อภินันทนาการ

สำนักหอสมุด

อิทธิพลของความดันและอุณหภูมิต่ออัตราการผลิตน้ำมันถั่วลิสงสกัดเย็นโดยใช้กระบอกอัดไฮดรอลิก

THE EFFECT OF PRESSURE AND TEMPERATURE ON YIELD OF HYDRAULIC COLD PRESSED PEANUT OIL

สำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยนเรศวร
วันลงทะเบียน 14 ก.ย. 2560
เลขทะเบียน 19182004
เลขเรียกหนังสือ.....
ฟร
ก 8940
2559

นายแก้วลิขิต สมเขียน รหัส 56361877
นายสกนธ์พล แก้วสี รหัส 56362027
นายปิยะรัตน์ จิตมั่น รหัส 56362119

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
ปีการศึกษา 2559

ใบรับรองปริญญานิพนธ์

ชื่อหัวข้อโครงงาน : **อิทธิพลของความดันและอุณหภูมิต่ออัตราการผลิตน้ำมันถั่วลิสงสกัดเย็นโดยใช้กระบอกอัดไฮดรอลิก**

ผู้ดำเนินโครงงาน : นายแก้วลิขิต สมเขียน รหัสนิสิต 56361877
นายสกนธ์พล แก้วสี รหัสนิสิต 56362027
นายปิยะรัตน์ จิตมั่น รหัสนิสิต 56362119

ที่ปรึกษาโครงงาน : รศ.ดร.ปฐมศก วิไลพล

ภาควิชา : วิศวกรรมเครื่องกล

ปีการศึกษา : 2559

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อนุมัติให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้**เป็นส่วนหนึ่งของ**การศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเครื่องกล

.....ที่ปรึกษาโครงงาน
(รศ.ดร.ปฐมศก วิไลพล)

.....กรรมการ
(รศ.ดร.ปิยธนันท์ เจริญสวรรค์)

.....กรรมการ
(ผศ.นพรัตน์ สีหะวงษ์)

ชื่อหัวข้อโครงงาน : อิทธิพลของความดันและอุณหภูมิต่ออัตราการผลิตน้ำมันถั่วลิสงสกัดเย็นโดยใช้กระบอกอัดไฮดรอลิก
ผู้ดำเนินโครงงาน : นายแก้วลิขิต สมเขียน รหัสนิสิต 56361877
นายสกนธ์พล แก้วสี รหัสนิสิต 56362027
นายปิยะรัตน์ จิตมั่น รหัสนิสิต 56362119
ที่ปรึกษาโครงงาน : รศ.ดร.ปฐมศก วิไลพล
ภาควิชา : วิศวกรรมเครื่องกล
ปีการศึกษา : 2559

บทคัดย่อ

น้ำมันถั่วลิสงเป็นน้ำมันธรรมชาติที่อยู่ในเมล็ดถั่วลิสงและมีคุณค่าสารอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกายหลายอย่าง จึงนิยมใช้ในการผลิตในการบริโภค สำหรับการสกัดนั้น จะใช้กระบอกอัดไฮดรอลิกเป็นเครื่องมือในการสกัดเย็นน้ำมันถั่วลิสงและใช้เครื่อง UTM เป็นอัดกำลังแรงกดลงไปยังกระบอกอัด ซึ่งในการศึกษาอิทธิพลของตัวแปรต่าง ๆ ในตอนที่ 1 จะใช้ตัวความดันที่ 20 40 และ 60 เมกะปาสคาล และตัวแปรอุณหภูมิที่ 40 50 และ 60 องศาเซลเซียส ใช้เมล็ดถั่วลิสงจำนวน 10 กรัมสำหรับการอัดแต่ละครั้ง และอัดค้างไว้ 10 นาทีเมื่อความดันถึงค่าที่กำหนด จากนั้นบันทึกผลการทดลอง ผลจากการศึกษาอิทธิพลของตัวแปรต่างๆ โดยการสกัดน้ำมันด้วยกระบอกไฮดรอลิกจะได้ปริมาณน้ำมันเฉลี่ยมากที่สุดเท่ากับ 26.97 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักเมล็ด คิดเป็นร้อยละ 63.48 ของน้ำมันในเมล็ด อยู่ในช่วงความดันที่ 40 เมกกะปาสคาล อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ตอนที่ 2 หาความดันที่ไม่ทำให้เมล็ดถั่วเสียรูปและหาค่าความหนาแน่น โดยความดันที่ใช้ 4 8 12 16 20 24 28 32 และ 36 เมกะปาสคาล ที่อุณหภูมิห้อง ความดัน 16 เมกะปาสคาล เป็นช่วงความดันที่ทำให้ถั่วเสียรูปน้อย 6 เปอร์เซ็นต์ ในส่วนของความหนาแน่น ถั่วก่อนแช่น้ำมีแนวโน้มของความหนาแน่นถั่วลดลงเมื่อสกัดโดยใช้ความดันสูงขึ้น ถั่วหลังแช่น้ำมีแนวโน้มของความหนาแน่นถั่วเพิ่มขึ้นเมื่อสกัดโดยใช้ความดันสูงขึ้น และถั่วหลังอบมีแนวโน้มเช่นเดียวกับถั่วก่อนแช่น้ำ ตอนที่ 3 เป็นการอุ่นเมล็ดถั่วลิสงด้วย Microwave Oven ใช้เมล็ดถั่วลิสง 10 กรัม ใช้ค่ากำลังไฟฟ้า 100 180 และ 300 วัตต์ และเวลาที่ใช้ 60 90 และ 180 วินาที ค่าของความดันที่ 40 เมกะปาสคาลและอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส โดยการสกัดน้ำมันด้วยกระบอกไฮดรอลิกจะได้ปริมาณน้ำมันเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 32.01 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักเมล็ด คิดเป็นร้อยละ 75.63 ของน้ำมันในเมล็ด อยู่ในช่วงกำลังไฟฟ้าที่ 180 วัตต์ เวลา 90 วินาที

Project Title	: The effect of pressure and temperature on yield of hydraulic cold-pressed peanut oil
Name	: Mr. Kaewlikhit Somkian ID 56361877
	Mr. Sakonphol Kaewsee ID 56362027
	Mr. Piyarat Jitmun ID 56362119
Project Advisor	: Assoc. Prof. Dr. Patomsok Wilaipon
Department	: Mechanical Engineering
Academic year	: 2016

.....

Abstract

Peanut oil is a natural oil in peanut seeds contained several kinds nutritious matters. For the extraction process, a hydraulic cylinder and a UTM hydraulic press were used as the tools for cold-pressed peanut oil production. In order to investigate the effect of pressure (20 40 and 60 MPa) and temperature (40 50 and 60 degree Celsius), 10 g of peeled-peanut was used as raw material for each condition of the experiment. After reaching the setting pressure, it was hold for 10 min then the extracted oil weight was recorded. It was found that the mean value of maximum yield was about 63.48 % of the total amount of oil in the seeds. The conditions for this maximum yield was 40 MPa and 40 degree Celsius respectively. The second part of the study was to determine the maximum pressure without breaking the peanut seeds in order to produce low-fat peanut product. The applied pressure levels were 4-36 MPa with 4 MPa increment. The results showed that the percentage of breaking peanut less than 6% was accounted for the pressure below 16 MPa conditions. According to the density of peanut seed after reconstitution process by soaking the flattened seeds into room-temperature water, it showed that the density was increased with an increasing in the process pressure. The effect of microwave-radiation pre-heating process of peanut seeds was also studied. The investigated conditions were 100, 180 and 300 W microwave-power and 60, 90 and 180 s heating-time at 40 MPa and 60 degree Celsius respectively. It was found that the maximum yield, 32.01 % w/w basis which is about 75.63 % of the total amount of oil available in the seeds, was accounted for 180 W and 90 s condition.

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยดีเพราะได้รับความช่วยเหลือในด้านคำแนะนำในการทำโครงงาน จาก รองศาสตราจารย์ ดร. ปฐมศก วิไลพล ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานคณะผู้จัดทำจึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณครูช่างวาฤทธิ์ ภมร ที่ให้คำแนะนำในการใช้เครื่อง UNIVERSAL TESTING MACHINE (UTM) ในการทำโครงงานชิ้นนี้

ขอขอบพระคุณฝ่ายเลขานุการ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ที่ช่วยอำนวยความสะดวกในการดำเนินโครงงาน

สุดท้ายนี้คณะผู้จัดทำหวังอย่างยิ่งว่าโครงงานฉบับนี้จะมีประโยชน์ต่อผู้ที่สนใจในเรื่องการสกัดเย็นด้วยเครื่องอัดแบบไฮดรอลิก และถ้าเกิดข้อผิดพลาดประการใดจากโครงงานนี้ ผู้ดำเนินงานต้องกราบขออภัยไว้ ณ ที่นี้ด้วย

นายแก้วลิขิต สมเขียน
นายสกนธ์พล แก้วสี
นายปิยะรัตน์ จิตมั่น

สารบัญ

	หน้า
ใบรับรองโครงงาน	ก
บทคัดย่อภาษาไทย	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
กิตติกรรมประกาศ	ง
สารบัญ	จ
สารบัญตาราง	ช
สารบัญรูปภาพ	ช
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงงาน	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา	2
1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
1.4 ขอบเขตของโครงงาน	2
1.5 ขั้นตอนการดำเนินงาน	3
1.6 แผนการดำเนินงาน	4
1.7 รายละเอียดงบประมาณตลอดโครงงาน	4
บทที่ 2 หลักการและทฤษฎี	5
2.1 ทฤษฎีเกี่ยวกับถั่วลิสง	5
2.2 Universal Testing Machine	9
2.3 การสกัดน้ำมัน	10
2.4 การหาขนาดและรูปร่างของเมล็ดถั่วลิสง	10
2.5 การความหน่าแน่น	11
2.6 วรรณกรรมปริทรรศน์	11

บทที่ 3 อุปกรณ์การทดลองและวิธีการทดลอง 14

3.1 อุปกรณ์และวิธีการทดลองการสกัดด้วยสารละลาย 14

3.2 การสกัดด้วยเครื่องอัดไฮดรอลิก 19

บทที่ 4 ผลการทดลองและอภิปรายผล 35

4.1 ผลการทดลองการหาขนาดถั่ว 35

4.2 ผลการทดลองและวิเคราะห์ผลการผลิตน้ำมันถั่วลิสงด้วยสารละลาย 36

4.3 ผลการทดลองและวิเคราะห์ผลการผลิตน้ำมันถั่วลิสงสกัดเย็น 36

4.4 ผลการทดลองและวิเคราะห์การหาความดันที่ไม่ทำให้ถั่วลิสงเสียรูปและหาความหนาแน่น 39

4.5 ผลการทดลองและวิเคราะห์ผลการอุ่นเมล็ดถั่วลิสงก่อนการสกัดเย็น 43

บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ 45

5.1 สรุปผลการทดลอง 45

5.2 ข้อเสนอแนะ 45

เอกสารอ้างอิง 47

ภาคผนวก รูปขั้นตอนการทำเครื่องสกัดน้ำมันแบบไฮดรอลิก และการสกัดน้ำมัน 49

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
ตารางที่ 1.1 ขั้นตอนการดำเนินงาน	4
ตารางที่ 2.1 ผลผลิตถั่วลิสงของประเทศผู้ผลิตที่สำคัญของโลก	7
ตารางที่ 2.2 พื้นที่ปลูก ผลผลิต ผลผลิตต่อไร่ ราคา และมูลค่าถั่วลิสงในประเทศไทย	7
ตารางที่ 4.1 ความกว้าง หนา และสูงของถั่วลิสง	35
ตารางที่ 4.2 แสดงผลปริมาณน้ำมันถั่วลิสงด้วยการสกัดด้วยตัวทำละลาย	36
ตารางที่ 4.3 แสดงปริมาณน้ำมันถั่วลิสงสกัดเย็นที่อุณหภูมิห้อง ความดัน 4 8 12 16 20 24 28 32 และ 36 เมกะปาสคาล	39
ตารางที่ 4.4 แสดงค่าเฉลี่ยของถั่วลิสงที่เสียรูป	42

สารบัญรูปภาพ

รูปที่	หน้า
รูปที่ 2.1 ถั่วลิสงพันธุ์ Arachis hypogaea spp. Hypogaea	6
รูปที่ 2.2 ถั่วลิสงพันธุ์ Arachis hypogaea spp. fastigiata	6
รูปที่ 2.3 ลักษณะเครื่องทดสอบแรงดึง UNIVERSAL TESTING MACHINE (UTM)	9
รูปที่ 3.1 Soxhlet extraction	14
รูปที่ 3.2 เตาให้ความร้อนแบบหลุม (Heating Mantle)	15
รูปที่ 3.3 สารละลายเฮกเซน (Hexane)	15
รูปที่ 3.4 ปั๊มน้ำ	16
รูปที่ 3.5 เครื่องบดกาแฟ (แบบมือหมุน)	16
รูปที่ 3.6 เครื่องชั่งสาร	17
รูปที่ 3.7 กระบวนการสกัดน้ำมันด้วยตัวทำละลาย	18
รูปที่ 3.8 กระบอกอัด	19
รูปที่ 3.9 Universal testing machine (UTM)	19
รูปที่ 3.10 Controller ควบคุมอุณหภูมิ	20
รูปที่ 3.11 เทอร์โมคัปเปิลแบบสายรัดทรงกระบอก	20
รูปที่ 3.12 ฮีตเตอร์ทรงกระบอก	21
รูปที่ 3.13 เครื่องชั่งสาร	21
รูปที่ 3.14 กระบอกตวง ปริมาตร 11.89 ลูกบาศก์เซนติเมตร	22
รูปที่ 3.15 แป้ง	22
รูปที่ 3.16 ที่ปาดขอบ	23
รูปที่ 3.17 ที่ร่อนแป้ง	23
รูปที่ 3.18 Microwave Oven	24
รูปที่ 3.19 แกะเยื่อหุ้มเมล็ดถั่วและแบ่งออกเป็นสองส่วน	25
รูปที่ 3.20 ชั่งน้ำหนักเมล็ดถั่วลิสง 10 กรัม	26
รูปที่ 3.21 ใส่ตะแกรงรองกาก 3 แผ่น ในกระบอกอัด	26
รูปที่ 3.22 ใส่เมล็ดถั่วในกระบอกอัด	26
รูปที่ 3.23 ตั้งความเร็วที่เครื่อง UTM	27
รูปที่ 3.24 ตั้งอุณหภูมิฮีตเตอร์	27
รูปที่ 3.25 ทำการอัดเชิงกล	28

รูปที่ 3.26 ความดันและอุณหภูมิที่กำหนดให้อัดค้างไว้ 10 นาที 28
รูปที่ 3.27 ชั่งน้ำหนักของน้ำมันและกากของเมล็ดถั่วลิสง 29
รูปที่ 3.28 นำน้ำมันไปอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง 29
รูปที่ 3.29 นำกากเมล็ดถั่วลิสงแบ่งเป็น 2 ส่วน 30
รูปที่ 3.30 ส่วนแรกชั่งน้ำหนัก และนำไปหาความหนาแน่น 30
รูปที่ 3.31 หาความหนาแน่นหลังแช่น้ำ 30 นาที 31
รูปที่ 3.32 เมล็ดถั่วหลังแช่น้ำไปอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 ชั่วโมง 31
รูปที่ 3.33 เมล็ดถั่วที่อบแล้วมาชั่งน้ำหนักและหาความหนาแน่น 32
รูปที่ 3.34 คัดแยกและหาปริมาณถั่วลิสงที่เสียรูป 32
รูปที่ 3.35 หาความหนาแน่นของแป้ง 33
รูปที่ 3.36 หาความหนาแน่นเมล็ดถั่ว 33
รูปที่ 3.37 ชั่งน้ำหนัก (M_t) 34
รูปที่ 4.1 กราฟแสดงการกระจายของข้อมูลของปริมาณน้ำมันที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ความดัน 20 30 และ 40 เมกะปาสคาล 36
รูปที่ 4.2 กราฟแสดงการกระจายของข้อมูลของปริมาณน้ำมันที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ความดัน 20 30 และ 40 เมกะปาสคาล 37
รูปที่ 4.3 กราฟแสดงการกระจายของข้อมูลของปริมาณน้ำมันที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ความดัน 20 30 และ 40 เมกะปาสคาล 37
รูปที่ 4.4 กราฟแสดงช่วงของความดันและอุณหภูมิที่มีผลต่อปริมาณน้ำมัน 38
รูปที่ 4.5 กราฟแสดงความหนาแน่นของถั่วก่อนการแช่น้ำ 40
รูปที่ 4.6 กราฟแสดงความหนาแน่นของถั่วหลังการแช่น้ำ 40
รูปที่ 4.7 เปรียบเทียบถั่วก่อนและหลังแช่น้ำ 41
รูปที่ 4.8 กราฟแสดงความหนาแน่นของถั่วหลังการอบ 41
รูปที่ 4.9 กราฟเปรียบเทียบระยะเวลากับกำลังไฟฟ้าที่ใช้ในการอุ่นเมล็ดถั่ว 43
รูปที่ 4.10 เปรียบเทียบปริมาณน้ำมันที่ได้จากการทดลองอุ่นเมล็ดถั่วลิสงและไม่อุ่น 43

