การศึกษาเบื้องต้นการสกัดน้ำมันรำข้าวโดยใช้ไอโซโพรพานอลและการขึ้นรูปกระถางต้นไม้โดยใช้แกลบและกากปาล์มผสมกากเปลือกมันสำปะหลัง

PRELIMINARY STUDY OF RICE BRAN OIL EXTRACTION BY ISOPROPANOL & PLANT POTS MOLDING BY USEING RICE HUSK AND PALM WASTE MIXED WITH CASSAVA PEELS

อัจฉรีย์ ณัฐวรพงศ์

ATCHAREE NATTHAWORAPONG

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมเคมี สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2559

การศึกษาเบื้องต้นการสกัดน้ำมันรำข้าวโดยใช้ไอโซโพรพานอลและการขึ้นรูปกระถางต้นไม้โดยใช้แกลบและกากปาล์มผสมกากเปลือกมันสำปะหลัง

PRELIMINARY STUDY OF RICE BRAN OIL EXTRACTION BY ISOPROPANOL & PLANT POTS MOLDING BY USEING RICE HUSK AND PALM WASTE MIXED WITH CASSAVA PEELS

อัจฉรีย์ ณัฐวรพงศ์

ATCHAREE NATTHAWORAPONG

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมเคมี สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2559

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PRELIMINARY STUDY OF RICE BRAN OIL EXTRACTION BY ISOPROPANOL & PLANT POTS MOLDING BY USEING RICE HUSK AND PALM WASTE MIXED WITH CASSAVA PEELS

ATCHAREE NATTHAWORAPONG

A REPORT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENTS FOR THE BACHELOR DEGREE IN CHEMICAL ENGINEERING

DEPARTMENT OF CHEMICAL ENGINEERING, FACULTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2016

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Report Title	Preliminary Study of Rice Bran Oil Extraction by Isopropanol and Plant Pots Molding by Using Rice Husk and Palm Waste Mixed with Cassava Peels
By	Atcharee Natthaworapong
Degree	Bachelor of Engineering
Program	Chemical Engineering
Year	2559
Advisor	Assoc. Prof. Dr. Prakob Kitchaiya
Co-Advisor	Asst. Prof. Dr. Apinan Namkanisorn

ABSTRACT

This research studies utilization of rice bran and rice husk by exacting oil from rice bran and use of rice husk to mold as a plant pot. For rice bran oil exaction, the amount of isopropanol solvent and the exacting time were studied. At the weight ratio of rice bran and isopropanol of 3:2, the crude oil yield was 9.72 10.22 and 10.88 percents for the exacting time of 1, 5, and 24 hours, respectively. Increasing the amount of isopropanol 2 times, the crude oil yield was increased to10.10 10.42 and11.82 for the exacting time of 1, 5, and 24 hours, respectively. The content of free fatty acid in the crude oil was 41.02%wt. Crude oil was treated by degumming, vacuum distillation and wax removal to obtain the purified rice bran oil containing 4.75 percents free fatty acid.

Another part of this project focuses on molding of plant pot by varying ratio between rice husk and cassava peels. The results revealed that the plant pot can be formed from the composites of palm waste and cassava peel at the ratio of 3:2 using hydraulic press at 70 bars.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์เรื่อง	การศึกษาเบื้องต้นการสกัดน้ำมันรำข้าวโดยใช้ไอโซโพรพานอล และการขึ้นรูปกระถางต้นไม้โดยใช้แกลบ และกากปาล์มผสมกากเปลือกมันสำปะหลัง
โดย	อัจฉรีย์ ณัฐวรพงศ์
อาจารย์ที่ปรึกษา	รศ. ดร. ประกอบ กิจไชยา
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	ผศ. ดร. อภินันท์ นัมคณิสรณ์
ปริญญา	สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปริญญานิพนธ์นี้ได้รับการพิจารณาอนุมัติให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี

คณะกรรมการตรวจสอบปริญญานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
(รศ. ดร. ประกอบ กิจไชยา)

.....กรรมการ
(ผศ. ดร. อภินันท์ นัมคณิสรณ์)

.....กรรมการ
(อ. บุญชัย โชติวิริยวาณิชย์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์เรื่อง การศึกษาเบื้องต้นการสกัดน้ำมันรำข้าวโดยใช้ไอโซโพรพานอล และการขึ้นรูปกระถางต้นไม้โดยใช้แกลบ และกากปาล์มผสมกากเปลือกมันสำปะหลัง

โดย อัจฉรีย์ ณัฐวรพงศ์

ปริญญา วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชา วิศวกรรมเคมี

ปีการศึกษา 2559

อาจารย์ที่ปรึกษา รศ. ดร. ประกอบ กิจไชยา

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ผศ. ดร. อภินันท์ นัมคณิสรณ์

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาถึงการใช้ประโยชน์จากรำข้าวและแกลบ โดยนำรำข้าวมาสกัดเป็นน้ำมัน และนำแกลบมาขึ้นรูปเป็นกระถางต้นไม้ สำหรับการสกัดน้ำมันรำข้าวจะศึกษาถึงปริมาณและระยะเวลาที่ใช้ไอโซโพรพานอลสกัดน้ำมันรำข้าว เมื่ออัตราส่วนระหว่างรำข้าวและไอโซโพรพานอลเป็น 3:2 ได้ผลผลิตร้อยละของน้ำมันรำข้าวเป็นร้อยละ 9.72 10.22 และ10.88 เมื่อใช้เวลาในการสกัดเป็น 1 ชั่วโมง 5 ชั่วโมง และ 1 วัน ตามลำดับ ขณะที่การเพิ่มปริมาณไอโซโพรพานอลเป็น 2 เท่าของปริมาณรำข้าว ผลผลิตร้อยละมีค่าเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 10.10 10.42 และ11.82 เมื่อใช้เวลาในการสกัดเป็น 1 ชั่วโมง 5 ชั่วโมง และ 1 วัน ตามลำดับ ตรวจสอบปริมาณกรดไขมันอิสระโดยการไทเทรตกับโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 0.2 โมลาร์ พบว่า%กรดไขมันอิสระมีค่าสูงถึง 41.02% เมื่อปรับปรุงคุณภาพโดยการกำจัดกัม กลั่น และเลี้ยงไข ตามลำดับ ทำให้กรดไขมันอิสระลดลงเหลือ 4.75%

ขณะที่การขึ้นรูปกระถางต้นไม้ศึกษาถึงอัตราส่วนระหว่างแกลบและวัสดุประสานที่สามารถขึ้นรูปเป็นชิ้นงานได้ พบว่าอัตราส่วนระหว่างแกลบกับกากจากเปลือกแป้งมันสำปะหลังที่อัตราส่วน 3:2 และ 1:1 ไม่สามารถขึ้นรูปเป็นกระถางต้นไม้ที่ความดัน 70 บาร์ได้ ขณะที่วัสดุผสมระหว่างกากปาล์มและกากเปลือกแป้งมันสำปะหลังในอัตราส่วน 3:2 สามารถขึ้นรูปเป็นกระถางต้นไม้ที่ความดัน 70 บาร์ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้เกิดขึ้นด้วยความอนุเคราะห์ของบุคคลหลายท่านซึ่งมิอาจนำมากล่าวได้ทั้งหมด ผู้มีพระคุณท่านแรกที่ใคร่ขอขอบพระคุณคือ รศ. ดร. ประกอบ กิจไชยา อาจารย์ที่ปรึกษาหลักผู้ให้คำปรึกษาทางด้านข้อมูล แนวทางการทดลอง ตลอดจนอนุเคราะห์เครื่องมือ อุปกรณ์ และสารเคมีที่ใช้ในการทำงานวิจัย ท่านที่สองคือ ผศ.ดร. อภินันท์ นัมคณิสรณ์ อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ผู้ให้คำแนะนำในการค้นคว้าข้อมูลที่เป็นประโยชน์ต่อการทำงานวิจัย และท่านที่สามคือ นางสาวฟาริดา ห้อไทสงค์ ผู้ให้คำปรึกษาด้านการใช้เครื่องมือต่างๆ ทำให้การวิจัยในเรื่องต่างๆเป็นไปอย่างราบรื่น ทั้งนี้ขอขอบพระคุณภาควิชาวิศวกรรมโยธา สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ซึ่งให้ความอนุเคราะห์ทางด้านเครื่องมือสำหรับทดสอบความแข็งแรงของชิ้นงานทดสอบ ตลอดจนขอกราบขอบพระคุณอย่างสุดซึ้งแด่ผู้มีพระคุณทุกๆท่านที่มิได้เอ่ยนาม ณ ที่นี้ เนื่องด้วยความกรุณาของท่าน งานวิจัยฉบับนี้จึงเสร็จสมบูรณ์ได้

ผู้วิจัย

กรกฎาคม 2560

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	**i**
Abstract	**ii**
กิตติกรรมประกาศ	**iii**
สารบัญ	**iv**
สารบัญรูปภาพ	**vii**
สารบัญตาราง	**viii**
บทที่ 1 : บทนำ	
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์	1
1.3 ขอบเขตของโครงงาน	2
1.4 ประโยชน์ที่ได้รับ	2
บทที่ 2 : ทฤษฎีเบื้องต้นและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
2.1 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับข้าว	3
2.1.1 สายพันธ์ของข้าว	3
2.1.2 ลักษณะของต้นข้าว	4
2.1.3 องค์ประกอบของเมล็ดข้าว	4
2.2 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับรำข้าว	5
2.2.1 องค์ประกอบทางเคมีของรำข้าว	5
2.2.2 เอนไซม์ในรำข้าว	6
2.2.3 กรดไขมันอิสระในรำข้าว	6
2.3 การผลิตน้ำมันรำข้าว	7
2.3.1 การนำน้ำมันออกจากรำข้าว	7
2.3.1.1 การบีบเย็น	7
2.3.1.2 การสกัดด้วยตัวทำละลาย	8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.3.2 การทำให้น้ำมันรำข้าวบริสุทธิ์	8
2.3.2.1 การกำจัดกัม	8
2.3.2.2 การทำให้เป็นกลาง	8
2.3.2.3 การกลั่น	8
2.4 การแยกสารเนื้อเดียว	9
2.4.1 การระเหย	9
2.4.2 การตกผลึก	9
2.4.3 การกลั่น	9
2.4.4 โครมาโทกราฟี	9
2.4.5 การสกัด	9
2.4.5.1 การสกัดด้วยตัวทำละลาย	10
2.4.5.2 การสกัดด้วยกรดหรือเบส	10
2.4.5.3 การสกัดต่อเนื่อง	10
2.5 เครื่องอัดไฮดรอลิก	10
2.5.1 กระบอกไฮดรอลิก	11
2.5.2 ชนิดของมอเตอร์ไฮดรอลิก	12
2.6 องค์ประกอบของแกลบ	12
2.7 องค์ประกอบของเปลือกมันสำปะหลัง	13
2.8 องค์ประกอบของกากปาล์ม	13
2.9 กระถางจากแกลบ	14
2.10 การทำพาร์ติเคิลบอร์ดจากแกลบ	14
2.11 การขึ้นรูปวัสดุธรรมชาติจากผักตบชวาตากแห้งและกาบกล้วย	15
2.12 การทดสอบความโค้งงอ	15

บทที่ 3 : วิธีการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.1 อุปกรณ์เครื่องมือ และวัสดุที่ใช้ 18
3.1.1 อุปกรณ์ที่ใช้สกัดน้ำมันรำข้าว 18
3.1.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการปรับปรุงคุณภาพน้ำมันรำข้าว 18
3.1.3 วัสดุและสารเคมีที่ใช้ในการสกัดน้ำมันรำข้าว 19
3.1.4 อุปกรณ์ที่ใช้ในการขึ้นรูปกระถาง 19
3.1.5 วัสดุที่ใช้ในการขึ้นรูปกระถาง 20
3.2 วิธีการทดลอง 20
3.2.1 การสกัดน้ำมันรำข้าว 20
3.2.2 การกำจัดกัมในน้ำมันรำข้าว 23
3.2.3 การเลี้ยงไขรำข้าว 24
3.2.4 การกลั่นน้ำมันรำข้าว 25
3.2.5 การขึ้นรูปกระถาง 26
3.2.6 การทำชิ้นงานทดสอบสมบัติความโค้งงอ 26
3.2.7 การทดสอบสมบัติความโค้งงอ 26
3.2.8 การทดสอบสมบัติความอุ้มน้ำ 29

บทที่ 4 : ผลการทดลองและวิเคราะห์ผลการทดลอง

4.1 ปริมาณน้ำมันรำข้าวที่สกัดได้ 30
4.2 วิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณของน้ำมันรำข้าว 30
4.3 การปรับปรุงคุณภาพน้ำมันรำข้าว 31
4.3.1 การกำจัดกรดไขมันอิสระ 31
4.3.2 ปริมาณน้ำมันที่เหลือจากการปรับปรุงคุณภาพ 32
4.4 การขึ้นรูปกระถางที่ทำจากแกลบ 33
4.5 การทดสอบความคงรูปของชิ้นงานที่ใช้ทดสอบสมบัติความโค้งงอ 34
4.6 การทดสอบสมบัติความโค้งงอ 34

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.7 วิเคราะห์กราฟระหว่างความเค้นดัดกับความเครียดดัด 39

4.8 การทดสอบสมบัติการอุ้มน้ำ 43

บทที่ 5 : สรุปผลการทดลอง

5.1 การสกัดน้ำมันรำข้าว 44

5.2 การทำกระถางจากแกลบ 44

5.3 การทำชิ้นงานทดสอบจากกากปาล์มและกากมันสำปะหลัง 44

เอกสารอ้างอิง 46

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก : ผลการทดลอง 50

ภาคผนวก ข : ตัวอย่างการคำนวณ 54

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

หน้า

รูปที่ 2.1 องค์ประกอบของต้นข้าว 4
รูปที่ 2.2 องค์ประกอบของเมล็ดข้าว 5
รูปที่ 2.3 ปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสของไตรกลีเซอไรด์โดยมีเอนไซม์ไลเปสเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา 6
รูปที่ 2.4 เครื่องบีบน้ำมันรำข้าว 7
รูปที่ 2.5 การกลั่นน้ำมันรำข้าวด้วยระบบไอน้ำภายใต้สุญญากาศ 9
รูปที่ 2.6 อุปกรณ์ที่ใช้ในการสกัดต่อเนื่อง 10
รูปที่ 2.7 โครงสร้างของกระบอกสูบไฮดรอลิก 11
รูปที่ 2.8 โครงสร้างของมอเตอร์ไฮดรอลิก 12
รูปที่ 2.9 การเปลี่ยนถ่ายกระถางที่ใช้แกลบเป็นวัสดุ 14
รูปที่ 2.10 ทิศทางของแรงที่กระทำต่อชิ้นงานจนเกิดการโค้งงอ 16
รูปที่ 3.1การสกัดน้ำมันรำข้าวด้วยไอโซโพรพานอล 21
รูปที่ 3.2 เครื่องอัดไฮดรอริกและกระบอกโลหะพร้อมฐานรองสำหรับบีบน้ำมันรำข้าว 22
รูปที่ 3.3 เครื่องกลั่นระเหยแบบหมุน 23
รูปที่ 3.4 น้ำมันและกัมของน้ำมันรำข้าวในชั้นน้ำ 24
รูปที่ 3.5 การจัดอุปกรณ์เลี้ยงไขรำข้าว 24
รูปที่ 3.6 การจัดอุปกรณ์กลั่นน้ำมันรำข้าว 25
รูปที่ 3.7 การหาจุดกึ่งกลางและจุดที่ห่างจากจุดกึ่งกลาง 50 มิลลิเมตร 27
รูปที่ 3.8 ตำแหน่งที่ขีดเส้นบนชิ้นงาน 27
รูปที่ 3.9 การจัดชิ้นงานและอุปกรณ์เพื่อใช้ทดสอบสมบัติความโค้งงอ 28
รูปที่ 3.10 ชิ้นงานที่ฉีกขาดถึงกึ่งกลาง 28
รูปที่ 3.11 การแช่ชิ้นงานเพื่อทดสอบความสามารถในการอุ้มน้ำ 29
รูปที่ 4.1 กราฟความสำพันธ์ระหว่างระยะเวลาในการสกัดกับปริมาณน้ำมันรำข้าวที่สกัดได้ 31
รูปที่ 4.2 การปรับปรุงแม่พิมพ์กระถาง 33
รูปที่ 4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงกับระยะกดโค้งของชิ้นงาน (1:1) 35
รูปที่ 4.4 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงกดกับระยะกดโค้งของชิ้นงาน (1:1*) 36

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 4.5 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงกดกับระยะกดโค้งของชิ้นงาน (2:3) 37

รูปที่ 4.6 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงกดกับระยะกดโค้งของชิ้นงาน (3:2) 38

รูปที่ 4.7 ความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นดัดกับความเครียดดัด (1:1) 39

รูปที่ 4.8 ความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นดัดกับความเครียดดัด (1:1*) 40

รูปที่ 4.9 ความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นดัดกับความเครียดดัด (2:3) 41

รูปที่ 4.10 ความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นดัดกับความเครียดดัด (3:2) 42

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 เกณฑ์การแบ่งสายพันธุ์ย่อยของข้าวตระกูลออไรซาซาไทวา	3
ตารางที่ 2.2 องค์ประกอบทางเคมีของรำข้าว	5
ตารางที่ 2.3 องค์ประกอบไขมันในน้ำมันรำข้าว	6
ตารางที่ 2.4 กรดไขมันอิสระในน้ำมันรำข้าว	7
ตารางที่ 2.5 องค์ประกอบทางเคมีของเปลือกมันสำปะหลัง	13
ตารางที่ 2.6 องค์ประกอบทางเคมีของกากปาล์ม	13
ตารางที่ 3.1 อัตราส่วนของรำข้าวกับไอโซโพรพานอลและเวลาที่ใช้ในการแช่รำข้าว	21
ตารางที่ 4.1 ผลผลิตร้อยละของน้ำมันรำข้าวที่ใช้ไอโซโพรพานอลเป็นตัวสกัด	21
ตารางที่ 4.2 ปริมาณน้ำมันที่เหลือจากขั้นตอนการปรับปรุงคุณภาพ	32
ตารางที่ 4.3 ตารางบันทึกความกว้าง ความยาว ความสูง และน้ำหนักของชิ้นงาน	34
ตารางที่ ก.1 ปริมาณน้ำมันรำข้าวที่สกัดโดยไอโซโพรพานอล	50
ตารางที่ ก.2 ระยะกดโค้งและโหลด *ใส่น้ำ 4 เท่าของน้ำหนักส่วนผสมทั้งหมด	51
ตารางที่ ก.3 มวลของชิ้นงานที่แช่อยู่ในน้ำ	53
ตารางที่ ข.1 ผลการคำนวณ %กรดไขมันอิสระในน้ำมันรำข้าวดิบ	55
ตารางที่ ข.2 ผลการคำนวณ%กรดไขมันอิสระจากกระบวนการต่างๆ	56
ตารางที่ ข.3 ปริมาณน้ำมันจากขั้นตอนต่างๆ	58
ตารางที่ ข.4 ผลการคำนวณแรงโค้งงอจากค่าโหลดที่ได้จากเครื่องทดสอบแรงอัดแบบสามทาง	59
ตารางที่ ข.5 ผลการคำนวณความเค้นดัด, *ใส่น้ำ 4 เท่าของน้ำหนักส่วนผสมทั้งหมด	59
ตารางที่ ข.6 ผลการคำนวณความเครียดดัด, *ใส่น้ำ 4 เท่าของน้ำหนักส่วนผสมทั้งหมด	62

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ประเทศไทยมีลักษณะภูมิประเทศส่วนใหญ่เป็นที่ลุ่มเหมาะกับการเพาะปลูกพืชตระกูลข้าว จากรายงานของอธิบดีกรมการค้าข้าว พบว่าในไตรมาสที่สามของของปี พ.ศ. 2557 ถึงไตรมาสที่สองของปี พ.ศ. 2558 ประเทศไทยมีพื้นที่เพาะปลูกข้าวสูงถึง 61.74 ล้านไร่ และมีผลผลิตเป็น 32.62 ล้านตันต่อปี เมื่อนำไปสีจะได้ผลผลิตเป็น ข้าวสาร 13.21 ล้านตัน ปลายข้าว 8.81 ล้านตัน แกลบ 6.98 ล้านตัน และรำข้าว 3.62 ล้านตัน โดยทั่วไปนิยมนำรำข้าวไปใช้ในงานปศุสัตว์และผลิตเป็นอาหารเสริมเลี้ยงทารก เนื่องจากรำข้าวมีสารอาหารประเภทคาร์โบไฮเดรตสูง รวมถึงกรดอะมิโน และไขมันที่ช่วยพัฒนาการทางด้านสมองและการเจริญเติบโตของร่างกาย โดยเฉพาะโอเมก้า 3, 6 และ 9 ซึ่งมีส่วนช่วยในการบำรุงสมอง อัลฟา-โอลิซานอล ซึ่งเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ และวิตามินอีที่ช่วยบำรุงด้านผิวพรรณ

เนื่องจากปัจจุบันผู้บริโภคหันมาให้ความสำคัญกับการเลือกน้ำมันที่ไม่ส่งผลเสียต่อสุขภาพมากขึ้น ทำให้น้ำมันรำข้าวเป็นหนึ่งในตัวเลือก แต่เนื่องจาก การผลิตน้ำมันรำข้าวมีต้นทุนในการผลิตที่ค่อนข้างสูง อีกทั้งสารเคมีที่ใช้ในการสกัดน้ำมันรำข้าวมีความไวไฟสูง ทำให้เกิดความไม่ปลอดภัยในการผลิต จึงศึกษาถึงการใช้ไอโซโพรพานอลแอลกอฮอล์ในการสกัดน้ำมันรำข้าว โดยศึกษาถึงปัจจัยเรื่องปริมาณของตัวทำละลายและเวลาที่ใช้ในการแช่รำข้าว

