การทดสอบเปรียบเทียบสมรรถนะและมลพิษของเครื่องยนต์เรือประมงขนาดเล็กที่ใช้น้ำมันไบโอดีเซล บี 5 และบี 20

เชษฐวุฒิ ภูมิพิพัฒน์พงศ์ [1,2*] เนรมิตร กระแสร์ลม [1,2] ปิติณัตต์ ตรีวงศ์ [1,2]
วิโรจน์ พุทธวิถี [3] และ ประพนธ์ วงษ์ท่าเรือ [4]

บทคัดย่อ

วิกฤตการณ์ด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นได้กระตุ้นให้ทั่วโลกศึกษาวิจัยพลังงานทางเลือกที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม งานวิจัยนี้ได้ทำการสำรวจกลุ่มเรือประมงขนาดเล็กบนพื้นที่ชายฝั่งซึ่งเป็นกลุ่มที่ได้รับผลกระทบจากปัญหาราคาน้ำมันเชื้อเพลิงมาโดยตลอด โดยผู้วิจัยมุ่งเน้นไปในเรือประมงที่ใช้เครื่องยนต์ดีเซลขนาด 6 สูบ ซึ่งมีอัตราการบริโภคน้ำมันค่อนข้างสูง ผลการสำรวจพบว่าเครื่องยนต์ HINO เป็นเครื่องยนต์ที่ใช้อย่างแพร่หลายมากที่สุด งานวิจัยนี้จึงเลือกใช้เครื่องยนต์ HINO มาทำการทดสอบเปรียบเทียบสมรรถนะและมลพิษที่ใช้น้ำมันไบโอดีเซล บี 5 และบี 20 ที่มีคุณภาพตามมาตรฐานของกรมธุรกิจพลังงาน ผลการทดสอบพบว่าแรงบิด กำลังและประสิทธิภาพเชิงความร้อนเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันไบโอดีเซล บี 20 ต่ำกว่า บี 5 เพียง 2.12%, 2.40% และ 2.38% ตามลำดับ ในขณะที่น้ำมันไบโอดีเซล บี 20 มีจุดเด่นด้านปริมาณมลพิษ CO, HC, NO_x และ PM ที่ต่ำกว่าไบโอดีเซลบี 5 มากถึง 36.92%, 11.76%, 19.71% และ 3.86% ตามลำดับ ผลการวิจัยจึงแสดงว่าน้ำมันไบโอดีเซลบี 20 เป็นเชื้อเพลิงที่มีศักยภาพด้านการใช้งานเทียบเท่าน้ำมันไบโอดีเซลบี 5 อีกทั้งยังเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมมากกว่าอย่างเห็นได้ชัดเจน

คำสำคัญ : เครื่องยนต์ดีเซล, เรือประมง, น้ำมันไบโอดีเซล, สมรรถนะ, มลพิษ

---

[1] ภาควิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมเครื่องต้นกำลัง, วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
[2] ศูนย์วิจัยพลังงานยานยนต์เพื่อสิ่งแวดล้อม, สำนักวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
[3] ห้างหุ้นส่วนจำกัด วอเตอร์แปซิฟิก
[4] สำนักพัฒนาเชื้อเพลิงชีวภาพ, กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, กระทรวงพลังงาน
[*] ผู้ติดต่อ, อีเมล์: chedthawutp@kmutnb.ac.th รับเมื่อ 9 สิงหาคม 2556 ตอบรับเมื่อ 28 ตุลาคม 2556

An Experimental Study of Performances and Emissions in a Small Fishery Boat's Engines Fuelled with Biodiesel B 5 and B 20

Chedthawut Poompipatpong [1,2*], Neramit Krasaelom [1,2], Peeteenut Triwong [1,2], Wirot Puttavitee [3] and Praphon Wongtharua [4]

Abstract

Energy and environmental crisis has leaded to many alternative eco-energy researches world widely. This research has surveyed small fishery boat populations which are incessantly affected by the fuel price. Researcher focused only on the 6-cylinder diesel engines which had higher fuel consumption. The result found that HINO engines were typically used. Consequently, the experiment was conducted on a 6-cylinder HINO diesel engine fuelled with biodiesel B 5 and B 20. The tested fuels in this research were certified by Department of Energy Business. The results show that biodiesel B 20 give lower torque, power and efficiency than that of biodiesel B 5 by 2.12%, 2.40% and 2.38% respectively. However, biodiesel B20 shows very apparent advantages in term of CO, HC, NO_x and PM emissions. The reductions are 36.92%, 11.76%, 19.71% and 3.86% respectively. The result reveals that biodiesel B20 has a compatible potential to biodiesel B 5 and can be consider as one of the environmental friendly alternative fuel.

Keywords : Diesel engine, Fishery boat, Biodiesel, Performance, Emission

---

[1] Department of Power Engineering Technology, College of Industrial Technology, King Mongkut's University of Technology North Bangkok

[2] Automotive Eco-Energy Research Center, Science and Technology Research Institute, King Mongkut's University of Technology North Bangkok

[3] Water Pacific Limited Partnership

[4] Department of Alternative Energy Development and Efficiency, Ministry of Energy

[*] Corresponding author, E-mail: chedthawutp@kmutnb.ac.th Received 9 August 2013, Accepted 28 October 2013

