ผลกระทบของเมทิลเอสเทอร์ของน้ำมันปาล์มในปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ในเครื่องปฏิกรณ์แบบกะ โดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาโซเดียมฟอสเฟต

นายธนาธิป ธนานิธิกร

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี ภาควิชาวิศวกรรมเคมี
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2565
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Effect of Palm Oil Methyl Ester in Transesterification Reaction of Palm Olein in Batch Reactor by Using Na_3PO_4 as Catalyst

Mr. Thanatip Thananitikorn

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering in Chemical Engineering
Department of Chemical Engineering
FACULTY OF ENGINEERING
Chulalongkorn University
Academic Year 2022

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ผลกระทบของเมทิลเอสเทอร์ของน้ำมันปาล์มในปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ในเครื่องปฏิกรณ์แบบกะ โดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาโซเดียมฟอสเฟต
โดย	นายธนาธิป ธนานิธิกร
สาขาวิชา	วิศวกรรมเคมี
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อภินันท์ สุทธิธารธวัช

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(ศาสตราจารย์ ดร.สุพจน์ เตชวรสินสกุล)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.เดชา ฉัตรศิริเวช)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อภินันท์ สุทธิธารธวัช)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พงศ์ธร เจริญศุภนิมิตร)

..... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นริศรา อินทรจันทร์)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ธนาธิป ธนานิธิกร : ผลกระทบของเมทิลเอสเทอร์ของน้ำมันปาล์มในปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ในเครื่องปฏิกรณ์แบบกะ โดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาโซเดียมฟอสเฟต. (Effect of Palm Oil Methyl Ester in Transesterification Reaction of Palm Olein in Batch Reactor by Using Na_3PO_4 as Catalyst) อ.ที่ปรึกษาหลัก : ผศ. ดร.อภินันท์ สุทธิธารธวัช

ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้ทำการศึกษาผลกระทบของเมทิลเอสเทอร์ของน้ำมันปาล์มในปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ในเครื่องปฏิกรณ์แบบกะ โดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาโซเดียมฟอสเฟต สำหรับผลิตไบโอดีเซล ซึ่งเป็นหนึ่งในพลังงานทดแทน โดยกำหนดความเร็วรอบในการปั่นกวนอยู่ที่ 600 รอบต่อนาที ความดัน 900 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาร้อยละ 0.5 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน และใช้เมทิลเอสเทอร์ของน้ำมันปาล์มเป็นตัวทำละลายร่วม อันเนื่องมาจากน้ำมันและเมทานอลที่เป็นสารตั้งต้นในการทำปฏิกิริยาละลายเข้าด้วยกันได้น้อยมาก จึงต้องใส่ตัวทำละลายร่วม เพื่อทำให้สารตั้งต้นสามารถละลายเข้ากันได้ดีขึ้น ซึ่งการทำปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นจะทำในช่วงอุณหภูมิตั้งแต่ 60 ถึง 190 องศาเซลเซียส ใช้อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอินที่ 6:1 12:1 และ 18:1 และใช้ตัวทำละลายร่วมตั้งแต่ร้อยละ 0 ถึง 20 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน โดยผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่า อุณหภูมิและอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน เป็นตัวแปรสำคัญต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชัน กล่าวคือ การเพิ่มตัวแปรเหล่านี้จะทำให้ปฏิกิริยาเกิดได้ดีขึ้น และที่สภาวะการทำปฏิกิริยาสูง การใส่ตัวทำละลายร่วมลงไปจะทำให้เกิดปรากฏการณ์เจือจางส่งผลให้ปฏิกิริยาเกิดได้ช้าลง แต่ที่สภาวะการทำปฏิกิริยาต่ำ การใส่ตัวทำละลายร่วมลงไปจะทำให้ปฏิกิริยาเกิดได้ดีขึ้นในช่วงปฏิกิริยาเริ่มต้น เนื่องมาจากการใส่ตัวทำละลายร่วมช่วยชดเชยเรื่องปริมาณเมทานอลที่ลดลง ในขณะที่ช่วงท้ายปฏิกิริยา การใส่ปริมาณตัวทำละลายร่วมเพิ่มจะส่งผลให้ปฏิกิริยาเกิดได้ดีขึ้น แต่หากใช้ปริมาณตัวทำละลายร่วมมากเกินไป จะทำให้เกิดปรากฏการณ์เจือจางขึ้นจนทำให้ปฏิกิริยาเกิดช้าลง

สาขาวิชา วิศวกรรมเคมี ลายมือชื่อนิสิต .....

ปีการศึกษา 2565 ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก .....

6170182821 : MAJOR CHEMICAL ENGINEERING

KEYWORD: Transesterification, Heterogeneous catalyst, Sodium phosphate, Co-solvent, Biodiesel

Thanatip Thananitikorn : Effect of Palm Oil Methyl Ester in Transesterification Reaction of Palm Olein in Batch Reactor by Using Na_3PO_4 as Catalyst. Advisor: Asst. Prof. APINAN SOOTTITANTAWAT, D.Eng.

In this thesis, the effect of palm oil methyl esters on the transesterification of palm olein in a batch reactor using sodium phosphate catalyst was investigated for biodiesel production. The experiment was conducted with agitation speed at 600 rpm, the pressure was 900 pounds per square inch, the amount of catalyst was used 0.5% by weight of palm olein, and methyl ester of palm oil was used as a co-solvent. Due to oil and methanol dissolve together barely miscible. Therefore, a co-solvent must be added to make these reactants can be dissolved together better. The reaction was conducted at temperature range from 60 to 190 °C, the molar ratios of methanol to palm olein at 6:1, 12:1 and 18:1 and solvents were used from 0 to 20 percent by weight of palm olein. The results showed that temperature and molar ratio of methanol to palm olein are important variables for transesterification reactions, increasing these variables will make the higher reactivity. At high parameter condition, Adding a co-solvent causes a dilution effect resulting in low reactivity. At low parameter condition, Adding a co-solvent improved the reactivity in the initial reaction due to reduced amount of methanol. while, at the end of the reaction, adding co-solvent will increase the reactivity. However, if adding excess co-solvent will cause the dilution effect to slow down the reaction.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Field of Study: Chemical Engineering Student's Signature .....

Academic Year: 2022 Advisor's Signature .....

กิตติกรรมประกาศ

ผมขอขอบคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อภินันท์ สุทธิธารธวัช ผู้ที่เป็นอาจารย์ที่ปรึกษา ที่คอยช่วยเหลือ สนับสนุน ให้คำปรึกษา และผลักดันผม จนสามารถทำวิทยานิพนธ์นี้สำเร็จได้อย่างลุล่วง

ผมขอขอบคุณอาจารย์ ดร.เจิดศักดิ์ ไชยคุนา ผู้ที่คอยให้คำปรึกษา ให้ความรู้ ให้ความช่วยเหลือสนับสนุนตลอดการทำวิทยานิพนธ์นี้

ผมขอขอบคุณรองศาสตราจารย์ ดร.เดชา ฉัตรศิริเวช ประธานกรรมการในการสอบวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พงศ์ธร เจริญศุภนิมิตร และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นริศรา อินทรจันทร์ กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ให้คำแนะนำอันเป็นประโยชน์และทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

ผมขอขอบคุณบริษัท ปิยะศิริวานิช จำกัด ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ สารเคมี และเครื่องมือวิเคราะห์ตลอดการทำวิทยานิพนธ์นี้

ผมขอขอบคุณรุ่นพี่ศิวกร นามเชื่อนแพทย์ ที่คอยช่วยเหลือ ดูแล และอำนวยความสะดวกตลอดการทำวิทยานิพนธ์นี้

ผมขอขอบคุณบิดา และมารดา ผู้ที่คอยเป็นกำลังใจและแรงผลักดันให้ทำวิทยานิพนธ์นี้สำเร็จได้อย่างลุล่วง

สุดท้ายนี้ ผมขอขอบคุณพี่น้องเพื่อนฝูงร่วมห้องปฏิบัติการที่คอยเป็นกำลังใจ ร่วมทุกข์ร่วมสุข และให้การสนับสนุนที่ดีมาโดยตลอด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ธนาธิป ธนานิธิกร

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ค

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ง

กิตติกรรมประกาศ ..... จ

สารบัญ ..... ฉ

สารบัญตาราง ..... ฌ

สารบัญรูปภาพ ..... ขข

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ความสำคัญและความเป็นมา 1

1.2 จุดประสงค์ของงานวิจัย 3

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย 4

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 4

บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 5

2.1 คุณสมบัติของไบโอดีเซล 5

2.2 เทคโนโลยีในการผลิตไบโอดีเซล 6

2.2.1 ตัวเร่งปฏิกิริยาเอกพันธ์ (Homogeneous catalyst) 8

2.2.2 กระบวนการในสภาวะวิกฤต (Supercritical technology) 9

2.2.3 ตัวเร่งปฏิกิริยาเอนไซม์ (Enzymatic catalyst) 9

2.2.4 ตัวเร่งปฏิกิริยาวิวิธพันธ์ (Heterogeneous catalyst) 10

2.2.4.1 ตัวเร่งปฏิกิริยาวิวิธพันธ์ที่อุณหภูมิต่ำ 10

2.2.4.2 ตัวเร่งปฏิกิริยาวิวิธพันธ์ที่อุณหภูมิสูง 10

2.2.5 ตัวทำละลายร่วม (Co-solvent) 11

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.3 ข้อสรุปจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องในปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชัน 13
2.3.1 ชนิดและปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยา 13
2.3.2 ความเร็วรอบในการปั่นกวน 14
2.3.3 อุณหภูมิ 14
2.3.4 อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันพืช 14
2.3.5 ชนิดและปริมาณตัวทำละลายร่วม 14
บทที่ 3 การทดลองและการวิเคราะห์ 16
3.1 สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง 16
3.2 วิธีการเตรียมตัวเร่งปฏิกิริยา 17
3.3 ขั้นตอนในการดำเนินการทดลอง 17
3.4 สภาวะที่ใช้ในการทดลอง 19
3.5 การวิเคราะห์ผลการทดลอง 19
3.6 การคำนวณ 21
3.6.1 การคำนวณหาปริมาณสารในตัวอย่างจากผลการวิเคราะห์ด้วยเครื่องมือแก๊สโครมาโตกราฟีโดยใช้แฟกเตอร์ตอบสนอง (Response factor) 21
3.6.2 การคำนวณหาร้อยละผลได้โดยมวลของไบโอดีเซล (% yield) 22
3.6.3 การคำนวณค่าความคลาดเคลื่อน (errors) 22
บทที่ 4 ผลการทดลองและการอภิปราย 23
4.1 ผลกระทบของอุณหภูมิต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อไม่มีตัวทำละลายร่วม 24
4.2 ผลกระทบของตัวแปรต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้ไบโอดีเซลเป็นตัวทำละลายร่วม 28
4.2.1 ผลกระทบของอุณหภูมิ 28
4.2.2 ผลกระทบของอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 41
4.2.3 ผลกระทบของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซล 49

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4.3 ลักษณะพฤติกรรมของน้ำมันปาล์มโอเลอินและเมทานอลที่สภาวะอุณหภูมิสูง 81
4.4 คุณสมบัติของไบโอดีเซลที่ผลิตได้จากงานวิจัยนี้ 82
บทที่ 5 ข้อสรุปและข้อเสนอแนะ 84
5.1 ข้อสรุปผลการทดลอง 84
5.2 ข้อเสนอแนะ 86
ภาคผนวก 90
ภาคผนวก ก การคำนวณหามวลโมเลกุลของไบโอดีเซลและเหล่ากลีเซอไรด์ของน้ำมันปาล์มโอเลอิน 91
ภาคผนวก ข การคำนวณความเข้มข้นของเมทิลเอสทอร์และเหล่ากลีเซอไรด์ 93
ข-1 การคำนวณค่าแฟกเตอร์ตอบสนองของเมทิลเอสเทอร์แต่ละชนิดในไบโอดีเซล 93
ข-2 การคำนวณค่าแฟกเตอร์ตอบสนองของเหล่ากลีเซอไรด์ 96
ภาคผนวก ค ผลของอุณหภูมิต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชัน เมื่อไม่มีตัวทำละลายร่วม 99
ภาคผนวก ง ผลกระทบของอุณหภูมิต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อมีตัวทำละลายร่วม 109
ภาคผนวก จ ผลกระทบของอัตราส่วนโดยโมลเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอินต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อมีตัวทำละลายร่วม 141
ภาคผนวก ฉ ผลกระทบของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอินที่อุณหภูมิและอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอินต่าง ๆ 158
ภาคผนวก ช การคำนวณค่าความคลาดเคลื่อน 244
ช-1 ความคลาดเคลื่อนจากการวิเคราะห์ตัวอย่าง 244
ช-2 ความคลาดเคลื่อนจากการทดลอง 245
บรรณานุกรม 246
ประวัติผู้เขียน 251

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 การเปรียบเทียบคุณสมบัติของเชื้อเพลิงระหว่างปิโตรเลียมดีเซลและไบโอดีเซล 5

ตารางที่ 2 เทคโนโลยีในการผลิตไบโอดีเซล 7

ตารางที่ 3 สภาวะที่ใช้ในการทดลอง 19

ตารางที่ 4 สภาวะในการดำเนินการวิเคราะห์เพื่อหาปริมาณไบโอดีเซลด้วยเครื่องมือแก๊สโครมาโตกราฟีตามมาตรฐาน EN14103 20

ตารางที่ 5 สภาวะในการดำเนินการวิเคราะห์เพื่อหาปริมาณกลีเซอไรด์ต่าง ๆ ด้วยเครื่องมือแก๊สโครมาโตกราฟีตามมาตรฐาน EN14105 21

ตารางที่ 6 ผลกระทบของอุณหภูมิต่อร้อยละผลได้ของไบโอดีเซล เมื่อไม่มีตัวทำละลายร่วม โดยใช้อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอินที่ 18:1 26

ตารางที่ 7 ผลกระทบของอุณหภูมิต่อร้อยละผลได้ของไบโอดีเซล เมื่อมีตัวทำละลายร่วมร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน โดยใช้อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอินที่ 18:1 30

ตารางที่ 8 ผลกระทบของอุณหภูมิต่อร้อยละผลได้ของไบโอดีเซล เมื่อมีตัวทำละลายร่วมร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน โดยใช้อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอินที่ 12:1 33

ตารางที่ 9 ผลกระทบของอุณหภูมิต่อร้อยละผลได้ของไบโอดีเซล เมื่อมีตัวทำละลายร่วมร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน โดยใช้อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอินที่ 6:1 36

ตารางที่ 10 ปริมาณร้อยละโดยมวลของเมทานอลที่ระเหยโดยประมาณ 38

ตารางที่ 11 ผลกระทบของอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอินต่อร้อยละผลได้ของไบโอดีเซล เมื่อมีตัวทำละลายร่วมร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน โดยใช้อุณหภูมิ 190 องศาเซลเซียส 43

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 12 ผลกระทบของอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอินต่อร้อยละผลได้ของไบโอดีเซล เมื่อมีตัวทำละลายร่วมร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน โดยใช้อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส..... 46

ตารางที่ 13 ผลกระทบของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลต่อร้อยละผลได้ของไบโอดีเซล เมื่อใช้อุณหภูมิ 190 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 18:1 . 50

ตารางที่ 14 การเปรียบเทียบปริมาณไบโอดีเซลที่เกิดขึ้นกับไบโอดีเซลที่ใส่เข้าไปเป็นตัวทำละลายร่วม เมื่อใช้อุณหภูมิ 190 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 18:1 51

ตารางที่ 15 ผลกระทบของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลต่อร้อยละผลได้ของไบโอดีเซล เมื่อใช้อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 18:1 . 55

ตารางที่ 16 การเปรียบเทียบปริมาณไบโอดีเซลที่เกิดขึ้นกับไบโอดีเซลที่ใส่เข้าไปเป็นตัวทำละลายร่วม เมื่อใช้อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 18:1 56

ตารางที่ 17 ผลกระทบของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลต่อร้อยละผลได้ของไบโอดีเซล เมื่อใช้อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 18:1 . 59

ตารางที่ 18 การเปรียบเทียบปริมาณไบโอดีเซลที่เกิดขึ้นกับไบโอดีเซลที่ใส่เข้าไปเป็นตัวทำละลายร่วม เมื่อใช้อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 18:1 60

ตารางที่ 19 ผลกระทบของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลต่อร้อยละผลได้ของไบโอดีเซล เมื่อใช้อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 18:1.... 63

ตารางที่ 20 การเปรียบเทียบปริมาณไบโอดีเซลที่เกิดขึ้นกับไบโอดีเซลที่ใส่เข้าไปเป็นตัวทำละลายร่วม เมื่อใช้อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 18:1 64

ตารางที่ 21 ผลกระทบของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลต่อร้อยละผลได้ของไบโอดีเซล เมื่อใช้อุณหภูมิ 190 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 6:1.... 67

ตารางที่ 22 ผลกระทบของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลต่อร้อยละผลได้ของไบโอดีเซล เมื่อใช้อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 6:1.... 71

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 23 ผลกระทบของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลต่อร้อยละผลได้ของไบโอดีเซล เมื่อใช้อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 6:1.... 75

ตารางที่ 24 ผลกระทบของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลต่อร้อยละผลได้ของไบโอดีเซล เมื่อใช้อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 6:1..... 78

ตารางที่ 25 การเปรียบเทียบความเข้มข้นโดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอินระหว่าง 2 กะ 81

ตารางที่ 26 การเปรียบเทียบคุณสมบัติของไบโอดีเซลในงานนี้กับข้อกำหนดมาตรฐาน 82

ตารางที่ 27 การเปรียบเทียบคุณสมบัติของไบโอดีเซลในงานนี้กับไบโอดีเซลในงานวิจัยอื่น ๆ รวมถึงไบโอดีเซลเกรดอุตสาหกรรม 83

ตารางที่ 28 ค่า LHSV ที่สภาวะตัวเร่งปฏิกิริยาร้อยละ 0.5 โดยมวลน้ำมันปาล์มโอเลอิน ณ อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอินต่าง ๆ 89

ตารางที่ 29 ปริมาณเมทิลเอสเทอร์แต่ละชนิดที่ได้จากน้ำมันปาล์มโอเลอิน 91

ตารางที่ 30 มวลโมเลกุลเฉลี่ยของโมเลกุลต่าง ๆ 92

ตารางที่ 31 ผลการวิเคราะห์เมทิลเอสเทอร์ผสมมาตรฐานจากเครื่องมือแก๊สโครมาโทรกราฟีและผลการคำนวณหาแฟกเตอร์ตอบสนองของเมทิลเอสเทอร์แต่ละชนิด 94

ตารางที่ 32 ตัวอย่างการคำนวณความเข้มข้นร้อยละโดยมวลของไบโอดีเซลมาตรฐาน ซึ่งใช้ไบโอดีเซล 1.0140 กรัม และสารมาตรฐานภายใน 0.503 กรัม 95

ตารางที่ 33 ข้อมูลและปริมาณของกลีเซอไรด์ 18:1 บริสุทธิ์มาตรฐาน 97

ตารางที่ 34 ปริมาณและผลจากการวิเคราะห์กลีเซอไรด์ด้วยเครื่องมือโครมาโทรกราฟี 98

ตารางที่ 35 ผลของอุณหภูมิที่ 60 องศาเซลเซียส ที่มีต่อร้อยละของไบโอดีเซลโดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์ที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อไม่มีตัวทำละลายร่วม โดยใช้อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มเป็น 18:1 99

ตารางที่ 36 ผลของอุณหภูมิที่ 60 องศาเซลเซียส ที่มีต่อร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อไม่มีตัวทำละลายร่วม โดยใช้อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มเป็น 18:1 99

ตารางที่ 37 ผลของอุณหภูมิที่ 60 องศาเซลเซียส ที่มีต่อร้อยละของไตรกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์ที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อไม่มีตัวทำละลายร่วม โดยใช้อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มเป็น 18:1 100

ตารางที่ 38 ผลของอุณหภูมิที่ 60 องศาเซลเซียส ที่มีต่อร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลหลังหักปริมาณเมทานอลที่ระเหย ณ เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอินเมื่อไม่มีตัวทำละลายร่วม โดยใช้อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มเป็น 18:1 101

ตารางที่ 39 ผลของอุณหภูมิที่ 100 องศาเซลเซียส ที่มีต่อร้อยละของไบโอดีเซลโดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์ที่เวลาต่าง ๆ จากผลกระทบของอุณหภูมิต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อไม่มีตัวทำละลายร่วม โดยใช้อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มเป็น 18:1 101

ตารางที่ 40 ผลของอุณหภูมิที่ 100 องศาเซลเซียส ที่มีต่อร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อไม่มีตัวทำละลายร่วม โดยใช้อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มเป็น 18:1 102

ตารางที่ 41 ผลของอุณหภูมิที่ 100 องศาเซลเซียส ที่มีต่อร้อยละของไตรกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์ที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อไม่มีตัวทำละลายร่วม โดยใช้อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มเป็น 18:1 102

ตารางที่ 42 ผลของอุณหภูมิที่ 100 องศาเซลเซียส ที่มีต่อร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลหลังหักปริมาณเมทานอลที่ระเหย ณ เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอินเมื่อไม่มีตัวทำละลายร่วม โดยใช้อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มเป็น 18:1 103

ตารางที่ 43 ผลของอุณหภูมิที่ 140 องศาเซลเซียส ที่มีต่อร้อยละของไบโอดีเซลโดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์ที่เวลาต่าง ๆ จากผลกระทบของอุณหภูมิต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อไม่มีตัวทำละลายร่วม โดยใช้อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มเป็น 18:1 104

ตารางที่ 44 ผลของอุณหภูมิที่ 140 องศาเซลเซียส ที่มีต่อร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อไม่มีตัวทำละลายร่วม โดยใช้อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มเป็น 18:1 104

ตารางที่ 45 ผลของอุณหภูมิที่ 140 องศาเซลเซียส ที่มีต่อร้อยละของไตรกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์ที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อไม่มีตัวทำละลายร่วม โดยใช้อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มเป็น 18:1 105

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 46 ผลของอุณหภูมิที่ 140 องศาเซลเซียส ที่มีต่อร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลหลังหักปริมาณเมทานอลที่ระเหย ณ เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอินเมื่อไม่มีตัวทำละลายร่วม โดยใช้อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มเป็น 18:1 105

ตารางที่ 47 ผลของอุณหภูมิที่ 190 องศาเซลเซียส ที่มีต่อร้อยละของไบโอดีเซลโดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์ที่เวลาต่าง ๆ จากผลกระทบของอุณหภูมิต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อไม่มีตัวทำละลายร่วม โดยใช้อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มเป็น 18:1 106

ตารางที่ 48 ผลของอุณหภูมิที่ 190 องศาเซลเซียส ที่มีต่อร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อไม่มีตัวทำละลายร่วม โดยใช้อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มเป็น 18:1 107

ตารางที่ 49 ผลของอุณหภูมิที่ 190 องศาเซลเซียส ที่มีต่อร้อยละของไตรกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์ที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อไม่มีตัวทำละลายร่วม โดยใช้อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มเป็น 18:1 107

ตารางที่ 50 ผลของอุณหภูมิที่ 190 องศาเซลเซียส ที่มีต่อร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลหลังหักปริมาณเมทานอลที่ระเหย ณ เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอินเมื่อไม่มีตัวทำละลายร่วม โดยใช้อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มเป็น 18:1 108

ตารางที่ 51 ผลของอุณหภูมิที่ 60 องศาเซลเซียส ที่มีต่อร้อยละของไบโอดีเซลโดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์ที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อมีตัวทำละลายร่วมร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน โดยใช้อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มเป็น 18:1 109

ตารางที่ 52 ผลของอุณหภูมิที่ 60 องศาเซลเซียส ที่มีต่อร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อมีตัวทำละลายร่วมร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน โดยใช้อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มเป็น 18:1 109

ตารางที่ 53 ผลของอุณหภูมิที่ 60 องศาเซลเซียส ที่มีต่อร้อยละของไตรกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์ที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อมีตัวทำละลายร่วมร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน โดยใช้อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มเป็น 18:1 110

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 54 ผลของอุณหภูมิที่ 60 องศาเซลเซียส ที่มีต่อร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลหลังหักปริมาณเมทานอลที่ระเหย ณ เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อมีตัวทำละลายร่วมร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน โดยใช้อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มเป็น 18:1 111

ตารางที่ 55 ผลของอุณหภูมิที่ 100 องศาเซลเซียส ที่มีต่อร้อยละของไบโอดีเซลโดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์ที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อมีตัวทำละลายร่วมร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน โดยใช้อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มเป็น 18:1 111

ตารางที่ 56 ผลของอุณหภูมิที่ 100 องศาเซลเซียส ที่มีต่อร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อมีตัวทำละลายร่วมร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน โดยใช้อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มเป็น 18:1 112

ตารางที่ 57 ผลของอุณหภูมิที่ 100 องศาเซลเซียส ที่มีต่อร้อยละของไตรกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์ที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อมีตัวทำละลายร่วมร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน โดยใช้อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มเป็น 18:1 113

ตารางที่ 58 ผลของอุณหภูมิที่ 100 องศาเซลเซียส ที่มีต่อร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลหลังหักปริมาณเมทานอลที่ระเหย ณ เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อมีตัวทำละลายร่วมร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน โดยใช้อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มเป็น 18:1 113

ตารางที่ 59 ผลของอุณหภูมิที่ 140 องศาเซลเซียส ที่มีต่อร้อยละของไบโอดีเซลโดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์ที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อมีตัวทำละลายร่วมร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน โดยใช้อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มเป็น 18:1 114

ตารางที่ 60 ผลของอุณหภูมิที่ 140 องศาเซลเซียส ที่มีต่อร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อมีตัวทำละลายร่วมร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน โดยใช้อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มเป็น 18:1 115

ตารางที่ 61 ผลของอุณหภูมิที่ 140 องศาเซลเซียส ที่มีต่อร้อยละของไตรกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์ที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อมีตัวทำ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ละลายร่วมร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน โดยใช้อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มเป็น 18:1 115

ตารางที่ 62 ผลของอุณหภูมิที่ 140 องศาเซลเซียส ที่มีต่อร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลหลังหักปริมาณเมทานอลที่ระเหย ณ เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อมีตัวทำละลายร่วมร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน โดยใช้อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มเป็น 18:1 116

ตารางที่ 63 ผลของอุณหภูมิที่ 190 องศาเซลเซียส ที่มีต่อร้อยละของไบโอดีเซลโดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์ที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อมีตัวทำละลายร่วมร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน โดยใช้อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มเป็น 18:1 117

ตารางที่ 64 ผลของอุณหภูมิที่ 190 องศาเซลเซียส ที่มีต่อร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อมีตัวทำละลายร่วมร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน โดยใช้อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มเป็น 18:1 117

ตารางที่ 65 ผลของอุณหภูมิที่ 190 องศาเซลเซียส ที่มีต่อร้อยละของไตรกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์ที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อมีตัวทำละลายร่วมร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน โดยใช้อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มเป็น 18:1 118

ตารางที่ 66 ผลของอุณหภูมิที่ 190 องศาเซลเซียส ที่มีต่อร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลหลังหักปริมาณเมทานอลที่ระเหย ณ เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อมีตัวทำละลายร่วมร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน โดยใช้อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มเป็น 18:1 119

ตารางที่ 67 ผลของอุณหภูมิที่ 60 องศาเซลเซียส ที่มีต่อร้อยละของไบโอดีเซลโดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์ที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อมีตัวทำละลายร่วมร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน โดยใช้อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มเป็น 12:1 119

ตารางที่ 68 ผลของอุณหภูมิที่ 60 องศาเซลเซียส ที่มีต่อร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อมีตัวทำละลายร่วมร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน โดยใช้อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มเป็น 12:1 120

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 69 ผลของอุณหภูมิที่ 60 องศาเซลเซียส ที่มีต่อร้อยละของไตรกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์ที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อมีตัวทำละลายร่วมร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน โดยใช้อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มเป็น 12:1 121

ตารางที่ 70 ผลของอุณหภูมิที่ 60 องศาเซลเซียส ที่มีต่อร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลหลังหักปริมาณเมทานอลที่ระเหย ณ เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อมีตัวทำละลายร่วมร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน โดยใช้อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มเป็น 12:1 121

ตารางที่ 71 ผลของอุณหภูมิที่ 100 องศาเซลเซียส ที่มีต่อร้อยละของไบโอดีเซลโดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์ที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อมีตัวทำละลายร่วมร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน โดยใช้อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มเป็น 12:1 122

ตารางที่ 72 ผลของอุณหภูมิที่ 100 องศาเซลเซียส ที่มีต่อร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อมีตัวทำละลายร่วมร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน โดยใช้อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มเป็น 12:1 123

ตารางที่ 73 ผลของอุณหภูมิที่ 100 องศาเซลเซียส ที่มีต่อร้อยละของไตรกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์ที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อมีตัวทำละลายร่วมร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน โดยใช้อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มเป็น 12:1 123

ตารางที่ 74 ผลของอุณหภูมิที่ 100 องศาเซลเซียส ที่มีต่อร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลหลังหักปริมาณเมทานอลที่ระเหย ณ เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อมีตัวทำละลายร่วมร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน โดยใช้อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มเป็น 12:1 124

ตารางที่ 75 ผลของอุณหภูมิที่ 140 องศาเซลเซียส ที่มีต่อร้อยละของไบโอดีเซลโดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์ที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อมีตัวทำละลายร่วมร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน โดยใช้อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มเป็น 12:1 125

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 76 ผลของอุณหภูมิที่ 140 องศาเซลเซียส ที่มีต่อร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อมีตัวทำละลายร่วมร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน โดยใช้อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มเป็น 12:1 125

ตารางที่ 77 ผลของอุณหภูมิที่ 140 องศาเซลเซียส ที่มีต่อร้อยละของไตรกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์ที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อมีตัวทำละลายร่วมร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน โดยใช้อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มเป็น 12:1 126

ตารางที่ 78 ผลของอุณหภูมิที่ 140 องศาเซลเซียส ที่มีต่อร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลหลังหักปริมาณเมทานอลที่ระเหย ณ เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อมีตัวทำละลายร่วมร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน โดยใช้อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มเป็น 12:1 127

ตารางที่ 79 ผลของอุณหภูมิที่ 190 องศาเซลเซียส ที่มีต่อร้อยละของไบโอดีเซลโดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์ที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อมีตัวทำละลายร่วมร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน โดยใช้อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มเป็น 12:1 127

ตารางที่ 80 ผลของอุณหภูมิที่ 190 องศาเซลเซียส ที่มีต่อร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อมีตัวทำละลายร่วมร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน โดยใช้อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มเป็น 12:1 128

ตารางที่ 81 ผลของอุณหภูมิที่ 190 องศาเซลเซียส ที่มีต่อร้อยละของไตรกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์ที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อมีตัวทำละลายร่วมร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน โดยใช้อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มเป็น 12:1 129

ตารางที่ 82 ผลของอุณหภูมิที่ 190 องศาเซลเซียส ที่มีต่อร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลหลังหักปริมาณเมทานอลที่ระเหย ณ เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อมีตัวทำละลายร่วมร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน โดยใช้อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มเป็น 12:1 129

ตารางที่ 83 ผลของอุณหภูมิที่ 60 องศาเซลเซียส ที่มีต่อร้อยละของไบโอดีเซลโดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์ที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อมีตัวทำละลาย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ร่วมร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน โดยใช้อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มเป็น 6:1 130

ตารางที่ 84 ผลของอุณหภูมิที่ 60 องศาเซลเซียส ที่มีต่อร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อมีตัวทำละลายร่วมร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน โดยใช้อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มเป็น 6:1..... 131

ตารางที่ 85 ผลของอุณหภูมิที่ 60 องศาเซลเซียส ที่มีต่อร้อยละของไตรกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์ที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อมีตัวทำละลายร่วมร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน โดยใช้อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มเป็น 6:1 131

ตารางที่ 86 ผลของอุณหภูมิที่ 60 องศาเซลเซียส ที่มีต่อร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลหลังหักปริมาณเมทานอลที่ระเหย ณ เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อมีตัวทำละลายร่วมร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน โดยใช้อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มเป็น 6:1 132

ตารางที่ 87 ผลของอุณหภูมิที่ 100 องศาเซลเซียส ที่มีต่อร้อยละของไบโอดีเซลโดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์ที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อมีตัวทำละลายร่วมร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน โดยใช้อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มเป็น 6:1 133

ตารางที่ 88 ผลของอุณหภูมิที่ 100 องศาเซลเซียส ที่มีต่อร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อมีตัวทำละลายร่วมร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน โดยใช้อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มเป็น 6:1... 133

ตารางที่ 89 ผลของอุณหภูมิที่ 100 องศาเซลเซียส ที่มีต่อร้อยละของไตรกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์ที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อมีตัวทำละลายร่วมร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน โดยใช้อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มเป็น 6:1 134

ตารางที่ 90 ผลของอุณหภูมิที่ 100 องศาเซลเซียส ที่มีต่อร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลหลังหักปริมาณเมทานอลที่ระเหย ณ เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อมีตัวทำละลายร่วมร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน โดยใช้อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มเป็น 6:1 135

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 91 ผลของอุณหภูมิที่ 140 องศาเซลเซียส ที่มีต่อร้อยละของไบโอดีเซลโดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์ที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อมีตัวทำละลายร่วมร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน โดยใช้อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มเป็น 6:1 135

ตารางที่ 92 ผลของอุณหภูมิที่ 140 องศาเซลเซียส ที่มีต่อร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อมีตัวทำละลายร่วมร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน โดยใช้อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มเป็น 6:1 ... 136

ตารางที่ 93 ผลของอุณหภูมิที่ 140 องศาเซลเซียส ที่มีต่อร้อยละของไตรกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์ที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อมีตัวทำละลายร่วมร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน โดยใช้อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มเป็น 6:1 137

ตารางที่ 94 ผลของอุณหภูมิที่ 140 องศาเซลเซียส ที่มีต่อร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลหลังหักปริมาณเมทานอลที่ระเหย ณ เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อมีตัวทำละลายร่วมร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน โดยใช้อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มเป็น 6:1 137

ตารางที่ 95 ผลของอุณหภูมิที่ 190 องศาเซลเซียส ที่มีต่อร้อยละของไบโอดีเซลโดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์ที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อมีตัวทำละลายร่วมร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน โดยใช้อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มเป็น 6:1 138

ตารางที่ 96 ผลของอุณหภูมิที่ 190 องศาเซลเซียส ที่มีต่อร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อมีตัวทำละลายร่วมร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน โดยใช้อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มเป็น 6:1 ... 139

ตารางที่ 97 ผลของอุณหภูมิที่ 190 องศาเซลเซียส ที่มีต่อร้อยละของไตรกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์ที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อมีตัวทำละลายร่วมร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน โดยใช้อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มเป็น 6:1 139

ตารางที่ 98 ผลของอุณหภูมิที่ 190 องศาเซลเซียส ที่มีต่อร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลหลังหักปริมาณเมทานอลที่ระเหย ณ เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

เมื่อมีตัวทำละลายร่วมร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน โดยใช้อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มเป็น 6:1 140

ตารางที่ 99 ผลของอัตราส่วนโดยโมลเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอินที่ 6:1 ที่มีต่อร้อยละของไบโอดีเซลโดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์ที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้ไบโอดีเซลตัวทำละลายร่วมร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน โดยใช้อุณหภูมิ 190 องศาเซลเซียส 141

ตารางที่ 100 ผลของอัตราส่วนโดยโมลเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอินที่ 6:1 ที่มีต่อร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้ไบโอดีเซลตัวทำละลายร่วมร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน โดยใช้อุณหภูมิ 190 องศาเซลเซียส 142

ตารางที่ 101 ผลของอัตราส่วนโดยโมลเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอินที่ 6:1 ที่มีต่อร้อยละของไตรกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์ที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้ไบโอดีเซลตัวทำละลายร่วมร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน โดยใช้อุณหภูมิ 190 องศาเซลเซียส 142

ตารางที่ 102 ผลของอัตราส่วนโดยโมลเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอินที่ 6:1 ที่มีต่อร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลหลังหักปริมาณเมทานอลที่ระเหย ณ เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้ไบโอดีเซลตัวทำละลายร่วมร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน โดยใช้อุณหภูมิ 190 องศาเซลเซียส 143

ตารางที่ 103 ผลของอัตราส่วนโดยโมลเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอินที่ 12:1 ที่มีต่อร้อยละของไบโอดีเซลโดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์ที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้ไบโอดีเซลตัวทำละลายร่วมร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน โดยใช้อุณหภูมิ 190 องศาเซลเซียส 144

ตารางที่ 104 ผลของอัตราส่วนโดยโมลเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอินที่ 12:1 ที่มีต่อร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้ไบโอดีเซลตัวทำละลายร่วมร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน โดยใช้อุณหภูมิ 190 องศาเซลเซียส 144

ตารางที่ 105 ผลของอัตราส่วนโดยโมลเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอินที่ 12:1 ที่มีต่อร้อยละของไตรกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์ที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมัน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้ไบโอดีเซลตัวทำละลายร่วมร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน โดยใช้อุณหภูมิ 190 องศาเซลเซียส 145

ตารางที่ 106 ผลของอัตราส่วนโดยโมลเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอินที่ 12:1 ที่มีต่อร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลหลังหักปริมาณเมทานอลที่ระเหย ณ เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้ไบโอดีเซลตัวทำละลายร่วมร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน โดยใช้อุณหภูมิ 190 องศาเซลเซียส 146

ตารางที่ 107 ผลของอัตราส่วนโดยโมลเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอินที่ 18:1 ที่มีต่อร้อยละของไบโอดีเซลโดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์ที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้ไบโอดีเซลตัวทำละลายร่วมร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน โดยใช้อุณหภูมิ 190 องศาเซลเซียส 146

ตารางที่ 108 ผลของอัตราส่วนโดยโมลเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอินที่ 18:1 ที่มีต่อร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้ไบโอดีเซลตัวทำละลายร่วมร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน โดยใช้อุณหภูมิ 190 องศาเซลเซียส 147

ตารางที่ 109 ผลของอัตราส่วนโดยโมลเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอินที่ 18:1 ที่มีต่อร้อยละของไตรกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์ที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้ไบโอดีเซลตัวทำละลายร่วมร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน โดยใช้อุณหภูมิ 190 องศาเซลเซียส 148

ตารางที่ 110 ผลของอัตราส่วนโดยโมลเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอินที่ 18:1 ที่มีต่อร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลหลังหักปริมาณเมทานอลที่ระเหย ณ เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้ไบโอดีเซลตัวทำละลายร่วมร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน โดยใช้อุณหภูมิ 190 องศาเซลเซียส 148

ตารางที่ 111 ผลของอัตราส่วนโดยโมลเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอินที่ 6:1 ที่มีต่อร้อยละของไบโอดีเซลโดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์ที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้ไบโอดีเซลตัวทำละลายร่วมร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน โดยใช้อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส 149

ตารางที่ 112 ผลของอัตราส่วนโดยโมลเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอินที่ 6:1 ที่มีต่อร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ใช้ไบโอดีเซลตัวทำละลายร่วมร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน โดยใช้อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส 150

ตารางที่ 113 ผลของอัตราส่วนโดยโมลเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอินที่ 6:1 ที่มีต่อร้อยละของไตรกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์ที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้ไบโอดีเซลตัวทำละลายร่วมร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน โดยใช้อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส 150

ตารางที่ 114 ผลของอัตราส่วนโดยโมลเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอินที่ 6:1 ที่มีต่อร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลหลังหักปริมาณเมทานอลที่ระเหย ณ เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้ไบโอดีเซลตัวทำละลายร่วมร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน โดยใช้อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส 151

ตารางที่ 115 ผลของอัตราส่วนโดยโมลเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอินที่ 12:1 ที่มีต่อร้อยละของไบโอดีเซลโดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์ที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้ไบโอดีเซลตัวทำละลายร่วมร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน โดยใช้อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส 152

ตารางที่ 116 ผลของอัตราส่วนโดยโมลเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอินที่ 12:1 ที่มีต่อร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้ไบโอดีเซลตัวทำละลายร่วมร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน โดยใช้อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส 152

ตารางที่ 117 ผลของอัตราส่วนโดยโมลเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอินที่ 12:1 ที่มีต่อร้อยละของไตรกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์ที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้ไบโอดีเซลตัวทำละลายร่วมร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน โดยใช้อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส 153

ตารางที่ 118 ผลของอัตราส่วนโดยโมลเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอินที่ 12:1 ที่มีต่อร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลหลังหักปริมาณเมทานอลที่ระเหย ณ เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้ไบโอดีเซลตัวทำละลายร่วมร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน โดยใช้อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส 154

ตารางที่ 119 ผลของอัตราส่วนโดยโมลเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอินที่ 18:1 ที่มีต่อร้อยละของไบโอดีเซลโดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์ที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์ม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

โอเลอิน เมื่อใช้ไบโอดีเซลตัวทำละลายร่วมร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน โดยใช้อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส 154

ตารางที่ 120 ผลของอัตราส่วนโดยโมลเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอินที่ 18:1 ที่มีต่อร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้ไบโอดีเซลตัวทำละลายร่วมร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน โดยใช้อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส 155

ตารางที่ 121 ผลของอัตราส่วนโดยโมลเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอินที่ 18:1 ที่มีต่อร้อยละของไตรกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์ที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้ไบโอดีเซลตัวทำละลายร่วมร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน โดยใช้อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส 156

ตารางที่ 122 ผลของอัตราส่วนโดยโมลเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอินที่ 6:1 ที่มีต่อร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลหลังหักปริมาณเมทานอลที่ระเหย ณ เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้ไบโอดีเซลตัวทำละลายร่วมร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน โดยใช้อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส 157

ตารางที่ 123 ผลของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลที่ร้อยละ 0 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ที่มีต่อร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 190 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 18:1 158

ตารางที่ 124 ผลของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลที่ร้อยละ 0 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ที่มีต่อร้อยละของไตรกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์ที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 190 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 18:1 159

ตารางที่ 125 ผลของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลที่ร้อยละ 0 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ที่มีต่อร้อยละของไดกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์ที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 190 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 18:1 159

ตารางที่ 126 ผลของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลที่ร้อยละ 0 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ที่มีต่อร้อยละของมอนอกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์ที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 190 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 18:1 160

ตารางที่ 127 ผลของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลที่ร้อยละ 0 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ที่มีต่อร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลหลังหักปริมาณเมทานอลที่ระเหย ณ เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 190 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 18:1 161

ตารางที่ 128 ผลของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลที่ร้อยละ 5 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ที่มีต่อร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 190 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 18:1 161

ตารางที่ 129 ผลของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลที่ร้อยละ 5 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ที่มีต่อร้อยละของไตรกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์ที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 190 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 18:1 162

ตารางที่ 130 ผลของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลที่ร้อยละ 5 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ที่มีต่อร้อยละของไดกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์ที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 190 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 18:1 163

ตารางที่ 131 ผลของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลที่ร้อยละ 5 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ที่มีต่อร้อยละของมอนอกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์ที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 190 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 18:1 163

ตารางที่ 132 ผลของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลที่ร้อยละ 5 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ที่มีต่อร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลหลังหักปริมาณเมทานอลที่ระเหย ณ เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 190 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 18:1 164

ตารางที่ 133 ผลของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลที่ร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ที่มีต่อร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชัน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 190 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 18:1 165

ตารางที่ 134 ผลของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลที่ร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ที่มีต่อร้อยละของไตรกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์ที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 190 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 18:1 165

ตารางที่ 135 ผลของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลที่ร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ที่มีต่อร้อยละของไดกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์ที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 190 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 18:1 166

ตารางที่ 136 ผลของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลที่ร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ที่มีต่อร้อยละของมอนอกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์ที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 190 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 18:1 167

ตารางที่ 137 ผลของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลที่ร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ที่มีต่อร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลหลังหักปริมาณเมทานอลที่ระเหย ณ เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 190 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 18:1 167

ตารางที่ 138 ผลของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลที่ร้อยละ 20 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ที่มีต่อร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 190 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 18:1 168

ตารางที่ 139 ผลของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลที่ร้อยละ 20 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ที่มีต่อร้อยละของไตรกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์ที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 190 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 18:1 169

ตารางที่ 140 ผลของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลที่ร้อยละ 20 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ที่มีต่อร้อยละของไดกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์ที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทราน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

เอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 190 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 18:1 169

ตารางที่ 141 ผลของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลที่ร้อยละ 20 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ที่มีต่อร้อยละของมอนอกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์ที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 190 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 18:1 170

ตารางที่ 142 ผลของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลที่ร้อยละ 20 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ที่มีต่อร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลหลังหักปริมาณเมทานอลที่ระเหย ณ เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 190 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 18:1 171

ตารางที่ 143 ผลของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลที่ร้อยละ 0 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ที่มีต่อร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 18:1 171

ตารางที่ 144 ผลของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลที่ร้อยละ 0 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ที่มีต่อร้อยละของไตรกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์ที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 18:1 172

ตารางที่ 145 ผลของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลที่ร้อยละ 0 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ที่มีต่อร้อยละของไดกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์ที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 18:1 173

ตารางที่ 146 ผลของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลที่ร้อยละ 0 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ที่มีต่อร้อยละของมอนอกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์ที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 18:1 173

ตารางที่ 147 ผลของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลที่ร้อยละ 0 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ที่มีต่อร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลหลังหักปริมาณเมทานอลที่ระเหย ณ เวลาต่าง ๆ ต่อ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 18:1 174

ตารางที่ 148 ผลของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลที่ร้อยละ 5 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ที่มีต่อร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 18:1 175

ตารางที่ 149 ผลของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลที่ร้อยละ 5 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ที่มีต่อร้อยละของไตรกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์ที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 18:1 175

ตารางที่ 150 ผลของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลที่ร้อยละ 5 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ที่มีต่อร้อยละของไดกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์ที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 18:1 176

ตารางที่ 151 ผลของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลที่ร้อยละ 5 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ที่มีต่อร้อยละของมอนอกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์ที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 18:1 177

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 152 ผลของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลที่ร้อยละ 5 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ที่มีต่อร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลหลังหักปริมาณเมทานอลที่ระเหย ณ เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 18:1 177

ตารางที่ 153 ผลของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลที่ร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ที่มีต่อร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 18:1 178

ตารางที่ 154 ผลของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลที่ร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ที่มีต่อร้อยละของไตรกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์ที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทราน

เอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 18:1 179

ตารางที่ 155 ผลของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลที่ร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ที่มีต่อร้อยละของไดกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์ที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 18:1 179

ตารางที่ 156 ผลของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลที่ร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ที่มีต่อร้อยละของมอนอกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์ที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 18:1 180

ตารางที่ 157 ผลของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลที่ร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ที่มีต่อร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลหลังหักปริมาณเมทานอลที่ระเหย ณ เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 18:1 181

ตารางที่ 158 ผลของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลที่ร้อยละ 20 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ที่มีต่อร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 18:1 181

ตารางที่ 159 ผลของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลที่ร้อยละ 20 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ที่มีต่อร้อยละของไตรกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์ที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 18:1 182

ตารางที่ 160 ผลของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลที่ร้อยละ 20 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ที่มีต่อร้อยละของไดกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์ที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 18:1 183

ตารางที่ 161 ผลของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลที่ร้อยละ 20 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ที่มีต่อร้อยละของมอนอกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์ที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาท

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 18:1 183

ตารางที่ 162 ผลของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลที่ร้อยละ 20 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ที่มีต่อร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลหลังหักปริมาณเมทานอลที่ระเหย ณ เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 18:1 184

ตารางที่ 163 ผลของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลที่ร้อยละ 0 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ที่มีต่อร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 18:1 185

ตารางที่ 164 ผลของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลที่ร้อยละ 0 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ที่มีต่อร้อยละของไตรกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์ที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 18:1 185

ตารางที่ 165 ผลของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลที่ร้อยละ 0 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ที่มีต่อร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลหลังหักปริมาณเมทานอลที่ระเหย ณ เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 18:1 186

ตารางที่ 166 ผลของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลที่ร้อยละ 5 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ที่มีต่อร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 18:1 187

ตารางที่ 167 ผลของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลที่ร้อยละ 5 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ที่มีต่อร้อยละของไตรกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์ที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 18:1 187

ตารางที่ 168 ผลของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลที่ร้อยละ 5 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ที่มีต่อร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลหลังหักปริมาณเมทานอลที่ระเหย ณ เวลาต่าง ๆ ต่อ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 18:1 188

ตารางที่ 169 ผลของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลที่ร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ที่มีต่อร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 18:1 189

ตารางที่ 170 ผลของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลที่ร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ที่มีต่อร้อยละของไตรกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์ที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 18:1 189

ตารางที่ 171 ผลของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลที่ร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ที่มีต่อร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลหลังหักปริมาณเมทานอลที่ระเหย ณ เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 18:1 190

ตารางที่ 172 ผลของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลที่ร้อยละ 20 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ที่มีต่อร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 18:1 191

ตารางที่ 173 ผลของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลที่ร้อยละ 20 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ที่มีต่อร้อยละของไตรกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์ที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 18:1 191

ตารางที่ 174 ผลของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลที่ร้อยละ 20 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ที่มีต่อร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลหลังหักปริมาณเมทานอลที่ระเหย ณ เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 18:1 192

ตารางที่ 175 ผลของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลที่ร้อยละ 0 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ที่มีต่อร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

น้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 18:1 193

ตารางที่ 176 ผลของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลที่ร้อยละ 0 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ที่มีต่อร้อยละของไตรกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์ที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 18:1 193

ตารางที่ 177 ผลของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลที่ร้อยละ 0 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ที่มีต่อร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลหลังหักปริมาณเมทานอลที่ระเหย ณ เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 18:1 194

ตารางที่ 178 ผลของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลที่ร้อยละ 5 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ที่มีต่อร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 18:1 195

ตารางที่ 179 ผลของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลที่ร้อยละ 5 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ที่มีต่อร้อยละของไตรกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์ที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 18:1 195

ตารางที่ 180 ผลของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลที่ร้อยละ 5 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ที่มีต่อร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลหลังหักปริมาณเมทานอลที่ระเหย ณ เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 18:1 196

ตารางที่ 181 ผลของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลที่ร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ที่มีต่อร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 18:1 197

ตารางที่ 182 ผลของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลที่ร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ที่มีต่อร้อยละของไตรกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์ที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทราน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

เอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 18:1 197

ตารางที่ 183 ผลของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลที่ร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ที่มีต่อร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลหลังหักปริมาณเมทานอลที่ระเหย ณ เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 18:1 198

ตารางที่ 184 ผลของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลที่ร้อยละ 20 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ที่มีต่อร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 18:1 199

ตารางที่ 185 ผลของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลที่ร้อยละ 20 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ที่มีต่อร้อยละของไตรกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์ที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 18:1 199

ตารางที่ 186 ผลของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลที่ร้อยละ 20 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ที่มีต่อร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลหลังหักปริมาณเมทานอลที่ระเหย ณ เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 18:1 200

ตารางที่ 187 ผลของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลที่ร้อยละ 0 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ที่มีต่อร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 190 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 6:1 201

ตารางที่ 188 ผลของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลที่ร้อยละ 0 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ที่มีต่อร้อยละของไตรกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์ที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 190 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 6:1 201

ตารางที่ 189 ผลของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลที่ร้อยละ 0 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ที่มีต่อร้อยละของไดกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์ที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 190 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 6:1 202

ตารางที่ 190 ผลของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลที่ร้อยละ 0 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ที่มีต่อร้อยละของมอนอกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์ที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 190 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 6:1 203

ตารางที่ 191 ผลของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลที่ร้อยละ 0 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ที่มีต่อร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลหลังหักปริมาณเมทานอลที่ระเหย ณ เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 190 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 6:1 203

ตารางที่ 192 ผลของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลที่ร้อยละ 5 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ที่มีต่อร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 190 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 6:1 204

ตารางที่ 193 ผลของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลที่ร้อยละ 5 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ที่มีต่อร้อยละของไตรกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์ที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 190 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 6:1 205

ตารางที่ 194 ผลของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลที่ร้อยละ 5 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ที่มีต่อร้อยละของไดกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์ที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 190 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 6:1 205

ตารางที่ 195 ผลของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลที่ร้อยละ 5 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ที่มีต่อร้อยละของมอนอกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์ที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 190 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 6:1 206

ตารางที่ 196 ผลของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลที่ร้อยละ 5 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ที่มีต่อร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลหลังหักปริมาณเมทานอลที่ระเหย ณ เวลาต่าง ๆ ต่อ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 190 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 6:1 207

ตารางที่ 197 ผลของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลที่ร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ที่มีต่อร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 190 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 6:1 207

ตารางที่ 198 ผลของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลที่ร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ที่มีต่อร้อยละของไตรกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์ที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 190 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 6:1 208

ตารางที่ 199 ผลของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลที่ร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ที่มีต่อร้อยละของไดกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์ที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 190 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 6:1 209

ตารางที่ 200 ผลของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลที่ร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ที่มีต่อร้อยละของมอนอกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์ที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 190 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 6:1 209

ตารางที่ 201 ผลของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลที่ร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ที่มีต่อร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลหลังหักปริมาณเมทานอลที่ระเหย ณ เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 190 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 6:1 210

ตารางที่ 202 ผลของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลที่ร้อยละ 20 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ที่มีต่อร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 190 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 6:1 211

ตารางที่ 203 ผลของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลที่ร้อยละ 20 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ที่มีต่อร้อยละของไตรกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์ที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทราน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

เอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 190 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 6:1 211

ตารางที่ 204 ผลของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลที่ร้อยละ 20 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ที่มีต่อร้อยละของไดกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์ที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 190 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 6:1 212

ตารางที่ 205 ผลของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลที่ร้อยละ 20 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ที่มีต่อร้อยละของมอนอกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์ที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 190 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 6:1 213

ตารางที่ 206 ผลของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลที่ร้อยละ 20 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ที่มีต่อร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลหลังหักปริมาณเมทานอลที่ระเหย ณ เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 190 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 6:1 213

ตารางที่ 207 ผลของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลที่ร้อยละ 0 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ที่มีต่อร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 6:1 214

ตารางที่ 208 ผลของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลที่ร้อยละ 0 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ที่มีต่อร้อยละของไตรกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์ที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 6:1 215

ตารางที่ 209 ผลของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลที่ร้อยละ 0 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ที่มีต่อร้อยละของไดกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์ที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 6:1 215

ตารางที่ 210 ผลของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลที่ร้อยละ 0 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ที่มีต่อร้อยละของมอนอกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์ที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 6:1 216

ตารางที่ 211 ผลของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลที่ร้อยละ 0 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ที่มีต่อร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลหลังหักปริมาณเมทานอลที่ระเหย ณ เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 6:1 217

ตารางที่ 212 ผลของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลที่ร้อยละ 5 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ที่มีต่อร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 6:1 217

ตารางที่ 213 ผลของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลที่ร้อยละ 5 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ที่มีต่อร้อยละของไตรกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์ที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 6:1 218

ตารางที่ 214 ผลของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลที่ร้อยละ 5 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ที่มีต่อร้อยละของไดกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์ที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 6:1 219

ตารางที่ 215 ผลของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลที่ร้อยละ 5 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ที่มีต่อร้อยละของมอนอกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์ที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 6:1 219

ตารางที่ 216 ผลของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลที่ร้อยละ 5 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ที่มีต่อร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลหลังหักปริมาณเมทานอลที่ระเหย ณ เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 6:1 220

ตารางที่ 217 ผลของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลที่ร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ที่มีต่อร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชัน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 6:1 221

ตารางที่ 218 ผลของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลที่ร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ที่มีต่อร้อยละของไตรกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์ที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 6:1 221

ตารางที่ 219 ผลของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลที่ร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ที่มีต่อร้อยละของไดกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์ที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 6:1 222

ตารางที่ 220 ผลของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลที่ร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ที่มีต่อร้อยละของมอนอกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์ที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 6:1 223

ตารางที่ 221 ผลของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลที่ร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ที่มีต่อร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลหลังหักปริมาณเมทานอลที่ระเหย ณ เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 6:1 223

ตารางที่ 222 ผลของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลที่ร้อยละ 20 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ที่มีต่อร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 6:1 224

ตารางที่ 223 ผลของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลที่ร้อยละ 20 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ที่มีต่อร้อยละของไตรกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์ที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 6:1 225

ตารางที่ 224 ผลของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลที่ร้อยละ 20 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ที่มีต่อร้อยละของไดกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์ที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทราน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

เอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 6:1 225

ตารางที่ 225 ผลของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลที่ร้อยละ 20 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ที่มีต่อร้อยละของมอนอกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์ที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 6:1 226

ตารางที่ 226 ผลของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลที่ร้อยละ 20 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ที่มีต่อร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลหลังหักปริมาณเมทานอลที่ระเหย ณ เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 6:1 227

ตารางที่ 227 ผลของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลที่ร้อยละ 0 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ที่มีต่อร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 6:1 227

ตารางที่ 228 ผลของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลที่ร้อยละ 0 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ที่มีต่อร้อยละของไตรกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์ที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 6:1 228

ตารางที่ 229 ผลของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลที่ร้อยละ 0 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ที่มีต่อร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลหลังหักปริมาณเมทานอลที่ระเหย ณ เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 6:1 229

ตารางที่ 230 ผลของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลที่ร้อยละ 5 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ที่มีต่อร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 6:1 229

ตารางที่ 231 ผลของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลที่ร้อยละ 5 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ที่มีต่อร้อยละของไตรกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์ที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 6:1 230

ตารางที่ 232 ผลของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลที่ร้อยละ 5 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ที่มีต่อร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลหลังหักปริมาณเมทานอลที่ระเหย ณ เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 6:1 231

ตารางที่ 233 ผลของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลที่ร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ที่มีต่อร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 6:1 231

ตารางที่ 234 ผลของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลที่ร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ที่มีต่อร้อยละของไตรกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์ที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 6:1 232

ตารางที่ 235 ผลของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลที่ร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ที่มีต่อร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลหลังหักปริมาณเมทานอลที่ระเหย ณ เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 6:1 233

ตารางที่ 236 ผลของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลที่ร้อยละ 20 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ที่มีต่อร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 6:1 233

ตารางที่ 237 ผลของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลที่ร้อยละ 20 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ที่มีต่อร้อยละของไตรกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์ที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 6:1 234

ตารางที่ 238 ผลของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลที่ร้อยละ 20 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ที่มีต่อร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลหลังหักปริมาณเมทานอลที่ระเหย ณ เวลาต่าง ๆ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 6:1 235

ตารางที่ 239 ผลของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลที่ร้อยละ 0 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ที่มีต่อร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 6:1 235

ตารางที่ 240 ผลของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลที่ร้อยละ 0 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ที่มีต่อร้อยละของไตรกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์ที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 6:1 236

ตารางที่ 241 ผลของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลที่ร้อยละ 0 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ที่มีต่อร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลหลังหักปริมาณเมทานอลที่ระเหย ณ เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 6:1 237

ตารางที่ 242 ผลของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลที่ร้อยละ 5 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ที่มีต่อร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 6:1 237

ตารางที่ 243 ผลของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลที่ร้อยละ 5 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ที่มีต่อร้อยละของไตรกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์ที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 6:1 238

ตารางที่ 244 ผลของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลที่ร้อยละ 5 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ที่มีต่อร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลหลังหักปริมาณเมทานอลที่ระเหย ณ เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 6:1 239

ตารางที่ 245 ผลของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลที่ร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ที่มีต่อร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชัน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 6:1 239

ตารางที่ 246 ผลของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลที่ร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ที่มีต่อร้อยละของไตรกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์ที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 6:1 240

ตารางที่ 247 ผลของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลที่ร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ที่มีต่อร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลหลังหักปริมาณเมทานอลที่ระเหย ณ เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 6:1 241

ตารางที่ 248 ผลของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลที่ร้อยละ 20 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ที่มีต่อร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 6:1 241

ตารางที่ 249 ผลของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลที่ร้อยละ 20 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ที่มีต่อร้อยละของไตรกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์ที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 6:1 242

ตารางที่ 250 ผลของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลที่ร้อยละ 20 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ที่มีต่อร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลหลังหักปริมาณเมทานอลที่ระเหย ณ เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 6:1 243

ตารางที่ 251 การคำนวณค่าความคลาดเคลื่อนจากการวิเคราะห์ไบโอดีเซล 244

ตารางที่ 252 การคำนวณค่าความคลาดเคลื่อนจากการวิเคราะห์ไตรกลีเซอไรด์ 244

ตารางที่ 253 การคำนวณค่าความคลาดเคลื่อนจากการวิเคราะห์มอนอกลีเซอไรด์และไดกลีเซอไรด์ 245

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 254 ตัวอย่างการคำนวณความคลาดเคลื่อนของร้อยละโดยมวลของไบโอดีเซล เมื่อไม่มีตัวทำละลายร่วม โดยใช้อุณหภูมิ 190 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 18:1..... 245

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สารบัญรูปภาพ

หน้า

รูปที่ 1 ปฏิกิริยาย่อยของปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชัน 7

รูปที่ 2 ปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันโดยรวม 7

รูปที่ 3 แผนผังระบบทั้งหมดของเครื่องปฏิกรณ์แบบกะ 18

รูปที่ 4 ตัวอย่างโครมาโตแกรมของ Standard FAME mixed จากการวิเคราะห์ด้วยมาตรฐาน EN14103 20

รูปที่ 5 ตัวอย่างโครมาโตแกรมของไบโอดีเซลจากการวิเคราะห์ด้วยมาตรฐาน EN14105 20

รูปที่ 6 ร้อยละของไบโอดีเซลโดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์ที่เวลาต่าง ๆ จากผลกระทบของอุณหภูมิต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อไม่มีตัวทำละลายร่วม โดยใช้อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มเป็น 18:1 24

รูปที่ 7 ร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลจากผลกระทบของอุณหภูมิต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อไม่มีตัวทำละลายร่วม โดยใช้อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มเป็น 18:1 25

รูปที่ 8 ร้อยละของไตรกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์จากผลกระทบของอุณหภูมิต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อไม่มีตัวทำละลายร่วม โดยใช้อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มเป็น 18:1 27

รูปที่ 9 ร้อยละของไบโอดีเซลโดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์ที่เวลาต่าง ๆ จากผลกระทบของอุณหภูมิต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้ไบโอดีเซลตัวทำละลายร่วมร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน โดยใช้อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอินเป็น 18:1 28

รูปที่ 10 ร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลจากผลกระทบของอุณหภูมิต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้ไบโอดีเซลตัวทำละลายร่วมร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน โดยใช้อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอินเป็น 18:1 29

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

รูปที่ 11 ร้อยละของไตรกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์จากผลกระทบของอุณหภูมิต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้ไบโอดีเซลตัวทำละลายร่วมร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน โดยใช้อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มเป็น 18:1 .. 31

รูปที่ 12 ร้อยละของไบโอดีเซลโดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์ที่เวลาต่าง ๆ จากผลกระทบของอุณหภูมิต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้ไบโอดีเซลตัวทำละลายร่วมร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน โดยใช้อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอินเป็น 12:1 32

รูปที่ 13 ร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลจากผลกระทบของอุณหภูมิต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้ไบโอดีเซลตัวทำละลายร่วมร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน โดยใช้อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอินเป็น 12:1 32

รูปที่ 14 ร้อยละของไตรกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์จากผลกระทบของอุณหภูมิต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้ไบโอดีเซลตัวทำละลายร่วมร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน โดยใช้อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอินเป็น 12:1 34

รูปที่ 15 ร้อยละของไบโอดีเซลโดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์ที่เวลาต่าง ๆ จากผลกระทบของอุณหภูมิต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้ไบโอดีเซลตัวทำละลายร่วมร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน โดยใช้อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอินเป็น 6:1..... 35

รูปที่ 16 ร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลจากผลกระทบของอุณหภูมิต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้ไบโอดีเซลตัวทำละลายร่วมร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน โดยใช้อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอินเป็น 6:1..... 35

รูปที่ 17 ร้อยละของไตรกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์จากผลกระทบของอุณหภูมิต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้ไบโอดีเซลตัวทำละลายร่วมร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน โดยใช้อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มเป็น 6:1..... 37

รูปที่ 18 ร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลหลังหักปริมาณเมทานอลที่ระเหย ณ เวลาต่าง ๆ จากผลกระทบของอุณหภูมิต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อไม่มีตัวทำละลายร่วม โดยใช้อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอินเป็น 18:1..... 38

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รูปที่ 19 ร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลหลังหักปริมาณเมทานอลที่ระเหย ณ เวลาต่าง ๆ จากผลกระทบของอุณหภูมิต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้ไบโอดีเซลตัวทำละลายร่วมร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน โดยใช้อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มเป็น 18:1 39

รูปที่ 20 ร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลหลังหักปริมาณเมทานอลที่ระเหย ณ เวลาต่าง ๆ จากผลกระทบของอุณหภูมิต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้ไบโอดีเซลตัวทำละลายร่วมร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน โดยใช้อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มเป็น 12:1 40

รูปที่ 21 ร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลหลังหักปริมาณเมทานอลที่ระเหย ณ เวลาต่าง ๆ จากผลกระทบของอุณหภูมิต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้ไบโอดีเซลตัวทำละลายร่วมร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน โดยใช้อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มเป็น 6:1 40

รูปที่ 22 ร้อยละของไบโอดีเซลโดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์ที่เวลาต่าง ๆ จากผลกระทบของอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอินต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้ไบโอดีเซลตัวทำละลายร่วมร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน โดยใช้อุณหภูมิ 190 องศาเซลเซียส 41

รูปที่ 23 ร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลที่เวลาต่าง ๆ จากผลกระทบของอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอินต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้ไบโอดีเซลตัวทำละลายร่วมร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน โดยใช้อุณหภูมิ 190 องศาเซลเซียส 42

รูปที่ 24 ร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลหลังหักปริมาณเมทานอลที่ระเหย ณ เวลาต่าง ๆ จากผลกระทบของอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอินต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้ไบโอดีเซลตัวทำละลายร่วมร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน โดยใช้อุณหภูมิ 190 องศาเซลเซียส 43

รูปที่ 25 ร้อยละของไตรกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์จากผลกระทบของอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอินต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้ไบโอดีเซลตัวทำละลายร่วมร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน โดยใช้อุณหภูมิ 190 องศาเซลเซียส 44

รูปที่ 26 ร้อยละของไบโอดีเซลโดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์ที่เวลาต่าง ๆ จากผลกระทบของอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอินต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมัน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้ไบโอดีเซลตัวทำละลายร่วมร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน โดยใช้อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส 45

รูปที่ 27 ร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลที่เวลาต่าง ๆ จากผลกระทบของอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอินต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้ไบโอดีเซลตัวทำละลายร่วมร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน โดยใช้อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส 46

รูปที่ 28 ร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลหลังหักปริมาณเมทานอลที่ระเหย ณ เวลาต่าง ๆ จากผลกระทบของอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอินต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้ไบโอดีเซลตัวทำละลายร่วมร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน โดยใช้อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส 47

รูปที่ 29 ร้อยละของไตรกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์จากผลกระทบของอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอินต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้ไบโอดีเซลตัวทำละลายร่วมร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน โดยใช้อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส 48

รูปที่ 30 ร้อยละของไบโอดีเซลที่เวลาต่าง ๆ จากผลกระทบของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน โดยใช้อุณหภูมิ 190 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 18:1 49

รูปที่ 31 ร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลหลังหักปริมาณเมทานอลที่ระเหย ณ เวลาต่าง ๆ จากผลกระทบของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 190 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 18:1 51

รูปที่ 32 ร้อยละของไตรกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์จากผลกระทบของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 190 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 18:1 52

รูปที่ 33 ร้อยละของไดกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์จากผลกระทบของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 190 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 18:1 53

รูปที่ 34 ร้อยละของมอนอกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์จากผลกระทบของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 190 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 18:1 53

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รูปที่ 35 ร้อยละของไบโอดีเซลที่เวลาต่าง ๆ จากผลกระทบของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน โดยใช้อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 18:1 54

รูปที่ 36 ร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลหลังหักปริมาณเมทานอลที่ระเหย ณ เวลาต่าง ๆ จากผลกระทบของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 18:1 55

รูปที่ 37 ร้อยละของไตรกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์จากผลกระทบของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 18:1 57

รูปที่ 38 ร้อยละของไดกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์จากผลกระทบของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 18:1 58

รูปที่ 39 ร้อยละของมอนอกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์จากผลกระทบของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 18:1 58

รูปที่ 40 ร้อยละของไบโอดีเซลที่เวลาต่าง ๆ จากผลกระทบของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน โดยใช้อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 18:1 59

รูปที่ 41 ร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลหลังหักปริมาณเมทานอลที่ระเหย ณ เวลาต่าง ๆ จากผลกระทบของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 18:1 60

รูปที่ 42 ร้อยละของไตรกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์จากผลกระทบของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 18:1 61

รูปที่ 43 ร้อยละของไบโอดีเซลที่เวลาต่าง ๆ จากผลกระทบของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน โดยใช้อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 18:1 62

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

รูปที่ 44 ร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลหลังหักปริมาณเมทานอลที่ระเหย ณ เวลาต่าง ๆ จากผลกระทบของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 18:1 63

รูปที่ 45 ร้อยละของไตรกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์จากผลกระทบของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 18:1 65

รูปที่ 46 ร้อยละของไบโอดีเซลที่เวลาต่าง ๆ จากผลกระทบของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน โดยใช้อุณหภูมิ 190 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 6:1 66

รูปที่ 47 ร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลหลังหักปริมาณเมทานอลที่ระเหย ณ เวลาต่าง ๆ จากผลกระทบของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 190 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 6:1 67

รูปที่ 48 ร้อยละของไตรกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์จากผลกระทบของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 190 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 6:1 68

รูปที่ 49 ร้อยละของไดกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์จากผลกระทบของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 190 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 6:1 69

รูปที่ 50 ร้อยละของมอนอกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์จากผลกระทบของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 190 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 6:1 69

รูปที่ 51 ร้อยละของไบโอดีเซลที่เวลาต่าง ๆ จากผลกระทบของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน โดยใช้อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 6:1 70

รูปที่ 52 ร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลหลังหักปริมาณเมทานอลที่ระเหย ณ เวลาต่าง ๆ จากผลกระทบของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 6:1 71

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

รูปที่ 53 ร้อยละของไตรกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์จากผลกระทบของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 6:1 72

รูปที่ 54 ร้อยละของไดกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์จากผลกระทบของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 6:1 73

รูปที่ 55 ร้อยละของมอนอกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์จากผลกระทบของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 6:1 73

รูปที่ 56 ร้อยละของไบโอดีเซลที่เวลาต่าง ๆ จากผลกระทบของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน โดยใช้อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 6:1 75

รูปที่ 57 ร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลหลังหักปริมาณเมทานอลที่ระเหย ณ เวลาต่าง ๆ จากผลกระทบของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 6:1 75

รูปที่ 58 ร้อยละของไตรกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์จากผลกระทบของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 6:1 76

รูปที่ 59 ร้อยละของไบโอดีเซลที่เวลาต่าง ๆ จากผลกระทบของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน โดยใช้อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 6:1 77

รูปที่ 60 ร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลหลังหักปริมาณเมทานอลที่ระเหย ณ เวลาต่าง ๆ จากผลกระทบของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 6:1 78

รูปที่ 61 ร้อยละของไตรกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์จากผลกระทบของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 6:1 79

รูปที่ 62 แผนผังระบบทั้งหมดของเครื่องปฏิกรณ์แบบเบดนิ่ง 86

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

รูปที่ 63 แผนผังเครื่องปฏิกรณ์แบบเบดนิ่ง 87
รูปที่ 64 โครมาโตแกรมของเมทิลเอสเทอร์ผสมมาตรฐาน 95
รูปที่ 65 พีคของ GML 96
รูปที่ 66 พีคของ GMS 96
รูปที่ 67 พีคของ Palm oil 97

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและความเป็นมา

ไบโอดีเซล (Biodiesel) เป็นเชื้อเพลิงชีวภาพและเป็นเชื้อเพลิงทางเลือกที่มีการคิดค้นและผลิตขึ้นมาเพื่อทดแทนเชื้อเพลิงดีเซลที่ผลิตมาจากปิโตรเลียม เนื่องจากเมื่อเปรียบเทียบไบโอดีเซลกับดีเซลที่มาจากปิโตรเลียมแล้ว จะเห็นได้ว่า สามารถย่อยสลายได้เองทางชีวภาพ ไม่เป็นพิษ และปลดปล่อยแก๊สอันตรายอย่างคาร์บอนมอนอกไซด์ ไฮโดรคาร์บอนที่เผาไหม้ไม่สมบูรณ์ และอนุภาคขนาดเล็กน้อยกว่า ยิ่งไปกว่านั้นเครื่องยนต์ที่จะใช้ไบโอดีเซลก็ไม่จำเป็นต้องปรับแต่งเครื่องยนต์อีกด้วย [1] โดยสามารถผลิตไบโอดีเซลได้จากการทำปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชัน (Transesterification) ระหว่างน้ำมันพืชและแอลกอฮอล์ ซึ่งสารตั้งต้นหลักอย่างน้ำมันพืชแต่ละชนิดจะมีคุณสมบัติที่แตกต่างกันไป โดยจะให้ไบโอดีเซลที่มีคุณสมบัติแตกต่างกันด้วย เช่น จุดเดือด จุดวาบไฟ จุดขุ่น เลขซีเทน เป็นต้น และจะเลือกใช้สารตั้งต้นชนิดใดนั้น ขึ้นอยู่กับแต่ละประเทศมีน้ำมันพืชชนิดใดมาก ยกตัวอย่างเช่น น้ำมันปาล์ม กับน้ำมันมะพร้าว จะนิยมใช้ในเอเชีย น้ำมันถั่วเหลืองจะนิยมใช้ในอเมริกา น้ำมันเมล็ดเรพ (Rapeseeds oil) จะนิยมใช้ในยุโรป น้ำมันสบู่ดำ จะนิยมใช้ในอินเดียและอินโดนีเซีย [2] และแม้แต่น้ำมันพืชหรือสัตว์ที่ใช้แล้วก็มีการนำมาใช้ด้วย เป็นต้น [3, 4] และสารตั้งต้นอีกอย่างหนึ่งคือแอลกอฮอล์ จะใช้แอลกอฮอล์ที่มีคาร์บอนอะตอม ตั้งแต่ 1 ถึง 8 อะตอม ซึ่งแอลกอฮอล์ที่นิยมเลือกนำมาใช้ในการผลิตไบโอดีเซลมาก คือ เมทานอล (Methanol) เนื่องจากราคาถูกและมีความว่องไวต่อการเกิดปฏิกิริยาสูง โดยจะให้ผลิตภัณฑ์ไบโอดีเซลที่มีชื่อเรียกว่า แฟตตี้แอซิดเมทิลเอสเตอร์ (Fatty Acid Methyl Ester, FAME)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

การผลิตไบโอดีเซลด้วยปฏิกิริยาทรานเอสเตอริฟิเคชันสามารถทำได้โดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาได้หลากหลายชนิด ซึ่งชนิดของตัวเร่งปฏิกิริยาที่มีการใช้อยู่ในการผลิตระดับอุตสาหกรรมจริง คือ ตัวเร่งปฏิกิริยาเอกพันธ์ชนิดเบส โดยที่นิยมใช้กัน ได้แก่ โซเดียมไฮดรอกไซด์ โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ โซเดียมเมทอกไซด์ และโพแทสเซียมเมทอกไซด์ เนื่องจากตัวเร่งปฏิกิริยาชนิดนี้สามารถให้อัตราการเกิดปฏิกิริยาสูงโดยใช้ระยะเวลาในการทำปฏิกิริยาสั้น [5] อย่างไรก็ตามตัวเร่งปฏิกิริยาประเภทนี้จะถูกจำกัดไม่ให้ใช้กับน้ำมันพืชที่มีปริมาณน้ำและกรดไขมันอิสระมาก เนื่องจากจะทำให้เกิดปฏิกิริยาข้างเคียงได้ผลิตภัณฑ์เป็นสบู่ ซึ่งเรียกว่า ปฏิกิริยาสะปอนนิฟิเคชัน [6, 7] อีกทั้งในกระบวนการผลิตไบโอดีเซลที่มีการใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาเหล่านี้จะต้องใช้กระบวนการล้างที่ซับซ้อนและใช้น้ำปริมาณ

มากในการแยกตัวเร่งปฏิกิริยาเอกพันธ์ออกจากผลิตภัณฑ์ไบโอดีเซล และยังต้องบำบัดน้ำที่มีฤทธิ์เป็นเบสในปริมาณมากด้วย

