

การสกัดน้ำมัน เมล็ดยางพาราโดยใช้ตัวทำละลายในถังกวน



นางสาว วิไล คุณูปการ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

ภาควิชาเคมีเทคนิค

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. 2528

ISBN 974-564-346-7

009008

i 17380698

SOLVENT EXTRACTION OF HEVEA RUBBER SEED OIL  
(Hevea braziliensis Muell.) IN AN AGITATED TANK.

Miss Wilai Kunoopagarn

A Thesis Submitted in Partial Fulfilment of the  
Requirements for the Degree of Master of Science

Department of Chemical Technology

Graduate School

Chulalongkorn University

1985

ISBN 974-564-346-7

หัวข้อวิทยานิพนธ์

การสกัดน้ำมัน เมาล์คียงพาราด้วยตัวทำละลายในถึงกวน

โดย

นางสาว วิไล คุญปรการ

ภาควิชา

เคมี เทคนิค

อาจารย์ที่ปรึกษา

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เลอสรวง เมฆสุด

รองศาสตราจารย์ ดร. ชูชาติ บารมี




บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้หัวข้อวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่ง  
ของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาโทบัณฑิต

..... คณบดี บัณฑิตวิทยาลัย

(รองศาสตราจารย์ ดร.สุประดิษฐ์ หนุนาค)

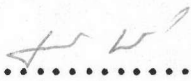
คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....  ..... ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.สมชาย ใสสุวรรณ)

.....  ..... กรรมการ

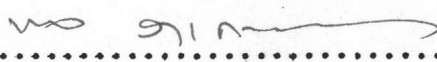
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เลอสรวง เมฆสุด)

.....  ..... กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร. ชูชาติ บารมี)

.....  ..... กรรมการ

(ศาสตราจารย์ ดร. สมศักดิ์ ดำรงค์เลิศ)

.....  ..... กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร. พล สาเกตอง)

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การสกัดน้ำมัน เมล็ดยางพาราด้วยตัวทำละลายในถังกวน
ชื่อนิสิต	นางสาว วิไล คุณูปการ
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เลอสรวง เมขสุด รองศาสตราจารย์ ดร.ชูชาติ บารมี
ภาควิชา	เคมี เทคนิค
ปีการศึกษา	2527



บทคัดย่อ

น้ำมัน เมล็ดยางพารามีประโยชน์มากในอุตสาหกรรม โดยเฉพาะอย่างยิ่งใช้ในอุตสาหกรรมสีนอกจากนี้ได้มีผู้สนใจนำมาทดลอง เพื่อใช้เป็นน้ำมันเชื้อเพลิง การแยกน้ำมันออกจากเมล็ดยางพารา โดยทั่ว ๆ ไปจะใช้วิธีบีบด้วยเครื่องมือกล แต่สำหรับในการศึกษาวิจัยนี้เป็นการแยกน้ำมันจากเมล็ดยางพารา โดยใช้ตัวทำละลายซึ่งในงานวิจัยนี้ใช้ "มิโตรเลียมอีเธอร์" เป็นตัวทำละลายสกัดน้ำมันในถังกวน ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 16 ซม. เพื่อศึกษาสภาวะที่เหมาะสม ทดสอบสมบัติทางเคมีและกายภาพน้ำมันที่สกัดได้ และศึกษาสมการการสกัดน้ำมันจากเมล็ดยางพารา เปรียบเทียบกับสมการการสกัดน้ำมันจากรำข้าว คำตัวแปรที่ใช้ในการศึกษาได้แก่

1. ขนาดเมล็ดยางพารา < 1 มม., 1-2 มม., 2-3 มม.
2. ความเร็วรอบใบพัดในช่วง 700-1860 รอบ/นาที
3. อัตราส่วนโดยน้ำหนักของ เมล็ดยางพาราต่อตัวทำละลายในช่วง 1/3.0-1/5.5

จากการทดลองพบว่า

เมื่อขนาดเมล็ดยางพาราเล็กลงสามารถสกัดน้ำมันได้เพิ่มขึ้นและมีแนวโน้มเช่นเดียวกัน เมื่อความเร็วรอบสูงขึ้น และเมื่ออัตราส่วนระหว่าง เมล็ดยางพาราต่อตัวทำละลายมีค่าต่ำลง

ผลการทดลองสามารถเขียน เป็นสมการในรูปของปริมาณน้ำมันที่สกัดได้และสัมประสิทธิ์  
การถ่ายเทมวล ดังนี้

สำหรับ เมล็ดยางพารา ขนาด 1 มม. :

$$\frac{C_f V}{xS} = 0.4534 \text{ Re}^{0.0522} (\text{S/L})^{-0.0491}$$

$$\text{ช่วง 40 นาทีแรก; } \left(\frac{k_a}{N}\right)_1 = 4.5125 \times 10^6 (\text{Re})^{-1.9500} (\text{S/L})^{5.6457}$$

$$\text{ช่วง 50-180 นาที; } \left(\frac{k_a}{N}\right)_2 = 1.1145 \times 10^7 (\text{Re})^{-1.8609} (\text{S/L})^{6.1655}$$

สำหรับ เมล็ดยางพาราขนาด 1-2 มม. :

$$\frac{C_f V}{xS} = 0.0846 \text{ Re}^{0.0192} (\text{S/L})^{-0.2166}$$

$$\text{ช่วง 40 นาทีแรก; } \left(\frac{k_a}{N}\right)_1 = 5.1805 \times 10^3 (\text{Re})^{-1.4974} (\text{S/L})^{2.5274}$$

$$\text{ช่วง 50-180 นาที; } \left(\frac{k_a}{N}\right)_2 = 5.2809 \times 10^2 (\text{Re})^{-1.1364} (\text{S/L})^{3.7756}$$

สำหรับ เมล็ดยางพาราขนาด 2-3 มม. :

$$\frac{C_f V}{xS} = 0.3174 \text{ Re}^{0.0749} (\text{S/L})^{-0.1152}$$

$$\text{ช่วง 40 นาทีแรก; } \left(\frac{k_a}{N}\right)_1 = 1.1446 \times 10^2 (\text{Re})^{-1.1644} (\text{S/L})^{2.1906}$$

$$\text{ช่วง 50-180 นาที; } \left(\frac{k_a}{N}\right)_2 = 8.1238 (\text{Re})^{-0.8668} (\text{S/L})^{3.4979}$$

2

Thesis Title            SOLVENT EXTRACTION OF HEVEA RUBBER SEED OIL  
                                  (Hevea braziliensis Muell.) IN AN AGITATED TANK

Name                      Miss Wilai Kunoopagarn

Thesis Advisor        Assistant Professor Lursaung Mekasut, Dr.Ing.  
                                  Associate Professor Shooshat Baramee, Dr.Ing.

