
การผลิตน้ำมันไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มโดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา Sodium Hydrogen Tartrate ($C_4H_5NaO_6$)
Biodiesel Production from Palm Oil Using Sodium Hydrogen Tartrate ($C_4H_5NaO_6$) as Catalyst

จักรพงษ์ ไชยบุรี*

สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ

Chakkramong Chaiburi*

Department of Chemistry, Faculty of Science, Thaksin University.

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาตัวเร่งปฏิกิริยาวิวิธพันธุ์ Sodium hydrogen tartrate ($C_4H_5NaO_6$) สำหรับผลิตไบโอดีเซลผ่านปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ริฟิเคชันของเมทานอลและน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ ผลจากการทดลอง พบว่า ตัวเร่งปฏิกิริยาวิวิธพันธุ์ Sodium hydrogen tartrate ($C_4H_5NaO_6$) เผาที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส ที่อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์เท่ากับ 12 : 1 จะให้ร้อยละความบริสุทธิ์ของไบโอดีเซลในรูปของเมทิลเอสเทอร์สูงถึง 100 โดยควบคุมอุณหภูมิในการทำปฏิกิริยา 60 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 3 ชั่วโมง

คำสำคัญ : ไบโอดีเซล ตัวเร่งปฏิกิริยาวิวิธพันธุ์ ปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ริฟิเคชัน

Abstract

The aim of this research studied the heterogeneous catalysts, namely Sodium hydrogen tartrate ($C_4H_5NaO_6$), to produce biodiesel via the transesterification reaction of methanol with refined palm oil. The result was found that, using Sodium hydrogen tartrate ($C_4H_5NaO_6$) calcined at 600°C, the molar ratio of methanol to refined palm oil is 12 : 1 obtained purity of methyl ester as 100%. The optimum condition was controlled the temperature of reaction as 60°C for 3 h.

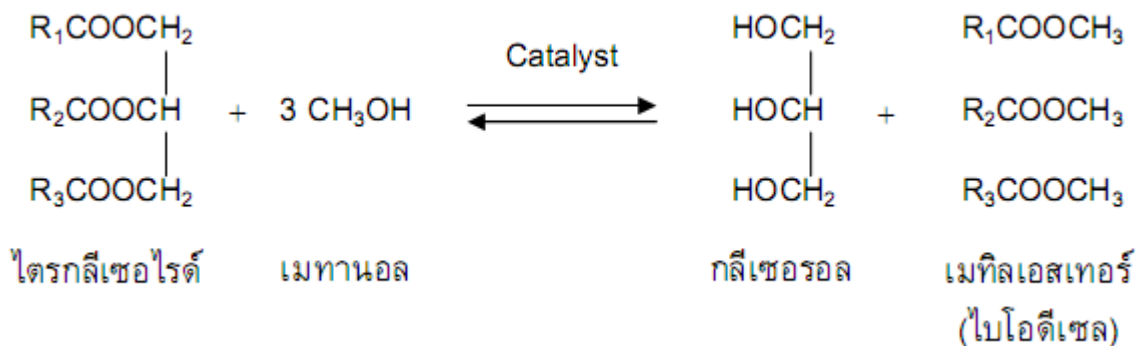
Keywords : Biodiesel, Heterogeneous Catalyst, Transesterification

*E-mail: chakkramong@tsu.ac.th, kchakkramong@yahoo.com

บทนำ

ไบโอดีเซล หมายถึง สารประกอบโมโนอัลคิลเอสเทอร์ (Mono-Alkyl Ester) ซึ่งเป็นผลผลิตจากปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ริฟิเคชัน (Transesterification) ของน้ำมันพืช หรือไขมันสัตว์ ซึ่งเป็นสารประกอบอินทรีย์ประเภทไตรกลีเซอไรด์ (Triglyceride) ทำปฏิกิริยากับแอลกอฮอล์ (Alcohol) เช่น เมทานอล และมีตัวเร่ง

