การประชุมเชิงวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 6
5 - 7 พฤษภาคม 2553 มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

ผลของการสัมผัสกับอากาศของน้ำมันดีเซลชีวภาพต่อลักษณะการเสื่อมสภาพและสมรรถนะของเครื่องยนต์

The Effect of Air Exposure on The Degradation Characteristics and Engine Performance of Biodiesel

แคทลียา ปัทมพรหม[1,*], วาทิต ภักดี[2], สุรีรัตน์ งามเจริญ[1]
[1]ภาควิชาวิศวกรรมเคมี, [2]ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
ต.คลองหนึ่ง อ.คลองหลวง ปทุมธานี 12120 โทร 0-2564-3001 Email: cattalee@engr.tu.ac.th

Cattaleeya Pattamaprom[1,*], Watit Pakdee[2], Sureerat Ngarmjareon[1]
[1]Department of Chemical Engineering, [2]Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Thammasat University
Klong 1, Klong Luang, Pathumtani 12120 Tel. 0-2564-3001 Email: cattalee@engr.tu.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาพฤติกรรมการเสื่อมสภาพในสภาวะที่สัมผัสกับอากาศของน้ำมันไบโอดีเซลที่ผลิตจากวัตถุดิบ 2 ชนิด คือ น้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ และน้ำมันปาล์มสเตียรีน ต่อสมบัติ รวมถึงสมรรถนะการทำงาน และการปลดปล่อยมลพิษไอเสียของเครื่องยนต์ดีเซล โดยเร่งการเสื่อมสภาพที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส และอัตราการไหลของอากาศเป็น 100 ลิตรต่อชั่วโมง เปรียบเทียบกับการเสื่อมสภาพจากการเก็บรักษาในระบบปิด พบว่าน้ำมันไบโอดีเซลที่สัมผัสกับอากาศในสภาวะเร่งการออกซิเดชัน มีแนวโน้มการเสื่อมสภาพเช่นเดียวกับการเก็บในระบบปิด ยกเว้นค่าความหนืดซึ่งที่ระดับการเสื่อมสภาพเดียวกัน พบว่าการสัมผัสกับอากาศทำให้ค่าความหนืดสูงขึ้น ซึ่งต่างจากการเก็บในระบบปิดที่มีค่าความหนืดลดลง ทั้งนี้เป็น เพราะการสัมผัสกับอากาศทำให้เกิดการก่อตัวเป็นสารพอลิเมอร์ในอัตราที่สูงกว่า สำหรับการทดสอบสมรรถนะและการปลดปล่อยมลพิษไอเสีย พบว่า กำลังเบรกของน้ำมันไบโอดีเซลใหม่, น้ำมันไบโอดีเซลที่ถูกเก็บรักษาในสภาวะปิด และสัมผัสกับอากาศ นั้น มีค่าใกล้เคียงกับกำลังเบรกของน้ำมันดีเซล ขณะที่การเสื่อมสภาพโดยการสัมผัสกับอากาศพบว่ามีการสิ้นเปลืองน้ำมันต่ำกว่าและประสิทธิภาพการแปลงพลังงานที่สูงกว่าการเสื่อมสภาพในระบบปิด รวมถึงมีค่าไอเสีย NOx ในระดับที่ต่ำกว่าด้วย อย่างไรก็ดี การสัมผัสกับอากาศเป็นเวลานานเกินไป จะทำให้เกิดพอลิเมอร์ที่ไม่สามารถละลายในน้ำมันได้และเกิดตะกอนซึ่งอาจส่งผลเสียต่อระบบกรองน้ำมันของเครื่องยนต์

ABSTRACT

This study investigated the effect of air exposure to chemical properties, engine performance and exhaust emission for 2 types of palm-derived biodiesels, which are palm olein and palm stearin. The degradation was carried out by exposing biodiesel with air in an accelerated condition at 110 ^{o}C with the air flow rate of 100 liter/hr. By comparing to the degradation occurred in close-lid system, we found that the changes in chemical properties in close and open containers were similar. However, the changes in viscosity were different in the two cases. With air exposure, the viscosity increased with degradation, whereas, in close container, the viscosity decreased. This is because the contact with air led to more polymer formation. In terms of engine performance and exhaust emission, the brake power of fresh biodiesel, biodiesel kept in close container, and biodiesel degraded in air were comparable to the brake power of petroleum diesel. However, the air exposure led to lower fuel consumption rate, higher fuel conversion efficiency, and lower NO_x than the degradation in close container. Nevertheless, extended period of air exposure might create insoluble solid polymer particles, which are detrimental to fuel filter system.