Department            Chemical Technology

Academic Year        1984

#### ABSTRACT

Hevea rubber seed oil is very useful in industries especially in paint industry. Besides, this oil is also used as fuel substitute. Generally, oil is extracted from seeds by mechanical means, but in this work the solvent, petroleum ether, was used to extract oil in an agitated tank of 16 cm. in diameter. This research work was carried out to study the extracting conditions as well as the chemical and physical properties of the extracted oil. An attempt was also made to compare the equations obtained with those equations from rice bran oil previously studied

The variables used in this study were

1. size of Hevea <sup>u</sup> rubber seed oil from <1 mm., 1-2 mm. and 2-3 mm.
2. speed of the impeller ranging from 700 to 1860 rpm.
3. ratio by weight of seed to solvent (S/L) ranging from 1/3.0 to 1/5.5

The experimental results showed that the smaller size of Heavea rubber seed, the higher oil yield was obtained. The similar trends was also obtained for higher speed and lower S/L ratio.

The results could also be presented mathematically for oil yield and mass transfer coefficient as follows

for the < 1 mm. size:

$$\frac{C_f V}{xS} = 0.4534 \text{ Re}^{0.0522} (\text{S/L})^{-0.0491}$$

$$\text{during the first 40 minutes; } \left(\frac{ka}{N}\right)_1 = 4.5125 \times 10^6 (\text{Re})^{-1.9500} (\text{S/L})^{5.6457}$$

$$\text{during 50-180 minutes; } \left(\frac{ka}{N}\right)_2 = 1.1145 \times 10^7 (\text{Re})^{-1.8609} (\text{S/L})^{6.1655}$$

for the 1-2 mm. size:

$$\frac{C_f V}{xS} = 0.0846 \text{ Re}^{0.0192} (\text{S/L})^{-0.2166}$$

$$\text{during the first 40 minutes; } \left(\frac{ka}{N}\right)_1 = 5.1805 \times 10^3 (\text{Re})^{-1.4974} (\text{S/L})^{2.5274}$$

$$\text{during 50-180 minutes; } \left(\frac{ka}{N}\right)_2 = 5.2809 \times 10^2 (\text{Re})^{-1.1364} (\text{S/L})^{3.7756}$$

for the 2-3 mm. size:

$$\frac{C_f V}{xS} = 0.3174 \text{ Re}^{0.0749} (S/L)^{-0.1152}$$

during the first 40 minutes;  $\left(\frac{ka}{N}\right)_1 = 1.1446 \times 10^2$

$$(\text{Re})^{-1.1644} (S/L)^{2.1906}$$

during 50-180 minutes;  $\left(\frac{ka}{N}\right)_2 = 8.1238 (\text{Re})^{-0.8668}$

$$(S/L)^{3.4979}$$





กิตติกรรมประกาศ

ขอกราบขอบพระคุณ คณะวิทยาศาสตร์ที่ได้สนับสนุนให้ทุนวิจัยในโครงการวิจัยทุน  
พลังงานและเชื้อเพลิง ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เลอสรวง เมฆสุด, รองศาสตราจารย์  
ดร.ชูชาติ บารมี รองศาสตราจารย์ ดร. สมชาย โอสุวรรณ และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์  
ดร. ภัทรพรรณ ประศาสน์สารกิจ ที่กรุณาให้ คำปรึกษาแนะนำและช่วยเหลือ ทำให้การศึกษา  
วิจัยครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ขอขอบคุณ บรรดาเพื่อน ๆ พี่ ๆ น้อง ๆ และเจ้าหน้าที่ภาควิชา  
เคมีเทคนิค และเทคโนโลยีทางอาหาร ทุกคน ที่ให้ความช่วยเหลือและกำลังใจเป็นอย่างดีตลอดมา

ท้ายที่สุด ขอขอบคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กัลยา เลาหะสงคราม ภาควิชา  
เทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ได้เอื้อเพื่อให้ใช้เคาไฟฟ้า  
ภาควิชาวิศวกรรมเหมืองแร่ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ได้เอื้อเพื่อให้ใช้  
เครื่องแยกขนาดเมล็ดขางพารา และสถาบันยาง กรมวิชาการเกษตร ที่ได้เอื้อเพื่อให้ข้อมูล

สารบัญ



หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย .....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ .....	ฉ
กิติกรรมประกาศ .....	ฅ
รายการตารางประกอบ .....	ริ
รายการรูปประกอบ .....	ฬ

บทที่

1 บทนำ .....	1
2 วารสารปริทัศน์ .....	3
2.1 น้ำมัน เมล็ดยางพารา .....	3
2.2 ลักษณะโครงสร้างและส่วนประกอบของ เมล็ดยางพารา .....	4
2.3 สมบัติของปิโตร เลียมอีเธอร์ .....	5
2.4 กระบวนการผลิตน้ำมันพืชโดยทั่ว ๆ ไป .....	5
2.5 การสกัดน้ำมันดิบ .....	7
2.5.1 การบีบ .....	7
2.5.2 การสกัดโดยใช้ตัวทำละลาย .....	7
2.5.3 การสกัดโดยใช้ เครื่องบีบและตัวทำละลาย .....	9
2.6 ประสิทธิภาพของการสกัดด้วยตัวทำละลาย .....	9
2.7 ทฤษฎีที่นำไปใช้ในปัญหา .....	11
2.7.1 ทฤษฎีเกี่ยวกับการสกัดด้วยตัวทำละลายและการถ่าย	
เทมวลระหว่าง 2 ภูมิภาค .....	11

	2.7.2 การถ่ายเทมวลในถังกวน .....	13
3	เครื่องมือ .....	18
	3.1 เครื่องมือบดเมล็ดขางพาราให้มีขนาดเล็กลงและคัดเลือกแยก ขนาดเมล็ดขางพารา .....	18
	3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการแยกสกัดน้ำมัน .....	21
	3.3 เครื่องมือทั่ว ๆ ไป .....	28
4	การทดลอง .....	29
	4.1 การบดเมล็ดขางพาราให้มีขนาดเล็กลง และคัดเลือกแยกขนาด .....	29
	4.2 การแยกสกัดน้ำมันออกจากเมล็ดขางพาราโดยการสกัดด้วยตัว ทำละลายใน soxhlet .....	32
	4.3 การแยกสกัดน้ำมันจากเมล็ดขางพารา โดยการสกัดด้วยตัว ทำละลายในถังกวน .....	35
	4.4 การวิเคราะห์สมบัติของน้ำมัน .....	36
	4.4.1 ปริมาณน้ำโดยการกลั่น (Water content by distillation method) ASTM D95/API 2560 or AOCS Ca 2a-45 .....	36
	4.4.2 ค่าของกรด (Acid Value) IUPAC : IID 1 or AOCS Ca 5a-40 .....	36
	4.4.3 ค่าเปอร์ออกไซด์ (Peroxide Value) AOAC 28.022-28.023.....	36
	4.4.4 สีของน้ำมัน (ASTM Color of Petroleum Products) ASTM D1500 .....	36
	4.4.5 ความหนาแน่น ความถ่วงจำเพาะ หรือความถ่วง เฉพีไอ โดยวิธี ไฮโดรมิเตอร์ ASTM D 1298 .....	36