1. บทนำ

การเติบโตทางเศรษฐกิจและสังคมของทุกประเทศทำให้ความต้องการพลังงานเพิ่มขึ้นอย่างไม่หยุดยั้งไม่ว่าจะเป็นภาคอุตสาหกรรม การขนส่ง และเกษตรกรรม ชนิดของพลังงานที่ใช้ก็จะขึ้นอยู่กับแหล่งพลังงานที่มีอยู่ในประเทศนั้นๆ เป็นหลัก อย่างไรก็ตาม การพึ่งพิงเชื้อเพลิงปิโตรเลียมที่มากจนเกินความสมดุลทำให้เกิดวิกฤติทั้งด้านเศรษฐกิจและปัญหาสิ่งแวดล้อมโดยตลอด ประเทศไทยนับเป็นผู้นำในกลุ่มภูมิภาคที่สนับสนุนการผลิตและใช้เชื้อเพลิงชีวภาพเพื่อลดการนำเข้าน้ำมันและเป็นการบริหารจัดการปริมาณผลผลิตทางการเกษตรที่มีมาก นโยบายเกี่ยวกับน้ำมันแก๊สโซฮอล์และน้ำมันไบโอดีเซลจึงถูกบรรจุอยู่ในแผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก 25% ใน 10 ปี [1]

เครื่องยนต์ดีเซลเป็นเครื่องยนต์ที่สร้างแรงบิดและมีประสิทธิภาพสูง จึงถูกใช้มากในภาคอุตสาหกรรม ภาคการขนส่งและภาคเกษตรกรรม จากข้อมูลทางสถิติต่อเนื่องมาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2552 ของกระทรวงพลังงาน พบว่า ประเทศไทยใช้น้ำมันดีเซลสูงกว่าวันละ 50 ล้านลิตรและมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นโดยตลอด [2] น้ำมันทั้งหมดจะถูกเผาไหม้และกลายเป็นมลพิษออกสู่ชั้นบรรยากาศ อันประกอบด้วยก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) เขม่าอนุภาคขนาดเล็ก (particulate matter; PM) ไฮโดรคาร์บอน (HC) และออกไซด์ของไนโตรเจน (NO_x) โดย PM และ NO_x นับเป็นมลพิษที่มีความสำคัญมากที่สุดสำหรับเครื่องยนต์ดีเซล [3]

น้ำมันไบโอดีเซลเป็นทางออกหนึ่งที่ช่วยแก้ปัญหาพลังงานและสิ่งแวดล้อมได้ดีเนื่องจากไบโอดีเซลถูกผลิตมาจากสิ่งที่หมุนเวียนได้จึงไม่เป็นการนำฟอสซิลจากใต้พื้นผิวโลกขึ้นมาเผาไหม้เพิ่มเติม น้ำมันไบโอดีเซลได้ถูกวิจัยและพัฒนาคุณภาพจนทำให้ประเทศไทยไม่มีน้ำมันดีเซล 100% จำหน่ายในปัจจุบันแต่มีน้ำมันไบโอดีเซล บี 5 มาทดแทน

กลุ่มเรือประมงเป็นกลุ่มผู้ใช้น้ำมันดีเซลที่สำคัญที่ภาครัฐให้ความสำคัญมาโดยตลอด ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2544 ที่ราคาเชื้อเพลิงปรับตัวสูงขึ้น รัฐได้มีนโยบายการใช้น้ำมันม่วงและน้ำมันเขียวเพื่อช่วยเหลือกลุ่มชาวประมง อย่างไรก็ตามนโยบายเหล่านั้นเป็นเพียงการช่วยเหลือทางด้านราคาเท่านั้น จนกระทั่งปี พ.ศ. 2554 กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงานได้ดำเนินโครงการศึกษาความเหมาะสมและผลกระทบต่อการใช้บี 20 แทนน้ำมันม่วงในเรือประมง [4] และโครงการนำร่องการใช้น้ำมันไบโอดีเซลบี 20 ในเรือประมงพื้นบ้านและเรือประมงขนาดเล็กในพื้นที่ชายฝั่ง ในปี พ.ศ. 2555 [5] โครงการดังกล่าวเป็นการสร้างความมั่นใจให้กับกลุ่มชาวประมงได้มากพอสมควร เนื่องจากได้ทดสอบวิจัยการใช้งานทั้งในห้องปฏิบัติการและภาคสนามครอบคลุมปัจจัยในด้านสมรรถนะ ความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง ปริมาณมลพิษ และการสึกหรอของเครื่องยนต์และเป็นการใช้เชื้อเพลิงทดแทนที่มีความยั่งยืนตามยุทธศาสตร์ด้านพลังงานของประเทศ

งานวิจัยนี้เป็นการลงพื้นที่สำรวจการทำประมงชายฝั่งและคัดเลือกเครื่องยนต์ที่ใช้งานอยู่จริงมาทดสอบในห้องปฏิบัติการเพื่อเปรียบเทียบสมรรถนะและมลพิษที่เกิดขึ้นจากการใช้น้ำมันไบโอดีเซล บี 5 และ บี 20 โดยงานวิจัยในอดีตได้ศึกษาการใช้น้ำมันไบโอดีเซลในเครื่องยนต์ขนาดเล็กและเครื่องยนต์ 4 สูบมามากพอสมควร กลุ่มเป้าหมายในงานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นไปที่

เรือประมงที่ใช้เครื่องยนต์ขนาด 6 สูบ ด้วยเหตุผล 2 ประการคือ 1) เป็นกลุ่มเครื่องยนต์ที่บริโภคน้ำมันสูงจึงทำให้ผลการวิจัยมีประโยชน์ในเชิงนโยบายของประเทศมากขึ้น และ 2) เครื่องยนต์ขนาดใหญ่มีความละเอียดอ่อนด้านการเผาไหม้มากกว่าเครื่องยนต์ขนาดเล็ก [6] ผลการวิจัยใดๆ ที่แสดงในเชิงบวกของเครื่องยนต์ขนาดใหญ่น่าจะเป็นการยืนยันผลการวิจัยของเครื่องยนต์ขนาดเล็กได้เป็นอย่างดี

