
การเปรียบเทียบการผลิตน้ำมันไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มโดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา KF/Ca-Al และ KF/Sr-Al
Comparison of Biodiesel Production from Palm Oil Using KF/Ca-Al and KF/Sr-Al Catalyst

จักรพงษ์ ไชยบุรี*

สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ

Chakkrapong Chaiburi*

Department of Chemistry, Faculty of Science, Thaksin University.

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของตัวเร่งปฏิกิริยาวิวิธพันธุ์ 2 ชนิด คือ KF/Ca-Al และ KF/Sr-Al สำหรับผลิตไบโอดีเซลผ่านปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ริฟิเคชันของเมทานอลและน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ซึ่งมีเตตระไฮโดรฟูแรน (THF) เป็นตัวทำละลายร่วม ผลจากการทดลอง พบว่า การใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาชนิด KF/Ca-Al ที่มีเตตระไฮโดรฟูแรนเป็นตัวทำละลายร่วม (THF) จะให้ผลผลิตไบโอดีเซลซึ่งอยู่ในรูปของเมทิลเอสเทอร์สูงถึง 95.54% โดยควบคุมอุณหภูมิในการทำปฏิกิริยา 65 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง ใช้ปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยา 10% โดยน้ำหนัก ที่อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์เท่ากับ 12 : 1

คำสำคัญ : ไบโอดีเซล ตัวเร่งปฏิกิริยา ปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ริฟิเคชัน

Abstract

The aim of this research is to study the effect of two heterogeneous catalysts as KF/Ca-Al and KF/Sr-Al to produce biodiesel via the transesterification reaction of methanol with refined palm oil by using cosolvent, namely tetrahydrofuran (THF). The result is found that, using KF/Ca-Al catalyst with THF cosolvent obtained yield of methyl ester as 95.54%. The optimum condition is controlled the temperature of reaction as 65 °C for 3 hrs. And it is also fixed the weight of catalyst as 10 wt%. Moreover, this experiment is found that the suitable molar ratio of methanol to refined palm oil is 12 : 1.

Keywords : Biodiesel, catalyst, Transesterification

*E-mail: chakkrapong@tsu.ac.th, kchakkrapong@yahoo.com

บทนำ

ไบโอดีเซล หมายถึง สารประกอบโมโนอัลคิลเอสเทอร์ (Mono-Alkyl Ester) ซึ่งเป็นผลผลิตจากปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ริฟิเคชัน (Transesterification) ของน้ำมันพืช หรือไขมันสัตว์ซึ่งเป็นสารประกอบอินทรีย์ประเภทไตรกลีเซอไรด์ (Triglyceride) ทำปฏิกิริยากับแอลกอฮอล์ (Alcohol) เช่น เมทานอล และมีตัวเร่งปฏิกิริยาที่เป็นกรดหรือเบส จะได้ผลผลิตเป็นเอสเทอร์ (Ester) ซึ่งก็คือน้ำมันไบโอดีเซลและผลิตภัณฑ์ผลพลอยได้กลีเซอรอล (Glycerol) ซึ่งเราจะเรียกชนิดของไบโอดีเซลแบบเอสเทอร์นี้ตามชนิดของแอลกอฮอล์ที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาไบโอดีเซลชนิดเอสเทอร์นี้มีคุณภาพที่เหมือนกับน้ำมันดีเซลมากที่สุด เพราะไม่มีปัญหาเกี่ยวกับเครื่องยนต์ ดังแสดงในภาพที่ 1

ตัวเร่งปฏิกิริยาที่ใช้สามารถจำแนกได้เป็น 3 ประเภท ได้แก่ กรด เบสและเอนไซม์ การผลิตไบโอดีเซลในระดับอุตสาหกรรมนิยมใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาเอกพันธ์ชนิดเบส เช่น โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) และโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH) เนื่องจากเร่งปฏิกิริยาได้เร็วและมีราคาถูก อย่างไรก็ตามตัวเร่งปฏิกิริยาเอกพันธ์ละลายเป็นเนื้อเดียวกับสารตั้งต้นและผลิตภัณฑ์ การแยกตัวเร่งปฏิกิริยาออกทำได้ยากต้องใช้ปริมาณมากและทำการล้างผลิตภัณฑ์หลายขั้นตอนก่อให้เกิดน้ำเสียในปริมาณมาก และสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายในการบำบัดน้ำเสียเพื่อเป็นการลดปัญหาดังกล่าวจึงมีการศึกษาการใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาวิวิธพันธุ์ในปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ริฟิเคชัน

