สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

แนวทางการศึกษาวิธีการสกัดน้ำมันมะรุมด้วยวิธีเกลียวอัด

Conceptual Design of Screw Press for Moringa Seed

T119394

โดย

นางสาวศนิ เอตะคะสกุล

นายศราวุฒิ แสนทวีพัฒนะ

นางสาวศิริพร ศรีทอง

นายอธิยุต อุตสาหะ

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 119394
วัน,เดือน,ปี - 7 S.A. 2554

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

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมอาหาร

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2553

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CONCEPTUAL DESIGN OF SCREW PRESS FOR MORINGA SEED

MISS.SANI ETAKASAKUL

MR.SARAWUTH SAENDAWIBADHANA

MISS.SIRIPORN SRITHONG

MR.ATIYUT AUTSAHA

THIS THESIS IS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILIMENT

OF THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE

OF BACHELOR OF ENGINEERING IN FOOD ENGINEERING

FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

ACADEMIC YEAR 2010

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2553

สาขาวิชาวิศวกรรมอาหาร

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง แนวทางการศึกษาวิธีการสกัดน้ำมันมะรุมด้วยวิธีเกลียวอัด

CONCEPTUAL DESIGN OF SCREW PRESS FOR MORINGA SEED

ผู้จัดทำ

นางสาวศนิ เอตะคะสกุล

นายศราวุฒิ แสนทวีพัฒนะ

นางสาวศิริพร ศรีทอง

นายอธิยุต อุตสาหะ

.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(รองศาสตราจารย์สาทิป รัตนภาสกร)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงงาน	แนวทางการศึกษาวิธีการสกัดน้ำมันมะรุมด้วยวิธีเกลียวอัด			
นักศึกษา	นางสาวศนิ	เอตะคะสกุล	รหัสนักศึกษา	50011524
	นายศราวุฒิ	แสนทวีพัฒนะ	รหัสนักศึกษา	50011534
	นางสาวศิริพร	ศรีทอง	รหัสนักศึกษา	50011565
	นายอธิยุต	อุตสาหะ	รหัสนักศึกษา	50011828
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์สาทิป รัตนภาสกร			
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต			
สาขาวิชา	วิศวกรรมอาหาร			
ปีการศึกษา	2553			

บทคัดย่อ

โครงงานนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเป็นแนวทางการศึกษาวิธีการสกัดน้ำมันมะรุมด้วยวิธีเกลียวอัด โดยได้ออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบ มีส่วนประกอบหลักดังนี้ 1) กระบอกอัดมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 97 มม. ยาว 410 มม. รูเจาะรอบกระบอกอัดมีขนาด 2 มม. 2) สกรูมีความยาวของสกรู 400 มม. มีระยะพิตช์ 2 ระยะคือ ช่วงแรก 50 มม. และ ช่วงหลัง 25 มม. 3) หัวอัดเป็นรูปทรงเทปเปอร์ (tapper) มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 110 มม. ยาว 55 มม. 4) ชุดเฟืองทดรอบ 5) มอเตอร์ต้นกำลัง จากนั้นทำการทดลอง บีบน้ำมันมะรุมเป็น 3 แบบดังนี้ เมล็ดมะรุมที่กะเทาะเปลือก เมล็ดมะรุมที่ไม่กะเทาะเปลือก และเมล็ดมะรุมที่กะเทาะเปลือกร่วมกับเมล็ดมะรุมที่ไม่กะเทาะเปลือกอย่างละเท่า ๆ กัน ใช้ความเร็วรอบของเกลียวอัด 8 รอบต่อนาที เพื่อเปรียบเทียบปริมาณน้ำมันมะรุมที่ได้จากการสกัดเมล็ดมะรุมแบบต่าง ๆ จากการทดสอบการใช้งาน เครื่องต้นแบบไม่สามารถสกัดน้ำมันมะรุมได้อย่างสมบูรณ์ เนื่องจากปัญหาเรื่องหัวอัดเลื่อนเข้าไปชิดปลายกระบอกอัด จึงต้องมีการพัฒนาต่อยอดต่อไปในอนาคต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Project Title Conceptual Design of Screw Press for Moringa Seed

Students Miss.Sani Etakasakul Student ID : 50011524

Mr.Sarawuth Saendawibadhana Student ID : 50011524

Miss.Siriporn Srithong Student ID : 50011565

Mr.Atiyut Autsaha Student ID : 50011565

Project Advisor Assoc. Prof. Satip Rattanapaskorn

Degree Bachelor of Engineering

Program Food Engineering

Academic Year 2010

Abstract

The objective of this project is to study and design the screw press in the conceptual size for moringa seed. The machine consists of 5 main parts; 1) compressed cylinder with 97 mm. diameters, 410 mm. length with fully drilled 2 mm. diameter holes. 2) pressing screw shaft with 400 mm. length on 2 pitch size (50 mm. on the first part and 25 mm. on the second part). 3) press cone with 11 mm. diameter, 55 mm. length 4) gear box 5) motor power. The experiment to extract the moringa seed had designed with 3 types; moringa seed with hull, moringa seed without hull, and equally mixed on both types. Each type had fixed the rotational speed of the pressing screw shaft with 8 rpm.in order to compare the quantity of moringa seed oil from the extraction. The tests were able to extracted oil at the first time, then the machine was broke down to operate due to the press cone moved to close the end of compressed cylinder. Therefore, the machine must be developed to continue in the future.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดีโดยความกรุณาและความอนุเคราะห์จาก รองศาสตราจารย์สาทิป รัตนภาสกร อาจารย์ที่ปรึกษาที่คอยแนะแนวทางตลอดจนการให้การช่วยเหลือในทุก ๆ ด้านด้วยดีเสมอมา

ขอขอบพระคุณอาจารย์ประจำสาขาวิชาวิศวกรรมอาหาร คณะวิศวกรรมศาตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังทุกท่านที่ช่วยประสิทธิประสาทวิชาความรู้จนกระทั่งจนสำเร็จการศึกษา

ขอขอบคุณ คุณวราภรณ์ มาไพศาลทรัพย์ นักวิทยาศาสตร์ประจำสาขาวิชาวิศวกรรมอาหาร แล คุณบุญนำ ผลโพธิ์ เจ้าหน้าที่บริหารงานทั่วไปประจำสาขาวิชาวิศวกรรมอาหารที่ให้ความช่วยเหลือในด้านงานวิจัยและงานธุรการต่าง ๆ คุณอำนาจ คูตะคุ (พี่แมน) เจ้าหน้าที่โรงปฏิบัติงานสาขาวิชาวิศวกรรมอาหาร และ คุณพิสันต์ ผลโพธิ์ (พี่สันต์) เจ้าหน้าที่โรงปฏิบัติงานสาขาวิชาวิศวกรรมเคมี ที่ให้คำแนะนำและความช่วนเหลือในการทดลองเครื่อง

ขอบคุณเพื่อนนักศึกษาสาขาวิชาวิศวกรรมอาหารทุกคนที่คอยให้การสนับสนุนและเป็นกำลังใจให้ตลอด

สุดท้ายขอขอบพระคุณพ่อ แม่ ที่ให้กำลังทรัพย์ กำลังใจ ความห่วงใยและโอกาสได้ศึกษาเล่าเรียนตลอดจนให้การสนับสนุนเป็นอย่างดีเสมอมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VI
สารบัญรูปภาพ	VII
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 ตรวจเอกสาร	3
2.1 ข้อมูลเบื้องต้น	3
2.2 ประโยชน์จากส่วนต่าง ๆ ของมะรุม	4
2.3 ประโยชน์น้ำมันมะรุม	4
2.4 การสกัด	5
บทที่ 3 ทฤษฎีและหลักการ	7
3.1 เพลา	7
3.2 มอเตอร์	8
3.3 สายพาน	10
3.4 พูลเล่ย์	11
3.5 แบริ่ง	12
บทที่ 4 การออกแบบและการสร้างเครื่องสกัดน้ำมันมะรุมด้วยวิธีเกลียวอัด	14
4.1 ปัญหาของเครื่องสกัดน้ำมันมะรุมด้วยวิธีเกลียวอัด	14
4.2 แนวทางการออกแบบเครื่องและสร้างเครื่องสกัดน้ำมันมะรุมด้วยวิธีเกลียวอัด	14
4.3 การออกแบบ	14
4.4 ส่วนประกอบของเครื่อง	22
4.5 หลักการทำงานของเครื่อง	24
บทที่ 5 วิธีการทดสอบและผลการทดสอบ	27
5.1 อุปกรณ์และขั้นตอนการดำเนินงาน	27
5.2 ขั้นตอนการดำเนินงาน	27

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

เรื่อง	หน้า
5.3 ผลการทดลองและอภิปรายผล	29
บทที่ 6 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	32
6.1 สรุปผลการทดลอง	32
6.2 ข้อเสนอแนะและแนวทางการปรับปรุง	32
เอกสารอ้างอิง	34
ภาคผนวก	35

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
ตารางที่ 4.1 ค่าตัวประกอบความล้าสำหรับการออกแบบเพลา	22
ตารางที่ 4.2 ขนาดระบุขนาดเพลาตามมาตรฐาน ISO/R 775-1969	23
ตารางที่ 5.1 ขนาดของเมล็ดมะรุม	30
ตารางที่ 5.2 ความชื้นของเมล็ดมะรุม	30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

รูปภาพ	หน้า
รูปที่ 2.1 ต้นมะรุม	3
รูปที่ 2.2 ฝักมะรุม	3
รูปที่ 2.3 เครื่องบีบอัดแบบไฮโดรลิก	5
รูปที่ 2.4 เครื่องบีบอัดแบบสกรูอัด	6
รูปที่ 4.1 ระยะต่าง ๆ ของสกรู	14
รูปที่ 4.2 แรงที่กระทำกับฟันเกลียว	16
รูปที่ 4.3 เพลาภายใต้แรงต่าง ๆ	19
รูปที่ 4.4 เครื่องสกัดน้ำมันมะรุมด้วยวิธีเกลียวอัด	22
รูปที่ 4.5 กระบอกบีบอัด	23
รูปที่ 4.6 เกลียวอัด ก.เกลียวอัด ข.บอกขนาดเกลียวอัด	23
รูปที่ 4.7 ถังป้อนวัตถุดิบ	24
รูปที่ 4.8 หัวอัด	24
รูปที่ 4.9 หลักการทำงานของเครื่องบีบอัดน้ำมันมะรุมด้วยเกลียวอัด	25
รูปที่ 4.10 เครื่องบีบอัดน้ำมันมะรุมด้วยเกลียวอัด	25
รูปที่ 4.11 ด้านหน้า ด้านข้าง ด้านบนของเครื่องบีบอัดน้ำมันมะรุมแบบเกลียวอัด	26
รูปที่ 4.12 เครื่องต้นแบบที่ใช้ในการสกัดน้ำมันมะรุม	26
รูปที่ 5.1 เมล็ดมะรุมแบบต่าง ๆ ก. เมล็ดมะรุมที่ไม่กะเทาะเปลือก, ข. เมล็ดมะรุมที่กะเทาะเปลือก และ ค. เมล็ดมะรุมที่กะเทาะเปลือกร่วมกับเมล็ดมะรุมที่ไม่กะเทาะเปลือกอย่างละเท่า ๆ กัน	28
รูปที่ 5.2 กระบวนการทดลองการสกัดน้ำมันมะรุมด้วยวิธีเกลียวอัด	29
รูปที่ 5.3 ก.น้ำมันมะรุม ข.กากมะรุม	31
รูปที่ 5.4 น้ำมันมะรุมที่ออกจากเครื่อง	31
รูปที่ 6.1 น็อตหัวจม	33
รูปที่ 6.2 หัวอัดที่ผ่านการเจาะรู	33
รูปที่ 6.3 วิธีการแก้ปัญหา	33

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

มะรุมเป็นผักพื้นบ้านของไทยที่กำลังได้รับความสนใจ และมีความสำคัญต่อเศรษฐกิจของไทยเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง เนื่องจากทุกส่วนของต้นมะรุมสามารถนำไปใช้ประโยชน์ทั้งในด้านอาหาร ยา และประโยชน์ด้านอื่น ๆ ประชาชนในแถบเอเชียใต้และเอเชียตะวันออกเฉียงใต้จึงมักปลูกมะรุมในสวนหลังบ้าน โดยเฉพาะชาวอินเดียที่ได้ทดลองจนเชื่อว่าสามารถรักษาโรคต่าง ๆ ได้กว่า 300 โรค ประโยชน์ทางด้านอาหาร คนไทยรวมทั้งคนเอเชียอีกหลายประเทศไม่ว่าจะเป็นอินเดีย ศรีลังกา อินโดนีเซีย มาเลเซีย ฟิลิปปินส์ นิยมปลูกมะรุมไว้หลังบ้านเพื่อรับประทานฝักอ่อน ยอดอ่อน ช่ออ่อน โดยใช้ทำเป็นอาหาร โดยเฉพาะในประเทศอินเดียจะรับประทานใบเนื่องจากมีคุณค่าทางอาหารสูง รากสดสามารถนำมาปรุงอาหารได้ ตลอดจนเมล็ดมะรุมแห้งนำมาคั่วเป็นของกินเล่นมีรสชาติอร่อย และไม่นานมานี้สำนักงานนายทะเบียนกลาง กรมพัฒนาการแพทย์แผนไทยและการแพทย์ทางเลือกได้บรรจุมะรุมเป็นพืชสมุนไพรรหัส H03338 ซึ่งมีสรรพคุณตามตำราแพทย์แผนไทยต่าง ๆ โดยต้นมะรุมมีถิ่นกำเนิดอยู่ในแถบประเทศเอเชียไมเนอร์และแอฟริกา เป็นไม้ที่ปลูกได้ง่ายเจริญได้ดีในดินทุกชนิด ต้องการน้ำและความชื้นปานกลาง การปลูกการดูแลรักษาง่าย ไม่ยุ่งยากซับซ้อน ปัจจุบันจึงมีเกษตรกรจำนวนไม่น้อยที่หันมาปลูกต้นมะรุมเพื่อสร้างรายได้และถือเป็นอาชีพใหม่ที่สร้างรายได้สูง และในอนาคตคาดว่าปริมาณการปลูกมะรุมและการผลิตผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ที่ทำจากมะรุมจะเพิ่มขึ้น ซึ่งจะช่วยทำรายได้เป็นอย่างมากให้แก่ประเทศ (นิรนาม, 2543)

จากการวิจัยของนักวิชาการทั้งในและต่างประเทศระบุว่า เมล็ดแก่ของมะรุมมีคุณค่าทางอาหาร ยา เครื่องสำอาง เมล็ดมะรุมมีคุณสมบัติเป็นยาปฏิชีวนะอ่อน ใช้ฆ่าเชื้อ เคี้ยวเมล็ดมะรุมแก่ช่วยป้องกันโรคท้องเดิน ทั้งนี้ส่วนสำคัญที่อยู่ในเมล็ดมะรุม คือน้ำมันมะรุมซึ่งมีปริมาณถึง 30 % น้ำมันมะรุมมีส่วนประกอบของกรดไขมันส่วนใหญ่เป็นกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยวถึง 70 % มีคุณสมบัติคล้ายน้ำมันมะกอก เป็นน้ำมันที่มีคุณภาพดี สำหรับรับประทานเป็นอาหารช่วยลดคลอเรสเตอรอลในเส้นเลือด ป้องกันโรคหัวใจ รวมทั้งมีคุณสมบัติเด่นในการรักษาแผลเรื้อรัง แผลกดทับในผู้ป่วยอัมพฤต อัมพาตได้ผล นอกจากนี้น้ำมันมะรุมจะใช้เป็นน้ำมันนวด แก้ปวดเมื่อยบรรเทาอาการโรคกระดูกไขข้ออักเสบได้ดี รวมทั้งมีสรรพคุณบำรุงผิวพรรณ รักษาขจัดความด่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บนใบหน้า รอยไหม้จากการแพ้แสงแดด ช่วยลดรอยเหี่ยวย่นบนใบหน้า น้ำมันมะรุมจึงเป็นน้ำมันที่ดี ที่ใช้เป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์บำรุงผิว และเครื่องสำอาง เช่น สบู่ ครีม โลชั่น น้ำมันนวด (นิรนาม, 2543) เกษตรกรจึงได้นำฝักมะรุมที่แก่จัดแล้วมาแปรรูปเป็นน้ำมัน ซึ่งน้ำมันที่สกัดได้จากเมล็ดมะรุมมีราคาถึงลิตรละ 6,000 บาท โดยตลาดทั้งในประเทศและต่างประเทศต่างมีความต้องการเป็นจำนวนมาก แต่เกษตรกรยังไม่สามารถผลิตได้อย่างเพียงพอเนื่องจากขาดอุปกรณ์และเครื่องมือในการสกัดน้ำมันที่ขาดประสิทธิภาพที่ดี และมีราคาแพง จากปัญหาดังกล่าวจึงทำให้มีแนวคิดที่จะศึกษาการสกัดน้ำมันมะรุมด้วยวิธีเกลียวอัด เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการสกัดน้ำมันมะรุมให้ได้ปริมาณมาก มีคุณภาพ และใช้เวลาน้อย เพื่อให้สะดวกแก่การผลิตและเพิ่มมูลค่าให้แก่เกษตรกร

วัตถุประสงค์

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ทั่วไป เพื่อศึกษาวิธีการสกัดน้ำมันมะรุมด้วยวิธีเกลียวอัดที่มีลักษณะการทำงานแบบต่อเนื่องและได้ปริมาณน้ำมันที่มากและมีคุณภาพ โดยมีวัตถุประสงค์หลักดังนี้

