

การศึกษาความเป็นไปได้ของการผลิตเชื้อเพลิงเหลว ดีเซล-น้ำมันปาล์มดิบที่บวมลดยางเหนียว/ ส่วนกลั่นกรดไขมัน-บิวทานอล

Feasibility study for producing liquid fuel of diesel-degummed mixed crude palm oil/palm fatty acid distillate-butanol

ศุภกิจ เอียดตรง*, ณิชกานต์ หมัดหมาน, เรวัต ทองขจร, กิตตินันท์ มลิวรรณ และธีระยุทธ หลีวีจิตร

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อ.หาดใหญ่ จ. สงขลา 90112

*ติดต่อ: suppakit_4390@hotmail.com, เบอร์โทรศัพท์ 074-287222, เบอร์โทรสาร 074-558830

บทคัดย่อ

น้ำมันปาล์มดิบที่บวมลดยางเหนียวเป็นผลิตภัณฑ์ต้นทุนต่ำสำหรับการผลิตเชื้อเพลิงทดแทนดีเซล มีลักษณะเป็นไขในของเหลวที่อุณหภูมิห้อง ส่วนกลั่นกรดไขมันเป็นผลิตภัณฑ์พลอยได้จากการผลิตน้ำมันปาล์มบริโภค มีลักษณะเป็นไขอ่อนสีเหลืองที่อุณหภูมิห้อง เพื่อหาแนวทางใช้น้ำมันปาล์มดิบที่บวมลดยางเหนียวและส่วนกลั่นกรดไขมันเป็นเชื้อเพลิงทดแทนดีเซลแบบใหม่ งานวิจัยนี้จึงได้ศึกษาความเป็นไปได้ของการผลิตเชื้อเพลิงเหลวของส่วนผสม ดีเซล-น้ำมันปาล์มดิบที่บวมลดยางเหนียว/ส่วนกลั่นกรดไขมัน-บิวทานอลชนิดไม่มีน้ำ (99.9%) โดยเตรียมเชื้อเพลิงผสมที่สัดส่วนต่างๆ ของแต่ละองค์ประกอบในช่วง 0-100 wt.% ที่ทุกๆ 10 wt.% ด้วยการผสมอย่างง่าย และนำไปวางนึ่งที่บรรยากาศปกติ ซึ่งมีอุณหภูมิรายวันในช่วง 22-34 °C เป็นระยะเวลา 90 วัน เพื่อสังเกตพฤติกรรมเฟสระยะยาว ผลการศึกษาพบว่าวิธีการผลิตอย่างง่ายสามารถผลิตเชื้อเพลิงผสมที่มีเสถียรภาพการเป็นของเหลวระยะยาวได้จริง น้ำมันปาล์มดิบที่บวมลดยางเหนียวและส่วนกลั่นกรดไขมันสามารถผสมตรงกับดีเซลได้สูงสุด 20 wt.% และ 10 wt.% ตามลำดับ เมื่อเติมบิวทานอลเป็นสารทำละลาย 10 wt.% ศักยภาพการผสมของน้ำมันปาล์มดิบที่บวมลดยางเหนียวและส่วนกลั่นกรดไขมันเพิ่มขึ้นเป็น 30 wt.% เมื่อเพิ่มสัดส่วนการผสมของบิวทานอล ≥ 20 wt.% ศักยภาพการผสมของน้ำมันปาล์มดิบที่บวมลดยางเหนียวไม่เพิ่มขึ้น แต่ศักยภาพการผสมของส่วนกลั่นกรดไขมันเพิ่มขึ้นและมีค่าสูงสุดเป็น 50 wt.% นอกจากนี้ ได้มีการวัดคุณสมบัติการกักกรองทองแดงตามมาตรฐาน ASTM D130 ของเชื้อเพลิงเหลวที่มีความเป็นกรดสูงคือ ส่วนผสม 50 wt.% ส่วนกลั่นกรดไขมัน-50 wt.% บิวทานอล เปรียบเทียบกับดีเซลรอบสูงด้วย ผลการศึกษาพบว่า เชื้อเพลิงผสมและดีเซลรอบสูงมีคุณสมบัติการกักกรองทองแดง No. 1a เหมือนกัน ดังนั้นส่วนกลั่นกรดไขมันและบิวทานอลเป็นเพียงกรดอ่อน และไม่ส่งผลกระทบต่อกรกักกรองที่รุนแรงเช่นเดียวกับดีเซลรอบสูง โดยสรุป งานวิจัยนี้ค้นพบโอกาสที่ดีของการผลิตเชื้อเพลิงเหลวชนิดใหม่จาก น้ำมันปาล์มดิบที่บวมลดยางเหนียว ส่วนกลั่นกรดไขมัน และบิวทานอล เพื่อใช้ทดแทนดีเซลต่อไป

คำหลัก: เชื้อเพลิงทดแทนดีเซล, ไบโอดีเซล, ดีโซฮอล์, น้ำมันปาล์มดิบที่บวมลดยางเหนียว, ส่วนกลั่นกรดไขมัน, บิวทานอล

