ห้องสมุดงานวิจัย สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
246252

การไฮโดรทรีทสัเขยของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ปาล์มสเตียริน และกรดไขมันปาล์ม โดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยานิกเกิลบนซิลิกาหมัน

นายภาณุวิชญ์ เธริญวงศ์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี ภาควิชาวิศวกรรมเคมี
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2553
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

b 00250940

ห้องสมุดงานวิจัย สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
246252

การไฮโดรทรีตติ้งของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ปาล์มสเตียริน และกรดไขมันปาล์ม โดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยานิกเกิลโมลิบดีนัม

นาย ภาณุวิชญ์ เจริญวงศ์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี ภาควิชาวิศวกรรมเคมี
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2553
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5170602821

HYDROTREATING OF PALM OLEIN, PALM STEARIN AND PALM FATTY ACID DISTILLATE USING NICKEL MOLYBDENUM CATALYST

Mr. Panuwich Charoenwong

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Engineering Program in Chemical Engineering

Department of Chemical Engineering

Faculty of Engineering

Chulalongkorn University

Academic Year 2010

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การไฮโดรทรีตติ้งของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ปาล์มสเตียริน และกรดไขมันปาล์ม โดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยานิกเกิลโมลิบดีนัม
โดย	นายภาณุวิชญ์ เจริญวงศ์
สาขาวิชา	วิศวกรรมเคมี
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	อาจารย์ ดร.เจิดศักดิ์ ไชยคุนา

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(รองศาสตราจารย์ ดร.บุญสม เลิศหิรัญวงศ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.เหมือนเดือน พิศาลพงศ์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(อาจารย์ ดร.เจิดศักดิ์ ไชยคุนา)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรงค์ ปวราจารย์)

..... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(ดร.ขจรศักดิ์ เฟื่องนวกิจ)

ภาณุวิชญ์ เจริญวงศ์ : การไฮโดรทรีตติ้งของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ปาล์มสเตียริน และกรดไขมันปาล์ม โดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยานิกเกิลโมลิบดีนัม (HYDROTREATING OF PALM OLEIN, PALM STEARIN AND PALM FATTY ACID DISTILLATE USING NICKEL MOLYBDENUM CATALYST) อ. ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: อ.ดร. เจิดศักดิ์ ไชยคุนา, 99 หน้า.

246252

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการไฮโดรทรีตติ้งของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ปาล์มสเตียริน และกรดไขมันปาล์มโดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยานิกเกิลโมลิบดีนัม การทดลองทำในเครื่องปฏิกรณ์แบบเบดนิ่งที่มีการไหลอย่างต่อเนื่อง ที่ความดัน 750 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ที่อุณหภูมิ 200 250 300 และ 350 องศาเซลเซียส และที่ความเร็วเชิงสเปซของของเหลว 0.5 1.0 และ 1.5 ต่อชั่วโมง จากผลการทดลองพบว่า ที่อุณหภูมิของปฏิกิริยาสูงและความเร็วเชิงสเปซของของเหลวต่ำ ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะมีปริมาณสารประกอบประเภทอัลเคนสูง โดยมีปฏิกิริยาไฮโดรดีออกซิจีเนชัน ปฏิกิริยาดีคาร์บอกซิเลชัน และปฏิกิริยาดีคาร์บอนิลเลชันเกิดขึ้น แต่ที่อุณหภูมิของปฏิกิริยาต่ำจะพบกรดไขมันเกิดขึ้นในผลิตภัณฑ์

ภาควิชา วิศวกรรมเคมี ลายมือชื่อนิสิต ภาณุวิชญ์ เจริญวงศ์

สาขาวิชา วิศวกรรมเคมี ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

ปีการศึกษา 2553

5170602821 : MAJOR CHEMICAL ENGINEERING

KEYWORDS : HYDROTREATING/ HYDRODEOXYGENATION/ HYDROPROCESSING / RENEWABLEDIESEL

PANUWICH CHAROENWONG: HYDROTREATING OF PALM OLEIN, PALM STEARIN AND PALM FATTY ACID DISTILLATE USING NICKEL MOLYBDENUM CATALYST. ADVISOR: JIRDSAK TSCHEIKUNA, Ph.D.,99 pp.