1. บทนำ

ปัญหาหลักของน้ำมันไบโอดีเซลที่ผลิตจากกระบวนการทรานเอสเตอริฟิเคชั่น คือ การเสื่อมสภาพได้ง่าย เนื่องจากโครงสร้างของน้ำมันไบโอดีเซลประกอบด้วยสายโซ่ของกรดไขมันที่ไม่อิ่มตัว (Unsaturated methyl ester) เมื่อสัมผัสกับอากาศ จะเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันที่พันธะคู่ของน้ำมันไบโอดีเซล ทำให้พันธะคู่แตกออกกลายสภาพเป็นสารประกอบออกซิเจนสายโซ่สั้นที่มีขั้ว อาทิ ไฮโดรเปอร์ออกไซด์, อัลดีไฮด์ และกรดไขมันอิสระ เป็นต้น [1] ซึ่งส่งผลต่อการกัดกร่อนและบวมตัวของอุปกรณ์ในระบบจ่ายน้ำมัน นอกจากนี้ อนุมูลอิสระจากปฏิกิริยาออกซิเดชันจะทำปฏิกิริยาพอลิเมอไรซ์ กลายเป็นสารประกอบสายโซ่ยาว อาทิ พอลิเมอร์ เป็นผลทำให้น้ำมันจะมีสภาพเป็นสารเหนียวซึ่งไม่เหมาะต่อการนำมาใช้งานต่อเครื่องยนต์

แม้ว่าในอดีต มีงานวิจัยหลายงานได้ทำการศึกษาการเสื่อมสภาพของน้ำมันไบโอดีเซลในสภาวะการเก็บรักษาต่างๆ [2, 3, 4, 5, 6,7,8] งานวิจัยที่กล่าวถึงผลของการเสื่อมสภาพของน้ำมันดีเซลชีวภาพต่อการใช้งานในเครื่องยนต์นั้นมีอยู่น้อย และไม่ได้ทำการศึกษาอย่างเป็นระบบ อาทิเช่น Thompson และคณะ [9] ทำการ ศึกษาการเสื่อมสภาพของทั้งเมทิลเอสเทอร์ที่ผลิตจากน้ำมันเมล็ดเรป พบว่าการเสื่อมสภาพทำให้ค่าเปอร์ออกไซด์ ค่าความเป็นกรด ความหนาแน่น และความหนืดของน้ำมันมีค่าเพิ่มขึ้น ในขณะที่ค่าความร้อนมีค่าลดลง โดย ในส่วนของสมรรถนะของเครื่องยนต์กล่าวไว้เพียงว่า กำลังมีแนวโน้มเปลี่ยนแปลงน้อยกว่า 2% และปริมาณเขม่าควันลดลง 3.2% Monyem และคณะ[10] กล่าวถึงไอเสียว่าไบโอดีเซลที่ผลิตจากน้ำมันถั่วที่ถูกออกซิไดซ์จะปลดปล่อยคาร์บอนมอนอกไซด์และไฮโดรคาร์บอนลดปริมาณลง 15 % และ 16 % ตามลำดับ ในขณะที่ค่าปริมาณออกไซด์ของไนโตรเจนและปริมาณควันไม่แตกต่างกัน

เนื่องจากการสัมผัสกับอากาศเป็นปัจจัยที่สำคัญอย่างยิ่งต่อการเสื่อมสภาพของน้ำมันไบโอดีเซล ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงสนใจศึกษาพฤติกรรมการเสื่อมสภาพของน้ำมันไบโอดีเซลที่เสื่อมสภาพจากการสัมผัสกับอากาศภายใต้สภาวะเร่งและผลของการเสื่อมสภาพต่อคุณภาพและสมบัติทางเคมีของน้ำมัน รวมถึงสมรรถนะการทำงานของเครื่องยนต์ดีเซล และการปลดปล่อยมลพิษไอเสีย เมื่อใช้น้ำมันไบโอดีเซลที่มีการเสื่อมสภาพในระดับต่างๆ เป็นเชื้อเพลิง

2. วิธีการทดลอง

2.1 วัตถุดิบ

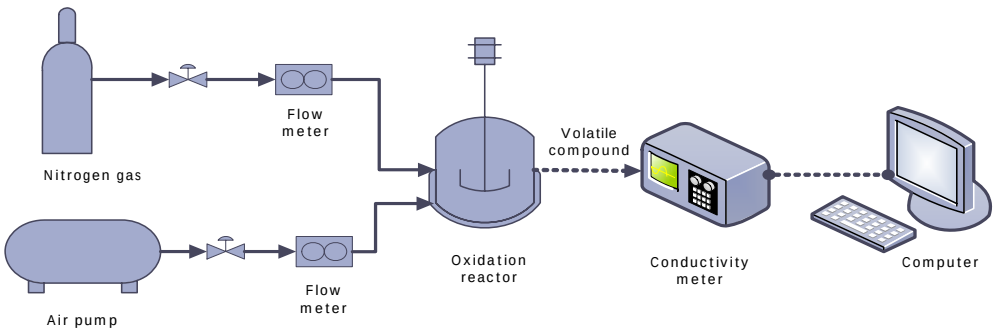
น้ำมันดีเซลชีวภาพจากไขปาล์มสเตอริน และน้ำมันดีเซลชีวภาพจากน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ ที่ใช้ในการทดลองนี้ได้รับความอนุเคราะห์จากบริษัทน้ำมันพืชปทุม และ น้ำมันดีเซลที่ใช้อ้างอิงในที่นี้ซื้อจากสถานีบริการน้ำมัน ปตท. โดยเป็นน้ำมันดีเซลที่ผสมไบโอดีเซล 2% (B2) (ตามข้อบังคับของกระทรวงพลังงาน พ.ศ. 2550)

