่ได้จากเครื่องแยกผลปาล์มออกจากทะลาย

จากผลการทดลองคุณภาพการแยกผลปาล์มออกจากทะลาย ที่ความเร็วรอบ 50, 70 และ 90 รอบต่อนาที และที่ระยะห่างหนามตีทะลายห่างกัน 30 มิลลิเมตร (+30 มิลลิเมตร), หนามตีทะลายมีระยะพอดีกัน (0 มิลลิเมตร) และหนามตีทะลายมีระยะขบกัน 30 มิลลิเมตร (-30 มิลลิเมตร) ได้ผลการทดสอบแสดงดังตารางที่ 5.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.3 คุณภาพการแยกผลปาล์มออกจากทะลาย

ระยะห่างของหนามตีทะลาย (มิลลิเมตร)	ความเร็วรอบ (รอบต่อนาที)	ประสิทธิภาพ (%)			
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย
+30	50	11.11	15.15	11.36	12.54
	70	30.30	25.00	23.53	26.28
	90	21.88	9.09	16.28	15.75
0	50	12.50	32.00	22.22	22.24
	70	45.65	34.78	24.14	34.86
	90	29.63	22.39	25.00	25.67
-30	50	30.77	46.15	60.00	45.64
	70	38.46	60.00	39.53	46.00
	90	20.41	38.10	30.61	29.71



รูปที่ 5.2 แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์ผลปาล์มที่เสียจากเครื่องจักรและระยะห่างหนามตีทะลาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

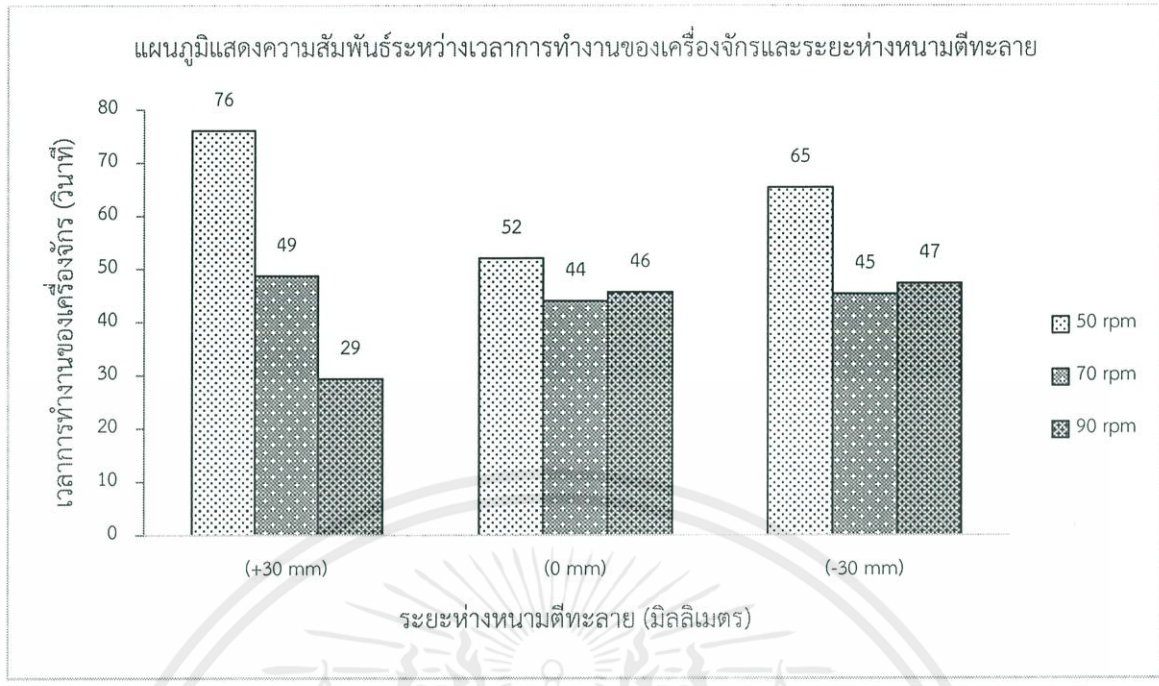
5.3.2.3 การทดลองด้านเวลาในการทำงานของเครื่องแยกผลปาล์มออกจากทะลาย

จากการทดลองด้านเวลาในการทำงานของเครื่องแยกผลปาล์มออกจากทะลายนั้น ที่ความเร็วรอบ 50, 70 และ 90 รอบต่อนาที และที่ระยะห่างหนามตีทะลายห่างกัน 30 มิลลิเมตร (+30 มิลลิเมตร), หนามตีทะลายมีระยะพอดีกัน (0 มิลลิเมตร) และหนามตีทะลายมีระยะขบกัน 30 มิลลิเมตร (-30 มิลลิเมตร) ได้ผลการทดสอบแสดงดังตารางที่ 5.4

ตารางที่ 5.4 เวลาในการทำงานของเครื่องแยกผลปาล์มออกจากทะลาย

ความเร็วรอบ (rpm)	เวลา (วินาที)		
	ระยะห่างหนาม +30 mm	ระยะห่างหนาม 0 mm	ระยะห่างหนาม -30 mm
50	68	31	134
	123	72	48
	37	53	14
ค่าเฉลี่ย	76	52	65
70	31	20	54
	35	50	30
	80	62	52
ค่าเฉลี่ย	49	44	45
90	20	35	63
	13	45	39
	55	57	40
ค่าเฉลี่ย	29	46	47

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.3 แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาการทำงานของเครื่องจักรและระยะห่างหนามตีทะลาย

5.3.3 การวิเคราะห์สภาวะที่เหมาะสมในการแยกผลปาล์มออกจากทะลาย

นำผลการทดสอบประสิทธิภาพและคุณภาพในการแยกผลปาล์มออกจากทะลาย มาหาสภาวะที่เหมาะสมด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างแต่ละกรรมวิธีด้วยวิธี The least significant different (LSD) ดังแสดงตารางที่ 5.5, 5.7 และ 5.9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3.3.1 การวิเคราะห์ด้านประสิทธิภาพของเครื่องแยกผลปาล์มออกจากทะลาย

ตารางที่ 5.5 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของความเร็วรอบและระยะห่างหนามตีทะลาย ที่ระดับต่างๆ ที่มีผลต่อประสิทธิภาพของเครื่องแยกผลปาล์มออกจากทะลาย

Tests of Between-Subjects Effects					
Dependent Variable: ประสิทธิภาพ					
Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
ระยะห่างหนาม	165.954	2	82.977	3.724	0.044
ความเร็วรอบ	86.054	2	43.027	1.931	0.174
ระยะห่างหนาม * ความเร็วรอบ	109.981	4	27.495	1.234	0.332
Error	401.024	18	22.279		
Total	174351.110	27			
a. R Squared = 0.474 (Adjusted R Squared = 0.241)					

โดย Type III Sum of Squares คือ ผลบวกกำลังสอง

df คือ องศาแห่งความเป็นอิสระ (Degrees of freedom)

Mean Square คือ ค่าเฉลี่ยกำลังสอง

F คือ ความแตกต่างของค่าการกระจายของข้อมูล

Sig. คือ ค่าความผิดพลาดที่เกิดขึ้น

จากการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของการแยกผลปาล์มออกจากทะลาย พบว่าความเร็วรอบ ไม่มีผลต่อประสิทธิภาพ ซึ่งพิจารณาจากค่า Sig. > 0.05 แต่ระยะห่างหนามตีทะลายมีผลต่อประสิทธิภาพของการแยกผลปาล์มออกจากทะลาย ซึ่งพิจารณาจากค่า Sig. < 0.05 และพบว่าที่ระยะห่างหนามตีทะลาย 0 มิลลิเมตรนั้น ให้ค่าประสิทธิภาพมากที่สุดคือ 83.58 เปอร์เซ็นต์ แสดงดังตารางที่ 5.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.6 ระยะห่างหนามตีทะลายและความเร็วรอบต่างๆ ที่มีผลต่อประสิทธิภาพการแยกผลปาล์มออกจากทะลาย

ระยะห่างหนาม (มิลลิเมตร)	ประสิทธิภาพเฉลี่ย (%)
+30	77.73
0	83.58
-30	79.24

5.3.3.2 การวิเคราะห์ด้านคุณภาพผลปาล์มที่ได้จากเครื่องแยกผลปาล์มออกจากทะลาย

ตารางที่ 5.7 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของความเร็วรอบและระยะห่างหนามตีทะลายที่ระดับต่างๆ ที่มีผลต่อคุณภาพผลปาล์มที่ได้จากเครื่องแยกผลปาล์มออกจากทะลาย

Tests of Between-Subjects Effects					
Dependent Variable: ปริมาณผลปาล์มที่เสียจากเครื่องจักร					
Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
ระยะห่างหนาม	1085.411	2	542.706	12.446	0.000404
ความเร็วรอบ	284.506	2	142.253	3.262	0.062
ระยะห่างหนาม * ความเร็วรอบ	338.615	4	84.654	1.941	0.147
Error	784.889	18	43.605		
Total	13336.263	27			
Corrected Total	2493.421	26			
a. R Squared = 0.685 (Adjusted R Squared = 0.545)					

โดย Type III Sum of Squares คือ ผลบวกกำลังสอง

df คือ องศาแห่งความเป็นอิสระ (Degrees of freedom)

Mean Square คือ ค่าเฉลี่ยกำลังสอง

F คือ ความแตกต่างของค่าการกระจายของข้อมูล

Sig. คือ ค่าความผิดพลาดที่เกิดขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการวิเคราะห์คุณภาพผลปาล์มที่ได้จากการแยกผลปาล์มออกจากทะลาย พบว่าความเร็วรอบ ไม่มีผลต่อคุณภาพ ซึ่งพิจารณาจากค่า Sig. > 0.05 แต่ระยะห่างหนามตีทะลายมีผลต่อคุณภาพในการแยกผลปาล์มออกจากทะลาย ซึ่งพิจารณาจากค่า Sig. < 0.05 และพบว่าที่ระยะห่างหนามตีทะลาย +30 มิลลิเมตรนั้น ให้ค่าปริมาณผลปาล์มที่เสียจากเครื่องจักรน้อยที่สุดคือ 18.19 เปอร์เซ็นต์ แสดงดังตารางที่ 5.8

ตารางที่ 5.8 ระยะห่างหนามตีทะลายและความเร็วรอบต่างๆ ที่มีผลต่อคุณภาพผลปาล์มในการแยกผลปาล์มออกจากทะลาย

ระยะห่างหนาม (มิลลิเมตร)	ประสิทธิภาพเฉลี่ย (%)
+30	18.19
0	27.59
-30	40.45

5.3.3.3 การวิเคราะห์ด้านเวลาในการทำงานของเครื่องแยกผลปาล์มออกจากทะลาย

ตารางที่ 5.9 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของความเร็วรอบและระยะห่างหนามตีทะลายที่ระดับต่างๆ ที่มีผลต่อเวลาในการทำงานของเครื่องแยกผลปาล์มออกจากทะลาย

Tests of Between-Subjects Effects					
Dependent Variable: เวลา					
Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
ระยะห่างหนาม	144.963	2	72.481	0.078	0.925
ความเร็วรอบ	2782.741	2	1391.370	1.501	0.249
ระยะห่างหนาม * ความเร็วรอบ	1350.815	4	337.704	0.364	0.831
Error	16682.000	18	926.778		
Total	89565.000	27			
Corrected Total	20960.519	26			
a. R Squared = 0.204 (Adjusted R Squared = -0.150)					

โดย Type III Sum of Squares คือ ผลบวกกำลังสอง

df คือ องศาแห่งความเป็นอิสระ (Degrees of freedom)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Mean Square คือ ค่าเฉลี่ยกำลังสอง