246252

The objective of this study is to investigate catalytic hydrotreating reaction of palm olein, palm stearin and palm fatty acid distillate using nickel molybdenum catalyst. The experiments were conducted in a fixed bed continuous flow reactor. The pressure was maintained at 750 psig while the temperatures were varied at 200, 250, 300 and 350 °C and liquid hourly space velocity (LHSV) of 0.5, 1.0 and 1.5 hr^{-1} were used during the study. The results showed that at high reaction temperatures and low liquid hourly space velocity, the reactants converted to alkanes by hydrodeoxygenation reaction, decarboxylation reaction and decarbonylation reaction while only fatty acids were detected in products at low reaction temperatures.

Department : Chemical Engineering Student's Signature Panuwich Charoenwong

Field of Study : Chemical Engineering Advisor's Signature Jirdsak Tscheikuna

Academic Year : 2010

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จลงได้ต้องขอขอบพระคุณอาจารย์ ดร.เจิดศักดิ์ ไชยคุนา อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ สำหรับการอบรมสั่งสอนการปฏิบัติงาน คำแนะนำแนวทางในการพัฒนางานวิจัยและความช่วยเหลือในอีกหลาย ๆ ด้านมาตลอดจนเสร็จสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.เหมือนเดือน พิศาลพงศ์ ประธานกรรมการ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรงค์ ปวราจารย์ และ ดร.ขจรศักดิ์ เฟื่องนวกิจ ที่กรุณามาร่วมเป็นกรรมการในการสอบวิทยานิพนธ์ ซึ่งได้ให้ข้อคิดที่เป็นประโยชน์ต่องานวิจัยนี้เป็นอย่างมาก

ขอบคุณเพื่อน ๆ รุ่นพี่และน้อง ๆ สำหรับความช่วยเหลือหลาย ๆ ด้านและให้กำลังใจในการทำวิจัยด้วยดี

และสุดท้ายนี้ผู้วิจัยขอขอบพระคุณบิดามารดาและพี่น้องในครอบครัวทุกคนที่ให้การสนับสนุนและเป็นกำลังใจให้ตลอดมาจนสำเร็จการศึกษา

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... จ

กิตติกรรมประกาศ..... ฉ

สารบัญ..... ช

สารบัญตาราง..... ฌ

สารบัญภาพ..... ฑ

บทที่

1. บทนำ..... 1

ชนิดของน้ำมันไบโอดีเซล..... 1

การผลิตไบโอดีเซลแบบเอสเทอร์..... 1

วัตถุประสงค์ของงานวิจัย..... 3

ขอบเขตงานวิจัย..... 3

ประโยชน์ที่ได้รับจากงานวิจัย..... 4

2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 5

ปฏิกิริยาของการไฮโดรทรีตติ้ง..... 5

ตัวเร่งปฏิกิริยาของการไฮโดรทรีตติ้ง..... 8

งานวิจัยที่เกียวข้องกับการไฮโดรทรีตติ้ง..... 8

3. การทดลองและการวิเคราะห์..... 14

3.1 การทดลอง..... 14

3.2 สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง..... 17

3.3 การวิเคราะห์..... 17

3.4 การคำนวณในงานวิจัย..... 20

4. ผลการทดลองและอภิปรายผลการทดลอง..... 23

4.1 ผลการวิเคราะห์สารตั้งต้น..... 23

4.2 ผลการทดลองโดยไม่ใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาภายใต้ความดันก๊าซไนโตรเจน..... 25

4.3 ผลการทดลองโดยไม่ใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาภายใต้ความดันก๊าซไฮโดรเจน..... 26

