



การผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันที่ใช้แล้วที่อุณหภูมิห้องโดยใช้แคลเซียมออกไซด์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา
Biodiesel Production from Waste Cooking Oil Catalyzed by CaO as a Catalyst Performed at Room Temperature

วุฒิชัย รสชาติ^{1*}, เทอดเกียรติ แก้วพวง¹, บุญญาวินัย อยู่สุข², วินิช พรหมอารักษ์¹

¹ สาขาวิชาเคมี สำนักวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ต.สุรนารี อ.เมือง จ.นครราชสีมา 30000

² ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ สำนักงานวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ ต.คลองหนึ่ง อ.คลองหลวง จ.ปทุมธานี 12120

E-mail: roschat1@gmail.com

บทคัดย่อ

การผลิตไบโอดีเซลโดยทั่วไปจะทำปฏิกิริยาที่อุณหภูมิ 60 – 70 °C โดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาแบบเอกพันธ์ (NaOH, KOH) หรือแบบวิวิธพันธ์ (CaO, SrO) โดยในงานวิจัยนี้เป็นการผลิตไบโอดีเซลที่อุณหภูมิห้องและใช้แคลเซียมออกไซด์ (CaO) เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ซึ่งเป็นกระบวนการที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ลดพลังงานและค่าใช้จ่ายที่ใช้ในกระบวนการผลิต จากการทดลองพบว่าสภาวะที่เหมาะสมที่สุดในกระบวนการผลิตไบโอดีเซลคือ ปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยาร้อยละ 10 โดยน้ำหนักต่อน้ำมัน อัตราส่วนโมเลกุลทานอลต่อน้ำมันเท่ากับ 15 : 1 โมล และใช้สารตัวทำละลายอินทรีย์เตตระไฮโดรฟูแรน (THF) และแอซิโตน (acetone) เป็นสารละลายผสม (co-solvent) โดยระยะเวลาที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาพบว่าปฏิกิริยาเกิดสมบูรณ์ที่ระยะเวลาประมาณ 4 – 5 ชั่วโมง ร้อยละไบโอดีเซล (% yield) ที่ได้มากกว่าร้อยละ 90 จากการนำน้ำมันไบโอดีเซลที่ได้ทดสอบตามเกณฑ์มาตรฐานของกรมธุรกิจพลังงานและมาตรฐานสากล (EN 14214) พบว่าผลิตภัณฑ์ไบโอดีเซลจากกระบวนการผลิตนี้ผ่านตามเกณฑ์มาตรฐานหลัก เช่น ค่าความหนืด ค่าความเป็นกรด จุดวาบไฟ การทนต่อสภาวะออกซิเดชัน และการกัดกร่อนแผ่นโลหะทองแดง จากผลการทดสอบดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าน้ำมันไบโอดีเซลนี้สามารถนำไปใช้กับเครื่องยนต์ดีเซลแทนน้ำมันปิโตรเลียมดีเซลได้อย่างมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ: ไบโอดีเซล, น้ำมันที่ใช้แล้ว, อุณหภูมิห้อง, แคลเซียมออกไซด์

1. ที่มาและความสำคัญ

ไบโอดีเซลจัดเป็นพลังงานเชื้อเพลิงชีวภาพเหลวที่ผลิตได้จากน้ำมันพืชหรือไขมันสัตว์ โดยใช้ปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน (transesterification) ที่เป็นกระบวนการทางเคมีด้วยการเปลี่ยนสารไตรกลีเซอไรด์ของน้ำมันพืชหรือไขมันสัตว์ที่มีโมเลกุลขนาดใหญ่เป็นสารประกอบเอสเทอร์ที่มีโมเลกุลขนาดเล็กด้วยการทำปฏิกิริยากับแอลกอฮอล์โมเลกุลเล็ก เช่น เมทานอลหรือเอทานอลในสภาวะที่มีตัวเร่งปฏิกิริยาโดยตัวเร่งปฏิกิริยาที่ใช้แบ่งออกเป็น 3 ประเภทได้แก่ ตัวเร่งปฏิกิริยาชนิดเอกพันธ์ วิวิธพันธ์ และเอนไซม์ [1-3]