Abstract

Degummed mixed crude palm oil (D_0 MCPO) is a low-cost feedstock for diesel substitute production. It appears a colloid of grease in liquid at room temperature. Palm fatty acid distillate (PFAD) is a by-product of palm oil industry. It appears a white-yellow color and a soft-solid phase at room temperature. To find a new method for utilization of D_0 MCPO and PFAD as a diesel substitute, this research studied the feasibility for producing liquid fuel of diesel- D_0 MCPO/PFAD-anhydrous butanol (99.9%). The ternary blends at various weight ratios of each component in the range of 0-100 wt.% in 10 wt.% increments were prepared by simple splash blending and kept motionless at normal ambience having daily temperature in the range of 22-34 °C for 90 days to observe the long-term phase behavior. The results revealed that the easy production method was able to really produce the

liquid fuel with good long-term phase stability. D_gMCPO and PFAD were able to be directly blended with diesel up to 20 wt.% and 10 wt.%, respectively. When butanol was added at 10 wt.% as a solvent, the blending potentials of D_gMCPO and PFAD increased to be 30 wt.%. When butanol was added at ≥20 wt.%, the blending potential of D_gMCPO did not increase but the blending potential of PFAD increased up to 50 wt.%. In addition, copper strip corrosion according to ASTM D130 test method of the liquid blend containing high acid value of 50 wt.% PFAD-50 wt.% butanol was also measured and compared to high speed diesel (HSD). The results revealed that the blend and HSD had the same copper strip corrosion properties of No. 1a. Thus, PFAD and butanol were weak acidic substances and did not cause the excessive corrosion like HSD. In conclusion, this research discovered the great opportunities of a new liquid fuel production from D_gMCPO, PFAD, and butanol for next utilization as a diesel substitute.

Keywords: Diesel substitute, biodiesel, diesohol, degummed mixed crude palm oil, palm fatty acid distillate, butanol.

1. บทนำ

ปัญหาสิ่งแวดล้อมจากการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล โดยเฉพาะการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สู่ชั้นบรรยากาศ กำลังเป็นประเด็นที่สนใจและวิจัยพัฒนาอย่างเข้มข้นในปัจจุบัน พลังงานทางเลือกและเชื้อเพลิงทดแทนดีเซลจากน้ำมันปาล์มดิบที่บรวมน (MCPO, น้ำมันจากเมล็ดในและเส้นใยผลปาล์ม) ผลิตภัณฑ์พลอยได้จากอุตสาหกรรมสกัดน้ำมันปาล์มเพื่อบริโภค (ส่วนกลั่นกรดไขมัน: PFAD) และไบโอแอลกอฮอล์ (บิวทานอล) จึงเป็นอีกทางเลือกที่น่าสนใจสำหรับลดการใช้ดีเซลและผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมให้น้อยลง

น้ำมันปาล์มดิบที่บรวมนลดยางเหนียว (D_gMCPO) เป็นผลิตภัณฑ์ต้นทุนต่ำที่ได้จาก MCPO ที่ถูกกำจัดยางเหนียวออกโดยทำปฏิกิริยากับกรดฟอสฟอริก มีลักษณะเป็นไขในของเหลวที่อุณหภูมิห้อง ดังแสดงในรูปที่ 1 (ก)



(ก)

(ข)

รูปที่ 1 ลักษณะเฟส (ก) D_gMCPO (ข) PFAD

มีการศึกษาเพื่อนำ D_gMCPO มาใช้เป็นเชื้อเพลิงทดแทนดีเซลทั้งผสมโดยตรงกับดีเซล หรือลดกรดไขมันอิสระ (FFA) โดยทำปฏิกิริยากับโซเดียมไฮดรอกไซด์ผสมกับดีเซล [1] นอกจากนี้มีการวิจัยเพื่อผลิตเอสเตอร์ของกรดไขมัน (ไบโอดีเซล) จาก MCPO [1-3] แต่เนื่องด้วย MCPO มีองค์ประกอบของ FFA สูงประมาณ 12 wt.% [1] ดังนั้นกระบวนการที่เหมาะสมสำหรับน้ำมัน FFA สูง คือ การทำปฏิกิริยา 2 ขั้นตอน (เอสเตอร์ริฟิเคชันและทรานเอสเตอร์ริฟิเคชัน) [2] ส่งผลต่อการใช้สัดส่วนโดยมวลของแอลกอฮอล์ต่อ MCPO สูง และต้นทุนที่สูงตามไปด้วย ดังนั้นการใช้ D_gMCPO เป็นเชื้อเพลิงทดแทนดีเซลโดยตรงจึงน่าสนใจเนื่องจากต้นทุนต่ำ อย่างไรก็ตามการใช้ D_gMCPO ยังมีข้อจำกัดของขอบเขตการผสมกับดีเซล หากต้องการใช้กับเครื่องยนต์ในสัดส่วนที่สูงจำเป็นต้องมีการอุ่น (Preheated) เพื่อละลายและลดความหนืด [4] เช่นเดียวกับ PFAD ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์พลอยได้ราคาถูกจากการผลิตน้ำมันปาล์มบริโภค ประกอบด้วยกรดไขมันอิสระ (FFA) ประมาณ 93 wt.% [5] มีลักษณะทางกายภาพเป็นไขสีเหลืองอ่อน ดังรูปที่ 1 (ข) ปรกติใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับอุตสาหกรรมอาหารสัตว์ เครื่องสำอาง และสบู่ [6,7] ใช้สำหรับการผลิตพลังงานแบบดั้งเดิมด้วย เช่น การผลิตเทียนไขและนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงโดยตรงสำหรับหม้อไอน้ำอุตสาหกรรม [8] นอกจากนี้ยังมีการวิจัยอย่างเข้มข้นเพื่อผลิตเอสเตอร์ของกรดไขมัน (ไบโอดีเซล) จาก PFAD ด้วยกระบวนการเอสเตอร์ริฟิเคชันทั้งที่ความดันสูง [9-12] และความดันบรรยากาศ [13-17] อย่างไรก็ตามการผลิตไบโอดีเซลยังมีขีดจำกัด โดยเฉพาะ