F คือ ความแตกต่างของค่าการกระจายของข้อมูล

Sig. คือ ค่าความผิดพลาดที่เกิดขึ้น

จากการวิเคราะห์ด้านเวลาในการทำงานของเครื่องแยกผลปาล์มออกจากทะลายพบว่า ความเร็วรอบและระยะห่างของหนามตีทะลาย ไม่มีผลต่อเวลาในการทำงานของเครื่องแยกผลปาล์มออกจากทะลาย ซึ่งพิจารณาจากค่า Sig. > 0.05 และพบว่าเวลาในการทำงานของเครื่องจักรอยู่ในช่วง 29 – 76 วินาที โดยค่าเวลาการทำงานโดยเฉลี่ยแสดงดังตารางที่ 5.10

ตารางที่ 5.10 เวลาในการทำงานของเครื่องแยกผลปาล์มออกจากทะลายโดยเฉลี่ย

ความเร็วรอบ (rpm)	เวลา (วินาที)		
	ระยะห่างหนาม +30 mm	ระยะห่างหนาม 0 mm	ระยะห่างหนาม -30 mm
50	76	52	65
70	49	44	45
90	29	46	47

5.4 การวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมของเครื่องแยกผลปาล์มออกจากทะลาย

การวิเคราะห์ด้านเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมของเครื่องแยกผลปาล์มออกจากทะลายมีจุดมุ่งหมายในการพิจารณาปัจจัยในการลงทุน การพิจารณาจะใช้ค่าที่ใกล้เคียงกับความจริงในสถานการณ์ปัจจุบันมากที่สุดเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่แม่นยำ โดยรายละเอียดของตัวแปรต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.4.1 เงื่อนไขในการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ แสดงดังตารางที่ 5.11 และ 5.12

ตารางที่ 5.11 ค่าวัสดุในการสร้างเครื่องแยกผลปาล์มออกจากทะลาย

ชนิดของวัสดุ	จำนวน	ราคาต่อหน่วย (บาท)	ราคาวัสดุ
เหล็กฉาก	2 เส้น	400	800
เหล็กกล่อง	2 ท่อน	225	450
น็อตชุบขาว	2 kg	100	200
น็อตชุบดำ	4 kg	80	320
นัตชุบขาว	2 kg	100	200
นัตชุบดำ	4 kg	80	320
นัตชุบขาวแบบยาว	6 kg	200	1200
สตัท	12 แท่ง	30	360
ท่อขนาด	1 ท่อ	1700	1700
เพลา	2 เพลา	250	500
หน้าแปน	4 แปน	200	800
โซ่	1 เส้น	400	400
จานเกียร์	5 จาน	360	1800
มอเตอร์ 1 HP	1 ตัว	2700	2700
เกียร์ทดรอบ	1 ตัว	2500	2500
ค่าแรงงาน	5 คน	1160	5800
รวมเป็นเงิน			20000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.12 ข้อมูลเบื้องต้นในการวิเคราะห์จุดคุ้มทุน

ข้อมูลเบื้องต้น	จำนวน
ราคาเครื่อง (บาท)	20,000
อายุการใช้งานเครื่อง (ปี)	5
มูลค่าซาก (บาท)	4,000
ค่าใช้จ่ายการขนส่ง (บาท/ตัน)	109.25
เครื่องจักรสามารถลดน้ำหนักของผลผลิตได้ (ร้อยละ)	65.7
ราคารับซื้อผลปาล์มร่วง (บาท/กิโลกรัม)	5.4
ค่าไฟฟ้า (บาท/หน่วย)	3.2
ค่าจ้างแรงงาน (บาท/ชั่วโมง)	35
ค่าซ่อมบำรุง (บาท/ปี)	2,000
กำลังการผลิต (กิโลกรัม/ชั่วโมง)	178

5.4.2 วิธีการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์

ให้ X แทนจำนวนทะลายปาล์มที่ใช้ผลิต (ตันต่อปี)

5.4.2.1 ค่าขนส่ง

$$\text{ค่าขนส่ง} = \frac{109.25\ \text{Bath}}{\text{ton}} \times \frac{x\ \text{ton}}{\text{year}} \times 0.657 = 71.78x \text{ บาทต่อปี}$$

5.4.2.2 ค่าไฟฟ้าในการดำเนินการเครื่อง

$$\text{ค่าไฟฟ้า} = \frac{x\ \text{ton}}{\text{year}} \times \frac{\text{hour}}{178\ \text{kg}} \times \frac{3.2\ \text{Bath}}{\text{hour}} \times \frac{1{,}000\ \text{kg}}{\text{ton}} \times 0.746\text{watt} = 13.41x \text{ บาทต่อปี}$$

5.4.2.3 ค่าแรงงาน

$$\text{ค่าแรงงาน} = \frac{x\ \text{ton}}{\text{year}} \times \frac{\text{hour}}{178\ \text{kg}} \times \frac{35\ \text{Bath}}{\text{hour}} \times \frac{1{,}000\ \text{kg}}{\text{ton}} = 196.63x \text{ บาทต่อปี}$$

5.4.2.4 รายได้จากการขายผลปาล์ม

$$\text{รายได้} = \frac{5.4\ \text{Bath}}{\text{kg}} \times \frac{x\ \text{ton}}{\text{year}} \times \frac{1000\ \text{kg}}{\text{ton}} \times 0.657 = 3{,}547.8x \text{ บาทต่อปี}$$

ต้นทุนเครื่อง = 20,000(A/P,10%,5) - 4,000(A/F,10%,5) = 5,276 - 655 = 4,620 บาทต่อปี

จุดคุ้มทุนเป็นจุดที่ปริมาณการขายที่มีรายได้รวมเท่ากับต้นทุนรวมพอดี

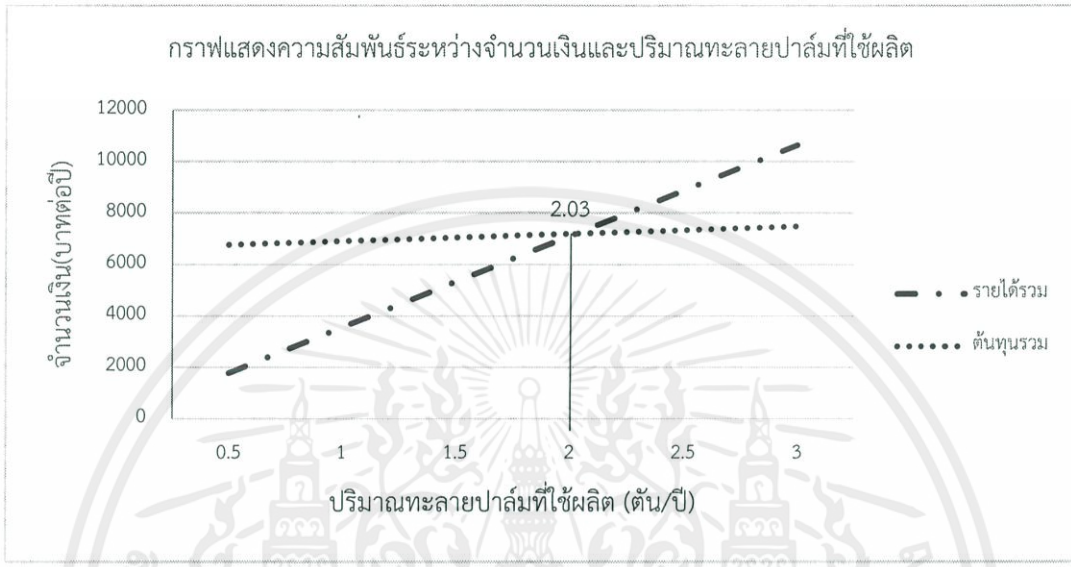
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

EUAWรายได้ = EUAWต้นทุน

3,547.8x = 71.78x+13.41x+196.63x+4,620+2,000

X = 2.03 ตันต่อปี

จะได้ว่าจุดคุ้มทุนของเครื่องคือ 2.03 ตันต่อปี โดยแสดงดังรูป 5.4



รูปที่ 5.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนเงินและปริมาณทะลายปาล์มที่ใช้ผลิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6

สรุปผลการทดลอง วิจารณ์ และข้อเสนอแนะ

6.1 สรุปผลการทดลอง

การออกแบบเครื่องจักรจึงคำนึงถึงขนาดของทะลายปาล์มและผลปาล์มให้มีความเหมาะสมกับเครื่องจักร โดยมีปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อเครื่องแยกผลปาล์มออกจากทะลายปาล์ม คือ ระยะห่างของหนามตีทะลายของชุดลูกกลิ้งทั้งสอง หากระยะห่างน้อยหรือมีการซ้อนกันของหนามตีทะลายจะทำให้เกิดความเสียหายแก่ผิวผลปาล์มที่ถูกแยกออกจากทะลาย ซึ่งทำให้คุณภาพผลปาล์มที่ได้จากเครื่องจักรมีผลเสียมากยิ่งขึ้น

จากผลการทดลองสามารถสรุปได้ดังนี้

1. ความเร็วรอบ ไม่มีผลต่อประสิทธิภาพ การแยกผลปาล์มออกจากทะลายของเครื่องแต่ระยะห่างหนามตีทะลายมีผลต่อประสิทธิภาพของการแยกผลปาล์มออกจากทะลาย และพบว่าที่ระยะห่างหนามตีทะลาย 0 มิลลิเมตรนั้น ให้ค่าประสิทธิภาพมากที่สุดคือ 83.58 เปอร์เซ็นต์

2. ความเร็วรอบ ไม่มีผลต่อคุณภาพ ของผลปาล์มที่ได้จากเครื่อง แต่ระยะห่างหนามตีทะลายมีผลต่อคุณภาพในการแยกผลปาล์มออกจากทะลาย และพบว่าที่ระยะห่างหนามตีทะลาย +30 มิลลิเมตรนั้น ให้ค่าปริมาณผลปาล์มที่เสียจากเครื่องจักรน้อยที่สุดคือ 18.19 เปอร์เซ็นต์

3. ความเร็วรอบและระยะห่างของหนามตีทะลาย ไม่มีผลต่อเวลาในการทำงานของเครื่องแยกผลปาล์มออกจากทะลาย และพบว่าเวลาในการทำงานของเครื่องจักรอยู่ในช่วง 29 – 76 วินาที

อย่างไรก็ตามในด้านอุตสาหกรรมอาหารควรคำนึงถึงคุณภาพอาหารเป็นสำคัญ ในการใช้เครื่องแยกผลปาล์มออกจากทะลาย จึงควรใช้ระยะของห่างหนามตีทะลายของชุดลูกกลิ้งทั้งสองที่ +30 มิลลิเมตร เพื่อให้ได้ผลปาล์มที่มีคุณภาพดีที่สุด

6.2 วิจารณ์และข้อเสนอแนะ

6.2.1 วิจารณ์

จากการทดลองหาประสิทธิภาพเครื่องและหาคุณภาพผลปาล์มที่แยกออกจากทะลายนั้น จะเห็นได้ว่าลักษณะเด่นของเครื่องจักรคือ ใช้เวลาในการแยกผลปาล์มออกจากทะลายที่น้อยกว่าเครื่องจักรรูปแบบอื่นๆ อีกทั้งสามารถรักษาคุณภาพของผลปาล์มได้เป็นอย่างดี แต่อาจมีข้อผิดพลาดเกิดขึ้นระหว่างกระบวนการเนื่องจาก

1. การประกอบเครื่องจักรที่ไม่แข็งแรง เนื่องจากผู้จัดทำยังไม่มีความชำนาญในการประกอบเครื่องจักร

2. มีงบประมาณที่จำกัด

3. การตั้งศูนย์กลางของเพลากับท่อและมอเตอร์กับเกียร์ทดรอบที่ไม่ตรงกัน ทำให้เครื่องจักรเกิดการสั่นสะเทือนมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.2.2 ข้อเสนอแนะ

