การผลิตน้ำมันไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มโดยใช้ KOH/NaY/NaOH เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา
Biodiesel Production from Palm oil using KOH/NaY/NaOH as a Solid Base Catalyst

มัทนา สันทัสนะโชค
ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
169 ถ. ลงหาดบางแสน ต. แสนสุข อ. เมือง จ. ชลบุรี 20131 mattana@eng.buu.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการผลิตน้ำมันไบโอดีเซลจากกระบวนการทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน (Transesterification) แบ่งออกเป็นสองส่วน คือ ส่วนแรก การวิเคราะห์คุณลักษณะของตัวเร่งปฏิกิริยา ได้แก่ การหาขนาดผลึก พื้นที่ผิวจำเพาะ ขนาดรูพรุน เป็นต้น และส่วนที่สอง การศึกษาผลกระทบของพารามิเตอร์ต่อการผลิตไบโอดีเซล ได้แก่ อัตราส่วนโดยโมลของน้ำมันปาล์มต่อเมทานอล ปริมาณของตัวเร่งปฏิกิริยา เวลาในการทำปฏิกิริยา จากผลการทดลองพบว่าค่าพื้นที่ผิวจำเพาะและขนาดรูพรุนของซีโอไลต์วายมีค่าเท่ากับ 512.48 มิลลิกรัม/กรัม และ 7.64 นาโนเมตร ตามลำดับ เมื่อเพิ่มปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยา % KOH/NaY ทำให้ค่าพื้นที่ผิวจำเพาะและขนาดรูพรุนลดลง เมื่ออัตราส่วนของโมลของน้ำมันปาล์มต่อเมทานอลเพิ่มขึ้นทำให้ไบโอดีเซลมีค่ามากขึ้น แต่อย่างไรก็ตามการเพิ่มปริมาณที่มากเกินไปส่งผลให้เกิดการแยกชั้นของกลีเซอรอลจากเอสเทอร์ได้ยากและอาจทำให้ตัวเร่งปฏิกิริยาเสื่อมสภาพ การเพิ่มปริมาณของตัวเร่งปฏิกิริยาที่มากเกินพอ จะทำให้ความหนืดของสารตั้งต้นและตัวเร่งปฏิกิริยาเพิ่มขึ้น ทำให้มีปัญหาต่อการผสมและกวนในระหว่างกระบวนการ Transesterification และการเพิ่มเวลาทำปฏิกิริยามากขึ้นทำให้ไบโอดีเซลมีปริมาณเพิ่มขึ้น อัตราส่วนโดยโมลของน้ำมันปาล์มต่อเมทานอลที่เหมาะสมในการผลิตไบโอดีเซล คือ 1: 15 ปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยาที่ 2% KOH/NaY และเวลาในการทำปฏิกิริยา 6 ชั่วโมง ผลผลิตไบโอดีเซลที่ได้ คือ 99.8%

คำสำคัญ ไบโอดีเซล, ปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน, โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์/ซีโอไลต์วาย, ตัวเร่งปฏิกิริยา

Abstract

The production of biodiesel from the transesterification of palm oil by using potassium hydroxide catalyst on zeolite Y support with sodium hydroxide ((KOH/NaY/NaOH) as a catalyst was studied in two parts. First, the characteristics of the catalyst such as crystal size, specific surface area and pore size were analyzed. Second, the effects of the parameters on biodiesel production such as molar ratio of palm oil to methanol, amount of catalyst and reaction time were investigated. The results showed that the specific surface area and pore size of Zeolite Y are 512.48 m^2/g and 7.64 nm., respectively. The increase in the amount of the catalyst (% KOH/NaY) resulted in the decrease in the specific surface area and pore size. The increase in

the molar ratio of palm oil to methanol resulted in the increase of the biodiesel production. However, the higher ratio of palm oil to methanol could result in difficult separation between glycerol and esters and that may cause catalysts deactivation. In addition, the increase in the amount of catalyst also resulted in the increase of the biodiesel production. Nevertheless, high catalyst loading will increase the reaction time as well as the viscosity of the reactants and catalysts resulting in the problems with mixing and agitation during the transesterification process. The study found that the optimum conditions for biodiesel production (as biodiesel yield of 99.8%) are the molar ratio of palm oil to methanol of 1:15, the catalyst content at 2% KOH/NaY and 6 hours processing time.

Keywords Biodiesel, Transesterification, Potassium hydroxide/zeolite Y, Catalyst

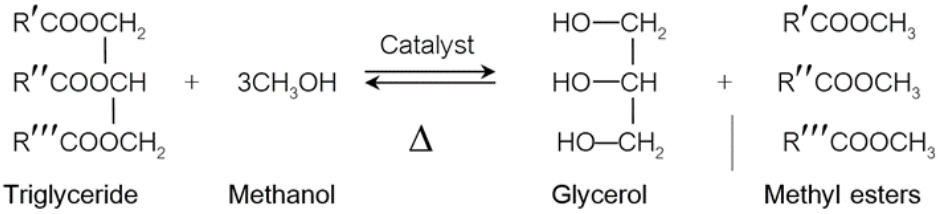
บทนำ

จากวิกฤติการณ์ด้านราคาน้ำมันเชื้อเพลิงจากปิโตรเลียมที่ปรับตัวสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องนั้น โดยเฉพาะประเทศที่กำลังพัฒนาและไม่มีทรัพยากรน้ำมันเป็นของตนเอง ทำให้เกิดวิกฤตการณ์พลังงาน ส่งผลกระทบต่อระบบเศรษฐกิจของประเทศอย่างกว้างขวาง ดังนั้นในปัจจุบันหลายประเทศทั่วโลก จึงหันมาให้ความสนใจแหล่งพลังงานทดแทน เพื่อลดการนำเข้าพลังงานเชื้อเพลิงจากต่างประเทศและแก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อม