ขณะที่การใช้ประโยชน์จากแกลบมีความหลากหลายไม่มากนัก ส่วนมากนิยมนำไปใช้เพาะกล้า เนื่องจากแกลบประกอบด้วยซิลิกาซึ่งช่วยเพิ่มการถ่ายเทอากาศให้แก่ราก ทำให้ลดโอกาสที่รากจะเน่า นอกจากนี้การใช้ประโยชน์จากแกลบยังประกอบไปด้วย การนำไปอัดเป็นถ่านเพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิง และการนำไปผสมกับดินเพื่อทำเครื่องปั้นดินเผา แต่เนื่องจากการผลิตเครื่องปั้นดินเผาจำเป็นต้องใช้อุณหภูมิที่สูง ทำให้เสียค่าใช้จ่ายด้านเชื้อเพลิงเป็นจำนวนมาก จึงต้องการลดต้นทุนโดยการนำแกลบมาผสมกับตัวประสานจากธรรมชาติในอัตราส่วนต่างๆ แล้วขึ้นรูปในพิมพ์ด้วยเครื่องอัดไฮดรอลิก

1.2 วัตถุประสงค์

1. ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณน้ำมันรำข้าว
2. ศึกษาการวิเคราะห์คุณภาพของน้ำมันรำข้าวโดยวิธีกำจัดกัม เลี้ยงไข และกำจัดกรดไขมันอิสระ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ทดลองขึ้นรูปกระถางจากแกลบกับวัสดุธรรมชาติที่อัตราส่วนต่างๆด้วยเครื่องอัดไฮดรอลิก
4. ศึกษาสมบัติความโค้งงอของวัสดุในอัตราส่วนต่างๆ

1.3 ขอบเขตโครงงาน

1. ศึกษาปริมาณและระยะเวลาในการสกัดของไอโซโพรพานอลที่มีผลต่อปริมาณของน้ำมันรำข้าว
2. ศึกษาลำดับของกระบวนการทำให้น้ำมันรำข้าวบริสุทธิ์ โดยมีค่ากรดไขมันอิสระน้อยที่สุด
3. ศึกษาอัตราส่วนที่สามารถขึ้นรูปเป็นกระถางระหว่างแกลบ ปาล์ม และตัวประสานจากธรรมชาติ
4. ทดสอบสมบัติความโค้งงอของวัสดุ โดยใช้เครื่องวัดแรงอัดแบบสามทิศทาง
5. เปรียบเทียบผลการคำนวณค่าความโค้งงอที่ได้จากความชันระหว่างแรงกดับระยะกดโค้ง และจากค่าความเค้นดัดกับความเครียดดัด

1.4 ประโยชน์ที่ได้รับ

1. ใช้ประโยชน์จากผลพลอยได้ที่ได้จากการสีข้าว เช่น แกลบ และรำข้าว
2. ได้สัดส่วนที่เหมาะสมของการใช้ไอโซโพรพานอลในการสกัดน้ำมันรำข้าว ทดแทนเฮกเซนที่มีความไวไฟสูง
3. ได้เรียนรู้กระบวนการในการผลิตน้ำมันรำข้าวโดยวิธีสกัดด้วยสารละลาย
4. ลดต้นทุนในการผลิตน้ำมันรำข้าว
5. เพิ่มมูลค่าของรำข้าวและแกลบ
6. ลดปริมาณการใช้กระถางพลาสติก
7. ได้กระถางต้นไม้ที่มีการถ่ายเทอากาศที่ดี เพื่อลดปัญหาเรื่องรากเน่า
8. ลดต้นทุนในการทำกระถางต้นไม้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีเบื้องต้นและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับข้าว

2.1.1 สายพันธุ์ของข้าว [1-3]

ข้าวเป็นพืชใบเลี้ยงเดี่ยววงศ์แกรมินี (Graminae) มีลักษณะเป็นพืชล้มลุกสกุลออไรซา (Oryza) ในปัจจุบันมีสายพันธุ์ที่นิยมปลูก 2 สายพันธุ์ คือ แกลเบอร์ริมา (Glaberrima) ในเขตร้อนของทวีปแอฟริกา และซาไทวา (Sativa) ที่สามารถปลูกได้ทั้งในเขตร้อนและเขตอบอุ่น

สามารถแบ่งข้าวสายพันธุ์ซาไทวาออกเป็น 3 สายพันธุ์ย่อย โดยใช้ลักษณะของลำต้น และเมล็ดข้าว เป็นเกณฑ์ ดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 เกณฑ์การแบ่งสายพันธุ์ย่อยของข้าวตระกูลออไรซาซาไทวา [4]

ลักษณะ	สายพันธุ์		
	อินดิคา	จาปอนิคา	จาวานิคา
ใบ	กว้าง สีเขียวอ่อน	แคบ สีเขียวแก่	กว้าง แข็ง สีเขียวอ่อน
เมล็ด	ยาว ค่อนข้างแบน	สั้น กลม	กว้างหนา
กอ	แตกกอมาก	แตกกอปานกลาง	แตกกอน้อย
ต้น	สูง อ่อน	เตี้ย แข็ง	สูง แข็ง
หางของเมล็ด	สั้น	สั้นมาก-ยาว	สั้นมาก-ยาว
ขนของข้าวเปลือก	สั้นมาก	ขนมาก และยาว	ขนยาว
การร่วง	เมล็ดร่วงง่าย	เมล็ดร่วงยาก	เมล็ดร่วงยาก

โดยทั่วไปพบข้าวพันธุ์อินดิคา (Indica) ในประเทศศรีลังกา อินเดีย อินโดนีเซีย บังคลาเทศ ไทย ฟิลิปปินส์ เวียดนาม ตอนกลางและตอนใต้ของจีน เนื่องจากข้าวสายพันธุ์นี้เจริญเติบโตได้ดีในลักษณะภูมิอากาศแบบเขตร้อน ขณะที่สายพันธุ์จาปอนนิคา (Japonica) เหมาะแก่การเพาะปลูกในลักษณะภูมิอากาศแบบเขตอบอุ่น ทำให้นิยมเพาะปลูกในประเทศญี่ปุ่น เกาหลีใต้ และตอนเหนือของประเทศจีน ส่วนข้าวพันธุ์จาวานิคา (Javanica) เจริญเติบโตได้ดีในลักษณะภูมิอากาศแบบเส้นศูนย์สูตร จึงสามารถปลูกในประเทศอินโดนีเซีย และพม่า แต่ไม่เป็นที่นิยมมากนัก เนื่องจากให้ผลผลิตน้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.1 ลักษณะของต้นข้าว[5]

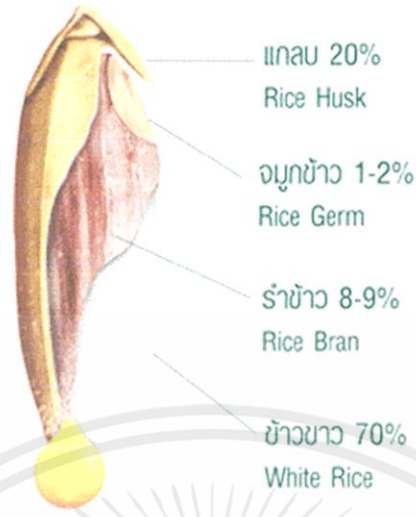
ข้าวเป็นพืชล้มลุกมีลักษณะลำต้นเป็นปล้อง มีโพรงตรงกลาง ในแต่ละปล้องจะมีความยาวไม่เท่ากันและประกอบด้วยใบข้าวเพียงหนึ่งใบ โดยปล้องสุดท้ายของต้นข้าวจะประกอบด้วยรวงข้าวหรือช่อดอกของข้าว ดังแสดงในรูปที่ 2.1 และในแต่ละดอกของข้าว จะประกอบด้วยเปลือกหุ้มสองแผ่นคือ เลมมา(lemma) และ พาเลีย (palea) ที่ช่วยป้องกันอันตรายของเกสรตัวผู้และเกสรตัวเมีย หลังจากเกสรตัวผู้และเกสรตัวเมียของข้าวผสมพันธุ์กันแล้ว เอนโดสเปิร์ม (Endosperm) จะเปลี่ยนเป็นเมล็ดข้าวโดยมีคัพภะห่อหุ้มเมล็ดข้าวเอาไว้

รูปที่ 2.1 องค์ประกอบของต้นข้าว

2.1.2 องค์ประกอบของเมล็ดข้าว[6]

เมล็ดข้าวเปลือกประกอบด้วย ข้าวขาว แกลบ รำข้าว และจมูกข้าว ตามสัดส่วนในรูปที่ 2.2 มีสารอาหารที่สำคัญคือคาร์โบไฮเดรต รองลงมาเป็นโปรตีน และไขมัน ตามลำดับ สามารถแบ่งประเภทของข้าวได้จากชนิดของคาร์โบไฮเดรตคือ ข้าวเจ้าที่มีแป้งอมิโลส (Amylose) เป็นองค์ประกอบ 15 – 30 % และข้าวเหนียวที่มีแป้งอะมิโลเพคติน (Amylopectin) เป็นองค์ประกอบ 5 – 7 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.2 องค์ประกอบของเมล็ดข้าว [7]

2.2 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับรำข้าว

2.2.1 องค์ประกอบทางเคมีของรำข้าว

จากผลวิจัยของ Connor [8], Prakash [9] และYoussef [10] พบว่ารำข้าวมีองค์ประกอบส่วนใหญ่เป็นคาร์โบไฮเดรต รองลงมาเป็นไขมัน โปรตีน เถ้า และกากใย ตามลำดับ

ตารางที่ 2.2 องค์ประกอบทางเคมีของรำข้าว (a) Connor (b) Prakash และ(c) Youssef [11]

ชนิดของรำข้าว	โปรตีน	ไขมัน	เถ้า	กากใย	คาร์โบไฮเดรต
ไขมันเต็ม(a)	12.0	13.7	12.1	14.4	25.4
ไขมันเต็ม(b)	14.1	20.9	12.8	8.4	43.5
สกัดน้ำมันออก(a)	18.3	5.4	11.2	8.6	31.6
สกัดน้ำมันออก(b)	18.2	1.6	15.3	10.5	54.3
สกัดน้ำมันออก(c)	12.8	7.0	8.9	8.2	58.2

โดยองค์ประกอบของไขมันในรำข้าว ประกอบด้วยไตรกลีเซอไรด์ ร้อยละ 80 ถึง 90 ที่เหลือเป็น ไดกลีเซอไรด์ มอนอกลีเซอไรด์ ฟอสโฟลิปิด ไกลโคลิปิด สเตอริลเอสเทอร์ โอลิซานอล และไขมันไม่อิ่มตัว ดังตารางที่ 2.3

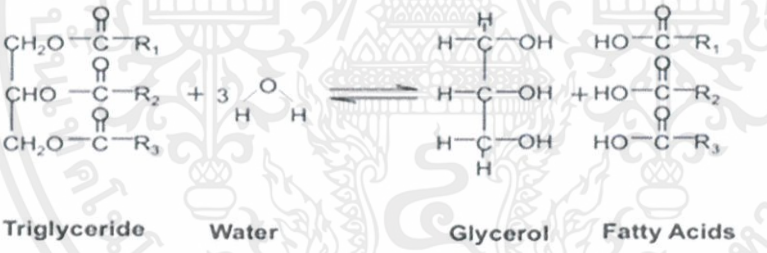
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.3 องค์ประกอบไขมันในน้ำมันรำข้าว [13]

ประเภท	สัดส่วน(ร้อยละ)
ไตรกลีเซอไรด์	80 – 90
ไดกลีเซอไรด์	1 – 5
โมโนกลีเซอไรด์	1 – 2
ฟอสโฟลิปิด	1 – 2
ไกลโคลิปิด	1- 3
สเตอริลเอสเทอร์	2 – 3
โอลิซานอล	1 – 2
ไขมันไม่อิ่มตัว	3

2.2.1 เอนไซม์ในรำข้าว

รำข้าวประกอบด้วยเอนไซม์ไลเปสซึ่งเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาให้ไตรกลีเซอไรด์ทำปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสกับน้ำโดย ได้ผลิตภัณฑ์เป็นกลีเซอรอลและกรดไขมันอิสระ ดังรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 ปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสของไตรกลีเซอไรด์โดยมีเอนไซม์ไลเปสเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา

เมื่อไขมันในรำข้าวมีกรดไขมันอิสระเกิดขึ้น จะทำให้รำข้าวมีกลิ่นเหม็นหืนและมีรสขม ไม่เหมาะกับการนำไปประกอบอาหาร ดังนั้นควรปรับความชื้นในรำข้าวให้ต่ำกว่าร้อยละ 3 โดยน้ำหนัก เพื่อป้องกันการคืนสภาพของเอนไซม์ไลเปส [14]

2.2.2 กรดไขมันอิสระในรำข้าว

น้ำมันรำข้าวประกอบด้วยกรดไขมัน 8 ชนิดคือ กรดโอเลอิก (Oleic acid) กรดลิโนเลอิก (Linoleic acid) กรดปาลมิติก (Palmitic acid) กรดสเตียริก (Stearic acid) กรดลิโนเลนิก (Linolenic acid) กรดอะราคิดิก (Arachidic acid) กรดไมริสติก (Myricstic acid) และกรดบีฮีนิก (Behenic acid) มีสัดส่วนในน้ำมันรำข้าวดังตารางที่ 2.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

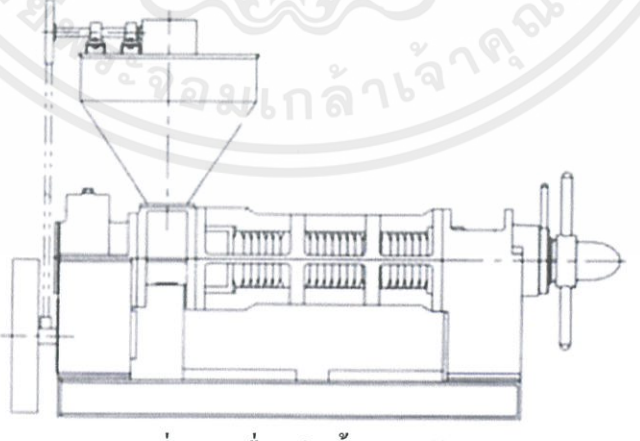
ตารางที่ 2.4 กรดไขมันอิสระในน้ำมันรำข้าว [15]

ชนิดของกรดไขมันอิสระ	ปริมาณ (ร้อยละ)
Myristic acid	0.2
Palmitic acid	15.0
Stearic acid	1.9
Oleic acid	42.5
Linoleic acid	39.1
Linolenic acid	1.1
Arachidic acid	0.5
Behenic acid	0.2

2.3 การผลิตน้ำมันรำข้าว

2.3.1 การนำน้ำมันออกจากรำข้าว[16]

2.3.1.1 การบีบเย็น (Screw Press Cold Process) เป็นการผลิตน้ำมันรำข้าวที่อุณหภูมิระหว่าง 40 ถึง 70 องศาเซลเซียส โดยใช้แรงบีบอัดของเครื่องสกรูลเพลส (Screw Press) ดังรูปที่ 2.4 มีข้อดีคือ ได้น้ำมันรำข้าวที่มีคุณค่าทางอาหารสูง แต่เนื่องจากผลิตที่อุณหภูมิต่ำ ทำให้เอนไซม์ไลเปสในรำข้าวทำงาน ส่งผลให้กรดไขมันอิสระมีค่าสูง จำเป็นต้องควบคุมคุณภาพของรำให้มีอายุไม่เกิน 1 วัน



รูปที่ 2.4 เครื่องบีบน้ำมันรำข้าว [17]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.1.2 การสกัดด้วยตัวทำละลาย (Solvent Extraction) คือการนำตัวทำละลายอินทรีย์ไปสกัดน้ำมันออกจากรำข้าว โดยทั่วไปนิยมใช้เฮกเซนเป็นตัวสกัด เนื่องจากเฮกเซนมีคุณสมบัติละลายน้ำมันรำข้าวได้อย่างสมบูรณ์ ทำให้ได้ปริมาณน้ำมันรำข้าวเป็นจำนวนมาก

2.3.2 การทำให้น้ำมันรำข้าวบริสุทธิ์[18]

2.3.1.1 การกำจัดกัม (Degumming)

กัม ประกอบด้วย สารกลุ่มฟอสโฟลิปิด และสารประกอบเชิงซ้อนของลิปิดและโปรตีน ส่งผลต่อกลิ่นของน้ำมัน โดยทั่วไปแล้วจะใช้ไอน้ำหรือไอน้ำผสมกับน้ำมันแล้วแยกกัมออกจากน้ำมันโดยการเหวี่ยงให้แยกชั้น

แต่เนื่องจากกัมในน้ำมัน มิได้มีเพียงส่วนที่ละลายในน้ำ จึงต้องใช้กรดเข้ามาช่วย จากงานวิจัยเรื่องการกำจัดกัมในน้ำมันรำข้าวของ Kapil Tyagi, M. A. Ansari, Shweta Tyagi และAnkita Tyagi [20] พบว่า สัดส่วนที่เหมาะกับการกำจัดกัมที่สุดคือ การใช้กรดฟอสฟอริก 0.75% และน้ำ 3%ของปริมาณน้ำมัน โดยระยะเวลาที่เหมาะสมในการกำจัดกัมคือ 45 นาที

2.3.1.2 การเลี้ยงไข (Remove wax)

ไขเป็นตัวทำให้น้ำมันรำข้าวเกิดการแข็งตัว เมื่อส่งไปยังประเทศที่มีภูมิอากาศหนาว ทำให้ไม่สามารถใช้น้ำมันพืชประกอบอาหารได้ โดยทั่วไปจะใช้วิธีการลดอุณหภูมิของน้ำมันพืชลงจนถึงจุดที่น้ำมันพืชเริ่มเป็นไข แล้วแยกไขออกจากน้ำมันโดยการเหวี่ยงที่อุณหภูมิต่ำ

2.3.1.3 การทำให้เป็นกลาง (Neutralization)

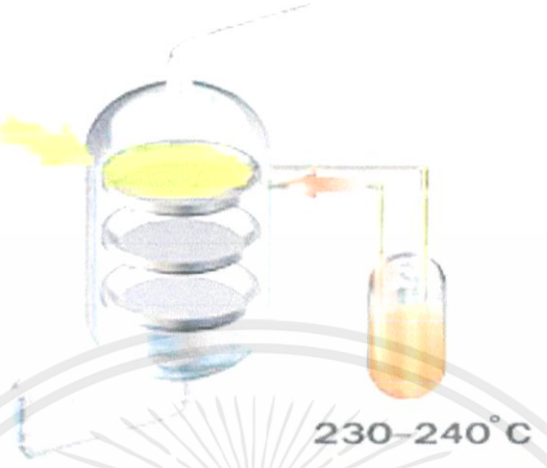
คือการกำจัดกรดไขมันอิสระโดยการเติมด่าง เช่น โซดาไฟ(NaOH) เพื่อทำปฏิกิริยาสปอนนิฟิเคชัน (Saponification) กับกรดไขมันอิสระ ได้ผลิตภัณฑ์เป็นสบู่

2.3.1.4 การกลั่น (Distillation)

การกลั่นน้ำมันพืช เป็นการกำจัดกลิ่นเหม็นหืนในน้ำมันพืช อีกทั้งยังช่วยกำจัดกรดไขมันอิสระที่เป็นสาเหตุทำให้น้ำมันพืชมีจุดเกิดควันที่ต่ำ ซึ่งไม่เหมาะกับการนำไปประกอบอาหารประเภทผัดและทอด การกลั่นด้วยระบบไอน้ำภายใต้สุญญากาศ (Vacuum Steam Refining System) เป็นระบบที่ใช้ไอน้ำเป็นตัวนำความร้อนที่อุณหภูมิ 230 ถึง 240 องศาเซลเซียส ทำให้ได้น้ำมันที่มีความบริสุทธิ์สูง นิยมใช้ในการผลิตระดับอุตสาหกรรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื่องจากประหยัดเวลาในการแยกน้ำมันออกจากรำข้าว และทำได้ในจำนวนที่มาก แต่เนื่องจากกระบวนการนี้ ผลิตที่อุณหภูมิสูง ทำให้มีค่าใช้จ่ายทางด้านพลังงานที่สูง



รูปที่ 2.5 การกลั่นน้ำมันรำข้าวด้วยระบบไอน้ำภายใต้สุญญากาศ [19]

2.4 การแยกสารเนื้อเดียว[20]

2.4.1 การระเหย (Evaporation) เป็นการแยกสารที่เป็นของผสมระหว่างของแข็งกับของเหลว โดยให้ความร้อนจนส่วนที่เป็นของเหลวระเหยออกมาเป็นไอ มีข้อควรระวังคือ ไม่ควรใช้กับสารที่มีความไวไฟ

2.4.2 การตกผลึก (Crystallization) เป็นการทำให้สารละลายอิ่มตัวที่อุณหภูมิสูงเย็นตัวลง ส่งผลให้สารแยกออกมาจากตัวทำละลายในรูปผลึกของของแข็ง

2.4.3 การกลั่น (Distillation) เป็นการแยกของผสมออกจากกันโดยอาศัยความแตกต่างของความดันไอ (Vapour pressure) แบ่งเป็น 4 วิธีคือ การกลั่นธรรมดา (Simple Distillation) การกลั่นลำดับส่วน (Fractional distillation) การกลั่นด้วยไอน้ำ (Steam distillation) และการกลั่นแบบลดความดัน (Distillation at reduce pressure)

2.4.4 โครมาโทกราฟี (Chromatography) เป็นเทคนิคการแยกสารออกจากสารผสมโดยอาศัยการกระจายตัวในเฟสคงที่และเฟสเคลื่อนที่ ที่แตกต่างกัน แบ่งเป็น 2 ประเภทคือ โครมาโทกราฟีแบบดูดซับ (Adsorption chromatography) ซึ่งมีเฟสคงตัว (Stationary phase) เป็นของแข็ง ส่วนเฟสเคลื่อนที่ (Mobile phase) เป็นของเหลวหรือก๊าซ ในขณะที่โครมาโทกราฟีแบบแบ่งส่วน (Partition Chromatography) จะมีเฟสเคลื่อนที่และเฟสคงตัวเป็นของเหลวทั้งคู่