บทที่ หน้า

4.4 ผลการวิเคราะห์ที่ใช้กรดไขมันปาล์มเป็นสารตั้งต้น..... 28

4.4.1 ผลการทดลอง..... 28

4.4.2 ผลกระทบของอุณหภูมิต่อการเกิดปฏิกิริยา..... 32

4.4.3 ผลกระทบของความเร็วเชิงสเปซของเหลวต่อการเกิดปฏิกิริยา..... 35

4.5 ผลการวิเคราะห์ที่ใช้น้ำมันปาล์มโอเลอินเป็นสารตั้งต้น..... 38

4.5.1 ผลการทดลอง..... 38

4.5.2 ผลกระทบของอุณหภูมิต่อการเกิดปฏิกิริยา..... 40

4.5.3 ผลกระทบของความเร็วเชิงสเปซของเหลวต่อการเกิดปฏิกิริยา..... 44

4.6 ผลการวิเคราะห์ที่ใช้ปาล์มสเตียรินเป็นสารตั้งต้น..... 46

4.6.1 ผลการทดลอง..... 46

4.6.2 ผลกระทบของอุณหภูมิต่อการเกิดปฏิกิริยา..... 48

4.6.3 ผลกระทบของความเร็วเชิงสเปซของเหลวต่อการเกิดปฏิกิริยา..... 51

5. สรุปผลการวิจัย..... 55

รายการอ้างอิง..... 56

ภาคผนวก..... 58

ภาคผนวก ก..... 59

ภาคผนวก ข..... 61

ภาคผนวก ค..... 63

ภาคผนวก ง..... 75

ภาคผนวก จ..... 87

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์..... 99

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
3.1	สภาวะของการทดลอง	16
3.2	สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง	17
3.3	สภาวะของคอลัมน์	18
3.4	ความหนาแน่นของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ปาล์มสเตียริน กรดไขมันปาล์ม และสารประกอบประเภทอัลเคน	19
4.1	องค์ประกอบของกรดไขมันและค่าของกรดของสารตั้งต้น	24
4.2	ผลการทดลองโดยไม่ใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาภายใต้ความดันก๊าซไนโตรเจน ความเร็วเชิงสเปซของของเหลว 0.5 ชั่วโมง$^{-1}$	25
4.3	ผลการทดลองโดยไม่ใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาภายใต้ความดันก๊าซไฮโดรเจน ความเร็วเชิงสเปซของของเหลว 0.5 ชั่วโมง$^{-1}$	27
4.4	ผลการทดลองที่ใช้กรดไขมันปาล์มเป็นสารตั้งต้น ความเร็วเชิงสเปซของของเหลว 0.5 ชั่วโมง$^{-1}$	28
4.5	ผลการทดลองที่ใช้กรดไขมันปาล์มเป็นสารตั้งต้น ความเร็วเชิงสเปซของของเหลว 1.0 ชั่วโมง$^{-1}$	29
4.6	ผลการทดลองที่ใช้กรดไขมันปาล์มเป็นสารตั้งต้น ความเร็วเชิงสเปซของของเหลว 1.5 ชั่วโมง$^{-1}$	29
4.7	ผลการทดลองที่ใช้น้ำมันปาล์มโอเลอินเป็นสารตั้งต้น ความเร็วเชิงสเปซของของเหลว 0.5 ชั่วโมง$^{-1}$	38
4.8	ผลการทดลองที่ใช้น้ำมันปาล์มโอเลอินเป็นสารตั้งต้น ความเร็วเชิงสเปซของของเหลว 1.0 ชั่วโมง$^{-1}$	39
4.9	ผลการทดลองที่ใช้น้ำมันปาล์มโอเลอินเป็นสารตั้งต้น ความเร็วเชิงสเปซของของเหลว 1.5 ชั่วโมง$^{-1}$	39
4.10	ผลการทดลองที่ใช้ปาล์มสเตียรินเป็นสารตั้งต้น ความเร็วเชิงสเปซของของเหลว 0.5 ชั่วโมง$^{-1}$	46
4.11	ผลการทดลองที่ใช้ปาล์มสเตียรินเป็นสารตั้งต้น ความเร็วเชิงสเปซของของเหลว 1.0 ชั่วโมง$^{-1}$	47