ต้องใช้อัตราส่วนโดยโมลของแอลกอฮอล์ต่อ PFAD สูงอย่างมาก ส่งผลให้ต้นทุนสูงเช่นเดียวกับการผลิตไบโอดีเซลจาก DgMCPO ดังนั้นหากต้องการใช้ DgMCPO และ PFAD เป็นเชื้อเพลิงเหลวผสมกับดีเซลโดยตรงในสัดส่วนที่เพิ่มขึ้นจำเป็นต้องหาวิธีการและแนวทางใหม่ที่เหมาะสม

ในอนาคตอันใกล้ไบโอบิวทานอลถูกมองว่าจะกลายมาเป็นเชื้อเพลิงทดแทนเชื้อเพลิงจากฟอสซิลที่เหมาะสมไม่เฉพาะใช้สำหรับผสมแต่ด้วยตัวบิวทานอลเองสามารถนำมาใช้ได้โดยตรงกับเครื่องยนต์ เนื่องจากคุณสมบัติเชื้อเพลิงที่ใกล้เคียงกับดีเซล บิวทานอลสามารถผสมกับดีเซลได้ทุกสัดส่วนการผสม [18] เนื่องจากบิวทานอลเป็นโมเลกุลไม่มีขั้วค่อนข้างสูงจึงผสมกับดีเซลได้ดี มีงานวิจัยมากมายศึกษาการใช้บิวทานอลผสมดีเซลทดสอบในเครื่องยนต์ การทดสอบสมรรถนะเครื่องยนต์จากงานวิจัยหลายชิ้น [18-20] ชี้ให้เห็นว่า ดีโซฮอล์สามารถใช้ในเครื่องยนต์ดีเซลได้ดี มีข้อดีสำคัญของดีโซฮอล์เมื่อเทียบกับดีเซลคือ ช่วยลดการปล่อยคาร์บอนนอกไฮโดรคาร์บอน อนุภาค คิวโนดำ และคาร์บอนไดออกไซด์สู่บรรยากาศได้อย่างมีนัยสำคัญ แต่จะมีอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงและออกไซด์ของไนโตรเจนสูงกว่าดีเซล ซึ่งเป็นเรื่องปกติสำหรับเชื้อเพลิงที่มีความร้อนต่ำกว่าดีเซลและมีออกซิเจนอยู่ในโมเลกุล

ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงศึกษาความเป็นไปได้สำหรับการผลิตเชื้อเพลิงเหลว ดีเซล-น้ำมันปาล์มดิบที่บวมลดยางเหนียว/ส่วนกลับกรดไขมัน-บิวทานอล โดยใช้บิวทานอลเป็นตัวทำละลายเพื่อช่วยปรับปรุงเฟส และเพิ่มสัดส่วนการนำน้ำมันปาล์มดิบที่บวมและส่วนกลับกรดไขมัน มาใช้ทดแทนดีเซลได้เพิ่มขึ้น แต่อย่างไรก็ตาม การใช้ DgMCPO และ PFAD ซึ่งมีองค์ประกอบของ FFA สูงในเครื่องยนต์ยังมีข้อกังวลเกี่ยวกับการกัดกร่อนชิ้นส่วนเครื่องยนต์ ดังนั้น เชื้อเพลิงเหลวผสมที่มีค่าความเป็นกรดสูงสุด จะถูกทดสอบการกัดกร่อนแผ่นทองแดง (Copper strip corrosion)

2. วัสดุและวิธีการ

พฤติกรรมการผสม ค่าความเป็นกรด และสมบัติการกัดกร่อนของเชื้อเพลิงผสมสามส่วน ดีเซล-DgMCPO/PFAD-บิวทานอล ถูกศึกษาโดยใช้น้ำมันดีเซลที่ซื้อจากปั้มน้ำมันบริษัท ปตท. จำกัด(มหาชน) MCPO ซื้อจากห้างหุ้นส่วนจำกัด รุ่งเรืองกิจน้ำมันพืช ทำปฏิกิริยากับกรดฟอสฟอริก