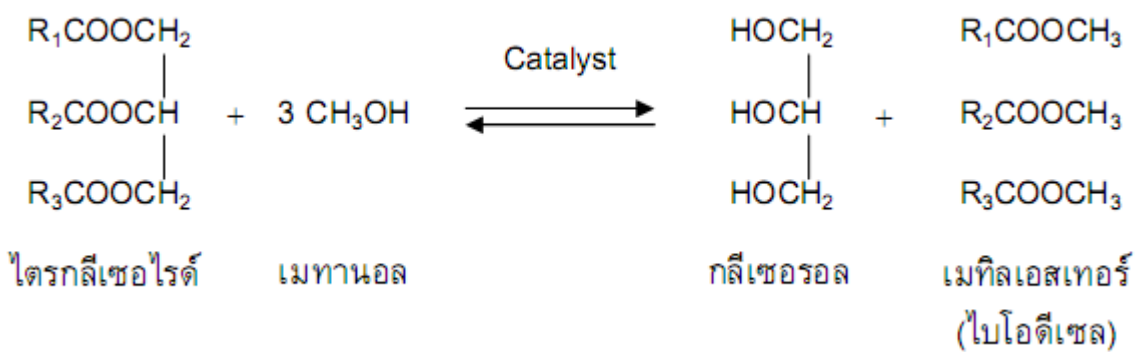
Mustafa ได้ทำการศึกษาออกไซด์ของไนโตรเจนอิมัลชันจากเชื้อเพลิงไบโอดีเซลโดยได้ทำการสังเคราะห์ไบโอดีเซลจากปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ริฟิเคชัน จากน้ำมันถั่วเหลืองในเครื่องปฏิกรณ์แบบกะ โดยใช้แคลเซียมคาร์บอเนต CaCO_3 แคลเซียมออกไซด์ CaO และแคลเซียมไฮดรอกไซด์ Ca(OH)_2 เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาจากผลการทดลองพบว่า แคลเซียมคาร์บอเนตให้ผลของผลิตภัณฑ์

ออกมาค่อนข้างดีกว่า เมื่อเทียบกับแคลเซียมออกไซด์ CaO และแคลเซียมไฮดรอกไซด์ Ca(OH)_2 แต่ยังคงต่ำกว่าตัวเร่งปฏิกิริยาแบบเอกพันธุ์ (Mustafa, 2003)

Yang และคณะได้ศึกษาทดลองใช้ Al_2O_3 , ZrO_2 และ ZnO เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาที่อัตราส่วนโดยโมลน้ำมันถั่วเหลืองต่อเมทานอล 1 : 12 ที่ 65 องศาเซลเซียส เวลา 1 ชั่วโมง พบว่าตัวเร่งรับทั้งสามชนิดไม่ให้เกิดผลิตภัณฑ์เมทิลเอสเทอร์ แต่เมื่อเติมแคลเซียมไนเตรตบนตัวเร่งรับเป็น $\text{Ca(NO}_3)_2/\text{Al}_2\text{O}_3$, $\text{Ca(NO}_3)_2/\text{ZrO}_2$ และ $\text{Ca(NO}_3)_2/\text{ZnO}$ พบว่าได้เปอร์เซ็นต์เมทิลเอสเทอร์ (%FAME) 49, 7 และ 2 ตามลำดับ เนื่องจาก $\text{Ca(NO}_3)_2$ ช่วยเพิ่มความแข็งแรงของเบสบนผิวตัวเร่งปฏิกิริยา จึงเร่งปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ริฟิเคชันดีขึ้น (Yang et al., 2007)

Kim และคณะได้ทำการศึกษาการเกิดปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ริฟิเคชันของน้ำมันถั่วเหลืองโดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาแบบวิวิธพันธุ์ โดยได้ทำการทดลองโดยใช้ $\text{Na}/\text{NaOH}/\text{Al}_2\text{O}_3$ เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา โดยใช้ร่วมกับนอร์มอลเฮกเซน (n-hexane) ซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวทำละลายร่วม (Co-Solvent) ทำการทดลองที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส และให้เวลาในการทำปฏิกิริยา 2 ชั่วโมง จากการทดลองพบว่าเมื่อใช้ $\text{Na}/\text{NaOH}/\text{Al}_2\text{O}_3$ ซึ่งเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาแบบวิวิธพันธุ์ในการเร่งปฏิกิริยาร่วมกับตัวทำละลายร่วมที่สภาวะเดียวกันจะให้ร้อยละผลได้สูงเมื่อเทียบกับการเร่งปฏิกิริยาโดยใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ (Kim et al., 2004)