ตัวเร่งปฏิกิริยาชนิดเอกพันธ์ NaOH และ KOH เป็นที่นิยมใช้ในการผลิตไบโอดีเซลในปัจจุบัน แต่ด้วยมีข้อเสียหลายประการ เช่น ผลิตภัณฑ์ไบโอดีเซลที่ได้ต้องผ่านกระบวนการล้างน้ำเพื่อกำจัดตัวเร่งปฏิกิริยาออกทำให้เกิดน้ำเสียในกระบวนการผลิต ในการผลิตไบโอดีเซลวัตถุดิบที่ใช้ต้องมีปริมาณกรดไขมันอิสระ (Free fatty acid (FFA)) น้อยกว่าร้อยละ 0.5 และปริมาณน้ำหรือความชื้นน้อยกว่าร้อยละ 1 เนื่องจากอาจเกิดปฏิกิริยาข้างเคียงกลายเป็นสบู่ ตัวเร่งปฏิกิริยาที่ใช้ไม่สามารถนำกลับมาใช้ซ้ำได้ และตัวเร่งปฏิกิริยาเอนไซม์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาชีวภาพ ซึ่งในกระบวนการผลิตต้องมีการควบคุมค่าความเป็นกรด ความเป็นเบส (pH) อุณหภูมิ และความชื้น ซึ่งมีความยุ่งยากในกระบวนการผลิตทำให้ต้นทุนในการผลิตไบโอดีเซลสูงตามด้วย ในขณะที่ตัวเร่งปฏิกิริยาวิวิธพันธ์ที่เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาของแข็งไม่รวมเป็นเนื้อเดียวกับสารตั้งต้นและผลิตภัณฑ์สามารถแยกออกจากระบบเมื่อปฏิกิริยาสิ้นสุดลงด้วยการกรองอย่างง่าย มีความเสถียรต่อปริมาณน้ำและกรดไขมันอิสระในน้ำมันวัตถุดิบมากกว่าตัวเร่งปฏิกิริยาเอกพันธ์และตัวเร่งปฏิกิริยาเอนไซม์ นอกจากนี้ยังสามารถใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาซ้ำในกระบวนการผลิตอีกด้วย ด้วยเหตุผลดังกล่าวตัวเร่งปฏิกิริยาวิวิธพันธ์จึงได้รับความสนใจที่จะนำมาใช้ในกระบวนการผลิตไบโอดีเซลต่อไป [4, 5]

ดังนั้นในงานวิจัยนี้เป็นการผลิตไบโอดีเซลที่อุณหภูมิห้องและใช้แคลเซียมออกไซด์ (CaO) เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาวิวิธพันธ์ ซึ่งเป็นกระบวนการที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ลดพลังงานและค่าใช้จ่ายที่ใช้ในกระบวนการผลิต ทำให้ต้นทุนการผลิตลดลงและสามารถนำไปปรับใช้ได้จริงทั้งในระดับอุตสาหกรรม และวิสาหกิจชุมชน

2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การผลิตไบโอดีเซลในปัจจุบันได้มีการศึกษาพัฒนาตัวเร่งปฏิกิริยาวิวิธพันธ์เพื่อให้ได้ตัวเร่งที่มีความว่องไวสูง มีเสถียรภาพ และราคาถูก ตัวอย่างตัวเร่งปฏิกิริยาวิวิธพันธ์ เช่น X. Liu และคณะ ได้ทำการศึกษากการผลิตไบโอดีเซลโดยใช้ SrO เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา จากการศึกษพบว่า SrO มีความว่องไวในการเร่งปฏิกิริยามาก โดยที่สภาวะที่เหมาะสมที่สุดคือ ปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยาเท่ากับ 3 %w/w เทียบกับน้ำหนักน้ำมัน อัตราส่วนโมเลกุลทานอลต่อน้ำมันเท่ากับ 12 โมล อุณหภูมิ 65 °C เวลาในการทำปฏิกิริยาเพียง 30 นาที ปริมาณร้อยละไบโอดีเซล (% yield) 95% และสามารถใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาซ้ำได้ปริมาณ 10 ซ้ำ [6] แต่อย่างไรก็ตาม SrO มีราคาสูงมากทำให้ต้นทุนในการผลิตสูงตามไปด้วย