เพื่อกำจัดยางเหนียวได้เป็น DgMCPO ประกอบด้วย ไตรกลีเซอไรด์ 80.61 wt.% ไดกลีเซอไรด์ 4.16 wt.% มอนอกลีเซอไรด์ 3.23 wt.% และ FFA 12.00 wt.% PFAD ประกอบด้วย FFA ประมาณ 93 wt.% ซื้อจากบริษัท สุขสมบูรณ์น้ำมันพืช จำกัด และบิวทานอลเกรดการค้า ความบริสุทธิ์ 99.9 % ซื้อจากห้างหุ้นส่วนจำกัด แอล บี ชาชนย์

ดีเซล DgMCPO/PFAD และบิวทานอล ถูกผสมในขวดแก้วเล็ก (Vial) ด้วยวิธีการเขย่าอย่างง่าย โดยเชื้อเพลิงผสมถูกเตรียมที่สัดส่วนต่างๆ ของแต่ละองค์ประกอบในช่วง 0-100 wt.% ที่ทุกๆ 10 wt.% โดยแต่ละตัวอย่างของเชื้อเพลิงผสมจะมีน้ำหนักรวม 10.0 g ซึ่งแต่ละองค์ประกอบจะถูกชั่งโดยเครื่องชั่งดิจิทัล ความละเอียดสูง ยี่ห้อ METTLER รุ่น AL204 โดยแต่ละองค์ประกอบจะถูกควบคุมความคลาดเคลื่อนของน้ำหนักให้ ± 0.05 wt.% สำหรับการผสมเชื้อเพลิงผสมสองส่วน แต่ละองค์ประกอบจะถูกชั่งตามสัดส่วน ปิดฝา อุณหภูมิ 50 ± 2 °C แล้วทำการเขย่าขวดเป็นเวลา 1 นาที และสำหรับเชื้อเพลิงผสมสามส่วน ขั้นตอนแรกจะทำการผสมระหว่าง DgMCPO หรือ PFAD กับบิวทานอลก่อน ปิดฝา อุณหภูมิ 50 ± 2 °C แล้วทำการเขย่าขวดเป็นเวลา 1 นาที จากนั้นจึงผสมดีเซลตามสัดส่วน อุณหภูมิ 50 ± 2 °C แล้วทำการเขย่าขวดอีกเป็นเวลา 1 นาที ก็จะได้เชื้อเพลิงผสมที่ต้องการ และนำไปวางนิ่งที่บรรยากาศปกติเป็นเวลา 90 วัน เพื่อสังเกตพฤติกรรมเฟสระยะยาว [21] ที่มีอุณหภูมิรายวันในช่วง 22-34 °C หลังจากครบ 90 วัน ผลการสังเกตพฤติกรรมเฟสจะนำมาสร้างเฟสไดอะแกรมของ DgMCPO และ PFAD ซึ่งจะบ่งบอกถึงลักษณะทางกายภาพของเชื้อเพลิงผสมสามอย่าง ดีเซล- DgMCPO/PFAD-เอทานอล ที่ทุกสัดส่วนการผสม โดยแทนด้วยสัญลักษณ์เพื่อบ่งบอกคุณลักษณะทางกายภาพของเชื้อเพลิงผสมเหล่านั้น

จากผลจากการศึกษาพฤติกรรมเฟสระยะยาว เชื้อเพลิงผสมที่เป็นของเหลวเฟสเดียวและมีค่าความเป็นกรดสูงสุดจะถูกเตรียมด้วยวิธีการกวนอย่างง่ายเพื่อส่งทดสอบค่าการกัดกร่อนแผ่นทองแดง ตามมาตรฐาน ASTM D130 ที่ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

3. ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

3.1 ผลของบิวทานอลต่อการปรับปรุงเฟสของ DgMCPO และ PFAD สำหรับเป็นเชื้อเพลิงเหลวทดแทนดีเซล

ผลของบิวทานอลที่ส่งผลต่อการปรับปรุงเฟสของ DgMCPO และ PFAD ในเชื้อเพลิงผสมที่อุณหภูมิห้องแสดงในรูปของเฟสไดอะแกรมของเชื้อเพลิงผสมสามส่วน ดีเซล-DgMCPO -บิวทานอล และ ดีเซล- PFAD-บิวทานอล ดังแสดงในรูปที่ 2 และ 3 ตามลำดับ