เนื่องจากตัวเร่งปฏิกิริยาชนิดนี้เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาที่อยู่ในสถานะแตกต่างกับสารที่ทำปฏิกิริยา สามารถแยกสารตั้งต้นและผลิตภัณฑ์ออกมาจากตัวเร่งปฏิกิริยาได้ง่าย สามารถใช้ได้ ในสภาวะที่มีอุณหภูมิ และ/หรือ ความดันสูงได้ ตัวเร่งปฏิกิริยามีอายุการใช้งานที่ยาวนาน และอาจนำกลับมาใช้ใหม่ได้ง่ายกว่า ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นที่จะศึกษาเกี่ยวกับการแก้ปัญหาการเลือกใช้



ภาพที่ 1 สมการเคมีสำหรับปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ริฟิเคชัน ของไตรกลีเซอไรด์

ตัวเร่งปฏิกิริยาที่เหมาะสมที่มีประโยชน์ในเชิงอุตสาหกรรมและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมมากที่สุดและเพื่อเพิ่มอายุการใช้งานของตัวเร่งปฏิกิริยาอีกด้วย ซึ่งงานวิจัยนี้ได้สนใจตัวเร่งปฏิกิริยาของแข็งที่เป็นเบสมากกว่าตัวเร่งปฏิกิริยาชนิดอื่น จึงได้ทำการสังเคราะห์ตัวเร่งปฏิกิริยาเบส คือ KF/Ca-Al และ KF/Sr-Al เพื่อนำไปประยุกต์ใช้ในการผลิตไบโอดีเซลในอนาคต

วัสดุอุปกรณ์และวิธีการวิจัย

1. การเตรียมตัวเร่งปฏิกิริยาแคลเซียม-อะลูมิเนียม (Ca-Al) และ สทรอนเทียม-อะลูมิเนียม (Sr-Al)

การเตรียมตัวเร่งปฏิกิริยา Ca-Al เป็นการตกตะกอนร่วมโดยนำสารละลาย A ประกอบด้วยสารละลาย CaCl_2 และสารละลาย $\text{Al}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ อัตราส่วนโดยโมลของ Ca ต่อ Al เป็น 3 ต่อ 1 สารละลาย B ประกอบด้วยสารละลาย NaOH และสารละลาย Na_2CO_3 อัตราส่วนโดยโมลของ NaOH ต่อ Na_2CO_3 เป็น 4 ต่อ 1 นำไปตกตะกอนร่วมอย่างช้าๆ ในน้ำ 50 มิลลิลิตร ที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส โดยกวนตลอดเวลาเป็นเวลา 48 ชั่วโมง หลังจากนั้นได้ ตัวเร่งปฏิกิริยา Ca-Al ไปอบแห้ง และเผาที่อุณหภูมิ 800 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 ชั่วโมง จะได้เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา Ca-Al (Gao *et al.*, 2010)

การเตรียมตัวเร่งปฏิกิริยา Sr-Al เป็นการตกตะกอนร่วมโดยนำสารละลาย A ประกอบด้วยสารละลาย $\text{SrCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ และสารละลาย $\text{Al}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ อัตราส่วนโดยโมลของ Sr ต่อ Al เป็น 3 ต่อ 1 สารละลาย B ประกอบด้วยสารละลาย NaOH และสารละลาย Na_2CO_3 อัตราส่วนโดยโมลของ NaOH ต่อ Na_2CO_3 เป็น 4 ต่อ 1 นำไปตกตะกอนร่วมอย่างช้าๆ ในน้ำ 50 มิลลิลิตร ที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส โดยกวนตลอดเวลาเป็นเวลา 48 ชั่วโมง หลังจากนั้นได้ ตัวเร่งปฏิกิริยา Sr-Al ไปอบแห้ง และเผาที่อุณหภูมิ 800 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 ชั่วโมง จะได้เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา Sr-Al