2.4.5 การสกัด (Extraction) เป็นการแยกสารที่ต้องการออกจากของผสมโดยใช้ตัวทำลายเป็นตัวสกัดของผสมที่ต้องการสกัดอาจเป็นของแข็งหรือของเหลวก็ได้ ขึ้นอยู่กับสถานะและสมบัติของสารที่

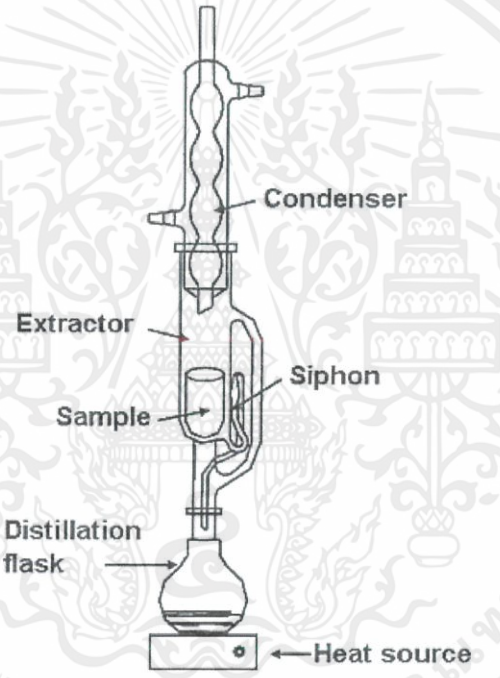
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต้องการสกัด โดยทั่วไปแบ่งการสกัดออกเป็น 3 วิธีคือ การสกัดด้วยตัวทำละลาย การสกัดด้วยกรดหรือเบส และการสกัดต่อเนื่อง

2.4.5.1 การสกัดด้วยตัวทำละลาย เป็นวิธีการแยกสารออกจากของผสมและทำให้บริสุทธิ์ โดยตัวทำลายที่ใช้จะต้องไม่เป็นเนื้อเดียวกับสารที่ถูกสกัด กล่าวคือมีค่าสัมประสิทธิ์การกระจายของสารที่ถูกสกัดในชั้นของตัวทำละลายอินทรีย์ต่อชั้นน้ำมากกว่า 5

2.4.5.2 การสกัดด้วยกรดหรือเบส เป็นการอาศัยปฏิกิริยาเคมีระหว่างตัวสกัดและสารที่ต้องการสกัด โดยอาศัยเรื่องการละลายของกรดอ่อนในเบสแก่ หรือ เบสอ่อนในกรดแก่

2.4.5.3 การสกัดต่อเนื่อง เป็นวิธีสกัดเมื่อสารที่ต้องการสกัดมีปริมาณที่น้อยมาก โดยทั่วไปจะใช้กับการสกัดสารจากธรรมชาติโดยใช้เครื่องมือคือ Soxhlet extractor ดังรูปที่ 2.5



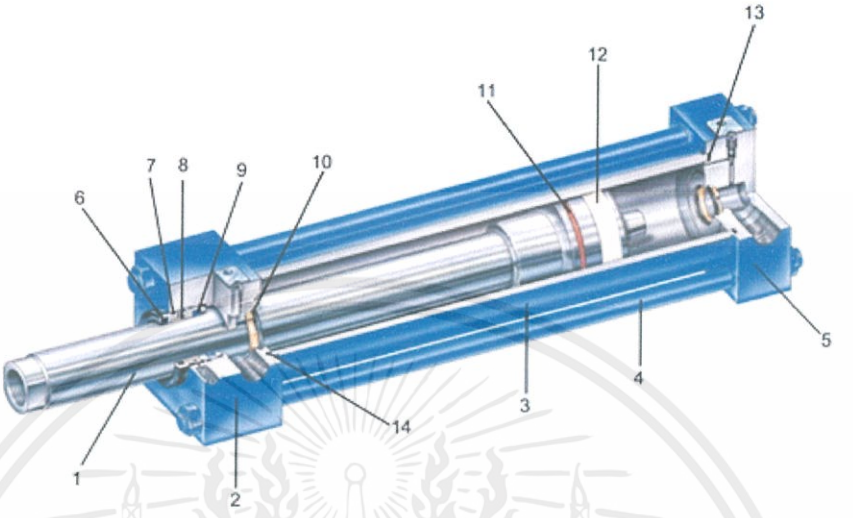
รูปที่ 2.6 อุปกรณ์ที่ใช้ในการสกัดต่อเนื่อง [21]

2.5 เครื่องอัดไฮดรอลิก[22-24]

ระบบไฮดรอลิก (Hydraulic) เป็นระบบที่อาศัยการเปลี่ยนพลังงานของของไหลให้กลายเป็นพลังงานเชิงกลผ่านตัวกระทำเช่น กระบอกสูบ แบ่งเป็น 2 ชนิด คือ กระบอกไฮดรอลิก (Hydraulic Cylinder) ซึ่งเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรง และมอเตอร์ไฮดรอลิก (Hydraulic Motor) ซึ่งเคลื่อนที่ในแนวรัศมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.1 กระบอกไฮดรอลิก



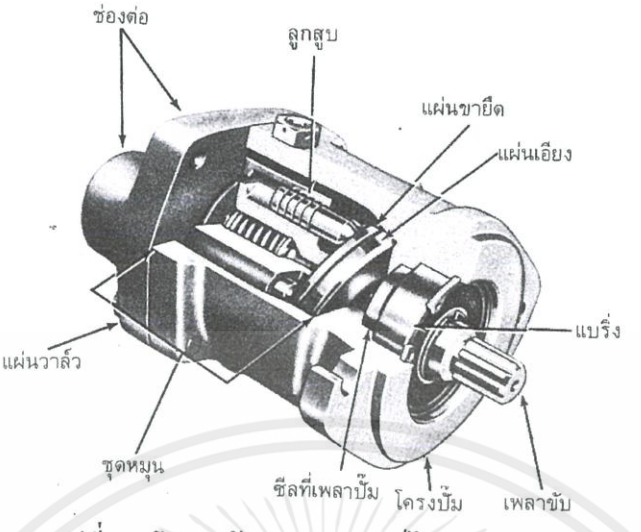
1. Rod Hard Chrome : ก้านกระบอกสูบ
2. Front cover : ฝาหัว
3. Honest Tube : เสื้อกระบอกสูบ
4. Tri rod : เสารั้งกระบอกสูบ
5. Back cover : ฝาท้าย
6. Wiper Seal : ซีลกันฝุ่น
7. Bushing : บู๊ชทองเหลือง
8. Wear ring : ซีลกันสึก
9. Rod Seal : ซีลก้านสูบ
10. Cushion Seal : ซีลกันกระแทกของลูกสูบ
11. Piston Seal : ซีลลูกสูบ
12. Teflon : เทปซีลกันสึก
13. O-ring : ซีลฝาท้าย
14. O-ring : ซีลฝาหัว

รูปที่ 2.7 โครงสร้างของกระบอกสูบไฮดรอลิก [23]

กระบอกไฮดรอลิกจะอาศัยน้ำมันขับเคลื่อนให้เกิดแรงดันหรือแรงดึงในแนวเส้นตรง แบ่งประเภทของกระบอกสูบได้เป็น 3 ประเภทคือ กระบอกสูบทางเดียว (Single acting cylinder) กระบอกสูบสองทาง (Double acting cylinder) และกระบอกสูบสองทางแบบมีก้านสูบสองด้าน (Double rod cylinder) โดยกระบอกสูบแบบทางเดียว จะทำงานโดยการส่งน้ำมันเข้ากระบอกสูบเพียงทางเดียว ทำให้สปริงเกิดแรงดันและผลักให้ชิ้นงานที่ถูกดันเคลื่อนที่อย่างช้าๆ ขณะที่กระบอกสูบสองทาง ทำงานโดยส่งน้ำมันเข้ากระบอกสูบทั้งด้านหัวและก้านสูบ ส่งผลให้ลูกสูบเคลื่อนที่ผลักหรือดึงชิ้นงานกลับมาที่ด้านก้านสูบหรือหัวก้านสูบ ส่วนกระบอกสูบสองทางแบบมีก้านสูบสองด้าน จะทำงานโดยส่งน้ำมันเข้าพร้อมกันทั้งสองด้าน เพื่อผลักและดึงชิ้นงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.2 ชนิดของมอเตอร์ไฮดรอลิก



รูปที่ 2.8 โครงสร้างของมอเตอร์ไฮดรอลิก[22]

มอเตอร์ไฮดรอลิกมีลักษณะการทำงานคล้ายปั๊มไฮดรอลิก อาศัยแรงดันของน้ำมันแทนไฟฟ้าเพื่อขับเคลื่อนให้หมุนในแนวรัศมี แบ่งเป็น 4 ชนิดคือ

- มอเตอร์ไฮดรอลิกแบบเฟือง (Gear Motor) อาศัยแรงดันของน้ำมันทำให้เฟืองและเพลาเคลื่อนที่
- มอเตอร์ไฮดรอลิกแบบจีโรเตอร์ (Gerotor Moter) อาศัยแรงดันของน้ำมันทำให้เฟืองจีโรเตอร์ตัวนอกหมุน ส่งผลให้เฟืองตัวในที่ติดกับเพลาเกิดการหมุนตามไปด้วย
- มอเตอร์ไฮดรอลิกแบบใบพัด (Vane Motor) อาศัยแรงดันน้ำมันขับให้ใบพัดหมุน ส่งผลให้โรเตอร์ซึ่งมีเพลาติดอยู่หมุนตามไปด้วย
- มอเตอร์ไฮดรอลิกแบบแบบลูกสูบ (Displacement Volume Motor) อาศัยน้ำมันดันให้ลูกสูบผลักแผ่นเอียงให้เคลื่อนที่ ทำให้เพลาที่อยู่ติดกับแผ่นเอียงทำงาน

2.6 องค์ประกอบของแกลบ[25]

แกลบเป็นส่วนที่ห่อหุ้มเมล็ดของข้าวสารเอาไว้ เมื่อเหลือจากการสีมักนำไปใช้การเพาะปลูก เนื่องจากมีสารอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช โดยทั่วไปแกลบจะประกอบด้วย เซลลูโลส 30 – 40% ลิกนิน 19 – 47% น้ำตาล 17 – 26% และสารประกอบอนินทรีย์ 20 – 25% อันมีซิลิกาเป็นองค์ประกอบสูงถึง 85-99%

2.7 องค์ประกอบของเปลือกมันสำปะหลัง

จากฐานข้อมูลงานวิจัยมันสำปะหลังของสำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร พบว่าเปลือกมันสำปะหลังมีคาร์โบไฮเดรตเป็นองค์ประกอบหลัก รองลงมาเป็นเส้นใย โปรตีน เถ้า และไขมัน ดังตารางที่ 2.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.5 องค์ประกอบทางเคมีของเปลือกมันสำปะหลัง[26]

	DEVENDRA (1977)	ADEGBOLA (1980)
DRY MATTER	n.d.	13.5
CRUDE PROTEIN	4.8	6.5
CRUDE FIBRE	21.1	10.0
ETHER EXTRACT	1.2	1.0
NFE	68.6	62.5
ASH	4.2	6.5
CA	0.312	n.d.
MG	0.215	n.d.
GROSS ENERGY (MJ/KG)	2.96	1.65
DIGESTIBLE ENERGY (M/KG)	n.d.	1.03

2.8 องค์ประกอบของกากปาล์ม

กากปาล์มแบ่งเป็นกากจากผลปาล์มและกากเมล็ดปาล์ม โดยทั่วไปแล้วกากผลปาล์มจะมีเยื่อใยประมาณ 30.51% ในขณะที่กากเมล็ดปาล์มมีเยื่อใยเพียง 21.14% แต่เนื่องจากกากเมล็ดปาล์มมีสารอาหารที่มากกว่ากากจากผลปาล์มเล็กน้อย จึงนิยมนำไปผลิตเป็นอาหารสัตว์

ตารางที่ 2.6 องค์ประกอบทางเคมีของกากปาล์ม[27]

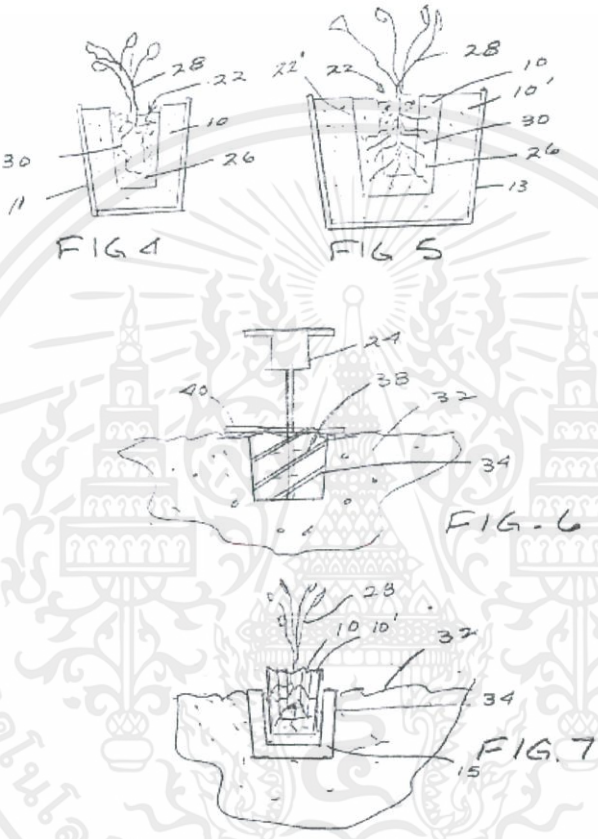
องค์ประกอบ (%)	กากผลปาล์ม	กากเมล็ดปาล์ม
ความชื้น	12.82	9.67
โปรตีน	7.08	10.18
ไขมัน	6.91	10.22
เยื่อใย	30.51	21.14
เถ้า	4.55	4.25
แคลเซียม	-	0.25

2.9 กระถางจากแกลบ

แกลบเป็นวัสดุที่มีรูพรุนสูง หากนำมาทำเป็นกระถางปลูกต้นไม้จะทำให้พืชมีการเจริญเติบโตที่ดี จากรายงานของ Woodske [28] ได้กล่าวว่ากระถางที่ทำจากแกลบจะมีอัตราการใช้น้ำที่ต่ำถึงปานกลาง อีกทั้งยังปราศจากเชื้อรา แต่เนื่องจากกระถางจากแกลบมีรูพรุนที่สูงทำให้เกิดความเสียหายของรากในระหว่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เปลี่ยนถ่ายกระถาง ดังนั้น LynnWood C. Cook [29] จึงได้เสนอวิธีเปลี่ยนถ่ายกระถางที่ใช้แกลบเป็นวัสดุ โดยนำแกลบผสมกับ พีทมอส ปุ๋ยคอก และกัวร์กัม อัดในแม่พิมพ์ด้วยความดันที่ทำให้กระถางมีขนาดเล็กลง 20% ด้วยเวลา 30 ถึง 60 วินาที หลังจากกระถางแห้งแล้วทดลองมาเพาะปลูกพืช พบว่ารากของพืชจะแทรกออกจากเนื้อกระถางทำให้ไม่สามารถเปลี่ยนถ่ายกระถางโดยวิธีปกติได้ แต่เนื่องจากรากส่วนใหญ่สามารถแทรกออกจากกระถางได้ จึงเสนอให้นำกระถางจากแกลบใบเดิม ไปซ้อนกับกระถางใบที่ต้องการจะเปลี่ยน ดังรูปที่ 2.8



รูปที่ 2.9 การเปลี่ยนถ่ายกระถางที่ใช้แกลบเป็นวัสดุ[29]

หลังจากนำกระถางลงดินแล้ว กระถางจากแกลบจะเริ่มแตกเมื่อเวลาผ่านไป 1 สัปดาห์ และย่อยสลายเมื่อเวลาผ่านไป 1 เดือน จึงไม่เป็นปัญหาต่อการเจริญเติบโตของราก อีกทั้งกระถางที่สลายตัวยังประกอบด้วยสารอาหารที่จำเป็นต่อการเพาะปลูกทำให้ประหยัดปริมาณปุ๋ยที่ใส่รองหลุมเมื่อนำพืชลงดิน

2.10การทำพาร์ติเคิลบอร์ด (Particleboard) จากแกลบ[30]

พาร์ติเคิลบอร์ดประเภทที่ 13 (Type 13 Particleboad) ตามมาตราฐาน JIS A 5908 กำหนดให้มีความโค้งงอ (Flexural modulus) สูงกว่า 2.5 จิกะปาสคาล เมื่อนำแกลบและโพลิไวนิลแอลกอฮอลล์ (Polyvinyl Alcohol) มาผสมกันที่อัตราส่วน1:4 โดยทดลองผสมผงโพลิไวนิลแอลกอฮอลล์กับน้ำใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อัตราส่วน 70% 60% และ 50% ตามลำดับ ขึ้นรูปด้วยฮอตเพรสซิงแมชชีน (Hot pressing mechine) ณ อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที ที่ความดัน 10, 20, 30 และ 40 MPa ตามลำดับ ควบคุมให้พาร์ติเคิลบอร์ดมีขนาด 90x90x5 mm^3 และขึ้นรูปเป็น 30 40 และ 50 กรัม แล้วอบที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 ชั่วโมง เมื่อทดสอบด้วยยูนิเวอร์แซลเทสติงแมชชีน (Universal Testing Machine) ที่ความเร็ว 1.0 มิลลิเมตรต่อนาที พบว่าวัสดุที่ขึ้นรูปจนมีมวล 40 กรัม จะมีค่าความเค้นดัด (Flexural strength) และค่าความโค้งงอ (flexural modulus) สูงสุดที่ 29.4 MPa และ2.03 GPa ตามลำดับซึ่งเป็นไปตามมาตราฐาน JIS A 5908 ขณะที่อัตราส่วนของการผสมผงโพลิไวนิลแอลกอฮอล์กับน้ำควรเป็น 3:7 และขึ้นรูปด้วยความดันตั้งแต่ 20 MPa ขึ้นไป แต่เนื่องจากความหนาแน่นของวัสดุมีค่ามากกว่า 0.9 กรัมต่อลูกบาศก์เมตร จึงไม่ผ่านมาตราฐาน JIS A 5908

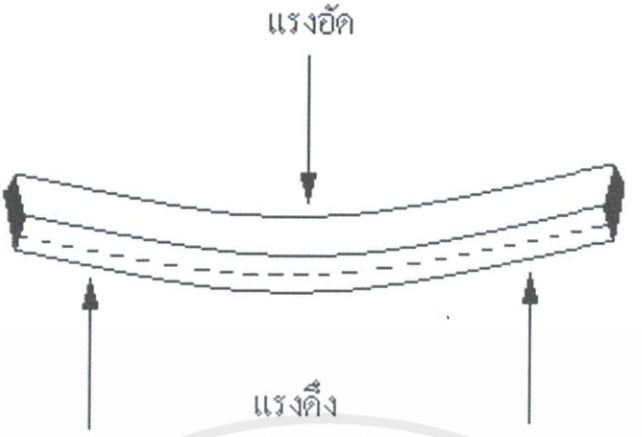
2.11การขึ้นรูปวัสดุจากธรรมชาติจากผักตบชวาตากแห้งและกาบกล้วย[31]

การขึ้นรูปกาบกล้วยตากแห้ง แป้งมันสำปะหลัง และแกลบ 250 กรัม 200 กรัม และ50 กรัม ตามลำดับ ด้วยเครื่องขึ้นรูปภาชนะจากวัสดุธรรมชาติที่ประกอบด้วยปั๊มไฮดรอลิก มอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 3 แรงม้า ถังพักน้ำมัน ตู้ควบคุมระบบไฟฟ้า วาล์วควบคุมต่างๆ และชุดรับแรงกด ที่แรงดัน 50-70 บาร์ โดยใช้ระยะเวลาในการกดค้างตั้งแต่ 10 วินาทีขึ้นไป จะได้ภาชนะที่สมบูรณ์ ไม่มีการแตก

2.12 การทดสอบความโค้งงอ(Flexural Test)[32-33]

การทดสอบความโค้งงอคือการทดสอบความสามารถของวัสดุที่สามารถทนต่อแรงที่กระทำให้โค้งงอโดยไม่เกิดการแตกหรือเสียรูป โดยให้แรงอัดเพียงหนึ่งตำแหน่งในระนาบเดียวของชิ้นงาน ขณะที่ด้านตรงกันข้างจะเกิดแรงดึงทำให้ชิ้นงานเกิดการโค้งงอ ดังรูปที่ 2.9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.9 ทิศทางของแรงที่กระทำต่อชิ้นงานจนเกิดการโค้งงอ

ในทางปฏิบัติจะใช้แท่งเหล็กวางที่จุดกึ่งกลางของชิ้นงาน แล้วค่อยๆกดแท่งเหล็กลงตามความเร็วที่ตั้งไว้ เมื่อแท่งเหล็กเคลื่อนตัวลงบนพื้นผิวของชิ้นงาน จะเกิดแรงกดทำให้ชิ้นงานเกิดการโค้งงอ สามารถคำนวณแรงอัดได้จากค่าโหลด ณ ตำแหน่งต่างๆของพรูฟวิงริง (Proving Ring) โดยใช้สมการที่ (1)

$$y = 0.6452x + 0.3238 \quad (1)$$

เมื่อ

y คือ แรงกด (หน่วยเป็นนิวตัน; N)

x คือ ค่าที่อ่านได้จากพรูฟวิงริง (หน่วยเป็นขีด)

เมื่อทราบแรงอัด ณ ระยะกดโค้งต่างๆของชิ้นงานแล้ว สามารถคำนวณสมบัติความโค้งงอได้ดังนี้

1. สมการที่ใช้คำนวณค่าความเค้นดัด(Flextural Stress)

$$\sigma_f = \frac{3FL}{2bh^2} \quad (2)$$

โดยที่

σ_f คือ ความเค้นดัด (หน่วยเป็นนิวตันเมตรยกกำลังลบสอง; Nm^{-2})