ตัวเร่งปฏิกิริยาหลายชนิดได้ถูกพัฒนาขึ้น เพื่อลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากกระบวนการบำบัดน้ำเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตไบโอดีเซล ทั้งตัวเร่งปฏิกิริยาเอกพันธ์ชนิดกรด เรซินแลกเปลี่ยนไอออน เอนไซม์ กระบวนการในสภาวะวิกฤตที่ไม่ใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา และตัวเร่งปฏิกิริยาวิวิธพันธ์ ซึ่งตัวเร่งปฏิกิริยาเอกพันธ์ชนิดกรด จะช่วยลดการเกิดปฏิกิริยาสะปอนนิฟิเคชันระหว่างกรดไขมันอิสระและตัวเร่งปฏิกิริยาเอกพันธ์ชนิดเบส แต่ตัวเร่งปฏิกิริยาเอกพันธ์ชนิดกรด มีข้อจำกัด คือ จำเป็นต้องใช้แอลกอฮอล์ในปริมาณมากและใช้ระยะเวลาในการทำปฏิกิริยานาน เพื่อที่จะได้อัตราการเกิดปฏิกิริยาที่สมบูรณ์ [8] ต่อมาเป็นในสภาวะวิกฤตที่ไม่ใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา แม้จะเกิดปฏิกิริยาได้เร็ว แต่ต้องใช้อุณหภูมิและความดันที่สูงมาก [9] ส่วนเรซินสำหรับแลกเปลี่ยนไอออน และเอนไซม์ จะมีข้อจำกัด คือ จะใช้ระยะเวลานานในการทำปฏิกิริยาเพื่อให้ได้ร้อยละผลได้สูง ยิ่งไปกว่านั้นเอนไซม์ยังมีราคาสูงอีกด้วย [10, 11]

ในบรรดาตัวเร่งปฏิกิริยาทั้งหมดที่ถูกพัฒนาขึ้น ตัวเร่งปฏิกิริยาวิวิธพันธ์เป็นที่น่าสนใจ เนื่องจากสามารถนำมาใช้ในกระบวนการผลิตไบโอดีเซลโดยที่ไม่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม เพราะเหตุว่าสามารถแยกตัวเร่งปฏิกิริยาออกจากผลิตภัณฑ์ได้ง่ายด้วยการกรอง ไม่ต้องใช้น้ำปริมาณมากในการล้างจนเกิดเป็นน้ำเสีย อีกทั้งยังช่วยลดการเกิดปฏิกิริยาข้างเคียงอย่างสะปอนนิฟิเคชันด้วย โดยตัวเร่งปฏิกิริยาวิวิธพันธ์ที่นิยมนำมาศึกษาจะเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาวิวิธพันธ์ชนิดเบส ซึ่งส่วนใหญ่เป็นสารประกอบโลหะกลุ่มอัลคาไลน์และอัลคาไลน์เอิร์ธ เนื่องจากมีความเป็นเบสที่แรง [12-14] จากผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าตัวเร่งปฏิกิริยาวิวิธพันธ์ชนิดเบสจะมีปัญหาเกี่ยวกับความว่องไวในการทำปฏิกิริยาต่ำ จึงทำให้ใช้เวลาในการทำปฏิกิริยานาน เมื่อเปรียบเทียบกับตัวเร่งปฏิกิริยาเอกพันธ์ชนิดเบส เนื่องจากข้อจำกัดเกี่ยวกับความสามารถในการถ่ายโอนมวลของสารทั้ง 3 เฟส อย่างไรก็ตามหากปฏิกิริยาดำเนินการที่อุณหภูมิสูงก็สามารถช่วยลดความต้านทานในการถ่ายโอนมวล และให้ความว่องไวของปฏิกิริยาเพิ่มขึ้น ซึ่งช่วยลดเวลาในการทำปฏิกิริยาลงได้ ยกตัวอย่างเช่น ในงานวิจัยการผลิตไบโอดีเซลที่ใช้โพแทสเซียมฟอสเฟตและโพแทสเซียมคาร์บอเนต โดยใช้สภาวะการดำเนินการที่ 220 องศาเซลเซียส จะใช้เวลาในการทำปฏิกิริยา 30 นาที ซึ่งน้อยกว่าการใช้สภาวะการดำเนินการที่ 80 องศาเซลเซียส ที่ใช้เวลาในการทำปฏิกิริยาถึง 4 ชั่วโมง เพื่อให้ได้ร้อยละผลได้สูงสุด [14, 15]

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ในบรรดาตัวเร่งปฏิกิริยาวิวิธพันธ์ชนิดเบสในกลุ่มสารประกอบโลหะกลุ่มอัลคาไลน์และอัลคาไลน์เอิร์ธ โซเดียมฟอสเฟต (Sodium Phosphate, Na_3PO_4) เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาที่มีศักยภาพสำหรับปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชัน เนื่องจากไม่มีการละลายผสมกับผลิตภัณฑ์ สามารถแยกตัวเร่งปฏิกิริยาออกจากผลิตภัณฑ์ได้ง่าย ยิ่งไปกว่านั้นจากผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่า โซเดียมฟอสเฟต มีความว่องไวต่อการเกิดปฏิกิริยาสูง จึงทำให้ใช้เวลาในการทำปฏิกิริยาน้อย และให้ผลิตภัณฑ์ที่มีค่าร้อยละผลได้ที่สูง [16]

อย่างไรก็ตามข้อจำกัดเกี่ยวกับความสามารถในการถ่ายโอนมวลของสารตั้งต้นทั้ง 2 ตัวและตัวเร่งปฏิกิริยา โดยเฉพาะอย่างยิ่งการไม่ละลายกันของน้ำมันพืช และเมทานอล ในระบบตัวเร่งปฏิกิริยาวิวิธพันธ์ส่งผลให้อัตราการเกิดปฏิกิริยาและร้อยละผลได้มีค่าต่ำ ซึ่งเป็นปัญหาหลักในการพัฒนากระบวนการผลิตไบโอดีเซลให้ขยายขึ้นไปสู่การผลิตระดับอุตสาหกรรมอย่างคุ้มค่าได้ ซึ่งจะมีวิธีการแก้ไขปัญหาอยู่ 2 วิธี คือ การให้แรงเฉือนแก่สารหรือการปั่นกวน เช่น การใช้โฮโมจีไนเซอร์ และการใช้ตัวทำละลายร่วม โดยจากการทดลองเบื้องต้น วิธีการให้แรงเฉือนแก่สารนั้นจะให้ผลที่ไม่เหมาะกับการนำไปใช้ คือ เมื่อปั่นกวนสารตั้งต้น 2 ตัวแล้ว สารจะแยกออกจากกันได้ในเวลาอันสั้น จึงได้เลือกวิธีการใช้ตัวทำละลายร่วมมาช่วยทำให้น้ำมันพืชและเมทานอลที่เป็นสารตั้งต้นสามารถละลายเข้าด้วยกันได้ดีขึ้น ซึ่งในบรรดาตัวทำละลายร่วม ไบโอดีเซลเป็นตัวทำละลายร่วมที่น่าสนใจ เนื่องจากเป็นผลิตภัณฑ์ด้วยทำให้เมื่อเกิดปฏิกิริยาเสร็จเรียบร้อยก็ไม่จำเป็นต้องแยกไบโอดีเซลออก จึงทำให้ความซับซ้อนกระบวนการผลิตลดลง [17]

ในงานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยที่ศึกษาต่อจากงานวิจัยของ Thinnakorn, K. and J. Tscheikuna (2014) [16] ที่ทำการศึกษาปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอินด้วยตัวเร่งปฏิกิริยาโซเดียมฟอสเฟตในเครื่องปฏิกรณ์แบบกะ จึงทำให้งานวิจัยนี้จะทำการศึกษาผลกระทบของเมทิลเอสเทอร์ของน้ำมันปาล์มที่มีต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอินในเครื่องปฏิกรณ์แบบกะ โดยใช้โซเดียมฟอสเฟตเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1.2 จุดประสงค์ของงานวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษาผลกระทบของปริมาณเมทิลเอสเทอร์ของน้ำมันปาล์มที่มีต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอินในเครื่องปฏิกรณ์แบบกะ โดยใช้โซเดียมฟอสเฟตเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

1.3.1 ทำการทดลองโดยใช้น้ำมันปาล์มโอเลอินเป็นสารตั้งต้น

1.3.2 ทำการทดลองโดยใช้โซเดียมฟอสเฟตเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา

1.3.3 ทำการทดลองโดยใช้เมทิลเอสเทอร์ของน้ำมันปาล์มเป็นตัวทำละลายร่วม

1.3.4 ทำการทดลองโดยใช้ปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยาเท่ากับ 0.5% โดยน้ำหนักของน้ำมัน

1.3.5 ทำการทดลองโดยใช้ความเร็วรอบในการปั่นกวน 600 รอบต่อนาที

1.3.6 ทำการทดลองที่ความดัน 900 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว

1.3.7 ทำการทดลองที่ปริมาณตัวทำละลายร่วม 0% 5% 10% และ 20% โดยน้ำหนักของน้ำมัน

1.3.8 ทำการทดลองที่อัตราส่วนเมทานอลต่อน้ำมัน 1:6 1:12 และ 1:18

1.3.9 ทำการทดลองที่อุณหภูมิ 60 100 140 และ 190 องศาเซลเซียส

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 ตัวทำละลายร่วมอย่างเมทิลเอสเทอร์ของน้ำมันปาล์มสามารถช่วยให้ปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันดำเนินการในเครื่องปฏิกรณ์แบบกะได้ โดยใช้โซเดียมฟอสเฟตเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ซึ่งสามารถนำไปพัฒนากระบวนการผลิตให้ใช้ได้จริงในระดับอุตสาหกรรมอย่างคุ้มค่าได้

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยนี้จัดทำขึ้นเพื่อศึกษาผลกระทบของตัวทำละลายร่วมที่มีต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอินในเครื่องปฏิกรณ์แบบกะ โดยใช้โซเดียมฟอสเฟตเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ซึ่งเป็นวิธีการหนึ่งในการผลิตไบโอดีเซล ดังนั้นจึงได้นำทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องมาประยุกต์ใช้เพื่อเป็นแนวทางการศึกษาสำหรับงานวิจัยนี้

2.1 คุณสมบัติของไบโอดีเซล

ไบโอดีเซลเป็นเชื้อเพลิงทางเลือกที่ได้มีการผลิตขึ้นมา เพื่อทดแทนเชื้อเพลิงดีเซลที่ผลิตมาจากปิโตรเลียม โดยเชื้อเพลิงไบโอดีเซลนี้เป็นเชื้อเพลิงที่มาจากทางชีวภาพ จึงกล่าวได้ว่าไบโอดีเซลเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมมากกว่าเชื้อเพลิงดีเซลที่มาจากทางปิโตรเลียม ยิ่งไปกว่านั้นเมื่อเทียบกับดีเซลแล้วไบโอดีเซลจะมีคุณสมบัติของเชื้อเพลิงที่ใกล้เคียงกับปิโตรเลียมดีเซล และเมื่อนำไปใช้จึงไม่จำเป็นต้องปรับเปลี่ยนเครื่องยนต์ อีกทั้งยังปลดปล่อยแก๊สอันตรายอย่างคาร์บอนมอนอกไซด์ ไฮโดรคาร์บอนที่เผาไหม้ไม่สมบูรณ์ และอนุภาคขนาดเล็กน้อยกว่า เช่น อนุภาคขนาดเล็กจะถูกปลดปล่อยจากการใช้ไบโอดีเซลน้อยกว่าปิโตรเลียมดีเซลประมาณ 77% อย่างไรก็ตามการใช้ไบโอดีเซลจะปลดปล่อยไนตรัสออกไซด์ออกมามากกว่าการใช้ปิโตรเลียมดีเซล ประมาณ 12% [1, 18]

จากที่กล่าวมาข้างต้น จะพบว่าคุณสมบัติบางประการของไบโอดีเซลจะคล้ายคลึงกับปิโตรเลียมดีเซล และบางประการก็จะดีกว่าปิโตรเลียมดีเซล โดยสามารถเปรียบเทียบคุณสมบัติต่าง ๆ ระหว่างปิโตรเลียมดีเซลและไบโอดีเซล ดังตารางที่ 1 [19]

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 1 การเปรียบเทียบคุณสมบัติของเชื้อเพลิงระหว่างปิโตรเลียมดีเซลและไบโอดีเซล

คุณสมบัติของเชื้อเพลิง	ปิโตรเลียมดีเซล	ไบโอดีเซล
	ASTM D975	ASTM D6751
ค่าความร้อนต่ำ (Lower Heating Value) หน่วย Btu/gal	~129,050	~118,170
ความหนืดไคนีมาติก (Kinematic viscosity) ที่ 40 องศาเซลเซียส หน่วย cSt	1.3-4.1	4.0-6.0
ความถ่วงจำเพาะ ที่ 60 องศาเซลเซียส หน่วยกรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร	0.85	0.88

คาร์บอน % โดยน้ำหนัก	87	77
ไฮโดรเจน % โดยน้ำหนัก	13	123
ออกซิเจน % โดยน้ำหนัก	0	11
ซัลเฟอร์ หน่วย ppm	500	0
จุดเดือด หน่วยองศาเซลเซียส	180-340	315-350
จุดวาบไฟ (Flash point) หน่วยองศาเซลเซียส	60-80	100-170
จุดขุ่น (Cloud point) หน่วยองศาเซลเซียส	-15 ถึง 5	-3 ถึง 12
จุดไหลเท (Pour point) หน่วยองศาเซลเซียส	-35 ถึง -15	-15 ถึง 10
เลขซีเทน	40-50	48-65
ความหล่อลื่น (Lubricity HFRR) หน่วยไมครอน	300-600	<300

2.2 เทคโนโลยีในการผลิตไบโอดีเซล

ปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชัน เป็นหนึ่งในปฏิกิริยาที่นิยมสำหรับการผลิตไบโอดีเซล โดยการนำน้ำมันพืชมาทำปฏิกิริยากับเมทานอลได้ผลิตภัณฑ์เป็นไบโอดีเซลหรือแฟตตี้แอซิดเมทิลเอสเทอร์ ซึ่งปฏิกิริยานี้จะประกอบด้วยการเกิดปฏิกิริยาย่อย 3 ปฏิกิริยาพร้อม ๆ กัน ดังแสดงใน**รูปที่ *1*** ปฏิกิริยาย่อยของปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันรูปที่ 1 [20]

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ปฏิกิริยาย่อยที่ 1 ไตรกลีเซอไรด์ที่มีอยู่ในน้ำมันพืชจะทำปฏิกิริยากับเมทานอลได้ผลิตภัณฑ์เป็นไดกลีเซอไรด์และแฟตตี้แอซิดเมทิลเอสเทอร์

ปฏิกิริยาย่อยที่ 2 ไดกลีเซอไรด์จะทำปฏิกิริยากับเมทานอลได้ผลิตภัณฑ์เป็นโมโนกลีเซอไรด์และแฟตตี้แอซิดเมทิลเอสเทอร์

ปฏิกิริยาย่อยที่ 3 โมโนกลีเซอไรด์จะทำปฏิกิริยากับเมทานอลได้ผลิตภัณฑ์เป็นกลีเซอรอลและแฟตตี้แอซิดเมทิลเอสเทอร์

$$TG + CH_3OH \Leftrightarrow R_1COOCH_3 + DG$$

$$DG + CH_3OH \Leftrightarrow R_2COOCH_3 + MG$$

$$MG + CH_3OH \Leftrightarrow R_3COOCH_3 + GL$$

รูปที่ 1 ปฏิกิริยาย่อยของปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชัน

โดยปฏิกิริยาย่อยทั้งสามปฏิกิริยานี้จะเป็นปฏิกิริยาที่สามารถผันกลับได้ทุกปฏิกิริยา ซึ่งเมื่อรวมปฏิกิริยาย่อยเข้าด้วยกันจะได้ปฏิกิริยาโดยรวมของปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันที่สามารถผันกลับได้ โดยสารตั้งต้นจะใช้น้ำมันพืช 1 โมล ทำปฏิกิริยากับเมทานอล 3 โมล จะได้ผลิตภัณฑ์เป็นแฟตตี้แอซิดเมทิลเอสเทอร์ 3 โมล และกลีเซอรอล 1 โมล ดังแสดงในรูปที่ 2

$$TG + 3CH_3OH \Leftrightarrow 3RCOOCH_3 + GL$$

รูปที่ 2 ปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันโดยรวม

ในปัจจุบันมีเทคโนโลยีหลากหลายที่จะใช้ผลิตไบโอดีเซล ซึ่งแต่ละเทคโนโลยีจะแตกต่างกันที่สารตั้งต้นที่ใช้ ตัวเร่งปฏิกิริยา และสภาวะที่ใช้ในการดำเนินการ ดังแสดงใน**ผิดพลาด! ไม่พบแหล่งการอ้างอิง** [21]

ตารางที่ 2 เทคโนโลยีในการผลิตไบโอดีเซล

เทคโนโลยี / ตัวแปร	ตัวเร่งปฏิกิริยาเอกพันธ์		ตัวเร่งปฏิกิริยาวิวิธพันธ์	ตัวเร่งปฏิกิริยาเอนไซม์	กระบวนการในสภาวะวิกฤต
	เบส	กรด			
อุณหภูมิที่ใช้ทำปฏิกิริยา	60-70	55-80	180-220	30-40	239-385
กรดไขมันในสารตั้งต้น	เกิดสบู่	เกิดเอสเทอร์	ไม่เกิดปฏิกิริยา	เกิดเอสเทอร์	เกิดเอสเทอร์
น้ำในสารตั้นต้น	ขัดขวางการเกิดปฏิกิริยา	ขัดขวางการเกิดปฏิกิริยา	ไม่เกิดปฏิกิริยา	ไม่เกิดปฏิกิริยา	-
ร้อยละผลได้	ปกติ	ปกติ	ปกติ	สูง	ดี
การเอากลีเซอรอลกลับคืน	ยาก	ยาก	ง่าย	ง่าย	-
การทำให้ไบโอดีเซลบริสุทธิ์	ล้างหลายครั้ง	ล้างหลายครั้ง	ง่าย	ไม่มี	-
ค่าใช้จ่ายของตัวเร่ง	ถูก	ถูก	ถูกและมี	แพง	ปานกลาง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ปฏิกิริยา			ประสิทธิภาพ		

2.2.1 ตัวเร่งปฏิกิริยาเอกพันธ์ (Homogeneous catalyst)

ตัวเร่งปฏิกิริยาเอกพันธ์ชนิดเบส เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาชนิดที่นิยมใช้กัน และมีการใช้ในการผลิตไบโอดีเซลระดับอุตสาหกรรมจริง ในสภาวะอุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส (จุดเดือดของเมทานอลที่ความดันบรรยากาศ) และโดยทั่วไปตัวเร่งปฏิกิริยาเอกพันธ์ชนิดเบสที่ใช้กัน ได้แก่ โซเดียมไฮดรอกไซด์ โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ โซเดียมเมทอกไซด์ และโพแทสเซียมเมทอกไซด์ เนื่องจากตัวเร่งปฏิกิริยาชนิดนี้สามารถให้อัตราการเกิดปฏิกิริยาสูงโดยใช้ระยะเวลาในการทำปฏิกิริยาสั้น [5] อย่างไรก็ตามตัวเร่งปฏิกิริยาประเภทนี้จะมีข้อจำกัด คือ ไม่ให้ใช้กับน้ำมันพืชที่มีปริมาณน้ำและกรดไขมันอิสระมาก เนื่องจากจะทำให้เกิดปฏิกิริยาข้างเคียงสะปอนนิฟิเคชัน [6, 7] ได้ผลิตภัณฑ์เป็นสบู่ ซึ่งไปขัดขวางการเกิดปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชัน และทำให้แยกไบโอดีเซลกับกลีเซอรอลได้ยากขึ้นด้วย ส่งผลให้ร้อยละผลได้ลดลง

S.T. Keera et al. (2011) [22] ได้ทำการศึกษาปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันจากน้ำมันถั่วเหลืองและน้ำมันเมล็ดฝ้าย โดยใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ซึ่งทำการทดลองในเครื่องปฏิกรณ์แบบกะ ที่อัตราส่วนโดยโมลระหว่างเมทานอลต่อน้ำมันตั้งแต่ 3:1 ถึง 9:1 เวลาที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาตั้งแต่ 1 ถึง 3 ชม. และใช้ปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยาตั้งแต่ 0.5% ถึง 1.5% โดยมวล พบว่า ที่อัตราส่วนโดยโมลระหว่างเมทานอลต่อน้ำมันพืชที่ 6:1 เวลาที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาเท่ากับ 1 ชม. และใช้ปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยา 1% โดยมวล ณ อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส จะให้ร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลดีที่สุด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตัวเร่งปฏิกิริยาเอกพันธ์ชนิดกรด เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาที่เหมาะสมกับสารตั้งต้นที่มีปริมาณกรดไขมันอิสระสูง เนื่องจากสามารถเปลี่ยนกรดไขมันอิสระไปเป็นแฟตตี้แอซิดเมทิลเอสเทอร์ผ่านปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเคชัน อีกทั้งยังสามารถเปลี่ยนไตรกลีเซอไรด์ที่เหลือในน้ำมันไปเป็นแฟตตี้แอซิดเมทิลเอสเทอร์ผ่านปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันไปพร้อม ๆ กันได้ อย่างไรก็ตามจะมีข้อเสียตรงที่จะต้องใช้อุณหภูมิสำหรับทำปฏิกิริยาสูง เวลาในการทำปฏิกิริยาก็นานกว่าตัวเร่งปฏิกิริยาเอกพันธ์ชนิดเบสถึง 4 เท่า และต้องใช้อัตราส่วนโดยโมลระหว่างเมทานอลต่อน้ำมันประมาณ 5 เท่าของตัวเร่งปฏิกิริยาเอกพันธ์ชนิดเบสอีกด้วย นอกจากนี้ยังอ่อนไหวต่อน้ำในน้ำมันด้วยหากมีปริมาณสูง

Aijaz Baig and Flora T. T. Ng (2010) [23] ได้ทำการศึกษาปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันจากน้ำมันถั่วเหลืองที่มีปริมาณกรดไขมันปาล์มมิติก 10% โดยมวล โดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาชนิดกรด พบว่า ที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส อัตราส่วนโดยโมลระหว่างเมทานอลต่อน้ำมันพืชที่ 27:1 ปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยา 3% โดยมวล และเวลาที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาเท่ากับ 10 ชม. ถึงจะให้อัตราการแปรผันเป็นผลิตภัณฑ์ไบโอดีเซลถึง 93.95% โดยมวล

2.2.2 กระบวนการในสภาวะวิกฤต (Supercritical technology)

เป็นเทคโนโลยีในการผลิตไบโอดีเซลอีกทางเลือกหนึ่งที่ไม่มีใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา โดยปฏิกิริยาจะเกิดได้สมบูรณ์ภายในเวลาอันสั้น แต่จำเป็นต้องใช้อุณหภูมิและความดันที่สูง ซึ่งในสภาวะวิกฤตนี้ น้ำมันกับเมทานอลที่เป็นสารตั้งต้น จะสามารถผสมเป็นเฟสเดียวกันได้ ทำให้ไม่มีผลจากการถ่ายโอนมวลสารระหว่างสารตั้งต้นทั้งสองเฟส จึงส่งผลให้ปฏิกิริยาเกิดได้อย่างทันทีและรวดเร็ว ยิ่งไปกว่านั้นยังสามารถใช้สารตั้งต้นที่มีปริมาณน้ำและกรดไขมันอิสระเจือปนอยู่ได้ เนื่องจากไม่มีการใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาเบสที่สามารถทำให้เกิดสบู่ได้

S. Saka and D. Kusdiana (2001) [24] ได้ทำการศึกษาปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันจากน้ำมันเมล็ดเรพ พบว่า การทดลองใช้เวลา 4 นาที ที่อัตราส่วนโดยโมลระหว่างเมทานอลต่อน้ำมัน 42:1 โดยใช้ความดันสูงกว่า 80 บาร์ และใช้อุณหภูมิสูงกว่า 240 องศาเซลเซียส ซึ่งจะได้ร้อยละผลได้สูงกว่า 98% และกรดไขมันอิสระก็สามารถทำปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเคชันไปในเวลาเดียวกันด้วย

2.2.3 ตัวเร่งปฏิกิริยาเอนไซม์ (Enzymatic catalyst)

เอนไซม์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาทางชีวภาพ โดยเอนไซม์สามารถทนน้ำและกรดไขมันอิสระที่มีอยู่ในน้ำมันได้ กล่าวคือ ไม่ทำให้เกิดสบู่ และสามารถแยกออกจากผลิตภัณฑ์ได้ง่าย ยิ่งไปกว่านั้นยังสามารถใช้ซ้ำและฟื้นฟูสภาพได้หลายครั้งอีกด้วย อย่างไรก็ตามหากต้องการอัตราการแปรผันสูงจะต้องใช้เวลาในการทำปฏิกิริยานาน และปัญหาหลักของการใช้เอนไซม์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา คือ ราคาแพง

Antczak et al. [25] ได้ทำการศึกษาปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันต่าง ๆ ที่ใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาเอนไซม์ไลเปส ซึ่งมีสารตั้งต้นที่เป็นน้ำมันและแอลกอฮอล์หลายชนิด พบว่าร้อยละผลได้ที่ดีที่สุด 94.8% หลังปฏิกิริยาเกิดมา 8 ชม.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.2.4 ตัวเร่งปฏิกิริยาวิวิธพันธ์ (Heterogeneous catalyst)

2.2.4.1 ตัวเร่งปฏิกิริยาวิวิธพันธ์ที่อุณหภูมิต่ำ

ตัวเร่งปฏิกิริยาวิวิธพันธ์ถูกพัฒนาขึ้นมาเพื่อใช้แทนตัวเร่งปฏิกิริยาเอกพันธ์ เนื่องจากสามารถแยกออกจากผลิตภัณฑ์ได้ง่าย สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ มีอายุการใช้งานที่นาน และเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม โดยในการศึกษาปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันจะนิยมเป็นพวกตัวเร่งปฏิกิริยาวิวิธพันธ์ชนิดเบสที่เป็นสารประกอบโลหะกลุ่มอัลคาไลน์และอัลคาไลน์เอิร์ธ ซึ่งแคลเซียมออกไซด์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาวิวิธพันธ์ที่นิยมใช้กันมาก

Kouzu et al. (2008) [26] ได้ทำการศึกษาปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันจากน้ำมันถั่วเหลืองภายใต้รีฟลักซ์ของเมทานอล โดยมีตัวเร่งปฏิกิริยา ได้แก่ แคลเซียมออกไซด์ แคลเซียมไฮดรอกไซด์ และแคลเซียมคาร์บอเนต ซึ่งร้อยละผลได้ คือ 93% สำหรับแคลเซียมออกไซด์ 12% แคลเซียมไฮดรอกไซด์ และ 0% แคลเซียมคาร์บอเนต เมื่อเวลาผ่านไป 1 ชม. จากนั้นจึงนำแคลเซียมออกไซด์ออกมาทดสอบทำปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันกับน้ำมันที่ใช้แล้วที่มีค่าความเป็นกรด 5.1 มิลลิกรัมโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ต่อกรัม โดยร้อยละผลได้ คือ 99% เมื่อเวลาผ่านไป 2 ชม. อย่างไรก็ตามตัวเร่งปฏิกิริยานี้จะเปลี่ยนรูปไปเป็นสบู่แคลเซียมโดยการทำปฏิกิริยากับกรดไขมันอิสระในน้ำมันที่ใช้แล้วในช่วงแรกของการเกิดปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชัน

S.T. Jiang et al. [27] ได้ทำการศึกษาปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันจากน้ำมันเมล็ดเรพโดยใช้โซเดียมฟอสเฟตเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ในเครื่องปฏิกรณ์แบบกะ พบว่า สภาวะที่ก่อให้เกิดผลิตภัณฑ์ได้ดี คือ ใช้ปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยา 3% โดยมวล ที่อัตราส่วนโดยโมลระหว่างเมทานอลต่อน้ำมันเป็น 9:1 ณ อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส และความเร็วรอบ 600 รอบต่อนาที ซึ่งปฏิกิริยาเกือบจะเกิดได้อย่างสมบูรณ์ภายในเวลา 20 นาที ทำให้เขาสรุปว่า โซเดียมฟอสเฟตมีความสามารถเหมือนกับตัวเร่งปฏิกิริยาวิวิธพันธ์ และนอกจากนี้ยังสามารถใช้ซ้ำได้ถึง 8 รอบ โดยที่ความสามารถไม่ลดลงอย่างเห็นได้ชัดและไม่จำเป็นต้องฟื้นฟูด้วย

2.2.4.2 ตัวเร่งปฏิกิริยาวิวิธพันธ์ที่อุณหภูมิสูง

ปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันโดยทั่วไปมักจะทำปฏิกิริยาที่อุณหภูมิ 65-70 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นจุดเดือดของเมทานอล แต่ถ้าหากต้องการจะเร่งอัตราการเกิดปฏิกิริยาก็สามารถทำได้โดยการเพิ่มปริมาณเมทานอลหรือตัวเร่งปฏิกิริยา หรือจะใช้วิธีเพิ่มอุณหภูมิขึ้นด้วยก็ได้ เพื่อที่จะลดเวลาในการทำปฏิกิริยาให้สั้นลง

Ayhan Demirbas [28] แคลเซียมออกไซด์แสดงให้เห็นว่ามีอัตราการเกิดปฏิกิริยาที่ช้าที่อุณหภูมิต่ำ แต่เมื่อเพิ่มอุณหภูมิไปเป็น 250 องศาเซลเซียส ปฏิกิริยาจะเกิดการแปรผันได้อย่างสมบูรณ์ภายในเวลา 6 นาที

Jian-Zhong Yin et al. [29] เป็นงานวิจัยที่ได้ทำการปรับปรุงสภาวะในการดำเนินการแบบวิกฤต เนื่องจากเป็นสภาวะดำเนินการที่ใช้อุณหภูมิและความดันสูง ทำให้ไม่สามารถนำมาใช้งานจริงได้ แม้ว่ากระบวนการในสภาวะวิกฤตเป็นสภาวะที่ดีมากในการเกิดปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันโดยไม่ใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาก็ตาม จึงได้นำตัวเร่งปฏิกิริยาโซเดียมซิลิเกตมาใช้ในปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชัน พร้อมทั้งใช้อุณหภูมิและความดันที่ต่ำกว่าสภาวะวิกฤต โดยจากการทดลองแสดงให้เห็นว่าเมื่อใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา 0.5% โดยน้ำหนัก ณ อุณหภูมิ 220 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที จะได้ร้อยละผลได้ของผลิตภัณฑ์ถึง 95.6%

Melero et al. [30] ได้ทำการศึกษาปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันพืชดิบและน้ำมันพืชที่บริสุทธิ์โดยใช้กรดซัลโฟนิคบนโครงสร้างขนาดกลางเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา (Sulfonic acid-modified meso-structured catalyst) พบว่าตัวเร่งปฏิกิริยาชนิดนี้ให้ร้อยละผลได้ของผลิตภัณฑ์มากกว่า 95% ภายใต้สภาวะ อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส และมีอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันเป็น 20:1 เมื่อใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา 6% โดยน้ำหนัก

Thinnakorn, K. et al. [16] ได้ทำการศึกษาปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันจากน้ำมันปาล์มโอเลอิน โดยใช้โซเดียมฟอสเฟตเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ในเครื่องปฏิกรณ์แบบกะ พบว่า สภาวะที่ก่อให้เกิดผลิตภัณฑ์ได้ดี คือ ใช้ปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยา 1% โดยมวล ที่อัตราส่วนโดยโมลระหว่างเมทานอลต่อน้ำมันเป็น 18:1 ณ อุณหภูมิ 210 องศาเซลเซียส และความเร็วรอบ 600 รอบต่อนาที ซึ่งจะได้ร้อยละผลได้ของผลิตภัณฑ์ถึง 98.5% ภายในเวลา 30 นาที

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

2.2.5 ตัวทำละลายร่วม (Co-solvent)

การผลิตไบโอดีเซลด้วยปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชัน โดยทั่วไปจะใช้น้ำมันและเมทานอลเป็นสารตั้งต้น ซึ่งน้ำมันและเมทานอลจะมีปัญหาเรื่องการไม่ละลายกัน ทำให้อัตราการเกิดปฏิกิริยาช้าลง จึงได้มีการนำตัวทำละลายร่วมมาช่วยทำให้น้ำมันและเมทานอลสามารถละลายเข้าด้วยกันได้ดีขึ้น เพื่อที่จะเพิ่มอัตราการถ่ายโอนมวลสารให้ดีขึ้น ส่งผลให้อัตราเกิดปฏิกิริยาเร็วขึ้น

S Doungsri et al. [31] ได้ทำการศึกษาสมดุลวัฏภาคของเหลว-ของเหลวของของผสม 3 องค์ประกอบ 2 ชนิด ได้แก่ เมทานอล ไบโอดีเซล และน้ำมันปาล์ม และ ไบโอดีเซล น้ำมันปาล์ม และ

กลีเซอรอล พบว่า เส้นโค้งของเมทานอล ไบโอดีเซล และน้ำมันปาล์ม จะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิที่เปลี่ยนไปอย่างมีนัยสำคัญ ในขณะที่เส้นโค้งของไบโอดีเซล น้ำมันปาล์ม และกลีเซอรอล แสดงให้เห็นการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยกับอุณหภูมิที่เปลี่ยนไป

Phuong Duc Luu et al. [32] ได้ทำการศึกษาปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันจากน้ำมันที่ใช้ทำอาหารแล้ว โดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ และใช้อะซิโตนเป็นตัวทำละลายร่วม ซึ่งทำการศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมในการทำปฏิกิริยา พบว่า ที่อัตราส่วนโดยโมลระหว่างเมทานอลและน้ำมัน 5:1 ใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา 1% โดยมวล ใช้อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส และใช้ตัวทำละลายไบโอดีเซล 20% โดยมวลของน้ำมัน จะได้ผลิตภัณฑ์ที่มีความบริสุทธิ์ถึง 98% ภายในเวลา 30 นาที นอกจากนี้ยังทำการตรวจสอบปริมาณของสิ่งที่ปนติดไปกับผลิตภัณฑ์ ได้แก่ ปริมาณน้ำ 104 ppm ปริมาณเมทานอล 95 ppm และปริมาณอะซิโตน 247 ppm

Zoran B. Todorović et al. [17] ได้ทำการศึกษาปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันจากน้ำมันดอกทานตะวัน โดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาแคลเซียมออกไซด์ และใช้ไบโอดีเซลเป็นตัวทำละลายร่วม ซึ่งทำการศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมในการทำปฏิกิริยา พบว่า ที่อัตราส่วนโดยโมลระหว่างเมทานอลและน้ำมัน 7.1:1 ใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา 0.74 โมลต่อลิตร ใช้อุณหภูมิ 52 องศาเซลเซียส และใช้ตัวทำละลายไบโอดีเซล 10% โดยมวลของน้ำมัน จะได้ผลิตภัณฑ์สูงถึง 98.9% ภายในเวลา 1.5 ชม.

M.Hashemzadeh Gargari et al. [33] ได้ทำการศึกษาปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันจากน้ำมันเมล็ดฝ้าย โดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาแคลเซียมออกไซด์ และใช้ไดเอทิลอีเทอร์เป็นตัวทำละลายร่วม ซึ่งทำการศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมในการทำปฏิกิริยา พบว่า ที่อัตราส่วนโดยโมลระหว่างไดเอทิลอีเทอร์และเมทานอล 1.19:1 อัตราส่วนโดยโมลระหว่างเมทานอลและน้ำมัน 9.48:1 และใช้อัตราการไหล 1.37 มิลลิลิตรต่อนาที โดยมีการใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา 160 กรัม และอุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส จะได้ร้อยละผลได้ของผลิตภัณฑ์ถึง 98.08% ภายในเวลา 180 นาที

Vlada B.Veljkovic et.al [34] ได้ทำการศึกษาปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันระหว่างน้ำมันดอกทานตะวันกับเมทานอล โดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาเป็นแคลเซียมออกไซด์ปริมาณร้อยละ 5 โดยมวลของน้ำมัน ซึ่งทำการทดลองที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส อัตราส่วนโดยโมลเมทานอลต่อน้ำมันเป็น 6:1 และใช้ตัวทำละลายร่วมเตตระไฮโดรฟูแรนในปริมาณร้อยละ 0 20 30 50 และ 100 โดยมวลของน้ำมัน ผลปรากฏว่า ที่ปริมาณตัวทำละลายร่วมร้อยละ 0 และ 20 จะให้ผลที่ไม่แตกต่างกัน แต่ที่ปริมาณตัวทำละลายร่วมเกินร้อยละ 20 ปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันจะเกิดได้ช้าลง และที่ตัวทำ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ละลายร่วมร้อยละ 20 และ 30 จะเห็นว่า ในช่วงต้นของการทำปฏิกิริยา ปฏิกิริยาจะเกิดได้เร็วกว่าการไม่ใส่ตัวทำละลายร่วม แต่หลังจากในช่วงต้นของการทำปฏิกิริยา ที่ตัวทำละลายร่วมร้อยละ 20 อัตราการเกิดปฏิกิริยาจะใกล้เคียงการไม่ใส่ตัวทำละลายร่วม แต่ในส่วนของตัวทำละลายร่วมร้อยละ 30 อัตราการเกิดปฏิกิริยาจะช้ากว่าการไม่ใส่ตัวทำละลายร่วม และร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลยังน้อยกว่าการไม่ใส่ตัวทำละลายร่วม ซึ่งสาเหตุคาดว่าเกิดจากตัวทำละลายร่วมที่ใส่เข้าไป จะไปเจือจางสารตั้งต้น ทำให้ความเข้มข้นของสารตั้งต้นลดลง ส่งผลให้ปฏิกิริยาเกิดได้ช้าลง

Martin Hajek et al. [35] ได้ทำการศึกษาทดลองตัวทำละลายร่วมชนิดต่าง ๆ ในปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชัน โดยใช้น้ำมันเมล็ดเรฟกับเมทานอลเป็นสารตั้งต้น ใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาวิวิธพันธ์เป็น Mg-Al ใช้ความเร็วรอบในการปั่นกวนเท่ากับ 300 รอบต่อนาที ใช้อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส และเวลา 6 ชั่วโมงในการทำปฏิกิริยา ซึ่งผลปรากฏว่า เมื่อใช้เตตระไฮโดรฟูแรนเป็นตัวทำละลายร่วมจะได้ร้อยละโดยมวลของไบโอดีเซลเป็น 42 ส่วนตัวทำละลายร่วมอย่างเอทิลอะซีเตทกับไดเอทิลอีเทอร์ จะได้ร้อยละโดยมวลของไบโอดีเซลเป็น 39.5 และสุดท้ายตัวทำละลายร่วมเฮกเซนกับอะซิโตน จะได้ร้อยละโดยมวลของไบโอดีเซลเป็น 29.6 โดยหากเทียบกับการไม่ใช้ตัวทำละลายร่วม จะได้ร้อยละโดยมวลของไบโอดีเซลเป็น 72 ซึ่งการไม่ใช้ตัวทำละลายร่วมจะให้ร้อยละโดยมวลของไบโอดีเซลสูงกว่าการใช้ตัวทำละลายร่วม คาดว่ามีสาเหตุมาจากตัวทำละลายร่วมที่ใส่เข้าไป จะไปเจือจางสารตั้งต้น ทำให้ความเข้มข้นลดลง ส่งผลให้เกิดปฏิกิริยาได้น้อยลง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

2.3 ข้อสรุปจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องในปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชัน

2.3.1 ชนิดและปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยา

ตัวเร่งปฏิกิริยาที่นิยมใช้งานในปัจจุบันจะเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาประเภทเบสเอกพันธ์ เช่น โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ โซเดียมเมทอกไซด์ เป็นต้น ซึ่งตัวเร่งปฏิกิริยาประเภทเบสจะทำให้เกิดปฏิกิริยาได้ดีกว่าตัวเร่งปฏิกิริยาประเภทกรดในระยะเวลาอันสั้น อย่างไรก็ตามการใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาเบสเอกพันธ์นั้นจะสามารถทำให้เกิดปฏิกิริยาข้างเคียงสะปอนนิฟิเคชันส่งผลให้เกิดสบู่ได้ และต้องใช้น้ำปริมาณมากในการล้างในขั้นตอนทำไบโอดีเซลให้บริสุทธิ์อีกด้วย ทำให้ต้องบำบัดน้ำปริมาณมาก เพราะส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ฉะนั้นแล้วตัวเร่งปฏิกิริยาประเภทเบสวิวิธพันธ์จึงเป็นอีกทางเลือกที่น่าสนใจ เนื่องจากสามารถนำมาใช้ในกระบวนการผลิตไบโอดีเซลโดยที่ไม่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม เพราะเหตุว่าสามารถแยกตัวเร่งปฏิกิริยาออกจากผลิตภัณฑ์ได้ง่ายด้วยการกรอง ไม่

ต้องใช้น้ำปริมาณมากในการล้างจนเกิดเป็นน้ำเสีย อีกทั้งยังช่วยลดการเกิดปฏิกิริยาข้างเคียงอย่างสะปอนนิฟิเคชันด้วย และในส่วนของปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยานั้น จะส่งผลต่อร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลเป็นอย่างมาก เนื่องจากเป็นการเพิ่มพื้นที่ของตำแหน่งว่องไวในการเกิดปฏิกิริยา นอกจากนี้ที่จุดสมดุล การเพิ่มปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยาไม่ได้ช่วยเพิ่มร้อยละผลได้ของไบโอดีเซล ฉะนั้นไม่จำเป็นต้องใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาในปริมาณที่สูงมากเกินไป

2.3.2 ความเร็วรอบในการปั่นกวน

ความเร็วรอบในการปั่นกวนสามารถเพิ่มอัตราการเกิดปฏิกิริยาในช่วงแรกได้ เนื่องจากการเพิ่มความเร็วรอบในการปั่นกวนจะทำให้อัตราการถ่ายโอนมวลระหว่างวัฏภาคของน้ำมันพืชและเมทานอลสูงขึ้น ซึ่งการใช้ความเร็วรอบที่เหมาะสมจะทำให้สามารถกำจัดช่วงที่ปฏิกิริยาถูกควบคุมด้วยอัตราการถ่ายโอนมวลระหว่างวัฏภาคได้

2.3.3 อุณหภูมิ

อุณหภูมิที่ใช้ในการศึกษาปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันมีตั้งแต่อุณหภูมิต่ำไปจนถึงอุณหภูมิสูง ซึ่งการเพิ่มอุณหภูมิจะช่วยให้อัตราการเกิดปฏิกิริยาสูงขึ้น และเพิ่มร้อยละผลได้ของไบโอดีเซล แต่การเพิ่มอุณหภูมิที่สูงมากเกินไปก็อาจส่งผลต่อผลิตภัณฑ์ได้ เช่น กลีเซอรอลมีสีเข้มขึ้น ซึ่งอาจเกิดจากการย่อยสลาย (decompose) ได้

2.3.4 อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันพืช

อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันพืชที่ใช้ในการศึกษาปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันมีตั้งแต่อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันพืช 3:1 ไปจนถึง 30:1 ซึ่งอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันพืชที่สูงขึ้นจะช่วยให้อัตราการเกิดปฏิกิริยาสูงขึ้น และเพิ่มร้อยละผลได้ของไบโอดีเซล เนื่องจากเมทานอลที่มากขึ้น จะช่วยให้น้ำมันพืชละลายเข้ากับเมทานอลได้ดีมากขึ้น แต่การเพิ่มอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันพืชที่มากเกินไปก็ไม่ได้ช่วยทำให้อัตราการเกิดปฏิกิริยาสูงขึ้นเสมอไป เพราะน้ำมันพืชจะละลายในวัฏภาคเมทานอลได้จำกัดแค่ปริมาณหนึ่งเท่านั้น

2.3.5 ชนิดและปริมาณตัวทำละลายร่วม

ตัวทำละลายร่วมที่เหมาะสมจะทำให้น้ำมันพืชและเมทานอลละลายเข้าด้วยกันได้ดีมากยิ่งขึ้น ส่งผลให้อัตราการเกิดปฏิกิริยาสูงขึ้น และร้อยละผลได้สุดท้ายของไบโอดีเซลสูงขึ้น ซึ่งสามารถทำให้ปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันใช้อุณหภูมิหรืออัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันพืชต่ำลงได้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

โดยที่ร้อยละผลได้ของผลิตภัณฑ์ใกล้เคียงกัน อย่างไรก็ตาม ตัวทำละลายร่วมก็ไม่ควรที่จะใช้ในปริมาณที่สูงมากเกินไป เนื่องจากทำให้ความเข้มข้นของสารตั้งต้นลดลงหรือก็คือเจือจาง ส่งผลให้อัตราการเกิดปฏิกิริยาต่ำลงได้

จากข้อสรุปจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องในปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชัน แสดงให้เห็นว่า การใช้ตัวทำละลายร่วมจะมีโอกาสที่ทำให้อุณหภูมิหรืออัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันพืชที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาต่ำลงได้ โดยที่ร้อยละผลได้ของผลิตภัณฑ์ยังคงใกล้เคียงกัน ซึ่งมีผลต่อขอบเขตในงานวิจัยในหัวข้อ 1.3 คือ ศึกษาผลกระทบของอุณหภูมิ อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันพืช และปริมาณตัวทำละลายร่วม แต่อย่างไรก็ตาม ในส่วนของผลกระทบจากความเร็วรอบในการปั่นกวนจะไม่ถูกศึกษาในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ เนื่องจากงานวิจัยในอดีต แสดงให้เห็นว่า ผลกระทบของความเร็วในการปั่นกวนต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันนั้นชัดเจน คือ เมื่อเพิ่มความเร็วในการปั่นกวนจะทำให้อัตราการเกิดปฏิกิริยาสูงขึ้น จนถึงความเร็วในการปั่นกวนค่าหนึ่ง ซึ่งหากเพิ่มความเร็วในการปั่นกวนไปมากกว่านี้แล้ว จะไม่ทำให้อัตราการเกิดปฏิกิริยาสูงขึ้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 3
การทดลองและการวิเคราะห์

3.1 สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง

1. น้ำมันปาล์มโอเลอิน เกรดอาหารและซื้อจากตลาดท้องถิ่นในแบรนด์ของโอลีน โดยใช้เป็นสารตั้งต้น

2. เมทานอล เกรดอุตสาหกรรม (ความบริสุทธิ์ 99.84% โดยมวล) โดยใช้เป็นสารตั้งต้น

3. ไตรโซเดียมฟอสเฟต โดเดคาไฮเดรต ($Na_3PO_4.12H_2O$) จาก Ajax Chemical โดยใช้เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา

4. ไบโอดีเซล จากโรงงานน้ำมันพืชปทุม โดยใช้เป็นตัวทำละลายร่วม

5. กรดอะซิติก เกรดวิเคราะห์ โดยใช้สำหรับการหยุดปฏิกิริยา

6. โซเดียมซัลเฟตแอนไฮดรัส โดยใช้กำจัดน้ำออกจากตัวอย่าง

7. เฮปเทน (C_7H_{16}) เกรดวิเคราะห์ ความบริสุทธิ์ 99.99% โดยมวล โดยใช้เป็นตัวทำละลายสำหรับการวิเคราะห์สารตัวอย่าง

8. เมทิลเดคาโนเอต เกรดวิเคราะห์ จาก Supelco โดยใช้เป็น internal standard สำหรับการวิเคราะห์สารตัวอย่างด้วยเครื่องมือแก๊สโครมาโตกราฟี

9. ไพริดีน เกรดวิเคราะห์ โดยใช้เป็นส่วนผสมในการวิเคราะห์สารตัวอย่างด้วยเครื่องมือแก๊สโครมาโตกราฟี

10. MSTFA เกรดวิเคราะห์ โดยใช้เป็นส่วนผสมในการวิเคราะห์สารตัวอย่างด้วยเครื่องมือแก๊สโครมาโตกราฟี

11.Standard FAME mixed (RCO_2CH_3, R= C8:0, C10:0, C12:0, C13:0, C14:1, C14:0, C16:1, C16:0, C17:0, C18:3, C18:2, C18:1 Cis, C18:1 Trans, C18:0, C20:1, C20:0, C22:1, C22:0) ของ Sigma-Aldrich โดยใช้เป็นมาตรฐานในการบ่งชี้พีคของ FAME แต่ละคาร์บอนที่แตกต่างกัน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

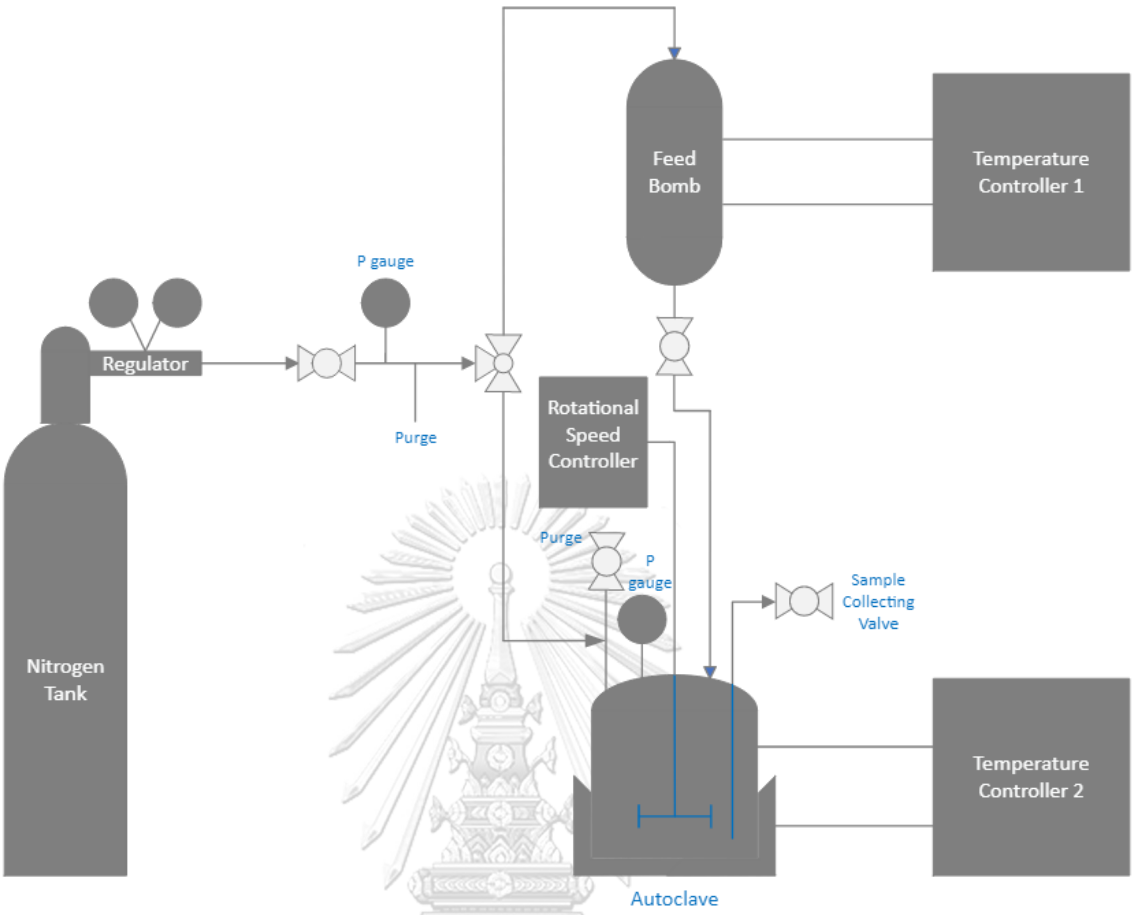
3.2 วิธีการเตรียมตัวเร่งปฏิกิริยา

ในงานวิจัยนี้ได้มีการเลือกใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาโซเดียมฟอสเฟต (Na_3PO_4) ในรูปของ $Na_3PO_4 \cdot 12H_2O$ เนื่องจากมีความเสถียรและราคาถูก ซึ่งในการเตรียมตัวเร่งปฏิกิริยานี้จะต้องทำการไล่น้ำออกจากโมเลกุลก่อนที่จะนำไปใช้งาน อันเนื่องมาจากในงานวิจัยของ S.T. Jiang et al. [27] และ Thinnakorn, K. et al. [16] แสดงให้เห็นว่าน้ำในตัวเร่งปฏิกิริยาโซเดียมฟอสเฟตมีผลขัดขวางการทำปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชัน ซึ่งทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีร้อยละผลได้ลดต่ำลง โดยการไล่น้ำออกจะต้องนำโซเดียมฟอสเฟตไปอบในเตาที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชม. ซึ่งในช่วง 1-2 ชั่วโมงแรกของการอบนั้น จะต้องนำโซเดียมฟอสเฟตออกมาคนทุก ๆ 10 นาที เพื่อให้น้ำที่ออกมาระเหยได้ดีและไม่ไปทำให้โซเดียมฟอสเฟตเกาะติดกันเป็นก้อน หลังจากอบไล่น้ำเป็นเวลา 24 ชม.แล้ว ให้นำไปแคลไซด์ต่อในเตาเผาที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 ชม. สุดท้ายนำตัวเร่งปฏิกิริยาที่ผ่านการแคลไซด์แล้วไปเก็บไว้ในเดซิเคเตอร์ (Desiccator)

3.3 ขั้นตอนในการดำเนินการทดลอง

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาผลกระทบของตัวทำละลายร่วมที่มีต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน โดยใช้โซเดียมฟอสเฟตเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ซึ่งจะเลือกใช้เครื่องปฏิกรณ์แบบกะ (Batch Reactor) โดยแสดงการทำงานของระบบเครื่องปฏิกรณ์ทั้งระบบดังรูปที่ 3

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



รูปที่ 3 แผนผังระบบทั้งหมดของเครื่องปฏิกรณ์แบบกะ

จากรูปที่ 3 จะเห็นว่าการทดลองจะทำในเครื่อง Autoclave ที่ทำมาจากสแตนเลสขนาด 2 ลิตร ซึ่งติดตั้งเข้ากับเครื่องควบคุมความเร็วในการปั่นกวนและเครื่องควบคุมอุณหภูมิ รวมทั้งถังแก๊สไนโตรเจน เพื่อรักษาความดันภายในขณะทำปฏิกิริยาไว้ที่ 900 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว โดยเริ่มจากการนำตัวเร่งปฏิกิริยาใส่ลงในตะกร้าและนำไปผูกไว้บริเวณตรงกลางเครื่องปฏิกรณ์ จากนั้นจึงใส่เมทานอลลงไปในปริมาณที่กำหนด และทำการไล่อากาศในเครื่องปฏิกรณ์ออกด้วยแก๊สไนโตรเจน เพื่อไม่ให้มีแก๊สออกซิเจนเหลือในระบบ ส่วนบอมบ์จะถูกใส่น้ำมันลงไปในปริมาณที่กำหนด และทำการไล่อากาศด้วยแก๊สไนโตรเจนเช่นเดียวกับเครื่องปฏิกรณ์ ต่อมาจึงทำการปั่นกวนเครื่องปฏิกรณ์ด้วยความเร็วคงที่ 600 รอบต่อนาที และให้ความร้อนทั้งเครื่องปฏิกรณ์และบอมบ์ จนถึงอุณหภูมิที่ต้องการ จากนั้นเมื่อเครื่องปฏิกรณ์และบอมบ์ถึงอุณหภูมิที่กำหนดแล้ว จึงทำการเพิ่มความดันในบอมบ์จนถึงความดันที่ต้องการ เพื่ออาศัยผลต่างความดันในการป้อนน้ำมันจากบอมบ์เข้าสู่เครื่องปฏิกรณ์เพื่อเริ่มทำปฏิกิริยา และรักษาความดันในเครื่องปฏิกรณ์ให้คงที่ จากนั้นจึงทำการเก็บตัวอย่าง ณ เวลาต่าง ๆ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตามที่กำหนด โดยตัวอย่างที่ได้จะนำมาหยดกรดอะซิติกความเข้มข้นร้อยละ 10 โดยน้ำหนัก เพื่อหยุดปฏิกิริยา สุดท้ายจึงนำตัวอย่างมาล้างด้วยน้ำร้อน และแยกเฉพาะส่วนที่เป็นเฟสน้ำมันออกมา เพื่อนำไปวิเคราะห์หาปริมาณเมทิลเอสเทอร์ต่อด้วยเครื่องมือแก๊สโครมาโตกราฟี

3.4 สภาวะที่ใช้ในการทดลอง

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง จึงสามารถสรุปและเลือกสภาวะการทดลองได้ดังตารางที่ 3

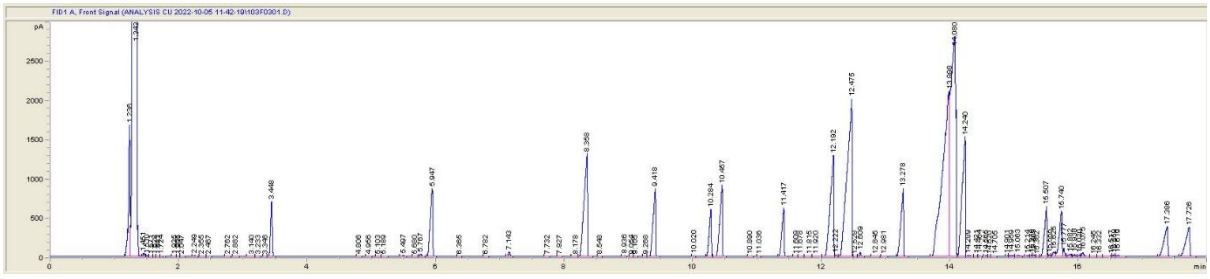
ตารางที่ 3 สภาวะที่ใช้ในการทดลอง

สภาวะที่ใช้ในการทดลอง	
สารตั้งต้น	น้ำมันปาล์มโอเลอิน
ตัวเร่งปฏิกิริยา	โซเดียมฟอสเฟต
ตัวทำละลายร่วม	ไบโอดีเซล
ความดัน	900 psi
ปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยา	0.5 wt.%
ปริมาณตัวทำละลายร่วม	0% 5% 10% และ 20% โดยน้ำหนักของน้ำมัน
อัตราส่วนเมทานอลต่อน้ำมัน	1:6 1:12 และ 1:18
อุณหภูมิ	60 100 140 และ 190 องศาเซลเซียส

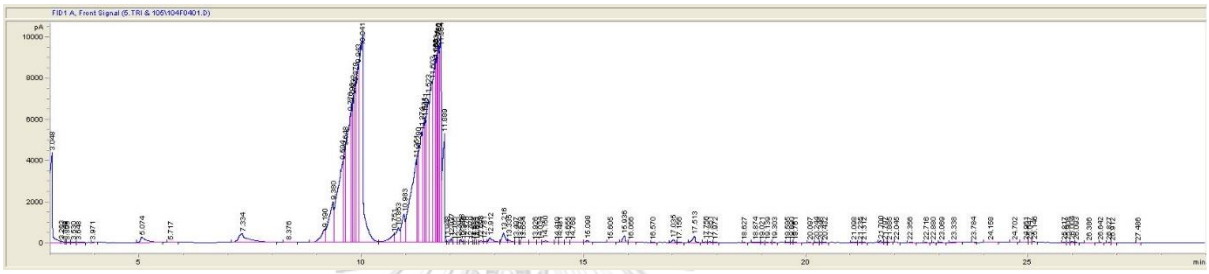
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3.5 การวิเคราะห์ผลการทดลอง

การวิเคราะห์เพื่อหาปริมาณไบโอดีเซลและปริมาณกลีเซอไรด์ทั้งหลายจากตัวอย่างที่ได้จากการทดลองด้วยเครื่องมือแก๊สโครมาโตกราฟีตามวิธีการมาตรฐาน EN14103 และ EN14105 ตามลำดับ โดยใช้เครื่องมือแก๊สโครมาโตกราฟีรุ่น Agilent 7890A ซึ่งประกอบไปด้วยแคปปิลลารี่คอลัมน์ชนิด SH-I-5HT มีเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 0.32 มิลลิเมตร ยาว 15 เมตร และชั้นฟิล์มภายในคอลัมน์หนา 0.1 ไมโครเมตร โดยตัวอย่างโครมาโตแกรมที่เป็นผลลัพธ์จากการวิเคราะห์ด้วยเครื่องมือแก๊สโครมาโตกราฟีนี้ด้วยวิธีการมาตรฐาน EN14103 และ EN14105 ตามลำดับ จะแสดงดังในรูปที่ 4 และรูปที่ 5



รูปที่ 4 ตัวอย่างโครมาโตแกรมของ Standard FAME mixed จากการวิเคราะห์ด้วยมาตรฐาน EN14103



รูปที่ 5 ตัวอย่างโครมาโตแกรมของไบโอดีเซลจากการวิเคราะห์ด้วยมาตรฐาน EN14105

โดยสภาวะในการดำเนินการวิเคราะห์เพื่อหาปริมาณไบโอดีเซลและปริมาณกลีเซอไรด์ต่าง ๆ เหล่านี้ในตัวอย่าง จะแสดงดังตารางที่ 4 และ ตารางที่ 5 ตามลำดับ

ตารางที่ 4 สภาวะในการดำเนินการวิเคราะห์เพื่อหาปริมาณไบโอดีเซลด้วยเครื่องมือแก๊สโครมาโตกราฟีตามมาตรฐาน EN14103

สภาวะในการดำเนินการวิเคราะห์เพื่อหาปริมาณไบโอดีเซล	
คอลัมน์	SH-I-5HT (ความมีขั้วต่ำ)
ตัวตรวจจับรับผล (Detector)	Flame Ionization (FID)
แก๊สพา (Carrier gas)	ฮีเลียม
อัตราการไหลของแก๊สพา	1.1608 มิลลิลิตรต่อนาที
อุณหภูมิของตัวตรวจจับรับผล	380 องศาเซลเซียส
อุณหภูมิของหัวฉีด	370 องศาเซลเซียส
อุณหภูมิเริ่มต้นของคอลัมน์	80 องศาเซลเซียส
อุณหภูมิสุดท้ายของคอลัมน์	370 องศาเซลเซียส
อัตราการให้ความร้อน	10 องศาเซลเซียสต่อนาที

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 5 สภาวะในการดำเนินการวิเคราะห์เพื่อหาปริมาณกลีเซอไรด์ต่าง ๆ ด้วยเครื่องมือแก๊สโครมาโตกราฟีตามมาตรฐาน EN14105

สภาวะในการดำเนินการวิเคราะห์เพื่อหาปริมาณกลีเซอไรด์ต่าง ๆ	
คอลัมน์	SH-I-5HT (ความมีขั้วต่ำ)
ตัวตรวจจับรับผล (Detector)	Flame Ionization (FID)
แก๊สพา (Carrier gas)	ไฮโดรเจน
ความดันของแก๊สพา	11.6 ปอนต่อตารางนิ้ว
อุณหภูมิของตัวตรวจจับรับผล	380 องศาเซลเซียส
อุณหภูมิของหัวฉีด	370 องศาเซลเซียส
อุณหภูมิเริ่มต้นของคอลัมน์	80 องศาเซลเซียส
อุณหภูมิสุดท้ายของคอลัมน์	370 องศาเซลเซียส

3.6 การคำนวณ

3.6.1 การคำนวณหาปริมาณสารในตัวอย่างจากผลการวิเคราะห์ด้วยเครื่องมือแก๊สโครมาโตกราฟีโดยใช้แฟกเตอร์ตอบสนอง (Response factor)

นอกจากผลวิเคราะห์โครมาโตแกรมแล้ว ในการคำนวณหาปริมาณของสารในตัวอย่างจะต้องใช้แฟกเตอร์ตอบสนองในการคำนวณด้วย ซึ่งสมการที่ใช้ในการหาค่าแฟกเตอร์ตอบสนองของสารแต่ละชนิดนั้นจะแสดงในภาคผนวก ฉะนั้นจะได้สมการที่ใช้ในการคำนวณหาปริมาณของสารในตัวอย่างแต่ละชนิดนั้นเป็นดังนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

$$\text{ร้อยละโดยมวลของสารชนิดหนึ่งในตัวอย่าง} = \frac{A_i \times M_{IS}}{A_{IS} \times M \times R.F._i} \times 100$$

โดย A_i คือ พื้นที่ของพีคสารที่ต้องการทราบ

A_{IS} คือ พื้นที่ของพีคสารมาตรฐานภายใน (Internal Standard)

M_{IS} คือ มวลของสารมาตรฐานภายใน (Internal Standard)

M คือ มวลของสารตัวอย่างที่นำมาวิเคราะห์

R.F. คือ ค่าแฟกเตอร์ตอบสนองของสารที่ต้องการทราบ

3.6.2 การคำนวณหาร้อยละผลได้โดยมวลของไบโอดีเซล (% yield)

ในการคำนวณหาร้อยละผลได้โดยมวลของไบโอดีเซล โดยในที่นี้นิยามร้อยละผลได้โดยมวลของไบโอดีเซล คือ ความเข้มข้นของไบโอดีเซลที่เกิดขึ้นทั้งหมด (โดยมวลต่อมวล) ต่อความเข้มข้นของน้ำมันปาล์มโอเลอินเริ่มต้น (โดยมวลต่อมวล) ที่ป้อนเข้าไป และในการทดลองนี้ได้มีการใช้ไบโอดีเซลซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ของปฏิกิริยา เป็นตัวทำละลายร่วม จึงทำให้การคำนวณหามวลของไบโอดีเซลที่เกิดขึ้นทั้งหมด จะต้องหักมวลของไบโอดีเซลตอนเริ่มต้นที่ป้อนเข้าไปด้วย ดังแสดงในสมการนี้

$$\text{ร้อยละผลได้โดยมวลของไบโอดีเซล} = \frac{\text{ความเข้มข้นโดยมวลของไบโอดีเซลที่เกิดขึ้นทั้งหมด} - \text{ความเข้มข้นโดยมวลของไบโอดีเซลเริ่มต้น}}{\text{ความเข้มข้นโดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอินเริ่มต้น}}$$

3.6.3 การคำนวณค่าความคลาดเคลื่อน (errors)

ในการคำนวณหาค่าความคลาดเคลื่อนที่ใช้อธิบายผลของการทดลองและวิเคราะห์ในงานวิจัยนี้ จะมีอยู่ 2 ประเภท ได้แก่ ความคลาดเคลื่อนในเชิงบวก (positive error) และความคลาดเคลื่อนในเชิงลบ (negative error) เมื่อเทียบกับค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่ได้จากผลการทดลองและวิเคราะห์ โดยแสดงสมการการคำนวณดังนี้

$$\text{ค่าเฉลี่ยของข้อมูล} = \frac{\text{ผลรวมของข้อมูลทั้งหมด}}{\text{จำนวนของข้อมูล}}$$

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

$$\text{ค่าความคลาดเคลื่อนในเชิงบวก} = \text{ข้อมูลที่มีค่าสูงสุด} - \text{ค่าเฉลี่ยของข้อมูล}$$

$$\text{ค่าความคลาดเคลื่อนในเชิงลบ} = \text{ค่าเฉลี่ยของข้อมูล} - \text{ข้อมูลที่มีค่าต่ำสุด}$$

บทที่ 4
ผลการทดลองและการอภิปราย

ในงานวิจัยนี้ได้มีการศึกษาผลกระทบของเมทิลเอสเตอร์ของน้ำมันปาล์มซึ่งใช้เป็นตัวทำละลายร่วมในปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ในเครื่องปฏิกรณ์แบบกะ โดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาวิวิธพันธ์เป็นโซเดียมฟอสเฟตที่ปริมาณร้อยละ 0.5 โดยมวลของน้ำมันปาล์ม และใช้ความเร็วรอบในการปั่นกวนเท่ากับ 600 รอบต่อนาที โดยรักษาความดันไว้ที่ 900 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว เพื่อที่จะศึกษาผลของแต่ละตัวแปรต่าง ๆ อันได้แก่ อุณหภูมิ อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน และปริมาณของตัวละลายร่วม โดยการทดลองงานศึกษาวิจัยนี้ จะทำการทดลองที่อุณหภูมิ 60 100 140 และ 190 องศาเซลเซียส อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอินเป็น 6:1 12:1 และ 18:1 และปริมาณของตัวทำละลายร่วมเป็นร้อยละ 0 5 10 และ 20 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน โดยใช้เวลาในการทำปฏิกิริยา 120 นาที ผลการทดลองที่ได้จะนำมาอภิปรายดังนี้

4.1 ผลกระทบของอุณหภูมิต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อไม่มีตัวทำละลายร่วม

4.2 ผลกระทบของตัวแปรต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้ไบโอดีเซลเป็นตัวทำละลายร่วม

4.2.1 ผลกระทบของอุณหภูมิ

4.2.2 ผลกระทบของอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน

4.2.3 ผลกระทบของปริมาณตัวทำละลายร่วม

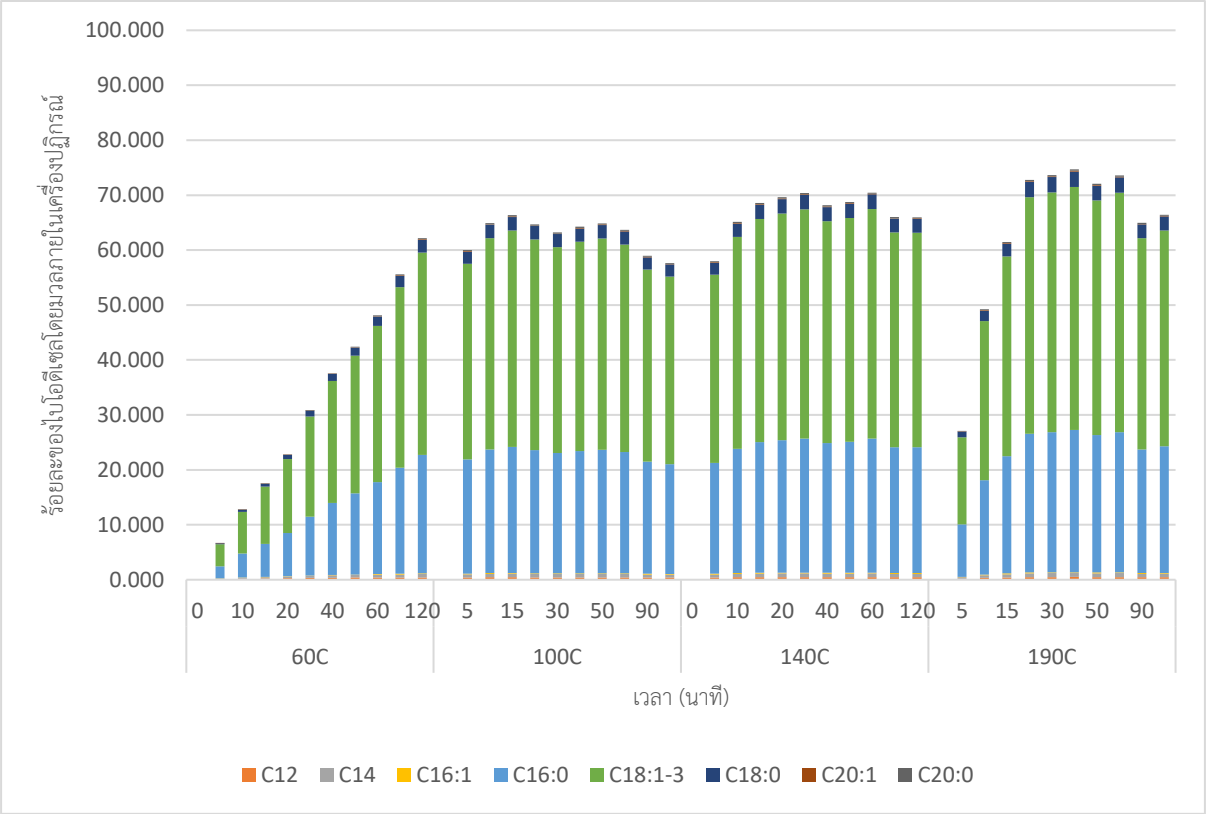
4.3 ลักษณะพฤติกรรมของน้ำมันปาล์มโอเลอินและเมทานอลที่สภาวะอุณหภูมิสูง

4.4 คุณสมบัติของไบโอดีเซลที่ผลิตได้จากงานวิจัยนี้

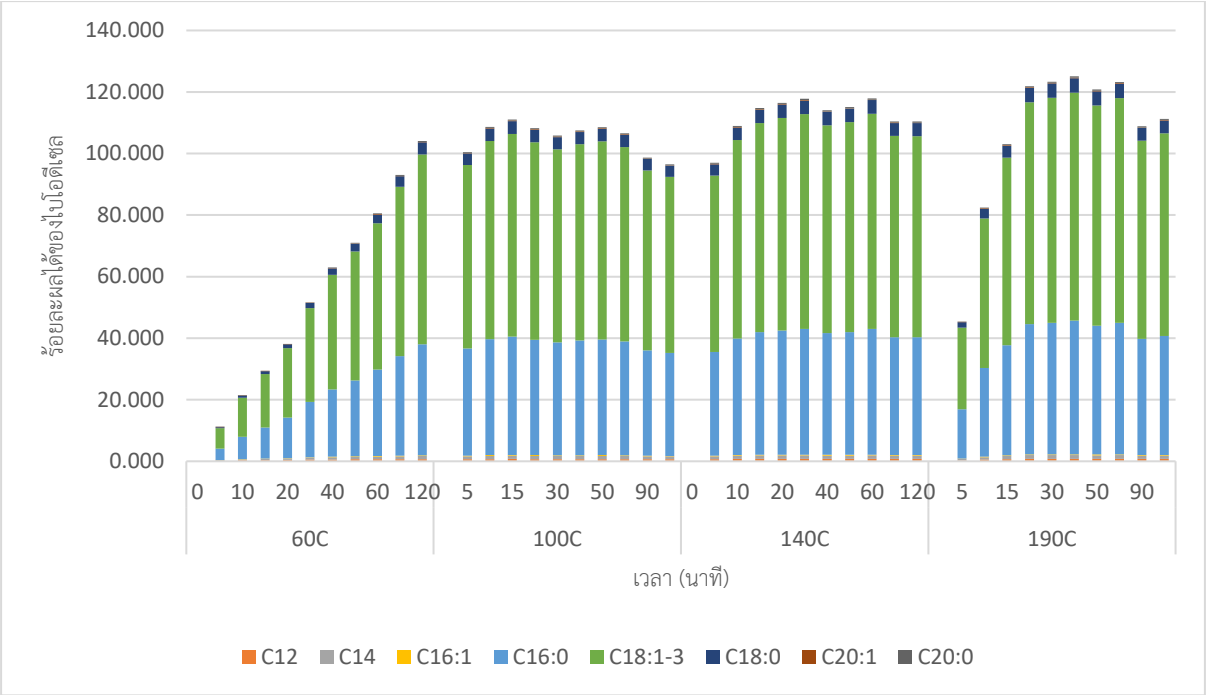
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4.1 ผลกระทบของอุณหภูมิต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อไม่มีตัวทำละลายร่วม

ในการศึกษาผลกระทบของอุณหภูมิต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อไม่มีตัวทำละลายร่วมนี้ จะทำการทดลองที่อุณหภูมิ 60 100 140 และ 190 องศาเซลเซียส โดยใช้อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มเป็น 18:1



รูปที่ 6 ร้อยละของไบโอดีเซลโดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์ที่เวลาต่าง ๆ จากผลกระทบของอุณหภูมิต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อไม่มีตัวทำละลายร่วม โดยใช้อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มเป็น 18:1



รูปที่ 7 ร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลจากผลกระทบของอุณหภูมิต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อไม่มีตัวทำละลายร่วม โดยใช้อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มเป็น 18:1

จากรูปที่ 6 และรูปที่ 7 ผลกระทบของอุณหภูมิต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อไม่มีตัวทำละลายร่วม แสดงให้เห็นว่า ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่ต่ำสุดในการทดลองนี้ มีค่าร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลน้อยที่สุดเมื่อเทียบกับร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลที่อุณหภูมิต่าง ๆ ในเวลาเดียวกัน และในส่วนของอุณหภูมิ 100 140 และ 190 องศาเซลเซียส จะมีค่าร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลที่สูงขึ้นอย่างรวดเร็ว แม้เวลาผ่านไปเพียงแค่ 5 นาที ค่าร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลก็มีความใกล้เคียงกับค่าร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลในช่วงท้ายของการเกิดปฏิกิริยา ยกเว้นที่อุณหภูมิ 190 องศาเซลเซียส จะเห็นได้ว่าในช่วงแรกของการเกิดปฏิกิริยา ค่าร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลจะมีค่าต่ำกว่าค่าร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลที่ 100 และ 140 องศาเซลเซียส แต่เมื่อเวลาผ่านไปค่าร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลอุณหภูมิ 190 องศาเซลเซียส ก็มีความใกล้เคียงกับค่าร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลที่ 100 และ 140 องศาเซลเซียส และมีค่าสูงสุดในช่วงท้ายของปฏิกิริยา ดังแสดงในตารางที่ 6

เมื่อพิจารณาค่าร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลในช่วงเริ่มต้นที่อุณหภูมิ 60 100 และ 140 องศาเซลเซียส และค่าร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลในช่วงท้ายที่อุณหภูมิ 60 100 140 และ 190 องศา