บทที่	หน้า
4.4.6 ความหนืด (Kinematic Viscosity) ASTM D445.....	36
4.4.7 ความร้อนของการสันดาป โดยวิธี Bomb Calorimeter ASTM D240 .....	36
4.4.8 ปริมาณกำมะถัน (Sulfur in Petroleum Products) ASTM D129 .....	37
4.4.9 ปริมาณยางเหนียว (Gum Content).....	37
4.5 การทดลองโดยวิธีแช่ .....	37
5 วิเคราะห์ผลการทดลอง และวิเคราะห์ผลการทดลอง .....	75
6 สรุปการวิจัยและข้อเสนอแนะ .....	80
เอกสารอ้างอิง .....	83
ภาคผนวก .....	87
ประวัติ .....	164

## รายการตารางประกอบ

ตารางที่	หน้า
1 แสดงการ เปรียบ เทียบการสกัดน้ำมันด้วยวิธีการบีบ และด้วยตัวทำละลาย ใน เมล็ดที่มีปริมาณน้ำมันมาก, ปานกลาง และน้อย ตามลำดับ .....	11
2 แสดงรายละเอียดของถึงกวน .....	24
3 แสดงความเร็วรอบต่ำสุดที่ใช้ในการผสม .....	38
4 แสดงค่าของ $\frac{C_f V}{xS}$ ที่ S/L ต่างกัน ของเมล็ดยางพารา ขนาด 1 มม. ....	57
5 แสดงค่าของ $\frac{C_f V}{xS}$ ที่ S/L ต่างกัน ของเมล็ดยางพารา ขนาด 1-2 มม. ....	57
6 แสดงค่าของ $\frac{C_f V}{xS}$ ที่ S/L ต่างกันของเมล็ดยางพารา ขนาด 2-3 มม. ....	56
7 ความสัมพันธ์ระหว่าง $\ln(1 - \frac{C}{C_0})$ กับเวลาได้ค่า slope ช่วง 40 นาทีแรก และช่วง 50-180 นาที ของเมล็ดยางพารา ขนาด 1 มม. ....	68
8 ความสัมพันธ์ระหว่าง $\ln(1 - \frac{C}{C_0})$ กับเวลาจะได้ค่า slope ช่วง 40 นาทีแรก และช่วง 50-180 นาที ของเมล็ดยางพารา ขนาด 1-2 มม. ....	68

ตารางที่

หน้า

9	ความสัมพันธ์ระหว่าง $\ln(1 - \frac{C}{C_0})$ กับ เวลาจะได้ค่า slope ช่วง 40 นาทีแรก และช่วง 50-180 นาที ของ เมล็ดยางพารา ขนาด 2-3 มม. ....	69
10	แสดงการ เปรียบ เทียบ โดยใช้วิธีแซ่กับ โดยใช้วิธีการสกัดด้วย ตัวทำละลาย ..... 81	81
11	ข้อมูลการทดลองแยกสกัดน้ำมันที่สภาวะ ดังนี้ $2 \leq d_p \leq 3$ มม., S/L = 1:3.0, N = 1860 รอบ/นาที, $T_R = 31^\circ\text{C}$ , $T_T = 43^\circ\text{C}$ .....	88
12	ข้อมูลการแยกสกัดน้ำมันที่สภาวะดังนี้ $1 \leq d_p \leq 2$ มม., S/L = 1:3.0, N = 1860 รอบ/นาที, $T_R = 30^\circ\text{C}$ , $T_T = 42^\circ\text{C}$ .....	88
13	ข้อมูลการแยกสกัดน้ำมันที่สภาวะดังนี้ $d_p \leq 1$ มม., S/L = 1:3.0, N = 1860 รอบ/นาที, $T_R = 30^\circ\text{C}$ , $T_T = 42^\circ\text{C}$ .....	88
14	ข้อมูลการแยกสกัดน้ำมันที่สภาวะดังนี้ $2 \leq d_p \leq 3$ มม., S/L = 1:4.4, N = 1860 รอบ/นาที, $T_R = 29^\circ\text{C}$ , $T_T = 39^\circ\text{C}$ .....	88
15	ข้อมูลการทดลองแยกสกัดน้ำมัน ในถึงกวนที่สภาวะดังนี้ $1 \leq d_p \leq 2$ มม., S/L = 1.4.4, N = 1860 รอบ/นาที, $T_R = 31^\circ\text{C}$ , $T_T = 42^\circ\text{C}$ .....	89

16	ข้อมูลการแยกสกัดน้ำมัน ในถังกวนที่สภาวะดังนี้ $d_p \leq 1$ มม., S/L = 1:4.4, N = 1860 รอบ/นาที, $T_R = 32^\circ\text{C}$ , $T_T = 36^\circ\text{C}$ .....	89
17	ข้อมูลการแยกสกัดน้ำมัน ในถังกวนที่สภาวะดังนี้ $2 \leq d_p \leq 3$ มม., S/L = 1:5.0, N = 1860 รอบ/นาที, $T_R = 31^\circ\text{C}$ , $T_T = 45^\circ\text{C}$ .....	89
18	ข้อมูลการแยกสกัดน้ำมัน ในถังกวนที่สภาวะดังนี้ $1 \leq d_p \leq 2$ มม., S/L = 1:5.0, N = 1860 รอบ/นาที, $T_R = 30^\circ\text{C}$ , $T_T = 42^\circ\text{C}$ .....	89
19	ข้อมูลการแยกสกัดน้ำมัน ในถังกวนที่สภาวะดังนี้ $1 \leq d_p \leq 2$ มม., S/L = 1:5.0, N = 1860 รอบ/นาที, $T_R = 30^\circ\text{C}$ , $T_T = 43^\circ\text{C}$ .....	90
20	ข้อมูลการทดลองแยกสกัดน้ำมัน ในถังกวนที่สภาวะดังนี้ $2 \leq d_p \leq 3$ มม., S/L = 1:5.5, N = 1860 รอบ/นาที, $T_R = 31^\circ\text{C}$ , $T_T = 41^\circ\text{C}$ .....	90
21	ข้อมูลการทดลองแยกสกัดน้ำมัน ในถังกวนที่สภาวะดังนี้ $1 \leq d_p \leq 2$ มม., S/L = 1:5.5, N = 1860 รอบ/นาที, $T_R = 31^\circ\text{C}$ , $T_T = 40^\circ\text{C}$ .....	90
22	ข้อมูลการทดลองแยกสกัดน้ำมัน ในถังกวนที่สภาวะดังนี้ $d_p \leq 1$ มม., S/L = 1:5.5, N = 1860 รอบ/นาที, $T_R = 30^\circ\text{C}$ , $T_T = 41^\circ\text{C}$ .....	90