จากข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นในข้อ 6.2.1 นั้นได้มีข้อเสนอแนะเพิ่มเติมเพื่อแก้ไขปรับปรุงเครื่องแยกผลปาล์มออกจากทะลายให้มีประสิทธิภาพดีขึ้น ดังนี้

1. ควรเลือกวัสดุที่แข็งแรงและปลอดภัยตามหลัก GMP และ HACCP เพื่อเหมาะสมกับการใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร ซึ่งในกรณีนี้ควรเลือกใช้สแตนเลสหรือเหล็กกล้าไร้สนิมในส่วนของชุดลูกกลิ้ง เพื่อไม่ให้มีสิ่งปนเปื้อน เช่น สนิมเหล็ก ในการสกัดน้ำมันปาล์มดิบต่อไป

2. ควรมีการประกอบเครื่องจักรที่แข็งแรง เพื่อให้มีอายุการใช้งานที่ยาวนาน เช่น การเชื่อมตรงตำแหน่งรอยต่อแต่ละจุดบนเครื่องจักรจากผู้ที่ชำนาญในการเชื่อม

3. ควรมีการประกอบเครื่องจักรที่แม่นยำ เพื่อให้เกิดความคลาดเคลื่อนหรือผิดพลาดน้อยที่สุด เช่น การตั้งศูนย์ของชุดกำลังขับด้วยเครื่องมือวัดAlignment หรือเลเซอร์

6.3 แนวคิดการพัฒนาเครื่องแยกผลปาล์มออกจากทะลายปาล์มน้ำมัน

แนวคิดการพัฒนาเครื่องแยกผลปาล์มออกจากทะลายนั้น อาจมีการพัฒนาให้เครื่องแยกผลปาล์มออกจากทะลายมีระบบการผลิตแบบต่อเนื่อง ทั้งนี้เพื่อความสะดวกรวดเร็ว และง่ายต่อการใช้งาน โดยมีวิธีการพัฒนาแนวคิดนี้คือ การเพิ่มขนาดของเครื่องจักรในส่วนความยาวของชุดลูกกลิ้งตีทะลายปาล์ม เพื่อให้การป้อนทะลายปาล์มเข้าเครื่องจักรสามารถเป็นไปอย่างต่อเนื่อง และการเพิ่มความชันของชุดลูกกลิ้งตีทะลายปาล์ม เพื่อให้ทะลายปาล์มสามารถเคลื่อนที่ไปด้านหน้าได้

นอกจากนี้ยังมีแนวคิดด้านการออกแบบโดยใช้พื้นที่ให้เกิดประโยชน์สูงสุด เพื่อความสะดวกในการติดตั้งและเคลื่อนย้ายเครื่องแยกผลปาล์มออกจากทะลาย โดยมีวิธีการพัฒนาแนวคิดนี้คือ การออกแบบเครื่องจักรให้เหลือชุดลูกกลิ้งตีทะลายปาล์มเพียงชุดเดียว เพื่อง่ายต่อการติดตั้งและการทำงานของเครื่องจักร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

[1] กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. **"กำหนดมาตรฐานสินค้าเกษตร : ทะลายปาล์มน้ำมัน."** [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : http://www.acfs.go.th/standard/download/oil_palm_bunch.pdf. 2552

[2] จิรวัฒน์ ขจัดมลพิษ, ธนิต เอี่ยมมงคล, ไพรัตน์ วีรวรรณ, สธนัสถ์ กาญจนกุล. 2544. **เครื่องแยกเมล็ดปาล์มออกจากทะลาย.** กรุงเทพฯ : ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล สถาบันเทคโนโลยี-พระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

[3] ธีระพงศ์ จันทรนิยม. 2555. **คู่มือปาล์ม (ฉบับเกษตรกร).** ชลบุรี : บริษัท สุขสมบูรณ์น้ำมันปาล์ม จำกัด.

[4] นิรนาม 1. **"บทนำความสำคัญและที่มาของการวิจัย."** [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : http://kb.psu.ac.th/psukb/bitstream/2010/9196/3/ch1.pdf. 2560.

[5] นิรนาม 2. **"นิเวศวิทยาของปาล์มน้ำมัน."** [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : http://www.rdkaset.com/instruction/2016/2/24. 2559.

[6] นิรนาม 3. **"ปาล์มน้ำมัน สู่น้ำมันปาล์มโอเลอิน."** [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : http://yes-palmoil.com/น้ำมันปาล์ม/ปาล์มน้ำมัน-สู่น้ำมันปา/. 2559.

[7] นิรนาม 4. **"การเลือกพันธุ์ปาล์มน้ำมัน."** [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : https://yanpara.wordpress.com/การเลือกพันธุ์พันธุ์ปา/. 2560.

[8] นิรนาม 5. **"การเก็บเกี่ยวและการแปรรูปปาล์มน้ำมัน."** [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : http://www.oard8.go.th/information/kpi/palm/บทที่%206.pdf. 2560.

[9] นิรนาม 6. **"สกรูและน็อต อุตสาหกรรม."** [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : http://heiphar.blogspot.com/2014/09/Screw-Nut.html?m=1. 2557.

[10] นิรนาม 7. **"โซ่ส่งกำลัง."** [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : http://th.misumiec.com/maker/misumi/mech/campaign/email20130110/Chain_Sprocket.html. 2560.

[11] นิรนาม 8. **"การคำนวณหาขนาดของมอเตอร์ไฟฟ้า."** [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : http://www.thaihydraulics.com/index.php?lay=show&ac=article&Id=538695305. 2560.

[12] นิรนาม 9. **"วิธีหากำลังมอเตอร์."** [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : http://www.vcharkarn.com/vcafe/51035. 2549.

[13] นิรนาม 10. **"ข้อมูลการผลิตสินค้าการเกษตร."** ศูนย์สารสนเทศการเกษตร [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : www.oae.go.th/ewt_news.php?nid=13577. 2557.

[14] ปัญญา ยอดโอวาท. 2547. **มอเตอร์ไฟฟ้า.** เคลื่องกลไฟฟ้า. กรุงเทพฯ : บริษัท พิมพ์ดี จำกัด.

[15] พลังเกษตร. **"โรคโคนเน่า ในสวนปาล์มน้ำมัน."** [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก :

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

https://www.palangkaset.com/พืชพลังงาน/โรคโคนเน่า-ในสวนปาล์ม/. 2558.

[16] พืชพลังงาน. **"กลุ่มเกษตรกรรายย่อยไทยที่ RSPO ให้การรับรองเป็นรายแรกของโลก ขายสิทธิให้จอห์นสัน แอนด์ จอห์นสัน."** [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : http://shadowtantai.blogspot.com/2012/. 2555.

[17] วุฒิพล จันทร์สระคู. **"การทดสอบและพัฒนาเครื่องปลิดผลปาล์มออกจากทะลายปาล์มน้ำมันในเขตพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ."** มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : http://www.respository.rmutt.ac.th/bitstream/handle/123456789/1788/TAM-19%20p284-288.pdf?sequence=1. 2556.

[18] Ahmad, D., Akande, F.B. and Hadi, S. 2009. **"Determination of the bruise Indexes of oil palm fruits."** Journal of Food Engineering 95 (2009): 322-326.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

ลักษณะทางกายภาพของปาล์มน้ำมัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.1 ขนาดผลปาล์มไม่ช้ำหรือช้ำน้อยมาก

ลำดับ	กว้าง (cm)	ยาว (cm)	สูง (cm)
1	1.99	2.15	4.20
2	2.02	2.77	3.50
3	2.00	2.35	4.50
4	1.75	2.50	4.55
5	1.70	2.52	4.25
6	1.97	2.65	3.72
7	2.45	2.50	3.73
8	2.11	2.38	3.69
9	2.03	2.70	3.55
10	1.94	2.50	4.12
11	1.93	2.25	4.10
12	1.82	2.53	4.10
13	2.09	2.38	4.00
14	2.25	2.65	3.33
15	2.31	2.60	4.40

ลำดับ	กว้าง (cm)	ยาว (cm)	สูง (cm)
16	2.04	2.34	4.05
17	2.09	2.69	3.67
18	1.95	2.10	4.44
19	1.91	2.40	4.12
20	1.92	2.64	4.22
21	2.12	2.80	3.95
22	2.11	2.65	3.70
23	1.91	2.39	3.99
24	2.10	2.45	4.14
25	1.96	2.60	4.50
26	2.20	2.65	3.78
27	1.31	2.49	4.34
28	2.20	2.49	4.59
29	2.32	2.74	4.05
30	1.94	2.00	4.10

	กว้าง (cm)	ยาว (cm)	สูง (cm)
Max	2.45	2.80	4.59
Min	1.31	2.00	3.33
Avg.	2.01	2.50	4.05
SD	0.2122	0.1968	0.3316

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.2 ขนาดผลปาล์มซ้ำปานกลาง

ลำดับ	กว้าง (cm)	ยาว (cm)	สูง (cm)
1	1.61	2.29	3.90
2	1.99	2.50	3.51
3	2.09	2.41	3.61
4	2.11	2.31	3.89
5	2.01	2.31	4.11
6	1.55	2.19	3.09
7	2.10	2.31	4.11
8	2.15	2.59	3.20
9	1.85	2.20	3.55
10	1.75	2.25	4.32
11	1.91	2.08	3.90
12	2.19	2.50	3.48
13	1.90	2.21	3.88
14	2.18	2.81	4.49
15	1.72	1.85	3.50

ลำดับ	กว้าง (cm)	ยาว (cm)	สูง (cm)
16	1.94	2.30	3.74
17	2.28	2.50	4.14
18	2.15	2.40	3.20
19	1.90	2.30	3.60
20	1.95	2.10	4.25
21	2.25	2.45	4.25
22	2.32	2.61	4.15
23	2.12	2.40	4.35
24	2.05	2.52	4.55
25	1.95	2.32	4.35
26	2.05	2.70	3.23
27	1.75	2.40	3.70
28	1.85	2.55	4.15
29	1.65	2.15	4.65
30	1.90	2.75	4.55

	กว้าง (cm)	ยาว (cm)	สูง (cm)
Max	2.32	2.81	4.65
Min	1.55	1.85	3.09
Avg.	1.97	2.38	3.91
SD	0.1999	0.2097	0.4466

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.3 ขนาดผลปาล์มที่เสียหายจากเครื่องจักร

ลำดับ	กว้าง (cm)	ยาว (cm)	สูง (cm)
1	2.15	2.65	4.40
2	2.15	2.95	3.50
3	2.40	2.45	3.65
4	2.15	2.48	4.55
5	2.05	2.75	3.45
6	2.35	2.65	3.55
7	2.15	2.20	4.15
8	2.30	2.68	3.20
9	2.60	2.68	4.35
10	2.18	2.22	3.05
11	2.30	2.65	4.35
12	2.30	2.60	4.25
13	2.45	2.90	3.68
14	2.30	2.47	3.60
15	2.25	2.25	4.55

ลำดับ	กว้าง (cm)	ยาว (cm)	สูง (cm)
16	1.90	2.40	5.10
17	2.25	2.65	4.50
18	1.80	2.85	3.20
19	2.05	2.35	3.70
20	1.90	2.70	3.90
21	2.35	2.60	3.85
22	2.00	2.85	3.75
23	2.15	2.35	3.65
24	1.95	2.75	3.40
25	2.25	2.50	5.00
26	1.60	2.55	3.45
27	1.80	2.35	3.25
28	2.15	2.30	4.25
29	1.65	1.70	3.90
30	1.75	1.70	3.90

	กว้าง (cm)	ยาว (cm)	สูง (cm)
Max	2.60	2.95	5.10
Min	1.60	1.70	3.05
Avg.	2.12	2.51	3.90
SD	0.2418	0.2983	0.5320