ประเทศไทยมีการนำเข้าพลังงานจากต่างประเทศ สูงถึง 80% (พรายพล คุ้มทรัพย์, 2017) ของปริมาณน้ำมันทั้งหมดในประเทศ และยังมีแนวโน้มการนำเข้าเพิ่มขึ้นอีกเพราะไม่สามารถเพิ่มปริมาณการผลิตปิโตรเลียมในประเทศได้ทันกับความต้องการใช้งาน และขณะเดียวกันประเทศไทยยังประสบปัญหาเกี่ยวกับราคาผลผลิตทางการเกษตรที่ตกต่ำ เนื่องจากมีผลผลิตทางการเกษตรที่ล้นตลาด ดังนั้นประเทศไทยจึงพยายามหาทางออกจากวิกฤตการณ์นี้โดยให้ความสำคัญกับพลังงานทดแทนมากขึ้น เพราะการใช้เชื้อเพลิงปิโตรเลียมก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่จะส่งผลต่อการเกิดภาวะโลกร้อน รวมถึงปริมาณพลังงานสำรองที่ลดน้อยลงเรื่อย ๆ ซึ่งพลังงานทดแทนที่น่าสนใจ คือ น้ำมันไบโอดีเซล ที่จะเป็นตัวช่วยตัวหนึ่งในการสร้างความมั่นคงด้านพลังงานให้กับประเทศ ลดการนำเข้าพลังงาน รวมทั้งยังช่วยรักษาปริมาณพืชผลทางการเกษตรให้เกิดสมดุล

น้ำมันไบโอดีเซลเป็นเชื้อเพลิงชีวภาพที่มีสมบัติใกล้เคียงกับน้ำมันดีเซล ทำให้สามารถนำไปใช้กับเครื่องยนต์ดีเซลได้โดยตรงหรือใช้ผสมกับน้ำมันดีเซล นอกจากนี้น้ำมันไบโอดีเซลยังมีปริมาณของเลขซีเทน (Cetane number) ที่มากกว่าในน้ำมันดีเซล ส่งผลให้การเผาไหม้ของไบโอดีเซลเกิดได้ดีกว่าในน้ำมันดีเซล อีกทั้งยังมีองค์ประกอบของสารที่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อย มีการปลดปล่อยมลพิษต่ำกว่าการใช้น้ำมันดีเซล (Shan et al., 2018) ซึ่งน้ำมันไบโอดีเซลสามารถผลิตได้โดยอาศัยกระบวนการทางเคมี ที่เรียกว่า ทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน (Transesterification) ซึ่งเป็นการทำปฏิกิริยาระหว่างน้ำมันพืชหรือไขมันสัตว์กับแอลกอฮอล์ที่

มีความร้อนและตัวเร่งปฏิกิริยาเป็นตัวช่วยในการเพิ่มอัตราการเกิดปฏิกิริยา เพื่อเปลี่ยนโครงสร้างของไขมันให้เป็นเอสเทอร์ของกรดไขมัน ดังปฏิกิริยาที่ 1



ภาพที่ 1 ปฏิกิริยา ทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน ของโมเลกุลไตรกลีเซอไรด์กับเมทานอล

ปัจจุบันมีหลายงานวิจัยที่หันมาศึกษาการใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาแบบวิวิธพันธ์มากขึ้นเนื่องจากมีประสิทธิภาพสูงในการผลิตน้ำมันไบโอดีเซล มีฤทธิ์ในการกัดกร่อนน้อยกว่าตัวเร่งปฏิกิริยาแบบเอกพันธ์ สามารถแยกออกจากผลิตภัณฑ์ได้ง่ายกว่า สามารถนำกลับมาใช้ซ้ำได้ มีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ และลดปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมได้มากกว่า แต่ข้อจำกัดของตัวเร่งปฏิกิริยาชนิดนี้คือ การเร่งปฏิกิริยาเกิดขึ้นได้ช้ากว่าและให้เปอร์เซ็นผลผลิตน้ำมันไบโอดีเซลที่น้อยกว่าตัวเร่งปฏิกิริยาเอกพันธุ์ เพื่อเป็นการลดข้อจำกัดดังกล่าวจึงมีการใช้ตัวรองรับตัวเร่งปฏิกิริยา โดยตัวรองรับตัวเร่งปฏิกิริยาส่วนใหญ่จะเป็นของแข็งที่มีพื้นที่ผิวจำเพาะสูง ช่วยกระจายพื้นที่ทำปฏิกิริยาของตัวเร่งปฏิกิริยา ทำให้ปฏิกิริยาได้เร็วขึ้น นอกจากนี้ตัวรองรับจะเปลี่ยนโครงสร้างตัวเร่งปฏิกิริยาทำให้คงทนมากขึ้น เช่น Al_2O_3 (Dai et al., 2015) MgO (Rabie et al., 2019) CaO/Al_2O_3 (Zabeti et al.,2009) CaO/MgO (Singh and Fernando,2009) ZnO (Wan et al., 2014) ZnO-La2O3 (Yan et al., 2009) และ ซีโอไลต์ (Zeolite) (Lia et al., 2019) เป็นต้น ซึ่งในแต่ละชนิดของตัวเร่งปฏิกิริยาจะมีความเหมาะสมกับสภาวะในการทำปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชันที่แตกต่างกันออกไป

