บทความวิจัย

การผลิตน้ำมันไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มโดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา SrO และ KF/SrO

Biodiesel Production From Palm Oil Using SrO และ KF/SrO Catalyst

จักรพงศ์ ไชยบุรี[1*] และวิสกฤษ สิงห์อินทร์[1]

Chakkrapong Chaiburi[1*] and Witsagrit Singin[1]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาตัวเร่งปฏิกิริยาของแข็งที่เป็นเบส SrO และ KF/SrO โดยนำไปใช้งานได้ในปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ริฟิเคชัน ของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์เพื่อผลิตไบโอดีเซล อุณหภูมิที่ใช้ทำปฏิกิริยา 65 องศาเซลเซียส เวลา 3 ชั่วโมง จำนวนตัวเร่งปฏิกิริยา 2 4 6 8 และ 10 % โดยน้ำหนักที่อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันเท่ากับ 6:1 9:1 12:1 15:1 และ 18:1 จากผลการทดลองนี้ควรใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา KF/SrO ที่อัตราส่วนโดยโมล 12:1 และจำนวนตัวเร่งปฏิกิริยาร้อยละ 4

คำสำคัญ : ไบโอดีเซล ตัวเร่งปฏิกิริยา ปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ริฟิเคชัน

Abstract

The research was studied solid base catalyst SrO and KF/SrO for transesterification reaction of methanol with refined palm oil to produce biodiesel. The temperature for the reaction was 65 ºC, 3 h. The catalyst of the reaction was 2, 4, 6, 8 and 10 wt% of refined palm oil. The molar ratio of methanol to oil was 6:1, 9:1, 12:1, 15:1 and 18:1. The Results should be the KF/SrO catalyst molar ratio of 12:1 and the catalyst of 4% .

Keywords : Biodiesel, Palm Oil, Catalyst, Transesterification

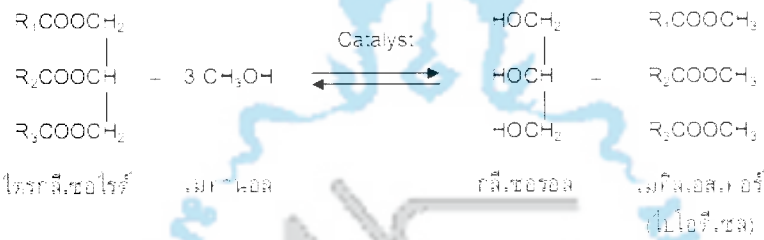
[1]สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ วิทยาเขตพัทลุง

[*]Corresponding author: E-mail: chakkrapong@tsu.ac.th, kchakkrapong@yahoo.com

บทนำ

จากปัญหาราคาน้ำมันปิโตรเลียมที่ปรับตัวสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง ได้ส่งผลกระทบอย่างรุนแรงต่อภาคเศรษฐกิจโดยรวม และอาจเป็นอุปสรรคต่อการขยายตัวทางเศรษฐกิจของประเทศในปัจจุบันและอนาคต ทั้งนี้เพราะประเทศไทยมีแหล่งน้ำมันดิบไม่เพียงพอกับความต้องการ ทำให้ต้องพึ่งพาการนำเข้าจากต่างประเทศ ขณะที่ความต้องการมีแนวโน้มสูงขึ้นเป็นลำดับ โดยเฉพาะน้ำมันดีเซลที่ใช้ในภาคขนส่งเป็นหลัก ดังนั้นจึงต้องเร่งพัฒนาพลังงานทดแทนน้ำมันปิโตรเลียม โดยเฉพาะพลังงานทดแทนน้ำมันดีเซล โดยการศึกษาวิจัยและพัฒนาวัตถุดิบภายในประเทศ เช่น น้ำมันพืชชนิดต่างๆ มาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ใช้แทนน้ำมันดีเซล เรียกว่า ไบโอดีเซล (Biodiesel) [1]