เฟสไดอะแกรมของเชื้อเพลิงผสม ดีเซล-DgMCPO-บิวทานอล ที่อุณหภูมิระหว่าง 22-34 °C ดังแสดงในรูปที่ 2 แสดงให้เห็นว่าบิวทานอลผสมกับดีเซลได้ทุกสัดส่วน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยอื่น [18] จากพฤติกรรมเฟสในรูปที่ 4 (ก) เห็นว่าเฟสของเชื้อเพลิงผสม บิวทานอล-ดีเซล มีความเสถียรและผสมกันเป็นอย่างดี ดังนั้นในการนำบิวทานอลมาใช้เป็นเชื้อเพลิงทดแทนดีเซลสามารถผสมกับดีเซลได้โดยตรงโดยไม่ต้องใช้ Co-solvent เนื่องจากบิวทานอลเป็นสารที่ไม่มีขั้วค่อนข้างสูงจึงสามารถผสมกับดีเซลที่ไม่มีขั้วได้โดยตรง สำหรับการใช้บิวทานอลเพื่อช่วยปรับปรุงเฟสของ DgMCPO และ PFAD มาใช้เป็นเชื้อเพลิงเหลวในสัดส่วนที่เพิ่มขึ้น จากรูปที่ 2 แสดงเฟสไดอะแกรมของเชื้อเพลิงผสมสามส่วน ดีเซล-DgMCPO-บิวทานอล เห็นว่า DgMCPO สามารถนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงเหลวผสมกับดีเซลได้โดยตรงสูงสุด 20 wt.% ดังแสดงพฤติกรรมเฟสในรูปที่ 4 (ข) สำหรับการนำบิวทานอลมาใช้เพื่อปรับปรุงเฟส DgMCPO ให้เป็นของเหลว ในส่วนของเชื้อเพลิงผสมสองส่วน DgMCPO-บิวทานอล จะเห็นว่ามีการเกิดไขที่ทุกสัดส่วนการผสม แต่อย่างไรก็ตามจากการสังเกตพฤติกรรมเฟสในรูปที่ 4 (ค) พบว่า DgMCPO สามารถละลายในบิวทานอลได้บางส่วน เห็นได้จากจากสีที่เปลี่ยนไปของบิวทานอลที่เป็นสีเหลือง ดังนั้นสำหรับเชื้อเพลิงผสมสามส่วน ดีเซล-DgMCPO-บิวทานอล จากงานวิจัยนี้พบว่า สามารถเพิ่มสัดส่วนการใช้ DgMCPO เป็นเชื้อเพลิงเหลวทดแทนดีเซลได้เป็น 30 wt.% ดังแสดงพฤติกรรมเฟสในรูปที่ 4 (ง)

ในกรณีของเชื้อเพลิงผสมสามส่วน ดีเซล-PFAD-บิวทานอล ดังแสดงเฟสไดอะแกรมในรูปที่ 3 เมื่อพิจารณาเชื้อเพลิงผสมสองส่วน PFAD-ดีเซล และ PFAD-บิวทานอล จะเห็นว่า PFAD ละลายในดีเซลได้สูงสุด 10 wt.% และละลายกับบิวทานอลได้สูงสุด 50 wt.% ดัง

แสดงพฤติกรรมเฟสในรูปที่ 4 (จ) และ (ฉ) ตามลำดับ เห็นได้ชัดว่าบิวทานอลสามารถนำมาใช้เพื่อปรับปรุงเฟสของ PFAD เพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงเหลวได้อย่างมีประสิทธิภาพ และเมื่อพิจารณาเชื้อเพลิงผสมสามส่วน ดีเซล-PFAD-บิวทานอล พบว่าเมื่อเพิ่มสัดส่วนการผสมของ PFAD ในดีเซล จะต้องเพิ่มสัดส่วนของบิวทานอลด้วยเพื่อรักษาสถานะเฟสที่เป็นของเหลวของ PFAD ในดีเซล เห็นได้จากเฟสไดอะแกรมในรูปที่ 3 ที่บิวทานอล 10 wt.% สามารถผสม PFAD ได้สูงสุด 30 wt.% และเมื่อเพิ่ม PFAD เป็น 40 wt.% จำเป็นต้องใช้บิวทานอลอย่างน้อย 20 wt.% เพื่อรักษาสถานะเฟสให้เป็นของเหลว และสามารถใช้ PFAD ในเชื้อเพลิงผสมสามส่วนได้สูงสุดถึง 50 wt.% และต้องใช้บิวทานอลไม่น้อยกว่า 40 ดังแสดงพฤติกรรมเฟสในรูปที่ 4 (ฉ)