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.4 ขนาดทะลายปาล์ม

ลำดับ	กว้าง (cm)	ยาว (cm)	สูง (cm)
1	20	30	40
2	24	28	39
3	24	31	34
4	23	24	35
5	25	30	43
6	19	22	30
7	23	26	34
8	20	23	34
9	25	30	32
10	18	20	30
11	21	27	35
12	18	20	23
13	21	29	33
14	22	27	32
15	20	25	31
16	18	25	33
17	22	31	35
18	25	32	44
19	22	28	32
20	16	26	32
21	16	24	28
22	22	27	32
23	20	27	33
24	23	30	40
25	25	31	35
26	25	29	35
27	22	25	40

	กว้าง (cm)	ยาว (cm)	สูง (cm)
Max	25	32	44
Min	16	20	23
Avg.	21.44	26.93	34.22
SD	2.7363	3.3389	4.5517

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ ก.1 ทะลายปาล์ม

รูปที่ ก.2 ทะลายปาล์มเปล่าที่ผ่านการแยกผลปาล์มจากโรงงาน
ซึ่งพบผลปาล์มที่แยกออกจากทะลายไม่หมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ ก.3 ทะลายปาล์มที่เสียหายก่อนเข้าเครื่องจักร

รูปที่ ก.4 ผลปาล์มหลังการคัดคุณภาพ

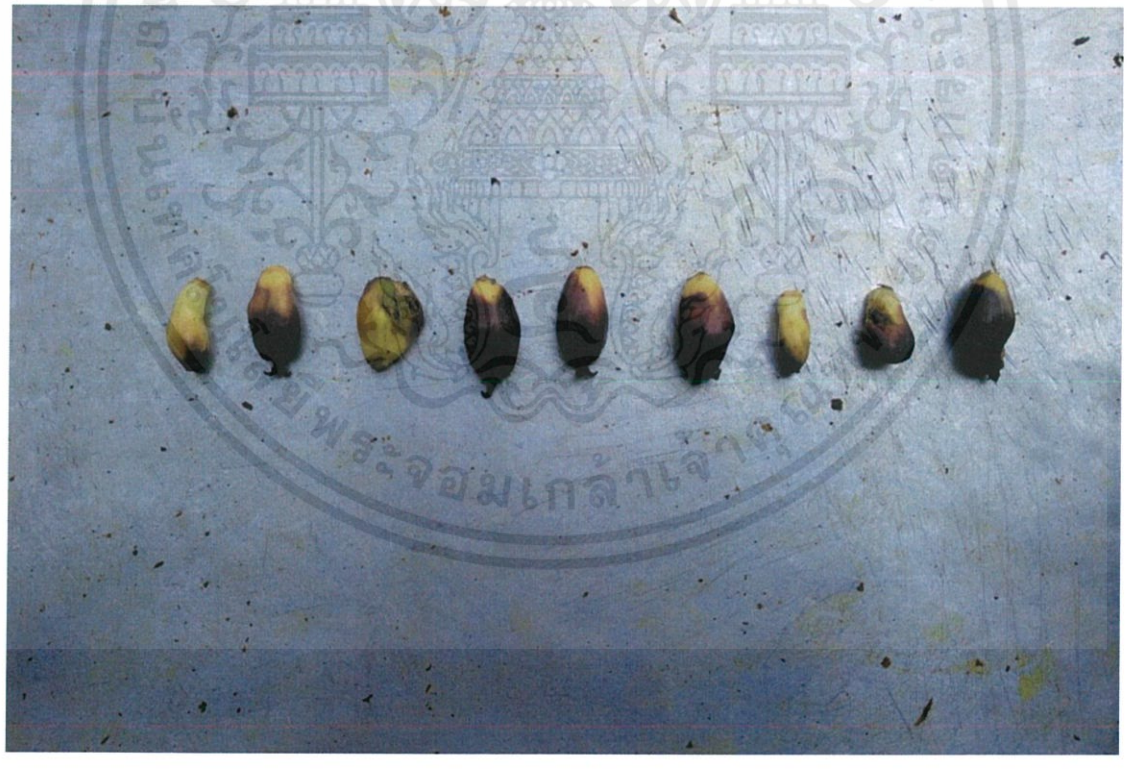
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ ก.5 ผลปาล์มไม่ช้าหรือช้าน้อยมาก

รูปที่ ก.6 ผลปาล์มช้าปานกลาง

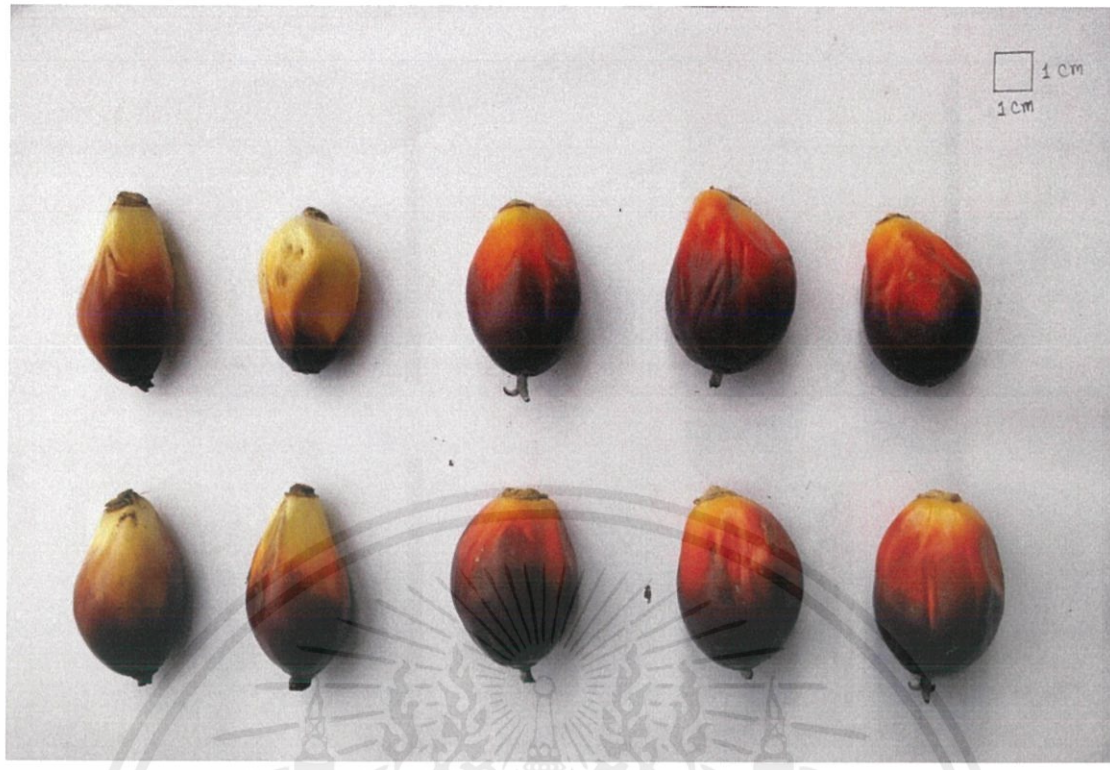
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ ก.7 ผลปาล์มที่เสียหาย



รูปที่ ก.8 ผลปาล์มฝ่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก.9 ผลปาล์มไม่ช้ำหรือช้ำน้อยมาก

รูปที่ ก.10 ผลปาล์มช้ำปานกลาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ ก.11 ผลปาล์มที่เสียหายจากเครื่องจักร

รูปที่ ก.12 ผลปาล์มที่เสียหายก่อนเข้าเครื่องจักร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

การออกแบบและทดลองเครื่องแยกผลปาล์มออกจากทะลาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.1 น้ำหนักทะลายปาล์ม เมื่อทดลองที่ระยะห่างหนามตีทะลาย +30 มิลลิเมตร

ความเร็วรอบ (rpm)	ทะลายที่	น้ำหนัก (กิโลกรัม)								
		ทะลายปาล์มเริ่มต้น	ทะลายปาล์มหลังออกจากเครื่อง	ผลไม่ช้ำและผลช้ำน้อย	ผลช้ำปานกลาง	ผลเสียจากเครื่องจักร	ผลเสียก่อนเข้าเครื่องจักร	กาก	ผลแงะ	ทะลายปาล์มเปล่า
50	1	8.9	4	2.2	1	0.4	0.7	0.5	1.2	2.8
	2	8.3	3.9	2	0.8	0.5	0.4	0.7	1.1	2.8
	3	10	4.5	3.4	0.5	0.5	0.4	0.6	1.7	2.8
ค่าเฉลี่ย		9.07	4.13	2.53	0.77	0.47	0.50	0.60	1.33	2.80
70	4	7.4	3.2	1.8	0.5	1	0.5	0.4	1.2	2
	5	9.9	3.3	2.8	1.4	1.4	0.5	0.4	1.8	1.5
	6	4	1.5	0.8	0.5	0.4	0.5	0.3	0.7	0.8
ค่าเฉลี่ย		7.10	2.67	1.80	0.80	0.93	0.50	0.37	1.23	1.43
90	7	5.6	1.6	2	0.5	0.7	0.4	0.2	0.6	1
	8	3.9	0.9	1.7	0.3	0.2	0.4	0.3	0.4	0.5
	9	8.7	3.5	2.6	1	0.7	0.6	0.4	2.2	1.2
ค่าเฉลี่ย		6.07	2.00	2.10	0.60	0.53	0.47	0.30	1.07	0.90

ตารางที่ ข.2 น้ำหนักทะลายปาล์ม เมื่อทดลองที่ระยะห่างหนามตีทะลาย 0 มิลลิเมตร

ความเร็วรอบ (rpm)	ทะลายที่	น้ำหนัก (กิโลกรัม)								
		ทะลายปาล์มเริ่มต้น	ทะลายปาล์มหลังออกจากเครื่อง	ผลไม่ช้ำและผลช้ำน้อย	ผลช้ำปานกลาง	ผลเสียจากเครื่องจักร	ผลเสียก่อนเข้าเครื่องจักร	กาก	ผลแงะ	ทะลายปาล์มเปล่า
50	10	5.4	1.2	2.1	0.7	0.4	0.9	0.1	0.4	0.8
	11	8.8	2.8	2.8	0.6	1.6	0.5	0.4	1	1.8
	12	2.8	0.6	1	0.4	0.4	0.1	0.3	0.3	0.4
ค่าเฉลี่ย		5.67	1.53	1.97	0.57	0.80	0.50	0.27	0.57	1.00
70	13	7.6	2.3	2.3	0.2	2.1	0.2	0.4	0.9	1.4
	14	5.4	2.4	1	0.5	0.8	0.3	0.4	0.5	1.9
	15	6.8	2.9	1.6	0.6	0.7	0.8	0.1	1	1.8
ค่าเฉลี่ย		6.60	2.53	1.63	0.43	1.20	0.43	0.30	0.80	1.70
90	16	4.8	1.3	1.2	0.7	0.8	0.5	0.2	0.7	0.5
	17	12.8	4.1	3	2.2	1.5	0.8	1.2	1.5	2.6
	18	12.4	6	2	1	1	1.3	1.1	1.5	4.5
ค่าเฉลี่ย		10.00	3.80	2.07	1.30	1.10	0.87	0.83	1.23	2.53