ปฏิกิริยาที่เป็นกรดหรือเบส จะได้ผลผลิตเป็นเอสเทอร์ (Ester) ซึ่งก็คือน้ำมันไบโอดีเซลและผลิตภัณฑ์ผลพลอยได้กลีเซอรอล (Glycerol) ซึ่งเราจะเรียกชนิดของไบโอดีเซลแบบเอสเทอร์นี้ตามชนิดของแอลกอฮอล์ที่ใช้ในการทำปฏิกิริยา ไบโอดีเซลชนิดเอสเทอร์นี้มีคุณภาพที่เหมือนกับน้ำมันดีเซลมากที่สุดเพราะไม่มีปัญหาเกี่ยวกับเครื่องยนต์ ดังแสดงในภาพที่ 1



ภาพที่ 1 สมการเคมีสำหรับปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ริฟิเคชัน ของไตรกลีเซอไรด์

ตัวเร่งปฏิกิริยาที่ใช้สามารถจำแนกได้เป็น 3 ประเภท ได้แก่ กรด เบส และเอนไซม์ การผลิตไบโอดีเซลในระดับอุตสาหกรรมนิยมใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาเอกพันธ์ชนิดเบส เช่น โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) และโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH) เนื่องจากเร่งปฏิกิริยาได้เร็วและมีราคาถูก อย่างไรก็ตามตัวเร่งปฏิกิริยาเอกพันธ์กลายเป็นเนื้อเดียวกับสารตั้งต้นและผลิตภัณฑ์ การแยกตัวเร่งปฏิกิริยาออกทำได้ยาก ต้องใช้น้ำปริมาณมากและทำการล้างผลิตภัณฑ์หลายขั้นตอนก่อให้เกิดน้ำเสียในปริมาณมาก และสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายในการบำบัดน้ำเสีย เพื่อเป็นการลดปัญหาดังกล่าวจึงมีการศึกษาการใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาวិวิพันธ์ในปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ริฟิเคชัน

จักรพงษ์ ไชยบุรีและคณะ ได้ศึกษาตัวเร่งปฏิกิริยาของแข็งที่เป็นเบส SrO และ KF/SrO โดยนำไปใช้งานได้ในปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ริฟิเคชัน ของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ เพื่อผลิตไบโอดีเซล 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 (จักรพงษ์ ไชยบุรีและคณะ, 2555)

Yang และคณะได้ศึกษาทดลองใช้ Al_2O_3 , ZrO_2 และ ZnO เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาที่อัตราส่วนโดยโมลน้ำมันถั่วเหลืองต่อเมทานอล

1:12 ที่ 65 องศาเซลเซียส เวลา 1 ชั่วโมง พบว่าตัวรองรับทั้งสามชนิดไม่ให้เกิดผลิตภัณฑ์เมทิลเอสเทอร์ แต่เมื่อเติมแคลเซียมไนเตรดบนตัวรองรับเป็น $Ca(NO_3)_2/Al_2O_3$, $Ca(NO_3)_2/ZrO_2$ และ $Ca(NO_3)_2/ZnO$ พบว่าได้เปอร์เซ็นต์เมทิลเอสเทอร์ (%FAME) 49, 7 และ 2 ตามลำดับ เนื่องจาก $Ca(NO_3)_2$ ช่วยเพิ่มความแข็งแรงของเบสบนผิวตัวเร่งปฏิกิริยา จึงเร่งปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ริฟิเคชันดีขึ้น (Yang et al., 2007)

Kim และคณะได้ทำการศึกษาการเกิดปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ริฟิเคชันของน้ำมันถั่วเหลืองโดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาแบบวิวิพันธ์ โดยได้ทำการทดลองโดยใช้ $Na/NaOH/Al_2O_3$ เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา โดยใช้ร่วมกับบอร์มอลเฮกเซน (n-hexane) ซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวทำละลายร่วม (Co-Solvent) ทำการทดลองที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส และใช้เวลาในการทำปฏิกิริยา 2 ชั่วโมง จากการทดลองพบว่าเมื่อใช้ $Na/NaOH/Al_2O_3$ ซึ่งเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาแบบวิวิพันธ์ในการเร่งปฏิกิริยาร่วมกับตัวทำละลายร่วมที่สภาวะเดียวกันจะให้ร้อยละผลได้สูงเมื่อเทียบกับการเร่งปฏิกิริยาโดยใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ (Kim et al., 2004)