2.2 การเตรียมการเสื่อมสภาพของน้ำมันไบโอดีเซลโดยการสัมผัสกับอากาศ

ในส่วนนี้ เราสนใจศึกษาการเสื่อมสภาพของน้ำมันไบโอดีเซลจากปาล์มสเตียรีน ที่เกิดขึ้นจากการจำลองสภาวะเร่งของปฏิกิริยาออกซิเดชันในสภาวะที่มีการสัมผัสกับอากาศ โดยติดตั้งอุปกรณ์ ดังรูปที่ 1. จากรูป ปฏิกิริยาออกซิเดชันเกิดขึ้นโดยการเติมอากาศเข้าไปทำปฏิกิริยากับน้ำมันไบโอดีเซลโดยตรง ที่อัตรา 100 ลิตรต่อชั่วโมง เมื่อน้ำมันมีอุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส เนื่องจากอัตราการเสื่อมสภาพนั้นขึ้นกับอัตราการไหลของออกซิเจนและอุณหภูมิ เราจึงกำหนดการเสื่อมสภาพโดยดูจากค่าการนำไฟฟ้าของไอระเหยของน้ำมันแทน โดยในการทดลองนี้ เราสนใจช่วงการเสื่อมสภาพจากการจำลองสภาวะการเร่ง 3 ช่วง คือ ช่วงเริ่มต้นที่ค่าความนำไฟฟ้าเป็น 0 µS (SDB), ช่วงเสื่อมสภาพปานกลางที่ค่าความนำไฟฟ้า 500 µS (MDB) และช่วงที่มีการเสื่อมสภาพช่วงปลายที่ค่าความนำไฟฟ้า 1,000 µS (FDB)

- การวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี

สมบัติทางเคมีต่าง ๆ ของน้ำมันไบโอดีเซลที่ทำการวิเคราะห์ ได้แก่ ค่าไอโอดีน (Iodine value: IV), ค่าเปอร์ออกไซด์ (Peroxide value: PV), ค่าความเป็นกรด (Acid value: AV), ความหนาแน่น (Density), ความหนืดเชิงจลน์ (Kinematic viscosity) และค่าความร้อนของเชื้อเพลิง (High heating value) ของน้ำมันไบโอดีเซล โดยค่าไอโอดีน (Iodine value: IV) เป็นค่าที่บ่งชี้จำนวนพันธะคู่ในโมเลกุลของเมทิลเอสเทอร์ ค่าเปอร์ออกไซด์ (Peroxide value: PV) แสดงปริมาณของสารเปอร์ออกไซด์ (Hydro peroxide, ROOH) ที่มีอยู่ในน้ำมัน และค่าความเป็นกรด(Acid value, AV)แสดงถึงปริมาณกรดไขมันอิสระในน้ำมัน



รูปที่ 1.แสดงการติดตั้งอุปกรณ์ทำการทดลองปฏิกิริยาออกซิเดชันน้ำมันไบโอดีเซล

- การทดสอบการใช้งานของน้ำมันในเครื่องยนต์ดีเซล

การทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์ดีเซลในงานวิจัยนี้เป็นการทดสอบการทำงานของเครื่องยนต์ในช่วงเวลาสั้น (Short term engine test) โดยใช้เครื่องยนต์ดีเซล ยี่ห้อNissan รุ่น BD - 30 ซึ่งมีค่าสมรรถนะสูงสุด (กำลังสูงสุด) อยู่ที่ 3,600 รอบต่อนาที วิธีการทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์ทำโดยการทดสอบที่ความเร็วรอบตั้งแต่ 4,000 3,900 3,600 3,300 3,000 2,700 2,400 2,100 และ 1,800 รอบต่อนาที ที่สภาวะภาระงานเต็มที่ (Full load) โดยภายหลังจากการอุ่นเครื่องยนต์แล้วจะเริ่มทดสอบจากน้ำมันดีเซลมาตรฐานเพื่อใช้ในการอ้างอิง จากนั้นจะทำการเปลี่ยนถ่ายน้ำมันใหม่ และทำการทดสอบเครื่องยนต์ด้วยน้ำมันดีเซลชีวภาพที่ใช้ในการทดลอง

ผลการทดสอบการใช้งานของน้ำมันในเครื่องยนต์ดีเซล ที่วัดและคำนวณในที่นี้คือ ค่ากำลังเบรก (Brake power, P) อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงจำเพาะเบรก (Brake specific fuel consumption, bsfc) และประสิทธิภาพการแปลงพลังงานจากเชื้อเพลิงเบรก (Brake fuel conversion efficiency, η_{bf}) โดยรายงานในรูปของค่าเฉลี่ยที่ความเร็วรอบต่างๆ โดยค่า bsfc เป็นค่าที่แสดงถึงปริมาณน้ำมันที่ใช้ต่อหน่วยกำลังเครื่องยนต์ที่ได้

$$\text{bsfc} = \frac{\text{fuel mass flow rate}(\dot{m}_f)}{P}$$

ในขณะที่ ค่า η_{bf} แสดงถึงประสิทธิภาพในการแปลงค่าความร้อนของเชื้อเพลิงไปเป็นกำลังขับของเครื่องยนต์