ไบโอดีเซล หมายถึง สารประกอบโมโนอัลคิลเอสเตอร์ (Mono-Alkyl Ester) ซึ่งเป็นผลผลิตจากปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ริฟิเคชัน (Transesterification) ของน้ำมันพืช หรือไขมันสัตว์ซึ่งเป็นสารประกอบอินทรีย์ประเภทไตรกลีเซอไรด์ (Triglyceride) ทำปฏิกิริยากับแอลกอฮอล์ (Alcohol) และมีตัวเร่งปฏิกิริยาที่เป็นกรดหรือเบส จะได้ผลผลิตเป็นเอสเทอร์ (Ester) และผลิตภัณฑ์ผลพลอยได้กลีเซอรอล (Glycerol)ซึ่งเราจะเรียกชนิดของไบโอดีเซลแบบเอสเตอร์นี้ตามชนิดของแอลกอฮอล์ที่ใช้ในการทำปฏิกิริยา ไบโอดีเซลชนิดเอสเตอร์นี้มี คุณภาพที่เหมือนกับน้ำมันดีเซลมากที่สุด เพราะไม่มีปัญหากับเครื่องยนต์ ดังแสดงในภาพที่ 1



ภาพที่ 1 สมการเคมีสำหรับปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ริฟิเคชัน ของไตรกลีเซอไรด์

ตัวเร่งปฏิกิริยาที่ใช้สามารถจำแนกได้เป็น 3 ประเภท ได้แก่ กรด เบสและเอนไซม์การผลิตไบโอดีเซลในระดับอุตสาหกรรมนิยมใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาเอกพันธุ์ชนิดเบส เช่นโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) และโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH)เนื่องจากเร่งปฏิกิริยาได้เร็วและมีราคาถูก อย่างไรก็ดีตัวเร่งปฏิกิริยาเอกพันธุ์ละลายเป็นเนื้อเดียวกับสารตั้งต้นและผลิตภัณฑ์ การแยกตัวเร่งปฏิกิริยาออก ทำได้ยาก ต้องใช้น้ำปริมาณมากและทำการล้างผลิตภัณฑ์หลายขั้นตอน ก่อให้เกิดน้ำเสียในปริมาณมาก และสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายในการบำบัดน้ำเสีย เพื่อเป็นการลดปัญหาดังกล่าวจึงมีการศึกษาการใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาวิวิธพันธุ์ในปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ริฟิเคชัน

เนื่องจากตัวเร่งปฏิกิริยาชนิดนี้เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาที่อยู่ในสถานะแตกต่างกับสารที่ทำปฏิกิริยา สามารถแยกสารตั้งต้นและผลิตภัณฑ์ออกมามาจากตัวเร่งปฏิกิริยาได้ง่าย สามารถใช้ได้ในสภาวะที่มีอุณหภูมิ และ/หรือ ความดันสูงได้ ตัวเร่งปฏิกิริยามีอายุการใช้งานที่ยาวนาน และอาจนำกลับมาใช้ใหม่ได้ง่ายกว่า

Mustafa [2] ได้ทำการศึกษาออกไซด์ของไนโตรเจนอิมัลชันจากเชื้อเพลิงไบโอดีเซลโดยได้ทำการสังเคราะห์ไบโอดีเซลจากปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ริฟิเคชัน จากน้ำมันถั่วเหลืองในเครื่องปฏิกรณ์แบบกะ โดยใช้แคลเซียมคาร์บอเนต$CaCO_3$ แคลเซียมออกไซด์ CaO และแคลเซียมไฮดรอกไซด์ $Ca(OH)_2$ เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา จากผลการทดลองพบว่าแคลเซียมคาร์บอเนตให้ผลของผลิตภัณฑ์ออกมาค่อนข้างดีกว่า เมื่อเทียบกับแคลเซียมออกไซด์ CaO และแคลเซียมไฮดรอกไซด์ $Ca(OH)_2$ แต่ยังคงต่ำกว่าตัวเร่งปฏิกิริยาแบบเอกพันธุ์

