การออกแบบและสร้างเครื่องสกัดน้ำมันมะพร้าวด้วยสกรูอัด

DESIGN AND CONSTRUCTION OF SCREW PRESS COCONUT OIL EXTRACTION MACHINE

เบญจลักษณ์ ทองลอย
พริ้มเพรา วงศ์ภักดี
พิชชาพร แก้วพรม

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2560

การออกแบบและสร้างเครื่องสกัดน้ำมันมะพร้าวด้วยสกรูอัด

DESIGN AND CONSTRUCTION OF SCREW PRESS COCONUT OIL EXTRACTION MACHINE

เบญจลักษณ์	ทองลอย	57010713
พริ้มเพรา	วงศ์ภักดี	57010851
พิชชาพร	แก้วพรม	57010887

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2560

DESIGN AND CONSTRUCTION OF SCREW PRESS COCONUT OIL EXTRACTION MACHINE

Benjalak	Thongloy	57010713
Primprao	Wongpakdee	57010851
Pitchaporn	Kaewprom	57010887

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
BACHELOR OF ENGINEERING IN MECHANICAL ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
2017

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2560

สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การออกแบบและสร้างเครื่องสกัดน้ำมันมะพร้าวด้วยสกรูอัด

DESIGN AND CONSTRUCTION OF SCREW PRESS COCONUT OIL EXTRACTION MACHINE

ผู้จัดทำ

1. นางสาว เบญจลักษณ์ ทองลอย รหัสประจำตัว 57010713
2. นางสาว พริ้มเพรา วงศ์ภักดี รหัสประจำตัว 57010851
3. นางสาว พิชชาพร แก้วพรม รหัสประจำตัว 57010887

อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผศ.ดร.สุตาภัทร แคว้นเขาเม็ง)

การออกแบบและสร้างเครื่องสกัดน้ำมันมะพร้าวด้วยสกรูอัด

นางสาวเบญจลักษณ์ ทองลอย 57010713
นางสาวพริ้มเพรา วงศ์ภักดี 57010851
นางสาวพิชชาพร แก้วพรม 57010887
ผศ.ดร.สุตาภัทร แคว้นเขาเม็ง อาจารย์ที่ปรึกษา

บทคัดย่อ

น้ำมันมะพร้าวเต็มไปด้วยไขมันอิ่มตัวและสารอาหารซึ่งสามารถนำไปประโยชน์ได้หลากหลาย เช่น ใช้ในการประกอบอาหาร บำรุงสุขภาพ ดูแลผิวพรรณ ทำให้น้ำมันมะพร้าวเป็นที่นิยมและมีราคาแพงแต่อย่างไรก็ตามน้ำมันมะพร้าวก็มีข้อเสียคือหากทิ้งไว้เป็นเวลานานจะมีกลิ่นเหม็นหืน ดังนั้นปริญญานิพนธ์นี้จึงศึกษาเกี่ยวกับการออกแบบและสร้างเครื่องสกัดน้ำมันมะพร้าวแบบสกรูอัด เนื่องจากการสกัดน้ำมันด้วยวิธีสกรูอัดมีข้อดีหลายอย่าง เช่น อัตราการผลิตสูง เป็นกระบวนการต่อเนื่อง ใช้กำลังคนในการควบคุมน้อย ได้ผลผลิตมาก และสามารถรักษาคุณสมบัติและรสชาติดั้งเดิมของน้ำมันไว้ได้ นอกจากนี้ยังสามารถใช้สกัดน้ำมันจากวัตถุดิบที่หลากหลายได้อีกด้วย สกรูที่ออกแบบคือสกรูเทเปอร์ (tapered screw) ซึ่งมีอัตราส่วนปริมาณในหนึ่งช่องสกรูที่ทางเข้าส่วนด้วยปริมาณในหนึ่งช่องสกรูทางออกเป็น 3.3ต่อ1 เส้นผ่านศูนย์กลางของสกรูมีขนาดเพิ่มขึ้นในขณะที่ความสูงฟันจะค่อยๆลดลงตามความยาวของสกรู ซึ่งก่อให้เกิดการบีบอัดมะพร้าวและได้น้ำมันออกมา น้ำมันนี้จะกรองผ่านตัวกรองเพื่อกันไม่ให้กากปะปนออกไปกับน้ำมัน น้ำมันที่สกัดได้จะไหลผ่านช่องทางออกของน้ำมันในกระบอก เครื่องสกัดน้ำมันแบบสกรูอัดนี้ใช้ต้นกำลังเป็นมอเตอร์ 3 เฟสขนาด 0.5 แรงม้า ความเร็วรอบเท่ากับ 60 รอบต่อนาที อัตราการป้อนวัตถุดิบเท่ากับ 0.3 กิโลกรัมต่อชั่วโมง สามารถผลิตน้ำมันได้ 70 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อชั่วโมง

DESIGN AND CONSTRUCTION OF SCREW PRESS COCONUT OIL EXTRACTION MACHINE

Benjalak Thongloy 57010713
Primprao Wongpakdee 57010851
Pitchaporn Kaewprom 57010887
Asst.Prof.Dr.Sutapat Kwankaomeng
Advisor

ABATRACT

Coconut oil is an edible oil containing naturally saturated fat and useful nutrients that benefit both health and beauty. It, therefore, can be utilized in several ways such as for cooking, health care, skin care and etc. Accordingly, it is popular and costly. However, rancidity of coconut oil is a big disadvantage of this saturated oil. This project, hence, presents design and construction of screw press oil extraction machine to produce fresh oil and preserve the all natural favors and nutrients. Since screw press has a lot of advantages including high capacity, continuous processing, low labor intensity, high yield and especially maintains the natural flavor or original characteristics of oil. It also can be used with various seeds. The thread shaft is assembled in a barrel. Tapered screw shaft is designed with volume ratio of 3.3:1 on an inlet and outlet thread volume consecutively. The tapered shaft is increased in diameter while the thread depth is decreased along the shaft which allows the coconut meat to compress and extract the oil passing through the filter and accumulating in the oil collector while the residue is collected in the container. The oil extraction machine is driven by a three phase electric motor with power and speed of 0.5 HP and 60 rpm, respectively. The machine has capacity of 0.3 kg/h and oil extraction rate is about 70 cm^3/h.

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ด้วยความช่วยเหลือจาก ผศ.ดร.สุตาภัทร แคว้นเขาเม็ง อาจารย์ที่ปรึกษา ซึ่งท่านได้ให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นต่าง ๆ อันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการทำปริญญานิพนธ์นี้ อีกทั้งยังช่วยแก้ปัญหาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นระหว่างการดำเนินงานอีกด้วย ขอขอบคุณสาขาวิชาวิศวกรรมเกษตรที่เอื้อเฟื้อให้ยืมเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในโครงงานนี้ นอกจากนี้ขอขอบคุณเพื่อน ๆ ในห้องปฏิบัติการเครื่องกลทุกคนที่เป็นกำลังใจ และให้ความช่วยเหลือในการทำโครงงานเรื่องนี้

สุดท้ายนี้ ขอขอบพระคุณบิดามารดา และครอบครัว ซึ่งได้เลี้ยงดูผู้เขียนมาเป็นอย่างดี พร้อมทั้งให้โอกาสในการศึกษาเล่าเรียนอย่างเต็มที่ และยังให้กำลังใจ เอาใจใส่เสมอมา ในทุก ๆ ด้าน ตลอดจนช่วยเหลือและให้กำลังใจทำโครงงานเสมอมาจนสำเร็จการศึกษา

เบญจลักษณ์ ทองลอย
พริ้มเพรา วงศ์ภักดี
พิชชาพร แก้วพรม

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....II
กิตติกรรมประกาศ.....III
สารบัญ.....IV
สารบัญตาราง.....VII
สารบัญรูป.....VIII
รายการสัญลักษณ์.....XI
บทที่ 1 บทนำ.....1
1.1 ความเป็นมาของปัญหา.....1
1.2 วัตถุประสงค์.....1
1.3 ขอบเขตการวิจัย.....2
1.4 วิธีการดำเนินงาน.....2
บทที่ 2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....3
บทที่ 3 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....10
3.1 มะพร้าว.....10
3.2 น้ำมันมะพร้าว.....11
3.3 วิธีการสกัดน้ำมัน.....11
3.3.1 วิธีการสกัดโดยวิธีพื้นบ้าน (Simple Process).....11
3.3.1.1 วิธีการสกัดโดยการหมัก (Fermentation extraction).....11
3.3.1.2 วิธีการสกัดโดยการเคี่ยวน้ำกะทิ (Rendering).....11
3.3.2 วิธีการสกัดโดยการบีบอัดเชิงกล (Mechanical Extraction).....12
3.3.2.1 วิธีการบีบอัดแบบเกลียว (Screw Press.....12
3.3.2.2 วิธีการบีบอัดแบบไฮดรอลิก (Hydraulic Press).....12
3.3.2.3 เครื่องบีบอัดแบบใช้ลูกกลิ้ง.....12
3.4 สกรู (Screw).....12
3.4.1 ลักษณะของสกรู.....12
3.4.1.1 สกรูเดี่ยว (Single Screw Extruders).....13
3.4.2 ทฤษฎีของสกรูอัด.....13
3.4.3 ส่วนต่างๆของสกรู.....13
3.5 มอเตอร์ไฟฟ้า (Electric motor).....14

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

3.5.1 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ (Alternating Current Motor).....14
3.5.1.1 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับชนิด 1 เฟส.....14
3.5.1.2 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับชนิด 2 เฟส.....15
3.5.1.3 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับชนิด 3 เฟส.....15
3.5.2 ชุดขับสกรูลำเลียง (Screw Conveyor Drives).....15
3.5.2.1 พื้นฐานการติดตั้งชุดขับอุปกรณ์ลำเลียง (Basic Conveyor Drives).....15
3.5.2.1.1 ขับแบบไม่มีอุปกรณ์ลดความเร็ว.....15
3.5.2.1.2 ขับแบบมีการลดความเร็วหนึ่งชั้น.....15
3.5.2.1.3 ขับแบบมีการลดความเร็วสองชั้น.....15
3.5.2.1.4 แบบลดความเร็วสามชั้น.....16
3.5.2.2 รูปแบบการติดตั้งชุดขับในสกรูลำเลียง (Screw Conveyors Drive Arrangements).....16
3.5.2.2.1 การติดตั้งชุดขับแบบ Gear motor Coupling Drive Shaft.....16
บทที่ 4 การคำนวณออกแบบเครื่องสกัดน้ำมันมะพร้าว.....19
4.1 การออกแบบสกรูอัด.....19
4.2 การคำนวณแรงที่กระทำต่อสกรู.....20
4.2.1 การคำนวณอัตราส่วนการอัด.....20
4.2.1.1 การคำนวณปริมาตรช่วงป้อน.....20
4.2.1.2 การคำนวณปริมาตรช่วงคายกาก.....20
4.2.2 การคำนวณแรงกดกระทำกับมะพร้าว.....25
4.2.3 การคำนวณความดันที่กระทำต่อสกรู.....26
4.2.4 การคำนวณแรงที่กระทำต่อสกรู.....27
4.3 การคำนวณสกรูอัด.....27
4.3.1 การคำนวณแรงขับสกรู.....27
4.3.2 การคำนวณแรงบิดขับสกรู.....28
4.3.3 การคำนวณความหนาฟัน.....29
4.3.4 การคำนวณค่าความปลอดภัยในฟันเกลียว.....29
4.4 การคำนวณความสามารถในการจุ.....29
4.5 การคำนวณมอเตอร์.....30

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

4.6 การคำนวณกระบอกอัด....31
4.6.1 การคำนวณแรงที่กระทำต่อกระบอกที่ความดันสูงสุด....31
4.6.2 การคำนวณความเค้นตามแนวเส้นรอบวง และความเค้นตามยาว....31
4.6.2.1 การคำนวณความเค้นตามแนวเส้นรอบวง....31
4.6.2.2 การคำนวณความเค้นตามยาว....32
4.6.3 การคำนวณค่าความปลอดภัย....33
4.7 ส่วนประกอบของเครื่อง....33
4.7.1 มอเตอร์....33
4.7.2 ชุดควบคุม....35
4.7.3 สกรู....35
4.7.4 กระบอกอัด....36
4.7.5 โครงเครื่อง....36
4.7.6 กรวยป้อน....37
4.7.7 สลักยึดกระบอกอัด....37
4.7.8 ซีลน้ำมัน....38
4.7.9 คัปปลิ้ง....38
บทที่ 5 ผลการทดลอง....39
5.1 บทนำ....39
5.2 จุดประสงค์ของการทดลอง....39
5.3 อุปกรณ์การทดลอง....39
5.4 วิธีการทดลอง....42
5.5 ผลการทดลอง....42
บทที่ 6 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ....45
6.1 วิจารณ์ผลการทดลอง....45
6.2 สรุปและวิเคราะห์ผลการทดลอง....45
6.3 ข้อเสนอแนะ....45
บรรณานุกรม....47
ภาคผนวก ก. 49
ภาคผนวก ข. 60

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2.1 เปรียบเทียบการทำงานของเครื่องต้นแบบ....9

3.1 องค์ประกอบหลักของเนื้อมะพร้าวแบบต่างๆ....11

4.1 แสดงผลการทดลองบีบน้ำมันมะพร้าวด้วยเครื่องอัดไฮดรอลิก....21

5.1 ผลการทดลองบีบมะพร้าว 200 กรัม ที่ความเร็ว 40 รอบต่อนาที....42

5.2 ผลการทดลองบีบมะพร้าว 200 กรัม ที่ความเร็ว 50 รอบต่อนาที....43

5.3 ผลการทดลองบีบมะพร้าว 200 กรัม ที่ความเร็ว 60 รอบต่อนาที....44

ข.1 รายการสรุปค่าใช้จ่าย....61

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า
2.1 เครื่องสกัดน้ำมันสบู่ดำด้วยเกลียวอัด....3
2.2 แบบของเครื่องสกัดน้ำมันมะพร้าวด้วยเกลียวอัด....4
2.3 เครื่องสกัดน้ำมันจากปาล์ม และถั่วเหลืองโดยสกรูอัด....5
2.4 แบบของเครื่องสกัดน้ำมัน....5
2.5 เครื่องต้นแบบที่ 1....6
2.6 เครื่องต้นแบบที่ 2....7
2.7 เครื่องต้นแบบที่ 3....8
2.8 เครื่องต้นแบบที่ 4....8
3.1 Schematic of a typical single-flighted....13
3.2 Definition of screw elements....14
3.3 ตารางแสดงประเภทของมอเตอร์กระแสสลับ....15
3.4 การติดตั้งชุดขับแบบ Gear motor Coupling Drive Shaft....17
3.5 เกียร์มอเตอร์....18
4.1 แผนภาพสกรูอัด....19
4.2 แสดงผลการทดลองบีบน้ำมันมะพร้าวด้วยเครื่องอัดไฮดรอลิก....21
4.3 แผนภาพเพลาสกรูกับกระบอกอัด....22
4.4 แผนภาพแรงกระทำต่อสกรู....27
4.5 ความเค้นตามแนวเส้นรอบวง และความเค้นตามยาว....31
4.6 มอเตอร์เกียร์....34
4.7 คุณลักษณะของมอเตอร์เกียร์....34
4.8 ชุดควบคุม....35
4.9 สกรู....35
4.10 กระบอกอัด....36
4.11 โครงเครื่อง (case) 36
4.12 กรวยป้อน....37
4.13 สลักยึดกระบอกอัด....37
4.14 ซีลน้ำมัน....38
4.15 คัปปลิ้ง....38
5.1 แบบเครื่องสกัดน้ำมันมะพร้าวแบบสกรูอัด....39

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่ หน้า
5.2 เครื่องสกัดน้ำมันมะพร้าวแบบสกรูอัด....40
5.3 ชุดควบคุมการทำงาน....40
5.4 เครื่องชั่งน้ำหนัก....41
5.5 นาฬิกาจับเวลา....41
5.6 เนื้อมะพร้าวขูด (ผึ่งแดด 3 ชั่วโมง ก่อนการทดลอง)....42
5.7 น้ำมันมะพร้าวสกัดที่ความเร็วรอบ 40 รอบต่อนาที....43
5.8 น้ำมันมะพร้าวสกัดที่ความเร็วรอบ 50 รอบต่อนาที....43
5.9 น้ำมันมะพร้าวสกัดที่ความเร็วรอบ 60 รอบต่อนาที....44

รายการสัญลักษณ์

A_s	พื้นที่กลางสกรูที่รับแรงดัน , m^2
A_c	พื้นที่ช่วงอัด , m^2
A_h	พื้นที่หน้าตัดกระบอกอัดไฮดรอลิก , m^2
A_{th}	พื้นที่ฟันเกลียว , m^2
D	เส้นผ่านศูนย์กลางกระบอกอัด , m
D_s	เส้นผ่านศูนย์กลางสกรูอัด , m
D_m	เส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย , m
d_{feed}	เส้นผ่านศูนย์กลางภายในช่วงป้อนเข้าของสกรู , m
F	factor ความเต็มรางสกรู
F_c	แรงกดกระทำกับมะพร้าว 19.7820g , N
F_B	แรงที่กระทำต่อกระบอกในช่วงอัด , N
F_s	แรงที่กระทำต่อสกรู , N
F_x	แรงที่กระทำกับสกรูในแนวแกน , N
f	สัมประสิทธิ์แรงเสียดทาน
K	Factor ปริมาณการลำเลียงอันเนื่องมาจากชุดสกรูตั้งเอียง
L_B	ความยาวกระบอกอัด , m
L	ความยาวสกรูช่วงมีฟัน , m
$\dot{m}$	ตราการป้อนวัตถุดิบ , kg/h
m	มวลระหว่างฟันสกรู , g
N	รอบการหมุนของสกรู , rpm
Power	กำลังมอเตอร์ , W
P	ความดันกระทำต่อกระบอกอัด , MPa
P_s	ความดันที่กระทำต่อสกรู , MPa
P_{max}	ความเค้นสูงสุดที่กระทำต่อกระบอก , MPa
P_H	ความเค้นตามแนวเส้นรอบวง หรือ hoop stress , MPa
P_L	ความเค้นตามยาว หรือ longitudinal stress , MPa
P_R	แรงขับสกรู , N
ΣP_R	รวมแรงที่ขับสกรู , N
p	ระยะพิตช์ , m
R_{feed}	รัศมีปลายช่วงป้อนมะพร้าวเพลาสกรู , m

รายการสัญลักษณ์(ต่อ)

R_{outlet}	รัศมีปลายช่วงคายกากเพลาสกรู , m
r_{barrel}	รัศมีกระบอกอัด , m
r_{feed}	รัศมีต้นช่วงป้อนมะพร้าวเพลาสกรู , m
r_{outlet}	รัศมีต้นช่วงคายกากเพลาสกรู , m
safety factor	ค่าความปลอดภัย
T	แรงบิด , Nm
t	ความหนา , m
V_{feed}	ปริมาตรช่วงป้อน , m^3
X	ผลต่างรัศมีเพลาสกรูช่วงป้อนมะพร้าว , m
Y	ผลต่างรัศมีเพลาสกรูช่วงคายกาก , m
θ	มุมเอียงเพลาสกรู , degree
τ	ความเค้นเฉือนในฟันเกลียว , MPa
τ_{design}	ความเค้นเฉือนที่ได้จากการคำนวณ , MPa
τ_{yield}	ความเค้นเฉือนสูงสุดของวัสดุ , MPa
σ_{design}	ความเค้นเฉือนที่ได้จากการคำนวณ , MPa
λ	มุมลีด (lead angle) , degree
ρ	ความหนาแน่นของมะพร้าว , kg/m^3