2. การเตรียมตัวเร่งปฏิกิริยาโพแทสเซียมฟลูออไรด์เข้มข้นร้อยละ 80 โดยน้ำหนักบนตัวเร่งปฏิกิริยา Ca-Al และ Sr-Al

เตรียมสารละลายโพแทสเซียมฟลูออไรด์ความเข้มข้นร้อยละ 80 โดยน้ำหนัก นำมาเคลือบบนตัวเร่งปฏิกิริยา Ca-Al และ Sr-Al ที่อัตราส่วน 1 : 1 โดยน้ำหนัก จากนั้นนำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 ชั่วโมง จะได้ตัวเร่งปฏิกิริยา KF/Ca-Al และ KF/Sr-Al

3. การวิเคราะห์หาปริมาณกรดไขมันอิสระในน้ำมันซึ่งตัวอย่างน้ำมันให้ได้น้ำหนักที่แน่นอน 1-10 กรัม

ลงในขวดรูปชมพู่ เติม 2-propanol 50 ml ลงไปในตัวอย่างน้ำมันที่เตรียมไว้ และเติม Phenolphthalein 2-5 หยดเขย่าให้เข้ากัน นำมาให้ความร้อนบน Hotplate ที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส ทำการไทเทรตจนร้อนด้วย 0.1 N NaOH จนได้สารละลายเปลี่ยนเป็นสีชมพู จดบันทึกปริมาตร 0.1 N NaOH ที่ใช้ไปในการไทเทรต คำนวณปริมาณกรดไขมันอิสระ

4. การดูลักษณะพื้นผิวด้วยกล้องอิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscopy)

5. การสังเคราะห์ไบโอดีเซลด้วยปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ริฟิเคชัน

การสังเคราะห์ไบโอดีเซลด้วยปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ริฟิเคชัน ที่อัตราส่วนของเมทานอล 12 โมล ต่อน้ำมันปาล์ม 1 โมล โดยใช้ปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยาร้อยละ 10 โดยน้ำหนักเทียบกับน้ำหนักของน้ำมันที่ใช้ ที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส เวลาในการทำปฏิกิริยา 3 ชั่วโมง ดังภาพที่ 2 โดยเปรียบเทียบการใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา คือ ตัวเร่งปฏิกิริยา KF/Ca-Al โดยการที่ใช้ตัวทำละลายร่วม (THF) และไม่ใช้ตัวทำละลายร่วม (THF) เปรียบเทียบกับ ตัวเร่งปฏิกิริยา KF/Sr-Al โดยการที่ใช้ตัวทำละลายร่วม (THF) และไม่ใช้ตัวทำละลายร่วม (THF)



ภาพที่ 2 แสดงการติดตั้งอุปกรณ์การสังเคราะห์ไบโอดีเซลด้วยปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ริฟิเคชัน

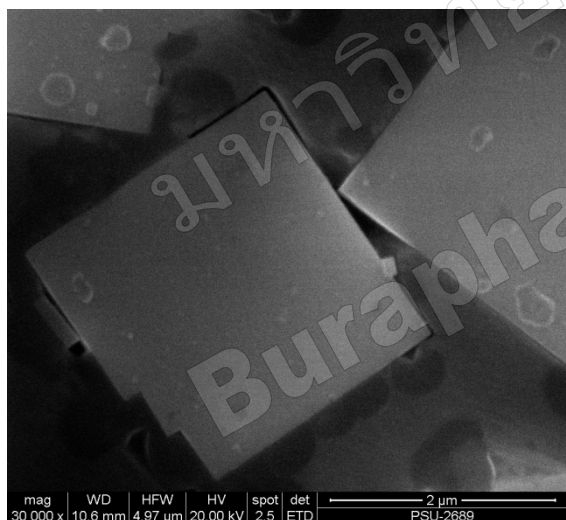
6. การวิเคราะห์หาองค์ประกอบเมทิลเอสเทอร์ในน้ำมันไบโอดีเซล

นำผลิตภัณฑ์ที่ได้จากปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ริฟิเคชัน