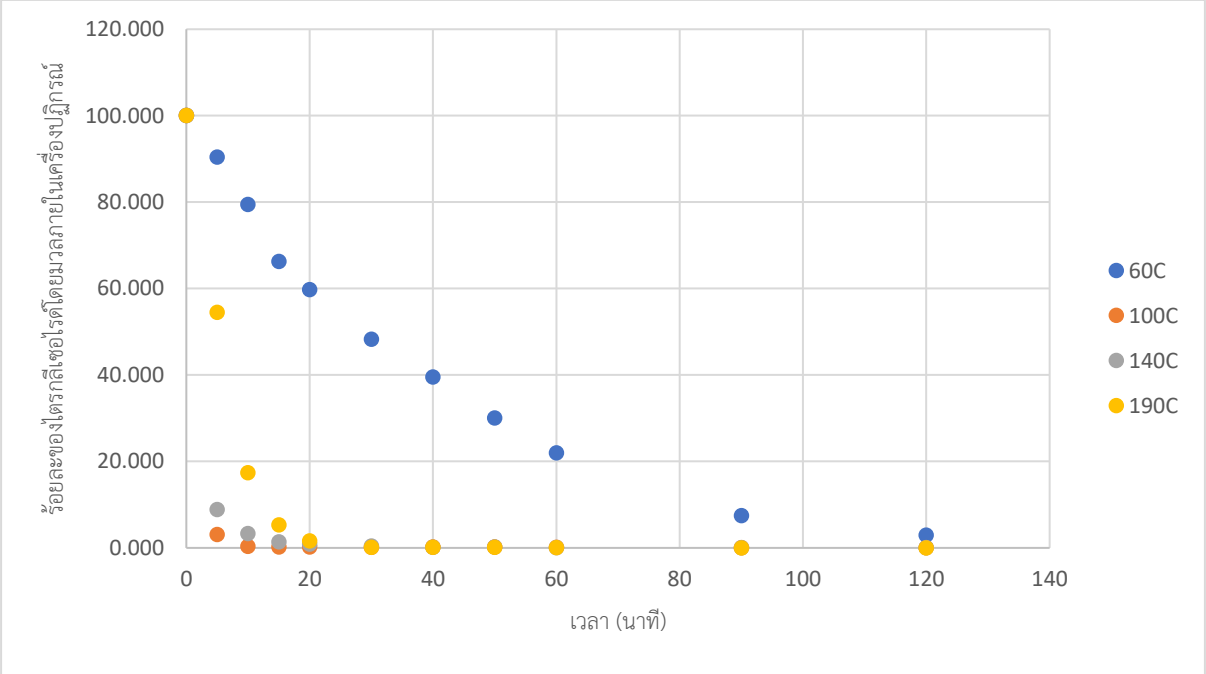
เซลเซียส จะเห็นว่าภาพรวมของการเพิ่มอุณหภูมิจะทำให้อัตราการเกิดปฏิกิริยาในช่วงเริ่มต้นสูงขึ้น ซึ่งเป็นไปตามกฎอัตรา (rate law) แต่เมื่อพิจารณาค่าร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลในช่วงเริ่มต้นที่อุณหภูมิ 190 องศาเซลเซียส ปรากฏว่า นอกจากที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสแล้ว อุณหภูมิที่เหลืออย่าง 100 และ 140 องศาเซลเซียส กลับได้ค่าร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลในช่วงเริ่มต้นมากกว่าที่อุณหภูมิ 190 องศาเซลเซียส อันเนื่องมาจากในการทำการทดลอง จะเริ่มจากการเพิ่มอุณหภูมิของเครื่องปฏิกรณ์และบอมบ์ให้ถึงอุณหภูมิที่กำหนดก่อน จากนั้นค่อยเพิ่มความดันในส่วนของบอมบ์ให้ได้ตามที่กำหนด แล้วจะอาศัยผลต่างความดันในบอมบ์และเครื่องปฏิกรณ์ในการป้อนน้ำมันปาล์มโอเลอินจากบอมบ์สู่เครื่องปฏิกรณ์ ซึ่งภายในเครื่องปฏิกรณ์หลังเพิ่มอุณหภูมิที่กำหนดจะมีเพียงเมทานอลเท่านั้น ซึ่งมีจุดเดือดต่ำ (64.7 องศาเซลเซียส) ทำให้เกิดการระเหยจนในเครื่องปฏิกรณ์มีความดันค่าหนึ่งได้ และเมื่อป้อนน้ำมันปาล์มโอเลอินเข้าสู่เครื่องปฏิกรณ์พร้อมกับความดันที่เพิ่มขึ้นจนได้ค่าที่กำหนด ในส่วนของเมทานอลที่ระเหยอยู่ยังต้องอาศัยเวลาในการปรับตัวเข้าสู่สมดุล ทำให้ในช่วงเริ่มต้นปริมาณเมทานอลที่เป็นของเหลวอยู่ในอุณหภูมิที่สูงนั้นเหลือปริมาณในการทำปฏิกิริยาน้อยจนส่งผลให้ปฏิกิริยาเกิดได้ช้าลง ทำให้ค่าร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลในช่วงเริ่มต้นที่อุณหภูมิ 190 องศาเซลเซียสนั้นต่ำลง โดยที่ไม่สามารถเพิ่มความดันให้ได้ตามที่กำหนดก่อนเพิ่มอุณหภูมิเนื่องมาจากว่าความดันจะเพิ่มสูงขึ้นตามอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นด้วย ทำให้ความดันเกินขีดจำกัดที่อุปกรณ์กำหนดไว้และเกิดอันตรายได้ ซึ่งในส่วนของอุณหภูมิ 100 และ 140 องศาเซลเซียส จะให้ค่าร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลในช่วงเริ่มต้นต่ำลงเช่นเดียวกัน เพียงแต่ที่อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอินที่ 18:1 จะมีเมทานอลอยู่ในปริมาณมาก ทำให้เห็นผลได้ไม่ชัดเจนเท่ากับที่อุณหภูมิ 190 องศาเซลเซียส

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 6 ผลกระทบของอุณหภูมิต่อร้อยละผลได้ของไบโอดีเซล เมื่อไม่มีตัวทำละลายร่วม โดยใช้อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอินที่ 18:1

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	ร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลที่เวลา 5 นาที	ร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลในช่วงท้ายของปฏิกิริยา
60	11.2	104.1
100	100.5	96.5
140	97.0	110.4
190	45.4	111.3

นอกจากนี้ยังได้ศึกษาผลกระทบของอุณหภูมิต่อการเกิดปฏิกิริยาของไตรกลีเซอไรด์ดังแสดงในรูปที่ 8ซึ่งได้ผลลัพธ์สอดคล้องกับร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลในช่วงเริ่มต้นดังที่ได้อธิบายไป คือ ที่อุณหภูมิต่ำสุดในการทดลอง 60 องศาเซลเซียส ไตรกลีเซอไรด์จะเกิดปฏิกิริยาได้ช้าที่สุด โดยเป็นไปตามกฎอัตรา แต่เมื่ออุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้น ในช่วงแรกที่เมทานอลยังระเหยอยู่และต้องปรับตัวเข้าสู่สมดุลใหม่นั้น ทำให้เมทานอลที่เป็นของเหลว ณ ที่อุณหภูมิสูงอย่าง 190 องศาเซลเซียส เหลือปริมาณน้อยกว่าเมทานอลที่อุณหภูมิต่ำกว่าอย่าง 140 และ 100 องศาเซลเซียสตามลำดับ ส่งผลให้อัตราการเกิดปฏิกิริยาของไตรกลีเซอไรด์ในช่วงเริ่มต้นต้นที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เร็วกว่าที่อุณหภูมิ 140 และ 190 องศาเซลเซียสตามลำดับ



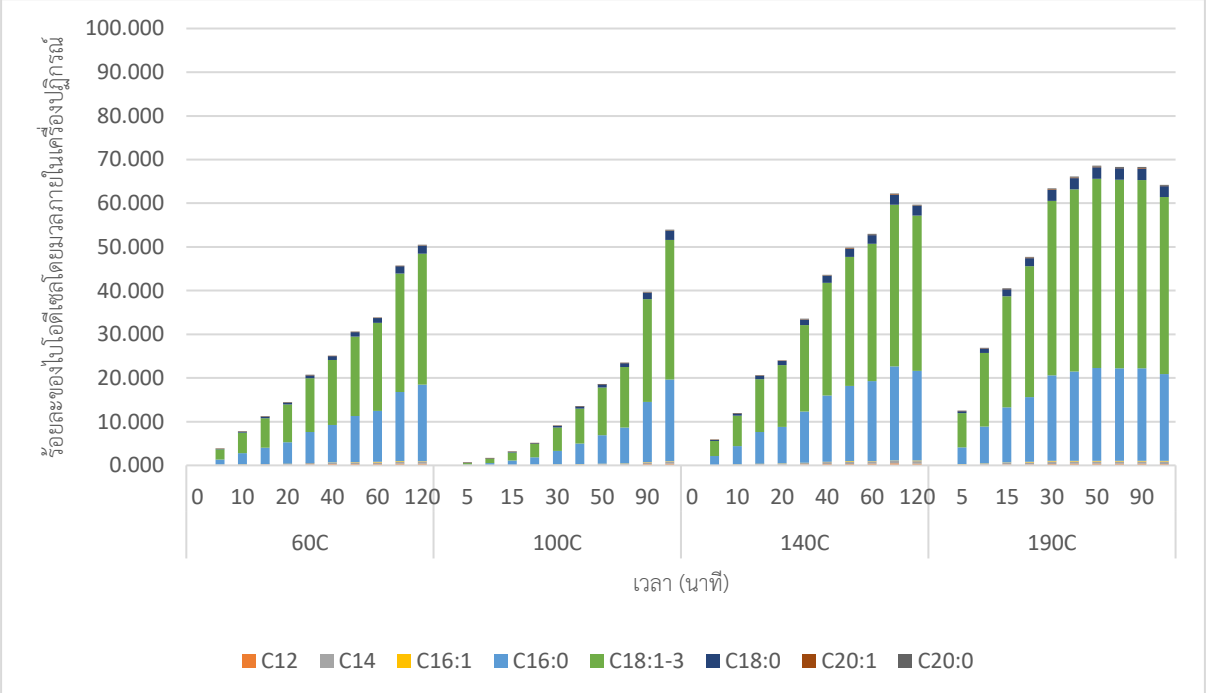
รูปที่ 8 ร้อยละของไตรกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์จากผลกระทบของอุณหภูมิต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อไม่มีตัวทำละลายร่วม โดยใช้อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มเป็น 18:1

4.2 ผลกระทบของตัวแปรต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้ไบโอดีเซลเป็นตัวทำละลายร่วม

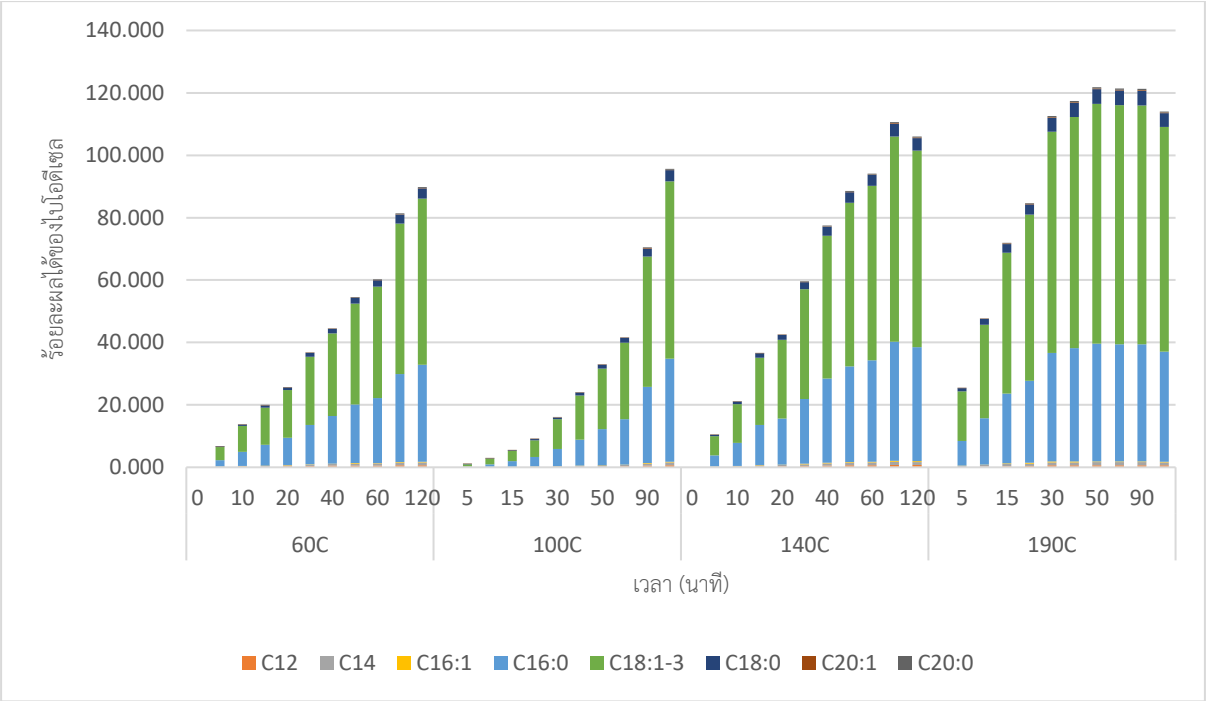
ในหัวข้อการศึกษานี้ จะเป็นการศึกษาผลกระทบของตัวแปรต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้ไบโอดีเซลเป็นตัวทำละลายร่วม ซึ่งตัวแปรที่จะทำการศึกษาประกอบไปด้วยอุณหภูมิ อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน และปริมาณตัวทำละลายร่วม

4.2.1 ผลกระทบของอุณหภูมิ

ในการศึกษาผลกระทบของอุณหภูมิต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อมีตัวทำละลายร่วมนี้ จะทำการทดลองที่อุณหภูมิ 60 100 140 และ 190 องศาเซลเซียส โดยใช้ไบโอดีเซลเป็นตัวทำละลายร่วม 10% โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มเป็น 18:1 12:1 และ 6:1 ตามลำดับ



รูปที่ 9 ร้อยละของไบโอดีเซลโดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์ที่เวลาต่าง ๆ จากผลกระทบของอุณหภูมิต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้ไบโอดีเซลตัวทำละลายร่วมร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน โดยใช้อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอินเป็น 18:1



รูปที่ 10 ร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลจากผลกระทบของอุณหภูมิต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้ไบโอดีเซลตัวทำละลายร่วมร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน โดยใช้อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอินเป็น 18:1

จากรูปที่ 9 และรูปที่ 10 ผลกระทบของอุณหภูมิต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้ไบโอดีเซลเป็นตัวทำละลายร่วมร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน โดยใช้อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มเป็น 18:1 แสดงให้เห็นว่า เมื่อพิจารณาภาพรวมในช่วงท้ายของปฏิกิริยาของแต่ละอุณหภูมิ อุณหภูมิที่สูงขึ้นจะส่งผลให้ค่าร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลจะสูงขึ้นอย่างเห็นได้ชัด ซึ่งเป็นไปตามกฎอัตรา แต่เมื่อพิจารณาในช่วงเริ่มต้นของปฏิกิริยาในแต่ละอุณหภูมิ จะพบว่าที่อุณหภูมิ 60 140 และ 190 องศาเซลเซียส อุณหภูมิที่สูงขึ้นจะส่งผลให้ค่าร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลจะสูงขึ้นเช่นเดียวกัน ยกเว้นที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส กลับมีค่าร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลต่ำกว่าที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ดังแสดงในตารางที่ 7 ซึ่งมีสาเหตุอันเนื่องมาจากการระเหยของเมทานอลในช่วงเริ่มต้นเช่นเดียวกับผลกระทบของอุณหภูมิต่อร้อยละผลได้ของไบโอดีเซล เมื่อไม่มีตัวทำละลายร่วม ทำให้ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส มีเมทานอลในรูปของเหลวน้อยกว่าที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ส่งผลให้ปฏิกิริยาเกิดได้ช้าลง แต่ในการศึกษาผลกระทบของอุณหภูมินี้ มีการใช้ไบโอดีเซลเป็นตัวทำละลายร่วมด้วย ซึ่งเมื่อใส่ตัวทำละลายร่วมอย่างไบโอดีเซลลง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

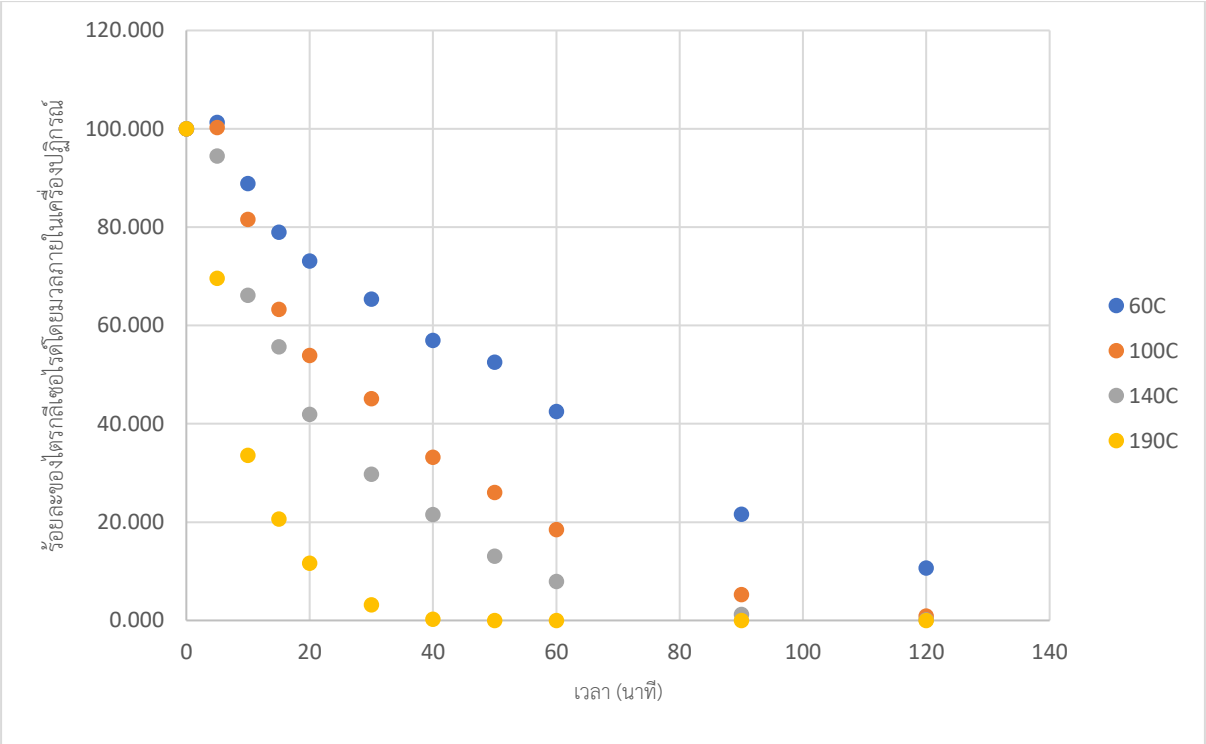
ไป จะทำให้ปฏิกิริยาเกิดช้าลงเมื่อเทียบกับไม่ใส่ตัวทำละลายร่วมนี้ ซึ่งจะแสดงให้เห็นเพิ่มเติมในหัวข้อผลกระทบของตัวทำละลายร่วมต่อไป ฉะนั้นที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส จะได้รับผลกระทบจากการระเหยของเมทานอลในช่วงเริ่มต้น การใส่ไบโอดีเซลตัวทำละลายร่วม และรวมถึงการที่อุณหภูมิไม่สูงมาก ส่งผลให้ปฏิกิริยาเกิดช้าลง เมื่อเปรียบเทียบกับอุณหภูมิ 140 และ 190 องศาเซลเซียส ที่ได้รับผลกระทบจากการระเหยของเมทานอลในช่วงเริ่มต้น และการใส่ไบโอดีเซลตัวทำละลายร่วมด้วยเช่นกัน แต่การที่อุณหภูมิในการทำปฏิกิริยาสูง จึงทำให้ปฏิกิริยายังคงเกิดได้ดีกว่าที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส

ตารางที่ 7 ผลกระทบของอุณหภูมิต่อร้อยละผลได้ของไบโอดีเซล เมื่อมีตัวทำละลายร่วมร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน โดยใช้อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอินที่ 18:1

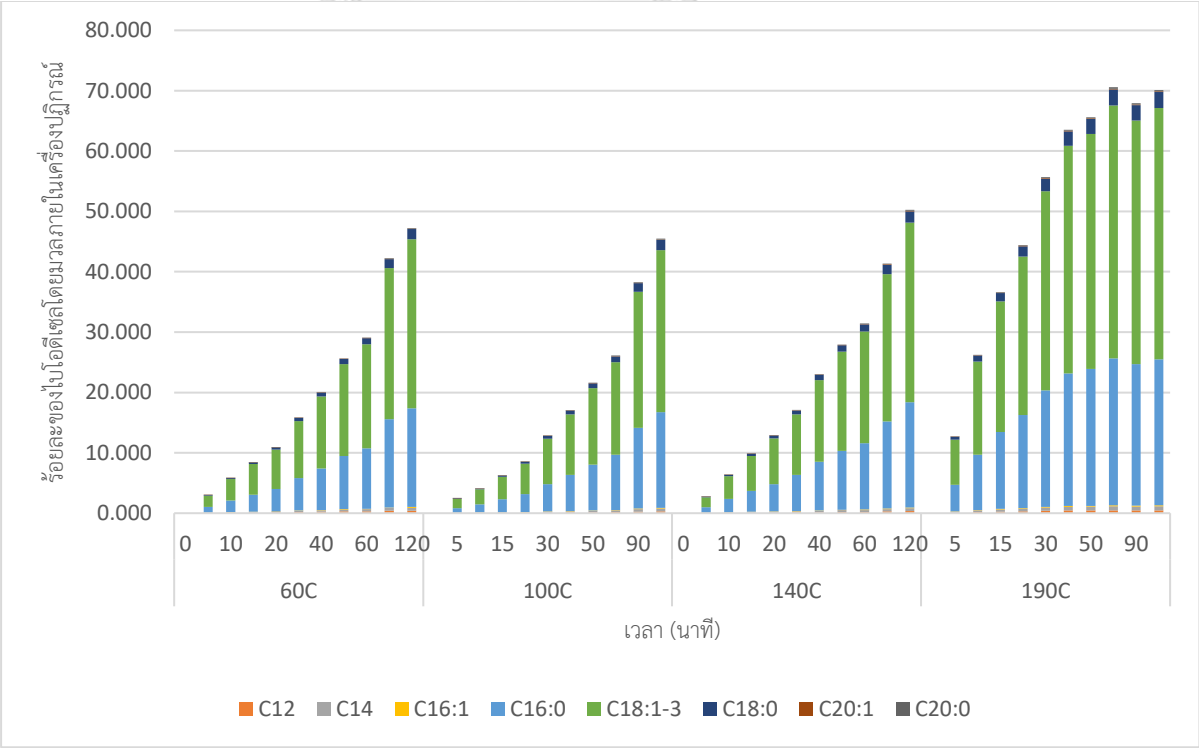
อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	ร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลที่เวลา 5 นาที	ร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลในช่วงท้ายของปฏิกิริยา
60	6.7	89.7
100	1.0	95.7
140	10.4	106.0
190	25.5	114.0

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

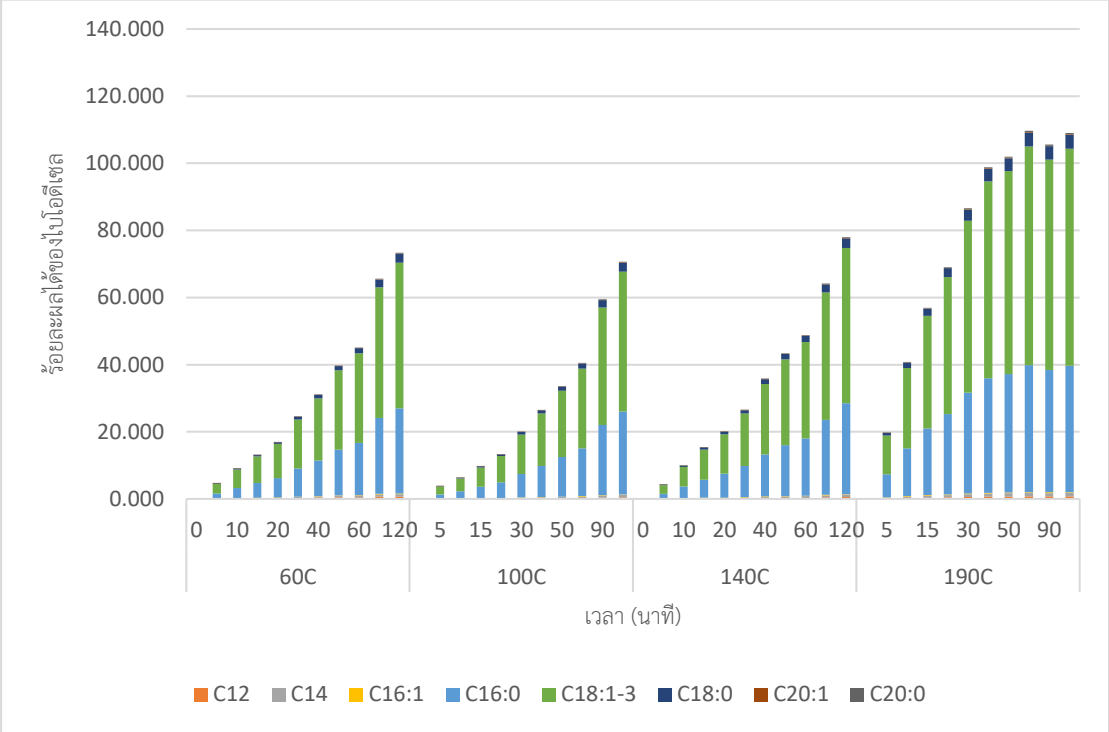
นอกจากนี้ยังได้ศึกษาผลกระทบของอุณหภูมิต่อการเกิดปฏิกิริยาของไตรกลีเซอไรด์ โดยใช้อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มเป็น 18:1 ดังแสดงในรูปที่ 11 ซึ่งได้ผลลัพธ์สอดคล้องกับร้อยละผลได้ของไบโอดีเซล คือ ในช่วงเริ่มต้นปฏิกิริยา ร้อยละของไตรกลีเซอไรด์โดยมวลในเครื่องปฏิกรณ์ที่อุณหภูมิ 60 100 และ 140 องศาเซลเซียส จะมีค่าไม่แตกต่างกันมาก และในช่วงท้ายของปฏิกิริยา ร้อยละของไตรกลีเซอไรด์โดยมวลในเครื่องปฏิกรณ์ที่อุณหภูมิ 100 140 และ 190 องศาเซลเซียส จะมีค่าใกล้เคียงกัน กล่าวคือ ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียสในช่วงเริ่มต้นปฏิกิริยาจะเกิดช้า เนื่องจากผลกระทบจากการระเหยของเมทานอลในช่วงเริ่มต้น และการใส่ไบโอดีเซลตัวทำละลายร่วม แต่เมื่อเวลาผ่านไปและเข้าสู่ช่วงท้ายของปฏิกิริยาการเกิดปฏิกิริยาจะเร็วขึ้น ซึ่งยังคงเป็นไปตามกฎอัตรา คือ เมื่ออุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้น ปฏิกิริยาจะเกิดเร็วขึ้น



รูปที่ 11 ร้อยละของไตรกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์จากผลกระทบของอุณหภูมิต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้ไบโอดีเซลตัวทำละลายร่วมร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน โดยใช้อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มเป็น 18:1



รูปที่ 12 ร้อยละของไบโอดีเซลโดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์ที่เวลาต่าง ๆ จากผลกระทบของอุณหภูมิต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้ไบโอดีเซลตัวทำละลายร่วมร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน โดยใช้อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอินเป็น 12:1



รูปที่ 13 ร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลจากผลกระทบของอุณหภูมิต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้ไบโอดีเซลตัวทำละลายร่วมร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน โดยใช้อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอินเป็น 12:1

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

จากรูปที่ 12 และรูปที่ 13 ผลกระทบของอุณหภูมิต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้ไบโอดีเซลเป็นตัวทำละลายร่วมร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน โดยใช้อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มเป็น 12:1 แสดงให้เห็นว่า เมื่อพิจารณาในช่วงเริ่มต้นและท้ายของปฏิกิริยาที่อุณหภูมิ 60 140 และ 190 องศาเซลเซียส อุณหภูมิที่สูงขึ้นจะส่งผลให้ค่าร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลจะสูงขึ้นอย่างเห็นได้ชัด ซึ่งเป็นไปตามกฎอัตรา แต่เมื่อพิจารณาในช่วงเริ่มต้นและท้ายของปฏิกิริยาเปรียบเทียบกับอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียสด้วย จะพบว่าที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลทั้งในช่วงเริ่มต้นและในช่วงท้ายของ

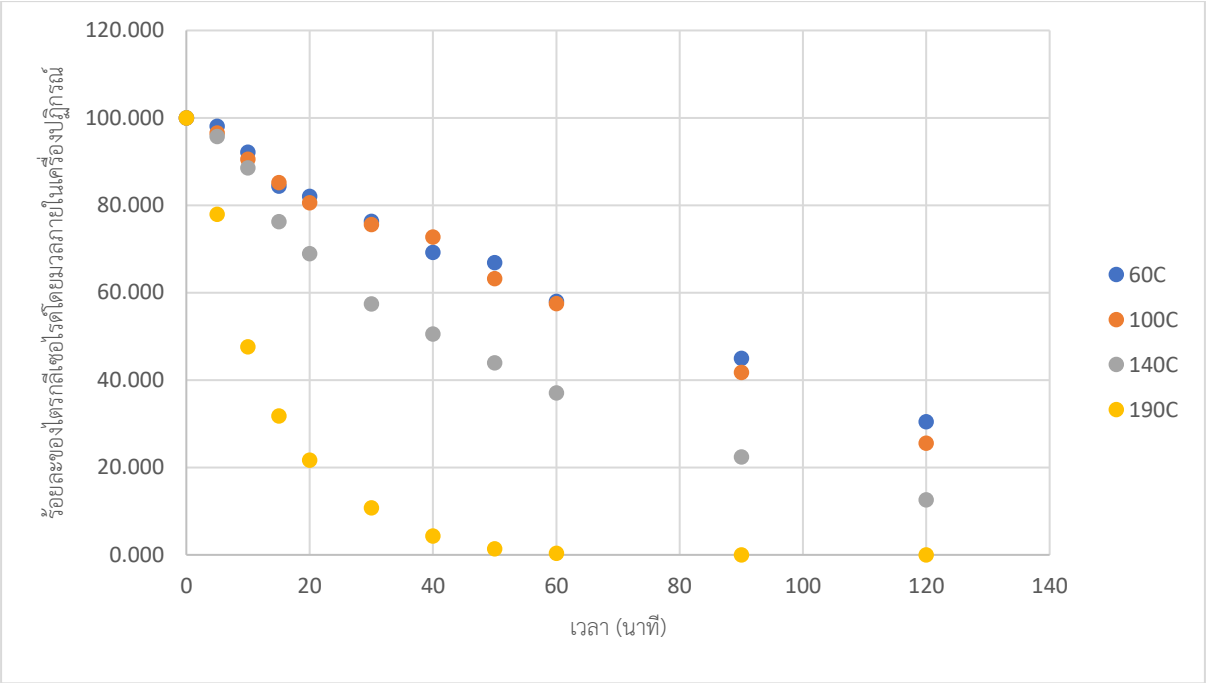
ปฏิกิริยาจะมีค่าต่ำกว่าร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ดังแสดงในตารางที่ 8 ซึ่งมีสาเหตุอันเนื่องมาจากผลกระทบจากการระเหยของเมทานอลในช่วงเริ่มต้น การใส่ไบโอดีเซลตัวทำละลายร่วม และรวมถึงการที่อุณหภูมิไม่สูงมาก ส่งผลให้ปฏิกิริยาเกิดช้าลง แต่การที่ผลการทดลองได้ต่ำกว่าทั้งในช่วงเริ่มต้นและในช่วงท้ายของปฏิกิริยา ซึ่งแตกต่างจากผลกระทบของอุณหภูมิ โดยใช้อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มเป็น 18:1 เนื่องจากอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มลดลงเป็น 12:1 ทำให้มีผลกระทบต่อการเกิดปฏิกิริยาเพิ่มมากขึ้น จึงส่งผลให้ปฏิกิริยาเกิดช้าลงกว่าเดิม ส่วนร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ก็ลดลงเช่นเดียวกัน เพียงแต่มีสาเหตุมาจากการใส่ไบโอดีเซลตัวทำละลายร่วม และการทำปฏิกิริยาที่อุณหภูมิต่ำเท่านั้น ไม่ได้มีผลกระทบจากการระเหยของเมทานอลในช่วงเริ่มต้น ทำให้ร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลยังคงสูงกว่าที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส

ตารางที่ 8 ผลกระทบของอุณหภูมิต่อร้อยละผลได้ของไบโอดีเซล เมื่อมีตัวทำละลายร่วมร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน โดยใช้อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอินที่ 12:1

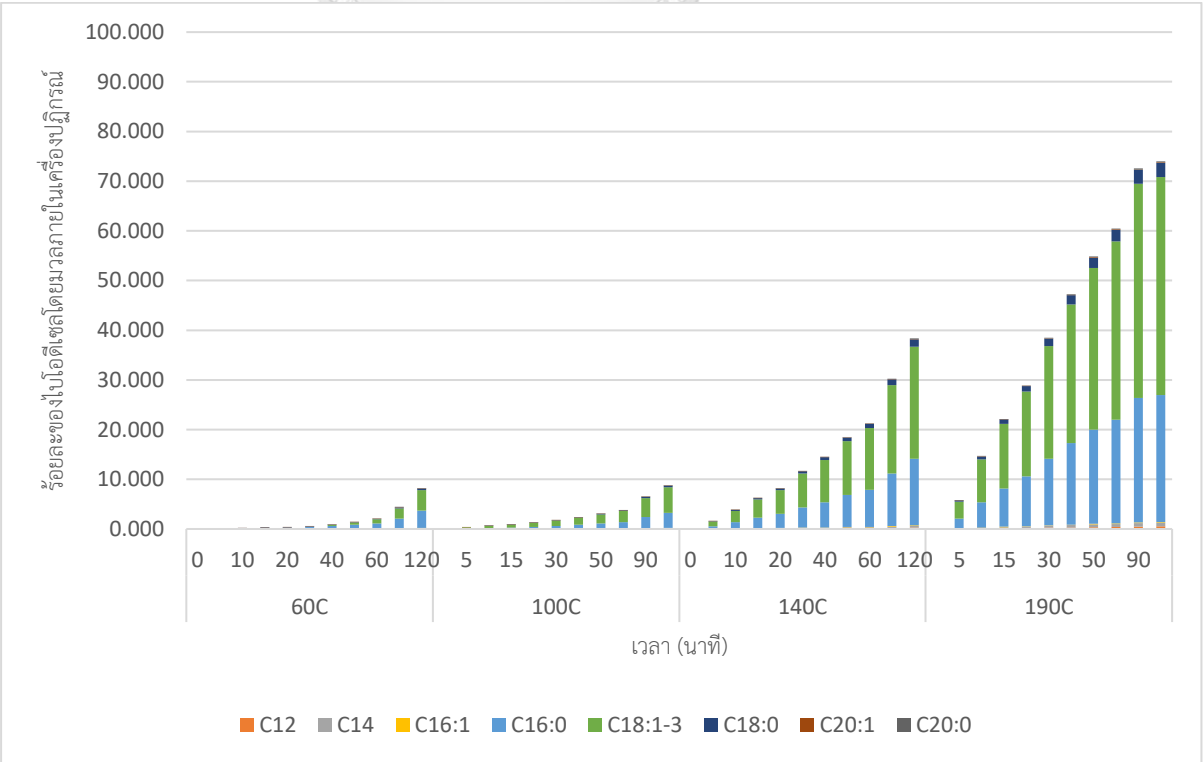
อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	ร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลที่เวลา 5 นาที	ร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลในช่วงท้ายของปฏิกิริยา
60	4.7	73.3
100	3.8	70.6
140	4.3	78.0
190	19.8	109.0

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

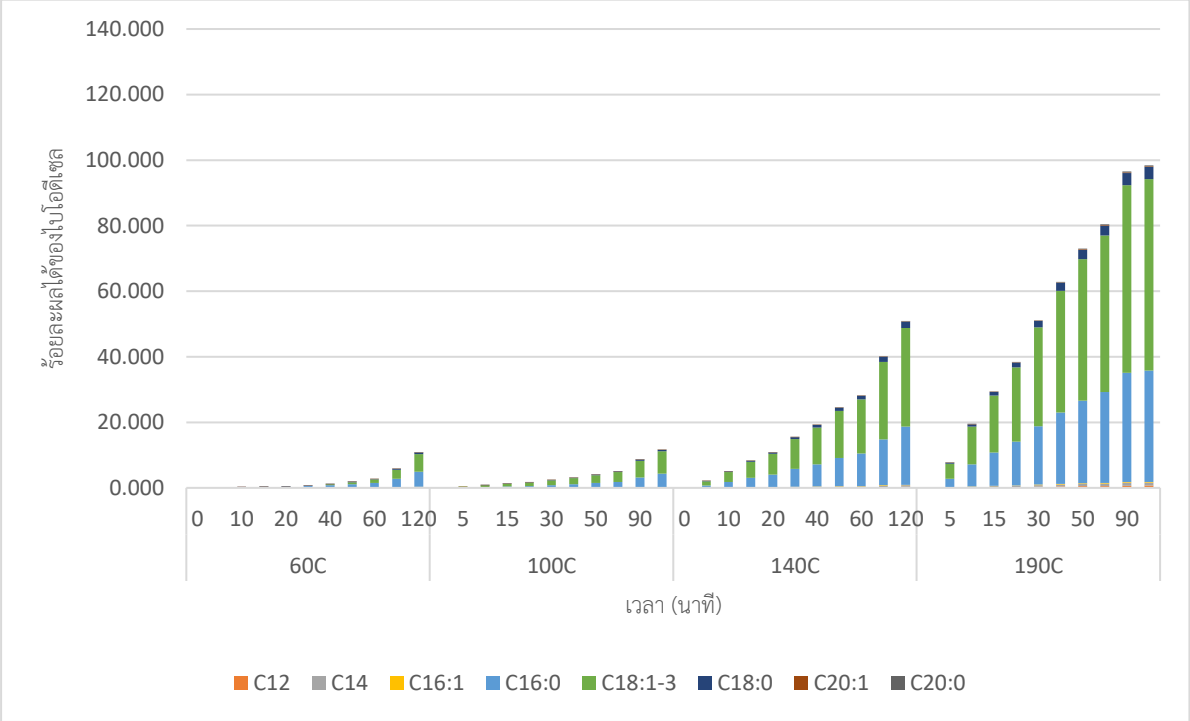
นอกจากนี้ยังได้ศึกษาผลกระทบของอุณหภูมิต่อการเกิดปฏิกิริยาของไตรกลีเซอไรด์ โดยใช้อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มเป็น 12:1 ดังแสดงในรูปที่ 14 ซึ่งได้ผลลัพธ์ที่สอดคล้องกับร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลในช่วงเริ่มต้นของปฏิกิริยา คือ ร้อยละของไตรกลีเซอไรด์โดยมวลในเครื่องปฏิกรณ์ที่อุณหภูมิ 60 100 และ 140 องศาเซลเซียส จะมีค่าใกล้เคียงกัน แต่ในช่วงท้ายของปฏิกิริยา ผลลัพธ์ที่ได้จะไม่ชัดเจน เพราะที่อุณหภูมิ 60 และ 100 องศาเซลเซียส ค่าร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลแตกต่างกันชัดเจน ส่วนค่าร้อยละของไตรกลีเซอไรด์โดยมวลในเครื่องปฏิกรณ์นั้นกลับใกล้เคียงกัน จำเป็นต้องพิจารณาเพิ่มเติมต่อไป



รูปที่ 14 ร้อยละของไตรกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์จากผลกระทบของอุณหภูมิต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้ไบโอดีเซลตัวทำละลายร่วมร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน โดยใช้อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอินเป็น 12:1



รูปที่ 15 ร้อยละของไบโอดีเซลโดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์ที่เวลาต่าง ๆ จากผลกระทบของอุณหภูมิต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้ไบโอดีเซลตัวทำละลายร่วมร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน โดยใช้อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอินเป็น 6:1



รูปที่ 16 ร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลจากผลกระทบของอุณหภูมิต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้ไบโอดีเซลตัวทำละลายร่วมร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน โดยใช้อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอินเป็น 6:1

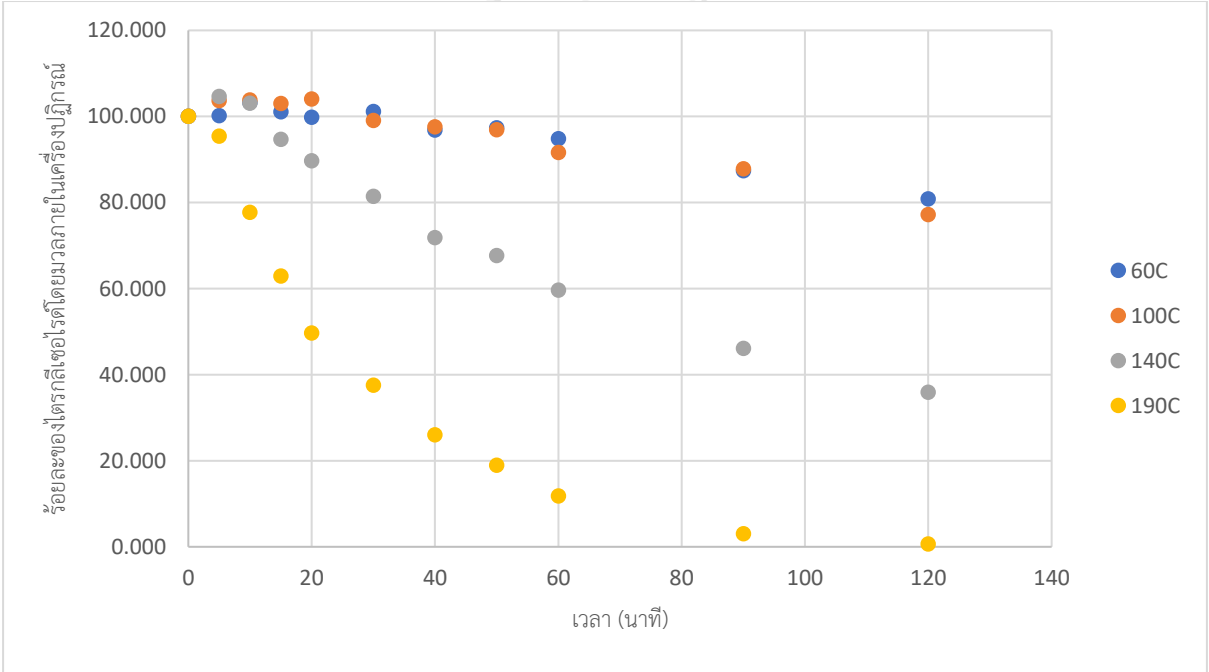
จากรูปที่ 15 และรูปที่ 16 ผลกระทบของอุณหภูมิต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้ไบโอดีเซลเป็นตัวทำละลายร่วมร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน โดยใช้อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มเป็น 6:1 แสดงให้เห็นว่า เมื่อพิจารณาภาพรวมทั้งในช่วงเริ่มต้นและท้ายของปฏิกิริยาของแต่ละอุณหภูมิ อุณหภูมิที่สูงขึ้นจะส่งผลให้ค่าร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลจะสูงขึ้นอย่างเห็นได้ชัด โดยเฉพาะที่อุณหภูมิ 100 140 และ 190 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นไปตามกฎอัตรา แต่เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบที่อุณหภูมิ 60 และ 100 องศาเซลเซียส จะพบว่ามีค่าร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลใกล้เคียงกันที่เวลาต่าง ๆ ดังแสดงในตารางที่ 9 ซึ่งที่ผลของ

อุณหภูมิที่ 60 และ 100 องศาเซลเซียสเป็นในลักษณะนี้ จะมีสาเหตุหลักอันเนื่องมาจากอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มลดลงเป็น 6:1 ส่งผลให้ปฏิกิริยาเกิดได้น้อยมากเมื่อเทียบกับการศึกษาผลกระทบของอุณหภูมิ โดยใช้อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มเป็น 12:1

ตารางที่ 9 ผลกระทบของอุณหภูมิต่อร้อยละผลได้ของไบโอดีเซล เมื่อมีตัวทำละลายร่วมร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน โดยใช้อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอินที่ 6:1

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	ร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลที่เวลา 5 นาที	ร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลในช่วงท้ายของปฏิกิริยา
60	0.2	10.9
100	0.5	11.7
140	2.1	51.0
190	7.7	98.4

นอกจากนี้ยังได้ศึกษาผลกระทบของอุณหภูมิต่อการเกิดปฏิกิริยาของไตรกลีเซอไรด์ โดยใช้อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มเป็น 6:1 ดังแสดงในรูปที่ 17 ซึ่งได้ผลลัพธ์ที่สอดคล้องกับร้อยละผลได้ของไบโอดีเซล คือ ร้อยละของไตรกลีเซอไรด์โดยมวลในเครื่องปฏิกรณ์ที่อุณหภูมิ 60 100 องศาเซลเซียส จะมีค่าใกล้เคียงกัน และจะลดลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น แสดงว่าปฏิกิริยาเกิดได้ดี



รูปที่ 17 ร้อยละของไตรกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์จากผลกระทบของอุณหภูมิต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้ไบโอดีเซลตัวทำละลายร่วมร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน โดยใช้อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มเป็น 6:1

ฉะนั้นสรุปได้ว่า การเพิ่มอุณหภูมิจะทำให้ปฏิกิริยาเกิดได้ดีขึ้น ซึ่งเป็นไปตามกฎอัตรา หากละผลของการระเหยของเมทานอลในเครื่องปฏิกรณ์ตอนเริ่มต้น

จากผลกระทบของอุณหภูมิต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ร้อยละผลได้โดยมวลของไบโอดีเซล จะเห็นได้ว่ามีค่าเกินร้อยละ 100 โดยมวล ซึ่งสาเหตุที่เป็นเช่นนี้เนื่องมาจาก

1. ในการคำนวณร้อยละผลได้โดยมวลของไบโอดีเซลตามสมการดังนี้ จะมีโอกาสที่ร้อยละผลได้โดยมวลของไบโอดีเซลเกิน 100 ได้ ยกตัวอย่างเช่น 1 โมล ไตรกลีเซอไรด์ 18:1 (มวลโมเลกุล 885.4 กรัมต่อโมล) เปลี่ยนไปเป็น 3 โมล เมทิลเอสเทอร์ 18:1 (มวลโมเลกุล 296.5 กรัมต่อโมล) เมื่อคิดเป็นร้อยละผลได้โดยมวลแล้วจะได้เท่ากับ 100.46

$$\text{ร้อยละผลได้โดยมวลของไบโอดีเซล} = \frac{\text{ความเข้มข้นโดยมวลของไบโอดีเซลที่เกิดขึ้นทั้งหมด} - \text{ความเข้มข้นโดยมวลของไบโอดีเซลเริ่มต้น}}{\text{ความเข้มข้นโดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอินเริ่มต้น}}$$

2. การระเหยของเมทานอล จะทำให้ความเข้มข้นโดยมวลของไบโอดีเซลและความเข้มข้นโดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอินเริ่มต้นเปลี่ยนแปลงไป โดยความเข้มข้นโดยมวลของไบโอดีเซลที่เกิดขึ้นจะคำนวณจากข้อมูลการเก็บตัวอย่างจริง ซึ่งได้มีการหักลบปริมาณเมทานอลที่ระเหยไปในตัวอยู่แล้ว เพราะในการเก็บตัวอย่างจะมีแต่การเก็บเฉพาะส่วนของของเหลว แต่ในส่วนของความเข้มข้นโดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอินเริ่มต้น จะคำนวณมาจากปริมาณที่ใส่เข้าไปตอนเริ่มต้นหารด้วยมวลทั้งหมดในเครื่องปฏิกรณ์ ซึ่งตัวหารที่เป็นมวลทั้งหมดในเครื่องปฏิกรณ์มีค่ามากเกินความเป็นจริง เพราะส่วนหนึ่งของเมทานอลได้เกิดการระเหยไปตั้งแต่ก่อนทำปฏิกิริยาแล้ว ส่งผลให้ความเข้มข้นโดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอินเริ่มต้นน้อยกว่าความเป็นจริง ฉะนั้นร้อยละผลได้โดยมวลไบโอดีเซลที่คำนวณได้จึงมีค่ามากเกินจนเกิน 100

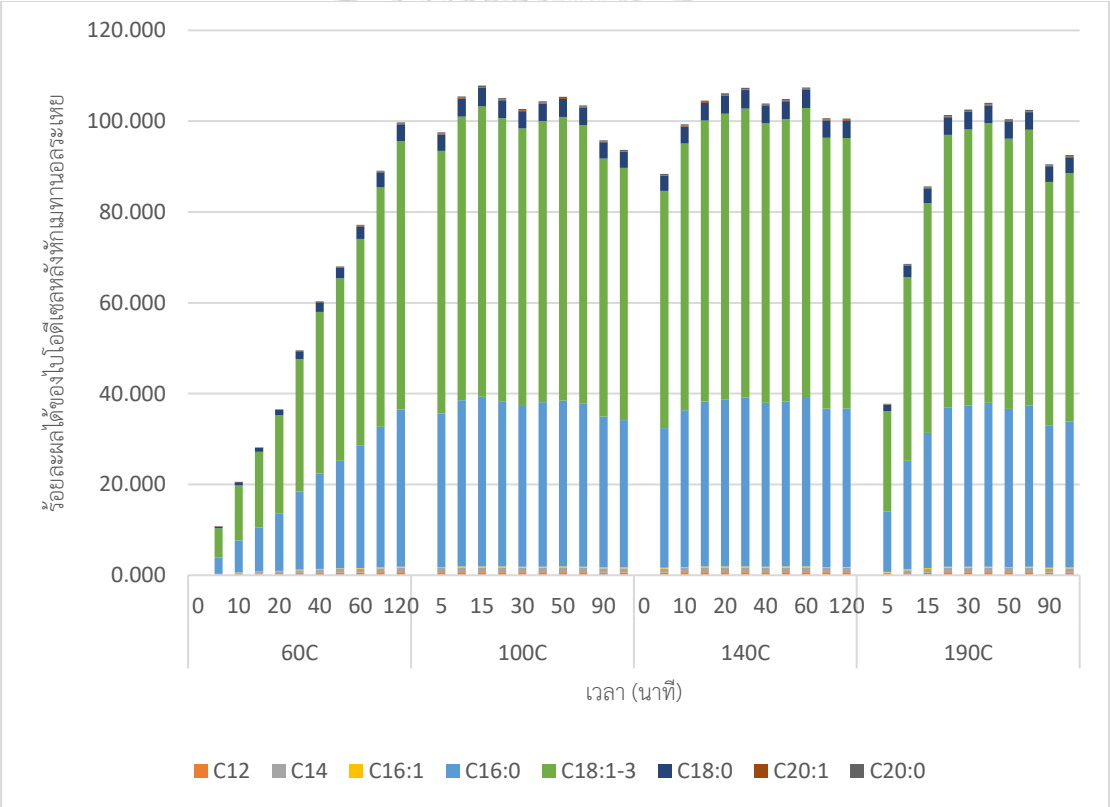
ฉะนั้นจะสามารถประมาณปริมาณเมทานอลที่ระเหย เพื่อคำนวณร้อยละผลได้โดยมวลของไบโอดีเซลที่ถูกต้องแม่นยำขึ้น ได้จากข้อมูลในการเก็บตัวอย่าง โดยสามารถประมาณปริมาณเม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

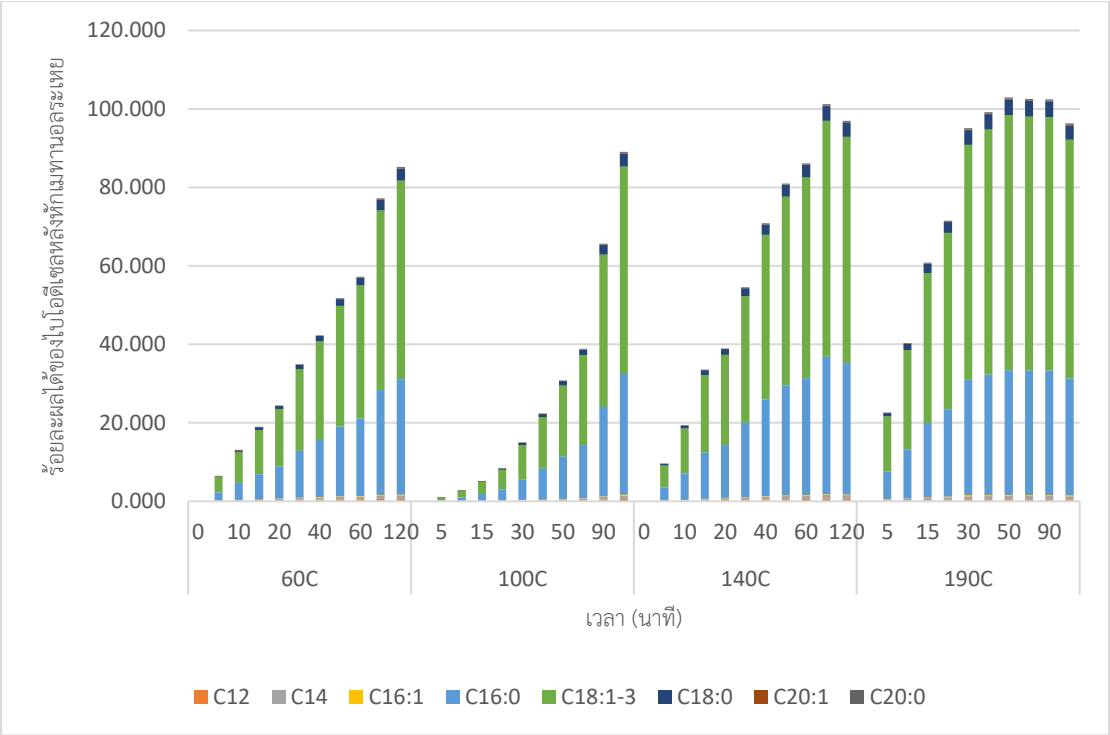
ทานอลที่เป็นของเหลวในช่วงต้นปฏิกิริยาออกมาได้ ซึ่งนำไปสู่การหาปริมาณเมทานอลที่ระเหยได้ดังตารางที่ 10 และส่งผลให้คำนวณหาปริมาณร้อยละผลได้โดยมวลของไบโอดีเซลหลังหักปริมาณเมทานอลที่ระเหยท ณ เวลาต่าง ๆ ของผลกระทบของอุณหภูมิต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอินได้ดังรูปที่ 18 รูปที่ 19 รูปที่ 20 และรูปที่ 21

ตารางที่ 10 ปริมาณร้อยละโดยมวลของเมทานอลที่ระเหยโดยประมาณ

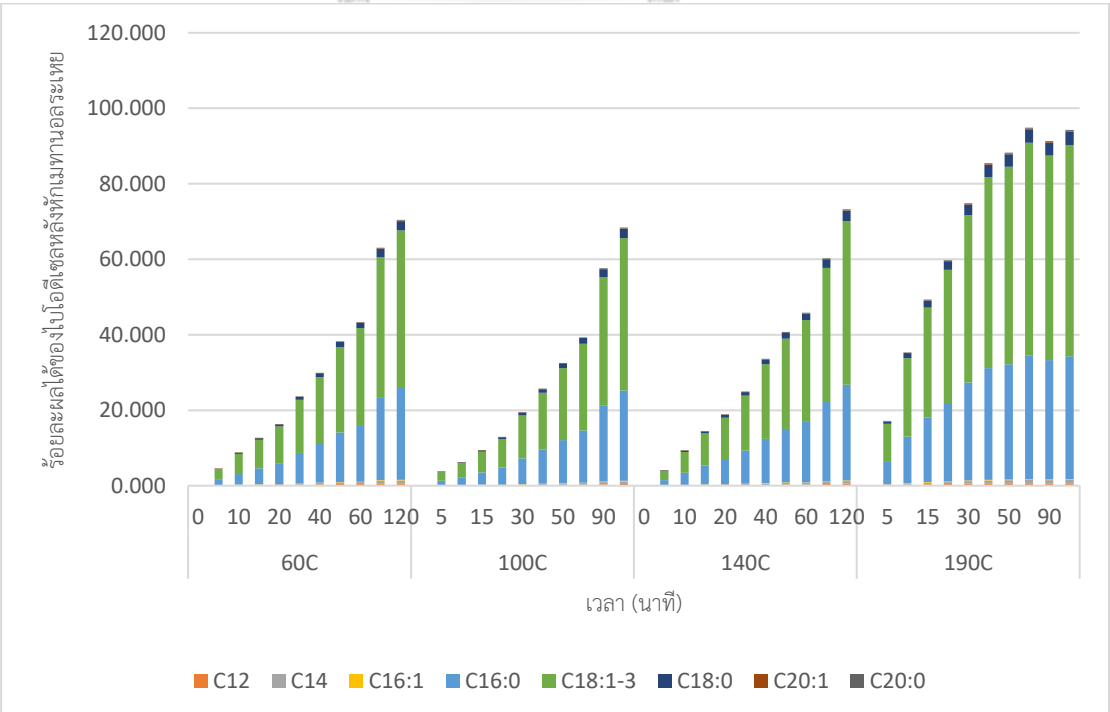
อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	ปริมาณร้อยละโดยมวลของเมทานอลที่ระเหย
60	1-2
100	5-6
140	8-10
190	15-16



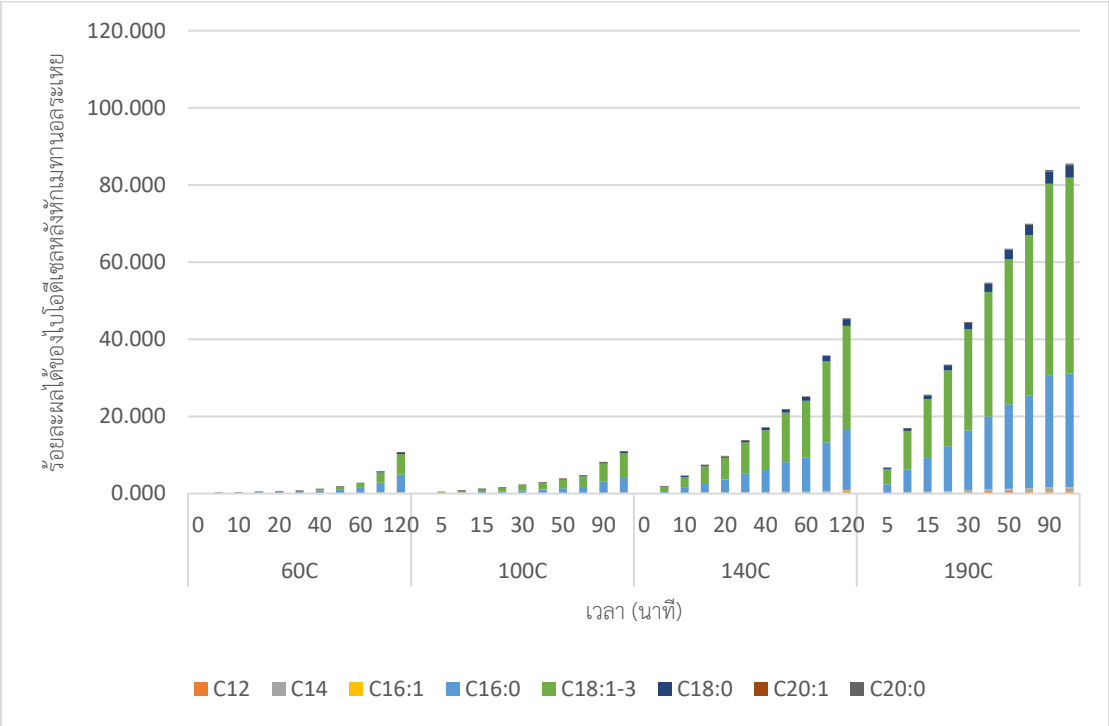
รูปที่ 18 ร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลหลังหักปริมาณเมทานอลที่ระเหย ณ เวลาต่าง ๆ จากผลกระทบของอุณหภูมิต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อไม่มีตัวทำละลายร่วม โดยใช้อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอินเป็น 18:1



รูปที่ 19 ร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลหลังหักปริมาณเมทานอลที่ระเหย ณ เวลาต่าง ๆ จากผลกระทบของอุณหภูมิต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้ไบโอดีเซลตัวทำละลายร่วมร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน โดยใช้อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มเป็น 18:1



รูปที่ 20 ร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลหลังหักปริมาณเมทานอลที่ระเหย ณ เวลาต่าง ๆ จากผลกระทบของอุณหภูมิต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้ไบโอดีเซลตัวทำละลายร่วมร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน โดยใช้อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มเป็น 12:1

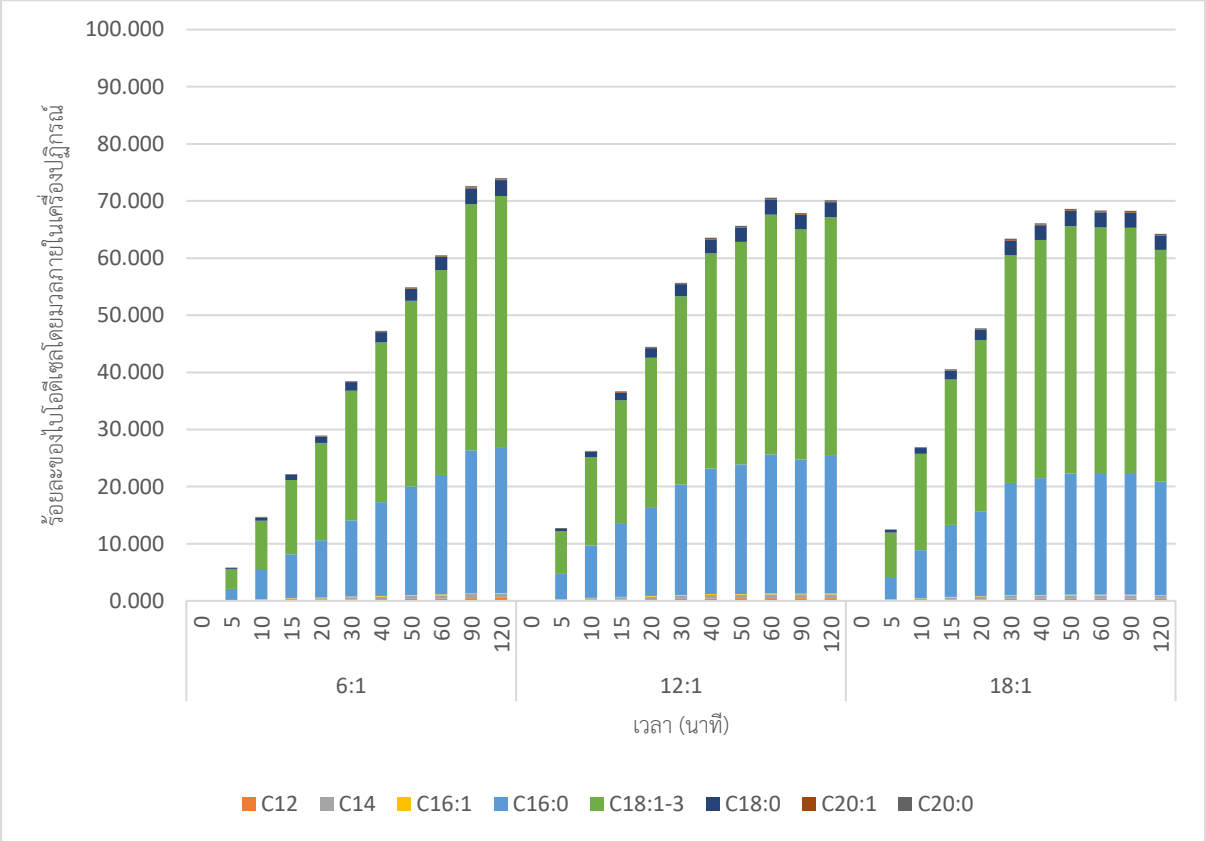


รูปที่ 21 ร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลหลังหักปริมาณเมทานอลที่ระเหย ณ เวลาต่าง ๆ จากผลกระทบของอุณหภูมิต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้ไบโอดีเซลตัวทำละลายร่วมร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน โดยใช้อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มเป็น 6:1

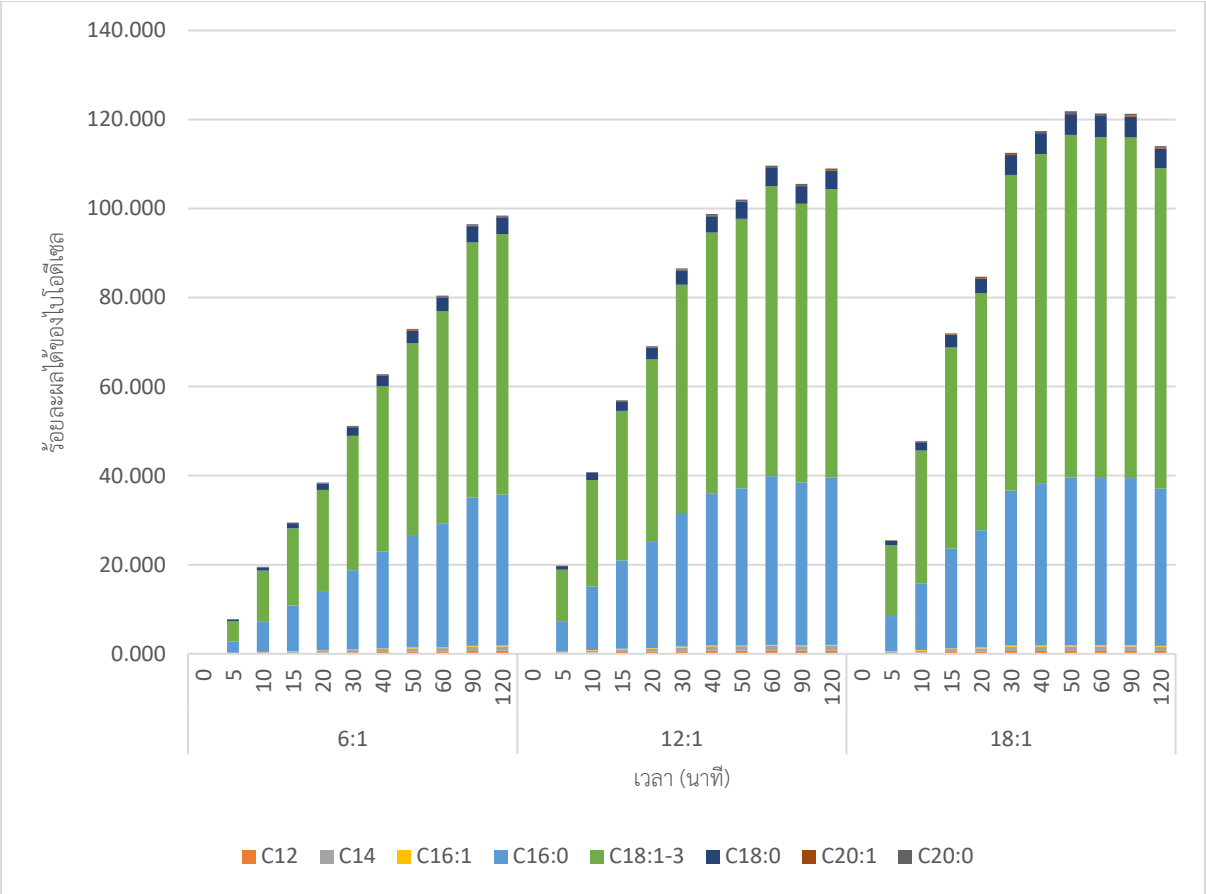
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4.2.2 ผลกระทบของอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน

ในการศึกษาผลกระทบของอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอินต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อมีตัวทำละลายร่วมนี้ จะทำการทดลองที่อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 6:1 12:1 และ 18:1 องศาเซลเซียส โดยใช้ไบโอดีเซลเป็นตัวทำละลายร่วม 10% โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน และอุณหภูมิเป็น 190 และ 140 องศาเซลเซียส ตามลำดับ



รูปที่ 22 ร้อยละของไบโอดีเซลโดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์ที่เวลาต่าง ๆ จากผลกระทบของอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอินต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้ไบโอดีเซลตัวทำละลายร่วมร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน โดยใช้อุณหภูมิ 190 องศาเซลเซียส



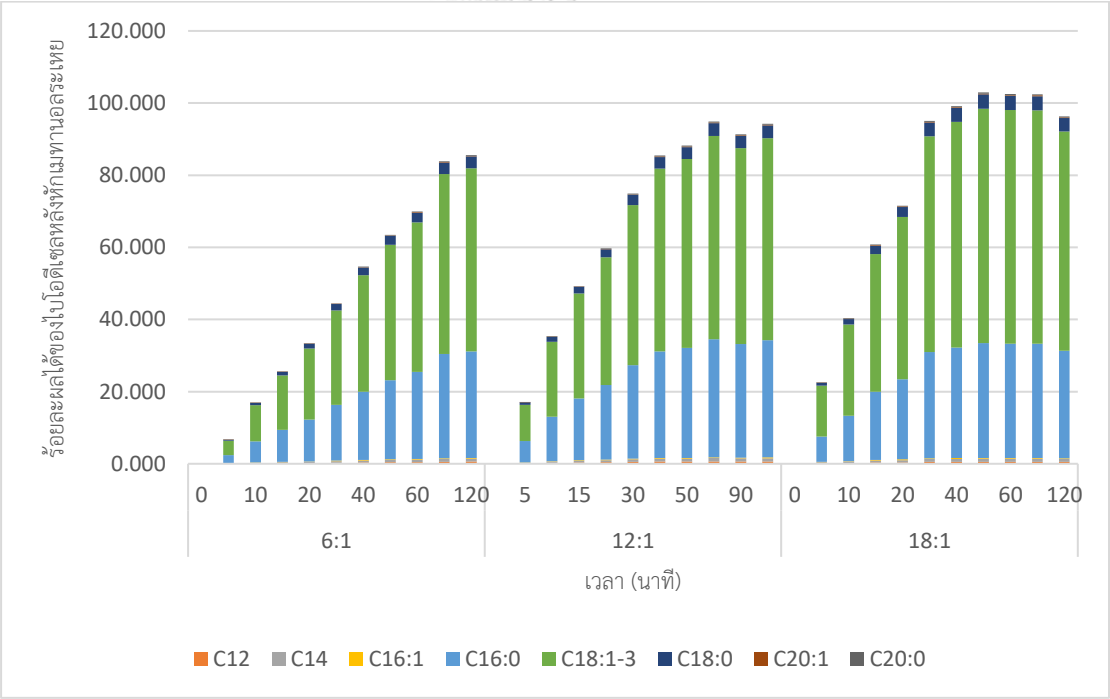
รูปที่ 23 ร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลที่เวลาต่าง ๆ จากผลกระทบของอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอินต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้ไบโอดีเซลตัวทำละลายร่วมร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน โดยใช้อุณหภูมิ 190 องศาเซลเซียส

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จากรูปที่ 22 และรูปที่ 23 ผลกระทบของอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอินต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้ไบโอดีเซลเป็นตัวทำละลายร่วมร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน โดยใช้อุณหภูมิ 190 องศาเซลเซียส แสดงให้เห็นว่าที่อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 6:1 12:1 และ 18:1 ณ เวลาต่าง ๆ นั้น ร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลจะมีความแตกต่างกันชัดเจน และจะเพิ่มขึ้นเมื่ออัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอินเพิ่มสูงขึ้น ดังแสดงในตารางที่ 11

ตารางที่ 11 ผลกระทบของอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอินต่อร้อยละผลได้ของไบโอดีเซล เมื่อมีตัวทำละลายร่วมร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน โดยใช้อุณหภูมิ 190 องศาเซลเซียส

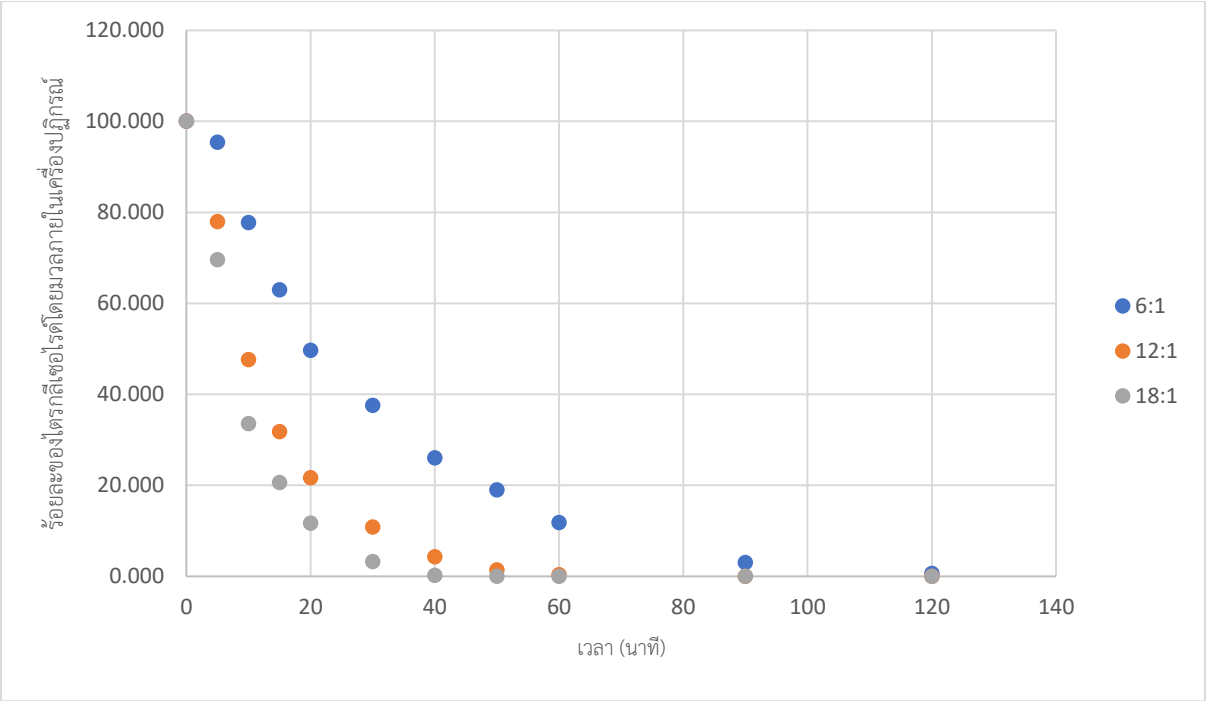
อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน	ร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลที่เวลา 5 นาที	ร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลในช่วงท้ายของปฏิกิริยา
6:1	7.7	98.4
12:1	19.8	109.0
18:1	25.5	114.0



รูปที่ 24 ร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลหลังหักปริมาณเมทานอลที่ระเหย ณ เวลาต่าง ๆ จากผลกระทบของอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอินต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้ไบโอดีเซลตัวทำละลายร่วมร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน โดยใช้อุณหภูมิ 190 องศาเซลเซียส

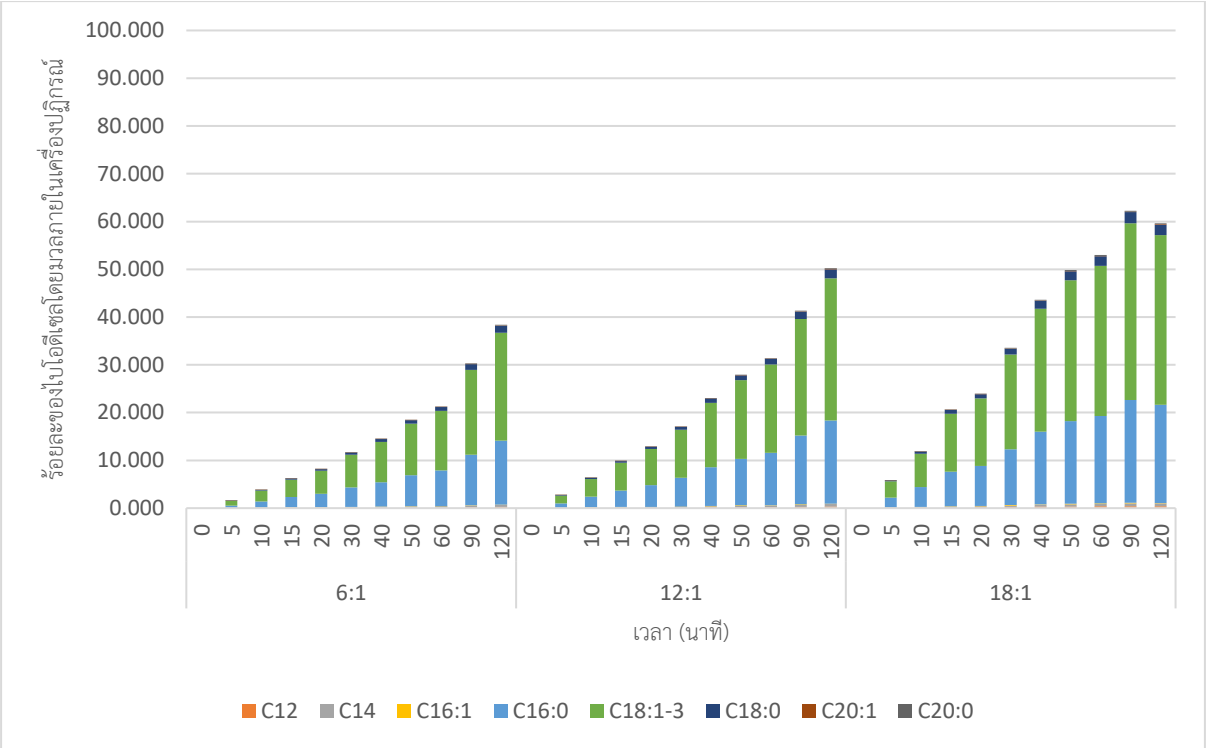
นอกจากนี้ยังมีการศึกษาผลกระทบของอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอินต่อการเกิดปฏิกิริยาของไตรกลีเซอไรด์ที่อุณหภูมิ 190 องศาเซลเซียส ดังแสดงในรูปที่ 25 ซึ่งได้ผลลัพธ์ที่สอดคล้องกับร้อยละผลได้ของไบโอดีเซล คือ ที่อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมัน

ปาล์มโอเลอินเพิ่มขึ้นจาก 6:1 12:1 และ 18:1 ณ เวลาต่าง ๆ นั้น ไตรกลีเซอไรด์จะมีเกิดปฏิกิริยาได้ดีขึ้นและมีความแตกต่างกันชัดเจน

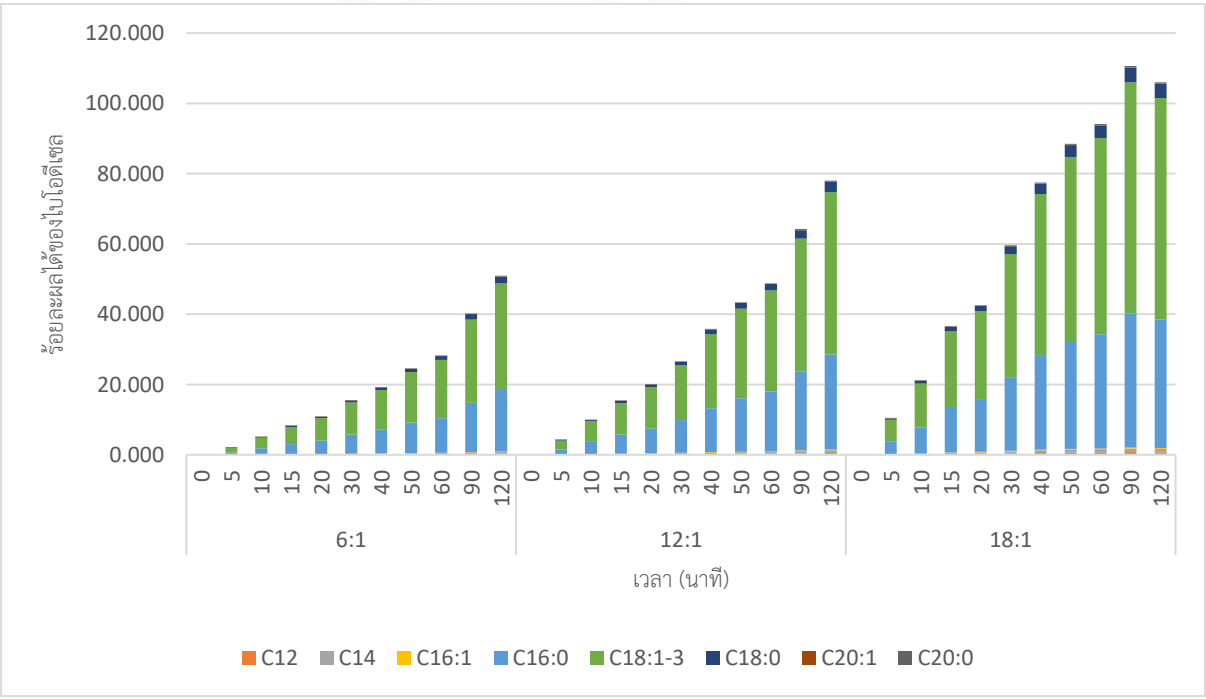


รูปที่ 25 ร้อยละของไตรกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์จากผลกระทบของอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอินต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้ไบโอดีเซลตัวทำละลายร่วมร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน โดยใช้อุณหภูมิ 190 องศาเซลเซียส

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY



รูปที่ 26 ร้อยละของไบโอดีเซลโดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์ที่เวลาต่าง ๆ จากผลกระทบของอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอินต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้ไบโอดีเซลตัวทำละลายร่วมร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน โดยใช้อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส



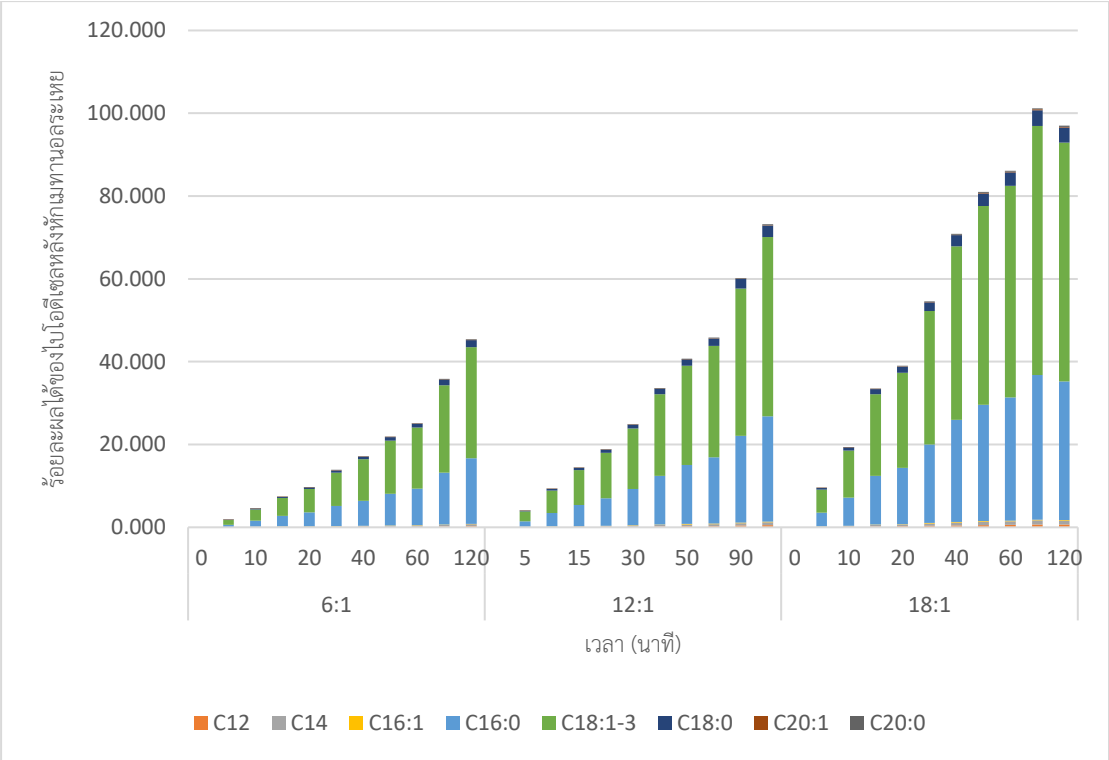
รูปที่ 27 ร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลที่เวลาต่าง ๆ จากผลกระทบของอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอินต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้ไบโอดีเซลตัวทำละลายร่วมร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน โดยใช้อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส

จากรูปที่ 26 และรูปที่ 27 ผลกระทบของอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอินต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้ไบโอดีเซลเป็นตัวทำละลายร่วมร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน โดยใช้อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส แสดงให้เห็นว่าที่อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 6:1 12:1 และ 18:1 ณ เวลาต่าง ๆ นั้น ร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลจะมีความแตกต่างกันอย่างชัดเจน และเพิ่มขึ้นเมื่ออัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอินเพิ่มสูงขึ้น เช่นเดียวกับผลกระทบของอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอินที่อุณหภูมิ 190 องศาเซลเซียส ดังแสดงในตารางที่ 12

ตารางที่ 12 ผลกระทบของอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอินต่อร้อยละผลได้ของไบโอดีเซล เมื่อมีตัวทำละลายร่วมร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน โดยใช้อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส

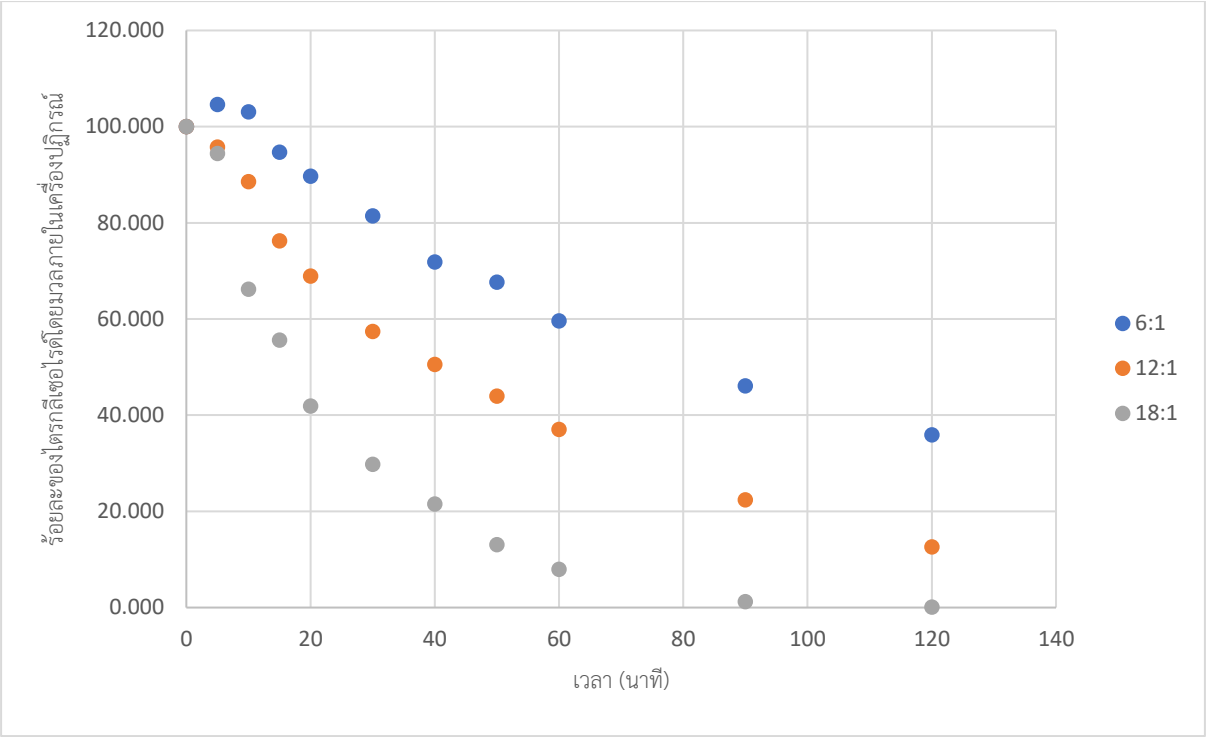
อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน	ร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลที่เวลา 5 นาที	ร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลในช่วงท้ายของปฏิกิริยา
6:1	2.1	51.0
12:1	4.3	78.0
18:1	10.4	106.0

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



รูปที่ 28 ร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลหลังหักปริมาณเมทานอลที่ระเหย ณ เวลาต่าง ๆ จากผลกระทบของอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอินต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้ไบโอดีเซลตัวทำละลายร่วมร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน โดยใช้อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส

นอกจากนี้ยังมีการศึกษาผลกระทบของอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอินต่อการเกิดปฏิกิริยาของไตรกลีเซอไรด์ โดยใช้อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส ดังแสดงในรูปที่ 29 ซึ่งได้ผลลัพธ์ที่สอดคล้องกับร้อยละผลได้ของไบโอดีเซล คือ ที่อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 6:1 12:1 และ 18:1 ณ เวลาต่าง ๆ นั้น ไตรกลีเซอไรด์จะมีเกิดปฏิกิริยาได้ดีและความแตกต่างกันน้อยมาก แต่เมื่ออัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอินเป็น 6:1 จะมีเกิดปฏิกิริยาได้น้อยลงและมีความแตกต่างกันชัดเจน

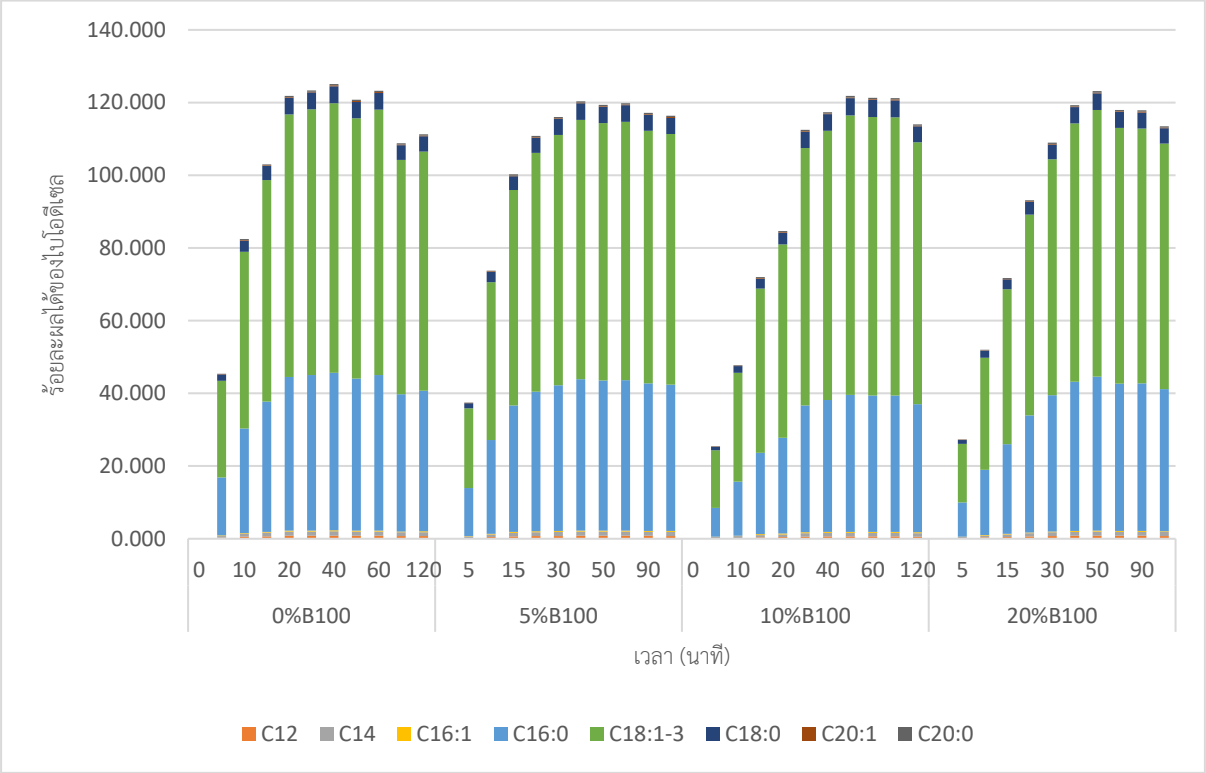


รูปที่ 29 ร้อยละของไตรกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์จากผลกระทบของอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอินต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้ไบโอดีเซลตัวทำละลายร่วมร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน โดยใช้อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส

ฉะนั้นสามารถสรุปได้ว่า การใช้เมทานอลที่มีปริมาณมากกว่าปริมาณสารสัมพันธ์ตามปฏิกิริยานั้นเป็นหนึ่งในตัวแปรสำคัญต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชัน แม้จะมีการใช้ไบโอดีเซลเป็นตัวทำละลายร่วมด้วย โดยหากเพิ่มปริมาณเมทานอลหรืออัตราส่วนโดยโมลที่สูงขึ้น จะทำให้ปฏิกิริยาเกิดได้ดีขึ้น

4.2.3 ผลกระทบของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซล

ในการศึกษาผลกระทบของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน จะทำการทดลองที่ปริมาณของตัวทำละลายร่วมร้อยละ 0 5 10 และ 20 โดยใช้อุณหภูมิ 190 140 100 และ 60 องศาเซลเซียส ตามลำดับ และใช้อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 18:1 และ 6:1 ตามลำดับ โดยเริ่มจากการศึกษาผลกระทบของปริมาณของตัวทำละลายร่วมร้อยละ 0 5 10 และ 20 โดยใช้อุณหภูมิ 190 140 และ 60 องศาเซลเซียส ตามลำดับ และใช้อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 18:1



รูปที่ 30 ร้อยละของไบโอดีเซลที่เวลาต่าง ๆ จากผลกระทบของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน โดยใช้อุณหภูมิ 190 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 18:1

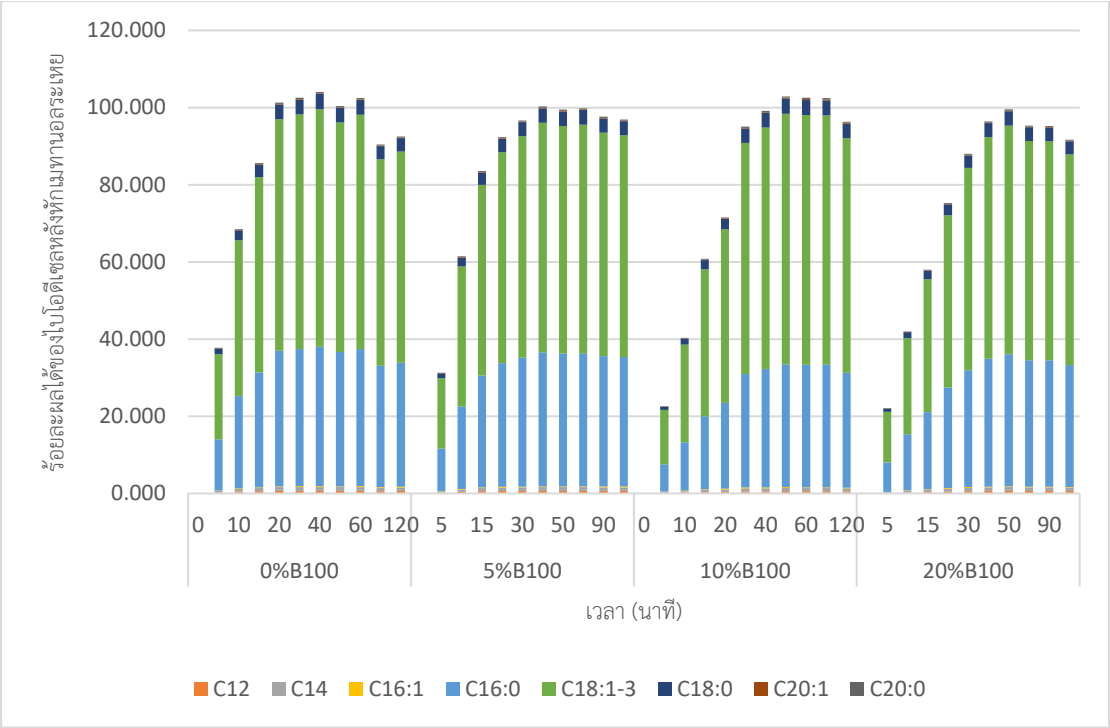
จากรูปที่ 30 ผลกระทบของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน โดยใช้อุณหภูมิ 190 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 18:1 แสดงให้เห็นว่า ในภาพรวมเมื่อพิจารณาในช่วงเริ่มต้นของปฏิกิริยา การเพิ่มปริมาณตัวทำละลายร่วมจะทำให้ร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลนั้นลดลงอย่างเห็นได้

ชัด ส่วนในช่วงท้ายของปฏิกิริยา การเพิ่มปริมาณตัวทำละลายร่วมจะไม่ส่งผลกับร้อยละผลได้ของไบโอดีเซล ซึ่งจะแสดงดังในตารางที่ 13 ซึ่งการที่ร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลนั้นลดลงนั้นมีสาเหตุอันเนื่องมาจากปรากฏการณ์เจือจาง (Dilution effect) กล่าวคือ เมื่อใส่ตัวทำละลายร่วมลงไปเจือจางความเข้มข้นของไตรกลีเซอไรด์และตัวเร่งปฏิกิริยา ทำให้ความเข้มข้นของสารตั้งต้นและตัวเร่งปฏิกิริยาต่ำลง โมเลกุลเกิดการชนกันได้ยากขึ้น ส่งผลให้ปฏิกิริยาเกิดได้ช้าลง ส่วนความสามารถของตัวทำละลายร่วมที่ใส่เข้าไปแล้วควรจะช่วยให้ปรากฏการณ์การถ่ายโอนมวลข้ามวัฏภาคนั้นดีขึ้น กลับแทบไม่เห็นผลกระทบต่อปรากฏการณ์การถ่ายโอนมวลข้ามวัฏภาคดลย เนื่องจากสภาวะในการทำปฏิกิริยาที่สูง คือ อุณหภูมิ 190 องศาเซลเซียส ทำให้สารตั้งต้นอย่างน้ำมันปาล์มโอเลอินและเมทานอลเกิดการละลายเข้าด้วยกันเป็นเนื้อเดียว และเกิดปฏิกิริยาได้อย่างรวดเร็ว ซึ่งเป็นเหตุผลว่าทำไมในช่วงท้ายของปฏิกิริยาการเพิ่มปริมาณตัวทำละลายร่วมจะไม่ส่งผลกับร้อยละผลได้ของไบโอดีเซล โดยจะทำการจำลองลักษณะพฤติกรรมของน้ำมันและเมทานอลที่สภาวะอุณหภูมิสูงในหัวข้อถัดไป

ตารางที่ 13 ผลกระทบของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลต่อร้อยละผลได้ของไบโอดีเซล เมื่อใช้อุณหภูมิ 190 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 18:1

ปริมาณตัวทำละลายร่วม (ร้อยละโดยมวลของน้ำมันปาล์ม)	ร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลที่เวลา 5 นาที	ร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลในช่วงท้ายของปฏิกิริยา
0	45.4	111.3
5	37.5	116.3
10	25.5	114.0
20	27.3	113.5

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



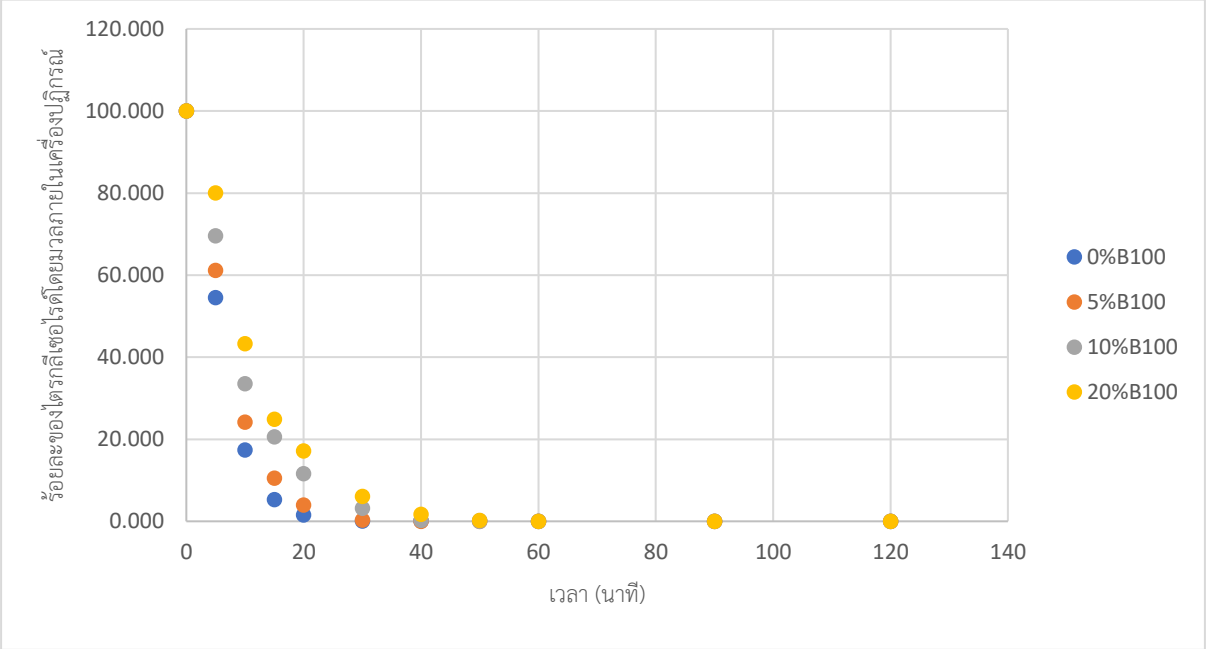
รูปที่ 31 ร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลหลังหักปริมาณเมทานอลที่ระเหย ณ เวลาต่าง ๆ จากผลกระทบของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 190 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 18:1

ในช่วงท้ายของปฏิกิริยา การเพิ่มปริมาณตัวทำละลายร่วมจะไม่ส่งผลกับร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลให้มีความแตกต่างกัน มีสาเหตุอันเนื่องมาจากปริมาณไบโอดีเซลที่เกิดขึ้นมีปริมาณมากกว่าไบโอดีเซลที่ใส่เข้าไปตอนเริ่มต้นอยู่มาก ทำให้เมื่อเปรียบเทียบกันแล้วการใส่ตัวทำละลายร่วมเพิ่มเข้าไปจึงไม่เห็นผล ดังแสดงใน**ตารางที่** ***14***

ตารางที่ 14 การเปรียบเทียบปริมาณไบโอดีเซลที่เกิดขึ้นกับไบโอดีเซลที่ใส่เข้าไปเป็นตัวทำละลายร่วม เมื่อใช้อุณหภูมิ 190 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 18:1

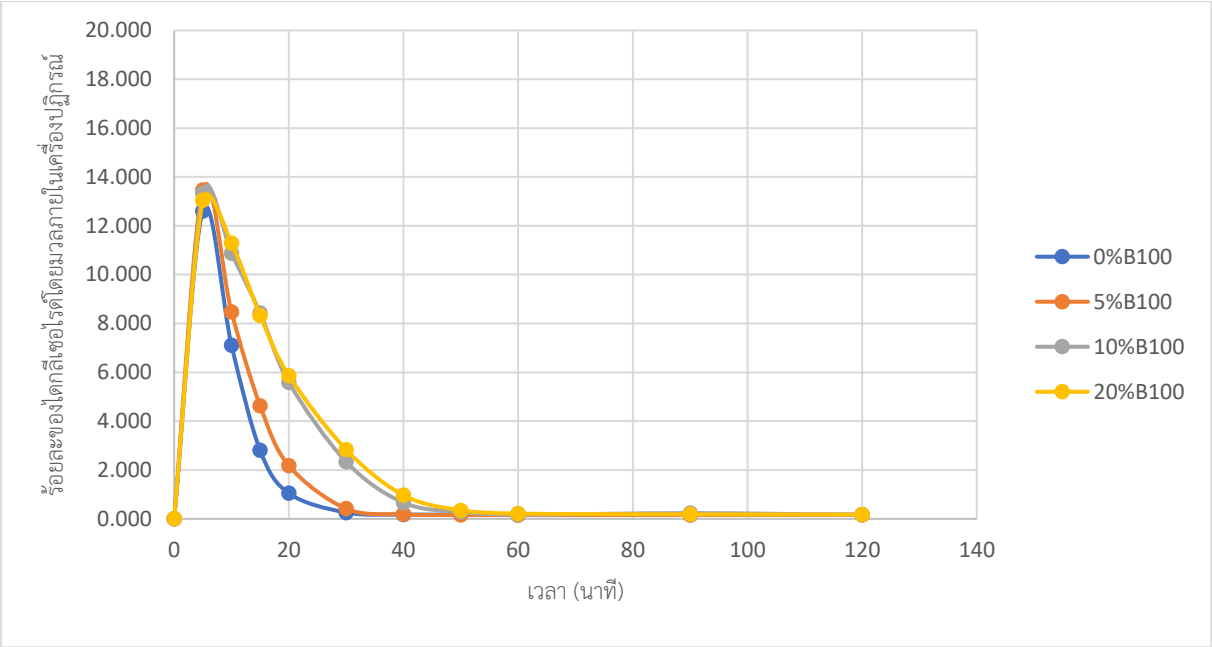
ปริมาณตัวทำละลายร่วม (ร้อยละโดยมวลของน้ำมันปาล์ม)	ร้อยละโดยมวลของไบโอดีเซลที่เกิดขึ้นในช่วงท้ายของปฏิกิริยา	ร้อยละโดยมวลของไบโอดีเซลที่ใส่เข้าไปเป็นตัวทำละลายร่วม
5	70.9	3.6
10	61.9	6.5
20	73.3	12.3

นอกจากนี้ยังทำการศึกษาผลกระทบของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลต่อการเกิดปฏิกิริยาของไตรกลีเซอไรด์ ไดกลีเซอไรด์ และมอนอกลีเซอไรด์ โดยใช้อุณหภูมิ 190 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 18:1 ดังแสดงในรูปที่ 32 รูปที่ 33 และรูปที่ 34 ซึ่งได้ผลลัพธ์ที่สอดคล้องกับร้อยละผลได้ของไบโอดีเซล คือ เมื่อปริมาณตัวทำละลายร่วมเพิ่มสูงขึ้น ในช่วงเริ่มต้นของปฏิกิริยาร้อยละของไตรกลีเซอไรด์ ไดกลีเซอไรด์ และมอนอกลีเซอไรด์จะเพิ่มขึ้น กล่าวคือ ปฏิกิริยาเกิดได้ช้าลง ส่วนในช่วงท้ายของปฏิกิริยาร้อยละของไตรกลีเซอไรด์ ไดกลีเซอไรด์ และมอนอกลีเซอไรด์จะค่าใกล้เคียงกัน กล่าวคือ ไม่ส่งผลกับปฏิกิริยา

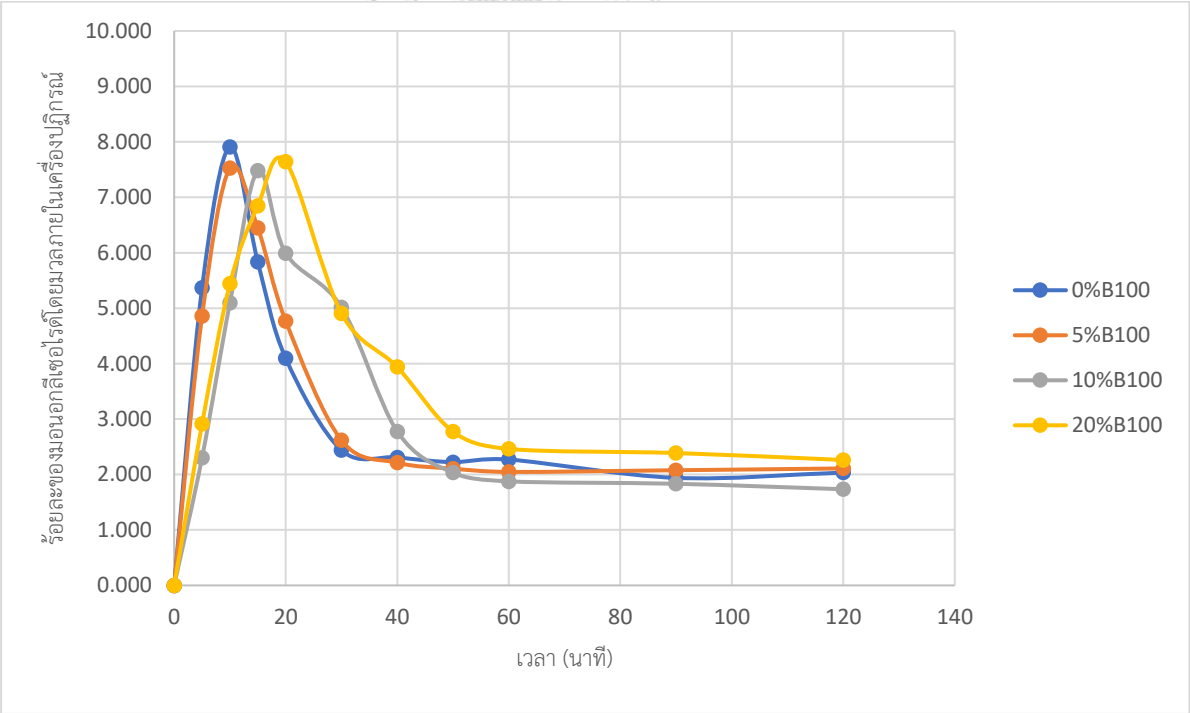


CHULALONGKORN UNIVERSITY

รูปที่ 32 ร้อยละของไตรกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์จากผลกระทบของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 190 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 18:1

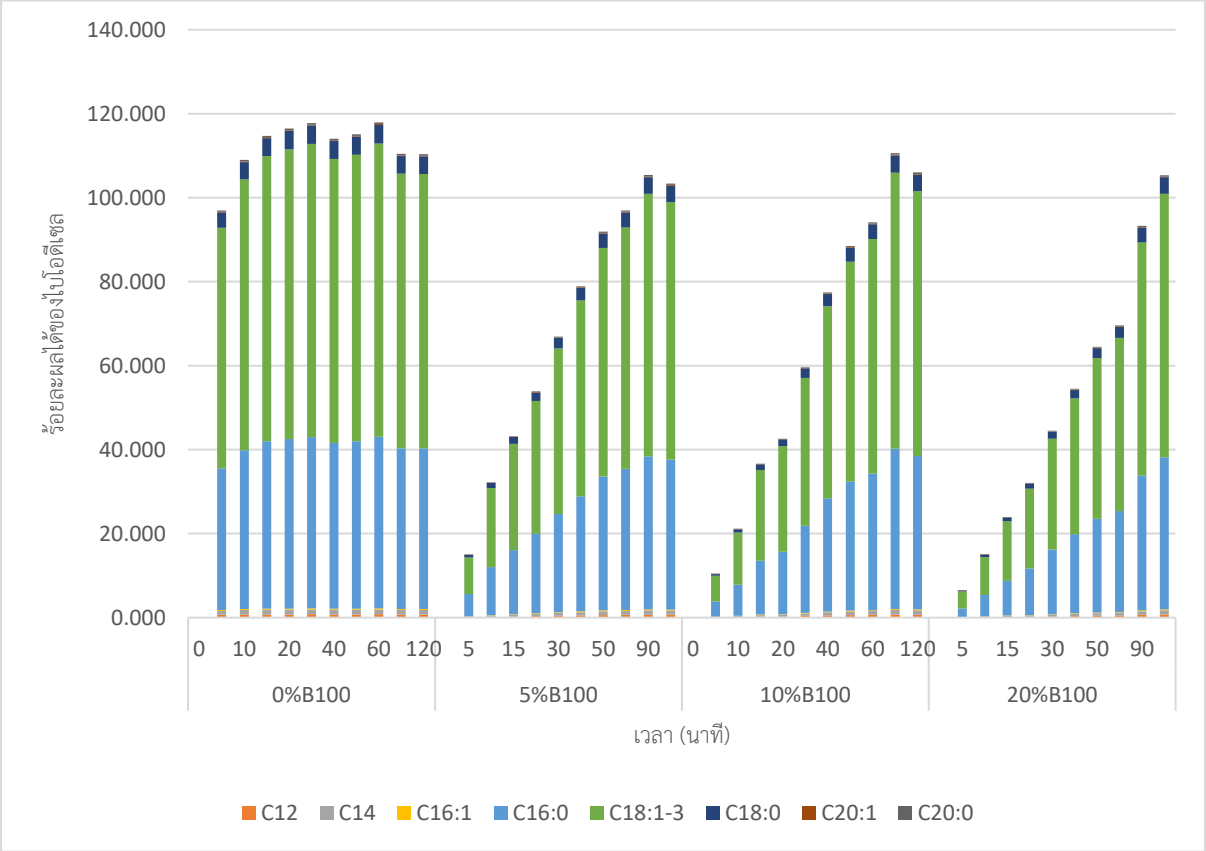


รูปที่ 33 ร้อยละของไดกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์จากผลกระทบของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 190 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 18:1



รูปที่ 34 ร้อยละของมอนอกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์จากผลกระทบของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 190 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 18:1

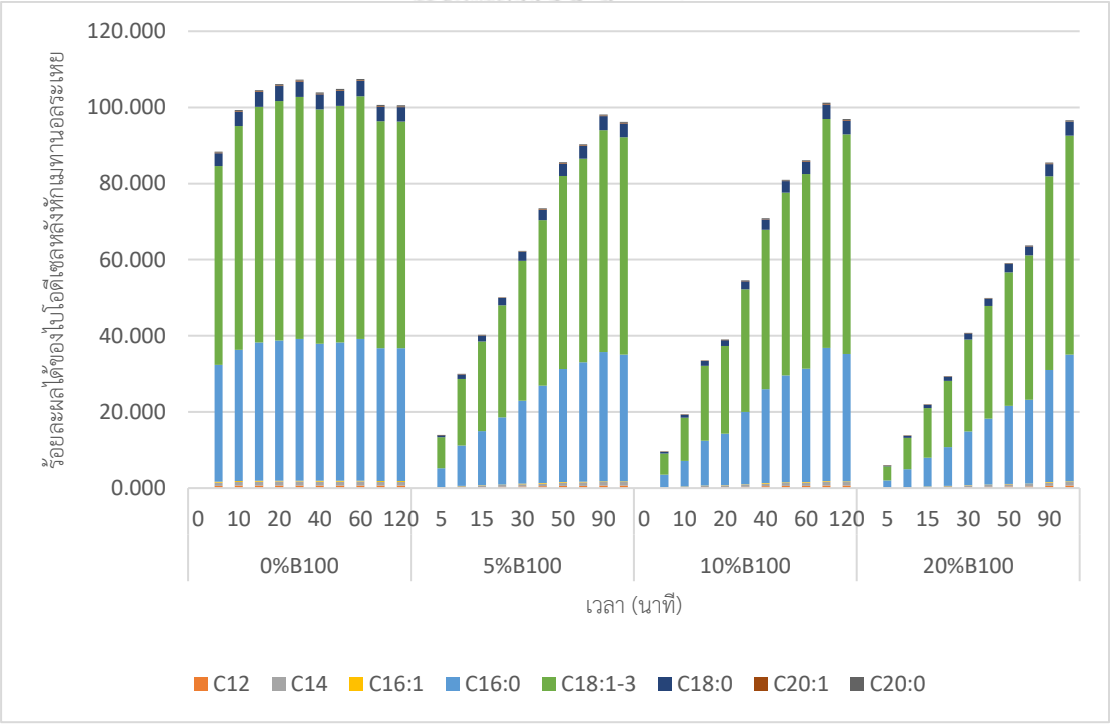
ต่อมาเมื่อศึกษาผลกระทบของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอินโดยใช้อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 18:1 ดังแสดงในรูปที่ 35 แสดงให้เห็นว่า เมื่อลดอุณหภูมิในการทำปฏิกิริยาลงเหลือ 140 องศาเซลเซียส ซึ่งยังเป็นสภาวะอุณหภูมิที่สูงอยู่ ในภาพรวมเมื่อพิจารณาในช่วงเริ่มต้นของปฏิกิริยา การเพิ่มปริมาณตัวทำละลายร่วมจะทำให้ร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลนั้นลดลงอย่างเห็นได้ชัด อันมีสาเหตุมาจากปรากฏการณ์เจือจางเช่นเดียวกันกับที่อุณหภูมิ 190 องศาเซลเซียส ส่วนในช่วงท้ายของปฏิกิริยา การเพิ่มปริมาณตัวทำละลายร่วมจะไม่ส่งผลกับร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลให้มีความแตกต่างกัน ซึ่งจะแสดงดังในตารางที่ 15



รูปที่ 35 ร้อยละของไบโอดีเซลที่เวลาต่าง ๆ จากผลกระทบของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน โดยใช้อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 18:1

ตารางที่ 15 ผลกระทบของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลต่อร้อยละผลได้ของไบโอดีเซล เมื่อใช้อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 18:1

ปริมาณตัวทำละลายร่วม (ร้อยละโดยมวลของน้ำมันปาล์ม)	ร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลที่เวลา 5 นาที	ร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลในช่วงท้ายของปฏิกิริยา
0	97.0	110.4
5	15.0	103.3
10	10.4	106.0
20	6.5	105.4



รูปที่ 36 ร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลหลังหักปริมาณเมทานอลที่ระเหย ณ เวลาต่าง ๆ จากผลกระทบของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 18:1

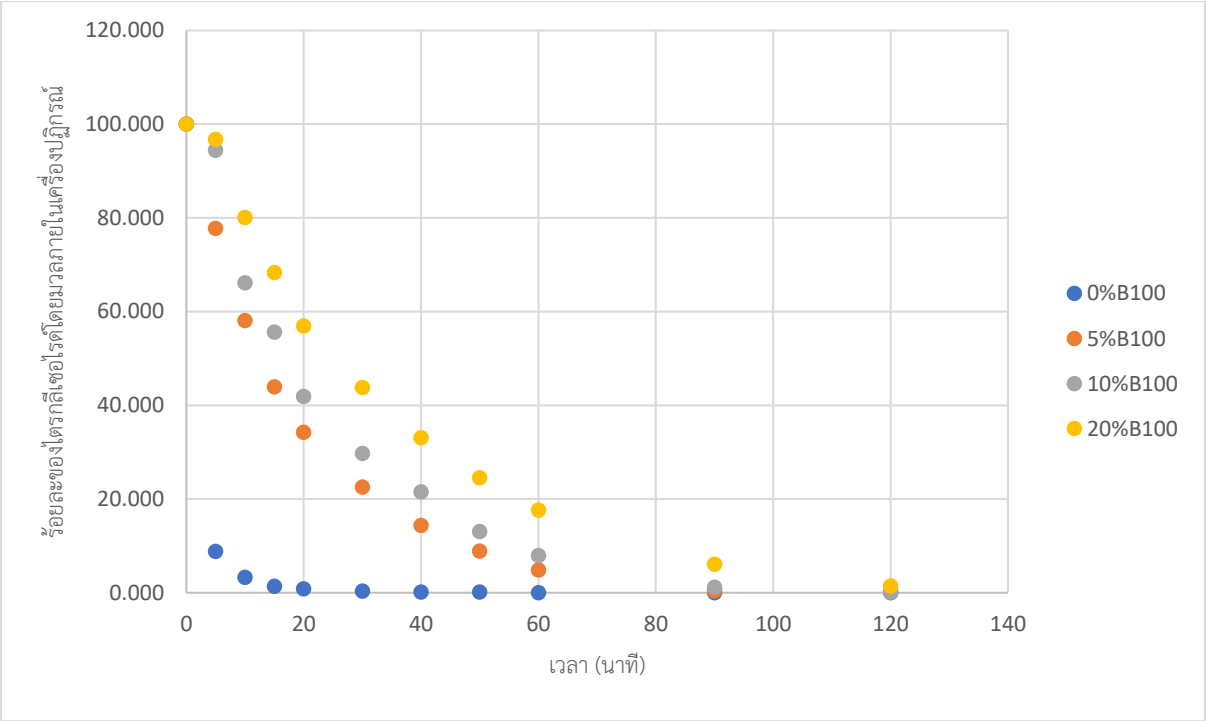
ในช่วงท้ายของปฏิกิริยา การเพิ่มปริมาณตัวทำละลายร่วมจะไม่ส่งผลกับร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลให้มีความแตกต่างกัน มีสาเหตุอันเนื่องมาจากปริมาณไบโอดีเซลที่เกิดขึ้นมีปริมาณมากกว่าไบโอดีเซลที่ใส่เข้าไปตอนเริ่มต้นอยู่มาก ทำให้เมื่อเปรียบเทียบกันแล้วการใส่ตัวทำละลายร่วมเพิ่มเข้าไปจึงไม่เห็นผล ดังแสดงในตารางที่ 16

ตารางที่ 16 การเปรียบเทียบปริมาณไบโอดีเซลที่เกิดขึ้นกับไบโอดีเซลที่ใส่เข้าไปเป็นตัวทำละลายร่วม เมื่อใช้อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 18:1

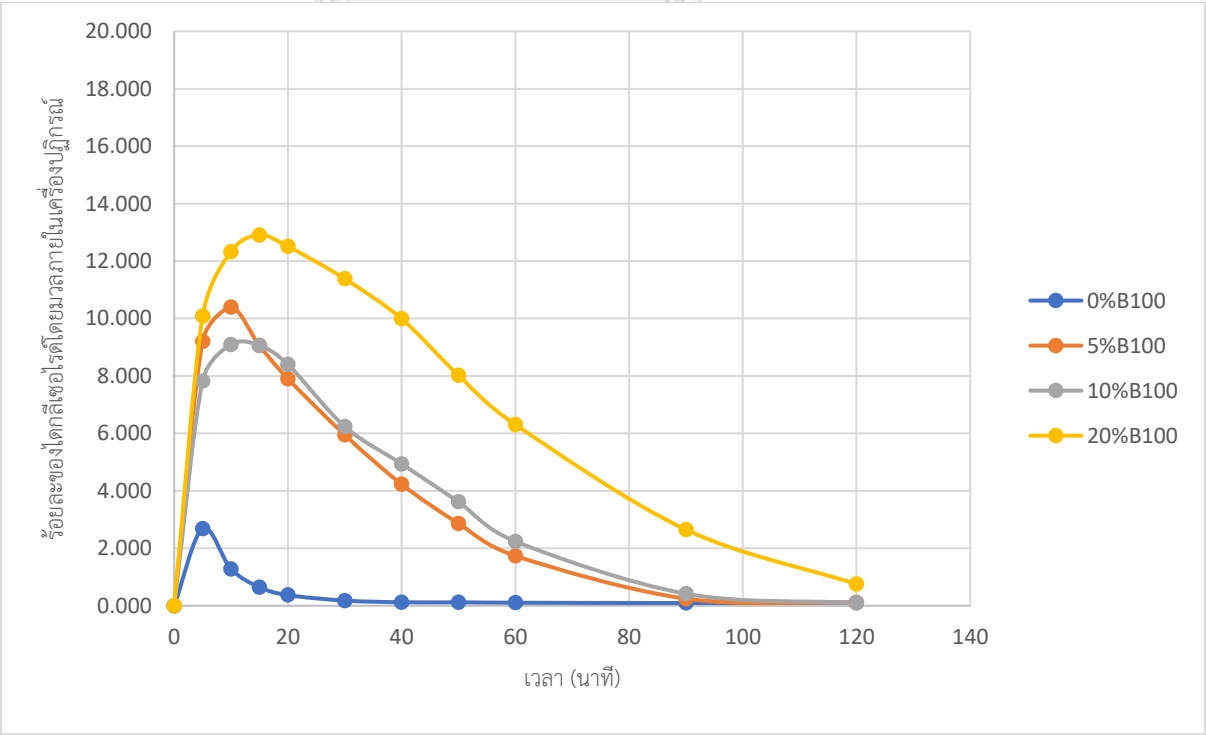
ปริมาณตัวทำละลายร่วม (ร้อยละโดยมวลของน้ำมันปาล์ม)	ร้อยละโดยมวลของไบโอดีเซลที่เกิดขึ้นในช่วงท้ายของปฏิกิริยา	ร้อยละโดยมวลของไบโอดีเซลที่ใส่เข้าไปเป็นตัวทำละลายร่วม
5	61.4	3.1
10	60.5	6.1
20	77.9	12.9

นอกจากนี้ยังทำการศึกษาผลกระทบของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลต่อการเกิดปฏิกิริยาของไตรกลีเซอไรด์ ไดกลีเซอไรด์ และมอนอกลีเซอไรด์ โดยใช้อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 18:1 ดังแสดงในรูปที่ 37 รูปที่ 38 และรูปที่ 39 ซึ่งได้ผลลัพธ์ที่สอดคล้องกับร้อยละผลได้ของไบโอดีเซล คือ เมื่อปริมาณตัวทำละลายร่วมเพิ่มสูงขึ้น ในช่วงเริ่มต้นของปฏิกิริยาร้อยละของไตรกลีเซอไรด์ ไดกลีเซอไรด์ และมอนอกลีเซอไรด์จะเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน กล่าวคือ ปฏิกิริยาเกิดได้ช้าลง ส่วนในช่วงท้ายของปฏิกิริยาร้อยละของไตรกลีเซอไรด์ ไดกลีเซอไรด์ และมอนอกลีเซอไรด์จะค่าใกล้เคียงกัน ยกเว้นที่ปริมาณตัวทำละลายร่วมร้อยละ 20 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ร้อยละของไดกลีเซอไรด์ และมอนอกลีเซอไรด์ จะมีค่ามากกว่าที่ปริมาณตัวทำละลายร่วมอื่น ๆ กล่าวคือ ปรากฏการณ์เจือจางเริ่มส่งผลให้ปฏิกิริยาเกิดได้ช้าชัดเจนมากขึ้น เมื่อใช้อุณหภูมิลดลงมาเป็น 140 องศาเซลเซียส

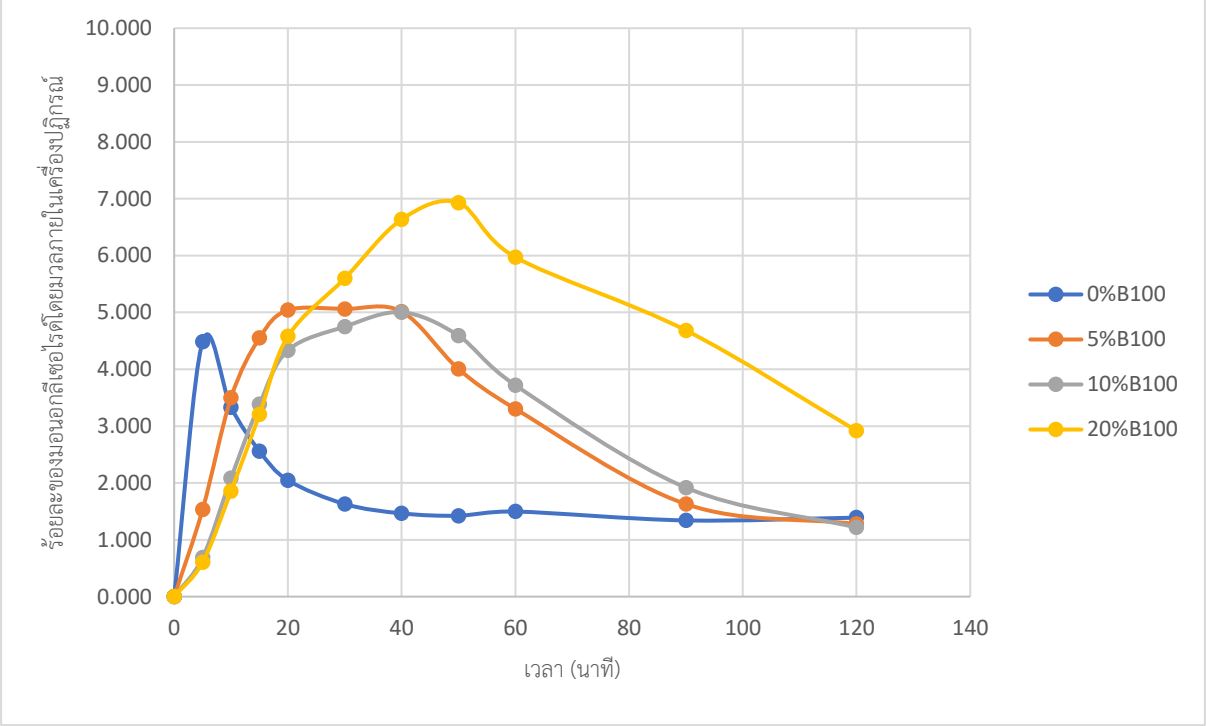
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY



รูปที่ 37 ร้อยละของไตรกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์จากผลกระทบของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 18:1



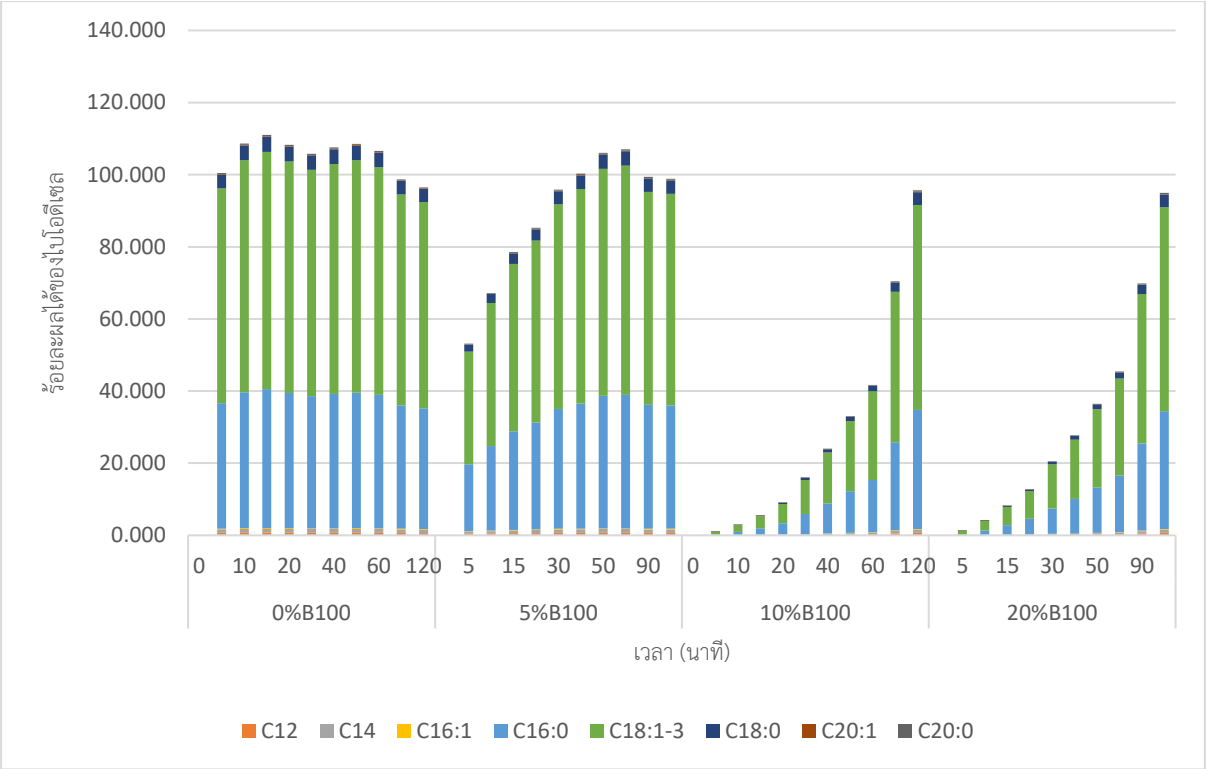
รูปที่ 38 ร้อยละของไดกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์จากผลกระทบของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 18:1



รูปที่ 39 ร้อยละของมอนอกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์จากผลกระทบของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 18:1

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

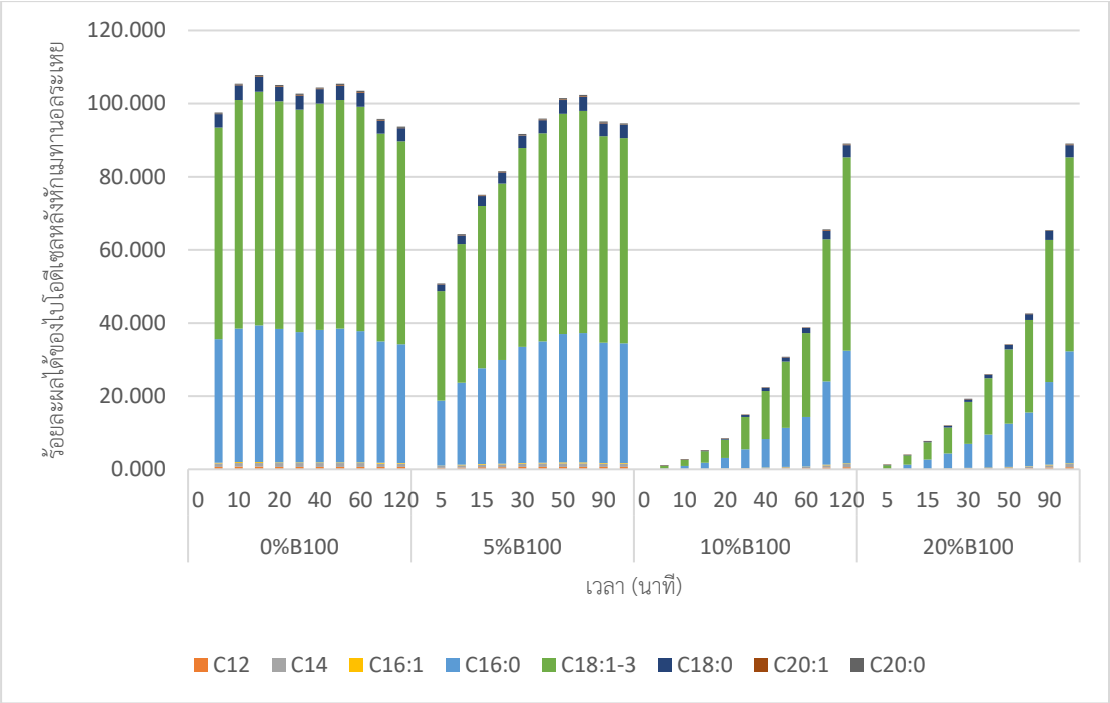
ถัดมาเมื่อศึกษาผลกระทบของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอินโดยใช้อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 18:1 ดังแสดงในรูปที่ 40 แสดงให้เห็นว่า เมื่อลดอุณหภูมิในการทำปฏิกิริยาลงเหลือ 100 องศาเซลเซียส ในภาพรวมเมื่อพิจารณาทั้งในช่วงเริ่มต้นของปฏิกิริยา การเพิ่มปริมาณตัวทำละลายร่วมจะทำให้ร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลนั้นลดลง อันมีสาเหตุมาจากปรากฏการณ์เจือจางเช่นเดียวกันกับที่อุณหภูมิ 190 องศาเซลเซียส ส่วนในช่วงท้ายของปฏิกิริยา การเพิ่มปริมาณตัวทำละลายร่วมจะไม่ส่งผลกับร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลให้มีความแตกต่างกันแบบชัดเจน ดังแสดงในตารางที่ 17



รูปที่ 40 ร้อยละของไบโอดีเซลที่เวลาต่าง ๆ จากผลกระทบของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน โดยใช้อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 18:1

ตารางที่ 17 ผลกระทบของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลต่อร้อยละผลได้ของไบโอดีเซล เมื่อใช้อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 18:1

ปริมาณตัวทำละลายร่วม (ร้อยละโดยมวลของน้ำมันปาล์ม)	ร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลที่เวลา 5 นาที	ร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลในช่วงท้ายของปฏิกิริยา
0	100.5	96.5
5	53.1	98.9
10	1.0	95.7
20	1.2	94.9



รูปที่ 41 ร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลหลังหักปริมาณเมทานอลที่ระเหย ณ เวลาต่าง ๆ จากผลกระทบของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 18:1

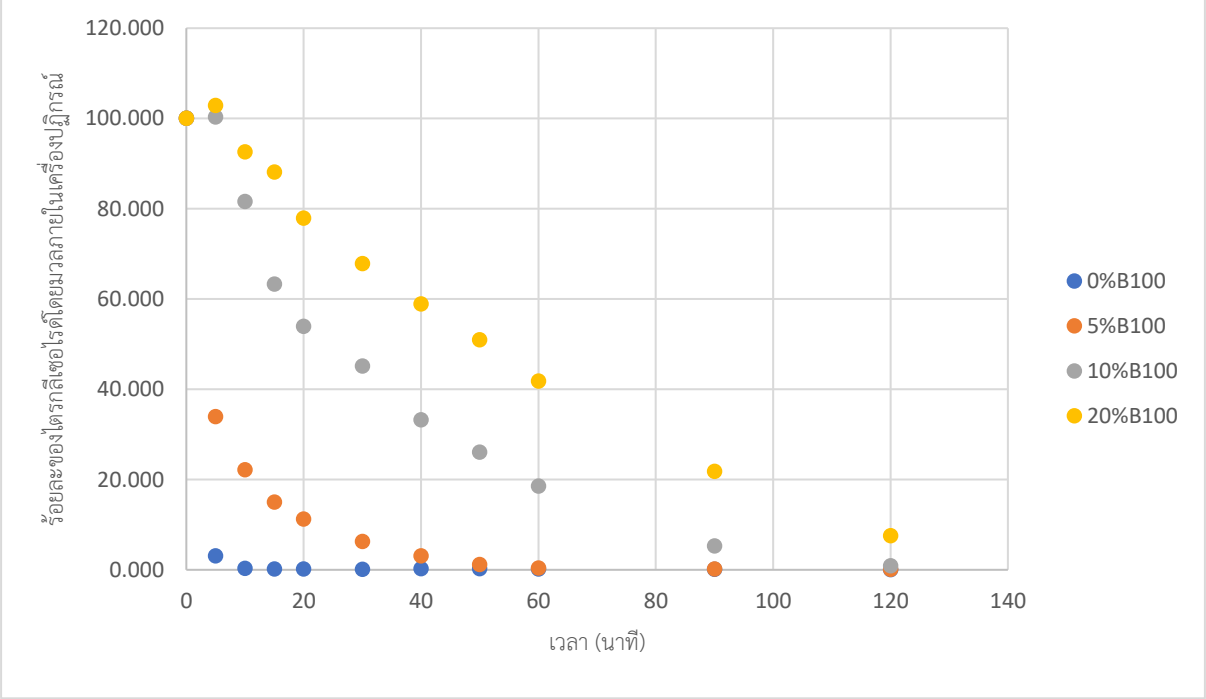
ในช่วงท้ายของปฏิกิริยา การเพิ่มปริมาณตัวทำละลายร่วมจะไม่ส่งผลกับร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลให้มีความแตกต่างกัน มีสาเหตุอันเนื่องมาจากปริมาณไบโอดีเซลที่เกิดขึ้นมีปริมาณมากกว่าไบโอดีเซลที่ใส่เข้าไปตอนเริ่มต้นอยู่มาก ทำให้เมื่อเปรียบเทียบกันแล้วการใส่ตัวทำละลายร่วมเพิ่มเข้าไปจึงไม่เห็นผล ดังแสดงในตารางที่ 18

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 18 การเปรียบเทียบปริมาณไบโอดีเซลที่เกิดขึ้นกับไบโอดีเซลที่ใส่เข้าไปเป็นตัวทำละลายร่วม เมื่อใช้อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 18:1

ปริมาณตัวทำละลายร่วม (ร้อยละโดยมวลของน้ำมันปาล์ม)	ร้อยละโดยมวลของไบโอดีเซลที่เกิดขึ้นในช่วงท้ายของปฏิกิริยา	ร้อยละโดยมวลของไบโอดีเซลที่ใส่เข้าไปเป็นตัวทำละลายร่วม
5	70.7	3.5
10	69.1	7.7
20	81.6	15.2

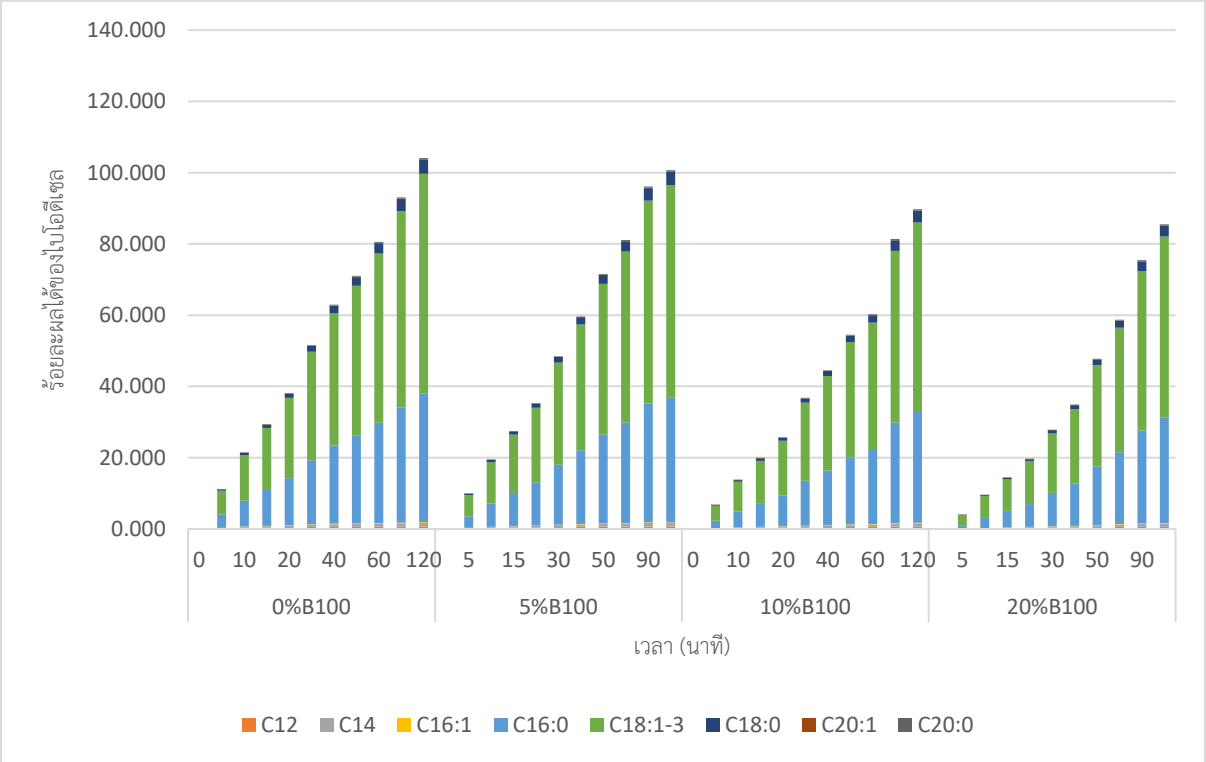
นอกจากนี้ยังทำการศึกษาผลกระทบของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลต่อการเกิดปฏิกิริยาของไตรกลีเซอไรด์ ไดกลีเซอไรด์ และมอนอกลีเซอไรด์ โดยใช้อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 18:1 ดังแสดงในรูปที่ 42 ซึ่งได้ผลลัพธ์ที่สอดคล้องกับร้อยละผลได้ของไบโอดีเซล คือ เมื่อปริมาณตัวทำละลายร่วมเพิ่มสูงขึ้น ในช่วงเริ่มต้นของปฏิกิริยาร้อยละของไตรกลีเซอไรด์ จะเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน กล่าวคือ ปฏิกิริยาเกิดได้ช้าลง ส่วนในช่วงท้ายของปฏิกิริยาร้อยละของไตรกลีเซอไรด์ยังมีค่าใกล้เคียงกัน ยกเว้นที่ปริมาณตัวทำละลายร่วมร้อยละ 20 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เหมือนกับที่อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส



รูปที่ 42 ร้อยละของไตรกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์จากผลกระทบของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 18:1

ต่อมาเมื่อศึกษาผลกระทบของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอินโดยใช้อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 18:1 ดังแสดงในรูปที่ 43 แสดงให้เห็นว่า เมื่อลดอุณหภูมิในการทำปฏิกิริยาลงเหลือ 60 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นอุณหภูมิต่ำสุดในการทดลองนี้ ในภาพรวมเมื่อพิจารณาทั้ง

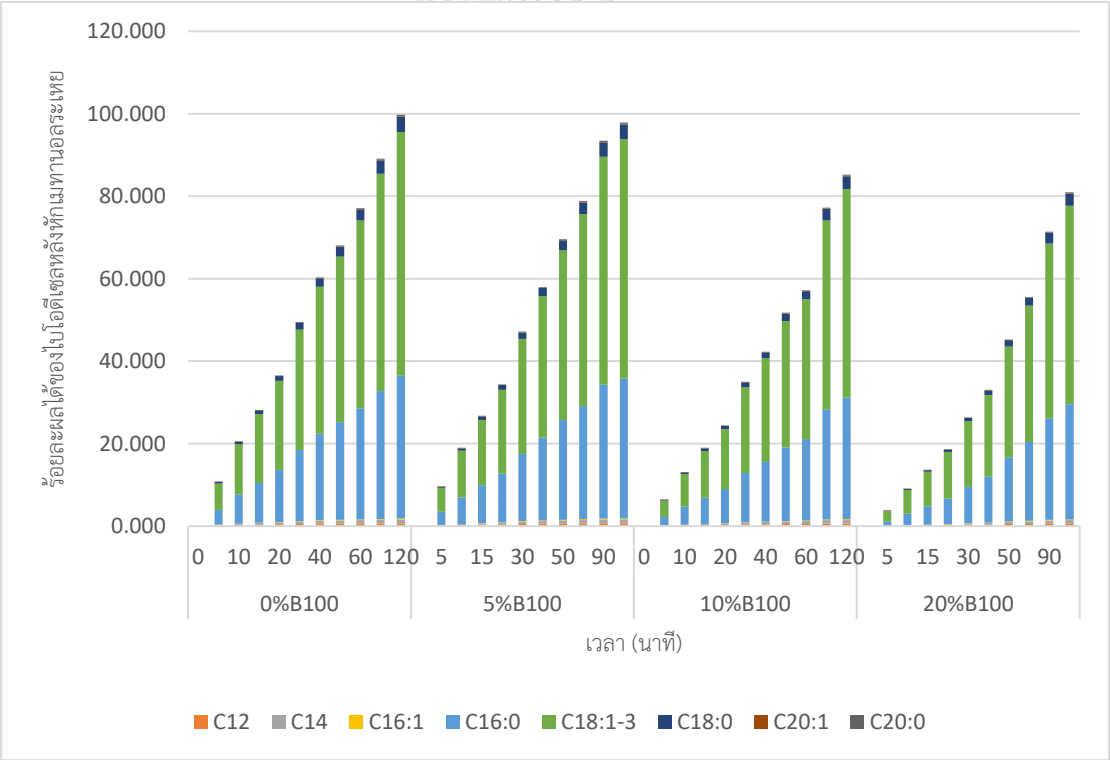
ในช่วงเริ่มต้นของปฏิกิริยา การเพิ่มปริมาณตัวทำละลายร่วมจะทำให้ร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลนั้นลดลง อันมีสาเหตุมาจากปรากฏการณ์เจือจางและอุณหภูมิที่ต่ำลง และในส่วนปรากฏการณ์การถ่ายโอนมวลข้ามวัฏภาค แม้ว่าอุณหภูมิต่ำจะทำให้สารตั้งต้นไม่สามารถละลายเป็นเนื้อเดียวได้ แต่การปั่นกวนและใช้เมทานอลในปริมาณมากจะช่วยชดเชยเรื่องการละลายเป็นเนื้อเดียวได้ ส่งผลให้การถ่ายโอนมวลข้ามวัฏภาคยังคงเกิดขึ้นได้ดี และในช่วงท้ายปฏิกิริยาการเพิ่มปริมาณตัวทำละลายร่วมจะส่งผลกับร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลให้ลดลงชัดเจนด้วยเช่นกัน เนื่องจากปรากฏการณ์เจือจาง ดังแสดงในตารางที่ 19



รูปที่ 43 ร้อยละของไบโอดีเซลที่เวลาต่าง ๆ จากผลกระทบของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน โดยใช้อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 18:1

ตารางที่ 19 ผลกระทบของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลต่อร้อยละผลได้ของไบโอดีเซล เมื่อใช้อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 18:1

ปริมาณตัวทำละลายร่วม (ร้อยละโดยมวลของน้ำมันปาล์ม)	ร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลที่เวลา 5 นาที	ร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลในช่วงท้ายของปฏิกิริยา
0	11.2	104.1
5	9.9	100.7
10	6.7	89.7
20	3.9	85.5



รูปที่ 44 ร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลหลังหักปริมาณเมทานอลที่ระเหย ณ เวลาต่าง ๆ จากผลกระทบของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 18:1

ในช่วงท้ายของปฏิกิริยา การเพิ่มปริมาณตัวทำละลายร่วมจะเริ่มส่งผลกับร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลให้มีความแตกต่างกันชัดเจนขึ้น มีสาเหตุอันเนื่องมาจากปริมาณไบโอดีเซลที่เกิดขึ้นมีปริมาณมากกว่าไบโอดีเซลที่ใส่เข้าไปตอนเริ่มต้นไม่มากเท่าในสภาวะอุณหภูมิ 100 140 และ 190 องศา

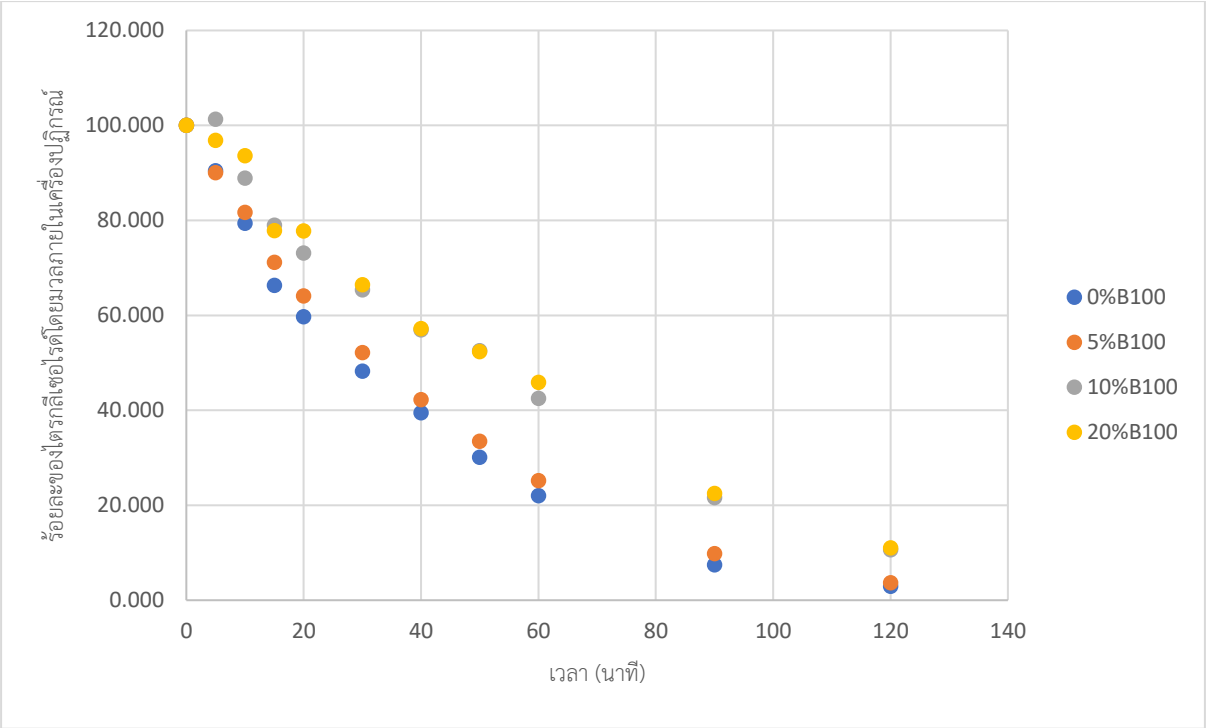
เซลเซียส ก่อนหน้านี้ ทำให้เมื่อเปรียบเทียบกันแล้วการใส่ตัวทำละลายร่วมเพิ่มเข้าไปจึงไม่เห็นผล ดังแสดงในตารางที่ 20

ตารางที่ 20 การเปรียบเทียบปริมาณไบโอดีเซลที่เกิดขึ้นกับไบโอดีเซลที่ใส่เข้าไปเป็นตัวทำละลายร่วม เมื่อใช้อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 18:1

ปริมาณตัวทำละลายร่วม (ร้อยละโดยมวลของน้ำมันปาล์ม)	ร้อยละโดยมวลของไบโอดีเซลที่เกิดขึ้นในช่วงท้ายของปฏิกิริยา	ร้อยละโดยมวลของไบโอดีเซลที่ใส่เข้าไปเป็นตัวทำละลายร่วม
5	76.8	4.0
10	59.7	6.5
20	45.8	8.1

นอกจากนี้ยังทำการศึกษาผลกระทบของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลต่อการเกิดปฏิกิริยาของไตรกลีเซอไรด์ โดยใช้อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 18:1 ดังแสดงในรูปที่ 45 ซึ่งได้ผลลัพธ์ที่สอดคล้องกับร้อยละผลได้ของไบโอดีเซล คือ การเพิ่มปริมาณตัวทำละลายร่วมจะทำให้ร้อยละผลได้ของไตรกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์สูงขึ้นทั้งในช่วงเริ่มต้นและท้ายของปฏิกิริยา กล่าวคือ ปรากฏการณ์เจือจางเริ่มส่งผลให้ปฏิกิริยาเกิดได้ช้าชัดเจนมากขึ้นที่อุณหภูมิต่ำ

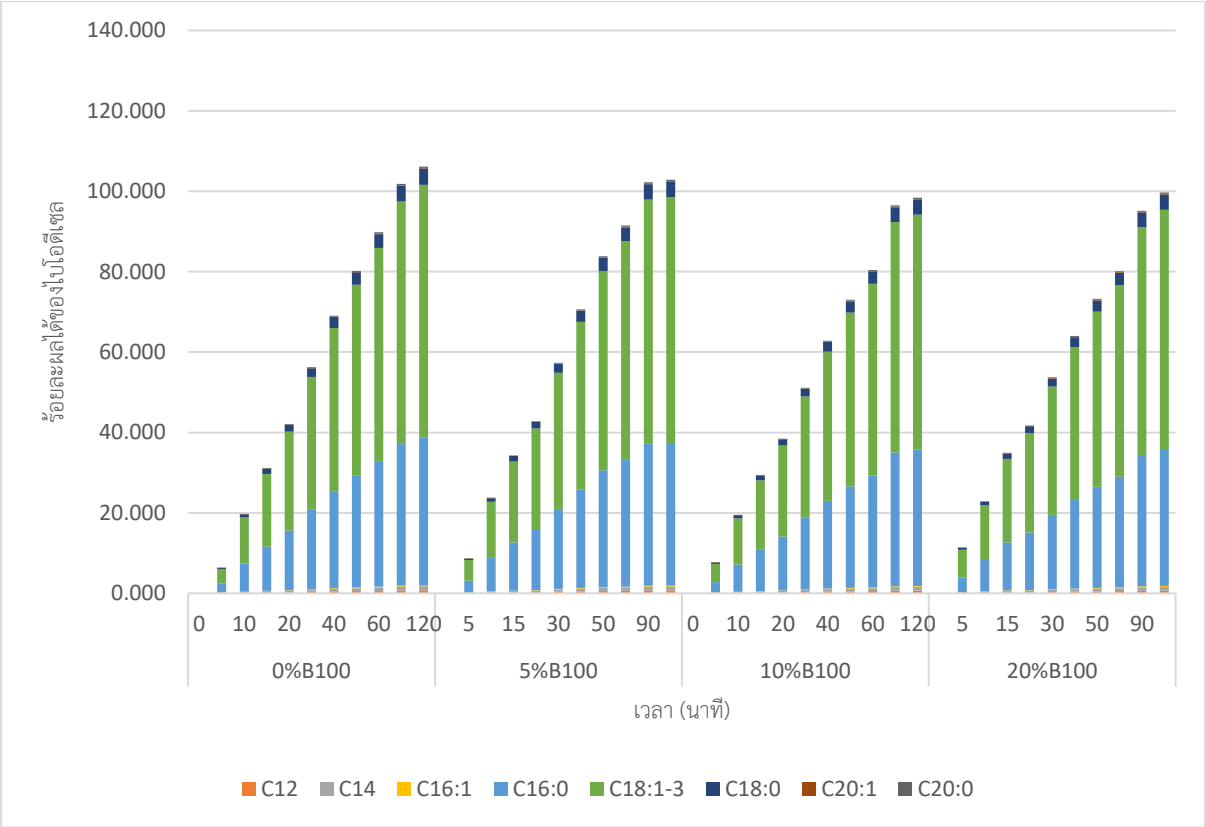
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY



รูปที่ 45 ร้อยละของไตรกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์จากผลกระทบของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 18:1

จากนั้นจึงได้ทำการศึกษาผลกระทบของปริมาณของตัวทำละลายร่วมร้อยละ 0 5 10 และ 20 โดยใช้อุณหภูมิ 190 140 100 และ 60 องศาเซลเซียส ตามลำดับ และใช้อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 6:1

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



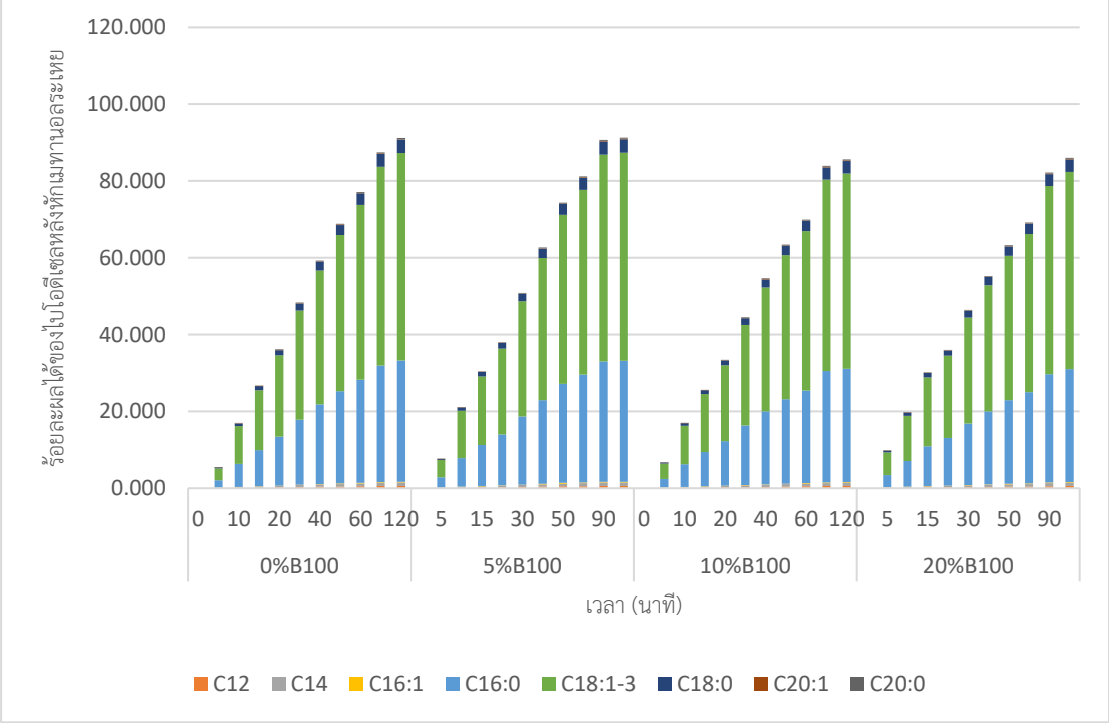
รูปที่ 46 ร้อยละของไบโอดีเซลที่เวลาต่าง ๆ จากผลกระทบของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน โดยใช้อุณหภูมิ 190 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 6:1

จากรูปที่ 46 และตารางที่ 21 ผลกระทบของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน โดยใช้อุณหภูมิ 190 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 6:1 แสดงให้เห็นว่า ในภาพรวมเมื่อพิจารณาในช่วงเริ่มต้นของปฏิกิริยา การเพิ่มปริมาณตัวทำละลายร่วมจะทำให้ร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลนั้นเพิ่มขึ้น แต่ไม่ชัดเจน เนื่องมาจากปริมาณเมทานอลที่ลดลงจากการใช้อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอินที่ 6:1 ทำให้เกิดผลกระทบของปรากฏการณ์การถ่ายโอนมวลข้ามวัฏภาคมากขึ้น ถึงแม้อุณหภูมิที่สูงในการทำปฏิกิริยาจะช่วยในการละลายเป็นเนื้อเดียวกันของสารตั้งต้นก็ตาม การเพิ่มปริมาณตัวทำละลายร่วมก็ยังมีผลในการช่วยชดเชยเรื่องปริมาณเมทานอลที่ลดลง ทำให้เกิดการถ่ายโอนมวลข้ามวัฏภาคได้ดีขึ้นในช่วงเริ่มต้นของปฏิกิริยา ส่วนในช่วงท้ายของปฏิกิริยา การเพิ่มปริมาณตัวทำละลายร่วมจะส่งผลให้ร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลลดลง ซึ่งมีสาเหตุอันเนื่องมาจากปรากฏการณ์เจือจาง กล่าวคือ เมื่อใส่ตัวทำละลายร่วมลงไปเจือจางความเข้มข้นของไตรกลีเซอไรด์

และตัวเร่งปฏิกิริยา ทำให้ความเข้มข้นของสารตั้งต้นและตัวเร่งปฏิกิริยาต่ำลง โมเลกุลเกิดการชนกันได้ยากขึ้น ส่งผลให้ปฏิกิริยาเกิดได้ช้าลง

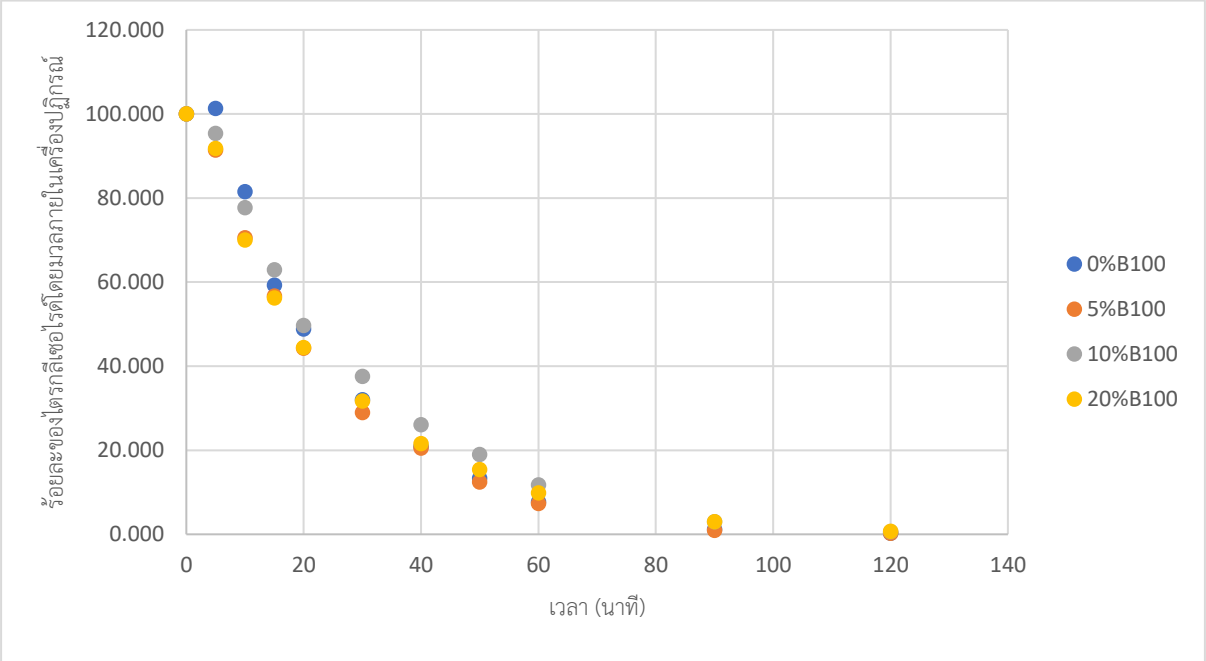
ตารางที่ 21 ผลกระทบของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลต่อร้อยละผลได้ของไบโอดีเซล เมื่อใช้อุณหภูมิ 190 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 6:1

ปริมาณตัวทำละลายร่วม (ร้อยละโดยมวลของน้ำมันปาล์ม)	ร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลที่เวลา 5 นาที	ร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลในช่วงท้ายของปฏิกิริยา
0	6.3	106.2
5	8.6	102.9
10	7.7	98.4
20	11.4	99.7

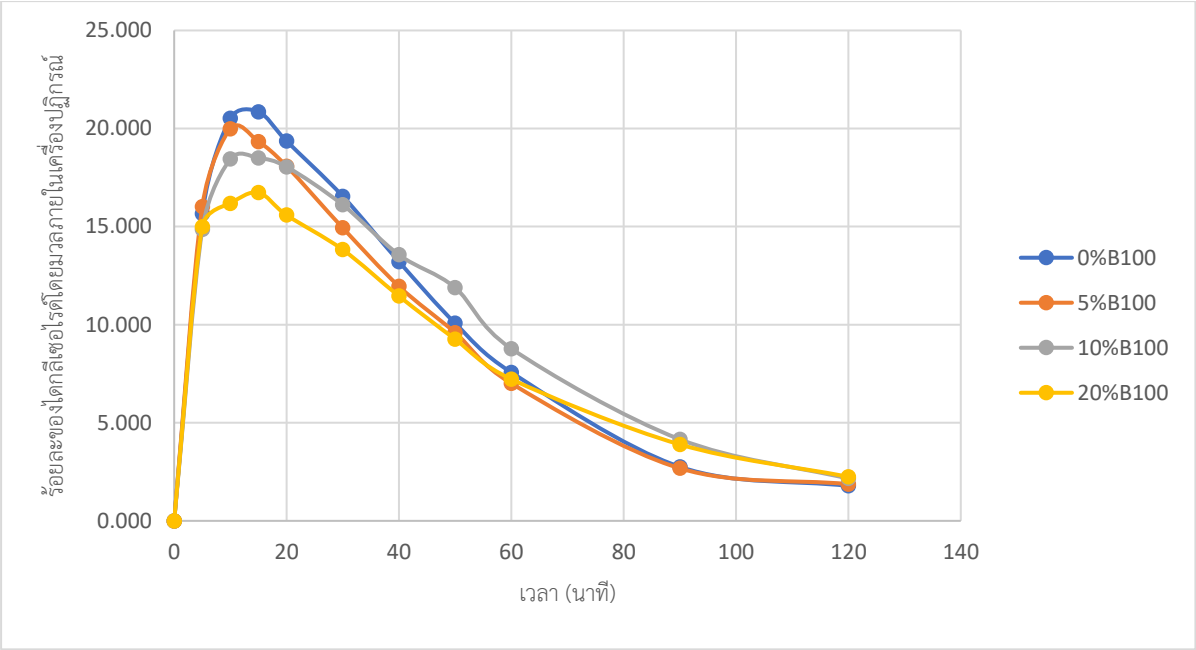


รูปที่ 47 ร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลหลังหักปริมาณเมทานอลที่ระเหย ณ เวลาต่าง ๆ จากผลกระทบของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 190 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 6:1

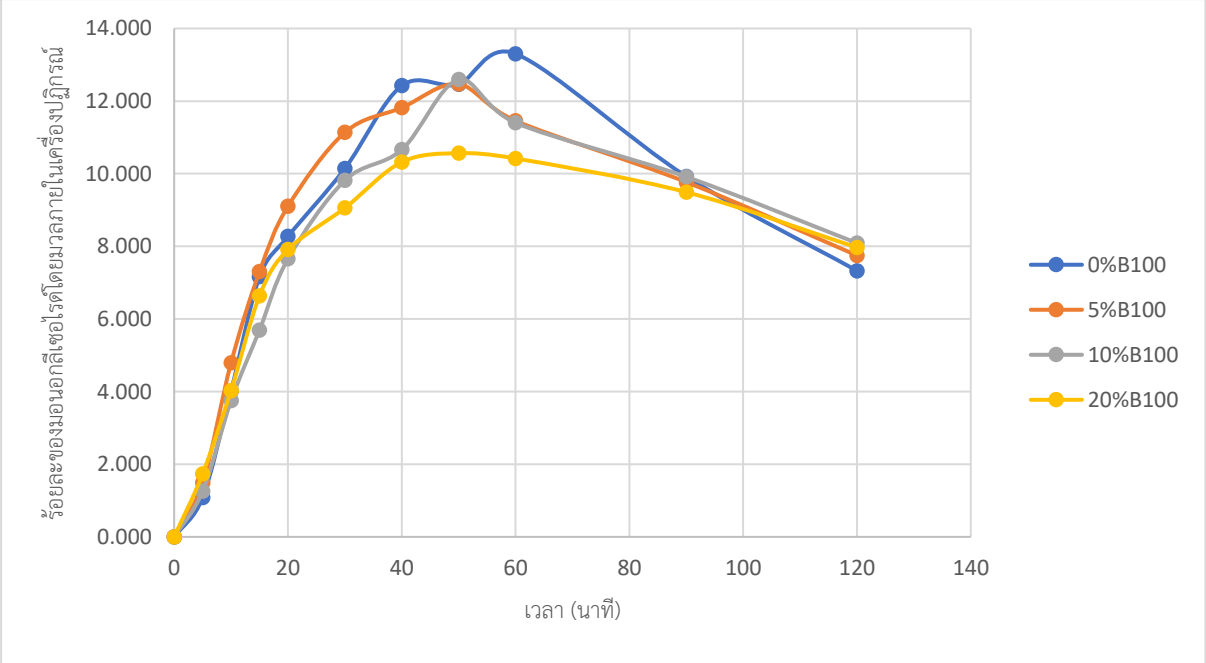
นอกจากนี้ยังทำการศึกษาผลกระทบของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลต่อการเกิดปฏิกิริยาของไตรกลีเซอไรด์ ไดกลีเซอไรด์ และมอนอกลีเซอไรด์ โดยใช้อุณหภูมิ 190 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 6:1 ดังแสดงในรูปที่ 48 รูปที่ 49 และรูปที่ 50 ซึ่งได้ผลลัพธ์ที่สอดคล้องกับร้อยละผลได้ของไบโอดีเซล คือ เมื่อปริมาณตัวทำละลายร่วมเพิ่มสูงขึ้น ในช่วงเริ่มต้นของปฏิกิริยาร้อยละของไตรกลีเซอไรด์ ไดกลีเซอไรด์ และมอนอกลีเซอไรด์จะลดลง กล่าวคือปฏิกิริยาเกิดได้เร็วขึ้น ส่วนในช่วงท้ายของปฏิกิริยาร้อยละของไตรกลีเซอไรด์ จะมีค่าใกล้เคียงกัน แต่ไดกลีเซอไรด์ และมอนอกลีเซอไรด์ จะมีค่าที่แตกต่างกัน แต่ไม่ชัดเจน โดยที่เมื่อปริมาณตัวทำละลายร่วมสูงขึ้น ร้อยละของไดกลีเซอไรด์ และมอนอกลีเซอไรด์ จะมีค่าเพิ่มขึ้น



รูปที่ 48 ร้อยละของไตรกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์จากผลกระทบของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 190 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 6:1

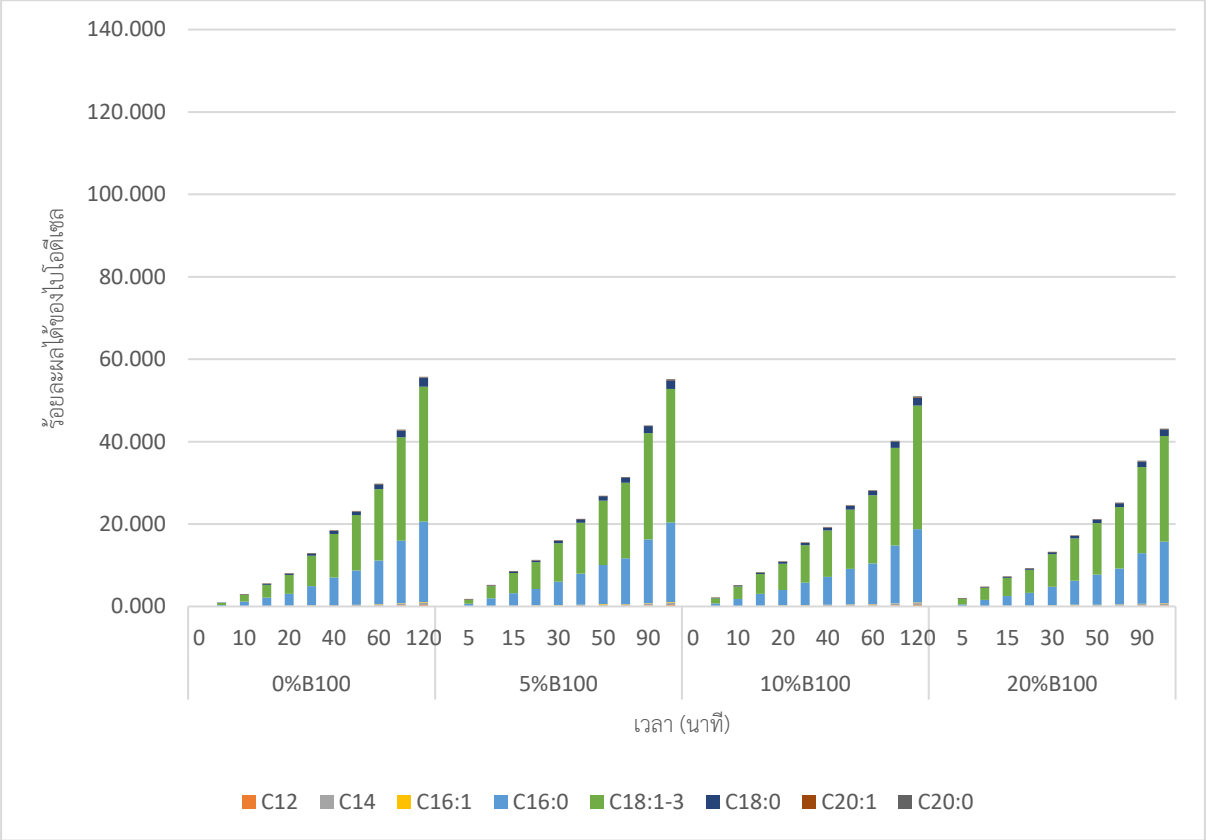


รูปที่ 49 ร้อยละของไดกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์จากผลกระทบของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 190 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 6:1



รูปที่ 50 ร้อยละของมอนอกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์จากผลกระทบของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 190 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 6:1

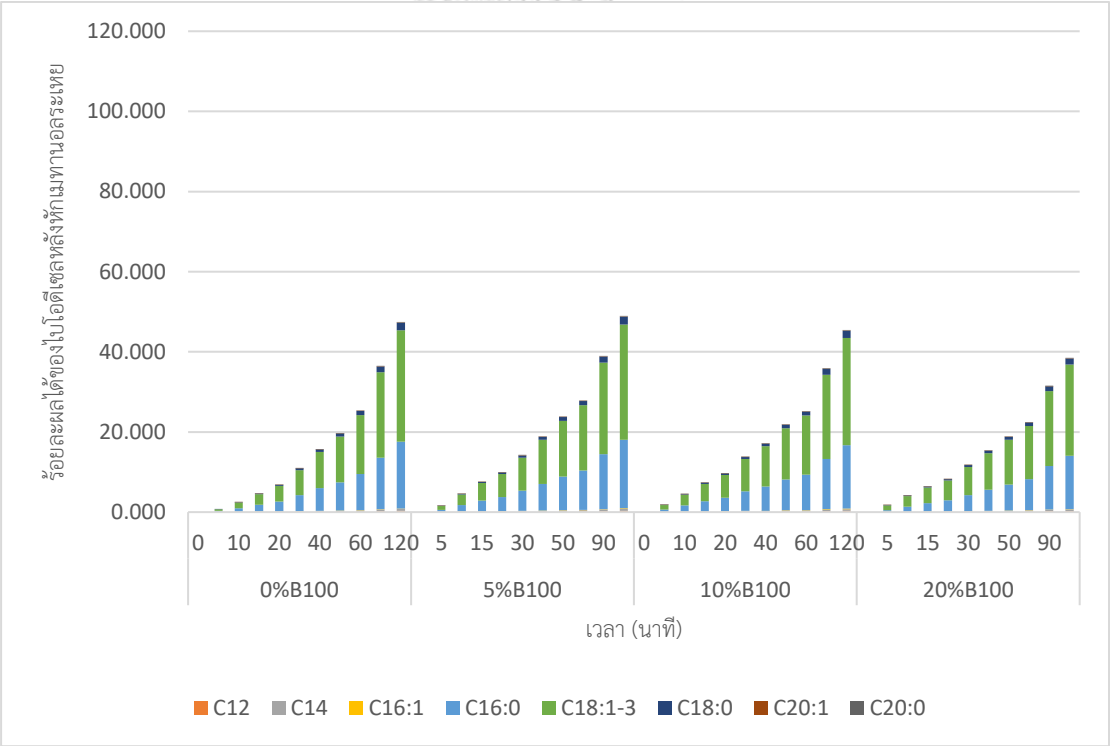
ต่อมาเมื่อศึกษาผลกระทบของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอินโดยใช้อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 6:1 ดังแสดงในรูปที่ 51 แสดงให้เห็นว่า เมื่อพิจารณาในช่วงเริ่มต้นของปฏิกิริยา การเพิ่มปริมาณตัวทำละลายร่วมจะทำให้ร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลนั้นเพิ่มขึ้น แต่ไม่ชัดเจน เนื่องจากช่วยชดเชยเรื่องปริมาณเมทานอลที่ลดลง ทำให้เกิดการถ่ายโอนมวลข้ามวัฏภาคได้ดีขึ้น เหมือนกับที่อุณหภูมิ 190 องศาเซลเซียส และในช่วงท้ายของปฏิกิริยา การเพิ่มปริมาณตัวทำละลายร่วมจะส่งผลให้ร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลลดลง ซึ่งมีสาเหตุอันเนื่องมาจากปรากฏการณ์เจือจางเช่นกัน ดังแสดงในตารางที่ 22



รูปที่ 51 ร้อยละของไบโอดีเซลที่เวลาต่าง ๆ จากผลกระทบของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน โดยใช้อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 6:1

ตารางที่ 22 ผลกระทบของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลต่อร้อยละผลได้ของไบโอดีเซล เมื่อใช้อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 6:1

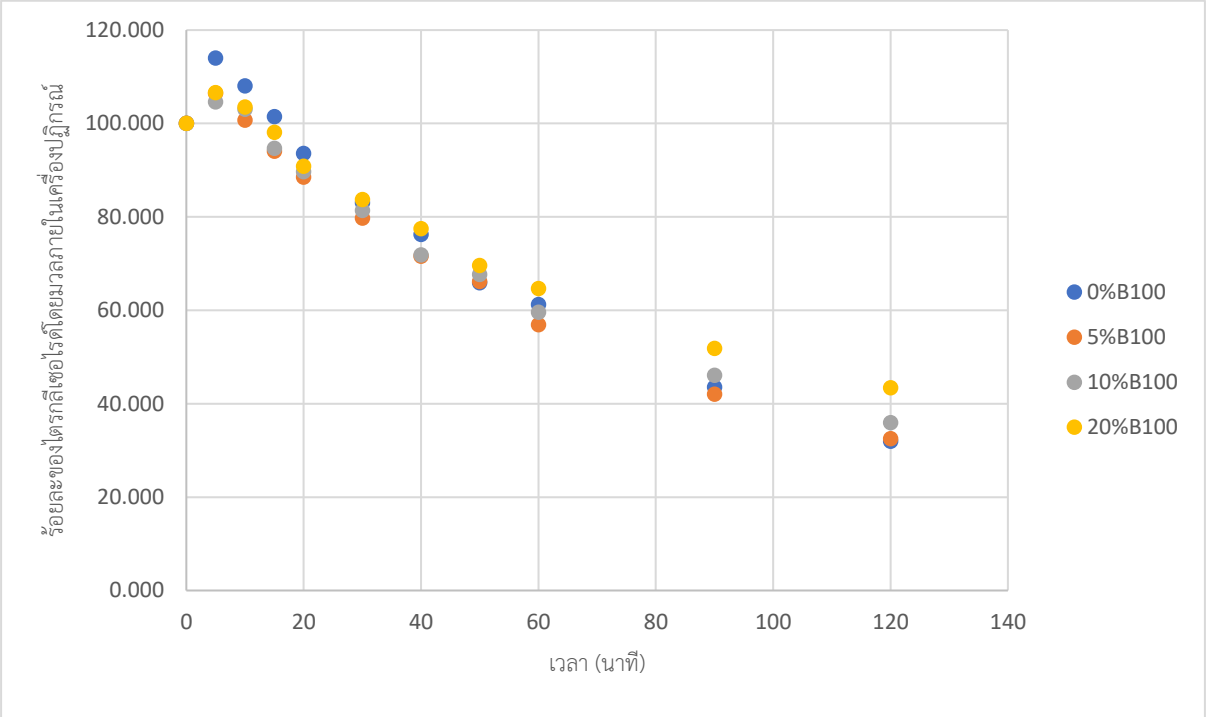
ปริมาณตัวทำละลายร่วม (ร้อยละโดยมวลของน้ำมันปาล์ม)	ร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลที่เวลา 5 นาที	ร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลในช่วงท้ายของปฏิกิริยา
0	0.9	55.7
5	1.8	55.2
10	2.1	51.0
20	2.0	43.2



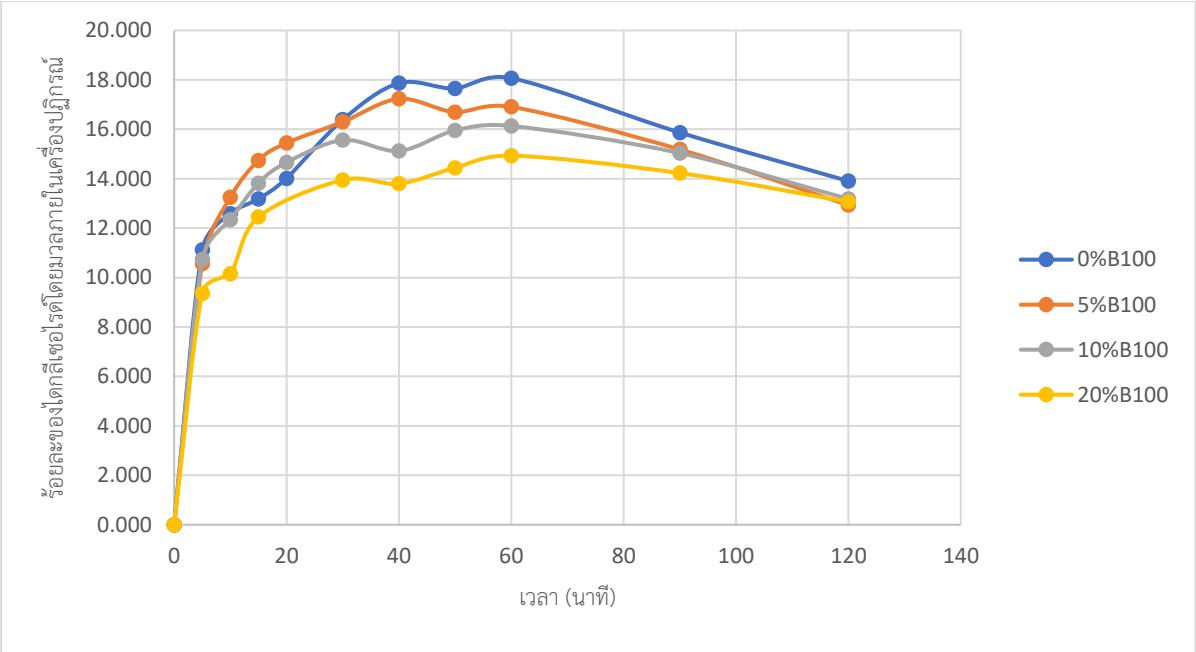
รูปที่ 52 ร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลหลังหักปริมาณเมทานอลที่ระเหย ณ เวลาต่าง ๆ จากผลกระทบของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 6:1

นอกจากนี้ยังทำการศึกษาผลกระทบของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลต่อการเกิดปฏิกิริยาของไตรกลีเซอไรด์ ไดกลีเซอไรด์ และมอนอกลีเซอไรด์ โดยใช้อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 6:1 ดังแสดงในรูปที่ 53 รูปที่ 54 และรูปที่ 55 ซึ่งได้

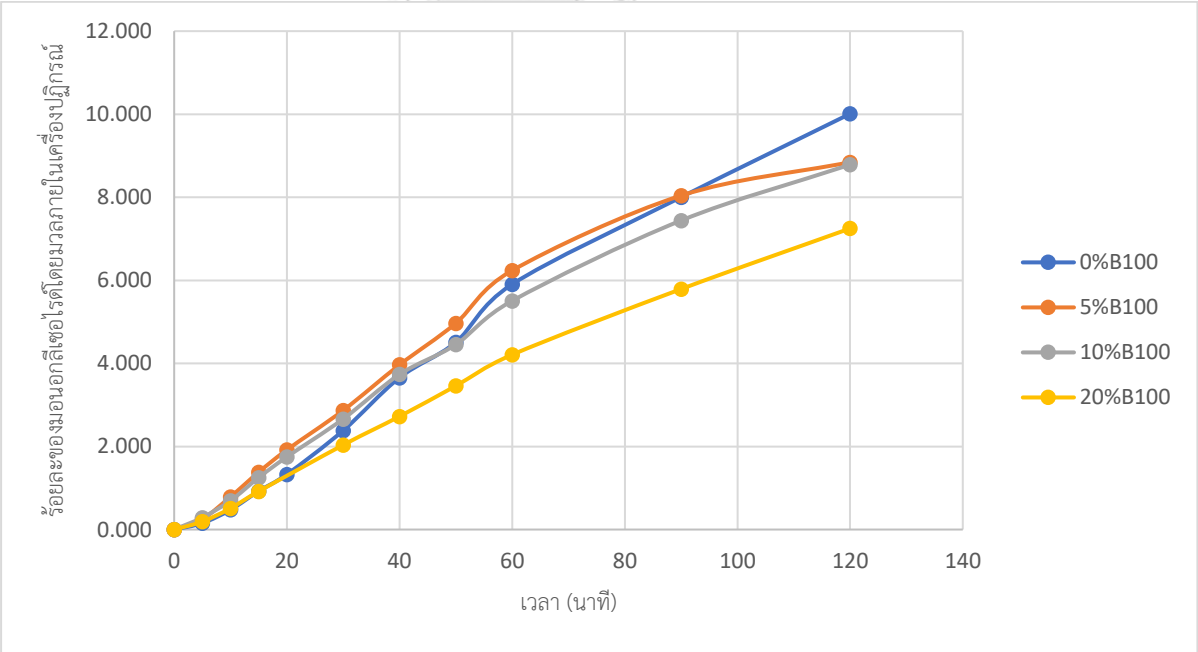
ผลลัพธ์ที่สอดคล้องกับร้อยละผลได้ของไบโอดีเซล คือ เมื่อปริมาณตัวทำละลายร่วมเพิ่มสูงขึ้น ในช่วงเริ่มต้นของปฏิกิริยาร้อยละของไตรกลีเซอไรด์ ไดกลีเซอไรด์ และมอนอกลีเซอไรด์จะลดลง กล่าวคือ ปฏิกิริยาเกิดได้เร็วขึ้น ส่วนในช่วงท้ายของปฏิกิริยา ร้อยละของไตรกลีเซอไรด์ จะมีค่าต่ำสุด เมื่อไม่มีการใส่ตัวทำละลายร่วม และปฏิกิริยาในการเปลี่ยนไตรกลีเซอไรด์เป็นไดกลีเซอไรด์ และไดกลีเซอไรด์เปลี่ยนเป็นมอนอกลีเซอไรด์ จะเกิดได้เร็วขึ้น ทำให้ร้อยละของไดกลีเซอไรด์ และมอนอกลีเซอไรด์ จะมีค่าสูงที่สุด เมื่อไม่มีการใส่ตัวทำละลายร่วมเช่นกัน ฉะนั้นเมื่อปริมาณตัวทำละลายร่วมสูงขึ้น จะทำให้ปฏิกิริยาเกิดได้ช้าลง อันเนื่องมาจากปรากฏการณ์เจือจาง



รูปที่ 53 ร้อยละของไตรกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์จากผลกระทบของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 6:1

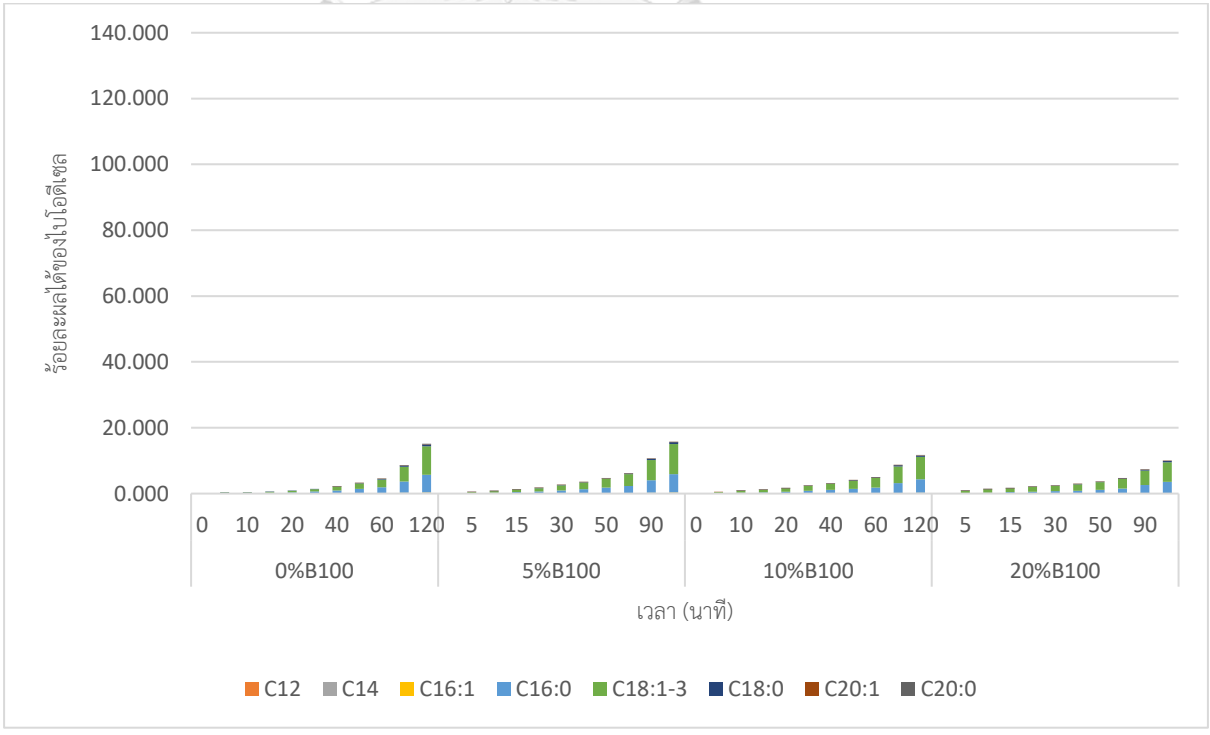


รูปที่ 54 ร้อยละของไดกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์จากผลกระทบของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 6:1



รูปที่ 55 ร้อยละของมอนอกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์จากผลกระทบของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 6:1

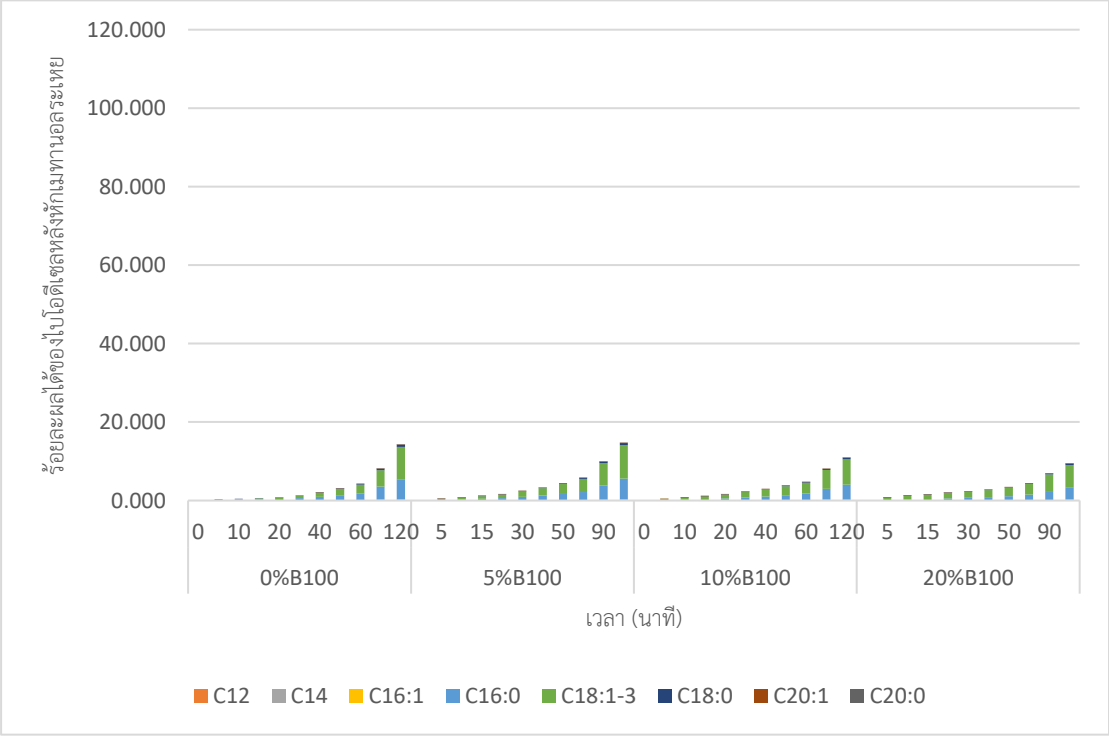
ถัดมาเมื่อศึกษาผลกระทบของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอินโดยใช้อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 6:1 ดังแสดงในรูปที่ 56 และตารางที่ 23 เพื่อความชัดเจน แสดงให้เห็นว่า เมื่อพิจารณาในช่วงเริ่มต้นของปฏิกิริยา การเพิ่มปริมาณตัวทำละลายร่วมจะทำให้ร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลนั้นเพิ่มขึ้น เนื่องจากช่วยชดเชยเรื่องปริมาณเมทานอลที่ลดลง ทำให้เกิดการถ่ายโอนมวลข้ามวัฏภาคได้ดีขึ้น เหมือนกับที่อุณหภูมิ 140 และ 190 องศาเซลเซียส และในช่วงท้ายของปฏิกิริยา การเพิ่มปริมาณตัวทำละลายร่วมจากร้อยละ 0 เป็นร้อยละ 5 จะส่งผลให้ร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลเพิ่มขึ้น เนื่องจากปริมาณเมทานอลที่น้อยจากการใช้อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอินที่ 6:1 ทำให้เกิดผลกระทบของปรากฏการณ์การถ่ายโอนมวลข้ามวัฏภาคมากขึ้น ประกอบกับอุณหภูมิที่ไม่สูงในการทำปฏิกิริยา ส่งผลให้การเพิ่มปริมาณตัวทำละลายร่วมมีผลในการช่วยชดเชยเรื่องปริมาณเมทานอลที่ลดลง ทำให้เกิดการถ่ายโอนมวลข้ามวัฏภาคได้ดีขึ้น แต่เมื่อปริมาณตัวทำละลายร่วมเพิ่มสูงขึ้นจากร้อยละ 5 เป็นร้อยละ 10 และ 20 ผลปรากฏว่า ร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลจะมีค่าลดลง เนื่องจากการใส่ปริมาณตัวทำละลายร่วมมากเกินไป จะทำให้เกิดปรากฏการณ์เจือจางขึ้นแทน



รูปที่ 56 ร้อยละของไบโอดีเซลที่เวลาต่าง ๆ จากผลกระทบของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน โดยใช้อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 6:1

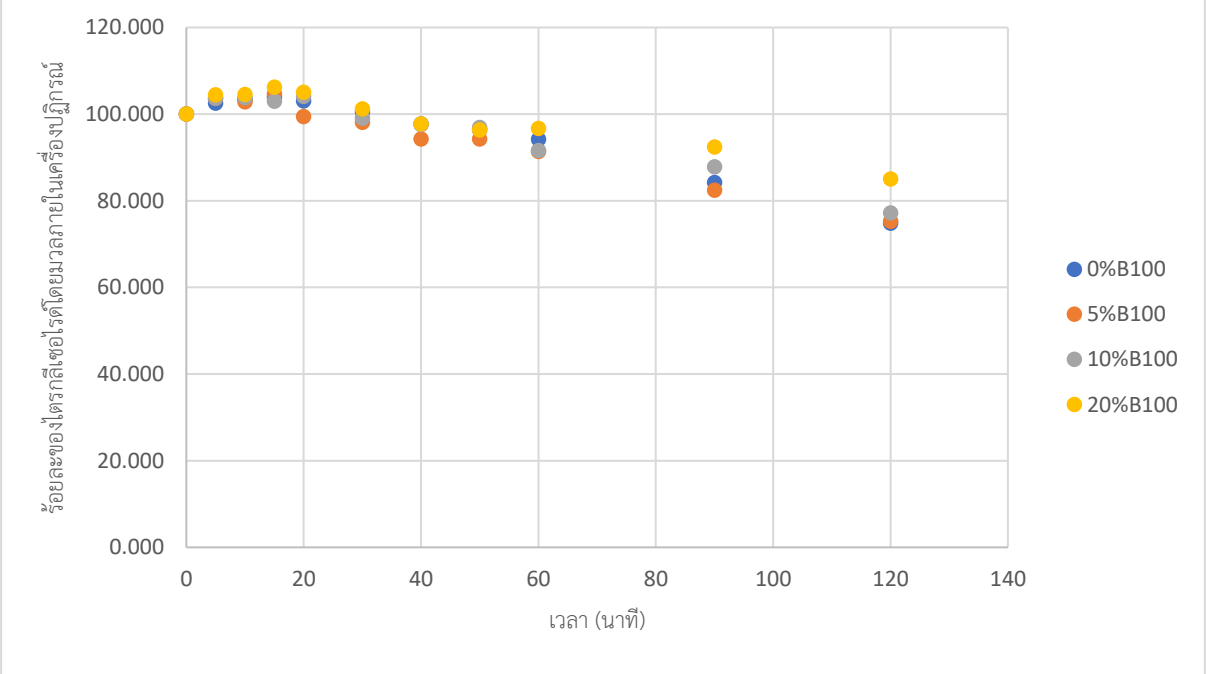
ตารางที่ 23 ผลกระทบของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลต่อร้อยละผลได้ของไบโอดีเซล เมื่อใช้อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 6:1

ปริมาณตัวทำละลายร่วม (ร้อยละโดยมวลของน้ำมันปาล์ม)	ร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลที่เวลา 5 นาที	ร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลในช่วงท้ายของปฏิกิริยา
0	0.4	15.1
5	0.5	15.7
10	0.5	11.7
20	0.9	10.0



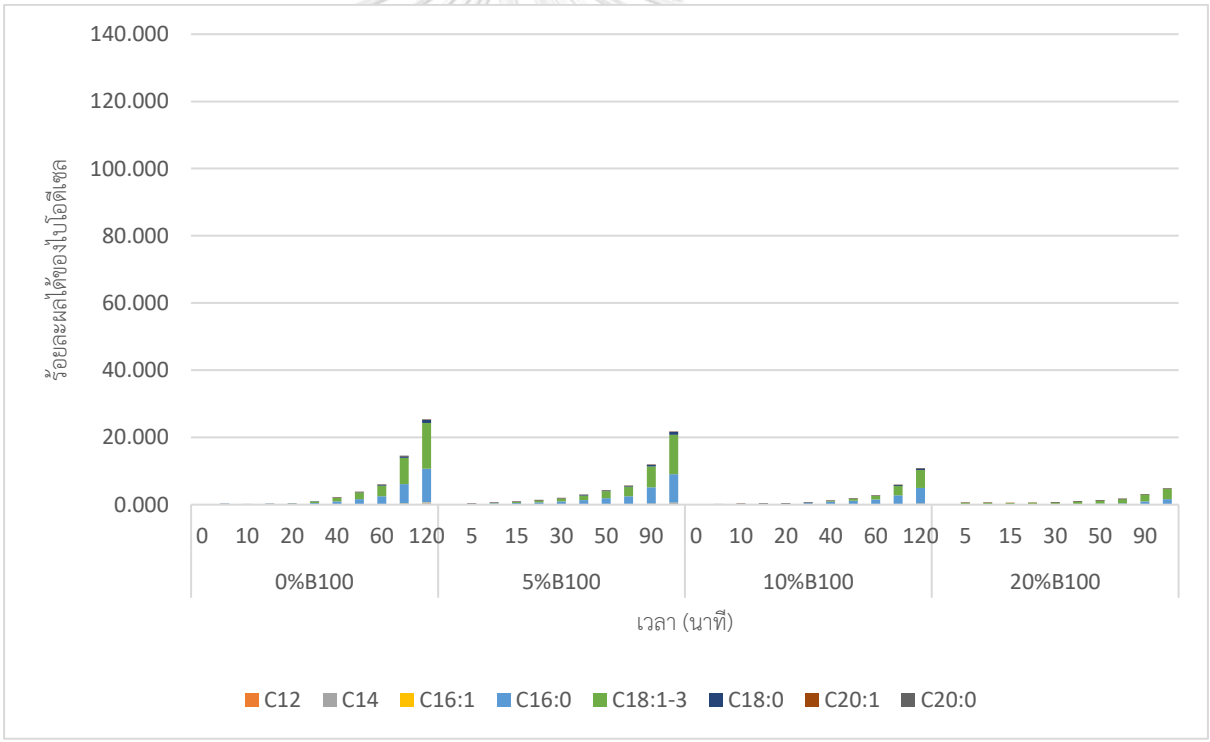
รูปที่ 57 ร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลหลังหักปริมาณเมทานอลที่ระเหย ณ เวลาต่าง ๆ จากผลกระทบของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 6:1

นอกจากนี้ยังทำการศึกษาผลกระทบของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลต่อการเกิดปฏิกิริยาของไตรกลีเซอไรด์ โดยใช้อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 6:1 ดังแสดงในรูปที่ 58 ซึ่งได้ผลลัพธ์ คือ เมื่อปริมาณตัวทำละลายร่วมเพิ่มสูงขึ้นในช่วงเริ่มต้นของปฏิกิริยาร้อยละของไตรกลีเซอไรด์ไม่สามารถเห็นได้อย่างชัดเจนเนื่องจากปฏิกิริยาเกิดได้ไม่ดี แต่ส่วนในช่วงท้ายของปฏิกิริยา เมื่อปริมาณตัวทำละลายร่วมเพิ่มสูงขึ้นจากร้อยละ 0 เป็นร้อยละ 5 ร้อยละของไตรกลีเซอไรด์จะมีค่าลดลง เนื่องจากปริมาณเมทานอลที่น้อยจากการใช้อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอินที่ 6:1 ทำให้เกิดผลกระทบของปรากฏการณ์การถ่ายโอนมวลข้ามวัฏภาคมากขึ้น ประกอบกับอุณหภูมิที่ไม่สูงในการทำปฏิกิริยา ส่งผลให้การเพิ่มปริมาณตัวทำละลายร่วมมีผลในการช่วยชดเชยเรื่องปริมาณเมทานอลที่ลดลง ทำให้เกิดการถ่ายโอนมวลข้ามวัฏภาคได้ดีขึ้น แต่เมื่อปริมาณตัวทำละลายร่วมเพิ่มสูงขึ้นจากร้อยละ 5 เป็นร้อยละ 10 และ 20 ผลปรากฏว่า ร้อยละของไตรกลีเซอไรด์จะมีค่าเพิ่มขึ้น เนื่องจากการใส่ปริมาณตัวทำละลายร่วมมากเกินไป จะทำให้เกิดปรากฏการณ์เจือจางขึ้นแทน



รูปที่ 58 ร้อยละของไตรกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์จากผลกระทบของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 6:1

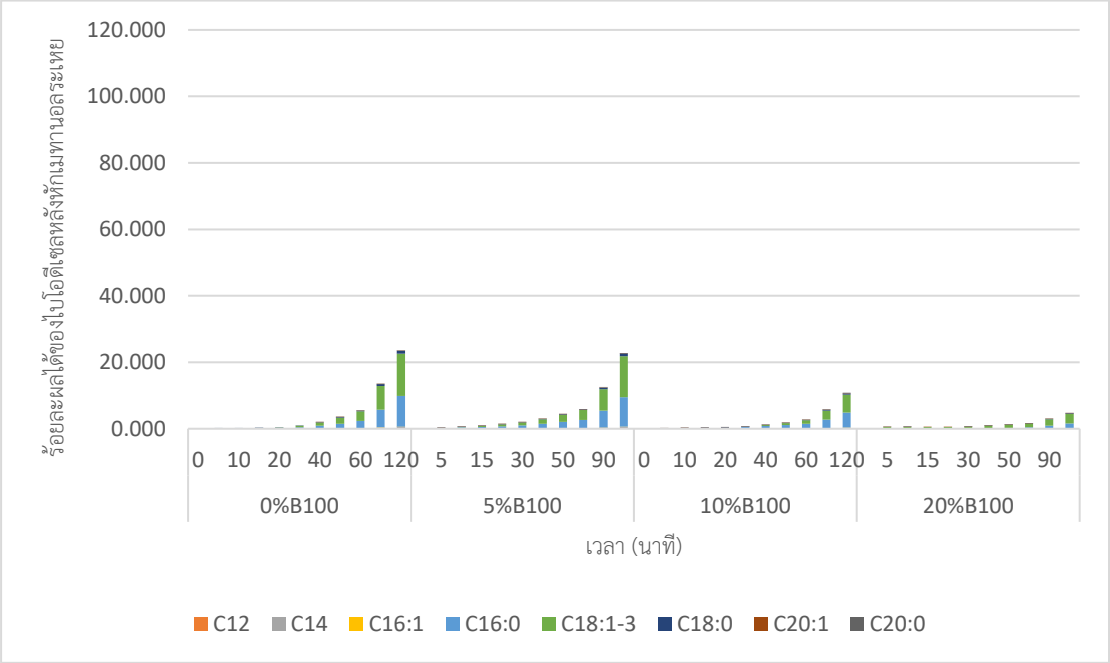
ต่อมาเมื่อศึกษาผลกระทบของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอินโดยใช้อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 6:1 ดังแสดงในรูปที่ 59 และตารางที่ 24 แสดงให้เห็นว่า เมื่อพิจารณาในช่วงเริ่มต้นของปฏิกิริยา การเพิ่มปริมาณตัวทำละลายร่วมจะทำให้ร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลนั้นเพิ่มขึ้น เนื่องจากช่วยชดเชยเรื่องปริมาณเมทานอลที่ลดลง ทำให้เกิดการถ่ายโอนมวลข้ามวัฏภาคได้ดีขึ้น เหมือนกับที่อุณหภูมิ 100 140 และ 190 องศาเซลเซียส และในช่วงท้ายของปฏิกิริยา การเพิ่มปริมาณตัวทำละลายร่วมจะส่งผลให้ร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลลดลง ซึ่งมีสาเหตุอันเนื่องมาจากปรากฏการณ์เจือจางเช่นกัน แต่การเพิ่มปริมาณตัวทำละลายร่วมจากร้อยละ 0 เป็นร้อยละ 5 ร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลในช่วงท้ายของปฏิกิริยากลับลดลง ไม่เหมือนกับที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส โดยจำเป็นต้องดูผลของเหล่ากลีเซอไรด์ประกอบด้วย



รูปที่ 59 ร้อยละของไบโอดีเซลที่เวลาต่าง ๆ จากผลกระทบของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน โดยใช้อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 6:1

ตารางที่ 24 ผลกระทบของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลต่อร้อยละผลได้ของไบโอดีเซล เมื่อใช้อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 6:1

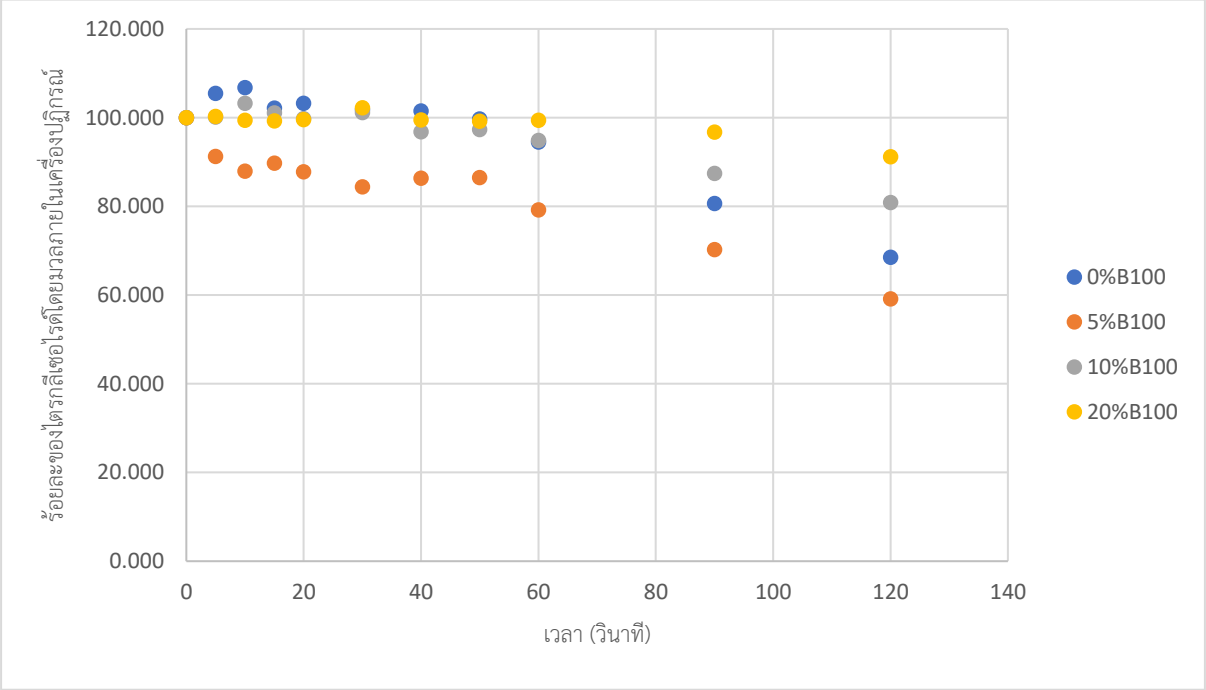
ปริมาณตัวทำละลายร่วม (ร้อยละโดยมวลของน้ำมันปาล์ม)	ร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลที่เวลา 5 นาที	ร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลในช่วงท้ายของปฏิกิริยา
0	0.2	25.4
5	0.3	21.7
10	0.2	10.9
20	0.5	4.8



รูปที่ 60 ร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลหลังหักปริมาณเมทานอลที่ระเหย ณ เวลาต่าง ๆ จากผลกระทบของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 6:1

ในการศึกษาผลกระทบของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลต่อการเกิดปฏิกิริยาของไตรกลีเซอไรด์ โดยใช้อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 6:1 ดังแสดงในรูปที่ 61 ซึ่งได้ผลลัพธ์ คือ เมื่อพิจารณาตลอดการทำปฏิกิริยา ปริมาณตัวทำละลายร่วมเพิ่มสูงขึ้นจากร้อยละ 0 เป็นร้อยละ 5 ร้อยละของไตรกลีเซอไรด์จะมีค่าลดลง เนื่องจากปริมาณเมทา

นอลที่น้อยจากการใช้อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอินที่ 6:1 ทำให้เกิดผลกระทบของปรากฏการณ์การถ่ายโอนมวลข้ามวัฏภาคมากขึ้น ประกอบกับอุณหภูมิที่ไม่สูงในการทำปฏิกิริยา ส่งผลให้การเพิ่มปริมาณตัวทำละลายร่วมมีผลในการช่วยชดเชยเรื่องปริมาณเมทานอลที่ลดลงให้เกิดการถ่ายโอนมวลข้ามวัฏภาคได้ดีขึ้น แต่เมื่อปริมาณตัวทำละลายร่วมเพิ่มสูงขึ้นจากร้อยละ 5 เป็นร้อยละ 10 และ 20 ผลปรากฏว่า ร้อยละของไตรกลีเซอไรด์จะมีค่าเพิ่มขึ้น เนื่องจากการใส่ปริมาณตัวทำละลายร่วมมากเกินไป จะทำให้เกิดปรากฏการณ์เจือจางขึ้นแทน เหมือนกับที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส แต่เห็นได้ชัดเจนมากขึ้น



รูปที่ 61 ร้อยละของไตรกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์จากผลกระทบของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 6:1

ฉะนั้นสามารถสรุปได้ว่า ที่อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอินสูงอย่าง 18:1 ไม่ว่าจะที่อุณหภูมิสูง 190 องศาเซลเซียส ไปจนถึงอุณหภูมิต่ำ 60 องศาเซลเซียส การใส่ตัวทำละลายร่วมลงไปจะทำให้เกิดปรากฏการณ์เจือจางขึ้น ส่งผลให้ร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลลดต่ำลง กล่าวคือ เมื่อใส่ตัวทำละลายร่วมลงไปเจือจางความเข้มข้นของไตรกลีเซอไรด์และตัวเร่งปฏิกิริยา ทำให้ความเข้มข้นของสารตั้งต้นและตัวเร่งปฏิกิริยาต่ำลง โมเลกุลเกิดการชนกันได้ยากขึ้น ส่งผลให้

ปฏิกิริยาเกิดได้ช้าลง ในขณะที่อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอินต่ำอย่าง 6:1 การใส่ตัวทำละลายร่วมลงไปจะทำให้ปฏิกิริยาในช่วงเริ่มต้นเกิดได้ดีขึ้น เนื่องมาจากปริมาณเมทานอลที่ลดลงจากการใช้อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอินที่ 6:1 ทำให้เกิดผลกระทบของปรากฏการณ์การถ่ายโอนมวลข้ามวัฏภาคมากขึ้น ถึงแม้อุณหภูมิที่สูงในการทำปฏิกิริยาจะช่วยในการละลายเป็นเนื้อเดียวกันของสารตั้งต้นก็ตาม การเพิ่มปริมาณตัวทำละลายร่วมก็ยังมีผลในการช่วยชดเชยเรื่องปริมาณเมทานอลที่ลดลง ทำให้เกิดการถ่ายโอนมวลข้ามวัฏภาคได้ดีขึ้นในช่วงเริ่มต้นของปฏิกิริยาของทุกช่วงอุณหภูมิ แต่ในช่วงท้ายของปฏิกิริยาที่อุณหภูมิสูงอย่าง 190 และ 140 องศาเซลเซียส การเพิ่มปริมาณตัวทำละลายร่วมจะส่งผลให้ร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลลดลง ซึ่งมีสาเหตุอันเนื่องมาจากปรากฏการณ์เจือจาง ส่วนที่อุณหภูมิต่ำอย่าง 100 และ 60 องศาเซลเซียส การเพิ่มปริมาณตัวทำละลายร่วมจากร้อยละ 0 เป็นร้อยละ 5 จะส่งผลให้ร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลเพิ่มขึ้น เนื่องจากปริมาณเมทานอลที่น้อยจากการใช้อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอินที่ 6:1 ทำให้เกิดผลกระทบของปรากฏการณ์การถ่ายโอนมวลข้ามวัฏภาคมากขึ้น ประกอบกับอุณหภูมิที่ไม่สูงในการทำปฏิกิริยา ส่งผลให้การเพิ่มปริมาณตัวทำละลายร่วมมีผลในการช่วยชดเชยเรื่องปริมาณเมทานอลที่ลดลง ทำให้เกิดการถ่ายโอนมวลข้ามวัฏภาคได้ดีขึ้น แต่เมื่อปริมาณตัวทำละลายร่วมเพิ่มสูงขึ้นจากร้อยละ 5 เป็นร้อยละ 10 และ 20 ผลปรากฏว่า ร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลจะมีค่าลดลง เนื่องจากการใส่ปริมาณตัวทำละลายร่วมมากเกินไป จะทำให้เกิดปรากฏการณ์เจือจางขึ้นแทน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4.3 ลักษณะพฤติกรรมของน้ำมันปาล์มโอเลอินและเมทานอลที่สภาวะอุณหภูมิสูง

จากในกรณีที่อุณหภูมิ 190 องศาเซลเซียส อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอินเป็น 18:1 แสดงให้เห็นว่า ร้อยละผลได้โดยมวลของไบโอดีเซลในช่วงท้ายปฏิกิริยามีค่าใกล้เคียงไม่แตกต่างกัน ซึ่งสามารถบ่งบอกได้ว่า น้ำมันปาล์มโอเลอินและเมทานอลภายในเครื่องปฏิกรณ์ สามารถละลายเป็นเนื้อเดียวกันได้ โดยจะจำลองการทดลองด้วยการนำน้ำมันปาล์มโอเลอินและเมทานอลมาผสมกันในเครื่องปฏิกรณ์ภายใต้สภาวะอุณหภูมิ 190 องศาเซลเซียส อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอินเป็น 18:1 แต่ไม่ต้องใส่ตัวเร่งปฏิกิริยา เพื่อที่จะได้สังเกตลักษณะพฤติกรรมของสารตั้งต้นทั้งสองได้ ซึ่งจะแบ่งการทดลองออกเป็น 2 กะ ได้แก่ กะที่ 1 ไม่มีการปั่นกวน และกะที่ 2 มีการปั่นกวนที่ 600 รอบต่อนาที และทำการเก็บตัวอย่างจากก้นเครื่องปฏิกรณ์กะละ 5 ครั้ง แล้วทำการวัดความเข้มข้นโดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอินในตัวอย่าง โดยหากน้ำมันปาล์มโอเลอินและเมทานอลละลายเป็นเนื้อเดียวกันจริง ความเข้มข้นโดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอินที่วัดได้จากกะที่ 1 และ 2 จะต้องมีค่าใกล้เคียงไม่แตกต่างกัน เนื่องจากหากน้ำมันปาล์มโอเลอินและเมทานอลไม่ละลายเป็นเนื้อเดียวกัน น้ำมันปาล์มโอเลอินที่มีความหนาแน่นมากกว่าเมทานอลจะตกลงที่ก้นเครื่องปฏิกรณ์ และเมื่อทำการเก็บตัวอย่างมาจะทำให้มีความเข้มข้นโดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอินที่สูงในกะที่ 1 ซึ่งไม่มีการปั่นกวน ส่วนกะที่ 2 ที่มีการปั่นกวนก็จะมีความเข้มข้นโดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอินต่ำกว่า

ตารางที่ 25 การเปรียบเทียบความเข้มข้นโดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอินระหว่าง 2 กะ

การเก็บตัวอย่างครั้งที่	ความเข้มข้นโดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน	
	กะที่ 1 ไม่มีการปั่นกวน	กะที่ 2 มีการปั่นกวน
1	60	60
2	61	62
3	62	63
4	64	63
5	64	64

จากตารางที่ 25 แสดงให้เห็นว่า ความเข้มข้นโดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอินที่วัดได้จากตัวอย่างจากกะที่ 1 และกะที่ 2 ไม่มีความแตกต่างกัน หรือก็คือ น้ำมันปาล์มและเมทานอลละลายเป็นเนื้อเดียวกัน จึงทำให้การใส่ตัวทำละลายร่วมจะไม่มีผลช่วยเรื่องการถ่ายโอนมวลข้ามวัฏภาคระหว่างน้ำมันปาล์มโอเลอินและเมทานอล แต่จะมีผลกระทบทำให้เกิดปรากฏการณ์เจือจาง

4.4 คุณสมบัติของไบโอดีเซลที่ผลิตได้จากงานวิจัยนี้

ไบโอดีเซลที่ผลิตได้จากการทดลองนี้ในสภาวะที่ดีที่สุดของการเกิดปฏิกิริยา คือ ที่อุณหภูมิและอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอินสูง นำมาเปรียบเทียบคุณสมบัติของไบโอดีเซลที่ใช้งานเป็นเชื้อเพลิงจริงในปัจจุบันบางส่วน ซึ่งกำหนดโดยกรมธุรกิจพลังงาน กระทรวงพลังงาน จะพบว่าคุณสมบัติเกี่ยวกับปริมาณไดกลีเซอไรด์และมอนอกลีเซอไรด์ยังไม่ผ่าน โดยแสดงในตารางที่ 26

ตารางที่ 26 การเปรียบเทียบคุณสมบัติของไบโอดีเซลในงานนี้กับข้อกำหนดมาตรฐาน

ข้อกำหนด	อัตราสูงต่ำ	วิธีการทดสอบ	ไบโอดีเซลในงานนี้
เมทิลเอสเทอร์	ไม่ต่ำกว่า 96.5%wt.	EN14103	96.6
มอนอกลีเซอไรด์	ไม่สูงกว่า 0.7%wt.	EN14105	3.1
ไดกลีเซอไรด์	ไม่สูงกว่า 0.2%wt.	EN14105	0.3
ไตรกลีเซอไรด์	ไม่สูงกว่า 0.2%wt.	EN14105	0.0

และเมื่อนำไบโอดีเซลนี้เปรียบเทียบกับไบโอดีเซลที่ผลิตได้จาก

1. งานวิจัยของ Thinnakorn, K. et al. [16] ที่สภาวะการทำปฏิกิริยาเดียวกัน (สภาวะ 1) คือ ความเร็วการปั่นกวน 600 รอบต่อนาที ตัวเร่งปฏิกิริยาโซเดียมฟอสเฟตร้อยละ 0.5 โดยมวลน้ำมันปาล์มโอเลอิน อุณหภูมิ 190 องศาเซลเซียส อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 18:1 และไม่มีการใส่ตัวทำละลายร่วม และที่สภาวะการทำปฏิกิริยาสูงกว่า (สภาวะ 2) คือ ความเร็วการปั่นกวน 1000 รอบต่อนาที ตัวเร่งปฏิกิริยาโซเดียมฟอสเฟตบนอะลูมินาร้อยละ 1 โดยมวลน้ำมันปาล์มโอเลอิน อุณหภูมิ 210 องศาเซลเซียส อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 18:1 และไม่มีการใส่ตัวทำละลายร่วม

2. งานวิจัยของ Rupanwong, T. [36] โดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาแบบเอกพันธ์ ณ ตัวอย่างที่ 10 นาที (เวลาที่นานที่สุดที่มีการวิเคราะห์ปริมาณกลีเซอไรด์) อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 6:1 และไม่มีการใส่ตัวทำละลายร่วม

3. โรงงานน้ำมันพืชปทุม (เกรดอุตสาหกรรม)

ตารางที่ 27 การเปรียบเทียบคุณสมบัติของไบโอดีเซลในงานนี้กับไบโอดีเซลในงานวิจัยอื่น ๆ รวมถึงไบโอดีเซลเกรดอุตสาหกรรม

ปริมาณร้อยละโดยมวล	ไบโอดีเซลในงานนี้	Thinnakorn, K.		Rupanwong, T.	โรงงานน้ำมันพืชปทุม
		สภาวะ 1	สภาวะ 2		
เมทิลเอสเทอร์	96.6	96.5	98.1	96.7	99.4
มอนอกลีเซอไรด์	3.1	-	0.37	0.9	0.4
ไดกลีเซอไรด์	0.3	-	0.13	0.2	0.2
ไตรกลีเซอไรด์	0.0	-	0.14	0.0	0.0

จากตารางที่ 27 แสดงให้เห็นว่า ไบโอดีเซลที่ผลิตได้จากการใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาวิวิธพันธ์ในงานนี้ และงานวิจัยของ Thinnakorn, K. et al. ที่สภาวะเดียวกันนั้น จะให้ปริมาณกลีเซอไรด์ที่สูงเกินกว่าไบโอดีเซลเกรดอุตสาหกรรม แต่เมื่อสภาวะสูงขึ้นเป็นสภาวะที่ 2 ปริมาณกลีเซอไรด์จะลดลงและมีค่าใกล้เคียงกับไบโอดีเซลเกรดอุตสาหกรรม และในส่วนของไบโอดีเซลที่ผลิตได้จากการใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาเอกพันธ์ในงานวิจัยของ Rupanwong, T. จะให้ปริมาณกลีเซอไรด์ที่ต่ำกว่าการใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาวิวิธพันธ์ แต่ยังคงสูงกว่าไบโอดีเซลเกรดอุตสาหกรรม เนื่องจากเป็นตัวอย่างที่ 10 นาทีของการทดลอง ไม่ใช่ตัวอย่างที่เวลาสุดท้ายของการทดลอง ฉะนั้นการใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาวิวิธพันธ์จำเป็นต้องใช้สภาวะในการทำปฏิกิริยาที่สูงและเหมาะสม รวมถึงระยะเวลาการทำปฏิกิริยาที่เหมาะสม จึงจะให้ไบโอดีเซลที่ผ่านข้อกำหนดมาตรฐานเหมือนกับไบโอดีเซลเกรดอุตสาหกรรม ซึ่งต่างจากการใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาเอกพันธ์ในการทำปฏิกิริยา ไม่จำเป็นต้องใช้สภาวะในการทำปฏิกิริยาที่สูง ก็สามารถผลิตไบโอดีเซลที่ผ่านข้อกำหนดมาตรฐานเหมือนกับไบโอดีเซลเกรดอุตสาหกรรมได้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 5
ข้อสรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 ข้อสรุปผลการทดลอง

1. อุณหภูมิเป็นหนึ่งในตัวแปรที่สำคัญต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชัน การเพิ่มอุณหภูมิจะทำให้ปฏิกิริยาเกิดได้ดีขึ้น ซึ่งเป็นไปตามกฎอัตรา ไม่ว่าจะมีตัวทำละลายร่วมหรือไม่มีตัวทำละลายร่วมก็ตาม หากละผลของการระเหยของเมทานอลในเครื่องปฏิกรณ์ตอนเริ่มต้น

2. การใช้เมทานอลที่มีปริมาณมากกว่าปริมาณสารสัมพันธ์ตามปฏิกิริยาหรือการเพิ่มอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอินนั้นเป็นหนึ่งในตัวแปรสำคัญต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชัน แม้จะมีการใช้ไบโอดีเซลเป็นตัวทำละลายร่วมด้วย โดยหากเพิ่มปริมาณเมทานอลหรืออัตราส่วนโดยโมลที่สูงขึ้น จะทำให้ปฏิกิริยาเกิดได้ดีขึ้น

3. อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอินสูงอย่าง 18:1 ไม่ว่าจะที่อุณหภูมิสูง 190 องศาเซลเซียส ไปจนถึงอุณหภูมิต่ำ 60 องศาเซลเซียส การใส่ตัวทำละลายร่วมลงไปจะทำให้เกิดปรากฏการณ์เจือจางขึ้น ส่งผลให้ร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลลดต่ำลง กล่าวคือ เมื่อใส่ตัวทำละลายร่วมลงไปเจือจางความเข้มข้นของไตรกลีเซอไรด์และตัวเร่งปฏิกิริยา ทำให้ความเข้มข้นของสารตั้งต้นและตัวเร่งปฏิกิริยาต่ำลง โมเลกุลเกิดการชนกันได้ยากขึ้น ส่งผลให้ปฏิกิริยาเกิดได้ช้าลง

4. ในช่วงเริ่มต้นปฏิกิริยาที่อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอินต่ำอย่าง 6:1 การใส่ตัวทำละลายร่วมลงไปจะทำให้ปฏิกิริยาเกิดได้ดีขึ้นในทุกช่วงอุณหภูมิ เนื่องมาจากปริมาณเมทานอลที่ลดลงจากการใช้อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอินที่ 6:1 ทำให้เกิดผลกระทบของปรากฏการณ์การถ่ายโอนมวลข้ามวัฏภาคมากขึ้น ถึงแม้อุณหภูมิที่สูงในการทำปฏิกิริยาจะช่วยในการละลายเป็นเนื้อเดียวกันของสารตั้งต้นก็ตาม การเพิ่มปริมาณตัวทำละลายร่วมก็ยังมีผลในการช่วยชดเชยเรื่องปริมาณเมทานอลที่ลดลง ทำให้เกิดการถ่ายโอนมวลข้ามวัฏภาคได้ดีขึ้นในช่วงเริ่มต้นของปฏิกิริยา

5. ในช่วงท้ายปฏิกิริยาที่อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอินต่ำอย่าง 6:1 ณ อุณหภูมิสูงอย่าง 190 และ 140 องศาเซลเซียส การเพิ่มปริมาณตัวทำละลายร่วมจะส่งผลให้ร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลลดลง ซึ่งมีสาเหตุอันเนื่องมาจากปรากฏการณ์เจือจาง

6. ในช่วงท้ายปฏิกิริยาที่อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอินต่ำอย่าง 6:1 ณ อุณหภูมิต่ำอย่าง 100 และ 60 องศาเซลเซียส การเพิ่มปริมาณตัวทำละลายร่วมจากร้อยละ 0 เป็น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ร้อยละ 5 จะส่งผลให้ร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลเพิ่มขึ้น เนื่องจากปริมาณเมทานอลที่น้อยจากการใช้อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอินที่ 6:1 ทำให้เกิดผลกระทบของปรากฏการณ์การถ่ายโอนมวลข้ามวัฏภาคมากขึ้น ประกอบกับอุณหภูมิที่ไม่สูงในการทำปฏิกิริยา ส่งผลให้การเพิ่มปริมาณตัวทำละลายร่วมมีผลในการช่วยชดเชยเรื่องปริมาณเมทานอลที่ลดลง ทำให้เกิดการถ่ายโอนมวลข้ามวัฏภาคได้ดีขึ้น แต่เมื่อปริมาณตัวทำละลายร่วมเพิ่มสูงขึ้นจากร้อยละ 5 เป็นร้อยละ 10 และ 20 ผลปรากฏว่า ร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลจะมีค่าลดลง เนื่องจากการใส่ปริมาณตัวทำละลายร่วมมากเกินไป จะทำให้เกิดปรากฏการณ์เจือจางขึ้นแทน

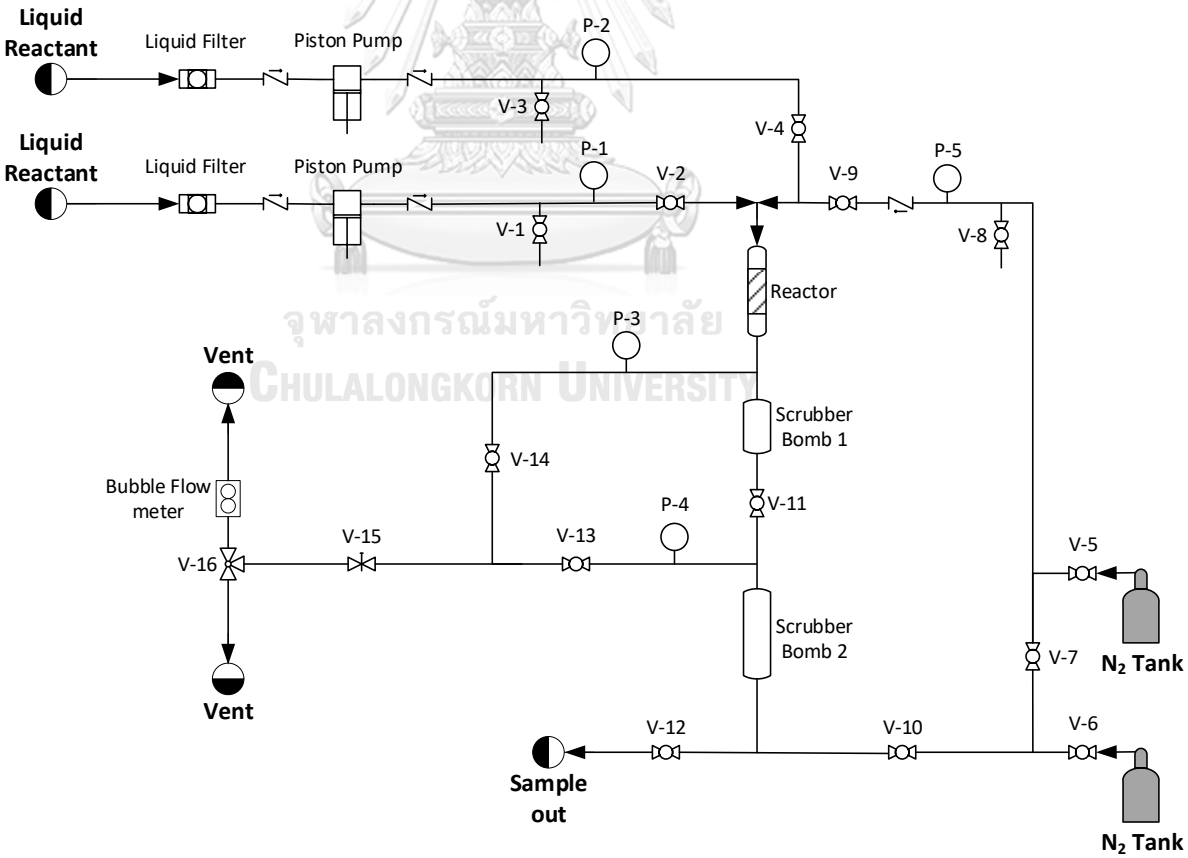
7. การใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาวิวิธพันธ์จำเป็นต้องใช้สภาวะในการทำปฏิกิริยาที่สูงและเหมาะสม รวมถึงระยะเวลาการทำปฏิกิริยาที่เหมาะสม จึงจะให้ไบโอดีเซลที่ผ่านข้อกำหนดมาตรฐานเหมือนกับไบโอดีเซลเกรดอุตสาหกรรม ซึ่งต่างจากการใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาเอกพันธ์ในการทำปฏิกิริยาไม่จำเป็นต้องใช้สภาวะในการทำปฏิกิริยาที่สูง ก็สามารถผลิตไบโอดีเซลที่ผ่านข้อกำหนดมาตรฐานเหมือนกับไบโอดีเซลเกรดอุตสาหกรรมได้