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงงาน

ถั่วลิสงจัดอยู่ในกลุ่มพืชผลิตไม่พอกับความต้องการทั้งนี้เพราะถั่วลิสงเป็นพืชไร่ตระกูลถั่วที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง สามารถนำมาประกอบเป็นอาหารสำหรับบริโภคได้ง่ายผลผลิตที่ได้มากกว่า 90% นำมาใช้ภายในประเทศโดยใช้บริโภคในรูปถั่วต้ม ถั่วคั่ว ถั่วอบ เป็นส่วนประกอบของอาหารคาวหวานต่างๆการทำเป็นผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปเพื่อจำหน่ายทั้งตลาดในประเทศและต่างประเทศ บางส่วนนำมาสกัดน้ำมันและกากใช้ในอุตสาหกรรมทำอาหารสัตว์ ในช่วง 3 ปีที่ผ่านมาการขยายตัวของอุตสาหกรรมการทำอาหารสัตว์มีปริมาณเพิ่มมากขึ้นจึงทำให้ผลผลิตของถั่วลิสงที่ผลิตไม่เพียงพอกับความต้องการใช้ภายในประเทศต้องนำเข้าถั่วลิสงจากต่างประเทศโดยการนำเข้าในรูปถั่วลิสงทั้งเปลือกกะเทาะเปลือกและกากในปี 2542 2543 และ2544 จำนวน 46,713 34,723 และ 93,478 ตัน มูลค่า 259.79 457.96 และ 1,123.36 ล้านบาท ตามลำดับ

ถั่วลิสงยังเป็นพืชน้ำมันที่สำคัญในเมล็ดของถั่วลิสงมีส่วนประกอบของน้ำมันประมาณ 47-50 เปอร์เซ็นต์ สามารถนำมาสกัดเป็นน้ำมันเพื่อเพิ่มมูลค่าได้ ปัจจุบันราคาน้ำมันถั่วลิสงสำหรับใช้รับประทานอยู่ที่ลิตรละ 125 บาท [กรมการค้าภายใน, 2558] และราคาน้ำมันถั่วลิสงที่ได้จากกรรมวิธีสกัดเย็นซึ่งเป็นวิธีการอัดเชิงกลที่ไม่ผ่านกระบวนการทางความร้อนหรือผ่านกระบวนการทางความร้อนที่อุณหภูมิไม่เกิน 60 องศาเซลเซียส ซึ่งจะมีคุณค่าทางโภชนาการสูง จะมีราคาที่สูงขึ้นอีกตามเกรดของน้ำมันมีงานวิจัยของอาชัย พิทยภาคย์ และคณะศึกษาความเหมาะสมทางด้านเศรษฐศาสตร์ในการสร้างโรงสกัดน้ำมันถั่วเหลืองและถั่วลิสงดิบขนาดเล็กสำหรับกลุ่มเกษตรกรในท้องถิ่นภาคเหนือของประเทศโดยใช้เครื่องสกัดน้ำมันแบบบีบอัดด้วยเกลียว สำหรับถั่วลิสงพบว่ามีความเป็นไปได้ในเชิงเศรษฐศาสตร์เนื่องจากมีต้นทุนในระดับที่ชุมชนสามารถลงทุนได้และให้ผลตอบแทนที่ดี ซึ่งมูลค่าในการลงทุนอยู่ที่ 11,426,110 บาท อัตราผลตอบแทนภายใน 490 เปอร์เซ็นต์ ระยะเวลาการคืนทุน 0.2 ปี ซึ่งสามารถส่งเสริมเป็นอุตสาหกรรมระดับชุมชนได้

จากงานวิจัยเกี่ยวกับการสกัดน้ำมันด้วยวิธีการอัดเชิงกลพบว่าการให้ความร้อนมีผลต่อปริมาณน้ำมันที่สกัดได้จากพืชน้ำมันบางชนิดความเร็วเกลียวอัด ขนาดช่องคายกาก และลักษณะของเกลียวอัดซึ่งส่งผลต่อความดันภายในกระบอกอัดมีอิทธิพลต่อวัตถุดิบแต่ละชนิดแตกต่างกัน การนำ

ข้อมูลการทดลองของวัตถุดิบชนิดอื่นมาใช้ในการสร้างเครื่องสำหรับการสกัดน้ำมันจากเมล็ดถั่วลิสง อาจจะทำให้ไม่ได้ประสิทธิภาพการอัดที่ดีที่สุด

คณะผู้จัดทำจึงทำการศึกษาทดลองอิทธิพลของความดัน และการให้ความร้อนแก่กระบอกอัดในขณะทำการอัดเมล็ดถั่วลิสงโดยใช้เครื่องอัดไฮดรอลิก และควบคุมอุณหภูมิไม่เกิน 60 องศาเซลเซียส เพื่อทำเป็นฐานข้อมูลในการใช้อ้างอิงสำหรับออกแบบเครื่องอัดเชิงกลสำหรับเมล็ดถั่วลิสง

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1.2.1 ศึกษากระบวนการสกัดน้ำมันจากเมล็ดถั่วลิสงด้วยการสกัดเย็น

1.2.2 ศึกษาอิทธิพลของความดัน และอุณหภูมิ ต่ออัตราการผลิตน้ำมันถั่วลิสงสกัดเย็นโดยใช้กระบอกอัดไฮดรอลิก

1.2.3 ศึกษาความดันที่เหมาะสมที่ไม่ทำให้เมล็ดถั่วลิสงแตก และลดปริมาณน้ำมันเพื่อผลิตถั่วลิสงไขมันต่ำ

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.3.1 ทราบถึงอิทธิพลและอิทธิพลร่วมของอุณหภูมิและความดัน เพื่อศึกษาการส่งผลร่วมกันของตัวแปรทั้งสองที่มีผลต่อปริมาณน้ำมันที่ได้จากการอัด

1.3.2 เพื่อเป็นข้อมูลสำหรับการออกแบบและพัฒนาเครื่องสกัดน้ำมันด้วยการอัดเชิงกล

1.3.3 ทราบถึงความดันที่เหมาะสมที่ไม่ทำให้เมล็ดถั่วลิสงแตก เพื่อทำเป็นถั่วลิสงไขมันต่ำ

1.4 ขอบเขตของโครงงาน

1.4.1 เพื่อศึกษาผลกระทบระหว่างความดันและอุณหภูมิในการอัดถั่วลิสงด้วยการอัดเชิงกลที่ส่งผลต่อปริมาณน้ำมันที่ได้รับ

1.4.2 ทดสอบการอัดเชิงกลโดยใช้เครื่อง Universal Testing Machine (UTM)

1.4.3 ความดันที่ใช้ในการทดลองมี 3 ระดับ คือ 20 30 และ 40 เมกะปาสคาล

1.4.4 อุณหภูมิที่ใช้อุ่นกระบอกอัดมี 3 ระดับ คือ 40 50 และ 60 องศาเซลเซียส

1.4.5 หาความดันที่ไม่ทำให้เมล็ดถั่วลิสงแตก โดยใช้ความดัน 4 8 12 16 20 24 28 32 และ 36 เมกะปาสคาล

1.4.6 หาปริมาณน้ำมันด้วยการอัดเชิงกล โดยการอุ่นเมล็ดถั่วลิสงก่อนด้วย Microwave Oven ใช้กำลังไฟฟ้า 100 180 และ 300 วัตต์ เวลาที่ใช้ 60 90 และ 180 วินาที กำหนดค่าอุณหภูมิที่ 60 องศาเซลเซียสและความดันที่ 40 เมกะปาสคาล ในการอัดเชิงกลและทำการเปรียบเทียบกับการทดลองตอนที่ 1

1.4.7 วัตถุดิบที่ใช้ในการทดลองคือ เมล็ดถั่วลิสงพันธุ์ Arachis hypogaea spp. Hypogaea

1.5 ขั้นตอนการดำเนินงาน

1.5.1 ศึกษาหลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการสกัดเย็นด้วยเครื่องอัดไฮดรอลิก

1.5.2 เลือกตัวแปรที่จะทำการทดลองโดยเลือกความดันและอุณหภูมิในการบีบอัด

1.5.3 ศึกษาทฤษฎีเกี่ยวกับการออกแบบเครื่องอัดไฮดรอลิกเพื่อใช้ในการทดลอง

1.5.4 ดำเนินการทดลอง

1.5.5 นำผลที่ได้จากการทดลองเนื่องจากตัวแปรทั้งสองมาวิเคราะห์แนวโน้มของปริมาณน้ำมันที่สกัดได้

1.5.6 จัดทำรูปเล่มปริญญานิพนธ์

1.6 แผนการดำเนินงาน

ตารางที่ 1.1 การแสดงขั้นตอนการดำเนินงาน

กิจกรรม	2559			2560			
	ต.ค	พ.ย	ธ.ค	ม.ค	ก.พ	มี.ค	เม.ย
1.ศึกษาหลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับกระบวนการสกัดเย็นด้วยเครื่องอัดไฮดรอลิก							
2.เลือกตัวแปรที่จะทำการทดลองโดยเลือกความดันและอุณหภูมิในการบีบอัด							
3.ออกแบบการทดลองให้เหมาะสมกับงานที่ทำ							
4.ดำเนินการทดลอง							
5. นำผลจากการทดลองมาวิเคราะห์เพื่อหาค่าสภาวะการบีบอัดน้ำมันด้วยเครื่องอัดไฮดรอลิก							
6.จัดทำรูปเล่มปริญญานิพนธ์							

1.7 รายละเอียดงบประมาณตลอดโครงงาน

เครื่องสกัดน้ำมันแบบไฮดรอลิก	1,700	บาท
ฮีตเตอร์	315	บาท
เมล็ดถั่วลิสง	90	บาท
ค่าจัดทำเอกสาร	1,000	บาท
รวม	3,105	บาท

บทที่ 2

หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีเกี่ยวกับถั่วลิสง

ชื่อสามัญไทย : ถั่งลิสง ถั่วยี่สง ถั่วดิน ถั่วคุด

ชื่ออื่นๆ : Peanut, groundnut, arachide

Family : Papilionaceae

Genus : Arachis

Species : hypogaea

ชื่อวิทยาศาสตร์ : Arachis hypogaea hypogaea, Arachis hypogaea fastigiata

2.1.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

ระบบรากเป็นระบบรากแก้ว (tap root system) ซึ่งมีราก 3 ชนิด คือรากแก้ว รากแขนง และรากฝอย ใบมีลักษณะกลมรี ปลายใบมน มีขนาดประมาณ 3x4 เซนติเมตร แต่ละชุดของใบมีใบย่อย 2 คู่แบบ pinnate ก้านใบรวมมีความยาว 3-7 เซนติเมตร ที่โคนมีหูใบ 2 อัน ดอกเป็นช่อมีขนาดเล็ก เป็นดอกสมบูรณ์เพศ ฐานช่อดอกเรียกว่า bract ดอกเป็นแบบผีเสื้อ มีส่วนต่างๆ เป็นลำดับนอกสุดถึงชั้นในสุดคือ กลีบดอก ประกอบด้วยกลีบดอกชั้นนอก 1 กลีบ ชั้นกลาง 2 กลีบ และชั้นในสุด 2 กลีบ ภายในกลีบดอกชั้นในสุด มีอับเกสรตัวผู้ 10 อัน (มีลักษณะกลม 4 อัน รูปไข่ 4 อัน และอีก 2 อันเป็นหมัน) และมีเกสรตัวเมีย ซึ่งประกอบด้วย ยอดเกสรตัวเมีย ก้านเกสรตัวเมีย และรังไข่ เมื่อดอกได้รับการผสมเรียบร้อยแล้วจะพัฒนาเป็นรูปร่างยาว โดยการยืดตัวของท่อ hypanthium การยืดตัวนี้เกิดจากการยืดตัวของเนื้อเยื่อซึ่งอยู่ที่ฐานของรังไข่ ก้านยาวนี้มีปลายแข็งเรียกทั้งหมดว่าเข็ม เมล็ดของ ถั่วลิสงมีเยื้อหุ้มสีต่างๆ กัน ขนาดเมล็ดขึ้นอยู่กับชนิดของถั่ว

2.1.2 การจำแนกชนิดของถั่วลิสง

1. การจำแนกทางพฤศาสตร์ (botanicalclassification) แบ่งเป็น 2 sub-species คือ

- Arachis hypogaea spp. hypogaea พวกนี้ไม่มีดอกบนต้นหลักบนแขนงมีดอก 2 ข้อ เว้น 2 ข้อ เป็นพันธุ์หนัก เมล็ดมีระยะพักตัว มักเป็นพุ่มเลื้อย ฝักมี 2 เมล็ด ขนาดใหญ่ พวกนี้ได้แก่ ประเภทเวอร์จิเนีย

รูปที่ 2.1 ถั่วลิสงพันธุ์ Arachis hypogaea spp. Hypogaea

[ที่มา http://www.prota4u.org]

- Arachis hypogaea spp. fastigiata มีดอกบนต้นหลักและกิ่ง **ฝักเกิดเป็นกระจุกที่โคนต้น** เมล็ดไม่มีระยะพักตัว มีอายุเก็บเกี่ยวสั้นกว่าพวกแรก แบ่งออกได้เป็น 2 **พวกย่อยๆ คือ พวกวาเลนเซีย** (ฝักยาวมี 3-4 เมล็ด) และสแปนนิช (ฝักสั้นมี 2 เมล็ด)

รูปที่ 2.2 **ถั่วลิสงพันธุ์** Arachis hypogaea spp. fastigiata

[ที่มา https://en.wikipedia.org]

2. แบ่งตามลักษณะทรงต้น

- ประเภทต้นตรง (erect type) มีทั้งวาเลนเซีย สแปนนิช และเวอร์จิเนีย ฝักจะเป็นกระจุกที่โคนต้น

- ประเภทเลื้อยหรือกึ่งเลื้อย (runner or semi-spred type) เป็นพวกเวอร์จิเนีย ฝักกระจายตามข้อของลำต้น

2.1.3 แหล่งผลิตถั่วลิสง

ตารางที่ 2.1 ผลผลิตถั่วลิสงของประเทศผู้ผลิตที่สำคัญของโลก [1]

ประเทศ	ปี 2543/2544	ปี 2544/2545
อินเดีย	5.70	7.80
สาธารณรัฐประชาชนจีน	14.44	14.50
สหรัฐอเมริกา	1.48	1.89
เซเนกัล	0.92	0.95
อาร์เจนตินา	0.36	0.38
ซูดาน	0.37	0.37
บราซิล	0.20	0.37
แอฟริกาใต้	0.26	0.15
อื่นๆ	7.44	7.50
รวม	31.17	33.72

ตารางที่ 2.2 พื้นที่ปลูก ผลผลิต ผลผลิตต่อไร่ ราคา และมูลค่าถั่วลิสงในประเทศไทย [1]

ปี	พื้นที่ปลูก (ไร่)	ผลผลิต (ตัน)	ผลผลิต (กิโลกรัม/ไร่)	ราคาที่เกษตรขายได้(บาท/กิโลกรัม)	มูลค่า (ล้านบาท)
2535/36	650,274	136,863	218	7.98	1,092
2536/37	602,790	136,363	238	8.46	1,154
2537/38	650,671	150,329	240	9.07	1,363
2538/39	624,035	146,755	243	10.24	1,503
2539/40	618,782	146,703	247	11.15	1,636
2540/41	538,354	126,497	246	13.69	1,732
2541/42	559,316	135,316	250	12.17	1,647
2542/43	563,262	137,526	255	11.10	1,527
2543/44	549,972	135,306	252	10.39	1,406