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

มะพร้าวถือเป็นหนึ่งในพืชเศรษฐกิจของไทย อีกทั้งยังถือเป็นพืชสารพัดประโยชน์ที่อยู่คู่คนไทยมาเป็นเวลานาน โดยพื้นที่ที่ปลูกมะพร้าวในประเทศไทยมีพื้นที่เพาะปลูกประมาณ 1.2 ล้านไร่ และมีผลผลิตมากถึงหนึ่งล้านตันต่อปี ซึ่งจะพบว่าผลผลิตที่ได้จากมะพร้าวบางส่วนถูกนำมาใช้เพื่อบริโภคภายในประเทศ และบางส่วนจะส่งออกไปยังต่างประเทศ ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากมะพร้าวมีแนวโน้มว่าจะมีความต้องการที่สูงขึ้นเรื่อยๆ โดยมะพร้าวถูกนำมาทำเป็นอาหารต่างๆ มากมาย ทำได้ทั้งคาวและหวาน มะพร้าวยังมีคุณสมบัตินำมาทำเป็นยาได้อีกด้วย และด้วยภูมิปัญญาของคนไทยจึงนำมะพร้าวมาผ่านกรรมวิธีสกัดได้เป็นน้ำมันมะพร้าวซึ่งมีประโยชน์ต่อร่างกายเป็นอย่างมาก น้ำมันมะพร้าวมีประโยชน์ทั้งต่อสุขภาพและความสวยความงาม ใช้เป็นอาหาร เป็นยา และเป็นเครื่องสำอางได้ ในปัจจุบันกระแสการดูแลรักษาสุขภาพและความสวยความงามด้วยวิธีทางธรรมชาติกำลังมาแรง ผู้คนส่วนใหญ่พยายามหลีกเลี่ยงการใช้สารเคมี คนจึงหันมาให้ความสนใจเกี่ยวกับการนำน้ำมันที่สกัดจากพืชมาใช้ประโยชน์ และน้ำมันชนิดหนึ่งที่กำลังได้รับความนิยมคือน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ เพราะน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์มีคุณสมบัติในการให้ความชุ่มชื้น ช่วยชะลอความเหี่ยวย่นของผิวหนัง อีกทั้งยังอุดมไปด้วยวิตามินเอ ช่วยในการต่อต้านอนุมูลอิสระ ดังนั้น จึงมีผู้สนใจนำน้ำมันมะพร้าวมาใช้เพื่อการนวดหรือเป็นส่วนผสมในการผลิตเครื่องสำอางประเภทบำรุงผิวพรรณ รวมไปถึงการนำไปทำเป็นยารักษาโรคอีกด้วย ซึ่งการที่จะสกัดให้น้ำมันที่ได้เป็นน้ำมันมะพร้าวที่บริสุทธิ์ หรือที่เรียกว่า Virgin coconut oil ต้องผ่านการสกัดแบบเย็น การสกัดเย็นจะต้องไม่ผ่านความร้อนที่สูงเกินไป ซึ่งเครื่องที่จะใช้ในการสกัด คือเครื่องสกรูอัด ผลของการใช้เครื่องสกรูอัดคือทำให้มีเปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันอิสระที่ต่ำ ซึ่งการมีกรดไขมันอิสระต่ำจะเป็นตัวบ่งบอกว่าน้ำมันมีคุณภาพดี

1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาค้นคว้าวิธีการสกัดน้ำมันมะพร้าว
2. เพื่อศึกษาหลักการทำงานของเครื่องสกรูอัด
3. ออกแบบและสร้างเครื่องสกัดน้ำมันมะพร้าวแบบสกรูอัด
4. ทดสอบและหาแนวทางพัฒนาเครื่องสกัดน้ำมันมะพร้าวแบบสกรูอัด

1.3 ขอบเขตการวิจัย

1. ออกแบบเครื่องสกัดน้ำมันมะพร้าวแบบสกรูอัดให้มีขนาดเล็ก สามารถนำไปใช้ในครัวเรือนได้ โดยออกแบบให้มีความจุ 4 กิโลกรัมต่อชั่วโมง

2. ใช้มะพร้าวขูดที่ไม่ผ่านการคั้นกะทินำไปตากแห้งให้มีความชื้นต่ำกว่า 6%
3. ลักษณะการบีบอัดมะพร้าวใช้สกรูอัดส่งกำลังโดยมอเตอร์เกียร์ขนาด 0.5 แรงม้า

1.4 วิธีการดำเนินงาน

1. ศึกษาและรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับน้ำมันมะพร้าว วิธีการสกัด เครื่องสกัดน้ำมันมะพร้าวแบบสกรูอัด
2. ออกแบบชิ้นส่วนต่างๆของเครื่องสกัดน้ำมันมะพร้าวแบบสกรูอัด
3. เขียนแบบชิ้นส่วนต่างๆของเครื่องตามที่ได้ออกแบบไว้
4. ดำเนินการสร้างเครื่อง
5. ทำการทดสอบเพื่อหาข้อบกพร่อง
6. สรุปผลการดำเนินงาน

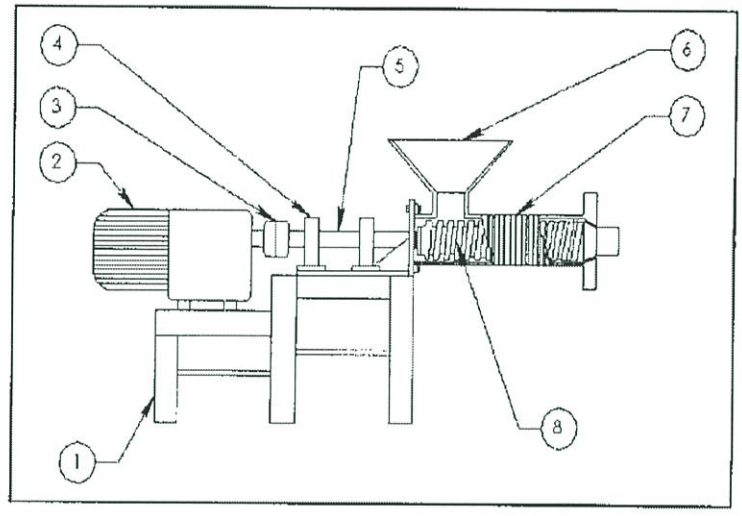
บทที่ 2
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

นายคุนากร เทพเสาร์ (2550) ได้ศึกษาเครื่องสกัดน้ำมันสบู่ดำด้วยเกลียวอัด ผลการศึกษาพบว่าเครื่องต้นแบบมีประสิทธิภาพในการบีบอัดน้ำมันต่ำ ซึ่งมีอัตราการผลิตน้ำมัน 2.5 ลิตรต่อชั่วโมง สามารถสกัดน้ำมันสบู่ดำได้ 25% ของน้ำหนักเมล็ดสบู่ดำ ผู้วิจัยจึงทำการศึกษาและพัฒนาเครื่องสกัดน้ำมันสบู่ดำด้วยเกลียวอัด เพื่อปรับปรุงเครื่องต้นแบบให้มีประสิทธิภาพในการบีบอัดน้ำมันสบู่ดำสูงขึ้น โดยทำการทดลองสกัดน้ำมันที่ใช้เครื่องอัดไฮดรอลิก พบว่าจะต้องใช้แรงในการอัดประมาณ 85000 นิวตัน ใช้มอเตอร์ต้นกำลัง 3เฟส 5 แรงม้า แรงดันไฟ 380 โวลต์ ที่ส่งกำลังให้สายพานไปขับเกียร์ทดให้ส่งกำลังไปหมุนเกลียวอัดที่ความเร็วรอบ 12.18 รอบต่อนาที จากการทดลองทำการบีบอัดเมล็ดสบู่ดำ 1 กิโลกรัมได้ปริมาณน้ำมัน 0.28 ลิตร ความสามารถในการบีบอัดได้ปริมาณน้ำมัน 27.98% ของน้ำหนักเมล็ดสบู่ดำ และมีกำลังการผลิตน้ำมันสบู่ดำ 2.73 ลิตรต่อชั่วโมง เครื่องสกรูบีบน้ำมันสบู่ดำมีขนาด 700 × 1458 × 1526 มิลลิเมตร

รูปที่ 2.1 เครื่องสกัดน้ำมันสบู่ดำด้วยเกลียวอัด

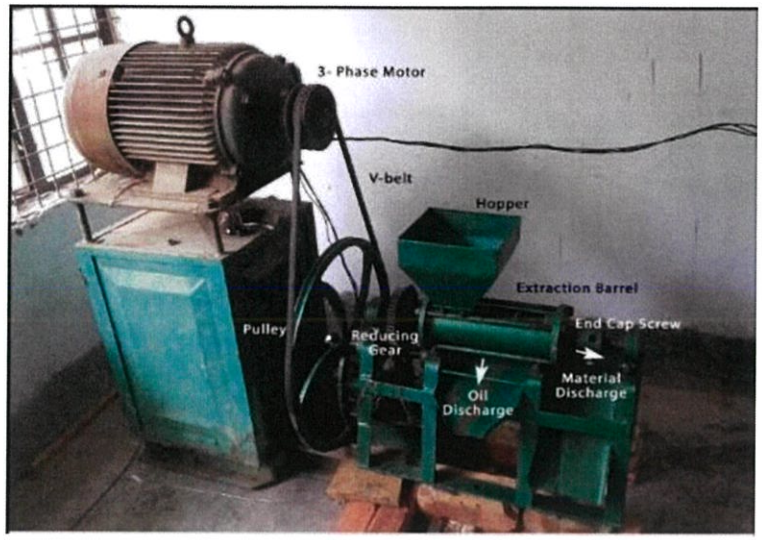
นายณัฐวุฒิ ตระการสุข (2550) ได้ศึกษา ออกแบบและสร้างเครื่องสกัดน้ำมันมะพร้าวด้วยเกลียวอัด โดยทดลองสกัดน้ำมันใช้เครื่องอัดไฮดรอลิก พบว่าจะต้องใช้แรงในการอัดประมาณ 294300 นิวตันต่อตารางเมตร ต้องมีการออกแบบเกลียวอัด (screw press) ให้เหมาะสมโดยเฉพาะกับการอัดเนื้อมะพร้าวแห้งโดยใช้เกลียวหนอนแบบแกนโตขึ้นเป็นลำดับ และได้มีการสร้างเกลียวอัดให้ขับเคลื่อนไปพร้อมกับการบีบอัดเนื้อมะพร้าวไปด้วย ซึ่งน้ำมันมะพร้าวจะไหลออกทางรูที่เจาะไว้ใน

กระบอกอัด ส่วนกากจะไหลออกไปทางหัวบีบที่ปลายกระบอก และออกมาทางช่องทางออกของกาก เครื่องสกัดน้ำมันมะพร้าวใช้มอเตอร์ 2 แรงม้าเป็นต้นกำลังในการขับเคลื่อนสายพานไปขับเกียร์ทดส่งกำลังไปหมุนเกลียวอัด ทำให้มีแรงบิดสูงที่รอบต่ำลง จากการทดลองสกัดน้ำมันมะพร้าว พบว่าความเร็วรอบที่เหมาะสมในการใช้งานอยู่ที่ 176 รอบต่อ ได้อัตราการผลิตน้ำมันมะพร้าวของเครื่องคือ 530 มิลลิลิตรต่อชั่วโมง และมีกำลังการผลิตน้ำมันสบู่ดำ 2.07 กิโลกรัมต่อชั่วโมง



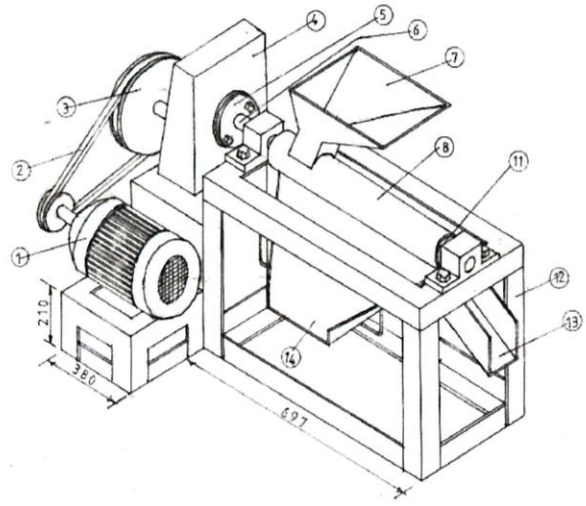
รูปที่ 2.2 แบบของเครื่องสกัดน้ำมันมะพร้าวด้วยเกลียวอัด

Adesoji M. Olaniyan (2017) ได้ศึกษา ออกแบบและสร้างเครื่องสกัดน้ำมันจากปาล์ม และถั่วเหลืองโดยสกรูอัด จากการศึกษาพบว่าน้ำมันจากปาล์มและถั่วเหลืองเหมาะสำหรับประกอบอาหาร ส่วนกากสามารถนำมาทำเป็นอาหารสัตว์ได้เพราะมีโปรตีนสูง ผู้วิจัยจึงทำการออกเครื่องสกัดน้ำมันที่เหมาะสำหรับอุตสาหกรรมการผลิต โดยใช้เกลียวอัดแบบเกลียวหนอน มีต้นกำลังเป็นมอเตอร์ 3เฟส 15 แรงม้า ในการขับเคลื่อนสายพานไปขับเกียร์ทดส่งกำลังไปหมุนเกลียวอัดให้มีความเร็วรอบที่ 90 รอบต่อนาที อัตราการผลิต 948.249 กิโลกรัมต่อชั่วโมง จากการทดลองพบว่า ผลผลิตน้ำมันปาล์มเฉลี่ยและประสิทธิภาพการสกัดเท่ากับ 13.48 และ 22.79% ส่วนผลผลิตน้ำมันถั่วเหลืองเฉลี่ยและประสิทธิภาพการสกัดเท่ากับ 9.47 และ 36.55%



รูปที่ 2.3 เครื่องสกัดน้ำมันจากปาล์ม และถั่วเหลืองโดยสกรูอัด

Md. Habib Ullah Khan (2559) ได้ศึกษา ออกแบบและสร้างเครื่องสกัดน้ำมัน จากการศึกษาพบว่ามีหลากหลายวิธีที่สามารถสกัดน้ำมันได้ เช่น การใช้สารเคมี การใช้แรงเหวี่ยงแยกน้ำมัน การใช้หลักของกลศาสตร์ เนื่องจากวิธีการสกัดโดยใช้สารเคมีและการใช้แรงเหวี่ยงแยกน้ำมัน เหมาะสำหรับอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ที่ต้องการสกัดน้ำมันในปริมาณที่มาก เพราะเครื่องและอุปกรณ์ที่ใช้ในการสกัดมีราคาสูง และสารเคมีที่ใช้มีข้อจำกัดในการใช้ ผู้วิจัยจึงเลือกสร้างเครื่องสกัดน้ำมันใช้หลักการทางกลศาสตร์และการเขียนโปรแกรมANSYSร่วมด้วยโดยใช้สกรูอัด เครื่องสกัดน้ำมันใช้มอเตอร์ 20 แรงม้าเป็นต้นกำลัง ในการขับเคลื่อนสายพานไปขับเกียร์ทดส่งกำลังไปหมุนเกลียวอัดให้มีความเร็วรอบที่ 140 รอบต่อนาที ประสิทธิภาพการทำงาน 68.2% และอัตราการผลิตของเครื่องสกัดน้ำมัน 85.22 กรัมต่อนาที – 98.52 กรัมต่อนาที



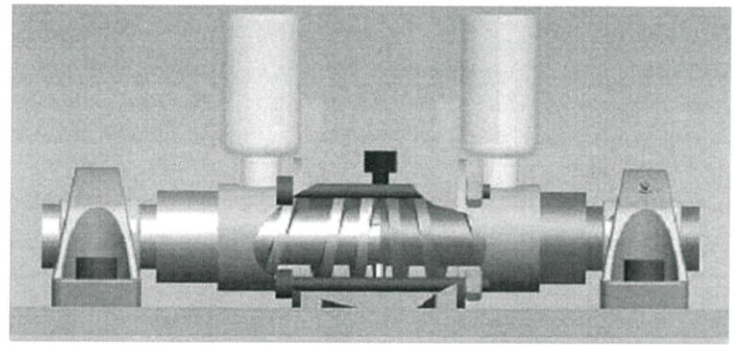
รูปที่ 2.4 แบบของเครื่องสกัดน้ำมัน

Pelin Sari (2006) ได้ศึกษาการออกแบบและสร้างเครื่องสกัดน้ำมันต้นแบบที่ใช้ในการสกัดเมล็ดคาโนลาซึ่งได้ทำการศึกษาทั้งหมด 4 ต้นแบบ ดังต่อไปนี้

1. เครื่องต้นแบบที่ 1

เป็นเครื่องสกัดน้ำมันแบบ Double Feeding Screw Press ซึ่งเป็นการนำสกรูแบบเกลียวซ้าย และเกลียวขวาวางหันหน้าเข้าชนกัน โดยป้อนวัตถุดิบเข้ามาจากทั้งสองฝั่ง กากที่ผ่านการบีบอัดแล้วจะถูกดันออกตรงช่องคายกากตรงกลาง ทั้งนี้เพื่อให้ได้อัตราการป้อนเมล็ดเป็นสองเท่า

เมื่อทำการทดลองบีบอัดด้วยเครื่องสกัดชนิดนี้ พบว่าเมื่อทำการบีบอัดไปจนถึงความดันค่าหนึ่ง การป้อนวัตถุดิบเข้าจะหยุดลง ซึ่งเป็นผลมาจากกากที่ถูกบีบอัดแล้วไม่สามารถผ่านทางช่องคายกากออกไปได้ เพราะช่องคายกากถูกออกแบบให้อยู่บริเวณด้านบนของกระบอกอัด จะต้องอาศัยแรงตามแนวรัศมีเพื่อช่วยให้ถูกดันออกไปตามช่องคายกากได้ ซึ่งการแก้ปัญหาสามารถทำได้โดยออกแบบช่องคายกากใหม่ให้สามารถเปิดออกได้ หรือลดขนาดของมุมลีด (lead angle) เพื่อให้แรงขับสกรูมีค่าเพิ่มขึ้น



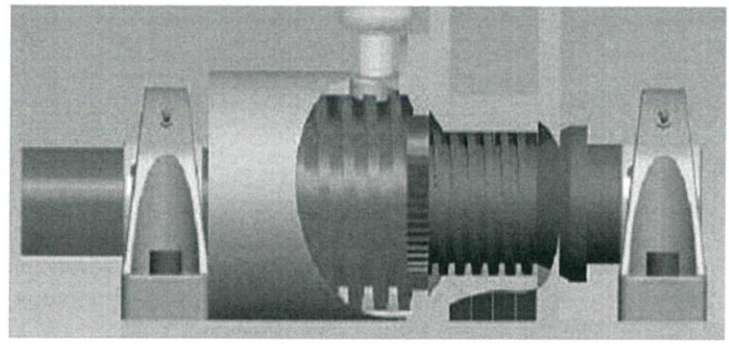
รูปที่ 2.5 เครื่องต้นแบบที่ 1

2. เครื่องต้นแบบที่ 2

ประกอบไปด้วย 3 ส่วนหลักๆ ได้แก่ ช่วงป้อน (feeding) ช่วงบด (grinding) และช่วงบีบอัด (compression) โดยช่วงป้อนทำหน้าที่ลำเลียงวัตถุดิบไปยังช่วงบด เปลือกหุ้มของวัตถุดิบจะถูกบดจนแตก ขนาดของวัตถุดิบจะมีขนาดเล็กลง จากนั้นวัตถุดิบจะถูกบีบอัดในช่วงบีบอัด กากที่ผ่านการบีบอัดแล้วจะถูกดันออกจากร่องบน barrel plate

เมื่อทำการทดลองบีบอัดวัตถุดิบครั้งแรก ซึ่งมีการนำเครื่องให้ความร้อน (heater) มาหุ้มสกรูพบว่าการทำงานของเครื่องมีการหยุดชะงัก เมื่อถอดชิ้นส่วนออกมาพบว่าวัตถุดิบติดอยู่ในส่วนบดไม่สามารถเคลื่อนไปที่ส่วนบีบอัดได้ จากนั้นทำการทดลองซ้ำโดยนำเครื่องให้ความร้อนออก พบว่าเครื่องหยุดทำงานอีกครั้ง สาเหตุมาจากวัตถุดิบติดแน่นอยู่กับตัวสกรูจนไม่สามารถป้อนวัตถุดิบเข้ามา

ได้ นอกจากนี้ยังมีปัญหาเรื่องการเยื้องศูนย์กลางระหว่างส่วนป้อนกับส่วนบดและส่วนบีบอัด ซึ่งสามารถแก้ปัญหาได้โดยการผลิตให้เป็นชิ้นส่วนเดียวกัน