8. การใช้ตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลนี้ มีผลช่วยให้ปฏิกิริยาเกิดเร็วขึ้นได้เล็กน้อยหากสภาวะที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาต่ำ และเมื่อเทียบกับตัวทำละลายร่วมชนิดอื่นที่ให้ผลใกล้เคียงกันแล้ว ก็สามารถเลือกใช้ไบโอดีเซลเป็นตัวทำละลายร่วมได้ เนื่องจากไม่จำเป็นต้องแยกตัวทำละลายร่วมออกจากผลิตภัณฑ์ให้เกิดความซับซ้อน แต่ถ้าหากต้องคำนึงถึงระยะเวลาที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาที่นานเพื่อให้ได้ร้อยละผลได้ตามที่ต้องการด้วยแล้วก็ไม่ควรใช้ตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลนี้ และควรหาตัวทำละลายร่วมที่เหมาะสม ซึ่งสามารถทำให้น้ำมันและเมทานอลละลายเข้าด้วยกันได้ดีกว่านี้ จึงจะมีผลกระทบช่วยทำให้ปฏิกิริยาเกิดได้เร็วขึ้นอย่างดีเยี่ยม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

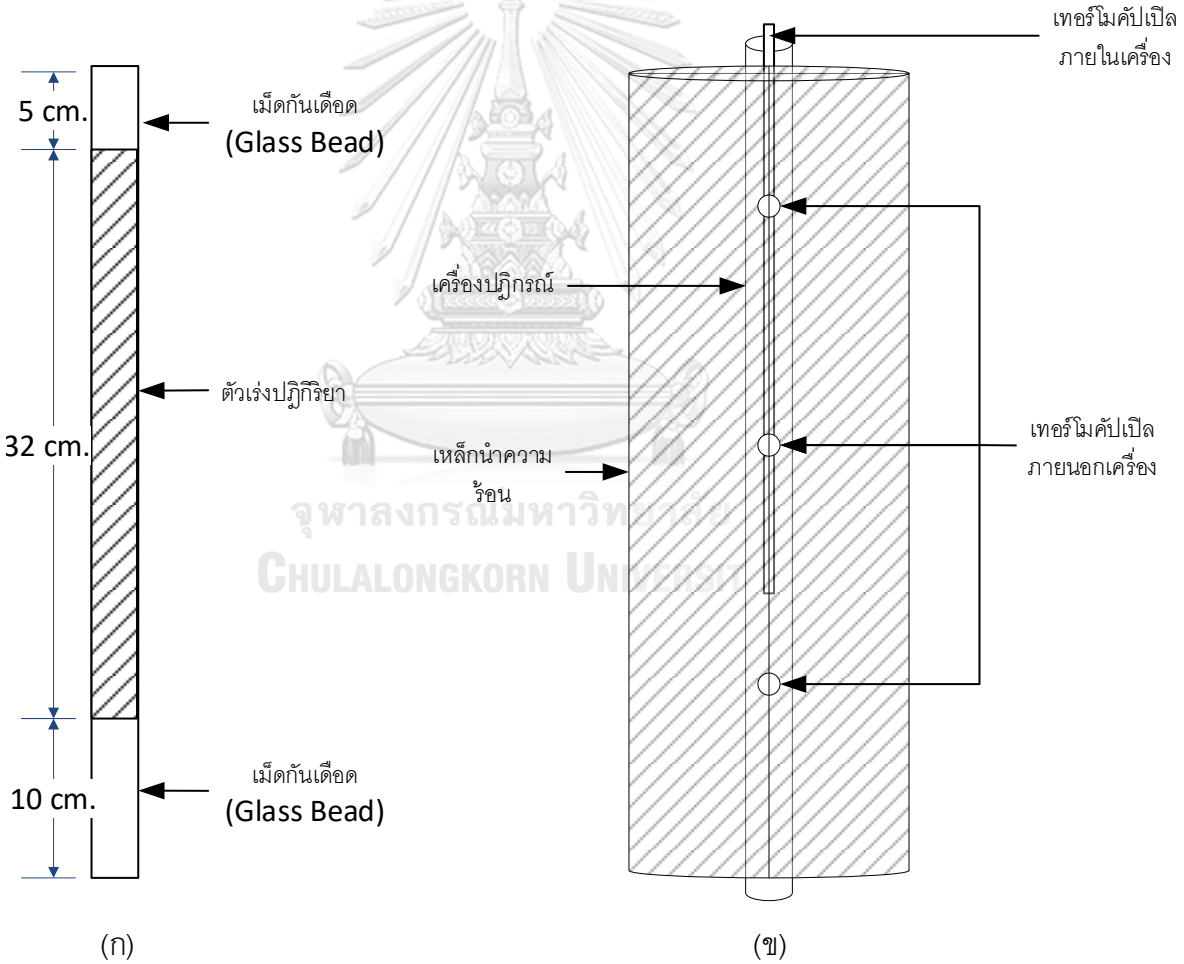
5.2 ข้อเสนอแนะ

ในอุตสาหกรรมการผลิตโดยปกติจะมีกระบวนการผลิตเป็นแบบต่อเนื่องมากกว่ากระบวนการผลิตแบบกะ เนื่องจากความต้องการของมนุษย์ที่มีไม่จำกัดต่อผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ หากใช้กระบวนการผลิตแบบกะจะทำให้สิ้นเปลืองเวลาและแรงงานในการเดินเครื่อง (Start-up) หรือปิดเครื่อง (Shut down) มากกว่ากระบวนการผลิตเป็นแบบต่อเนื่องที่เมื่อเริ่มการผลิตไปแล้วครั้งหนึ่ง ต้องใช้เวลาอีกนานกว่าจะทำการปิดเครื่อง ซึ่งอาจจะมีสาเหตุมาจากต้องการเปลี่ยนคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์ (Specification) หรือซ่อมบำรุงอุปกรณ์ ฉะนั้นการพัฒนาต่อยอด (Scale-up) กระบวนการผลิตไบโอดีเซลให้สามารถนำไปใช้ได้จริงในระดับอุตสาหกรรมอย่างคุ้มค่าได้ จึงเป็นสิ่งที่สำคัญ โดยในกระบวนการผลิตแบบต่อเนื่องในอุตสาหกรรมจะนิยมใช้เครื่องปฏิกรณ์แบบเบดนิ่ง ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้มีการนำข้อมูลที่ได้ไปใช้ในการทดลองเบื้องต้น (Preliminary lab) ด้วยเครื่องปฏิกรณ์แบบเบดนิ่ง ดังแสดงในรูปที่ 62



รูปที่ 62 แผนผังระบบทั้งหมดของเครื่องปฏิกรณ์แบบเบดนิ่ง

จากรูปที่ 62 จะเห็นการทำงานของเครื่องปฏิกรณ์ทั้งระบบว่าสารตั้งต้นจะถูกป้อนเข้าระบบทั้งหมด 4 เส้นทาง คือสายของเหลว 2 สาย แก๊สไนโตรเจน 2 สาย โดยสายของเหลวจะมีหน้าที่เพื่อป้อนสารตั้งต้นแต่ละชนิดพร้อมกับตัวทำละลายร่วมเข้าสู่ด้านบนของเครื่องปฏิกรณ์ โดยผ่านตัวกรองของเหลวก่อนจะเข้าสู่ปั๊มความดันสูงแต่ละตัว ต่อมาเมื่อออกจากปั๊ม สารตั้งต้นชนิดแรกจะไหลผ่านมาตรวัดความดันหมายเลข 1 และสารตั้งต้นชนิดที่สองจะไหลผ่านมาตรวัดความดันหมายเลข 2 จากนั้นสารตั้งต้นแต่ละชนิดจึงไหลมาผสมกันและเข้าเครื่องปฏิกรณ์ ส่วนทางด้านสายแก๊สไนโตรเจนนั้น จะใช้วาล์วหมายเลข 5 และ 6 ในการปรับเลือกถังจากปริมาณแก๊สที่เหลืออยู่ว่าต้องการป้อนแก๊สถังใดเข้าระบบ หลังจากนั้นแก๊สจะไหลผ่านมาตรวัดความดันหมายเลข 5 และวาล์วนิรภัยหมายเลข 8 ก่อนจะเข้าสู่ด้านบนของเครื่องปฏิกรณ์ ซึ่งส่วนประกอบของเครื่องปฏิกรณ์จะแสดงในรูปที่ 63



รูปที่ 63 แผนผังเครื่องปฏิกรณ์แบบเบดนิ่ง
(ก) เครื่องปฏิกรณ์ขนาด 1/2 นิ้ว (ข) เหล็กนำความร้อน ฮีทเตอร์ไฟฟ้าที่ครอบเครื่องปฏิกรณ์

จากรูปที่ 63 เครื่องปฏิกรณ์มีขนาดความยาว 47 เซนติเมตร มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 1/2 นิ้ว และความหนา 0.089 เซนติเมตร โดยเครื่องปฏิกรณ์จะถูกครอบด้วยเหล็กนำความร้อน ฮีทเตอร์ไฟฟ้าขนาด 2,000 วัตต์ และฉนวนใยแก้วกันความร้อน การวัดอุณหภูมิจะทำการวัด 4 จุดคือ ส่วนบน ส่วนกลาง ส่วนล่าง ของภายนอกเครื่อง และ จุดศูนย์กลางภายในของเครื่องปฏิกรณ์

การทดลองเริ่มต้นด้วยการบรรจุตัวเร่งปฏิกิริยาปริมาตร 30 มิลลิลิตรที่ผ่านอบไล่ความชื้นเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ลงตรงกลางระหว่างชั้นของลูกแก้ว และประกอบเครื่องปฏิกรณ์ด้วยเหล็กนำความร้อน ติดเทอร์โมคัปเปิล แล้วหุ้มด้วยฉนวนใยแก้วกันความร้อน ซึ่งหลังจากการประกอบเครื่องปฏิกรณ์เสร็จแล้ว จะทำการทดสอบความดันโดยการปล่อยความดันให้ค้างอยู่ในระบบทั้งหมด เพื่อสังเกตการรั่วซึมเป็นเวลา 24 ชั่วโมง และขังแก๊สไนโตรเจนในระบบให้มีความดันเท่ากับ 1000 psi โดยการเปิดวาล์วหมายเลข 5 หรือ เปิดวาล์วหมายเลข 6 กับ 7 เพื่อให้แก๊สเข้าด้านบน แล้วจึงเริ่มทำการป้อนสารตั้งต้น เมื่อเวลาผ่านไปผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นในสถานะของเหลวนั้นจะถูกเก็บไว้ในถังเก็บตัวอย่างที่ 2 (Scrubber bomb 2) และถ้าหากมีแก๊สเกิดขึ้น จะเกิดการไหลผ่านวาล์วตัวที่ 13 15 และ 16 และมาตรวัดความดันที่ 4 ก่อนจะถูกทำการบำบัดด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เพื่อปล่อยสู่บรรยากาศ

การเก็บตัวอย่างเพื่อมาทำการวิเคราะห์นั้นจะทำทุก 6 ชั่วโมง โดยการปิดวาล์วตัวที่ 11 และ 13 เพื่อแยกถังเก็บตัวอย่างที่ 2 ออกจากระบบทั้งหมด และเปิดวาล์วหมายเลข 12 เพื่อเก็บสารตัวอย่าง โดยขณะที่เก็บตัวอย่างอยู่นั้น ผลิตภัณฑ์ที่เป็นของเหลวก็ยังคงเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง ซึ่งจะถูกเก็บอยู่ ณ ถังเก็บตัวอย่างที่ 1 แทน เมื่อทำการเก็บสารตัวอย่างเสร็จเรียบร้อยให้ทำการปิดวาล์วหมายเลข 12 และเปิดวาล์วหมายเลข 5 7 กับ 10 หรือเปิดวาล์วหมายเลข 6 กับ 10 เพื่อทำการปรับความดันในถังเก็บตัวอย่างที่ 2 โดยใช้แก๊สไนโตรเจน จนความดันได้เท่ากับในระบบแล้วให้ทำการปิดวาล์วหมายเลข 5 7 กับ 10 หรือปิดวาล์วหมายเลข 6 กับ 10 แล้วจึงเปิดวาล์วหมายเลข 11 และ 13 เพื่อเชื่อมต่อกับสู่ระบบตามเดิม

ในงานวิจัยนี้ได้เลือกใช้สภาวะในการดำเนินการที่สูง คือ LHSV (Liquid Hourly Space Velocity) 1 ต่อชั่วโมง ตัวเร่งปฏิกิริยาร้อยละ 0.5 โดยมวลน้ำมันปาล์มโอเลอิน อุณหภูมิ 190 องศาเซลเซียส อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 18:1 และปริมาณตัวทำละลายร่วมร้อยละ 0 ถึง 20 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ซึ่งเป็นช่วงสภาวะที่ปฏิกิริยาเกิดได้ดีที่สุด ผลปรากฏว่า ไม่มีไบโอดีเซลเกิดขึ้นจากปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันทั้งในสภาวะที่ใส่และไม่ใส่ตัวทำ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ละลายร่วม ซึ่ง LHSV เป็นค่าที่แปรผกผันกับระยะเวลาในการทำปฏิกิริยา กล่าวคือ LHSV มาก ระยะเวลาในการทำปฏิกิริยาจะน้อย ปฏิกิริยาเกิดได้เร็ว และ LHSV น้อย ระยะเวลาในการทำปฏิกิริยาจะมาก ปฏิกิริยาเกิดช้า โดยมีการคำนวณค่า LHSV ของปฏิกิริยาที่สภาวะตัวเร่งปฏิกิริยาร้อยละ 0.5 โดยมวลน้ำมันปาล์มโอเลอิน ณ อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน และปริมาณตัวทำละลายร่วมต่าง ๆ ไว้ดังตารางที่ 28 แสดงให้เห็นว่า ปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันเกิดเร็ว เนื่องจากมีค่า LHSV ถึงหลักร้อย ฉะนั้นเครื่องปฏิกรณ์แบบเบดนิ่งที่มี LHSV เป็น 1 ต่อชั่วโมง สามารถทำให้ปฏิกิริยาเกิดขึ้นได้อย่างแน่นอน แต่กลับไม่พบว่ามีไบโอดีเซลเกิดขึ้น คิดว่ามีสาเหตุหลักอันเนื่องมาจากการขัดขวางของปรากฏการณ์การถ่ายโอนมวลข้ามวัฏภาคระหว่างของแข็งและของเหลว (ตัวเร่งปฏิกิริยากับสารตั้งต้น) เพราะในสภาวะที่ใส่ตัวทำละลายร่วมลงไปด้วย ซึ่งมีผลช่วยให้การถ่ายโอนมวลข้ามวัฏภาคระหว่างของเหลวและของเหลวดีขึ้น ก็ไม่พบว่ามีไบโอดีเซลเกิดขึ้นเช่นเดียวกัน

ตารางที่ 28 ค่า LHSV ที่สภาวะตัวเร่งปฏิกิริยาร้อยละ 0.5 โดยมวลน้ำมันปาล์มโอเลอิน ณ อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอินต่าง ๆ

อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน	V_{Oil} (ml/h)	V_{MeOH} (ml/h)	V_{bed} (ml/h)	LHSV (h^{-1})
18:1	30	22.98	0.08	633.61
12:1	30	15.32	0.08	542.01
6:1	30	7.66	0.08	450.41

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ดังนั้น ในการพัฒนาต่อยอดกระบวนการผลิตไบโอดีเซลเพื่อการนำไปใช้จริงในระดับอุตสาหกรรม จำเป็นจะต้องคำนึงถึงปรากฏการณ์การถ่ายโอนมวลข้ามวัฏภาคระหว่างของแข็งและของเหลวด้วย นอกเหนือจากการคำนึงถึงปรากฏการณ์การถ่ายโอนมวลข้ามวัฏภาคระหว่างของเหลวและของเหลว ซึ่งเป็นอุปสรรคหลักในกระบวนการผลิตไบโอดีเซล

ภาคผนวก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ก
การคำนวณหามวลโมเลกุลของไบโอดีเซลและเหล่ากลีเซอไรด์ของน้ำมันปาล์มโอเลอิน

น้ำมันปาล์มโอเลอินจะประกอบไปด้วยโมเลกุลของไตรกลีเซอไรด์ที่มีจำนวนคาร์บอนที่แตกต่างกันหลากหลายชนิด ฉะนั้นในการหามวลโมเลกุลจึงจะใช้วิธีการหามวลโมเลกุลเฉลี่ยแทน ซึ่งลักษณะของไตรกลีเซอไรด์มีความซับซ้อนสูง ทำให้นำไปวิเคราะห์ด้วยเครื่องมือแก๊สโครมาโทรกราฟีโดยตรงไม่ได้ เนื่องจากผลของพีคที่ได้จะไม่สามารถแยกออกจากกันได้อย่างสมบูรณ์ จึงได้เลือกใช้วิธีการนำน้ำมันปาล์มโอเลอินไปทำปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันก่อน เพื่อเปลี่ยนไตรกลีเซอไรด์กลายเป็นเมทิลเอสเทอร์ที่มีความเสถียรและสามารถแยกพีคของกรดไขมันแต่ละชนิดออกจากกันได้แล้วค่อยนำไปวิเคราะห์หาปริมาณกรดไขมันแต่ละชนิดด้วยเครื่องมือแก๊สโครมาโทรกราฟี โดยปริมาณกรดไขมันแต่ละชนิดที่ได้จากน้ำมันปาล์มโอเลอินจะแสดงในตารางที่ 29

ตารางที่ 29 ปริมาณเมทิลเอสเทอร์แต่ละชนิดที่ได้จากน้ำมันปาล์มโอเลอิน

ชนิดของเมทิลเอสเทอร์	ร้อยละโดยมวลของกรดไขมันแต่ละชนิด	มวลโมเลกุล
Lauric (12:0)	0.53	214.34
Myristic (14:0)	0.84	242.40
Palmitic (16:0)	33.21	270.45
Linolenic (18:3)	60.68	296.50
Linoleic (18:2)		
Oleic (18:1)		
Stearic (18:0)	4.18	298.50
Eicosenoic (20:1)	0.20	324.50
Eicosanoic (20:0)	0.37	326.56

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

วิธีการคำนวณมวลโมเลกุลเฉลี่ยของไบโอดีเซล ไตรกลีเซอไรด์ ไดกลีเซอไรด์ และมอนอกลีเซอไรด์ จากมวลโมเลกุลของกรดไขมันแต่ละชนิดจะแตกต่างกัน เนื่องจากความแตกต่างของโมเลกุล โดยจะมีมวลโมเลกุลเฉลี่ยดังตารางที่ 30

ตารางที่ 30 มวลโมเลกุลเฉลี่ยของโมเลกุลต่าง ๆ

ประเภทของโมเลกุล	มวลโมเลกุลเฉลี่ย
ไบโอดีเซล	287.21
ไตรกลีเซอไรด์	857.46
ไดกลีเซอไรด์	602.43
มอนอกลีเซอไรด์	347.23

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ภาคผนวก ข
การคำนวณความเข้มข้นของเมทิลเอสทอร์และเหล่ากลีเซอไรด์

ผลวิเคราะห์ที่ได้จากเครื่องมือแก๊สโครมาโทรกราฟีนั้นจะได้เวลา (Retention time) และพื้นที่พีคของสารแต่ละชนิด เนื่องจากสารต่างชนิดกันจะมีจุดเดือดที่แตกต่างกัน ทำให้เวลาในการระเหยแตกต่างกัน และปริมาณที่แตกต่างกัน ทำให้พื้นที่พีคของสารแต่ละชนิดไม่เท่ากัน ซึ่งในการคำนวณหาค่าความเข้มข้นของสารแต่ละชนิดในตัวอย่าง จะต้องใช้ค่าแฟกเตอร์ตอบสนองในการคำนวณด้วย ซึ่งมีนิยามดังนี้

$$\text{ค่าแฟกเตอร์ตอบสนองของสาร } A = \frac{\frac{\text{พื้นที่จุดยอดของสาร } A}{\text{มวลของสาร } A}}{\frac{\text{พื้นที่จุดยอดของสารมาตรฐานภายใน}}{\text{มวลของสารมาตรฐานภายใน}}}$$

ข-1 การคำนวณค่าแฟกเตอร์ตอบสนองของเมทิลเอสเทอร์แต่ละชนิดในไบโอดีเซล

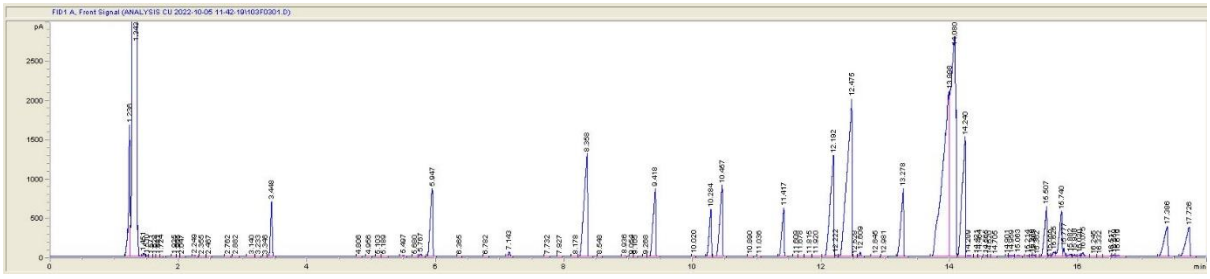
จากนิยามในการคำนวณหาค่าแฟกเตอร์ตอบสนอง จำเป็นต้องมีสารมาตรฐานที่ทราบปริมาณชัดเจน ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้มีการใช้เมทิลเอสเทอร์ผสมมาตรฐาน (RCO_2CH_3, R= C8:0, C10:0, C12:0, C13:0, C14:1, C14:0, C16:1, C16:0, C17:0, C18:3, C18:2, C18:1 Cis, C18:1 Trans, C18:0, C20:1, C20:0, C22:1, C22:0) ของ Sigma-Aldrich ที่มีการแนบเอกสารข้อมูลเกี่ยวกับชนิดและปริมาณของเมทิลเอสเทอร์ในสารผสมมาตรฐานนี้อย่างชัดเจน และใช้เมทิลเดคาโนเอตเป็นสารมาตรฐานภายใน (Internal Standard, IS) ซึ่งผลการวิเคราะห์จากเครื่องมือแก๊สโครมาโทรกราฟีด้วยวิธีมาตรฐาน EN14103 และผลการคำนวณหาแฟกเตอร์ตอบสนองของเมทิลเอสเทอร์แต่ละชนิดจะแสดงดังในตารางที่ 31 และโครมาโตแกรมของเมทิลเอสเทอร์ผสมมาตรฐานจะแสดงในรูปที่ 64 โดยพีคซ้ายสุดจะเป็นตัวทำละลายเฮปเทน และพีคอื่น ๆ จะเรียงตามจำนวนคาร์บอนที่เพิ่มขึ้นของเมทิลเอสเทอร์แต่ละชนิดจากซ้ายไปขวา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 31 ผลการวิเคราะห์เมทิลเอสเทอร์ผสมมาตรฐานจากเครื่องมือแก๊สโครมาโทรกราฟีและผลการคำนวณหาแฟกเตอร์ตอบสนองของเมทิลเอสเทอร์แต่ละชนิด

เมทิลเอสเทอร์	พื้นที่พีค	ร้อยละโดยมวลในสาร	ความบริสุทธิ์ของสาร	ค่าแฟกเตอร์ตอบสนอง
1.Methyl octanoate (8:0)	1295.37	1.90	99.90	0.95
2.Methyl decanoate (10:0, IS)	2298.77	3.21	99.90	1.00
3.Methyl laurate (12:0)	4836.88	6.37	99.50	1.06
4.Methyl tridecanoate (13:0)	2458.82	3.18	99.50	1.08
5.Methyl myristoleate (14:1)	1404.93	1.88	99.00	1.05
6.Methyl myristate (14:0)	2538.44	3.21	100.00	1.10
7.Methyl pentadecanoate (15:0)	1517.63	1.90	99.70	1.12
8.Methyl palmitoleate (16:1)	5042.08	6.41	100.00	1.10
9.Methyl palmitate (16:0)	10491.81	12.90	99.00	1.15
10.Methyl heptadecanoate (17:0)	2547.11	3.08	96.40	1.20
11.Methyl linolenate (18:3)	30457.72	6.34	99.00	1.03
12.Methyl linoleate (18:2)		13.00	100.00	
13.Methyl elaidate (18:1, trans)		2.6	100.00	
14.Methyl oleate (18:1, cis)		19.50	99.60	
15.Methyl stearate (18:0)	5346.42	6.44	99.10	1.17
16.Methyl cis-11 eicosenoate (20:1)	1610.71	1.91	100.00	1.18
17.Methyl arachidate (20:0)	1658.64	1.88	99.00	1.24
18.Methyl erucate (22:1)	1568.84	1.89	99.40	1.16
19.Methyl behenate (22:0)	1604.48	1.89	99.60	1.19

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



รูปที่ 64 โครมาโตแกรมของเมทิลเอสเทอร์ผสมมาตรฐาน

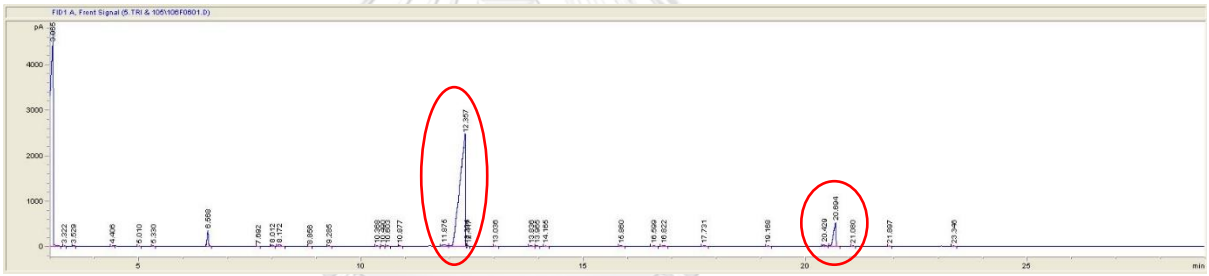
ตารางที่ 32 ตัวอย่างการคำนวณความเข้มข้นร้อยละโดยมวลของไบโอดีเซลมาตรฐาน ซึ่งใช้ไบโอดีเซล 1.0140 กรัม และสารมาตรฐานภายใน 0.503 กรัม

เมทิลเอสเทอร์	พื้นที่พีค	ค่าแฟกเตอร์ตอบสนอง	มวล (กรัม)	ความเข้มข้นร้อยละโดยมวล
Methyl octanoate (8:0)	1295.37	0.95	0.001	0.1
Methyl decanoate (10:0, IS)	2298.77	1.00	-	-
Methyl laurate (12:0)	4836.88	1.06	0.004	0.4
Methyl myristate (14:0)	2538.44	1.10	0.012	1.2
Methyl pentadecanoate (15:0)	1517.63	1.12	0.001	0.1
Methyl palmitate (16:0)	10491.81	1.15	0.420	41.4
Methyl heptadecanoate (17:0)	2547.11	1.20	0.001	0.1
Methyl linolenate (18:3)	30457.72	1.03	0.511	50.4
Methyl linoleate (18:2)				
Methyl elaidate (18:1, trans)				
Methyl oleate (18:1, cis)				
Methyl stearate (18:0)	5346.42	1.17	0.040	4.0
Methyl cis-11 eicosenoate (20:1)	1610.71	1.18	0.003	0.3
Methyl arachidate (20:0)	1658.64	1.24	0.003	0.3
Methyl behenate (22:0)	1604.48	1.19	0.001	0.1
ผลรวมของปริมาณไบโอดีเซล			0.998	98.4

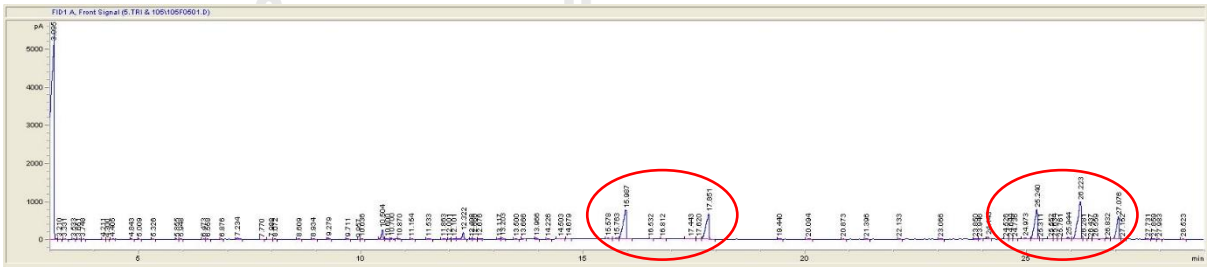
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข-2 การคำนวณค่าแฟกเตอร์ตอบสนองของเหล่ากลีเซอไรด์

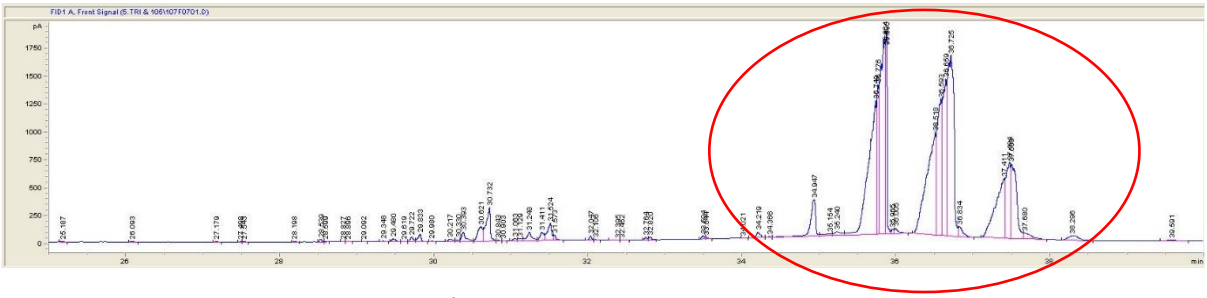
กลีเซอไรด์จะประกอบไปด้วยกรดไขมันหลายชนิดแตกต่างกัน จึงจำเป็นต้องหาเวลาของพีคที่มีจำนวนคาร์บอน 12:0 และคาร์บอน 18:0 เนื่องจากครอบคลุมกลีเซอไรด์ทุกชนิดที่อยู่ในไบโอดีเซล โดยจะทำการหาเวลาของพีค C12:0 และพีค 18:0 ด้วยการใช้ GML และ GMS ซึ่งประกอบไปด้วยมอนอกลีเซอไรด์และไดกลีเซอไรด์ของ C12:0 และ C18:0 ตามลำดับ ดังนั้นช่วงเวลาตั้งแต่พีคของมอนอกลีเซอไรด์ C12:0 ไปจนถึงพีคมอนอกลีเซอไรด์ C18:0 จะเป็นเวลาของมอนอกลีเซอไรด์ และช่วงเวลาตั้งแต่พีคของไดกลีเซอไรด์ C12:0 ไปจนถึงพีคไดกลีเซอไรด์ C18:0 จะเป็นเวลาของไดกลีเซอไรด์ ดังรูปที่ 65 และรูปที่ 66 และในส่วนของไตรกลีเซอไรด์พีคจะออกที่เวลาผ่านไปนานกว่ามอนอกลีเซอไรด์และไดกลีเซอไรด์ ซึ่งจะหาเวลาด้วยการวิเคราะห์น้ำมันปาล์มโอเลอินด้วยแก๊สโครมาโทรกราฟีโดยตรง เนื่องจากน้ำมันปาล์มโอเลอินประกอบด้วยไตรกลีเซอไรด์เป็นหลักแทบทั้งหมด ดังแสดงในรูปที่ 67



รูปที่ 65 พีคของ GML



รูปที่ 66 พีคของ GMS



รูปที่ 67 พีคของ Palm oil

โดยปกติการหาความเข้มข้นของกลีเซอไรด์ต่าง ๆ จะใช้วิธีมาตรฐาน EN14105 ซึ่งจะใช้สารกลีเซอไรด์มาตรฐาน C19 เป็นทั้งสารมาตรฐานและสารมาตรฐานภายใน เนื่องจากเป็นชนิดที่ไม่มีอยู่ในไบโอดีเซล ทำให้ต้องผสมกลีเซอไรด์มาตรฐาน C19 เข้าไปในสารตัวอย่างที่ต้องการตรวจด้วยเสมอ โดยใช้ค่าแฟกเตอร์ตอบสนองเป็น 1 แต่กลีเซอไรด์มาตรฐาน C19 มีราคาที่สูงมาก ซึ่งต้องใช้ตรวจตัวอย่างไบโอดีเซลจากการทดลองในปริมาณมาก ทำให้เปลืองกลีเซอไรด์มาตรฐาน C19 มากเกินความจำเป็น จึงประยุกต์ด้วยการเลือกใช้กลีเซอไรด์มาตรฐานมา 1 ชนิด ได้แก่ กลีเซอไรด์ C18:1 เพราะมีปริมาณมากที่สุดในไบโอดีเซล และใช้เมทิลเดคาโนเอตเป็นสารมาตรฐานภายในเช่นเดียวกับวิธีมาตรฐาน EN14103 ซึ่งแค่รู้ปริมาณที่แน่นอนสามารถทดแทนการใช้กลีเซอไรด์มาตรฐาน C19 ได้แล้ว แต่ต้องหาค่าแฟกเตอร์ตอบสนองด้วย เนื่องจากไม่ได้ผสมกลีเซอไรด์มาตรฐานลงไปด้วยทุกตัวอย่าง ซึ่งมีข้อมูลและปริมาณของกลีเซอไรด์ C18:1 บริสุทธิ์มาตรฐาน จะแสดงดังตารางที่ 33 และปริมาณและผลจากการวิเคราะห์กลีเซอไรด์ด้วยเครื่องมือโครมาโทรกราฟีจะแสดงดังตารางที่ 34

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 33 ข้อมูลและปริมาณของกลีเซอไรด์ 18:1 บริสุทธิ์มาตรฐาน

ชนิดของกลีเซอไรด์	ความบริสุทธิ์ของสาร	มวลของสาร (กรัม)
มอนอกลีเซอไรด์	100.00%	0.0500
ไดกลีเซอไรด์	100.00%	0.0349
ไตรกลีเซอไรด์	99.00%	0.1029

ตารางที่ 34 ปริมาณและผลจากการวิเคราะห์กลีเซอไรด์ด้วยเครื่องมือโครมาโทรกราฟี

ชนิดของสาร	ปริมาณของเมทิลเดคาโนเอต	พื้นที่ของพีคเมทิลเดคาโนเอต	พื้นที่ของพีคกลีเซอไรด์	แฟกเตอร์ตอบสนอง
มอนอกลีเซอไรด์	0.0035	31720.16	556378.77	1.22
ไดกลีเซอไรด์	0.0035	32319.56	380685.05	1.19
ไตรกลีเซอไรด์	0.0519	16919.32	29793.15	0.90

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ภาคผนวก ค
ผลของอุณหภูมิต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชัน เมื่อไม่มีตัวทำละลายร่วม

ตารางที่ 35 ผลของอุณหภูมิที่ 60 องศาเซลเซียส ที่มีต่อร้อยละของไบโอดีเซลโดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์ที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อไม่มีตัวทำละลายร่วม โดยใช้อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มเป็น 18:1

เวลา (นาที)	ร้อยละของไบโอดีเซลโดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์							
	C12	C14	C16:1	C16:0	C18:1-3	C18:0	C20:1	C20:0
0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
5	0.102	0.089	0.023	2.252	3.981	0.202	0.011	0.013
10	0.188	0.165	0.037	4.371	7.593	0.399	0.020	0.027
15	0.238	0.219	0.048	6.041	10.384	0.562	0.026	0.039
20	0.283	0.277	0.061	7.874	13.464	0.746	0.034	0.053
30	0.339	0.359	0.077	10.722	18.205	1.039	0.047	0.076
40	0.372	0.422	0.091	13.092	22.185	1.291	0.057	0.096
50	0.385	0.461	0.100	14.774	25.034	1.483	0.066	0.112
60	0.401	0.507	0.109	16.757	28.408	1.711	0.075	0.132
90	0.404	0.553	0.120	19.322	32.866	2.039	0.089	0.163
120	0.424	0.602	0.131	21.579	36.831	2.325	0.099	0.189

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 36 ผลของอุณหภูมิที่ 60 องศาเซลเซียส ที่มีต่อร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อไม่มีตัวทำละลายร่วม โดยใช้อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มเป็น 18:1

เวลา (นาที)	ร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวล							
	C12	C14	C16:1	C16:0	C18:1-3	C18:0	C20:1	C20:0
0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
5	0.170	0.149	0.038	3.770	6.666	0.338	0.018	0.022
10	0.316	0.276	0.063	7.319	12.714	0.669	0.033	0.045
15	0.398	0.367	0.080	10.114	17.386	0.941	0.044	0.065

20	0.474	0.464	0.102	13.184	22.544	1.249	0.057	0.088
30	0.567	0.601	0.129	17.952	30.481	1.740	0.078	0.127
40	0.623	0.707	0.153	21.921	37.145	2.162	0.095	0.161
50	0.645	0.772	0.167	24.736	41.915	2.482	0.110	0.188
60	0.672	0.848	0.182	28.056	47.565	2.865	0.126	0.220
90	0.676	0.927	0.201	32.352	55.029	3.414	0.149	0.273
120	0.709	1.008	0.220	36.130	61.669	3.893	0.166	0.316

ตารางที่ 37 ผลของอุณหภูมิที่ 60 องศาเซลเซียส ที่มีต่อร้อยละของไตรกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์ที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อไม่มีตัวทำละลายร่วม โดยใช้อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มเป็น 18:1

เวลา (นาที)	ร้อยละของไตรกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์
0	100.000
5	90.413
10	79.420
15	66.287
20	59.730
30	48.259
40	39.490
50	30.070
60	21.984
90	7.471
120	2.913

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 38 ผลของอุณหภูมิที่ 60 องศาเซลเซียส ที่มีต่อร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลหลังหักปริมาณเมทานอลที่ระเหย ณ เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อไม่มีตัวทำละลายร่วม โดยใช้อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มเป็น 18:1

เวลา (นาที)	ร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลหลังหักปริมาณเมทานอลที่ระเหย							
	C12	C14	C16:1	C16:0	C18:1-3	C18:0	C20:1	C20:0
0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
5	0.163	0.143	0.037	3.612	6.387	0.324	0.018	0.021
10	0.302	0.265	0.060	7.012	12.181	0.641	0.031	0.043
15	0.381	0.352	0.076	9.690	16.658	0.902	0.042	0.062
20	0.454	0.444	0.098	12.632	21.599	1.197	0.055	0.085
30	0.543	0.576	0.124	17.200	29.204	1.667	0.075	0.122
40	0.597	0.677	0.147	21.002	35.589	2.071	0.091	0.154
50	0.618	0.740	0.160	23.700	40.159	2.378	0.106	0.180
60	0.643	0.813	0.175	26.881	45.573	2.745	0.121	0.211
90	0.648	0.888	0.192	30.996	52.724	3.271	0.142	0.262
120	0.680	0.966	0.211	34.617	59.085	3.730	0.159	0.303

ตารางที่ 39 ผลของอุณหภูมิที่ 100 องศาเซลเซียส ที่มีต่อร้อยละของไบโอดีเซลโดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์ที่เวลาต่าง ๆ จากผลกระทบของอุณหภูมิต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อไม่มีตัวทำละลายร่วม โดยใช้อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มเป็น 18:1

เวลา (นาที)	ร้อยละของไบโอดีเซลโดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์							
	C12	C14	C16:1	C16:0	C18:1-3	C18:0	C20:1	C20:0
0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
5	0.409	0.579	0.127	20.799	35.573	2.250	0.101	0.182
10	0.434	0.622	0.136	22.504	38.455	2.435	0.109	0.198
15	0.441	0.634	0.139	22.992	39.330	2.493	0.108	0.204
20	0.430	0.619	0.135	22.420	38.324	2.428	0.107	0.199
30	0.421	0.605	0.132	21.918	37.453	2.374	0.105	0.195
40	0.425	0.613	0.134	22.273	38.072	2.420	0.108	0.198
50	0.430	0.619	0.135	22.474	38.450	2.438	0.107	0.200

60	0.425	0.610	0.133	22.078	37.741	2.393	0.106	0.196
90	0.392	0.565	0.123	20.441	34.939	2.217	0.096	0.181
120	0.384	0.552	0.120	19.989	34.154	2.171	0.096	0.178

ตารางที่ 40 ผลของอุณหภูมิที่ 100 องศาเซลเซียส ที่มีต่อร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อไม่มีตัวทำละลายร่วม โดยใช้อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มเป็น 18:1

เวลา (นาที)	ร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวล							
	C12	C14	C16:1	C16:0	C18:1-3	C18:0	C20:1	C20:0
0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
5	0.684	0.969	0.212	34.820	59.553	3.767	0.169	0.305
10	0.727	1.042	0.227	37.673	64.378	4.076	0.182	0.331
15	0.738	1.061	0.232	38.491	65.842	4.173	0.181	0.342
20	0.720	1.036	0.226	37.534	64.158	4.065	0.178	0.333
30	0.705	1.012	0.221	36.693	62.700	3.975	0.176	0.326
40	0.712	1.026	0.225	37.287	63.737	4.051	0.181	0.332
50	0.720	1.037	0.226	37.624	64.369	4.082	0.179	0.335
60	0.711	1.021	0.222	36.960	63.183	4.006	0.177	0.328
90	0.657	0.945	0.206	34.220	58.492	3.712	0.161	0.303
120	0.642	0.923	0.201	33.463	57.177	3.635	0.161	0.297

ตารางที่ 41 ผลของอุณหภูมิที่ 100 องศาเซลเซียส ที่มีต่อร้อยละของไตรกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์ที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อไม่มีตัวทำละลายร่วม โดยใช้อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มเป็น 18:1

เวลา (นาที)	ร้อยละของไตรกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์
0	100.000
5	3.058
10	0.312
15	0.170

20	0.180
30	0.096
40	0.221
50	0.221
60	0.139
90	0.053
120	0.024

ตารางที่ 42 ผลของอุณหภูมิที่ 100 องศาเซลเซียส ที่มีต่อร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลหลังหักปริมาณเมทานอลที่ระเหย ณ เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอินเมื่อไม่มีตัวทำละลายร่วม โดยใช้อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มเป็น 18:1

เวลา	ร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลหลังหักปริมาณเมทานอลที่ระเหย							
(นาที)	C12	C14	C16:1	C16:0	C18:1-3	C18:0	C20:1	C20:0
0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
5	0.664	0.941	0.206	33.805	57.817	3.657	0.164	0.296
10	0.705	1.011	0.221	36.575	62.501	3.957	0.177	0.321
15	0.716	1.030	0.225	37.370	63.923	4.052	0.176	0.332
20	0.699	1.005	0.219	36.440	62.288	3.947	0.173	0.323
30	0.684	0.983	0.215	35.624	60.873	3.859	0.171	0.316
40	0.691	0.996	0.218	36.201	61.879	3.933	0.176	0.323
50	0.699	1.006	0.220	36.527	62.493	3.963	0.174	0.325
60	0.690	0.991	0.216	35.883	61.341	3.889	0.172	0.318
90	0.638	0.918	0.200	33.223	56.787	3.604	0.156	0.295
120	0.624	0.896	0.195	32.488	55.510	3.529	0.156	0.289

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 43 ผลของอุณหภูมิที่ 140 องศาเซลเซียส ที่มีต่อร้อยละของไบโอดีเซลโดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์ที่เวลาต่าง ๆ จากผลกระทบของอุณหภูมิต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อไม่มีตัวทำละลายร่วม โดยใช้อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มเป็น 18:1

เวลา (นาที)	ร้อยละของไบโอดีเซลโดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์							
	C12	C14	C16:1	C16:0	C18:1-3	C18:0	C20:1	C20:0
0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
5	0.394	0.562	0.125	20.163	34.251	2.174	0.099	0.177
10	0.440	0.629	0.137	22.628	38.539	2.443	0.111	0.198
15	0.462	0.660	0.144	23.808	40.599	2.576	0.116	0.209
20	0.466	0.668	0.146	24.145	41.237	2.614	0.117	0.212
30	0.469	0.674	0.147	24.404	41.707	2.655	0.118	0.215
40	0.455	0.653	0.143	23.633	40.378	2.564	0.115	0.209
50	0.458	0.658	0.144	23.854	40.746	2.589	0.116	0.211
60	0.469	0.674	0.147	24.429	41.755	2.652	0.118	0.216
90	0.438	0.630	0.137	22.889	39.111	2.489	0.110	0.203
120	0.440	0.632	0.138	22.886	39.059	2.493	0.112	0.203

ตารางที่ 44 ผลของอุณหภูมิที่ 140 องศาเซลเซียส ที่มีต่อร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อไม่มีตัวทำละลายร่วม โดยใช้อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มเป็น 18:1

เวลา (นาที)	ร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวล							
	C12	C14	C16:1	C16:0	C18:1-3	C18:0	C20:1	C20:0
0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
5	0.660	0.941	0.210	33.739	57.314	3.637	0.166	0.296
10	0.737	1.052	0.230	37.865	64.489	4.089	0.185	0.332
15	0.772	1.104	0.242	39.839	67.936	4.310	0.194	0.349
20	0.780	1.118	0.244	40.403	69.005	4.374	0.197	0.355
30	0.785	1.128	0.247	40.836	69.791	4.442	0.198	0.359
40	0.762	1.092	0.239	39.547	67.566	4.291	0.192	0.350
50	0.766	1.101	0.241	39.916	68.183	4.332	0.194	0.353

60	0.785	1.128	0.246	40.879	69.871	4.437	0.197	0.362
90	0.732	1.055	0.230	38.302	65.446	4.164	0.184	0.340
120	0.736	1.057	0.231	38.296	65.360	4.171	0.187	0.339

ตารางที่ 45 ผลของอุณหภูมิที่ 140 องศาเซลเซียส ที่มีต่อร้อยละของไตรกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์ที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อไม่มีตัวทำละลายร่วม โดยใช้อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มเป็น 18:1

เวลา (นาที)	ร้อยละของไตรกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์
0	100.000
5	8.821
10	3.294
15	1.394
20	0.843
30	0.374
40	0.115
50	0.171
60	0.030
90	0.011
120	0.032

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 46 ผลของอุณหภูมิที่ 140 องศาเซลเซียส ที่มีต่อร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลหลังหักปริมาณเมทานอลที่ระเหย ณ เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อไม่มีตัวทำละลายร่วม โดยใช้อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มเป็น 18:1

เวลา (นาที)	ร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลหลังหักปริมาณเมทานอลที่ระเหย							
	C12	C14	C16:1	C16:0	C18:1-3	C18:0	C20:1	C20:0
0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
5	0.601	0.857	0.191	30.744	52.226	3.315	0.151	0.270
10	0.671	0.959	0.210	34.503	58.764	3.726	0.169	0.302
15	0.704	1.006	0.220	36.302	61.905	3.927	0.177	0.318

20	0.710	1.019	0.223	36.816	62.879	3.986	0.179	0.324
30	0.716	1.028	0.225	37.211	63.595	4.048	0.180	0.327
40	0.694	0.995	0.218	36.036	61.568	3.910	0.175	0.319
50	0.698	1.004	0.219	36.372	62.130	3.948	0.177	0.322
60	0.716	1.028	0.224	37.250	63.668	4.043	0.180	0.330
90	0.667	0.961	0.210	34.902	59.636	3.795	0.168	0.310
120	0.671	0.963	0.210	34.897	59.558	3.801	0.171	0.309

ตารางที่ 47 ผลของอุณหภูมิที่ 190 องศาเซลเซียส ที่มีต่อร้อยละของไบโอดีเซลโดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์ที่เวลาต่าง ๆ จากผลกระทบของอุณหภูมิต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อไม่มีตัวทำละลายร่วม โดยใช้อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มเป็น 18:1

เวลา	ร้อยละของไบโอดีเซลโดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์							
(นาที)	C12	C14	C16:1	C16:0	C18:1-3	C18:0	C20:1	C20:0
0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
5	0.179	0.275	0.073	9.555	15.844	1.047	0.057	0.083
10	0.328	0.480	0.114	17.182	28.998	1.865	0.095	0.151
15	0.409	0.593	0.133	21.374	36.364	2.321	0.105	0.188
20	0.484	0.698	0.154	25.243	43.072	2.744	0.124	0.225
30	0.488	0.704	0.154	25.529	43.621	2.774	0.125	0.228
40	0.495	0.714	0.157	25.897	44.231	2.816	0.127	0.231
50	0.478	0.690	0.151	25.005	42.698	2.719	0.122	0.223
60	0.489	0.704	0.155	25.518	43.572	2.778	0.125	0.228
90	0.439	0.625	0.136	22.540	38.446	2.463	0.105	0.201
120	0.449	0.640	0.139	23.077	39.281	2.522	0.113	0.206

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 48 ผลของอุณหภูมิที่ 190 องศาเซลเซียส ที่มีต่อร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อไม่มีตัวทำละลายร่วม โดยใช้อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มเป็น 18:1

เวลา (นาที)	ร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวล							
	C12	C14	C16:1	C16:0	C18:1-3	C18:0	C20:1	C20:0
0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
5	0.299	0.460	0.122	16.009	26.548	1.754	0.095	0.140
10	0.550	0.805	0.191	28.788	48.587	3.125	0.159	0.252
15	0.685	0.993	0.223	35.812	60.928	3.888	0.176	0.315
20	0.810	1.170	0.258	42.295	72.168	4.598	0.208	0.377
30	0.818	1.179	0.259	42.775	73.089	4.649	0.210	0.381
40	0.829	1.197	0.263	43.392	74.110	4.718	0.213	0.387
50	0.801	1.156	0.254	41.897	71.542	4.556	0.205	0.374
60	0.819	1.180	0.259	42.756	73.006	4.655	0.209	0.382
90	0.735	1.047	0.228	37.767	64.418	4.127	0.177	0.336
120	0.753	1.072	0.233	38.666	65.816	4.226	0.189	0.345

ตารางที่ 49 ผลของอุณหภูมิที่ 190 องศาเซลเซียส ที่มีต่อร้อยละของไตรกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์ที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อไม่มีตัวทำละลายร่วม โดยใช้อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มเป็น 18:1

เวลา (นาที)	ร้อยละของไตรกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์
0	100.000
5	54.498
10	17.405
15	5.282
20	1.588
30	0.104
40	0.122
50	0.147

60	0.017
90	0.000
120	0.000

ตารางที่ 50 ผลของอุณหภูมิที่ 190 องศาเซลเซียส ที่มีต่อร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลหลังหักปริมาณเมทานอลที่ระเหย ณ เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อไม่มีตัวทำละลายร่วม โดยใช้อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มเป็น 18:1

เวลา (นาที)	ร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลหลังหักปริมาณเมทานอลที่ระเหย							
	C12	C14	C16:1	C16:0	C18:1-3	C18:0	C20:1	C20:0
0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
5	0.249	0.383	0.102	13.309	22.069	1.458	0.079	0.116
10	0.457	0.669	0.159	23.932	40.391	2.598	0.132	0.210
15	0.569	0.826	0.186	29.771	50.650	3.232	0.146	0.262
20	0.674	0.972	0.215	35.160	59.994	3.823	0.173	0.314
30	0.680	0.980	0.215	35.559	60.759	3.865	0.175	0.317
40	0.689	0.995	0.218	36.072	61.608	3.922	0.177	0.322
50	0.666	0.961	0.211	34.829	59.474	3.787	0.170	0.311
60	0.681	0.981	0.215	35.543	60.691	3.870	0.174	0.317
90	0.611	0.870	0.189	31.396	53.551	3.431	0.147	0.279
120	0.626	0.892	0.194	32.144	54.713	3.513	0.157	0.287

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ง
ผลกระทบของอุณหภูมิต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อมีตัวทำละลายร่วม

ตารางที่ 51 ผลของอุณหภูมิที่ 60 องศาเซลเซียส ที่มีต่อร้อยละของไบโอดีเซลโดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์ที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อมีตัวทำละลายร่วมร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน โดยใช้อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มเป็น 18:1

เวลา (นาที)	ร้อยละของไบโอดีเซลโดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์							
	C12	C14	C16:1	C16:0	C18:1-3	C18:0	C20:1	C20:0
0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
5	0.050	0.055	0.023	1.180	2.350	0.113	0.005	0.008
10	0.109	0.102	0.031	2.549	4.690	0.236	0.011	0.017
15	0.152	0.142	0.037	3.736	6.691	0.425	0.016	0.024
20	0.192	0.181	0.044	4.887	8.629	0.458	0.021	0.033
30	0.252	0.250	0.058	7.079	12.321	0.676	0.030	0.050
40	0.281	0.293	0.067	8.609	14.890	0.837	0.037	0.063
50	0.320	0.349	0.079	10.559	18.191	1.039	0.045	0.079
60	0.333	0.377	0.085	11.703	20.097	1.164	0.051	0.089
90	0.373	0.476	0.105	15.847	27.144	1.634	0.070	0.130
120	0.371	0.504	0.111	17.482	29.967	1.844	0.079	0.150

ตารางที่ 52 ผลของอุณหภูมิที่ 60 องศาเซลเซียส ที่มีต่อร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อมีตัวทำละลายร่วมร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน โดยใช้อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มเป็น 18:1

เวลา (นาที)	ร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวล							
	C12	C14	C16:1	C16:0	C18:1-3	C18:0	C20:1	C20:0
0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
5	0.088	0.097	0.041	2.097	4.176	0.201	0.009	0.014

10	0.193	0.182	0.054	4.529	8.333	0.419	0.019	0.030
15	0.271	0.252	0.066	6.638	11.890	0.754	0.028	0.043
20	0.341	0.321	0.078	8.684	15.332	0.814	0.037	0.059
30	0.447	0.443	0.103	12.579	21.892	1.202	0.053	0.089
40	0.499	0.520	0.119	15.297	26.459	1.488	0.066	0.112
50	0.569	0.620	0.140	18.762	32.323	1.847	0.080	0.141
60	0.591	0.670	0.151	20.794	35.710	2.068	0.091	0.159
90	0.664	0.845	0.186	28.159	48.232	2.903	0.125	0.230
120	0.660	0.895	0.197	31.063	53.248	3.276	0.141	0.266

ตารางที่ 53 ผลของอุณหภูมิที่ 60 องศาเซลเซียส ที่มีต่อร้อยละของไตรกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์ที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อมีตัวทำละลายร่วมร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน โดยใช้อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มเป็น 18:1

เวลา (นาที)	ร้อยละของไตรกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์
0	100.000
5	101.287
10	88.886
15	78.965
20	73.127
30	65.372
40	56.951
50	52.535
60	42.506
90	21.589
120	10.641

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 54 ผลของอุณหภูมิที่ 60 องศาเซลเซียส ที่มีต่อร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลหลังหักปริมาณเมทานอลที่ระเหย ณ เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อมีตัวทำละลายร่วมร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน โดยใช้อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มเป็น 18:1

เวลา (นาที)	ร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลหลังหักปริมาณเมทานอลที่ระเหย							
	C12	C14	C16:1	C16:0	C18:1-3	C18:0	C20:1	C20:0
0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
5	0.084	0.092	0.039	1.991	3.966	0.191	0.009	0.014
10	0.183	0.173	0.052	4.301	7.914	0.398	0.018	0.028
15	0.257	0.239	0.063	6.304	11.291	0.716	0.026	0.041
20	0.324	0.305	0.074	8.247	14.560	0.773	0.035	0.056
30	0.425	0.421	0.098	11.946	20.790	1.141	0.050	0.085
40	0.474	0.494	0.113	14.526	25.126	1.413	0.062	0.107
50	0.541	0.588	0.133	17.817	30.695	1.754	0.076	0.134
60	0.562	0.636	0.143	19.747	33.911	1.964	0.086	0.151
90	0.630	0.803	0.176	26.741	45.803	2.757	0.119	0.219
120	0.627	0.850	0.187	29.499	50.567	3.111	0.134	0.253

ตารางที่ 55 ผลของอุณหภูมิที่ 100 องศาเซลเซียส ที่มีต่อร้อยละของไบโอดีเซลโดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์ที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อมีตัวทำละลายร่วมร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน โดยใช้อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มเป็น 18:1

เวลา (นาที)	ร้อยละของไบโอดีเซลโดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์							
	C12	C14	C16:1	C16:0	C18:1-3	C18:0	C20:1	C20:0
0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
5	0.003	0.016	0.016	0.108	0.415	0.018	0.001	0.000
10	0.012	0.026	0.017	0.497	1.027	0.057	0.002	0.004
15	0.025	0.042	0.019	1.025	1.863	0.112	0.005	0.007
20	0.042	0.063	0.023	1.742	3.022	0.185	0.008	0.014
30	0.074	0.103	0.034	3.124	5.330	0.331	0.014	0.026

40	0.105	0.146	0.041	4.715	7.958	0.502	0.027	0.039
50	0.141	0.195	0.052	6.490	10.970	0.692	0.038	0.056
60	0.174	0.242	0.062	8.185	13.864	0.873	0.047	0.069
90	0.280	0.393	0.093	13.771	23.520	1.479	0.077	0.121
120	0.368	0.521	0.116	18.621	32.011	2.015	0.098	0.165

ตารางที่ 56 ผลของอุณหภูมิที่ 100 องศาเซลเซียส ที่มีต่อร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อมีตัวทำละลายร่วมร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน โดยใช้อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มเป็น 18:1

เวลา (นาที)	ร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวล							
	C12	C14	C16:1	C16:0	C18:1-3	C18:0	C20:1	C20:0
0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
5	0.006	0.029	0.029	0.191	0.736	0.031	0.001	0.001
10	0.022	0.046	0.030	0.882	1.822	0.101	0.004	0.007
15	0.044	0.074	0.034	1.818	3.306	0.198	0.009	0.013
20	0.074	0.111	0.040	3.090	5.362	0.328	0.014	0.025
30	0.130	0.184	0.060	5.542	9.457	0.587	0.025	0.047
40	0.186	0.259	0.072	8.364	14.118	0.890	0.049	0.070
50	0.251	0.347	0.091	11.515	19.462	1.228	0.067	0.098
60	0.309	0.429	0.110	14.522	24.596	1.548	0.084	0.123
90	0.497	0.697	0.165	24.431	41.727	2.623	0.136	0.214
120	0.652	0.924	0.206	33.036	56.792	3.576	0.173	0.294

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 57 ผลของอุณหภูมิที่ 100 องศาเซลเซียส ที่มีต่อร้อยละของไตรกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์ที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อมีตัวทำละลายร่วมร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน โดยใช้อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มเป็น 18:1

เวลา (นาที)	ร้อยละของไตรกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์
0	100.000
5	100.260
10	81.583
15	63.297
20	53.916
30	45.124
40	33.171
50	26.034
60	18.501
90	5.239
120	0.883

ตารางที่ 58 ผลของอุณหภูมิที่ 100 องศาเซลเซียส ที่มีต่อร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลหลังหักปริมาณเมทานอลที่ระเหย ณ เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อมีตัวทำละลายร่วมร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน โดยใช้อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มเป็น 18:1

เวลา (นาที)	ร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลหลังหักปริมาณเมทานอลที่ระเหย							
	C12	C14	C16:1	C16:0	C18:1-3	C18:0	C20:1	C20:0
0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
5	0.005	0.027	0.027	0.178	0.685	0.029	0.001	0.001
10	0.020	0.043	0.028	0.821	1.696	0.094	0.004	0.006
15	0.041	0.069	0.032	1.693	3.078	0.184	0.008	0.012
20	0.069	0.103	0.037	2.877	4.992	0.306	0.013	0.024
30	0.121	0.171	0.056	5.160	8.805	0.547	0.023	0.043

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

40	0.174	0.241	0.067	7.788	13.144	0.828	0.045	0.065
50	0.234	0.323	0.085	10.721	18.120	1.143	0.063	0.092
60	0.288	0.399	0.102	13.520	22.900	1.441	0.078	0.114
90	0.463	0.649	0.153	22.746	38.849	2.442	0.126	0.200
120	0.607	0.860	0.192	30.757	52.874	3.329	0.161	0.273

ตารางที่ 59 ผลของอุณหภูมิที่ 140 องศาเซลเซียส ที่มีต่อร้อยละของไบโอดีเซลโดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์ที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อมีตัวทำละลายร่วมร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน โดยใช้อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มเป็น 18:1

เวลา (นาที)	ร้อยละของไบโอดีเซลโดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์							
	C12	C14	C16:1	C16:0	C18:1-3	C18:0	C20:1	C20:0
0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
5	0.038	0.064	0.023	2.043	3.440	0.230	0.011	0.018
10	0.080	0.121	0.033	4.167	6.997	0.456	0.020	0.036
15	0.140	0.207	0.054	7.240	12.121	0.787	0.037	0.062
20	0.163	0.238	0.060	8.350	14.158	0.903	0.042	0.072
30	0.229	0.329	0.077	11.679	19.820	1.260	0.058	0.101
40	0.298	0.425	0.097	15.160	25.771	1.633	0.074	0.131
50	0.341	0.483	0.108	17.282	29.507	1.865	0.084	0.151
60	0.360	0.511	0.114	18.318	31.440	1.979	0.089	0.160
90	0.420	0.597	0.130	21.489	36.999	2.326	0.104	0.189
120	0.398	0.568	0.124	20.566	35.484	2.231	0.098	0.182

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 60 ผลของอุณหภูมิที่ 140 องศาเซลเซียส ที่มีต่อร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อมีตัวทำละลายร่วมร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน โดยใช้อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มเป็น 18:1

เวลา (นาที)	ร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวล							
	C12	C14	C16:1	C16:0	C18:1-3	C18:0	C20:1	C20:0
0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
5	0.067	0.114	0.041	3.630	6.113	0.408	0.020	0.031
10	0.142	0.215	0.059	7.405	12.434	0.810	0.036	0.064
15	0.248	0.368	0.095	12.866	21.539	1.399	0.066	0.111
20	0.289	0.422	0.106	14.838	25.159	1.605	0.074	0.128
30	0.406	0.584	0.138	20.753	35.221	2.240	0.104	0.180
40	0.530	0.756	0.173	26.940	45.795	2.903	0.132	0.234
50	0.606	0.858	0.192	30.709	52.434	3.313	0.150	0.268
60	0.640	0.907	0.202	32.552	55.870	3.516	0.159	0.285
90	0.746	1.060	0.231	38.186	65.747	4.133	0.185	0.336
120	0.707	1.010	0.220	36.546	63.055	3.964	0.175	0.323

ตารางที่ 61 ผลของอุณหภูมิที่ 140 องศาเซลเซียส ที่มีต่อร้อยละของไตรกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์ที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อมีตัวทำละลายร่วมร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน โดยใช้อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มเป็น 18:1

เวลา (นาที)	ร้อยละของไตรกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์
0	100.000
5	94.434
10	66.162
15	55.635
20	41.903
30	29.756
40	21.531

50	13.063
60	7.942
90	1.202
120	0.118

ตารางที่ 62 ผลของอุณหภูมิที่ 140 องศาเซลเซียส ที่มีต่อร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลหลังหักปริมาณเมทานอลที่ระเหย ณ เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อมีตัวทำละลายร่วมร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน โดยใช้อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มเป็น 18:1

เวลา (นาที)	ร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลหลังหักปริมาณเมทานอลที่ระเหย							
	C12	C14	C16:1	C16:0	C18:1-3	C18:0	C20:1	C20:0
0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
5	0.061	0.105	0.037	3.321	5.594	0.374	0.018	0.029
10	0.130	0.197	0.054	6.775	11.377	0.741	0.033	0.059
15	0.227	0.337	0.087	11.773	19.709	1.280	0.060	0.102
20	0.264	0.386	0.097	13.577	23.021	1.469	0.068	0.118
30	0.372	0.535	0.126	18.990	32.228	2.050	0.095	0.165
40	0.485	0.692	0.158	24.650	41.903	2.656	0.121	0.214
50	0.554	0.785	0.176	28.100	47.978	3.032	0.137	0.245
60	0.586	0.830	0.185	29.786	51.122	3.218	0.145	0.261
90	0.683	0.970	0.211	34.941	60.160	3.782	0.169	0.307
120	0.647	0.924	0.201	33.440	57.697	3.628	0.160	0.296

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 63 ผลของอุณหภูมิที่ 190 องศาเซลเซียส ที่มีต่อร้อยละของไบโอดีเซลโดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์ที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อมีตัวทำละลายร่วมร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน โดยใช้อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มเป็น 18:1

เวลา (นาที)	ร้อยละของไบโอดีเซลโดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์							
	C12	C14	C16:1	C16:0	C18:1-3	C18:0	C20:1	C20:0
0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
5	0.066	0.158	0.057	3.865	7.790	0.478	0.024	0.040
10	0.142	0.267	0.082	8.369	16.856	1.040	0.061	0.085
15	0.217	0.372	0.112	12.606	25.432	1.564	0.087	0.129
20	0.256	0.418	0.130	14.820	29.984	1.835	0.097	0.151
30	0.338	0.533	0.166	19.604	39.909	2.503	0.123	0.199
40	0.353	0.548	0.152	20.445	41.695	2.569	0.121	0.208
50	0.365	0.561	0.151	21.217	43.313	2.647	0.131	0.215
60	0.363	0.557	0.149	21.141	43.142	2.638	0.130	0.215
90	0.362	0.557	0.149	21.143	43.089	2.638	0.130	0.216
120	0.342	0.525	0.140	19.867	40.542	2.483	0.121	0.198

ตารางที่ 64 ผลของอุณหภูมิที่ 190 องศาเซลเซียส ที่มีต่อร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อมีตัวทำละลายร่วมร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน โดยใช้อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มเป็น 18:1

เวลา (นาที)	ร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวล							
	C12	C14	C16:1	C16:0	C18:1-3	C18:0	C20:1	C20:0
0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
5	0.135	0.323	0.116	7.893	15.910	0.977	0.049	0.081
10	0.251	0.474	0.146	14.862	29.935	1.847	0.108	0.151
15	0.386	0.660	0.199	22.387	45.164	2.777	0.155	0.229
20	0.455	0.743	0.230	26.319	53.248	3.258	0.172	0.267
30	0.601	0.947	0.294	34.814	70.874	4.445	0.218	0.354
40	0.626	0.973	0.270	36.309	74.046	4.563	0.215	0.369

50	0.649	0.997	0.268	37.679	76.920	4.701	0.232	0.383
60	0.645	0.989	0.265	37.544	76.616	4.686	0.231	0.382
90	0.644	0.989	0.265	37.549	76.522	4.684	0.231	0.383
120	0.608	0.932	0.248	35.281	71.999	4.409	0.215	0.352

ตารางที่ 65 ผลของอุณหภูมิที่ 190 องศาเซลเซียส ที่มีต่อร้อยละของไตรกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์ที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อมีตัวทำละลายร่วมร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน โดยใช้อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มเป็น 18:1

เวลา (นาที)	ร้อยละของไตรกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์
0	100.000
5	69.580
10	33.559
15	20.596
20	11.637
30	3.191
40	0.217
50	0.000
60	0.000
90	0.000
120	0.000

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 66 ผลของอุณหภูมิที่ 190 องศาเซลเซียส ที่มีต่อร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลหลังหักปริมาณเมทานอลที่ระเหย ณ เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อมีตัวทำละลายร่วมร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน โดยใช้อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มเป็น 18:1

เวลา (นาที)	ร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลหลังหักปริมาณเมทานอลที่ระเหย							
	C12	C14	C16:1	C16:0	C18:1-3	C18:0	C20:1	C20:0
0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
5	0.119	0.287	0.103	7.001	14.112	0.867	0.044	0.072
10	0.212	0.400	0.123	12.555	25.287	1.560	0.091	0.128
15	0.326	0.558	0.168	18.911	38.152	2.346	0.131	0.193
20	0.384	0.627	0.195	22.233	44.981	2.753	0.146	0.226
30	0.508	0.800	0.248	29.409	59.871	3.755	0.184	0.299
40	0.529	0.822	0.228	30.672	62.550	3.854	0.182	0.312
50	0.548	0.842	0.227	31.829	64.978	3.971	0.196	0.323
60	0.545	0.836	0.223	31.715	64.721	3.958	0.195	0.323
90	0.544	0.836	0.224	31.719	64.641	3.957	0.195	0.323
120	0.513	0.787	0.210	29.804	60.821	3.725	0.181	0.297

ตารางที่ 67 ผลของอุณหภูมิที่ 60 องศาเซลเซียส ที่มีต่อร้อยละของไบโอดีเซลโดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์ที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อมีตัวทำละลายร่วมร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน โดยใช้อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มเป็น 12:1

เวลา (นาที)	ร้อยละของไบโอดีเซลโดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์							
	C12	C14	C16:1	C16:0	C18:1-3	C18:0	C20:1	C20:0
0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
5	0.034	0.040	0.017	0.945	1.873	0.093	0.005	0.007
10	0.074	0.074	0.023	1.920	3.545	0.180	0.009	0.012
15	0.109	0.106	0.029	2.825	5.079	0.265	0.013	0.018
20	0.142	0.136	0.035	3.690	6.549	0.344	0.016	0.024
30	0.200	0.192	0.046	5.391	9.447	0.510	0.024	0.037

40	0.241	0.238	0.055	6.869	11.925	0.658	0.030	0.048
50	0.291	0.297	0.067	8.807	15.225	0.857	0.038	0.063
60	0.316	0.332	0.074	10.027	17.244	0.984	0.044	0.074
90	0.401	0.459	0.101	14.624	25.036	1.476	0.065	0.113
120	0.411	0.498	0.109	16.371	27.985	1.680	0.073	0.132

ตารางที่ 68 ผลของอุณหภูมิที่ 60 องศาเซลเซียส ที่มีต่อร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อมีตัวทำละลายร่วมร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน โดยใช้อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มเป็น 12:1

เวลา	ร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวล							
(นาที)	C12	C14	C16:1	C16:0	C18:1-3	C18:0	C20:1	C20:0
0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
5	0.053	0.062	0.026	1.465	2.906	0.143	0.007	0.010
10	0.115	0.116	0.035	2.979	5.498	0.279	0.014	0.019
15	0.170	0.164	0.044	4.382	7.878	0.410	0.020	0.028
20	0.221	0.211	0.054	5.724	10.159	0.533	0.025	0.038
30	0.310	0.298	0.071	8.363	14.653	0.791	0.037	0.057
40	0.374	0.369	0.085	10.654	18.496	1.020	0.046	0.074
50	0.452	0.460	0.104	13.660	23.616	1.330	0.059	0.098
60	0.490	0.514	0.115	15.553	26.748	1.526	0.068	0.114
90	0.622	0.712	0.157	22.683	38.833	2.290	0.101	0.176
120	0.637	0.772	0.169	25.393	43.408	2.605	0.114	0.205

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 69 ผลของอุณหภูมิที่ 60 องศาเซลเซียส ที่มีต่อร้อยละของไตรกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์ที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อมีตัวทำละลายร่วมร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน โดยใช้อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มเป็น 12:1

เวลา (นาที)	ร้อยละของไตรกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์
0	100.000
5	98.062
10	92.158
15	84.366
20	82.052
30	76.291
40	69.183
50	66.899
60	57.994
90	44.960
120	30.439

ตารางที่ 70 ผลของอุณหภูมิที่ 60 องศาเซลเซียส ที่มีต่อร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลหลังหักปริมาณเมทานอลที่ระเหย ณ เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อมีตัวทำละลายร่วมร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน โดยใช้อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มเป็น 12:1

เวลา (นาที)	ร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลหลังหักปริมาณเมทานอลที่ระเหย							
	C12	C14	C16:1	C16:0	C18:1-3	C18:0	C20:1	C20:0
0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
5	0.051	0.060	0.025	1.408	2.792	0.138	0.007	0.010
10	0.110	0.111	0.034	2.862	5.284	0.268	0.013	0.019
15	0.163	0.158	0.043	4.211	7.570	0.394	0.019	0.027
20	0.212	0.202	0.052	5.500	9.762	0.512	0.024	0.036
30	0.298	0.286	0.068	8.036	14.081	0.760	0.036	0.054

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

40	0.360	0.355	0.082	10.238	17.774	0.980	0.044	0.072
50	0.434	0.442	0.100	13.126	22.693	1.278	0.057	0.094
60	0.470	0.494	0.110	14.945	25.703	1.467	0.065	0.110
90	0.598	0.684	0.151	21.797	37.317	2.200	0.097	0.169
120	0.612	0.742	0.163	24.401	41.712	2.503	0.109	0.197

ตารางที่ 71 ผลของอุณหภูมิที่ 100 องศาเซลเซียส ที่มีต่อร้อยละของไบโอดีเซลโดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์ที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อมีตัวทำละลายร่วมร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน โดยใช้อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มเป็น 12:1

เวลา (นาที)	ร้อยละของไบโอดีเซลโดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์							
	C12	C14	C16:1	C16:0	C18:1-3	C18:0	C20:1	C20:0
0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
5	0.019	0.042	0.033	0.743	1.530	0.082	0.005	0.005
10	0.032	0.059	0.037	1.345	2.463	0.134	0.008	0.011
15	0.047	0.079	0.040	2.135	3.712	0.219	0.012	0.015
20	0.063	0.101	0.041	2.957	5.033	0.312	0.016	0.025
30	0.093	0.143	0.050	4.508	7.569	0.475	0.022	0.038
40	0.121	0.184	0.061	5.967	10.025	0.634	0.029	0.051
50	0.154	0.231	0.070	7.592	12.671	0.805	0.038	0.065
60	0.185	0.272	0.077	9.161	15.310	0.973	0.047	0.077
90	0.269	0.389	0.103	13.405	22.528	1.426	0.066	0.114
120	0.318	0.452	0.110	15.847	26.838	1.689	0.079	0.135

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 72 ผลของอุณหภูมิที่ 100 องศาเซลเซียส ที่มีต่อร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อมีตัวทำละลายร่วมร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน โดยใช้อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มเป็น 12:1

เวลา (นาที)	ร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวล							
	C12	C14	C16:1	C16:0	C18:1-3	C18:0	C20:1	C20:0
0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
5	0.029	0.065	0.051	1.155	2.377	0.128	0.008	0.007
10	0.050	0.091	0.057	2.090	3.827	0.208	0.012	0.017
15	0.072	0.123	0.063	3.318	5.767	0.340	0.018	0.024
20	0.097	0.158	0.064	4.594	7.821	0.485	0.024	0.038
30	0.145	0.223	0.078	7.005	11.760	0.739	0.035	0.059
40	0.189	0.286	0.095	9.271	15.577	0.985	0.045	0.079
50	0.240	0.358	0.109	11.796	19.688	1.251	0.059	0.100
60	0.288	0.423	0.120	14.234	23.789	1.512	0.074	0.120
90	0.418	0.605	0.161	20.829	35.004	2.215	0.103	0.177
120	0.494	0.702	0.171	24.623	41.700	2.624	0.122	0.210

ตารางที่ 73 ผลของอุณหภูมิที่ 100 องศาเซลเซียส ที่มีต่อร้อยละของไตรกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์ที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อมีตัวทำละลายร่วมร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน โดยใช้อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มเป็น 12:1

เวลา (นาที)	ร้อยละของไตรกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์
0	100.000
5	96.536
10	90.508
15	85.165
20	80.600
30	75.567
40	72.756

50	63.228
60	57.469
90	41.713
120	25.545

ตารางที่ 74 ผลของอุณหภูมิที่ 100 องศาเซลเซียส ที่มีต่อร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลหลังหักปริมาณเมทานอลที่ระเหย ณ เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อมีตัวทำละลายร่วมร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน โดยใช้อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มเป็น 12:1

เวลา (นาที)	ร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลหลังหักปริมาณเมทานอลที่ระเหย							
	C12	C14	C16:1	C16:0	C18:1-3	C18:0	C20:1	C20:0
0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
5	0.028	0.063	0.049	1.118	2.303	0.124	0.008	0.007
10	0.048	0.088	0.055	2.024	3.707	0.201	0.012	0.016
15	0.070	0.119	0.061	3.214	5.587	0.329	0.018	0.023
20	0.094	0.153	0.062	4.450	7.576	0.469	0.023	0.037
30	0.140	0.216	0.075	6.786	11.392	0.715	0.034	0.057
40	0.183	0.277	0.092	8.981	15.089	0.954	0.043	0.076
50	0.232	0.347	0.105	11.427	19.071	1.212	0.057	0.097
60	0.279	0.409	0.117	13.788	23.044	1.464	0.071	0.116
90	0.405	0.586	0.156	20.177	33.908	2.146	0.099	0.171
120	0.479	0.680	0.166	23.852	40.394	2.542	0.119	0.203

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 75 ผลของอุณหภูมิที่ 140 องศาเซลเซียส ที่มีต่อร้อยละของไบโอดีเซลโดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์ที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อมีตัวทำละลายร่วมร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน โดยใช้อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มเป็น 12:1