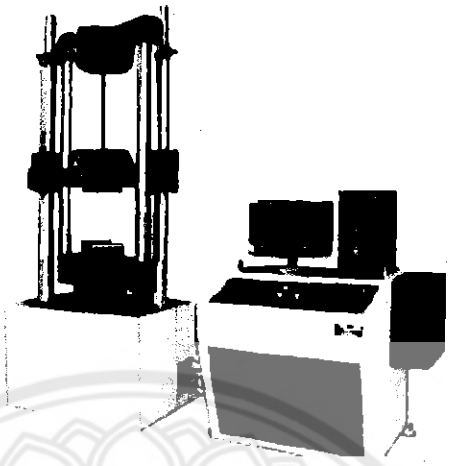
2.1.4 การใช้ประโยชน์ถั่วลิสง

การเลือกใช้กากถั่วลิสง โดยเฉพาะอย่ายิ่งกากถั่วลิสงสกัดน้ำมันต้องระวังเรื่องเชื้อราหรือสารอะฟลาท็อกซิน เพราะถั่วลิสงที่ใช้ผลิตมักเป็นถั่วคุณภาพต่ำ กากถั่วลิสงที่มีโปรตีนค่อนข้างต่ำ (ต่ำกว่า 40 เปอร์เซ็นต์) มักมีไขมันหลงเหลืออยู่มากจึงหืนง่ายเก็บไว้ได้ไม่นาน อนึ่งในปัจจุบันกากถั่วลิสงสกัดน้ำมันชนิดไม่กระเทาะเปลือกผลิตออกมาจำหน่ายมากขึ้น กากถั่วลิสงพวกนี้จะมีโปรตีนต่ำประมาณ 37-40 เปอร์เซ็นต์ และมีเยื่อใยสูง นอกจากนี้อาจมีพวกดินทรายปะปนมา ส่วนกากถั่วลิสงสกัดน้ำมันชนิดกระเทาะเปลือกมักมีคุณภาพดีกว่า มีสารอะฟลาท็อกซินและสิ่งปลอมน้อยกว่า อย่างไรก็ตามผู้บริโภคต้องระวังสารยับยั้งทริปซินซึ่งมีอยู่ในถั่วลิสงและถูกทำลายไปด้วยความร้อนเช่นเดียวกับในกากถั่วเหลือง

2.1.5 คุณค่าทางโภชนาการ

ถั่วลิสงเป็นพืชที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูงเป็นแหล่งของอาหารประเภทโปรตีนและพลังงานเพราะมีโปรตีนประมาณร้อยละ 25-30 ไขมันร้อยละ 45-50 และคาร์โบไฮเดรตร้อยละ 20 โปรตีนในถั่วลิสงมีปริมาณเทียบเท่ากับถั่วเขียว ถั่วแดง และถั่วดำ แต่ต่ำกว่าถั่วเหลืองและมีกรดอะมิโน lysine theonine และ methionine ที่จำเป็นต่อร่างกายต่ำกว่าที่ต้องการ การใช้ความร้อนสูงตั้งแต่ 145 องศาเซลเซียสขึ้นไปมีแนวโน้มทำให้คุณค่าทางอาหารลดลง แต่การทำให้สุกก่อนมีความจำเป็นเพราะความร้อนจะช่วยทำลาย trypsin inhibitor การใช้ความร้อนชื้น เช่น ต้มหรือนึ่งที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส หรือใช้ความร้อนแห้ง เช่น คั่วหรืออบที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียสจะทำลาย trypsin inhibitor ได้เช่นกัน [1]

2.2 Universal Testing Machine



รูปที่ 2.3 ลักษณะเครื่องทดสอบแรงดึง UNIVERSAL TESTING MACHINE (UTM)

[ที่มา http://www.sunshinetestingmachines.com]

UNIVERSAL TESTING MACHINE เป็นเครื่องมือทดสอบที่ใช้หาสมบัติแรงดึงและแรงอัด (ความทนต่อแรงดึง การยืดตัว ณ จุดขาด ค่าโมดุลัส) ของชิ้นงานคงรูป โดยจะให้แรงดึง หรือแรงอัดกับชิ้นทดสอบด้วยอัตราเร็วคงที่จนกระทั่งชิ้นทดสอบขาดหรือเสียหาย และบันทึกค่าค่าแรงดึง (Tension force) หรือค่าแรงอัด (Compression force) ที่เปลี่ยนไปตามระยะการยืดตัว หรือการเสียรูป (Deformation) ของวัสดุ นำค่าที่ได้ไปคำนวณและพล็อตกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเค้น (Stress) กับความเครียด (Strain) พร้อมทั้งคำนวณค่าต่างๆ จากผลการวิเคราะห์สามารถนำมาทำการวิเคราะห์ ค่าโมดุลัส (Modulus) คือ ค่าความเค้นที่ทำให้วัสดุยืดตัวตามที่กำหนด ความทนต่อแรงดึง (Tensile Strength) คือ ความเค้นดึงสูงสุดต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ของชิ้นงานที่ได้รับจนเกิดการขาด มีหน่วยเป็น MPa หรือ N/mm^2 และการยืดตัว ณ จุดขาด (Elongation at Break) คือ ร้อยละการยืดตัวของชิ้นทดสอบที่จุดขาดเมื่อเปรียบเทียบกับความยาวเริ่มต้น ตัวอย่างที่จะทำการวิเคราะห์จะอยู่ในรูปแบบของแข็งตัดแต่งชิ้นทดสอบ (specimen) ให้ได้ขนาดตามมาตรฐานที่ใช้อ้างอิง เช่น ASTM D638 (ชิ้นงานรูปทรงดัมเบลล์ (Types I – V) แท่ง หรือท่อทรงกระบอก) เป็นต้น [2]

2.3 การสกัดน้ำมัน

การสกัดน้ำมันจากเมล็ดพืชน้ำมันนิยมใช้วิธีการหลัก ๆ 2 วิธี ได้แก่

2.3.1 การสกัดเชิงกล (Mechanical extraction) คือการใช้แรงเชิงกลบีบอัดเมล็ดพืชน้ำมัน โดยวิธีการบีบอัดน้ำมันมี 2 แบบ คือ การบีบอัดแบบเย็น (อุณหภูมิต่ำกว่า 60 องศาเซลเซียส) และการบีบอัดแบบร้อน (อุณหภูมิสูงกว่า 60 องศาเซลเซียส) ซึ่งวิธีการบีบอัดแบบเย็นเป็นการใช้แรงกดเมล็ดพืชน้ำมันทำให้เมล็ดแตกแล้วบีบน้ำมันออกมา น้ำมันที่ได้จากวิธีการบีบอัดแบบเย็นนี้สามารถนำน้ำมันมาใช้ได้เลย แต่ข้อจำกัดของวิธีการนี้คือ จะได้น้ำมันในปริมาณน้อยและมีน้ำมันตกค้างในกากสูง ส่วนวิธีการบีบอัดแบบร้อนเป็นการใช้แรงเชิงกลบีบอัดเมล็ดพืชน้ำมันร่วมกับการใช้ความร้อน

2.3.2 การสกัดโดยใช้ตัวทำละลาย (Solvent extraction) เหมาะสำหรับการผลิตน้ำมันพืชเพื่อใช้ในการบริโภค เพราะให้ปริมาณน้ำมันที่สูงกว่าวิธีการสกัดเชิงกล ตัวทำละลายที่นิยมใช้ในการสกัดได้แก่ ปิโตรเลียมอีเทอร์ อะซิโตน และเฮกเซน เมื่อสกัดเสร็จแล้ว ก็นำของเหลวที่สกัดได้ไประเหยเอาตัวทำละลายออก การสกัดด้วยวิธีนี้จึงมีน้ำมันติดที่กากเพียงเล็กน้อย คือประมาณร้อยละ 0.5 [3]

2.4 การหาขนาดและรูปร่างของเมล็ดถั่วลิสง

$$D_e = \frac{F_1 + F_2 + F_3}{3} \qquad (1)$$

เมื่อ

F_1 = ค่าเฉลี่ยเส้นผ่าศูนย์กลางเลขคณิต = $\frac{L+W+T}{3}$, มิลลิเมตร

F_2 = ค่าเฉลี่ยเส้นผ่าศูนย์กลางเลขาคณิต = $(LWT)^{\frac{1}{3}}$, มิลลิเมตร

F_3 = ค่าเฉลี่ยเส้นผ่าศูนย์กลางกำลังสอง = $\left(\frac{LW+WT+TL}{3}\right)^{\frac{1}{3}}$, มิลลิเมตร

F_1 F_2 และ F_3 คือขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง (มิลลิเมตร), L คือความยาว (มิลลิเมตร), W คือความกว้าง (มิลลิเมตร) และ T คือความหนา (มิลลิเมตร) [4]

2.5 การหาความหนาแน่น

$$\rho_1 = \frac{M_1}{M_2 + M_t + M_1}(\rho_2) \quad \text{———} (2)$$

เมื่อ

M_1 = มวลของถั่วลิสง

M_2 = มวลของแป้ง

M_t = มวลรวมระหว่างถั่วลิสงและแป้ง

ρ_1 = ความหนาแน่นของถั่วลิสง

ρ_2 = ความหนาแน่นของแป้ง [5]

2.5 วรรณกรรมปริทรรศน์

Herry santoso, Iryanto and Maria Inggrid โดยใช้เมล็ดยางพาราเป็นวัตถุดิบในการอัด โดยวางเมล็ดยางพารา 17 กรัมใส่ผ้าแล้วบรรจุลงในกระบอกอัดจากนั้นทำการอุ่นเมล็ดยางพาราในกระบอกอัดด้วย ฮีตเตอร์ ที่อุณหภูมิ 60 70 และ 80 องศาเซลเซียส และใช้เวลาการอุ่น 45 60 และ 75 นาที ตามลำดับ หลังจากนั้นขณะที่เมล็ดถูกให้ความร้อนก็จะทำการอัดโดยใช้เครื่องอัดไฮดรอลิค ที่ความดัน 80 100 และ 120 เมกะปาสคาล และใช้เวลาการอัด 30 60 และ 90 นาที จากการทดลองจึงได้ช่วงที่ดีที่สุดที่จะทำให้การสกัดน้ำมันเมล็ดยางพารามีประสิทธิภาพสูงที่สุดคือ แรงดันสูงสุดอยู่ที่ 120 บาร์ และเวลาในการอัด 90 นาที ซึ่งได้น้ำมันออกมาอยู่ที่ 31.88 เปอร์เซ็นต์ [6]

P. Willems ทำการศึกษาเมล็ดงาและเมล็ดฝ้าย ผลต่อปริมาณน้ำมันและอัตราของการอัดด้วยไฮดรอลิกอุณหภูมิและความชื้น เช่นเดียวกับการศึกษาของเมล็ด ผักกาดก้านขาว เมล็ดปาล์ม เมล็ดสบู่ดำและกากเมล็ดสบู่ดำ เพื่อทราบอิทธิพลของความดันและอุณหภูมิ ปริมาณน้ำมันจะเพิ่มขึ้นโดยการเพิ่มของความ ดันและอุณหภูมิ ผลที่ได้จากการสกัดน้ำมันเมล็ดงาและเมล็ดฝ้ายจะได้ปริมาณน้ำมันสูงสุดอยู่ที่ความชื้นประมาณ 4% โดยน้ำหนัก โดยที่เมล็ดฝ้าย เมล็ดผักกาดก้านขาว เมล็ดปาล์ม เมล็ดสบู่ดำ จะได้ปริมาณน้ำมันสูงสุด 45-55 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก (oil/oil) และ เมล็ดงากากเมล็ดสบู่ดำมีปริมาณน้ำมันสูงสุด 70-75 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก (oil/oil) [7]

Erna Subroto และคณะทำการศึกษาเมล็ดสบู่ดำเพื่อสกัดน้ำมันออกมา โดยใช้เครื่องอัดไฮดรอลิกในการอัด เพื่อศึกษาตัวแปรความดัน ความชื้น และอุณหภูมิว่าส่งผลต่อปริมาณน้ำมันที่สกัดโดยขอบเขตตัวแปรคือ ความดันอยู่ในช่วง 10–20 เมกะปาสคาล อุณหภูมิอยู่ในช่วง 60–90 องศาเซลเซียสและความชื้น 3–5 เปอร์เซ็นต์ (w.b.) หลังจากการทดลองพบว่าตัวแปรที่สำคัญคืออุณหภูมิ เพราะส่งผลต่อปริมาณน้ำมันที่ผลิตได้มากที่สุด โดยใช้ความดันที่เหมาะสมอยู่ที่ 19 เมกะปาสคาล อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส และความชื้น 3.8 เปอร์เซ็นต์ ให้ปริมาณน้ำมันอยู่ที่ 87.8 เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนัก [8]

สญชัย เข็มเจริญ ได้ศึกษาอัตราการบีบอัดน้ำมันงาด้วยเครื่องบีบอัดแบบเกลียวเดี่ยวโดยการทดลองแต่ละครั้งใช้เมล็ดงา 1 กก. มีการออกแบบเครื่องบีบอัดน้ำมันงาที่มีระยะพิตช์ของเกลียวต่างกัน 5 ขนาด คือ 23 24 25 26 และ 27 มิลลิเมตร ความลึกร่องเกลียว 5 ขนาด คือ 8 8.5 9 9.5 และ 10 มิลลิเมตร ในการทดสอบใช้ทางออกกากที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางต่างกัน 3 ขนาด คือ 7 8 และ 9 มิลลิเมตร และความเร็วรอบเกลียวอัดที่ทำการทดลองคือ 10 15 20 25 และ 30 รอบต่อนาที จากการทดลองพบว่าอัตราการผลิตสูงสุดที่เครื่องอัดทำได้คือ 2.76 กิโลกรัมต่อชั่วโมง โดยใช้เกลียวที่มีระยะพิตช์ 24 มิลลิเมตร ช่องทางออกของกากเส้นผ่านศูนย์กลาง 7 มิลลิเมตร ที่ความเร็วรอบ 30 รอบต่อนาที ได้ประสิทธิภาพการผลิต 76.83 เปอร์เซ็นต์ แต่ประสิทธิภาพในการผลิตที่ได้จากการทดลองสูงสุดเท่ากับ 89.56 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้ระยะพิตช์เกลียวอัด 24 มิลลิเมตร ทางออกกากงา 8 มิลลิเมตร และความเร็วรอบ 15 รอบต่อนาที [9]

Natacha Rombaut และคณะ ศึกษาการสกัดน้ำมันจากเมล็ดองุ่นด้วยวิธีการบีบอัด โดยใช้เมล็ดองุ่นสามชนิดที่มีระยะการเก็บเกี่ยวแตกต่างกัน โดยตัวแปรที่ทำการทดลองได้แก่ขนาดช่องคายกาก ใช้เส้นผ่านศูนย์กลาง 8 10 12 และ 15 มิลลิเมตร อุณหภูมิที่ใช้อุ่นกระบอกอัด 90 และ 120 องศาเซลเซียส ความเร็วรอบของเกลียวอัด 40 และ 70 รอบต่อนาที ความชื้นของเมล็ดองุ่นที่ 5.5 เปอร์เซ็นต์ และ 13.5 เปอร์เซ็นต์ ก่อนการอัดจะนำเมล็ดองุ่นไปอบที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียสจนแห้ง จากนั้นนำไปพรมน้ำและเก็บที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 วัน เพื่อทำให้ความชื้นในเมล็ดคงที่ จากการทดลองพบว่าน้ำมันที่สกัดได้แปรผกผันกับขนาดของช่องคายกากเมล็ดที่มีความชื้นน้อยจะให้ผลผลิตมากกว่าเมล็ดที่มีความชื้นมาก ความเร็วรอบของเกลียวอัด 40 และ 70 รอบต่อนาที ให้ผลผลิตที่ 58.6 เปอร์เซ็นต์ และ 52.8 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนอุณหภูมิที่ใช้อุ่นกระบอกอัดไม่ได้ส่งผลอย่างมีนัยสำคัญ ต่อปริมาณผลผลิตที่ได้ [10]