F คือ แรงกด (หน่วยเป็นนิวตัน; N)

L คือ Span length (หน่วยเป็นมิลลิเมตร; mm)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

b คือ ความกว้างของตัวอย่าง (หน่วยเป็นมิลลิเมตร; mm)

h คือ ความหนาของตัวอย่าง (หน่วยเป็นมิลลิเมตร; mm)

2. สมการที่ใช้คำนวณค่า%ความเครียดดัด(Flextural Strain)

$$\%\varepsilon_f = \frac{6h\Delta d}{L^2} \times 100 \quad (3)$$

โดยที่

$\%\varepsilon_f$ คือ %ความเครียดดัด (ไม่มีหน่วย)

L คือ Span length (หน่วยเป็นมิลลิเมตร; mm)

h คือ ความหนาของตัวอย่าง (หน่วยเป็นมิลลิเมตร; mm)

Δd คือระยะกดโค้ง (หน่วยเป็นมิลลิเมตร; mm)

3. สมการที่ใช้คำนวณค่าความโค้งงอ(Elastic Modulus)

$$E_b = \left(\frac{L^2}{4bh^3}\right)\frac{(\Delta F)}{\Delta d} \quad (4)$$

หรือ

$$E_b = \left(\frac{L^2}{4bh^3}\right)(slope) \quad (5)$$

โดยที่

E_bคือค่าความโค้งงอ (หน่วยเป็นนิวตันเมตรกำลังลบสาม; Nm^{-3})

L คือ Span length (หน่วยเป็นมิลลิเมตร; mm)

b คือ ความกว้างของตัวอย่าง (หน่วยเป็นมิลลิเมตร; mm)

h คือ ความหนาของตัวอย่าง (หน่วยเป็นมิลลิเมตร; mm)

ΔF คือผลต่างของแรงดึง (หน่วอยเป็นนิวตัน; N)

Δd คือระยะกดโค้ง (หน่วยเป็นมิลลิเมตร; mm)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

วิธีทดลอง

บทนี้กล่าวถึงขั้นตอนการดำเนินงานและการแก้ปัญหา แบ่งการทดลองเป็น 2 ส่วนคือการสกัดน้ำมันรำข้าวและการทำกระถางจากแกลบ

3.1 อุปกรณ์ เครื่องมือ และวัสดุที่ใช้

3.1.1 อุปกรณ์ที่ใช้สกัดน้ำมันรำข้าว

1. เครื่องอัดไฮดรอลิก
2. กระบอกโลหะเจาะรูพร้อมฝารองน้ำมัน
3. ถุงกรอง
4. ถังพลาสติกพร้อมฝาปิดขนาด 3 ลิตร
5. เหยือกน้ำ
6. ถุงพลาสติกและหนังยาง
7. ทัพพี
8. เครื่องชั่งหนึ่งตำแหน่ง
9. เครื่องกลั่นระเหยแบบหมุน (Rotary Evaporator)
10. ปั๊ม
11. เครื่องทำน้ำเย็น
12. ขวดก้นกลม
13. กระบอกตวงขนาด 250 มิลลิลิตร

3.1.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการปรับปรุงคุณภาพน้ำมันรำข้าว

1. บีกเกอร์
2. กรวยแยก
3. แท่งแก้วคนสาร
4. เทอร์โมมิเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. บิวเรต

6. ปิเปต

7. หลอดทดลอง

8. ที่จับหลอดทดลอง

9. ที่จับบิวเรต

10. ฐานตั้งเหล็ก

11. หลอดหยด

12. ขวดปริมาตร

13. ขวดรูปชมพู่

14. ขวดก้นกลม

15. กระจกนาฬิกา

16. เครื่องแก้วสำหรับเลี้ยงไข

17. กระบอกตวง

18. ชุดอุปกรณ์กลั่นน้ำมัน

19. เครื่องเหวี่ยงหลอดทดลอง

20. เครื่องชั่งสี่ตำแหน่ง

21. ฮอตเพลท

22. แท่งแม่เหล็ก

3.1.3 วัสดุและสารเคมีที่ใช้ในการสกัดน้ำมันรำข้าว

1. รำข้าว

2. ไอโซโพรพานอล

3. น้ำกลั่น

4. กรดฟอสฟอริก

5. โซเดียมไฮดรอกไซด์

3.1.4 อุปกรณ์ที่ใช้ในการขึ้นรูปกระถาง

1. เครื่องอัดไฮดรอลิก

2. แม่พิมพ์กระถางตัวผู้และตัวเมีย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. แม่พิมพ์สำหรับทำวัสดุทดสอบ

4. ถุงพลาสติก

5. หม้อ

6. ทัพพี

7. บีกเกอร์

8. แท่งแก้วคนสาร

9. ถุงมือ

10. ตู้อบ

11. เตาไฟฟ้า

12. เครื่องชั่งหนึ่งตำแหน่ง

3.1.5 วัสดุที่ใช้ในการขึ้นรูปกระถาง

1. แกลบ

2. กากปาล์ม

3. กากเปลือกมันสำปะหลัง

4. แป้งมันสำปะหลัง

5. น้ำประปา

6. น้ำมันพืช

3.2 วิธีทดลอง

3.2.1 การสกัดน้ำมันรำข้าว

1. ชั่งรำข้าว 500 กรัม ใส่ในถังขนาด 3 ลิตร เป็นจำนวน 6 ถัง

2. เติมไอโซโพรพานอลในถังที่บรรจุรำข้าวเป็นปริมาณ 750 มิลลิลิตร จำนวน 3 ถัง และ 1 ลิตร จำนวน 3 ถัง ดังรูปที่ 3.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.1 การสกัดน้ำมันรำข้าวด้วยไอโซโพรพานอล

3. จับเวลาที่ใช้ในการแช่รำข้าว ตามตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 3.1 อัตราส่วนของรำข้าวกับไอโซโพรพานอลและเวลาที่ใช้ในการแช่รำข้าว

หมายเลขถัง	อัตราส่วนของรำข้าวกับไอโซโพรพานอล	เวลา(ชั่วโมง)
1	2 : 3	1
2		5
3		24
4	1 : 2	1
5		5
6		24

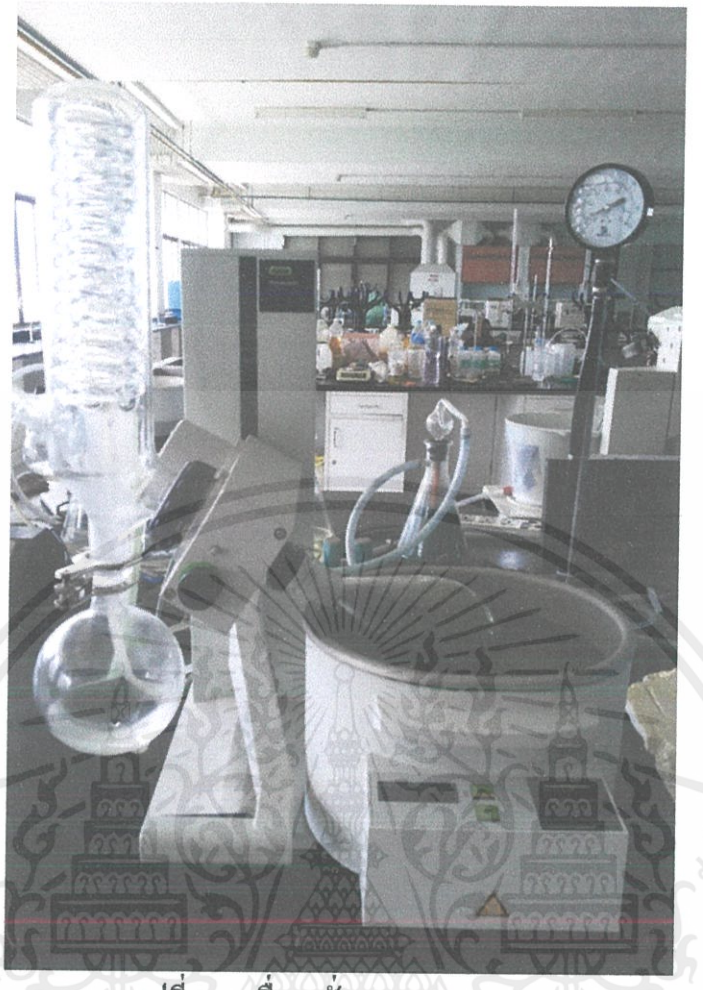
4. พับก้นถุงกรองแล้วใส่ลงในกระบอกเหล็กเจาะรูที่วางอยู่บนถาดรอง และนำเหยือกวางใต้ถาดรองเพื่อรองรับน้ำมันรำข้าวในไอโซโพรพานอล
5. เทของผสมที่ถูกแช่ตามเวลาในข้อ 3.2.1.3 ลงในถุงกรอง
6. พับเก็บมุมถุงกรอง แล้วขันเกลียวให้เครื่องอัดไฮดรอลิกทำงาน
7. ค่อยๆ โยกคันโยกข้างที่ไม่ผ่อนแรงให้หัวอัดไฮดรอลิกเคลื่อนที่ลงในกระบอกเหล็ก เมื่อไม่สามารถโยกคันโยกได้แล้ว ให้เปลี่ยนไปโยกคันโยกฝั่งที่ผ่อนแรง สังเกตมาตรวัดความดันให้เข็มกระดิกไปที่ความดันไม่เกิน 30 บาร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.2 เครื่องอัดไฮดรอริกและกระบอกโลหะพร้อมฐานรองสำหรับบีบน้ำมันรำข้าว

8. เปิดเครื่องทำน้ำเย็น ตั้งอุณหภูมิที่ 10 องศาเซลเซียส
9. นำของผสมที่ได้จากข้อ 7 เทใส่ขวดก้นกลม แล้วจัดอุปกรณ์ ดังรูปที่ 3.3
10. ปิดก๊อกระบายอากาศตรงอุปกรณ์ควบแน่น ปรับความเร็วในการหมุนของขวดก้นกลม
11. เปิดปั๊ม และพัดลมระบายความร้อน ปรับความดันของระบบอย่างช้าๆ สังเกตฟองที่เกิดขึ้นในขวดรูปก้นกลม ระวังมิให้เกิดการเดือดอย่างรุนแรง
12. เมื่อระเหยตัวทำละลายหมดแล้ว ให้หยุดการหมุนของขวดก้นกลม ปิดปั๊ม และเปิดให้อากาศเข้าตามลำดับ
13. หมุนขวดก้นกลมออกจากเครื่องระเหย เทใส่ภาชนะที่ทราบน้ำหนัก
14. ชั่งและบันทึกปริมาณน้ำมันรำข้าว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.3 เครื่องกลั่นระเหยแบบหมุน

3.2.2 การกำจัดกัมในน้ำมันรำข้าว

1. ต้มน้ำให้มีอุณภูมิประมาณ 75 องศา
2. นำน้ำมันรำข้าวที่ระเหยตัวทำละลายออกใส่ในหลอดทดลอง
3. เติมกรดฟอสฟอริกและน้ำ 0.5% และ 10% โดยน้ำหนักของน้ำมันรำข้าวตามลำดับ
4. นำหลอดทดลองไปอุ่นในน้ำร้อนเป็นเวลา 1 ชั่วโมง
5. เทสารที่อยู่ในหลอดทดลองลงในกรวยแยก และตั้งทิ้งไว้จนสารแยกเป็นชั้นระหว่างน้ำมันกับชั้นน้ำ

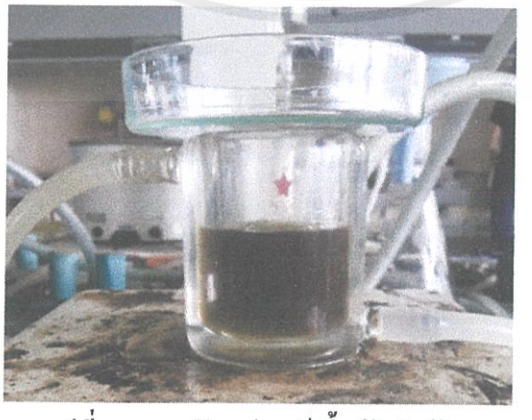
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.4 น้ำมันและกัมของน้ำมันรำข้าวในชั้นน้ำ

6. ไขเอาชั้นน้ำออกแล้วล้างกรดฟอสฟอริกที่ตกค้างในน้ำมันรำข้าวด้วยน้ำ 10 %โดยน้ำหนัก
7. ไขน้ำมันใส่ขวดรูปชมพู่ประมาณ 1 – 2 กรัม หยดฟีนอฟทาลีนแล้วนำไปไทเทรตกับโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.25 M
8. บันทึกปริมาณและคำนวณหา%กรดไขมันอิสระ

3.2.3 การเลี้ยงไขรำข้าว

1. เปิดเครื่องทำความเย็น ตั้งอุณหภูมิของน้ำไว้ที่อุณหภูมิห้อง
2. นำน้ำมันรำข้าวและแท่งแม่เหล็กใส่ในเครื่องแก้วที่ใช้เลี้ยงไข พร้อมปิดด้วยกระจกนาฬิกา ดังรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5 การจัดอุปกรณ์เลี้ยงไขรำข้าว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ปรับความเร็วของแท่งแม่เหล็กให้เกิดการกวนอย่างช้าๆ

4. ปรับลดอุณหภูมิของน้ำในอัตรา 1 องศา ต่อ 30 นาที จนน้ำมันรำข้าวเริ่มเป็นไข

5. บันทึกอุณหภูมิของน้ำมันรำข้าว แล้วทิ้งให้เกิดไขเพิ่มขึ้นเป็นเวลา 3 ชั่วโมง

6. นำไขรำข้าวออกจากน้ำมันรำข้าวโดยการเหวี่ยง ณ อุณหภูมิที่ทำให้น้ำมันรำข้าวเริ่มเป็นไข (อุณหภูมิที่บันทึกไว้ในขั้นตอนที่ 5)

7. นำไปไทเทรตกับโซเดียมไฮดรอกไซด์ และคำนวณหา%กรดไขมันอิสระ

3.2.4 การกลั่นน้ำมันรำข้าว

1. นำน้ำมันรำข้าวใส่ขวดกลั่นแล้วจัดอุปกรณ์ดังรูปที่ 3.6

รูปที่ 3.6 การจัดอุปกรณ์กลั่นน้ำมันรำข้าว

2. เปิดมอเตอร์ให้ขวดกลั่นหมุน

3. เปิดปั๊มและค่อยๆปิดวาล์เพื่อไล่อากาศ

4. สังเกตการเกิดฟองของน้ำมันรำข้าว เมื่อฟองหายไปให้เปิดฮีตเตอร์ที่อุณหภูมิ 100 องศา - เซลเซียส

5. ปรับเพิ่มอุณหภูมิของฮีตเตอร์จนน้ำมันรำข้าวเริ่มเดือด บันทึกอุณหภูมิและความดัน

6. เมื่อฟองลดลงให้ปรับเพิ่มอุณหภูมิของฮีตเตอร์จนไม่เกิดฟองในน้ำมันรำข้าว

7. ปิดฮีตเตอร์และปล่อยให้น้ำมันรำข้าวมีอุณหภูมิใกล้เคียงกับอุณหภูมิห้อง

8. ค่อยๆเปิดให้อากาศเข้าและปิดปั๊ม

9. นำขวดรองรับไปแช่ในน้ำร้อนจนกรดไขมันหลอมเหลว

10. ไขกรดไขมันใส่ลงบีกเกอร์เพื่อจัดเก็บ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

11. นำน้ำมันในขวดกลั่นไปชั่งน้ำหนัก พร้อมไทเทรตหา%กรดไขมันอิสระ
12. เปรียบเทียบลำดับขั้นตอนระหว่าง การกำจัดกัม การเลี้ยงไข และการกลั่นน้ำมันรำข้าว จาก%ผลผลิต และ%กรดไขมันอิสระของน้ำมันรำข้าว

3.2.5 การขึ้นรูปกระถาง

1. ผสมแป้งมันสำปะหลังและน้ำในอัตราส่วน 1:2 แล้วนำไปให้ความร้อนจนของเหลวใส
2. ผสมกาวที่ได้จากแป้งมันสำปะหลังกับแกลบในอัตราส่วน 2:3
3. นำส่วนผสมในขั้นตอนที่ 1 ใส่ลงในแม่พิมพ์
4. นำแม่พิมพ์ไปวางบนแท่นอัดไฮดรอลิก แล้วอัดด้วยความดัน 70 บาร์
5. ถอดกระถางออกจากแม่พิมพ์
6. ทำซ้ำในขั้นตอนที่ 2 ถึง 5 โดยเปลี่ยนจากแกลบเป็นกากปาล์ม
7. ทำซ้ำในขั้นตอนที่ 1 ถึง 6 โดยเปลี่ยนจากแป้งมันเป็นกากเปลือกมันสำปะหลัง

3.2.6 การทำชิ้นงานทดสอบสมบัติความโค้งงอ

1. ชั่งกากเปลือกมันสำปะหลัง 100 กรัมใส่ในหม้ออะลูมิเนียม
2. เติมน้ำ 400 กรัมลงในหม้ออะลูมิเนียม
3. เปิดเตาไฟฟ้า คนของผสมในหม้ออะลูมิเนียมเบาๆ ระวังไม่ให้ติดก้นหม้อ
4. ปิดเตาเมื่อของผสมในหม้อเริ่มเหนียว
5. เทกากปาล์ม 100 กรัมลงในหม้ออะลูมิเนียม คนให้กากปาล์มกับกากมันเข้ากัน
6. ตัดถุงพลาสติกให้มีความยาวมากกว่าความยาวของแม่พิมพ์ที่ใช้ทำแท่งทดสอบ
7. บรรจุของผสมที่ได้จากขั้นตอนที่ 5 ลงในพิมพ์
8. ปิดฝาของแม่พิมพ์ อัดด้วยเครื่องอัดไฮดรอลิกที่ความดัน 70 บาร์
9. นำวัสดุที่ถูกอัดออกจากพิมพ์ แล้วตัดออกเป็นสามส่วนเท่าๆกัน
10. นำวัสดุในขั้นตอนที่ 9 ไปอบที่อุณหภูมิ 60 – 90 องศาเซลเซียส ชั่งน้ำหนักทุกๆ 30 นาที จนน้ำหนักของวัสดุไม่เปลี่ยนแปลง

3.2.7 การทดสอบสมบัติความโค้งงอ

1. ชั่งน้ำหนัก และวัดความยาวทั้งสามด้านของชิ้นงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

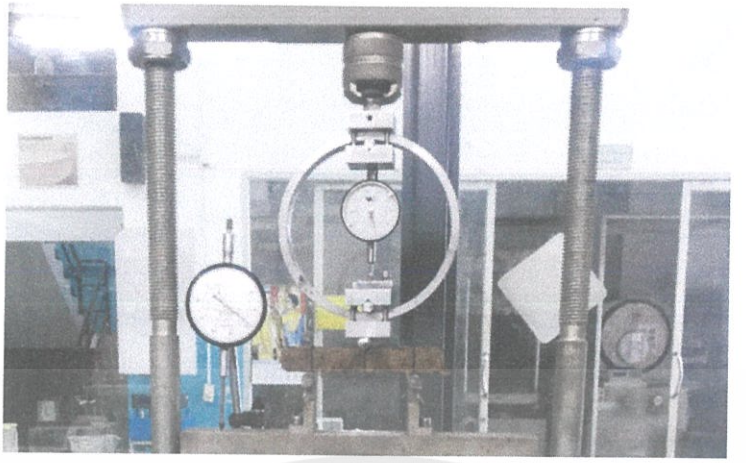
รูปที่ 3.7 การหาจุดกึ่งกลางและจุดที่ห่างจากจุดกึ่งกลาง 50 มิลลิเมตร

2. ขีดเส้นตรงจุดกึ่งกลางและระยะที่ห่างจากจุดกึ่งกลางของวัสดุ 50 มิลลิเมตร

รูปที่ 3.8 ตำแหน่งที่ขีดเส้นบนชิ้นงาน

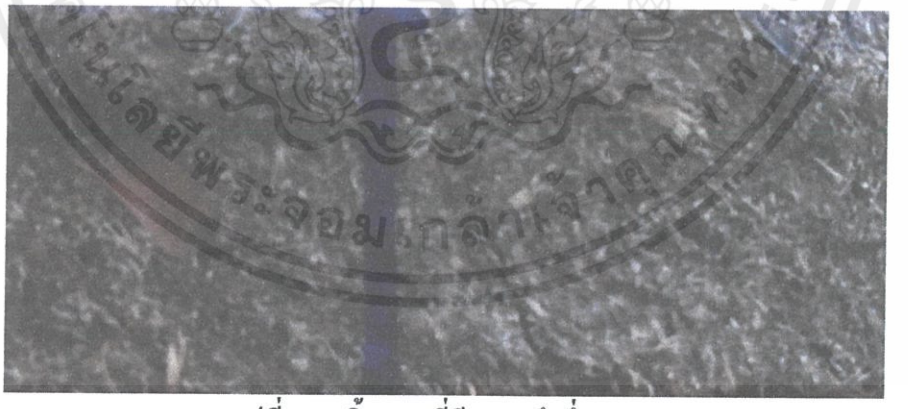
3. วางวัสดุลงบนเครื่อง เครื่องวัดแรงดัดแบบสามทิศทาง (Triaxial Tester T400 Digital) โดยให้ขีดที่ห่างจากจุดกึ่งกลาง 50 มิลลิเมตร ตรงกับฐานรองรับชิ้นงาน
4. เสียบปลั๊ก เปิดเครื่องโดยสลับสวิตช์ที่ปุ่ม Power
5. กดสวิตช์ลงที่ตำแหน่ง Down จนสามารถสอดแท่งเหล็กวางบนจุดกึ่งกลางของชิ้นงานดังรูปที่ 3.9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.9 การจัดชิ้นงานและอุปกรณ์เพื่อใช้ทดสอบสมบัติความโค้งงอ