1. เพื่อออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบที่ใช้ในการสกัดน้ำมันมะรุมด้วยวิธีเกลียวอัด
2. เพื่อทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องต้นแบบ และเปรียบเทียบปริมาณน้ำมันที่ได้จากการสกัดเมล็ดมะรุมที่กะเทาะเปลือก เมล็ดมะรุมที่ไม่กะเทาะเปลือก และเมล็ดมะรุมที่กะเทาะเปลือกร่วมกับเมล็ดมะรุมที่ไม่กะเทาะเปลือกอย่างละเท่า ๆ กัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ตรวจเอกสาร

2.1 ข้อมูลเบื้องต้น

มะรุม (Drumstick tree) ชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Moringa olifera Lamk* วงศ์ Moringgaceae ถิ่นกำเนิดอยู่ทางใต้เชิงเขาหิมาลัย ในประเทศแถบเอเชีย เช่น อินเดีย ศรีลังกา เป็นต้น และยังมีในเขตเอเชียไมเนอร์และแอฟริกา ส่วนในประเทศไทย คนไทยรู้จักมะรุมและปลูกไว้ตามบ้านเพื่อรับประทานเป็นผักมาตั้งแต่โบราณ มะรุมกินได้หลายส่วน ทั้งยอด ดอก ใบอ่อนและฝักเขียว ต้นมะรุมพบได้ทุกภาคในประเทศไทย ทางอีสานเรียก “ผักอีฮุม หรือผักอีฮึม” ภาคเหนือเรียก “มะค้อมก้อน” ชาวกะเหรี่ยงแถบกาญจนบุรีเรียก “กาแน้งเดิง” ส่วนชานฉานแถบแม่ฮ่องสอนเรียก “ผักเนื้อไก่” เป็นต้น (นิรนาม, 2553) มะรุมเป็นไม้ยืนต้นขนาดกลาง สูง 3-4 เมตร ทรงต้นโปร่ง ใบเป็นแบบขนนก หรือคล้ายกับใบมะขามออกเรียงแบบสลับกัน ผิวใบสีเขียว ด้านล่างสีจะอ่อนกว่าด้านบน ดอกออกเป็นช่อสีขาว กลีบดอกมี 5 กลีบ ผลหรือฝักมีความยาว 20-50 เซนติเมตร ลักษณะเหมือนไม้ตีกลอง เปลือกผล หรือฝักเป็นสีเขียวมีส่วนคอด และส่วนมนเป็นระยะตามความยาวของฝัก ฝักแก่ผิวเปลือกเป็นสีน้ำตาล เมล็ดมีเยื่อหุ้มกลมเป็นสีน้ำตาล มีขนาดเล็ก เส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 1 เซนติเมตร มะรุมเป็นไม้ปลูกง่าย เจริญได้ดีในดินทุกชนิด ต้องการน้ำและความชื้นในปริมาณปานกลาง ขยายพันธุ์ด้วยการเพาะเมล็ดและการปักชำกิ่ง งอกเร็ว ใช้เวลา 2 สัปดาห์ต้นกล้าสูงประมาณ 10-20 เซนติเมตร เกษตรกรนิยมปลูกมะรุมไว้ริมรั้วบ้านหรือหลังบ้าน 1-5 ต้น เพื่อให้เป็นผักคู่บ้านคู่ครัวแบบพอเพียง

รูปที่ 2.1 ต้นมะรุม

รูปที่ 2.2 ฝักมะรุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 ประโยชน์จากส่วนต่าง ๆ ของต้นมะรุม

ใบสด ใบมะรุมสด เหมือนผักใบเขียวทุกชนิด รับประทานได้แต่ไม่ควรรับประทานเป็นจำนวนมาก เพราะจัดเป็นยาถ่ายประเภทหนึ่ง เมื่อเริ่มรับประทาน บางท่านอาจจะมีอาการท้องเสีย การรับประทานใบสด ไม่ควรถูกความร้อนนาน เพราะจะทำให้สูญเสียสารอาหารหลายชนิด ใบสดใช้จิ้มน้ำพริก ใส่แกง ใส่สลัด และใส่แซนด์วิช ใบสดเปล่า ๆ มีรสเผ็ด แต่เมื่อนำมารับประทานกับข้าวหรือแซนด์วิชจะไม่รู้สึกเผ็ด การรับประทานน้ำคั้นใบมะรุมสด ดื่มวันละ 1 ช้อนโต๊ะ จะสามารถรักษาอาการของโรคเบาหวานได้และควบคุมความดันโลหิตสูงได้ การรับประทานใบสดวันละ 1-3 กิ่ง หรือใช้ประกอบอาหาร ทำให้มีสุขภาพแข็งแรง ไม่เป็นหวัด ไม่ปวดศีรษะอย่างรุนแรง

เปลือกจากลำต้น มีรสร้อน นำมาสับให้เป็นชิ้นเล็ก ๆ ใส่ผ้าห่อทำเป็นลูกประคบ นึ่งให้ร้อนนำมาใช้ประคบ แก้โรค ปวดหลัง ปวดตามข้อได้เป็นอย่างดี รับประทานเป็นยาขับลมในลำไส้ ทำให้ผายหรือเรอ คุมธาตุอ่อน ๆ (ตัดต้นลมดีมาก) แพทย์ตามชนบทใช้เปลือกมะรุมสด ๆ ตำบุบพอแตก อมไว้ข้างแก้ม แล้วรับประทานสุราจะไม่รู้สึกเมา

ผล รับประทานได้ทั้งฝักอ่อนและฝักแก่พอสมควร ฝักแก่ใช้ทำแกงส้มหรือขูดเอาแต่เนื้อใน มาทำแกงกะหรี่ ฝักอ่อนขนาดถั่วฝักยาวสามารถนำมาทำอาหารได้หลายชนิด เช่น แกงส้มฝักมะรุม ฝักมะรุมอ่อนผัดน้ำมันหอย ยำฝักมะรุมอ่อน (เหมือนยำถั่วพลู) สลัดสดใบมะรุมผักรวมทอดมันปลากับฝักมะรุมอ่อน แกงเลียงฝักมะรุมอ่อน ผัดเผ็ดฝักมะรุมอ่อนยอดพริกไทยกับไก่ ฝักมะรุมอ่อนผัดขี้เมา เป็นต้น

เมล็ด นำมาสกัดได้น้ำมันเพื่อใช้ประโยชน์ต่าง ๆ เช่น ใช้ทำอาหาร รักษาโรคปวดตามข้อ โรคเก๊าท์ รักษาโรครูมาติซั่ม และรักษาโรคผิวหนัง แก้ผิวแห้ง ใช้แทนยารักษาผิวให้ชุ่มชื้น รักษาโรคอันเกิดจากเชื้อรา กากที่เหลือจากการทำน้ำมันสามารถนำมาใช้ในการกรองหรือทำน้ำให้บริสุทธิ์เป็นน้ำดื่มได้ กากของเมล็ดมีคุณสมบัติเป็นยาฆ่าเชื้อที่มีประสิทธิภาพสูงเป็นอย่างยิ่ง จากนั้นนำมาทำปุ๋ยต่อได้

ดอก ช่วยบำรุงร่างกาย ขับปัสสาวะ ขับน้ำตา ใช้ต้มทำน้ำชาใช้ดื่มช่วยให้นอนหลับสบาย

2.3 ประโยชน์น้ำมันมะรุม

น้ำมันมะรุมมีสรรพคุณในการช่วยลดอาการบวมจากแมลงสัตว์กัดต่อย รักษาแผลพุพอง หรือ แผลเปื่อยที่ติดเชื้อรา ลดความดันโลหิตสูง ลดคลอเรสเตอรอล และเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ มีคุณสมบัติในการบำบัดรักษาสภาพผิวแห้ง ตกสะเก็ด ลอกเป็นขุย รวมทั้งแก้ผิวที่แพ้เป็นผดผื่นคันได้ดี ทั้งยังบำรุงรักษาได้ทั้งผิวกายและเส้นผม เพราะอุดมด้วยกรดโอเลอิก ซึ่งเป็นสารที่ให้ความชุ่มชื้นรวมทั้งมีคุณสมบัติในการชะล้างทำความสะอาด และรักษาผิว จึงเป็นที่นิยมนำมาเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

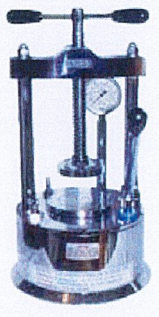
องค์ประกอบผสมในเครื่องประทินผิวต่าง ๆ เช่น ครีมบำรุงผิว บำรุงเส้นผม สบู่ รวมไปถึงใช้ในการนวดบำบัดต่าง ๆ และใช้สำหรับ รักษาสิว ลดเลือนริ้วรอย ลดการหย่อนคล้อยของผิว รักษารอยด่างดำและป้องกันการเกิดสิวหัวดำ นอกจากนี้น้ำมันมะรุมเป็นน้ำมันพืชที่มีคุณสมบัติสูงชนิดหนึ่ง ใช้เป็นน้ำมันสลัดชั้นเยี่ยมไม่น้อยไปกว่าน้ำมันมะกอก ประกอบด้วย กรดโอเลอิก (Mono - Unsaturated Fatty Acid) นิยมใช้ในการประกอบอาหารประเภททอด น้ำมันมะรุมเป็นน้ำมันพืชที่มีเสถียรภาพสูง และทำปฏิกิริยากับอากาศ (Oxydation) ได้ยาก จึงไม่มีกลิ่นเหม็นหืน เก็บไว้ใช้งานได้นานในอุณหภูมิปกติ ซึ่งสามารถเก็บไว้ได้นานถึง 5 ปี (นิรนาม, 2543)

2.4 การสกัด

สามารถทำได้หลายวิธีดังนี้

1. วิธีการสกัดโดยใช้สารทำละลาย (Solvent Extraction) การสกัดน้ำมันพืชโดยใช้สารละลายนี้เป็นกรรมวิธีที่นิยมใช้กันอยู่ในปัจจุบันและให้ผลผลิตสูงกว่าวิธีสกัดด้วยแรงบีบอัด ในกรณีของน้ำมันพืชให้ผล 99.0 – 99.5% เมื่อสกัดด้วยตัวทำละลาย แต่กรณีที่ใช้วิธีสกัดด้วยแรงบีบอัดให้ผลประมาณ 95% หรือน้อยกว่า ตัวทำละลายที่นิยมใช้มาก เช่น ปิโตรเลียมอีเทอร์(Petroleum Ether) กับอีเทอร์ (Ether) นอกจากนี้ยังใช้อะซิโตน (Acetone) เอ็น-เฮกเซน (n - Hexane) ซึ่งมีจุดเดือดอยู่ระหว่าง 66 – 69 °C การสกัดด้วยตัวทำละลายอาศัยหลักการที่ว่าน้ำมันและไขมันสามารถละลายได้โดย ตัวทำละลาย การสกัดวิธีนี้ใช้ตัวทำละลายพ่นใส่วัตถุดิบที่ถูกทำให้แบน หรือขนาดเซลล์ที่เล็กลงแล้ว จากนั้น จึงระเหยตัวทำละลายออก ได้น้ำมันพืชดิบซึ่งต้องไปผ่านกระบวนการทำให้บริสุทธิ์ต่อไป

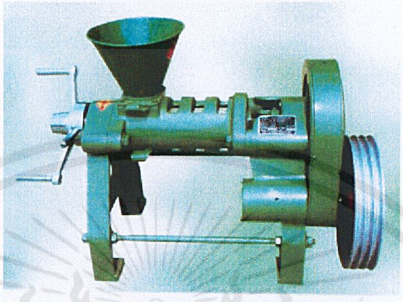
2. วิธีการสกัดโดยการบีบอัดเชิงกล (Mechanical Extraction) เป็นการบีบโดยใช้ความร้อน ซึ่งเป็นการอัดแบบวิธีธรรมชาติ ใช้กับพืชน้ำมันที่มีปริมาณสูง เครื่องมือที่นิยมใช้ส่วนใหญ่เป็นแบบไฮโดรลิก (Hydraulic Pressure Extractors) หรือใช้แบบสกรู (Screw Type Expeller) เป็นการอัดโดยใช้หลักการเปลี่ยนปริมาตรของวัตถุดิบที่เคลื่อนที่ไปตามร่องเกลียว



รูปที่ 2.3 เครื่องบีบอัดแบบไฮโดรลิก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1. วิธีการบีบอัดแบบไฮโดรลิก (Hydraulic Press) เป็นวิธีที่เหมาะสำหรับพืชน้ำมันที่มีเปลือกนิ่มไม่แข็งเกินไป เช่น ถั่วเหลือง รำข้าว ถั่วลิสง ไปตากหรืออบแห้งเพื่อไล่ความชื้นออกจากเนื้อวัตถุ กระตุ้นน้ำมันบีบออกง่าย แล้วจึงนำมาบีบด้วยเครื่องแบบไฮโดรลิก น้ำมันที่ได้มีคุณภาพดี อาจต้องนำวัตถุไปอบหรือตากแดดก่อนเพื่อกระตุ้นน้ำมันให้บีบออกง่าย แต่จะได้น้ำมันน้อย คือ ประมาณ 20 - 30% เมื่อได้จึงนำไปกรองด้วยกระดาษกรอง ดังแสดงในรูป 2.3



รูปที่ 2.4 เครื่องบีบอัดแบบสกรูอัด

2.2. วิธีบีบอัดแบบสกรูอัด (Screw Press) เหมาะกับพืชน้ำมันเปลือกแข็ง เช่น เมล็ดงา เมล็ดทานตะวัน มาทำการการบีบอัดด้วยเครื่องสกัดแบบสกรูอัด น้ำมันจะถูกบีบออกมาโดยแรงบีบไประหว่างสกรูในแนวนอน จนได้น้ำมันออกมา น้ำมันประเภทนี้จัดเป็นน้ำมันคุณภาพดี เพราะไม่ผ่านความร้อน แต่มีความร้อนเกิดขึ้นจากแรงเสียดสีระหว่างการบีบ ปริมาณน้ำมันที่สกัดได้ประมาณ 30-40% มากกว่าการสกัดด้วยไฮโดรลิก เมื่อได้น้ำมันจึงนำไปกรองด้วยกระดาษกรอง ยังคงมี สี กลิ่น รส ตามธรรมชาติ มีลักษณะดังรูปที่ 2.4

3. การสกัดน้ำมันมะรุมแบบพื้นบ้าน ซึ่งสามารถแบ่งได้เป็น 2 วิธี คือ

3.1 สกัดน้ำมันมะรุมโดยการเคี่ยว โดยการนำเมล็ดมะรุมแก่มาบดให้ละเอียด แล้วนำไปใส่กระทะ เติมน้ำสองเท่าของเนื้อเมล็ดมะรุมที่บด แล้วนำไปตั้งไฟให้เดือดแล้วหรี่ไฟลง หลังจากนั้นก็เคี่ยวกับไฟพออ่อน ๆ จนน้ำแห้ง แล้วกรองแยกเอาน้ำมันมะรุมมาบรรจุขวด

3.2 สกัดน้ำมันมะรุมโดยการต้ม นำเมล็ดมะรุมมาบดให้ละเอียด นำไปใส่หม้อเติมน้ำให้ท่วม ต้มให้เดือดห้านาที แล้วยกลงจากเตา นำมากรองด้วยผ้าขาวบาง แล้วใส่ภาชนะทรงสูงทิ้งไว้ข้ามคืนเพื่อปล่อยให้น้ำมันแยกตัวเป็นชั้น จากนั้นจึงตักน้ำมันมากรองใส่ขวดเก็บไว้ ส่วนกากมะรุมที่เหลือนำไปทำปุ๋ยอินทรีย์ได้ (นิรนาม, 2553)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

ทฤษฎีและหลักการ

เครื่องสกัดน้ำมันมะรุมด้วยวิธีเกลียวอัดที่ได้ทำการออกแบบชิ้นส่วนโดยใช้พื้นฐานทางด้านวิศวกรรมในการเลือกใช้วัสดุสำหรับทำชิ้นส่วนตามความเหมาะสมกับการใช้เครื่องจักรกลในลักษณะต่าง ๆ ได้แก่

- เพลา
- มอเตอร์
- สายพาน
- พูลเล่ย์
- แบริ่ง

3.1 เพลา

เพลาเป็นชิ้นส่วนที่มีอยู่ในเครื่องจักรเกือบทุกชนิด เพลาอาจมีชื่อเรียกแตกต่างกันไป ตามลักษณะการใช้งาน เช่น

- เพลา (Shaft) เป็นชิ้นส่วนที่หมุนและใช้ในการส่งกำลัง

- แกน (Axle) เป็นชิ้นส่วนลักษณะเดียวกับเพลา ส่วนมากเป็นตัวรองรับชิ้นส่วนที่หมุน เช่น ล้อ ล้อสายพาน เป็นต้น อย่างไรก็ตามทั้งเพลาและแกนก็นิยมเรียกรวมกันว่าเพลา ไม่ว่าชิ้นส่วนนั้นจะหมุนหรืออยู่นิ่งก็ตาม

- สพินเดิล (Spindle) เป็นเพลาขนาดสั้นที่ไม่หมุน เช่น เพลาที่หัวแท่นกลึง เป็นต้น

- สตับชาฟต์ (Stub Shaft) หรือ บางครั้งเรียก เฮดชาฟต์ (Head Shaft) เป็นเพลาที่ติดเป็นชิ้นส่วนต่อเนื่องกับเครื่องยนต์ มอเตอร์ หรือเครื่องต้นกำลังอื่น ๆ มีขนาดรูปร่างส่วนที่ยื่นออกมาสำหรับใช้ต่อกับเพลาอื่น ๆ

- เพลาแนว (Line Shaft) หรือเพลาส่งกำลังหรือเพลาเมน เป็นเพลาที่ต่อตรงจากเครื่องต้นกำลัง และใช้ส่งกำลังไปยังเครื่องจักรอื่น ๆ