ตารางที่ หน้า

4.12 ผลการทดลองที่ใช้ปาล์มสเตียรินเป็นสารตั้งต้น
ความเร็วเชิงสเปซของของเหลว 1.5 ชั่วโมง$^{-1}$ 47
ก-1 ผลการทดลองที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส
ความเร็วเชิงสเปซของของเหลว 0.5 ชั่วโมง$^{-1}$ 59
ก-2 ผลการทดลองที่อุณหภูมิ 250 องศาเซลเซียส
ความเร็วเชิงสเปซของของเหลว 0.5 ชั่วโมง$^{-1}$ 59
ก-3 ผลการทดลองที่อุณหภูมิ 300 องศาเซลเซียส
ความเร็วเชิงสเปซของของเหลว 0.5 ชั่วโมง$^{-1}$ 60
ก-4 ผลการทดลองที่อุณหภูมิ 350 องศาเซลเซียส
ความเร็วเชิงสเปซของของเหลว 0.5 ชั่วโมง$^{-1}$ 60
ข-1 ผลการทดลองที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส
ความเร็วเชิงสเปซของของเหลว 0.5 ชั่วโมง$^{-1}$ 61
ข-2 ผลการทดลองที่อุณหภูมิ 250 องศาเซลเซียส
ความเร็วเชิงสเปซของของเหลว 0.5 ชั่วโมง$^{-1}$ 61
ข-3 ผลการทดลองที่อุณหภูมิ 300 องศาเซลเซียส
ความเร็วเชิงสเปซของของเหลว 0.5 ชั่วโมง$^{-1}$ 62
ข-4 ผลการทดลองที่อุณหภูมิ 350 องศาเซลเซียส
ความเร็วเชิงสเปซของของเหลว 0.5 ชั่วโมง$^{-1}$ 62
ค-1 ผลการทดลองที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส
ความเร็วเชิงสเปซของของเหลว 0.5 ชั่วโมง$^{-1}$ 63
ค-2 ผลการทดลองที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส
ความเร็วเชิงสเปซของของเหลว 1.0 ชั่วโมง$^{-1}$ 64
ค-3 ผลการทดลองที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส
ความเร็วเชิงสเปซของของเหลว 1.5 ชั่วโมง$^{-1}$ 65
ค-4 ผลการทดลองที่อุณหภูมิ 250 องศาเซลเซียส
ความเร็วเชิงสเปซของของเหลว 0.5 ชั่วโมง$^{-1}$ 66
ค-5 ผลการทดลองที่อุณหภูมิ 250 องศาเซลเซียส
ความเร็วเชิงสเปซของของเหลว 1.0 ชั่วโมง$^{-1}$ 67

ตารางที่ หน้า

ค-6 ผลการทดลองที่อุณหภูมิ 250 องศาเซลเซียส
ความเร็วเชิงสเปซของของเหลว 1.5 ชั่วโมง$^{-1}$ 68
ค-7 ผลการทดลองที่อุณหภูมิ 300 องศาเซลเซียส
ความเร็วเชิงสเปซของของเหลว 0.5 ชั่วโมง$^{-1}$ 69
ค-8 ผลการทดลองที่อุณหภูมิ 300 องศาเซลเซียส
ความเร็วเชิงสเปซของของเหลว 1.0 ชั่วโมง$^{-1}$ 70
ค-9 ผลการทดลองที่อุณหภูมิ 300 องศาเซลเซียส
ความเร็วเชิงสเปซของของเหลว 1.5 ชั่วโมง$^{-1}$ 71
ค-10 ผลการทดลองที่อุณหภูมิ 350 องศาเซลเซียส
ความเร็วเชิงสเปซของของเหลว 0.5 ชั่วโมง$^{-1}$ 72
ค-11 ผลการทดลองที่อุณหภูมิ 350 องศาเซลเซียส
ความเร็วเชิงสเปซของของเหลว 1.0 ชั่วโมง$^{-1}$ 73
ค-12 ผลการทดลองที่อุณหภูมิ 350 องศาเซลเซียส
ความเร็วเชิงสเปซของของเหลว 1.5 ชั่วโมง$^{-1}$ 74
ง-1 ผลการทดลองที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส
ความเร็วเชิงสเปซของของเหลว 0.5 ชั่วโมง$^{-1}$ 75
ง-2 ผลการทดลองที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส
ความเร็วเชิงสเปซของของเหลว 1.0 ชั่วโมง$^{-1}$ 76
ง-3 ผลการทดลองที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส
ความเร็วเชิงสเปซของของเหลว 1.5 ชั่วโมง$^{-1}$ 77
ง-4 ผลการทดลองที่อุณหภูมิ 250 องศาเซลเซียส
ความเร็วเชิงสเปซของของเหลว 0.5 ชั่วโมง$^{-1}$ 78
ง-5 ผลการทดลองที่อุณหภูมิ 250 องศาเซลเซียส
ความเร็วเชิงสเปซของของเหลว 1.0 ชั่วโมง$^{-1}$ 79