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการผลิตน้ำมันไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มโอเลอินโดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาวิวิธพันธุ์ของโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์บนตัวรองรับซีโอไลต์วายร่วมกับตัวเร่งปฏิกิริยาโซเดียมไฮดรอกไซด์ เนื่องจาก ซีโอไลต์วาย (NaY) เหมาะสำหรับเป็นตัวรองรับหรือตัวเร่งปฏิกิริยาสำหรับกระบวนการทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน เนื่องจากมีความเสถียรสูงและมีพื้นที่ผิวจำเพาะสูง (Lia et al., 2019) ในงานวิจัยนี้ได้ศึกษาผลกระทบของพารามิเตอร์ต่าง ๆ เช่น ผลกระทบของอัตราส่วนน้ำมันปาล์มต่อเมทานอล ปริมาณของตัวเร่งปฏิกิริยา และเวลาในการทำปฏิกิริยา รวมทั้งทดสอบคุณสมบัติต่าง ๆ เพื่อเทียบกับค่ามาตรฐานของไบโอดีเซลในระดับห้องปฏิบัติการเพื่อให้ได้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์แก่การขยายกำลังการผลิตของประเทศในอนาคตต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาการผลิตน้ำมันไบโอดีเซลจากกระบวนการทรานส์เอสเทอริฟิเคชันโดยใช้ KOH/NaY/NaOH เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา

2. เพื่อการศึกษาผลกระทบของพารามิเตอร์ต่อการผลิตไบโอดีเซล ได้แก่ อัตราส่วนโดยโมลของน้ำมันปาล์มต่อเมทานอล ปริมาณของตัวเร่งปฏิกิริยา และเวลาในการทำปฏิกิริยา

ขอบเขตการวิจัย

1. ใช้น้ำมันปาล์มโอเลอินในการสังเคราะห์ปฏิกิริยาของน้ำมันไบโอดีเซลด้วยปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน
2. การเตรียมตัวเร่งปฏิกิริยาวิวิธพันธุ์ โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์บนตัวรองรับซีโอไลต์ (KOH/NaY)
3. ความเร็วรอบในการกวน 500 - 800 รอบต่อนาที เป็นเวลา 15, 30, 45 นาที
4. ไบโอดีเซลที่ได้ไปทดสอบหาปริมาณเมทิลเอสเทอร์ (%FAME) และนำไปวิเคราะห์หาค่าความเป็นกรด ค่าความหนืดและค่าความหนาแน่น ตามมาตรฐาน ASTM ที่กำหนดคุณภาพของไบโอดีเซลชุมชน
5. งานวิจัยนี้ได้ทำการทดลองในระดับห้องปฏิบัติการเท่านั้น

วิธีดำเนินการวิจัย

การเตรียมตัวเร่งปฏิกิริยา

การเตรียมตัวเร่งปฏิกิริยาวิวิธพันธุ์ โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์บนตัวรองรับซีโอไลต์ (KOH/NaY) นำซีโอไลต์ NaY ไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง เพื่อไล่ความชื้น และนำซีโอไลต์ NaY ที่ปราศจากความชื้น แช่ในสารละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้นร้อยละ 1, 1.5, 2.0 และ 2.5 โดยน้ำหนัก เป็นเวลา 24 ชั่วโมง นำตัวเร่งปฏิกิริยาที่ได้ไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 ชั่วโมง

การทดสอบคุณลักษณะของตัวเร่งปฏิกิริยา

โครงสร้างผลึกของตัวเร่งปฏิกิริยาตรวจสอบด้วยเทคนิค X-ray Diffraction (XRD) (Rigaku Corp., Japan Multiflex) โดยใช้รังสี CuK_{α} ซึ่งใช้อัตราเร็วเชิงมุมเป็น 2.5 เรเดียน/วินาที และพื้นที่ผิวจำเพาะและขนาดของรูพรุนด้วยวิธี Brunauer–Emmett–Teller (BET) (Quanta chrome รุ่น Autosorb 1)

การสังเคราะห์ปฏิกิริยาของน้ำมันไบโอดีเซลด้วยปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน

ขั้นตอนในการสังเคราะห์ปฏิกิริยาของน้ำมันไบโอดีเซลด้วยปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน เตรียมน้ำมันปาล์มโอเลอิน 50 กรัม ลงในบีกเกอร์ เตรียมเมทานอล 9.44, 18.88, 28.32 กรัม กับตัวเร่งปฏิกิริยา NaOH 0.25 กรัม และตัวเร่งปฏิกิริยา KOH/NaY 0.5 และ 1 กรัม ตามลำดับ ใส่ในชุดเครื่องปฏิกรณ์แบบจำลอง แล้วกวนสารด้วยเครื่องกวนสารชนิดให้ความร้อนได้ (Hot plate & Stirrer) เป็นเวลา 30 นาที ที่อุณหภูมิห้อง แล้ววัดค่า pH เติมน้ำมันปาล์มที่เตรียมไว้ ทำปฏิกิริยาที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส ความเร็วรอบในการกวน 500 - 800 รอบต่อนาที เป็นเวลา 15, 30, 45 นาที แล้วทิ้งไว้ให้เย็น นำไปกรองเอาตัวเร่งปฏิกิริยาออก ด้วยกระดาษกรอง Whatman เบอร์ 1 ซึ่งจะเหลือเป็นของเหลวผสม นำของเหลวผสมใส่กรวยแยกเพื่อให้แยกชั้นเมทิลเอสเทอร์กับกลีเซอรอล แยกกลีเซอรอลออก แล้วทำการล้างเมทิลเอสเทอร์ด้วยน้ำอุ่นอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เพื่อเป็นการกำจัดกลีเซอรอล เมทานอล และสิ่งเจือปนอื่น ๆ ซึ่งในการล้างน้ำอุ่นนี้

ควรกระทำหลาย ๆ ครั้ง รอให้น้ำเกิดการแยกชั้น ใช้เวลาประมาณ 4 - 5 นาที กำจัดน้ำด้วยการระเหย โดยใช้เครื่อง Hot plate ทิ้งไว้เป็นเวลา 30 นาที จะได้ไบโอดีเซลออกมา แล้วนำไบโอดีเซลที่ได้ไปทดสอบหาปริมาณเมทิลเอสเทอร์ (%FAME) และนำไปวิเคราะห์หาค่าความเป็นกรด ค่าความหนืดและค่าความหนาแน่น ตามมาตรฐาน ASTM ที่กำหนดคุณภาพของไบโอดีเซลชุมชน โดยกรมธุรกิจพลังงาน

การวิเคราะห์เมทิลเอสเทอร์และคุณสมบัติของไบโอดีเซล

การวิเคราะห์เมทิลเอสเทอร์ (%FAME) จะใช้เครื่องแก๊สโครมาโทกราฟฟี (Gas Chromatograph, GC ยี่ห้อ thermo Scientific รุ่น TRACE1300) มีแก๊สฮีเลียมเป็นแก๊สตัวพา ความเร็วเฉลี่ย 40 เซนติเมตร/วินาที อุณหภูมิของเตาอบเท่ากับ 250 องศาเซลเซียส สมการสำหรับการคำนวณเปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของเมทิลเอสเตอร์ในน้ำมันไบโอดีเซล (FAME) ตามมาตรฐาน EN 14103 แสดงดังสมการที่ 1 (Lia et al., 2019)

$$C_{FAME} = \frac{(\sum A) - A_{EI}}{A_{EI}} \times \frac{C_{EI} \times V_{EI}}{m} \times 100 \qquad (1)$$

เมื่อ C = เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของเมทิลเอสเตอร์ (%FAME)

$\sum A$ = ผลรวมพื้นที่ใต้กราฟตั้งแต่ C 8:0 ถึง C 24:2

A_{EI} = พื้นที่ใต้กราฟสารละลายอ้างอิง Methyl heptadecanoate (C17)

C_{EI} = ความเข้มข้นของสารละลายอ้างอิง Methyl heptadecanoate (C17) (มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร)

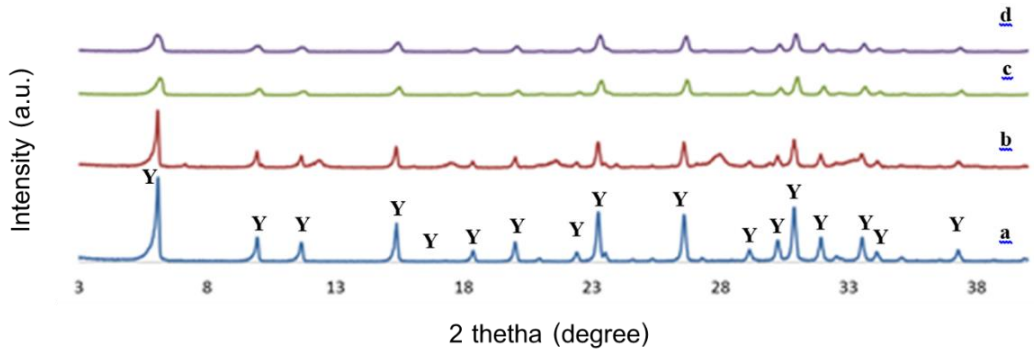
m = น้ำหนักของไบโอดีเซล (มิลลิกรัม)