CaO ถือได้ว่าเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาที่เป็นที่นิยมนำมาศึกษาวิจัยในกระบวนการผลิตไบโอดีเซลอย่างมาก เนื่องจากเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาที่มีราคาถูก การเตรียมตัวเร่งปฏิกิริยาทำได้ง่าย มีความว่องไวในการเร่งปฏิกิริยาที่สูงพอสมควร มีความเสถียรสามารถนำกลับมาใช้ซ้ำได้หลายครั้ง [7-9] แม้ว่า CaO จะมีความเหมาะสมในการนำมาใช้เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาในกระบวนการผลิตน้ำมันไบโอดีเซล แต่อย่างไรก็ตามในกระบวนการผลิตไบโอดีเซลยังจำเป็นต้องมีการให้ความร้อนที่อุณหภูมิประมาณ 60 – 65 °C เพื่อให้โมเลกุลของสารตั้งต้นมีพลังงานมากพอที่จะทำปฏิกิริยาเกิดเป็นผลิตภัณฑ์ไบโอดีเซล ซึ่งต้นทุนด้านพลังงานไฟฟ้าในกระบวนการให้ความร้อนนี้ ทำให้การผลิตไบโอดีเซลมีต้นทุนที่เพิ่มมากขึ้น

ตารางที่ 1: แสดงการเปรียบเทียบสถานะการทำปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชันในกระบวนการผลิตไบโอดีเซลโดยใช้ CaO เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา

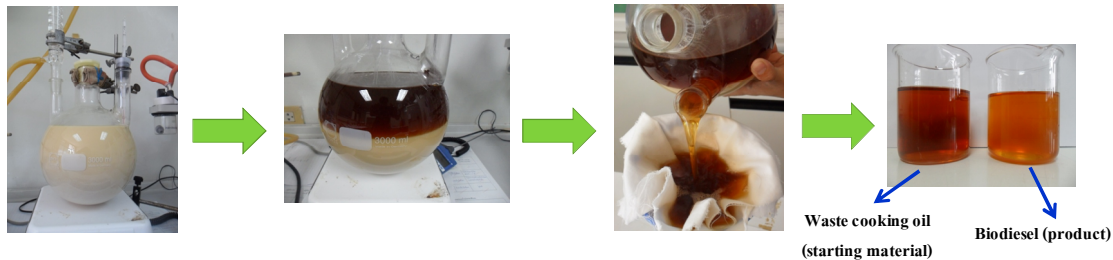
Transesterification parameters					
Catalyst	% FAME	Catalyst Content (wt.%)	Temperature (°C)	MeOH:Oil (molar ratio)	Reaction Time
CaO from Dolomite ^[10]	98	6	60	30	3 h
CaO ^[9]	95	8	65	12	3 h
CaO/NaY ^[11]	95	3	65	9	3 h
Nano CaO ^[12]	85	1.1	Room temperature	9	24 h

จากข้อมูลงานวิจัยที่แสดงในตารางที่ 1 พบว่าในการทำปฏิกิริยาเพื่อผลิตไบโอดีเซลโดยใช้ Nano CaO เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาและทำปฏิกิริยาที่สถานะอุณหภูมิห้อง แต่ด้วยระยะเวลาในการทำปฏิกิริยาที่นานมาก (24 h) ทำให้ต้นทุนในการผลิตไบโอดีเซลสูงเช่นกันกับการผลิตไบโอดีเซลที่ใช้อุณหภูมิสูง (60 – 65 °C)