2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

น้ำมันจากพืชเป็นเชื้อเพลิงทางเลือกที่น่าสนใจชนิดหนึ่ง โดยพบว่าน้ำมันจากพืชมีโมเลกุลเป็นโซ่ยาว สามารถย่อยสลายได้ตามธรรมชาติ ไม่เป็นพิษ และมีสมบัติใกล้เคียงน้ำมันดีเซล อย่างไรก็ตาม เครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันชนิดนี้ยังคงมีปัญหาการฉีดเชื้อเพลิงให้เป็นฝอย (atomization) การอุดตันของหัวฉีด คราบยางเหนียว การปนเปื้อนของน้ำมันหล่อลื่นเมื่อใช้งานเป็นเวลานานๆ และปัญหาอื่นๆ [3] ทั้งนี้ เนื่องจากค่าความหนืด (viscosity) ความหนาแน่นที่สูง (density) และการระเหยตัวที่ต่ำของน้ำมัน (volatility) น้ำมันชนิดนี้จึงต้องผ่านกระบวนการทางเคมีเพื่อลดความหนืดลงและเรียกน้ำมันชนิดนี้ว่า น้ำมันไบโอดีเซล น้ำมันไบโอดีเซลสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ประเภทคือ 1) น้ำมันที่ไม่สามารถใช้เป็นอาหารได้ (non-edible oil) 2) น้ำมันที่ใช้เป็นอาหารได้ (edible oil) และ 3) น้ำมันอื่นๆ

น้ำมันที่ไม่สามารถใช้เป็นอาหารได้อาทิเช่น น้ำมันสบู่ดำ (jatropha oil) น้ำมันหยีน้ำ (pongamia oil) น้ำมันเมล็ดยางพารา (rubberseed oil) น้ำมันเมล็ดฝ้าย (linseed oil) และน้ำมันสาหร่าย (algae oil) เป็นต้นส่วนน้ำมันที่ใช้เป็นอาหารได้ เช่น น้ำมันมะพร้าว (coconut oil) น้ำมันถั่วเหลือง (soybean oil) น้ำมันปาล์ม (palm oil) น้ำมันเมล็ดดอกทานตะวัน (sunflower oil) และน้ำมันรำข้าว (rice bran oil) เป็นต้น

น้ำมันไบโอดีเซลยังสามารถผลิตได้จากวัตถุดิบชนิดอื่นๆ เช่น น้ำมันปรุงอาหารใช้แล้ว (waste cooking oil) ไขมันสัตว์ (animal fat) น้ำมันจากพืชจำพวก putranjiva, turpentine, salad rocket, poon, kernel และอื่นๆ [3]

ถึงแม้น้ำมันปาล์มจะเป็นพืชที่สามารถใช้เป็นอาหารได้ แต่พบว่าน้ำมันปาล์มมีต้นทุนการผลิตที่ต่ำมาก โดยเฉพาะประเทศในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ เช่น ประเทศไทย อินโดนีเซีย และมาเลเซีย ประเทศไทยมีการผลิตน้ำมันไบโอดีเซลจากปาล์มและใช้ในเชิงพาณิชย์ซึ่งมีประโยชน์ทั้งในด้านเศรษฐกิจ สังคม และสภาวะแวดล้อม แต่ด้วยสมบัติของน้ำมันไบโอดีเซลที่แตกต่างจากน้ำมันดีเซลอยู่ในบางประการจึงยังทำให้งานวิจัยในอดีตรายงานผลไปในหลายทิศทาง

น้ำมันไบโอดีเซลมีค่าความร้อนต่ำกว่าน้ำมันดีเซล จึงทำให้แรงบิดและกำลังของเครื่องยนต์ลดลง [7-8] อย่างไรก็ตาม มีงานวิจัยบางชิ้นพบว่า กำลังของเครื่องยนต์ใกล้เคียงกันหรือแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ [9] ยิ่งไปกว่านั้น Altiparmak และคณะ [10] พบว่าแรงบิดและกำลังเครื่องยนต์ที่ใช้ไบโอดีเซลอาจเพิ่มสูงขึ้นได้ถึง 6.1% โดยเหตุผลในอีกแง่มุมหนึ่งว่าน้ำมันไบโอดีเซลมีความหนาแน่นและค่าซีเทนสูงจึงสามารถชดเชยผลของค่าความร้อนที่ต่ำกว่าได้

นอกจากสมรรถนะของเครื่องยนต์ที่เปลี่ยนไปแล้ว งานวิจัยพบว่าปริมาณมลพิษก็เปลี่ยนไปในแนวโน้มรูปแบบต่างๆ โดย NO_x และ PM เป็นมลพิษที่มีความสำคัญในเครื่องยนต์ดีเซลและถูกศึกษามากในงานวิจัย [11-13] NO_x มักจะมีปริมาณเพิ่มขึ้นเมื่อใช้