V_{EI} = ปริมาตรของสารละลายอ้างอิง Methyl heptadecanoate

ผลการวิจัย

การวิเคราะห์คุณลักษณะของตัวเร่งปฏิกิริยา

จากภาพที่ 2 แสดงการวิเคราะห์โครงสร้างของตัวเร่งปฏิกิริยา KOH/NaY ที่เผาที่ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 ชั่วโมง ด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์ หรือ XRD จากผลการทดลองพบว่ารูปแบบการเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์ของทุกตัวอย่างจะอยู่ในรูปผลึก NaY ไม่พบผลึกของ KOH เมื่อวิเคราะห์พื้นที่ผิวจำเพาะและขนาดของรูพรุนของตัวเร่งปฏิกิริยาด้วยวิธี BET แสดงดังตารางที่ 1 พบว่า NaY บริสุทธิ์ให้ค่าพื้นที่ผิวจำเพาะและขนาดรูพรุนสูงที่สุดคือ 512 ตารางเมตร/กรัม และ 7.64 อังสตรอม ตามลำดับ



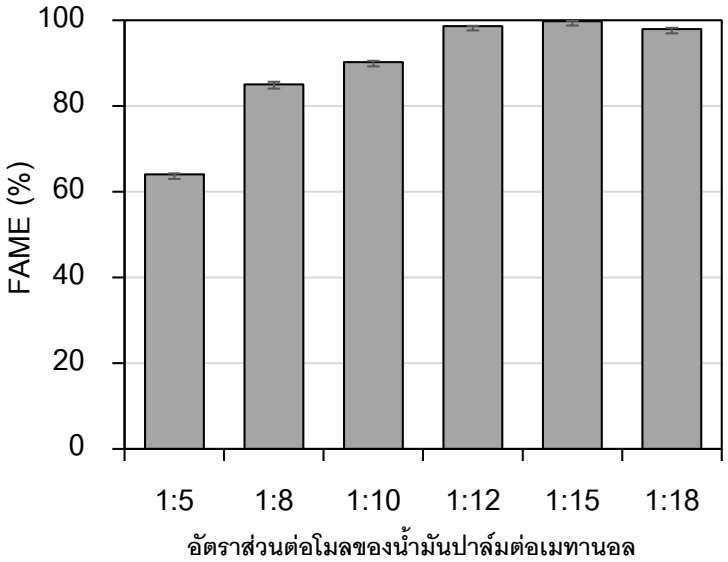
ภาพที่ 2 รูปแบบการเลี้ยวเบนของรังสีของตัวเร่งปฏิกิริยา NaY เผาที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 ชั่วโมง
(a) 1% NaY (b) 1.5% KOH/NaY (c) 2% KOH/NaY และ (d) 2.5 % KOH/NaY

ตารางที่ 1 พื้นที่ผิวจำเพาะของตัวเร่งปฏิกิริยา

ตัวอย่าง	ขนาดรูพรุน (อังสตรอม)	พื้นที่ผิวจำเพาะ (ตารางเมตร/กรัม)
NaY	7.64	512.48
KOH/NaY/NaOH 1%	7.23	489.16
KOH/NaY/NaOH 1.5%	6.31	376.92
KOH/NaY/NaOH 2.0%	5.58	257.61
KOH/NaY/NaOH 2.5%	4.76	143.58

ผลของอัตราส่วนต่อโมลของน้ำมันปาล์มต่อเมทานอลต่อร้อยละผลผลิตไบโอดีเซล

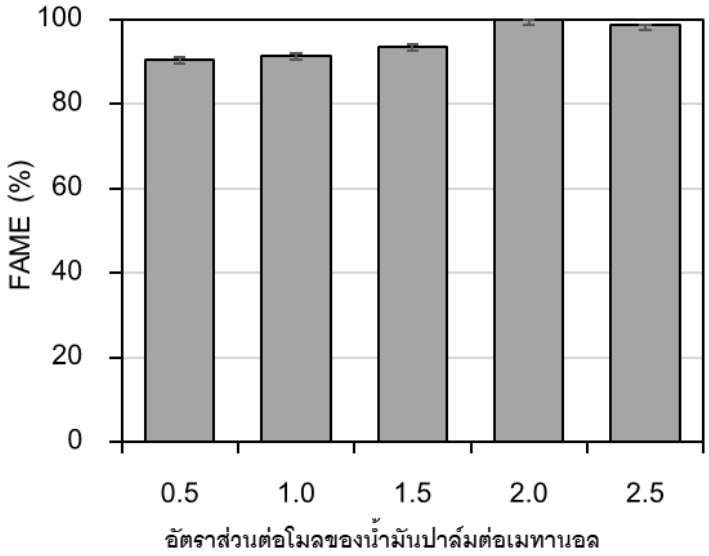
อัตราส่วนของน้ำมันปาล์มต่อเมทานอลนับเป็นปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการเกิดปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเคชัน จากภาพที่ 3 แสดงค่าร้อยละโดยน้ำหนักของเมทิลเอสเทอร์ที่อัตราส่วนต่อโมลของน้ำมันปาล์มต่อเมทานอลที่อัตราส่วน 1:5, 1:8, 1:10, 1:12, 1:15 และ 1:18 ตามลำดับ ที่ตัวเร่งปฏิกิริยาที่ใช้ในส่วนนี้คือ ร้อยละ 2 KOH/NaY/ NaOH จากภาพที่ 3 พบว่า ที่อัตราส่วนต่อโมลของน้ำมันปาล์มต่อเมทานอลที่ 1:15 ให้ผลผลิตไบโอดีเซลสูงสุดที่ร้อยละ 99.8