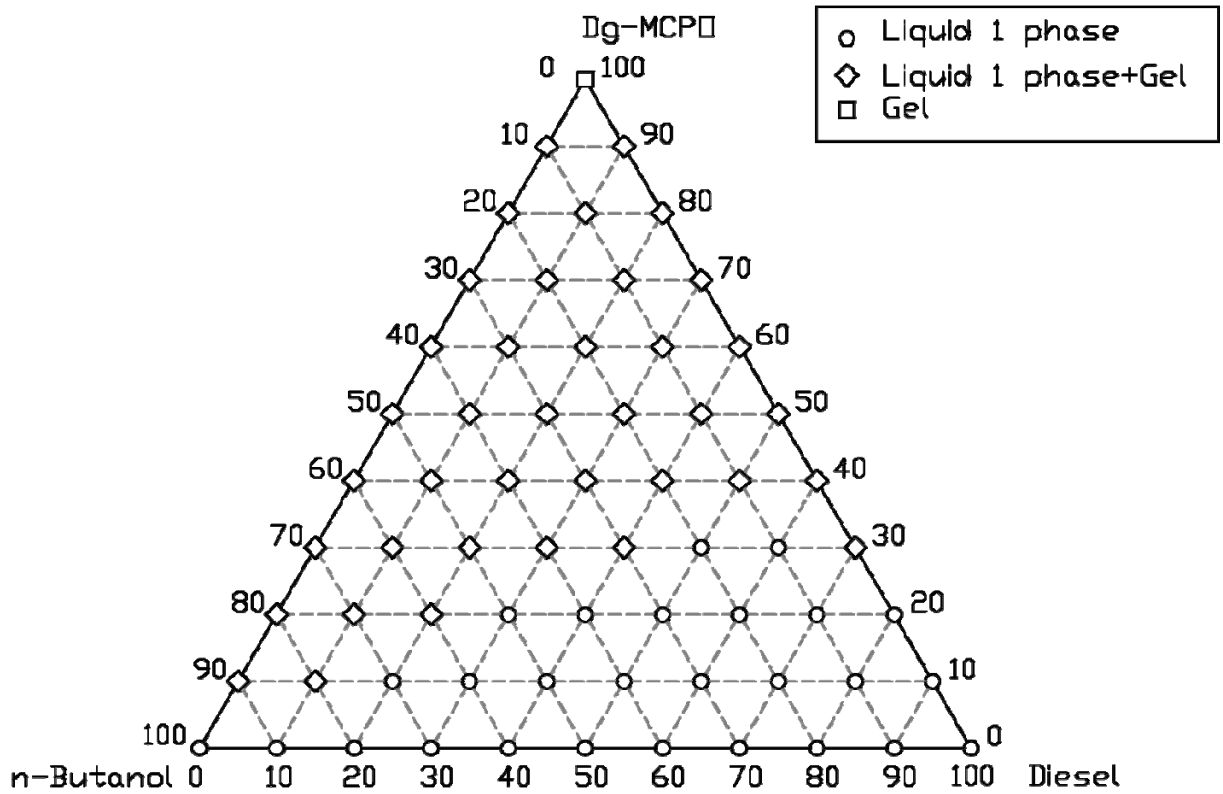
3.2 ค่าความเป็นกรดและการกัดกร่อนแผ่นทองแดง

จากการศึกษาพฤติกรรมเฟสระยะยาวทำให้ได้สัดส่วนการผสมของเชื้อเพลิงผสมสามส่วนที่เป็นของเหลวเฟสเดียวและมีความเสถียร ดังนั้นเชื้อเพลิงเหลวที่มีค่าความเป็นกรดสูงสุด คือ ส่วนผสม 50 wt.% ส่วนกลั่นกรดไฮปาล์ม-50 wt.% บิวทานอล โดยมีค่าความเป็นกรด 113.7 mgKOH/g ถูกวัดคุณสมบัติการกัดกร่อนทองแดงตามมาตรฐาน ASTM D130 ผลการศึกษาพบว่าเชื้อเพลิงผสมและดีเซลรอบสูงมีคุณสมบัติการกัดกร่อนทองแดง No. 1a เหมือนกัน ดังนั้น DgMCPO/PFAD และบิวทานอลเป็นเพียงกรดอ่อน และไม่ส่งผลต่อการกัดกร่อนที่รุนแรงเช่นเดียวกับดีเซลรอบสูง