ดร.น้ำมนต์ โชติวิศรุต และคณะ ศึกษาเครื่องสกัดน้ำมันงาโดยวิธีสกัดเย็นเพื่อพัฒนาให้มีอัตราการสกัดน้ำมันงาที่สูงขึ้น สามารถกรองกากออกจากน้ำมันงาในการสกัดได้บางส่วนเพื่อลดระยะเวลาในการตกตะกอน และช่วยลดการอุดตันของกระดาษกรองละเอียดเครื่องสกัดน้ำมันงา ใช้มอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส ขนาด 1.5 แรงม้า เป็นอุปกรณ์ต้นกำลัง ทดรอบด้วยเกียร์ทดขนาดอัตราทด 1:30 ส่งกำลังโดยใช้สายพานลิ่มสำหรับขับเกลียวอัด เกลียวอัดมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง

50.8 มิลลิเมตร ระยะพิตช์ 30 มิลลิเมตร จำนวนเกลียว 7 เกลียว และมีความยาวทั้งหมด 413 มิลลิเมตรใช้ฮีตเตอร์ขนาด 300 วัตต์เพื่อให้ความร้อนแก่ตัวอัด ทดสอบโดยใช้เมล็ดงาดิบ 1 กิโลกรัม ความชื้นไม่เกิน 6 เปอร์เซ็นต์ d.b พบว่าที่ความเร็วรอบของเกลียวอัด 18 รอบต่อนาที จะได้น้ำมันงาจากการสกัดเฉลี่ย 0.229 กิโลกรัม ใช้เวลาในการสกัดเฉลี่ย 205.25 วินาที และอัตราการสกัดเฉลี่ย 4.04 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ควบคุมอุณหภูมิในการสกัดไว้ที่ประมาณ 54.70 องศาเซลเซียส เพื่อรักษาคุณภาพและคุณสมบัติด้านโภชนาการของน้ำมันงา ส่วนการทดสอบการกรองน้ำมัน ช่วยลดตะกอนลงได้ 803 กรัม จากตะกอนทั้งหมด 2,208 กรัม มีประสิทธิภาพในการกรอง 36.37 เปอร์เซ็นต์ และลดระยะเวลาในการตกตะกอนจาก 72 ชั่วโมง ให้เหลือเพียง 36 ชั่วโมง [11]

กิตติพงษ์ บัวบาน พลรัตน์ ทองเนียม และ นราทิพย์ ธรรมสิทธิ์ ศึกษาผลกระทบของความดันและอุณหภูมิในการอัดที่ส่งผลต่อปริมาณน้ำมันที่ได้รับ ทดสอบโดยใช้เครื่องอัดไฮดรอลิกที่ความดัน 20 30 และ 40 เมกะปาสคาล อุณหภูมิที่ใช้อุ่นกระบอกอัดคือ 40 50 และ 60 องศาเซลเซียส พบว่าปริมาณน้ำมันที่ได้มากที่สุด 23.87% ของน้ำหนักเมล็ด หรือมีประสิทธิภาพในการอัด 66.67% ที่ความดัน 40 เมกะปาสคาล อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส [12]

Joelle Nadar, Charbel Afif, Nicolas Louka ทำการศึกษาลักษณะทางกายภาพและเนื้อสัมผัสของถั่วลิสงคั่วที่กำจัดไขมันออกด้วยนวัตกรรมการสกัด จากนั้นนำมากะเทาะเปลือกแล้ววางตากแดด ทำให้แห้งอย่างธรรมชาติให้เหลือความชื้นเพียง 5.56±0.24 เปอร์เซ็นต์ d.b. แล้วนำเมล็ดมาร่อนกับตระแกรงที่มีขนาด 9.5 และ 8.5 มิลลิเมตร เพื่อแยกขนาดของเมล็ดโดยขนาดเมล็ดที่ใหญ่หรือเล็กกว่านี้ ไม่นำมาใช้ สำหรับขั้นตอนการอัด นำถั่วมาใส่กระอัดแล้วจะนำแผ่นวัสดุพรุนมาวางเป็นซ้อนทับเป็นชั้นๆจุดประสงค์เพื่อให้แรงกระจายตัวทั่วพื้นที่กระบอกอัดและไม่ทำให้ถั่วเสียรูป เพราะฉะนั้น จะได้ถั่วและน้ำมันออกมาซึ่งน้ำมันจะได้อยู่ที่ปริมาณ 13.2 เปอร์เซ็นต์ d.b. ที่ความดัน 12 เมกะปาสคาล ใช้เวลาการอัด 19.2 นาที [13]

Muhummad Yusuf Abduh, C.B.Rasrendra, Erna Subroto, Robert Manurung, Hero J. Heeres ได้ทำการศึกษาน้ำมันเมล็ดยางพาราโดยใช้การอัดจากเครื่องไอดรอลิก ผลของความชื้นในเมล็ด 0-6 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก อุณหภูมิ 35-105 องศาเซลเซียส ความดัน 15-25 เมกะปาสคาล และเอทานอลจากเมล็ดมีอัตราส่วน 0-21 เปอร์เซ็นต์ ภาวะที่ดีที่สุดของน้ำมัน ที่ได้จากการอัดคือ ความชื้นอยู่ที่ 1.6 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก เปอร์เซ็นต์น้ำหนักต่อปริมาณของเอทานอลอยู่ที่ 14 เปอร์เซ็นต์ ความดันอยู่ที่ 20 เมกะปาสคาล อุณหภูมิอยู่ที่ 75 องสาเซลเซียส และเวลาในการอัด 10 นาที [14]

บทที่ 3

อุปกรณ์การทดลองและวิธีการทดลอง

3.1 อุปกรณ์และวิธีการทดลองการสกัดด้วยสารละลาย

วิเคราะห์หาปริมาณน้ำมันทั้งหมดในถั่วลิสง เพื่อนำเปรียบเทียบกับน้ำมันที่ได้จากการสกัดเย็นโดยใช้เครื่องอัดไฮดรอลิก

3.1.1 อุปกรณ์การทดลอง

3.1.1.1 Soxhlet extraction

เป็นวิธีการสกัดเพื่อวิเคราะห์หาปริมาณน้ำมัน ซึ่งเป็นการสกัดแบบต่อเนื่องโดยใช้ตัวทำละลายที่มีจุดเดือดต่ำ การสกัดทำได้โดยให้ความร้อนจนตัวทำละลายระเหยขึ้นไปแล้วกลั่นตัวลงมาใน thimble ซึ่งบรรจุตัวอย่างไว้ เมื่อสารที่สกัดได้สูงถึงระดับกาลักน้ำ สารสกัดจะไหลกลับลงมาในขวดก้นกลม วนเวียนเช่นนี้จนกระบวนการสกัดสมบูรณ์ [15]

[ที่มา: http://j.lnwfile.com/_/j/_raw/lm/lm/j7.jpg]

รูปที่ 3.1 Soxhlet extraction

3.1.1.2 เตาให้ความร้อนแบบหลุม (Heating Mantle)

เตาให้ความร้อนแบบหลุมสำหรับใช้ต้มขวดแก้วก้นกลม ขนาด 550 มิลลิลิตร รุ่น 98-I-B ใช้ไฟ 220 โวลต์ 50 เฮิรตซ์ กำลัง 250 วัตต์ ที่ความร้อนได้สูงสุด 380 องศาเซลเซียส เพื่อต้มสารละลายให้เดือดจนละเหยเป็นไอในการสกัด

รูปที่ 3.2 เตาให้ความร้อนแบบหลุม (Heating Mantle)

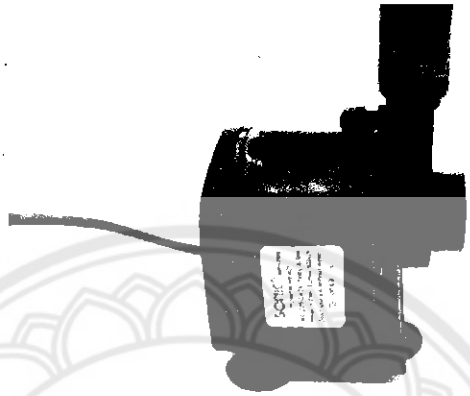
3.1.1.3 สารละลายเฮกเซน (Hexane)

เฮกเซนเป็นสารที่ผลิตได้จากกระบวนการกลั่นน้ำมันดิบหรือการแยกก๊าซปิโตรเลียมเหลว ที่ถูกนำมาใช้งานสำหรับเป็นตัวทำละลายในอุตสาหกรรมต่างๆ เช่น การสกัดน้ำมันพืชเพื่อใช้ประกอบอาหาร โดยนำวัตถุดิบมาจากเมล็ดของพืชชนิดต่างๆ ได้แก่ เมล็ดทานตะวัน ถั่วเหลือง ปาล์ม ถั่วลิสง ข้าวโพด เมล็ดบัว งา และรำข้าว ในการสกัดน้ำมันพืชนิยมใช้เฮกเซนเป็นตัวทำละลาย สูตรเคมีคือ C_6H_{14} มีจุดเดือด 69 องศาเซลเซียส [16]

รูปที่ 3.3 สารละลายเฮกเซน (Hexane)

3.1.1.4 ปั๊มน้ำ

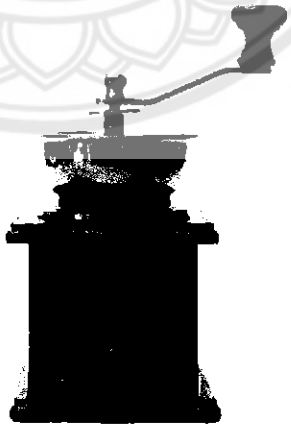
เพื่อปั๊มน้ำเข้า Condenser ไปแลกเปลี่ยนความร้อนกับไอของเฮกเซน ให้ควบแน่นกลับลงมาใน extractor ปั๊มน้ำที่ใช้เป็นปั๊มน้ำสำหรับใช้ในตู้ปลาทั่วไปกำลัง 18 วัตต์ ใช้ไฟ 220 โวลต์



รูปที่ 3.4 ปั๊มน้ำ

3.1.1.5 เครื่องบดกาแฟ (แบบมือหมุน)

ใช้เครื่องบดกาแฟบดเมล็ดถั่วลิสงให้ละเอียด จุดประสงค์เพื่อเพิ่มพื้นที่สัมผัสของเมล็ดและทำให้การสกัดโดยตัวทำละลายมีประสิทธิภาพมากขึ้น



รูปที่ 3.5 เครื่องบดกาแฟ (แบบมือหมุน)

3.1.1.6 เครื่องชั่งสาร

เครื่องชั่งสารดิจิตอลยี่ห้อ ADAM รุ่น CQT202 ความละเอียด 0.01 กรัมสำหรับชั่งน้ำมัน และตัวอย่างถั่วลิสงที่ใช้ทดลอง มีหน่วยเป็นกรัม ความละเอียด 0.01 กรัม ชั่งได้ 0 – 200 กรัม

รูปที่ 3.6 เครื่องชั่งสาร

3.1.2 ขั้นตอนการทดลองโดยตัวทำละลาย

1. บดถั่วลิสงให้ละเอียดด้วยเครื่องบดกาแฟ ปริมาณ 30 กรัม

2. นำถั่วลิสงมาห่อด้วยผ้าขาวบาง แล้วใส่ใน Soxhlet extractor และเติมสารละลายเฮกเซนลงไปในขวดก้นกลม

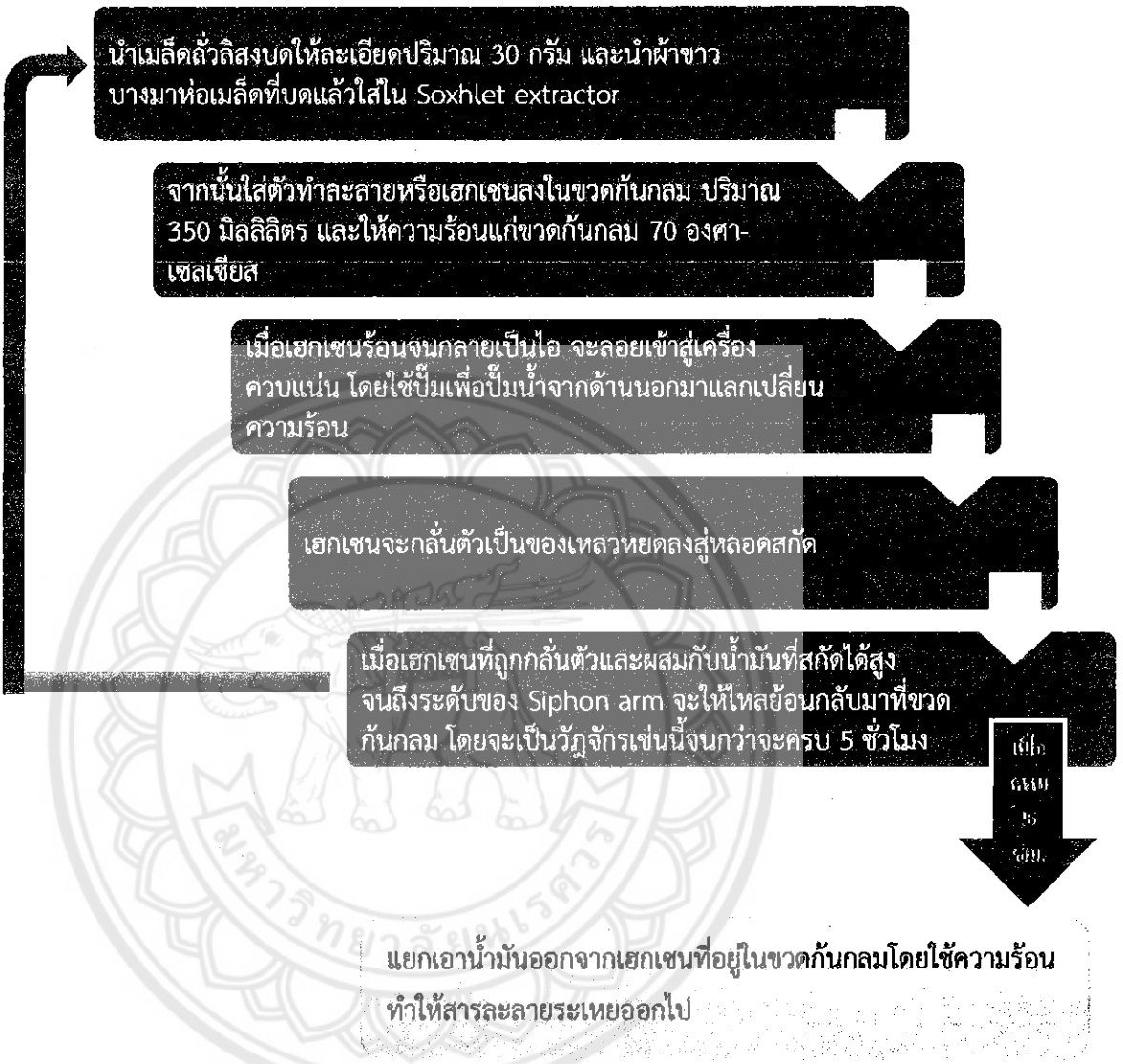
3. ประกอบ Soxhlet extractor, Condenser และ Heating Mantle

4. สกัดเป็นเวลา 5 ชั่วโมง

5. ให้ความร้อนแยกสารละลายออกจากน้ำมัน

6. ทดลองซ้ำ 3 ครั้ง

3.1.3 กระบวนการสกัดน้ำมันด้วยตัวทำละลาย



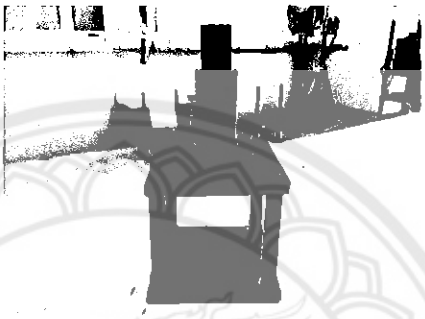
รูปที่ 3.7 กระบวนการสกัดน้ำมันด้วยตัวทำละลาย

3.2 การสกัดด้วยเครื่องอัดไฮดรอลิก

3.2.1 อุปกรณ์การทดลอง

3.2.1.1 กระบอกอัด

กระบอกอัดทำจากเหล็กมีเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 20 มิลลิเมตร สูง 70 มิลลิเมตร รูระบายน้ำมันด้านล่างขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 มิลลิเมตร