$$\eta_{bf} = \frac{P}{\dot{m}_f \times \text{Fuel Heating Value}}$$

- การวิเคราะห์การปลดปล่อยมลพิษไอเสียของเครื่องยนต์ดีเซล

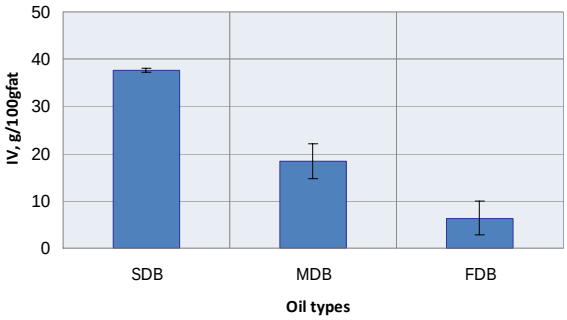
มลพิษไอเสียของเครื่องยนต์ดีเซลที่ทำการวัด คือ ปริมาณควันดำ (Black smoke), ก๊าซคาร์บอนมอนออกไซด์ (CO) และออกไซด์ของไนโตรเจน (NO_x) โดยทำการทดสอบที่กำลังเบรกเครื่องยนต์สูงสุดคือที่ความเร็วรอบ 3,600 รอบต่อนาที และภาระในการทดสอบตั้งแต่ 0 kg ถึง 30 kg อุปกรณ์วัดปริมาณควันดำ (Smoke meter) ที่ใช้ยี่ห้อ KOEN รุ่น DS-2000 และใช้เครื่องวัดไอเสีย ยี่ห้อ Madur รุ่น GA-40 T plus ในการวัดความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนมอนออกไซด์ (CO) และออกไซด์ของไนโตรเจน (NO_x)

3. ผลการทดลองและการวิเคราะห์ผล

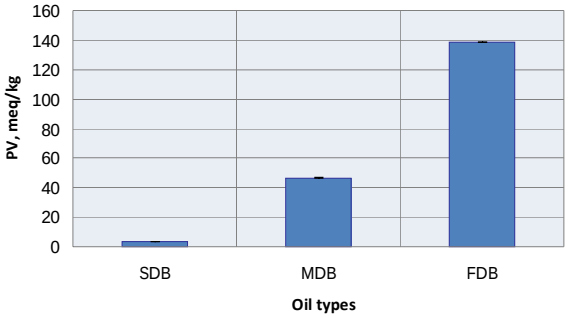
น้ำมันปาล์มสเตียรีน นั้นเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกระบวนการทำน้ำมันปาล์มดิบให้บริสุทธิ์เช่นเดียวกับน้ำมันปาล์มโอลีน ซึ่งน้ำมันสองชนิดนี้มีส่วนประกอบหลักเป็นไตรกลีเซอไรด์เช่นเดียวกันแต่ถูกแยกจากกันด้วยการเกิดไขอุณหภูมิต่ำ โดยส่วนที่ไม่เป็นไขจะเป็นส่วนของน้ำมันปาล์มโอลีน และส่วนที่เป็นไขจะถูกคัดออกไปเป็นปาล์มสเตียรีน งานวิจัยนี้ศึกษาผลของการเสื่อมสภาพของน้ำมันไบโอดีเซลจากปาล์มสเตียรีน ต่อการเปลี่ยนแปลงของสมบัติต่างๆ คือ คุณสมบัติทางเคมีของน้ำมัน, สมรรถนะการทำงานของเครื่องยนต์ดีเซล และการปลดปล่อยก๊าซมลพิษไอเสีย โดยศึกษาในสภาวะที่มีการสัมผัสกับอากาศ เทียบกับการเสื่อมสภาพในภาชนะปิด [8] และทำให้ได้ทราบข้อมูลการเสื่อมสภาพขั้นรุนแรง ในเวลาอันสั้น โดยตัวบ่งชี้การเสื่อมสภาพดูจากการลดลงของค่าไอโอดีน ซึ่งการศึกษาในสภาวะเร่งการเสื่อมสภาพใน 3 ขั้นคือ 1) เมื่อยังไม่เกิดการเสื่อมสภาพ (SDB) 2)เมื่อเสื่อมสภาพระดับกลาง(MDB) ซึ่งมีการลดลงของค่าไอโอดีนลงใกล้เคียงกับการเก็บในภาชนะปิดเป็นเวลา 6-7 เดือน และ 3) เมื่อเกิดการเสื่อมสภาพรุนแรง (FDB)