Qiu และคณะได้พัฒนาตัวเร่งปฏิกิริยาแบบวิวิพันธ์ โดยเตรียม ZrO_2 ผนวกด้วย $C_4H_4O_6HK$ ซึ่งเป็นสารกลุ่ม Tartrate แล้วนำไปเผาที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 ชั่วโมง

นำตัวเร่งปฏิกิริยาที่เตรียมได้มาผลิตน้ำมันไบโอดีเซล โดยใช้น้ำมัน ถั่วเหลือง 1 โมล กับเมทานอล 16 โมล โดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาที่เตรียม ได้ร้อยละ 6 อุณหภูมิที่ใช้ในการทำปฏิกิริยา 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ได้ปริมาณน้ำมันไบโอดีเซลร้อยละ 98.03 (Qiu *et al.*, 2011)

เนื่องจากตัวเร่งปฏิกิริยาชนิดนี้เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาที่อยู่ใน สถานะแตกต่างกับสารที่ทำปฏิกิริยา สามารถแยกสารตั้งต้นและ ผลิตภัณฑ์ออกมาจากตัวเร่งปฏิกิริยาได้ง่าย สามารถใช้ได้ใน สภาวะที่มีอุณหภูมิ และ/หรือ ความดันสูงได้ ตัวเร่งปฏิกิริยามีอายุ การใช้งานที่ยาวนาน และอาจนำกลับมาใช้ใหม่ได้ง่ายกว่า ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นที่จะศึกษาเกี่ยวกับการแก้ปัญหาการเลือกใช้ ตัวเร่งปฏิกิริยาที่เหมาะสมที่มีประโยชน์ในเชิงอุตสาหกรรมและ เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมมากที่สุดและเพื่อเพิ่มอายุการใช้งานของ ตัวเร่งปฏิกิริยาอีกด้วย ซึ่งงานวิจัยนี้ได้สนใจตัวเร่งปฏิกิริยาของแข็ง ที่เป็นเบสมากกว่าตัวเร่งปฏิกิริยาชนิดอื่น จึงได้ทำการสังเคราะห์ ตัวเร่งปฏิกิริยาเบส คือ ตัวเร่งปฏิกิริยาวิวิธพันธุ์ Sodium hydrogen tartrate ($C_4H_5NaO_6$) เพื่อนำไปประยุกต์ใช้ในการผลิตไบโอดีเซล แบบต่อเนื่องในอนาคต

วัสดุอุปกรณ์และวิธีการวิจัย

1. การเตรียมตัวเร่งปฏิกิริยา Sodium hydrogen tartrate ($C_4H_5NaO_6$) นำ Sodium hydrogen tartrate ($C_4H_5NaO_6$) เเผา (Calcination) ที่อุณหภูมิ 800 600 และ 200 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 ชั่วโมง

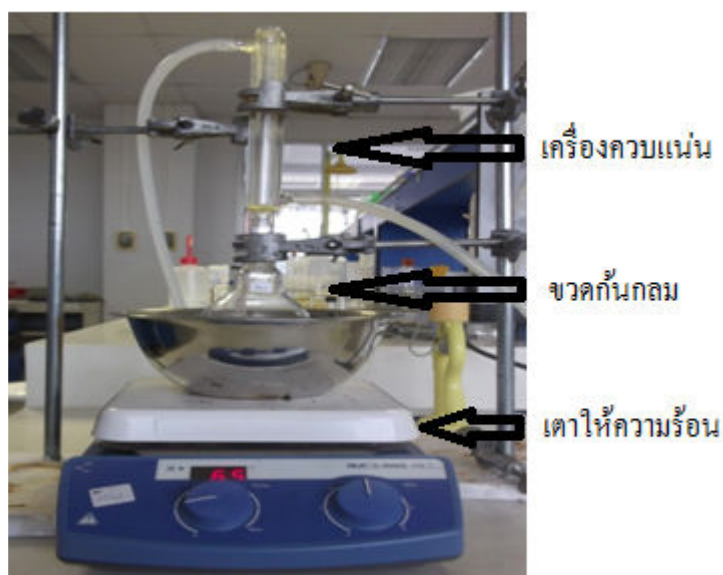
2. การวิเคราะห์หาปริมาณกรดไขมันอิสระในน้ำมัน โดยชั่ง ตัวอย่างน้ำมันให้ได้น้ำหนักที่แน่นอน 1-10 กรัม ลงในขวดรูปชมพู่ เติม 2-propanol 50 ml ลงไปในตัวอย่างน้ำมันที่เตรียมไว้ และเติม Phenolphthalein 2-5 หยดเขย่าให้เข้ากัน นำมาให้ความร้อนบน Hotplate ที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส ทำการไทเทรตขณะร้อนด้วย 0.1 N NaOH จนได้สารละลายเปลี่ยนเป็นสีชมพู จุดบันทึกปริมาตร 0.1 N NaOH ที่ใช้ในการไทเทรต คำนวณปริมาณกรดไขมัน อิสระ