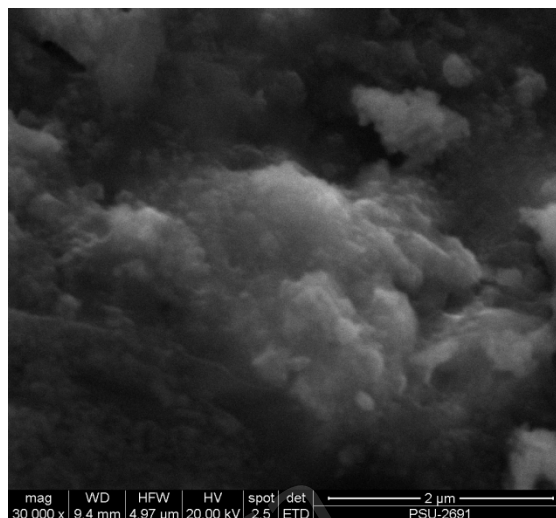
ส่วนที่เป็นชั้นของน้ำมัน ปลายังด้วยน้ำ รอกการแยกชั้น และนำชั้นน้ำมันที่ได้ไปเติมโซเดียมไรโอซัลเฟตแอนไฮดรัส เป็นเวลา 12 ชั่วโมง นำน้ำมันที่ได้ไปวิเคราะห์ทางค้ประกอบเมทิลเอสเทอร์ ในน้ำมันไบโอดีเซลที่สังเคราะห์ได้โดยใช้เครื่อง Thin Layer Chromatography – Flame Ionization Detector (TLC – FID)

ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล

การวิเคราะห์หาปริมาณกรดไขมันอิสระในน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ ได้เท่ากับ 0.48 mgKOH/g โดยไม่เกินค่ามาตรฐาน 0.50 mgKOH/g เป็นมาตรฐาน DIN ของเยอรมนี และ ASTM (American Society of Testing and Materials) ของสหรัฐอเมริกา จากการทดลองการสังเคราะห์ไบโอดีเซลด้วยปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ริฟิเคชันของตัวเร่งปฏิกิริยา KF/Ca-Al ไม่ใช่ตัวทำละลายร่วม (THF) และใช้ตัวทำละลายร่วม (THF) เปรียบเทียบกับตัวเร่งปฏิกิริยา KF/Sr-Al ไม่ใช่ตัวทำละลายร่วม (THF) และใช้ตัวทำละลายร่วม (THF) พบว่ามีลักษณะพื้นผิวของตัวเร่งปฏิกิริยาแสดงดังภาพที่ 3 และ 4



ภาพที่ 3 ตัวเร่งปฏิกิริยา KF/Sr-Al



ภาพที่ 4 ตัวเร่งปฏิกิริยา KF/Ca-Al

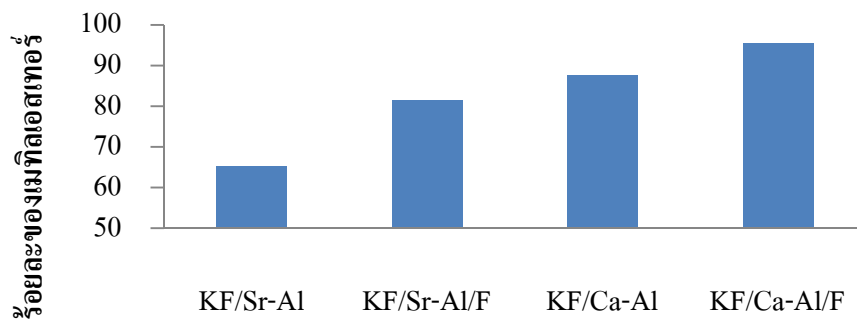
การวิเคราะห์พื้นผิวด้วยเครื่อง SEM ผลปรากฏดังภาพที่ 3 ตัวเร่งปฏิกิริยา KF/Sr-Al เกิดพื้นผิวเป็นรูปทรงลูกบาศก์ขนาดประมาณ 2 ไมโครเมตร เมื่อเปรียบเทียบกับภาพที่ 4 ตัวเร่งปฏิกิริยา KF/Ca-Al เกิดพื้นผิวลักษณะทรงกลม Aggregate กันขนาดเล็กกว่า 2 ไมโครเมตร อาจส่งผลทำให้ตัวเร่งปฏิกิริยา KF/Ca-Al ส่งผลให้ประสิทธิภาพในการทำปฏิกิริยาดีกว่าตัวเร่งปฏิกิริยา KF/Sr-Al

ผลจากการวิเคราะห์ห่าร้อยละของเมทิลเอสเทอร์ ในน้ำมันไบโอดีเซลที่ได้จากการสังเคราะห์ ด้วยปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ริฟิเคชัน เครื่อง Thin Layer Chromatography – Flame Ionization Detector (TLC – FID) แสดงในภาพที่ 5 และตารางที่ 1