3.1 สมบัติทางเคมีและทางกายภาพ

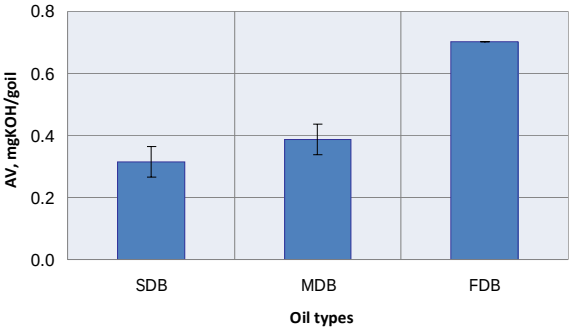
ภาพรวมของการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีของน้ำมันไบโอดีเซลที่เสื่อมสภาพเมื่อสัมผัสกับอากาศสรุปไว้ในรูปที่ 2-7 โดยเมื่อเปรียบเทียบกับกรณีของการเสื่อมสภาพในระบบปิด พบว่ามีความคล้ายคลึงกัน กล่าวคือการเสื่อมสภาพทำให้ปริมาณพันธะคู่ในน้ำมัน (ดูจากค่า iodine value) มีค่าต่ำลง สอดคล้องกับปริมาณของสารประกอบเปอร์ออกไซด์ และกรดไขมันอิสระที่เพิ่มสูงขึ้น ซึ่งส่งผลให้ความหนาแน่นของน้ำมันเพิ่มสูงขึ้น ในขณะที่ค่าความร้อนของเชื้อเพลิงลดต่ำลง อย่างไรก็ดี ในสภาวะที่สัมผัสกับอากาศนั้น พบว่าการเสื่อมสภาพทำให้ความหนืดของน้ำมันเพิ่มสูงขึ้น และมีความข่นเพิ่มขึ้น แสดงถึงการเกิดเป็นสารพอลิเมอร์ในอัตราที่สูงขึ้นกว่ากรณีที่ไม่สัมผัสกับอากาศที่มักเกิดการเปลี่ยนสภาพไปเป็นสารประกอบโมเลกุลเล็กที่มีออกซิเจนในโมเลกุล เช่น กรดไขมัน อัลดีไฮน์ คีโตน เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงของค่าความร้อนต่อปริมาณพันธะคู่ที่ลดลง พบว่าการเสื่อมสภาพในกรณีที่มีการสัมผัสกับอากาศนั้น ทำให้ค่าความร้อนลดลงช้ากว่ากรณีของการเสื่อมสภาพในภาชนะปิด สอดคล้องกับการเกิดพอลิเมอร์ซึ่งทำให้ค่าความร้อนมีค่าสูงกว่าค่าความร้อนของการเสื่อมสภาพในภาชนะปิดซึ่งได้สารอัลดีไฮด์ คีโตน โมเลกุลเล็ก



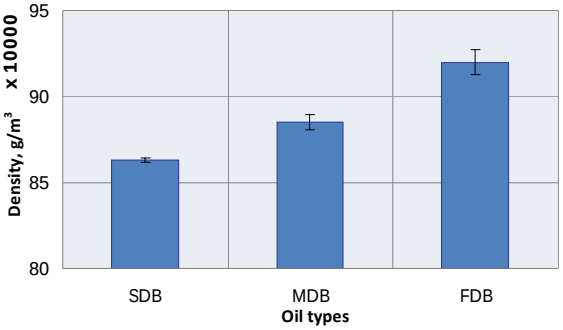
รูปที่ 2. ค่าไอโอดีน (Iodine value: IV) ของน้ำมันไบโอดีเซลที่ผลิตจากปาล์มสเตียรีนในสภาวะเร่งการเสื่อมสภาพที่ช่วงเริ่มต้น(SBD) ช่วงเสื่อมสภาพปานกลาง (MBD) และช่วงที่เกิดเสื่อมสภาพรุนแรง (FBD)



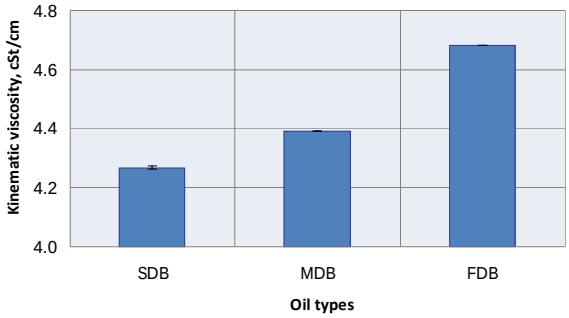
รูปที่ 3. ค่าเปอร์ออกไซด์ (Peroxide value: PV) ของน้ำมันไบโอดีเซลชนิดเดียวกับรูปที่ 2



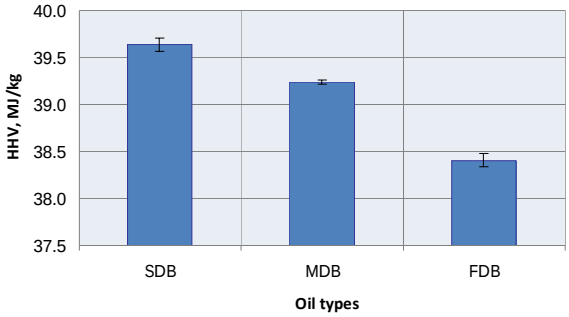
รูปที่ 4. ค่าความเป็นกรด (Acid value: AV) ของน้ำมันไบโอดีเซลชนิดเดียวกับรูปที่ 2



รูปที่ 5. ค่าความหนาแน่น (Density) ของน้ำมันไบโอดีเซลชนิดเดียวกับรูปที่ 2



รูปที่ 6. ค่าความหนืดเชิงจลน์ (Kinematic viscosity) ของน้ำมันไบโอดีเซลชนิดเดียวกับรูปที่ 2



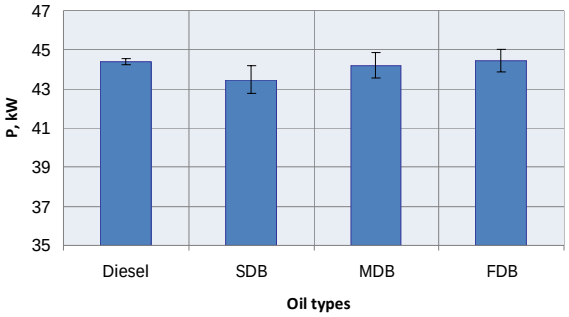
รูปที่ 7. ค่าความร้อน (High heating value: HHV) ของน้ำมันไบโอดีเซลชนิดเดียวกับรูปที่ 2