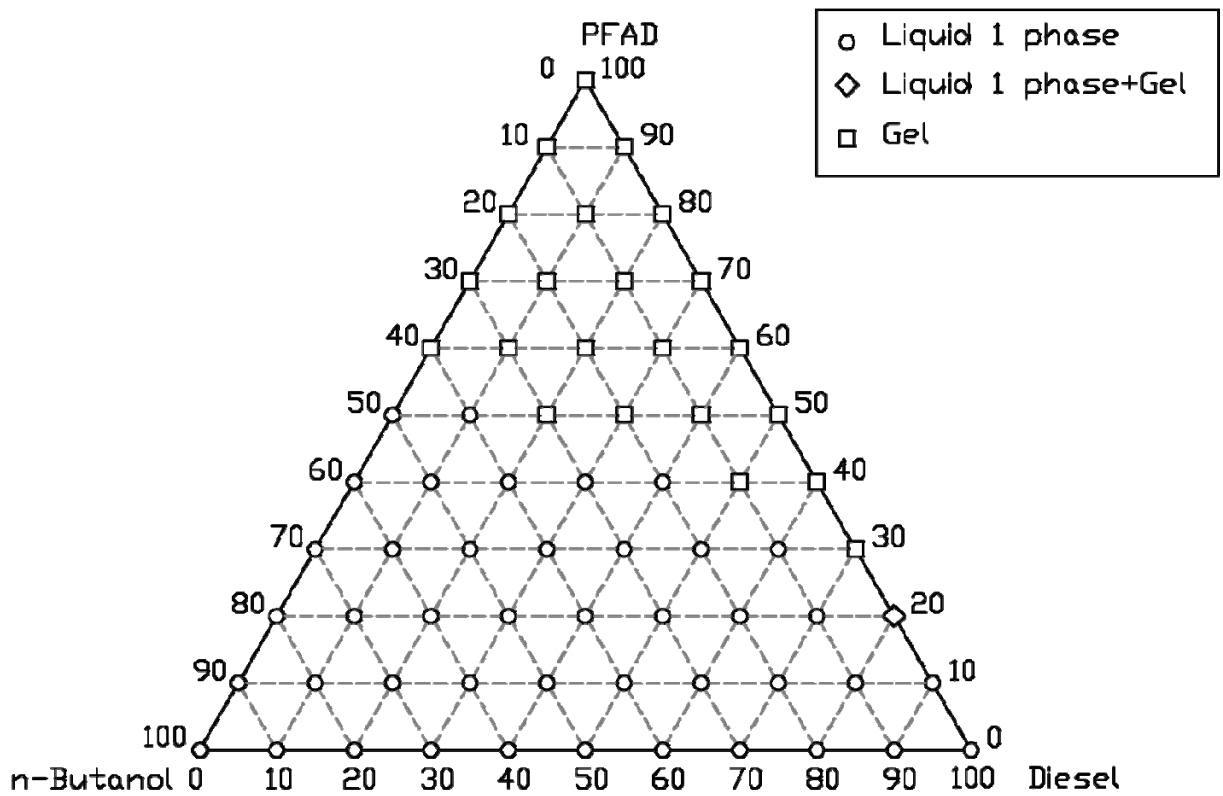
4. สรุป

จากงานวิจัยได้ศึกษา พฤติกรรมเฟส ค่าความเป็นกรด และการกัดกร่อนแผ่นทองแดง ของเชื้อเพลิงผสม ดีเซล-DgMCPO/PFAD-บิวทานอล จากข้อค้นพบสามารถสรุปได้ดังนี้

- บิวทานอลผสมกับดีเซลได้ทุกสัดส่วน สอดคล้องกับงานวิจัยอื่น [18] ซึ่งสามารถใช้บิวทานอลเป็นเชื้อเพลิงผสมกับดีเซลได้โดยตรง (บิวทานอล-ดีเซล)
- DgMCPO และ PFAD ละลายในดีเซลได้สูงสุด 20 และ 10 wt.% ตามลำดับ จึงมีความเป็นไปได้สำหรับการใช้ DgMCPO และ PFAD เป็นเชื้อเพลิงผสมดีเซลโดยตรง (DgMCPO/PFAD-ดีเซล)



รูปที่ 2 เฟสไดอะแกรมของเชื้อเพลิงผสม ดีเซล-DgMCPO-บิวทานอล(99.9%) ที่อุณหภูมิห้อง



รูปที่ 3 เฟสไดอะแกรมของเชื้อเพลิงผสม ดีเซล-PFAD-บิวทานอล(99.9%) ที่อุณหภูมิห้อง



(ก)



(ข)



(ค)



(ง)



(จ)



(ฉ)

รูปที่ 4 พฤติกรรมเฟสที่อุณหภูมิห้องของเชื้อเพลิงผสม ดีเซล-DgMCPO/PFAD-บิวทานอล: (ก) ดีเซล-บิวทานอล (ข) DgMCPO-ดีเซล (ค) DgMCPO-บิวทานอล (ง) ดีเซล-30 wt.% DgMCPO-บิวทานอล (จ) PFAD-ดีเซล (ฉ) ดีเซล-50 wt.% PFAD-บิวทานอล

- PFAD ละลายกับบิวทานอลได้สูงสุด 50 wt.% จึงมีความเป็นไปได้ที่จะได้เชื้อเพลิงชนิดใหม่ระหว่าง PFAD-บิวทานอล
- บิวทานอลสามารถปรับปรุงเฟสของ PFAD เป็นเชื้อเพลิงเหลวได้อย่างมีประสิทธิภาพ และปรับปรุงเฟสของ DgMCPO ได้บางส่วน มีความเป็นไปได้ที่จะค้นพบเชื้อเพลิงเหลวผสมชนิดใหม่ คือ ดีเซล-DgMCPO/PFAD-บิวทานอล
- ค่าความเป็นกรดของเชื้อเพลิงผสม ดีเซล-DgMCPO/PFAD-บิวทานอล ไม่มีนัยสำคัญต่อการกัดกร่อนชิ้นส่วนของเครื่องยนต์แต่อย่างใด และเชื้อเพลิงผสมมีค่าการกัดกร่อน No. 1a เทียบเท่าดีเซลรอปสูง

โดยสรุปงานวิจัยนี้ค้นพบโอกาสที่ดีของการนำ DgMCPO PFAD และบิวทานอล มาผลิตเป็นเชื้อเพลิงเหลวชนิดใหม่เพื่อใช้ทดแทนดีเซล แต่อย่างไรก็ตามมีความจำเป็นต้องศึกษาคุณสมบัติเชื้อเพลิงที่สำคัญเพิ่มเติม เช่น ความ

หนาแน่น ความหนืดเชิงจลน์ จุดขุ่น จุดไหลเท ค่าความร้อน และซีเทนนัมเบอร์ เพื่อให้ได้เชื้อเพลิงที่เหมาะสมสำหรับนำไปใช้กับเครื่องยนต์ต่อไป

5. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากโครงการส่งเสริมการวิจัยในอุดมศึกษาและการพัฒนามหาวิทยาลัยวิจัยแห่งชาติ ของสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] ปริญา หม่อมพิบูลย์ (2012). คุณลักษณะการเป็นของเหลวของเชื้อเพลิงที่ผลิตจากน้ำมันปาล์มดิบที่บรวหมผสมกับดีเซล. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- [2] Krit Somnuk, Pruttikorn Smithmaitrie, Gumpon Prateepchaiku (2013). Two-stage

continuous process of methyl ester from high free fatty acid mixed crude palm oil using static mixer coupled with high-intensity of ultrasound. *Energy Conversion and Management*, vol. 75, November 2013, pp. 302 – 310

[3] Surachai Jansri, Sukritthira B. Ratanawilai, Michael L. Allen, Gumpon Prateepchaikul (2011). Kinetics of methyl ester production from mixed crude palm oil by using acid-alkali catalyst. *Fuel Processing Technology*, vol 92, August 2011, pp. 1543 – 1548

[4] T.F. Yusaf, B.F. Yousif, M.M. Elawad (2011). Crude palm oil fuel for diesel-engines: Experimental and ANN simulation approaches. *Energy*, vol. 36, August 2011, pp. 4871 – 4878.