6. กดสวิตช์ขึ้นที่ตำแหน่ง Up จนเข็มชี้ไปที่ตำแหน่ง 0
7. ตั้งความเร็วของเครื่องที่ 1 มิลลิเมตรต่อนาที แล้วสลับสวิตช์ที่ตำแหน่ง Test speed เพื่อให้เครื่องทำงาน
8. จดบันทึกสเกลบนโหลดพรูพวิงริง (Load Proving Ring) เมื่อระยะกดโค้งเพิ่มขึ้นทุก 20 มิลลิเมตร
9. ปิดเครื่องเมื่อชิ้นงานมีรอยฉีดขาดถึงกึ่งกลาง



รูปที่ 3.10 ชิ้นงานที่ฉีกขาดถึงกึ่งกลาง

10. นำค่าที่ได้จากโหลดพรูพวิงริง (Load Proving Ring) ไปคำนวณเป็นแรงกด โดยใช้สมการที่ (1)
11. สร้างกราฟระหว่างแรงและระยะกดโค้ง พิจารณาช่วงที่ความชันมีค่าคงตัวเพื่อนำไปคำนวณค่าความโค้งงอตามสมการที่ (5)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

12. คำนวณความเค้นดัด ความเครียดดัด และค่าความโค้งงอ ดังสมการที่ (2), (3) และ(4)ตามลำดับ
13. สร้างกราฟระหว่างความเค้นดัดและความเครียดดัด พร้อมทั้งหาที่มีความเค้นมากที่สุดเพื่อคำนวณหาค่าความโค้งงอ

3.2.8 การทดสอบสมบัติความอุ้มน้ำ

1. ชั่งมวลของชิ้นทดสอบ แล้ววางชิ้นทดสอบลงในถาดอะลูมิเนียม
2. เติมน้ำจนเกือบท่วมชิ้นงานดังรูปที่ 3.11

รูปที่ 3.11 การแช่ชิ้นงานเพื่อทดสอบความสามารถในการอุ้มน้ำ

3. จับเวลา และบันทึกมวลของชิ้นงานทุกๆ 5 นาที จนน้ำหนักของชิ้นงานไม่มีการเปลี่ยนแปลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลองและวิเคราะห์ผลการทดลอง

4.1 ปริมาณน้ำมันรำข้าวที่สกัดได้

หลังจากบีบน้ำมันรำข้าวออกจากรำข้าวและระเหยไอโซโพรพานอลออก พบว่าเมื่ออัตราส่วนระหว่างรำข้าวกับไอโซโพรพานอลเป็น 2:3 จะได้ปริมาณน้ำมันรำข้าวเป็น 48.6, 51.1 และ 54.4 กรัม เมื่อใช้ระยะเวลาในการสกัดเป็น 1 ชั่วโมง, 5ชั่วโมง และ1 วันตามลำดับ ในขณะที่อัตราส่วนระหว่างรำข้าวกับไอโซโพรพานอลเป็น 1:2 จะได้น้ำมันรำข้าวเป็น 50.5, 52.1 และ 59.1 กรัม เมื่อใช้ระยะเวลาในการสกัดเป็น 1 ชั่วโมง, 5ชั่วโมง และ1 วันตามลำดับ คิดเป็นผลผลิตร้อยละดังตารางที่ 4.1 คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างดังนี้ 5.02% และ 3.12% เมื่อเปรียบเทียบจากระยะเวลาในการสกัดด้วยอัตราส่วนของรำข้าวต่อไอโซโพรพานอลเป็น 2:3และ 1:2 ตามลำดับ ขณะที่ระยะเวลาในการสกัดเป็น 24 ชั่วโมง มีผลผลิตร้อยละแตกต่างกับการสกัดในระยะเวลา 1 ชั่วโมง 11.26% เมื่อใช้อัตราส่วนระหว่างรำข้าวกับไอโซโพรพานอลเป็น 2:3 และ 15.69% เมื่อใช้อัตราส่วนระหว่างรำข้าวกับไอโซโพรพานอลเป็น 1:2

ตารางที่ 4.1 ผลผลิตร้อยละของน้ำมันรำข้าวที่ใช้ไอโซโพรพานอลเป็นตัวสกัด

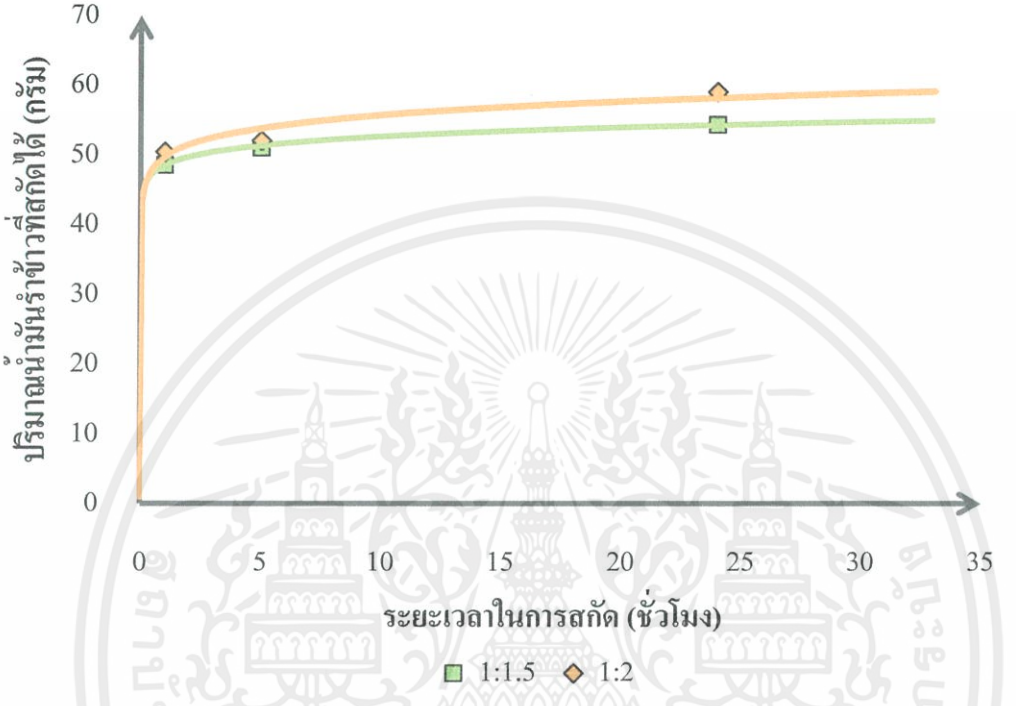
อัตราส่วนของรำข้าว กับไอโซโพรพานอล	เวลาที่ใช้ในการสกัด(ชั่วโมง)		
	1	5	24
2:3	9.72	10.22	10.88
1:2	10.10	10.42	11.82

4.2 วิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณของน้ำมันรำข้าว

เมื่อนำปริมาณน้ำมันรำข้าวกับระยะเวลาที่ใช้ในการสกัดมาสร้างเป็นกราฟดังรูปที่ 4.1 จะได้เส้นแนวโน้มที่มีความชันเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในระยะเวลาเริ่มสกัดจนถึงระยะเวลาประมาณ 1 ชั่วโมง ก่อนที่จะมีความชันลดลงจนมีปริมาณน้ำมันที่ถูกสกัดออกจากรำข้าวน้อยมากในระยะเวลา 24 ชั่วโมง อีกทั้งเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างที่คำนวณได้ในข้างต้นมีค่าไม่เกิน 20% จึงวิเคราะห์ได้ว่า ระยะเวลาในการสกัดมีอิทธิพลต่อปริมาณของน้ำมันรำข้าวในระยะเวลาไม่เกิน 1 ชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เช่นเดียวกับอัตราส่วนระหว่างรำข้าวและไอโซโพรพานอล เมื่อเพิ่มปริมาณตัวสกัดจาก 750ลิตร เป็น 1 ลิตร จะได้ปริมาณน้ำมันที่เพิ่มขึ้นเพียง 3.83%, 1.94% และ8.28% เมื่อใช้เวลาในการสกัดเป็น 1 ชั่วโมง, 5 ชั่วโมง และ 1 วัน ดังนั้นการเพิ่มปริมาณตัวสกัดมีผลต่อปริมาณน้ำมันน้อยมาก



รูปที่ 4.1 ระยะเวลาในการสกัดกับปริมาณน้ำมันรำข้าวที่สกัดได้

4.3 การปรับปรุงคุณภาพน้ำมันรำข้าว

4.3.1 การกำจัดกรดไขมันอิสระ

เมื่อทดสอบปริมาณน้ำมันรำข้าวดิบที่ได้จากการสกัดด้วยไอโซโพรพานอล พบว่ามีกรดไขมันอิสระโดยเฉลี่ยสูงถึง 41.02% ซึ่งสูงกว่าค่าที่ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 205 กำหนด คือ 4 มิลลิกรัม ต่อปริมาณน้ำมัน 1 กรัมสำหรับน้ำมันและไขมันซึ่งทำโดยวิธีธรรมชาติ และไม่เกิน 0.6 มิลลิกรัม ต่อปริมาณน้ำมัน 1 กรัมสำหรับน้ำมันและไขมันซึ่งทำโดยวิธีผ่านกรรมวิธี [34]

เพื่อให้ใช้ประโยชน์ในการประกอบอาหารได้ จำเป็นต้องนำน้ำมันรำข้าวดิบผ่านกระบวนการเพื่อให้มีปริมาณกรดไขมันต่ำกว่า 0.6 มิลลิกรัมต่อน้ำมัน 1 กรัม หรือคิดเป็น 0.06% ของน้ำมันทั้งหมด

โดยทั่วไปกระบวนการที่กำจัดกรดไขมันอิสระเมื่อนำน้ำมันดิบไปกลั่นที่อุณหภูมิ 189 องศาเซลเซียส และความดัน 2 มิลลิบาร์ พบว่ามีกรดไขมันอิสระเหลือ 9.33% จึงนำน้ำมันที่ผ่านการกลั่นไปเลี้ยงไข พบว่าไม่เกิดไขที่อุณหภูมิต่ำกว่า 5 องศาเซลเซียส ทำให้ไม่สามารถกำจัดไขและกรดไขมันอิสระ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในขั้นตอนนี้ได้ เมื่อนำน้ำมันที่ได้ ไปกำจัดกัมพบว่า กรดไขมันอิสระมีค่าไม่ต่างกับการกลั่น ดังนั้นการลดค่ากรดไขมันอิสระโดยนำไปกลั่นทันทีจะลดปริมาณกรดไขมันอิสระได้เพียง 75.65%

ในขณะที่การกำจัดกัมก่อนนำไปกลั่น สามารถทำให้ค่ากรดไขมันอิสระลดลงเป็น 7.05% เมื่อนำไปเลี้ยงไขที่อุณหภูมิ 6 องศาเซลเซียส พบว่ากรดไขมันอิสระเหลือเพียง 4.32% เมื่อนำ%กรดไขมันอิสระที่วัดได้แปลงเป็นค่าของกรด(Acid Value) ดังสมการที่ (6)

$$Acid\ Value = 1.99\%\text{FFA} \tag{6}$$

พบว่าค่าของกรดที่คำนวณได้คือ 8.60 ซึ่งไม่ผ่านมาตรฐานที่ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 205 ปี พ.ศ. 2543 เรื่องน้ำมันและไขมัน ข้อ 6 ว่าด้วยน้ำมันและไขมันซึ่งทำโดยวิธีธรรมชาติ จะมีค่าของกรด (Acid Value) ได้ไม่เกิน 4.0 มิลลิกรัมโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ ต่อ น้ำมันหรือไขมัน 1 กรัม

หลังจากนั้น จึงทดลองนำน้ำมันรำข้าวดิบไปกำจัดกัมแล้วเลี้ยงไข พบว่าเป็นไขที่อุณหภูมิ 23 องศาเซลเซียส มีค่ากรดไขมันอิสระเหลือเพียง 10.80%

จึงได้ทดลองนำน้ำมันรำข้าวดิบไปเลี้ยงไขเป็นอันดับแรก พบว่าน้ำมันรำข้าวเริ่มเป็นไขที่อุณหภูมิ 25 อาศาเซลเซียส มีค่ากรดไขมันอิสระเป็น 22.87% เมื่อนำไปกำจัดกัม แล้วกลั่นที่อุณหภูมิ 169 องศาเซลเซียส ความดัน 3 มิลลิบาร์ พบว่ากรดไขมันอิสระลดลงเหลือ 10.32%

4.3.2 ปริมาณน้ำมันที่เหลือจากการปรับปรุงคุณภาพ

จากตารางที่ 4.2 แสดงปริมาณน้ำมันที่เมื่อผ่านการปรับปรุงคุณภาพ พบว่าการนำน้ำมันรำข้าวดิบไปกลั่นแล้วกำจัดกัมจะเหลือปริมาณน้ำมันรำข้าวมากที่สุด อีกทั้งไม่เป็นไขเมื่ออุณหภูมิสูงกว่า 5 องศาเซลเซียส ทำให้ไม่จำเป็นต้องผ่านกระบวนการเลี้ยงไขที่ใช้ต้นทุนทางพลังงานสูง

ตารางที่ 4.2 ปริมาณน้ำมันเมื่อผ่านการปรับปรุงคุณภาพ

ลำดับขั้นตอน	ปริมาณน้ำมัน (กรัม)	ปริมาณน้ำมันที่เหลือ(%)	ลำดับขั้นตอน	ปริมาณน้ำมัน (กรัม)	ปริมาณน้ำมันที่เหลือ(%)
น้ำมันตั้งต้น	122	100	น้ำมันตั้งต้น	304.1	100
1. กลั่น	67.2	55.08	1. กำจัดกัม	182.7	60.08
2. กำจัดกัม	44.8	36.72	2. กลั่น	112.4	36.96
3. เลี้ยงไข	44.8	36.72	3. เลี้ยงไข	70.0	23.02

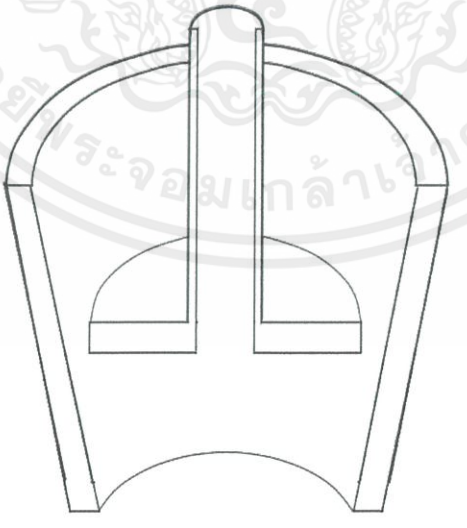
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 ปริมาณน้ำมันเมื่อผ่านการปรับปรุงคุณภาพ (ต่อ)

ลำดับขั้นตอน	ปริมาณน้ำมัน (กรัม)	ปริมาณน้ำมันที่เหลือ(%)	ลำดับขั้นตอน	ปริมาณน้ำมัน (กรัม)	ปริมาณน้ำมันที่เหลือ(%)
น้ำมันตั้งต้น	251.3	100	น้ำมันตั้งต้น	127.6	100
1. กำจัดกัม	151	60.08	1. เลี้ยงไข	92.8	72.72
2. เลี้ยงไข	58.1	23.12	2. กำจัดกัม	58.2	45.61
3. กลั่น	54.5	21.69	3. กลั่น	46.4	36.36

4.4 การขึ้นรูปกระถางที่ทำจากแกลบ

หลังจากผสมแกลบและกาวจากแป้งมันสำปะหลังแล้วนำวัสดุผสมที่ได้ไปขึ้นรูปในแม่พิมพ์ อัดด้วยเครื่องอัดไฮดรอลิกที่แรงดัน 70 บาร์ พบว่าวัสดุเกิดการคืนตัวจนมีรูปร่างและขนาดไม่แตกต่างจากวัสดุผสมที่ไม่ผ่านการอัดด้วยเครื่องอัดไฮดรอลิก จึงเปลี่ยนมาใช้กากปาล์มผสมกับกาวจากกากมันสำปะหลังที่อัตราส่วน 3:2 พบว่าวัสดุที่ทำจากกากปาล์มโดยมีแป้งมันเป็นตัวประสาน สามารถนำมาอัดขึ้นเป็นรูปได้ หากแต่ตัววัสดุติดกับแม่พิมพ์ทำให้ไม่สามารถนำกระถางที่ทำจากปาล์มออกจากแม่พิมพ์ได้ จึงนำกระถางและแม่พิมพ์ไปอบเพื่อไล่ความชื้น ทำให้นำกระถางออกจากแม่พิมพ์ได้ แต่กระถางที่ได้ค่อนข้างเปราะและกระบวนการนำไปอบทั้งแม่พิมพ์ ค่อนข้างเสียเวลา จึงเสนอให้ปรับปรุงแม่พิมพ์กระถาง โดยการเจาะรูแยกส่วนก้นกระถางออกดังรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.2 การปรับปรุงแม่พิมพ์กระถาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5 การคงรูปของชิ้นงานที่ใช้ทดสอบสมบัติความโค้งงอ

เนื่องจากไม่สามารถอัดแกลบเป็นกระถางได้ จึงเปลี่ยนวัตถุดิบในการผลิตกระถางเป็นกากปาล์ม และเปลี่ยนตัวประสานเป็นกากเปลือกมันสำปะหลัง ซึ่งเป็นสิ่งเหลือใช้จากกระบวนการอุตสาหกรรม เมื่อผสมน้ำกับกากเปลือกมันสำปะหลัง ให้ความร้อนและกวนจนของผสมระหว่างกากเปลือกมันสำปะหลังกับน้ำกลายเป็นกาว จึงนำมาผสมกับกากปาล์มที่อัตราส่วนต่างๆ แล้วอัดขึ้นรูปเป็นแท่งในพิมพ์รูปทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้าด้วยเครื่องอัดไฮดรอลิก โดยใช้แรงดัน 70 บาร์ พบว่าที่อัตราส่วน 1:1 2:3 และ 3:2 สามารถคงรูปหลังจากผ่านการอบ ขณะที่อัตราส่วน 7:3 และ 13:7 คงรูปเมื่อนำออกจากพิมพ์ แต่เมื่อผ่านการอบชิ้นงานจะเริ่มคืนสภาพ ไม่อัดตัวเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า

4.6 การทดสอบสมบัติความโค้งงอ

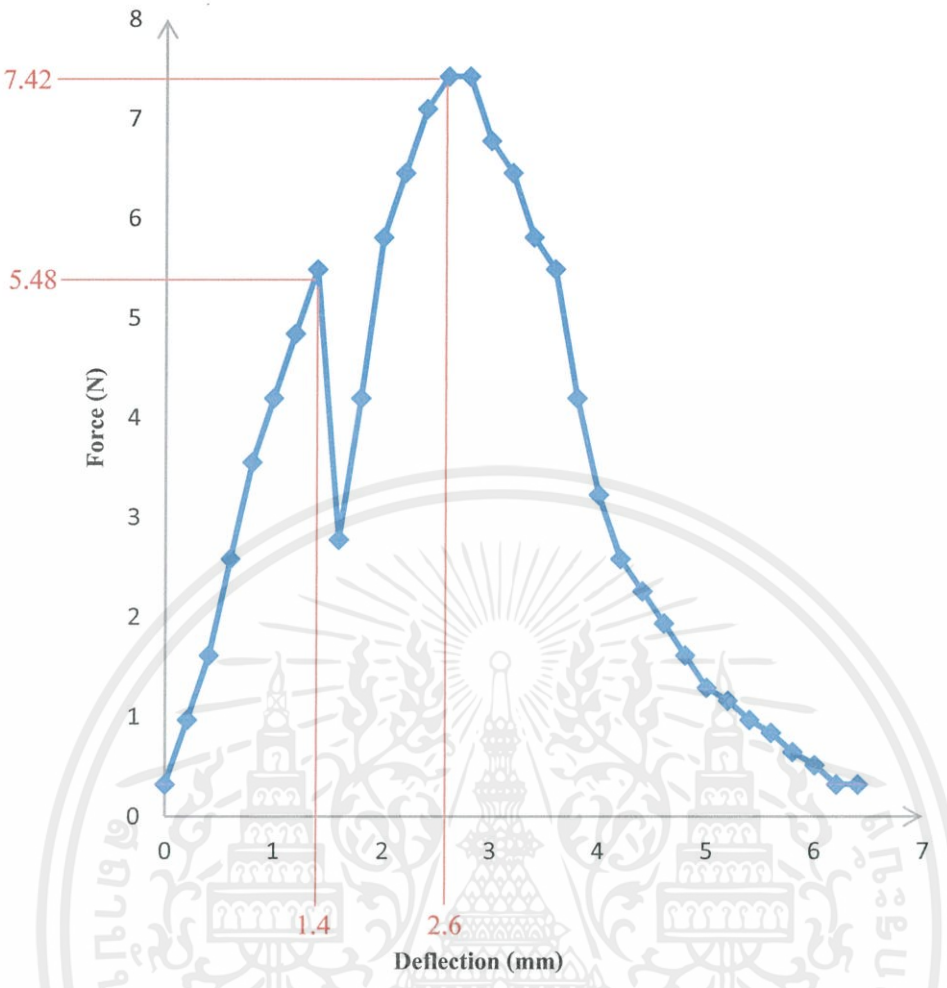
การทดสอบสมบัติความโค้งงอ จำเป็นต้องใช้ความยาวทั้งสามแกนของชิ้นงาน เพื่อคำนวณค่าความเครียดดัดและความเค้นดัด รวมถึงการหาจุดกึ่งกลางเพื่อใช้วางแท่งเหล็กให้รับแรงกด ได้ข้อมูลของชิ้นงานดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 4.3 ตารางบันทึกความกว้าง ความยาว ความสูง และน้ำหนักของชิ้นงาน

	อัตราส่วนของกากปาล์มกับกากมัน			
	(1:1)	(1:1)*	(2:3)	(3:2)
ความกว้าง (มิลลิเมตร)	23.10	25.00	23.94	24.98
ความยาว (มิลลิเมตร)	158.84	131.50	136.28	134.00
ความสูง (มิลลิเมตร)	29.70	28.44	25.40	23.04
น้ำหนัก(กรัม)	37	25	33	25