ตารางที่ ข.3 น้ำหนักทะลายปาล์ม เมื่อทดลองที่ระยะห่างหนามตีทะลาย -30 มิลลิเมตร

ความเร็วรอบ (rpm)	ทะลายที่	น้ำหนัก (กิโลกรัม)								
		ทะลายปาล์มเริ่มต้น	ทะลายปาล์มหลังออกจากเครื่อง	ผลไม่ช้ำและผลช้ำน้อย	ผลช้ำปานกลาง	ผลเสียจากเครื่องจักร	ผลเสียก่อนเข้าเครื่องจักร	กาก	ผลแงะ	ทะลายปาล์มเปล่า
50	19	5.8	1.5	1.6	1.1	1.2	0.2	0.2	0.9	0.6
	20	3	1.3	0.5	0.2	0.6	0.2	0.2	0.3	0.9
	21	2.5	0.8	0.5	0.1	0.9	0.1	0.1	0.3	0.5
ค่าเฉลี่ย		3.77	1.20	0.87	0.47	0.90	0.17	0.17	0.50	0.67
70	22	6.8	2.1	1.3	1.1	1.5	0.4	0.4	1	1
	23	6	2.8	0.8	0.2	1.5	0.6	0.1	1.6	1.2
	24	9.2	3.9	1.5	1.1	1.7	0.8	0.2	1.4	2.5
ค่าเฉลี่ย		7.33	2.93	1.20	0.80	1.57	0.60	0.23	1.33	1.57
90	25	9.2	3.5	3	0.9	1	0.4	0.4	1.3	2.2
	26	9.4	3.3	2.3	0.3	1.6	1.5	0.4	1.5	1.8
	27	10	4	3	0.4	1.5	0.6	0.5	1.5	2.5
ค่าเฉลี่ย		9.53	3.60	2.77	0.53	1.37	0.83	0.43	1.43	2.17

ตารางที่ ข.4 เวลาที่ใช้ทดสอบการทำงานของเครื่องแยกผลปาล์มออกจากทะลาย

ความเร็วรอบ (rpm)	เวลา (วินาที)		
	ระยะห่างหนาม +30 mm	ระยะห่างหนาม 0 mm	ระยะห่างหนาม -30 mm
50	68	31	134
	123	72	48
	37	53	14
ค่าเฉลี่ย	76.00	52.00	65.33
70	31	20	54
	35	50	30
	80	62	52
ค่าเฉลี่ย	48.67	44.00	45.33
90	20	35	63
	13	45	39
	55	57	40
ค่าเฉลี่ย	29.33	45.67	47.33

ตารางที่ ข.5 ค่าตัวประกอบความล้า

ชนิดของแรง	C_m	C_t
เพลาอยู่นิ่ง :		
แรงสม่ำเสมอหรือเพิ่มขึ้น	1.0	1.0
ช้า ๆ	1.5 – 2.0	1.5 – 2.0
แรงกระตุก		
เพลาหมุน :	1.5	1.0
แรงสม่ำเสมอหรือเพิ่มขึ้น	1.5 – 2.0	1.0 – 1.5
ช้า ๆ	2.0 – 3.0	1.5 – 3.0
แรงกระตุกอย่างเบา		
แรงกระตุกอย่างแรง		

(**ที่มา** : วริทธิ์ อึ้งภากรณ์ และชาญ ถนัดงาน, 2537)

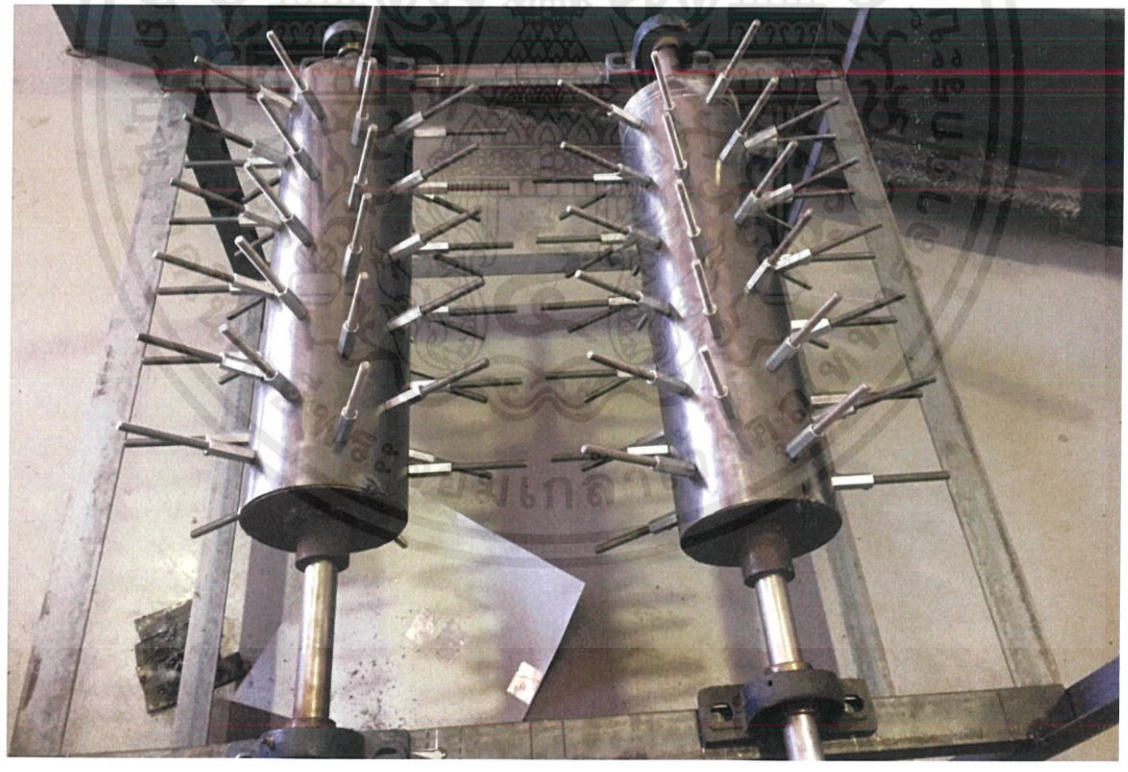
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ ข.1 เกียร์ทดรอบ

รูปที่ ข.2 แบริ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

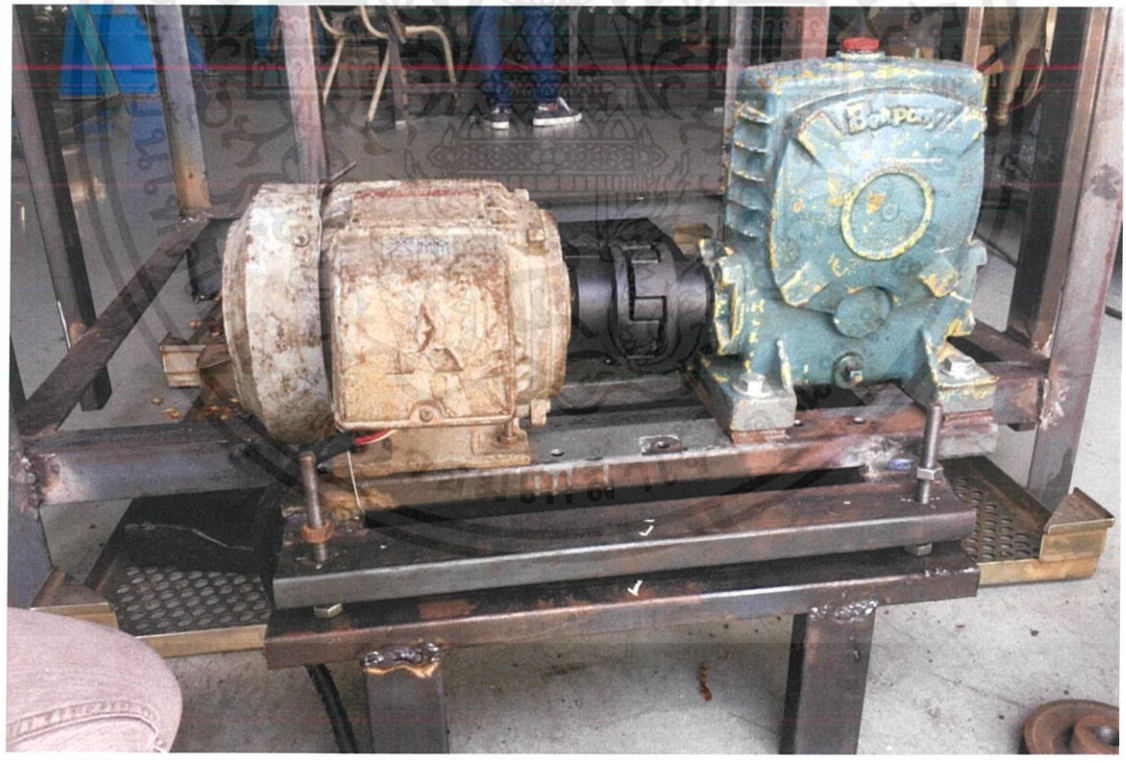
รูปที่ ข.3 โครงเครื่องแยกผลปาล์มออกจากทะลาย



รูปที่ ข.4 ชุดลูกกลิ้ง

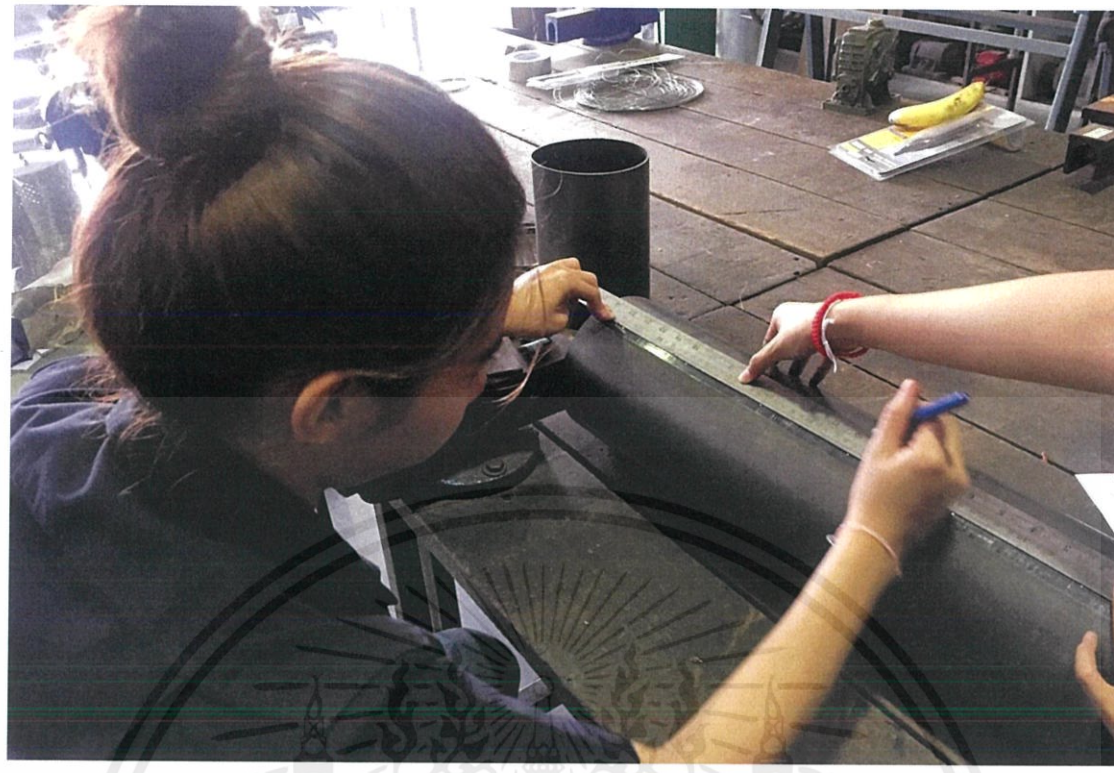
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ ข.5 เครื่องวัดความเร็วรอบ



รูปที่ ข.6 ชุดกำลังขับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ข.7 การประกอบเครื่องแยกผลปาล์มออกจากทะลาย