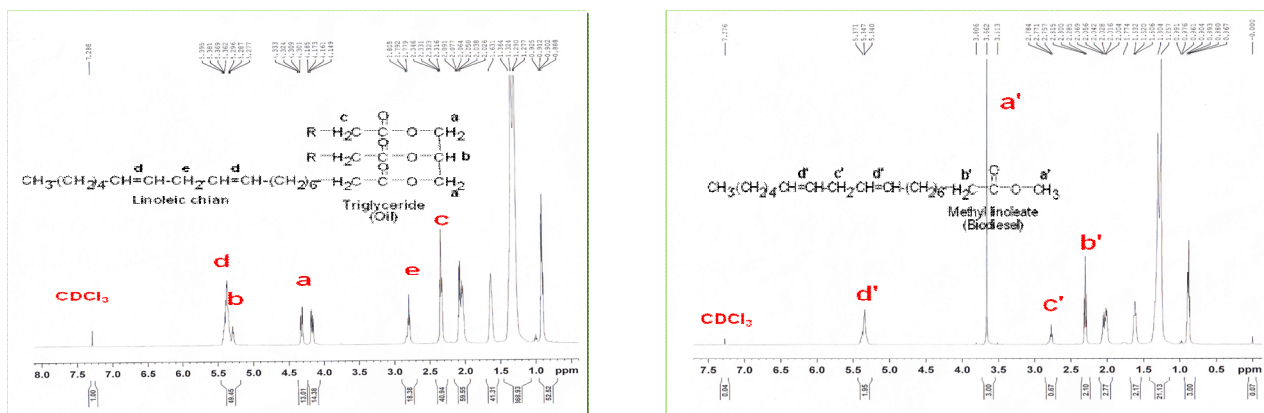
3. วัสดุอุปกรณ์ สารเคมีและวิธีการทดลอง

3.1. วัสดุอุปกรณ์ สารเคมี สารแคลเซียมออกไซด์ที่ผ่านกระบวนการปรับปรุงประสิทธิภาพ (CaO_{mod}), สารแคลเซียมออกไซด์ธรรมดา (CaO_{com}), เมทานอล 99% (methanol), น้ำมันพืชที่ผ่านการใช้แล้วและมีค่ากรดไขมันอิสระ (FFA) 1.5 %wt (3.0 mg KOH/g oil) สารตัวทำละลายอินทรีย์เตตระไฮโดรฟิวแรน (THF) และแอซิโตน (acetone)

3.2. วิธีการทดลอง ในการทดลองนี้ใช้ขวดก้นกลมขนาด 3 ลิตร ที่ต่อกับ condenser และใช้ magnetic stirrer เป็นตัวกวนสารผสมในขวดก้นกลม โดยขั้นตอนในการทำปฏิกิริยา (1) ซึ่งตัวเร่งปฏิกิริยาร้อยละ 10 โดยน้ำหนักต่อน้ำมันพืชที่ใช้แล้วลงในขวดก้นกลม จากนั้นเติมเมทานอล อัตราส่วนโมลเมทานอลต่อน้ำมันพืชที่ใช้แล้วเท่ากับ 15 : 1 โมล และใช้สารตัวทำละลายอินทรีย์เตตระไฮโดรฟิวแรน (THF) หรือแอซิโตน (acetone) เป็นสารละลายผสม (co-solvent) โดยใช้ในอัตราส่วน 10 %v/v ทำการกวนผสมสารตั้งต้นดังกล่าวให้ผสมกันเป็นเวลาประมาณ 30 นาที จากนั้นทำการเทน้ำมันพืชที่ใช้แล้วโดยใช้น้ำมันในการทำปฏิกิริยา 1.5 ลิตร (2) เก็บตัวอย่างผสมในถังปฏิกรณ์ทุก ๆ 1 ชั่วโมง เพื่อนำตัวอย่างที่ได้ไปวิเคราะห์ปริมาณไบโอดีเซลด้วยเครื่องนิวเคลียร์แมกเนติกเรโซแนนซ์สเปกโตรสโกปี (NMR) (3) เมื่อปฏิกิริยาสิ้นสุดลงนำไปโอดีเซลที่ได้ไปกรองตัวเร่งปฏิกิริยาและนำตัวอย่างไบโอดีเซลที่ได้ไปทดสอบตามเกณฑ์มาตรฐานของกรมธุรกิจพลังงานและมาตรฐานสากล (EN 14214)



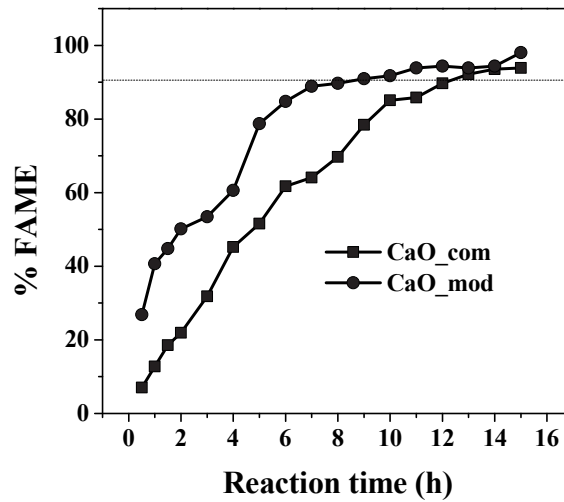
รูปที่ 1: แสดงขั้นตอนการทำปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชันของน้ำมันพืชที่ผ่านการใช้แล้วโดยใช้ CaO เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาและสถานะอุณหภูมิห้องในการทำปฏิกิริยาที่อุณหภูมิห้อง