Yang และคณะ [3] ได้ศึกษาทดลองใช้ Al_2O_3, ZrO_2 และZnO เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาที่อัตราส่วนโดยโมลน้ำมันถั่วเหลืองต่อเมทานอล 1 : 12 ที่ 65 องศาเซลเซียส เวลา 1 ชั่วโมง พบว่าตัวรองรับทั้งสามชนิดไม่ให้ผลิตภัณฑ์เมทิลเอสเทอร์ แต่เมื่อเติมแคลเซียมไนเตรตบนตัวรองรับเป็น$Ca(NO_3)_2/Al_2O_3$,$Ca(NO_3)_2/ZrO_2$ และ $Ca(NO_3)_2$/ZnO พบว่าได้เปอร์เซ็นต์เมทิลเอสเทอร์ (%FAME) 49, 7 และ 2 ตามลำดับ เนื่องจาก $Ca(NO_3)_2$ ช่วยเพิ่มความแข็งแรงของเบสบนผิวตัวเร่งปฏิกิริยา จึงเร่งปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ริฟิเคชันดีขึ้น

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นที่จะศึกษาเกี่ยวกับการแก้ปัญหาการเลือกใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาที่เหมาะสมที่มีประโยชน์ในเชิงอุตสาหกรรมและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมมากที่สุดและเพื่อเพิ่มอายุการใช้งานของตัวเร่งปฏิกิริยาอีกด้วย ซึ่งงานวิจัยนี้ได้สนใจตัวเร่งปฏิกิริยาของแข็งที่เป็นเบสมากกว่าตัวเร่งปฏิกิริยาชนิดอื่นจึงได้ทำการสังเคราะห์ตัวเร่งปฏิกิริยาเบส คือ เบส SrO และ KF/SrO เพื่อนำไปประยุกต์ใช้ในการผลิตไบโอดีเซลในอนาคต

วิธีการทดลอง

1. การเตรียมตัวเร่งปฏิกิริยา

การเตรียมตัวเร่งปฏิกิริยาสทรอนเทียมออกไซด์ (SrO)

นำสทรอนเทียมคาร์บอเนตไปเผาที่อุณหภูมิ 800 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 5 ชั่วโมงได้สทรอนเทียมออกไซด์

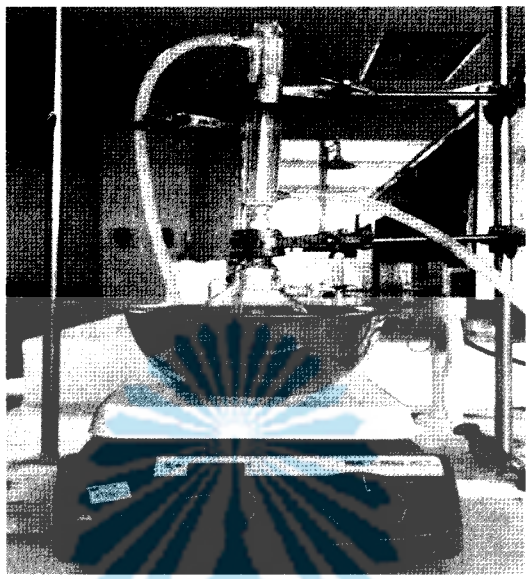
การเตรียมตัวเร่งปฏิกิริยาโพแทสเซียมฟลูออไรด์ บนตัวรองรับสทรอนเทียมออกไซด์

เตรียมสารละลายโพแทสเซียมฟลูออไรด์ความเข้มข้นร้อนละ 80 โดยน้ำหนัก นำมาผสมบนตัวรองรับสทรอนเทียมออกไซด์ที่อัตราส่วน 1: 1 โดยน้ำหนัก จากนั้นนำไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 ชั่วโมง จะได้ตัวเร่งปฏิกิริยา KF/SrO

2. การวิเคราะห์หาปริมาณกรดไขมันอิสระในน้ำมัน

3. การสังเคราะห์ไบโอดีเซลด้วยปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ริฟิเคชัน