ไบโอดีเซลเนื่องจากมีการเผาไหม้ที่รวดเร็วกว่าจึงลดการถ่ายเทความร้อน อีกทั้งโมเลกุลออกซิเจนในน้ำมันไบโอดีเซลอาจเป็นส่วนช่วยเพิ่มปริมาณ NO_x ได้ [14] อย่างไรก็ตาม มีงานวิจัยยืนยันว่าการใช้ไบโอดีเซลมีโอกาสที่จะทำให้มลพิษ NO_x ลดลงได้ [15] หรือบางครั้งจะพบว่าปริมาณ NO_x อาจเพิ่มขึ้นหรือลดลงก็ได้ ขึ้นกับสภาวะการทำงานของเครื่องยนต์ในขณะนั้นๆ [11] จึงสรุปได้ว่าผลการทดสอบเปรียบเทียบปริมาณ NO_x ที่เกิดขึ้นจากการใช้น้ำมันดีเซลและไบโอดีเซลก็มีโอกาสเป็นไปได้ 5 แนวทาง คือ 1) เพิ่มขึ้น 2) เพิ่มขึ้นและลดลงตามสภาวะการทำงาน 3) ไม่เห็นความแตกต่างอย่างชัดเจน 4) ลดลง และ 5) ไม่สามารถสรุปผลได้ [16] ทั้งนี้ Song [11] ได้ให้ข้อสังเกตว่าระบบของเครื่องยนต์เช่น ระบบวนกลับของไอเสีย (EGR) ระบบการจ่ายเชื้อเพลิง ระบบเทอร์โบชาร์จเจอร์ อาจทำให้ผลเปลี่ยนไปจากปัจจัยพื้นฐานในการศึกษาโดยเฉพาะงานวิจัยที่ทดสอบเปรียบเทียบชนิดเชื้อเพลิงที่ต่างกัน

มลพิษชนิดอื่นๆ ที่เกิดจากการใช้ไบโอดีเซลเช่น PM, HC, CO และ CO_2 จะลักษณะกรณีเดียวกับมลพิษ NO_x คือ มีโอกาสทั้งเพิ่มขึ้นหรือลดลงได้ [3,12] จากการศึกษางานวิจัยของ Mazzoleni และคณะ [13] พบว่างานวิจัยควรเลือกใช้น้ำมันที่ได้มาตรฐานเพื่อให้ผลการทดสอบมลพิษที่ได้มีคุณค่าและเป็นประโยชน์ในการต่อยอดต่อไปในอนาคต

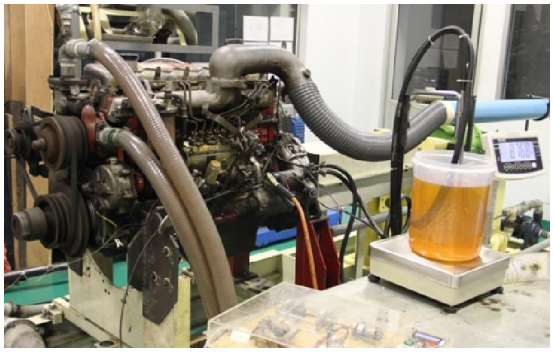
3. วิธีการดำเนินการวิจัย

ผู้วิจัยได้ทำการลงพื้นที่บริเวณอำเภอมะขามหย่ง อำเภออ่างศิลา และอำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรีเพื่อสำรวจกลุ่มเรือประมงขนาดเล็ก โดยทำการสำรวจเฉพาะเรือที่ใช้เครื่องยนต์ขนาด 6 สูบ จำนวน 22 ลำ พบว่า เครื่องยนต์ 6 สูบ ที่ใช้อยู่ มีเพียง 2 ยี่ห้อเท่านั้น ประกอบด้วยเครื่องยนต์ฮีโน่ (HINO) จำนวน 15 เครื่อง และเครื่องยนต์การ์ดเนอร์ (GARDNER) จำนวน 7 เครื่อง งานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นที่จะนำเสนอผลการทดสอบเครื่องยนต์เรือประมงยี่ห้อ HINO ซึ่งเป็นเครื่องยนต์ที่ถูกใช้อย่างแพร่หลายมากที่สุด

3.1 เครื่องมือในการทดสอบ

เครื่องยนต์ HINO ที่ผ่านการตรวจสอบสภาพพร้อมทดสอบในห้องปฏิบัติการคือ HINO รุ่น HO7C จากเรือโชคนิมิต ซึ่งเครื่องยนต์ดังกล่าวมีข้อมูลจำเพาะดังแสดงในตารางที่ 1 เครื่องยนต์ถูกถอดจากเรือและติดตั้งบนเครื่องทดสอบกำลังขนาด 300 แรงม้า Clayton water brake dynamometer ดังแสดงในรูปที่ 1 เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิไอดี ไอเสีย น้ำมันหล่อลื่น และน้ำหล่อเย็นได้ถูกติดตั้งไว้ ณ ตำแหน่งต่างๆ เพื่อการเก็บและบันทึกผล เครื่อง Horiba MEXA-584L ใช้ตรวจวัดปริมาณมลพิษในไอเสียด้วยเทคนิค non-dispersive infrared และเครื่องวัดปริมาณควันดำ TechnoTest 490 ได้ถูกติดตั้งที่ระบบไอเสียของเครื่องยนต์

น้ำมันเชื้อเพลิงในการทดสอบเป็นน้ำมันไบโอดีเซล บี 5 ของบริษัท ปตท จำกัด (มหาชน) ซึ่งเป็นน้ำมันดีเซลที่มีคุณภาพตามมาตรฐานของกรมธุรกิจพลังงานและจำหน่ายอยู่ทั่วไปในประเทศ ในขณะที่น้ำมันไบโอดีเซล บี 20 ในงานวิจัยนี้เป็นน้ำมันที่ไม่ได้มีจำหน่ายในเชิงพาณิชย์แต่เป็นน้ำมันที่บริษัท ปตท จำกัด (มหาชน) ได้ผลิตขึ้นเป็นพิเศษ โดยน้ำมันดังกล่าวได้ถูกส่งเพื่อวิเคราะห์สมบัติ ซึ่งพบว่าเป็นน้ำมันที่มีคุณภาพผ่านเกณฑ์ตามประกาศของกรมธุรกิจพลังงาน ปี 2555 ดังแสดงในตารางที่ 2