ภาพที่ 3 ค่าร้อยละโดยน้ำหนักของเมทิลเอสเทอร์ของน้ำมันไบโอดีเซลที่อัตราส่วนต่อโมลของน้ำมันปาล์มต่อเมทานอลต่างกันที่ปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยาร้อยละ 2 KOH/NaY/ NaOH

ผลของปริมาณของ KOH/NaY ต่อร้อยละผลผลิตไบโอดีเซล

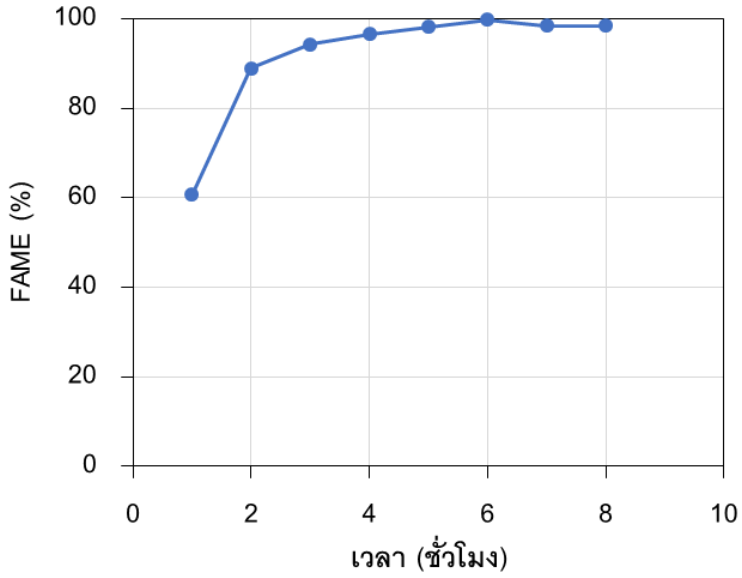
ในส่วนนี้ทำการศึกษาผลกระทบของปริมาณของ KOH/NaY โดยให้อัตราส่วนต่อโมลของน้ำมันปาล์มต่อเมทานอลคงที่ที่ 1:15 อุณหภูมิในการทำปฏิกิริยา 70 องศาเซลเซียส เวลาในการทำปฏิกิริยา 6 ชั่วโมง ที่ปริมาณของตัวเร่งปฏิกิริยาร้อยละ 1.0 ถึง 2.5 KOH/NaY จากภาพที่ 4 พบว่าปริมาณของร้อยละ 2 KOH/NaY เหมาะสมสำหรับการผลิตไบโอดีเซลซึ่งให้ผลผลิตไบโอดีเซลสูงสุดที่ร้อยละ 99.8



ภาพที่ 4 ผลของปริมาณตัวเร่งที่ใช้ KOH/NaY ต่อร้อยละผลผลิตของไบโอดีเซลที่อัตราส่วนต่อโมลของน้ำมันปาล์มต่อเมทานอลที่ 1:15 เวลาทำปฏิกิริยา 6 ชั่วโมง

ผลกระทบของเวลาในการทำปฏิกิริยาต่อร้อยละผลผลิตไบโอดีเซล

ในส่วนนี้จะเป็นการศึกษาเวลาการทำปฏิกิริยาต่อร้อยละผลผลิตไบโอดีเซลโดยใช้อัตราส่วนต่อโมลของน้ำมันปาล์มต่อเมทานอลที่ 1:15 และใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาร้อยละ 2 KOH/NaY ร่วมกับร้อยละ 0.5 NaOH ในช่วงเวลาที่ทำการศึกษาตั้งแต่ 1 - 8 ชั่วโมงจากภาพที่ 5 ผลการทดลองพบว่าค่าร้อยละผลผลิตของเมทิลเอสเทอร์สูงขึ้น เมื่อเวลาทำปฏิกิริยาเพิ่มขึ้นที่เวลา 7 - 8 ชั่วโมง ค่าร้อยละผลผลิตของเมทิลเอสเทอร์ลดลงเล็กน้อย ค่าร้อยละผลผลิตของเมทิลเอสเทอร์สูงสุดที่เวลาทำปฏิกิริยา 6 ชั่วโมง คือ ร้อยละ 99.8 จากตารางที่ 2 แสดงการเปรียบเทียบมาตรฐานของไบโอดีเซลกับไบโอดีเซลที่ผลิตได้จากตัวเร่งปฏิกิริยาร้อยละ 2 KOH/NaY ร่วมกับ ร้อยละ 0.5 NaOH โดยที่อัตราส่วนของน้ำมันปาล์มต่อเมทานอล คือ 1:15 มีค่าความหนาแน่น ที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส อยู่ในช่วง 0.89 กรัม/ลูกบาศเซนติเมตร ค่าความหนืดที่ 40 องศาเซลเซียสไบโอดีเซล คือ 4.35 cSt ทั้งนี้การวิเคราะห์หาปริมาณกรดไขมันอิสระในน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ โดยค่าที่ได้จะไม่เกินค่ามาตรฐานได้เท่ากับ 0.47 มิลลิกรัมของ KOH/กรัม และค่าร้อยละโดยน้ำหนักของเมทิลเอสเทอร์ มีค่าสูงสุดถึงร้อยละ 99.8 ซึ่งไบโอดีเซลที่ผลิตได้เป็นตามมาตรฐานกรมธุรกิจพลังงาน