23	ข้อมูลการทดลองแยกสกัดน้ำมันในถังกวนที่สภาวะดังนี้ $2 \leq d_p \leq 3$ มม., $S/L = 1:3.0$ , $N = 1135$ รอบ/นาที, $T_R = 30^\circ\text{C}$ , $T_T = 32^\circ\text{C}$ .....	91
24	ข้อมูลการทดลองแยกสกัดน้ำมันในถังกวนที่สภาวะดังนี้ $1 \leq d_p \leq 2$ มม., $S/L = 1:3.0$ , $N = 1135$ รอบ/นาที, $T_R = 32^\circ\text{C}$ , $T_T = 34^\circ\text{C}$ .....	91
25	ข้อมูลการทดลองแยกสกัดน้ำมันในถังกวนที่สภาวะดังนี้ $d_p \leq 1$ มม., $S/L = 1:3.0$ , $N = 1135$ รอบ/นาที, $T_R = 31^\circ\text{C}$ , $T_T = 34^\circ\text{C}$ .....	91
26	ข้อมูลการทดลองแยกสกัดน้ำมันในถังกวนที่สภาวะดังนี้ $2 \leq d_p \leq 3$ มม., $S/L = 1:4.4$ , $N = 1135$ รอบ/นาที, $T_R = 27^\circ\text{C}$ , $T_T = 32^\circ\text{C}$ .....	91
27	ข้อมูลการทดลองแยกสกัดน้ำมันในถังกวนที่สภาวะดังนี้ $1 \leq d_p \leq 2$ มม., $S/L = 1:4.4$ , $N = 1135$ รอบ/นาที, $T_R = 30^\circ\text{C}$ , $T_T = 33^\circ\text{C}$ .....	92
28	ข้อมูลการทดลองแยกสกัดน้ำมันในถังกวนที่สภาวะดังนี้ $d_p \leq 1$ มม., $S/L = 1:4.4$ , $N = 1135$ รอบ/นาที, $T_R = 30^\circ\text{C}$ , $T_T = 32^\circ\text{C}$ .....	92
29	ข้อมูลการทดลองแยกสกัดน้ำมันในถังกวนที่สภาวะดังนี้ $2 \leq d_p \leq 3$ มม., $S/L = 1:5.0$ , $N = 1135$ รอบ/นาที, $T_R = 28^\circ\text{C}$ , $T_T = 31^\circ\text{C}$ .....	92



- 30 ข้อมูลการทดลองแยกสกัดน้ำมัน ในถังกวนที่สภาวะดังนี้  
 $1 \leq d_p \leq 2$  มม.,  $S/L = 1:5.0$ ,  $N = 1135$  รอบ/นาที,  
 $T_R = 30^\circ\text{C}$ ,  $T_T = 33^\circ\text{C}$  ..... 92
- 31 ข้อมูลการทดลองแยกสกัดน้ำมัน ในถังกวนที่สภาวะดังนี้  
 $d_p \leq 1$  มม.,  $S/L = 1:5.0$ ,  $N = 1135$  รอบ/นาที,  
 $T_R = 30^\circ\text{C}$ ,  $T_T = 34^\circ\text{C}$  ..... 93
- 32 ข้อมูลการทดลองแยกสกัดน้ำมัน ในถังกวนที่สภาวะดังนี้  
 $2 \leq d_p \leq 3$  มม.,  $S/L = 1:5.5$ ,  $N = 1135$  รอบ/นาที,  
 $T_R = 31^\circ\text{C}$ ,  $T_T = 33^\circ\text{C}$  ..... 93
- 33 ข้อมูลการทดลองแยกสกัดน้ำมัน ในถังกวนที่สภาวะดังนี้  
 $1 \leq d_p \leq 2$  มม.,  $S/L = 1:5.5$ ,  $N = 1135$  รอบ/นาที,  
 $T_R = 31^\circ\text{C}$ ,  $T_T = 32^\circ\text{C}$  ..... 93
- 34 ข้อมูลการทดลองแยกสกัดน้ำมัน ในถังกวนที่สภาวะดังนี้  
 $d_p \leq 1$  มม.,  $S/L = 1:5.5$ ,  $N = 1135$  รอบ/นาที,  
 $T_R = 31^\circ\text{C}$ ,  $T_T = 32^\circ\text{C}$  ..... 93
- 35 ข้อมูลการทดลองแยกสกัดน้ำมัน ในถังกวนที่สภาวะดังนี้  
 $1 \leq d_p \leq 2$  มม.,  $S/L = 1:3.0$ ,  $N = 700$  รอบ/นาที,  
 $T_R = 29^\circ\text{C}$ ,  $T_T = 30^\circ\text{C}$  ..... 94
- 36 ข้อมูลการทดลองแยกสกัดน้ำมัน ในถังกวนที่สภาวะดังนี้  
 $d_p \leq 1$  มม.,  $S/L = 1:3.0$ ,  $N = 700$  รอบ/นาที,  
 $T_R = 32^\circ\text{C}$ ,  $T_T = 33^\circ\text{C}$  ..... 94

37	ข้อมูลการทดลองแยกสกัดน้ำมัน ในถังกวนที่สภาวะดังนี้ $1 \leq d_p \leq 2$ มม., $S/L = 1:4.4, N = 700$ รอบ/นาที, $T_R = 29^\circ\text{C}, T_T = 31^\circ\text{C}$ .....	94
38	ข้อมูลการทดลองแยกสกัดน้ำมัน ในถังกวนที่สภาวะดังนี้ $d_p \leq 1$ มม., $S/L = 1:4.4, N = 700$ รอบ/นาที, $T_R = 29^\circ\text{C}, T_T = 30^\circ\text{C}$ .....	94
39	ข้อมูลการทดลองแยกสกัดน้ำมัน ในถังกวนที่สภาวะดังนี้ $1 \leq d_p \leq 2$ มม., $S/L = 1:5.0, N = 700$ รอบ/นาที, $T_R = 30^\circ\text{C}, T_T = 31^\circ\text{C}$ .....	95
40	ข้อมูลการทดลองแยกสกัดน้ำมัน ในถังกวนที่สภาวะดังนี้ $d_p \leq 1$ มม., $S/L = 1:5.0, N = 700$ รอบ/นาที, $T_R = 31^\circ\text{C}, T_T = 32^\circ\text{C}$ .....	95
41	ข้อมูลการทดลองแยกสกัดน้ำมัน ในถังกวนที่สภาวะดังนี้ $1 \leq d_p \leq 2$ มม., $S/L = 1:5.5, N = 700$ รอบ/นาที, $T_R = 31^\circ\text{C}, T_T = 32^\circ\text{C}$ .....	95
42	ข้อมูลการทดลองแยกสกัดน้ำมัน ในถังกวนที่สภาวะดังนี้ $d_p \leq 1$ มม., $S/L = 1:5.5, N = 700$ รอบ/นาที, $T_R = 30^\circ\text{C}, T_T = 31^\circ\text{C}$ .....	95
43	ข้อมูลการทดลองแยกสกัดน้ำมัน ในถังกวนที่สภาวะดังนี้ $2 \leq d_p \leq 3$ มม., $S/L = 1:3.0, N = 1080$ รอบ/นาที, $T_R = 32^\circ\text{C}, T_T = 35^\circ\text{C}$ .....	96