3. การดูลักษณะพื้นผิวด้วย Scanning Electron Microscopy, SEM) ตัวเร่งปฏิกิริยาที่ได้จากการเตรียมจะมีลักษณะ เป็นผงนำมาตรวจลักษณะทางกายภาพด้วยเครื่อง SEM

4. ศึกษาโครงสร้างของตัวเร่งปฏิกิริยาด้วยเครื่อง X-ray Diffraction (XRD) ตัวเร่งปฏิกิริยาที่ได้จากการเตรียมนำมาตรวจ ลักษณะโครงสร้าง

5. การสังเคราะห์ไบโอดีเซลด้วยปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ ริฟิเคชัน การสังเคราะห์ไบโอดีเซลด้วยปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ ริฟิเคชัน ที่อัตราส่วนของเมทานอลต่อน้ำมันที่อัตราส่วนโดยโมล ต่างๆ 6 : 1 12 : 1 และ 18 : 1 มาทำการทดลองกับตัวเร่งปฏิกิริยา ที่เตรียมไว้ โดยใช้ปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยาร้อยละ 5 และ 10 โดย น้ำหนักเทียบกับน้ำหนักของน้ำมันที่ใช้ ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เวลาในการทำปฏิกิริยา 3 ชั่วโมง ดังภาพที่ 2

6. การวิเคราะห์หาองค์ประกอบเมทิลเอสเทอร์ในน้ำมัน ไบโอดีเซล นำผลิตภัณฑ์ที่ได้จากปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ริฟิเคชัน ส่วนที่เป็นชั้นของน้ำมัน ไปล้างด้วยน้ำ รอกการแยกชั้น และนำ

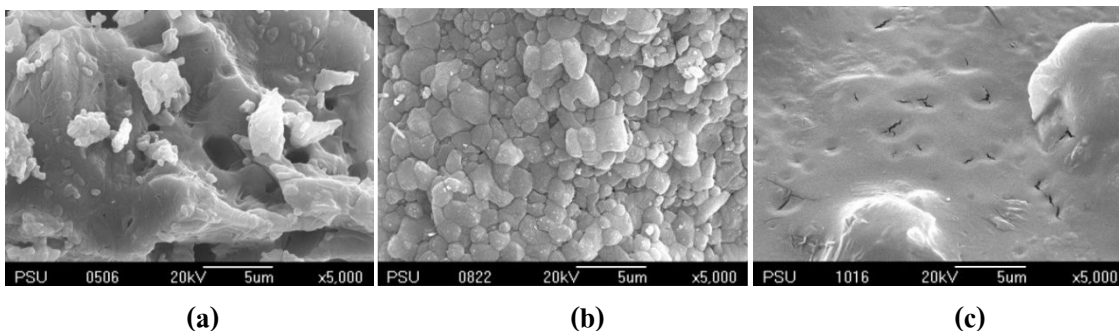


ภาพที่ 2 แสดงการติดตั้งอุปกรณ์การสังเคราะห์ไบโอดีเซลด้วยปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ริฟิเคชัน