- แจ็คชาฟต์ (Jackshaft) หรือเคาน์เตอร์ชาฟต์ (Counter Shaft) เป็นเพลาขนาดสั้นที่ต่อระหว่างเครื่องต้นกำลังกับเพลาเมน หรือเครื่องจักรกล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- เพลาอ่อน (Flexible) เป็นเพลาที่สามารถอ่อนตัวหรือโค้งตัวได้ เพลาประเภทนี้ทำด้วยสายลวดขนาดใหญ่ (Cable) ลวดสปริงหรือลวดเหลียว (Wire Rope) ใช้ในการส่งกำลังในลักษณะที่แกนหมุนทำมุมกัน แต่ส่งกำลังได้น้อย

เพลา (Shaft) เป็นชิ้นส่วนที่หมุนและใช้ในการส่งกำลัง เพลาอาจรับแรงดึง แรงกด แรงบิด แรงดัด หรือแรงหลายอย่างรวมกันก็ได้ ดังนั้นการคำนวณจึงต้องใช้ความเค้นผสมเข้าช่วยแรงเหล่านี้ยังอาจจะมีการเปลี่ยนแปลงขนาดตลอดเวลาทำให้เพลาเสียหายเพราะความล้าได้ ฉะนั้นจึงต้องมีการออกแบบเพลาให้มีความแข็งแรงเพียงพอสำหรับการใช้งานในลักษณะนี้ นอกจากนี้เพลายังต้องมีความแข็งเกร็ง (Rigidity) เพียงพอเพื่อลดมุมบิดภายในเพลาให้อยู่ในขีดจำกัดที่พอเหมาะ ระยะโก่ง (Deflection) ของเพลาก็เป็นสิ่งสำคัญในการกำหนดขนาดเพลาเช่นเดียวกัน เพราะถ้าเพลามีระยะโก่งมากก็จะเกิดการแกว่งขณะหมุนทำให้ความวิกฤต (Critical Speed) ของเพลาลดลง ซึ่งอาจทำให้เพลามีการสั่นอย่างรุนแรงในขณะที่ความเร็วของเพลาเข้าใกล้ความเร็ววิกฤตนี้ได้ ระยะโก่งนี้ยังมีผลต่อการเลือกชนิดของที่รองรับเพลา เช่น บอลแบริ่ง ต้องมีการเยื้องแนวในการใช้งานที่พอเหมาะกับเพลาด้วย สำหรับการพิจารณาในการออกแบบนั้นการคำนวณหาขนาดของเพลาที่พอเหมาะขึ้นอยู่กับลักษณะการใช้งาน ในบางครั้งการหาขนาดเพลาเพื่อให้เพลาทนต่อแรงที่มากระทำอย่างเดียวไม่เป็นการเพียงพอ เพลาจะต้องมีความแข็งเกร็งอยู่ภายในพิกัดที่ต้องการ ถ้ามุมบิดมากไปนอกจากจะเสียความเที่ยงตรงทางด้านตำแหน่งแล้วยังอาจจะก่อให้เกิดความสั่นสะเทือน ซึ่งมีผลทำให้เฟืองและแบริ่งที่รองรับเพลาอยู่เกิดความเสียหายได้ง่ายขึ้น ถึงแม้ว้าไม่มีมาตรฐานสำหรับมุมบิดของเพลาไว้ก็ตาม ความแข็งเกร็งที่สำคัญอีกอย่างหนึ่งก็คือความแข็งเกร็งทางด้านระยะโก่งเพราะจะต้องใช้ระยะโก่งของเพลาที่อยู่ภายใต้แรงภายนอกเป็นตัวสำคัญในการกำหนดระยะเบียดระหว่างล้อ สายพาน เฟือง โครงของเครื่องจักรตลอดจนการเลือกชนิดของ แบริ่งสำหรับรองรับเพลาให้เหมาะสม ถ้าเพลามีระยะโก่งมากเกินไปจะทำให้ความยาวของเฟืองส่วนที่สัมผัสหรือขับกันลดลงเป็นผลทำให้อัตราส่วนการขบเฟืองลดลงด้วยทำให้การส่งกำลังของเฟืองไม่ราบเรียบเท่าที่ควร

American Society of Mechanical Engineers (ASME) ได้กำหนดสูตรที่ใช้ในการคำนวณขนาดของเพลาไว้ โดยได้รวมเอาผลของการล้าตัวเครื่องเนื่องจากโหลดที่กระทำซ้ำ ๆ กันไว้ด้วยดังนี้

$$d^3 = \frac{16}{\pi\tau(1-K^4)}[(C_t T)^2 + (C_m M_B)^2]^{\frac{1}{2}} \qquad (3.1)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 มอเตอร์

มอเตอร์ไฟฟ้าเป็นอุปกรณ์ที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในโรงงานต่างเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ควบคุมเครื่องจักรกลต่าง ๆ ในงานอุตสาหกรรมมอเตอร์มีหลายแบบหลายชนิดที่ใช้ให้เหมาะสมกับงาน ดังนั้นเราจึงต้องทราบถึงความหมายและชนิดของมอเตอร์ไฟฟ้าตลอดคุณสมบัติการใช้งานของมอเตอร์แต่ละชนิด เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดในการใช้งานของมอเตอร์นั้น ๆ

มอเตอร์ (Motor) เป็นเครื่องกลไฟฟ้าชนิดหนึ่งที่เปลี่ยนแปลงพลังงานไฟฟ้ามาเป็นพลังงานกล มอเตอร์ไฟฟ้าที่ใช้พลังงานไฟฟ้าเปลี่ยนเป็นพลังงานกล มีทั้งพลังงานไฟฟ้ากระแสสลับและพลังงานไฟฟ้ากระแสตรง มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงเป็นต้นกำลังขับเคลื่อนที่สำคัญอย่างหนึ่งในโรงงานอุตสาหกรรม เพราะมีคุณสมบัติที่ดีเด่นในด้านการปรับความเร็วได้ตั้งแต่ความเร็วต่ำสุดจนถึงสูงสุด นิยมใช้กันมากในโรงงานอุตสาหกรรม เช่น โรงงานทอผ้า โรงงานเส้นใยโพลีเอสเตอร์ โรงงานถลุงโลหะ หรือให้เป็นต้นกำลังในการขับเคลื่อนรถไฟฟ้า เป็นต้น

หลักการทำงานมอเตอร์ มอเตอร์จะทำงานตามหลักการแม่เหล็กไฟฟ้า เมื่อนำเอาขดลวดพันแกนเหล็กหลายรอบแล้วป้อนกระแสไฟฟ้าเข้าไปในขดลวดนั้น แกนเหล็กจะกลายเป็นแม่เหล็ก (เป็นแบบชั่วคราวเท่านั้น) และเมื่อนำไฟฟ้าออกแกนเหล็กจะกลายเป็นแกนเหล็กธรรมดา กล่าวคือ เมื่อแม่เหล็ก 2 อันมีขั้วต่างกันจะดูดกัน ดังนั้นในตัวมอเตอร์จึงประกอบด้วยเหล็กมีขั้วต่างกัน เมื่อป้อนพลังงานให้กับมอเตอร์ จะเกิดเป็นแม่เหล็กไฟฟ้า และจะมีขั้วต่างกันกับแม่เหล็กที่ขั้ว จึงเกิดการผลักกันและการผลักกันของแม่เหล็กทั้ง 2 คือ การหมุนของมอเตอร์

การนำมอเตอร์ไปใช้งานจะต้องคำนึงถึงแรงดันไฟฟ้าที่ป้อนให้มอเตอร์ และทิศทางการหมุนของมอเตอร์ การที่ป้อนแรงดันไฟฟ้าต่ำกว่าแรงดันปกติของมอเตอร์จะทำให้มอเตอร์หมุนช้าลง หรืออาจไม่หมุน และแรงบิดที่ได้จะน้อย ในทำนองเดียวหากป้อนแรงดันสูงกว่าแรงดันที่กำหนดไว้ จะทำให้มอเตอร์หมุนเร็วขึ้น และอาจเกิดความเสียหายแก่มอเตอร์เอง เช่น ขดลวดไหม้หรือขาดได้ สิ่งสำคัญในการนำมอเตอร์ไปใช้งานอย่างหนึ่งคือ การที่มอเตอร์ได้รับภาระการหมุนมากเกินไป หรืออาจทำให้มอเตอร์หมุนไม่ได้ ทำให้มอเตอร์เกิดกระแสลัดวงจรในขดลวดและมอเตอร์เสียหาย

มอเตอร์มี 2 ประเภท คือ มอเตอร์กระแสตรง และมอเตอร์กระแสสลับ

มอเตอร์กระแสตรง เป็นมอเตอร์ที่ต้องใช้ไฟฟ้ากระแสตรงผ่านเข้าไปในขดลวดอาร์เมเจอร์ เพื่อทำให้เกิดการดูดและผลักกันของแม่เหล็กถาวรกับแม่เหล็กไฟฟ้าที่เกิดจากขดลวด มอเตอร์จึงหมุนได้

มอเตอร์กระแสสลับ เป็นมอเตอร์ที่ต้องใช้กับไฟฟ้ากระแสสลับ โดยใช้หลักการดูดและผลักกันของแม่เหล็กถาวรกับแม่เหล็กไฟฟ้าจากขดลวดมาทำให้เกิดการหมุนของมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับสูตรในการคำนวณหาขนาดมอเตอร์และคำนวณแรงบิด (Torque) ที่เกิดจากการทดความเร็วรอบ คือ

$$P = 2\pi rNT \quad (3.2)$$

$$T = \frac{9.74\times10^5 P}{N} \quad (3.3)$$

3.3 สายพาน

สายพานแต่ละชนิดมีหน้าที่การใช้งานเหมือนกัน คือ ส่งกำลังจากเพลาตัวหนึ่งไปยังเพลาอีกตัวหนึ่งด้วยความเร็วตามลักษณะการใช้และความสามารถของสายพานนั้น ๆ โดยแบ่งได้ 3 ประเภท

3.3.1. สายพานแบน (Flat Belt) ใช้สำหรับถ่ายทอดกำลังระหว่างเพลากับผิวเกลี้ยงได้ระหว่าง 0.1 กิโลวัตต์ ถึง 4,000 กิโลวัตต์ ความเร็วรอบของล้อได้สูงถึง 200,000 รอบต่อนาทีและความเร็วแล่นของสายพานได้ถึง 100 เมตรต่อนาที โครงสร้างของสายพานแบนที่ใช้กันทั่วไปมี 3 แบบ คือ แบบหุ้มตัว แบบชั้น และแบบหล่อ

- **สายพานแบบหุ้มตัว** (Fold Edge) ใช้เส้นใยทอเป็นแถบห่อแผ่นยางสลับกัน โดยใช้กาวยึดติด สายพานแบบนี้เมื่อใช้งานต้องต่อปลายทั้ง 2 ข้างเข้าด้วยกัน ตัวสายพานถูกห่อไว้โดยรอบตัวเพื่อป้องกันความเปลี่ยนแปลงของความชื้นในอากาศ และอุณหภูมิแวดล้อม และช่วยลดความสึกหรอเนื่องจากการเสียดสีระหว่างสายพานกับผิวล้อพูลเล่ย์

- **สายพานแบบชั้น** (Cord) เป็นสายพานที่นำเส้นเชือกที่มีขนาดต่างกันแต่ละชนิดขดเป็นวงเดียวกันและยึดติดกัน ต่อกันด้วยยาง แล้วนำแต่ละวงมาผึกกันเป็นชั้น ๆ ด้วยกาวยาง สายพานแบบนี้สร้างเป็นวงสำเร็จไม่มีรูปไม่มีรอยต่อ จะมีขนาดความยาวระบุจากโรงงานผลิต เนื่องจากใช้กาวยางผนึกติดกันเป็นชั้น ๆ การใช้งานจึงไม่สมควรใช้กับพูลเล่ย์ซึ่งมีวงกลมเล็กและล้อขึงสายพาน

- **สายพานแบบหล่อ** (Row Edge) เป็นสายพานที่วิวัฒนาการของกรรมวิธีการผลิตสำเร็จรูปเส้นเชือกแต่ละชนิดและขนาดถูกนำมาทอเป็นแถบและวงวางซ้อนสลับกับยางโดยไม่มีรอยต่อ แล้วนำมาหล่อติดกันเป็นชั้นเดียวโดยการใช้ความร้อน สายพานแบบหล่อนี้โค้งตัวดีเหมาะสำหรับใช้กับพูลเล่ย์ล้อเล็ก ๆ ได้

3.3.2. สายพานลิ่ม (V-Belt) สายพานลิ่มที่ลักษณะคล้ายกับสายพานแบน คือ ใช้เส้นใยธรรมชาติและเส้นใยสังเคราะห์ วงแหวนเป็นแกนแรง และห่อหุ้มด้วยยางหรือวัสดุเดียวกับแกน สายพานลิ่มมีรูปหน้าตัดเป็นรูปสี่เหลี่ยมคางหมู ด้านข้างหน้าทั้งสองเอียงเข้าหากันทำมุม 38 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถึง 44 องศา สายพานลิ่มส่งถ่ายกำลังด้วยพูลเล่ย์ ผิวเกลี้ยงเป็นร่อง สายพานลิ่มแบ่งชนิดออกไปตามลักษณะการใช้งานดังนี้

- **สายพานลิ่มปกติ** เป็นสายพานที่ใช้งานกันโดยทั่วไปกับเครื่องจักรกลธรรมดา ที่ใช้ความเร็วรอบไม่มากนัก ทำด้วยแผ่นยางสลับกับผ้าใบเป็นชั้น ๆ

- **สายพานลิ่มร่วม** เป็นสายพานที่สร้างลิ่มหลายลิ่มมารวมกันในเส้นเดียวปัจจุบันนิยมใช้มาก สายพานแบบนี้มีแผ่นปิดยางสังเคราะห์ จึงเหมาะสมกับงานที่มีงานถ่ายเทโมเมนต์หมุนที่ไม่สม่ำเสมอ และระยะห่างระหว่างแกนเพลามาก ๆ

- **สายพานลิ่มแหลม** เป็นสายพานลิ่มเช่นกันแต่ละลิ่มจะแหลม สามารถกระจายแรงตามแนวรัศมีไปยังแผ่นปิดด้านบนสายพานอย่างสม่ำเสมอตลอดหน้ากว้าง จึงเหมาะใช้กับแกนเพลาที่มีระยะห่างมาก ๆ และรับแรงสูง

- **สายพานลิ่มหน้ากว้าง** เป็นสายพานรูปร่างพิเศษที่ใช้สำหรับการส่งกำลังที่มีการปรับความเร็วรอบตามความต้องการ

3.3.3. สายพานฟันเฟือง (Tooth Belt) เป็นสายพานที่แกนรับแรงทำด้วยลวดลายเหล็กกล้าหรือทำด้วยลวดไฟเบอร์ฝังอยู่ในยางเทียม ซี่ฟันของสายพานทำด้วยยางเทียมแต่มีสูตรผสมพิเศษเพื่อให้คงรูปพอดีกับล้อของพูลเล่ย์ ผิวภายนอกซึ่งสัมผัสกับผิวของล้อ ซึ่งฟันจะหุ้มด้วยเส้นใยไนลอนเพื่อลดความสึกหรอ สายพานชนิดนี้สามารถงอตัวได้ดีใช้กับพูลเล่ย์ล้อเล็ก ๆ ที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 16 มิลลิเมตร ต้องการผิวส่งกำลังได้ถึง 40 กิโลวัตต์ ความดึงของสายพานแบบนี้ไม่ต้องดึงเหมือนสายพานแบบลิ่มเนื่องจากฟันบนผิวล้อ

3.4 พูลเล่ย์

พูลเล่ย์เป็นชิ้นส่วนเครื่องจักรที่ใช้งานร่วมกับสายพาน ลักษณะรูปร่างของพูลเล่ย์ที่ใช้ขึ้นกับลักษณะของสายพานชนิดนั้น ๆ ดังรายละเอียดต่อไปนี้

3.4.1. พูลเล่ย์สายพานแบน เป็นพูลเล่ย์ที่ใช้คู่กับสายพานแบนทำจากหล่อ เหล็ก กล้า โลหะเบา พลาสติก หรือไม้ บนผิวล้อที่สัมผัสกับสายพานจะต้องลื่น มิเช่นนั้นจะทำให้สายพานสึกหรอเร็วมาก โดยให้มีความหยาบของผิวอยู่ระหว่าง 4 ไมโครเมตร ถึง 10 ไมโครเมตร พูลเล่ย์แบบรูปโค้งและพูลเล่ย์แบบถอด แยกได้เป็น 2 ชิ้น

3.4.2. พูลเล่ย์สายพานลิ่ม ตามมาตรฐานของ DIN 2217 พูลเล่ย์ สายพานที่ลิ่มเป็นแบบร่องเดียวหรือหลายร่อง มุมรวมของร่องล้อพูลเล่ย์สายพานลิ่มเท่ากับ 32 องศา 34 ลิปดาและ 38 องศา โดยล้อ พูลเล่ย์ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางโตกว่า จะมีมุมร่องล้อพูลเล่ย์ที่โตกว่าร่องล้อพูลเล่ย์จะมีการผลิตให้สายพานที่สวมประกอบแล้วไม่เลยพ้นจากขอบร่องล้อ และจะต้องไม่จมอยู่ในร่องล้อ ไม่เช่นนั้นสายพานจะสูญเสียปฏิกิริยา แรงลิ่มขัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.3. พูลเล่ย์สายพานฟันเฟือง พูลเล่ย์แบบนี้มีลักษณะคล้ายกับเฟืองสำหรับเป็นตัวสัมผัสกับสาย ใช้ในการส่งกำลังระยะพิตช์ฟันเฟืองของพูลเล่ย์สายพานฟันเฟือง