รูปที่ 3.8 กระบอกอัด

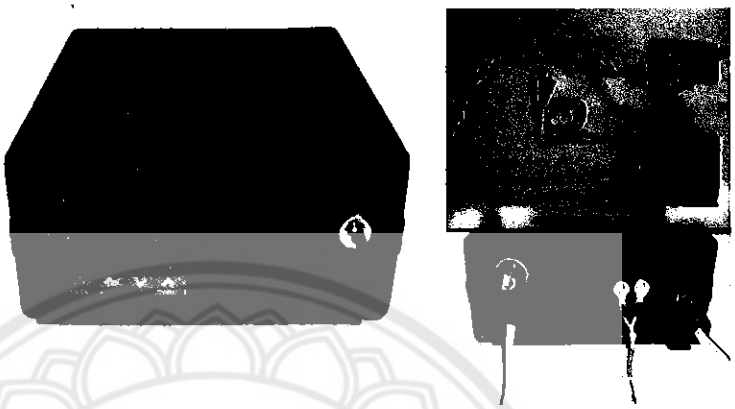
3.2.1.2 Universal testing machine (UTM)

เครื่อง Universal testing machine (UTM) เป็นเครื่องทดสอบแรงประเภท static load test ให้แรงทดสอบคงที่กระทำต่อชิ้นทดสอบ ใช้ทดสอบความต้านทานต่อแรงกระทำของวัสดุทั้งแรงดึง แรงอัด ในการทดลองนี้ใช้เป็นเครื่องอัดเนื่องจากสามารถอ่านค่าได้ละเอียดและสามารถกำหนดความเร็วในการอัดได้โดยป้อนคำสั่งค่าแรงสูงสุด

รูปที่ 3.9 Universal testing machine (UTM)

3.2.1.3 Controller ควบคุมอุณหภูมิ

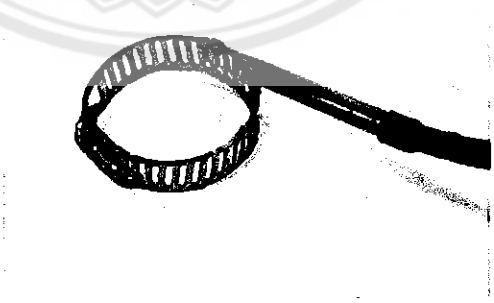
เป็นอุปกรณ์ที่แปลงค่าจากเทอร์โมคัปเปิลเป็นค่าอุณหภูมิ และเป็นตัวควบคุมให้รีเลย์ ปิด-เปิดฮีตเตอร์ เพื่อควบคุมอุณหภูมิของกระบอกให้คงที่ตามที่ตั้งไว้



รูปที่ 3.10 Controller ควบคุมอุณหภูมิ

3.2.1.4 เทอร์โมคัปเปิลแบบสายรัดทรงกระบอก

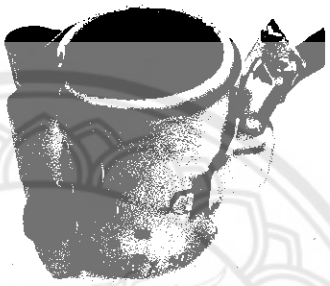
อุปกรณ์วัดอุณหภูมิโดยใช้หลักการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิหรือความร้อนเป็นแรงเคลื่อนไฟฟ้า ทำมาจากโลหะตัวนำที่ต่างชนิดกัน 2 ตัว นำมาเชื่อมต่อปลายทั้งสองเข้าด้วยกันที่ปลายด้านหนึ่ง เรียกว่าจุดวัดอุณหภูมิ ส่วนปลายอีกด้านหนึ่งปล่อยเปิดไว้ เรียกว่าจุดอ้างอิง [17]



รูปที่ 3.11 เทอร์โมคัปเปิลแบบสายรัดทรงกระบอก

3.2.1.5 ฮีตเตอร์ทรงกระบอก

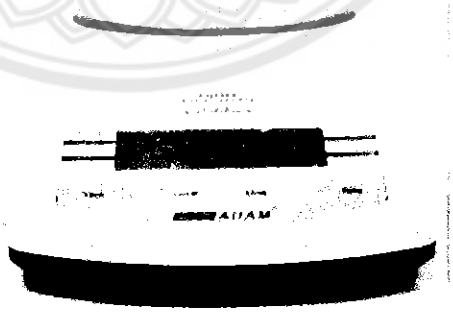
เป็นฮีตเตอร์ที่ได้รับการออกแบบสำหรับรัดท่อ หรือ ถังรูปทรงกระบอก ฉนวนของฮีตเตอร์ทำจาก แผ่น Mica และลวดฮีตเตอร์เป็นแบบแบน (Ribbon Wire Heating Element) เป็นตัวให้ความร้อนแก่กระบอกอัด เส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 30 มิลลิเมตร สูง 50 มิลลิเมตร กำลัง 150 วัตต์ 220 โวลต์



รูปที่ 3.12 ฮีตเตอร์ทรงกระบอก

3.2.1.6 เครื่องชั่งสาร

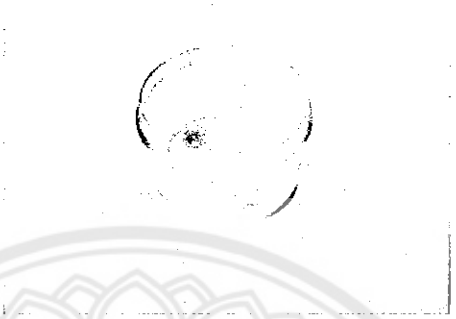
เครื่องชั่งสารดิจิตอลยี่ห้อ ADAM รุ่น CQT202 ความละเอียด 0.01 กรัมสำหรับชั่งน้ำมัน และตัวอย่างถั่วลิสงที่ใช้ทดลอง มีหน่วยเป็นกรัม ความละเอียด 0.01 กรัม ชั่งได้ 0 – 200 กรัม



รูปที่ 3.13 เครื่องชั่งสาร

3.2.1.7 กระบอกตวง ปริมาตร 11.89 ลูกบาศก์เซนติเมตร

กระบอกตวง ปริมาตร 11.89 ลูกบาศก์เซนติเมตร ไว้ตวงแป้งเพื่อหาค่าความหนาแน่นในตอนที่ 2



รูปที่ 3.14 กระบอกตวง ปริมาตร 11.89 ลูกบาศก์เซนติเมตร

3.2.1.8 แป้ง

เพื่อนำมาค่าความหนาแน่นในตอนที่ 2

รูปที่ 3.15 แป้ง

3.2.1.9 ที่ปาดขอบ

ปาดขอบกระบอกตวงเวลาใส่แป้ง เพื่อให้แป้งและขอบของกระตวงพอดีกัน

รูปที่ 3.16 ที่ปาดขอบ

3.2.1.10 ที่ร่อนแป้ง

ร่อนแป้งเนื่องจากผงเม็ดแป้งที่ถูกอัดตัวทับถมเนื่องจากน้ำหนักหรือขบวนการผลิตตามรูปแบบนั้น

รูปที่ 3.17 ที่ร่อนแป้ง

3.2.1.11 Microwave Oven

Microwave Oven ยี่ห้อ Samsung รุ่น ME711K สามารถใช้จำนวนวัตต์ถึง 800 วัตต์ เพื่อใช้ในการอุ่นเมล็ดถั่วลิสง

รูปที่ 3.18 Microwave Oven

197182004
14 ก.ย. 2560
สำนักหอสมุด

3.2.2 การหาขนาดสมมูลของเมล็ดถั่วลิสง

1. วัดขนาดความกว้าง ความหนา และความยาว ของเมล็ดถั่วลิสง

2. หาค่าเฉลี่ยของค่าทั้งสามจากลำดับขั้นตอนที่ 1

3. นำค่าเฉลี่ยมาคำนวณหาค่าความยาวสมมูล

3.2.3 ขั้นตอนการทดลองด้วยกระบอกอัด

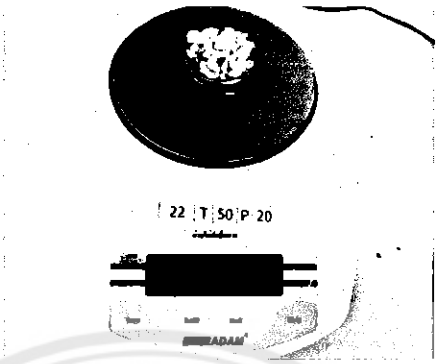
ตอนที่ 1 หาความดันและอุณหภูมิที่ทำให้ได้ปริมาณน้ำมันสูงสุด

1. สุ่มความดันและอุณหภูมิ เพื่อกระจายความเสี่ยงของความผิดพลาดในการทดลองอันเนื่องจากการสึกหรอของกระบอกอัด

2. แกะเยื่อหุ้มเมล็ดถั่ว และทำการแบ่งเมล็ดถั่วออกเป็นสองส่วน เพื่อกระจายแรงอัด

รูปที่ 3.19 แกะเยื่อหุ้มเมล็ดถั่วและแบ่งออกเป็นสองส่วน

3. ชั่งน้ำหนักเมล็ดถั่วลิสง 10 กรัม



รูปที่ 3.20 ชั่งน้ำหนักเมล็ดถั่วลิสง 10 กรัม

4. ใส่ตะแกรงรองกาก 3 แผ่น ในกระบอกอัด

รูปที่ 3.21 ใส่ตะแกรงรองกาก 3 แผ่น ในกระบอกอัด

5. ใส่เมล็ดถั่วในกระบอกอัด

รูปที่ 3.22 ใส่เมล็ดถั่วในกระบอกอัด

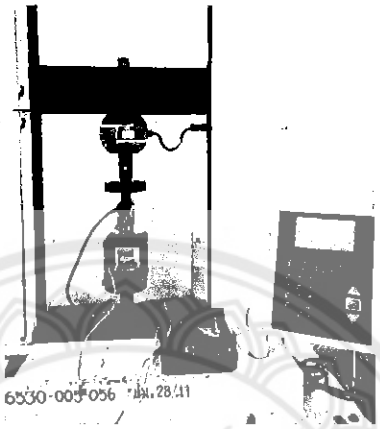
6. ทำการเตรียมเครื่อง UTM พร้อมอัด โดยตั้งโหลดเซลล์ไว้ที่ความเร็วแรกอยู่ที่ 2 มิลลิเมตรต่อนาที และความเร็วที่สองที่ 0.5 มิลลิเมตรต่อนาที

รูปที่ 3.23 ตั้งความเร็วที่เครื่อง UTM

7. ตั้งอุณหภูมิฮีตเตอร์ที่สุ่มได้ครั้งแรกและรอจนกว่าอุณหภูมิกระบอกอัดถึงที่กำหนด จากนั้นรอ 2 นาที เพื่อให้อุณหภูมิกระจายทั่วถึงในกระบอกอัด จากนั้นทำการอัด

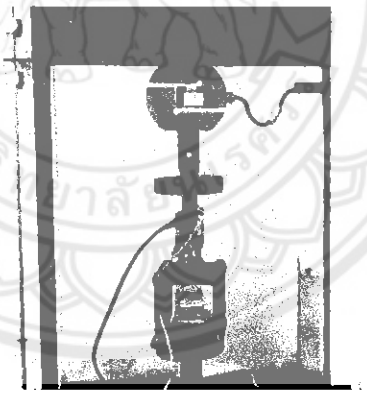
รูปที่ 3.24 ตั้งอุณหภูมิฮีตเตอร์

8. อัดที่ความเร็วแรก 2 มิลลิเมตรต่อนาที จนความดันที่ทำให้น้ำมันหยดลงมา จากนั้นเปลี่ยนเป็นความเร็วที่สอง 0.5 มิลลิเมตรต่อนาที จนถึงความดันที่ได้สุ่มไว้



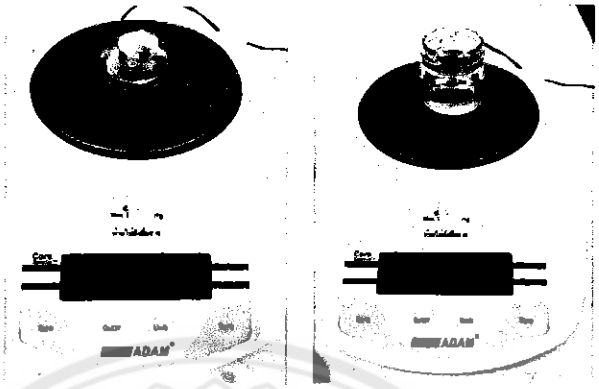
รูปที่ 3.25 ทำการอัดเชิงกล

9. เมื่อถึงความดันและอุณหภูมิที่กำหนดให้อัดค้างไว้ 10 นาที



รูปที่ 3.26 ความดันและอุณหภูมิที่กำหนดให้อัดค้างไว้ 10 นาที

10. ชั่งน้ำหนักของน้ำมันและกากของเมล็ดถั่วลิสงที่ได้จากการอัด



รูปที่ 3.27 ชั่งน้ำหนักของน้ำมันและกากของเมล็ดถั่วลิสง

11. นำน้ำมันที่ได้จากการอัดไปอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง แล้วชั่งน้ำหนัก

รูปที่ 3.28 นำน้ำมันไปอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง

12. ทำการทดลองเช่นนี้เป็นจำนวน 27 ครั้ง จากการสุ่มอุณหภูมิ 40 50 และ 60 องศาเซลเซียส และความดัน 20 30 และ 40 เมกะปาสคาล

13. บันทึกผลการทดลอง และวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูล

ตอนที่ 2 หาความดันที่ไม่ทำให้เมล็ดถั่วเสียรูปและหาค่าความหนาแน่น

1. ในการสกัดน้ำมันด้วยการอัดเชิงกลโดยมีขั้นตอนเหมือนกับในตอนที่ 1 แต่ในตอนที่ 2 จะใช้ความดัน 4 8 12 16 20 24 28 32 และ 36 เมกะปาสคาล โดยสุ่มความดัน ส่วนอุณหภูมิที่ใช้คือ อุณหภูมิห้อง

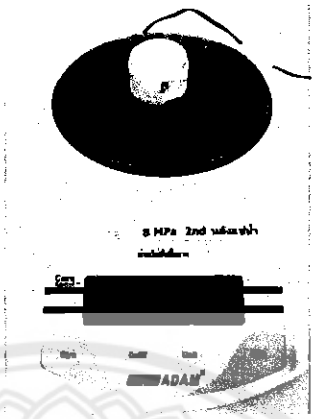
2. เมื่อผ่านขั้นตอนการอัดเชิงกลแล้ว นำกากเมล็ดถั่วลิสงแบ่งเป็น 2 ส่วน โดยประมาณเพื่อทำการหาความหนาแน่น

รูปที่ 3.29 นำกากเมล็ดถั่วลิสงแบ่งเป็น 2 ส่วน

3. ส่วนแรก นำไปชั่งน้ำหนัก และนำไปหาความหนาแน่น

รูปที่ 3.30 ส่วนแรกชั่งน้ำหนัก และนำไปหาความหนาแน่น

4. ส่วนที่สอง ชั่งน้ำหนักก่อนแช่น้ำ และหลังแช่น้ำ เวลาที่ใช้ในการแช่น้ำ 30 นาที จากนั้นนำไปหาความหนาแน่น

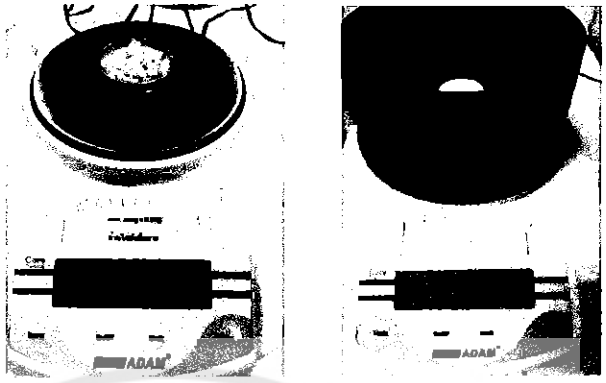


รูปที่ 3.31 หาความหนาแน่นหลังแช่น้ำ 30 นาที

5. นำเมล็ดถั่วจากส่วนที่สอง หลังแช่น้ำไปอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 ชั่วโมง