รูปที่ 2.6 เครื่องต้นแบบที่ 2

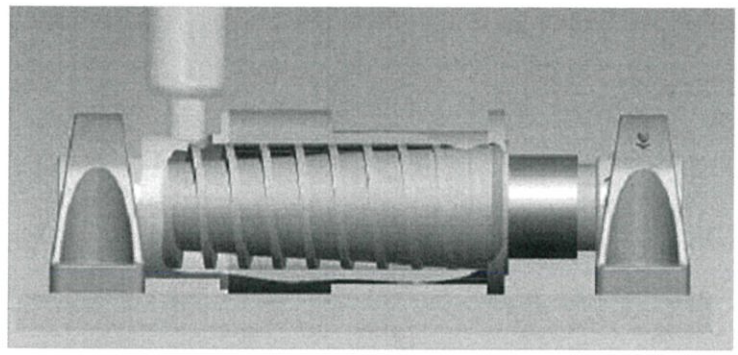
3. เครื่องต้นแบบที่ 3

ในเครื่องต้นแบบที่ 3 ส่วนประกอบหลักของเครื่องสกัดน้ำมันมีเพียง 2 ส่วน ได้แก่ สกรูและกระบอกอัด สกรูเป็นสกรูเทเปอร์ (tapered screw) และระยะพิตช์คงที่ เมื่อทำการป้อนวัตถุดิบเข้ามา วัตถุดิบจะถูกลำเลียงไปข้างหน้า จากนั้นเมื่อขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางภายในของสกรูเพิ่มขึ้นเรื่อยๆจะเกิดการบีบอัดขึ้น น้ำมันจะไหลออกตามร่องที่เจาะบนกระบอกอัดและกากที่ถูกบีบอัดแล้วจะถูกดันไปยังช่องคายกากตรงส่วนปลาย

หลังจากทำการทดลองครั้งที่ 1 ภายใต้อุณหภูมิ 24 °c พบว่าเครื่องทำงานได้ตามปกติ แต่ปริมาณน้ำมันที่หลงเหลือในกากมีมากเกินไป ในการทดลองครั้งที่ 2 จึงทำการปรับให้ช่องคายกากมีขนาดเล็กลง เพื่อเป็นการลดการสูญเสียความดันในกระบอกอัด นอกจากนี้ยังมีการติดเครื่องให้ความร้อนบริเวณกระบอกอัดเพื่อเพิ่มอัตราการไหลของน้ำมัน ซึ่งได้ผลดี แต่อย่างไรก็ตามหลังจากทำการบีบอัดไประยะหนึ่งพบว่าทางออกของน้ำมันถูกอุดตันด้วยกาก ทำให้น้ำมันไหลย้อนกลับไปทางด้านส่วนป้อน ควรแก้ปัญหาด้วยการเลื่อนตำแหน่งของทางออกน้ำมันให้ห่างไปจากช่วงที่มีความดันสูงสุด เพื่อป้องกันไม่ให้กากที่มีความดันสูงเข้าไปอุดในทางออกนั่นเอง

ในการทดลองต่อมา มีการเจาะรูเพื่อเป็นทางออกของน้ำมันเพิ่ม 9 รูในทิศตามความยาวของกระบอกอัด เมื่อทำการบีบอัดพบว่าน้ำมันไหลออกมาเฉพาะจากรูที่ 1 2 และ 3 นับจากจุดที่ใกล้จุดที่มีความดันในกระบอกอัดสูงสุดก่อนจะเปิดแตกร้าวเสียหาย และน้ำมันและกากก็ไหลออกตามรอยแตกนั้นแทน

นอกจากนี้ปัญหาหลักๆที่พบอีกคือการเยื้องศูนย์กลางระหว่างสกรูและกระบอกอัด และการโก่งในสกรู ซึ่งล้วนเป็นปัญหาที่เกิดจากการผลิตทั้งสิ้น

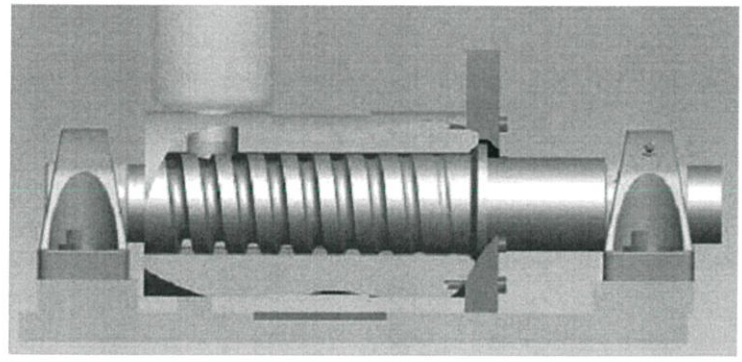


รูปที่ 2.7 เครื่องต้นแบบที่ 3

4. เครื่องต้นแบบที่ 4

ในการออกแบบเครื่องต้นแบบที่ 4 สกรูที่ใช้ยังเป็นสกรูเทเปอร์ (tapered screw) แต่มีการปรับเปลี่ยนทางออกของน้ำมันจากร่องยาวเป็นรูกลมแทน โดยทางออกของน้ำมันนี้อยู่ตรงกึ่งกลางของกระบอกอัด และมีการเพิ่มความหนาของกระบอกอัดเพื่อเป็นการเพิ่มความปลอดภัยด้วย

หลังทำการทดลองครั้งที่ 1 พบว่าเครื่องสามารถทำงานได้ดี ช่องคายกากถูกออกแบบให้มีขนาด 3 มิลลิเมตร ปริมาณน้ำมันที่ผลิตได้คิดเป็น 25 เปอร์เซ็นต์ของทั้งหมด ดังนั้นในการทดลองที่ 2 จึงทำการลดขนาดของช่องคายกากเหลือ 1.5 มิลลิเมตร แต่ก็ทำการบีบอัดได้ไม่นานเพราะช่องคายกากเกิดการอุดตัน



รูปที่ 2.8 เครื่องต้นแบบที่ 4

ตารางที่ 2.1 เปรียบเทียบการทำงานของเครื่องต้นแบบ

	เครื่องต้นแบบที่ 1	เครื่องต้นแบบที่ 2	เครื่องต้นแบบที่ 3	เครื่องต้นแบบที่ 4
การป้อนวัตถุดิบ	แย่	พอใช้	ดี	ดี
การบีบอัด	แย่	พอใช้	พอใช้	ดี
การคายกาก	แย่	แย่	ดี	ดี
การไหลของน้ำมัน	แย่	แย่	พอใช้	ดี
การถอดประกอบ	แย่	แย่	แย่	แย่

จากตารางจะเห็นได้ว่าเครื่องต้นแบบที่ 4 มีการออกแบบที่ดีและผลลัพธ์เป็นที่น่าพอใจที่สุดเมื่อเทียบกับเครื่องต้นแบบอื่นๆ ดังนั้นจึงได้นำแนวทางการออกแบบตลอดจนแนวทางการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นมาปรับใช้ในการออกแบบเครื่องสกัดน้ำมันมะพร้าว นอกจากนี้ยังปรับปรุงให้เครื่องสามารถทำการถอดประกอบชิ้นส่วนได้ง่ายเพื่อง่ายต่อการทำความสะอาด

บทที่ 3
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

3.1 มะพร้าว

มะพร้าวชื่อภาษาอังกฤษคือ Coconut ชื่อทางวิทยาศาสตร์คือ *Cocos nucifera* L. มะพร้าวเป็นพืชในวงศ์ Palmae เช่นเดียวกับปาล์ม ซึ่งเป็นไม้ยืนต้นสูง 20-30 เมตร ลำต้นกลม ตั้งตรง ไม่แตกกิ่งก้าน ไม่แตกแขนง มีรอยแผลจากการหลุดร่วงของใบตลอดลำต้น โดยสามารถคำนวณอายุของต้นมะพร้าวได้จากรอยแผลนี้ คือ ในปีหนึ่งมะพร้าวจะสร้างใบประมาณ 12- 14 ใบ ดังนั้นใน 1 ปี จะมีรอยแผลที่ลำต้นอยู่ประมาณ 12 – 14 รอยแผล ใบมะพร้าวเป็นใบประกอบออกอยู่โดยรอบของลำต้น ซึ่งประกอบด้วยก้านทาง มีขนาดใหญ่และยาว และมีใบย่อย บนก้านทางประมาณ 200 – 250 ใบ โดยใบย่อยมีลักษณะเป็นแบบขนนก ออกเรียงเวียนรูปพัดจีบ กว้าง 3.5 ซม. ยาว 80-120 ซม. โคนใบและปลายใบแหลม ขอบใบเรียบ แผ่นใบเรียบสีเขียวแก่เป็นมัน ดอกออกเป็นช่อ โดยมีทั้งดอกเพศผู้และดอกเพศเมียอยู่ในช่อเดียวกัน กลีบดอกมี 6 กลีบ สีครีมหรือสีเหลืองนวล ไม่มีก้านดอกย่อย ดอกเพศเมียจะมีกลีบดอกหนาและแข็งกว่ากลีบดอกตัวเพศผู้ ดอกเพศผู้อยู่บริเวณปลายช่อ ส่วนดอกเพศเมียอยู่บริเวณโคนช่อ ผลมีรูปทรงกลมหรือรี ผิวเรียบ ผลอ่อนสีเขียวเมื่อแก่เป็นสีน้ำตาล เปลือกชั้นกลางเป็นเส้นใยนุ่ม ชั้นในเป็นกะลา ชั้นต่อไปเป็นเนื้อผลสีขาวนุ่ม ข้างในมีน้ำใส

ส่วนต่างๆของมะพร้าวสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้หลากหลาย เช่น น้ำมะพร้าวสามารถรับประทาน เป็นยาระบาย แก้ท้องเสีย ขับปัสสาวะ แก้พิษ แก้กระหายน้ำ แก้นิ่ว แก้อาเจียนเป็นโลหิตและบวมน้ำ นอกจากนี้ยังนำไปใช้ประโยชน์อื่น ๆ อีกมาก โดยเนื้อมะพร้าวอ่อนมีลักษณะอ่อนนุ่ม อร่อย ทานสดหรือจะทานพร้อมน้ำมะพร้าวก็ได้ แต่เนื้อมะพร้าวแก่นิยมนำไปประกอบอาหารคาวหวานต่างๆ โดยนำไปทั้งเนื้อหรือคั้นเป็นกะทิก็ได้ นอกจากประกอบอาหารแล้วเนื้อมะพร้าวแก่ยังสามารถนำไปสกัดน้ำมันออกมา เพื่อนำไปใช้ประกอบอาหารและนำใช้ในอุตสาหกรรมความงามได้ด้วยประโยชน์จากเนื้อมะพร้าวอุดมที่ไปด้วยแร่ธาตุต่างๆ รวมถึงใยอาหาร ทานแล้วมีส่วนช่วยในระบบขับถ่าย ส่วนน้ำมันมะพร้าวมีผลวิจัยรองรับแล้วว่า กรดไขมันที่อยู่ในน้ำมันมะพร้าวนั้นเป็นกรดไขมันที่ร่างกายสามารถนำไปใช้ได้อย่างรวดเร็วและไม่สะสมในร่างกาย จึงต่อดีต่อผู้ที่กำลังควบคุมน้ำหนักและผู้ป่วยโรคหัวใจ สำหรับน้ำมันมะพร้าวที่สกัดโดยวิธีสกัดเย็นจะอุดมไปด้วยวิตามินอีที่มีคุณภาพสูงกว่าวิตามินอีทั่วไปหลายเท่าจึงช่วยต่อต้านอนุมูลอิสระ ช่วยบำรุงผม ผิวพรรณ ทำให้ผิวอ่อนนุ่ม ไม่เหี่ยวย่น รวมทั้งยังมีสารฆ่าเชื้อโรคและสร้างภูมิคุ้มกันให้ร่างกายอีกด้วย

องค์ประกอบหลักในเนื้อมะพร้าวแบบต่างๆจากหนังสือ Small Scale Vegetable Oil Extraction โดย The Natural Resources Institute (NRI) เผยแพร่เมื่อปี ค.ศ. 1995 ระบุองค์ประกอบหลักของเนื้อมะพร้าวแบบต่างๆไว้ดังนี้

ตารางที่ 3.1 องค์ประกอบหลักของเนื้อมะพร้าวแบบต่างๆ

	% Composition		
	Oil	Meal	Water
Wet copra	55.3	24.7	20.0
Underdried copra	60.9	27.1	12.0
Dry copra	65.0	29.0	6.0
Copra (moisture free)	69.1	30.9	0.0

3.2 น้ำมันมะพร้าว

น้ำมันที่ได้จากการสกัดแยกน้ำมันออกจากเนื้อของมะพร้าวจะอุดมไปด้วยกรดไขมันดีมากมาย เช่น กรดลอริก (lauric acid) ซึ่งกรดไขมันเหล่านี้จะมีขนาดโมเลกุลปานกลาง (medium chain fatty acid) เมื่อรับประทานเข้าไปแล้วจะถูกเผาผลาญได้ดี ซึ่งจะสะสมในเนื้อเยื่อไขมันน้อยกว่ากรดไขมันที่มีขนาดโมเลกุลยาว ในน้ำมันมะพร้าวมีปริมาณไขมันอิ่มตัวสูงถึง 82.5% จึงทำให้เกิดการออกซิไดซ์ช้าและจะช่วยลดการเกิดกลิ่นเหม็นหืน โดยสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้หลากหลาย และยังสามารถเก็บไว้ที่อุณหภูมิห้องได้นานถึง 6 เดือนโดยไม่เกิดการเน่าเสีย

น้ำมันมะพร้าวเป็นน้ำมันที่มีคุณประโยชน์หลายประการ โดยทั่วไปมักนำไปใช้ในเรื่องการดูแลรักษาสุขภาพและด้านความสวยความงาม เพราะน้ำมันมะพร้าวมีกรดไขมันขนาดกลางที่ถูกย่อยได้ง่าย และเคลื่อนที่ได้เร็ว อีกทั้งยังเป็นกรดไขมันอิ่มตัว ไม่ทำให้เกิดโรคอ้วน นอกจากนี้ช่วยลดความอยากอาหารได้ดีกว่าไขมันชนิดอื่น และช่วยเร่งกระบวนการเผาผลาญพลังงานของร่างกาย ซึ่งเหมาะสำหรับผู้ที่ต้องการลดความอ้วน นอกจากนี้วิตามินในน้ำมันมะพร้าวยังช่วยเพิ่มความชุ่มชื้นให้ผิวหนัง เพิ่มความเงางามให้กับเส้นผม ลดการเกิดรังแคได้อีกด้วย

3.3 วิธีการสกัดน้ำมัน

3.3.1 วิธีการสกัดโดยวิธีพื้นบ้าน (Simple Process)

3.3.1.1 วิธีการสกัดโดยการหมัก (Fermentation extraction) นำน้ำกะทิที่ได้จากเนื้อมะพร้าว บรรจุใส่ภาชนะปิดด้วยผ้าขาวบางวางไว้ที่อุณหภูมิห้องประมาณ 24-48 ชั่วโมง ทิ้งไว้ให้น้ำมันแยกตัวเป็นชั้น จากนั้นจึงตักน้ำมันมากรองใส่ขวดเก็บไว้

3.3.1.2 วิธีการสกัดโดยการเคี่ยวน้ำกะทิ (Rendering) นำน้ำกะทิที่ได้จากการคั้นเนื้อมะพร้าว จากนั้นใส่กระทะตั้งไฟ เคี่ยวจนน้ำมันมะพร้าวแยกตัวและน้ำระเหยออกไปจนหมด

เหลือแค่น้ำมันมะพร้าวลอยอยู่ด้านบนและกากที่เกลือจับตัวเป็นก้อนอยู่ก้นกระทะ จากนั้นกรองน้ำมันออกมา

3.3.2 **วิธีการสกัดโดยการบีบอัดเชิงกล (Mechanical Extraction)** เป็นการแยกองค์ประกอบที่เป็นของเหลวออกจากของแข็งอาจทำได้หลายวิธี โดยการใช้เครื่องมือในการบีบอัด (Mechanical Extraction)เป็นอีกทางเลือกหนึ่ง ซึ่งการบีบอัดเพื่อเอาของเหลวออกจากวัตถุดิบโดยทั่วไปสามารถกระทำได้ 3 รูปแบบ คือ

3.3.2.1 **วิธีการบีบอัดแบบเกลียว (Screw Press)** วัตถุดิบจะถูกอัดด้วยแรงผ่านเกลียว เกลียวจะเป็นตัวบดอัดเพื่อบีบเอาของเหลวออก ของเหลวที่ได้จะไหลลงผ่านช่องตะแกรง ส่วนกากจะถูกลำเลียงออกทางท้ายเครื่อง ซึ่งเหมาะที่จะใช้บีบอัดผลไม้และการรีดน้ำมันออกจากเมล็ดของพืช การส่งกำลังจากเพลาสู่เกลียวเป็นวิธีที่ทำให้เกิดการอัดสูง โดยที่ลักษณะของเกลียว ความห่างของเกลียว การลดลงของพื้นที่หน้าตัดเกลียวจะมีผลในการบีบหรืออัด เมื่อใช้หลักการนี้ การอัดจะเกิดขึ้นระหว่างเกลียวกับผนังกระบอก จึงทำให้มีความเสียดทานสูงระหว่างการบีบคั้น เป็นผลให้เกิดความร้อนเพิ่มขึ้น ซึ่งความร้อนจะช่วยลดความหนืดของน้ำมัน เครื่องสกัดน้ำมันบางชนิดอาจติดตั้งเครื่องทำความร้อนกับตัวเครื่อง เพื่อเพิ่มผลผลิตจากการสกัด ข้อดีก็คือจะได้ปริมาณน้ำมันที่สกัดมากกว่าการสกัดด้วยไฮดรอลิก เมื่อสกัดได้น้ำมันแล้วจึงนำไปกรองด้วยกระดาษกรอง ซึ่งการสกัดโดยวิธีนี้จะช่วยให้น้ำมันที่สกัดได้ยังคงมีสี กลิ่น รส ตามลักษณะธรรมชาติ

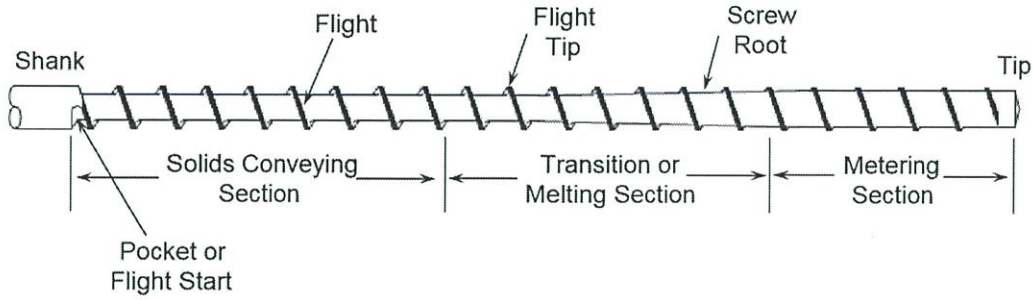
3.3.2.2 **วิธีการบีบอัดแบบไฮดรอลิก (Hydraulic Press)** น้ำมันจะถูกบีบออกมาโดยแรงอัดแบบไฮดรอลิก น้ำมันประเภทนี้จัดเป็นน้ำมันคุณภาพสูง เนื่องมาจากเกิดความร้อนต่ำในกระบวนการสกัด แต่จะได้น้ำมันในปริมาณที่น้อยกว่าสกรูอัด เมื่อสกัดได้น้ำมันออกมาแล้วจึงนำไปกรองด้วยกระดาษกรอง

3.3.2.3 **เครื่องบีบอัดแบบใช้ลูกกลิ้ง** เครื่องบีบอัดนี้สามารถบีบอัดได้อย่างต่อเนื่องโดยการป้อนวัสดุหรือวัตถุดิบผ่านเข้าไประหว่างลูกกลิ้ง 3 ลูกซึ่งวางเรียงกันเป็นรูปสามเหลี่ยม โดยลูกกลิ้งทำหน้าที่เป็นตัวบีบ รัด รีด และนวดเอาของเหลวออกมา กากและของเหลวจะถูกแยกออกจากกันโดยด้านล่างของลูกกลิ้งจะมีถาดรองรับของเหลว