3.2 ผลการทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์

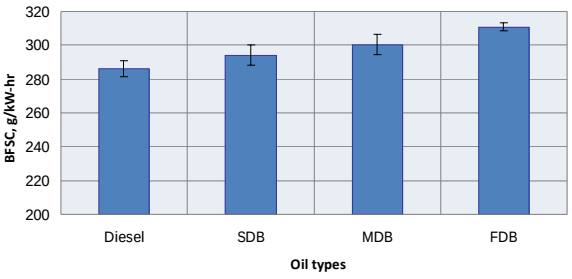
ในเรื่องของมลพิษจากการเผาไหม้นั้น เป็นที่ทราบกันดีว่าน้ำมันไบโอดีเซลนั้น มีจุดเด่นเหนือน้ำมันปิโตรเลียมดีเซลในเรื่องของการเผาไหม้ที่สมบูรณ์กว่า มีค่าควันดำ และก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์จากการสันดาปในเครื่องยนต์ ที่ต่ำกว่า แต่มีค่าออกไซด์ของไนโตรเจนสูงกว่าเล็กน้อย [11, 12, 13] เมื่อเกิดการเสื่อมสภาพ

ภาพรวมสมรรถนะเครื่องยนต์ของน้ำมันไบโอดีเซลที่เสื่อมสภาพเมื่อสัมผัสกับอากาศสรุปไว้ในรูปที่ 8-10 พบว่า แนวโน้มของสมรรถนะเครื่องยนต์ในด้านต่างๆ ทั้งกำลัง การสิ้นเปลืองน้ำมัน ประสิทธิภาพการแปลงพลังงานจากเชื้อเพลิง ต่างมีแนวโน้มเดียวกันกับการเสื่อมสภาพในภาชนะปิด กล่าวคือ เมื่อใช้น้ำมันไบโอดีเซลที่ถูกออกซิไดซ์มากขึ้นมีแนวโน้มค่ากำลังเบรก และ อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงจำเพาะเบรกเพิ่มขึ้น และมีประสิทธิภาพการแปลงพลังงานมีค่าลดลง การที่ค่ากำลังเบรกของเครื่องยนต์ มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นต่อเนื่อง แม้ว่าค่าความร้อนจะลดลง เป็นผลมาจากความหนาแน่นที่เพิ่มขึ้นของน้ำมันทำให้ในแต่ละรอบการเผาไหม้มีปริมาณเชื้อเพลิงถูกสูบฉีดเข้าไปมากขึ้น นอกจากนี้ การเสื่อมสภาพของน้ำมันในระหว่างการเก็บรักษา ทำให้พันธะคู่ของน้ำมันไบโอดีเซลทั้งสองชนิดลดลง ออกซิเจนในโมเลกุลเพิ่มขึ้น ส่งผลให้กระบวนการสันดาปภายในของเครื่องยนต์เกิดได้อย่างมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น และการเสื่อมสภาพอาจส่งผลทำให้ค่าซีเทน (Cetane, CN) เพิ่มขึ้น ทำให้การจุดระเบิด (Ignition delay) เกิดขึ้นได้รวดเร็วขึ้นอีกด้วย [14,15] อย่างไรก็ดีเมื่อคิดอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงต่อหน่วยกำลังที่ได้(bsfc) และประสิทธิภาพการแปลงพลังงานจำเพาะ(η_{bf}) พบว่า การเสื่อมสภาพทำให้เกิดการสิ้นเปลืองน้ำมันเพิ่มขึ้น และประประสิทธิภาพการแปลงพลังงานจำเพาะลดลง เนื่องจากค่าความร้อนของน้ำมันไบโอดีเซลที่เสื่อมสภาพมีค่าลดลงตามระยะเวลา และการที่ค่าความหนืดของน้ำมันที่เพิ่มขึ้นอาจส่งผลให้ประสิทธิภาพการกระจายตัวของละอองน้ำมันลดลงส่งผลให้ประสิทธิภาพการเผาไหม้ลดลงไปด้วย อย่างไรก็ดี เมื่อวิเคราะห์สมรรถนะของเครื่องยนต์ที่เปลี่ยนไปต่อหน่วยของค่าไอโอดีนที่ลดลงจากการเสื่อมสภาพ พบว่า การลดลงของค่าไอโอดีน (เสื่อมสภาพ)ในกรณีที่มีการสัมผัสกับอากาศนั้น ทำให้ประสิทธิภาพการแปลงพลังงานมีค่าลดลง และอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันมีค่า