เวลา (นาที)	ร้อยละของไบโอดีเซลโดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์							
	C12	C14	C16:1	C16:0	C18:1-3	C18:0	C20:1	C20:0
0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
5	0.017	0.039	0.027	0.898	1.650	0.103	0.006	0.007
10	0.042	0.077	0.037	2.215	3.742	0.245	0.012	0.019
15	0.066	0.114	0.047	3.478	5.778	0.381	0.017	0.030
20	0.086	0.140	0.048	4.552	7.551	0.495	0.024	0.040
30	0.115	0.179	0.055	5.998	10.035	0.651	0.031	0.052
40	0.156	0.239	0.072	8.075	13.526	0.877	0.041	0.070
50	0.190	0.296	0.095	9.759	16.422	1.059	0.049	0.084
60	0.214	0.316	0.084	10.973	18.502	1.187	0.056	0.095
90	0.282	0.407	0.098	14.403	24.398	1.561	0.071	0.125
120	0.343	0.489	0.112	17.439	29.736	1.880	0.086	0.152

ตารางที่ 76 ผลของอุณหภูมิที่ 140 องศาเซลเซียส ที่มีต่อร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อมีตัวทำละลายร่วมร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน โดยใช้อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มเป็น 12:1

เวลา (นาที)	ร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวล							
	C12	C14	C16:1	C16:0	C18:1-3	C18:0	C20:1	C20:0
0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
5	0.026	0.061	0.043	1.395	2.564	0.160	0.010	0.011
10	0.065	0.120	0.058	3.442	5.813	0.380	0.019	0.030
15	0.103	0.176	0.073	5.404	8.977	0.592	0.027	0.047
20	0.134	0.218	0.074	7.071	11.730	0.769	0.037	0.062
30	0.178	0.278	0.086	9.318	15.589	1.011	0.048	0.081
40	0.242	0.371	0.112	12.544	21.012	1.362	0.064	0.108

50	0.295	0.460	0.148	15.161	25.512	1.645	0.076	0.130
60	0.333	0.491	0.130	17.047	28.743	1.844	0.087	0.147
90	0.438	0.632	0.152	22.375	37.902	2.425	0.111	0.194
120	0.533	0.759	0.173	27.092	46.195	2.920	0.133	0.236

ตารางที่ 77 ผลของอุณหภูมิที่ 140 องศาเซลเซียส ที่มีต่อร้อยละของไตรกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์ที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อมีตัวทำละลายร่วมร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน โดยใช้อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มเป็น 12:1

เวลา (นาที)	ร้อยละของไตรกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์
0	100.000
5	95.739
10	88.548
15	76.241
20	68.912
30	57.417
40	50.567
50	43.931
60	37.020
90	22.405
120	12.598

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 78 ผลของอุณหภูมิที่ 140 องศาเซลเซียส ที่มีต่อร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลหลังหักปริมาณเมทานอลที่ระเหย ณ เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อมีตัวทำละลายร่วมร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน โดยใช้อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มเป็น 12:1

เวลา (นาที)	ร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลหลังหักปริมาณเมทานอลที่ระเหย							
	C12	C14	C16:1	C16:0	C18:1-3	C18:0	C20:1	C20:0
0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
5	0.025	0.057	0.040	1.308	2.405	0.150	0.009	0.011
10	0.061	0.112	0.054	3.228	5.452	0.356	0.018	0.028
15	0.096	0.166	0.068	5.068	8.420	0.555	0.025	0.044
20	0.126	0.205	0.070	6.632	11.002	0.721	0.034	0.058
30	0.167	0.261	0.080	8.740	14.621	0.949	0.045	0.076
40	0.227	0.348	0.105	11.766	19.708	1.277	0.060	0.102
50	0.276	0.432	0.139	14.220	23.928	1.543	0.071	0.122
60	0.312	0.460	0.122	15.989	26.959	1.730	0.081	0.138
90	0.411	0.593	0.142	20.986	35.550	2.274	0.104	0.182
120	0.500	0.712	0.163	25.411	43.328	2.739	0.125	0.221

ตารางที่ 79 ผลของอุณหภูมิที่ 190 องศาเซลเซียส ที่มีต่อร้อยละของไบโอดีเซลโดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์ที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อมีตัวทำละลายร่วมร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน โดยใช้อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มเป็น 12:1

เวลา (นาที)	ร้อยละของไบโอดีเซลโดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์							
	C12	C14	C16:1	C16:0	C18:1-3	C18:0	C20:1	C20:0
0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
5	0.085	0.147	0.062	4.417	7.459	0.489	0.021	0.039
10	0.179	0.269	0.076	9.172	15.427	1.001	0.047	0.079
15	0.249	0.367	0.095	12.763	21.605	1.389	0.065	0.111
20	0.303	0.434	0.102	15.423	26.279	1.677	0.078	0.135
30	0.382	0.542	0.127	19.305	32.956	2.101	0.095	0.170

40	0.433	0.612	0.136	21.959	37.706	2.392	0.107	0.192
50	0.448	0.631	0.138	22.691	38.940	2.457	0.111	0.200
60	0.481	0.676	0.148	24.352	41.917	2.639	0.120	0.215
90	0.466	0.652	0.142	23.458	40.327	2.537	0.114	0.207
120	0.479	0.672	0.146	24.200	41.649	2.621	0.119	0.212

ตารางที่ 80 ผลของอุณหภูมิที่ 190 องศาเซลเซียส ที่มีต่อร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อมีตัวทำละลายร่วมร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน โดยใช้อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มเป็น 12:1

เวลา (นาที)	ร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวล							
	C12	C14	C16:1	C16:0	C18:1-3	C18:0	C20:1	C20:0
0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
5	0.132	0.228	0.096	6.866	11.595	0.760	0.032	0.060
10	0.278	0.419	0.119	14.257	23.981	1.556	0.073	0.123
15	0.387	0.570	0.148	19.841	33.586	2.160	0.101	0.173
20	0.471	0.675	0.159	23.975	40.850	2.607	0.122	0.209
30	0.593	0.843	0.198	30.010	51.230	3.266	0.148	0.264
40	0.673	0.951	0.212	34.136	58.614	3.719	0.167	0.299
50	0.696	0.981	0.214	35.273	60.531	3.819	0.172	0.310
60	0.748	1.051	0.230	37.854	65.160	4.103	0.187	0.334
90	0.724	1.013	0.221	36.465	62.689	3.943	0.177	0.322
120	0.744	1.044	0.227	37.619	64.744	4.074	0.185	0.330

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 81 ผลของอุณหภูมิที่ 190 องศาเซลเซียส ที่มีต่อร้อยละของไตรกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์ที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อมีตัวทำละลายร่วมร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน โดยใช้อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มเป็น 12:1

เวลา (นาที)	ร้อยละของไตรกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์
0	100.000
5	77.944
10	47.586
15	31.807
20	21.641
30	10.787
40	4.306
50	1.390
60	0.322
90	0.011
120	0.010

ตารางที่ 82 ผลของอุณหภูมิที่ 190 องศาเซลเซียส ที่มีต่อร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลหลังหักปริมาณเมทานอลที่ระเหย ณ เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อมีตัวทำละลายร่วมร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน โดยใช้อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มเป็น 12:1

เวลา (นาที)	ร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลหลังหักปริมาณเมทานอลที่ระเหย							
	C12	C14	C16:1	C16:0	C18:1-3	C18:0	C20:1	C20:0
0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
5	0.114	0.197	0.083	5.940	10.031	0.658	0.028	0.052
10	0.240	0.362	0.103	12.334	20.745	1.346	0.063	0.107
15	0.335	0.493	0.128	17.164	29.054	1.868	0.087	0.149
20	0.408	0.584	0.138	20.740	35.338	2.255	0.105	0.181
30	0.513	0.729	0.171	25.961	44.318	2.825	0.128	0.228

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

40	0.583	0.823	0.183	29.530	50.705	3.217	0.144	0.259
50	0.602	0.849	0.185	30.514	52.364	3.304	0.149	0.268
60	0.647	0.909	0.199	32.747	56.368	3.549	0.161	0.289
90	0.626	0.876	0.191	31.545	54.230	3.411	0.154	0.278
120	0.644	0.903	0.197	32.543	56.008	3.525	0.160	0.286

ตารางที่ 83 ผลของอุณหภูมิที่ 60 องศาเซลเซียส ที่มีต่อร้อยละของไบโอดีเซลโดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์ที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อมีตัวทำละลายร่วมร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน โดยใช้อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มเป็น 6:1

เวลา	ร้อยละของไบโอดีเซลโดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์							
(นาที)	C12	C14	C16:1	C16:0	C18:1-3	C18:0	C20:1	C20:0
0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
5	0.003	0.013	0.014	0.078	0.000	0.011	0.001	0.000
10	0.005	0.016	0.016	0.130	0.000	0.009	0.002	0.000
15	0.007	0.017	0.014	0.226	0.000	0.025	0.002	0.001
20	0.008	0.019	0.015	0.259	0.000	0.029	0.002	0.001
30	0.012	0.023	0.015	0.416	0.000	0.045	0.003	0.003
40	0.016	0.028	0.016	0.570	0.183	0.059	0.004	0.004
50	0.022	0.035	0.017	0.781	0.457	0.082	0.005	0.006
60	0.028	0.041	0.019	1.040	0.805	0.107	0.006	0.008
90	0.052	0.069	0.024	1.970	2.054	0.200	0.010	0.016
120	0.088	0.114	0.034	3.488	4.065	0.356	0.018	0.028

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 84 ผลของอุณหภูมิที่ 60 องศาเซลเซียส ที่มีต่อร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อมีตัวทำละลายร่วมร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน โดยใช้อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มเป็น 6:1

เวลา (นาที)	ร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวล							
	C12	C14	C16:1	C16:0	C18:1-3	C18:0	C20:1	C20:0
0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
5	0.004	0.018	0.019	0.103	0.000	0.015	0.002	0.000
10	0.006	0.021	0.021	0.172	0.000	0.013	0.002	0.000
15	0.010	0.022	0.019	0.300	0.000	0.034	0.003	0.001
20	0.011	0.025	0.020	0.343	0.000	0.038	0.003	0.001
30	0.017	0.031	0.020	0.552	0.000	0.059	0.004	0.004
40	0.022	0.037	0.022	0.756	0.243	0.079	0.005	0.006
50	0.030	0.046	0.023	1.036	0.605	0.109	0.006	0.008
60	0.038	0.055	0.025	1.380	1.067	0.141	0.008	0.011
90	0.070	0.092	0.032	2.612	2.724	0.265	0.013	0.021
120	0.117	0.151	0.045	4.626	5.391	0.473	0.024	0.037

ตารางที่ 85 ผลของอุณหภูมิที่ 60 องศาเซลเซียส ที่มีต่อร้อยละของไตรกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์ที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อมีตัวทำละลายร่วมร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน โดยใช้อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มเป็น 6:1

เวลา (นาที)	ร้อยละของไตรกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์
0	100.000
5	100.163
10	103.246
15	101.056
20	99.775
30	101.118
40	96.838

50	97.341
60	94.849
90	87.407
120	80.848

ตารางที่ 86 ผลของอุณหภูมิที่ 60 องศาเซลเซียส ที่มีต่อร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลหลังหักปริมาณเมทานอลที่ระเหย ณ เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอินเมื่อมีตัวทำละลายร่วมร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน โดยใช้อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มเป็น 6:1

เวลา (นาที)	ร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลหลังหักปริมาณเมทานอลที่ระเหย							
	C12	C14	C16:1	C16:0	C18:1-3	C18:0	C20:1	C20:0
0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
5	0.004	0.017	0.019	0.102	0.000	0.014	0.002	0.000
10	0.006	0.020	0.020	0.170	0.000	0.012	0.002	0.000
15	0.010	0.022	0.019	0.296	0.000	0.033	0.003	0.001
20	0.011	0.025	0.019	0.340	0.000	0.037	0.003	0.001
30	0.016	0.031	0.020	0.546	0.000	0.059	0.004	0.004
40	0.021	0.036	0.021	0.748	0.240	0.078	0.005	0.006
50	0.029	0.045	0.023	1.025	0.599	0.107	0.006	0.008
60	0.037	0.054	0.025	1.365	1.056	0.140	0.008	0.011
90	0.069	0.091	0.032	2.584	2.694	0.262	0.013	0.020
120	0.115	0.149	0.045	4.576	5.333	0.467	0.023	0.036

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 87 ผลของอุณหภูมิที่ 100 องศาเซลเซียส ที่มีต่อร้อยละของไบโอดีเซลโดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์ที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อมีตัวทำละลายร่วมร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน โดยใช้อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มเป็น 6:1

เวลา (นาที)	ร้อยละของไบโอดีเซลโดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์							
	C12	C14	C16:1	C16:0	C18:1-3	C18:0	C20:1	C20:0
0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
5	0.002	0.018	0.020	0.025	0.274	0.000	0.001	0.000
10	0.004	0.021	0.020	0.136	0.433	0.010	0.002	0.000
15	0.005	0.023	0.021	0.241	0.598	0.022	0.002	0.001
20	0.008	0.026	0.021	0.365	0.798	0.036	0.003	0.002
30	0.011	0.031	0.021	0.558	1.086	0.063	0.005	0.004
40	0.015	0.037	0.023	0.768	1.418	0.079	0.005	0.006
50	0.019	0.043	0.024	1.023	1.820	0.108	0.006	0.008
60	0.024	0.052	0.026	1.279	2.224	0.144	0.007	0.009
90	0.042	0.077	0.030	2.273	3.808	0.251	0.012	0.018
120	0.057	0.098	0.034	3.086	5.129	0.340	0.015	0.028

ตารางที่ 88 ผลของอุณหภูมิที่ 100 องศาเซลเซียส ที่มีต่อร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อมีตัวทำละลายร่วมร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน โดยใช้อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มเป็น 6:1

เวลา (นาที)	ร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวล							
	C12	C14	C16:1	C16:0	C18:1-3	C18:0	C20:1	C20:0
0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
5	0.003	0.024	0.026	0.033	0.364	0.000	0.001	0.000
10	0.006	0.027	0.026	0.180	0.575	0.013	0.002	0.000
15	0.007	0.030	0.027	0.319	0.794	0.029	0.003	0.001
20	0.011	0.035	0.027	0.484	1.059	0.047	0.004	0.003
30	0.015	0.041	0.028	0.740	1.440	0.084	0.006	0.005
40	0.020	0.049	0.030	1.019	1.881	0.105	0.006	0.008

50	0.026	0.057	0.032	1.357	2.414	0.143	0.008	0.011
60	0.032	0.069	0.034	1.697	2.950	0.191	0.009	0.013
90	0.056	0.102	0.040	3.015	5.051	0.333	0.016	0.024
120	0.075	0.130	0.046	4.093	6.803	0.451	0.021	0.037

ตารางที่ 89 ผลของอุณหภูมิที่ 100 องศาเซลเซียส ที่มีต่อร้อยละของไตรกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์ที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อมีตัวทำละลายร่วมร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน โดยใช้อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มเป็น 6:1

เวลา (นาที)	ร้อยละของไตรกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์
0	100.000
5	103.655
10	103.803
15	102.973
20	104.054
30	99.034
40	97.591
50	96.910
60	91.597
90	87.838
120	77.196

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 90 ผลของอุณหภูมิที่ 100 องศาเซลเซียส ที่มีต่อร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลหลังหักปริมาณเมทานอลที่ระเหย ณ เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อมีตัวทำละลายร่วมร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน โดยใช้อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มเป็น 6:1

เวลา (นาที)	ร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลหลังหักปริมาณเมทานอลที่ระเหย							
	C12	C14	C16:1	C16:0	C18:1-3	C18:0	C20:1	C20:0
0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
5	0.003	0.023	0.024	0.031	0.342	0.000	0.001	0.000
10	0.005	0.026	0.025	0.169	0.540	0.012	0.002	0.000
15	0.007	0.028	0.026	0.300	0.746	0.028	0.003	0.001
20	0.010	0.033	0.026	0.455	0.995	0.045	0.003	0.003
30	0.014	0.039	0.027	0.696	1.354	0.079	0.006	0.005
40	0.018	0.046	0.029	0.958	1.769	0.099	0.006	0.007
50	0.024	0.054	0.030	1.276	2.269	0.134	0.008	0.010
60	0.030	0.065	0.032	1.595	2.773	0.180	0.009	0.012
90	0.053	0.096	0.038	2.835	4.749	0.313	0.015	0.022
120	0.071	0.122	0.043	3.848	6.396	0.424	0.019	0.034

ตารางที่ 91 ผลของอุณหภูมิที่ 140 องศาเซลเซียส ที่มีต่อร้อยละของไบโอดีเซลโดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์ที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อมีตัวทำละลายร่วมร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน โดยใช้อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มเป็น 6:1

เวลา (นาที)	ร้อยละของไบโอดีเซลโดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์							
	C12	C14	C16:1	C16:0	C18:1-3	C18:0	C20:1	C20:0
0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
5	0.010	0.034	0.029	0.457	0.980	0.054	0.003	0.003
10	0.024	0.052	0.027	1.282	2.276	0.146	0.007	0.010
15	0.039	0.082	0.044	2.141	3.651	0.241	0.011	0.018
20	0.052	0.100	0.047	2.837	4.784	0.318	0.014	0.031
30	0.075	0.136	0.056	4.086	6.820	0.456	0.019	0.037

40	0.094	0.155	0.048	5.088	8.493	0.562	0.024	0.046
50	0.120	0.197	0.062	6.489	10.826	0.716	0.035	0.058
60	0.139	0.218	0.062	7.455	12.464	0.821	0.040	0.065
90	0.199	0.303	0.080	10.582	17.788	1.162	0.054	0.093
120	0.254	0.378	0.095	13.378	22.600	1.474	0.067	0.117

ตารางที่ 92 ผลของอุณหภูมิที่ 140 องศาเซลเซียส ที่มีต่อร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อมีตัวทำละลายร่วมร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน โดยใช้อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มเป็น 6:1

เวลา	ร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวล							
(นาที)	C12	C14	C16:1	C16:0	C18:1-3	C18:0	C20:1	C20:0
0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
5	0.013	0.045	0.038	0.607	1.302	0.071	0.004	0.004
10	0.032	0.069	0.036	1.703	3.023	0.194	0.009	0.013
15	0.052	0.109	0.058	2.844	4.851	0.321	0.014	0.023
20	0.069	0.133	0.062	3.769	6.356	0.422	0.018	0.041
30	0.099	0.180	0.074	5.429	9.061	0.606	0.025	0.049
40	0.125	0.205	0.064	6.760	11.283	0.747	0.031	0.061
50	0.160	0.261	0.083	8.620	14.383	0.952	0.046	0.077
60	0.185	0.290	0.082	9.905	16.560	1.090	0.053	0.086
90	0.264	0.403	0.107	14.059	23.632	1.544	0.072	0.123
120	0.338	0.503	0.126	17.774	30.025	1.959	0.089	0.156

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 93 ผลของอุณหภูมิที่ 140 องศาเซลเซียส ที่มีต่อร้อยละของไตรกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์ที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อมีตัวทำละลายร่วมร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน โดยใช้อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มเป็น 6:1

เวลา (นาที)	ร้อยละของไตรกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์
0	100.000
5	104.600
10	103.048
15	94.666
20	89.664
30	81.409
40	71.863
50	67.680
60	59.614
90	46.074
120	35.908

ตารางที่ 94 ผลของอุณหภูมิที่ 140 องศาเซลเซียส ที่มีต่อร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลหลังหักปริมาณเมทานอลที่ระเหย ณ เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อมีตัวทำละลายร่วมร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน โดยใช้อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มเป็น 6:1

เวลา (นาที)	ร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลหลังหักปริมาณเมทานอลที่ระเหย							
	C12	C14	C16:1	C16:0	C18:1-3	C18:0	C20:1	C20:0
0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
5	0.012	0.040	0.034	0.541	1.160	0.064	0.004	0.003
10	0.029	0.062	0.032	1.518	2.696	0.173	0.008	0.012
15	0.047	0.097	0.052	2.536	4.325	0.286	0.013	0.021
20	0.062	0.118	0.055	3.361	5.668	0.377	0.016	0.036
30	0.089	0.161	0.066	4.841	8.079	0.540	0.022	0.044

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

40	0.111	0.183	0.057	6.027	10.061	0.666	0.028	0.055
50	0.143	0.233	0.074	7.687	12.824	0.849	0.041	0.068
60	0.165	0.258	0.073	8.832	14.766	0.972	0.047	0.077
90	0.235	0.359	0.095	12.536	21.072	1.377	0.064	0.110
120	0.301	0.448	0.112	15.849	26.772	1.747	0.079	0.139

ตารางที่ 95 ผลของอุณหภูมิที่ 190 องศาเซลเซียส ที่มีต่อร้อยละของไบโอดีเซลโดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์ที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อมีตัวทำละลายร่วมร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน โดยใช้อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มเป็น 6:1

เวลา	ร้อยละของไบโอดีเซลโดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์							
(นาที)	C12	C14	C16:1	C16:0	C18:1-3	C18:0	C20:1	C20:0
0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
5	0.036	0.074	0.031	1.946	3.438	0.229	0.010	0.016
10	0.094	0.158	0.051	5.081	8.649	0.573	0.024	0.046
15	0.143	0.235	0.071	7.684	13.031	0.863	0.040	0.068
20	0.189	0.293	0.079	10.050	17.041	1.122	0.052	0.089
30	0.254	0.383	0.099	13.368	22.693	1.482	0.067	0.118
40	0.312	0.463	0.114	16.389	27.939	1.814	0.082	0.144
50	0.363	0.546	0.139	18.976	32.483	2.114	0.095	0.169
60	0.402	0.585	0.136	20.902	35.860	2.310	0.104	0.184
90	0.484	0.696	0.157	25.025	43.101	2.757	0.123	0.222
120	0.514	0.717	0.157	25.539	43.924	2.805	0.125	0.228

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 96 ผลของอุณหภูมิที่ 190 องศาเซลเซียส ที่มีต่อร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อมีตัวทำละลายร่วมร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน โดยใช้อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มเป็น 6:1

เวลา (นาที)	ร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวล							
	C12	C14	C16:1	C16:0	C18:1-3	C18:0	C20:1	C20:0
0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
5	0.048	0.098	0.042	2.587	4.571	0.304	0.014	0.021
10	0.125	0.210	0.068	6.756	11.501	0.762	0.032	0.061
15	0.191	0.313	0.095	10.218	17.328	1.148	0.054	0.090
20	0.251	0.390	0.105	13.364	22.661	1.491	0.069	0.118
30	0.337	0.510	0.131	17.777	30.176	1.971	0.090	0.157
40	0.415	0.616	0.152	21.793	37.152	2.412	0.109	0.192
50	0.482	0.726	0.185	25.233	43.195	2.811	0.126	0.224
60	0.535	0.778	0.181	27.795	47.685	3.072	0.138	0.245
90	0.644	0.926	0.209	33.277	57.314	3.666	0.163	0.295
120	0.684	0.954	0.208	33.961	58.408	3.731	0.167	0.304

ตารางที่ 97 ผลของอุณหภูมิที่ 190 องศาเซลเซียส ที่มีต่อร้อยละของไตรกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์ที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อมีตัวทำละลายร่วมร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน โดยใช้อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มเป็น 6:1

เวลา (นาที)	ร้อยละของไตรกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์
0	100.000
5	95.404
10	77.711
15	62.925
20	49.653
30	37.557
40	26.030

50	18.957
60	11.781
90	2.999
120	0.606

ตารางที่ 98 ผลของอุณหภูมิที่ 190 องศาเซลเซียส ที่มีต่อร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลหลังหักปริมาณเมทานอลที่ระเหย ณ เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อมีตัวทำละลายร่วมร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน โดยใช้อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มเป็น 6:1

เวลา (นาที)	ร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลหลังหักปริมาณเมทานอลที่ระเหย							
	C12	C14	C16:1	C16:0	C18:1-3	C18:0	C20:1	C20:0
0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
5	0.042	0.085	0.036	2.250	3.975	0.264	0.012	0.018
10	0.109	0.183	0.059	5.875	10.002	0.662	0.028	0.053
15	0.166	0.272	0.083	8.886	15.069	0.998	0.047	0.078
20	0.219	0.339	0.091	11.622	19.707	1.297	0.060	0.103
30	0.293	0.443	0.114	15.459	26.242	1.714	0.078	0.137
40	0.361	0.536	0.132	18.952	32.309	2.098	0.095	0.167
50	0.420	0.631	0.161	21.944	37.564	2.445	0.109	0.195
60	0.465	0.677	0.157	24.172	41.469	2.671	0.120	0.213
90	0.560	0.805	0.181	28.939	49.842	3.188	0.142	0.256
120	0.594	0.830	0.181	29.533	50.794	3.244	0.145	0.264

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ภาคผนวก จ

ผลกระทบของอัตราส่วนโดยโมลเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอินต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อมีตัวทำละลายร่วม

ตารางที่ 99 ผลของอัตราส่วนโดยโมลเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอินที่ 6:1 ที่มีต่อร้อยละของไบโอดีเซลโดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์ที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้ไบโอดีเซลตัวทำละลายร่วมร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน โดยใช้อุณหภูมิ 190 องศาเซลเซียส

เวลา (นาที)	ร้อยละของไบโอดีเซลโดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์							
	C12	C14	C16:1	C16:0	C18:1-3	C18:0	C20:1	C20:0
0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
5	0.036	0.074	0.031	1.946	3.438	0.229	0.010	0.016
10	0.094	0.158	0.051	5.081	8.649	0.573	0.024	0.046
15	0.143	0.235	0.071	7.684	13.031	0.863	0.040	0.068
20	0.189	0.293	0.079	10.050	17.041	1.122	0.052	0.089
30	0.254	0.383	0.099	13.368	22.693	1.482	0.067	0.118
40	0.312	0.463	0.114	16.389	27.939	1.814	0.082	0.144
50	0.363	0.546	0.139	18.976	32.483	2.114	0.095	0.169
60	0.402	0.585	0.136	20.902	35.860	2.310	0.104	0.184
90	0.484	0.696	0.157	25.025	43.101	2.757	0.123	0.222
120	0.514	0.717	0.157	25.539	43.924	2.805	0.125	0.228

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 100 ผลของอัตราส่วนโดยโมลเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอินที่ 6:1 ที่มีต่อร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้ไบโอดีเซลตัวทำละลายร่วมร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน โดยใช้อุณหภูมิ 190 องศาเซลเซียส

เวลา (นาที)	ร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวล							
	C12	C14	C16:1	C16:0	C18:1-3	C18:0	C20:1	C20:0
0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
5	0.048	0.098	0.042	2.587	4.571	0.304	0.014	0.021
10	0.125	0.210	0.068	6.756	11.501	0.762	0.032	0.061
15	0.191	0.313	0.095	10.218	17.328	1.148	0.054	0.090
20	0.251	0.390	0.105	13.364	22.661	1.491	0.069	0.118
30	0.337	0.510	0.131	17.777	30.176	1.971	0.090	0.157
40	0.415	0.616	0.152	21.793	37.152	2.412	0.109	0.192
50	0.482	0.726	0.185	25.233	43.195	2.811	0.126	0.224
60	0.535	0.778	0.181	27.795	47.685	3.072	0.138	0.245
90	0.644	0.926	0.209	33.277	57.314	3.666	0.163	0.295
120	0.684	0.954	0.208	33.961	58.408	3.731	0.167	0.304

ตารางที่ 101 ผลของอัตราส่วนโดยโมลเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอินที่ 6:1 ที่มีต่อร้อยละของไตรกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์ที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้ไบโอดีเซลตัวทำละลายร่วมร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน โดยใช้อุณหภูมิ 190 องศาเซลเซียส

เวลา (นาที)	ร้อยละของไตรกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์
0	100.000
5	95.404
10	77.711
15	62.925
20	49.653
30	37.557

40	26.030
50	18.957
60	11.781
90	2.999
120	0.606

ตารางที่ 102 ผลของอัตราส่วนโดยโมลเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอินที่ 6:1 ที่มีต่อร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลหลังหักปริมาณเมทานอลที่ระเหย ณ เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้ไบโอดีเซลตัวทำละลายร่วมร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน โดยใช้อุณหภูมิ 190 องศาเซลเซียส

เวลา (นาที)	ร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลหลังหักปริมาณเมทานอลที่ระเหย							
	C12	C14	C16:1	C16:0	C18:1-3	C18:0	C20:1	C20:0
0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
5	0.042	0.085	0.036	2.250	3.975	0.264	0.012	0.018
10	0.109	0.183	0.059	5.875	10.002	0.662	0.028	0.053
15	0.166	0.272	0.083	8.886	15.069	0.998	0.047	0.078
20	0.219	0.339	0.091	11.622	19.707	1.297	0.060	0.103
30	0.293	0.443	0.114	15.459	26.242	1.714	0.078	0.137
40	0.361	0.536	0.132	18.952	32.309	2.098	0.095	0.167
50	0.420	0.631	0.161	21.944	37.564	2.445	0.109	0.195
60	0.465	0.677	0.157	24.172	41.469	2.671	0.120	0.213
90	0.560	0.805	0.181	28.939	49.842	3.188	0.142	0.256
120	0.594	0.830	0.181	29.533	50.794	3.244	0.145	0.264

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 103 ผลของอัตราส่วนโดยโมลเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอินที่ 12:1 ที่มีต่อร้อยละของไบโอดีเซลโดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์ที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้ไบโอดีเซลตัวทำละลายร่วมร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน โดยใช้อุณหภูมิ 190 องศาเซลเซียส

เวลา (นาที)	ร้อยละของไบโอดีเซลโดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์							
	C12	C14	C16:1	C16:0	C18:1-3	C18:0	C20:1	C20:0
0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
5	0.085	0.147	0.062	4.417	7.459	0.489	0.021	0.039
10	0.179	0.269	0.076	9.172	15.427	1.001	0.047	0.079
15	0.249	0.367	0.095	12.763	21.605	1.389	0.065	0.111
20	0.303	0.434	0.102	15.423	26.279	1.677	0.078	0.135
30	0.382	0.542	0.127	19.305	32.956	2.101	0.095	0.170
40	0.433	0.612	0.136	21.959	37.706	2.392	0.107	0.192
50	0.448	0.631	0.138	22.691	38.940	2.457	0.111	0.200
60	0.481	0.676	0.148	24.352	41.917	2.639	0.120	0.215
90	0.466	0.652	0.142	23.458	40.327	2.537	0.114	0.207
120	0.479	0.672	0.146	24.200	41.649	2.621	0.119	0.212

ตารางที่ 104 ผลของอัตราส่วนโดยโมลเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอินที่ 12:1 ที่มีต่อร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้ไบโอดีเซลตัวทำละลายร่วมร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน โดยใช้อุณหภูมิ 190 องศาเซลเซียส

เวลา (นาที)	ร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวล							
	C12	C14	C16:1	C16:0	C18:1-3	C18:0	C20:1	C20:0
0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
5	0.132	0.228	0.096	6.866	11.595	0.760	0.032	0.060
10	0.278	0.419	0.119	14.257	23.981	1.556	0.073	0.123
15	0.387	0.570	0.148	19.841	33.586	2.160	0.101	0.173
20	0.471	0.675	0.159	23.975	40.850	2.607	0.122	0.209
30	0.593	0.843	0.198	30.010	51.230	3.266	0.148	0.264

40	0.673	0.951	0.212	34.136	58.614	3.719	0.167	0.299
50	0.696	0.981	0.214	35.273	60.531	3.819	0.172	0.310
60	0.748	1.051	0.230	37.854	65.160	4.103	0.187	0.334
90	0.724	1.013	0.221	36.465	62.689	3.943	0.177	0.322
120	0.744	1.044	0.227	37.619	64.744	4.074	0.185	0.330

ตารางที่ 105 ผลของอัตราส่วนโดยโมลเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอินที่ 12:1 ที่มีต่อร้อยละของไตรกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์ที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้ไบโอดีเซลตัวทำละลายร่วมร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน โดยใช้อุณหภูมิ 190 องศาเซลเซียส

เวลา (นาที)	ร้อยละของไตรกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์
0	100.000
5	77.944
10	47.586
15	31.807
20	21.641
30	10.787
40	4.306
50	1.390
60	0.322
90	0.011
120	0.010

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 106 ผลของอัตราส่วนโดยโมลเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอินที่ 12:1 ที่มีต่อร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลหลังหักปริมาณเมทานอลที่ระเหย ณ เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้ไบโอดีเซลตัวทำละลายร่วมร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน โดยใช้อุณหภูมิ 190 องศาเซลเซียส

เวลา (นาที)	ร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลหลังหักปริมาณเมทานอลที่ระเหย							
	C12	C14	C16:1	C16:0	C18:1-3	C18:0	C20:1	C20:0
0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
5	0.114	0.197	0.083	5.940	10.031	0.658	0.028	0.052
10	0.240	0.362	0.103	12.334	20.745	1.346	0.063	0.107
15	0.335	0.493	0.128	17.164	29.054	1.868	0.087	0.149
20	0.408	0.584	0.138	20.740	35.338	2.255	0.105	0.181
30	0.513	0.729	0.171	25.961	44.318	2.825	0.128	0.228
40	0.583	0.823	0.183	29.530	50.705	3.217	0.144	0.259
50	0.602	0.849	0.185	30.514	52.364	3.304	0.149	0.268
60	0.647	0.909	0.199	32.747	56.368	3.549	0.161	0.289
90	0.626	0.876	0.191	31.545	54.230	3.411	0.154	0.278
120	0.644	0.903	0.197	32.543	56.008	3.525	0.160	0.286

ตารางที่ 107 ผลของอัตราส่วนโดยโมลเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอินที่ 18:1 ที่มีต่อร้อยละของไบโอดีเซลโดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์ที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้ไบโอดีเซลตัวทำละลายร่วมร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน โดยใช้อุณหภูมิ 190 องศาเซลเซียส

เวลา (นาที)	ร้อยละของไบโอดีเซลโดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์							
	C12	C14	C16:1	C16:0	C18:1-3	C18:0	C20:1	C20:0
0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
5	0.066	0.158	0.057	3.865	7.790	0.478	0.024	0.040
10	0.142	0.267	0.082	8.369	16.856	1.040	0.061	0.085
15	0.217	0.372	0.112	12.606	25.432	1.564	0.087	0.129
20	0.256	0.418	0.130	14.820	29.984	1.835	0.097	0.151
30	0.338	0.533	0.166	19.604	39.909	2.503	0.123	0.199

40	0.353	0.548	0.152	20.445	41.695	2.569	0.121	0.208
50	0.365	0.561	0.151	21.217	43.313	2.647	0.131	0.215
60	0.363	0.557	0.149	21.141	43.142	2.638	0.130	0.215
90	0.362	0.557	0.149	21.143	43.089	2.638	0.130	0.216
120	0.342	0.525	0.140	19.867	40.542	2.483	0.121	0.198

ตารางที่ 108 ผลของอัตราส่วนโดยโมลเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอินที่ 18:1 ที่มีต่อร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้ไบโอดีเซลตัวทำละลายร่วมร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน โดยใช้อุณหภูมิ 190 องศาเซลเซียส

เวลา (นาที)	ร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวล							
	C12	C14	C16:1	C16:0	C18:1-3	C18:0	C20:1	C20:0
0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
5	0.135	0.323	0.116	7.893	15.910	0.977	0.049	0.081
10	0.251	0.474	0.146	14.862	29.935	1.847	0.108	0.151
15	0.386	0.660	0.199	22.387	45.164	2.777	0.155	0.229
20	0.455	0.743	0.230	26.319	53.248	3.258	0.172	0.267
30	0.601	0.947	0.294	34.814	70.874	4.445	0.218	0.354
40	0.626	0.973	0.270	36.309	74.046	4.563	0.215	0.369
50	0.649	0.997	0.268	37.679	76.920	4.701	0.232	0.383
60	0.645	0.989	0.265	37.544	76.616	4.686	0.231	0.382
90	0.644	0.989	0.265	37.549	76.522	4.684	0.231	0.383
120	0.608	0.932	0.248	35.281	71.999	4.409	0.215	0.352

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 109 ผลของอัตราส่วนโดยโมลเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอินที่ 18:1 ที่มีต่อร้อยละของไตรกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์ที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้ไบโอดีเซลตัวทำละลายร่วมร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน โดยใช้อุณหภูมิ 190 องศาเซลเซียส

เวลา (นาที)	ร้อยละของไตรกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์
0	100.000
5	69.580
10	33.559
15	20.596
20	11.637
30	3.191
40	0.217
50	0.000
60	0.000
90	0.000
120	0.000

ตารางที่ 110 ผลของอัตราส่วนโดยโมลเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอินที่ 18:1 ที่มีต่อร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลหลังหักปริมาณเมทานอลที่ระเหย ณ เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้ไบโอดีเซลตัวทำละลายร่วมร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน โดยใช้อุณหภูมิ 190 องศาเซลเซียส

เวลา (นาที)	ร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลหลังหักปริมาณเมทานอลที่ระเหย							
	C12	C14	C16:1	C16:0	C18:1-3	C18:0	C20:1	C20:0
0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
5	0.119	0.287	0.103	7.001	14.112	0.867	0.044	0.072
10	0.212	0.400	0.123	12.555	25.287	1.560	0.091	0.128
15	0.326	0.558	0.168	18.911	38.152	2.346	0.131	0.193
20	0.384	0.627	0.195	22.233	44.981	2.753	0.146	0.226
30	0.508	0.800	0.248	29.409	59.871	3.755	0.184	0.299

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

40	0.529	0.822	0.228	30.672	62.550	3.854	0.182	0.312
50	0.548	0.842	0.227	31.829	64.978	3.971	0.196	0.323
60	0.545	0.836	0.223	31.715	64.721	3.958	0.195	0.323
90	0.544	0.836	0.224	31.719	64.641	3.957	0.195	0.323
120	0.513	0.787	0.210	29.804	60.821	3.725	0.181	0.297

ตารางที่ 111 ผลของอัตราส่วนโดยโมลเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอินที่ 6:1 ที่มีต่อร้อยละของไบโอดีเซลโดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์ที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้ไบโอดีเซลตัวทำละลายร่วมร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน โดยใช้อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส

เวลา	ร้อยละของไบโอดีเซลโดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์							
(นาที)	C12	C14	C16:1	C16:0	C18:1-3	C18:0	C20:1	C20:0
0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
5	0.010	0.034	0.029	0.457	0.980	0.054	0.003	0.003
10	0.024	0.052	0.027	1.282	2.276	0.146	0.007	0.010
15	0.039	0.082	0.044	2.141	3.651	0.241	0.011	0.018
20	0.052	0.100	0.047	2.837	4.784	0.318	0.014	0.031
30	0.075	0.136	0.056	4.086	6.820	0.456	0.019	0.037
40	0.094	0.155	0.048	5.088	8.493	0.562	0.024	0.046
50	0.120	0.197	0.062	6.489	10.826	0.716	0.035	0.058
60	0.139	0.218	0.062	7.455	12.464	0.821	0.040	0.065
90	0.199	0.303	0.080	10.582	17.788	1.162	0.054	0.093
120	0.254	0.378	0.095	13.378	22.600	1.474	0.067	0.117

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 112 ผลของอัตราส่วนโดยโมลเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอินที่ 6:1 ที่มีต่อร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้ไบโอดีเซลตัวทำละลายร่วมร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน โดยใช้อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส

เวลา (นาที)	ร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวล							
	C12	C14	C16:1	C16:0	C18:1-3	C18:0	C20:1	C20:0
0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
5	0.013	0.045	0.038	0.607	1.302	0.071	0.004	0.004
10	0.032	0.069	0.036	1.703	3.023	0.194	0.009	0.013
15	0.052	0.109	0.058	2.844	4.851	0.321	0.014	0.023
20	0.069	0.133	0.062	3.769	6.356	0.422	0.018	0.041
30	0.099	0.180	0.074	5.429	9.061	0.606	0.025	0.049
40	0.125	0.205	0.064	6.760	11.283	0.747	0.031	0.061
50	0.160	0.261	0.083	8.620	14.383	0.952	0.046	0.077
60	0.185	0.290	0.082	9.905	16.560	1.090	0.053	0.086
90	0.264	0.403	0.107	14.059	23.632	1.544	0.072	0.123
120	0.338	0.503	0.126	17.774	30.025	1.959	0.089	0.156

ตารางที่ 113 ผลของอัตราส่วนโดยโมลเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอินที่ 6:1 ที่มีต่อร้อยละของไตรกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์ที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้ไบโอดีเซลตัวทำละลายร่วมร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน โดยใช้อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส

เวลา (นาที)	ร้อยละของไตรกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์
0	100.000
5	104.600
10	103.048
15	94.666
20	89.664
30	81.409

40	71.863
50	67.680
60	59.614
90	46.074
120	35.908

ตารางที่ 114 ผลของอัตราส่วนโดยโมลเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอินที่ 6:1 ที่มีต่อร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลหลังหักปริมาณเมทานอลที่ระเหย ณ เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้ไบโอดีเซลตัวทำละลายร่วมร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน โดยใช้อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส

เวลา (นาที)	ร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลหลังหักปริมาณเมทานอลที่ระเหย							
	C12	C14	C16:1	C16:0	C18:1-3	C18:0	C20:1	C20:0
0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
5	0.012	0.040	0.034	0.541	1.160	0.064	0.004	0.003
10	0.029	0.062	0.032	1.518	2.696	0.173	0.008	0.012
15	0.047	0.097	0.052	2.536	4.325	0.286	0.013	0.021
20	0.062	0.118	0.055	3.361	5.668	0.377	0.016	0.036
30	0.089	0.161	0.066	4.841	8.079	0.540	0.022	0.044
40	0.111	0.183	0.057	6.027	10.061	0.666	0.028	0.055
50	0.143	0.233	0.074	7.687	12.824	0.849	0.041	0.068
60	0.165	0.258	0.073	8.832	14.766	0.972	0.047	0.077
90	0.235	0.359	0.095	12.536	21.072	1.377	0.064	0.110
120	0.301	0.448	0.112	15.849	26.772	1.747	0.079	0.139

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 115 ผลของอัตราส่วนโดยโมลเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอินที่ 12:1 ที่มีต่อร้อยละของไบโอดีเซลโดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์ที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้ไบโอดีเซลตัวทำละลายร่วมร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน โดยใช้อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส

เวลา (นาที)	ร้อยละของไบโอดีเซลโดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์							
	C12	C14	C16:1	C16:0	C18:1-3	C18:0	C20:1	C20:0
0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
5	0.017	0.039	0.027	0.898	1.650	0.103	0.006	0.007
10	0.042	0.077	0.037	2.215	3.742	0.245	0.012	0.019
15	0.066	0.114	0.047	3.478	5.778	0.381	0.017	0.030
20	0.086	0.140	0.048	4.552	7.551	0.495	0.024	0.040
30	0.115	0.179	0.055	5.998	10.035	0.651	0.031	0.052
40	0.156	0.239	0.072	8.075	13.526	0.877	0.041	0.070
50	0.190	0.296	0.095	9.759	16.422	1.059	0.049	0.084
60	0.214	0.316	0.084	10.973	18.502	1.187	0.056	0.095
90	0.282	0.407	0.098	14.403	24.398	1.561	0.071	0.125
120	0.343	0.489	0.112	17.439	29.736	1.880	0.086	0.152

ตารางที่ 116 ผลของอัตราส่วนโดยโมลเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอินที่ 12:1 ที่มีต่อร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้ไบโอดีเซลตัวทำละลายร่วมร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน โดยใช้อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส

เวลา (นาที)	ร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวล							
	C12	C14	C16:1	C16:0	C18:1-3	C18:0	C20:1	C20:0
0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
5	0.026	0.061	0.043	1.395	2.564	0.160	0.010	0.011
10	0.065	0.120	0.058	3.442	5.813	0.380	0.019	0.030
15	0.103	0.176	0.073	5.404	8.977	0.592	0.027	0.047
20	0.134	0.218	0.074	7.071	11.730	0.769	0.037	0.062
30	0.178	0.278	0.086	9.318	15.589	1.011	0.048	0.081

40	0.242	0.371	0.112	12.544	21.012	1.362	0.064	0.108
50	0.295	0.460	0.148	15.161	25.512	1.645	0.076	0.130
60	0.333	0.491	0.130	17.047	28.743	1.844	0.087	0.147
90	0.438	0.632	0.152	22.375	37.902	2.425	0.111	0.194
120	0.533	0.759	0.173	27.092	46.195	2.920	0.133	0.236

ตารางที่ 117 ผลของอัตราส่วนโดยโมลเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอินที่ 12:1 ที่มีต่อร้อยละของไตรกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์ที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้ไบโอดีเซลตัวทำละลายร่วมร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน โดยใช้อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส

เวลา (นาที)	ร้อยละของไตรกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์
0	100.000
5	95.739
10	88.548
15	76.241
20	68.912
30	57.417
40	50.567
50	43.931
60	37.020
90	22.405
120	12.598

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 118 ผลของอัตราส่วนโดยโมลเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอินที่ 12:1 ที่มีต่อร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลหลังหักปริมาณเมทานอลที่ระเหย ณ เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้ไบโอดีเซลตัวทำละลายร่วมร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน โดยใช้อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส

เวลา (นาที)	ร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลหลังหักปริมาณเมทานอลที่ระเหย							
	C12	C14	C16:1	C16:0	C18:1-3	C18:0	C20:1	C20:0
0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
5	0.025	0.057	0.040	1.308	2.405	0.150	0.009	0.011
10	0.061	0.112	0.054	3.228	5.452	0.356	0.018	0.028
15	0.096	0.166	0.068	5.068	8.420	0.555	0.025	0.044
20	0.126	0.205	0.070	6.632	11.002	0.721	0.034	0.058
30	0.167	0.261	0.080	8.740	14.621	0.949	0.045	0.076
40	0.227	0.348	0.105	11.766	19.708	1.277	0.060	0.102
50	0.276	0.432	0.139	14.220	23.928	1.543	0.071	0.122
60	0.312	0.460	0.122	15.989	26.959	1.730	0.081	0.138
90	0.411	0.593	0.142	20.986	35.550	2.274	0.104	0.182
120	0.500	0.712	0.163	25.411	43.328	2.739	0.125	0.221

ตารางที่ 119 ผลของอัตราส่วนโดยโมลเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอินที่ 18:1 ที่มีต่อร้อยละของไบโอดีเซลโดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์ที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้ไบโอดีเซลตัวทำละลายร่วมร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน โดยใช้อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส

เวลา (นาที)	ร้อยละของไบโอดีเซลโดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์							
	C12	C14	C16:1	C16:0	C18:1-3	C18:0	C20:1	C20:0
0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
5	0.038	0.064	0.023	2.043	3.440	0.230	0.011	0.018
10	0.080	0.121	0.033	4.167	6.997	0.456	0.020	0.036
15	0.140	0.207	0.054	7.240	12.121	0.787	0.037	0.062
20	0.163	0.238	0.060	8.350	14.158	0.903	0.042	0.072
30	0.229	0.329	0.077	11.679	19.820	1.260	0.058	0.101

40	0.298	0.425	0.097	15.160	25.771	1.633	0.074	0.131
50	0.341	0.483	0.108	17.282	29.507	1.865	0.084	0.151
60	0.360	0.511	0.114	18.318	31.440	1.979	0.089	0.160
90	0.420	0.597	0.130	21.489	36.999	2.326	0.104	0.189
120	0.398	0.568	0.124	20.566	35.484	2.231	0.098	0.182

ตารางที่ 120 ผลของอัตราส่วนโดยโมลเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอินที่ 18:1 ที่มีต่อร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้ไบโอดีเซลตัวทำละลายร่วมร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน โดยใช้อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส

เวลา (นาที)	ร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวล							
	C12	C14	C16:1	C16:0	C18:1-3	C18:0	C20:1	C20:0
0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
5	0.067	0.114	0.041	3.630	6.113	0.408	0.020	0.031
10	0.142	0.215	0.059	7.405	12.434	0.810	0.036	0.064
15	0.248	0.368	0.095	12.866	21.539	1.399	0.066	0.111
20	0.289	0.422	0.106	14.838	25.159	1.605	0.074	0.128
30	0.406	0.584	0.138	20.753	35.221	2.240	0.104	0.180
40	0.530	0.756	0.173	26.940	45.795	2.903	0.132	0.234
50	0.606	0.858	0.192	30.709	52.434	3.313	0.150	0.268
60	0.640	0.907	0.202	32.552	55.870	3.516	0.159	0.285
90	0.746	1.060	0.231	38.186	65.747	4.133	0.185	0.336
120	0.707	1.010	0.220	36.546	63.055	3.964	0.175	0.323

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 121 ผลของอัตราส่วนโดยโมลเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอินที่ 18:1 ที่มีต่อร้อยละของไตรกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์ที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้ไบโอดีเซลตัวทำละลายร่วมร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน โดยใช้อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส

เวลา (นาที)	ร้อยละของไตรกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์
0	100.000
5	94.434
10	66.162
15	55.635
20	41.903
30	29.756
40	21.531
50	13.063
60	7.942
90	1.202
120	0.118

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 122 ผลของอัตราส่วนโดยโมลเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอินที่ 6:1 ที่มีต่อร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลหลังหักปริมาณเมทานอลที่ระเหย ณ เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้ไบโอดีเซลตัวทำละลายร่วมร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน โดยใช้อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส

เวลา (นาที)	ร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลหลังหักปริมาณเมทานอลที่ระเหย							
	C12	C14	C16:1	C16:0	C18:1-3	C18:0	C20:1	C20:0
0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
5	0.061	0.105	0.037	3.321	5.594	0.374	0.018	0.029
10	0.130	0.197	0.054	6.775	11.377	0.741	0.033	0.059
15	0.227	0.337	0.087	11.773	19.709	1.280	0.060	0.102
20	0.264	0.386	0.097	13.577	23.021	1.469	0.068	0.118
30	0.372	0.535	0.126	18.990	32.228	2.050	0.095	0.165
40	0.485	0.692	0.158	24.650	41.903	2.656	0.121	0.214
50	0.554	0.785	0.176	28.100	47.978	3.032	0.137	0.245
60	0.586	0.830	0.185	29.786	51.122	3.218	0.145	0.261
90	0.683	0.970	0.211	34.941	60.160	3.782	0.169	0.307
120	0.647	0.924	0.201	33.440	57.697	3.628	0.160	0.296

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ภาคผนวก ฉ
ผลกระทบของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอินที่อุณหภูมิและอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอินต่าง ๆ

ตารางที่ 123 ผลของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลที่ร้อยละ 0 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ที่มีต่อร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 190 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 18:1

เวลา (นาที)	ร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวล							
	C12	C14	C16:1	C16:0	C18:1-3	C18:0	C20:1	C20:0
0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
5	0.299	0.460	0.122	16.009	26.548	1.754	0.095	0.140
10	0.550	0.805	0.191	28.788	48.587	3.125	0.159	0.252
15	0.685	0.993	0.223	35.812	60.928	3.888	0.176	0.315
20	0.810	1.170	0.258	42.295	72.168	4.598	0.208	0.377
30	0.818	1.179	0.259	42.775	73.089	4.649	0.210	0.381
40	0.829	1.197	0.263	43.392	74.110	4.718	0.213	0.387
50	0.801	1.156	0.254	41.897	71.542	4.556	0.205	0.374
60	0.819	1.180	0.259	42.756	73.006	4.655	0.209	0.382
90	0.735	1.047	0.228	37.767	64.418	4.127	0.177	0.336
120	0.753	1.072	0.233	38.666	65.816	4.226	0.189	0.345

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 124 ผลของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลที่ร้อยละ 0 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ที่มีต่อร้อยละของไตรกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์ที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 190 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 18:1

เวลา (นาที)	ร้อยละของไตรกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์
0	100.000
5	54.498
10	17.405
15	5.282
20	1.588
30	0.104
40	0.122
50	0.147
60	0.017
90	0.000
120	0.000

ตารางที่ 125 ผลของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลที่ร้อยละ 0 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ที่มีต่อร้อยละของไดกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์ที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 190 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 18:1

เวลา (นาที)	ร้อยละของไดกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์
0	0.000
5	12.608
10	7.109
15	2.806
20	1.047
30	0.259
40	0.173

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

50	0.188
60	0.195
90	0.163
120	0.173

ตารางที่ 126 ผลของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลที่ร้อยละ 0 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ที่มีต่อร้อยละของมอนอกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์ที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 190 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 18:1

เวลา (นาที)	ร้อยละของมอนอกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์
0	0.000
5	5.365
10	7.909
15	5.833
20	4.097
30	2.438
40	2.310
50	2.223
60	2.270
90	1.940
120	2.035

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 127 ผลของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลที่ร้อยละ 0 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ที่มีต่อร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลหลังหักปริมาณเมทานอลที่ระเหย ณ เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 190 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 18:1

เวลา (นาที)	ร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลหลังหักปริมาณเมทานอลที่ระเหย							
	C12	C14	C16:1	C16:0	C18:1-3	C18:0	C20:1	C20:0
0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
5	0.249	0.383	0.102	13.309	22.069	1.458	0.079	0.116
10	0.457	0.669	0.159	23.932	40.391	2.598	0.132	0.210
15	0.569	0.826	0.186	29.771	50.650	3.232	0.146	0.262
20	0.674	0.972	0.215	35.160	59.994	3.823	0.173	0.314
30	0.680	0.980	0.215	35.559	60.759	3.865	0.175	0.317
40	0.689	0.995	0.218	36.072	61.608	3.922	0.177	0.322
50	0.666	0.961	0.211	34.829	59.474	3.787	0.170	0.311
60	0.681	0.981	0.215	35.543	60.691	3.870	0.174	0.317
90	0.611	0.870	0.189	31.396	53.551	3.431	0.147	0.279
120	0.626	0.892	0.194	32.144	54.713	3.513	0.157	0.287

ตารางที่ 128 ผลของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลที่ร้อยละ 5 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ที่มีต่อร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 190 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 18:1

เวลา (นาที)	ร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวล							
	C12	C14	C16:1	C16:0	C18:1-3	C18:0	C20:1	C20:0
0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
5	0.248	0.379	0.100	13.200	21.926	1.454	0.069	0.115
10	0.497	0.723	0.171	25.735	43.500	2.809	0.128	0.225
15	0.677	0.971	0.221	34.810	59.286	3.799	0.171	0.306
20	0.747	1.068	0.233	38.434	65.655	4.168	0.188	0.337
30	0.779	1.112	0.242	40.115	68.866	4.372	0.197	0.354

40	0.809	1.155	0.252	41.694	71.357	4.521	0.204	0.369
50	0.804	1.147	0.249	41.355	70.786	4.481	0.201	0.365
60	0.802	1.147	0.250	41.454	71.078	4.519	0.202	0.367
90	0.790	1.126	0.245	40.569	69.478	4.403	0.196	0.356
120	0.784	1.118	0.243	40.277	68.977	4.394	0.196	0.356

ตารางที่ 129 ผลของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลที่ร้อยละ 5 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ที่มีต่อร้อยละของไตรกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์ที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 190 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 18:1

เวลา (นาที)	ร้อยละของไตรกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์
0	100.000
5	61.187
10	24.183
15	10.536
20	3.995
30	0.343
40	0.012
50	0.000
60	0.011
90	0.021
120	0.000

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 130 ผลของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลที่ร้อยละ 5 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ที่มีต่อร้อยละของไดกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์ที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 190 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 18:1

เวลา (นาที)	ร้อยละของไดกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์
0	0.000
5	13.463
10	8.473
15	4.631
20	2.181
30	0.417
40	0.185
50	0.159
60	0.154
90	0.161
120	0.161

ตารางที่ 131 ผลของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลที่ร้อยละ 5 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ที่มีต่อร้อยละของมอนอกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์ที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 190 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 18:1

เวลา (นาที)	ร้อยละของมอนอกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์
0	0.000
5	4.859
10	7.530
15	6.446
20	4.769
30	2.617
40	2.214

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

50	2.106
60	2.047
90	2.077
120	2.110

ตารางที่ 132 ผลของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลที่ร้อยละ 5 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ที่มีต่อร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลหลังหักปริมาณเมทานอลที่ระเหย ณ เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 190 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 18:1

เวลา (นาที)	ร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลหลังหักปริมาณเมทานอลที่ระเหย							
	C12	C14	C16:1	C16:0	C18:1-3	C18:0	C20:1	C20:0
0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
5	0.206	0.316	0.084	10.998	18.268	1.212	0.057	0.096
10	0.414	0.603	0.142	21.442	36.243	2.341	0.107	0.187
15	0.564	0.809	0.184	29.003	49.396	3.165	0.143	0.255
20	0.622	0.889	0.194	32.022	54.702	3.472	0.157	0.281
30	0.649	0.926	0.202	33.423	57.378	3.643	0.164	0.295
40	0.674	0.962	0.210	34.738	59.454	3.766	0.170	0.307
50	0.670	0.955	0.207	34.456	58.978	3.734	0.168	0.304
60	0.668	0.956	0.208	34.539	59.221	3.765	0.168	0.305
90	0.658	0.938	0.204	33.801	57.888	3.668	0.163	0.297
120	0.654	0.931	0.202	33.558	57.470	3.661	0.163	0.297

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 133 ผลของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลที่ร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ที่มีต่อร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 190 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 18:1

เวลา (นาที)	ร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวล							
	C12	C14	C16:1	C16:0	C18:1-3	C18:0	C20:1	C20:0
0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
5	0.135	0.323	0.116	7.893	15.910	0.977	0.049	0.081
10	0.251	0.474	0.146	14.862	29.935	1.847	0.108	0.151
15	0.386	0.660	0.199	22.387	45.164	2.777	0.155	0.229
20	0.455	0.743	0.230	26.319	53.248	3.258	0.172	0.267
30	0.601	0.947	0.294	34.814	70.874	4.445	0.218	0.354
40	0.626	0.973	0.270	36.309	74.046	4.563	0.215	0.369
50	0.649	0.997	0.268	37.679	76.920	4.701	0.232	0.383
60	0.645	0.989	0.265	37.544	76.616	4.686	0.231	0.382
90	0.644	0.989	0.265	37.549	76.522	4.684	0.231	0.383
120	0.608	0.932	0.248	35.281	71.999	4.409	0.215	0.352

ตารางที่ 134 ผลของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลที่ร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ที่มีต่อร้อยละของไตรกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์ที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 190 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 18:1

เวลา (นาที)	ร้อยละของไตรกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์
0	100.000
5	69.580
10	33.559
15	20.596
20	11.637
30	3.191

40	0.217
50	0.000
60	0.000
90	0.000
120	0.000

ตารางที่ 135 ผลของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลที่ร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ที่มีต่อร้อยละของไดกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์ที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 190 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 18:1

เวลา (นาที)	ร้อยละของไดกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์
0	0.000
5	13.335
10	10.866
15	8.434
20	5.592
30	2.339
40	0.662
50	0.281
60	0.170
90	0.235
120	0.161

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 136 ผลของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลที่ร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ที่มีต่อร้อยละของมอนอกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์ที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 190 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 18:1

เวลา (นาที)	ร้อยละของมอนอกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์
0	0.000
5	2.304
10	5.099
15	7.478
20	5.992
30	5.017
40	2.778
50	2.034
60	1.877
90	1.833
120	1.735

ตารางที่ 137 ผลของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลที่ร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ที่มีต่อร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลหลังหักปริมาณเมทานอลที่ระเหย ณ เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 190 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 18:1

เวลา (นาที)	ร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลหลังหักปริมาณเมทานอลที่ระเหย							
	C12	C14	C16:1	C16:0	C18:1-3	C18:0	C20:1	C20:0
0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
5	0.119	0.287	0.103	7.001	14.112	0.867	0.044	0.072
10	0.212	0.400	0.123	12.555	25.287	1.560	0.091	0.128
15	0.326	0.558	0.168	18.911	38.152	2.346	0.131	0.193
20	0.384	0.627	0.195	22.233	44.981	2.753	0.146	0.226
30	0.508	0.800	0.248	29.409	59.871	3.755	0.184	0.299

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

40	0.529	0.822	0.228	30.672	62.550	3.854	0.182	0.312
50	0.548	0.842	0.227	31.829	64.978	3.971	0.196	0.323
60	0.545	0.836	0.223	31.715	64.721	3.958	0.195	0.323
90	0.544	0.836	0.224	31.719	64.641	3.957	0.195	0.323
120	0.513	0.787	0.210	29.804	60.821	3.725	0.181	0.297

ตารางที่ 138 ผลของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลที่ร้อยละ 20 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ที่มีต่อร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 190 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 18:1

เวลา	ร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวล							
(นาที)	C12	C14	C16:1	C16:0	C18:1-3	C18:0	C20:1	C20:0
0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
5	0.182	0.279	0.080	9.414	16.169	1.042	0.051	0.084
10	0.352	0.516	0.132	17.950	30.810	1.970	0.092	0.158
15	0.479	0.696	0.167	24.693	42.622	2.705	0.124	0.218
20	0.627	0.901	0.207	32.212	55.210	3.517	0.160	0.284
30	0.736	1.045	0.232	37.520	64.842	4.067	0.185	0.332
40	0.791	1.135	0.249	41.045	71.050	4.452	0.204	0.363
50	0.828	1.176	0.256	42.375	73.314	4.599	0.207	0.376
60	0.797	1.126	0.245	40.514	70.334	4.389	0.197	0.360
90	0.795	1.125	0.246	40.549	70.168	4.403	0.198	0.363
120	0.770	1.086	0.236	39.059	67.552	4.234	0.190	0.349

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 139 ผลของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลที่ร้อยละ 20 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ที่มีต่อร้อยละของไตรกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์ที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 190 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 18:1

เวลา (นาที)	ร้อยละของไตรกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์
0	100.000
5	80.003
10	43.299
15	24.853
20	17.153
30	6.058
40	1.673
50	0.252
60	0.012
90	0.000
120	0.000

ตารางที่ 140 ผลของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลที่ร้อยละ 20 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ที่มีต่อร้อยละของไดกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์ที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 190 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 18:1

เวลา (นาที)	ร้อยละของไดกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์
0	0.000
5	13.046
10	11.289
15	8.330
20	5.867
30	2.835
40	0.968

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

50	0.351
60	0.216
90	0.186
120	0.173

ตารางที่ 141 ผลของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลที่ร้อยละ 20 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ที่มีต่อร้อยละของมอนอกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์ที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 190 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 18:1

เวลา (นาที)	ร้อยละของมอนอกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์
0	0.000
5	2.911
10	5.440
15	6.847
20	7.642
30	4.908
40	3.939
50	2.775
60	2.462
90	2.387
120	2.262

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 142 ผลของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลที่ร้อยละ 20 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ที่มีต่อร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลหลังหักปริมาณเมทานอลที่ระเหย ณ เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 190 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 18:1

เวลา (นาที)	ร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลหลังหักปริมาณเมทานอลที่ระเหย							
	C12	C14	C16:1	C16:0	C18:1-3	C18:0	C20:1	C20:0
0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
5	0.147	0.225	0.064	7.609	13.069	0.842	0.041	0.068
10	0.284	0.417	0.106	14.508	24.902	1.592	0.075	0.128
15	0.387	0.562	0.135	19.958	34.449	2.187	0.100	0.176
20	0.506	0.728	0.167	26.035	44.623	2.842	0.129	0.230
30	0.595	0.845	0.188	30.325	52.409	3.287	0.150	0.269
40	0.639	0.918	0.201	33.175	57.426	3.598	0.165	0.294
50	0.670	0.950	0.207	34.249	59.255	3.717	0.168	0.304
60	0.644	0.910	0.198	32.745	56.847	3.547	0.159	0.291
90	0.643	0.910	0.199	32.774	56.713	3.559	0.160	0.294
120	0.622	0.878	0.191	31.569	54.599	3.422	0.153	0.282

ตารางที่ 143 ผลของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลที่ร้อยละ 0 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ที่มีต่อร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 18:1

เวลา (นาที)	ร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวล							
	C12	C14	C16:1	C16:0	C18:1-3	C18:0	C20:1	C20:0
0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
5	0.660	0.941	0.210	33.739	57.314	3.637	0.166	0.296
10	0.737	1.052	0.230	37.865	64.489	4.089	0.185	0.332
15	0.772	1.104	0.242	39.839	67.936	4.310	0.194	0.349
20	0.780	1.118	0.244	40.403	69.005	4.374	0.197	0.355
30	0.785	1.128	0.247	40.836	69.791	4.442	0.198	0.359

40	0.762	1.092	0.239	39.547	67.566	4.291	0.192	0.350
50	0.766	1.101	0.241	39.916	68.183	4.332	0.194	0.353
60	0.785	1.128	0.246	40.879	69.871	4.437	0.197	0.362
90	0.732	1.055	0.230	38.302	65.446	4.164	0.184	0.340
120	0.736	1.057	0.231	38.296	65.360	4.171	0.187	0.339

ตารางที่ 144 ผลของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลที่ร้อยละ 0 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ที่มีต่อร้อยละของไตรกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์ที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 18:1

เวลา (นาที)	ร้อยละของไตรกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์
0	100.000
5	8.821
10	3.294
15	1.394
20	0.843
30	0.374
40	0.115
50	0.171
60	0.030
90	0.011
120	0.032

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 145 ผลของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลที่ร้อยละ 0 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ที่มีต่อร้อยละของไดกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์ที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 18:1

เวลา (นาที)	ร้อยละของไดกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์
0	0.000
5	2.680
10	1.278
15	0.647
20	0.371
30	0.180
40	0.121
50	0.119
60	0.105
90	0.095
120	0.111

ตารางที่ 146 ผลของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลที่ร้อยละ 0 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ที่มีต่อร้อยละของมอนอกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์ที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 18:1

เวลา (นาที)	ร้อยละของมอนอกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์
0	0.000
5	4.485
10	3.331
15	2.560
20	2.048
30	1.629
40	1.464

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

50	1.423
60	1.497
90	1.341
120	1.390

ตารางที่ 147 ผลของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลที่ร้อยละ 0 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ที่มีต่อร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลหลังหักปริมาณเมทานอลที่ระเหย ณ เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 18:1

เวลา (นาที)	ร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลหลังหักปริมาณเมทานอลที่ระเหย							
	C12	C14	C16:1	C16:0	C18:1-3	C18:0	C20:1	C20:0
0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
5	0.601	0.857	0.191	30.744	52.226	3.315	0.151	0.270
10	0.671	0.959	0.210	34.503	58.764	3.726	0.169	0.302
15	0.704	1.006	0.220	36.302	61.905	3.927	0.177	0.318
20	0.710	1.019	0.223	36.816	62.879	3.986	0.179	0.324
30	0.716	1.028	0.225	37.211	63.595	4.048	0.180	0.327
40	0.694	0.995	0.218	36.036	61.568	3.910	0.175	0.319
50	0.698	1.004	0.219	36.372	62.130	3.948	0.177	0.322
60	0.716	1.028	0.224	37.250	63.668	4.043	0.180	0.330
90	0.667	0.961	0.210	34.902	59.636	3.795	0.168	0.310
120	0.671	0.963	0.210	34.897	59.558	3.801	0.171	0.309

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 148 ผลของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลที่ร้อยละ 5 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ที่มีต่อร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 18:1

เวลา (นาที)	ร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวล							
	C12	C14	C16:1	C16:0	C18:1-3	C18:0	C20:1	C20:0
0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
5	0.100	0.159	0.047	5.318	8.705	0.580	0.028	0.046
10	0.217	0.328	0.087	11.382	18.821	1.239	0.059	0.099
15	0.292	0.432	0.108	15.213	25.329	1.649	0.077	0.132
20	0.367	0.535	0.130	18.902	31.635	2.038	0.095	0.164
30	0.456	0.656	0.153	23.384	39.443	2.524	0.116	0.204
40	0.538	0.768	0.176	27.433	46.647	2.959	0.136	0.239
50	0.624	0.889	0.199	31.885	54.425	3.445	0.157	0.280
60	0.660	0.938	0.206	33.664	57.430	3.637	0.164	0.294
90	0.708	1.011	0.220	36.481	62.523	3.953	0.176	0.319
120	0.689	0.988	0.216	35.757	61.324	3.881	0.171	0.317

ตารางที่ 149 ผลของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลที่ร้อยละ 5 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ที่มีต่อร้อยละของไตรกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์ที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 18:1

เวลา (นาที)	ร้อยละของไตรกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์
0	100.000
5	77.757
10	58.052
15	43.938
20	34.213
30	22.532

40	14.337
50	8.878
60	4.856
90	0.392
120	0.120

ตารางที่ 150 ผลของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลที่ร้อยละ 5 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ที่มีต่อร้อยละของไดกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์ที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 18:1

เวลา (นาที)	ร้อยละของไดกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์
0	0.000
5	9.198
10	10.390
15	9.060
20	7.903
30	5.948
40	4.229
50	2.865
60	1.738
90	0.247
120	0.109

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 151 ผลของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลที่ร้อยละ 5 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ที่มีต่อร้อยละของมอนอกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์ที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 18:1

เวลา (นาที)	ร้อยละของมอนอกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์
0	0.000
5	1.532
10	3.499
15	4.550
20	5.040
30	5.060
40	5.015
50	4.005
60	3.303
90	1.628
120	1.277

ตารางที่ 152 ผลของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลที่ร้อยละ 5 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ที่มีต่อร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลหลังหักปริมาณเมทานอลที่ระเหย ณ เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 18:1

เวลา (นาที)	ร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลหลังหักปริมาณเมทานอลที่ระเหย							
	C12	C14	C16:1	C16:0	C18:1-3	C18:0	C20:1	C20:0
0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
5	0.093	0.148	0.044	4.951	8.105	0.540	0.026	0.043
10	0.202	0.305	0.081	10.598	17.525	1.154	0.055	0.092
15	0.272	0.403	0.101	14.165	23.584	1.535	0.072	0.123
20	0.342	0.498	0.121	17.600	29.456	1.898	0.088	0.153
30	0.424	0.611	0.142	21.773	36.727	2.350	0.108	0.190

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

40	0.501	0.715	0.164	25.544	43.434	2.755	0.127	0.222
50	0.581	0.827	0.185	29.689	50.676	3.208	0.146	0.261
60	0.614	0.874	0.192	31.346	53.475	3.387	0.152	0.273
90	0.660	0.941	0.205	33.969	58.217	3.681	0.164	0.297
120	0.642	0.920	0.201	33.295	57.100	3.614	0.160	0.295

ตารางที่ 153 ผลของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลที่ร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ที่มีต่อร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 18:1

เวลา	ร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวล							
(นาที)	C12	C14	C16:1	C16:0	C18:1-3	C18:0	C20:1	C20:0
0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
5	0.067	0.114	0.041	3.630	6.113	0.408	0.020	0.031
10	0.142	0.215	0.059	7.405	12.434	0.810	0.036	0.064
15	0.248	0.368	0.095	12.866	21.539	1.399	0.066	0.111
20	0.289	0.422	0.106	14.838	25.159	1.605	0.074	0.128
30	0.406	0.584	0.138	20.753	35.221	2.240	0.104	0.180
40	0.530	0.756	0.173	26.940	45.795	2.903	0.132	0.234
50	0.606	0.858	0.192	30.709	52.434	3.313	0.150	0.268
60	0.640	0.907	0.202	32.552	55.870	3.516	0.159	0.285
90	0.746	1.060	0.231	38.186	65.747	4.133	0.185	0.336
120	0.707	1.010	0.220	36.546	63.055	3.964	0.175	0.323

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 154 ผลของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลที่ร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ที่มีต่อร้อยละของไตรกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์ที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 18:1

เวลา (นาที)	ร้อยละของไตรกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์
0	100.000
5	94.434
10	66.162
15	55.635
20	41.903
30	29.756
40	21.531
50	13.063
60	7.942
90	1.202
120	0.118

ตารางที่ 155 ผลของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลที่ร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ที่มีต่อร้อยละของไดกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์ที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 18:1

เวลา (นาที)	ร้อยละของไดกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์
0	0.000
5	7.823
10	9.095
15	9.064
20	8.402
30	6.238
40	4.939

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

50	3.615
60	2.241
90	0.418
120	0.097

ตารางที่ 156 ผลของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลที่ร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ที่มีต่อร้อยละของมอนอกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์ที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 18:1

เวลา (นาที)	ร้อยละของมอนอกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์
0	0.000
5	0.686
10	2.084
15	3.384
20	4.332
30	4.750
40	5.003
50	4.592
60	3.719
90	1.917
120	1.216

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 157 ผลของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลที่ร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ที่มีต่อร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลหลังหักปริมาณเมทานอลที่ระเหย ณ เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 18:1

เวลา (นาที)	ร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลหลังหักปริมาณเมทานอลที่ระเหย							
	C12	C14	C16:1	C16:0	C18:1-3	C18:0	C20:1	C20:0
0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
5	0.061	0.105	0.037	3.321	5.594	0.374	0.018	0.029
10	0.130	0.197	0.054	6.775	11.377	0.741	0.033	0.059
15	0.227	0.337	0.087	11.773	19.709	1.280	0.060	0.102
20	0.264	0.386	0.097	13.577	23.021	1.469	0.068	0.118
30	0.372	0.535	0.126	18.990	32.228	2.050	0.095	0.165
40	0.485	0.692	0.158	24.650	41.903	2.656	0.121	0.214
50	0.554	0.785	0.176	28.100	47.978	3.032	0.137	0.245
60	0.586	0.830	0.185	29.786	51.122	3.218	0.145	0.261
90	0.683	0.970	0.211	34.941	60.160	3.782	0.169	0.307
120	0.647	0.924	0.201	33.440	57.697	3.628	0.160	0.296

ตารางที่ 158 ผลของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลที่ร้อยละ 20 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ที่มีต่อร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 18:1

เวลา (นาที)	ร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวล							
	C12	C14	C16:1	C16:0	C18:1-3	C18:0	C20:1	C20:0
0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
5	0.039	0.075	0.037	2.044	4.004	0.240	0.011	0.019
10	0.098	0.160	0.056	5.107	8.983	0.572	0.026	0.046
15	0.160	0.247	0.075	8.259	14.177	0.909	0.043	0.072
20	0.216	0.325	0.091	11.121	18.993	1.217	0.059	0.098
30	0.303	0.443	0.114	15.401	26.330	1.668	0.079	0.135

40	0.373	0.536	0.132	18.858	32.290	2.036	0.095	0.164
50	0.439	0.629	0.148	22.315	38.258	2.412	0.112	0.195
60	0.477	0.676	0.155	24.043	41.287	2.595	0.118	0.210
90	0.634	0.896	0.199	32.138	55.502	3.478	0.157	0.284
120	0.712	1.009	0.219	36.278	62.734	3.927	0.177	0.322

ตารางที่ 159 ผลของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลที่ร้อยละ 20 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ที่มีต่อร้อยละของไตรกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์ที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 18:1

เวลา (นาที)	ร้อยละของไตรกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์
0	100.000
5	96.747
10	80.078
15	68.335
20	56.951
30	43.809
40	33.087
50	24.542
60	17.641
90	6.093
120	1.464

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 160 ผลของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลที่ร้อยละ 20 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ที่มีต่อร้อยละของไดกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์ที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 18:1

เวลา (นาที)	ร้อยละของไดกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์
0	0.000
5	0.605
10	1.856
15	3.205
20	4.579
30	5.599
40	6.636
50	6.929
60	5.971
90	4.684
120	2.918

ตารางที่ 161 ผลของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลที่ร้อยละ 20 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ที่มีต่อร้อยละของมอนอกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์ที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 18:1

เวลา (นาที)	ร้อยละของมอนอกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์
0	0.000
5	10.089
10	12.326
15	12.906
20	12.509
30	11.382
40	9.989

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

50	8.019
60	6.308
90	2.650
120	0.753

ตารางที่ 162 ผลของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลที่ร้อยละ 20 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ที่มีต่อร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลหลังหักปริมาณเมทานอลที่ระเหย ณ เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 18:1

เวลา (นาที)	ร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลหลังหักปริมาณเมทานอลที่ระเหย							
	C12	C14	C16:1	C16:0	C18:1-3	C18:0	C20:1	C20:0
0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
5	0.036	0.068	0.034	1.874	3.671	0.220	0.010	0.017
10	0.090	0.147	0.052	4.682	8.236	0.525	0.024	0.042
15	0.147	0.227	0.068	7.572	12.998	0.833	0.039	0.066
20	0.198	0.298	0.083	10.197	17.413	1.116	0.054	0.090
30	0.278	0.406	0.105	14.120	24.140	1.529	0.073	0.124
40	0.342	0.492	0.121	17.289	29.605	1.867	0.087	0.150
50	0.403	0.576	0.136	20.459	35.076	2.211	0.102	0.179
60	0.437	0.620	0.142	22.044	37.853	2.379	0.108	0.192
90	0.581	0.822	0.182	29.465	50.886	3.189	0.144	0.260
120	0.653	0.925	0.201	33.261	57.517	3.600	0.162	0.296

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 163 ผลของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลที่ร้อยละ 0 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ที่มีต่อร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 18:1

เวลา (นาที)	ร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวล							
	C12	C14	C16:1	C16:0	C18:1-3	C18:0	C20:1	C20:0
0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
5	0.684	0.969	0.212	34.820	59.553	3.767	0.169	0.305
10	0.727	1.042	0.227	37.673	64.378	4.076	0.182	0.331
15	0.738	1.061	0.232	38.491	65.842	4.173	0.181	0.342
20	0.720	1.036	0.226	37.534	64.158	4.065	0.178	0.333
30	0.705	1.012	0.221	36.693	62.700	3.975	0.176	0.326
40	0.712	1.026	0.225	37.287	63.737	4.051	0.181	0.332
50	0.720	1.037	0.226	37.624	64.369	4.082	0.179	0.335
60	0.711	1.021	0.222	36.960	63.183	4.006	0.177	0.328
90	0.657	0.945	0.206	34.220	58.492	3.712	0.161	0.303
120	0.642	0.923	0.201	33.463	57.177	3.635	0.161	0.297