3.4 สกรู (Screw)

3.4.1 ลักษณะของสกรู

3.4.1.1 สกรูเดี่ยว (Single Screw Extruders) สกรูเดี่ยวจะมีครีบกวาดของสกรู(flight) ทั้งแบบครีบเดี่ยว (single-flighted) หรือแบบหลายครีบ (multiple flighted) สกรูแบบครีบเดี่ยวจะมีลักษณะทั่วไปดังรูปที่ 1



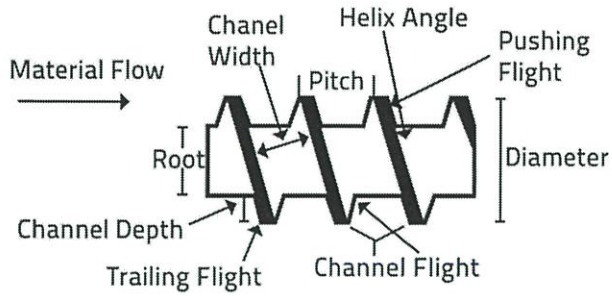
รูปที่ 3.1 Schematic of a typical single-flighted screw

สกรูแบบครีบเดี่ยวจะมีค่าของมุมฮีลิกซ์ (helix angle)เพียงค่าเดียว แต่สกรูแบบหลายครีบจะมีค่าของมุมฮีลิกซ์ (helix angle)ตั้งแต่สองค่าขึ้นไป

สกรูเดี่ยวสามารถจำแนกออกตามลักษณะของสกรูได้อีกหลายประเภท ประเภทของสกรูที่ได้รับความนิยมคือสกรูคู่ขนานเรียว (tapered Parallel Screw) สกรูคู่ขนานเรียวมีความลึกของเกลียวที่ค่อยๆเปลี่ยนในช่วงของการบีบอัด (compression) แต่ในส่วนป้อนเติม (solids conveying) และส่วนส่ง (metering) ความลึกของฟันจะคงที่ สกรูที่มีความสูงของฟันค่อยๆลดลง มักจะมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพิ่มขึ้นเรื่อยๆเพื่อให้สามารถบีบอัดวัสดุได้อย่างต่อเนื่อง

3.4.2 ทฤษฎีของสกรูอัด สกรูอัดเป็นส่วนสำคัญของเครื่องอัดทำหน้าที่รับวัตถุดิบที่ป้อนเข้ามาและอัดส่วนวัสดุดังกล่าว ช่วงอัด (compression section) ซึ่งบางครั้งเราจะเรียกช่วงนี้ว่า ช่วงเปลี่ยนแปลง (transition section) กระบวนการในช่วงอัด อาจทำได้หลายวิธี แต่วิธีที่ใช้กันมากที่สุด คือ การเพิ่มขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพลาเพื่อลดปริมาตรของสกรูลงไปตามทิศการอัด และอีกวิธีคือการลดลงของระยะพิตช์ (pitch) ในช่วงเปลี่ยนแปลง ปกติแล้ววัตถุดิบจะถูกอัดและทำให้ร้อนขึ้นเมื่อถูกสกรูดันให้เคลื่อนผ่านช่วงนี้ ความร้อนและแรงเสียดทานเนื่องจากการหมุนของสกรู ในช่วงนี้จะสูง อัตราส่วนระหว่างความลึกของร่องสกรูในส่วนที่วัตถุดิบป้อนเข้ามากับส่วนปลายที่ดันกากออกเรียกว่า อัตราส่วนการอัด (compression ratio, CR) สกรูซึ่งในกรณีของเครื่องเอ็กซ์ทรูดแบบสกรูเดี่ยวมีค่า CR อยู่ในช่วง 2:1 ถึง 6:1

3.4.3 ส่วนต่างๆของสกรู ส่วนต่างๆของสกรูจะถูกเรียกตามข้อมูลข้างล่างและดังรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 Definition of screw elements

Channel depth : ระยะห่างจากข้างบนเกลียวของสกรูจนถึงโคนของเกลียว

Channel : ช่องว่างระหว่างเกลียว

Trailing flight flank : ขอบหลังของเกลียว

Pushing flight flank : ขอบหน้าของเกลียว

Pitch : ระยะห่างระหว่างเกลียว

Helix angle : มุมของเกลียว

Screw diameter : ระยะห่างระหว่างส่วนที่สูงที่สุดของเกลียวโดยวัดผ่านสกรู

Root diameter : ระยะห่างระหว่างโคนเกลียวไปยังอีกด้านของโคนเกลียว

Length : ความยาวของสกรู

L/D ratio : สัดส่วนของความยาวของสกรูต่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง

3.5 มอเตอร์ไฟฟ้า (Electric motor)

มอเตอร์ (motor) เป็นเครื่องใช้ไฟฟ้าที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานกล ประกอบด้วยขดลวดที่พันรอบแกนโลหะที่วางอยู่ระหว่างขั้วแม่เหล็ก โดยเมื่อผ่านกระแสไฟฟ้าเข้าไปยังขดลวดที่อยู่ระหว่างขั้วแม่เหล็ก จะทำให้ขดลวดหมุนไปรอบแกน และเมื่อสลับขั้วไฟฟ้า การหมุนของขดลวดจะหมุนกลับทิศทางเดิม มอเตอร์ (motor) มี 2 ประเภท คือ

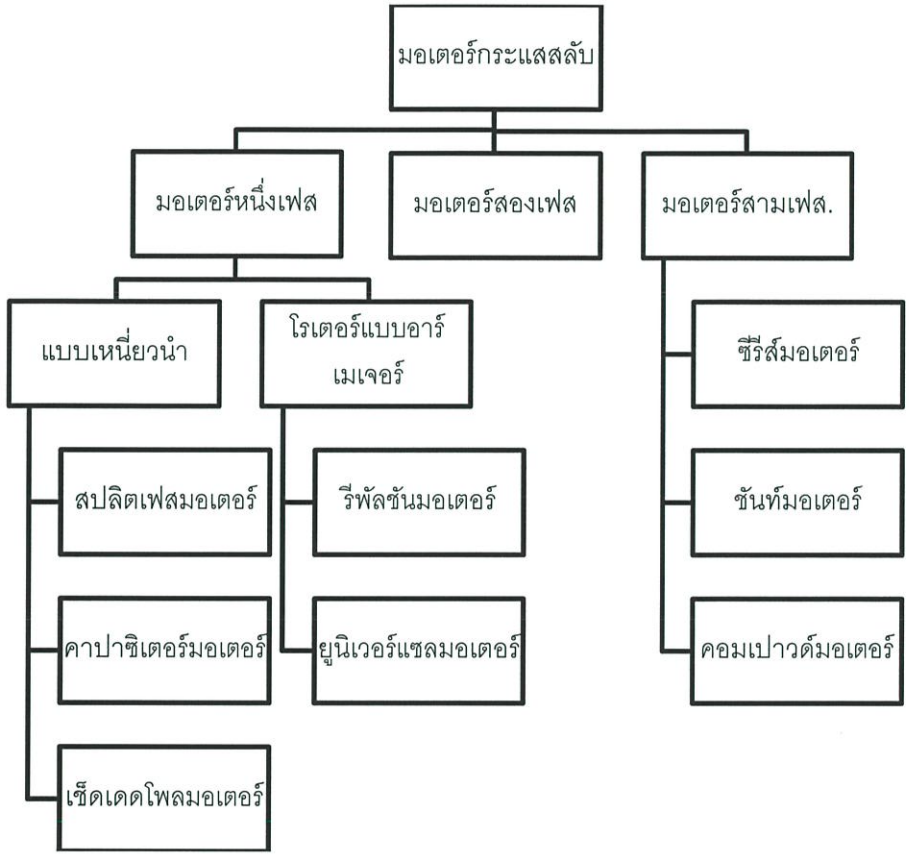
1. มอเตอร์กระแสตรง (DC Motor)
2. มอเตอร์กระแสสลับ (AC Motor)

3.5.1 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ (Alternating Current Motor) หรือเรียกว่า เอ.ซี มอเตอร์ (A.C. MOTOR) การแบ่งชนิดของมอเตอร์ไฟฟ้าสลับแบ่งออกเป็น 3 ชนิดได้แก่

3.5.1.1 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับชนิด 1 เฟส หรือเรียกว่าซิงเกิลเฟสมอเตอร์ (A.C. Single Phase) จะใช้กับแรงดันไฟฟ้า 220 โวลต์มีสายไฟ เข้า 2 สาย มีแรงม้าไม่สูง ส่วนใหญ่ตาม

บ้านเรือน

- สปลิทเฟส มอเตอร์(Split-Phase motor)
- คาปาซิเตอร์ มอเตอร์ (Capacitor motor)
- รีพัลชันมอเตอร์ (Repulsion-type motor)
- ยูนิเวอร์แวซลมอเตอร์ (Universal motor)
- เช็ดเดดโพล มอเตอร์ (Shaded-pole motor)



รูปที่ 3.3 ตารางแสดงประเภทของมอเตอร์กระแสสลับ

3.5.1.2 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับชนิด 2 เฟส หรือเรียกว่าทูเฟสมอเตอร์ (A.C. Two phase Motor)

3.5.1.3 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับชนิด 3 เฟส หรือเรียกว่าทีเฟสมอเตอร์ (A.C. Three phase Motor) เป็นมอเตอร์ที่ใช้ในงานอุตสาหกรรมต้องใช้ระบบไฟฟ้า 3 เฟส ใช้แรงดัน 380 โวลต์ มีสายไฟเข้ามอเตอร์ 3 สาย

3.5.2 ชุดขับสกรูลำเลียง (Screw Conveyor Drives)

ชุดขับสกรูลำเลียงมีหน้าที่ขับเคลื่อนทำให้สกรูลำเลียงหมุนเคลื่อนที่ตามความเร็วที่ต้องการและแรงม้าในการขับเคลื่อนต้องเหมาะสม ชุดขับนั้นจะแบ่งอุปกรณ์การทำงานออกเป็น 3 ส่วน คือ อุปกรณ์ต้นกำลัง (power source) ในสกรูลำเลียงส่วนมากจะใช้มอเตอร์ไฟฟ้า อุปกรณ์ทดความเร็ว (power Transmission) เป็นอุปกรณ์ลดความเร็วของมอเตอร์เพื่อปรับรอบความเร็วรอบให้เหมาะสมกับการทำงาน ส่วนสุดท้ายคือส่วนที่ต่อไปยังเพลาขับของอุปกรณ์ลำเลียง (conveyor Drive Shaft) เป็นส่วนที่รับกำลังจากอุปกรณ์ลดความเร็วเพื่อนำไปขับอุปกรณ์ ลำเลียงต่างๆ ในการออกแบบเลือกการติดตั้งชุดขับเข้ากับสกรูลำเลียงนั้นจะต้องศึกษารูปแบบการติดตั้ง ชุดขับและลักษณะของการใช้งานของอุปกรณ์ในการขับให้เหมาะสมเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้งาน

3.5.2.1 พื้นฐานการติดตั้งชุดขับอุปกรณ์ลำเลียง (Basic Conveyor Drives)

3.5.2.1.1 ขับแบบไม่มีอุปกรณ์ลดความเร็ว

- มอเตอร์สวมต่อตรงกับเพลาขับต่อโดยใช้คัปปลิ้งสวมต่อ

3.5.2.1.2 ขับแบบมีการลดความเร็วหนึ่งชั้น

- มอเตอร์ขับด้วยสายพานรูปตัว V ลดความเร็วด้วยล้อสายพาน
- มอเตอร์ขับด้วยโซ่ลดความเร็วด้วย Sprockets
- มอเตอร์เกียร์ปรับกำลังขับ
- มอเตอร์ต่อผ่านคัปปลิ้งเข้าอุปกรณ์ลดความเร็วและต่อเข้าเพลาขับโดยผ่านคัปปลิ้ง
- ชุดเกียร์มอเตอร์ลดความเร็วต่อเข้าเพลาขับโดยผ่านคัปปลิ้ง

3.5.2.1.3 ขับแบบมีการลดความเร็วสองชั้น

- มอเตอร์ติดอุปกรณ์ลดความเร็วโดยใช้สายพานรูปตัว V
- มอเตอร์ติดอุปกรณ์ลดความเร็วโดยใช้โซ่ขับ
- มอเตอร์ติดอุปกรณ์ลดความเร็วโดยใช้ชุดเฟืองทด
- มอเตอร์ติดอุปกรณ์ลดความเร็วหรือระหว่างอุปกรณ์ลดความเร็วกับเพลาขับ
- ชุดเกียร์มอเตอร์ลดความเร็วขับต่อโดยใช้สายพานรูปตัว V
- ชุดเกียร์มอเตอร์ลดความเร็วขับต่อโดยใช้โซ่
- ชุดเกียร์มอเตอร์ลดความเร็วขับต่อโดยใช้ชุดเฟืองทด
- ลดความเร็ว 2 ชั้นด้วยการใช้สายพานรูปตัว V สองครั้ง

- ลดความเร็ว 2 ชั้นด้วยการใช้โซ่ส่งกำลังสองครั้ง
- ลดความเร็ว 2 ชั้นด้วยการใช้ชุดเฟืองสองครั้ง

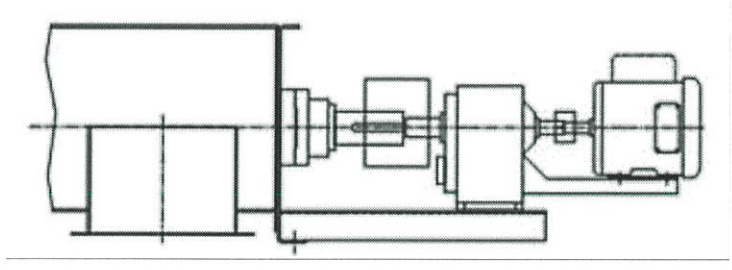
3.5.2.1.4 แบบลดความเร็วสามชั้น

- ชุดขับผ่านการลดความเร็วมอเตอร์แบบ 2 ชั้นมาลดความเร็วด้วยสายพานรูปตัวV
- ชุดขับผ่านการลดความเร็วมอเตอร์แบบ 2 ชั้นมาลดความเร็วด้วยโซ่
- ชุดขับผ่านการลดความเร็วมอเตอร์แบบ 2 ชั้นมาลดความเร็วด้วยชุดเฟืองทด

3.5.2.2 รูปแบบการติดตั้งชุดขับในสกรูลำเลียง (Screw Conveyors Drive Arrangements)

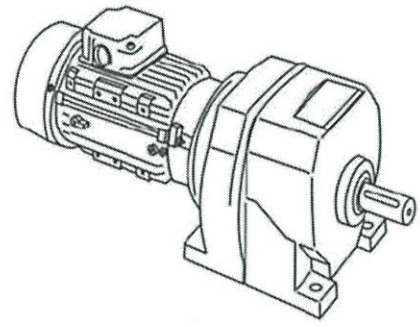
3.5.2.2.1 การติดตั้งชุดขับแบบ Gear motor Coupling Drive Shaft

การติดตั้งชุดขับแบบนี้จะประกอบไปด้วยการนำชุดเกียร์มอเตอร์หรือมอเตอร์ที่ติดมาพร้อมกับอุปกรณ์ลดความเร็วมาต่อเข้ากับเพลาขับตรงๆโดยใช้คัปปลิ้งแบบยืดหยุ่นได้เป็นตัวเชื่อมต่อระหว่างเพลาทั้งสอง การลดความเร็วเป็นแบบชั้นเดียว โดยลดความเร็วจากชุดเกียร์มอเตอร์



รูปที่ 3.4 การติดตั้งชุดขับแบบ Gear motor Coupling Drive Shaft

เกียร์มอเตอร์ เป็นอุปกรณ์ลดความเร็วที่ติดตั้งเข้ามาพร้อมกับมอเตอร์ เพลาขับที่ยื่นออกมาจะเป็นแนวเดียวกับมอเตอร์



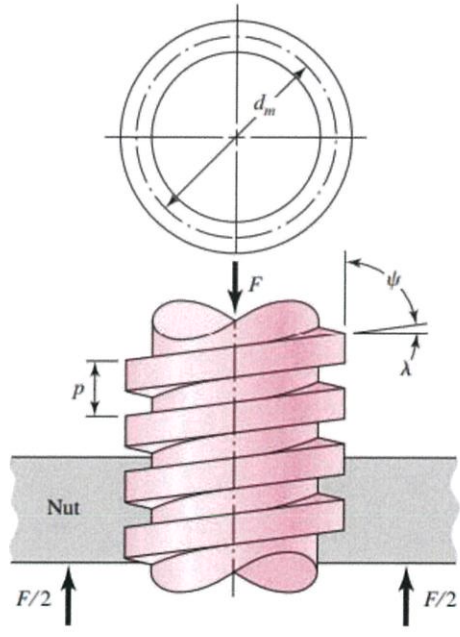
รูปที่ 3.5 เกียร์มอเตอร์

บทที่ 4
การคำนวณออกแบบเครื่องสกัดน้ำมันมะพร้าว

4.1 การออกแบบสกรูอัด

เลือกใช้วัสดุ Stainless Steel 304 ในการออกแบบ ซึ่งมีค่า Yield Strength = 215 MPa และออกแบบเพลาสกรูอัดเป็นแบบ Taper shaft กำหนดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพลาเล็กเท่ากับ 22.5 mm ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางปลายเพลาเท่ากับ 29 mm โตนอกเท่ากับ 30 mm มุมลีด (lead angle) 25 องศา

ออกแบบสกรูอัดความยาว 180 mm โดยแบ่งสกรูออกเป็น 2 ช่วง คือ 1.ช่วงป้อนเท่ากับ 36 mm (มีความยาว20%ของความยาวทั้งหมด) 2.ช่วงอัดเท่ากับ 144 mm



รูปที่ 4.1 แผนภาพสกรูอัด

จากสูตร

$$\tan\lambda = \frac{p}{\pi D_m} \qquad (4.1)$$

เมื่อ λ = มุมลีด lead angle (degree)

p = ระยะพิตช์ (m)

D_m = เส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย (m)

จากสูตร

$$D_m = D_s - \frac{p}{2} \tag{4.2}$$

เมื่อ D_m = เส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย (m)

D_s = เส้นผ่านศูนย์กลางสกรูอัด (m)

p = ระยะพิตช์ (m)

แทนค่าสมการ (4.2) ในสมการ (4.1)
จะได้

$$\tan\lambda = \frac{p}{\pi(D_s + \frac{p}{2})} \tag{4.3}$$

แทนค่า

$$\tan 25° = \frac{p}{\pi(0.03 + \frac{p}{2})}$$

$$p = 0.016 \text{ m}$$

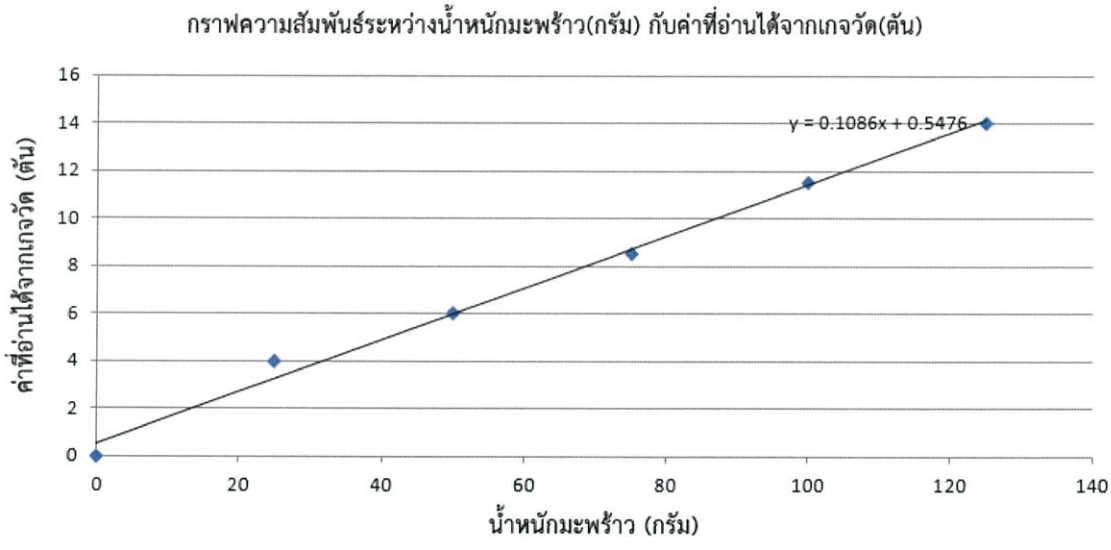
จากค่าการคำนวณระยะพิตช์เท่ากับ 0.016 m เลือกใช้เกลียวอัดที่มีระยะพิตช์เท่ากับ 0.022 m