การสังเคราะห์ไบโอดีเซลด้วยปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ริฟิเคชัน ที่อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันพืช ต่อไปนี้ 6:1 9:1 12:1 15:1 และ 18:1 โดยเปรียบเทียบการใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา SrO และKF/SrO โดยใช้ปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยาร้อยละ 2 4 6 8 และ 10 ของน้ำมัน ที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส เวลาในการทำปฏิกิริยา 3 ชั่วโมง ดังรูปที่ 2



ภาพที่ 2 แสดงการติดตั้งอุปกรณ์การสังเคราะห์ไบโอดีเซลด้วยปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ริฟิเคชัน

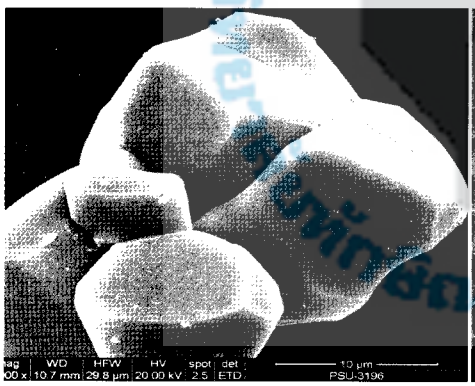
4. การวิเคราะห์หาองค์ประกอบเมทิลเอสเทอร์ในน้ำมันไบโอดีเซล

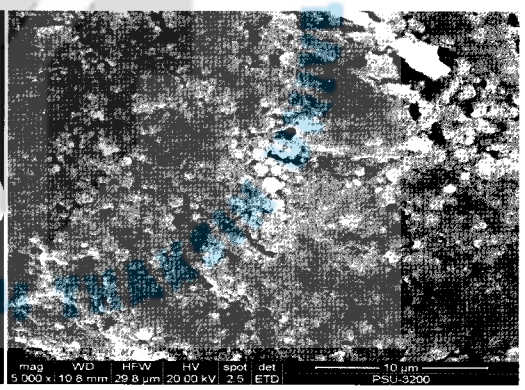
4.1 นำผลิตภัฑณ์ที่ได้จากปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ริฟิเคชันส่วนที่เป็นชั้นของน้ำมันไปล้างด้วยน้ำรอการแยกชั้น และนำชั้นน้ำมันที่ได้ไปเติมโซเดียมไบโอซัลเฟตแอนไฮดรัส เป็นเวลา 12 ชั่วโมง

4.2 นำน้ำมันที่ได้ไปวิเคราะห์หาองค์ประกอบเมทิลเอสเทอร์ในน้ำมันไบโอดีเซลที่สังเคราะห์ได้โดยใช้เครื่อง Thin Layer Chromatography – Flame Ionization Detector (TLC – FID)

ผลการทดลองและอภิปรายผล

การวิเคราะห์หาปริมาณกรดไขมันอิสระในน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ โดยค่าที่ได้เท่ากับ 0.48 mgKOH/g เมื่อนำตัวเร่งปฏิกิริยาที่เตรียมได้ทั้ง 2 ชนิด ไปทำการตรวจดูลักษณะด้วยเครื่อง Scanning- Electron Microscope (SEM) รุ่น FFI QUANTA 400 ดังรูปที่ 3 และรูปที่ 4





ภาพที่ 3 แสดงลักษณะโครงสร้างของตัวเร่งปฏิกิริยา SrO **ภาพที่ 4** แสดงลักษณะโครงสร้างตัวเร่งปฏิกิริยา KF/SrO