รูปที่ 1 เครื่องยนต์ HINO HO7C บนเครื่องทดสอบ

ตารางที่ 1 ข้อมูลจำเพาะของเครื่องยนต์

Engine Model	**HINO HO7C**
Displacement (cc)	6,728 cc
Number of Cylinder	6 in Line
Stroke	4-stroke Diesel
Fuel Injection	Direct Injection
Max. Power Output (kW/rpm)	180 Hp at 3000 rpm
Cooling Type	Water Cooling
Aspiration	Naturally Aspiration

ตารางที่ 2 สมบัติของน้ำมันไบโอดีเซลในงานวิจัย

สมบัติ	**เกณฑ์**	**น้ำมันไบโอดีเซล**
	น้ำมันไบโอดีเซล บี 5	**บี 20 จาก ปตท.**
Cetane Number	ไม่ต่ำกว่า 50	57.34
Specific Gravity at 15.6/15.6 .C	ไม่ต่ำกว่า 0.81 ไม่สูงกว่า 0.87	0.8408
Viscosity at 40°C	ไม่ต่ำกว่า 1.8 ไม่สูงกว่า 4.1	3.774
Flash Point (°C)	ไม่ต่ำกว่า 52	79.0
Pour Point (°C)	ไม่สูงกว่า 10	9
Water and Sediment (% Vol.)	ไม่สูงกว่า 0.05	<0.005
Heating Value (kJ/kg)	ใช้จริง 45,233.33	ใช้จริง 41238.55

3.2 การทดสอบเครื่องยนต์

ผู้วิจัยได้เตรียมเครื่องยนต์ทดสอบโดยการเปลี่ยนถ่ายน้ำมันหล่อลื่น กรองน้ำมันหล่อลื่น และกรองเชื้อเพลิงใหม่ ระบบควบคุมน้ำจะทำการควบคุมอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นของเครื่องยนต์ไว้ที่ 70 ± 2°C ตลอดการทดสอบ

การทดสอบเครื่องยนต์เริ่มต้นที่การใช้น้ำมันไบโอดีเซล บี 5 สภาวะภาระเต็ม (full-load) ตลอดช่วงความเร็วรอบ 750 – 2,000 rpm เพื่อเก็บข้อมูลสมรรถนะอันประกอบด้วยแรงบิด (torque) กำลัง (power) ประสิทธิภาพเชิงความร้อน (thermal efficiency) อัตราความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะ (specific fuel consumption) ปริมาณมลพิษไอเสีย CO, HC, NO_x และ PM ได้ถูกบันทึก จากนั้น เครื่องยนต์จะถูกทำการทดสอบด้วยสภาวะเดียวกันทุกประการโดยใช้น้ำมันไบโอดีเซล บี 20

4. ผลการทดสอบ

โปรแกรมคอมพิวเตอร์ได้บันทึกค่าแรงบิดจำนวนสภาวะละ 30 ค่า และนำมาคำนวณหาค่าเฉลี่ยเพื่อนำเสนอเป็นกราฟเปรียบเทียบ อย่างไรก็ตาม เพื่อให้การสรุปผลความแตกต่างระหว่างการใช้นำมันไบโอดีเซล บี 5 และ บี 20 เป็นไปอย่างถูกต้อง ผู้วิจัยได้นำข้อมูลดิบทั้ง 30 ค่ามาเปรียบเทียบกันโดยวิธีทางสถิติในทุกๆ ความเร็วรอบที่ระดับความเชื่อมั่น 99% (ระดับนัยสำคัญทางสถิติเท่ากับ 0.01 หรือ α=0.01) ซึ่งสามารถแสดงผลตัวอย่างของการเปรียบเทียบข้อมูลที่ความเร็วรอบ 750 rpm ได้ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 สามารถอธิบายได้ว่าเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมัน ไบโอดีเซล บี 20 และบี 5 ที่ความเร็วรอบ

750 rpm เครื่องยนต์มีแรงบิด 453.64 Nm และ 457.03 Nm ตามลำดับ โดยค่าเหล่านี้เป็นค่าเฉลี่ยจากข้อมูลดิบจำนวน 30 ค่า โดยค่าที่สำคัญที่สุดในตารางที่ 3 คือ ค่า P-value ซึ่งมีค่าเท่ากับ 9.527E-08 ค่า P-value ที่ได้จากการวิเคราะห์นี้มีค่าน้อยกว่า α=0.01 มาก ดังนั้น สรุปได้ว่าแรงบิดของเครื่องยนต์จากการใช้น้ำมันทั้งสองชนิดที่ความเร็วรอบ 750 rpm มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99% ทั้งนี้ ผู้วิจัยได้วิเคราะห์ข้อมูลดังกล่าวในทุกความเร็วรอบและพบว่าแรงบิดของเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันทั้งสองชนิดมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในทุกความเร็วรอบ ดังข้อมูลที่นำเสนอไว้ในตารางที่ 4

ตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบข้อมูลทางสถิติ

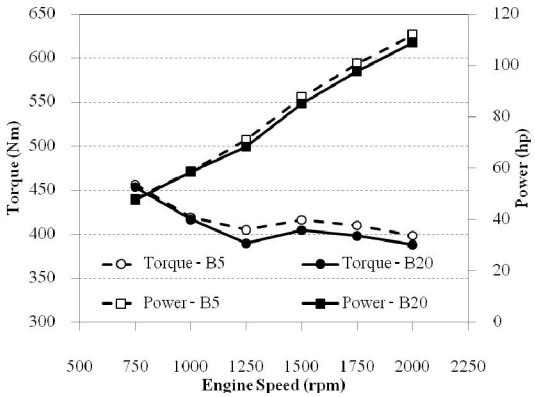
t-Test: Paired Two Sample for Means

	B20 - 750 rpm	*B5 - 750 rpm*
Mean	453.639384	457.02504
Variance	5.388948087	1.315968786
Observations	30	30
Pearson Correlation	-0.042426246	
Hypothesized Mean	0	
df	29	
t Stat	-7.043836026	
P(T<=t) one-tail	4.76375E-08	
t Critical one-tail	2.46202135	
P(T<=t) two-tail	9.52749E-08	
t Critical two-tail	2.756385902	