4.2 การคำนวณแรงที่กระทำต่อสกรู

เพื่อหาความดันที่เหมาะสมในการบีบน้ำมันมะพร้าวออกมา จึงได้นำมะพร้าวมวล 25 50 75 100 และ 125 กรัมมาทำการทดลองอัดด้วยเครื่องอัดไฮดรอลิก มีเส้นผ่านศูนย์กลางกระบอกเท่ากับ 0.085 m ได้ผลการทดลองดังตาราง และกราฟดังนี้

ตารางที่ 4.1 ผลการทดลองบีบน้ำมันมะพร้าวด้วยเครื่องอัดไฮดรอลิก

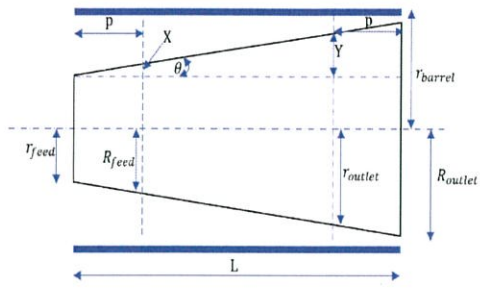
	น้ำหนักมะพร้าว (กรัม)	ค่าที่อ่านได้จากเกจวัด (ตัน)	
		ค่าน้อยสุด	ค่ามากที่สุด
1	25	2	4
2	50	2	6
3	75	2.5	8.5
4	100	2.5	11.5
5	125	3	14



รูปที่ 4.2 แสดงผลการทดลองบีบน้ำมันมะพร้าวด้วยเครื่องอัดไฮดรอลิก

4.2.1 การคำนวณอัตราส่วนปริมาตร

4.2.1.1 การคำนวณปริมาตรช่วงป้อน



รูปที่ 4.3 แผนภาพเพลาสกรูกับกระบอกอัด

จากรูป 4.3

$$\tan\theta = \frac{R_{outlet} - r_{feed}}{L} \qquad (4.4)$$

เมื่อ θ = มุมเอียงเพลาสกรู (degree)

R_{outlet} = รัศมีปลายช่วงคายกากเพลาสกรู (m)

r_{feed} = รัศมีต้นช่วงป้อนมะพร้าวเพลาสกรู (m)

L = ความยาวสกรูช่วงมีฟัน (m)

แทนค่า

$$\tan\theta = \frac{0.0145 - 0.0112}{0.144}$$

$$= 0.0226$$

จากรูป 4.3

$$\tan\theta = \frac{X}{p} \qquad (4.5)$$

เมื่อ θ = มุมเอียงเพลาสกรู (degree)

X = ผลต่างรัศมีเพลาสกรูช่วงป้อนมะพร้าว (m)

แทนค่า

$$X = 0.022 \times 0.0226$$

$$= 4.9653 \times 10^{-4} \text{ m}$$

จากรูป 4.3

$$R_{feed} = X + r_{feed} \tag{4.6}$$

เมื่อ R_{feed} = รัศมีปลายช่วงป้อนมะพร้าวเพลาสกรู (m)

X = ผลต่างรัศมีเพลาสกรูช่วงป้อนมะพร้าว (m)

r_{feed} = รัศมีต้นช่วงป้อนมะพร้าวเพลาสกรู (m)

แทนค่า

$$R_{feed} = (4.9653\times10^{-4}) + 0.0112$$

$$= 0.0117 \text{ m}$$

จากรูป 4.3

ปริมาตรช่วงป้อน = ปริมาตรของกระบอกอัด – ปริมาตรของเพลาสกรูช่วงป้อน

$$\text{ปริมาตรช่วงป้อน} = \pi r_{barrel}^{2} p - \left[\frac{1}{3}\pi p(R_{feed}^{2} + R_{feed}r_{feed} + r_{feed}^{2})\right] \tag{4.7}$$

เมื่อ r_{barrel} = รัศมีกระบอกอัด (m)

r_{feed} = รัศมีต้นช่วงป้อนมะพร้าวเพลาสกรู (m)

R_{feed} = รัศมีปลายช่วงป้อนมะพร้าวเพลาสกรู (m)

p = ระยะพิตช์ (m)

แทนค่า

$$\text{ปริมาตรช่วงป้อน} = (\pi\times0.0153^{2}\times0.022) - (\frac{1}{3}\pi(0.022)\left[(0.0117)^{2} + (0.0117\times0.0112) + (0.0112)^{2}\right]$$

$$= (1.6179\times10^{-5}) - (9.0626\times10^{-6})$$

$$= 7.1164\times10^{-6} \text{ m}^3$$

4.2.1.2 การคำนวณปริมาตรช่วงคายกาก

จากรูป 4.3

$$\tan\theta = \frac{Y}{L - p} \tag{4.8}$$

เมื่อ θ = มุมเอียงเพลาสกรู (degree)

Y = ผลต่างรัศมีเพลาสกรูช่วงคายกาก (m)

แทนค่า

$$Y = (0.144\text{-}0.022) \times 0.0226$$

$$= 2.7572\times10^{-3} \text{ m}$$

จากรูป 4.3

$$r_{outlet} = Y + r_{feed} \tag{4.9}$$

เมื่อ r_{outlet} = รัศมีต้นช่วงคายกากเพลาสกรู (m)

Y = ผลต่างรัศมีเพลาสกรูช่วงคายกาก (m)

r_{feed} = รัศมีต้นช่วงป้อนมะพร้าวเพลาสกรู (m)

แทนค่า

$$r_{outlet} = \left(2.7572\times10^{-3}\right) + 0.0112$$

$$= 0.014 \text{ m}$$

จากรูป 4.3

ปริมาตรช่วงคายกาก = ปริมาตรของกระบอกอัด – ปริมาตรของเพลาสกรูช่วงคายกาก

$$= \pi r_{barrel}^{2} p - \left[\frac{1}{3}\pi p(R_{outlet}^{2} + R_{outlet}r_{outlet} + r_{outlet}^{2})\right] \tag{4.10}$$

เมื่อ r_{outlet} = รัศมีกระบอกอัด (m)

r_{outlet} = รัศมีต้นช่วงคายกากเพลาสกรู (m)

R_{outlet} = รัศมีปลายช่วงคายกากเพลาสกรู (m)

p = ระยะพิตช์ (m)

แทนค่า

$$\text{ปริมาตรช่วงคายกาก} = (\pi\times0.0153^2\times0.022) - (\frac{1}{3}\pi(0.022)\left[(0.0145)^2 + (0.0145\times0.014) + (0.014)^2\right]$$

$$= (1.6179\times10^{-5}) - (1.4036\times10^{-5})$$

$$= 2.143\times10^{-6}\ m^3$$

จากสมการ

$$\text{อัตราส่วนปริมาตร} = \frac{\text{ปริมาตรช่วงป้อน}}{\text{ปริมาตรช่วงคายกาก}} \qquad (4.11)$$

แทนค่า

$$\text{อัตราส่วนปริมาตร} = \frac{7.1164\times10^{-6}}{2.143\times10^{-6}}$$

$$= 3.32$$

4.2.2 การคำนวณแรงที่กระทำกับมะพร้าว

จากสมการ

$$m = \rho V_{feed} \qquad (4.12)$$

เมื่อ m = มวลระหว่างฟันสกรู (g)

ρ = ความหนาแน่นของมะพร้าว (kg/m^3)

V_{feed} = ปริมาตรช่วงป้อน (m^3)

แทนค่า

$$m = 352 \times 7.1164\times10^{-6}\times10^{3}$$

$$= 2.505\ g$$

จากรูปที่ 4.2

$$Y = 0.1086X + 0.5476 \quad (4.13)$$

เมื่อ Y = แรง (ton)

X = น้ำหนักมะพร้าวทั้งสกรู 7.2 ช่อง (g)

แทนค่า

$$Y = 0.1086(2.505\times7.2) + 0.5476$$

$$= 2.5063 \text{ ton}$$

จากสมการ

$$F_c = mg \quad (4.14)$$

$$= 2.5063\times1000\times9.81$$

$$= 24586.90 \text{ N}$$

4.2.3 การคำนวณความดันที่กระทำต่อสกรู

จากสมการ

$$P_s = \frac{F_c}{A_h} \quad (4.15)$$

เมื่อ F_c = แรงที่กระทำกับมะพร้าว 19.7820 g (N)

A_h = พื้นที่หน้าตัดกระบอกอัดดรอลิก (m^2)

แทนค่า

$$P_s = \frac{26953.0857}{\pi\,(0.085/2)^2}$$

$$= 4.33 \text{ MPa}$$

จากค่าการคำนวณได้ความดันที่กระทำต่อสกรู 4.33 MPa เลือกใช้ความดันที่ 5 MPa

4.2.4 การคำนวณแรงที่กระทำต่อสกรู

จากสมการ

$$F_s = P_s A_s \tag{4.16}$$

เมื่อ P_s =ความดันที่กระทำต่อสกรู (MPa)

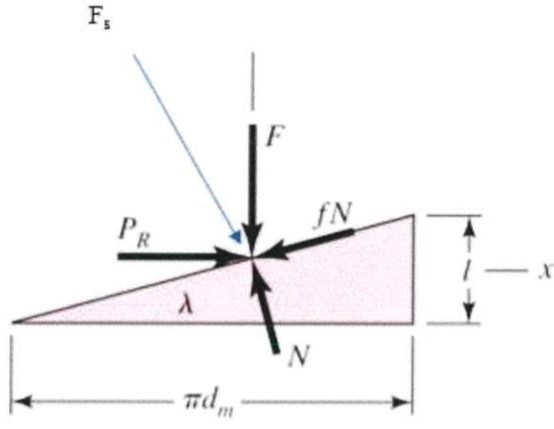
A_s = พื้นที่กลางสกรูที่รับแรงดัน (m^2)

แทนค่า

$$F_s = 5\times10^6\times\pi(0.015^2 - 0.014^2)$$

$$= 455.5309 \text{ N}$$

4.3 การคำนวณสกรูอัด



รูปที่ 4.4 แผนภาพแรงกระทำต่อสกรู

4.3.1 การคำนวณแรงขับสกรู

จากสูตร

$$P_R = \frac{F_x(f\cos\lambda + \sin\lambda)}{\cos\lambda - f.\sin\lambda} \tag{4.17}$$

เมื่อ P_R = แรงขับสกรู (N)

F_x = แรงในแนวแกน (N)

λ = มุมลีด Lead angle (degree)

f = สัมประสิทธิ์แรงเสียดทาน

แทนค่า

$$P_R = \frac{455.5309 \cos 25 \, (0.47 \times \cos 25 + \sin 25)}{\cos 25 - 0.47 \times \sin 25} \quad (4.18)$$

$$= 495.0540 \text{ N}$$

ดังนั้น

$$\Sigma P_R = 495.0540(7.2)$$

$$= 3564.3893 \text{ N}$$

4.3.2 การคำนวณแรงบิด

จากสูตร

$$T = \Sigma P_R \times \frac{D_m}{2} \quad (4.19)$$

เมื่อ ΣP_R = รวมแรงที่ขับสกรู (N)

D_m = เส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย (m)

แทนค่า

$$T = 3564.3893 \times \frac{0.029}{2}$$
$$= 51.68 \text{ Nm}$$

4.3.3 การคำนวณความหนาฟัน

จากสูตร

$$\tau = \frac{3F_x}{2A_{th}} \times 0.38 \quad (4.20)$$

เมื่อ τ = ความเค้นเฉือนในฟันเกลียว (Pa)

F_x = แรงที่กระทำกับสกรูในแนวแกน (N)

A_{th} = พื้นที่ฟันเกลียว (m^2)

แทนค่า

$$\tau = \frac{3 \times 3564.3893 \times 0.38}{2 \times \pi \times 0.01125 \times 0.003 \times 1}$$

$$\tau = 19.16 \text{ MPa}$$

4.3.4 การคำนวณค่าความปลอดภัยในฟันเกลียว

จากสูตร

$$\text{safety factor} = \frac{\tau_{yield}}{\tau_{design}} \tag{4.21}$$

เมื่อ safety factor = ค่าความปลอดภัย

τ_{yield} = ความเค้นเฉือนสูงสุดของวัสดุ (MPa)

τ_{design} = ความเค้นเฉือนที่ได้จากการคำนวณ (MPa)

แทนค่า

$$\text{safety factor} = \frac{0.5\sigma_{yield}}{\tau_{design}}$$

$$= \frac{0.5 \times 215 \text{ MPa}}{20 \text{ MPa}}$$

$$= 5.4$$

4.4 การคำนวณความสามารถในการจุ

กำหนดอัตราการป้อนวัตถุดิบ 4 kg/h

จากสูตร

$$N = \frac{\dot{m} \times 4}{60 \times \rho \times \pi(D_s^2 - d_{feed}^2) \times F \times k \times p} \tag{4.22}$$

เมื่อ N = รอบการหมุนของสกรู (rpm)

$\dot{m}$ = อัตราการป้อนวัตถุดิบ (kg/h)

ρ = ความหนาแน่นของมะพร้าว = 352 kg/m^3

D_s = เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกของสกรู = 0.03 m

d_{feed} = เส้นผ่านศูนย์กลางภายในช่วงป้อนเข้าของสกรู = 0.0225 m

F = factor ความเต็มรางสกรู

กรณีวัตถุดิบนั้นหนักและผิวแข็งคม F = 0.125

กรณีวัตถุดิบนั้นหนักและผิวไม่แข็งคม F = 0.25

กรณีวัตถุดิบนั้นเบาและผิวแข็งคม F = 0.32

กรณีวัตถุดิบนั้นเบาและผิวไม่แข็งคม F = 0.5

k = Factor ปริมาณการลำเลียงอันเนื่องมาจากชุดสกรูตั้งเอียง

สกรูตั้งแนวระนาบ k=1

แทนค่า

$$N = \frac{4\times4}{60 \times 352 \times \pi(0.03^2 - 0.0225^2) \times 0.5 \times 1 \times 0.022}$$

$$N = 55.67 \text{ rpm}$$

จากค่าการคำนวณได้ความเร็วรอบเท่ากับ 55.67 rpm เลือกใช้ความเร็วรอบที่ 60 rpm

4.5 การคำนวณมอเตอร์

จากสูตร

.

$$\text{Power} = \frac{2\pi \times T \times N}{60} \qquad (4.23)$$

เมื่อ Power = กำลังมอเตอร์ (W)

T = แรงบิด (Nm)

N = รอบการหมุนของมอเตอร์ (rpm)

แทนค่า

$$\text{Power} = \frac{2\pi \times 51.68 \times 60}{60}$$

$$\text{Power} = 324.7150 \text{ W}$$

กำหนดให้มอเตอร์ทำงานที่ประสิทธิภาพ 70% จะได้463.8949W จึงเลือกมอเตอร์0.5hp

4.6 การคำนวณกระบอกอัด

4.6.1 การคำนวณแรงที่กระทำต่อกระบอกที่ความดันสูงสุด

จากสูตร

$$F_B = PA_c \tag{4.24}$$

เมื่อ P = ความดันกระทำต่อกระบอกอัด (MPa)

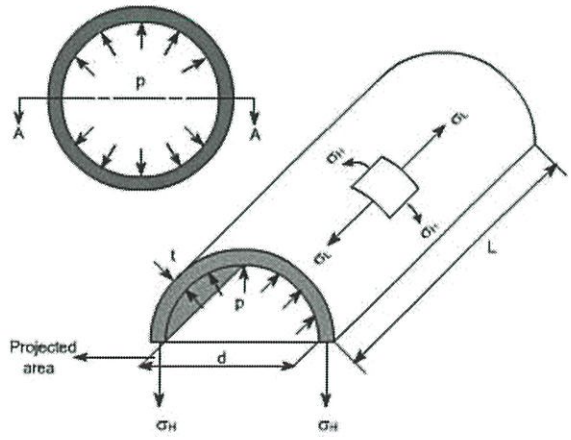
A_c = พื้นที่ช่วงอัด (m^2)

แทนค่า

$$F_B = 5 \times 10^6 \times 2 \times \pi \times 0.0153 \times 0.135$$

$$= 64889.5963 \text{ N}$$

4.6.2 การคำนวณความเค้นตามแนวเส้นรอบวง และความเค้นตามยาว



รูปที่ 4.5 ความเค้นตามแนวเส้นรอบวง และความเค้นตามยาว

4.6.2.1 การคำนวณความเค้นตามแนวเส้นรอบวง

จากสูตร

$$P_H = \frac{F_B}{D \times L_B} \tag{4.25}$$

เมื่อ P_H = ความเค้นตามแนวเส้นรอบวง หรือ hoop stress (MPa)

F_B = แรงที่กระทำต่อกระบอกในช่วงอัด (N)

D = เส้นผ่านศูนย์กลางกระบอกอัด (m)

L_B = ความยาวกระบอกอัด (m)

แทนค่า

$$P_H = \frac{64889.5963}{0.0306 \times 0.135} \tag{4.26}$$

$$= 15.7080 \text{ MPa}$$

4.6.2.2 การคำนวณความเค้นตามยาว

จากสูตร

$$P_L = \frac{F_B \times 4}{\pi \times D^2} \tag{4.27}$$

เมื่อ P_L = ความเค้นตามยาว หรือ longitudinal stress (MPa)

F_B = แรงที่กระทำต่อกระบอกในช่วงอัด (N)

D = เส้นผ่านศูนย์กลางกระบอกอัด (m)

L_B = ความยาวกระบอกอัด (m)

แทนค่า

$$P_L = \frac{64889.5963 \times 4}{\pi \times 0.0306^2}$$

$$= 88.2352 \text{ MPa}$$

4.6.3 การคำนวณค่าความปลอดภัย

จากสูตร

$$\sigma_{design} = \frac{P_{max}D}{4t} \tag{4.28}$$

เมื่อ σ_{design} = ความเค้นเฉือนที่ได้จากการคำนวณ (MPa)

P_{max} = ความเค้นสูงสุดที่กระทำต่อกระบอก (MPa)

D = เส้นผ่านศูนย์กลางกระบอกอัด (m)

t = ความหนา (m)