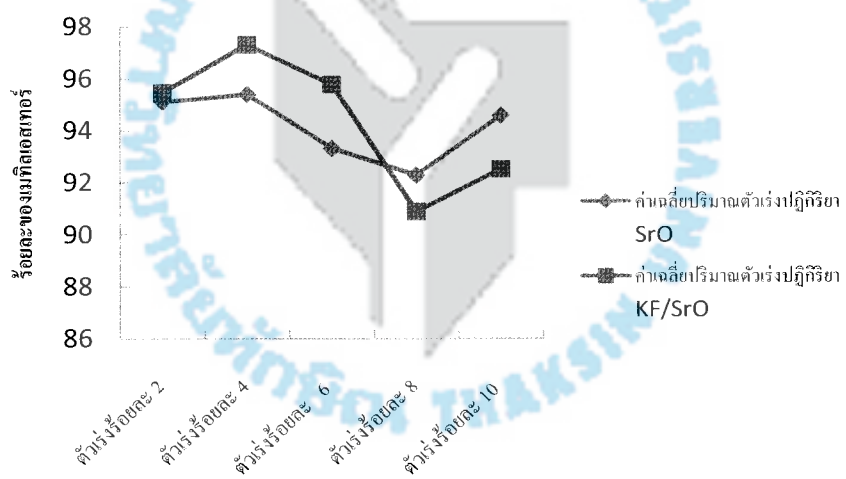
จากภาพที่ 3 เป็นการศึกษาลักษณะโครงสร้างภายนอกของตัวเร่งปฏิกิริยา SrO ที่กำลังขยาย 5000 เท่าซึ่งจะเห็นอนุภาคของตัวเร่งปฏิกิริยามีลักษณะกายภาพเป็นก้อนมีลักษณะ เหลี่ยมเกาะติดกันเป็นกลุ่มก้อน จากภาพที่ 4 เป็นการศึกษาลักษณะโครงสร้างภายนอกของตัวเร่งปฏิกิริยา KF/SrO ที่กำลังขยาย 5000 เท่า ซึ่งจะเห็น ตัวเร่งปฏิกิริยาที่มีลักษณะกายภาพเป็นผนึกแข็งขนาดเล็กที่เชื่อมติดกัน ผลจากการวิเคราะห์หาเปอร์เซ็นต์เมทิลเอสเทอร์ในน้ำมันไบโอดีเซลที่ได้จากการสังเคราะห์จากปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ริฟิเคชัน โดยเครื่อง Thin Layer Chromatography Flame Ionization Detector (TLC – FID) แสดงในตารางที่ 1 และตารางที่ 2

ตารางที่ 1 แสดงร้อยละของเมทิลเอสเทอร์ที่อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันจากปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ริฟิเคชันโดยใช้ปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยา SrO ร้อยละ 2 4 6 8 และ 10 ที่อัตราส่วนโดยโมล 6:1 9:1 12:1 15:1 และ 18:1

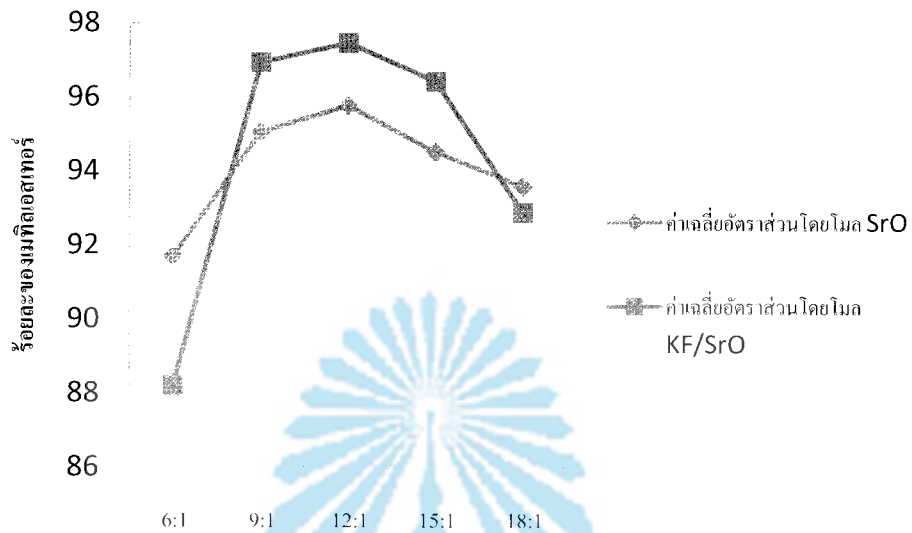
SrO	ร้อยละของเมทิลเอสเทอร์ โดยใช้ตัวเร่งร้อยละ 2	ร้อยละของเมทิลเอสเทอร์ โดยใช้ตัวเร่งร้อยละ 4	ร้อยละของเมทิลเอสเทอร์ โดยใช้ตัวเร่งร้อยละ 6	ร้อยละของเมทิลเอสเทอร์ โดยใช้ตัวเร่งร้อยละ 8	ร้อยละของเมทิลเอสเทอร์ โดยใช้ตัวเร่งร้อยละ 10	ค่าเฉลี่ยร้อยละของเมทิลเอสเทอร์ โดยใช้อัตราส่วนโดยโมล
6:1	86.08	96.81	91.63	92.51	91.48	91.702
9:1	98.48	92.54	92.02	92.76	99.54	95.068
12:1	100	95.27	96.18	90.69	96.78	95.784
15:1	92.49	94.79	94.72	93.01	97.63	94.528
18:1	98.54	97.58	91.99	92.43	87.47	93.602
ค่าเฉลี่ยร้อยละของเมทิลเอสเทอร์โดยใช้ปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยา	95.118	95.398	93.308	92.28	94.58	