รูปที่ 2: แสดงโปรตอนนิวเคลียร์แมกเนติกเรโซแนนซ์สเปกโตรสโกปี (1H-NMR) ของ (A) สารตั้งต้นน้ำมันพืชที่ใช้แล้ว (B) น้ำมันไบโอดีเซลที่ได้จากปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชัน

4. ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง

4.1. การทดลองเปรียบเทียบความว่องไวของตัวเร่งปฏิกิริยา CaO_{mod} และ CaO_{com}



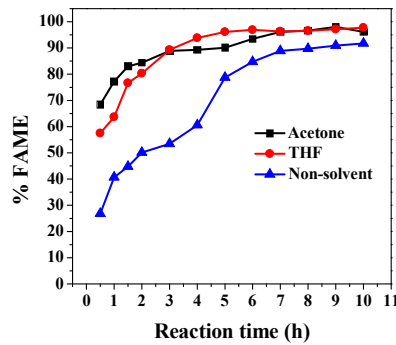
รูปที่ 3: แสดงการทดลองเปรียบเทียบความว่องไวของตัวเร่งปฏิกิริยา CaO_{mod} และ CaO_{com} ที่สภาวะการทดลองอุณหภูมิห้องตัวเร่งปฏิกิริยา 10% โมลเมทานอลต่อน้ำมันเท่ากับ 15 : 1 โมล

จากผลการทดลองเปรียบเทียบความว่องไวของตัวเร่งปฏิกิริยา CaO_{mod} และ CaO_{com} ที่สภาวะเดียวกันและทำการทดลองปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชันที่อุณหภูมิห้อง (รูปที่ 2) พบว่า CaO_{mod} มีความว่องไวในการเร่งปฏิกิริยามากกว่า CaO_{com} เกือบ 1 เท่า โดยที่ CaO_{mod} สามารถเร่งปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชันที่อุณหภูมิห้องโดยเปลี่ยนสารตั้งต้นน้ำมันพืชที่ใช้แล้วไปเป็นน้ำมันไบโอดีเซลมากกว่า 90% ที่ระยะเวลาในการทำปฏิกิริยา 6 - 7 ชั่วโมง ในขณะที่ CaO_{com} ต้องใช้เวลาในการเร่งปฏิกิริยา 10 - 11 ชั่วโมง อย่างไรก็ตามเมื่อเปรียบเทียบกับรายงานการวิจัยของ C. Reddy และคณะ [12] พบว่าตัวเร่งปฏิกิริยาทั้ง CaO_{mod} และ CaO_{com} มีความว่องไวมากกว่าตัวเร่งปฏิกิริยา Nano CaO ที่ใช้ระยะเวลาในการทำปฏิกิริยามากถึง 24 ชั่วโมง ผลการทดลองดังกล่าวเกิดจากสภาวะการทำปฏิกิริยาที่แตกต่างกันทั้งปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยาที่ใช้และปริมาณเมทานอลต่อน้ำมันที่ใช้ โดยที่ในงานวิจัยนี้พบว่าที่สภาวะการทดลองใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา 10% โมลเมทานอลต่อน้ำมันเท่ากับ 15 : 1 โมล เป็นสภาวะที่ดีที่สุดในการทำปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชันที่อุณหภูมิห้อง

4.2. การทดลองเปรียบเทียบการเติมสารละลายผสม (co-solvent)