แทนค่า

$$\sigma_{design} = \frac{88.2352 \times 0.0306}{4 \times 0.004}$$

$$= 168.7498 \text{ MPa}$$

จากสูตร

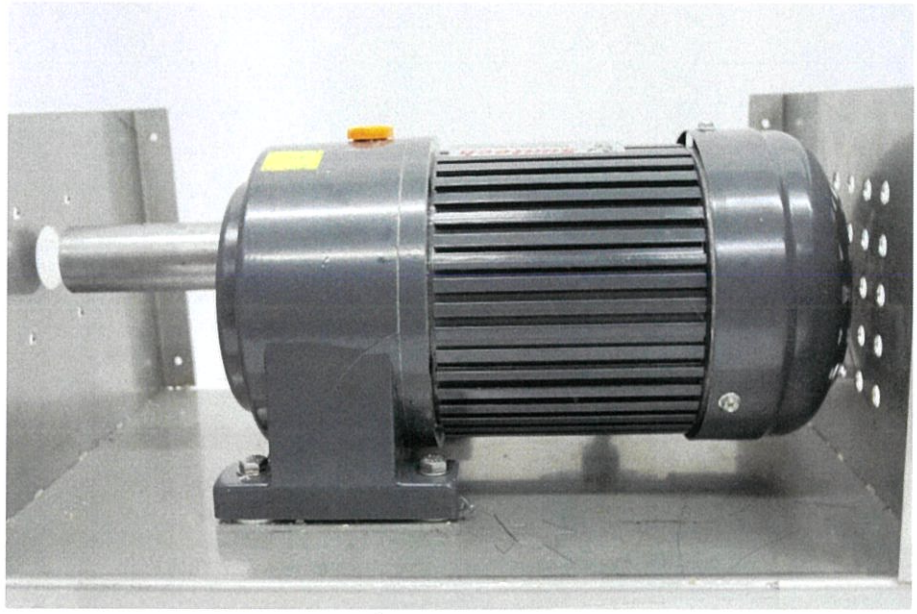
$$\text{ค่าความปลอดภัย} = \frac{\sigma_{yeild}}{\sigma_{design}} \tag{4.29}$$

$$= \frac{215}{168.7498}$$

$$= 1.3$$

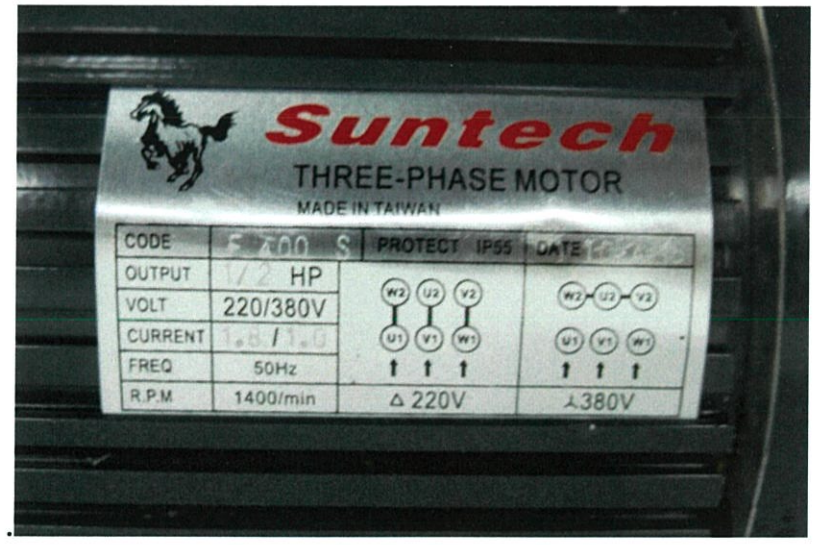
4.7 ส่วนประกอบของเครื่อง

4.7.1 มอเตอร์



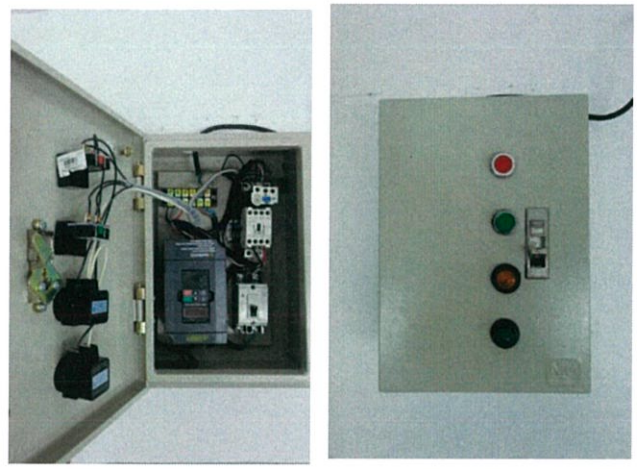
รูปที่ 4.6 มอเตอร์เกียร์

การทำงานของเครื่องต้องอาศัยแรงขับเคลื่อน ซึ่งในที่นี้ใช้มอเตอร์ไฟฟ้าในการขับเคลื่อน โดยใช้มอเตอร์ขนาด 0.5 แรงม้าดังรูปที่ 4.6



รูปที่ 4.7 คุณลักษณะของมอเตอร์เกียร์

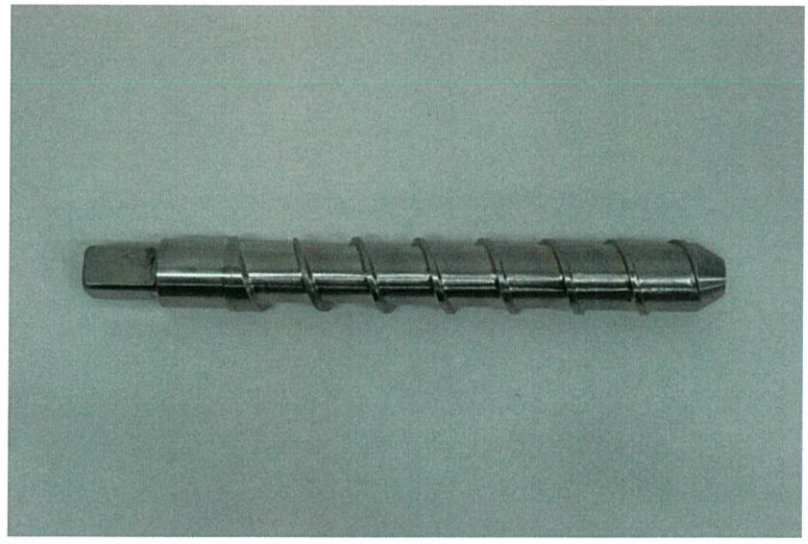
4.7.2 ชุดควบคุม



รูปที่ 4.8 ชุดควบคุม

การทำงานของเครื่องนี้สามารถปรับความเร็วรอบได้ โดยอาศัยการทำงานของอินเวอร์เตอร์

4.7.3 สกรู



รูปที่ 4.9 สกรู

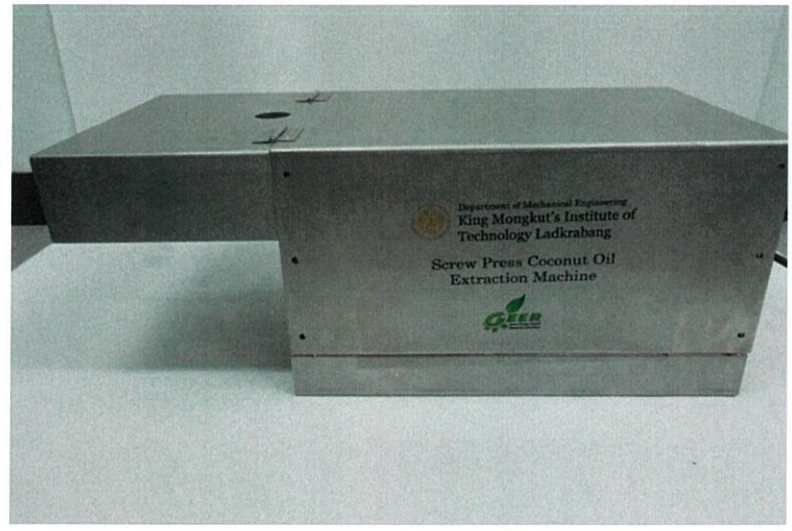
สกรูที่ออกแบบจะแบ่งการทำงานออกเป็นสองช่วง คือ ช่วงป้อน และ ช่วงอัด โดยในช่วงป้อน ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของสกรูจะมีขนาดคงที่ แต่ในส่วนของช่วงอัดนั้น ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของสกรูจะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆเพื่อลดปริมาตรของช่องอัด ทำให้เกิดการอัดในช่องและทำให้ได้น้ำมันออกมาในที่สุด โดยวัสดุที่ใช้ทำสกรู คือ stainless steel 304 ซึ่งเป็นวัสดุที่เหมาะสำหรับใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร

4.7.4 กระบอกอัด

รูปที่ 4.10 กระบอกอัด

กระบอกอัดออกแบบเพื่อให้มีการถอดประกอบที่ง่ายและสะดวกต่อการใช้งานและการทำความสะอาด โดยกระบอกอัดทำมาจาก stainless steel 304 ซึ่งเป็นวัสดุที่มีคุณสมบัติมีความต้านทานต่อการกัดกร่อนดี สามารถขึ้นรูปเย็นและเชื่อมได้ดี และเหมาะสำหรับใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร

4.7.5 โครงเครื่อง



รูปที่ 4.11 โครงเครื่อง (case)

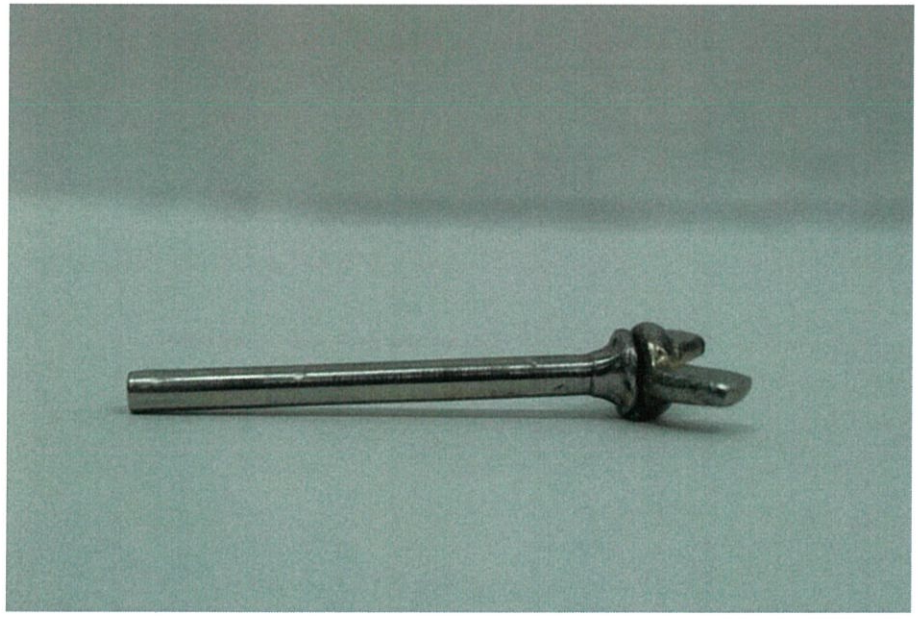
โครงเครื่องใช้วัสดุ stainless steel 304 เพื่อให้ทนทานต่อการกัดกร่อน

4.7.6 กรวยป้อน

รูปที่ 4.12 กรวยป้อน

กรวยป้อนใช้วัสดุ stainless steel 304 เพื่อให้ทนทานต่อการกัดกร่อน

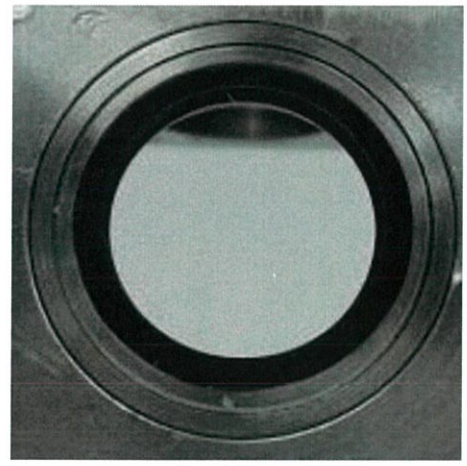
4.7.7 สลักยึดกระบอกอัด



รูปที่ 4.13 สลักยึดกระบอกอัด

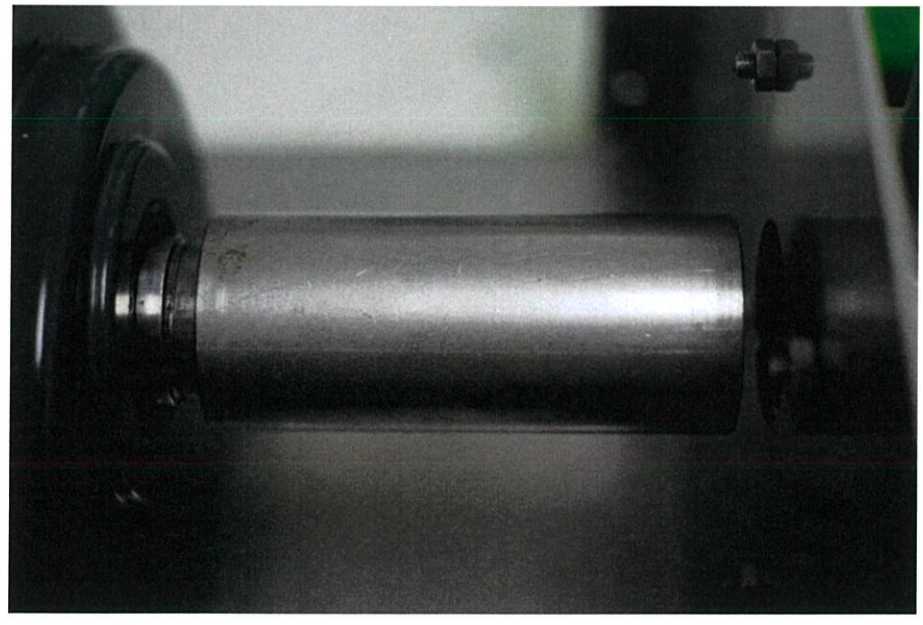
สลักยึดกระบอกอัดใช้เพื่อนให้การถอดประกอบกระบอกอัดสามารถถอดประกอบได้ง่าย เพื่อสะดวกต่อการใช้งาน และใช้วัสดุ stainless steel 304 เพื่อให้ทนทานต่อการกัดกร่อน

4.7.8 ซีลน้ำมัน



รูปที่ 4.14 ซีลน้ำมัน

4.7.9 คัปปลิ้ง



รูปที่ 4.15 คัปปลิ้ง

บทที่ 5
ผลการทดลอง

5.1 บทนำ

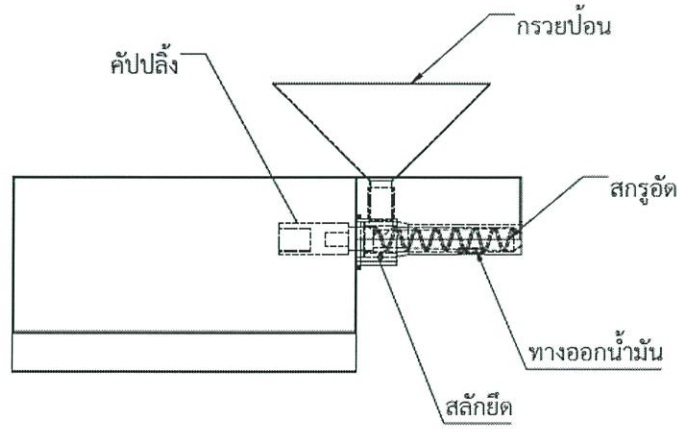
เมื่อทำการสร้างเครื่องสกัดน้ำมันมะพร้าวแบบสกรูอัดเสร็จสมบูรณ์ จึงทำการทดลองเพื่อหาประสิทธิภาพของเครื่องสกัดน้ำมันมะพร้าว การทดลองจะทำการปรับความเร็วรอบของมอเตอร์ที่ 40 50 และ60 รอบต่อนาที โดยใช้มะพร้าวตากแห้ง 200 กรัม

5.2 จุดประสงค์ของการทดลอง

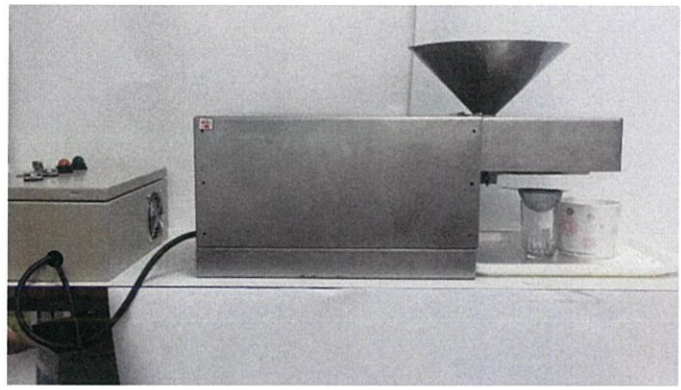
1. เพื่อหาความเร็วรอบของมอเตอร์ที่เหมาะสมของเครื่องสกัดน้ำมันมะพร้าวแบบสกรูอัด
2. เพื่อนำจุดบกพร่องที่พบระหว่างการทดลองมาปรับปรุงและพัฒนาในโอกาสต่อไป

5.3 อุปกรณ์การทดลอง

1. เครื่องสกัดน้ำมันมะพร้าวแบบสกรูอัด



รูปที่ 5.1 แบบเครื่องสกัดน้ำมันมะพร้าวแบบสกรูอัด



รูปที่ 5.2 เครื่องสกัดน้ำมันมะพร้าวแบบสกรูอัด

2. ชุดควบคุมการทำงาน

รูปที่ 5.3 ชุดควบคุมการทำงาน

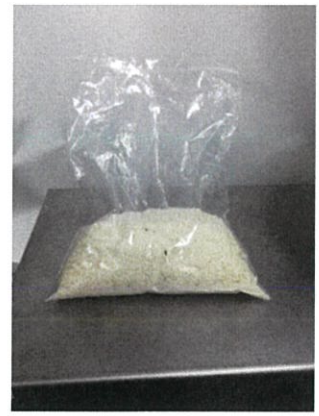
3. เครื่องชั่งน้ำหนัก

รูปที่ 5.4 เครื่องชั่งน้ำหนัก

4. นาฬิกาจับเวลา

รูปที่ 5.5 นาฬิกาจับเวลา

5. เนื้อมะพร้าวขูด (ผึ่งแดด 3 ชั่วโมง ก่อนการทดลอง)



รูปที่ 5.6 เนื้อมะพร้าวขูด (ผึ่งแดด 3 ชั่วโมง ก่อนการทดลอง)

5.4 วิธีการทดลอง

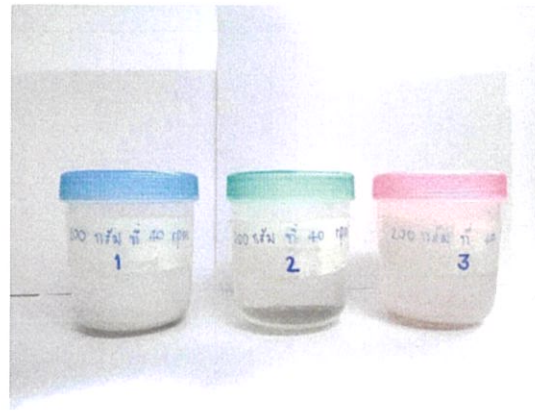
1. เตรียมมะพร้าวขูดที่จะทำการทดลอง
2. ประกอบและตรวจสอบความเรียบร้อยของเครื่องสกัดน้ำมันมะพร้าว
3. เปิดฝาชุดกล่องควบคุมแล้วปรับความเร็วรอบของมอเตอร์ตามที่จะทดลอง แล้วกดสวิตช์สีเขียวเดินเครื่องสกัดน้ำมะพร้าว
4. ป้อนมะพร้าวที่เตรียมไว้ 200 กรัมใส่ในกรวย และเริ่มจับเวลาจนกระทั่งสกรูบีบอัดน้ำมันจนหมด แล้วกดสวิตช์สีแดงหยุดเดินเครื่อง
5. นำน้ำมันที่สกัดได้ไปชั่งน้ำหนัก
6. ทำการทดลองที่ข้อ 3 - 5 ที่ความเร็ว 40 50 และ60 รอบต่อนาที
7. บันทึกผลและสรุปการทดลอง

5.5 ผลการทดลอง

ทำการทดลองที่ความเร็วรอบต่างๆ พบว่ากากมะพร้าวที่ถูกบีบจนแห้งถูกลำเลียงออกทางช่องคายกาก และได้น้ำมันในปริมาณที่เหมาะสมดังนี้

ตารางที่ 5.1 ผลการทดลองบีบมะพร้าว200 กรัม ที่ความเร็ว 40 รอบต่อนาที

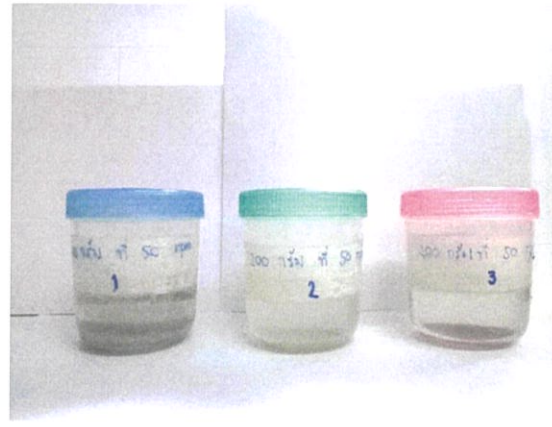
	40 รอบต่อนาที (rpm)			
	ครั้งที่1	ครั้งที่2	ครั้งที่3	ค่าเฉลี่ย
เวลาที่ใช้ (นาที)	38	35	41	38
ปริมาณน้ำมันที่ได้ (กรัม)	60.30	66.50	64.90	63.9
ปริมาณน้ำมันที่ได้ (มิลลิลิตร)	65.12	71.82	70.09	69.01