3.5 แบริ่ง

แบริ่งเป็นองค์ประกอบสำคัญของเครื่องจักรที่ต้องการ การหล่อลื่น กล่าวได้ว่าเครื่องจักรเกือบทุกเครื่องต้องมีแบริ่ง “แบริ่ง” คือ สิ่งที่ช่วยรองรับหรือช่วยยึดชิ้นส่วนต่าง ๆ ของเครื่องจักรที่มีการหมุนให้อยู่ในตำแหน่งที่ถูกต้อง แบริ่งสามารถแบ่งออกได้ 2 ประเภทใหญ่ ๆ คือ

3.5.1. บอลแบริ่ง ซึ่งมีลูกกลิ้งเป็นรูปทรงกลม

3.5.2. โรลเลอร์แบริ่ง ซึ่งมีลูกกลิ้งเป็นทรงกระบอกตรงหรือเป็นรูปทรงกระบอกเกลียว โดยปกติแบริ่งเหล่านี้รับแรงได้ทั้งแรงในแนวรัศมีและแรงหมุนได้ ยกเว้น โรลเลอร์แบริ่งลูกกลิ้งทรงกระบอกตรงเท่านั้น

แนวคิดพื้นฐานทางฟิสิกส์ของลูกปืนมีอยู่ว่า การหมุนนั้นง่ายกว่าการเลื่อน เพราะว่าการเคลื่อนที่แบบเลื่อนต้องเผชิญกับความเสียดทานเพิ่มขึ้นระหว่างพื้นที่ของมวลสองก้อนที่เสียดสีกัน ถ้าพื้นที่มากความขรุขระที่ทำให้เกิดแรงเสียดทานยิ่งมาก แต่ถ้าเป็นการเคลื่อนที่แบบกลิ้งพื้นที่สัมผัสน้อยความขรุขระที่ทำให้เกิดแรงเสียดทานยิ่งน้อย แรงเสียดทานจะลดลงอย่างมาก แบริ่งทำจากลูกบอลโลหะขนาดเล็กที่ผิวเรียบลื่น ทำให้การหมุนหรือกลิ้งเป็นไปสะดวกราวกับไม่มีแรงเสียดทานลูกบอลสามารถรับน้ำหนักขณะที่หมุน แบริ่งถูกออกแบบมารับแรงสองประเภท คือแรงแนวรัศมี (Radial) และแรงแกน (Thrust) ขึ้นอยู่กับการใช้งานในขณะนั้น เช่น อาจรับแรงในแนวรัศมี หรือแนวแกนอย่างใดอย่างหนึ่ง หรือต้องรับทั้งสองแรงพร้อมกัน (จีรศักดิ์, 2546)

ในความเป็นจริงโรลเลอร์แบริ่งอาจรับแรงทั้งในแนวรัศมีและแนวแกนและในวงแหวนในหรือนอกจะเป็นอันที่หมุนก็ได้ ซึ่งขึ้นอยู่กับผู้ออกแบบชิ้นส่วนเครื่องจักรกล อีกประการแคตตาล็อกของผู้ผลิต กำหนดให้เฉพาะอายุประเมินในเทอมของแรงในแนวรัศมีเท่านั้น ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่ต้องเปลี่ยนแรงและเงื่อนไขจากที่ใช้ทำงานจริงมาให้เป็นแรงในแนวรัศมีโดยมีวงแหวนในเป็นตัวหมุนเรียกว่า แรงสมมูล (Equivalent Force) เพื่อจะได้ใช้ในการเลือกแบริ่งจากแคตตาล็อกได้ โดยสมาคม AFBMA (Anti-Friction Bearing Association) ได้กำหนดนิยามของแรงสมมูลไว้ดังนี้

แรงสมมูล หมายถึง แรงในแนวรัศมีซึ่งถ้าให้กระทำต่อโรลเลอร์แบริ่ง โดยที่วงแหวนในหมุนและวงแหวนนอกอยู่นิ่งแล้ว จะทำให้แบริ่งมีอายุใช้งานเท่ากับอายุใช้งานของแบริ่งที่รับแรงจริง (ซึ่งอาจจะมีทั้งแรงในแนวรัศมีและแนวแกนพร้อมกัน) และให้คำนวณได้จากสมการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$F_e = X \cdot V \cdot F_r + Y \cdot F_a \qquad (3.4)$$

การเลือกบอลแบริ่งใช้เส้นผ่านศูนย์กลางของเพลา ใช้โดยให้มีขนาดพอเหมาะกับรูเจาะ (Bore) ซึ่งเสมือนแรงในแนวรัศมีนี้ไปใช้ในการคำนวณหาอายุแบริ่งแล้วเทียบกับอายุการใช้งานของแบริ่งที่แนะนำให้โดยอายุการใช้งานของแบริ่งสามารถคำนวณได้จากสมการ

$$L = (C/F_e)^k \qquad (3.5)$$

k = 3 สำหรับบอลแบริ่ง

k = 10/3 สำหรับโรลเลอร์แบริ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
การออกแบบและการสร้างเครื่องสกัดน้ำมันมะรุมด้วยวิธีเกลียวอัด

4.1 ปัญหาของเครื่องสกัดน้ำมันมะรุมด้วยวิธีเกลียวอัด

ปัจจุบันเครื่องสกัดน้ำมันมะรุมด้วยวิธีเกลียวอัดที่มีจำหน่ายตามท้องตลาด สามารถทำความสะอาดได้ยาก ต้องใช้น้ำฉีดเข้าไปช่วยในการชะล้างทำความสะอาด อีกทั้งเครื่องในท้องตลาดมีราคาขายที่สูง ดังนั้นจึงได้มีการศึกษาเครื่องสกัดน้ำมันมะรุมด้วยวิธีเกลียวอัดต้นแบบ โดยมีจุดมุ่งหมายของโครงงานการออกแบบและสร้างเครื่องสกัดน้ำมันมะรุมด้วยวิธีเกลียวอัดต้นแบบดังนี้

1. เพื่อออกแบบและสร้างเครื่องสกัดน้ำมันมะรุมด้วยวิธีเกลียวอัดต้นแบบ
2. เพื่อทดสอบและประเมินผลเครื่องสกัดน้ำมันมะรุมด้วยวิธีเกลียวอัด
3. เปรียบเทียบปริมาณน้ำมันและอัตราส่วนน้ำมันที่เหลืออยู่ในกากโดยน้ำหนัก

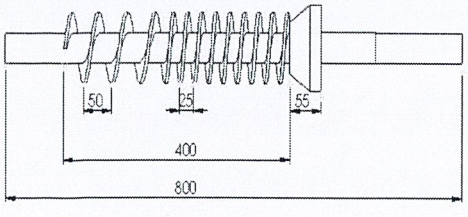
4.2 แนวทางการออกแบบเครื่องและสร้างเครื่องสกัดน้ำมันมะรุมด้วยวิธีเกลียวอัด

แนวทางการออกแบบเครื่องสกัดน้ำมันมะรุมด้วยวิธีเกลียวอัดต้นแบบ โดยออกแบบ 1) กระบอกอัดมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 97 มม. ยาว 410 มม. รูเจาะรอบกระบอกอัดมีขนาด 2 มม. 2) สกรูมีความยาวของสกรู 400 มม. มีระยะพิตช์ 2 ระยะคือ ช่วงแรก 50 มม. และช่วงหลัง 25 มม. 3) หัวอัดเป็นรูปทรงเทปเปอร์ (tapper) มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 110 มม. ยาว 55 มม. 4) ชุดเฟืองทดรอบ 5) มอเตอร์ต้นกำลังขนาด 3 แรงม้า

4.3 การออกแบบ

4.3.1 คำนวณหาความเร็วรอบสกรูบีบ

ความเร็วรอบที่ใช้จะต้องให้ได้ปริมาณของการลำเลียงวัสดุที่ใช้บีบ โดยสมมติให้ลำเลียงเต็มสกรู มากกว่า 1 กิโลกรัมต่อนาที



รูปที่ 4.1 ระยะต่าง ๆ ของสกรู

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำนวณหาปริมาตรของสกรูใน 1 พิตช์ จากสมการ

$$\frac{\pi(D^2-d^2)}{4} \times W = V_p$$

ช่วงแรก $W = 50\ mm$

$$V_p = \frac{\pi(76^2 - 52^2)}{4} \times 50$$
$$= 1.206 \times 10^{-4}\ \ m^3$$

ช่วงหลัง $W = 25\ mm$

$$V_p = \frac{\pi(76^2 - 52^2)}{4} \times 25$$
$$= 6.029 \times 10^{-5}\ m^3$$

เนื่องจากระยะพิตช์มี 2 ระยะ

$$V_{p_{เฉลี่ย}} = \frac{1.206\times10^{-4}+0.603\times10^{-4}}{2}$$
$$= \ 9.045 \times 10^{-5}\ \ \ \ m^3$$

ถ้าต้องการบีบน้ำมันให้ได้ ปริมาตรการบีบมากกว่า 1 กิโลกรัมต่อนาที

ซึ่งมีปริมาตร $V = \frac{m}{\rho}$

จากสมการ $V_p \cdot N = \frac{X}{\rho}$

$$X = V_p \cdot \rho \cdot N$$

ในการทดสอบเครื่องความเร็วรอบหมุนเกลียวอัด 8 รอบต่อนาที

ความหนาแน่นของมะรุมไม่กะเทาะเปลือก มีค่าประมาณ 134.90 kg/m^2

อัตราการป้อน (อัตราการบีบอัด) $= 9.045 \times 10^{-5} \times 134.9 \times 8$

$= 0.097\ kg/min$

$= 5.85\ \ kg/hr$

ความหนาแน่นของมะรุมกะเทาะเปลือก มีค่าประมาณ 471.82 kg/m^2

อัตราการป้อน (อัตราการบีบอัด) $= 9.045 \times 10^{-5} \times 471.82 \times 8$

$= 0.341\ kg/min$

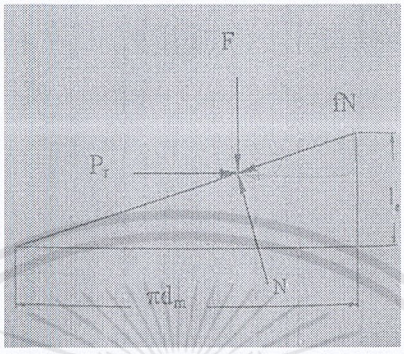
$= 20.46\ \ kg/hr$

จึงต้องมีการศึกษาแก้ไขปรับปรุงให้เครื่องสามารถทำงานให้สามารถบีบน้ำมันได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.2 คำนวณหาโมเมนต์บิดที่ใช้ในการสกัดน้ำมัน

การคำนวณหาโมเมนต์บิดนี้วิเคราะห์จากแรงต่างที่กระทำกับสกรูดังรูป 4.2 เป็นแรงที่กระทำกับเกลียว ซึ่งเป็นภาพคลี่ของเกลียวหมุนไปหนึ่งรอบ โดยต้องทำการทดสอบแรงบีบ (F) ที่ต้องใช้สำหรับสกัด



รูปที่ 4.2 แรงที่กระทำกับฟันเกลียว

จากรูป กำหนดให้

F = แรงที่ในแนวแกน

f = สัมประสิทธิ์ความเสียดทาน

l = หลีดสกรู

d_m = เส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยของสกรู

r_m = รัศมีเฉลี่ยของสกรู

l = หลีดสกรู

$d_m = \frac{(D+d)}{2} = \frac{(76+52)}{2} = 64$ mm.

$r_m = 32$ mm.

แรงที่ใช้สกัดน้ำมันมะรุมจากเครื่องทดสอบโดยประมาณ 250 kg = 2452.5 N

รวมแรงในแนวนอน

$$\sum F_h = P_R - N \sin \propto - fN \cos \propto = 0$$

รวมแรงในแนวดิ่ง

$$\sum F_v = F + fN \sin \propto - N \cos \propto = 0$$

$$P_R = \frac{F(\sin \propto + f \cos\beta)}{\cos \alpha - f \sin \alpha}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

$$= \frac{F[\left(\frac{l}{\pi d_m}\right) + f]}{1 - \left(\frac{fl}{\pi d_m}\right)}$$

$$T_R = P_R \times \mathrm{r_m}$$

$$= F\mathrm{r_m}\left(\frac{l + \pi f d_m}{\pi d_m - fl}\right)$$

ค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทาน

$$f = tan\alpha$$

$$f > \frac{l}{\pi d_m}$$

$$f > \frac{2\pi 26}{\pi \times (\frac{76+52}{2})} = 0.12$$

คำนวณหาแรงบิดในการขับน้ำหนักของสกรูและเพลา

(วัสดุทำจากเหล็กกล้าคาร์บอนมีน้ำหนักจำเพาะ = 76.5 KN / m^3)

- น้ำหนักของสกรู

ปริมาตรของสกรูโดยประมาณ $= \left(\frac{\pi \times 0.076^2}{4}\right) \times 0.4$

$= 1.814 \times 10^{-3}\ m^3$

น้ำหนักของสกรู $= 76.5 \times 1.814 \times 10^{-3}$

$= 0.139\ kN \qquad = 13.9kg$

- น้ำหนักของเพลา

ปริมาตรของเพลาโดยประมาณ $= \left(\frac{\pi \times 0.026^2}{4}\right) \times 0.8$

$= 4.2472 \times 10^{-4}\ m^3$

น้ำหนักของเพลา $= 76.5 \times 4.2472 \times 10^{-4}$

$= 0.032kN \qquad = 3.2kg$

แรงบิดสำหรับขับน้ำหนักเพลาและสกรูจากสมการ $T = I \propto$

เพลาหมุนด้วยความเร็วรอบ 8 รอบ/นาที ใช้เวลาเท่ากับ 60 วินาที

$$\propto = \frac{\omega}{t} = \frac{8 \times 2\pi}{60 \times 60} = 0.014\, rad/s^2$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

119394

สำหรับสกรู $I = \frac{mr^2}{2} = \frac{10.6 \times 0.038^2}{2} = 7.65 \times 10^{-3}$

$$T = I \propto = 7.65 \times 10^{-3} \times 0.014 = 1.071 \times 10^{-4}\ Nm$$

T ที่ใช้ขับสกรู = $1.071 \times 10^{-4}\ Nm$

สำหรับเพลา $I = \frac{mr^2}{2} = \frac{10.6 \times 0.026^2}{2} = 3.58 \times 10^{-3}$

$$T = I \propto = 3.58 \times 10^{-3} \times 0.014 = 5.012 \times 10^{-5}\ Nm$$

T ที่ใช้ขับเพลา = $5.012 \times 10^{-5}\ Nm$

T ที่ใช้ขับสกรูและเพลา = $1.071 \times 10^{-4} + 5.012 \times 10^{-5} = 1.5722 \times 10^{-4} Nm$

4.3.3 คำนวณหาขนาดมอเตอร์ที่ต้องใช้

จากสมการหากำลังมอเตอร์ แล้วใช้ค่าแรงบิดที่ใช้ในการสกัดมาคำนวณ

$$WP = \frac{2\pi TN}{60}$$

ใช้มอเตอร์เกียร์ขนาด 3 แรงม้า

$$3\ hp = 2237.1\ w$$

โมเมนต์บิดสูงสุดของมอเตอร์ขนาด 3 แรงม้า จากสมการ

$$T = \frac{W_p \times 60}{2\pi N}$$

$$\frac{3 \times 745.7 \times 60}{2\pi \times 8} = 2670.34\ Nm$$

โมเมนต์บิดที่ใช้สำหรับบีบอย่างเดียว = T-T ใช้ขับสกรูและเพลา

$$2670.34 - 1.5722 \times 10^{-4} = 2670.34 Nm$$

คำนวณหาแรงบีบที่ได้จากมอเตอร์ 3 hp

$$T_R = Fr_M \left(\frac{l + \pi f d_m}{\pi d_M + fl}\right)$$

$$2670.34 = F(0.032)\left[\frac{(0.119)+(\pi \times 0.25 \times 0.064)}{(\pi \times 0.064)-(0.25 \times 0.024)}\right]$$

$$2670.34 = F(0.0278)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

F = 96055.40 N

แรงบีบที่ได้ = 96.06 kN

4.3.4 การคำนวณหาขนาดเพลา

การออกแบบเพลานี้ใช้หลักการออกแบบเพลาตามโค้ดของ American Society of Mechanical Engineers (ASME) วิธีการดังกล่าวนี้ใช้ทฤษฎีความเค้นเฉือนสูงสุด และไม่พิจารณาถึงความล้าหรือความเค้นหนาแน่นที่เกิดขึ้นบนเพลา ซึ่งเป็นการออกแบบโดยวิธีสถิตยศาสตร์ (static design method) ในการหาสมการสำหรับเกิดขึ้นบนเพลา ซึ่งเป็นการออกแบบเพลาให้พิจารณาเพลาในรูปที่ 4.3 ให้เพลาเป็นการออกแบบกลมและกลวง โดยมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายในและภายนอกเท่ากับ d_i และ d ตามลำดับ ความเค้นต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นบนเพลา มีดังต่อไปนี้คือ

รูปที่ 4.3 เพลาภายใต้แรงต่าง ๆ

ความเค้นดึงหรือกด $\sigma_a = \frac{4F}{\pi(d^2 - {d_i}^2)}$ (4.1)

ความเค้นดัด $\sigma_b = \frac{Mc}{I} = \frac{32Md}{\pi(d^4 - {d_i}^4)}$ (4.2)

ความเค้นเฉือน $\tau_{xy} = \frac{Tr}{J} = \frac{16Td}{\pi(d^4 - {d_i}^4)}$ (4.3)