จากภาพที่ 5 แสดงให้เห็นว่าตัวเร่งปฏิกิริยา KF/Ca-Al ที่เติม THF (KF/Ca-Al/F) ร้อยละ 60 โดยน้ำหนักต่อน้ำมันที่ใช้ในปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ริฟิเคชัน เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาที่มีประสิทธิภาพสูงในการผลิตไบโอดีเซลด้วยปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ริฟิเคชัน เมื่อเปรียบเทียบกับตัวเร่งปฏิกิริยา KF/Ca-Al ที่ไม่เติม THF (KF/Ca-Al) ซึ่งสอดคล้องกับการใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา KF/Sr-Al ที่เติม THF (KF/Sr-

ตารางที่ 1 แสดงร้อยละของเมทิลเอสเทอร์ โดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาต่างชนิดกัน

อัตราส่วนเมทานอล : น้ำมันปาล์ม	ร้อยละของเมทิลเอสเทอร์			
	ตัวเร่งปฏิกิริยา KF/Sr-Al	ตัวเร่งปฏิกิริยา KF/Sr-Al/F	ตัวเร่งปฏิกิริยา KF/Ca-Al	ตัวเร่งปฏิกิริยา KF/Ca-Al/F
12:1	65.12	81.36	87.63	95.54



ตัวเร่งปฏิกิริยา

ภาพที่ 5 ผลการเปรียบเทียบร้อยละของเมทิลเอสเทอร์ที่ใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา KF/Ca-Al ไม่เติมตัวทำละลายร่วมและตัวเร่งปฏิกิริยา KF/Sr-Al ไม่เติมตัวทำละลายร่วมและเติมตัวทำละลายร่วมเตตระไฮโดรฟูแรน KF/Ca-Al/F; KF/Sr-Al/F

Al/F) เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาที่มีประสิทธิภาพสูงในการผลิตไบโอดีเซล เทียบกับการใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา KF/Sr-Al ที่ไม่เติม THF (KF/Sr-Al) และตัวเร่งปฏิกิริยา KF/Ca-Al/F และ KF/Ca-Al มีประสิทธิภาพสูงในการผลิตไบโอดีเซลเทียบกับการใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา KF/Sr-Al/F และ KF/Sr-Al ซึ่งอาจเป็นผลมาจากตัวเร่งปฏิกิริยา KF/Ca-Al ที่เตรียมได้มีขนาดเล็กกว่าตัวเร่งปฏิกิริยา KF/Sr-Al ดังภาพที่ 3 และ 4

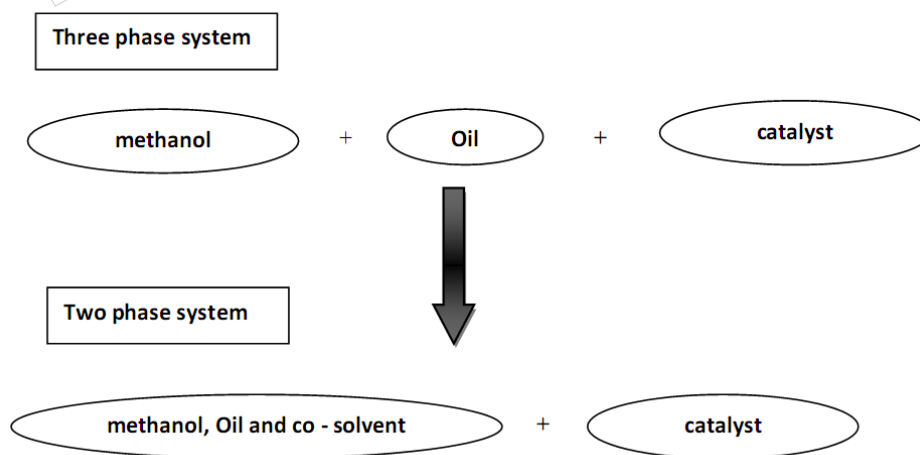
จากการทดลองพบว่าเตตระไฮโดรฟูแรน (THF) หรือตัวทำละลายร่วมทำให้การละลายเข้าด้วยกันของเมทานอลกับน้ำมันสัมผัสกันได้ดี ทำให้สารตั้งต้นสัมผัสกันได้ดียิ่งขึ้นบนพื้นผิวของตัวเร่งปฏิกิริยา และปฏิกิริยาดำเนินไปได้ด้วยเร็วขึ้น โดยจะไปมีผลทำให้จำนวนเฟสในการทำปฏิกิริยาลดลงจากสามเฟสเป็นสองเฟส ดังแผนภาพจำลองการทำงานของตัวทำละลายร่วมในรูปที่ 6 มีผลให้การสังเคราะห์ไบโอดีเซลเป็นไปได้ง่ายขึ้น และได้ร้อยละโดยน้ำหนักของไบโอดีเซลในปริมาณสูงกว่าที่เวลาเท่ากัน (ณัฐมณเฑียร, 2549)