ชั้นน้ำมันที่ได้ไปเติมโซเดียมไฮดรอกไซด์เพื่อดูน้ำที่ยังแยกออกมาไม่หมดในชั้นน้ำมัน ในอัตราส่วนโซเดียมซัลเฟตแอนไฮดรัสต่อชั้นน้ำมันเท่ากับ 0.25 เป็นเวลา 12 ชั่วโมง นำน้ำมันที่ได้ไปวิเคราะห์หาองค์ประกอบเมทิลเอสเทอร์ในน้ำมันไบโอดีเซลที่สังเคราะห์ได้โดยใช้เครื่อง 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

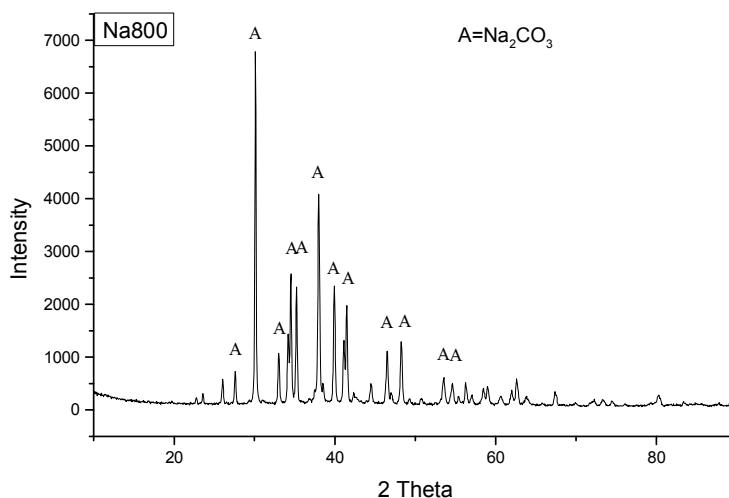


ภาพที่ 3 รูปถ่าย SEM แสดงลักษณะโครงสร้างภายนอกของตัวเร่งปฏิกิริยา Sodium hydrogen tartrate ($C_4H_5NaO_6$) โดย (a) เผาที่อุณหภูมิ 800 องศาเซลเซียส (b) เผาที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส (c) เผาที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส

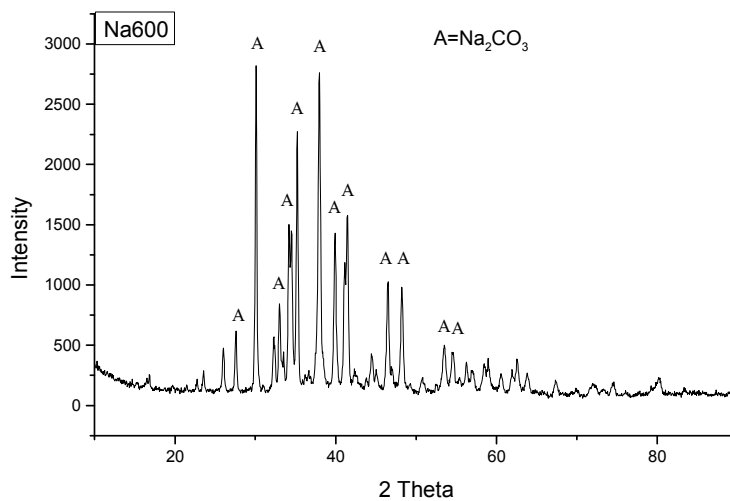
การวิเคราะห์พื้นผิวด้วยเครื่อง SEM ผลปรากฏดังภาพที่ 3 เป็นการศึกษาลักษณะโครงสร้างภายนอกของตัวเร่งปฏิกิริยา Sodium hydrogen tartrate ($C_4H_5NaO_6$) ที่กำลังขยาย 5000 เท่า ซึ่งจะเห็นอนุภาคของตัวเร่งปฏิกิริยามีลักษณะกายภาพของ (a) เป็นเกร็ด (Flakes) ซ้อนเกาะติดกัน อาจเนื่องมาจากการเผาที่อุณหภูมิสูงถึง 800 องศาเซลเซียส ทำให้โครงสร้างของตัวเร่งเกิดการเชื่อมติดกัน (b) เป็นก้อนเกาะติดกัน เป็นการเผาตัวเร่งปฏิกิริยาที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส ทำให้โครงสร้างเกิดการเชื่อมติดกัน