รูปที่ 2 และ 3 แสดงการเปรียบสมรรถนะของเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันไบโอดีเซล บี 5 และบี 20 ซึ่งพบว่าแรงบิดและกำลังจากการใช้น้ำมันไบโอดีเซล บี 20 ลดลงเพียง 2.12% และ 2.40% ตามลำดับ จากการพิจารณาค่าความร้อนที่แตกต่างกันอยู่ประมาณ 8.83% จะเห็นว่าค่าที่ได้จากการทดสอบแตกต่างกันน้อยกว่าที่คาดการณ์ไว้ ทั้งนี้ น่าจะเป็นเพราะน้ำมันไบโอดีเซล บี 20 มีค่าซีเทนสูงและมีออกซิเจนในโครงสร้างโมเลกุล จึงทำให้การเผาไหม้รวดเร็วและสมบูรณ์กว่า ยิ่งไปกว่านั้น น้ำมันไบโอดีเซลมีสมบัติในการหล่อลื่นที่ดีกว่าจึงน่าจะเป็นการชดเชยจุดด้อยของค่าความร้อนที่ต่ำกว่าได้ [12,17]

ตารางที่ 4 ค่า P-value จากการวิเคราะห์ข้อมูลแรงบิดที่ความเร็วรอบต่างๆ

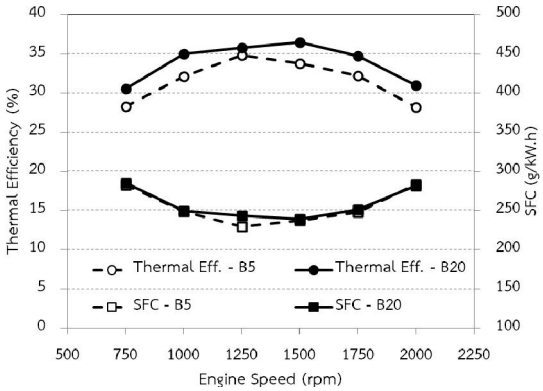
ความเร็วรอบ (rpm)	P-value (กำหนด α=0.01)
750	9.52749E-08 < **0.01**
1,000	2.90991E-08 < **0.01**
1,250	1.59614E-32 < **0.01**
1,500	6.74233E-32 < **0.01**
1,750	1.66791E-29 < **0.01**
2,000	2.10918E-14 < **0.01**



รูปที่ 2 แรงบิดและกำลังของเครื่องยนต์

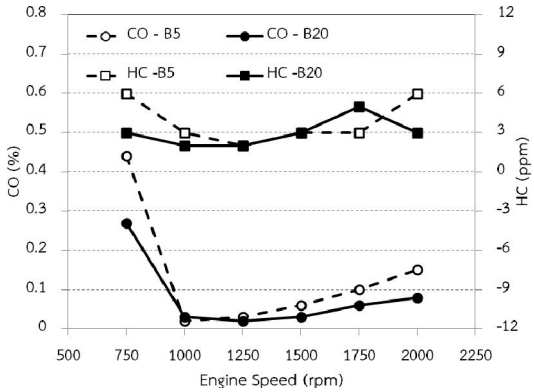
ถึงแม้ว่าเครื่องยนต์ที่ใช้ไบโอดีเซล บี 20 จะมีกำลังน้อยกว่าไบโอดีเซลบี 5 แต่เนื่องด้วยค่าความร้อนของน้ำมันที่ต่ำกว่าอยู่ประมาณ 8.83% จึงทำให้เครื่องยนต์ที่ใช้ไบโอดีเซล บี 20 มีประสิทธิภาพเชิงความร้อนที่สูงกว่าประมาณ 2.61 % โดยปกติแล้วแนวโน้มของ

ประสิทธิภาพเชิงความร้อนจะตรงข้ามกับค่าความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะ กล่าวคือ ถ้าเครื่องยนต์มีประสิทธิภาพเชิงความร้อนสูงก็จะมีค่าความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะต่ำ แต่รูปที่ 3 กลับพบว่าเครื่องยนต์ที่ใช้ไบโอดีเซล บี 20 มีค่าความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะสูงกว่าด้วยทั้งนี้ เป็นเพราะค่าความสิ้นเปลืองจำเพาะไม่ได้นำค่าความร้อนของเชื้อเพลิงมาคำนวณด้วย [12]



รูปที่ 3 ประสิทธิภาพเชิงความร้อนและอัตราความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะของเครื่องยนต์

CO และ HC เป็นมลพิษในไอเสียที่ชี้วัดถึงความไม่สมบูรณ์ของการเผาไหม้เนื่องจาก CO สามารถทำปฏิกิริยากับออกซิเจนและกลายเป็น CO_2 และพลังงานความร้อนอีกส่วนหนึ่ง ส่วน HC กล่าวได้ว่าเป็นเชื้อเพลิงที่ไม่ได้ถูกเผาไหม้ซึ่งหากเกิดการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ HC ส่วนนี้ก็จะกลายเป็น CO_2 และน้ำพร้อมด้วยพลังงานความร้อนเพิ่มเติม น้ำมันไบโอดีเซล บี 20 มีสัดส่วนของออกซิเจนอยู่มากกว่าไบโอดีเซล บี 5 อีกทั้งค่าซีเทนที่สูงกว่าจึงทำให้โอกาสการเกิดส่วนผสมหนาบริเวณใกล้หัวฉีดลดน้อยลง [12,15,18] ด้วยเหตุนี้การเผาไหม้จึงเป็นไปอย่างสมบูรณ์ ปริมาณมลพิษ CO และ HC จึงลดลงโดยเฉลี่ยประมาณ 36.92% และ 11.76% ตามลำดับ ดังแสดงในรูปที่ 4