จากผลการทดลองเปรียบเทียบความว่องไวของตัวเร่งปฏิกิริยา CaO_{mod} และ CaO_{com} แม้จะได้ผลการทดลองการทำปฏิกิริยาที่อุณหภูมิห้องของตัวเร่งปฏิกิริยา CaO_{mod} ที่ใช้ระยะเวลาสั้นกว่าตัวเร่งปฏิกิริยา Nano CaO ถึง 3 เท่า แต่ยังใช้ระยะเวลาในการทำปฏิกิริยาที่นานประมาณ 6 - 7 ชั่วโมง ซึ่งถ้าสามารถลดระยะเวลาการทำปฏิกิริยาลงได้ย่อมหมายถึงการลดต้นทุนในการผลิตไบโอดีเซลได้เช่นกัน ดังนั้นการเติมสารละลายอินทรีย์บางอย่างลงไปเพื่อให้เมทานอลที่มีความเป็นขั้วมากและน้ำมันพืชที่ใช้แล้วที่เป็นสารมีขั้วน้อยละลายหรือผสมกันดีขึ้น ย่อมส่งผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีที่เกิดเร็วขึ้น [13] โดยจากงานวิจัยของ M. K. Lam และ K. T. Lee [14] พบว่าการใช้สารตัวทำละลายอินทรีย์เอเทอร์ไฮโดรฟิวแรน (THF) ให้ผลการทดลองที่สามารถเพิ่มอัตราการเกิดปฏิกิริยาในกระบวนการผลิตไบโอดีเซลที่ดีขึ้น แต่ด้วยสารตัวทำละลาย THF มีราคาที่สูง ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงเลือกตัวทำละลายแอซิโตน (acetone) ที่มีราคาถูกกว่ามาทำการศึกษาเปรียบเทียบด้วย

จากผลการทดลองเปรียบเทียบพบว่าการใช้สารตัวทำละลายอินทรีย์ทั้งสารเอเทอร์ไฮโดรฟิวแรน (THF) และตัวทำละลายแอซิโตน (acetone) เป็นสารผสม (co-solvent) ในอัตราส่วน 10 %v/v เปรียบเทียบกับการไม่ใช้ตัวทำละลาย พบว่าอัตราการเกิดปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชันของน้ำมันพืชที่ใช้แล้วที่สภาวะการทดลองที่อุณหภูมิห้องมีอัตราที่เพิ่มสูงขึ้น โดยสารตัวทำละลายอินทรีย์ THF มีอัตราการเกิดปฏิกิริยาที่เร็วกว่าสารตัวทำละลายอินทรีย์แอซิโตน ซึ่งสารละลาย THF มีความมีขั้วที่เหมาะสมที่สามารถช่วยให้เมทานอลและน้ำมันพืชที่ใช้แล้วที่มีขั้วต่างกันละลายกันได้ดีขึ้นอัตราการเกิดปฏิกิริยาจึงเพิ่มมากขึ้น ส่วนตัวทำละลายแอซิโตนแม้จะช่วยให้อัตราการเกิดปฏิกิริยาเพิ่มขึ้นน้อยกว่า THF แต่เมื่อเปรียบเทียบกับกรณีไม่ใช้ตัวทำละลาย (Non-solvent) พบว่าการใช้แอซิโตนสามารถช่วยเพิ่มอัตราการเกิดปฏิกิริยาได้อย่างมาก โดยการเติม THF และแอซิโตนในกระบวนการผลิตไบโอดีเซลที่อุณหภูมิห้องสามารถทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ไบโอดีเซลมากกว่า 90% ที่ระยะเวลาในการทำปฏิกิริยาประมาณ 4 - 5 ชั่วโมง



รูปที่ 4: แสดงการทดลองเปรียบเทียบการไม่ใช้ตัวทำละลายกับการใช้สารตัวทำละลายอินทรีย์เอเทอร์ไฮโดรฟิวแรน (THF), ตัวทำละลายเอซิโตน (acetone) เป็นสารผสม (co-solvent) ในอัตราส่วน 10 %v/v ในปฏิกิริยา ทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชันที่อุณหภูมิห้องโดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา CaO_{mod}

4.3. การทดสอบคุณสมบัติน้ำมันไบโอดีเซลโดยใช้ CaO_{mod} เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาและทำปฏิกิริยาที่อุณหภูมิห้อง

ตารางที่ 2: แสดงการเปรียบเทียบคุณสมบัติน้ำมันไบโอดีเซลโดยใช้ CaO_{mod} เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาและทำปฏิกิริยาที่อุณหภูมิห้องตามเกณฑ์มาตรฐานของกรมธุรกิจพลังงานและมาตรฐานสากล (EN 14214)

Fuel properties ^a	Unit	Standard	Guo ¹⁶ / Boey ¹⁷ / Baroutian ¹⁸	This work
Density @15 °C	Kg/m ³	860-900	883/ 884 /877	874
Kinematic viscosity @ 40 °C	mm ² /s	3.5-5.0	4.2/4.2/5.16	4.32
Flash point ^d	°C	>120	170/-/188	183
Acid number ^e	mg KOH/g	<0.5	0.16/-/0.33	0.32
Water content ^f	%w/w oil	<0.050	- /-/-	0.026
Copper strip corrosion	-	Number 1	- / - / -	Number 1
Methyl ester content ^g	%	96.5	95/98.8/ -	98.43
Oxidation number ^h	hour	>6	- / - / -	14.23

^a Performed by biodiesel testing unit, the National Science and Technology Development Agency, Thailand.