สรุปผลการวิจัย

การวิเคราะห์หาปริมาณกรดไขมันอิสระในน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ โดยค่าที่ได้จะไม่เกินค่ามาตรฐานได้เท่ากับ 0.48 mgKOH/g และตัวเร่งปฏิกิริยา KF/Ca-Al/F เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาที่มีประสิทธิภาพสูงในการผลิตไบโอดีเซล เมื่อเปรียบเทียบกับตัวเร่งปฏิกิริยา KF/Ca-Al ซึ่งสอดคล้องกับการใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา KF/Sr-Al/F เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาที่มีประสิทธิภาพสูงในการผลิตไบโอดีเซลเทียบกับการใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา KF/Sr-Al

ตัวเร่งปฏิกิริยา KF/Ca-Al/F และ KF/Ca-Al มีประสิทธิภาพสูงในการผลิตไบโอดีเซลเทียบกับการใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา KF/Sr-Al/F และ KF/Sr-Al ซึ่งเป็นอาจเป็นผลมาจากตัวเร่งปฏิกิริยา KF/Ca-Al ที่เตรียมได้มีขนาดเล็กกว่าตัวเร่งปฏิกิริยา KF/Sr-Al

ตัวทำละลายร่วมทำให้การละลายเข้าด้วยกันของเมทานอลกับน้ำมันสัมผัสกันได้ดี ลด Mass Transfer ระหว่างเฟส ทำให้



ภาพที่ 6 แผนภาพจำลองการทำงานของตัวทำละลาย

สารตั้งต้นสัมผัสกันได้ดียิ่งขึ้นบนพื้นผิวของตัวเร่งปฏิกิริยา และปฏิกิริยาดำเนินไปได้ด้วยเร็วขึ้น โดยจะไปมีผลทำให้จำนวนเฟสในการทำปฏิกิริยาลดลงจากสามเฟสเป็นสองเฟส

กิตติกรรมประกาศ

ทุนสนับสนุนการวิจัยงบประมาณรายได้ มหาวิทยาลัยทักษิณ ปี 2552

เอกสารอ้างอิง

- ณัฐมณฑน์ ลีจินดา. (2549). *การผลิตไบโอดีเซลจากปาล์มสดเคียวริน โดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาแบบวิวิธพันธุ์*. ปรินญาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัย, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- Gao, L., Teng, G., Xiao, G. & Wei, R., (2010). "Biodiesel from palm oil via loading KF/Ca-Al hydrotalcite catalyst." *Biomass and Bioenergy*, 1-6.
- Liu, X., He, H., Wang, Y., Zhu, S.& Piao, X., (2008). "Transesterification of soybean oil to biodiesel using CaO as solid base catalyst." *Fuel*, 87, 216-221.
- Xie, W., Peng, H.&Chen, L., (2006). "Calcined Mg-Al hydrotalcites as solid base catalysts for methanolysis of soybean oil." *Journal of Molecular Catalysis*, 246, 24-32.
- Kandpal, J.B. & M. Madan., (1994). "Jatropha curcas: a renewable source of energy for meeting future energy needs". *Technical Note*, 6, 159-160.
- Kim, H.J., B.S. Kang, M.J. Kim, Y.M. Park & D.K. Kim., (2004). "Transesterification of vegetable oil to biodiesel using heterogeneous base catalyst." *Catalysis Today*, 93, 315-320.
- Mustafa, E.T., (2003). *Investigation of oxides of nitrogen emulsion from biodiesel-fueled engines*, Dissertation thesis, Iowa State University.
- Yang, Z. & Xie, W., (2007), "Soybean oil transesterification over zinc oxide modified with alkali earth metals," *Fuel Process. Technol.*, 88, 631-638.