ในกรณีที่เป็นแรงกด อาจมีผลจากการโก่งงอ (Buckling) ได้ ดังนั้นสมการที่ (4.1) จะกลายเป็น

$$\sigma_a = \frac{4\alpha F}{\pi(d^2 - {d_i}^2)} \quad (4.4)$$

เพลาส่วนมากอยู่ภายใต้ความเค้นที่เป็นวัฏจักร ทั้งนี้เพราะเพลาหมุนอยู่ตลอดเวลา นอกจากนั้นแรงที่กระทำอาจจะเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลาก็ได้ ดังนั้นเพลาจึงเกิดความเสียหายเนื่องมาจากความล้าเป็นส่วนใหญ่ สำหรับวิธีการคำนวณของ American Society of Mechanical Engineers (ASME) ใช้วิธีการแบบสถิตยศาสตร์ ดังนั้นจึงต้องมีตัวประกอบความล้า (Fatigue factor) มาเกี่ยวข้องด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถ้าให้ C_m= ตัวประกอบความล้าเนื่องจากการดัด

C_t= ตัวประกอบความล้าเนื่องจากการบิด

ดังนั้นสมการที่ (4.2) และสมการที่ (4.3) จึงกลายมาเป็น

$$\sigma_b = \frac{32C_m M d}{\pi(d^4 - {d_i}^4)} \tag{4.5}$$

และ

$$\tau_{xy} = \frac{16C_t T d}{\pi(d^4 - {d_i}^4)} \tag{4.6}$$

ความเค้นกดหรือความเค้นรวมคือ

$$\sigma = \sigma_a + \sigma_b \tag{4.7}$$

จากทฤษฎีความเค้นเฉือนสูงสุด

$$\tau = \left[{\tau_{xy}}^2 + (\frac{\sigma}{2})^2\right]^{1/2}$$

แทนค่าสมการที่ (4.4),(4.5),(4.6) และ (4.7) ลงในสมการข้างบนแล้วจัดรูปใหม่จะได้ว่า

$$d^3 = \frac{16}{\pi\tau(1-k^4)}\left[(C_t T)^2 + \left\{\frac{\alpha F d(1+k^2)}{8} + C_m M\right\}^2\right]^{1/2} \tag{4.8}$$

โดยที่ $k = d_i/d$

ในกรณีที่ไม่มีแรง F กระทำด้วย สมการที่ (4.8) จะลดรูปเหลือดังสมการ (4.9)

$$d^3 = \frac{16}{\pi\tau(1-k^4)}[(C_t T)^2 + (C_m M)^2]^{1/2} \tag{4.9}$$

หรือในกรณีที่เพลาตัน ที่ $k = d_i/d = 0$ เมื่อแทนค่าลงในสมการที่ (4.9) ก็จะได้สมการที่มีรูปคล้ายกับในหนังสือกลศาสตร์ทั่วไปคือ

$$d^3 = \frac{16}{\pi\tau}[(C_t T)^2 + (C_m M)^2]^{1/2} \tag{4.10}$$

ตัวประกอบความล้าสามารถเลือกใช้ตามลักษณะของแรงที่มากระทำ ซึ่งดูจากตารางที่ 4.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 ค่าตัวประกอบความล้าสำหรับการออกแบบเพลา

ชนิดของแรง	C_m	C_t
เพลาอยู่นิ่ง :		
แรงสม่ำเสมอหรือเพิ่มขึ้นช้าๆ	1.0	1.0
แรงกระตุก	1.5-2.0	1.5-2.0
เพลาหมุน :		
แรงสม่ำเสมอหรือเพิ่มขึ้นช้าๆ	1.5	1.0
แรงกระตุกอย่างเบา	1.5-2.0	1.0-1.5
แรงกระตุกอย่างแรง	2.0-3.0	1.5-3.0

นอกจากนี้โค้ดของ American Society of Mechanical Engineers (ASME) ยังได้ระบุไว้ว่าเพลาซึ่งมีใช้อยู่ในงานธรรมดาทั่วไป ควรมีค่าความเค้นเฉือนใช้งานดังนี้

$\tau_d = 55\ N/mm^3$ สำหรับงานเพลาที่ไม่มีร่องลิ่ม

$\tau_d = 55\ N/mm^3$ สำหรับงานเพลาที่มีร่องลิ่ม

ขนาดของเพลา

เพื่อให้เพลามาตรฐานเหมือนกัน องค์การมาตรฐานระหว่างประเทศจึงได้กำหนดขนาดมาตรฐานของเพลาซึ่งเป็นขนาดระบุ (Normal size) ใน ISO/R 775-1969 เอาไว้สำหรับให้ผู้ออกแบบเลือกใช้ ทั้งนี้เพื่อให้สามารถหาซื้อได้ทั่วไป นอกจากนี้ยังเป็นขนาดที่สอดคล้องกับขนาดของแบริ่งที่ใช้รองรับเพลาด้วยขนาดระบุของเพลาดูได้จากตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ขนาดระบุขนาดเพลาตามมาตรฐาน ISO/R 775-1969

ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง (mm.)				
6	25	70	130	240
7	30	75	140	260
8	35	80	150	280
9	40	85	160	300
10	45	90	170	320
12	50	95	180	340
14	55	100	190	360
18	60	110	200	380
20	65	120	220	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โมเมนต์สูงสุดที่เกิดกับเพลาเป็นโมเมนต์ที่เกิดจากน้ำหนักสกรูบีบ

M = 0.104 × 170 = 17.68 $\mathrm{kN} \cdot mm$

โมเมนต์สูงสุดที่เกิดกับมาจากกำลังมอเตอร์ มีค่าเท่ากับ 142.42 Nm

ตัวประกอบความล้า C_m= 2 , C_T = 1.5 จากตารางที่ 4.2

สำหรับเพลาที่มีร่องลิ่มค่าความเค้นเฉือนสำหรับการออกแบบที่แนะนำ $\tau_d = 41\ N/mm^2$

$$d^3 = \frac{16}{\pi\tau}[(C_t T)^2 + (C_m M)^2]^{1/2} \quad (12)$$

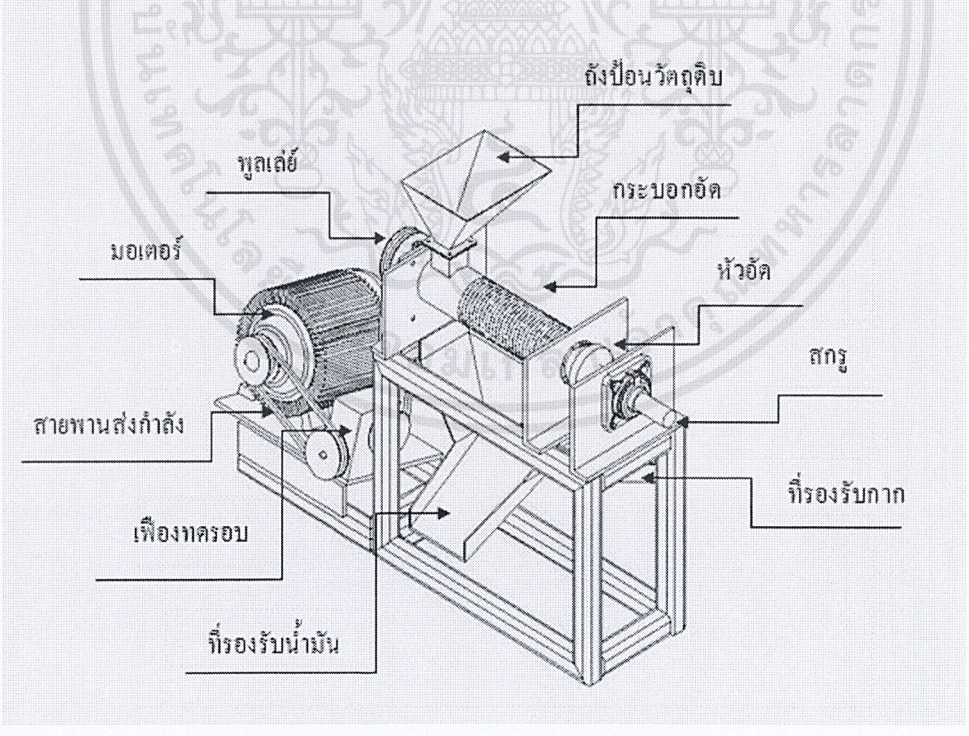
$$= \frac{16}{\pi \times 41}[(1.5 \times 142420)^2 + (2 \times 17680)^2]^{1/2}$$

d^3= 26897.85

d= 30 mm

เลือกใช้เพลาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 30 มิลลิเมตร ตามมาตรฐาน ISO/R775-1969

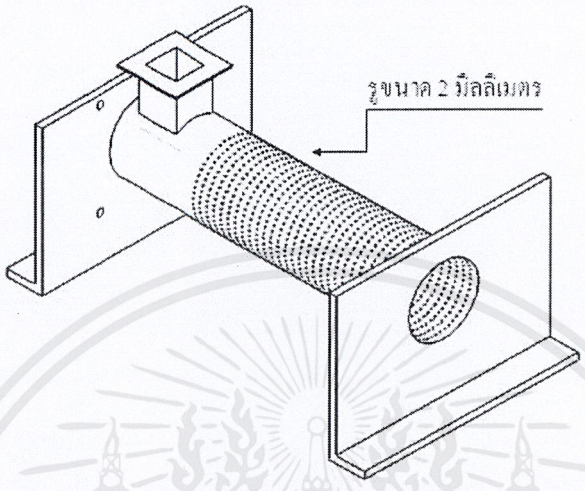
4.4 ส่วนประกอบของเครื่อง มีส่วนประกอบดังนี้



รูปที่ 4.4 เครื่องสกัดน้ำมันมะรุมด้วยวิธีเกลียวอัด

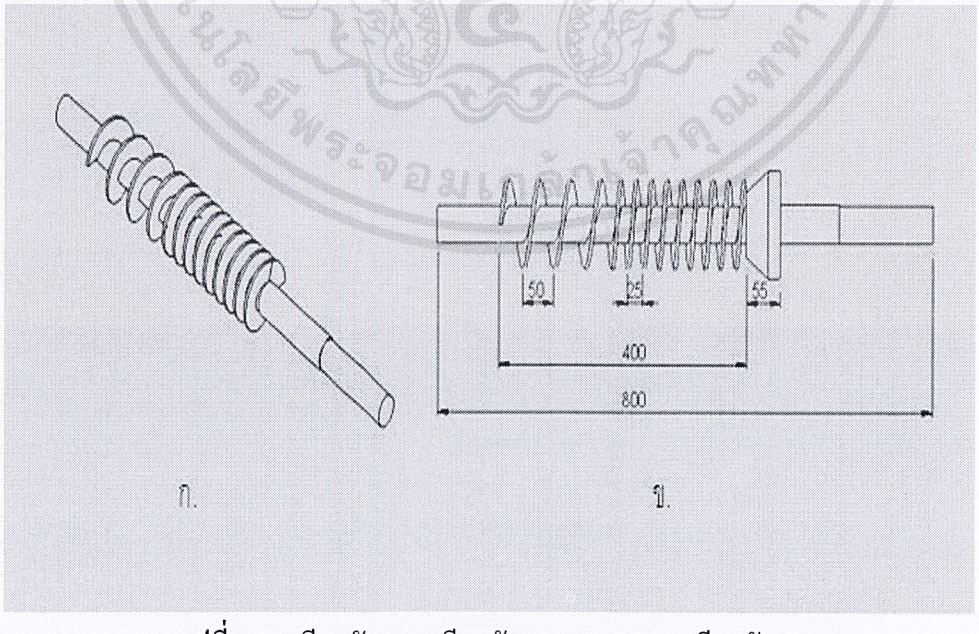
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. กระบอกบีบอัดทำจากท่อเหล็กมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 97 มิลลิเมตร ยาว 410 มิลลิเมตร โดยเจาะรูขนาด 2 มิลลิเมตร รอยกระบอกมีความยาว 290 มิลลิเมตร และมีส่วนที่เชื่อมต่อกับถังป้อนวัตถุดิบเพื่อรองรับเมล็ดมะรุมเข้ากระบอกอัด



รูปที่ 4.5 กระบอกอัด

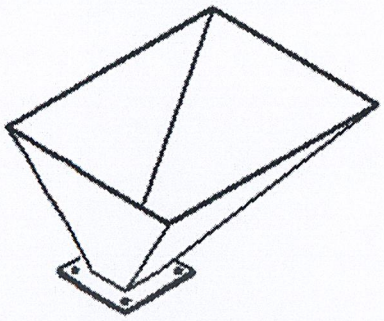
2. เกลียวอัด ทำจากเหล็ก มีความยาวทั้งหมด 800 มิลลิเมตร ความยาวสกรู 400 มิลลิเมตร โดยมีระยะพิตช์ 2 ช่วง คือช่วงที่ 1 มีระยะ 50 มิลลิเมตร ช่วงที่ 2 มีระยะ 25 มิลลิเมตร ทำหน้าที่ในการลำเลียงเมล็ดมะรุม และสกัดเพื่อให้ได้น้ำมันจากเมล็ดมะรุม



รูปที่ 4.6 เกลียวอัด (ก.เกลียวอัด ข.บอกขนาดเกลียวอัด)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ถังป้อนวัตถุดิบ ทำหน้าที่ในการรองรับวัตถุดิบที่ป้อนเข้ากระบอกอัด



รูปที่ 4.7 ถังป้อนวัตถุดิบ

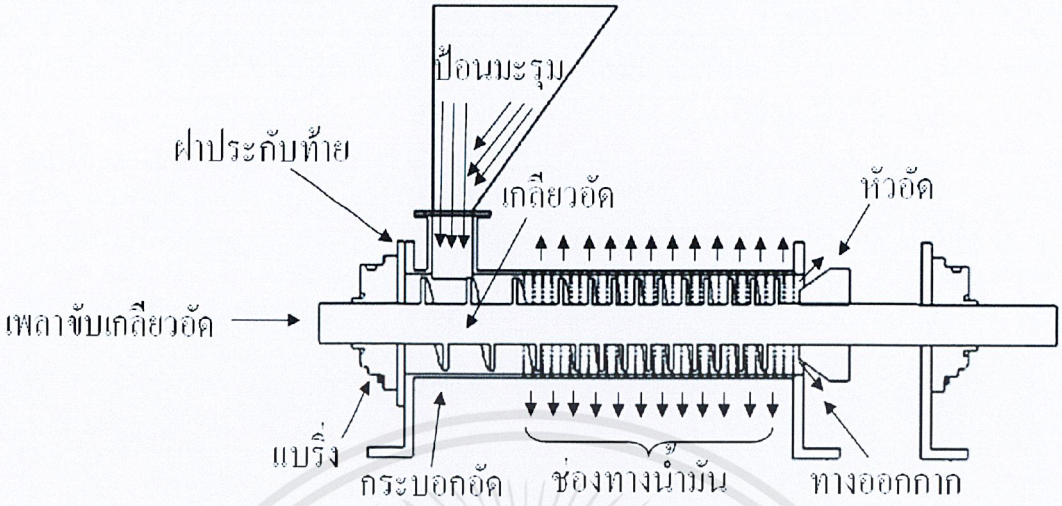
4. หัวอัด ทำจากเหล็กมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 110 มิลลิเมตร ยาว 55 มิลลิเมตร มีหน้าที่ในการปรับความดันให้กับกระบอกอัด โดยการปรับเข้าไปในกระบอกอัดให้เหลือพื้นที่บริเวณท้ายกระบอกให้น้อยลง เป็นการเพิ่มแรงดันในกระบอกอัด

รูปที่ 4.8 หัวอัด

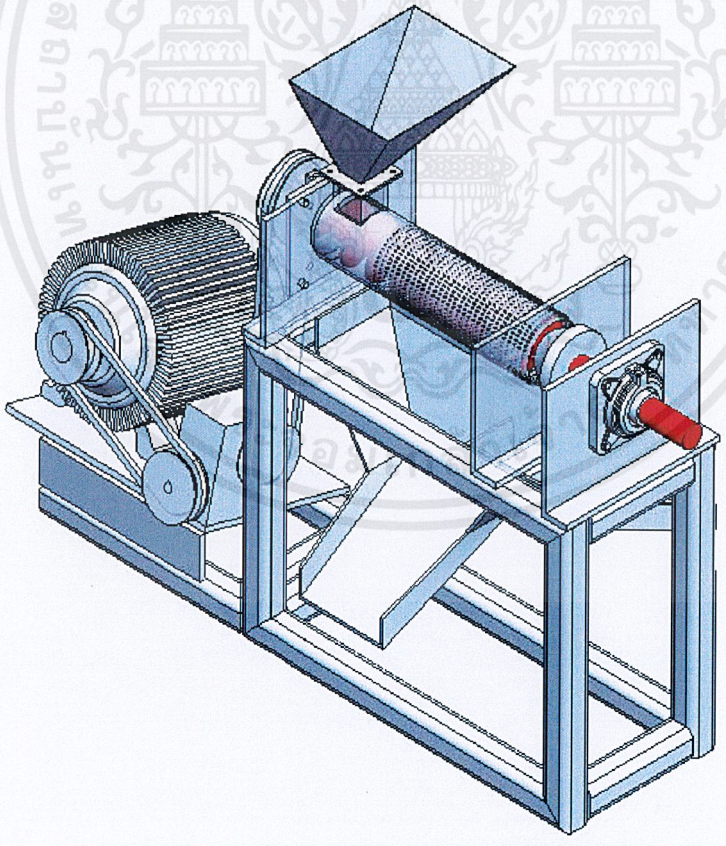
4.5 หลักการทำงานของเครื่อง

เริ่มจากการป้อนเมล็ดมะรุมลงถังป้อนวัตถุดิบ จากนั้นเมล็ดมะรุมจะไหลลงสู่กระบอกอัด ถูกลำเลียงและบีบอัดด้วยเกลียวอัดเพื่อสกัดน้ำมันออกจากเมล็ดมะรุม จากนั้นน้ำมันจะไหลออกบริเวณรูของกระบอกอัดและลงสู่ที่รองรับน้ำมัน และกากจะออกบริเวณท้ายกระบอกกระหว่างกระบอกอัดกับหัวอัด หล่นลงสู่ที่รองรับกาก โดยหัวอัดสามารถปรับเข้า – ออกได้เพื่อเป็นการเพิ่มแรงดันให้กับกระบอกอัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