เมื่อทดสอบชิ้นงานด้วยเครื่อง เครื่องวัดแรงดัดแบบสามทิศทาง (Triaxial Tester T400 Digital) จะได้ค่าโหลด (Load) และระยะกดโค้ง (Deflection) ดังตารางที่ แปลงค่าโหลดเป็นแรงที่ใช้กดชิ้นงานจากสมการที่ (1) แล้วสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงกับระยะกดโค้ง จะได้จุดแตกหักที่แท้จริงของชิ้นงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

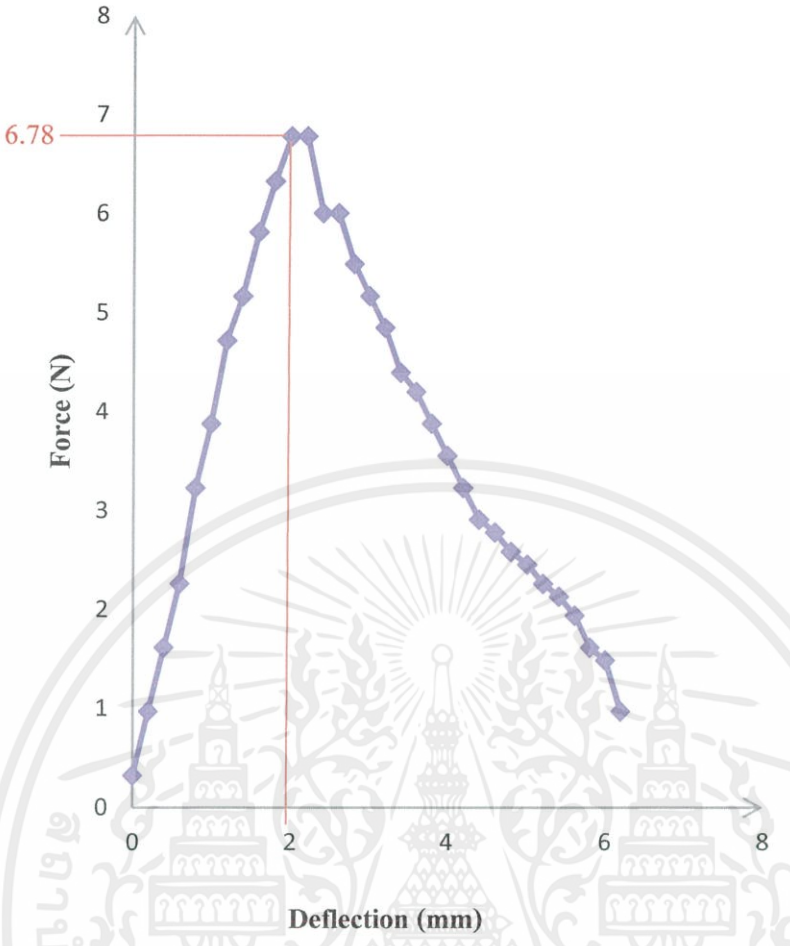


รูปที่ 4.3 แรงกับระยะกดโค้งของชิ้นงาน (1:1)

ที่อัตราส่วนระหว่างกากปาล์มต่อกากเปลือกมันสำปะหลังเป็น1:1 เมื่อใช้แรงกดที่จุดกึ่งกลางของชิ้นงานชิ้นงานจะถูกดัดให้งอ จนมีระยะกดโค้งเพิ่มขึ้นเป็นสัดส่วนโดยตรงกับแรงที่กระทำเพิ่มขึ้น กระทั่งชิ้นงานถูกกดด้วยแรง 5.48 นิวตัน จนมีระยะกดโค้ง 1.4 มิลลิเมตร ชิ้นงานจะเริ่มฉีกขาดเล็กน้อย ส่งผลให้ความสามารถในการรับแรงกดของชิ้นงานมีค่าลดลงชั่วขณะ ก่อนที่จะรับแรงกดได้เพิ่มขึ้นหลังจากพิกัดที่มีระยะกดโค้งเป็น 1.6 มิลลิเมตร จนเพิ่มแรงกดชิ้นงาน 7.42 นิวตัน ส่งผลให้งานมีระยะกดโค้งเป็น 2.6 และ2.8 มิลลิเมตร ตามลำดับ ก่อนที่ชิ้นงานจะเสียหายจนไม่สามารถรับแรงกดได้อีก

เมื่อพิจารณาค่าความโค้งงอ(Elastic Modulus) ณ จุดที่ระยะกดโค้งแปรผันตรงกับแรง โดยใช้สมการที่ (5) จะได้ค่าความโค้งงอ ระหว่างพิกัดที่ (0.4, 1.61) กับ (1.4, 5.48) เป็น 1.48 เมกะปาสคาล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

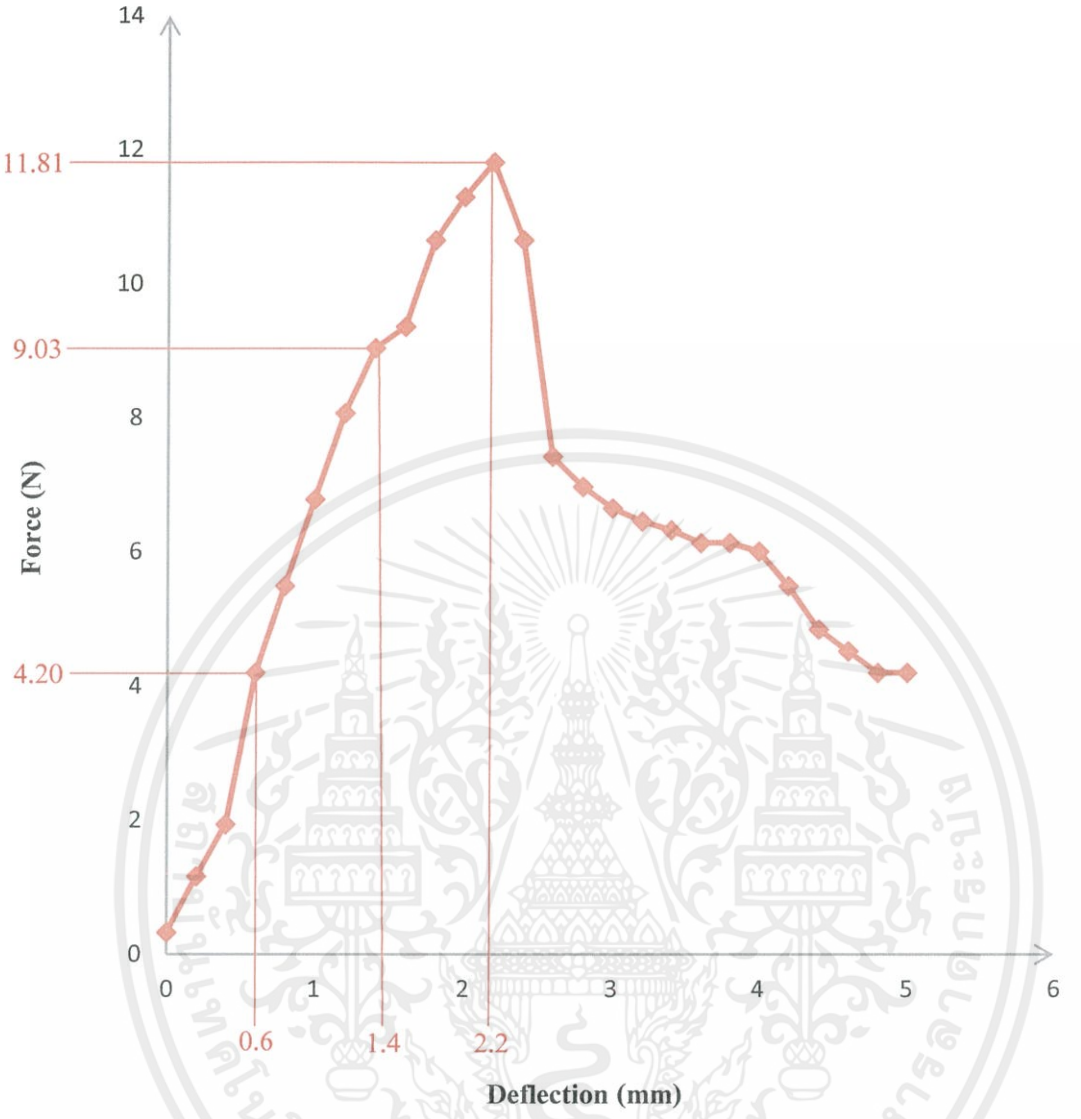


รูปที่ 4.4 แรงกดกับระยะกดโค้งของชิ้นงาน (1:1*)

เมื่อเพิ่มอัตราส่วนของน้ำในกาวจากกากเปลือกมันสำปะหลังเป็น 4 เท่า พบว่ากราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงกดกับระยะกดโค้งของชิ้นงานเป็นดังรูปที่ 4.4 เมื่อเพิ่มแรงกระทำต่อชิ้นงาน ระยะกดโค้งจะมีค่าเพิ่มขึ้น กล่าวคือระยะกดโค้งแบบแปรผันโดยตรงกับแรงที่กระทำต่อชิ้นงาน กระทั่งชิ้นงานถูกกดด้วยแรง 6.78 นิวตัน จนมีระยะกดโค้งเป็น 2.0 มิลลิเมตร ชิ้นงานจะงอเพิ่มเล็กน้อย ก่อนที่จะฉีกขาดจนไม่สามารถรับแรงเพิ่มได้อีก จนสามารถมองเห็นรอยฉีกขาดเกินกึ่งกลางของชิ้นงานได้ด้วยตาเปล่าที่ระยะกดโค้ง 6.2 มิลลิเมตร

เมื่อคำนวณค่าโค้งงอจากความชันของกราฟในช่วงที่มีระยะกดโค้งเป็น 0.8 และ2 มิลลิเมตร ตามลำดับ พบว่าชิ้นงานมีค่าความโค้งงอที่ 1.39 เมกะปาสคาล ซึ่งน้อยกว่าแบบที่มีน้ำน้อยกว่าเนื่องจากการอัดวัสดุในขณะที่มีความชื้นมากจะทำให้ค่าความแข็งแกร่งของวัสดุลดลง เนื่องจากรูพรุนที่เกิดจากโมเลกุลของน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

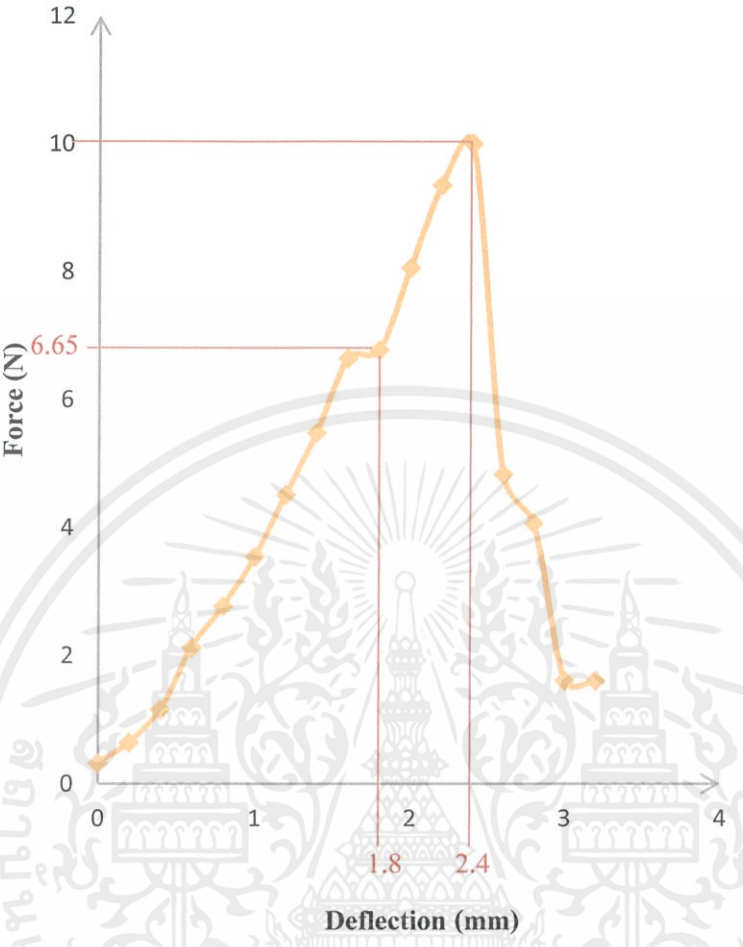


รูปที่ 4.5 แรงกดกับระยะกดโค้งของชิ้นงาน (2:3)

ที่อัตราส่วนระหว่างกากปาล์มและกากเปลือกมันสำปะหลังเป็น 2:3 แรงกดและระยะกดโค้งมีการเพิ่มขึ้นอย่างคงตัวตั้งแต่พิกัดที่มีระยะกดโค้งและแรงกดเป็น 0.6 มิลลิเมตร และ 4.2 นิวตัน จนถึงพิกัดที่มีระยะกดโค้งและแรงกดเป็น 1.4 มิลลิเมตร และ9.03 นิวตัน ก่อนที่จะเริ่มฉีกขาดและมีแรงกดลดลงเมื่อผ่านจุดที่มีแรงกดเป็น 11.81 นิวตัน มองเห็นรอยฉีกขาดเกินครึ่งที่ระยะกดโค้ง 5 มิลลิเมตร

พิจารณาความชันของกราฟระหว่างพิกัดที่ (1.94, 0.4) และ (8.07, 1.2) แล้วนำไปคำนวณหาค่าความโค้งงอ ด้วยสมการที่ (5) พบว่าที่อัตราส่วนระหว่างกากปาล์มและกากเปลือกมันสำปะหลังเป็น 2:3 โดยน้ำหนัก จะได้ชิ้นงานที่มีค่าความโค้งงอเป็น 4.88 เมกะปาสคาล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



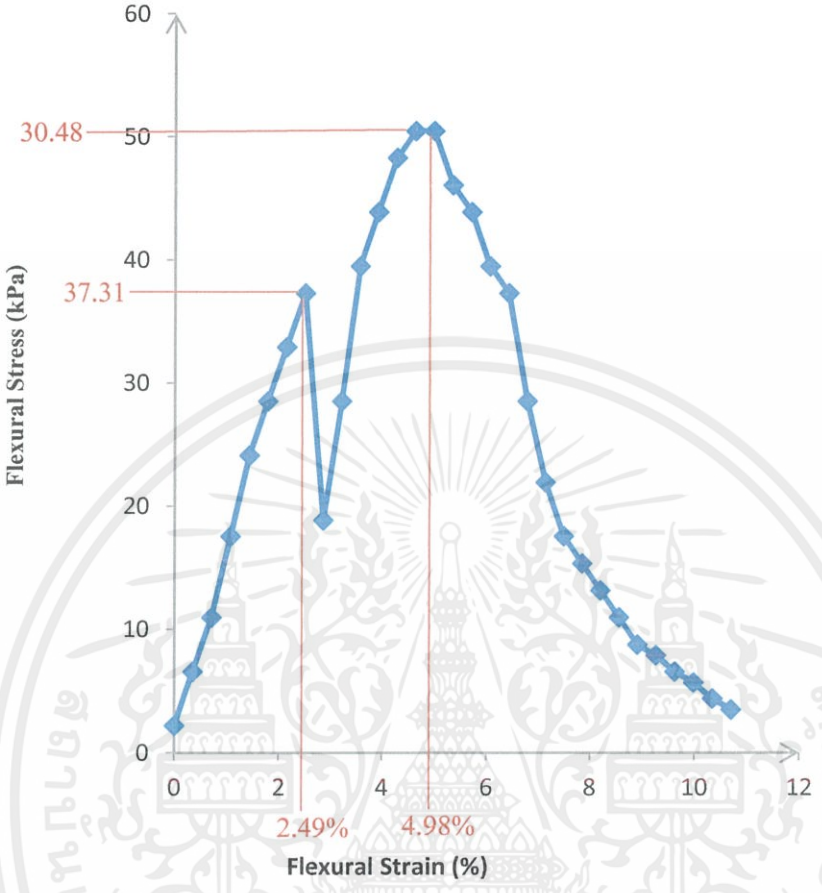
รูปที่ 4.6 แรงกดกับระยะกดโค้งของชิ้นงาน (3:2)

เมื่อใช้ชิ้นงานที่มีอัตราส่วนระหว่างกากปาล์มและกากเปลือกมันสำปะหลังเป็น 3: 2 พบว่าที่ระยะเริ่มต้นจนถึงพิกัดที่มีแรงกดและระยะกดโค้งเป็น 6.65 นิวตัน และ1.6 มิลลิเมตร แรงกดจึงเริ่มมีค่าคงตัวชั่วขณะในพิกัดที่มีระยะกดโค้งเป็น 1.8 มิลลิเมตร ก่อนที่แรงกดจะค่อยๆเพิ่มขึ้นตามระยะกดโค้งจนถึงพิกัดที่มีระยะกดโค้งและแรงกดเป็น 2.4 มิลลิเมตร และ 10 นิวตันตามลำดับ ก่อนที่จะเห็นรอยฉีกขาดเกินกึ่งกลางของชิ้นงานที่ระยะกดโค้ง 3.2 มิลลิเมตร

พิจารณาความชันของกราฟระหว่างพิกัดที่ (1, 3.55) และ (1.6, 6.65) เพื่อคำนวณหาค่าความโค้งงอโดยใช้สมการที่ (5) ได้ค่าความโค้งงอเป็น 3.48 เมกะปาสคาล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.7 วิเคราะห์กราฟระหว่างความเค้นดัดกับความเครียดดัด

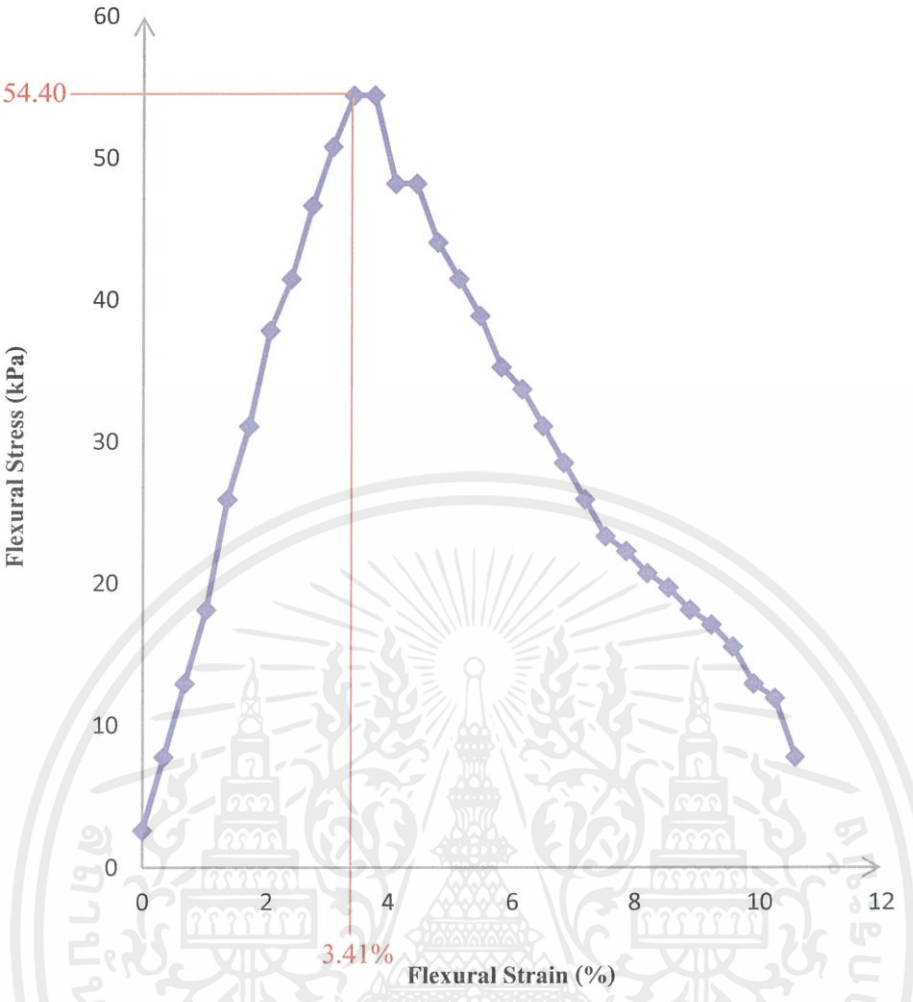


รูปที่ 4.7 ความเค้นดัดกับความเครียดดัด (1:1)

เมื่อพิจารณากราฟ พบว่าความเค้นดัดกับความเครียดดัดจะเป็นสัดส่วนคงที่ ตั้งแต่จุดเริ่มต้นจนถึงพิกัดที่มีความเค้นดัดและความเครียดดัดเป็น 37.31 กิโลปาสคาล และ2.49% ตามลำดับ หลังจากนั้นจึงมีความสัมพันธ์แบบแปรผกผันระหว่างพิกัดที่มีค่าความเครียดดัดเป็น 2.49% และ2.85% ก่อนที่จะกลับมามีความสัมพันธ์แบบแปรผันโดยตรงจนถึงพิกัดที่มีความเค้นดัดและความเครียดดัดเป็น 50.48 กิโลปาสคาล และ4.98% ชิ้นงานจะมีความเค้นลดลง แม้ว่าร้อยละความเครียดของชิ้นงานจะเพิ่มขึ้น

จากสมการที่ (4) ค่าความโค้งงอจะขึ้นอยู่กับค่าความเค้นดัดและความเครียดดัด เมื่อพิจารณาจุดสูงสุดที่ความเค้นดัดมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง จะได้ค่าความโค้งงอเป็น 1.50 เมกะปาสคาล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