รูปที่ 3.32 เมล็ดถั่วหลังแช่น้ำไปอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 ชั่วโมง

6. นำเมล็ดถั่วที่อบแล้วมาชั่งน้ำหนักและหาความหนาแน่น



รูปที่ 3.33 เมล็ดถั่วที่อบแล้วมาชั่งน้ำหนักและหาความหนาแน่น

7. คัดแยกและหาปริมาณถั่วลิสงที่เสียรูป

รูปที่ 3.34 คัดแยกและหาปริมาณถั่วลิสงที่เสียรูป

8. ทำการทดลองเช่นนี้เป็นจำนวน 8 ครั้ง

9. บันทึกผลการทดลอง และวิเคราะห์ข้อมูล

การหาค่าความหนาแน่น

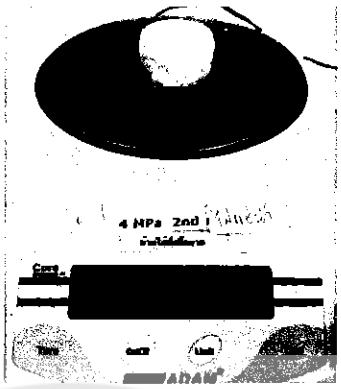
1. นำกระบอกตวง 1 อัน ปริมาตร 11.89 ลูกบาศก์เซนติเมตรใส่แป้งจนเต็ม เพื่อให้แป้งแน่น จากนั้นปาดให้พอดีขอบ แล้วชั่งน้ำหนัก (M_2)

รูปที่ 3.35 หาความหนาแน่นของแป้ง

2. ใช้กระบอกตวงอันเดิม ใส่แป้งพร้อมถั่ว (ชั่งน้ำหนักเฉพาะถั่วจะได้ M_1) เติมแป้งจนเต็มเพื่อให้แป้งแน่น และปาดให้พอดีขอบ

รูปที่ 3.36 หาความหนาแน่นเมล็ดถั่ว

3. ชั่งน้ำหนัก (M_f)



รูปที่ 3.37 ชั่งน้ำหนัก (M_f)

ตอนที่ 3 การอุ่นเมล็ดถั่วลิสงก่อนการสกัดเย็นด้วย Microwave Oven

1. สุ่มหากำลังไฟฟ้า และหาระยะเวลา เพื่อให้ได้อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส โดยใช้เทอร์โมคัปเปิล วัดอุณหภูมิ

2. สุ่มกำลังไฟฟ้า และระยะเวลา เพื่อกระจายความเสี่ยงของความผิดพลาดในการทดลองอันเนื่องจากการสึกหรอของกระบอกอัด

3. ทำการสกัดน้ำมันด้วยการอัดเชิงกลโดยมีขั้นตอนเหมือนกับในตอนที่ 1 แต่ในตอนที่ 3 ใช้ความดันที่ 40 เมกะปาสคาล และอุณหภูมิที่ 60 องศาเซลเซียส

4. ทำการทดลองเช่นนี้เป็นจำนวน 18 ครั้ง จากการสุ่มกำลังไฟฟ้า 100 180 และ 300 วัตต์ และระยะเวลา 60 90 และ 180 วินาที

5. บันทึกผลการทดลอง และวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูล

บทที่ 4

ผลการทดลองและวิเคราะห์ผลการทดลอง

4.1 ผลการหาขนาดสมมูลของเมล็ดถั่วลิสง

ตารางที่ 4.1 ความกว้าง หนา และสูงของถั่วลิสง

ครั้งที่	ความกว้าง (mm)	ความหนา (mm)	ความยาว (mm)
1	8.00	7.70	14.40
2	8.10	9.45	11.20
3	7.75	6.95	13.25
4	7.15	6.40	12.15
5	7.60	7.15	11.35
6	7.20	6.65	11.50
7	8.05	6.25	11.00
8	6.90	6.90	10.90
9	7.45	6.80	8.50
10	7.50	7.20	12.05
เฉลี่ย	7.57	7.15	11.63

จากข้อมูลตามตารางที่ 4.1 นำค่าเฉลี่ยไปหาค่าเส้นผ่านศูนย์กลางสมมูลโดยใช้สมการการหาเส้นผ่านศูนย์กลางสมมูล

F_1 ; $$\frac{7.57+7.15+11.63}{3}=8.78$$

F_2 ; $$(7.57\times7.15\times11.63)^{\frac{1}{3}}=8.57$$

F_3 ; $$\left(\frac{7.57\times7.15+7.15\times11.63+11.63\times7.57}{3}\right)^{\frac{1}{3}}=4.22$$

D_e ; $$\frac{8.78+8.57+4.22}{3}=7.19$$

จะได้ว่าเส้นผ่านศูนย์กลางสมมูลของถั่วลิสงโดยเฉลี่ยคือ 7.19 มิลลิเมตร

4.2 ผลการทดลองและวิเคราะห์ผลการผลิตน้ำมันถั่วลิสงด้วยสารละลาย

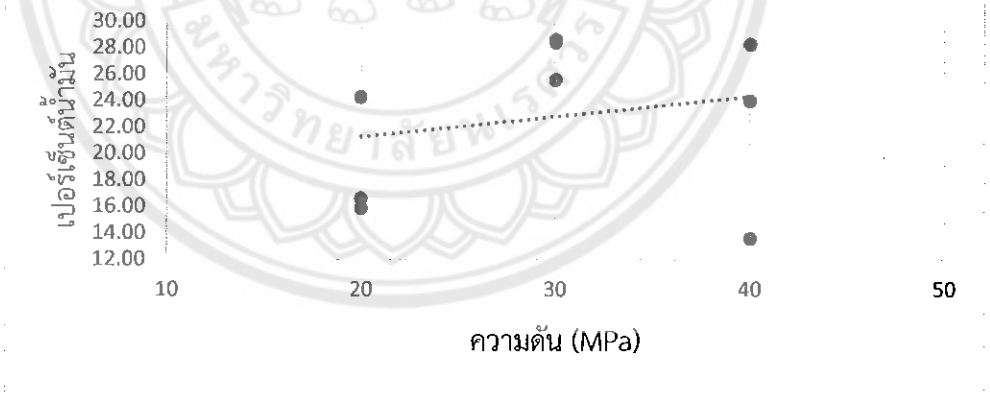
ตารางที่ 4.2 แสดงผลปริมาณน้ำมันถั่วลิสงด้วยการสกัดด้วยตัวทำละลาย

ครั้งที่	มวลถั่วลิสง (g)	Hexane (ml)	เวลา (hr)	มวลน้ำมัน (g)	เปอร์เซ็นต์น้ำมัน	เฉลี่ย
1	30	350	5	11.90	39.67	42.48
2	30	350	5	13.51	45.03	
3	30	350	5	12.82	42.73	

จากการทดลองสกัดน้ำมันถั่วลิสงด้วยตัวทำละลายพบว่าถั่วลิสงมีน้ำมันเฉลี่ยอยู่ร้อยละ 42.48 โดยน้ำหนัก

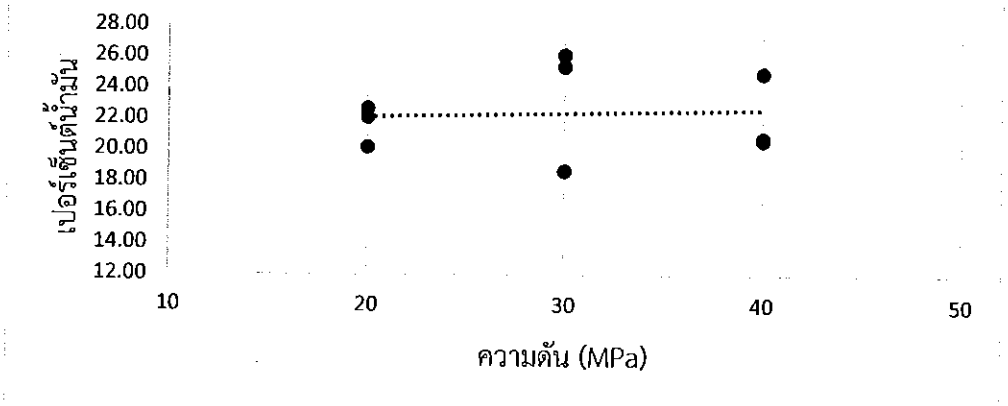
4.3 ผลการทดลองและวิเคราะห์ผลการผลิตน้ำมันถั่วลิสงสกัดเย็น

4.3.1 ผลการทดลองของปริมาณน้ำมันที่ได้เทียบกับอุณหภูมิและความดัน



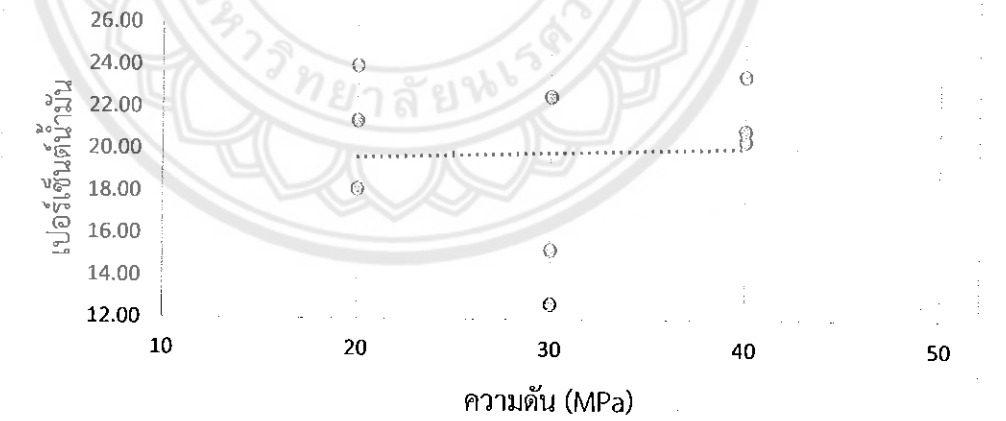
รูป 4.1 กราฟแสดงข้อมูลของปริมาณน้ำมันที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ความดัน 20 30 และ 40 เมกะปาสคาล

จากรูป 4.1 แสดงข้อมูลปริมาณน้ำมันที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ความดัน 20 30 และ 40 เมกะปาสคาล โดยค่าเฉลี่ยของน้ำมันสูงสุดคือ 26.97 เปอร์เซ็นต์ คิดเป็น 63.49 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำมันทั้งหมดในเมล็ดถั่ว ที่ความดัน 40 เมกะปาสคาล ค่าเฉลี่ยของปริมาณน้ำมันมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อความดันสูงขึ้น



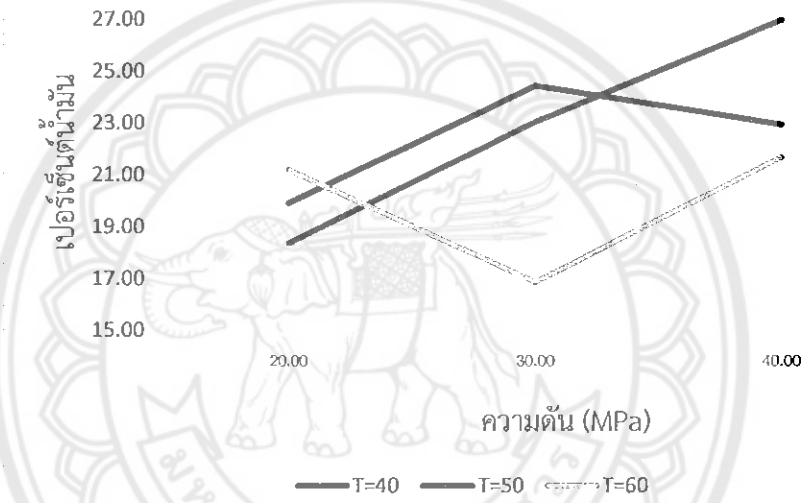
รูป 4.2 กราฟแสดงข้อมูลของปริมาณน้ำมันที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ความดัน 20 30 และ 40 เมกะปาสคาล

จากรูป 4.2 แสดงข้อมูลปริมาณน้ำมันที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ความดัน 20 30 และ 40 เมกะปาสคาล ที่ความดัน 20 เมกะปาสคาล มีค่าเฉลี่ยของปริมาณน้ำมันต่ำที่สุด ส่วนข้อมูลปริมาณน้ำมันที่ความดัน 30 และ 40 เมกะปาสคาล ไม่แตกต่างกันมาก ช่วงความดันทั้งสองจึงส่งผลปริมาณน้ำมันที่สกัดได้ไม่มาก โดยค่าเฉลี่ยของน้ำมันที่สูงสุดคือ 24.42 เปอร์เซ็นต์ ที่ความดัน 30 เมกะปาสคาล คิดเป็น 57.49 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำมันทั้งหมดในเมล็ดถั่ว



รูป 4.3 กราฟแสดงข้อมูลของปริมาณน้ำมันที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ความดัน 20 30 และ 40 เมกะปาสคาล

จากรูป 4.3 แสดงข้อมูลปริมาณน้ำมันที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ความดัน 20 30 และ 40 เมกะปาสคาล ที่ความดัน 30 เมกะปาสคาลมีข้อมูลการทดลองสองค่าที่ต่ำผิดปกติ ส่วนข้อมูลปริมาณน้ำมันที่ความดัน 20 และ 40 เมกะปาสคาลมี ค่าของปริมาณน้ำมันที่สกัดได้อยู่ในช่วงที่คาบเกี่ยวกัน ดังนั้นความดันจึงมีผลต่อปริมาณการสกัดน้ำมันไม่มาก โดยค่าเฉลี่ยของน้ำมันที่ได้สูงสุดคือ 23.78 เปอร์เซ็นต์ที่ความดัน 40 เมกะปาสคาล คิดเป็น 51.01 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำมันทั้งหมดในเมล็ดถั่ว



รูปที่ 4.4 กราฟแสดงช่วงของความดันและอุณหภูมิที่มีผลต่อปริมาณน้ำมัน

จากรูปที่ 4.4 จะแสดงให้เห็นว่าที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ความดัน 40 เมกะปาสคาล เป็นค่าที่ทำให้ได้ปริมาณน้ำมันเฉลี่ยสูงสุด 26.97 เปอร์เซ็นต์ และที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ความดัน 30 เมกะปาสคาล เป็นค่าที่ทำให้ได้ปริมาณน้ำมันเฉลี่ยต่ำสุด 16.86 เปอร์เซ็นต์

4.4 ผลการทดลองและวิเคราะห์การหาความดันที่ไม่ทำให้ถั่วลิสงเสียรูปและหาความหนาแน่น

4.4.1 ความดันที่สามารถกำจัดน้ำมันปริมาณน้ำมันสูงสุดเพื่อผลิตถั่วไขมันต่ำ

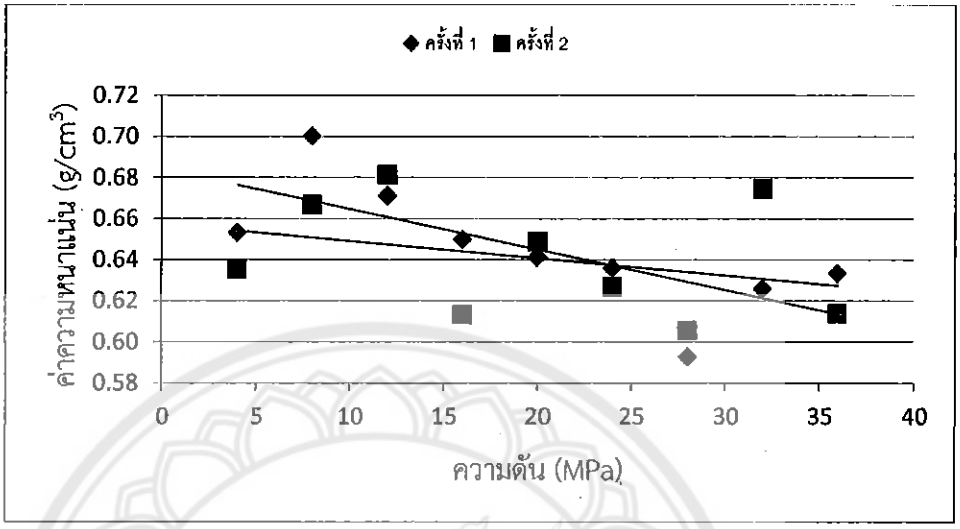
ตารางที่ 4.3 แสดงปริมาณน้ำมันถั่วลิสงสกัดเย็นที่อุณหภูมิห้อง ความดัน 4 8 12 16 20 24 28 32 และ 36 เมกะปาสคาล