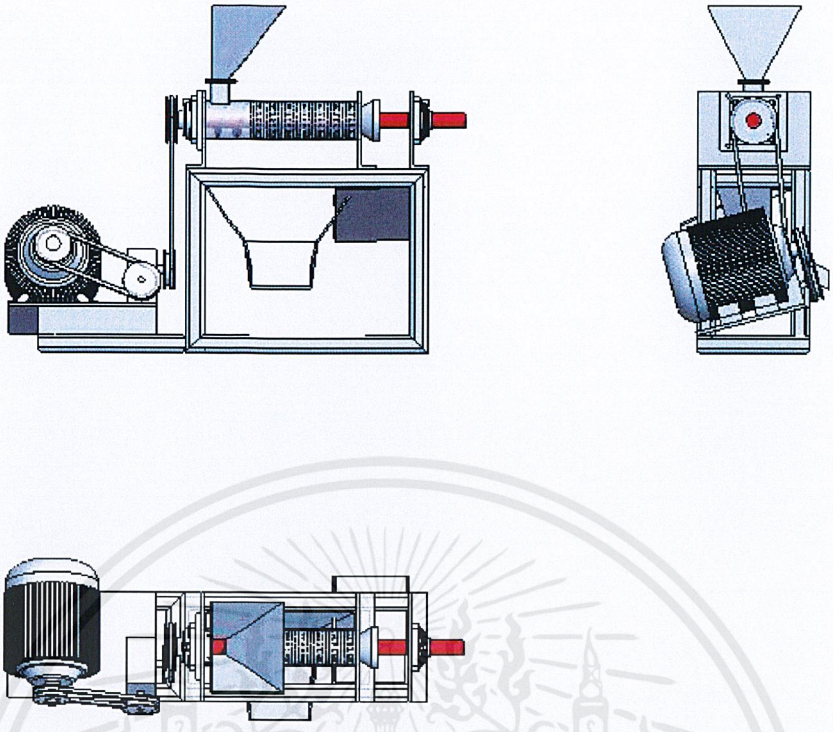


รูปที่ 4.9 หลักการทำงานของเครื่องบีบอัดน้ำมันมะรุมด้วยเกลียวอัด

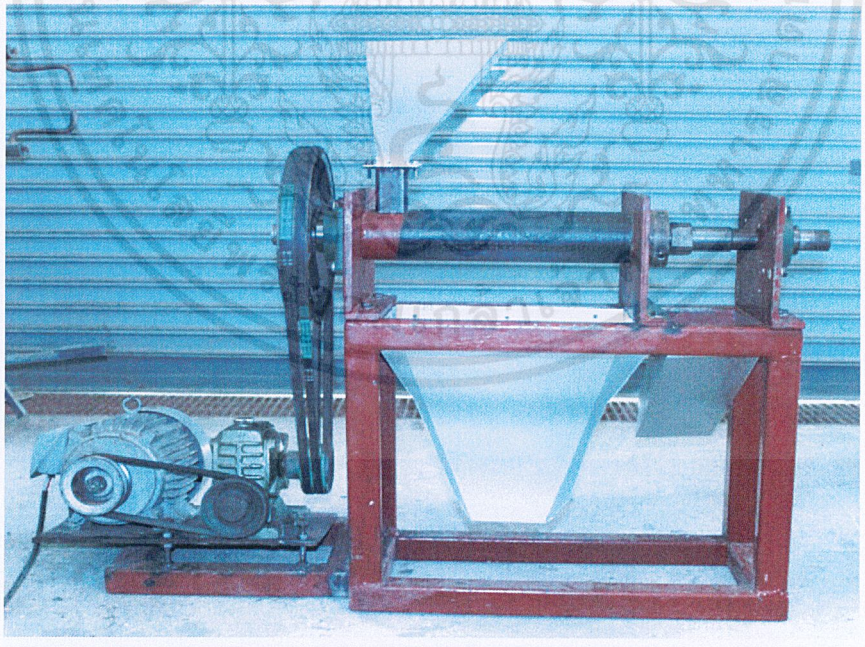


รูปที่ 4.10 เครื่องบีบอัดน้ำมันมะรุมด้วยเกลียวอัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.11 ด้านหน้า ด้านข้าง ด้านบนของเครื่องบีบอัดน้ำมันมะรุมแบบเกลียวอัด



รูปที่ 4.12 เครื่องต้นแบบที่ใช้ในการสกัดน้ำมันมะรุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

วิธีการทดสอบและผลการทดสอบ

จากการออกแบบเครื่องสกัดน้ำมันมะรุมด้วยวิธีเกลียวอัดและได้ทำการสร้างเครื่องต้นแบบสกัดน้ำมันมะรุมด้วยวิธีเกลียวอัดที่มีโครงสร้างทำจากเหล็ก มีขนาดความกว้าง 30 เซนติเมตร ยาว 120 เซนติเมตร สูง 100 เซนติเมตร จากนั้นจึงนำเครื่องต้นแบบที่ใช้สกัดน้ำมันมะรุมด้วยวิธีเกลียวอัดมาทำการทดสอบการทำงาน โดยทดสอบกับเมล็ดมะรุมที่กะเทาะเปลือก เมล็ดมะรุมที่ไม่กะเทาะเปลือก และเมล็ดมะรุมที่กะเทาะเปลือกร่วมกับเมล็ดมะรุมที่ไม่กะเทาะเปลือกอย่างละเท่า ๆ กัน เพื่อหาปริมาณน้ำมันที่ได้จากการสกัดจากเมล็ดมะรุมแบบต่าง ๆ โดยการทดสอบมีวัตถุประสงค์และวิธีการดังต่อไปนี้

5.1 อุปกรณ์และขั้นตอนการดำเนินงาน

อุปกรณ์มีดังนี้

1. วัสดุที่ใช้ในการสร้างเครื่องต้นแบบขนาดทดลองที่ใช้ในการสกัดน้ำมันมะรุมด้วยวิธีเกลียวอัด ได้แก่ เหล็กชนิดต่างๆ
2. เมล็ดมะรุมแห้ง
3. มอเตอร์ขนาด 3 แรงม้า พร้อมอินเวอร์เตอร์สำหรับปรับรอบมอเตอร์
4. อุปกรณ์วัดต่าง ๆ เช่น เครื่องชั่ง

5.2 ขั้นตอนการดำเนินงานมีดังนี้

ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัยแบ่งออกได้ดังรูปที่ 5.2

1. ทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของเมล็ดมะรุม โดยศึกษา

- ขนาดเฉลี่ย ใช้เมล็ดที่มะรุมกะเทาะเปลือก 100 เมล็ด และเมล็ดมะรุมที่ไม่กะเทาะเปลือก จำนวน 100 เมล็ด โดยวัดด้านยาว กว้าง และหนา (ซม.)
- ความชื้นของเมล็ดมะรุมที่กะเทาะเปลือกและเมล็ดมะรุมที่ไม่กะเทาะเปลือก โดยนำเมล็ดมะรุมที่กะเทาะเปลือก และเมล็ดมะรุมที่ไม่กะเทาะเปลือกไปบดให้ละเอียด นำมาชั่งน้ำหนัก สุ่มตัวอย่างมาชนิดละ 3 กลุ่ม กลุ่มละ 3-5 กรัมไปเข้าตู้อบ (Hot Air Oven) ที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เวลา 24 ชั่วโมง (AOAC, 1990) จากนั้นนำไปพักไว้ในโถดูดความชื้น รอจนอุณหภูมิลดลง แล้วนำมาชั่งน้ำหนักเมล็ด นำค่าที่ได้มาคำนวนเปอร์เซ็นต์ความชื้นของเมล็ดมะรุม

- ความหนาแน่นรวมของเมล็ดมะรุมที่กะเทาะเปลือก และเมล็ดมะรุมที่ไม่กะเทาะเปลือก โดยใช้ชุดหาความหนาแน่นรวมโดยระยะที่ห่างจากปากกระบอก 15 ซม. ปริมาตรกระบอก 1 ลิตร

2. ออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบขนาดทดลองที่ใช้สกัดน้ำมันมะรุมด้วยวิธีเกลียวอัดที่มีลักษณะการทำงานแบบต่อเนื่อง เพื่อให้ได้เครื่องที่สามารถใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพให้ได้ปริมาณน้ำมันที่มากที่สุด จากนั้นจึงสร้างเครื่องต้นแบบซึ่งมีกลไกส่วนประกอบและหลักการทำงานที่คาดว่าให้ผลการสกัดน้ำมันที่ดีและสอดคล้องกับคุณสมบัติทางกายภาพที่ได้ศึกษามา

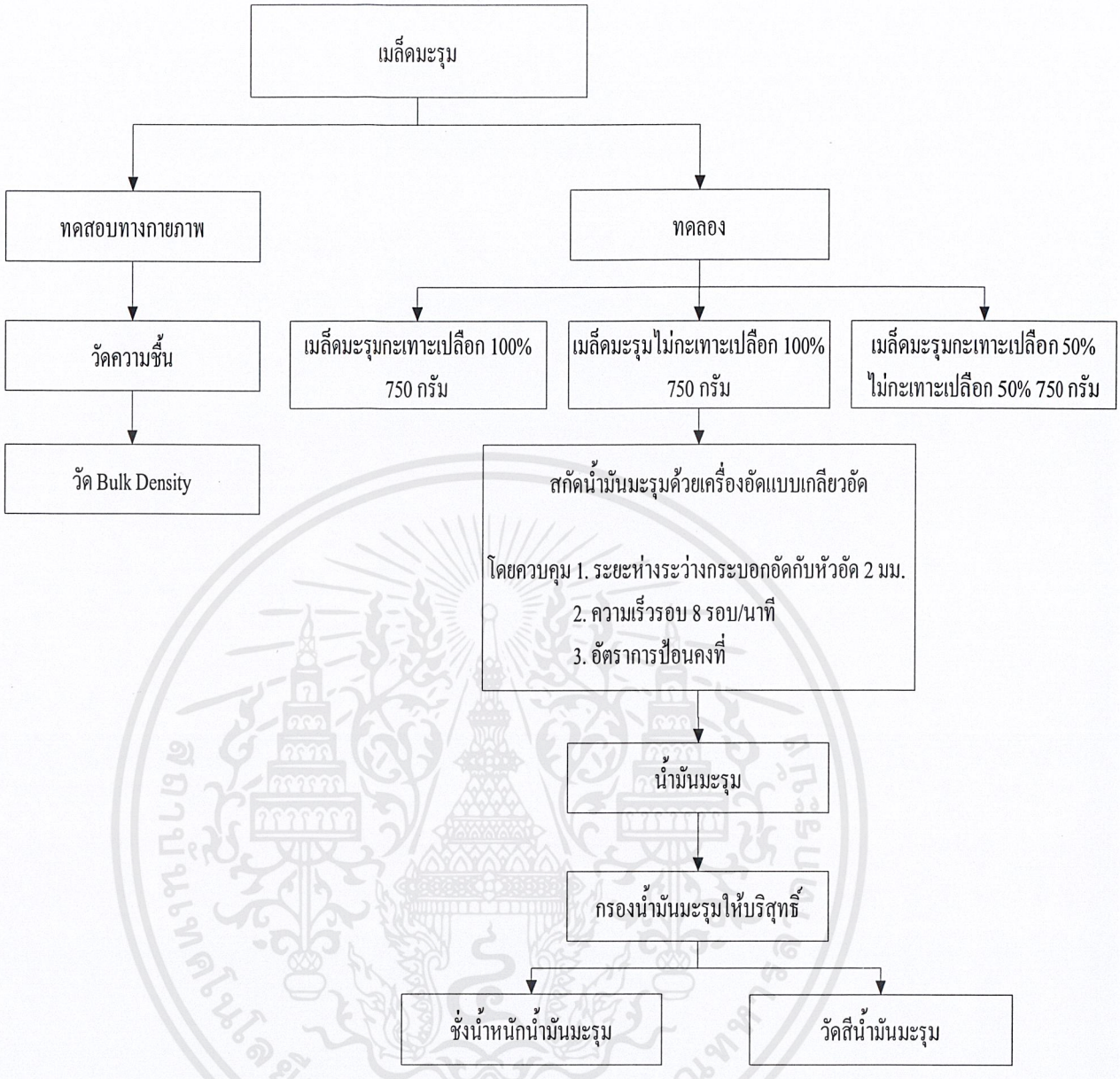
3. ทดสอบการทำงานของเครื่องสกัดน้ำมันมะรุมด้วยวิธีเกลียวอัดโดยมีวิธีการดังนี้ คือ

- การทดสอบและประเมินผลเครื่องสกัดน้ำมันมะรุม โดยเปรียบเทียบปริมาณน้ำมัน และอัตราส่วนน้ำมันที่เหลืออยู่ในกากโดยน้ำหนัก ที่ได้จากการสกัดเมล็ดมะรุมที่กะเทาะเปลือก เมล็ดมะรุมที่ไม่กะเทาะเปลือก และเมล็ดมะรุมที่กะเทาะเปลือกร่วมกับเมล็ดมะรุมที่ไม่กะเทาะเปลือกอย่างละเท่า ๆ กัน โดยมีลักษณะเมล็ดดังรูปที่ 5.1

ก. ข. ค.

รูปที่ 5.1 เมล็ดมะรุมแบบต่าง ๆ (ก. เมล็ดมะรุมที่ไม่กะเทาะเปลือก , ข. เมล็ดมะรุมที่กะเทาะเปลือก ค. เมล็ดมะรุมที่กะเทาะเปลือก ร่วมกับเมล็ดมะรุมที่ไม่กะเทาะเปลือกอย่างละเท่า ๆ กัน)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.2 กระบวนการทดลองการสกัดน้ำมันมะรุมด้วยวิธีเกลียวอัด

5.3 ผลการทดลองและอภิปรายผล

ผลการทดลอง มีดังนี้

- ขนาดเฉลี่ยของเมล็ดมะรุมที่กะเทาะเปลือก พบว่า ความยาว ความกว้าง และความหนา คือ 1.44 , 1.11 และ 1.09 ซม. ตามลำดับ เมล็ดมะรุมที่ไม่กะเทาะเปลือกพบว่า ความยาว ความกว้าง และความหนา คือ 0.81 , 0.73 และ 0.72 ซม. ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 5.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.1 ขนาดของเมล็ดมะรุม

	ไม่กะเทาะ (ซม.)			กะเทาะ (ซม.)		
	ยาว	กว้าง	หนา	ยาว	กว้าง	หนา
ขนาดเฉลี่ย	1.44	1.11	1.09	0.81	0.73	0.72
ค่าสูงสุด	2.06	1.46	1.42	1.05	0.92	0.99
ค่าต่ำสุด	1.04	0.82	0.82	0.55	0.52	0.50

- ความชื้นของเมล็ดมะรุมที่กะเทาะเปลือกมีค่าเฉลี่ย 7.20%wb ความชื้นของเมล็ดมะรุมที่ไม่กะเทาะเปลือกมีค่าเฉลี่ย 5.68%wb ความชื้นของเมล็ดมะรุมที่กะเทาะเปลือกร่วมกับเมล็ดมะรุมไม่กะเทาะเปลือกมีค่าเฉลี่ย 6.44%wb ดังแสดงในตารางที่ 5.2

- การหาความหนาแน่นรวมของเมล็ดมะรุมที่กะเทาะเปลือก 471.82 kg/m^3 และเมล็ดมะรุมที่ไม่กะเทาะเปลือก 134.90 kg/m^3

- การสกัดด้วยเครื่องไฮโดรลิกเพลสให้ปริมาณน้ำมันมะรุมจากเมล็ดมะรุมที่กะเทาะเปลือก 52.98% และเมล็ดมะรุมที่ไม่กะเทาะเปลือก 12.05% โดยน้ำหนัก

ตารางที่ 5.2 ความชื้นของเมล็ดมะรุม

ครั้งที่	ความชื้นเมล็ดมะรุมไม่กะเทาะเปลือก (%)	ความชื้นเมล็ดมะรุมกะเทาะเปลือก(%)	ความชื้นเมล็ดมะรุมที่กะเทาะเปลือกร่วมกับไม่กะเทาะเปลือก(%)
1	7.19	5.60	6.48
2	7.28	5.69	6.39
3	7.13	5.74	6.45
เฉลี่ย	7.20	5.68	6.44

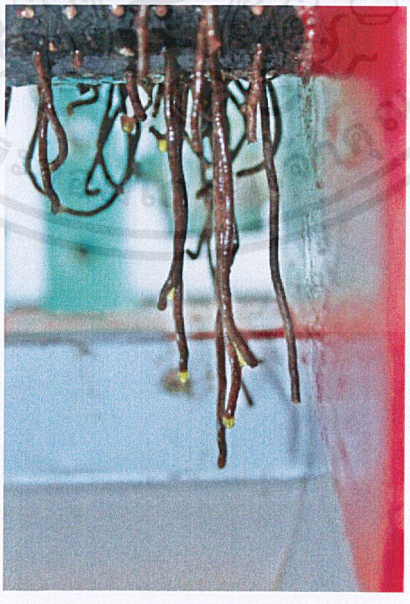
2. ผลการทดสอบวิธีการสกัดน้ำมันมะรุมด้วยเครื่องต้นแบบที่ใช้ในการสกัดน้ำมันมะรุมที่ได้ออกแบบและสร้าง โดยกำหนดความเร็วรอบของเกลียวอัด 8 รอบต่อนาที ในระยะแรกเครื่องสามารถสกัดน้ำมันมะรุมได้อย่างต่อเนื่องดังรูปที่ 5.4 เป็นระยะเวลา 7-10 นาทีโดยได้น้ำมันและ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กาก ดังรูปที่ 5.3 โดยอุณหภูมิที่บริเวณผิวกระบอกอัด 32-35 °C หลังจากนั้นเมล็ดมะรุมที่สะสมอยู่บริเวณปลายกระบอกอัดเป็นจำนวนมากทำให้เมล็ดมะรุมดันหัวอัดเลื่อนเข้าไปชิดกับปลายกระบอกอัดจนกระทั่งกากไม่สามารถเคลื่อนที่ออกจากระยะห่างระหว่างปลายกระบอกอัดกับหัวอัดได้ จึงเกิดอาการลื่นบริเวณพูลเล่ย์ของแกนเพลาขับออกที่เฟืองทดรอบส่งผลทำให้พูลเล่ย์ของสกรูไม่สามารถหมุนตามกำลังส่งที่ถูกส่งมาจากพูลเล่ย์ของเฟืองทดรอบได้

ก. ข.