44	ข้อมูลการทดลองแยกสกัดน้ำมันในถังกวนที่สภาวะดังนี้ $1 \leq d_p \leq 2$ มม., $S/L = 1:3.0$ , $N = 1080$ รอบ/นาที, $T_R = 35^\circ\text{C}$ , $T_T = 38^\circ\text{C}$ .....	97
45	ข้อมูลการทดลองแยกสกัดน้ำมันในถังกวนที่สภาวะดังนี้ $d_p \leq 1$ มม., $S/L = 1:3.0$ , $N = 1080$ รอบ/นาที, $T_R = 32^\circ\text{C}$ , $T_T = 35^\circ\text{C}$ .....	98
46	ข้อมูลการทดลองแยกสกัดน้ำมันในถังกวนที่สภาวะดังนี้ $2 \leq d_p \leq 3$ มม., $S/L = 1:4.4$ , $N = 1080$ รอบ/นาที, $T_R = 29^\circ\text{C}$ , $T_T = 31^\circ\text{C}$ .....	99
47	ข้อมูลการทดลองแยกสกัดน้ำมันในถังกวนที่สภาวะดังนี้ $1 \leq d_p \leq 2$ มม., $S/L = 1:4.4$ , $N = 1080$ รอบ/นาที, $T_R = 32^\circ\text{C}$ , $T_T = 34^\circ\text{C}$ .....	100
48	ข้อมูลการทดลองแยกสกัดน้ำมันในถังกวนที่สภาวะดังนี้ $d_p \leq 1$ มม., $S/L = 1:4.4$ , $N = 1080$ รอบ/นาที, $T_R = 31^\circ\text{C}$ , $T_T = 33^\circ\text{C}$ .....	101
49	ข้อมูลการทดลองแยกสกัดน้ำมันในถังกวนที่สภาวะดังนี้ $2 \leq d_p \leq 3$ มม., $S/L = 1:5.0$ , $N = 1080$ รอบ/นาที, $T_R = 32^\circ\text{C}$ , $T_T = 35^\circ\text{C}$ .....	102
50	ข้อมูลการทดลองแยกสกัดน้ำมันในถังกวนที่สภาวะดังนี้ $1 \leq d_p \leq 2$ มม., $S/L = 1:5.0$ , $N = 1080$ รอบ/นาที, $T_R = 32^\circ\text{C}$ , $T_T = 34^\circ\text{C}$ .....	103

51	ข้อมูลการทดลองแยกสกัดน้ำมัน ในถึงกวนที่สภาวะดังนี้ $d_p \leq 1$ มม., $S/L = 1:5.0, N = 1080$ รอบ/นาที, $T_R = 32^\circ\text{C}, T_T = 34^\circ\text{C}$ .....	104
52	ข้อมูลการทดลองแยกสกัดน้ำมัน ในถึงกวนที่สภาวะดังนี้ $2 \leq d_p \leq 3$ มม., $S/L = 1:5.5, N = 1080$ รอบ/นาที, $T_R = 32^\circ\text{C}, T_T = 35^\circ\text{C}$ .....	105
53	ข้อมูลการทดลองแยกสกัดน้ำมัน ในถึงกวนที่สภาวะดังนี้ $1 \leq d_p \leq 2$ มม., $S/L = 1:5.5, N = 1080$ รอบ/นาที, $T_R = 32^\circ\text{C}, T_T = 33^\circ\text{C}$ .....	106
54	ข้อมูลการทดลองแยกสกัดน้ำมัน ในถึงกวนที่สภาวะดังนี้ $d_p \leq 1$ มม., $S/L = 1:5.5, N = 1080$ รอบ/นาที, $T_R = 32^\circ\text{C}, T_T = 34^\circ\text{C}$ .....	107
55	ผลการทดลองหาปริมาณน้ำมันในเมล็ดยางพารา โดยใช้ soxhlet ที่ความเร็ว 1860 รอบ/นาที .....	108
56	ผลการทดลองหาปริมาณน้ำมันในเมล็ดยางพารา โดยใช้ soxhlet ที่ความเร็ว 1135 รอบ/นาที .....	110
57	ผลการทดลองหาปริมาณน้ำมันในเมล็ดยางพารา โดยใช้ soxhlet ที่ความเร็ว 700 รอบ/นาที .....	112
58	ผลการทดลองหาปริมาณน้ำมันในเมล็ดยางพารา โดยใช้ soxhlet ที่ความเร็ว 1080 รอบ/นาที .....	113
59	ผลการทดลองหา % yield ในการสกัดน้ำมัน เมล็ดยางพารา ที่ความเร็ว 1860 รอบ/นาที .....	115

ตารางที่	หน้า
60 ผลการทดลองหาร้อยละของน้ำมันในการสกัดน้ำมัน เมล็ดขางพารา ที่ความเร็ว 1135 รอบ/นาที .....	116
61 ผลการทดลองหาร้อยละของน้ำมันในการสกัดน้ำมัน เมล็ดขางพารา ที่ความเร็ว 700 รอบ/นาที .....	117
62 ผลการทดลองหาร้อยละของน้ำมันในการสกัดน้ำมัน เมล็ดขางพารา ที่ความเร็ว 1080 รอบ/นาที .....	118
63 รายงานการวิเคราะห์สมบัติเคมีและกายภาพ .....	119
64 การทดลองโดยการแช่ S/L = 1:4.0 เวลา 13 ชั่วโมง .....	120
65 ผลการทำ sieve analysis .....	120
66 แสดงร้อยละของปริมาณน้ำมันเริ่มต้น (base on sieve analysis) .....	121
67 แสดงร้อยละของปริมาณน้ำมันที่สกัดได้ (base on sieve analysis) ที่ความเร็ว 1135 รอบ/นาที, เวลา 3 ชั่วโมง .....	122
68 แสดงร้อยละของปริมาณน้ำมันที่สกัดได้ (base on sieve analysis) ที่ความเร็ว 1860 รอบ/นาที, เวลา 3 ชั่วโมง .....	123
69 การหาค่า $-ka_p$ โดยใช้ linear regression ที่สภาวะดังนี้ $2 \leq d_p \leq 3$ มม., $N = 1860$ รอบ/นาที, $S/L = 1:5.5$ , $C_o = 6.73$ .....	124