รูปที่ ข.8 การประกอบเครื่องแยกผลปาล์มออกจากทะลาย

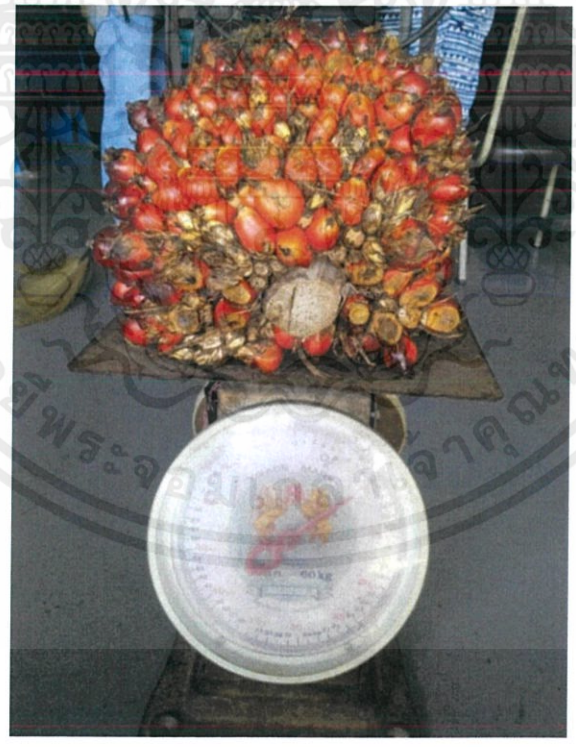
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ ข.9 การประกอบเครื่องแยกผลปาล์มออกจากทะลาย

รูปที่ ข.10 การประกอบเครื่องแยกผลปาล์มออกจากทะลาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ ข.11 การประกอบเครื่องแยกผลปาล์มออกจากทะลาย



รูปที่ ข.12 การชั่งน้ำหนักทะลายปาล์มก่อนการทดลองเครื่องจักร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ ข.13 การชั่งน้ำหนักทะลายปาล์มหลังการทดลองเครื่องจักร

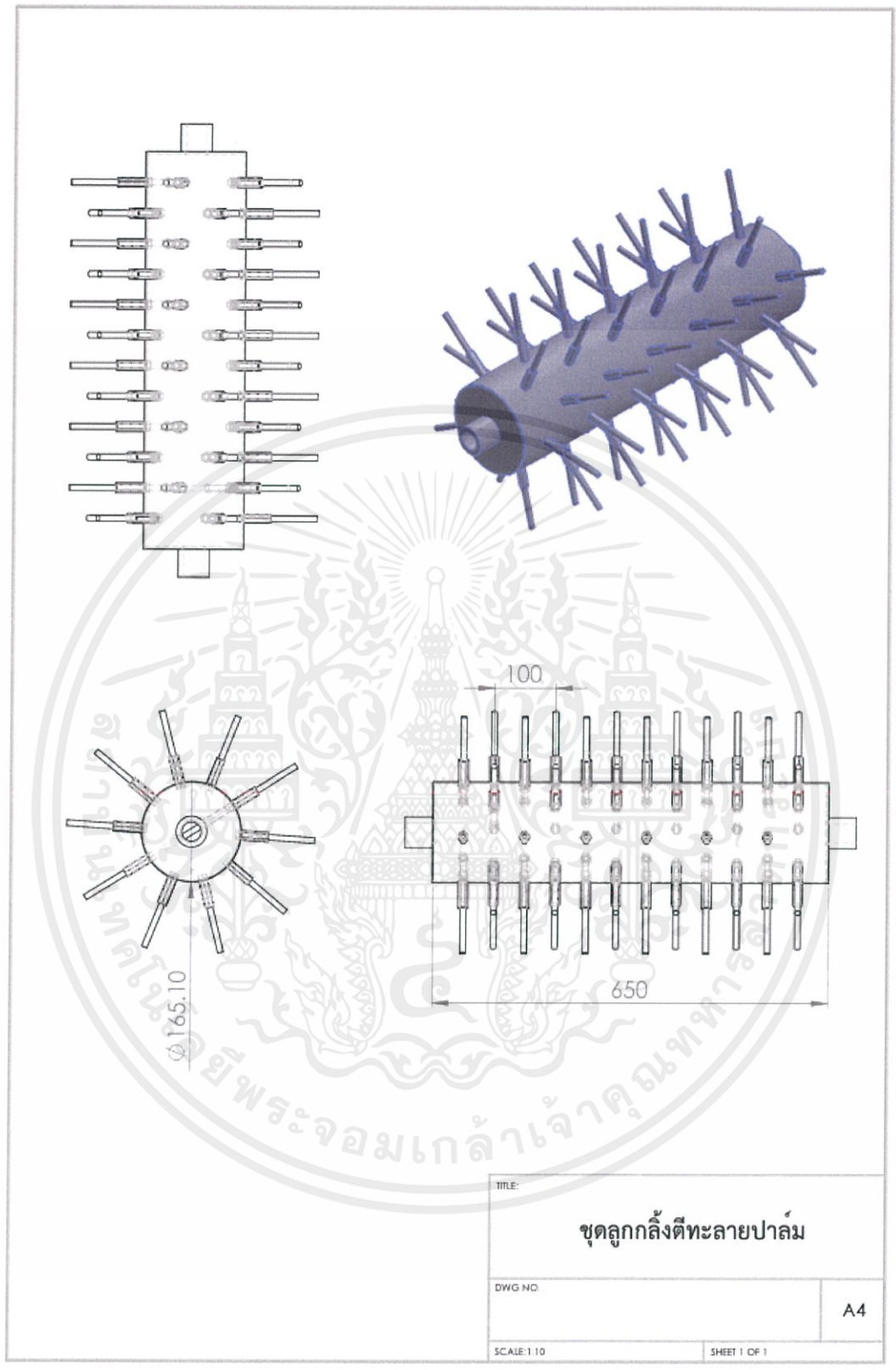
รูปที่ ข.14 การชั่งน้ำหนักผลปาล์มหลังการทดลองเครื่องจักร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ ข.15 การทดลองก่อนปรับปรุงเครื่องจักร

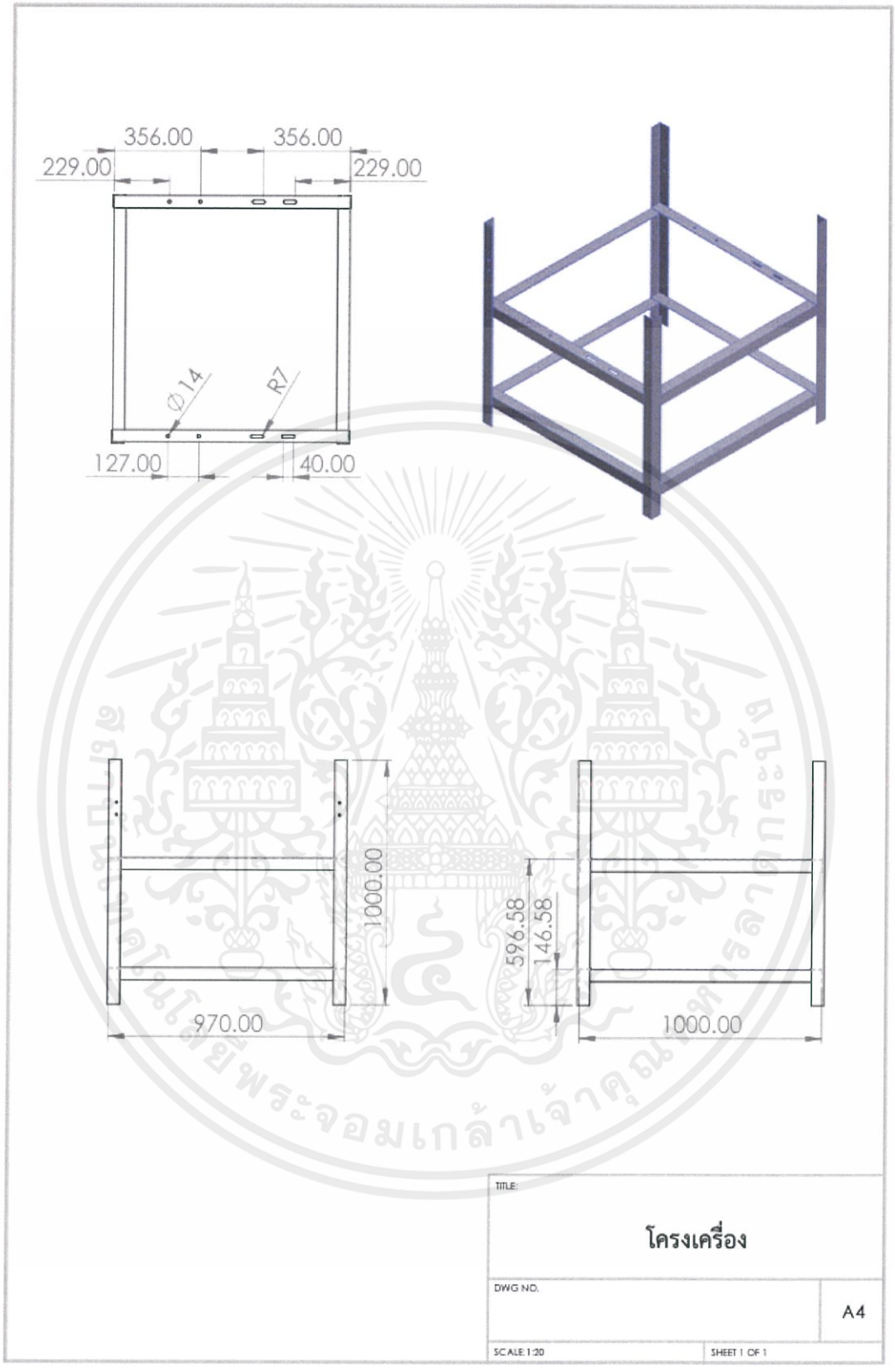
รูปที่ ข.16 การคัดคุณภาพผลปาล์มหลังการทดลองเครื่องจักร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



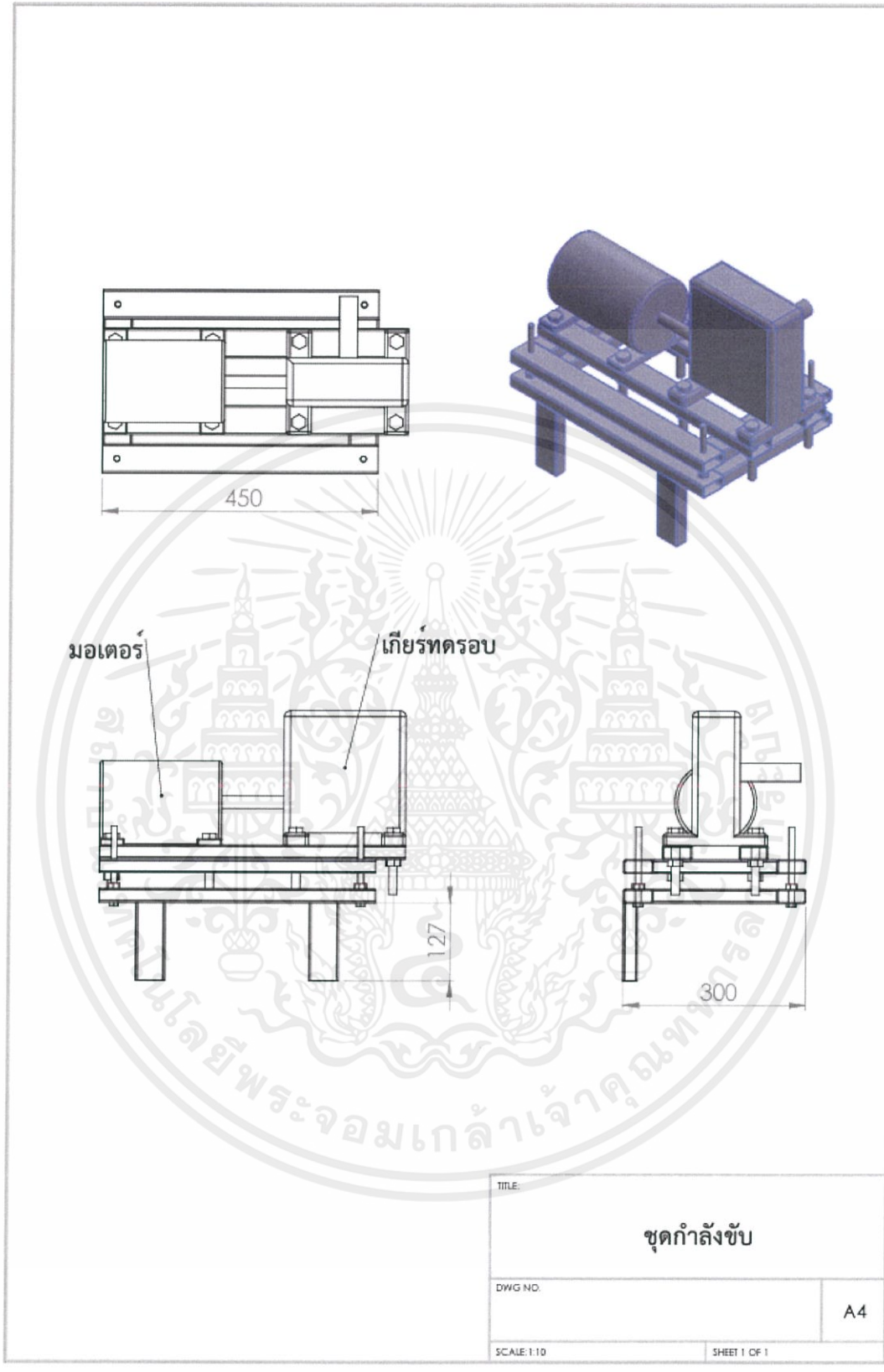
รูปที่ ข.17 ชุดลูกกลิ้งตีทะลายปาล์ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