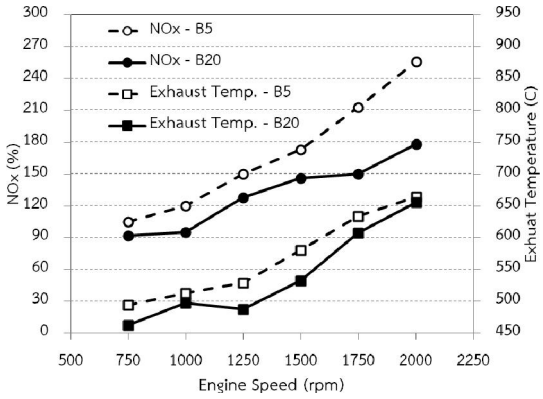
รูปที่ 4 ปริมาณ CO และ HC ในไอเสียเครื่องยนต์

NO_x มักจะเพิ่มขึ้นเมื่อสัดส่วนของไบโอดีเซลเพิ่มขึ้นเนื่องจากมีการเผาไหม้ที่รวดเร็วและมีออกซิเจนเป็นองค์ประกอบ แต่แนวโน้มของ NO_x ในงานวิจัยนี้กลับพบว่าการใช้น้ำมันไบโอดีเซล บี 20 มีปริมาณ NO_x น้อยกว่าน้ำมันไบโอดีเซล บี 5 ถึงประมาณ 19.71% ซึ่งก็สามารถเป็นไปเช่นเดียวกัน

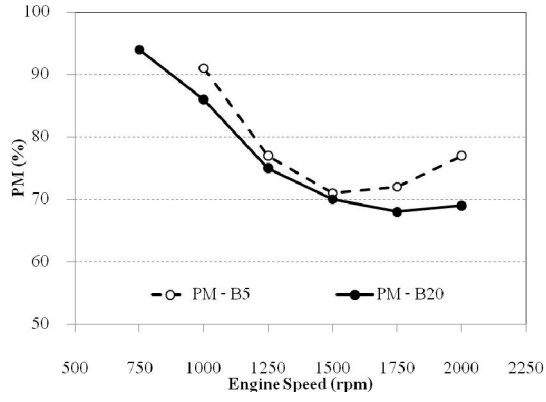
เมื่อวิเคราะห์งานวิจัย [11,19] ทำให้เกิดข้อสังเกตได้ว่า ระบบต่างๆ ของเครื่องยนต์ รูปร่างของห้องเผาไหม้ ขนาดของเครื่องยนต์ และปัจจัยอื่นๆ น่าจะส่งผลกระทบร่วมกันต่อปริมาณ NO_x ดังนั้น ไบโอดีเซล บี 20 ที่มีค่าซีเทนสูงและทำให้เกิดการเผาไหม้ที่รวดเร็วจึงทำให้ความล่าของการจุดระเบิดสั้น การเผาไหม้ของอณูละอองเชื้อเพลิงแต่ละจุดเกิดขึ้นเมื่อถึงอุณหภูมิที่เหมาะสม แนวโน้มการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิและความดันเป็นไปอย่างมีรูปแบบ ลดโอกาสที่จะเกิดอาการน็อก (knocking) ปริมาณ NO_x จึงอาจลดลงเมื่อค่าซีเทนสูงขึ้น รูปที่ 5 ยังแสดงข้อมูลปริมาณ NO_x

เปรียบเทียบกับอุณหภูมิของแก๊สไอเสียที่มีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกันซึ่งน่าจะเป็นการยืนยันความถูกต้องของผลการวิจัยได้ [20]

มลพิษ PM เกิดจากการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ของเชื้อเพลิงน้ำมันไบโอดีเซลบี 20 มีความล่าของการจุดระเบิดสั้นและทำให้มีระยะเวลาในการเผาไหม้นานขึ้น [21] อีกทั้งมีออกซิเจนอยู่ในโมเลกุลมากกว่าจึงทำให้ปริมาณ PM ต่ำกว่าน้ำมันไบโอดีเซล บี 5 ประมาณ 3.86% ดังแสดงในรูปที่ 6



รูปที่ 5 ปริมาณ NO_x และ อุณหภูมิไอเสียเครื่องยนต์



รูปที่ 6 ปริมาณ PM ในไอเสียเครื่องยนต์

5. สรุปผล

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสำรวจและทดสอบเครื่องยนต์ขนาด 6 สูบในเรือประมงขนาดเล็กที่ใช้น้ำมันไบโอดีเซลบี 5 และบี 20 โดยน้ำมันทั้งสองชนิดเป็นน้ำมันที่ได้รับการตรวจสอบตามเกณฑ์ของกรมธุรกิจพลังงาน จากผลการสำรวจเรือประมงที่ใช้งานอยู่จริงพบว่าเครื่องยนต์ HINO ใช้ในสัดส่วนมากที่สุด เมื่อนำมาทำการทดสอบพบว่าแรงบิด กำลังและประสิทธิภาพเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันไบโอดีเซล บี 20 ต่ำกว่าการใช้น้ำมันไบโอดีเซลบี 5 อยู่เพียง 2.12%, 2.40% และ 2.38% ตามลำดับ ในขณะที่น้ำมันไบโอดีเซล บี 20 มีจุดเด่นด้านปริมาณมลพิษ CO, HC, NO_x และ PM ที่ต่ำกว่าไบโอดีเซลบี 5 มากถึง 36.92%, 11.76%, 19.71% และ 3.86% ตามลำดับ ผลการวิจัยจึงแสดงว่าน้ำมันไบโอดีเซลบี 20 เป็นเชื้อเพลิงที่มีศักยภาพด้านการใช้งานเทียบเท่าน้ำมันไบโอดีเซลบี 5 อีกทั้งยังเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมมากกว่าอย่างเห็นได้ชัดเจน ผลการวิจัยน่าจะทำให้ความมั่นใจในการใช้น้ำมันไบโอดีเซลบี 20 ในกลุ่มชาวประมงชายฝั่งเพิ่มสูงขึ้นอันเป็นการเสริมสร้างความมั่นคงทางพลังงานของประเทศได้เป็นอย่างดี