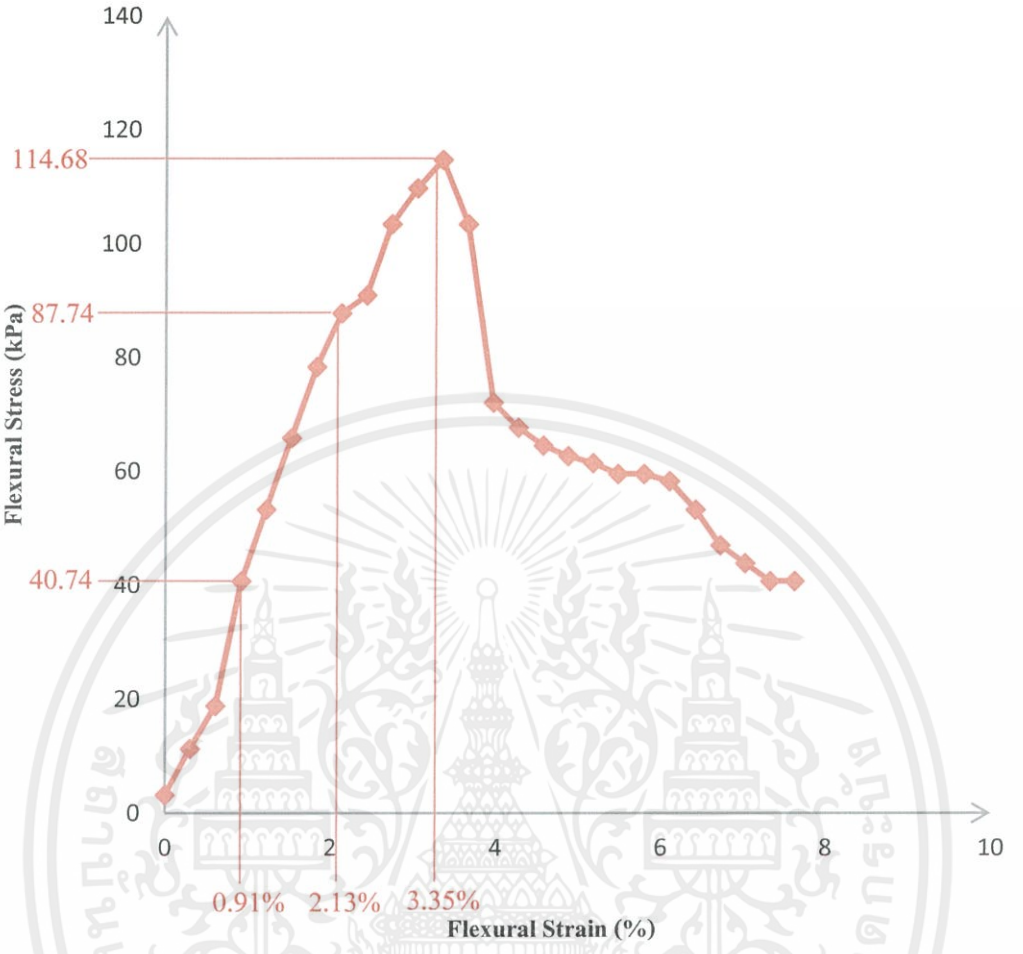


รูปที่ 4.8 ความเค้นดัดกับความเครียดดัด (1:1*)

จากรูปที่ 4.8 พบว่าเมื่อความเค้นดัดของชิ้นงานเพิ่มขึ้นและความเครียดดัดของชิ้นงานจะเพิ่มขึ้นเป็นสัดส่วนโดยตรง กล่าวคือความเค้นดัดแปรผันโดยตรงกับความเครียดดัด ตั้งแต่จุดเริ่มต้นจนถึงพิกัดที่มีความเครียดดัดเป็น 3.41% หลังจากนั้นความชันของกราฟจะมีค่าเป็นศูนย์ ทำให้ความเค้นดัดมีค่าคงตัว แม้ว่าความเครียดในชิ้นงานจะเพิ่มขึ้นจนกระทั่งชิ้นงานมีความเครียด 3.75% ความเค้นดัดของชิ้นงานจะมีค่าลดลงจนแปรผกผันกับความเครียดในชิ้นงานที่เพิ่มขึ้น

เมื่อพิจารณาจุดที่มีความเค้นดัดสูงสุด คือ พิกัดที่ (3.41, 54.40) แล้วนำค่าความเค้นดัดและความเครียดดัดมาคำนวณหาค่าความโค้งงอดังสมการที่ (4) พบว่าความโค้งงอของชิ้นงานที่มีอัตราส่วนระหว่างกากปาล์มและกากเปลือกมันสำปะหลังเป็น 1:1 โดยน้ำหนัก ในเงื่อนไขที่มีปริมาณน้ำก่อนนำชิ้นงานไปอบเป็น 4 เท่าของน้ำหนักปาล์มและกาก เป็น 1.60 เมกะปาสคาล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

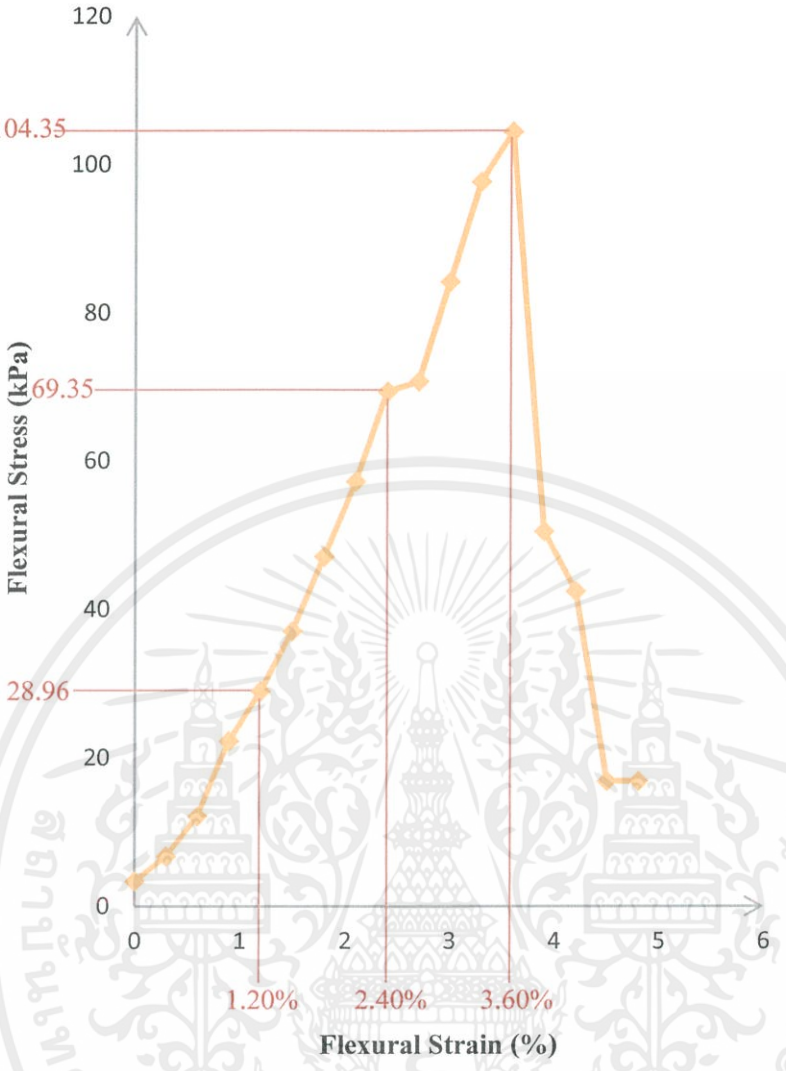


รูปที่ 4.9 ความเค้นดัดกับความเครียดดัด (2:3)

พิจารณารูปที่ 4.9 พบว่าความเค้นดัดมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อความเครียดของชิ้นงานมีค่าเพิ่มขึ้น และมีอัตราการเพิ่มขึ้นแบบคงตัวระหว่างพิกัดที่ (0.91, 40.74) ถึง (2.13, 87.74) ก่อนที่จะค่อยๆลดความชันลงจนมีค่าความเค้นดัดสูงสุด 114.68 กิโลปาสคาล ในพิกัดที่มีความเครียดเป็น 3.35% หลังจากนั้นความเค้นดัดของชิ้นงานจะลดลงอย่างรวดเร็ว แม้ว่าความเครียดในชิ้นงานจะเพิ่มขึ้น จนถึงพิกัดที่ (3.69, 72.07) จึงมีค่าความเค้นของชิ้นงานลดลงอย่างช้าๆ

เมื่อนำค่าความเค้นดัดสูงสุดของชิ้นงานไปคำนวณหาค่าความโค้งงอ ดังสมการที่ (4) พบว่าชิ้นงานที่มีอัตราส่วนระหว่างกากปาล์มและกากมันสำปะหลังเป็น 2:3 โดยน้ำหนัก มีค่าความโค้งงอเป็น 3.42 เมกะปาสคาล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.10 ความเค้นดัดกับความเครียดดัด (3:2)

เมื่อนำชิ้นงานจากกากปาล์มและกากเปลือกมันสำปะหลังในอัตราส่วน 3:2 ทดสอบสมบัติความโค้งงอ แล้วคำนวณออกมาเป็นค่าความเค้นดัดและความเครียดดัดดังตารางที่ 4.10 เมื่อนำมาสร้างเป็นกราฟระหว่างความเค้นดัดและความเครียดดัด พบว่าความเค้นดัดมีค่าเพิ่มขึ้นเป็นสัดส่วนโดยตรงกับความเครียดดัด โดยมีความชันคงที่ระหว่างพิกัดที่ (1.20, 28.96) ถึง (2.40, 69.35) ก่อนที่จะลดความชันลงชั่วขณะแล้วเพิ่มความชันขึ้นอย่างรวดเร็วระหว่างพิกัดที่มีความเครียดดัดเป็น 2.70% กับ 3.30% จนมีความเค้นสูงสุด 104.35 ณ พิกัดที่มีความเครียดดัดเป็น 3.60% ความชันของกราฟจึงลดลงอย่างรวดเร็วส่งผลให้ความเครียดดัดมีค่าแปรผกผันกับความเค้นดัด

คำนวณค่าความโค้งงอจากสมการที่ (4) โดยใช้จุดที่มีความเค้นดัดสูงสุด จะได้ค่าความโค้งงอของชิ้นงานเป็น 2.90 เมกะปาสคาล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.8 การทดสอบสมบัติการอุ้มน้ำ

เมื่อนำชิ้นงานไปชั่งแล้วนำไปแช่ในน้ำ พบว่าในช่วง 5 นาทีแรก ชิ้นงานได้ดูซึมน้ำอย่างรวดเร็ว ก่อนที่จะค่อยๆดูดซึมน้ำได้น้อยลงจนหยุดการดูดซึมน้ำเมื่อเวลาผ่านไป 40 นาที สำหรับชิ้นงานที่มีอัตราส่วนระหว่างกากปาล์มกับกากมันสำปะหลังเป็น 2:3 ใช้เวลา 45 นาที สำหรับอัตราส่วน 1:1 และ50 นาทีสำหรับอัตราส่วน 1:1* และอัตราส่วน 3:2 เมื่อเปรียบเทียบระหว่างปริมาณน้ำที่ถูกอุ้มในชิ้นงาน พบว่าชิ้นงานที่อุ้มน้ำได้น้อยที่สุดคือชิ้นงานที่มีอัตราส่วนระหว่างกากปาล์มกับกากมันสำปะหลังเป็น 2:3 รองลงเป็น 1:1, 1:1* และ 3:2 ตามลำดับ เนื่องจากมีปริมาณของกาวที่ได้จากกากมันสำปะหลังมากที่สุด ส่งผลให้วัสดุภายในวัสดุผสมระหว่างกากปาล์มและกากมันสำปะหลังประสานกันได้เหนียวแน่น ทำให้มีช่องว่างในการดูดซึมน้ำน้อยลง ขณะที่ชิ้นงานที่มีการเติมน้ำมากกว่าในขั้นตอนการผสมวัสดุจะอุ้มน้ำได้ดีกว่าชิ้นงานที่มีอัตราส่วนระหว่างกากปาล์มและกากมันสำปะหลังเท่ากัน เนื่องจากเกิดรูพรุนแทนที่น้ำที่ระเหยไปจากชิ้นวัสดุในขั้นตอนการอบ ทำให้มีพื้นที่ในการอุ้มน้ำมากกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง

5.1 การสกัดน้ำมันรำข้าว

จากการสกัดน้ำมันรำข้าวด้วยไอโซโพรพานอล พบว่าเวลาและอัตราส่วนของตัวทำละลายมีผลต่อปริมาณน้ำมันเพียงเล็กน้อย ดังนั้นเพื่อประหยัดเวลาในการผลิต ควรใช้เวลาในการสกัด 1 ชั่วโมง และอัตราส่วนของตัวทำละลายเป็น 3:2 เนื่องจากขั้นตอนการระเหยตัวทำละลายใช้เวลานานมาก

เมื่อทดสอบ%กรดไขมันอิสระของน้ำมันรำข้าวดิบ พบว่าการกำจัดกัม กลั่น และเลี้ยงไขเป็นลำดับสุดท้าย ให้ค่ากรดไขมันอิสระน้อยที่สุด แต่เนื่องจากน้ำมันถูกกำจัดกัม และไขออกไปเป็นจำนวนมาก ทำให้เหลือปริมาณน้ำมันที่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพน้อยกว่าการกลั่น กำจัดกัม และเลี้ยงไข แต่ถึงกระนั้นการเรียงลำดับกระบวนการตามสองวิธีข้างต้น ไม่สามารถลด%กรดไขมันอิสระจนถึงค่าที่กฎหมายกำหนด จึงเสนอให้ควบคุม%กรดไขมันอิสระตั้งแต่ขั้นตอนการคัดเลือกและเก็บรักษาวัตถุดิบ โดยเลือกรำข้าวที่ใช้มีความชื้นต่ำกว่า 4% และเป็นรำสดมีอายุไม่เกิน 24 ชั่วโมง

สำหรับต้นทุนในการผลิต พบว่าการกำจัดกัมหรือการเลี้ยงไขเป็นอันดับแรก จะใช้อุณหภูมิในการเลี้ยงไขที่ใกล้เคียงกับอุณหภูมิห้อง ทำให้ลดต้นทุนทางด้านพลังงานลงได้ จึงเสนอให้กำจัดกัมก่อนที่จะเลี้ยงไข เนื่องจากให้ค่า%กรดไขมันอิสระที่ดีกว่า

5.2 การทำกระถางจากแกลบ

ที่อัตราส่วนระหว่างแกลบกับแป้งมันเป็น 3:2 พบว่าไม่สามารถอัดแกลบเป็นกระถางจากเครื่องอัดไฮดรอลิกที่ความดัน 70 บาร์ และพบปัญหาในการนำแกลบและแป้งมันออกจากกระถาง จึงทดลองนำกากปาล์มผสมกับกากเปลือกมันสำปะหลังในอัตราส่วนเดียวกันไปอัดเป็นกระถางที่ความดัน 70 บาร์ พบว่าวัสดุสามารถคงรูปเป็นกระถางได้ แต่นำออกมาจากพิมพ์ยาก จึงควรตัดก้นของพิมพ์กระถางออก เพื่อใช้ดันวัสดุที่ทำกระถางออกจากพิมพ์หลังอัด

5.3 การทำชิ้นงานทดสอบจากกากปาล์มและกากมันสำปะหลัง

เมื่อทดสอบสมบัติความโค้งงอด้วยเครื่อง เครื่องวัดแรงดัดแบบสามทิศทาง (Triaxial Tester T400 Digital) เมื่อคำนวณค่าความโค้งงอโดยใช้ความชันจากกราฟระหว่างแรงและระยะกดโค้ง พบว่าที่อัตราส่วน 1:1, 1:1*, 2:3 และ3:2 มีค่าความโค้งงอเป็น1.48, 1.39, 4.88 และ3.48 เมกะปาสคาลตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขณะที่การคำนวณค่าความโค้งงอจากความเค้นดัดสูงสุดและความเครียดดัด พบว่าที่อัตราส่วน1:1, 1:1*, 2:3 และ3:2 มีค่าความโค้งงอเป็น 1.50, 1.60, 3.42 และ2.90 เมกะปาสคาล ตามลำดับ ดังนั้นอัตราส่วนที่มีค่าความโค้งงอมากที่สุดคืออัตราส่วนที่มีกากปาล์มต่อกากเปลือกมันสำปะหลังเป็น 2:3

ขณะที่การทดสอบการอุ้มน้ำพบว่าเมื่อมีปริมาณกาวจากกากเปลือกมันสำปะหลังมากขึ้น จะทำให้อุ้มน้ำได้น้อยลง ส่งผลให้สิ้นเปลืองปริมาณน้ำในการรดน้ำต้นไม้เมื่อนำไปทำเป็นกระถางต้นไม้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

[1] ชาญพิทยา ฉิมพาลี. 2559. "อุตสาหกรรมข้าวของประเทศไทย ปี 2558-2559."หน้า 3. ใน**ทิศทางและศักยภาพการผลิตข้าวไทย. กรุงเทพฯ : สำนักนโยบายและยุทธศาสตร์ข้าว**

[2] ปิยนันท์ อึ้งทรงธรรม. 2543. ครอบครัวข้าว (สายพันธุ์ข้าว). [Online]. Available : http://nutrition.anamai.moph.go.th/temp/files/K-center/morning54/4.pdf

[3] ประพาส วีระแพทย์. แหล่งกำเนิดข้าว. [Online]. Available : http://kanchanapisek.or.th/kp6/sub/book/book.php?book=3&chap=1&page=t3-1-infodetail02.html

[4] ประพาส วีระแพทย์. ความรู้เรื่องข้าว. [Online]. Available : https://web.ku.ac.th/nk40/nk/data/03/lab1k22.htm

[5] ศูนย์การเรียนรู้การเกษตรตำบลสาคู. ลักษณะและส่วนประกอบของต้นข้าว. [Online]. Available : http://www.sakhu.go.th/multimedia/learning/article.shtml?id=12

[6] ศูนย์วิทยาศาสตร์ข้าว. ข้าว. [Online]. Available : http://dna.kps.ku.ac.th/index.php/articles-rice-rsc-rgdu-knowledge/45-rice

[7] *กิตติมา ไตรรัตนศิริชัย และ สาโรจน์ รอดคืน*.2557. [Online]. Available : http://www.mfu.ac.th/school/agro2012/sites/default/files/images/rice2(1).jpg

[8] M. A. Connor, R. M. Saunders, and G. O. Kohler., Rice Bran Protein Concentrates Obtained by Wet Alkaline Extraction, Cereal Chem, 53, 488 – 496, 1976.

[9] Prakash J, Rice bran proteins: properties and food uses, Critical Review Food Science Nutrition, 36(6), 537-52, 1996.

[10] A.M. Youssef, Mohamed M. El-Fouly andF. K. El-Baz, Isolation and chemical composition of protein concentrates from soya-bean, rice bran and protelan, Qualitas Plantarum, 24, 71-84, 1974.

[11] *กิตติมา ไตรรัตนศิริชัย และ สาโรจน์ รอดคืน. 2555.* รำข้าว. [Online]. Available : http://www.mfu.ac.th/school/agro2012/en/node/298

[12] Dr. RBN Prasad. Rice bran oil processing and value added products. [Slide]. India : Platinum Jubilee Mentor, Centre for Lipid Research, CSIR-Indian Institute of Chemical Technology.

[13] Savage Group. Energy. [Online]. Available : http://www.cheresearch.engin.umich.edu/savage/energy.html

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง(ต่อ)

[14] จินดารัตน์ โตกมลธรรม. การคืนสภาพธรรมชาติของเอนไซม์ไลเปสในรำข้าว. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระยอมเกล้าธนบุรี. 2539.

[15] RITO Partnership.Rice bran oil. [Online]. Available : http://www.ricebranoil.info/why/index.html

[16] B2E. วิธีการผลิตน้ำมันรำข้าว. [Online]. Available : http://www.patomsit.net/index.php?lay=show&ac=article&Id=539236403

[17] สมพร คุ้มโชค, นฤมล จียโชค และคณิต กฤษณังกูร. การคัดเลือกเอนไซม์ฟอสโฟไลเปสเพื่อใช้ขจัดยางเหนียวในน้ำมันถั่วเหลือง. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระยอมเกล้าธนบุรี. 2534.

[18] Kapil Tyagi, M.A. Ansari, Shweta Tyagi and Ankita Tyagi, A novel process for physically refining rice bran oil through degumming, Advances in Applide Science Research, 3(3), 1435-1439, 2012.

[19] กลุ่มน้ำมันรำข้าวคิง. กระบวนการกลั่นน้ำมันรำข้าวบริสุทธิ์. [Online]. Available : http://www.kingriceoilgroup.com/thai/product_process_02.php

[20] ผ.ศ.ดร.พัชนี เจริญยิ่ง. ปฏิบัติการเคมีอินทรีย์ 1. กรุงเทพฯ : สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

[21] Manoj kumar. 2013. soxhlet-extraction. [Online]. Available : http://mkshelford.blogspot.com/2013/03/soxhlet-extraction-introduction.html

[22] Champhydraulic. 2556. มอเตอร์ไฮดรอลิก. [Online]. Available : https://hydraulicchonburi.wordpress.com/2014/06/22/

[23] Thaihydraulic. 2559. ระบบไฮดรอลิก. [Online]. Available : http://thaihydraulics.blogspot.com/

[24] กองการฝึก กองเรือยุทธการ. ระบบไฮดรอลิก. [Slide]. ชลบุรี : กองเรือยุทธการ.

[25] ดร. คชินทร์ สายอินทวงศ์. แกลบ วัตถุดิบมหัศจรรย์สำหรับงานเซรามิก. [Online]. Available : http://thaiceramicsociety.com/rm_paint_chaff.php

[26] สำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร. 2557. การบำบัดและการใช้ประโยชน์จากราก เหง้า กากมัน. [Online]. Available : http://kasetinfo.arda.or.th/arda/cassava/?p=1091

[27] สำนักพัฒนาอาหารสัตว์. กากปาล์มน้ำมัน (Oil Palm meal). [Online]. Available : http://nutrition.dld.go.th/exhibision/feed_stuff/oil_palm_meal.htm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง(ต่อ)

[28] Dave Woodske, P.Ag., Performance of Biodegradable Nursery Containers. [Slide]. Canada : British Columbia.