ความดัน (MPa)	เปอร์เซ็นต์น้ำมัน		เฉลี่ย
	ครั้งที่1	ครั้งที่2	
4	9.89	12.97	11.43
8	13.10	17.50	15.30
12	14.80	20.28	17.54
16	20.46	23.50	21.98
20	22.73	23.83	23.28
24	23.20	26.35	24.77
28	18.06	24.95	21.51
32	23.75	24.25	24.00
36	22.07	25.95	24.01

จากการทดลองสกัดน้ำมันที่อุณหภูมิห้องที่ความดัน 4 8 12 16 20 24 28 32 และ 36 เมกะปาสคาล พบว่าแนวโน้มของปริมาณน้ำมันเพิ่มขึ้นเมื่อความดันสูงขึ้น และเปอร์เซ็นต์น้ำมันสูงสุดคือ 21.98 เปอร์เซ็นต์ ที่ความดัน 16 เมกะปาสคาลคิดเป็น 51.74 เปอร์เซ็นต์ของน้ำมันทั้งหมดในเมล็ดถั่ว

4.4.2 เปรียบเทียบปริมาณความหนาแน่นของกากถั่วที่ทำการสกัดน้ำมัน

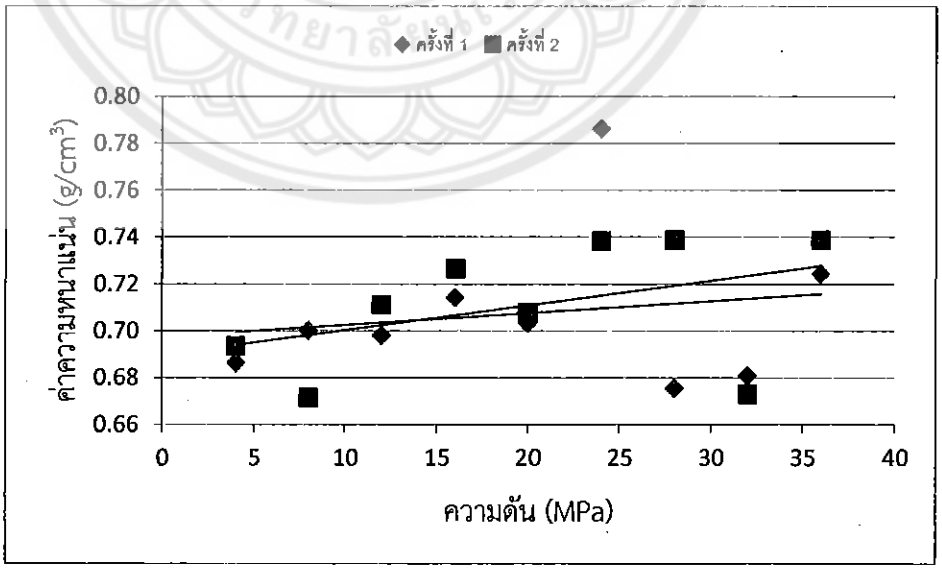
- ความหนาแน่นของถั่วก่อนการแช่น้ำ



รูปที่ 4.5 กราฟแสดงความหนาแน่นของถั่วก่อนการแช่น้ำ

จากรูปที่ 4.5 เมื่อหาความหนาแน่นของถั่วก่อนแช่น้ำพบว่าแนวโน้มของความหนาแน่นถั่วลดลงเมื่อความดันสูงขึ้น

- ความหนาแน่นของถั่วหลังการแช่น้ำ



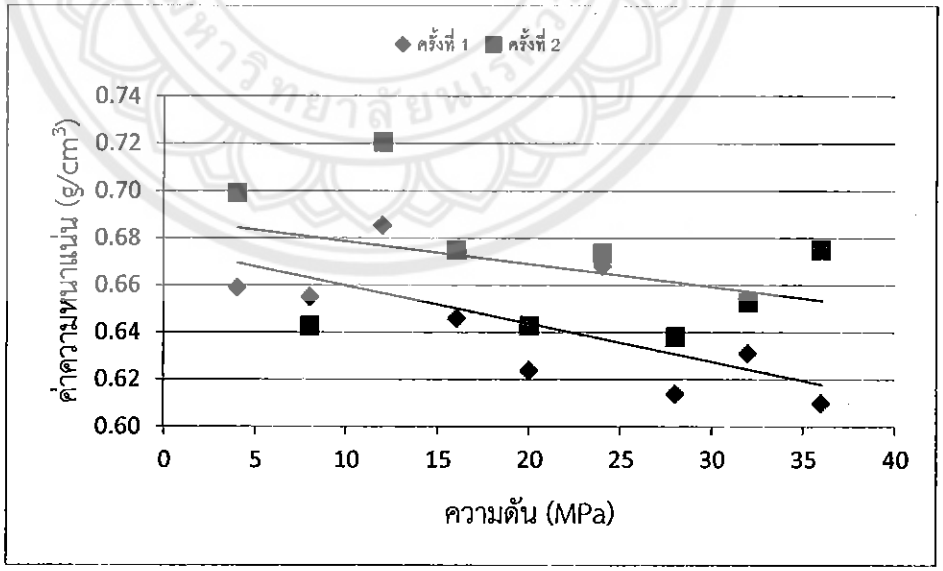
รูปที่ 4.6 กราฟแสดงความหนาแน่นของถั่วหลังการแช่น้ำ

จากรูปที่ 4.6 เมื่อหาความหนาแน่นของถั่วหลังแช่น้ำเพื่อให้ถั่วคืนรูปกลับดังเดิม พบว่าแนวโน้มของความหนาแน่นถั่วเพิ่มขึ้นเมื่อความดันสูงขึ้น

รูปที่ 4.7 เปรียบเทียบถั่วก่อนและหลังแช่น้ำ

จากรูปที่ 4.7 พบว่าถั่วก่อนการแช่น้ำจะมีลักษณะบี้แบน ผิดรูปไปจากเดิมเนื่องจากการสกัด (รูปซ้าย) หลังจากการแช่น้ำถั่วมีการคืนรูป เกือบเทียบเท่าก่อนสกัด (รูปขวา)

- ความหนาแน่นของถั่วหลังการอบ



รูปที่ 4.8 กราฟแสดงความหนาแน่นของถั่วหลังการอบ

เมื่อหาความหนาแน่นของถั่วหลังการอบเพื่อลดความชื้นในถั่ว พบว่าแนวโน้มของความหนาแน่นถั่วลดลงเมื่อความดันสูงขึ้น

4.4.3 วิเคราะห์ความดันที่ไม่ทำให้ถั่วเสียรูป

การหาปริมาณของถั่วที่เสียรูปหาได้จากการคัดเลือกเมล็ดหลังจากการแช่น้ำแล้วมีลักษณะเมล็ดแตกหัก ไม่สมบูรณ์ โดยนำมันชั่งน้ำหนักและคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของเมล็ดถั่วที่เสียรูปต่อปริมาณถั่วทั้งหมดแล้วนำค่ามาเฉลี่ยหาความดันที่ไม่ทำให้เมล็ดถั่วเสียรูป

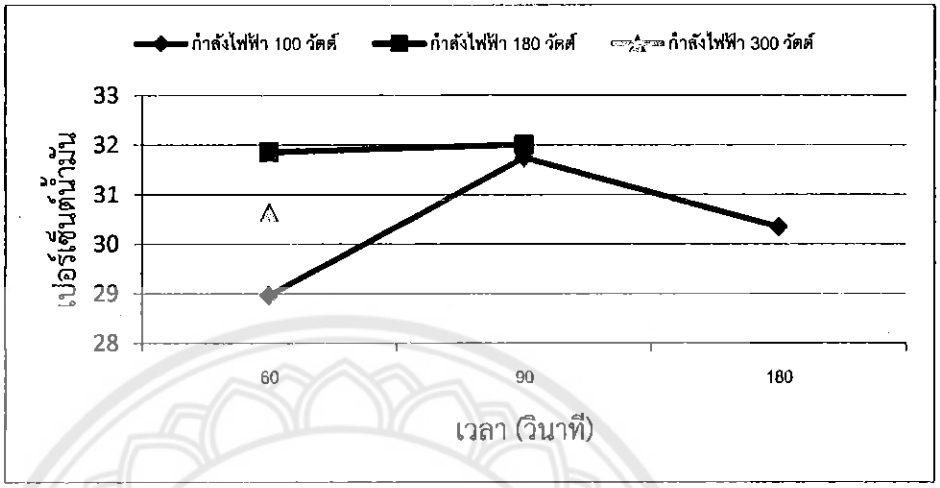
ตารางที่ 4.4 แสดงค่าเฉลี่ยของถั่วลิสงที่เสียรูป

ความดัน (MPa)	เปอร์เซ็นต์ถั่วลิสงที่เสีย		เฉลี่ย
	ครั้งที่1	ครั้งที่2	
4	1.15	6.02	3.58
8	5.38	6.33	5.86
12	7.57	3.35	5.46
16	3.91	7.25	5.58
20	10.11	9.75	9.93
24	20.06	10.03	15.05
28	11.57	10.91	11.24
32	17.85	14.87	16.36
36	34.50	18.75	26.63

จากตารางที่ 4.4 แสดงให้เห็นปริมาณเมล็ดถั่วที่เสียหายเป็นเปอร์เซ็นต์โดยมวล พบว่าที่เมื่อความดันสูงกว่า 16 เมกะปาสคาล ปริมาณเมล็ดถั่วที่เสียรูปมีค่าสูงแบบกระโดด ดังนั้นที่ความดัน 16 เมกะปาสคาล เป็นความดันที่ทำให้ถั่วเสียรูปน้อย โดยค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 5.58 เปอร์เซ็นต์

4.5 ผลการทดลองและวิเคราะห์ผลการอุ่นเมล็ดถั่วลิสงก่อนการสกัดเย็น

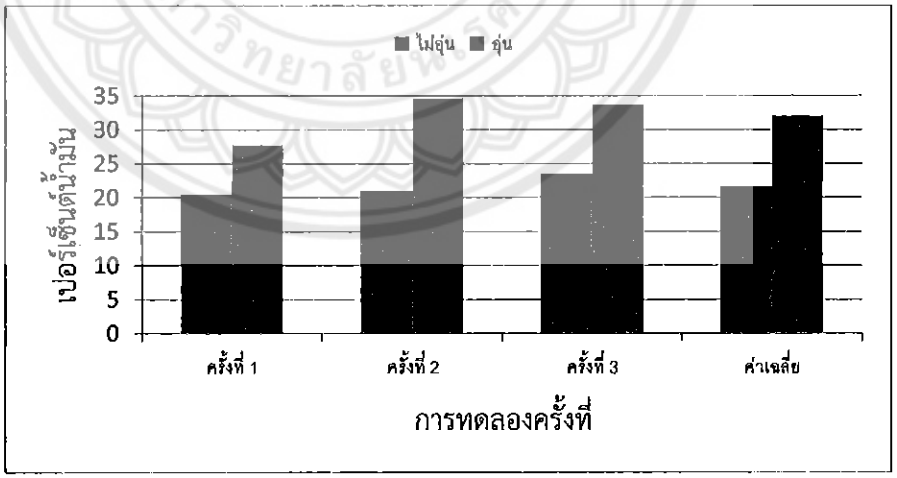
4.5.1 เปรียบเทียบระยะเวลากับกำลังไฟฟ้าที่ใช้ในการอุ่นเมล็ดถั่วลิสง



รูปที่ 4.9 กราฟเปรียบเทียบระยะเวลากับกำลังไฟฟ้าที่ใช้ในการอุ่นเมล็ดถั่ว

จากรูปที่ 4.9 จะแสดงให้เห็นปริมาณน้ำมัน โดยที่เวลา 90 วินาที ใช้กำลังไฟฟ้า 180 วัตต์ สามารถสกัดน้ำมันได้สูงที่สุด 32.01 เปอร์เซ็นต์

4.5.2 เปรียบเทียบการอุ่นก่อนสกัดกับไม่อุ่น



รูปที่ 4.10 เปรียบเทียบปริมาณน้ำมันที่ได้จากการทดลองอุ่นเมล็ดถั่วลิสงและไม่อุ่น

จากรูปที่ 4.10 พบว่าการอุ่นเมล็ดถั่วลิสงก่อนอัดทำให้ปริมาณของน้ำมันที่สกัดได้เพิ่มขึ้น โดยมีการเพิ่มขึ้นเฉลี่ย 47.73 เปอร์เซ็นต์จากเมล็ดถั่วที่ไม่ได้ทำการอุ่น หรือสูงกว่า 24.35 เปอร์เซ็นต์ ของปริมาณน้ำมันทั้งหมด

บทที่ 5

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

5.1.1 ขนาดถั่วที่ใช้มีขนาด 7.19 มิลลิเมตร

5.1.2 จากการสกัดด้วยเฮกเซน ปริมาณน้ำมันที่มีในถั่วลิสงทั้งหมดคือ 42.48 เปอร์เซ็นต์

5.1.3 อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส และความดัน 40 เมกะปาสคาล จะได้น้ำมันสูงสุดอยู่ในช่วง 26.97เปอร์เซ็นต์ คิดเป็น 63.49 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณน้ำมันทั้งหมดที่มีอยู่ในเมล็ดถั่ว และที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ความดัน 30 เมกะปาสคาล เป็นค่าที่ทำให้ได้ปริมาณน้ำมันเฉลี่ยต่ำสุด 16.86 เปอร์เซ็นต์ คิดเป็น 39.70 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณน้ำมันทั้งหมดที่มีอยู่ในเมล็ดถั่ว

5.1.4 ถั่วก่อนแช่น้ำมีแนวโน้มของความหนาแน่นถั่วลดลงเมื่อสกัดโดยใช้ความดันสูงขึ้น ถั่วหลังแช่น้ำมีแนวโน้มของความหนาแน่นถั่วเพิ่มขึ้นเมื่อสกัดโดยใช้ความดันสูงขึ้น และถั่วหลังอบมีแนวโน้มเช่นเดียวกับถั่วก่อนแช่น้ำ และที่ความดัน 16 เมกะปาสคาล เป็นช่วงความดันที่ทำให้ถั่วเสียรูปน้อย 5.58 เปอร์เซ็นต์ ลดปริมาณน้ำมันในเม็ดถั่วได้ 21.98 เปอร์เซ็นต์ คิดเป็น 51.74 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณน้ำมันทั้งหมดที่มีอยู่ในเมล็ดถั่ว

5.1.5 ที่ระยะเวลาในการอุ่น 90 วินาที กำลังไฟฟ้า 180 วัตต์ จะได้ปริมาณน้ำมันสูงสุด 32.01 เปอร์เซ็นต์ คิดเป็น 75.35 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณน้ำมันทั้งหมดที่มีอยู่ในเมล็ดถั่ว และปริมาณน้ำมันเฉลี่ยสูงกว่าการไม่อุ่นเมล็ดด้วยไมโครเวฟ 24.35 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณน้ำมันทั้งหมด

5.2 ปัญหาและข้อเสนอแนะ

5.2.1 เครื่องชั่งในบางครั้งมีการแกว่งของตัวเลข

5.2.2 ความร้อนจากการสกัดน้ำมันทำให้โอริงเสื่อมสภาพอีกทั้งในช่วงแรกที่ทำการทดลองกระบอกอัดมีความฝืดในระดับหนึ่ง แต่เมื่อใช้ไปชักระยะความฝืดที่กระบอกอัดลดลง ส่งผลถึงค่าปริมาณน้ำมันที่สกัดได้ ควรใช้โอริงที่ทนความร้อน

5.2.3 ในการทดลองการหาความดันที่ไม่ได้ทำให้ถั่วลิสงเสียรูปและหาความหนาแน่น ครั้งแรกภาชนะที่ใช้ในการหาความหนาแน่นมีขนาดใหญ่เกินไป ทำให้ค่าที่ได้มีความผิดพลาดไปมาก จึงต้องทำการทดลองใหม่อีกครั้ง โดยใช้ภาชนะเล็กกว่าเดิม

5.2.4 เนื่องจากเครื่อง UTM ชำรุด ประกอบกับฮีตเตอร์เสียหายระหว่างการทดลองหาช่วงอุณหภูมิและความดันที่ทำให้ได้ปริมาณน้ำมัน ทำให้การดำเนินงานล่าช้ากว่าแผนงานที่กำหนดไว้

เอกสารอ้างอิง

[1] นางสาวยุภาวรรณ ทาระศรี นายพรทวี พิมพ์วงศ์ และนายพจนัย หล้ามูลชา. ความเป็นมาของถั่วลิสง. **ถั่งลิสง.** สืบค้นเมื่อ 26 ตุลาคม 2559, จาก www.agri.ubu.ac.th/~kanjana/1203321/Data/lisong.doc

[2] บริษัท โทนัน อาเซีย ออโต้เทค จำกัด. (8 เมษายน 2550). **บทความ Universal Testing Machine.** สืบค้นเมื่อ 26 ตุลาคม 2559, จาก http://tonanasia.com/wordpress/techniques/technical-library.