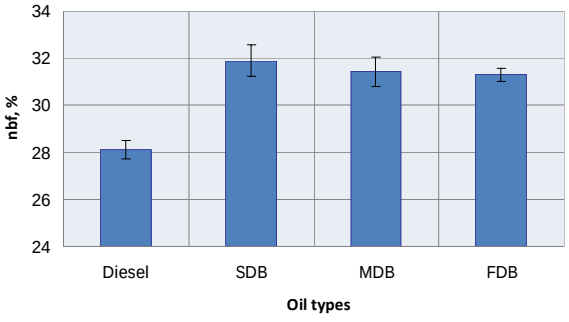
เพิ่มขึ้นในอัตราที่ต่ำกว่าการเก็บในภาชนะปิด แสดงถึงว่าการเปลี่ยนสภาพไปเป็นสารพอลิเมอร์ที่ความยาวไม่มากนัก (ยังละลายในน้ำมันไบโอดีเซลได้) ทำให้เกิดการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงน้อยกว่าการเสื่อมสภาพไปเป็นสารโมเลกุลเล็ก อย่างไรก็ดี การเสื่อมสภาพในอัตราที่สูงเกินไป เช่น จากการเก็บรักษาโดยสัมผัสกับอากาศเป็นเวลานานกว่า 10 เดือน ทำให้เกิดตะกอนขาว ซึ่งเป็นลักษณะของสารพอลิเมอร์ที่ยาวขึ้นจนไม่สามารถละลายในน้ำมันได้และตกตะกอนออกมา โดยเฉพาะน้ำมันที่มีปริมาณพันธะคู่สูงกว่าจะเกิดตะกอนที่ไม่ละลายรวดเร็วกว่า[4] ซึ่งตะกอนเหล่านี้อาจเกิดการอุดตันที่แผ่นกรองน้ำมันเชื้อเพลิงได้



รูปที่ 8. กำลังเบรกเฉลี่ยของเครื่องยนต์ ของน้ำมันไบโอดีเซลในรูปที่ 2 เทียบกับน้ำมันดีเซล



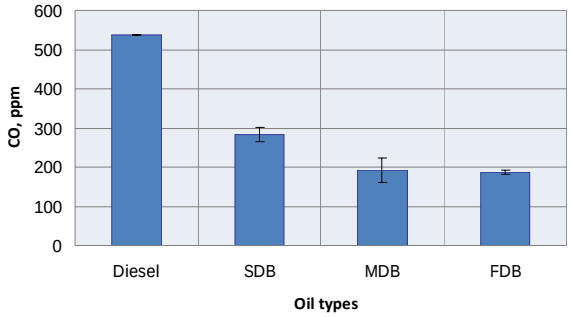
รูปที่ 9. อัตราสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงจำเพาะเบรกเฉลี่ยของเครื่องยนต์ ของน้ำมันในรูปที่ 8



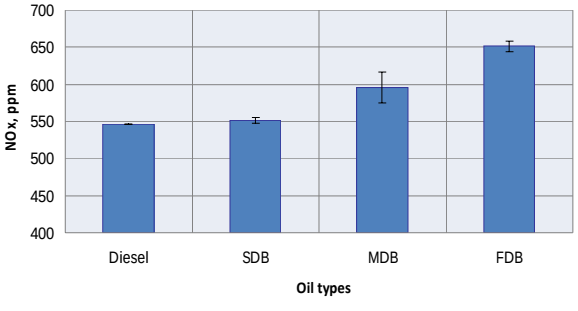
รูปที่ 10. ค่าประสิทธิภาพการแปลงพลังงานจากเชื้อเพลิงเบรกเฉลี่ยของเครื่องยนต์ ของน้ำมันในรูปที่ 8

3.3 การทดสอบมลพิษจากการเผาไหม้

ผลการทดสอบมลพิษจากการเผาไหม้ของน้ำมันไบโอดีเซลที่เกิดการเสื่อมสภาพในสภาวะที่สัมผัสกับอากาศบางส่วนแสดงไว้ในรูปที่ 11-12 โดยแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของมลพิษจากการเผาไหม้เปรียบเทียบกับกรณีของการเสื่อมสภาพในระบบปิด พบว่ามีความคล้ายคลึงกัน กล่าวคือการเสื่อมสภาพทำให้เกิดการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ขึ้น ปริมาณควันดำ และก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์ลดต่ำลง เนื่องจากการเสื่อมสภาพทำให้โมเลกุลน้ำมันมีออกซิเจนในองค์ประกอบเพิ่มขึ้น และมีการปลดปล่อยก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจน(NOx)เพิ่มสูงขึ้น โดย NOx เกิดจากการทำปฏิกิริยาของออกซิเจนกับไนโตรเจนที่ปนอยู่ในอากาศภายในห้องเผาไหม้ภายใต้สภาวะอุณหภูมิสูง เมื่อโมเลกุลของน้ำมันไบโอดีเซลเกิดเสื่อมสภาพมีออกซิเจนในโครงสร้างเพิ่มขึ้น และทำให้มีปริมาณออกซิเจนส่วนเกินจากการเผาไหม้ที่จะไปทำปฏิกิริยาเกิดเป็น NOx เพิ่มมากขึ้นด้วย ในงานวิจัยนี้ พบว่าที่ระดับการเสื่อมสภาพ (ดูจากค่าไอโอดีน) ระดับใกล้เคียงกัน น้ำมันที่เสื่อมสภาพในภาชนะปิด(เดือนที่ 6)และที่สัมผัสกับอากาศ(MDB) มีค่ามลพิษในส่วนของควันดำและก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์ในปริมาณใกล้เคียงกัน ในขณะที่เมื่อเปรียบเทียบในส่วนของ NOx แล้ว พบว่าการเสื่อมสภาพในสภาวะที่สัมผัสกับอากาศกลับมีการปลดปล่อย NOx น้อยกว่าการเสื่อมสภาพในภาชนะปิด ทั้งนี้อาจอธิบายได้ว่าการเกิดเป็นสารพอลิเมอร์อาจทำให้ปริมาณออกซิเจนในโมเลกุลของน้ำมันที่เสื่อมสภาพมีปริมาณน้อยกว่าการเสื่อมสภาพไปเป็นสารโมเลกุลเล็ก