ตารางที่ 164 ผลของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลที่ร้อยละ 0 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ที่มีต่อร้อยละของไตรกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์ที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 18:1

เวลา (นาที)	ร้อยละของไตรกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์
0	100.000
5	3.058
10	0.312
15	0.170
20	0.180
30	0.096

40	0.221
50	0.221
60	0.139
90	0.053
120	0.024

ตารางที่ 165 ผลของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลที่ร้อยละ 0 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ที่มีต่อร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลหลังหักปริมาณเมทานอลที่ระเหย ณ เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 18:1

เวลา (นาที)	ร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลหลังหักปริมาณเมทานอลที่ระเหย							
	C12	C14	C16:1	C16:0	C18:1-3	C18:0	C20:1	C20:0
0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
5	0.664	0.941	0.206	33.805	57.817	3.657	0.164	0.296
10	0.705	1.011	0.221	36.575	62.501	3.957	0.177	0.321
15	0.716	1.030	0.225	37.370	63.923	4.052	0.176	0.332
20	0.699	1.005	0.219	36.440	62.288	3.947	0.173	0.323
30	0.684	0.983	0.215	35.624	60.873	3.859	0.171	0.316
40	0.691	0.996	0.218	36.201	61.879	3.933	0.176	0.323
50	0.699	1.006	0.220	36.527	62.493	3.963	0.174	0.325
60	0.690	0.991	0.216	35.883	61.341	3.889	0.172	0.318
90	0.638	0.918	0.200	33.223	56.787	3.604	0.156	0.295
120	0.624	0.896	0.195	32.488	55.510	3.529	0.156	0.289

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 166 ผลของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลที่ร้อยละ 5 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ที่มีต่อร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 18:1

เวลา (นาที)	ร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวล							
	C12	C14	C16:1	C16:0	C18:1-3	C18:0	C20:1	C20:0
0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
5	0.416	0.547	0.130	18.565	31.289	1.949	0.092	0.155
10	0.502	0.675	0.154	23.419	39.647	2.484	0.112	0.200
15	0.570	0.779	0.175	27.323	46.394	2.911	0.130	0.235
20	0.611	0.840	0.187	29.645	50.437	3.167	0.144	0.257
30	0.666	0.932	0.206	33.246	56.763	3.573	0.159	0.292
40	0.689	0.969	0.212	34.725	59.453	3.739	0.170	0.305
50	0.718	1.019	0.223	36.707	62.952	3.967	0.175	0.325
60	0.717	1.024	0.224	37.017	63.508	4.007	0.178	0.328
90	0.662	0.949	0.208	34.385	58.994	3.733	0.161	0.306
120	0.660	0.945	0.206	34.215	58.668	3.712	0.161	0.305

ตารางที่ 167 ผลของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลที่ร้อยละ 5 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ที่มีต่อร้อยละของไตรกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์ที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 18:1

เวลา (นาที)	ร้อยละของไตรกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์
0	100.000
5	33.881
10	22.148
15	14.940
20	11.185
30	6.231

40	3.029
50	1.143
60	0.338
90	0.130
120	0.102

ตารางที่ 168 ผลของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลที่ร้อยละ 5 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ที่มีต่อร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลหลังหักปริมาณเมทานอลที่ระเหย ณ เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 18:1

เวลา (นาที)	ร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลหลังหักปริมาณเมทานอลที่ระเหย							
	C12	C14	C16:1	C16:0	C18:1-3	C18:0	C20:1	C20:0
0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
5	0.398	0.524	0.124	17.757	29.927	1.864	0.088	0.148
10	0.480	0.645	0.148	22.400	37.922	2.376	0.107	0.191
15	0.545	0.745	0.167	26.134	44.376	2.785	0.124	0.225
20	0.585	0.803	0.179	28.355	48.243	3.029	0.138	0.246
30	0.637	0.891	0.197	31.799	54.293	3.417	0.152	0.279
40	0.659	0.927	0.202	33.214	56.866	3.577	0.162	0.292
50	0.687	0.975	0.213	35.110	60.213	3.794	0.167	0.311
60	0.686	0.979	0.214	35.406	60.745	3.832	0.170	0.314
90	0.633	0.908	0.199	32.888	56.427	3.570	0.154	0.293
120	0.631	0.904	0.197	32.726	56.115	3.551	0.154	0.292

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 169 ผลของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลที่ร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ที่มีต่อร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 18:1

เวลา (นาที)	ร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวล							
	C12	C14	C16:1	C16:0	C18:1-3	C18:0	C20:1	C20:0
0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
5	0.006	0.029	0.029	0.191	0.736	0.031	0.001	0.001
10	0.022	0.046	0.030	0.882	1.822	0.101	0.004	0.007
15	0.044	0.074	0.034	1.818	3.306	0.198	0.009	0.013
20	0.074	0.111	0.040	3.090	5.362	0.328	0.014	0.025
30	0.130	0.184	0.060	5.542	9.457	0.587	0.025	0.047
40	0.186	0.259	0.072	8.364	14.118	0.890	0.049	0.070
50	0.251	0.347	0.091	11.515	19.462	1.228	0.067	0.098
60	0.309	0.429	0.110	14.522	24.596	1.548	0.084	0.123
90	0.497	0.697	0.165	24.431	41.727	2.623	0.136	0.214
120	0.652	0.924	0.206	33.036	56.792	3.576	0.173	0.294

ตารางที่ 170 ผลของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลที่ร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ที่มีต่อร้อยละของไตรกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์ที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 18:1

เวลา (นาที)	ร้อยละของไตรกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์
0	100.000
5	100.260
10	81.583
15	63.297
20	53.916
30	45.124

40	33.171
50	26.034
60	18.501
90	5.239
120	0.883

ตารางที่ 171 ผลของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลที่ร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ที่มีต่อร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลหลังหักปริมาณเมทานอลที่ระเหย ณ เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 18:1

เวลา (นาที)	ร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลหลังหักปริมาณเมทานอลที่ระเหย							
	C12	C14	C16:1	C16:0	C18:1-3	C18:0	C20:1	C20:0
0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
5	0.005	0.027	0.027	0.178	0.685	0.029	0.001	0.001
10	0.020	0.043	0.028	0.821	1.696	0.094	0.004	0.006
15	0.041	0.069	0.032	1.693	3.078	0.184	0.008	0.012
20	0.069	0.103	0.037	2.877	4.992	0.306	0.013	0.024
30	0.121	0.171	0.056	5.160	8.805	0.547	0.023	0.043
40	0.174	0.241	0.067	7.788	13.144	0.828	0.045	0.065
50	0.234	0.323	0.085	10.721	18.120	1.143	0.063	0.092
60	0.288	0.399	0.102	13.520	22.900	1.441	0.078	0.114
90	0.463	0.649	0.153	22.746	38.849	2.442	0.126	0.200
120	0.607	0.860	0.192	30.757	52.874	3.329	0.161	0.273

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 172 ผลของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลที่ร้อยละ 20 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ที่มีต่อร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 18:1

เวลา (นาที)	ร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวล							
	C12	C14	C16:1	C16:0	C18:1-3	C18:0	C20:1	C20:0
0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
5	0.004	0.015	0.020	0.091	1.063	0.031	0.000	0.003
10	0.027	0.047	0.026	1.220	2.697	0.147	0.005	0.011
15	0.058	0.089	0.035	2.662	5.038	0.298	0.012	0.023
20	0.092	0.133	0.041	4.311	7.640	0.465	0.020	0.037
30	0.146	0.210	0.059	7.050	12.205	0.757	0.032	0.061
40	0.199	0.282	0.074	9.575	16.433	1.023	0.046	0.082
50	0.260	0.366	0.093	12.599	21.602	1.345	0.064	0.108
60	0.324	0.452	0.110	15.713	26.902	1.678	0.078	0.133
90	0.489	0.683	0.159	24.104	41.452	2.587	0.117	0.209
120	0.656	0.915	0.199	32.650	56.543	3.514	0.158	0.284

ตารางที่ 173 ผลของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลที่ร้อยละ 20 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ที่มีต่อร้อยละของไตรกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์ที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 18:1

เวลา (นาที)	ร้อยละของไตรกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์
0	100.000
5	102.846
10	92.574
15	88.095
20	77.903
30	67.776

40	58.854
50	50.901
60	41.749
90	21.769
120	7.504

ตารางที่ 174 ผลของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลที่ร้อยละ 20 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ที่มีต่อร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลหลังหักปริมาณเมทานอลที่ระเหย ณ เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 18:1

เวลา (นาที)	ร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลหลังหักปริมาณเมทานอลที่ระเหย							
	C12	C14	C16:1	C16:0	C18:1-3	C18:0	C20:1	C20:0
0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
5	0.004	0.014	0.019	0.085	0.997	0.029	0.000	0.002
10	0.026	0.044	0.024	1.145	2.530	0.138	0.005	0.010
15	0.054	0.083	0.033	2.497	4.726	0.280	0.012	0.022
20	0.086	0.125	0.039	4.044	7.167	0.436	0.019	0.035
30	0.137	0.197	0.056	6.613	11.449	0.710	0.030	0.057
40	0.187	0.265	0.070	8.981	15.415	0.960	0.043	0.077
50	0.244	0.343	0.087	11.819	20.264	1.262	0.060	0.102
60	0.303	0.424	0.104	14.739	25.235	1.574	0.073	0.125
90	0.459	0.640	0.149	22.611	38.884	2.427	0.110	0.196
120	0.615	0.859	0.187	30.627	53.040	3.297	0.148	0.267

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 175 ผลของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลที่ร้อยละ 0 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ที่มีต่อร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 18:1

เวลา (นาที)	ร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวล							
	C12	C14	C16:1	C16:0	C18:1-3	C18:0	C20:1	C20:0
0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
5	0.170	0.149	0.038	3.770	6.666	0.338	0.018	0.022
10	0.316	0.276	0.063	7.319	12.714	0.669	0.033	0.045
15	0.398	0.367	0.080	10.114	17.386	0.941	0.044	0.065
20	0.474	0.464	0.102	13.184	22.544	1.249	0.057	0.088
30	0.567	0.601	0.129	17.952	30.481	1.740	0.078	0.127
40	0.623	0.707	0.153	21.921	37.145	2.162	0.095	0.161
50	0.645	0.772	0.167	24.736	41.915	2.482	0.110	0.188
60	0.672	0.848	0.182	28.056	47.565	2.865	0.126	0.220
90	0.676	0.927	0.201	32.352	55.029	3.414	0.149	0.273
120	0.709	1.008	0.220	36.130	61.669	3.893	0.166	0.316

ตารางที่ 176 ผลของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลที่ร้อยละ 0 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ที่มีต่อร้อยละของไตรกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์ที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 18:1

เวลา (นาที)	ร้อยละของไตรกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์
0	100.000
5	90.413
10	79.420
15	66.287
20	59.730
30	48.259

40	39.490
50	30.070
60	21.984
90	7.471
120	2.913

ตารางที่ 177 ผลของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลที่ร้อยละ 0 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ที่มีต่อร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลหลังหักปริมาณเมทานอลที่ระเหย ณ เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 18:1

เวลา (นาที)	ร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลหลังหักปริมาณเมทานอลที่ระเหย							
	C12	C14	C16:1	C16:0	C18:1-3	C18:0	C20:1	C20:0
0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
5	0.163	0.143	0.037	3.612	6.387	0.324	0.018	0.021
10	0.302	0.265	0.060	7.012	12.181	0.641	0.031	0.043
15	0.381	0.352	0.076	9.690	16.658	0.902	0.042	0.062
20	0.454	0.444	0.098	12.632	21.599	1.197	0.055	0.085
30	0.543	0.576	0.124	17.200	29.204	1.667	0.075	0.122
40	0.597	0.677	0.147	21.002	35.589	2.071	0.091	0.154
50	0.618	0.740	0.160	23.700	40.159	2.378	0.106	0.180
60	0.643	0.813	0.175	26.881	45.573	2.745	0.121	0.211
90	0.648	0.888	0.192	30.996	52.724	3.271	0.142	0.262
120	0.680	0.966	0.211	34.617	59.085	3.730	0.159	0.303

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 178 ผลของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลที่ร้อยละ 5 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ที่มีต่อร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 18:1

เวลา (นาที)	ร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวล							
	C12	C14	C16:1	C16:0	C18:1-3	C18:0	C20:1	C20:0
0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
5	0.145	0.133	0.038	3.256	5.953	0.297	0.016	0.019
10	0.274	0.246	0.059	6.572	11.643	0.607	0.029	0.042
15	0.367	0.340	0.077	9.382	16.334	0.878	0.041	0.061
20	0.440	0.427	0.094	12.131	20.937	1.152	0.052	0.082
30	0.546	0.567	0.123	16.779	28.670	1.622	0.074	0.118
40	0.598	0.668	0.145	20.677	35.273	2.044	0.090	0.153
50	0.655	0.776	0.170	24.856	42.337	2.499	0.110	0.191
60	0.684	0.853	0.184	28.173	47.954	2.881	0.128	0.224
90	0.707	0.960	0.207	33.361	56.914	3.515	0.153	0.282
120	0.698	0.981	0.214	34.927	59.654	3.735	0.162	0.304

ตารางที่ 179 ผลของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลที่ร้อยละ 5 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ที่มีต่อร้อยละของไตรกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์ที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 18:1

เวลา (นาที)	ร้อยละของไตรกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์
0	100.000
5	90.009
10	81.648
15	71.174
20	64.105
30	52.167

40	42.249
50	33.488
60	25.163
90	9.816
120	3.664

ตารางที่ 180 ผลของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลที่ร้อยละ 5 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ที่มีต่อร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลหลังหักปริมาณเมทานอลที่ระเหย ณ เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 18:1

เวลา (นาที)	ร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลหลังหักปริมาณเมทานอลที่ระเหย							
	C12	C14	C16:1	C16:0	C18:1-3	C18:0	C20:1	C20:0
0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
5	0.141	0.129	0.037	3.165	5.788	0.288	0.015	0.019
10	0.267	0.239	0.057	6.389	11.320	0.591	0.028	0.040
15	0.357	0.331	0.075	9.121	15.881	0.854	0.040	0.060
20	0.427	0.415	0.091	11.794	20.356	1.120	0.051	0.080
30	0.531	0.551	0.120	16.314	27.874	1.577	0.071	0.115
40	0.581	0.650	0.141	20.104	34.294	1.987	0.088	0.148
50	0.636	0.755	0.165	24.166	41.163	2.429	0.107	0.186
60	0.665	0.830	0.179	27.391	46.623	2.801	0.125	0.218
90	0.687	0.933	0.201	32.435	55.335	3.417	0.149	0.274
120	0.679	0.954	0.208	33.958	57.999	3.632	0.158	0.296

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 181 ผลของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลที่ร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ที่มีต่อร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 18:1

เวลา (นาที)	ร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวล							
	C12	C14	C16:1	C16:0	C18:1-3	C18:0	C20:1	C20:0
0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
5	0.088	0.097	0.041	2.097	4.176	0.201	0.009	0.014
10	0.193	0.182	0.054	4.529	8.333	0.419	0.019	0.030
15	0.271	0.252	0.066	6.638	11.890	0.754	0.028	0.043
20	0.341	0.321	0.078	8.684	15.332	0.814	0.037	0.059
30	0.447	0.443	0.103	12.579	21.892	1.202	0.053	0.089
40	0.499	0.520	0.119	15.297	26.459	1.488	0.066	0.112
50	0.569	0.620	0.140	18.762	32.323	1.847	0.080	0.141
60	0.591	0.670	0.151	20.794	35.710	2.068	0.091	0.159
90	0.664	0.845	0.186	28.159	48.232	2.903	0.125	0.230
120	0.660	0.895	0.197	31.063	53.248	3.276	0.141	0.266

ตารางที่ 182 ผลของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลที่ร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ที่มีต่อร้อยละของไตรกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์ที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 18:1

เวลา (นาที)	ร้อยละของไตรกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์
0	100.000
5	101.287
10	88.886
15	78.965
20	73.127
30	65.372

40	56.951
50	52.535
60	42.506
90	21.589
120	10.641

ตารางที่ 183 ผลของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลที่ร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ที่มีต่อร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลหลังหักปริมาณเมทานอลที่ระเหย ณ เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 18:1

เวลา (นาที)	ร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลหลังหักปริมาณเมทานอลที่ระเหย							
	C12	C14	C16:1	C16:0	C18:1-3	C18:0	C20:1	C20:0
0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
5	0.084	0.092	0.039	1.991	3.966	0.191	0.009	0.014
10	0.183	0.173	0.052	4.301	7.914	0.398	0.018	0.028
15	0.257	0.239	0.063	6.304	11.291	0.716	0.026	0.041
20	0.324	0.305	0.074	8.247	14.560	0.773	0.035	0.056
30	0.425	0.421	0.098	11.946	20.790	1.141	0.050	0.085
40	0.474	0.494	0.113	14.526	25.126	1.413	0.062	0.107
50	0.541	0.588	0.133	17.817	30.695	1.754	0.076	0.134
60	0.562	0.636	0.143	19.747	33.911	1.964	0.086	0.151
90	0.630	0.803	0.176	26.741	45.803	2.757	0.119	0.219
120	0.627	0.850	0.187	29.499	50.567	3.111	0.134	0.253

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 184 ผลของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลที่ร้อยละ 20 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ที่มีต่อร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 18:1

เวลา (นาที)	ร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวล							
	C12	C14	C16:1	C16:0	C18:1-3	C18:0	C20:1	C20:0
0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
5	0.051	0.051	0.026	0.965	2.710	0.092	0.003	0.007
10	0.129	0.118	0.039	2.872	6.069	0.267	0.012	0.019
15	0.198	0.179	0.047	4.641	8.847	0.426	0.019	0.030
20	0.263	0.241	0.060	6.445	11.986	0.599	0.026	0.042
30	0.350	0.334	0.078	9.324	16.767	0.881	0.039	0.063
40	0.413	0.409	0.092	11.789	20.927	1.131	0.049	0.083
50	0.516	0.545	0.120	16.407	28.403	1.602	0.070	0.119
60	0.583	0.649	0.143	20.203	34.911	2.007	0.088	0.154
90	0.634	0.787	0.169	26.049	44.760	2.675	0.115	0.211
120	0.643	0.857	0.184	29.554	50.811	3.105	0.137	0.250

ตารางที่ 185 ผลของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลที่ร้อยละ 20 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ที่มีต่อร้อยละของไตรกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์ที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 18:1

เวลา (นาที)	ร้อยละของไตรกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์
0	100.000
5	96.876
10	93.633
15	77.871
20	77.783
30	66.450

40	57.219
50	52.325
60	45.854
90	22.461
120	11.034

ตารางที่ 186 ผลของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลที่ร้อยละ 20 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ที่มีต่อร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลหลังหักปริมาณเมทานอลที่ระเหย ณ เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 18:1

เวลา (นาที)	ร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลหลังหักปริมาณเมทานอลที่ระเหย							
	C12	C14	C16:1	C16:0	C18:1-3	C18:0	C20:1	C20:0
0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
5	0.048	0.048	0.025	0.913	2.565	0.087	0.003	0.006
10	0.122	0.112	0.037	2.718	5.744	0.253	0.011	0.018
15	0.187	0.170	0.045	4.393	8.374	0.403	0.018	0.028
20	0.249	0.228	0.057	6.100	11.344	0.567	0.025	0.040
30	0.332	0.316	0.074	8.825	15.869	0.834	0.037	0.060
40	0.390	0.387	0.087	11.158	19.807	1.070	0.047	0.078
50	0.488	0.516	0.114	15.529	26.883	1.517	0.067	0.112
60	0.552	0.614	0.135	19.121	33.042	1.900	0.083	0.145
90	0.600	0.744	0.160	24.655	42.365	2.532	0.109	0.200
120	0.608	0.811	0.175	27.972	48.091	2.939	0.130	0.237

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 187 ผลของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลที่ร้อยละ 0 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ที่มีต่อร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 190 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 6:1

เวลา (นาที)	ร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวล							
	C12	C14	C16:1	C16:0	C18:1-3	C18:0	C20:1	C20:0
0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
5	0.040	0.084	0.035	2.267	3.605	0.259	0.015	0.019
10	0.126	0.218	0.072	6.998	11.455	0.783	0.034	0.059
15	0.202	0.320	0.086	10.984	18.139	1.215	0.059	0.096
20	0.275	0.429	0.115	14.797	24.627	1.637	0.076	0.130
30	0.371	0.560	0.141	19.700	33.056	2.173	0.099	0.174
40	0.457	0.678	0.165	24.090	40.652	2.656	0.121	0.212
50	0.532	0.783	0.187	27.914	47.329	3.077	0.139	0.246
60	0.599	0.868	0.197	31.207	53.065	3.433	0.154	0.274
90	0.679	0.978	0.219	35.278	60.319	3.881	0.173	0.312
120	0.708	1.018	0.223	36.777	62.887	4.050	0.181	0.326

ตารางที่ 188 ผลของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลที่ร้อยละ 0 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ที่มีต่อร้อยละของไตรกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์ที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 190 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 6:1

เวลา (นาที)	ร้อยละของไตรกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์
0	100.000
5	101.315
10	81.544
15	59.277
20	48.801
30	31.991

40	20.898
50	13.340
60	7.682
90	1.147
120	0.263

ตารางที่ 189 ผลของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลที่ร้อยละ 0 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ที่มีต่อร้อยละของไดกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์ที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 190 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 6:1

เวลา (นาที)	ร้อยละของไดกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์
0	0.000
5	15.662
10	20.515
15	20.853
20	19.362
30	16.548
40	13.216
50	10.077
60	7.568
90	2.755
120	1.781

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 190 ผลของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลที่ร้อยละ 0 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ที่มีต่อร้อยละของมอนอกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์ที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 190 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 6:1

เวลา (นาที)	ร้อยละของมอนอกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์
0	0.000
5	1.086
10	4.020
15	7.165
20	8.273
30	10.143
40	12.424
50	12.459
60	13.304
90	9.927
120	7.328

ตารางที่ 191 ผลของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลที่ร้อยละ 0 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ที่มีต่อร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลหลังหักปริมาณเมทานอลที่ระเหย ณ เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 190 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 6:1

เวลา (นาที)	ร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลหลังหักปริมาณเมทานอลที่ระเหย							
	C12	C14	C16:1	C16:0	C18:1-3	C18:0	C20:1	C20:0
0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
5	0.035	0.073	0.030	1.947	3.096	0.223	0.013	0.016
10	0.108	0.187	0.062	6.010	9.838	0.672	0.030	0.051
15	0.174	0.275	0.074	9.433	15.578	1.043	0.050	0.082
20	0.236	0.368	0.099	12.708	21.151	1.406	0.065	0.111
30	0.319	0.481	0.121	16.919	28.389	1.866	0.085	0.149

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

40	0.393	0.582	0.142	20.689	34.913	2.281	0.104	0.182
50	0.457	0.672	0.160	23.974	40.648	2.642	0.119	0.211
60	0.514	0.746	0.169	26.802	45.574	2.948	0.132	0.236
90	0.583	0.840	0.188	30.297	51.803	3.333	0.149	0.268
120	0.608	0.875	0.191	31.585	54.009	3.478	0.156	0.280

ตารางที่ 192 ผลของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลที่ร้อยละ 5 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ที่มีต่อร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 190 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 6:1

เวลา (นาที)	ร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวล							
	C12	C14	C16:1	C16:0	C18:1-3	C18:0	C20:1	C20:0
0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
5	0.054	0.105	0.042	3.011	5.048	0.321	0.016	0.025
10	0.153	0.251	0.073	8.339	13.938	0.932	0.044	0.074
15	0.223	0.353	0.099	12.002	20.142	1.333	0.063	0.106
20	0.281	0.431	0.114	14.978	25.207	1.656	0.077	0.132
30	0.378	0.563	0.140	19.961	33.811	2.207	0.100	0.177
40	0.466	0.700	0.177	24.510	41.698	2.721	0.123	0.218
50	0.556	0.811	0.190	29.051	49.599	3.201	0.146	0.256
60	0.606	0.880	0.202	31.654	54.216	3.488	0.157	0.280
90	0.680	0.977	0.218	35.294	60.730	3.885	0.174	0.313
120	0.683	0.983	0.216	35.536	61.080	3.918	0.174	0.315

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 193 ผลของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลที่ร้อยละ 5 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ที่มีต่อร้อยละของไตรกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์ที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 190 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 6:1

เวลา (นาที)	ร้อยละของไตรกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์
0	100.000
5	91.412
10	70.569
15	56.714
20	44.263
30	28.995
40	20.481
50	12.426
60	7.314
90	0.959
120	0.281

ตารางที่ 194 ผลของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลที่ร้อยละ 5 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ที่มีต่อร้อยละของไดกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์ที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 190 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 6:1

เวลา (นาที)	ร้อยละของไดกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์
0	0.000
5	16.026
10	19.992
15	19.336
20	18.081
30	14.935
40	11.957

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

50	9.597
60	7.008
90	2.678
120	1.872

ตารางที่ 195 ผลของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลที่ร้อยละ 5 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ที่มีต่อร้อยละของมอนอกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์ที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 190 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 6:1

เวลา (นาที)	ร้อยละของมอนอกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์
0	0.000
5	1.485
10	4.796
15	7.304
20	9.104
30	11.138
40	11.819
50	12.472
60	11.458
90	9.770
120	7.749

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 196 ผลของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลที่ร้อยละ 5 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ที่มีต่อร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลหลังหักปริมาณเมทานอลที่ระเหย ณ เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 190 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 6:1

เวลา (นาที)	ร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลหลังหักปริมาณเมทานอลที่ระเหย							
	C12	C14	C16:1	C16:0	C18:1-3	C18:0	C20:1	C20:0
0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
5	0.048	0.093	0.037	2.671	4.479	0.285	0.014	0.022
10	0.136	0.222	0.064	7.398	12.366	0.827	0.039	0.066
15	0.197	0.313	0.088	10.649	17.871	1.182	0.056	0.094
20	0.249	0.383	0.101	13.289	22.364	1.470	0.068	0.117
30	0.335	0.500	0.124	17.710	29.998	1.958	0.089	0.157
40	0.414	0.621	0.157	21.745	36.995	2.414	0.109	0.193
50	0.493	0.720	0.168	25.774	44.005	2.840	0.129	0.227
60	0.538	0.781	0.179	28.084	48.101	3.095	0.140	0.248
90	0.603	0.867	0.194	31.313	53.880	3.447	0.155	0.278
120	0.606	0.872	0.191	31.528	54.191	3.476	0.155	0.279

ตารางที่ 197 ผลของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลที่ร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ที่มีต่อร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 190 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 6:1

เวลา (นาที)	ร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวล							
	C12	C14	C16:1	C16:0	C18:1-3	C18:0	C20:1	C20:0
0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
5	0.048	0.098	0.042	2.587	4.571	0.304	0.014	0.021
10	0.125	0.210	0.068	6.756	11.501	0.762	0.032	0.061
15	0.191	0.313	0.095	10.218	17.328	1.148	0.054	0.090
20	0.251	0.390	0.105	13.364	22.661	1.491	0.069	0.118
30	0.337	0.510	0.131	17.777	30.176	1.971	0.090	0.157

40	0.415	0.616	0.152	21.793	37.152	2.412	0.109	0.192
50	0.482	0.726	0.185	25.233	43.195	2.811	0.126	0.224
60	0.535	0.778	0.181	27.795	47.685	3.072	0.138	0.245
90	0.644	0.926	0.209	33.277	57.314	3.666	0.163	0.295
120	0.684	0.954	0.208	33.961	58.408	3.731	0.167	0.304

ตารางที่ 198 ผลของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลที่ร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ที่มีต่อร้อยละของไตรกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์ที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 190 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 6:1

เวลา (นาที)	ร้อยละของไตรกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์
0	100.000
5	95.404
10	77.711
15	62.925
20	49.653
30	37.557
40	26.030
50	18.957
60	11.781
90	2.999
120	0.606

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 199 ผลของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลที่ร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ที่มีต่อร้อยละของไดกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์ที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 190 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 6:1

เวลา (นาที)	ร้อยละของไดกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์
0	0.000
5	14.859
10	18.443
15	18.496
20	18.050
30	16.110
40	13.564
50	11.889
60	8.780
90	4.157
120	2.156

ตารางที่ 200 ผลของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลที่ร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ที่มีต่อร้อยละของมอนอกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์ที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 190 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 6:1

เวลา (นาที)	ร้อยละของมอนอกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์
0	0.000
5	1.257
10	3.751
15	5.696
20	7.657
30	9.818
40	10.662

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

50	12.592
60	11.404
90	9.914
120	8.090

ตารางที่ 201 ผลของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลที่ร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ที่มีต่อร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลหลังหักปริมาณเมทานอลที่ระเหย ณ เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 190 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 6:1

เวลา (นาที)	ร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลหลังหักปริมาณเมทานอลที่ระเหย							
	C12	C14	C16:1	C16:0	C18:1-3	C18:0	C20:1	C20:0
0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
5	0.042	0.085	0.036	2.250	3.975	0.264	0.012	0.018
10	0.109	0.183	0.059	5.875	10.002	0.662	0.028	0.053
15	0.166	0.272	0.083	8.886	15.069	0.998	0.047	0.078
20	0.219	0.339	0.091	11.622	19.707	1.297	0.060	0.103
30	0.293	0.443	0.114	15.459	26.242	1.714	0.078	0.137
40	0.361	0.536	0.132	18.952	32.309	2.098	0.095	0.167
50	0.420	0.631	0.161	21.944	37.564	2.445	0.109	0.195
60	0.465	0.677	0.157	24.172	41.469	2.671	0.120	0.213
90	0.560	0.805	0.181	28.939	49.842	3.188	0.142	0.256
120	0.594	0.830	0.181	29.533	50.794	3.244	0.145	0.264

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 202 ผลของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลที่ร้อยละ 20 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ที่มีต่อร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 190 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 6:1

เวลา (นาที)	ร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวล							
	C12	C14	C16:1	C16:0	C18:1-3	C18:0	C20:1	C20:0
0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
5	0.070	0.135	0.060	3.743	6.851	0.442	0.019	0.036
10	0.146	0.241	0.078	7.791	13.612	0.883	0.041	0.071
15	0.226	0.354	0.101	12.010	20.754	1.345	0.065	0.107
20	0.274	0.419	0.114	14.358	24.760	1.600	0.074	0.126
30	0.355	0.529	0.135	18.497	31.896	2.053	0.095	0.168
40	0.424	0.622	0.152	22.022	38.013	2.441	0.112	0.201
50	0.486	0.707	0.169	25.167	43.568	2.793	0.127	0.229
60	0.533	0.769	0.179	27.519	47.671	3.045	0.137	0.250
90	0.634	0.911	0.204	32.620	56.747	3.609	0.161	0.296
120	0.664	0.948	0.211	34.111	59.481	3.773	0.169	0.311

ตารางที่ 203 ผลของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลที่ร้อยละ 20 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ที่มีต่อร้อยละของไตรกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์ที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 190 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 6:1

เวลา (นาที)	ร้อยละของไตรกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์
0	100.000
5	91.819
10	70.036
15	56.234
20	44.416
30	31.722

40	21.605
50	15.378
60	9.817
90	2.988
120	0.691

ตารางที่ 204 ผลของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลที่ร้อยละ 20 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ที่มีต่อร้อยละของไดกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์ที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 190 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 6:1

เวลา (นาที)	ร้อยละของไดกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์
0	0.000
5	14.998
10	16.175
15	16.732
20	15.589
30	13.824
40	11.457
50	9.262
60	7.223
90	3.894
120	2.246

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 205 ผลของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลที่ร้อยละ 20 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ที่มีต่อร้อยละของมอนอกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์ที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 190 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 6:1

เวลา (นาที)	ร้อยละของมอนอกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์
0	0.000
5	1.735
10	4.031
15	6.639
20	7.912
30	9.059
40	10.321
50	10.566
60	10.421
90	9.493
120	7.968

ตารางที่ 206 ผลของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลที่ร้อยละ 20 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ที่มีต่อร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลหลังหักปริมาณเมทานอลที่ระเหย ณ เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 190 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 6:1

เวลา (นาที)	ร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลหลังหักปริมาณเมทานอลที่ระเหย							
	C12	C14	C16:1	C16:0	C18:1-3	C18:0	C20:1	C20:0
0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
5	0.060	0.117	0.052	3.232	5.916	0.382	0.017	0.031
10	0.126	0.208	0.068	6.728	11.755	0.762	0.036	0.061
15	0.195	0.305	0.087	10.371	17.922	1.162	0.056	0.093
20	0.236	0.361	0.098	12.399	21.382	1.382	0.064	0.109
30	0.306	0.457	0.117	15.973	27.543	1.773	0.082	0.145

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

40	0.366	0.537	0.131	19.017	32.825	2.108	0.097	0.173
50	0.419	0.611	0.146	21.733	37.623	2.412	0.109	0.198
60	0.461	0.664	0.154	23.764	41.166	2.630	0.118	0.216
90	0.548	0.786	0.177	28.169	49.003	3.117	0.139	0.255
120	0.573	0.818	0.182	29.456	51.364	3.258	0.146	0.268

ตารางที่ 207 ผลของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลที่ร้อยละ 0 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ที่มีต่อร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 6:1

เวลา (นาที)	ร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวล							
	C12	C14	C16:1	C16:0	C18:1-3	C18:0	C20:1	C20:0
0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
5	0.000	0.033	0.026	0.327	0.472	0.032	0.000	0.000
10	0.019	0.052	0.030	1.073	1.638	0.111	0.009	0.009
15	0.035	0.075	0.035	2.001	3.105	0.210	0.013	0.016
20	0.051	0.099	0.041	2.906	4.556	0.307	0.018	0.024
30	0.084	0.147	0.051	4.661	7.396	0.497	0.026	0.039
40	0.120	0.201	0.063	6.623	10.624	0.723	0.034	0.055
50	0.151	0.243	0.071	8.278	13.415	0.902	0.041	0.073
60	0.195	0.306	0.085	10.594	17.282	1.155	0.057	0.093
90	0.284	0.431	0.111	15.160	25.051	1.658	0.078	0.132
120	0.368	0.552	0.138	19.586	32.684	2.143	0.098	0.171

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 208 ผลของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลที่ร้อยละ 0 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ที่มีต่อร้อยละของไตรกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์ที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 6:1

เวลา (นาที)	ร้อยละของไตรกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์
0	100.000
5	114.021
10	108.032
15	101.458
20	93.604
30	83.044
40	76.239
50	65.859
60	61.252
90	43.534
120	31.942

ตารางที่ 209 ผลของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลที่ร้อยละ 0 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ที่มีต่อร้อยละของไดกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์ที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 6:1

เวลา (นาที)	ร้อยละของไดกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์
0	0.000
5	11.117
10	12.582
15	13.184
20	14.017
30	16.388
40	17.865

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

50	17.651
60	18.070
90	15.870
120	13.904

ตารางที่ 210 ผลของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลที่ร้อยละ 0 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ที่มีต่อร้อยละของมอนอกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์ที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 6:1

เวลา (นาที)	ร้อยละของมอนอกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์
0	0.000
5	0.155
10	0.475
15	0.925
20	1.329
30	2.384
40	3.657
50	4.510
60	5.906
90	8.002
120	10.011

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 211 ผลของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลที่ร้อยละ 0 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ที่มีต่อร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลหลังหักปริมาณเมทานอลที่ระเหย ณ เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 6:1

เวลา (นาที)	ร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลหลังหักปริมาณเมทานอลที่ระเหย							
	C12	C14	C16:1	C16:0	C18:1-3	C18:0	C20:1	C20:0
0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
5	0.000	0.028	0.022	0.278	0.402	0.027	0.000	0.000
10	0.016	0.044	0.025	0.913	1.394	0.094	0.008	0.007
15	0.030	0.064	0.030	1.703	2.643	0.179	0.011	0.014
20	0.043	0.084	0.035	2.473	3.878	0.261	0.015	0.021
30	0.071	0.125	0.044	3.967	6.295	0.423	0.022	0.033
40	0.102	0.171	0.054	5.637	9.043	0.615	0.029	0.047
50	0.128	0.207	0.061	7.046	11.418	0.768	0.035	0.062
60	0.166	0.260	0.072	9.017	14.710	0.983	0.048	0.079
90	0.241	0.367	0.095	12.904	21.322	1.411	0.066	0.113
120	0.314	0.470	0.117	16.670	27.819	1.824	0.083	0.146

ตารางที่ 212 ผลของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลที่ร้อยละ 5 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ที่มีต่อร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 6:1

เวลา (นาที)	ร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวล							
	C12	C14	C16:1	C16:0	C18:1-3	C18:0	C20:1	C20:0
0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
5	0.011	0.040	0.029	0.575	1.050	0.069	0.005	0.004
10	0.033	0.071	0.035	1.805	2.984	0.189	0.011	0.014
15	0.054	0.105	0.043	3.018	4.935	0.335	0.017	0.025
20	0.071	0.129	0.048	3.977	6.501	0.440	0.022	0.032
30	0.102	0.176	0.058	5.684	9.323	0.628	0.029	0.047

40	0.137	0.222	0.067	7.527	12.370	0.826	0.037	0.067
50	0.174	0.288	0.095	9.477	15.658	1.050	0.050	0.084
60	0.204	0.320	0.089	11.072	18.346	1.216	0.058	0.097
90	0.290	0.438	0.113	15.439	25.771	1.689	0.078	0.135
120	0.363	0.555	0.155	19.295	32.431	2.120	0.097	0.168

ตารางที่ 213 ผลของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลที่ร้อยละ 5 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ที่มีต่อร้อยละของไตรกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์ที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 6:1

เวลา (นาที)	ร้อยละของไตรกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์
0	100.000
5	106.458
10	100.723
15	94.065
20	88.500
30	79.721
40	71.597
50	66.155
60	56.921
90	42.011
120	32.512

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 214 ผลของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลที่ร้อยละ 5 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ที่มีต่อร้อยละของไดกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์ที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 6:1

เวลา (นาที)	ร้อยละของไดกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์
0	0.000
5	10.562
10	13.243
15	14.741
20	15.447
30	16.298
40	17.232
50	16.693
60	16.910
90	15.184
120	12.932

ตารางที่ 215 ผลของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลที่ร้อยละ 5 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ที่มีต่อร้อยละของมอนอกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์ที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 6:1

เวลา (นาที)	ร้อยละของมอนอกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์
0	0.000
5	0.252
10	0.789
15	1.382
20	1.917
30	2.869
40	3.966

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

50	4.968
60	6.238
90	8.041
120	8.845

ตารางที่ 216 ผลของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลที่ร้อยละ 5 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ที่มีต่อร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลหลังหักปริมาณเมทานอลที่ระเหย ณ เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 6:1

เวลา (นาที)	ร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลหลังหักปริมาณเมทานอลที่ระเหย							
	C12	C14	C16:1	C16:0	C18:1-3	C18:0	C20:1	C20:0
0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
5	0.010	0.035	0.026	0.510	0.931	0.061	0.005	0.004
10	0.029	0.063	0.031	1.601	2.648	0.168	0.010	0.013
15	0.048	0.093	0.039	2.677	4.378	0.297	0.015	0.022
20	0.063	0.115	0.042	3.529	5.768	0.390	0.019	0.029
30	0.091	0.156	0.051	5.042	8.272	0.557	0.026	0.042
40	0.122	0.197	0.059	6.678	10.975	0.733	0.033	0.060
50	0.154	0.255	0.084	8.408	13.892	0.931	0.045	0.075
60	0.181	0.284	0.079	9.823	16.276	1.078	0.051	0.086
90	0.257	0.389	0.100	13.698	22.864	1.499	0.069	0.120
120	0.322	0.493	0.138	17.119	28.773	1.881	0.086	0.149

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 217 ผลของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลที่ร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ที่มีต่อร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 6:1

เวลา (นาที)	ร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวล							
	C12	C14	C16:1	C16:0	C18:1-3	C18:0	C20:1	C20:0
0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
5	0.013	0.045	0.038	0.607	1.302	0.071	0.004	0.004
10	0.032	0.069	0.036	1.703	3.023	0.194	0.009	0.013
15	0.052	0.109	0.058	2.844	4.851	0.321	0.014	0.023
20	0.069	0.133	0.062	3.769	6.356	0.422	0.018	0.041
30	0.099	0.180	0.074	5.429	9.061	0.606	0.025	0.049
40	0.125	0.205	0.064	6.760	11.283	0.747	0.031	0.061
50	0.160	0.261	0.083	8.620	14.383	0.952	0.046	0.077
60	0.185	0.290	0.082	9.905	16.560	1.090	0.053	0.086
90	0.264	0.403	0.107	14.059	23.632	1.544	0.072	0.123
120	0.338	0.503	0.126	17.774	30.025	1.959	0.089	0.156

ตารางที่ 218 ผลของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลที่ร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ที่มีต่อร้อยละของไตรกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์ที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 6:1

เวลา (นาที)	ร้อยละของไตรกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์
0	100.000
5	104.600
10	103.048
15	94.666
20	89.664
30	81.409

40	71.863
50	67.680
60	59.614
90	46.074
120	35.908

ตารางที่ 219 ผลของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลที่ร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ที่มีต่อร้อยละของไดกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์ที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 6:1

เวลา (นาที)	ร้อยละของไดกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์
0	0.000
5	10.732
10	12.336
15	13.822
20	14.654
30	15.563
40	15.124
50	15.956
60	16.137
90	15.038
120	13.184

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 220 ผลของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลที่ร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ที่มีต่อร้อยละของมอนอกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์ที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 6:1

เวลา (นาที)	ร้อยละของมอนอกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์
0	0.000
5	0.289
10	0.695
15	1.251
20	1.748
30	2.663
40	3.735
50	4.452
60	5.507
90	7.441
120	8.785

ตารางที่ 221 ผลของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลที่ร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ที่มีต่อร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลหลังหักปริมาณเมทานอลที่ระเหย ณ เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 6:1

เวลา (นาที)	ร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลหลังหักปริมาณเมทานอลที่ระเหย							
	C12	C14	C16:1	C16:0	C18:1-3	C18:0	C20:1	C20:0
0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
5	0.012	0.040	0.034	0.541	1.160	0.064	0.004	0.003
10	0.029	0.062	0.032	1.518	2.696	0.173	0.008	0.012
15	0.047	0.097	0.052	2.536	4.325	0.286	0.013	0.021
20	0.062	0.118	0.055	3.361	5.668	0.377	0.016	0.036
30	0.089	0.161	0.066	4.841	8.079	0.540	0.022	0.044

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

40	0.111	0.183	0.057	6.027	10.061	0.666	0.028	0.055
50	0.143	0.233	0.074	7.687	12.824	0.849	0.041	0.068
60	0.165	0.258	0.073	8.832	14.766	0.972	0.047	0.077
90	0.235	0.359	0.095	12.536	21.072	1.377	0.064	0.110
120	0.301	0.448	0.112	15.849	26.772	1.747	0.079	0.139

ตารางที่ 222 ผลของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลที่ร้อยละ 20 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ที่มีต่อร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 6:1

เวลา (นาที)	ร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวล							
	C12	C14	C16:1	C16:0	C18:1-3	C18:0	C20:1	C20:0
0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
5	0.012	0.035	0.027	0.443	1.404	0.062	0.003	0.005
10	0.029	0.065	0.038	1.434	2.949	0.169	0.007	0.014
15	0.045	0.085	0.039	2.325	4.433	0.268	0.010	0.023
20	0.059	0.108	0.048	3.077	5.583	0.347	0.013	0.030
30	0.085	0.144	0.053	4.483	7.900	0.503	0.021	0.042
40	0.110	0.199	0.088	5.884	10.222	0.663	0.026	0.056
50	0.136	0.218	0.068	7.283	12.543	0.809	0.033	0.068
60	0.164	0.257	0.076	8.698	14.901	0.963	0.045	0.078
90	0.229	0.356	0.103	12.210	20.935	1.351	0.063	0.109
120	0.285	0.426	0.111	14.941	25.568	1.645	0.078	0.137

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 223 ผลของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลที่ร้อยละ 20 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ที่มีต่อร้อยละของไตรกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์ที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 6:1

เวลา (นาที)	ร้อยละของไตรกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์
0	100.000
5	106.633
10	103.531
15	98.084
20	90.819
30	83.686
40	77.458
50	69.628
60	64.677
90	51.866
120	43.386

ตารางที่ 224 ผลของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลที่ร้อยละ 20 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ที่มีต่อร้อยละของไดกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์ที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 6:1

เวลา (นาที)	ร้อยละของไดกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์
0	0.000
5	9.365
10	10.150
15	12.455
30	13.948
40	13.801
50	14.441

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

60	14.936
90	14.230
120	13.066

ตารางที่ 225 ผลของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลที่ร้อยละ 20 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ที่มีต่อร้อยละของมอนอกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์ที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 6:1

เวลา (นาที)	ร้อยละของมอนอกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์
0	0.000
5	0.192
10	0.511
15	0.918
30	2.036
40	2.723
50	3.459
60	4.210
90	5.791
120	7.249

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 226 ผลของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลที่ร้อยละ 20 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ที่มีต่อร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลหลังหักปริมาณเมทานอลที่ระเหย ณ เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 6:1

เวลา (นาที)	ร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลหลังหักปริมาณเมทานอลที่ระเหย							
	C12	C14	C16:1	C16:0	C18:1-3	C18:0	C20:1	C20:0
0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
5	0.011	0.031	0.024	0.395	1.252	0.055	0.002	0.005
10	0.026	0.058	0.034	1.279	2.630	0.151	0.006	0.012
15	0.040	0.076	0.035	2.073	3.953	0.239	0.009	0.020
20	0.053	0.097	0.043	2.744	4.979	0.310	0.011	0.027
30	0.076	0.128	0.047	3.998	7.045	0.448	0.018	0.038
40	0.098	0.177	0.079	5.247	9.116	0.591	0.024	0.050
50	0.121	0.194	0.060	6.494	11.185	0.721	0.030	0.061
60	0.146	0.229	0.068	7.757	13.288	0.859	0.040	0.070
90	0.204	0.317	0.092	10.888	18.669	1.205	0.056	0.098
120	0.254	0.380	0.099	13.324	22.800	1.467	0.070	0.122

ตารางที่ 227 ผลของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลที่ร้อยละ 0 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ที่มีต่อร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 6:1

เวลา (นาที)	ร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวล							
	C12	C14	C16:1	C16:0	C18:1-3	C18:0	C20:1	C20:0
0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
5	0.000	0.029	0.032	0.133	0.145	0.011	0.000	0.000
10	0.000	0.029	0.030	0.154	0.171	0.013	0.000	0.000
15	0.000	0.030	0.030	0.238	0.271	0.022	0.000	0.000
20	0.007	0.032	0.025	0.340	0.407	0.033	0.000	0.000
30	0.011	0.038	0.028	0.578	0.706	0.058	0.000	0.000

40	0.016	0.046	0.033	0.886	1.093	0.090	0.008	0.007
50	0.024	0.056	0.035	1.316	1.639	0.136	0.010	0.011
60	0.033	0.070	0.035	1.814	2.273	0.189	0.012	0.015
90	0.063	0.115	0.044	3.495	4.450	0.369	0.021	0.029
120	0.099	0.168	0.054	5.440	8.633	0.590	0.029	0.045

ตารางที่ 228 ผลของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลที่ร้อยละ 0 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ที่มีต่อร้อยละของไตรกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์ที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 6:1

เวลา (นาที)	ร้อยละของไตรกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์
0	100.000
5	102.507
10	103.434
15	103.907
20	103.041
30	100.502
40	97.747
50	96.379
60	94.194
90	84.222
120	74.815

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 229 ผลของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลที่ร้อยละ 0 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ที่มีต่อร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลหลังหักปริมาณเมทานอลที่ระเหย ณ เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 6:1

เวลา (นาที)	ร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลหลังหักปริมาณเมทานอลที่ระเหย							
	C12	C14	C16:1	C16:0	C18:1-3	C18:0	C20:1	C20:0
0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
5	0.000	0.028	0.030	0.126	0.138	0.010	0.000	0.000
10	0.000	0.027	0.029	0.147	0.163	0.013	0.000	0.000
15	0.000	0.029	0.029	0.226	0.257	0.021	0.000	0.000
20	0.006	0.031	0.024	0.323	0.386	0.031	0.000	0.000
30	0.010	0.036	0.027	0.549	0.670	0.055	0.000	0.000
40	0.015	0.043	0.031	0.841	1.038	0.086	0.008	0.007
50	0.023	0.053	0.033	1.249	1.556	0.129	0.010	0.010
60	0.031	0.066	0.033	1.722	2.158	0.179	0.012	0.014
90	0.060	0.109	0.042	3.317	4.224	0.350	0.020	0.027
120	0.094	0.159	0.051	5.164	8.195	0.560	0.027	0.043

ตารางที่ 230 ผลของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลที่ร้อยละ 5 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ที่มีต่อร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 6:1

เวลา (นาที)	ร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวล							
	C12	C14	C16:1	C16:0	C18:1-3	C18:0	C20:1	C20:0
0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
5	0.003	0.025	0.023	0.098	0.305	0.006	0.003	0.000
10	0.005	0.028	0.025	0.229	0.493	0.019	0.004	0.001
15	0.008	0.033	0.027	0.390	0.742	0.036	0.004	0.002
20	0.011	0.037	0.027	0.568	1.014	0.056	0.005	0.004
30	0.017	0.045	0.028	0.882	1.504	0.090	0.007	0.006

40	0.023	0.053	0.030	1.218	2.016	0.126	0.009	0.009
50	0.030	0.065	0.032	1.657	2.717	0.173	0.011	0.013
60	0.039	0.079	0.036	2.184	3.543	0.230	0.013	0.018
90	0.069	0.123	0.045	3.790	6.133	0.415	0.021	0.031
120	0.102	0.175	0.066	5.606	9.090	0.611	0.029	0.055

ตารางที่ 231 ผลของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลที่ร้อยละ 5 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ที่มีต่อร้อยละของไตรกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์ที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 6:1

เวลา (นาที)	ร้อยละของไตรกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์
0	100.000
5	103.654
10	102.836
15	104.656
20	99.382
30	98.088
40	94.230
50	94.255
60	91.374
90	82.382
120	75.229

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 232 ผลของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลที่ร้อยละ 5 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ที่มีต่อร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลหลังหักปริมาณเมทานอลที่ระเหย ณ เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 6:1

เวลา (นาที)	ร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลหลังหักปริมาณเมทานอลที่ระเหย							
	C12	C14	C16:1	C16:0	C18:1-3	C18:0	C20:1	C20:0
0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
5	0.003	0.023	0.022	0.092	0.286	0.005	0.003	0.000
10	0.005	0.026	0.023	0.214	0.462	0.018	0.003	0.001
15	0.008	0.031	0.025	0.366	0.695	0.034	0.004	0.002
20	0.010	0.034	0.025	0.533	0.951	0.052	0.005	0.004
30	0.016	0.042	0.027	0.826	1.410	0.084	0.007	0.006
40	0.021	0.050	0.028	1.141	1.890	0.118	0.008	0.009
50	0.028	0.061	0.030	1.553	2.548	0.162	0.010	0.012
60	0.037	0.074	0.034	2.047	3.322	0.215	0.013	0.016
90	0.064	0.116	0.043	3.554	5.750	0.389	0.020	0.029
120	0.096	0.164	0.061	5.256	8.522	0.573	0.027	0.051

ตารางที่ 233 ผลของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลที่ร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ที่มีต่อร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 6:1

เวลา (นาที)	ร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวล							
	C12	C14	C16:1	C16:0	C18:1-3	C18:0	C20:1	C20:0
0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
5	0.003	0.024	0.026	0.033	0.364	0.000	0.001	0.000
10	0.006	0.027	0.026	0.180	0.575	0.013	0.002	0.000
15	0.007	0.030	0.027	0.319	0.794	0.029	0.003	0.001
20	0.011	0.035	0.027	0.484	1.059	0.047	0.004	0.003
30	0.015	0.041	0.028	0.740	1.440	0.084	0.006	0.005

40	0.020	0.049	0.030	1.019	1.881	0.105	0.006	0.008
50	0.026	0.057	0.032	1.357	2.414	0.143	0.008	0.011
60	0.032	0.069	0.034	1.697	2.950	0.191	0.009	0.013
90	0.056	0.102	0.040	3.015	5.051	0.333	0.016	0.024
120	0.075	0.130	0.046	4.093	6.803	0.451	0.021	0.037

ตารางที่ 234 ผลของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลที่ร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ที่มีต่อร้อยละของไตรกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์ที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 6:1

เวลา (นาที)	ร้อยละของไตรกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์
0	100.000
5	103.655
10	103.803
15	102.973
20	104.054
30	99.034
40	97.591
50	96.910
60	91.597
90	87.838
120	77.196

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 235 ผลของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลที่ร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ที่มีต่อร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลหลังหักปริมาณเมทานอลที่ระเหย ณ เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 6:1

เวลา (นาที)	ร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลหลังหักปริมาณเมทานอลที่ระเหย							
	C12	C14	C16:1	C16:0	C18:1-3	C18:0	C20:1	C20:0
0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
5	0.003	0.023	0.024	0.031	0.342	0.000	0.001	0.000
10	0.005	0.026	0.025	0.169	0.540	0.012	0.002	0.000
15	0.007	0.028	0.026	0.300	0.746	0.028	0.003	0.001
20	0.010	0.033	0.026	0.455	0.995	0.045	0.003	0.003
30	0.014	0.039	0.027	0.696	1.354	0.079	0.006	0.005
40	0.018	0.046	0.029	0.958	1.769	0.099	0.006	0.007
50	0.024	0.054	0.030	1.276	2.269	0.134	0.008	0.010
60	0.030	0.065	0.032	1.595	2.773	0.180	0.009	0.012
90	0.053	0.096	0.038	2.835	4.749	0.313	0.015	0.022
120	0.071	0.122	0.043	3.848	6.396	0.424	0.019	0.034

ตารางที่ 236 ผลของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลที่ร้อยละ 20 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ที่มีต่อร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 6:1

เวลา (นาที)	ร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวล							
	C12	C14	C16:1	C16:0	C18:1-3	C18:0	C20:1	C20:0
0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
5	0.005	0.023	0.024	0.047	0.739	0.014	0.000	0.002
10	0.009	0.028	0.025	0.244	1.003	0.034	0.001	0.003
15	0.011	0.031	0.027	0.351	1.177	0.045	0.002	0.004
20	0.014	0.036	0.029	0.515	1.416	0.060	0.002	0.006
30	0.015	0.038	0.028	0.641	1.634	0.076	0.003	0.007

40	0.019	0.042	0.028	0.812	1.893	0.094	0.004	0.009
50	0.023	0.049	0.031	1.080	2.312	0.123	0.005	0.011
60	0.029	0.060	0.033	1.437	2.880	0.162	0.007	0.015
90	0.046	0.083	0.037	2.404	4.424	0.267	0.011	0.023
120	0.064	0.111	0.046	3.356	5.971	0.375	0.015	0.032

ตารางที่ 237 ผลของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลที่ร้อยละ 20 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ที่มีต่อร้อยละของไตรกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์ที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 6:1

เวลา (นาที)	ร้อยละของไตรกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์
0	100.000
5	104.409
10	104.545
15	106.174
20	105.047
30	101.214
40	97.715
50	96.308
60	96.704
90	92.368
120	84.996

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 238 ผลของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลที่ร้อยละ 20 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ที่มีต่อร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลหลังหักปริมาณเมทานอลที่ระเหย ณ เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 6:1

เวลา (นาที)	ร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลหลังหักปริมาณเมทานอลที่ระเหย							
	C12	C14	C16:1	C16:0	C18:1-3	C18:0	C20:1	C20:0
0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
5	0.005	0.022	0.023	0.044	0.699	0.013	0.000	0.002
10	0.009	0.027	0.024	0.231	0.950	0.032	0.001	0.003
15	0.010	0.030	0.025	0.332	1.115	0.043	0.001	0.004
20	0.013	0.034	0.027	0.487	1.341	0.057	0.002	0.005
30	0.015	0.036	0.027	0.607	1.547	0.072	0.003	0.006
40	0.018	0.039	0.026	0.769	1.792	0.089	0.004	0.008
50	0.022	0.047	0.029	1.023	2.189	0.117	0.005	0.011
60	0.028	0.056	0.032	1.361	2.727	0.154	0.007	0.015
90	0.044	0.079	0.036	2.276	4.189	0.253	0.011	0.022
120	0.061	0.106	0.043	3.178	5.654	0.355	0.014	0.030

ตารางที่ 239 ผลของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลที่ร้อยละ 0 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ที่มีต่อร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 6:1

เวลา (นาที)	ร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวล							
	C12	C14	C16:1	C16:0	C18:1-3	C18:0	C20:1	C20:0
0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
5	0.000	0.015	0.014	0.068	0.065	0.019	0.000	0.000
10	0.000	0.015	0.015	0.063	0.060	0.013	0.000	0.000
15	0.000	0.016	0.014	0.089	0.094	0.019	0.000	0.000
20	0.000	0.018	0.015	0.149	0.169	0.023	0.000	0.000
30	0.014	0.027	0.017	0.411	0.534	0.046	0.000	0.000

40	0.028	0.041	0.020	0.848	1.123	0.074	0.007	0.005
50	0.050	0.062	0.025	1.491	1.990	0.134	0.010	0.010
60	0.078	0.089	0.030	2.338	3.137	0.213	0.014	0.016
90	0.185	0.196	0.051	5.709	7.738	0.550	0.028	0.040
120	0.300	0.326	0.078	9.938	13.682	0.979	0.046	0.072

ตารางที่ 240 ผลของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลที่ร้อยละ 0 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ที่มีต่อร้อยละของไตรกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์ที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 6:1

เวลา (นาที)	ร้อยละของไตรกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์
0	100.000
5	105.477
10	106.751
15	102.184
20	103.247
30	101.797
40	101.494
50	99.713
60	94.506
90	80.631
120	68.561

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 241 ผลของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลที่ร้อยละ 0 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ที่มีต่อร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลหลังหักปริมาณเมทานอลที่ระเหย ณ เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 6:1

เวลา (นาที)	ร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลหลังหักปริมาณเมทานอลที่ระเหย							
	C12	C14	C16:1	C16:0	C18:1-3	C18:0	C20:1	C20:0
0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
5	0.000	0.014	0.013	0.063	0.061	0.018	0.000	0.000
10	0.000	0.014	0.014	0.059	0.055	0.012	0.000	0.000
15	0.000	0.014	0.013	0.082	0.087	0.017	0.000	0.000
20	0.000	0.017	0.014	0.138	0.157	0.021	0.000	0.000
30	0.013	0.025	0.015	0.382	0.496	0.043	0.000	0.000
40	0.026	0.038	0.019	0.788	1.043	0.069	0.007	0.004
50	0.047	0.058	0.024	1.385	1.849	0.124	0.009	0.009
60	0.073	0.083	0.028	2.172	2.914	0.198	0.013	0.014
90	0.172	0.182	0.047	5.303	7.188	0.511	0.026	0.037
120	0.279	0.303	0.073	9.231	12.709	0.909	0.043	0.067

ตารางที่ 242 ผลของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลที่ร้อยละ 5 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ที่มีต่อร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 6:1

เวลา (นาที)	ร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวล							
	C12	C14	C16:1	C16:0	C18:1-3	C18:0	C20:1	C20:0
0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
5	0.006	0.018	0.016	0.197	0.000	0.015	0.003	0.001
10	0.011	0.023	0.017	0.345	0.110	0.029	0.003	0.002
15	0.015	0.027	0.019	0.482	0.285	0.042	0.004	0.003
20	0.019	0.032	0.019	0.656	0.519	0.059	0.005	0.004
30	0.027	0.039	0.020	0.897	0.849	0.089	0.006	0.010

40	0.038	0.052	0.024	1.270	1.345	0.119	0.008	0.009
50	0.053	0.068	0.026	1.813	2.065	0.173	0.010	0.013
60	0.070	0.085	0.029	2.352	2.798	0.225	0.013	0.017
90	0.138	0.161	0.045	4.847	6.181	0.479	0.024	0.036
120	0.228	0.270	0.067	8.490	11.729	0.855	0.039	0.066

ตารางที่ 243 ผลของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลที่ร้อยละ 5 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ที่มีต่อร้อยละของไตรกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์ที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 6:1

เวลา (นาที)	ร้อยละของไตรกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์
0	100.000
5	91.225
10	87.931
15	89.723
20	87.764
30	84.394
40	86.352
50	86.527
60	79.237
90	70.275
120	59.176

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 244 ผลของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลที่ร้อยละ 5 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ที่มีต่อร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลหลังหักปริมาณเมทานอลที่ระเหย ณ เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 6:1

เวลา (นาที)	ร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลหลังหักปริมาณเมทานอลที่ระเหย							
	C12	C14	C16:1	C16:0	C18:1-3	C18:0	C20:1	C20:0
0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
5	0.006	0.019	0.017	0.206	0.000	0.016	0.003	0.001
10	0.011	0.024	0.018	0.362	0.115	0.031	0.004	0.002
15	0.015	0.029	0.019	0.505	0.298	0.044	0.004	0.003
20	0.020	0.034	0.020	0.688	0.544	0.062	0.005	0.004
30	0.028	0.041	0.021	0.940	0.890	0.094	0.007	0.011
40	0.040	0.054	0.025	1.332	1.410	0.125	0.008	0.010
50	0.056	0.072	0.027	1.901	2.165	0.182	0.011	0.014
60	0.073	0.089	0.030	2.466	2.934	0.236	0.014	0.018
90	0.145	0.169	0.047	5.081	6.481	0.502	0.025	0.038
120	0.239	0.283	0.071	8.901	12.297	0.896	0.041	0.069

ตารางที่ 245 ผลของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลที่ร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ที่มีต่อร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 6:1

เวลา (นาที)	ร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวล							
	C12	C14	C16:1	C16:0	C18:1-3	C18:0	C20:1	C20:0
0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
5	0.004	0.018	0.019	0.103	0.000	0.015	0.002	0.000
10	0.006	0.021	0.021	0.172	0.000	0.013	0.002	0.000
15	0.010	0.022	0.019	0.300	0.000	0.034	0.003	0.001
20	0.011	0.025	0.020	0.343	0.000	0.038	0.003	0.001
30	0.017	0.031	0.020	0.552	0.000	0.059	0.004	0.004

40	0.022	0.037	0.022	0.756	0.243	0.079	0.005	0.006
50	0.030	0.046	0.023	1.036	0.605	0.109	0.006	0.008
60	0.038	0.055	0.025	1.380	1.067	0.141	0.008	0.011
90	0.070	0.092	0.032	2.612	2.724	0.265	0.013	0.021
120	0.117	0.151	0.045	4.626	5.391	0.473	0.024	0.037

ตารางที่ 246 ผลของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลที่ร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ที่มีต่อร้อยละของไตรกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์ที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 6:1

เวลา (นาที)	ร้อยละของไตรกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์
0	100.000
5	100.163
10	103.246
15	101.056
20	99.775
30	101.118
40	96.838
50	97.341
60	94.849
90	87.407
120	80.848

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 247 ผลของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลที่ร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ที่มีต่อร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลหลังหักปริมาณเมทานอลที่ระเหย ณ เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 6:1

เวลา (นาที)	ร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลหลังหักปริมาณเมทานอลที่ระเหย							
	C12	C14	C16:1	C16:0	C18:1-3	C18:0	C20:1	C20:0
0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
5	0.004	0.017	0.019	0.102	0.000	0.014	0.002	0.000
10	0.006	0.020	0.020	0.170	0.000	0.012	0.002	0.000
15	0.010	0.022	0.019	0.296	0.000	0.033	0.003	0.001
20	0.011	0.025	0.019	0.340	0.000	0.037	0.003	0.001
30	0.016	0.031	0.020	0.546	0.000	0.059	0.004	0.004
40	0.021	0.036	0.021	0.748	0.240	0.078	0.005	0.006
50	0.029	0.045	0.023	1.025	0.599	0.107	0.006	0.008
60	0.037	0.054	0.025	1.365	1.056	0.140	0.008	0.011
90	0.069	0.091	0.032	2.584	2.694	0.262	0.013	0.020
120	0.115	0.149	0.045	4.576	5.333	0.467	0.023	0.036

ตารางที่ 248 ผลของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลที่ร้อยละ 20 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ที่มีต่อร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 6:*1*

เวลา (นาที)	ร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวล							
	C12	C14	C16:1	C16:0	C18:1-3	C18:0	C20:1	C20:0
0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
5	0.003	0.025	0.034	0.000	0.483	0.000	0.000	0.001
10	0.004	0.023	0.026	0.000	0.536	0.000	0.000	0.001
15	0.003	0.021	0.025	0.000	0.460	0.000	0.000	0.000
20	0.003	0.021	0.024	0.000	0.526	0.000	0.000	0.000
30	0.005	0.023	0.025	0.004	0.644	0.007	0.001	0.001

40	0.007	0.025	0.026	0.118	0.782	0.017	0.001	0.001
50	0.010	0.028	0.025	0.218	0.955	0.027	0.002	0.003
60	0.013	0.032	0.028	0.365	1.205	0.043	0.003	0.004
90	0.024	0.045	0.029	0.863	1.996	0.095	0.005	0.009
120	0.038	0.063	0.032	1.506	3.006	0.161	0.008	0.013

ตารางที่ 249 ผลของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลที่ร้อยละ 20 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ที่มีต่อร้อยละของไตรกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์ที่เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 6:1

เวลา (นาที)	ร้อยละของไตรกลีเซอไรด์โดยมวลภายในเครื่องปฏิกรณ์
0	100.000
5	100.249
10	99.402
15	99.264
20	99.554
30	102.250
40	99.521
50	99.232
60	99.426
90	96.747
120	91.194

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 250 ผลของปริมาณของตัวทำละลายร่วมไบโอดีเซลที่ร้อยละ 20 โดยมวลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ที่มีต่อร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลหลังหักปริมาณเมทานอลที่ระเหย ณ เวลาต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 6:1

เวลา (นาที)	ร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลโดยมวลหลังหักปริมาณเมทานอลที่ระเหย							
	C12	C14	C16:1	C16:0	C18:1-3	C18:0	C20:1	C20:0
0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
5	0.003	0.024	0.033	0.000	0.467	0.000	0.000	0.001
10	0.003	0.022	0.025	0.000	0.518	0.002	0.000	0.000
15	0.003	0.020	0.024	0.000	0.445	0.000	0.000	0.000
20	0.003	0.020	0.024	0.000	0.509	0.000	0.000	0.000
30	0.005	0.022	0.024	0.004	0.622	0.007	0.001	0.001
40	0.007	0.024	0.025	0.114	0.756	0.017	0.001	0.001
50	0.009	0.027	0.024	0.210	0.923	0.026	0.002	0.003
60	0.012	0.031	0.027	0.352	1.165	0.042	0.003	0.004
90	0.023	0.044	0.028	0.834	1.929	0.091	0.005	0.009
120	0.037	0.061	0.031	1.456	2.905	0.155	0.007	0.012

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ภาคผนวก ช
การคำนวณค่าความคลาดเคลื่อน

ช-1 ความคลาดเคลื่อนจากการวิเคราะห์ตัวอย่าง

ความคลาดเคลื่อนจากการวิเคราะห์ตัวอย่างจะคำนวณจากการวิเคราะห์ตัวอย่างเดิมซ้ำกัน 4 ครั้ง ซึ่งจะแสดงในตารางที่ 251 ตารางที่ 252 และตารางที่ 253

ตารางที่ 251 การคำนวณค่าความคลาดเคลื่อนจากการวิเคราะห์ไบโอดีเซล

การวิเคราะห์ตัวอย่างที่	ร้อยละของไบโอดีเซล
1	93.7
2	93.9
3	94.4
4	93.8
ค่าเฉลี่ย	93.9
ค่าความคลาดเคลื่อน	-0.2, +0.5

ตารางที่ 252 การคำนวณค่าความคลาดเคลื่อนจากการวิเคราะห์ไตรกลีเซอไรด์

การวิเคราะห์ตัวอย่างที่	ร้อยละของไตรกลีเซอไรด์
1	82.5
2	85.7
3	86.0
4	83.3
ค่าเฉลี่ย	84.4
ค่าความคลาดเคลื่อน	-1.9, +1.6

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 253 การคำนวณค่าความคลาดเคลื่อนจากการวิเคราะห์มอนอกลีเซอไรด์และไดกลีเซอไรด์

การวิเคราะห์ตัวอย่างที่	ร้อยละของมอนอกลีเซอไรด์	ร้อยละของไดกลีเซอไรด์
1	0.70	0.58
2	0.67	0.48
3	0.68	0.50
4	0.68	0.35
ค่าเฉลี่ย	0.68	0.48
ค่าความคลาดเคลื่อน	-1.90, +1.60	-0.13, +0.10

ช-2 ความคลาดเคลื่อนจากการทดลอง

ความคลาดเคลื่อนจากการทดลองจะคำนวณจากการทดลองที่สภาวะเดียวกัน 2 ครั้ง โดยแสดงตัวอย่างการคำนวณดังตารางที่ 254

ตารางที่ 254 ตัวอย่างการคำนวณความคลาดเคลื่อนของร้อยละโดยมวลของไบโอดีเซล เมื่อไม่มีตัวทำละลายร่วม โดยใช้อุณหภูมิ 190 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 18:1

เวลา (นาที)	ร้อยละโดยมวลของไบโอดีเซล			
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ค่าเฉลี่ย	ความคลาดเคลื่อน
5	31.1	35.4	33.3	-2.2, +2.1
10	59.9	67.2	63.6	-3.7, +3.6
15	77.9	86.5	82.2	-4.3, +4.3
20	88.9	96.4	92.7	-3.8, +3.7
30	99.0	101.7	100.4	-1.4, -1.3
40	100.7	102.0	101.4	-0.7, +0.6
50	101.2	101.6	101.4	-0.2, +0.2
60	100.9	101.8	101.4	-0.5, +0.4
90	100.8	101.9	101.4	-0.6, +0.5
120	100.5	101.3	100.9	-0.4, +0.4

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บรรณานุกรม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

1. Agarwal, D., S. Sinha, and A.K. Agarwal, *Experimental investigation of control of NOx emissions in biodiesel-fueled compression ignition engine.* Renewable Energy, 2006. 31(14): p. 2356-2369.
2. Martin Mittelbach, c.R., *Biodiesel The Comprehensive Handbook.* 2006.
3. Mohadesi, M., et al., *The use of KOH/Clinoptilolite catalyst in pilot of microreactor for biodiesel production from waste cooking oil.* Fuel, 2020. 263.
4. Putra, M.D., I.F. Nata, and C. Irawan, *Biodiesel production from waste cooking oil using heterogeneous catalyst: Biodiesel product data and its characterization.* Data Brief, 2020. 28: p. 104879.
5. Mohadesi, M., et al., *Production of biodiesel from waste cooking oil using a homogeneous catalyst: Study of semi-industrial pilot of microreactor.* Renewable Energy, 2019. 136: p. 677-682.
6. Barakos, N., S. Pasias, and N. Papayannakos, *Transesterification of triglycerides in high and low quality oil feeds over an HT2 hydrotalcite catalyst.* Bioresour Technol, 2008. 99(11): p. 5037-42.
7. Khan, M.A., S. Yusup, and M.M. Ahmad, *Acid esterification of a high free fatty acid crude palm oil and crude rubber seed oil blend: Optimization and parametric analysis.* Biomass and Bioenergy, 2010. 34(12): p. 1751-1756.
8. Soriano, N.U., R. Venditti, and D.S. Argyropoulos, *Biodiesel synthesis via homogeneous Lewis acid-catalyzed transesterification.* Fuel, 2009. 88(3): p. 560-565.
9. Farobie, O. and Y. Matsumura, *A comparative study of biodiesel production using methanol, ethanol, and tert-butyl methyl ether (MTBE) under supercritical conditions.* Bioresour Technol, 2015. 191: p. 306-11.
10. Avhad, M.R. and J.M. Marchetti, *Uses of Enzymes for Biodiesel Production*, in *Advanced Bioprocessing for Alternative Fuels, Biobased Chemicals, and Bioproducts*. 2019. p. 135-152.
11. Shibasaki-Kitakawa, N., et al., *Biodiesel production using anionic ion-exchange resin as heterogeneous catalyst.* Bioresour Technol, 2007. 98(2): p. 416-21.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

12. Devaraj, K., et al., *Study on effectiveness of activated calcium oxide in pilot plant biodiesel production.* Journal of Cleaner Production, 2019. 225: p. 18-26.
13. Malins, K., *The potential of K3PO4, K2CO3, Na3PO4 and Na2CO3 as reusable alkaline catalysts for practical application in biodiesel production.* Fuel Processing Technology, 2018. 179: p. 302-312.
14. Yin, J.-Z., et al., *Biodiesel production from soybean oil transesterification in subcritical methanol with K3PO4 as a catalyst.* Fuel, 2012. 93: p. 284-287.
15. Silveira Junior, E.G., et al., *Biodiesel production from heterogeneous catalysts based K2CO3 supported on extruded γ-Al2O3.* Fuel, 2019. 241: p. 311-318.
16. Thinnakorn, K. and J. Tscheikuna, *Biodiesel production via transesterification of palm olein using sodium phosphate as a heterogeneous catalyst.* Applied Catalysis A: General, 2014. 476: p. 26-33.
17. Todorović, Z.B., et al., *Optimization of CaO-catalyzed sunflower oil methanolysis with crude biodiesel as a cosolvent.* Fuel, 2019. 237: p. 903-910.
18. Knothe, G., C.A. Sharp, and I. Thomas W. Ryan, *Exhaust Emissions of Biodiesel, Petrodiesel, Neat Methyl Esters, and Alkanes in a New Technology Engine.* Energy & Fuels, 2006. 20: p. 403-409.
19. He, H., et al., *Transesterification Kinetics of Soybean Oil for Production of Biodiesel in Supercritical Methanol.* Journal of the American Oil Chemists' Society, 2007. 84(4): p. 399-404.
20. Che Ghani, S.A., et al., *Nanostructure and oxidation properties investigation of engine using Jatropha biodiesel as engine fuel.* MATEC Web of Conferences, 2016. 90.
21. Tariq, M., S. Ali, and N. Khalid, *Activity of homogeneous and heterogeneous catalysts, spectroscopic and chromatographic characterization of biodiesel: A review.* Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2012. 16(8): p. 6303-6316.
22. Keera, S.T., S.M. El Sabagh, and A.R. Taman, *Transesterification of vegetable oil to biodiesel fuel using alkaline catalyst.* Fuel, 2011. 90(1): p. 42-47.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

23. Baig, A. and F.T.T. Ng, *A Single-Step Solid Acid-Catalyzed Process for the Production of Biodiesel from High Free Fatty Acid Feedstocks†.* Energy & Fuels, 2010. 24(9): p. 4712-4720.

24. Saka, S. and D. Kusdiana, *Biodiesel fuel from rapeseed oil as prepared in supercritical methanol.* Fuel, 2001. 80: p. 225-231.

25. Szczęsna Antczak, M., et al., *Enzymatic biodiesel synthesis – Key factors affecting efficiency of the process.* Renewable Energy, 2009. 34(5): p. 1185-1194.

26. Kouzu, M., et al., *Calcium oxide as a solid base catalyst for transesterification of soybean oil and its application to biodiesel production.* Fuel, 2008. 87(12): p. 2798-2806.

27. Jiang, S.T., F.J. Zhang, and L.J. Pan, *SODIUM PHOSPHATE AS A SOLID CATALYST FOR BIODIESEL PREPARATION.* Brazilian Journal of Chemical Engineering, 2010. 27: p. 137-144.

28. Demirbas, A., *Biodiesel from sunflower oil in supercritical methanol with calcium oxide.* Energy Conversion and Management, 2007. 48: p. 937-941.

29. Yin, J.-Z., et al., *Biodiesel Production from Subcritical Methanol Transesterification of Soybean Oil with Sodium Silicate.* Energy & Fuels, 2010. 24(5): p. 3179-3182.

30. Melero, J.A., et al., *Biodiesel production from crude palm oil using sulfonic acid-modified mesostructured catalysts.* Chemical Engineering Journal, 2010. 161(3): p. 323-331.

31. S Doungsri, T.S., A Wongkoblap and A Nuchitprasittichai *Equilibrium study for ternary mixtures of biodiesel* IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 2017. 273.

32. Luu, P.D., et al., *Co-solvent Method Produce Biodiesel form Waste Cooking Oil with Small Pilot Plant.* Energy Procedia, 2014. 61: p. 2822-2832.

33. Hashemzadeh Gargari, M. and S.M. Sadrameli, *Investigating continuous biodiesel production from linseed oil in the presence of a Co-solvent and a heterogeneous based catalyst in a packed bed reactor.* Energy, 2018. 148: p. 888-895.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

34. Todorović, Z.B., et al., *The effects of cosolvents on homogeneously and heterogeneously base-catalyzed methanolysis of sunflower oil.* Fuel, 2013. 107: p. 493-502.

35. Hajek, M., et al., *The use of cosolvents in heterogeneously and homogeneously catalysed methanolysis of oil.* J Environ Manage, 2020. 262: p. 110295.

36. Rupanwong, T., *Kinetics of transesterification of palm olein oil using acetone or biodiesel as a co-solvent*, in *Chemical Engineering*. 2022, Chulalongkorn University. p. 112.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	ธนาธิป ธนานิธิกร
วัน เดือน ปี เกิด	29 มีนาคม 2539
สถานที่เกิด	กรุงเทพมหานคร
วุฒิการศึกษา	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ที่อยู่ปัจจุบัน	2864 ถ.พระรามที่ 4 แขวงคลองเตย เขตคลองเตย กรุงเทพฯ 10110

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University