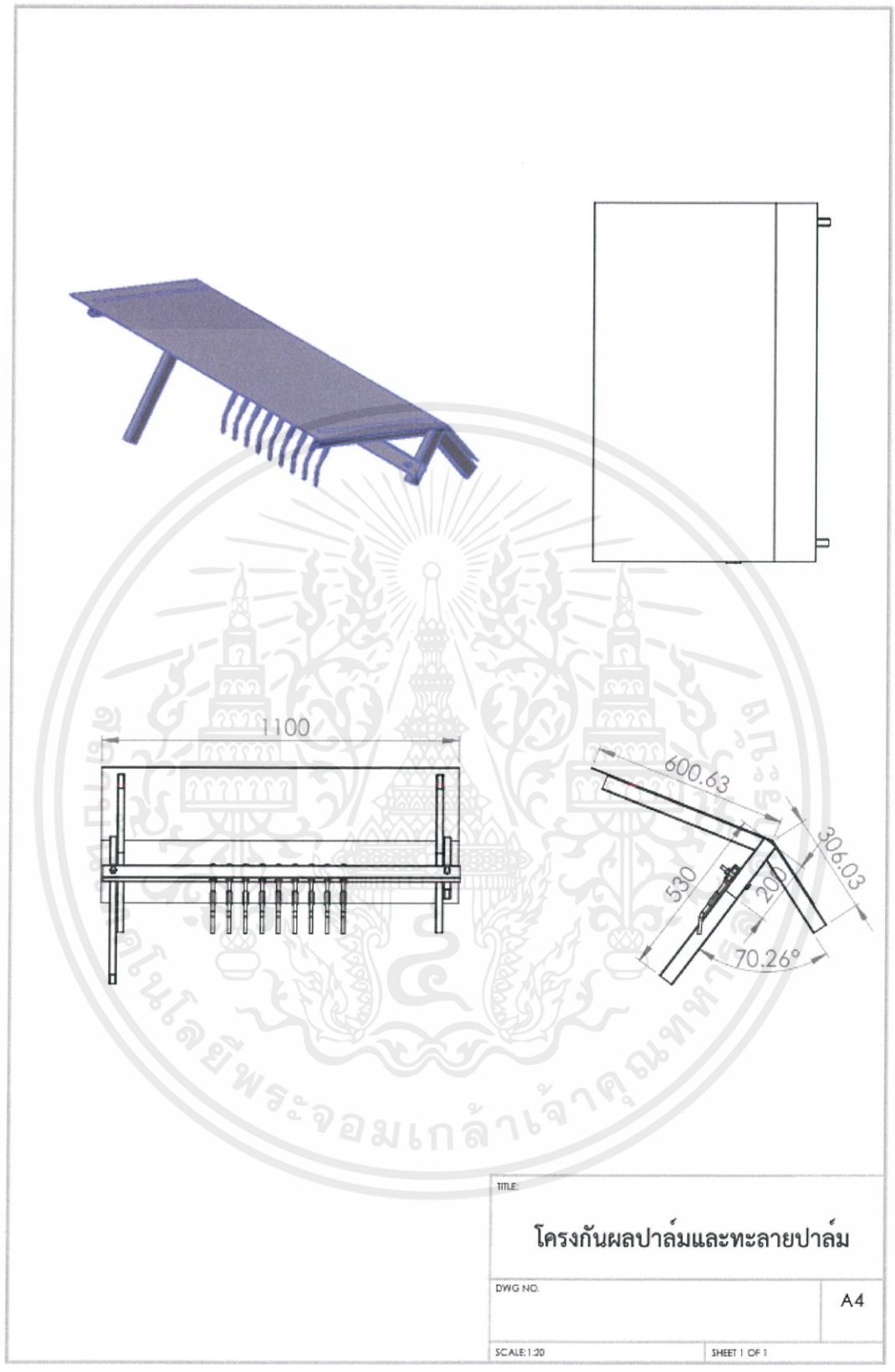
รูปที่ ข.18 โครงเครื่องแยกผลปาล์มออกจากทะลาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



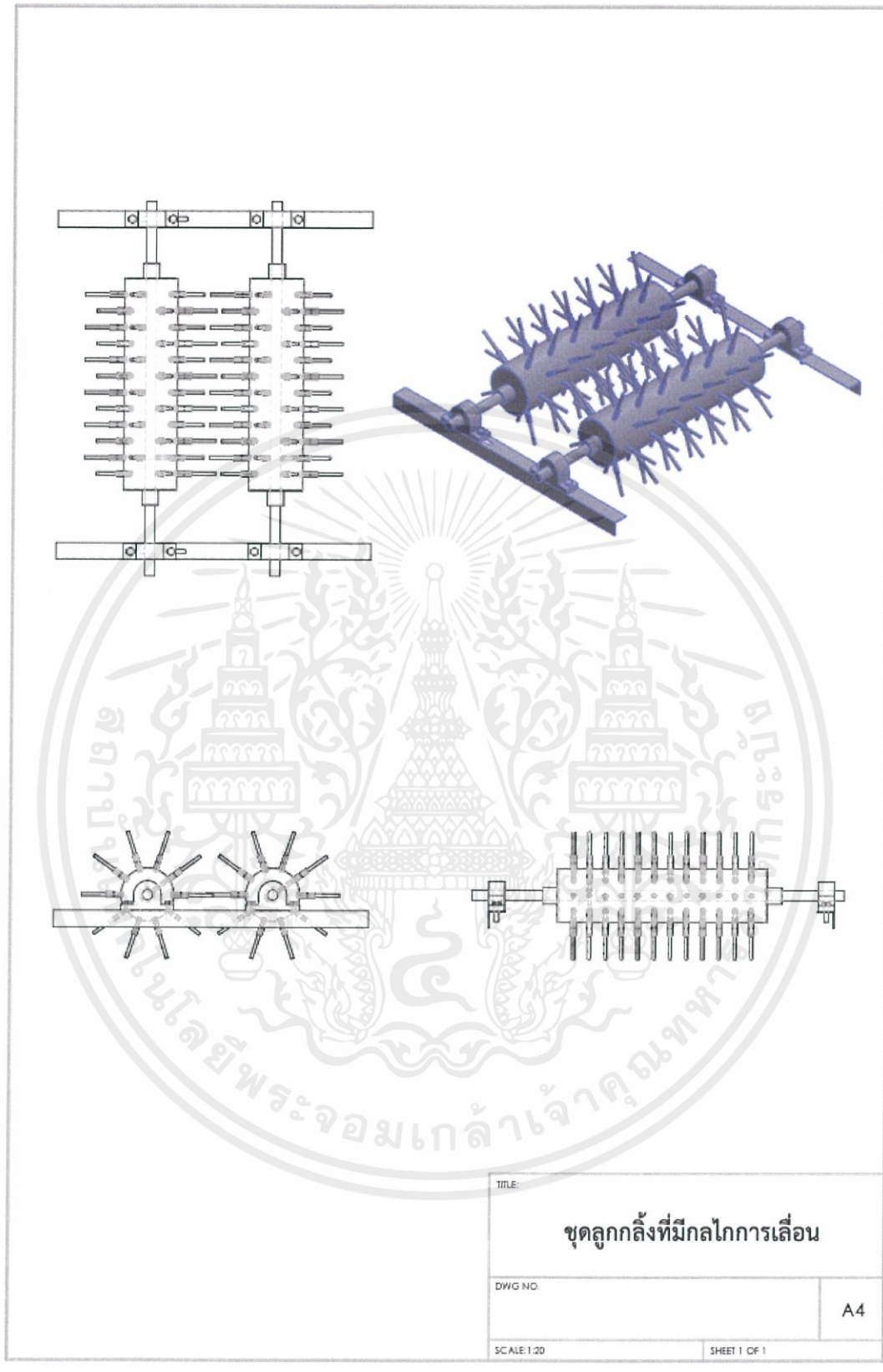
รูปที่ ข.19 ชุดกำลังขับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



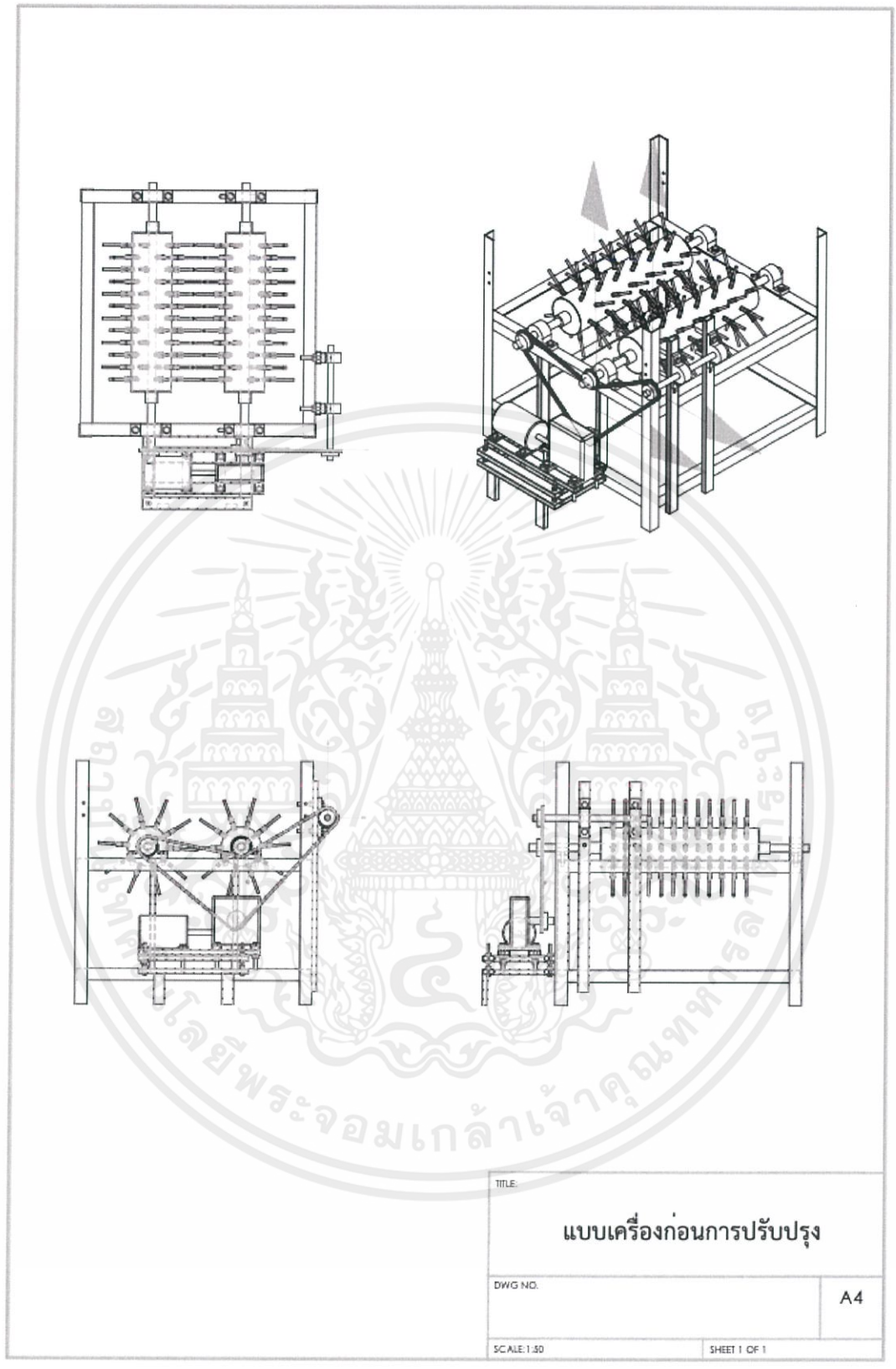
รูปที่ ข.20 โครงกันผลปาล์มและทะลายปาล์ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