ตารางที่ หน้า

ง-6 ผลการทดลองที่อุณหภูมิ 250 องศาเซลเซียส
ความเร็วเชิงสเปซของของเหลว 1.5 ชั่วโมง$^{-1}$ 80

ง-7 ผลการทดลองที่อุณหภูมิ 300 องศาเซลเซียส
ความเร็วเชิงสเปซของของเหลว 0.5 ชั่วโมง$^{-1}$ 81

ง-8 ผลการทดลองที่อุณหภูมิ 300 องศาเซลเซียส
ความเร็วเชิงสเปซของของเหลว 1.0 ชั่วโมง$^{-1}$ 82

ง-9 ผลการทดลองที่อุณหภูมิ 300 องศาเซลเซียส
ความเร็วเชิงสเปซของของเหลว 1.5 ชั่วโมง$^{-1}$ 83

ง-10 ผลการทดลองที่อุณหภูมิ 350 องศาเซลเซียส
ความเร็วเชิงสเปซของของเหลว 0.5 ชั่วโมง$^{-1}$ 84

ง-11 ผลการทดลองที่อุณหภูมิ 350 องศาเซลเซียส
ความเร็วเชิงสเปซของของเหลว 1.0 ชั่วโมง$^{-1}$ 85

ง-12 ผลการทดลองที่อุณหภูมิ 350 องศาเซลเซียส
ความเร็วเชิงสเปซของของเหลว 1.5 ชั่วโมง$^{-1}$ 86

จ-1 ผลการทดลองที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส
ความเร็วเชิงสเปซของของเหลว 0.5 ชั่วโมง$^{-1}$ 87

จ-2 ผลการทดลองที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส
ความเร็วเชิงสเปซของของเหลว 1.0 ชั่วโมง$^{-1}$ 88

จ-3 ผลการทดลองที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส
ความเร็วเชิงสเปซของของเหลว 1.5 ชั่วโมง$^{-1}$ 89

จ-4 ผลการทดลองที่อุณหภูมิ 250 องศาเซลเซียส
ความเร็วเชิงสเปซของของเหลว 0.5 ชั่วโมง$^{-1}$ 90

จ-5 ผลการทดลองที่อุณหภูมิ 250 องศาเซลเซียส
ความเร็วเชิงสเปซของของเหลว 1.0 ชั่วโมง$^{-1}$ 91

ตารางที่ หน้า

จ-6 ผลการทดลองที่อุณหภูมิ 250 องศาเซลเซียส
ความเร็วเชิงสเปซของของเหลว 1.5 ชั่วโมง$^{-1}$ 92

จ-7 ผลการทดลองที่อุณหภูมิ 300 องศาเซลเซียส
ความเร็วเชิงสเปซของของเหลว 0.5 ชั่วโมง$^{-1}$ 93

จ-8 ผลการทดลองที่อุณหภูมิ 300 องศาเซลเซียส
ความเร็วเชิงสเปซของของเหลว 1.0 ชั่วโมง$^{-1}$ 94

จ-9 ผลการทดลองที่อุณหภูมิ 300 องศาเซลเซียส
ความเร็วเชิงสเปซของของเหลว 1.5 ชั่วโมง$^{-1}$ 95

จ-10 ผลการทดลองที่อุณหภูมิ 350 องศาเซลเซียส
ความเร็วเชิงสเปซของของเหลว 0.5 ชั่วโมง$^{-1}$ 96

จ-11 ผลการทดลองที่อุณหภูมิ 350 องศาเซลเซียส
ความเร็วเชิงสเปซของของเหลว 1.0 ชั่วโมง$^{-1}$ 97