รูปที่ 5.3 ก.น้ำมันมะรุม ข.กากมะรุม



รูปที่ 5.4 น้ำมันมะรุมที่ออกจากเครื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

6.1 สรุปผลการวิจัย

1. จากการวิเคราะห์ ทดลอง และออกแบบด้วยหลักทางวิศวกรรม สามารถสร้างเครื่องต้นแบบขนาดทดลองที่ใช้ในการสกัดน้ำมันมะรุม ที่มีโครงสร้างทำจากเหล็ก มีขนาดความกว้าง 30 เซนติเมตร ยาว 120 เซนติเมตร สูง 100 เซนติเมตร มีส่วนประกอบที่สำคัญดังนี้ 1) เกลียวอัดมีความยาว 400 มม. ระยะพิตช์ของเกลียวแบ่งเป็น 2 ช่วง คือ ช่วงแรก 50 มม. และช่วงหลัง 25 มม. 2)กระบอกอัดมีความยาว 450 มม. 3)หัวอัดเป็นรูปทรงเทปเปอร์ (tapper) มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 110 มม. ยาว 55 มม. มีความเหมาะสมกับการทำงานในโรงงานอุตสาหกรรมขนาดย่อม

2. เครื่องต้นแบบขนาดทดลองที่ใช้ในการสกัดน้ำมันมะรุม นี้เป็นเครื่องที่สามารถทำงานได้อย่างต่อเนื่อง มีความเร็วรอบต่ำทำให้อุณหภูมิที่ใช้ในการสกัดไม่สูง ทำให้สีของน้ำมันมีสีอ่อน และน้ำมันไม่ระเหยไปกับความร้อน

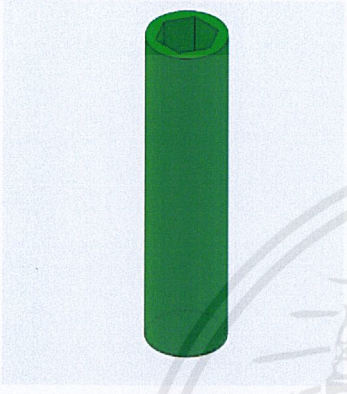
3. จากการทดสอบการทำงานของเครื่องพบว่า ในระยะแรกเครื่องสามารถสกัดน้ำมันมะรุมได้อย่างต่อเนื่อง เป็นระยะเวลา 7-10 นาที โดยได้น้ำมันและกาก หลังจากนั้นเมล็ดมะรุมที่สะสมอยู่บริเวณปลายกระบอกอัดเป็นจำนวนมากทำให้เมล็ดมะรุมดันหัวอัดเลื่อนเข้าไปชิดกับปลายกระบอกอัดจนกระทั่งกากไม่สามารถเคลื่อนที่ออกจากระยะห่างระหว่างปลายกระบอกอัดกับหัวอัดได้จึงเกิดอาการลื่นบริเวณพูลเล่ย์ของแกนเพลาขับออกที่เฟืองทดรอบ ส่งผลทำให้พูลเล่ย์ของสกรูไม่สามารถหมุนตามกำลังส่งมาจากพูลเล่ย์ของเฟืองทดรอบได้ จึงต้องมีการพัฒนาเครื่องสกัดน้ำมันมะรุมด้วยวิธีเกลียวต่อไปในอนาคต

6.2 ข้อเสนอแนะและแนวทางการปรับปรุง

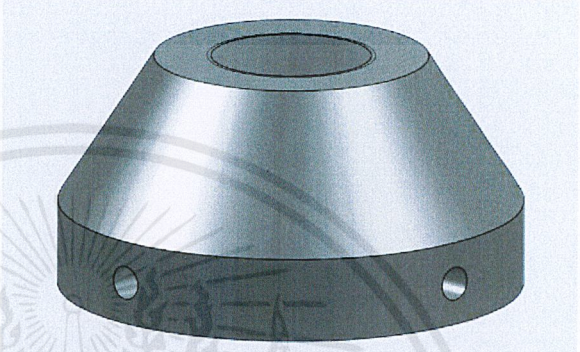
งานวิจัยนี้ยังไม่เป็นที่น่าพอใจ เนื่องจากการสกัดน้ำมันมะรุมยังไม่สามารถสกัดน้ำมันได้เต็มกำลัง และเกิดอาการลื่นบริเวณพูลเล่ย์ของแกนเพลาขับออกที่เฟืองทดรอบ แนวทางแก้ไขปัญหา ทำการเพิ่มน็อตหัวจมจำนวน 2 ตัว โดยทำเกลียวบริเวณผิวของหัวอัดจำนวน 2 ช่อง ให้มีความลึกจากผิวของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

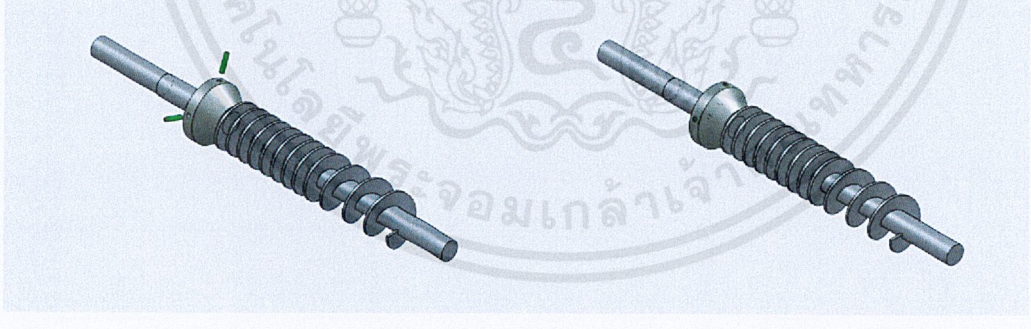
หัวอัดถึงผิวของสกรูเล็กน้อย จากนั้นยึดด้วยน๊อตหัวจม เพื่อให้หัวอัดไม่เกิดการเลื่อนเข้าไปชิดกับปลายกระบอกอัดได้ ดังแสดงในรูปที่ 6.1 , 6.2 และ 6.3 โดยปัญหาที่พบนี้ต้องมีการปรับปรุงและพัฒนาโครงงานนี้ต่อไป



รูปที่6.1 น็อตหัวจม



รูปที่ 6.2 หัวอัดที่ผ่านการเจาะรู



รูปที่ 6.3 วิธีการแก้ปัญหา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

จีรศักดิ์ จันทร, ธีรวัฒน์ กิจสวัสดดิ์ และเปี่ยมศักดิ์ ตาปสนันท์. **เครื่องบีบน้ำมันพืชแบบสกรูอัด** [ปริญญานิพนธ์ วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล]. กรุงเทพฯ : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ; 2546

ณัฐวุฒิ ตระการสุข , ณิชา รัตนกานตะดิลก และปิฎก สุข**สวัสดิ์. การออกแบบและพัฒนาเครื่องบีบน้ำมันมะพร้าว** [ปริญญานิพนธ์วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล]. กรุงเทพฯ : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ; 2550

นิรนาม: **คู่มือพืชสวน** เศรษฐกิจ. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรการเกษตรแห่งประเทศไทย; 2543.

ปามมนัส ศิริสมบูรณ์, พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และสาทิป รัตนภาสกร. 2538. สมบัติ**ทางกายภาพและวิศวกรรมของชีววัสดุ.** ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร, คณะวิศวกรรมศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

มงคล ชินโชติกร. **การทำงานและวิธีบีบอัดน้ำมันจากเปลือกมะม่วงหิมพานต์** [สัมภาษณ์]. หัวหน้าช่าง บริษัท มาบุญครองศิริชัย 25 จำกัด; 2543

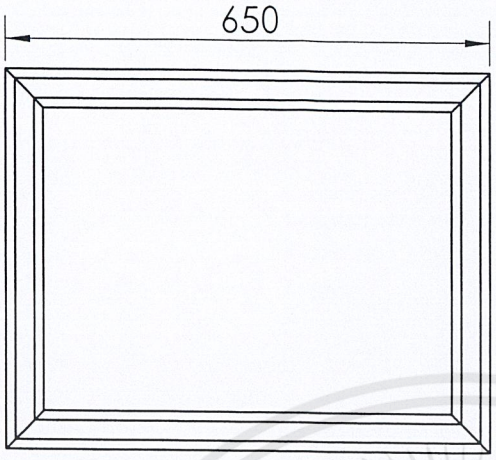
วริทธิ์ อึ้งภากรและชาญ ถนัดงาน. 2523. **การออกแบบเครื่องจักรกล เล่ม 1.** กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด (มหาชน).

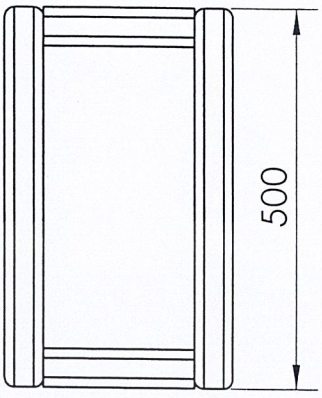
วริทธิ์ อึ้งภากรและชาญ ถนัดงาน. 2523. **การออกแบบเครื่องจักรกล เล่ม 2.** กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด (มหาชน).

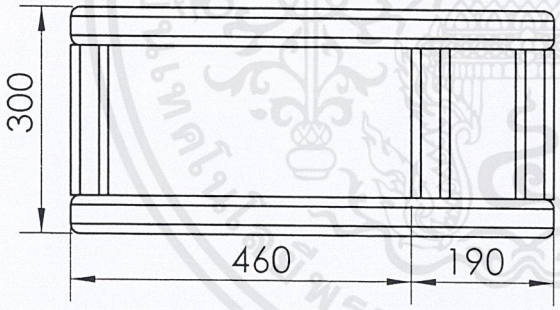
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

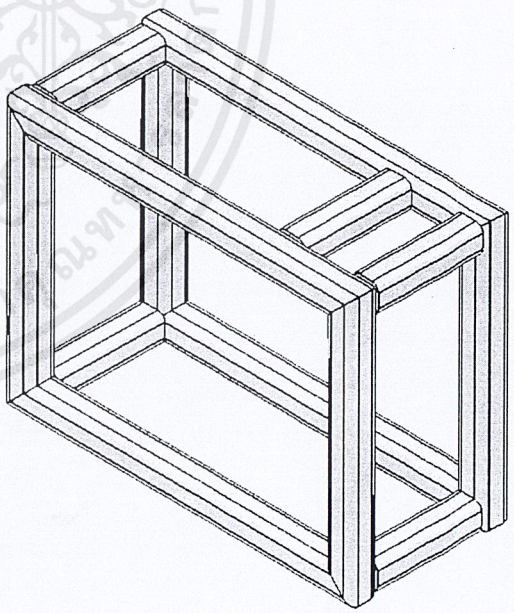
ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้









DIMENSIONS ARE IN INCHES
TOLERANCES:
FRACTIONAL ±
ANGULAR: MACH ± BEND ±
TWO PLACE DECIMAL ±
THREE PLACE DECIMAL ±

MATERIAL

FINISH

NEXT ASSY USED ON

APPLICATION DO NOT SCALE DRAWING

	NAME	DATE
DRAWN		
CHECKED		
ENG APPR.		
MFG APPR.		
Q.A.		
COMMENTS:		

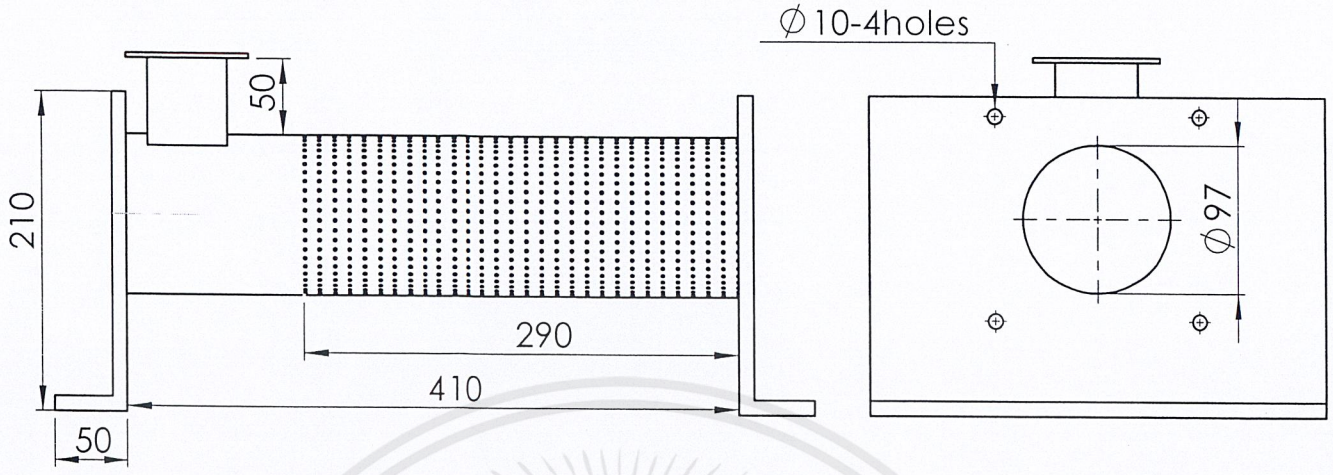
PROPRIETARY AND CONFIDENTIAL

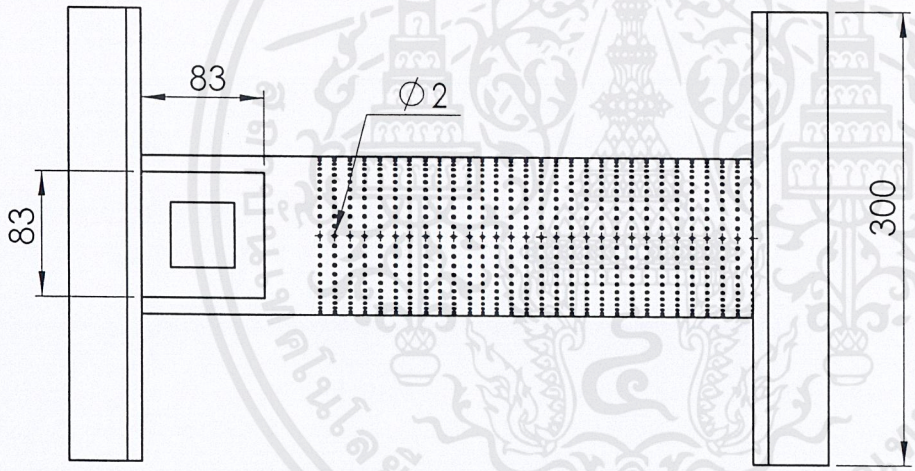
THE INFORMATION CONTAINED IN THIS DRAWING IS THE SOLE PROPERTY OF <INSERT COMPANY NAME HERE>. ANY REPRODUCTION IN PART OR AS A WHOLE WITHOUT THE WRITTEN PERMISSION OF <INSERT COMPANY NAME HERE> IS PROHIBITED.

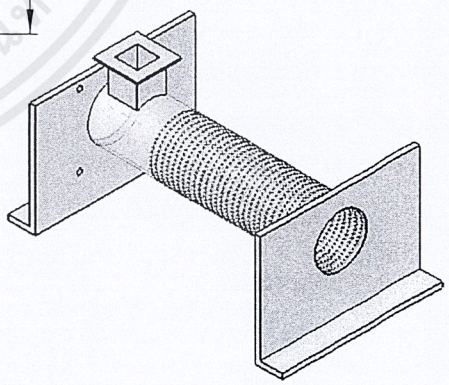
SIZE A | DWG. NO. โครง สกัด | REV.