รูปที่ 5.7 น้ำมันมะพร้าวสกัดที่ความเร็วรอบ 40 รอบต่อนาที

ตารางที่ 5.2 ผลการทดลองบีบมะพร้าว200 กรัม ที่ความเร็วรอบ 50 รอบต่อนาที

	50 รอบต่อนาที (rpm)			
	ครั้งที่1	ครั้งที่2	ครั้งที่3	ค่าเฉลี่ย
เวลาที่ใช้ (นาที)	51	47	49	49
ปริมาณน้ำมันที่ได้ (กรัม)	58.00	55.00	57.50	56.83
ปริมาณน้ำมันที่ได้ (มิลลิลิตร)	62.64	59.40	62.10	61.38



รูปที่ 5.8 น้ำมันมะพร้าวสกัดที่ความเร็วรอบ 50 รอบต่อนาที

ตารางที่ 5.3 ผลการทดลองบีบมะพร้าว200 กรัม ที่ความเร็วรอบ 60 รอบต่อนาที

	60 รอบต่อนาที (rpm)			
	ครั้งที่1	ครั้งที่2	ครั้งที่3	ค่าเฉลี่ย
เวลาที่ใช้ (นาที)	57	54	59	56.67
ปริมาณน้ำมันที่ได้ (กรัม)	57.40	57.20	64.20	59.60
ปริมาณน้ำมันที่ได้ (มิลลิลิตร)	62.00	61.77	69.33	64.37

รูปที่ 5.9 น้ำมันมะพร้าวสกัดที่ความเร็วรอบ 60 รอบต่อนาที

บทที่ 6
สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

6.1 วิจารณ์ผลการทดลอง

จากการทดลองพบว่าเครื่องสามารถสกัดน้ำมันมะพร้าวได้ แต่ปริมาณน้ำมันยังไม่เป็นไปตามเป้าหมายที่คาดไว้ ซึ่งเป็นผลจาก 2 สาเหตุหลัก ได้แก่ อัตราการป้อนวัตถุดิบไม่เป็นไปตามการออกแบบคำนวณ ทั้งนี้อาจเกิดจากเส้นผ่านศูนย์กลางทางออกของกรวยป้อนมีขนาดเล็กเกินไป รวมไปถึงถึงมุมไหลเทของกรวยป้อนไม่เหมาะสมกับชนิดของวัตถุดิบทำให้อัตราการป้อนวัตถุดิบมีค่าน้อย ส่งผลให้น้ำมันมีปริมาณน้อยตามไปด้วย อีกประการหนึ่งคือความดันที่ใช้ในการบีบอัดมีค่าน้อยเกินไป เนื่องจากความผิดพลาดในการผลิตชิ้นส่วนทำให้เกิดช่องว่างระหว่างเพลาสกรูและซีลน้ำมันเป็นเหตุให้ความดันเกิดการรั่วไหล ทั้งน้ำมันที่สกัดที่ได้มีลักษณะไม่ใสเท่าที่ควร เนื่องจากมีคราบสีดำที่เกิดจากซีลปะปนมาด้วย นอกจากนี้ปัญหาอื่นๆที่พบระหว่างทำการทดลอง ได้แก่ ปัญหาการคายกากที่บีบอัดแล้ว พบว่าสกรูไม่สามารถดันกากให้ออกมาได้ในบางช่วง ซึ่งมีสาเหตุจากมุมลีด (lead angle) ของสกรูอาจมีค่าไม่เหมาะสม และปัญหาช่องทางออกของน้ำมันอุดตัน เนื่องจากความผิดพลาดในการผลิตชิ้นงานทำให้ขนาดช่องทางออกของน้ำมันมีขนาดเล็กกว่าที่ออกแบบไว้ ทำให้เมื่อมีกากบางส่วนไหลผ่านจึงเกิดการอุดตันทำให้น้ำมันบางส่วนถูกดูดซับไว้ในน้ำมันและไหลออกมาได้ช้า

6.2 สรุปและวิเคราะห์ผลการทดลอง

จากการทดลองสกัดน้ำมันมะพร้าวปริมาณ 200 กรัมที่ความเร็วรอบ 40 50 และ60 rpm ตามลำดับ พบว่าปริมาณน้ำมันที่สกัดได้โดยเฉลี่ยที่ความเร็วรอบ 40 rpm เท่ากับ 69.01 มิลลิลิตร ที่ความเร็วรอบ 50 rpm เท่ากับ 61.38 มิลลิลิตร ที่ความเร็วรอบ 60 rpm เท่ากับ 64.37 มิลลิลิตร คิดเป็น 57.03 50.67 และ53.19 เปอร์เซ็นต์โดยมวลตามลำดับ

จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าปริมาณน้ำมันที่ได้มีการเปลี่ยนแปลงอย่างไม่มีนัยสำคัญเมื่อรอบการหมุนของมอเตอร์เปลี่ยนไป ทั้งนี้อาจเกิดจากการทดลองด้วยรอบการหมุนที่แตกต่างกันน้อยจนเกินไปจนทำให้ผลผลิตออกมาใกล้เคียงกัน

6.3 ข้อเสนอแนะ

1. เพิ่มขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางทางออกของกรวยป้อนให้มีขนาดใหญ่ขึ้นหรือมีการติดตั้งชุดสั่นสะเทือนขนาดเล็กเข้ากับกรวยป้อนเพื่อเป็นตัวกระตุ้นให้วัตถุดิบเกิดการไหลแบบอิสระ
2. ศึกษาคุณสมบัติการไหลของน้ำมันมะพร้าวเพื่อออกแบบขนาดและตำแหน่ง ที่เหมาะสมของช่องทางออกน้ำมัน เพื่อไม่ให้กากมาอุดตันทางออกของน้ำมันได้
3. ปรับเปลี่ยนมุมลีด (lead angle) ของสกรูเพื่อให้กากถูกดันออกมาอย่างต่อเนื่อง

4. เปลี่ยนชนิดของซีลน้ำมันให้เหมาะสมกับการใช้งาน
5. มะพร้าวที่นำมาใช้สกัดไม่ควรแห้งจนเกินไปเพราะจะทำให้กากแข็งยากต่อการคายออก

บรรณานุกรม

Adesoji Mathew Olaniyan, Olaniyan Ramota Karim, และ Osadolo Emmanuel Eromosele. (2017). Design and Development a Small-scale Peanut Roaster. *Association of Professional Engineers of Trinidad and Tobago* , 34-39.

amberfitzgerald. (27 มีนาคม 2555). *ข้อมูล มะพร้าว | amberfitzgerald*. เรียกใช้เมื่อ 25 กันยายน 2017 จาก amberfitzgerald wordpress: https://amberfitzgerald.wordpress.com/2012/03/27/%E0%B8%82%E0%B9%89%E0%B8%AD%E0%B8%A1%E0%B8%B9%E0%B8%A5-%E0%B8%A1%E0%B8%B0%E0%B8%9E%E0%B8%A3%E0%B9%89%E0%B8%B2%E0%B8%A7/

Budynas–Nisbett. (2006). *Shigley's Mechanical Engineering Design.* New York: McGraw-Hill.

Eric Maynard. (25 November 2013). *10 steps to design hopper.* เรียกใช้เมื่อ 1 December 2017 จาก https://www.aiche.org/sites/default/files/cep/20131125_1.pdf

Md. Habib Ullah Khan, Dipanya Mondal, และ Shahidul Hoque. (2016). *Design and Construction of Oil Expeller Press with Structural Analysis of Screw with Ansys.* Khulna: Department of Mechanical Engineering, Khulna University of Engineering & Technology.

MedThai. (4 สิงหาคม 2560). *น้ำมันมะพร้าว สรรพคุณประโยชน์ของน้ำมันมะพร้าว 52 ข้อ !* เรียกใช้เมื่อ 10 กันยายน 2560 จาก Medthai: https://medthai.com/%E0%B8%99%E0%B9%89%E0%B8%B3%E0%B8%A1%E0%B8%B1%E0%B8%99%E0%B8%A1%E0%B8%B0%E0%B8%9E%E0%B8%A3%E0%B9%89%E0%B8%B2%E0%B8%A7/

PELİN SARI. (2006). *PRELIMINARY DESIGN AND CONSTRUCTION OF A PROTOTYPE CANOLA SEED OIL EXTRACTION MACHINE.* Ankara: GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES MIDDLE EAST TECHNICAL UNIVERSITY.

The Natural Resources Institute. (1995). *Small Scale Vegetable Oil Extraction.* Hampshire: Hobbs the Printers.

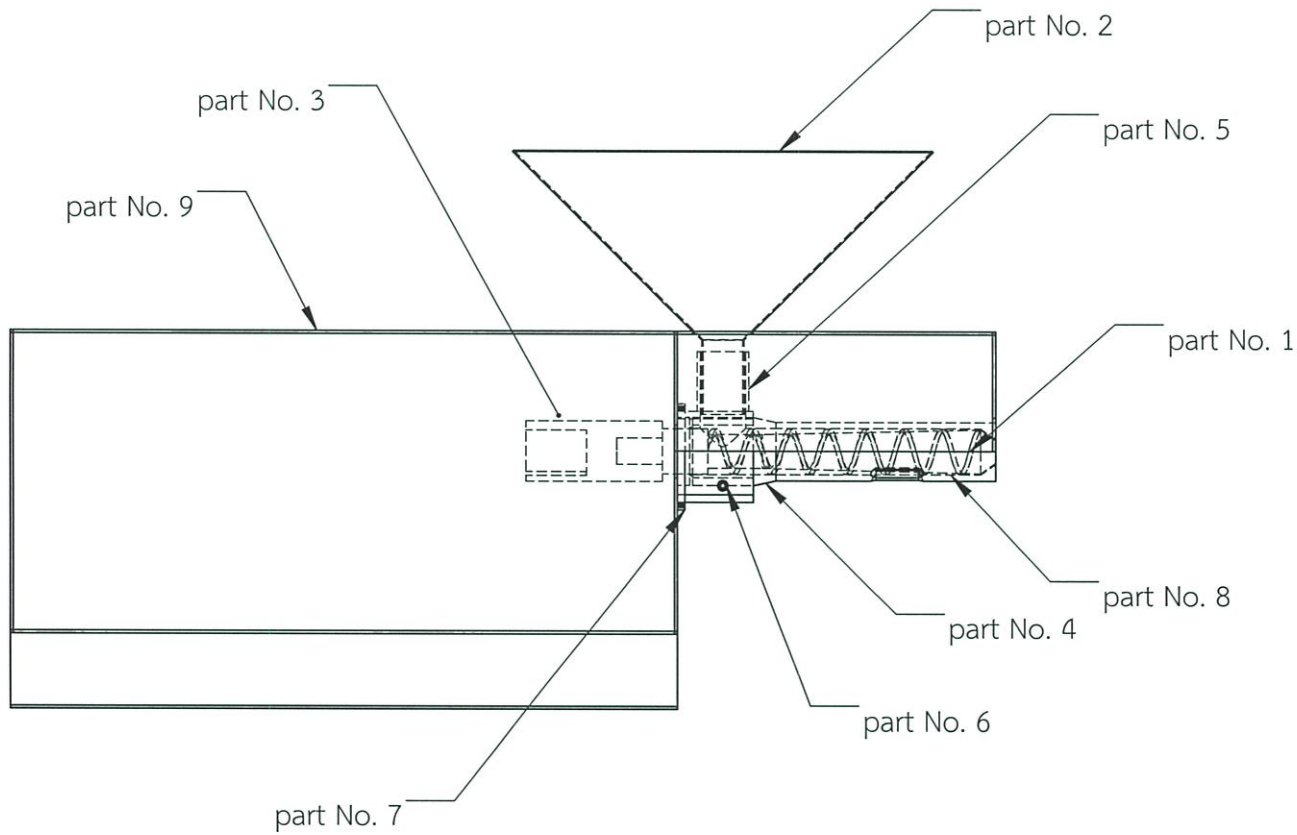
คุนากร เทพเสาร์, ทวิช สืบหงษ์, และ ไพฑูรย์ วันดี. (2550). *ออกแบบและพัฒนาเครื่องบีบอัดน้ำมันสบู่ดำ.* เชียงใหม่: สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา.

ณัฐวุฒิ ตระการสุข, ณิชา รัตนกานตะดิลก, และ ปิฎก สุขสวัสดิ์. (2551). *การออกแบบและพัฒนาเครื่องบีบน้ำมันมะพร้าว.* ลาดกระบัง: ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

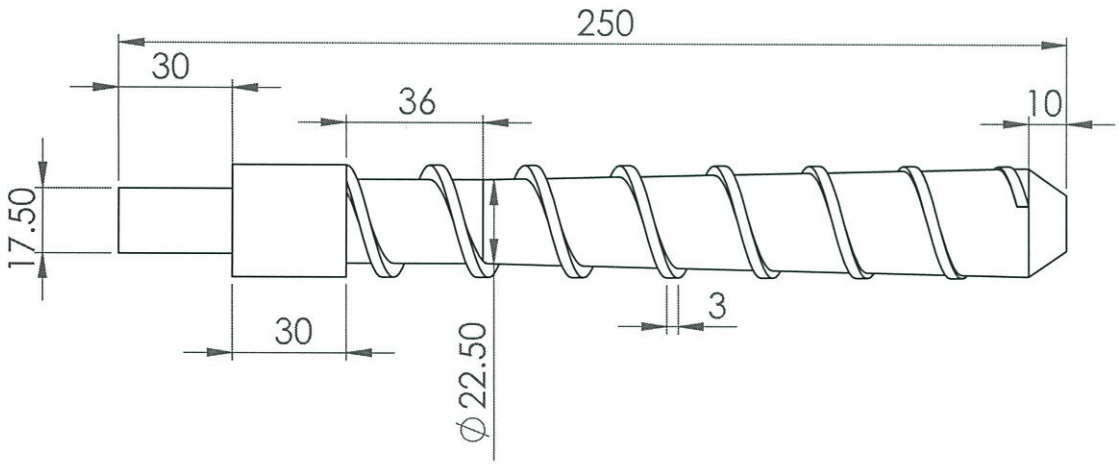
น้ำมันมะพร้าว กับประโยชน์ทางสุขภาพและความงาม - พบแพทย์. (2016). เรียกใช้เมื่อ 10 กันยายน 2560 จาก Pobpad: https://www.pobpad.com/%E0%B8%99%E0%B9%89%E0%B8%B3%E0%B8%A1%E0%B8%B1%E0%B8%99%E0%B8%A1%E0%B8%B0%E0%B8%9E%E0%B8%A3%E0%B9%89%E0%B8%B2%E0%B8%A7-%E0%B8%81%E0%B8%B1%E0%B8%9A%E0%B8%9B%E0%B8%A3%E0%B8%B0%E0%B9%82%E0%B8%A2%E0%B8%8A

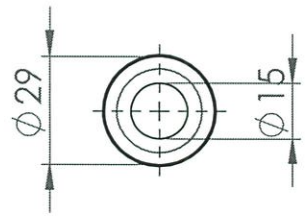
มะพร้าว | สมุนไพรดอทคอม. (2016). เรียกใช้เมื่อ 25 กันยายน 2017 จาก สมุนไพรดอทคอม: https://www.samunpri.com/%E0%B8%A1%E0%B8%B0%E0%B8%9E%E0%B8%A3%E0%B9%89%E0%B8%B2%E0%B8%A7/

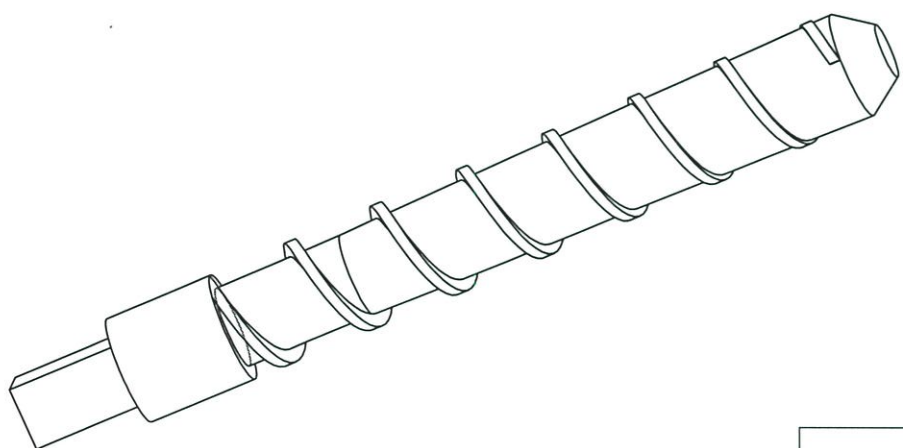
ภาคผนวก ก.
แบบรายละเอียดของเครื่องสกัดน้ำมันมะพร้าวด้วยสกรูอัด



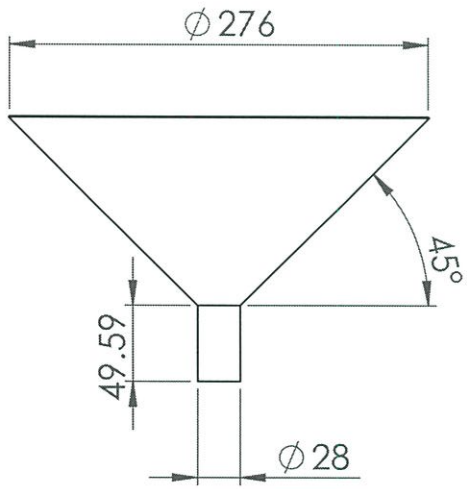
	Coconut oil extraction machine
Material	Stainless Steel 304
Designed By	Project group ME41
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang	Scale 1:5

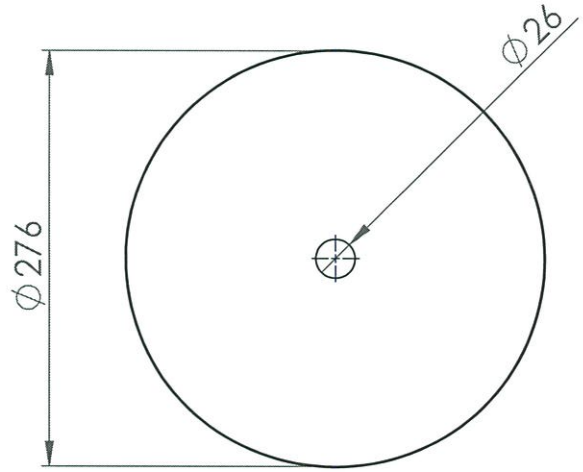


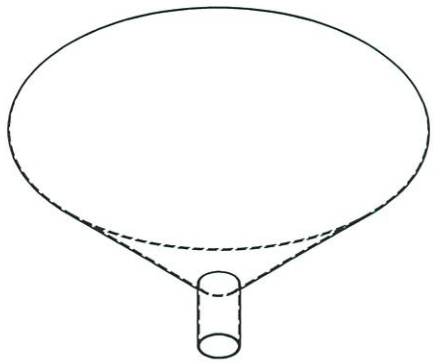




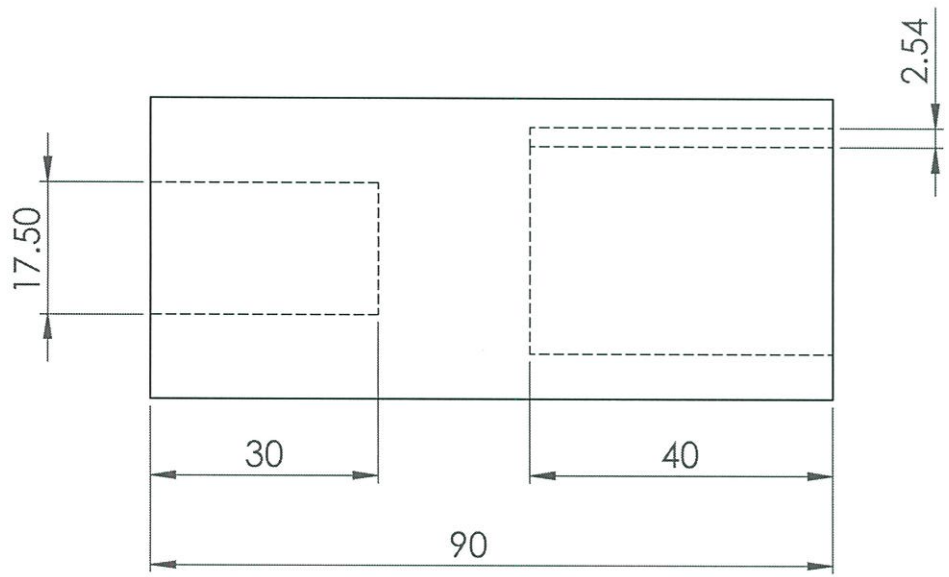
Part No. 1	Screw	
Material	Stainless Steel 304	
Designed By	Project group ME41	Unit mm.
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang		Scale 1:2