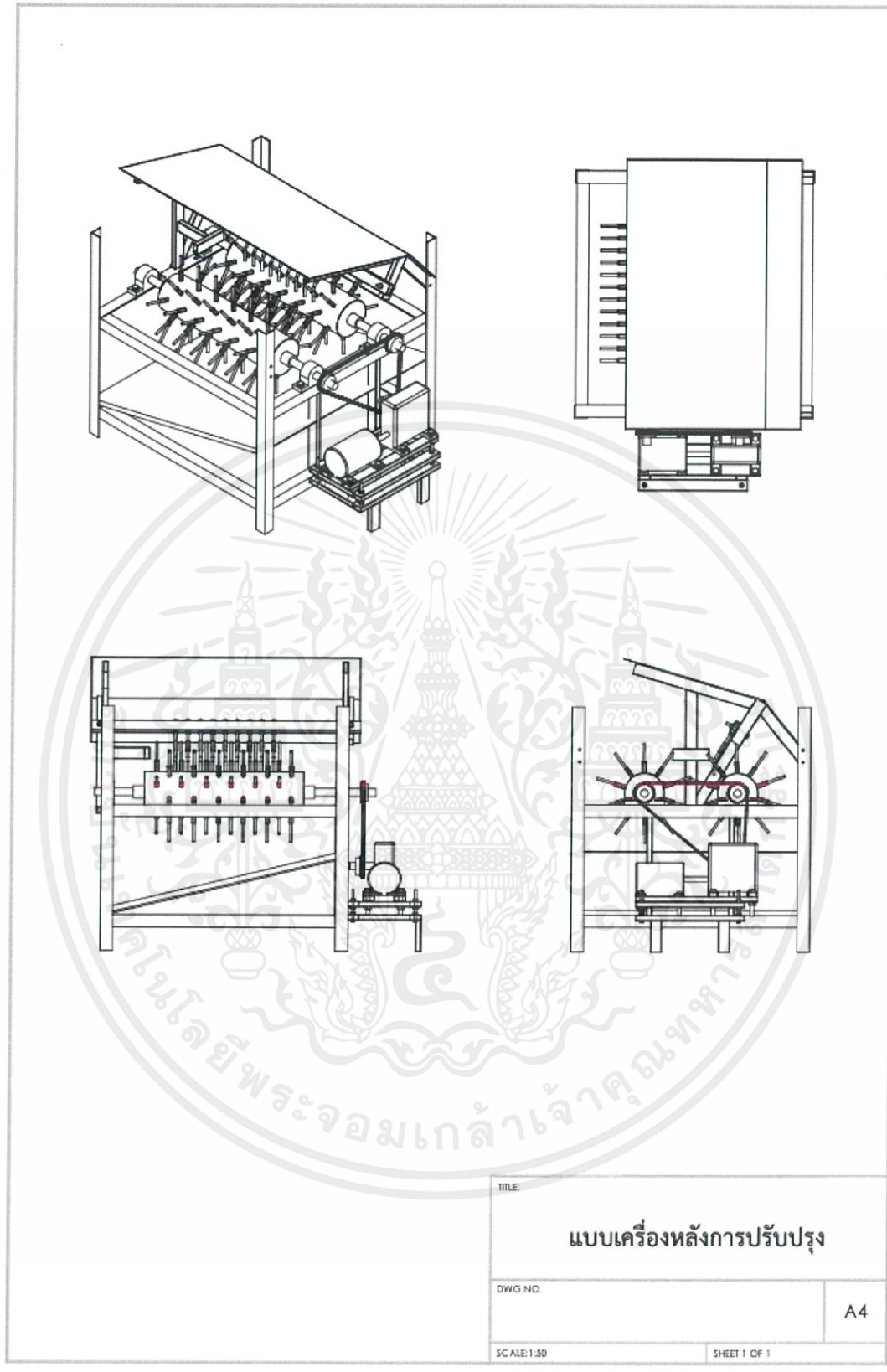
รูปที่ ข.21 ชุดลูกกลิ้งที่มีกลไกการเลื่อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



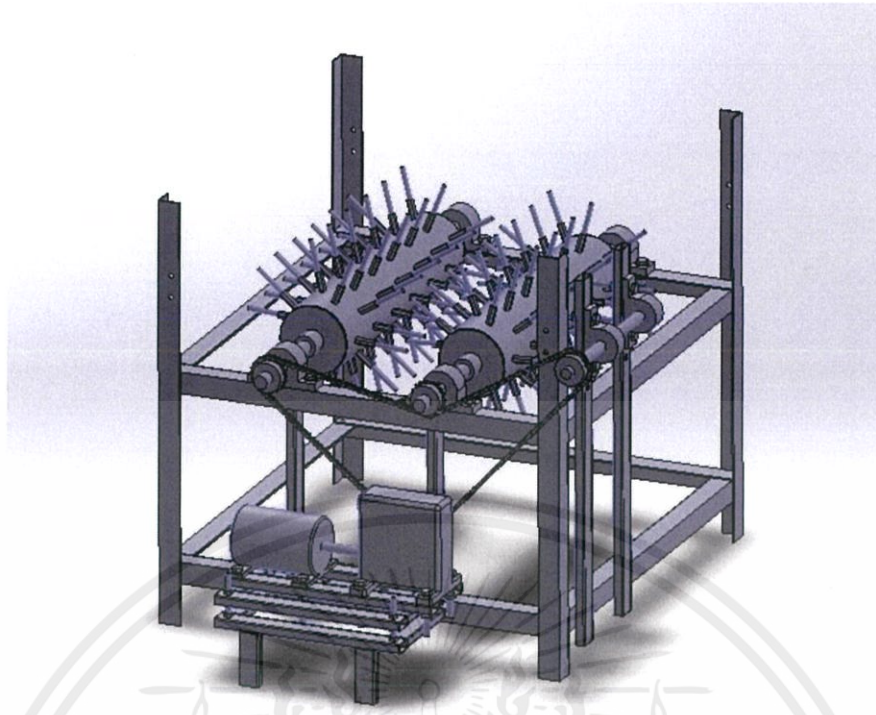
รูปที่ ข.22 แบบจำลองเครื่องแยกผลปาล์มออกจากทะลายก่อนปรับปรุง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ข.23 แบบจำลองเครื่องแยกผลปาล์มออกจากทะลายหลังปรับปรุง

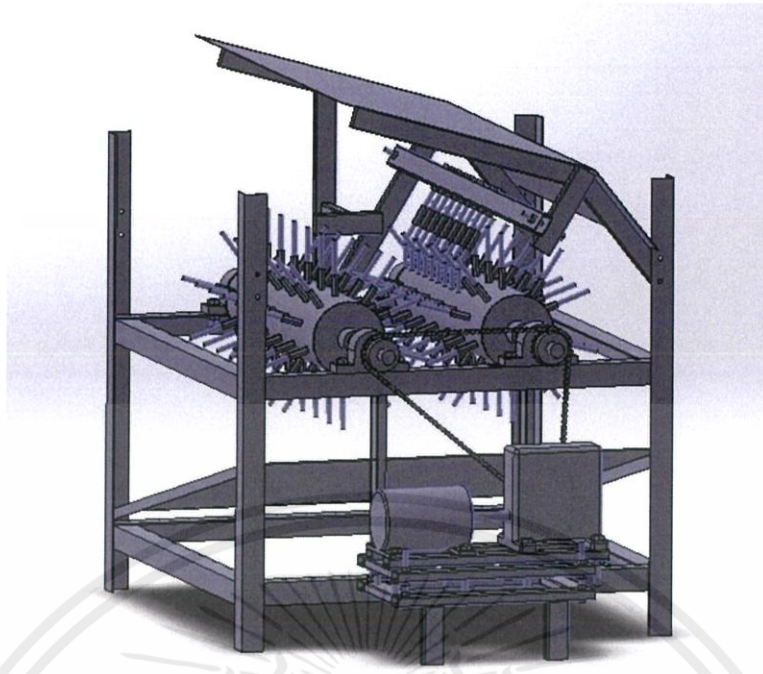
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



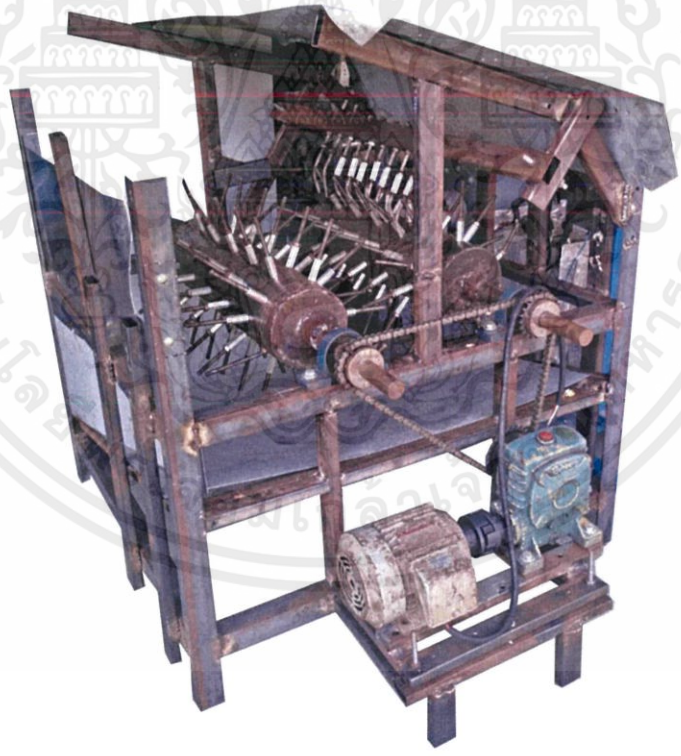
รูปที่ ข.24 แบบจำลองเครื่องแยกผลปาล์มออกจากทะลายก่อนปรับปรุง

รูปที่ ข.25 แบบเครื่องจริงเครื่องแยกผลปาล์มออกจากทะลายก่อนปรับปรุง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ข.26 แบบจำลองเครื่องแยกผลปาล์มออกจากทะลายหลังปรับปรุง



รูปที่ ข.27 แบบเครื่องจริงเครื่องแยกผลปาล์มออกจากทะลายหลังปรับปรุง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้