แต่ยังเชื่อมไม่มากเท่าโครงสร้างที่เผาด้วยอุณหภูมิ 800 องศาเซลเซียส (c) มีรอยแตกอยู่ทั่วไป การเผาที่อุณหภูมิไม่สูงมาก ทำให้โครงสร้างของตัวเร่งปฏิกิริยาไม่มีการเชื่อมติดกัน ส่วนผลการศึกษาโครงสร้างของตัวเร่งปฏิกิริยาด้วยเครื่อง XRD แสดงดังภาพที่ 4 5 และ 6

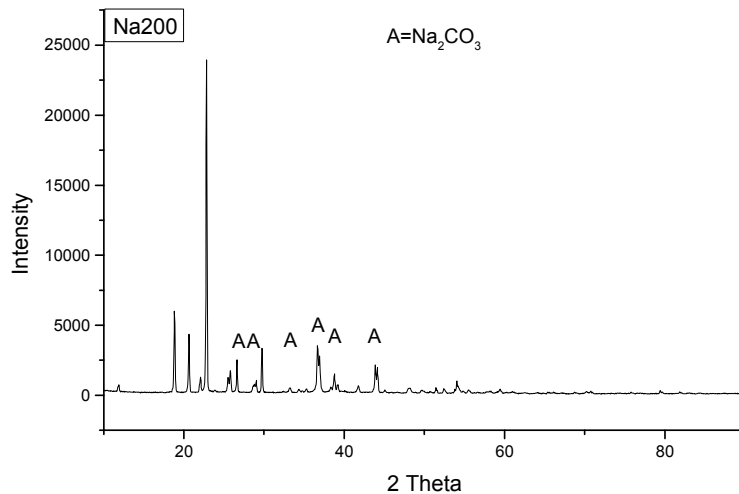
จากภาพที่ 4 5 และ 6 แสดงผล XRD ของตัวเร่งปฏิกิริยา Sodium hydrogen tartrate ($C_4H_5NaO_6$) เผาที่อุณหภูมิแตกต่างกัน โครงสร้างที่ได้เป็นโซเดียมคาร์บอเนต (Na_2CO_3) แต่ที่การเผา 200 องศาเซลเซียส เกิดโครงสร้างที่ไม่สามารถเปรียบเทียบกับฐานข้อมูล



ภาพที่ 4 แสดงผล XRD ของตัวเร่งปฏิกิริยา Sodium hydrogen tartrate ($C_4H_5NaO_6$) เผาที่อุณหภูมิ 800 องศาเซลเซียส



ภาพที่ 5 แสดงผล XRD ของตัวเร่งปฏิกิริยา Sodium hydrogen tartrate ($C_4H_5NaO_6$) เเผที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส

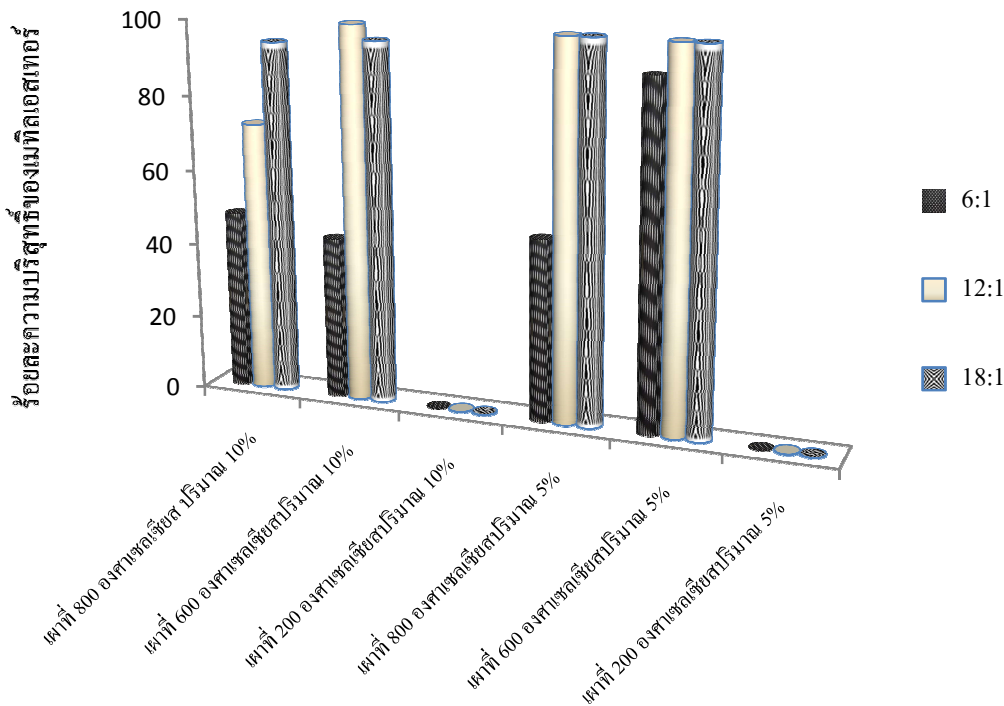


ภาพที่ 6 แสดงผล XRD ของตัวเร่งปฏิกิริยา Sodium hydrogen tartrate ($C_4H_5NaO_6$) เเผที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส

ได้เกิดขึ้นด้วย และผลจากการวิเคราะห์หรร้อยละของเมทิลเอสเทอร์ เทอร์ริฟิเคชัน เครื่อง Thin Layer Chromatography – Flame
 ในน้ำมันไบโอดีเซลที่ได้จากการสังเคราะห์ด้วยปฏิกิริยาทรานส์เอส Ionization Detector (TLC – FID) แสดงในภาพที่ 7 และตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงร้อยละของเมทิลเอสเทอร์ โดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา Sodium hydrogen tartrate ($C_4H_5NaO_6$)

อัตราส่วน เมทานอล : น้ำมันปาล์ม	ร้อยละของเมทิลเอสเทอร์โดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา $C_4H_5NaO_6$					
	ตัวเร่งปฏิกิริยา เเผที่ 800 องศาเซลเซียส ปริมาณ 10%	ตัวเร่งปฏิกิริยา เเผที่ 600 องศาเซลเซียส ปริมาณ 10%	ตัวเร่งปฏิกิริยา เเผที่ 200 องศาเซลเซียส ปริมาณ 10%	ตัวเร่งปฏิกิริยา เเผที่ 800 องศาเซลเซียส ปริมาณ 5%	ตัวเร่งปฏิกิริยา เเผที่ 600 องศาเซลเซียส ปริมาณ 5%	ตัวเร่งปฏิกิริยา เเผที่ 200 องศาเซลเซียส ปริมาณ 5%
6:1	47.73	43.27	0	48.51	91.70	0
12:1	72.29	100	0	100	100	0
18:1	94.23	96.05	0	100	100	0



ภาพที่ 7 ผลการเปรียบเทียบร้อยละของเมทิลเอสเทอร์ที่ใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา Sodium hydrogen tartrate ($C_4H_5NaO_6$) ที่ปริมาณต่างๆ กัน

จากภาพที่ 7 แสดงให้เห็นว่าตัวเร่งปฏิกิริยา Sodium hydrogen tartrate ($C_4H_5NaO_6$) เเผาที่อุณหภูมิ 800 องศาเซลเซียส ที่ปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยาร้อยละ 5 อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอล ต่อน้ำมันปาล์ม 12:1 และ 18:1 ให้ร้อยละความบริสุทธิ์ของเมทิลเอสเทอร์สูงถึง 100 ส่วนตัวเร่งปฏิกิริยาเผาที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส ที่ปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยาร้อยละ 5 และ 10 อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอล ต่อน้ำมันปาล์ม 12:1 ให้ร้อยละความบริสุทธิ์ของเมทิลเอสเทอร์สูงถึง 100 และที่ปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยาร้อยละ 5 อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอล ต่อน้ำมันปาล์ม 18:1 ให้ร้อยละความบริสุทธิ์ของเมทิลเอสเทอร์สูงถึง 100 จากผลการทดลอง จะเห็นว่าเมื่อใช้ปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยาร้อยละ 5 จะสามารถเกิดปฏิกิริยาในการผลิตน้ำมันไบโอดีเซลได้ดีกว่าปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยาร้อยละ 10 อาจเนื่องมาจากปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ริฟิเคชันนั้นเป็นปฏิกิริยาย้อนกลับได้ ทำให้ปริมาณตัวเร่งที่เหลืออยู่ที่ยังไม่ทำปฏิกิริยาไปข้างหน้า เกิดการทำปฏิกิริยาย้อนกลับส่งผลให้ได้ความบริสุทธิ์ของน้ำมันไบโอดีเซลลดลง ส่วนตัวเร่งปฏิกิริยา Sodium hydrogen tartrate ($C_4H_5NaO_6$) เเผาที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส ไม่สามารถทำปฏิกิริยาแล้วได้ผลิตภัณฑ์เมทิลเอสเทอร์