รูปที่ 11. ปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) เฉลี่ย ของน้ำมันในรูปที่ 8 ที่สภาวะกำลังสูงสุด



รูปที่ 12. ปริมาณก๊าซไนตริกออกไซด์ (NO_x) ของน้ำมันในรูปที่ 8 ที่สภาวะกำลังสูงสุด

4. สรุปผลการทดลอง

งานวิจัยนี้ ศึกษาผลการเสื่อมสภาพในสภาวะสัมผัสกับอากาศ ต่อสมบัติทางเคมีของน้ำมันไบโอดีเซล รวมถึงสมรรถนะการทำงานและการปลดปล่อยมลพิษไอเสียของเครื่องยนต์ดีเซล โดยผล

การทดลองพบว่า การเปลี่ยนแปลงของสมบัติทางเคมี รวมถึงสมรรถนะการทำงานและการปลดปล่อยมลพิษไอเสียของเครื่องยนต์ดีเซล มีแนวโน้มเดียวกับการเสื่อมสภาพในภาชนะปิด ยกเว้นค่าความหนืดที่มีค่าสูงขึ้น และพบว่าที่ระดับการเสื่อมสภาพที่ใกล้เคียงกัน(ดูจากค่าไอโอดีน) การเสื่อมสภาพเมื่อสัมผัสกับอากาศมีประสิทธิภาพการแปลงพลังงานที่สูงกว่า และมีอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันน้อยกว่าเมื่อเก็บในภาชนะปิด รวมถึงมีค่าไอเสีย NOx ในระดับที่ต่ำกว่าด้วย อย่างไรก็ดี การสัมผัสกับอากาศเป็นเวลานานทำให้เกิดตะกอนซึ่งอาจส่งผลเสียต่อเครื่องยนต์

5. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณบริษัทน้ำมันพืชปทุมที่เอื้อเฟื้อน้ำมันไบโอดีเซลที่ใช้ในงานวิจัยนี้ และทุนสนับสนุนการวิจัยจากสกอ.

เอกสารอ้างอิง

1. Hui, Y.H., Bailey's Industrial Oil & Fat Products (5th Ed.), Vol. 4, , John Wiley & Sons, Inc., U.S.A., (1996)
2. Du Plessis, L. M., de Villiers, J. B. M., and van der Walt, W. H., “Stability Studies On Methyl And Ethyl Fatty Acid Esters Of Sunflowerseed Oil”, JAOCS, 62 (1985): 748-752.
3. Leung, D.Y.C., Koo, B.C.P., and Guo, Y., “Degradation of biodiesel under different storage conditions.”, Bioresource Technology, 97 (2006): 250-256.
4. Bouaid, A., Martinez, M., and Aracil, J., “Long storage stability of biodiesel from vegetable and used frying oils.”, Fuel, 86:2596-2602 (2007)
5. Dunn, R. O., "Effect of antioxidants on the oxidative stability of methyl soyate (biodiesel).", Fuel Processing Technology, 86:1071-1085 (2005)
6. Bondioli, P., Gasparoli, A., Lanzani, A., Fedeli, E., Veronese, S., and Sala, M., “Storage Stability of Biodiesel.”, JAOCS, vol 72, no. 6: 699-702 (1995)
7. Mittelbach M. and Gangl S., "Long Storage Stability of Biodiesel Made from Rapeseed and Used Frying Oil", JAOCS, Vol. *78*, pp. 573–577 (2001)
8. Pattamaprom, C., Pakdee, W., Ngamjaroen, S. "The Effect of Storage Degradation of Palm-Stearin Biodiesel on the Engine Performance and Exhaust Emission." TIJSAT, in press (2010).
9. Thompson, J. C., Peterson, C. L., Reece, D. L., and Beck, S. M., “Two-year storage study with methyl and ethyl esters of rapeseed.”, Transactions of the American Society of Agricultural Engineers, 41: 931-939 (1998)
10. Monyem, A., Canakci, M., Van Gerpen, JH., “Investigation of biodiesel thermal stability under simulated in-use conditions”, Applied Eng Agric: 16:373-8 (2000)
11. Tat, M.E., Wang, P.S., Van Gerpen, J.H., Clemente, T.E. ,"Exhaust Emissions from an Engine Fueled with Biodiesel from High-Oleic Soybeans", J. Am. Oil. Chem. Soc. Vol.84: 865-869 (2007)
12. Szybist, J. P. , Song, J. , Alam, M. and Boehman, A. L. "Biodiesel combustion, emissions and emission control", Fuel Processing Technology, Volume 88(7): 679-691 (2007)
13. Szybist, J. P., Boehman, A.L., Taylor, J.D. and McCormick, R.L., "Evaluation of formulation strategies to eliminate the biodiesel NO_x effect", Fuel Processing Technology, Vol. 86 (10), Pages 1109-1126 (2004)
14. Bondioli, P., Gasparoli, A., Lanzani, A., Fedeli, E., Veronese, S., and Sala, M., “Storage Stability of Biodiesel.”, JAOCS, vol 72, no. 6: 699-702, 1995.
15. Van Gerpen, J.H., Hammond, E.G., Yu, L., Moyem, A., "Determining the Influence of Contaminants on Biodiesel Properties", SAE Paper No. 971685. Warrendale, Mich.: Society of Automotive Engineers.