## ตารางที่

หน้า

70	การหาค่า $-ka_p$ โดยใช้ linear regression ที่สภาวะดังนี้ $1 \leq d_p \leq 2$ มม., $N = 1860$ รอบ/นาที, $S/L = 1:5.5$ , $C_o = 12.96$ .....	124
71	การหาค่า $-ka_p$ โดยใช้ linear regression ที่สภาวะดังนี้ $d_p \leq 1 \leq 2$ มม., $N = 1860$ รอบ/นาที, $S/L = 1:5.5$ , $C_o = 16.34$ .....	124
72	การหาค่า $-ka_p$ โดยใช้ linear regression ที่สภาวะดังนี้ $2 \leq d_p \leq 3$ มม., $N = 1860$ รอบ/นาที, $S/L = 1:5.0$ , $C_o = 6.73$ .....	124
73	การหาค่า $-ka_p$ โดยใช้ linear regression ที่สภาวะดังนี้ $1 \leq d_p \leq 2$ มม., $N = 1860$ รอบ/นาที, $S/L = 1:5.0$ , $C_o = 12.96$ .....	125
74	การหาค่า $-ka_p$ โดยใช้ linear regression ที่สภาวะดังนี้ $d_p \leq 1$ มม., $N = 1860$ รอบ/นาที, $S/L = 1:5.0$ , $C_o = 16.34$ .....	125
75	การหาค่า $-ka_p$ โดยใช้ linear regression ที่สภาวะดังนี้ $2 \leq d_p \leq 3$ มม., $N = 1860$ รอบ/นาที, $S/L = 1:4.4$ , $C_o = 6.73$ .....	125
76	การหาค่า $-ka_p$ โดยใช้ linear regression ที่สภาวะดังนี้ $1 \leq d_p \leq 2$ มม., $N = 1860$ รอบ/นาที, $S/L = 1:4.4$ , $C_o = 12.96$ .....	125

77	การหาค่า $-ka_p$ โดยใช้ linear regression ที่สภาวะดังนี้ $d_p \leq 1$ มม., $N = 1860$ รอบ/นาที, $S/L = 1:4.4$ , $C_o = 16.34$ .....	126
78	การหาค่า $-ka_p$ โดยใช้ linear regression ที่สภาวะดังนี้ $2 \leq d_p \leq 3$ มม., $N = 1860$ รอบ/นาที, $S/L = 1:3.0$ , $C_o = 16.34$ .....	126
79	การหาค่า $-ka_p$ โดยใช้ linear regression ที่สภาวะดังนี้ $1 \leq d_p \leq 2$ มม., $N = 1860$ รอบ/นาที, $S/L = 1:3.0$ , $C_o = 12.96$ .....	126
80	การหาค่า $-ka_p$ โดยใช้ linear regression ที่สภาวะดังนี้ $d_p \leq 1$ มม., $N = 1860$ รอบ/นาที, $S/L = 1:3.0$ , $C_o = 16.34$ .....	126
81	การหาค่า $-ka_p$ โดยใช้ linear regression ที่สภาวะดังนี้ $2 \leq d_p \leq 3$ มม., $N = 1135$ รอบ/นาที, $S/L = 1:5.5$ , $C_o = 5.20$ .....	127
82	การหาค่า $-ka_p$ โดยใช้ linear regression ที่สภาวะดังนี้ $1 \leq d_p \leq 2$ มม., $N = 1135$ รอบ/นาที, $S/L = 1:5.5$ , $C_o = 12.30$ .....	127
83	การหาค่า $-ka_p$ โดยใช้ linear regression ที่สภาวะดังนี้ $d_p \leq 1$ มม., $N = 1135$ รอบ/นาที, $S/L = 1:5.5$ , $C_o = 15.45$ .....	127

84 การหาค่า  $-ka_p$  โดยใช้ linear regression ที่สภาวะดังนี้  
 $2 \leq d_p \leq 3$  มม.,  $N = 1135$  รอบ/นาที,  $S/L = 1:5.0$ ,  
 $C_o = 5.20$  ..... 127

85 การหาค่า  $-ka_p$  โดยใช้ linear regression ที่สภาวะดังนี้  
 $1 \leq d_p \leq 2$  มม.,  $N = 1135$  รอบ/นาที,  $S/L = 1:5.0$ ,  
 $C_o = 12.30$  ..... 128

86 การหาค่า  $-ka_p$  โดยใช้ linear regression ที่สภาวะดังนี้  
 $d_p \leq 1$  มม.,  $N = 1135$  รอบ/นาที,  $S/L = 1:5.0$ ,  
 $C_o = 15.45$  ..... 128

87 การหาค่า  $-ka_p$  โดยใช้ linear regression ที่สภาวะดังนี้  
 $2 \leq d_p \leq 3$  มม.,  $N = 1135$  รอบ/นาที,  $S/L = 1:4.4$ ,  
 $C_o = 5.20$  ..... 128

88 การหาค่า  $-ka_p$  โดยใช้ linear regression ที่สภาวะดังนี้  
 $1 \leq d_p \leq 2$  มม.,  $N = 1135$  รอบ/นาที,  $S/L = 1:4.4$ ,  
 $C_o = 12.30$  ..... 128

89 การหาค่า  $-ka_p$  โดยใช้ linear regression ที่สภาวะดังนี้  
 $d_p \leq 1$  มม.,  $N = 1135$  รอบ/นาที,  $S/L = 1:4.4$ ,  
 $C_o = 15.45$  ..... 129

90 การหาค่า  $-ka_p$  โดยใช้ linear regression ที่สภาวะดังนี้  
 $2 \leq d_p \leq 3$  มม.,  $N = 1135$  รอบ/นาที,  $S/L = 1:3.0$ ,  
 $C_o = 5.20$  ..... 129



<p>๙๑ การหาค่า <math>-ka_p</math> โดยใช้ linear regression ที่สภาวะดังนี้  <math>1 \leq d_p \leq 2</math> มม., <math>N = 1135</math> รอบ/นาที, <math>S/L = 1:3.0</math>,  <math>C_o = 12.30</math>.....</p>	<p>129</p>
<p>๙๒ การหาค่า <math>-ka_p</math> โดยใช้ linear regression ที่สภาวะดังนี้  <math>d_p \leq 1</math> มม., <math>N = 1135</math> รอบ/นาที, <math>S/L = 1:3.0</math>,  <math>C_o = 15.45</math>.....</p>	<p>129</p>
<p>๙๓ การหาค่า <math>-ka_p</math> โดยใช้ linear regression ที่สภาวะดังนี้  <math>1 \leq d_p \leq 2</math> มม., <math>N = 700</math> รอบ/นาที, <math>S/L = 1:5.5</math>,  <math>C_o = 9.50</math> .....</p>	<p>130</p>
<p>๙๔ การหาค่า <math>-ka_p</math> โดยใช้ linear regression ที่สภาวะดังนี้  <math>d_p \leq 1</math> มม., <math>N = 700</math> รอบ/นาที, <math>S/L = 1:5.5</math>,  <math>C_o = 13.31</math> .....</p>	<p>130</p>
<p>๙๕ การหาค่า <math>-ka_p</math> โดยใช้ linear regression ที่สภาวะดังนี้  <math>1 \leq d_p \leq 2</math> มม., <math>N = 700</math> รอบ/นาที, <math>S/L = 1:5.0</math>,  <math>C_o = 9.50</math> .....</p>	<p>130</p>
<p>๙๖ การหาค่า <math>-ka_p</math> โดยใช้ linear regression ที่สภาวะดังนี้  <math>d_p \leq 1</math> มม., <math>N = 700</math> รอบ/นาที, <math>S/L = 1:5.0</math>,  <math>C_o = 13.31</math> .....</p>	<p>130</p>
<p>๙๗ การหาค่า <math>-ka_p</math> โดยใช้ linear regression ที่สภาวะดังนี้  <math>1 \leq d_p \leq 2</math> มม., <math>N = 700</math> รอบ/นาที, <math>S/L = 1:4.4</math>,  <math>C_o = 9.50</math> .....</p>	<p>131</p>