6. เอกสารอ้างอิง

[1] Department of Alternative Energy Development and Efficiency, “Energy developing plan”, Available : http://www.emco.or.th/UserFiles/File/downloaddata/1340085933.pdf, 17 June 2013. (in Thai)

[2] Ministry of Energy, "Diesel consumption", Available: http://www.energy.go.th/?q=node/68, 17 June 2013. (in Thai)

[3] N. Kumar, Varun and S.R. Chauhan, "Performance and emission characteristics of biodiesel from different origins: A review", Renewable and Sustainable Energy Reviews, 21, 2013, pp. 633 – 658.

[4] Department of Alternative Energy Development and Efficiency, Ministry of Energy, Available: http://www.dede.go.th/dede/images/stories/Biodiesel/executivesummaryb20.pdf, 17 June 2013. (in Thai)

[5] Department of Alternative Energy Development and Efficiency, "Biodiesel B20 in Fishery boat", Available: http://www.dede.go.th/dede/images/stories/dec56/r3.pdf, 17 June 2013. (in Thai)

[6] K. Cheenkachorn, C. Poompipatpong and G. H. Choi, "Performance and emissions of a heavy-duty diesel engine fuelled with diesel and LNG (liquid natural gas)", Energy, 53, 2013, pp. 52 – 57.

[7] H.S. Aydin and H. Bayindir, "Performance and emission analysis of cottonseed oil methyl ester in a diesel engine", Renewable Energy, 35, 2010, pp. 588 – 592.

[8] C. Oner and S. Altun, "Biodiesel production from inedible animal tallow and an experimental investigation of its use as alternative fuel in a direct injection diesel engine", Applied Energy, 86, 2009, pp. 2114 – 2120.

[9] B. Lin, J. Huang and D. Huang. "Experimental study of the effects of vegetable oil methyl ester on DI diesel engine performance characteristics and pollutant emissions" Fuel, 88, 2009, pp. 1779 - 1785.

[10] D. Altiparmak, A. Deskin, A. Koca and M. Guru, "Alternative fuel properties of tall oil fatty acid methyl ester-diesel fuel blends" Bioresource Technol, 98, 2007, pp. 241 - 246.

[11] H. Song, B.T. Tompkins, J.A. Bittle and T.J. Jacobs, "Comparisons of NO emissions and soot concentrations from biodiesel-fuelled diesel engine", Fuel, 96, 2012, pp. 446 – 453.

[12] M. Lapuerta, O. Armas and J. Rodrıguez-Fernandez, "Effect of biodiesel fuels on diesel engine emissions", Progress in Energy and Combustion Science, 34, 2008, pp. 198 – 223.

[13] C. Mazzoleni, D. Hampden, Kuhns, H. Moosmüller, J. Witt, N.J. Nussbaum, M.C.O. Chang, G. Parthasarathy, S. Kumar, K. Nathagoundenpalayam, G. Nikolich and J.G. Watson, "A case study of real-world tailpipe emissions for school buses using a 20% biodiesel blend", Science of the Total Environment, 385, 2007, pp. 146 – 159.

[14] A. Abu-Jrai, J.A. Yamin, A.H. Al-Muhtaseb and M.A. Hararah, "Combustion characteristics and engine emissions of a diesel engine fueled with diesel and treated waste cooking oil blends" Chemical Engineering Journal, 172, 2011, pp. 129 – 136.

[15] M. Lapuerta, O. Armas, R. Ballesteros and J. Fernandez, "Diesel emissions from biofuels derived from Spanish potential vegetable oils", Fuel, 84, 2005, pp. 773 – 780.

[16] S. Jiafeng, J.A. Caton and T.J. Jacobs, "Oxides of nitrogen emissions from biodiesel-fuelled diesel engines", Progress in Energy and Combustion Science, 36, 2010 pp. 677 – 695.

[17] C. Carraretto, A. Macor, A. Mirandola, A. Stoppato and S. Tonon, "Biodiesel as alternative fuel: Experimental analysis and energetic evaluations", Energy, 29, 2004, pp. 2195 – 2211.

[18] B.S. Chauhan, N. Kumar and H.M. Cho, "A study on the performance and emission of a diesel engine fueled with Jatropha biodiesel oil and its blends" Energy, 37, 2012, pp. 616 – 622.

[19] M.S. Graboski and R.L. McCormick. "Combustion of fat and vegetable oil derived fuels in diesel engines" Progress in Energy and Combustion Science, 24, 1998, pp. 125 – 164.

[20] T.T. AL-Shemmeria and S. Oberweis, "Correlation of the NOx emission and exhaust gas temperature for biodiesel" Applied Thermal Engineering, 31, 2011, pp. 1682 – 1688.

[21] Md.N. Nabi, Md.M. Rahman and Md.S. Akhter, "Biodiesel from cotton seed oil and its effect on engine performance and exhaust emissions", Applied Thermal Engineering, 29, 2009, pp. 2265 – 2270.