ภาพที่ 5 ผลของเวลาในการทำปฏิกิริยาต่อร้อยละผลผลิตของไบโอดีเซลที่อัตราส่วนโดยโมลของน้ำมันปาล์มต่อเมทานอลที่ 1:15 ปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยาร้อยละ 2 KOH/NaY/ NaOH

ตารางที่ 2 การเปรียบเทียบมาตรฐานของไบโอดีเซลกับไบโอดีเซลที่ผลิตได้

คุณสมบัติ	วิธีการ	มาตรฐาน[a]	ไบโอดีเซลที่ผลิตได้
ความหนาแน่น ที่ 15 องศาเซลเซียส (g/cm^3)	ASTM D1298	0.86-0.90	0.89
ความหนืด 40 องศาเซลเซียส (cSt)	ASTM D445	3.5-5.0	4.35
ค่าความเป็นกรด (มิลลิกรัมของ KOH/กรัม)	ASTM D2896	<0.5	0.47
ปริมาณเมทิลเอสเทอร์ (เปอร์เซนต์น้ำหนัก)	EN14103	98.5	99.8

[a]กรมธุรกิจพลังงาน (2549)

สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาลักษณะของน้ำมันไบโอดีเซลจากกระบวนการทรานส์เอสเทอริฟิเคชันโดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์บนตัวรองรับซีโอไลต์วาย ร่วมกับโซเดียมไฮดรอกไซด์ (KOH/NaY/NaOH) จากผลการทดลองพบว่าที่อัตราส่วนโดยโมลของน้ำมันปาล์มต่อเมทานอลที่ 1:15 ที่ปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยาที่ร้อยละ 2 KOH/NaY และเวลาในการทำปฏิกิริยา 6 ชั่วโมง ผลผลิตไบโอดีเซลที่ได้ร้อยละ 99.8 และจากการเปรียบเทียบมาตรฐานของไบโอดีเซลกับไบโอดีเซลที่ผลิตจากน้ำมันปาล์มโดยใช้ตัวเร่งตัวเร่งปฏิกิริยาโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์บนตัวรองรับซีโอไลต์วายร่วมกับโซเดียมไฮดรอกไซด์มีคุณสมบัติอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน

อภิปรายผลการวิจัย

การวิเคราะห์รูปแบบการเลี้ยวเบนของรังสีแสดงดังภาพที่ 2 ของตัวเร่งปฏิกิริยา NaY และ KOH/NaY ที่ร้อยละ 1, 1.5, 2 และ 2.5 ตามลำดับ ตัวเร่งปฏิกิริยาทั้งหมดเผาที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 ชั่วโมง จากภาพที่ 2 พบว่า สาเหตุที่ความเข้มข้นของพีคของตัวเร่งปฏิริยาลดลงเมื่อปริมาณ KOH/NaY เพิ่มขึ้น เนื่องมาจากปริมาณผลึก NaY น้อยลงตามสัดส่วนที่เตรียมตัวเร่งปฏิกิริยาได้ ทั้งนี้เมื่อวิเคราะห์พื้นที่ผิวจำเพาะและขนาดของรูพรุนของตัวเร่งปฏิกิริยาด้วยวิธี BET แสดงดังตารางที่ 1 พบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณของ KOH/NaY เพิ่มขึ้น พื้นที่ผิวจำเพาะและขนาดของรูพรุนของตัวเร่งปฏิกิริยาลดลงตามลำดับ เนื่องมาจาก KOH ไปเกาะตามรูพรุนของ NaY