[29] LynnWood C. Cook, Destin, FL(US), Biodegradable Plant Shell. 0041516 A1. 2003.

[30] Takao Ota and Tomoya Okamoto, Mechanical Properties of Particle board Made form Rice Husk. 2015: 263-269.

[31] นายชานุ แสงคา, นายธเนศ พ่วงปาน และนายพีระวัตร เพ็ชรยิ้ม.การขึ้นรูปภาชนะจากวัสดุธรรมชาติ. กรุงเทพฯ : ภาควิชาครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคนิคศึกษา คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ. 2556.

[32] ดร. จุฑารัตน์ ปรัชญาวรากร. การนำแกลบมาใช้เป็นสารตัวเติมในบรรจุภัณฑ์พลาสติก. กรุงเทพ : คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

[33] ดร. จินตมัย สุวรรณประทีป. การทดสอบสมบัติทางกลของพลาสติก. กรุงเทพฯ : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ส.ส.ท.). 2547.

[34] กระทรวงสาธารณะสุข. 2543. น้ำมันและไขมัน. ฉบับที่ 205. นนทบุรี : กระทรวงสาธารณะสุข.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

ผลการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.1 ปริมาณน้ำมันรำข้าวที่สกัดโดยไอโซโพรพานอล

บันทึกเวลาที่เริ่มแช่และเริ่มบีบของผสมระหว่างน้ำมันกับไอโซโพรพานอลออกจากรำข้าว ตามอัตราส่วนต่างๆ เมื่อนำของผสมที่ได้ไประเหยไอโซโพรพานอลออก จะได้ปริมาณน้ำมันดิบเป็นดังนี้

อัตราส่วนระหว่างรำข้าวกับไอโซโพรพานอล	เริ่มแช่		เริ่มบีบ		ปริมาณน้ำมัน (กรัม)
	วันที่	เวลา	วันที่	เวลา	
2 : 3	08/07/2016	12.53	08/07/2016	13.53	48.6
	11/07/2016	12.16	11/07/2016	17.16	51.1
	08/07/2016	13.21	09/07/2016	13.21	54.4
1 : 2	08/07/2016	12.57	08/07/2016	14.08	50.5
	11/07/2016	13.06	11/07/2016	18.06	52.1
	08/07/2016	13.28	09/07/2016	13.36	59.1

ตารางที่ ก.2 ระยะกดโค้งและโหลด *ใส่น้ำ 4 เท่าของน้ำหนักส่วนผสมทั้งหมด

ทดสอบระยะกดโค้งด้วยเครื่องวัดแรงดัดแบบสามทิศทาง (Triaxial Tester T400 Digital) จะได้ค่าโหลดและระยะกดโค้ง ดังนี้

ระยะกดโค้ง (มิลลิเมตร)	โหลด (ขีด)			
	(1:1)	(1:1)*	(2:3)	(3:2)
0	0	0	0	0
0.2	1.0	1	1.3	0.5
0.4	2.0	2	2.5	1.3
0.6	3.5	3	6	2.8
0.8	5.0	4.5	8	3.8
1.0	6.0	5.5	10	5
1.2	7.0	6.8	12	6.5
1.4	8.0	7.5	13.5	8
1.6	3.8	8.5	14	9.8
1.8	6.0	9.3	16	10
2.0	8.5	10	17	12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.2 ระยะกดโค้งและโหลด *ใส่น้ำ 4 เท่าของน้ำหนักส่วนผสมทั้งหมด (ต่อ)

ระยะกดโค้ง (มิลลิเมตร)	โหลด (ขีด)			
	(1:1)	(1:1)*	(2:3)	(3:2)
2.2	9.5	10	17.8	14
2.4	10.5	8.8	16	15
2.6	11.0	8.8	11	7
2.8	11.0	8	10.3	5.8
3.0	10.0	7.5	9.8	2
3.2	9.5	7	9.5	2
3.4	8.5	6.3	9.3	
3.6	8.0	6	9	
3.8	6.0	5.5	9	
4.0	4.5	5	8.8	
4.2	3.5	4.5	8	
4.4	3.0	4	7	
4.6	2.5	3.8	6.5	
4.8	2.0	3.5	6	
5.0	1.5	3.3	6	
5.2	1.3	3		
5.4	1.0	2.8		
5.6	0.8	2.5		
5.8	0.5	2		
6.0	0.3	1.8		
6.2	0.0	1		
6.4	0.0			
6.6	-0.5			
6.8	-0.8			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.3 มวลของชิ้นงานที่แช่อยู่ในน้ำ *ใส่น้ำ 4 เท่าของน้ำหนักส่วนผสมทั้งหมด

เวลา (นาที)	มวลของชิ้นงาน (กรัม)			
	(1:1)	(1:1)*	(2:3)	(3:2)
0	22	21	22	23
5	71	69	69	75
10	71	71	70	76
15	71	72	70	76
20	71	73	70	76
25	72	73	70	76
30	72	73	70	76
35	72	74	70	76
40	72	74	71	76
45	73	74	71	76
50	73	75	71	77
55	73	75	71	77
60	73	75	71	77
65	73	75	71	77
70	73	75	71	77
75	73	75	71	77
80	73	75	71	77
85	73	75	71	77
90	73	75	71	77

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

ตัวอย่างการคำนวณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข.1 ผลผลิตร้อยละ

จากตารางที่ ก.1 สามารถนำปริมาณน้ำมันรำข้าวดิบที่ชั่งได้มาคำนวณผลผลิตร้อยละดังสมการที่ (6)

$$\text{ผลผลิตร้อยละ} = \frac{\text{มวลของน้ำมันรำข้าวดิบ}}{\text{มวลของน้ำมันรำข้าว}} \times 100 \quad (6)$$

ตัวอย่างการคำนวณผลผลิตร้อยละ

น้ำมันรำข้าวดิบ 48.6 กรัม สกัดจากของรำข้าว 500 กรัม มีผลผลิตร้อยละเป็น

$$\text{ผลผลิตร้อยละ} = \frac{48.6}{500} \times 100$$

$$\text{ผลผลิตร้อยละ} = 9.72$$

ข.2 %กรดไขมันอิสระ

$$\%\text{กรดไขมันอิสระ} = \frac{(\text{ปริมาตรของโซเดียมไฮดรอกไซด์})(\text{ความเข้มข้นของสารละลาย})(28.2)}{(\text{น้ำหนักสารละลาย})} \quad (7)$$

ตัวอย่างการคำนวณ%กรดไขมันอิสระ

น้ำหนักของน้ำมันที่ใช้ทดสอบ = 0.9795 กรัม

ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ = 2.5 โมลาร์

ปริมาตรของโซเดียมไฮดรอกไซด์ = 6.4 มิลลิลิตร

$$\%\text{กรดไขมันอิสระ} = \frac{(6.4)(0.25)(28.2)}{(0.9795)}$$

$$\%\text{กรดไขมันอิสระ} = 46.2437$$

ตารางที่ ข.1 ตารางบันทึกผลการคำนวณ%กรดไขมันอิสระในน้ำมันรำข้าวดิบ

ชนิดตัวอย่าง	น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)	ปริมาตร NaOH (มิลลิลิตร)	%กรดไขมันอิสระ
2:3 1 ชั่วโมง	0.9795	6.4	46.2437

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.1 ตารางบันทึกผลการคำนวณ %กรดไขมันอิสระในน้ำมันรำข้าวดิบ (ต่อ)

ชนิดตัวอย่าง	น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)	ปริมาตร NaOH (มิลลิลิตร)	%กรดไขมันอิสระ
2:3 5 ชั่วโมง	1.5430	5.9	26.9572
2:3 24 ชั่วโมง	0.8673	5.4	35.95384
1:2 1 ชั่วโมง	1.9169	12.4	45.6048
1:2 5 ชั่วโมง	2.0691	12.7	43.2724
1:2 24 ชั่วโมง	1.8375	10.85	41.6286
เฉลี่ย			39.9432

ตารางที่ ข.2 ตารางบันทึกผลการคำนวณ%กรดไขมันอิสระจากกระบวนการต่างๆ

กระบวนการ	น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)	ปริมาตร NaOH (มิลลิลิตร)	%กรดไขมันอิสระ
1. กำจัดกัม	1.0042	10.40	28.08
2. กลั่น	1.0000	2.5	7.05
3. เลี้ยงไข	1.3708	2.1	4.32
1. กำจัดกัม	1.0042	10.40	28.08
2. เลี้ยงไข	1.3708	2.10	10.80
3. กลั่น	1.0961	3.70	9.52
1. เลี้ยงไข	1.0110	8.20	22.87
2. กำจัดกัม	1.2068	6.90	16.12
3. กลั่น	0.9837	3.60	10.32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.2 ตารางบันทึกผลการคำนวณ%กรดไขมันอิสระจากกระบวนการต่างๆ (ต่อ)

กระบวนการ	น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)	ปริมาตร NaOH (มิลลิลิตร)	%กรดไขมันอิสระ
1. กลั่น	1.2693	4.20	9.33
2. กำจัดกัม	1.6054	5.30	9.31
3. เลี้ยงไข*	-	-	-

*หมายเหตุ ไม่สามารถเลี้ยงไขที่อุณหภูมิสูงกว่า 5 องศาเซลเซียสได้

ข.3 ร้อยละของน้ำมันที่เหลือจากกระบวนการต่างๆ

เปรียบเทียบน้ำมันที่เหลือจากกระบวนการต่างๆ โดยใช้สมการที่ (8)

$$\text{ร้อยละของน้ำมันที่เหลือ} = \frac{\text{มวลของน้ำมันหลังจากผ่านกระบวนการ}}{\text{มวลของน้ำมันรำข้าวดิบเริ่มต้น}} \times 100 \qquad (8)$$

ตัวอย่างการคำนวณร้อยละของน้ำมันที่เหลือ

ใช้น้ำมันรำข้าวดิบ 304.1 กรัม ผ่านกระบวนการกำจัดกัม และกลั่น จนมีปริมาณน้ำมันเหลือ 182.7 และ 112.4 กรัม ตามลำดับ คำนวณร้อยละของน้ำมันที่เหลือได้ดังนี้

$$\text{ร้อยละของน้ำมันที่เหลือจากกระบวนการกำจัดกัม} = \frac{\text{มวลของน้ำมันหลังจากผ่านกระบวนการ}}{\text{มวลของน้ำมันรำข้าวดิบเริ่มต้น}} \times 100$$

$$= \frac{182.7 \text{ กรัม}}{304.1 \text{ กรัม}} \times 100$$

$$\therefore \text{ร้อยละของน้ำมันที่เหลือจากกระบวนการกำจัดกัม} = 60.08\%$$

$$\text{ร้อยละของน้ำมันที่เหลือจากกระบวนการกลั่น} = \frac{\text{มวลของน้ำมันหลังจากผ่านกระบวนการ}}{\text{มวลของน้ำมันรำข้าวดิบเริ่มต้น}} \times 100$$

$$= \frac{112.4 \text{ กรัม}}{304.1 \text{ กรัม}} \times 100$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

∴ ร้อยละของน้ำมันที่เหลือจากกระบวนการกลั่น $= 36.96\%$

ตารางที่ ข.3 ตารางบันทึกปริมาณน้ำมันจากขั้นตอนต่างๆ

ลำดับขั้นตอน	ปริมาณน้ำมัน (กรัม)	ปริมาณน้ำมันที่เหลือ(%)	ลำดับขั้นตอน	ปริมาณน้ำมัน (กรัม)	ปริมาณน้ำมันที่เหลือ(%)
น้ำมันตั้งต้น	122	100	น้ำมันตั้งต้น	304.1	100
1. กลั่น	67.2	55.08	1. กำจัดกัม	182.7	60.08
2. กำจัดกัม	44.8	36.72	2. กลั่น	112.4	36.96
3. เลี้ยงไข	44.8	36.72	3. เลี้ยงไข	70.0	23.02
ลำดับขั้นตอน	ปริมาณน้ำมัน (กรัม)	ปริมาณน้ำมันที่เหลือ(%)	ลำดับขั้นตอน	ปริมาณน้ำมัน (กรัม)	ปริมาณน้ำมันที่เหลือ(%)
น้ำมันตั้งต้น	251.3	100	น้ำมันตั้งต้น	127.6	100
1. กำจัดกัม	151	60.08	1. เลี้ยงไข	92.8	72.72
2. เลี้ยงไข	58.1	23.12	2. กำจัดกัม	58.2	45.61
3. กลั่น	54.5	21.69	3. กลั่น	46.4	36.36

ข.4 การคำนวณแรงกดโค้งงอ

สามารถคำนวณค่าแรงกดโค้งงอโดยใช้ค่าโหลดที่ได้จากการทดสอบแทนค่า x ในสมการที่ (1)

ตัวอย่างการคำนวณแรงกดโค้งงอ

ชิ้นงานทดสอบจากกากปาล์มและกากมันสำปะหลังที่อัตราส่วน 2:3 เมื่อถูกแท่งเหล็กกดจนโค้งงอเป็นระยะกดโค้ง 0.6 มิลลิเมตร อ่านค่าโหลดจากพรูฟวิงริงได้ 6 ขีด คำนวณค่าแรงกดโค้งได้ดังนี้

จากสมการที่ (1);

$$y = 0.6452x + 0.3238$$

$$= 0.6452(6) + 0.3238$$

$$y = 4.20 \text{ นิวตัน}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.4 ตารางบันทึกผลการคำนวณแรงโค้งงอจากค่าโหลดที่ได้จากเครื่องทดสอบแรงอัดแบบสามทาง

ระยะกดโค้ง (มิลลิเมตร)	แรงกดโค้งงอ (นิวตัน)			
	(1:1)	(1:1)*	(2:3)	(3:2)
0	0.32	0.32	0.32	0.32
0.2	0.97	0.97	1.16	0.65
0.4	1.61	1.61	1.94	1.16
0.6	2.58	2.26	4.20	2.13
0.8	3.55	3.23	5.49	2.78
1.0	4.20	3.87	6.78	3.55
1.2	4.84	4.71	8.07	4.52
1.4	5.49	5.16	9.03	5.49
1.6	2.78	5.81	9.36	6.65
1.8	4.20	6.32	10.65	6.78
2.0	5.81	6.78	11.29	8.07
2.2	6.45	6.78	11.81	9.36
2.4	7.10	6.00	10.65	10.00
2.6	7.42	6.00	7.42	4.84
2.8	7.42	5.49	6.97	4.07
3.0	6.78	5.16	6.65	1.61
3.2	6.45	4.84	6.45	1.61
3.4	5.81	4.39	6.32	
3.6	5.49	4.20	6.13	
3.8	4.20	3.87	6.13	
4.0	3.23	3.55	6.00	
4.2	2.58	3.23	5.49	
4.4	2.26	2.90	4.84	
4.6	1.94	2.78	4.52	
4.8	1.61	2.58	4.20	
5.0	1.29	2.45	4.20	
5.2	1.16	2.26		
5.4	0.97	2.13		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.4 ผลการคำนวณแรงกดโค้งงอจากค่าโหลด, *ใส่น้ำ 4 เท่าของน้ำหนักส่วนผสมทั้งหมด (ต่อ)

ระยะกดโค้ง (มิลลิเมตร)	แรงกดโค้งงอ (นิวตัน)			
	(1:1)	(1:1)*	(2:3)	(3:2)
5.6	0.84	1.94		
5.8	0.65	1.61		
6.0	0.52	1.49		
6.2	0.32	0.97		
6.4	0.32			
6.6	0.00			
6.8	-0.19			

ข.5 การคำนวณความเค้นดัด

สามารถคำนวณค่าความเค้นดัดโดยใช้ค่าแรง และขนาดของชิ้นงานที่ใช้ทดสอบ โดยใช้สมการที่ (2)

ตัวอย่างการคำนวณความเค้นดัด

ชิ้นงานขึ้นรูปเป็นแท่งสี่เหลี่ยมยาว 134.0 มิลลิเมตร กว้าง 23.04 มิลลิเมตร สูง 24.98 มิลลิเมตร ถูกกระทำด้วยแรง 8.07 นิวตัน จนมีระยะกดโค้งเป็น 2 มิลลิเมตร จะมีความเค้นดัดเป็น84.16

$$\sigma_f = \frac{3FL}{2bh^2}$$

$$= \frac{3(8.07\ \text{N})(100\ \text{mm})}{2(23.04\ \text{mm})(24.98\ \text{mm})^2}$$

$$\therefore \sigma_f = \frac{3(8.07\ \text{N})(100\ \text{mm})}{2(23.04\ \text{mm})(24.98\ \text{mm})^2}$$

ตารางที่ ข.5 ผลการคำนวณความเค้นดัด, *ใส่น้ำ 4 เท่าของน้ำหนักส่วนผสมทั้งหมด

ระยะกดโค้ง (มิลลิเมตร)	ความเค้นดัด (กิโลปาสคาล)			
	(1:1)	(1:1)*	(2:3)	(3:2)
0	2.20	2.60	3.14	3.38
0.2	6.59	7.78	11.29	6.74

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.5 ผลการคำนวณความเค้นดัด, *ใส่น้ำ 4 เท่าของน้ำหนักส่วนผสมทั้งหมด (ต่อ)

ระยะกดโค้ง (มิลลิเมตร)	ความเค้นดัด (กิโลปาสคาล)			
	(1:1)	(1:1)*	(2:3)	(3:2)
0.4	10.98	12.96	18.81	12.13
0.6	17.56	18.14	40.74	22.23
0.8	24.15	25.91	53.27	28.96
1.0	28.53	31.09	65.81	37.04
1.2	32.92	37.82	78.34	47.13
1.4	37.31	41.45	87.74	57.23
1.6	18.88	46.63	90.87	69.35
1.8	28.53	50.77	103.40	70.69
2.0	39.51	54.40	109.67	84.16
2.2	43.89	54.40	114.68	97.62
2.4	48.28	48.18	103.40	104.35
2.6	50.48	48.18	72.07	50.50
2.8	50.48	44.04	67.69	42.42
3.0	46.09	41.45	64.55	16.84
3.2	43.89	38.86	62.67	16.84
3.4	39.51	35.23	61.42	
3.6	37.31	33.68	59.54	
3.8	28.53	31.09	59.54	
4.0	21.95	28.50	58.29	
4.2	17.56	25.91	53.27	
4.4	15.37	23.32	47.01	
4.6	13.17	22.28	43.87	
4.8	10.98	20.73	40.74	
5.0	8.79	19.69	40.74	
5.2	7.91	18.14		
5.4	6.59	17.10		
5.6	5.71	15.55		
5.8	4.40	12.96		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.5 ผลการคำนวณความเค้นดัด, *ใส่น้ำ 4 เท่าของน้ำหนักส่วนผสมทั้งหมด (ต่อ)

ระยะกดโค้ง (มิลลิเมตร)	ความเค้นดัด (กิโลปาสคาล)			
	(1:1)	(1:1)*	(2:3)	(3:2)
6.0	3.52	11.92		
6.2	2.20	7.78		
6.4	2.20			

ข.6 การคำนวณความเครียดดัด

ตัวอย่างการคำนวณความเครียดดัด

จากตัวอย่างการคำนวณความเค้นดัด เมื่อนำค่าระยะกดโค้ง ความสูงและความยาวของชิ้นงานมาคำนวณหาค่าความเครียดดัดจากสมการที่ (3)ได้ดังนี้

$$\%\varepsilon_f = \frac{6h\Delta d}{L^2} \times 100$$

$$= \frac{6(24.98\ \text{mm})(2.0\ \text{mm})}{(100\ \text{mm})^2} \times 100$$

$$\%\varepsilon_f = 3.00\%$$

ตารางที่ ข.6 ผลการคำนวณความเครียดดัด, *ใส่น้ำ 4 เท่าของน้ำหนักส่วนผสมทั้งหมด

ระยะกดโค้ง (มิลลิเมตร)	ความเครียดดัด (%)			
	(1:1)	(1:1)*	(2:3)	(3:2)
0	0	0	0	0
0.2	0.3564	0.34	0.30	0.30
0.4	0.7128	0.68	0.61	0.60
0.6	1.0692	1.02	0.91	0.90
0.8	1.4256	1.37	1.22	1.20
1.0	1.782	1.71	1.52	1.50
1.2	2.1384	2.05	1.83	1.80
1.4	2.4948	2.39	2.13	2.10
1.6	2.8512	2.73	2.44	2.40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.6 ผลการคำนวณความเครียดดัด, *ใส่น้ำ 4 เท่าของน้ำหนักส่วนผสมทั้งหมด (ต่อ)

ระยะกดโค้ง (มิลลิเมตร)	ความเครียดดัด (%)			
	(1:1)	(1:1)*	(2:3)	(3:2)
1.8	3.2076	3.07	2.74	2.70
2.0	3.564	3.41	3.05	3.00
2.2	3.9204	3.75	3.35	3.30
2.4	4.2768	4.10	3.66	3.60
2.6	4.6332	4.44	3.96	3.90
2.8	4.9896	4.78	4.27	4.20
3.0	5.346	5.12	4.57	4.50
3.2	5.7024	5.46	4.88	4.80
3.4	6.0588	5.80	5.18	
3.6	6.4152	6.14	5.49	
3.8	6.7716	6.48	5.79	
4.0	7.128	6.83	6.10	
4.2	7.4844	7.17	6.40	
4.4	7.8408	7.51	6.71	
4.6	8.1972	7.85	7.01	
4.8	8.5536	8.19	7.32	
5.0	8.91	8.53	7.62	
5.2	9.2664	8.87		
5.4	9.6228	9.21		
5.6	9.9792	9.56		
5.8	10.3356	9.90		
6.0	10.692	10.24		
6.2	11.0484	10.58		
6.4	11.4048			
6.6	11.7612			
6.8	12.1176			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้