ตารางที่ 2 แสดงร้อยละของเมทิลเอสเทอร์ที่อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันจากปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ริฟิเคชันโดยใช้ปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยา KF/SrO ร้อยละ 2 4 6 8 และ 10 ที่อัตราส่วนโดยโมล 6:1 9:1 12:1 15:1 และ 18:1

KF/SrO	ร้อยละของเมทิลเอสเทอร์ โดยใช้ตัวเร่งร้อยละ 2	ร้อยละของเมทิลเอสเทอร์ โดยใช้ตัวเร่งร้อยละ 4	ร้อยละของเมทิลเอสเทอร์ โดยใช้ตัวเร่งร้อยละ 6	ร้อยละของเมทิลเอสเทอร์ โดยใช้ตัวเร่งร้อยละ 8	ร้อยละของเมทิลเอสเทอร์ โดยใช้ตัวเร่งร้อยละ 10	ค่าเฉลี่ยร้อยละของเมทิลเอสเทอร์ โดยใช้อัตราส่วนโดยโมล
6:1	88.83	93.16	83.94	83.93	91.13	88.198
9:1	98.22	100	97.07	95.18	94.25	96.944
12:1	95.07	98.22	99.72	96.67	97.68	97.472
15:1	97.04	98.27	98.69	91.22	96.99	96.442
18:1	98.2	96.88	99.49	87.42	82.53	92.904
ค่าเฉลี่ยร้อยละของเมทิลเอสเทอร์โดยใช้ปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยา	95.472	97.306	95.782	90.884	92.516	



ภาพที่ 5 แสดงผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยา SrO และค่าเฉลี่ยปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยา KF/SrO



ภาพที่ 6 แสดงผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยอัตราส่วนโดยโมลของ SrO และค่าเฉลี่ยอัตราส่วนโดยโมลของ KF/SrO

จากตารางที่ 1 แสดงให้เห็นร้อยละของเมทิลเอสเทอร์อยู่ในช่วง 85 – 100 และตารางที่ 2 แสดงให้เห็นร้อยละของเมทิลเอสเทอร์อยู่ในช่วง 82–100 ซึ่งผลผลิตของไบโอดีเซลที่ได้ โดยการใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา SrO และตัวเร่งปฏิกิริยา KF/SrO มีค่าไม่แตกต่างกันมาก