[5] Kantama A, Narataruksa P, Hunpinyo P, Prapainainar C (2015). Techno-economic assessment of heat-integrated process for hydrogenated renewable diesel production from palm fatty acid distillate. *Biomass Bioenergy*, vol. 83, November 2015, pp. 448 – 459.

[6] Mielke T (2010). The price outlook of palm and lauric oils and impact from the global vegetable oil market-a fundamental approach. *Palm and Lauric Oils Conference & Exhibition Price Outlook (POC) 2010*, Kuala Lumpur, Malaysia.

[7] Malaysian Palm Oil Board. (2010). URL: <http://www.mpoh.gov.my>, access on 1/03/2016.

[8] Wan Z, Lim JK, Hameed BH (2015). Chromium-tungsten heterogeneous catalyst for esterification of palm fatty acid distillate to fatty acid methyl ester. *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers*, vol. 54, April 2015, pp. 64 – 70.

[9] Lokman I, Goto M, Rashid U, Taufiq-Yap YH (2015). Sub- and supercritical esterification of palm fatty acid distillate with carbohydrate-derived solid acid catalyst. *Chemical Engineering Journal*, vol. 284, September 2015, pp. 872 – 878.

[10] Cho HJ, Kim JK, Hong SW, Yeo YK (2012). Development of a novel process for biodiesel production from palm fatty acid distillate (PFAD). *Fuel Processing Technology*, vol. 104, June 2012, pp. 271 – 280.

[11] Cho HJ, Kim SH, Hong SW, Yeo YK (2011). A single step non-catalytic esterification of palm fatty acid distillate (PFAD) for biodiesel production. *Fuel*, vol. 93, September 2012, pp. 373 – 380.

[12] Yujaroen D, Goto M, Sasaki M, Shotipruk A (2009). Esterification of palm fatty acid distillate (PFAD) in supercritical methanol: Effect of hydrolysis on reaction reactivity. *Fuel*, vol. 88, March 2009, pp. 2011 – 2016.

[13] Cheryl-Low YL, Theam KL, Lee HV (2015). Alginate-derived solid acid catalyst for esterification of low-cost palm fatty acid distillate. *Energy Conversion and Management*, vol. 106, October 2015, 932 – 940.

[14] Shuit SH, Tan SH (2014). Feasibility study of various sulphonation methods for transforming carbon nanotubes into catalysts for the esterification of palm fatty acid distillate. *Energy Conversion and Management*, vol. 88, February 2014, pp. 1283 – 1289.

[15] Lokman I, Rashid U, Taufiq-Yap YH, Yunus R (2015). Methyl ester production from palm fatty acid distillate using sulfonated glucose-derived acid catalyst. *Renewable Energy*, vol. 81, April 2015, pp. 347 – 354.

[16] Lokman I, Rashid U, Taufiq-Yap YH (2015). Production of biodiesel from palm fatty acid distillate using sulfonated-glucose solid acid catalyst: characterization and optimization. *Chinese Journal of Chemical Engineering*, vol 23, November 2015, pp. 1857 – 1864.

[17] Olutoye MA, Wong CP, Chin LH, Hameed BH (2014). Synthesis of FAME from methanolysis of palm fatty acid distillate using highly active solid

oxide acid catalyst. Fuel Processing Technology, vol. 124, August 2014, pp. 54 – 60.

[18] Alpaslan Atmanli, Erol Ileri, Bedri Yüksel (2014). Effects of higher ratios of n-butanol addition to diesel-vegetable oil blends on performance and exhaust emissions of a diesel engine. Journal of the Energy Institute, vol. 88, October 2014, pp. 209 – 220.

[19] Alpaslan Atmanli, Erol Ileri, Bedri Yüksel (2014). Experimental investigation of engine performance and exhaust emissions of a diesel engine fueled with diesel-n-butanol-vegetable oil blends. Energy Conversion and Management, vol. 81, March 2014, pp. 312 – 321.

[20] Nadir Yilmaz, Francisco M. Vigil (2014). Potential use of a blend of diesel, alcohols and vegetable oil in compression ignition engines. Fuel, vol. 124, May 2014, pp. 168 – 172.

[21] Kwanchareon P, Luengnaruemitchai A, Jai-In S (2006). Solubility of a diesel-biodiesel-ethanol blend, its fuel properties, and its emission characteristics from diesel engine. Fuel, vol. 86, November 2007, 1053 – 1061.