ตารางที่

หน้า

98	การหาค่า $-ka_p$ โดยใช้ linear regression ที่สภาวะดังนี้ $d_p \leq 1$ มม., $N = 700$ รอบ/นาที, $S/L = 1:4.4$ , $C_o = 13.31$ .....	131
99	การหาค่า $-ka_p$ โดยใช้ linear regression ที่สภาวะดังนี้ $1 \leq d_p \leq 2$ มม., $N = 700$ รอบ/นาที, $S/L = 1:3.0$ , $C_o = 9.50$ .....	131
100	การหาค่า $-ka_p$ โดยใช้ linear regression ที่สภาวะดังนี้ $d_p \leq 1$ มม., $N = 700$ รอบ/นาที, $S/L = 1:3.0$ , $C_o = 13.31$ .....	131
101	ข้อมูลการบีบสกัดน้ำมัน .....	132
102	สมบัติทางกายภาพและทางเคมีที่สำคัญของตัวทำละลายชนิดต่าง ๆ ...	149

รายการรูปประกอบ

รูปที่	หน้า
1 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาในการสกัดกับปริมาณน้ำมันที่ เหลือ ใน เมล็ด .....	10
2 กระบวนการแพร่ในการสกัดด้วยตัวทำละลาย .....	13
3 ขนาดโครงสร้างของถังกวนและ ใบพัด .....	16
4 เครื่องบด เมล็ดอย่างพารา (hammer mill) .....	19
5 เครื่องมือคัด เลือกขนาด .....	20
6 เครื่องอบแห้งแบบถาด (tray dryer) .....	21
7 เครื่องมือแยกสกัดน้ำมันโดยใช้ soxhlet apparatus .....	22
8 การระเหยเอามีโตรเลียมอีเธอร์ออก .....	24
9 เครื่องมือในการทดลอง .....	25
10 ใบพัดกวนชนิด 6-flat blade turbine .....	26
11 ถังกวนและ ใบพัดกวน .....	27
12 oil bath .....	28
13 เมล็ดอย่างพารา ทั้ง เมล็ด .....	29
14 เมล็ดอย่างพาราขนาด < 1 มม. ....	30
15 เมล็ดอย่างพาราขนาด 1-2 มม. ....	31

## รูปที่

## หน้า

16	เมล็ดยางพาราขนาด 2-3 มม. ....	32
17	เครื่องมือในการแยกสกัดน้ำมันด้วยตัวทำละลาย ในถังกวน .....	33
18	การทำงานของถังกวน .....	34
19	แสดงการ เปรียบ เทียบระหว่างร้อยละโดยน้ำหนักของน้ำมันต่อตัว ทำละลายกับ เวลา โดยใช้ขนาดเมล็ดยางพาราต่างกันที่ความเร็ว ใบพัด 1860 รอบ/นาที, S/L = 1:5.5 .....	76
20	แสดงการ เปรียบ เทียบระหว่างร้อยละโดยน้ำหนักของน้ำมันต่อ ตัวทำละลายกับ เวลา โดยใช้เมล็ดยางพาราขนาดต่างกันที่ความเร็ว 1135 รอบ/นาที, S/L = 1:4.4 .....	78
21	แสดงการ เปรียบ เทียบระหว่างร้อยละโดยน้ำหนักของน้ำมันต่อ ตัวทำละลายกับ เวลา โดยใช้ความเร็วต่างกัน, ขนาด 1-2 มม., S/L = 1:3.0 .....	79
22	แสดงการ เปรียบ เทียบระหว่างร้อยละโดยน้ำหนักของน้ำมันต่อ ตัวทำละลายกับ เวลา โดยใช้ S/L ต่างกัน ขนาด 2-3 มม., ความเร็วใบพัด 1135 รอบ/นาที .....	81
23	แสดงการ เปรียบ เทียบระหว่างร้อยละของน้ำมันที่สกัดได้กับ เวลา โดยใช้ ความเร็วต่างกัน, ขนาด 1-2 มม., S/L = 1:5.0 .....	83
24	แสดงการ เปรียบ เทียบระหว่างร้อยละของน้ำมันที่สกัดได้กับ เวลา โดยใช้ ความเร็วต่างกัน, ขนาด 2-3 มม., S/L = 1:5.5 .....	84

- 25 แสดงการ เปรียบเทียบร้อยละของน้ำมันที่สกัดได้กับ เวลาของ เมล็ด  
 ยางพารา ขนาด 1 มม. และ 1-2 มม. โดยใช้ S/L ต่างกัน  
 ความเร็ว 700 รอบ/นาที ..... 85
- 26 แสดงการ เปรียบเทียบระหว่างร้อยละของน้ำมันที่สกัดได้กับ เวลา  
 โดยใช้ เมล็ดยางพารา ขนาดต่างกัน ที่ความเร็ว 1080 รอบ/นาที  
 S/L = 1:5.5 ..... 87
- 27 แสดงการ เปรียบเทียบระหว่างร้อยละของความสามารถในการสกัดน้ำมัน  
 (% extraction base on inert+oil) โดยใช้ความเร็วต่างกัน,  
 ขนาด 1 มม., S/L = 1:3.0 ..... 88
- 28 แสดงการ เปรียบเทียบระหว่างร้อยละของความสามารถในการสกัดน้ำมัน  
 (% extraction base on inert+oil) กับ เวลา โดยใช้ขนาด  
 ต่างกัน, ที่ความเร็ว 1135 รอบ/นาที, S/L = 1:4.4 ..... 89
- 29 แสดงการ เปรียบเทียบร้อยละของ ความสามารถในการสกัดน้ำมัน  
 (% extraction base on inert+oil) กับ เวลา โดยใช้ S/L  
 ต่างกัน, ขนาด 2-3 มม., ความเร็ว 1135 รอบ/นาที ..... 91
- 30 ความสัมพันธ์ระหว่าง  $\frac{C_f V}{xS}$  กับ  $(Re)^{-0.0522} (S/L)^{-0.0491}$ ,  
 ขนาด 1 มม. .... 99
- 31 ความสัมพันธ์ระหว่าง  $\frac{C_f V}{xS}$  กับ  $(Re)^{0.1592} (S/L)^{-0.2166}$ ,  
 ขนาด 1-2 มม. .... 100
- 32 ความสัมพันธ์ระหว่าง  $\frac{C_f V}{xS}$  กับ  $(Re)^{0.0749} (S/L)^{-0.1152}$ ,  
 ขนาด 2-3 มม. .... 102