จากภาพที่ 5 ค่าเฉลี่ยปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยา SrO และค่าเฉลี่ยปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยา KF/SrO ที่ร้อยละ 4 ให้ผลของไบโอดีเซลดีที่สุด คือ ร้อยละของเมทิลเอสเทอร์ 95.398 และ 97.306 ตามลำดับ ซึ่งตัวเร่งปฏิกิริยา KF/SrO ให้ผลของไบโอดีเซลที่ดีกว่า SrO จากภาพที่ 5 ค่าเฉลี่ยอัตราส่วนโดยโมลของ SrO และค่าเฉลี่ยอัตราส่วนโดยโมลของ KF/SrO ที่อัตราส่วนโดยโมล 12:1 ให้ผลของไบโอดีเซลดีที่สุด คือ ร้อยละของเมทิลเอสเทอร์ 95.784 และ 97.472 ตามลำดับ ซึ่งตัวเร่งปฏิกิริยา KF/SrO ให้ผลของไบโอดีเซลที่ดีกว่า SrO อาจเนื่องมาจาก KF ช่วยเพิ่มความแข็งแรงของเบสบนผิวของ SrO จึงทำให้เร่งปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ริฟิเคชันดีขึ้นซึ่งคล้ายกับการศึกษาของ Yang และคณะ ได้ศึกษาตัวเร่งปฏิกิริยา $Ca(NO_3)_2/Al_2O_3$, $Ca(NO_3)_2/ZrO_2$ และ $Ca(NO_3)_2/ZnO$ พบว่าผลของ $Ca(NO_3)_2$ ช่วยเพิ่มความแข็งแรงของเบสบนผิวตัวเร่งปฏิกิริยา จึงเร่งปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ริฟิเค-ชันดีขึ้น [3]และอาจเนื่องมาจาก K^+ ไปแทนที่ Sr^{2+} ทำให้เกิดโครงสร้าง O^- ตรงกลางของโครงร่างผลึก (Lattice) ของ SrO ได้ง่าย ทำให้ความแข็งแรงของเบสบน SrO มีค่าสูงขึ้นสอดคล้องกับการศึกษาของ MacLeodและคณะได้ทดลองเติม $LiNO_3$, $NaNO_3$ และ KNO_3 ลงบน CaO และ MgO พบว่าการเติมเกลือไนเตรตของโลหะหมู่ 1 บน CaO ให้ค่าความแข็งแรงของเบสสูงขึ้น โดยเมื่อเติมบนเกลือโลหะไนเตรต (M^+) ไปแทนที่ Ca^{2+} บน CaO จึงเกิด O^- ตรงกลางของโครงรางผลึก (Lattice) ของ CaO ได้ง่าย ทำให้ความแข็งแรงของเบสบน CaO มีค่าสูงขึ้น [4]

สรุปผลการทดลอง

การวิเคราะห์หาปริมาณกรดไขมันอิสระในน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ โดยค่าที่ได้เท่ากับ 0.48 mgKOH/g จากการทดลองการผลิตไบโอดีเซลด้วยปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ริฟิเคชันโดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาวิวิธพันธุ์พบว่าตัวเร่งปฏิกิริยา KF/SrO มีประสิทธิภาพในการเร่งปฏิกิริยามากกว่าตัวเร่งปฏิกิริยา SrO เนื่องมาจากความแข็งแรงของเบสมากกว่า และในการผลิตไบโอดีเซลของการทดลองนี้ ควรจะใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา KF/SrO ที่อัตราส่วนของเมทานอลต่อน้ำมัน 12 : 1 ปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยาร้อยละ 4 เนื่องมาจากรูปที่ 5 และรูปที่ 6

กิตติกรรมประกาศ

ทุนสนับสนุนการวิจัยงบประมาณรายได้ มหาวิทยาลัยทักษิณ ปี 2552

เอกสารอ้างอิง

[1] Kandpal, J.B. and M. Madan. (1994). "Jatropha curcas: a renewable source of energy for meeting future energy needs". **Technical Note.** 6. 159-160.

[2] Mustafa, E.T., (2003). Investigation of oxides of nitrogen emulsion from biodiesel-fueled engines. Dissertation thesis, Iowa State University.

[3] Yang, Z. and Xie, W., (2007), "Soybean oil transesterification over zinc oxide modified with alkali earth metals". **Fuel Process.** Technol., 88, 631-638.

[4] MacLeod, C.S., Harvey, A.P., Lee, A.F. and Wilson, K., (2008). "Evaluation of the activity and stability of alkalidoped metal oxide catalysts for application to an intensified method of biodiesel production". **Chem. Eng. J.**, 135, 63–70.