เมื่อพิจารณาผลของปริมาณของ KOH/NaY ผลของอัตราส่วนต่อโมลของน้ำมันปาล์มต่อเมทานอล และผลของเวลาในการทำปฏิกิริยาต่อร้อยละผลผลิตไบโอดีเซล พบว่า จากภาพที่ 4 แสดงให้เห็นว่าเมื่อเพิ่มปริมาณของ KOH/NaY จากร้อยละ 1.0 เป็น 2.0 ผลผลิตของเมทิลเอสเทอร์สูงขึ้นจากร้อยละ 88.85 เป็น 99.8 ทั้งนี้เนื่องมาจาก เมื่อปริมาณของ KOH/NaY เพิ่มขึ้น จะเพิ่มจำนวนของบริเวณเร่ง (Active site) ส่งผลให้อัตราการเกิดปฏิกิริยาและร้อยละการเปลี่ยนแปลง (Conversion) ไปเป็นเมทิลเอสเทอร์เพิ่มขึ้น เมื่อเพิ่มปริมาณ ร้อยละ 2.5 KOH/NaY เมทิลเอสเทอร์ลดลงเล็กน้อย ร้อยละ 97.51 ทั้งนี้เนื่องมาจากเมื่อเพิ่มปริมาณ KOH/NaY มีผลให้ความหนืดของสารตั้งต้นและตัวเร่งปฏิกิริยาเพิ่มขึ้นซึ่งส่งผลต่อการผสมที่ไม่ดี ทำให้การเกิดปฏิกิริยาของสารตั้งต้นได้น้อยลง ส่งผลให้ปริมาณของร้อยละผลผลิตของเมทิลเอสเทอร์น้อยลงตามไปด้วย ถึงอย่างไรก็แล้วแต่เมื่อปริมาณของตัวเร่งปฏิกิริยามีปริมาณน้อยเกินไปอาจทำให้ได้ปริมาณของเมทิลเอสเทอร์ที่น้อยลง และจากผลของอัตราส่วนต่อโมลของน้ำมันปาล์มต่อเมทานอล ซึ่งแสดงดังภาพที่ 4 ผลพบว่าเมื่อเพิ่มอัตราส่วนต่อโมลของน้ำมันปาล์มต่อเมทานอลหรือปริมาณสารตั้งต้นทำให้สมดุลเลื่อนไปข้างหน้ามากขึ้นส่งผลให้ได้ปริมาณของเมทิลเอสเทอร์สูงขึ้น แต่ถึงอย่างไรก็ตาม เมื่อเพิ่มอัตราส่วนต่อโมลของน้ำมันปาล์มต่อเมทานอล ที่ 1:18 ผลผลิตของเมทิลเอสเทอร์ลดลงเป็นร้อยละ 98 สาเหตุนี้เนื่องมาจากการเพิ่มอัตราส่วนของน้ำมันปาล์มต่อเมทานอลมากเกินพอ จะส่งผลให้หมู่ไฮดรอกซิลมีปริมาณมากขึ้นตามไปด้วยซึ่งส่งผลมีคุณสมบัติเป็นอิมัลซิไฟเออร์ ทำให้ให้การแยกกลีเซอรอลจากเอสเทอร์ได้ยาก อีกทั้งการเพิ่มอัตราส่วนต่อโมลของน้ำมันปาล์มต่อเมทานอลส่งผลให้ตัวเร่งปฏิกิริยาเจือจางและเสื่อมสภาพ

จากภาพที่ 5 จากผลการทดลองพบว่าค่าร้อยละผลผลิตของเมทิลเอสเทอร์เพิ่มขึ้น เมื่อเวลาทำปฏิกิริยาเพิ่มขึ้นทั้งนี้เนื่องมาจาก เมื่อใช้เวลาเพิ่มขึ้นโอกาสการเกิดปฏิกิริยาจะเพิ่มขึ้นด้วยทำให้ได้ผลิตผลของเมทิลเอสเทอร์เพิ่มขึ้นและที่เวลา 7 - 8 ชั่วโมง ค่าร้อยละผลผลิตของเมทิลเอสเทอร์ลดลงเล็กน้อยเนื่องมาจากการใช้เวลาในการทำปฏิกิริยาที่นานเกินไปจนปฏิกิริยาเข้าสู่ภาวะสมดุล อาจทำให้เกิดปฏิกิริยาย้อนกลับของปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน ค่าร้อยละผลผลิตของเมทิลเอสเทอร์สูงสุดที่เวลาทำปฏิกิริยา 6 ชั่วโมง คือ ร้อยละ 99.8

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยและพัฒนา จากคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา เลขที่ วจพ. ๖/๒๕๕๙

เอกสารอ้างอิง

พรายพล คุ้มทรัพย์. (2017). การใช้พลังงาน กับเศรษฐกิจไทยในช่วงสองทศวรรษ. Retrieved January 4, 2021, from https://www.prachachat.net/columns/news-80702.

Lia,Z., Dingb, S., Chena, C., Qua, S., Dua, L., Luc, J., & Dinga, J. (2019). Recyclable Li/NaY zeolite as a heterogeneous alkaline catalyst for biodiesel production: process optimization and kinetics study. Energy Conversion Management, 192, 335–345.

Rabie, AM., Shaban, M., Abukhadra, MR., Hosny, R., Ahmed, SA., & Negm, NA. (2019). Diatomite supported by CaO/MgO nanocomposite as heterogeneous catalyst for biodiesel production from waste cooking oil. Journal of Molecular Liquids, 279, 224-231.

Singh, A.K. and Fernando, S.D. (2009). Preparation and Reaction Kinetics Studies of Na-based Mixed Metal Oxide for Transesterification. Energy Fuel, 23, 5160–5164.

Wan, L., Liu, H., & Skala, D. (2014). Biodiesel production from soybean oil in subcritical methanol using MnCO3/ZnO as catalyst. Apply Catalyst B: Environmental, 152, 352–359.

Yan, S. Salley S.O. and Simon Ng, K.Y.S. (2009). Simultaneous transesterification and esterification of unrefined or waste oils over ZnO-La2O3 catalysts. Applied Catalysis A: General, 353, 203–212.

Zabeti, M. Daud, W.M.A.W. and Aroua, M.K. 2009. Optimization of the activity of CaO/Al_2O_3 catalyst for biodiesel production using response surface methodology. Applied Catalysis A: General, 366,154–159