จ-12 ผลการทดลองที่อุณหภูมิ 350 องศาเซลเซียส
ความเร็วเชิงสเปซของของเหลว 1.5 ชั่วโมง$^{-1}$ 98

สารบัญภาพ

รูปที่		หน้า
1.1	ปฏิกิริยาเอสเทอร์ริฟิเคชัน	2
1.2	ปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ริฟิเคชัน	2
2.1	ปฏิกิริยาไฮโดรจีเนชัน	6
2.2	ปฏิกิริยาไฮโดรดีซัลฟลูไรเซชัน	6
2.3	ปฏิกิริยาไฮโดรดีไนโตรจีเนชัน	6
2.4	ปฏิกิริยาไฮโดรดีออกซิจีเนชัน	7
2.5	ปฏิกิริยาไฮโดรดีเมตทัล	7
2.6	ปฏิกิริยาไฮโดรแคร็กกิ้ง	7
2.7	ปฏิกิริยาดีคาร์บอกซีเลชัน	13
2.8	ปฏิกิริยาดีคาร์บอนิลเลชัน	13
2.9	ปฏิกิริยาไฮโดรดีออกซิจีเนชัน	13
3.1	แผนผังระบบเครื่องปฏิกรณ์แบบเบดนิ่งที่มีการไหลอย่างต่อเนื่อง	14
4.1	ผลของอุณหภูมิต่อค่าของกรดที่ได้จากกรดไขมันปาล์ม	33
4.2	ผลของอุณหภูมิต่อปริมาณสารประกอบไฮโดรคาร์บอนอัลเคนที่ได้จากกรดไขมันปาล์ม	33
4.3	ผลของอุณหภูมิต่อปริมาณน้ำที่ได้จากกรดไขมันปาล์ม	34
4.4	ผลของความเร็วเชิงสเปซของเหลวต่อค่าของกรดที่ได้จากกรดไขมันปาล์ม	36
4.5	ผลของความเร็วเชิงสเปซของเหลวต่อปริมาณสารประกอบประเภทอัลเคนที่ได้จากกรดไขมันปาล์ม	37
4.6	ผลของความเร็วเชิงสเปซของเหลวต่อปริมาณน้ำที่ได้จากกรดไขมันปาล์ม	37
4.7	ผลของอุณหภูมิต่อค่าของกรดที่ได้จากปาล์มโอเลอิน	41
4.8	ผลของอุณหภูมิต่อปริมาณสารประกอบประเภทอัลเคนที่ได้จากน้ำมันปาล์มโอเลอิน	42
4.9	ผลของอุณหภูมิต่อปริมาณน้ำที่ได้จากน้ำมันปาล์มโอเลอิน	43
4.10	ผลของความเร็วเชิงสเปซของเหลวต่อค่าของกรดที่ได้จากน้ำมันปาล์มโอเลอิน	44
4.11	ผลของความเร็วเชิงสเปซของเหลวต่อปริมาณสารประกอบประเภทอัลเคนที่ได้จากปาล์มโอเลอิน	45

รูปที่		หน้า
4.12	ผลของความเร็วเชิงสเปซของเหลวต่อปริมาณน้ำที่ได้จากน้ำมันปาล์มโอเลอิน..	45
4.13	ผลของอุณหภูมิต่อค่าของกรดที่ได้จากปาล์มสเตียริน.....	49
4.14	ผลของอุณหภูมิต่อปริมาณสารประกอบประเภทอัลเคน ที่ได้จากปาล์มสเตียริน.....	49
4.15	ผลของอุณหภูมิต่อปริมาณน้ำที่ได้จากปาล์มสเตียริน.....	50
4.16	ผลของความเร็วเชิงสเปซของเหลวต่อค่าของกรดที่ได้จากปาล์มสเตียริน.....	52
4.17	ผลของความเร็วเชิงสเปซของเหลวต่อปริมาณสารประกอบประเภทอัลเคน ที่ได้จากปาล์มสเตียริน.....	52
4.18	ผลของความเร็วเชิงสเปซของเหลวต่อปริมาณน้ำที่ได้จากปาล์มสเตียริน.....	53