[3] อาชัย พิทยภาคย์ นคร ทิพยาวงศ์ และ วสันต์ จอมภักดี. (2546). **การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ของการสกัดน้ำมันพืชเชิงกลสำหรับใช้ในชุมชนท้องถิ่น. ภาควิชา** วิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่ 50200. สืบค้นเมื่อ 29 ตุลาคม 2559, จาก http://www.thaiscience.info/journals/Article/NUJ/10440940.pdf.

[4] Simonyan K.J., Yiljep Y.D., Oyatoyan O.B., Bawa G.S. (2009). **Effects of Moisture Content on Some Physical Properties of Lablab purpureus (L.) Sweet Seeds.** Agricultural Engineering International the CIGR Ejournal Manuscript 1279.

[5] N. Louka, K. Allaf. (2004). **Journal of Food Engineering.** International Society of Food Engineering, 233-243.

[6] Herry Santoso,Iryantoa & Maria Inggrida. (2014). **Effects of Temperature, Pressure, Preheating Time and Pressing Time on Rubber Seed Oil Extraction Using Hydraulic Press.** Procedia Chemistry, 9(1), 248-256.

[7] Willems P., N.J.M. Kuipers & A.B. De Haan. (2008). **Hydraulic pressing of oilseeds: Experimental determination and modelling of yield and pressing rates.** Journal of Food Engineering, 89(1), 8–16.

[8] Erna Subroto, Robert Manurungb, Hero Jan Heeresa & Antonius Augustinus Broekhuisa. (2015). **Optimization of mechanical oil extraction from Jatropha curcas L.kernel using response surface method.** Industrial Crops and Products, 63(1), 294-302.

[9] สญชัย เข็มเจริญ, ชลิตต์ มธุรสมนตรี และประจักรษ์ บุญตา. (2550). **ชุดเครื่องผลิตน้ำมันงา.** วิทยานิพนธ์ วศ.ด., มหาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี, ปทุมธานี.

[10] Natacha Rombaut et al. (2015). **Optimization of oil yield and oil total phenolic content during grape seed cold screw pressing.** Industrial Crops and Products, 63(1), 26-33.

[11] น้ำมนต์ โชติวิศรุต, เรวัฒ คำวัน และสวัสดิ์ กีไสย์. (2556). **การสกัดน้ำมันงาแบบเย็น.** วิทยานิพนธ์ วศ.ด., มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.

[12] กิตติพงษ์ บัวบาน, พลรัตน์ ทองเนียม และ นราทิพย์ ธรรมสิทธิ์. (2558). **อิทธิพลของความดันและอุณหภูมิต่ออัตราการผลิตน้ำมันถั่วลิสงสกัดเย็นโดยใช้กระบอกอัดไฮดรอลิก.** วิทยานิพนธ์ วศ.ด., มหาวิทยาลัยนเรศวร, พิษณุโลก.

[13] Joelle Nader, Charbel Afif and Nicolas Louka. (2015). **Study of physiological and textural properties of roasted peanut defatted by an innovative process. Correlation with consumer evaluation.** Innovative Food Science and Emerging Technologies, 33 (1), 450-461.

[14] Muhummad Yusuf Abduh , C.B.Rasrendra , Erna Subroto , Robert Manurung and Hero J. Heeres. (2015). **Experimental and modelling studies on the solvent assisted hydraulic pressing of dehulled rubber seeds.** Industrial Crops and Products, 15 (1), 67-76.

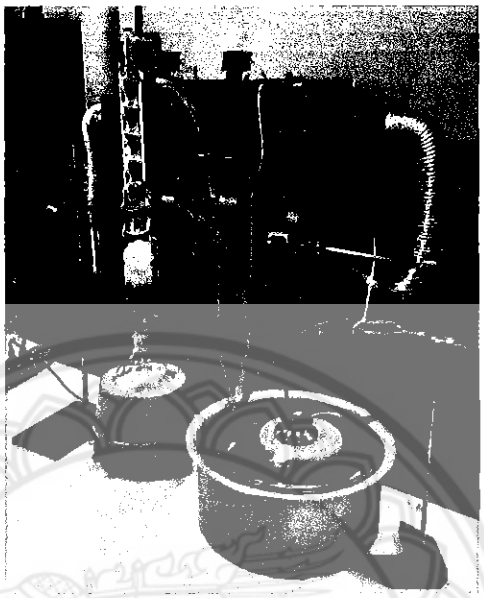
[15] ผศ.ดร.พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และ ศาสตราจารย์เกียรติคุณ ดร.นิธิยา รัตนาปนนท์ **การสกัดด้วยซอกเลต.** สืบค้นเมื่อ 14 มีนาคม 2560, จาก http://www.foodnetwork-solution.com/wiki/word/2864/soxhlet-extraction.

[16] unchalee.h@hotmail.com. **สารละลายเฮกเซน.** สืบค้นเมื่อวันที่ 14 มีนาคม 2560, จาก http://www.siamchemi.com.

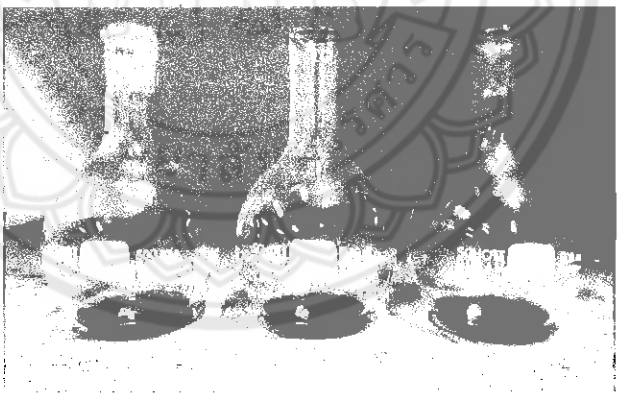
[17] บริษัท สุพรัมไลนส์ จำกัด. **เทอร์โมคัปเปิลแบบสายรัดทรงกระบอก.** สืบค้นเมื่อ 14 มีนาคม 2560, จาก http://www.xn--42c1bna1als2dxb6a9ihv3l.com.

ภาคผนวก

รูปขั้นตอนการทำเครื่องสกัดน้ำมันแบบไฮดรอลิก และการสกัดน้ำมัน

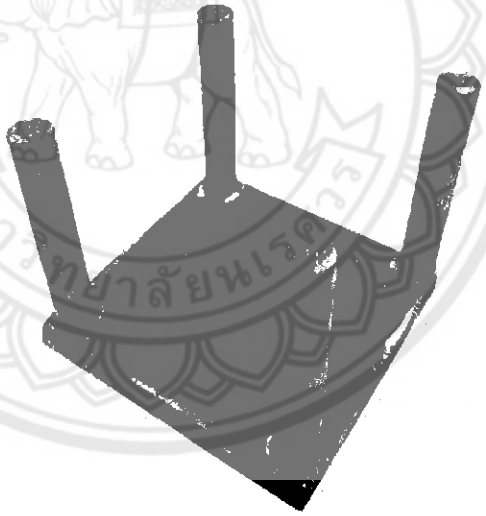


รูปภาคผนวก 1 การสกัดน้ำมันจากถั่วลิสงด้วยสารละลายเฮกเซน



รูปภาคผนวก 2 น้ำมันที่ได้จากการสกัดด้วยเฮกเซน

รูปภาคผนวก 3 เครื่องสกัดเย็นแบบไฮดรอลิก

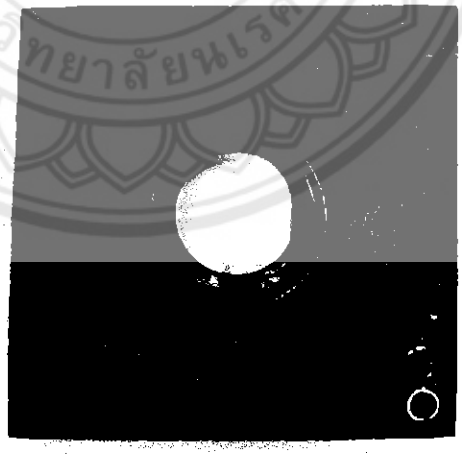


รูปภาคผนวก 4 ชุดฐานรองรับแผ่นรับแรงจากกระบอกอัด

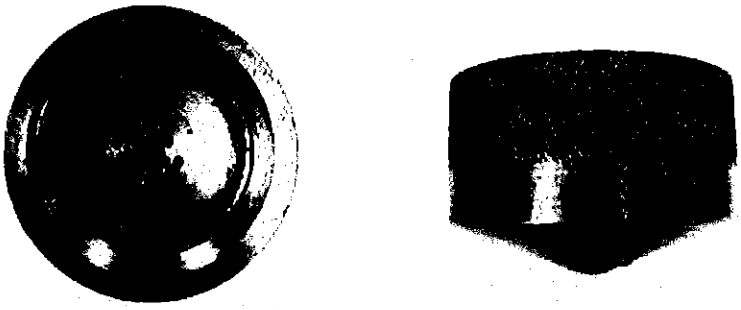
รูปภาคผนวก 5 กระบอกอัด

รูปภาคผนวก 6 โอริงด้านล่างของกระบอกอัด

รูปภาคผนวก 7 ลูกสูบอัด

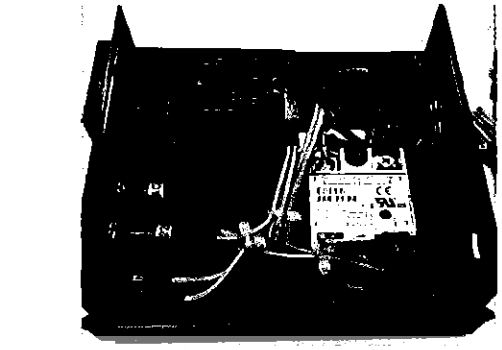


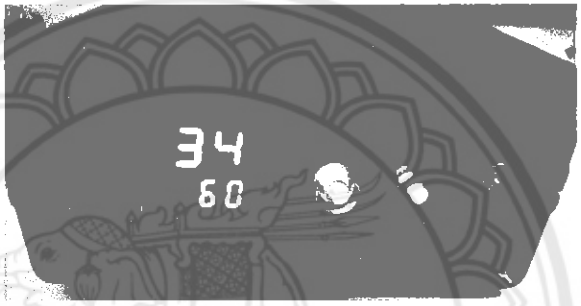
รูปภาคผนวก 8 แผ่นรับแรงกระบอกอัดน้ำมัน



รูปภาคผนวก 9 ฝาปิดกระบอกอัดพร้อมเจาะรู

รูปภาคผนวก 10 ประกอบฮีตเตอร์ที่กระบอกอัด

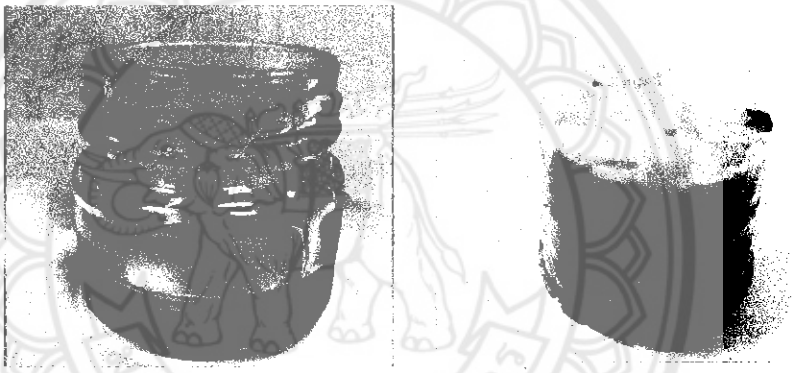




รูปภาคผนวก 11 การจัดเก็บอุปกรณ์ชุดควบคุมอุณหภูมิ

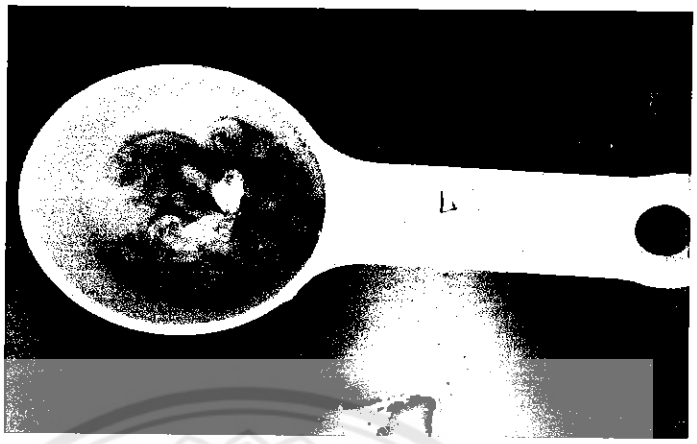
รูปภาคผนวก ก – 12 ขั้นตอนการประกอบเข้ากับเครื่อง UTM

รูปภาคผนวก 13 กรองกากถั่วลิสงลวดตะแกรง



รูปภาคผนวก 14 น้ำมันและกากที่ได้จากการสกัดเย็นแบบไฮดรอลิก

รูปภาคผนวก 15 กากที่ได้การสกัดที่ความดันที่ไม่ทำให้เมล็ดเสียหาย ก่อนแช่น้ำ



รูปภาคผนวก 16 กากที่ได้การสกัดที่ความดันที่ไม่ทำให้เมล็ดเสียหาย ระหว่างแช่น้ำ

รูปภาคผนวก 17 กากที่ได้การสกัดที่ความดันที่ไม่ทำให้เมล็ดเสียหาย หลังแช่น้ำ

ประวัติผู้จัดทำ

ชื่อ – สกุล : นายแก้วลิขิต สมเขียน

วัน เดือน ปี เกิด : 5 กันยายน พ.ศ. 2537

ที่อยู่ปัจจุบัน : 166/5 ถนนผดุงราษฎร์ ตำบลหล่มสัก อำเภอหล่มสัก จังหวัดเพชรบูรณ์ 67110

ประวัติการศึกษา

2560 : วศ.บ. (วิศวกรรมเครื่องกล) มหาวิทยาลัยนเรศวร

2556 : มัธยมศึกษา โรงเรียนหล่มสักวิทยาคม

ชื่อ – สกุล : นายสกนธ์พล แก้วสี

วัน เดือน ปี เกิด : 10 เมษายน พ.ศ. 2538

ที่อยู่ปัจจุบัน : 128 หมู่ 1 ตำบลนางั่ว อำเภอเมือง จังหวัดเพชรบูรณ์ 67000

ประวัติการศึกษา

2560 : วศ.บ. (วิศวกรรมเครื่องกล) มหาวิทยาลัยนเรศวร

2556 : มัธยมศึกษา โรงเรียนเพชรพิทยาคม

ชื่อ – สกุล : นายปิยะรัตน์ จิตมั่น

วัน เดือน ปี เกิด : 27 ธันวาคม พ.ศ. 2537

ที่อยู่ปัจจุบัน : 285/1 ถนนไทยชนะ ตำบลเชียงเงิน อำเภอเมือง จังหวัดตาก 63000

ประวัติการศึกษา

2560 : วศ.บ. (วิศวกรรมเครื่องกล) มหาวิทยาลัยนเรศวร

2556 : มัธยมศึกษา โรงเรียนตากพิทยาคม