จากการนำน้ำมันไบโอดีเซลที่ได้จากการทดลองโดยทำปฏิกิริยาที่อุณหภูมิห้องและใช้ CaO_{mod} นำมาทดสอบตามเกณฑ์มาตรฐานของกรมธุรกิจพลังงานและมาตรฐานสากล (EN 14214) พบว่าผลิตภัณฑ์น้ำมันไบโอดีเซลจากกระบวนการผลิตนี้ผ่านตามเกณฑ์มาตรฐานหลัก เช่น ค่าความหนืด ค่าความเป็นกรด จุดวาบไฟ การทนต่อสภาวะออกซิเดชัน และการกัดกร่อนแผ่นโลหะทองแดง จากผลการทดสอบดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าน้ำมันไบโอดีเซลนี้สามารถนำไปใช้กับเครื่องยนต์ดีเซลแทนน้ำมันปิโตรเลียมดีเซลได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งผลการทดลองนี้เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับรายงานวิจัยที่ใช้สภาวะการทดลองอุณหภูมิสูงประมาณ 60 – 65 °C พบว่าค่าคุณสมบัติของน้ำมันไบโอดีเซลที่ใช้สภาวะอุณหภูมิห้องในการทำปฏิกิริยามีค่าใกล้เคียงกับผลการทดลองที่ใช้สภาวะอุณหภูมิสูงในการทำปฏิกิริยา ดังนั้นการใช้สภาวะอุณหภูมิห้องในการทำปฏิกิริยาการผลิตไบโอดีเซลจึงเป็นการลดพลังงานและลดต้นทุนในการผลิตน้ำมันไบโอดีเซลได้อย่างมีประสิทธิภาพ

5. สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองวิจัยการผลิตไบโอดีเซลที่อุณหภูมิห้องโดยใช้แคลเซียมออกไซด์ที่ผ่านกระบวนการปรับปรุงประสิทธิภาพ (CaO_{mod}) เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา พบว่าสภาวะที่เหมาะสมที่สุดในการทำปฏิกิริยาคือปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยา 10% โดยน้ำหนักต่อน้ำมันพืชที่ใช้แล้ว โมลเมทานอลต่อน้ำมันเท่ากับ 15 : 1 โมล และเติมสารละลายผสม (co-solvent) ตัวทำละลายอินทรีย์เอเทอร์ไฮโดรฟิวแรน (THF) หรือตัวทำละลายอินทรีย์เอซิโตน (acetone) ที่มีผลทำให้อัตราการเกิดปฏิกิริยาเพิ่มขึ้นโดยใช้ระยะเวลาในการทำปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชันของการเปลี่ยนน้ำมันพืชที่ใช้แล้วไปเป็นไบโอดีเซลประมาณ 4 – 5 ชั่วโมง ไบโอดีเซลที่ได้มากกว่า 90% และเมื่อนำน้ำมันไบโอดีเซลที่ได้ไปวิเคราะห์ตามเกณฑ์มาตรฐานของกรมธุรกิจพลังงานและมาตรฐานสากล (EN 14214) พบว่าผลิตภัณฑ์น้ำมันไบโอดีเซลจากกระบวนการนี้ผ่านตามเกณฑ์มาตรฐานหลัก ซึ่งผลการทดสอบดังกล่าวนี้บ่งชี้ได้ว่าน้ำมันไบโอดีเซลที่ได้จากการทำปฏิกิริยาที่อุณหภูมิห้องและใช้ CaO_{mod} มีมาตรฐานที่สามารถใช้ได้กับเครื่องยนต์ดีเซลทั่วไป และกระบวนการผลิตไบโอดีเซลดังกล่าวนี้เป็นกระบวนการประหยัดพลังงาน เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม และลดต้นทุนการผลิตไบโอดีเซลได้อย่างมีประสิทธิภาพ



6. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจากโครงการทุนสถาบันบัณฑิตวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีไทย (TGIST 01-55-011) สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช) ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ (MTEC) และมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

7. บรรณานุกรม

- [1] Z. Helwani, M.R. Othman, N. Aziz, J. Kim, W.J.N. Fernando, Solid heterogeneous catalysts for transesterification of triglycerides with methanol: a review, *Appl Catal A: Gen* 363 (2009) 1–10.
- [2] J. G. Suppes, A.D. Mohanprasad, J.D. Eric, J.M. Pratik, J.M. Michael, Transesterification of soybean oil with zeolite and metal catalysts, *Appl catal A: Gen* 257 (2004) 213–223.
- [3] J. Boroa, D. Deka, A.J. Thakurb, A review on solid oxide derived from waste shells as catalyst for biodiesel production, *Renew and Sustain Energy Rev* 16 (2012) 904–910.
- [4] G. Vicente, M. Martines, J. Aracil, Integrated biodiesel production: a comparison of different homogeneous catalysts systems, *Bioresource Technol* 92 (2004) 297–305.
- [5] L.C. Meher, D. VidyaSagar, S.N. Naik, Technical aspects of biodiesel production by transesterification - a review, *Renew and Sustain Energy Rev.* 10 (2006) 248–268.
- [6] X. Liu, H. He, Y. Wang, S. Zhu, Transesterification of soybean oil to biodiesel using SrO as a solid base catalyst, *Catal Commun* 8 (2007) 1107–1111.
- [7] N. Viriya-empikul, P. Krasae, W. Nualpaeng, B. Yoosuk, K. Faungnawakij, Biodiesel production over Ca-based solid catalysts derived from industrial wastes, *Fuel* 92 (2012) 239–244.
- [8] W. Roschat, M. Kacha, B. Yoosuk, T. Sudyoadsuk, V. Promarak, Biodiesel production based on heterogeneous process catalyzed by solid waste coral fragment, *Fuel* 98 (2012) 194–202.
- [9] X. Liu, H. He, Y. Wang, S. Zhu, X. Piao, Transesterification of soybean oil to biodiesel using CaO as a solid base catalyst, *Fuel* 87 (2008) 216–21.
- [10] C. Ngamcharussrivichai, P. Nunthasanti, S. Tanachai, K. Bunyakiat, Biodiesel production through transesterification over natural calciums, *Fuel Process Tech* 91 (2010) 1409–1415.
- [11] H. Wu, J. Zhang, Q. Wei, J. Zheng, J. Zhan, Transesterification of soybean oil to biodiesel using zeolite supported CaO as strong base catalysts *Fuel Process Technol* 109 (2013) 13–18.
- [12] C. Reddy, V. Reddy, R. Oshel, J.G. Verkade, Room-temperature conversion of soybean oil and poultry fat to biodiesel catalyzed by nanocrystalline calcium oxides, *Energy Fuels* 20 (2006) 1310–1314.
- [13] W. Cao, H. Han, J. Zhang, Preparation of biodiesel from soybean oil using supercritical methanol and co-solvent, *Fuel* 84 (2005) 347–351.
- [14] M. K. Lam and K. T. Lee, Catalytic transesterification of high viscosity crude microalgae lipid to biodiesel: Effect of co-solvent, *Fuel Processing Technology* 110 (2013) 242–248.
- [15] L. T. Thanh, K. Okitsu, Y. Sadanaga, N. Takenaka, Y. Maeda, H. Bandow, A new co-solvent method for the green production of biodiesel fuel Optimization and practical application, *Fuel* 103 (2013) 742–748.
- [16] Guo F, Peng ZG, Dai JY, Xiu ZL. Calcined sodium silicate as solid base catalyst for biodiesel production. *Fuel Processing Technology* 2010;91:322–328.
- [17] Boey PL, Maïam GP, Hamid SA. Performance of calcium oxide as a heterogeneous catalyst in biodiesel production: A review. *Chemical Engineering Journal* 2011;168:15–22.
- [18] Baroutian S, Aroua MK, Raman AAA, Sulaiman NMN. Potassium hydroxide catalyst supported on palm shell activated carbon for transesterification of palm oil. *Fuel Processing Technology* 2010;91:1378–1385.