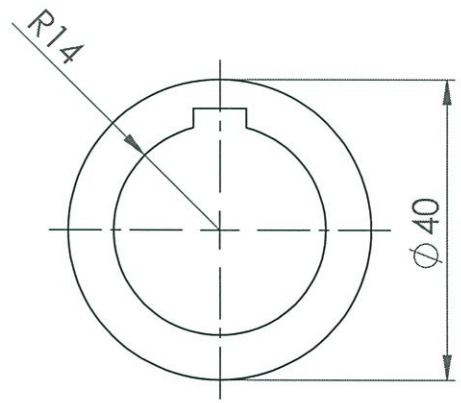


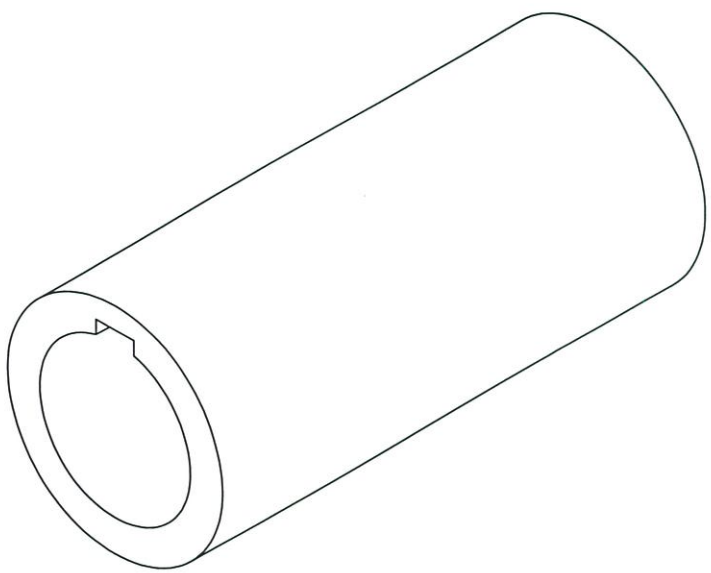




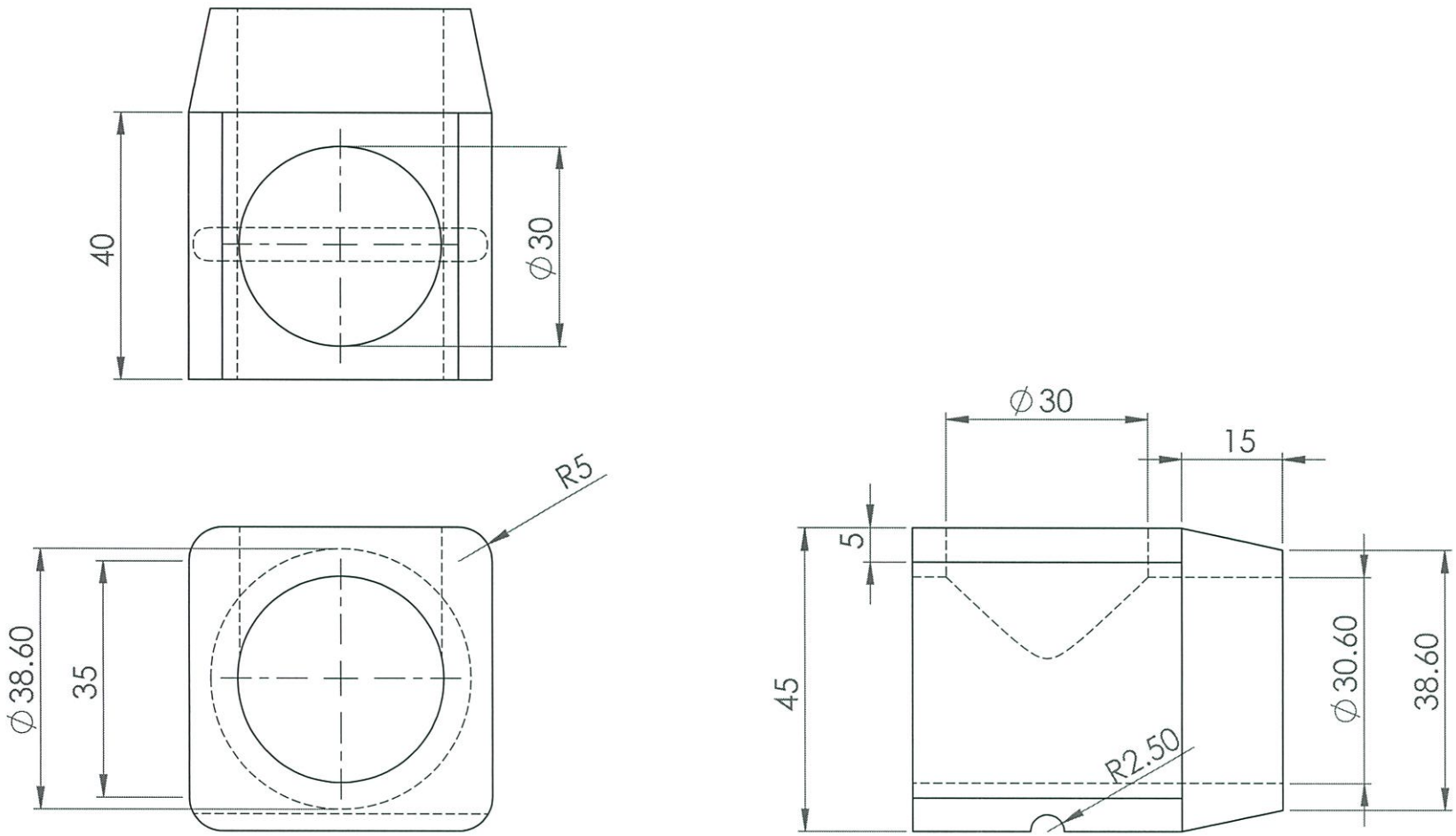
Part No. 2	Hopper	
Material	Stainless Steel 304	
Designed By	Project group ME41	Unit mm.
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang		Scale 1:5



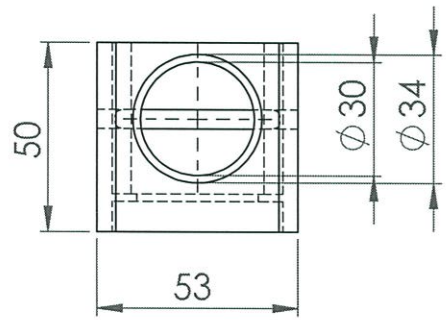


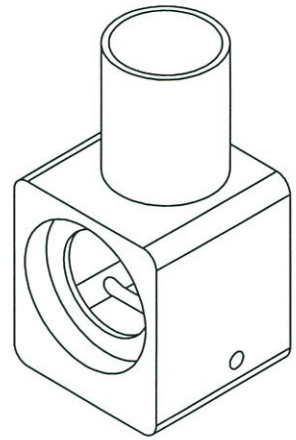


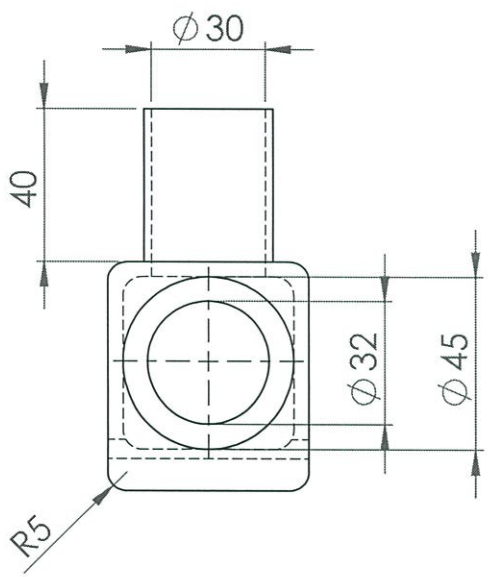
Part No. 3	Coupling	
Material	Stainless Steel 304	
Designed By	Project group ME41	Unit mm.
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang		Scale 1:1

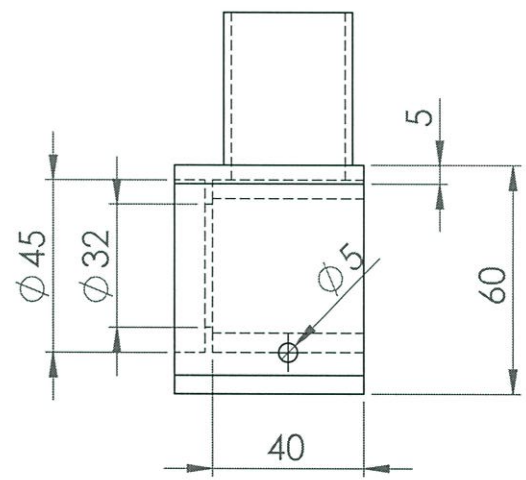


Part No. 4	Barrel Part1	
Material	Stainless Steel 304	
Designed By	Project group ME41	Unit mm.
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang		Scale 1:1

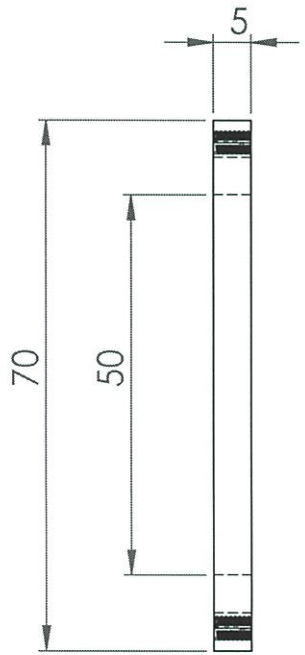


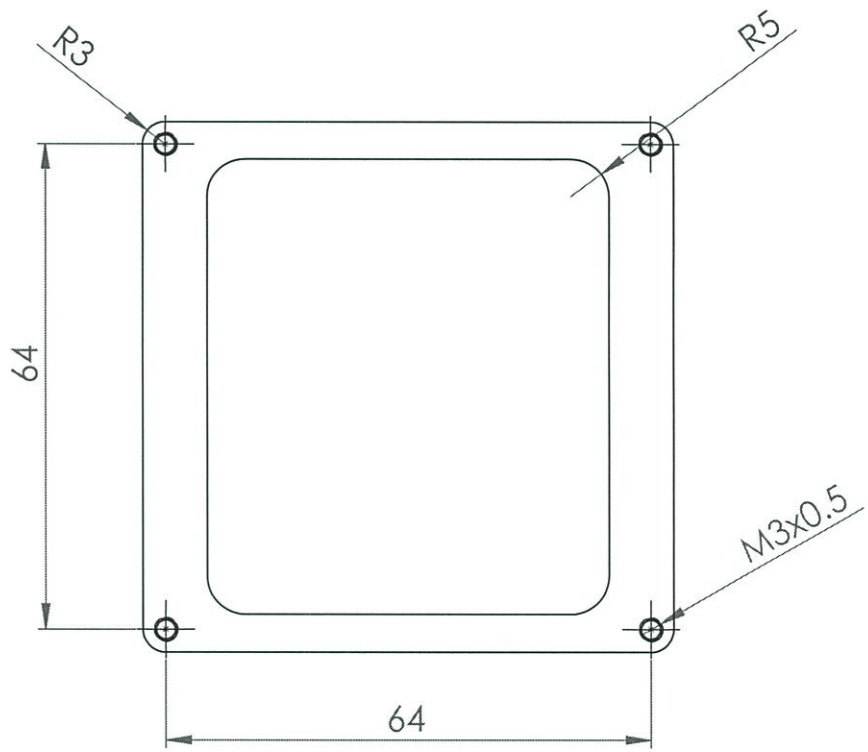




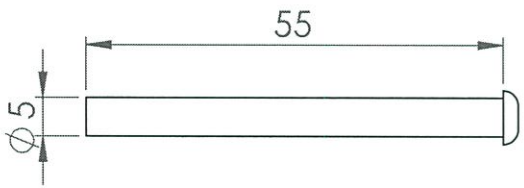


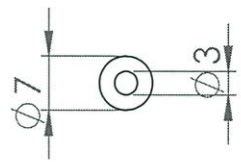
Part No. 5	Barrel Part2	
Material	Stainless Steel 304	
Designed By	Project group ME41	Unit mm.
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang		Scale 1:2

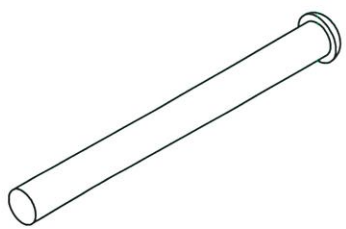




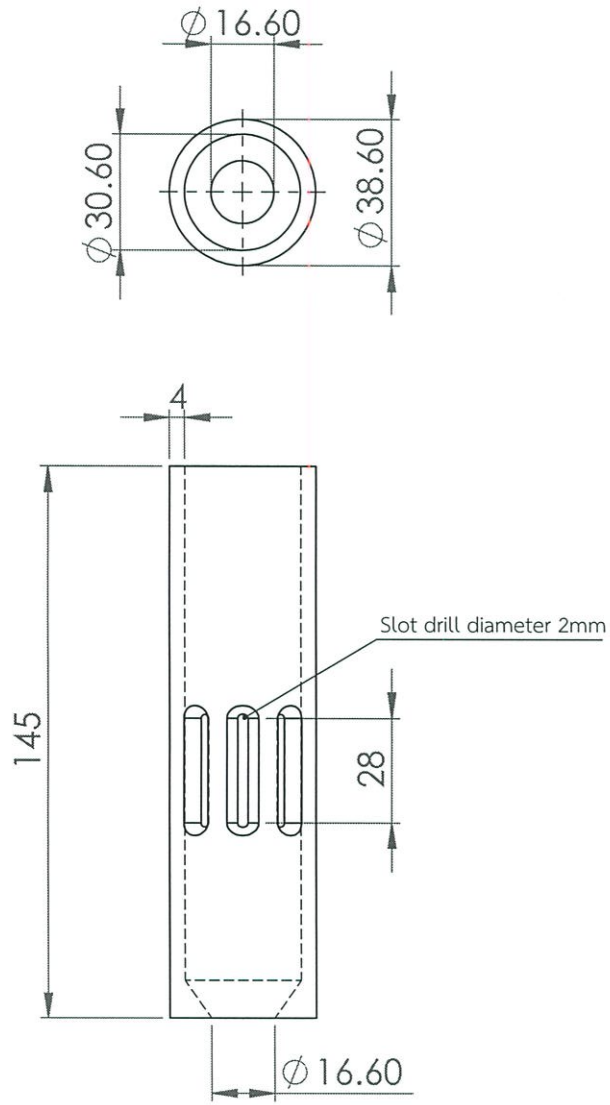
Part No. 6	**Barrel Part3**	
Material	Stainless Steel 304	
Designed By	Project group ME41	Unit mm.
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang		Scale 1:1

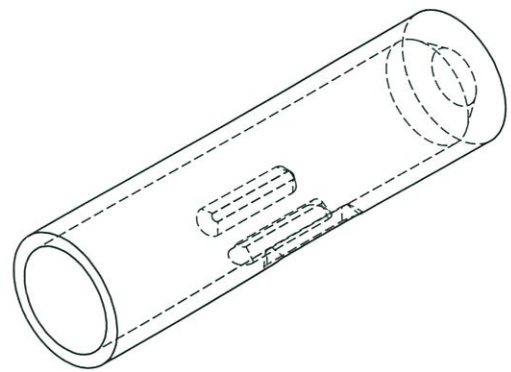




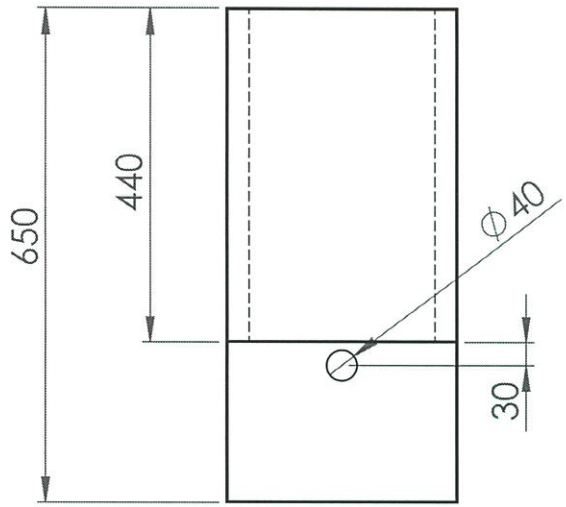


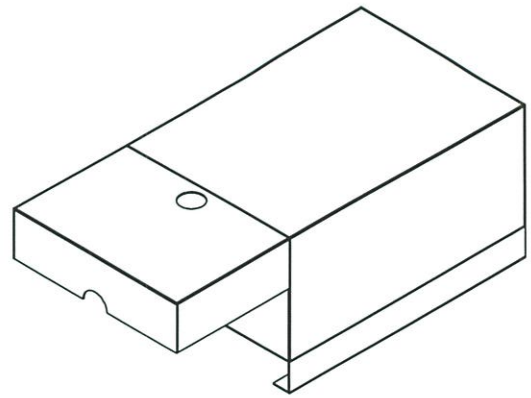
Part No. 7	**Barrel Part4**	
Material	Stainless Steel 304	
Designed By	Project group ME41	Unit mm.
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang		Scale 1:1

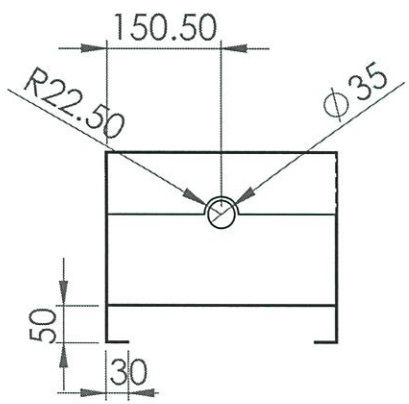


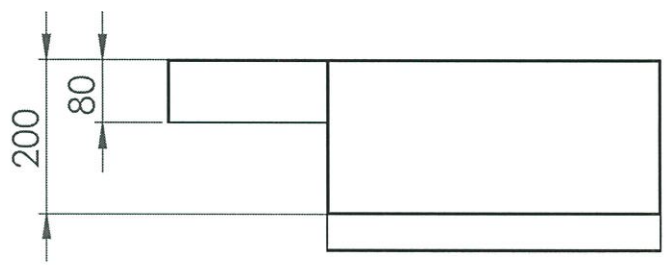


Part No. 8	Barrel Part5	
Material	Stainless Steel 304	
Designed By	Project group ME41	Unit mm.
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang		Scale 1:2









Part No. 9	Case	
Material	Stainless Steel 304	
Designed By	Project group ME41	Unit mm.
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang		Scale 1:2

ภาคผนวก ข.
รายการสรุปค่าใช้จ่าย

รายการสรุปค่าใช้จ่าย

ตารางที่ ข.1 รายการสรุปค่าใช้จ่าย

รายการ	จำนวน	ราคา (บาท)
มอเตอร์	1	6150
อินเวอร์เตอร์	1	3750
ชุดควบคุม	1	2000
สกรูชิ้นที่ 1	1	3500
สกรูชิ้นที่ 2	1	4000
กระบอกอัด	1	5000
กรวยป้อน	1	800
เคส (case)	1	3500
ซีลน้ำมัน	2	1380
รวมทั้งสิ้น		31460