สรุปผลการวิจัย

ในการทำปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ริฟิเคชันควรที่จะใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาที่ใช้อุณหภูมิในการเผา 600 องศาเซลเซียส เพื่อประหยัดพลังงานเมื่อเปรียบเทียบกับการเผาที่ 800 องศาเซลเซียส ปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยาร้อยละ 5 อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอล ต่อน้ำมันปาล์ม 12:1 ได้ร้อยละความบริสุทธิ์ของเมทิลเอสเทอร์สูงถึง 100 ส่วนตัวเร่งปฏิกิริยา Sodium hydrogen tartrate ($C_4H_5NaO_6$) เเผาที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส ไม่สามารถทำปฏิกิริยาแล้วได้ผลิตภัณฑ์เมทิลเอสเทอร์ เนื่องจากตัวเร่งปฏิกิริยามีโครงสร้างที่ได้ มีความแตกต่างกันเกิดโครงสร้างที่ไม่สามารถเปรียบเทียบกับฐานข้อมูลได้เกิดขึ้นด้วย โดยศึกษาจากผลการทดลองของ XRD จากการทดลองพบว่าโครงสร้างที่เป็น Na_2CO_3 สามารถเกิดปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ริฟิเคชันได้ ซึ่งก็สอดคล้องกับการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง TLC-FID แสดงผลร้อยละความบริสุทธิ์ของเมทิลเอสเทอร์ของตัวเร่งปฏิกิริยา และในการวิเคราะห์หาปริมาณกรดไขมันอิสระในน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ โดยค่าที่ได้จะไม่เกินค่ามาตรฐานได้เท่ากับ 0.48 mgKOH/g

กิตติกรรมประกาศ

ทุนสนับสนุนการวิจัยงบประมาณจากสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา ปี 2554

เอกสารอ้างอิง

จักรพงษ์ ไชยบุรี และคณะ. (2555). การผลิตน้ำมันไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มโดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา SrO และ KF/SrO. *การประชุมวิชาการระดับชาติมหาวิทยาลัยทักษิณ ครั้งที่ 22 ประจำปี 2555*. (หน้า 30). สงขลา : บริษัท มาสเตอร์พีช แอนด์ โครเซท จำกัด.

Gao, L., Teng, G., Xiao, G., Wei, R., (2010). "Biodiesel from palm oil via loading KF/Ca-Al hydrotalcite catalyst." *Biomass and Bioenergy*, 34, 1283-1288.

Kandpal, J.B. and 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 and D.K. Kim., (2004). "Transesterification of vegetable oil to biodiesel using heterogeneous base catalyst." *Catalysis Today*, 93, 315-320.

Liu, X., He, H., Wang, Y., Zhu, S., Piao, X., (2008). "Transesterification of soybean oil to biodiesel using CaO as a solid base catalyst." *Fuel*, 87, 216-221.

Qiu, F. et al., (2011), "Heterogeneous solid base nanocatalyst : Preparation, characterization and application in biodiesel production. *Bioresource Technology*, 102, 4150-4156.

Xie, W., Peng, H., Chen, L., (2006). "Calcined Mg-Al hydrotalcites as solid base catalysts for methanolysis of soybean oil." *Journal of Molecular Catalyst*, 246, 24-32.

Yang, Z. & Xie, W., (2007), "Soybean oil transesterification over zinc oxide modified with alkali earth metals," *Fuel Processing Technology*, 88, 631-638.