## รูปที่

## หน้า

33	ความสัมพันธ์ระหว่าง $\ln(1 - \frac{C}{C_0})$ กับเวลา, ขนาด 1-2 มม., S/L = 1:4.4, ที่ความเร็ว 1860 รอบ/นาที .....	105
34	ความสัมพันธ์ระหว่าง $\ln(1 - \frac{C}{C_0})$ กับเวลา, ขนาด 1 มม., S/L = 1:4.4, ที่ความเร็ว 1860 รอบ/นาที .....	106
35	ความสัมพันธ์ระหว่าง $(\frac{ka}{N})_1$ กับ $(Re)^{-1.9500} (S/L)^{5.6457}$ , ขนาด 1 มม., ช่วง 40 นาทีแรก .....	114
36	ความสัมพันธ์ระหว่าง $(\frac{ka}{N})_2$ กับ $(Re)^{-1.8609} (S/L)^{6.1655}$ , ขนาด 1 มม., ช่วง 50-180 นาที .....	115
37	ความสัมพันธ์ระหว่าง $(\frac{ka}{N})_1$ กับ $(Re)^{-1.4974} (S/L)^{2.5274}$ , ขนาด 1-2 มม., ช่วง 40 นาทีแรก .....	117
38	ความสัมพันธ์ระหว่าง $(\frac{ka}{N})_2$ กับ $(Re)^{-1.1364} (S/L)^{3.7756}$ , ขนาด 1-2 มม., ช่วง 50-180 นาที .....	118
39	ความสัมพันธ์ระหว่าง $(\frac{ka}{N})_1$ กับ $(Re)^{-1.1644} (S/L)^{1.1906}$ , ขนาด 2-3 มม., ช่วง 40 นาทีแรก .....	119
40	ความสัมพันธ์ระหว่าง $(\frac{ka}{N})_2$ กับ $(Re)^{-0.8668} (S/L)^{3.4979}$ , ขนาด 2-3 มม., ช่วง 50-180 นาที .....	121

## แผนผังที่

1	การคำนวณหาสมการ yield .....	133
2	การคำนวณหาสมการ mass transfer coefficient .....	134

สัญลักษณ์

a	ค่าคงที่
$a_p$	พื้นที่ผิวสัมผัสระหว่างของแข็งและของเหลวต่อหน่วยปริมาตรของของผสม
b	ค่าคงที่
$b_b$	ความกว้างของ baffle
$B_1$	ค่ายกกำลังของ Re ของสมการการแยกสกัดน้ำมัน (yield)
$B_2$	ค่ายกกำลังของ S/L ของสมการการถ่ายเทมวล (mass transfer coefficient)
$B_3$	ค่ายกกำลังของ Re ของสมการการแยกสกัดน้ำมัน (yield)
$B_4$	ค่ายกกำลังของ S/L ของสมการการถ่ายเทมวล (mass transfer coefficient)
$B_5$	ค่ายกกำลังของ Re ของสมการการแยกสกัดน้ำมัน (yield)
$B_6$	ค่ายกกำลังของ S/L ของสมการการถ่ายเทมวล (mass transfer coefficient)
c	ค่าคงที่
C	กรัมของน้ำมันต่อกรัมของตัวทำละลาย
$C_0$	กรัมของน้ำมันต่อกรัมของตัวทำละลายที่ผิวสัมผัส (interface)
$C_f$	กรัมของน้ำมันต่อกรัมของตัวทำละลายที่เวลาสุดท้าย
d	เส้นผ่านศูนย์กลางของไบพัต
$d_p$	เส้นผ่านศูนย์กลางของ เมล็ดยางพารา
D	เส้นผ่านศูนย์กลางของถังกวน
$D_L$	สัมประสิทธิ์การแพร่
e	ค่าความคลาดเคลื่อน
f	ค่าคงที่
g	ค่าคงที่
h	ความสูงของไบพัตจากก้นถังกวน
$H_L$	ความสูงของ เมล็ดยางพารากับตัวทำละลายที่ใส่ในถังกวน
i	ค่าคงที่

j	ค่าคงที่
k	สัมประสิทธิ์การถ่ายเทมวล (mass transfer coefficient or dissolution rate coefficient)
$k_x$	สัมประสิทธิ์การถ่ายเทมวล
K	ค่าคงที่ของสมการการแยกสกัดน้ำมัน (yield)
l	ความยาวของ blade
L	ปริมาณของตัวทำละลายที่ใช้
m	ค่าคงที่
M	ค่าคงที่ของสมการการถ่ายเทมวล (mass transfer coefficient) ช่วง 40 นาทีแรก
$n_1, n_2$	จำนวน baffles
N	ความเร็วรอบใบพัด
Na	อัตราการถ่ายเทมวลต่อปริมาตรของเหลว
$N_{Re}$	Reynolds number
$N_{Sch}$	Schmidt number
$N_{Sh}$	Sherwood number
o	ค่าคงที่
P	ค่าคงที่ของสมการการถ่ายเทมวล (mass transfer coefficient) ช่วง 50-180 นาที
Re	Reynolds number
S	ปริมาณเมล็ดคยงพาราที่ใช้
t	เวลา
T	อุณหภูมิ
$T_R$	อุณหภูมิห้อง
$T_T$	อุณหภูมิถึงกวน
v	ความเร็วของการเคลื่อนที่ของของไหล



V	ปริมาตรของตัวทำละลายที่ใช้
W	ความกว้างของ blade
W <sub>1</sub>	มวลหลอดเปล่า
W <sub>2</sub>	มวลหลอด+สารละลาย
W <sub>3</sub>	มวลหลอด+น้ำมัน
W <sub>4</sub>	มวลของ เมล็ดยางพาราที่ใช้ในการสกัดด้วย soxhlet
W <sub>5</sub>	มวลขวดก้นกลม
W <sub>6</sub>	มวลขวดก้นกลม+น้ำมัน
W <sub>7</sub>	เปอร์เซ็นต์ปริมาณน้ำมันที่เหลือในภาควัดตรวจสอบโดย soxhlet
x	สัดส่วนปริมาณน้ำมัน เมล็ดยางพาราเริ่มต้น
y	ร้อยละของปริมาณน้ำมันที่สกัดได้
z <sub>1</sub>	ค่ายกกำลังของ N <sub>Re</sub>
z <sub>2</sub>	ค่ายกกำลังของ N <sub>Sch</sub>
$\tau$	time constant
$\mu$	ความหนืด
$\rho$	ความหนาแน่น