SCALE: 1:10 | WEIGHT: | SHEET 1 OF 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้







DIMENSIONS ARE IN INCHES
TOLERANCES:
FRACTIONAL ±
ANGULAR: MACH ± BEND ±
TWO PLACE DECIMAL ±
THREE PLACE DECIMAL ±

MATERIAL

FINISH

NAME DATE
DRAWN
CHECKED
ENG APPR.
MFG APPR.
Q.A.
COMMENTS:

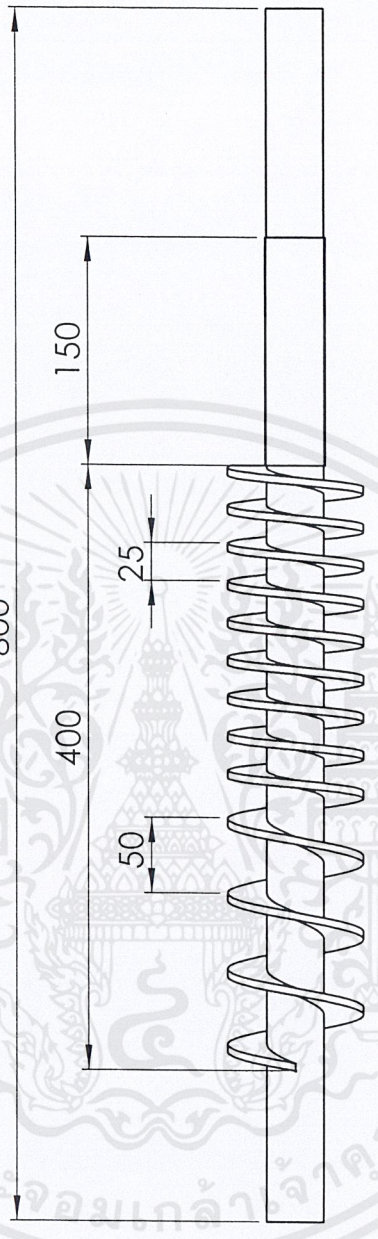
PROPRIETARY AND CONFIDENTIAL
THE INFORMATION CONTAINED IN THIS DRAWING IS THE SOLE PROPERTY OF <INSERT COMPANY NAME HERE>. ANY REPRODUCTION IN PART OR AS A WHOLE WITHOUT THE WRITTEN PERMISSION OF <INSERT COMPANY NAME HERE> IS PROHIBITED.

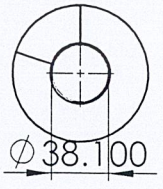
NEXT ASSY USED ON

APPLICATION DO NOT SCALE DRAWING

SIZE A DWG. NO. กระบอกสกัด REV.
SCALE: 1:10 WEIGHT: SHEET 1 OF 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้





DIMENSIONS ARE IN INCHES
TOLERANCES:
FRACTIONAL ±
ANGULAR: MACH ± BEND ±
TWO PLACE DECIMAL ±
THREE PLACE DECIMAL ±

MATERIAL

FINISH

NAME DATE

DRAWN

CHECKED

ENG APPR.

MFG APPR.

Q.A.

COMMENTS:

PROPRIETARY AND CONFIDENTIAL

THE INFORMATION CONTAINED IN THIS DRAWING IS THE SOLE PROPERTY OF <INSERT COMPANY NAME HERE>. ANY REPRODUCTION IN PART OR AS A WHOLE WITHOUT THE WRITTEN PERMISSION OF <INSERT COMPANY NAME HERE> IS PROHIBITED.

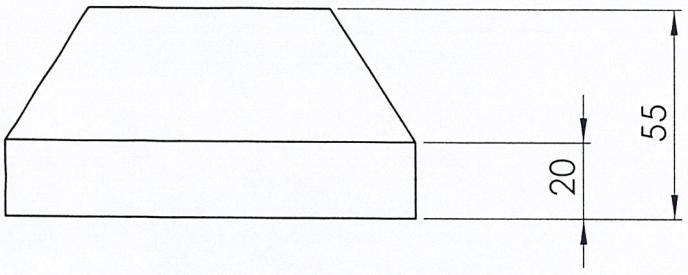
NEXT ASSY USED ON

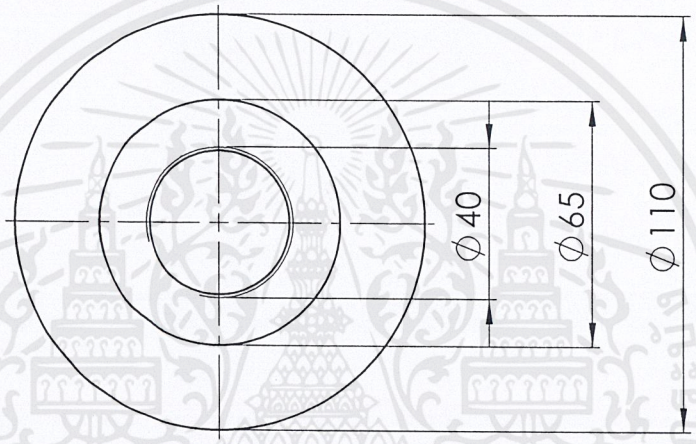
APPLICATION DO NOT SCALE DRAWING

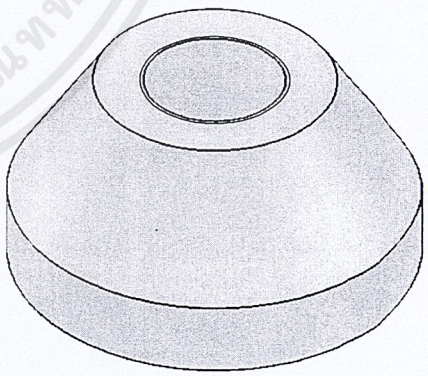
SIZE A DWG. NO. สกรู REV.

SCALE: 1:10 WEIGHT: SHEET 1 OF 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้







DIMENSIONS ARE IN INCHES
TOLERANCES:
FRACTIONAL ±
ANGULAR: MACH ± BEND ±
TWO PLACE DECIMAL ±
THREE PLACE DECIMAL ±

MATERIAL

FINISH

NAME DATE

DRAWN

CHECKED

ENG APPR.

MFG APPR.

Q.A.

COMMENTS:

PROPRIETARY AND CONFIDENTIAL
THE INFORMATION CONTAINED IN THIS DRAWING IS THE SOLE PROPERTY OF <INSERT COMPANY NAME HERE>. ANY REPRODUCTION IN PART OR AS A WHOLE WITHOUT THE WRITTEN PERMISSION OF <INSERT COMPANY NAME HERE> IS PROHIBITED.

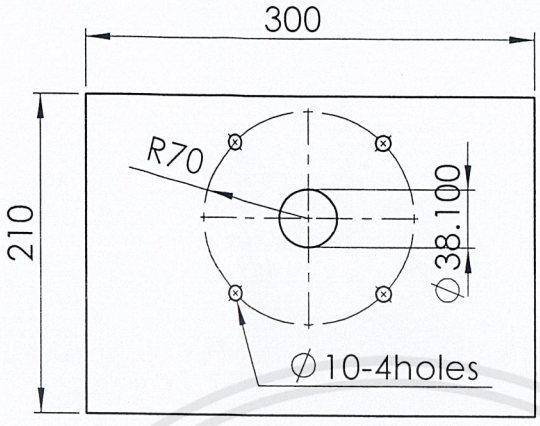
NEXT ASSY USED ON

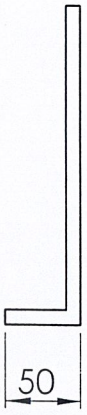
APPLICATION DO NOT SCALE DRAWING

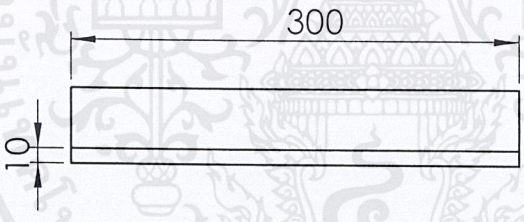
SIZE A DWG. NO. หัวอัด REV.

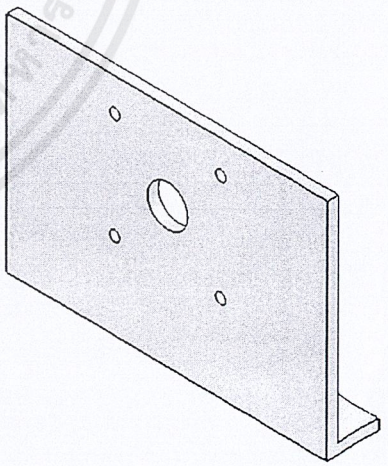
SCALE: 1:2 WEIGHT: SHEET 1 OF 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้









DIMENSIONS ARE IN INCHES
TOLERANCES:
FRACTIONAL ±
ANGULAR: MACH ± BEND ±
TWO PLACE DECIMAL ±
THREE PLACE DECIMAL ±

MATERIAL

FINISH

NAME DATE

DRAWN
CHECKED
ENG APPR.
MFG APPR.
Q.A.
COMMENTS:

PROPRIETARY AND CONFIDENTIAL
THE INFORMATION CONTAINED IN THIS DRAWING IS THE SOLE PROPERTY OF <INSERT COMPANY NAME HERE>. ANY REPRODUCTION IN PART OR AS A WHOLE WITHOUT THE WRITTEN PERMISSION OF <INSERT COMPANY NAME HERE> IS PROHIBITED.

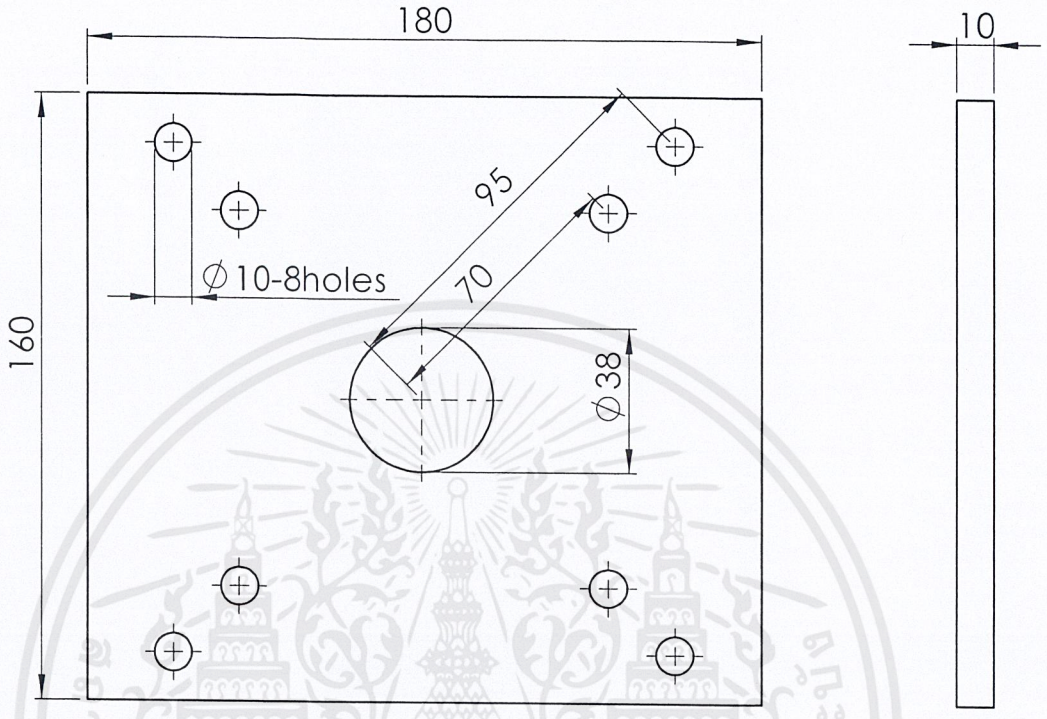
NEXT ASSY USED ON

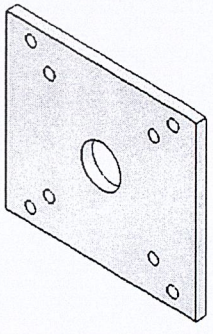
APPLICATION DO NOT SCALE DRAWING

SIZE A DWG. NO. ที่รองสกรู REV.

SCALE:1:5 WEIGHT: SHEET 1 OF 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้





DIMENSIONS ARE IN INCHES
TOLERANCES:
FRACTIONAL ±
ANGULAR: MACH ± BEND ±
TWO PLACE DECIMAL ±
THREE PLACE DECIMAL ±

MATERIAL

FINISH

NEXT ASSY USED ON

APPLICATION DO NOT SCALE DRAWING

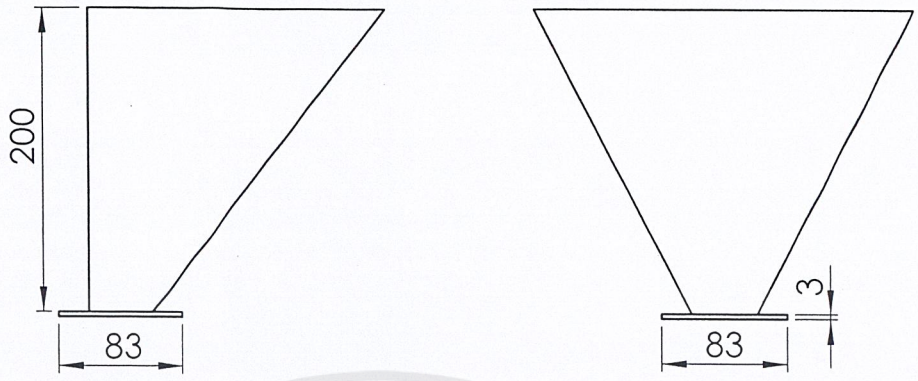
	NAME	DATE
DRAWN		
CHECKED		
ENG APPR.		
MFG APPR.		
Q.A.		
COMMENTS:		

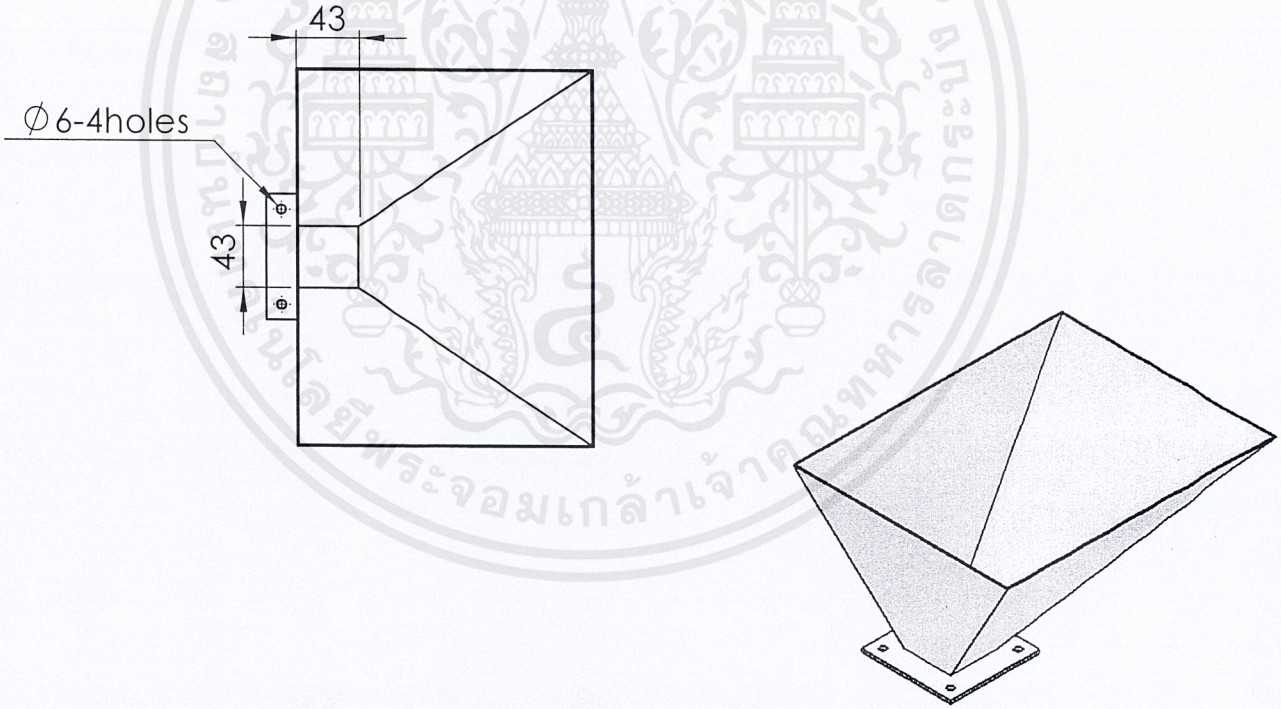
PROPRIETARY AND CONFIDENTIAL
THE INFORMATION CONTAINED IN THIS DRAWING IS THE SOLE PROPERTY OF <INSERT COMPANY NAME HERE>. ANY REPRODUCTION IN PART OR AS A WHOLE WITHOUT THE WRITTEN PERMISSION OF <INSERT COMPANY NAME HERE> IS PROHIBITED.

SIZE A | DWG. NO. ที่ปิดกระบอก | REV.

SCALE: 1:2 | WEIGHT: | SHEET 1 OF 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้





DIMENSIONS ARE IN INCHES
TOLERANCES:
FRACTIONAL ±
ANGULAR: MACH ± BEND ±
TWO PLACE DECIMAL ±
THREE PLACE DECIMAL ±

MATERIAL

FINISH

NEXT ASSY USED ON

APPLICATION DO NOT SCALE DRAWING

	NAME	DATE
DRAWN		
CHECKED		
ENG APPR.		
MFG APPR.		
Q.A.		
COMMENTS:		

SIZE A DWG. NO. ที่ป้อน สกัด REV.

SCALE:1:5 WEIGHT: SHEET 1 OF 1

PROPRIETARY AND CONFIDENTIAL
THE INFORMATION CONTAINED IN THIS DRAWING IS THE SOLE PROPERTY OF <INSERT COMPANY NAME HERE>. ANY REPRODUCTION IN PART OR AS A WHOLE WITHOUT THE WRITTEN PERMISSION OF <INSERT COMPANY NAME HERE> IS PROHIBITED.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้