

สมรรถนะและการปลดปล่อยไอเสียของการใช้น้ำมันปาล์มชนิดลดกัมและลดกรด ผสมกับดีเซลในเครื่องยนต์ยานพาหนะแบบ IDI

Performance and Emission Characteristics of Using Degummed, Deacidified Palm Oil-Diesel Blends in Vehicle Diesel Engine (IDI)

ธีระยุทธ หลีวีจิตร* กำพล ประทีปชัยกุล และ ถนัด นิยมพลี

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อ. หาดใหญ่ จ. สงขลา 90112

โทร. 0-7428-7036 โทรสาร 0-7421-2893 *อีเมล leetheerayut@yahoo.com

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยคือ เพื่อศึกษาเปรียบเทียบคุณลักษณะสมรรถนะเครื่องยนต์และการปลดปล่อยไอเสียเมื่อเดินเครื่องยนต์ดีเซลสำหรับยานพาหนะแบบ IDI ด้วยน้ำมันดีเซลและน้ำมันผสมของน้ำมันปาล์มลดกัม-ลดกรดในน้ำมันดีเซลที่สัดส่วน 20%, 30%, และ 40% โดยปริมาตร เครื่องยนต์ทดสอบเป็นเครื่องยนต์ 4 สูบ ยี่ห้อ TOYOTA รุ่น 2L-Turbo มีสองปรับสภาพใหม่ให้ใช้งานได้ดี ทำการทดสอบสมรรถนะเครื่องยนต์ระยะสั้นด้วยน้ำมันทดสอบแต่ละชนิดตามลำดับบนแท่นไดนาโมมิเตอร์ยี่ห้อ ESSOM รุ่น MT504 ด้วยวิธีความเร็วรอบเปลี่ยนแปลง (2,000-3,600 rpm ที่ทุกๆ 200 rpm) ผลการทดสอบพบว่า เมื่อเทียบกับการเดินเครื่องยนต์ด้วยน้ำมันดีเซลการเดินเครื่องยนต์ด้วยน้ำมันปาล์มลดกัม-ลดกรดผสมในน้ำมันดีเซลที่ 20%, 30%, และ 40% โดยปริมาตร มีอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงเบรคจำเพาะโดยเฉลี่ยทุกความเร็วรอบสูงกว่าประมาณ 3.9%, 6.8%, และ 14.2% ตามลำดับ และมีค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนโดยเฉลี่ยทุกความเร็วรอบต่ำกว่าประมาณ 4.6%, 4.7%, และ 10.6% ตามลำดับ ผลการปลดปล่อยไอเสียพบว่าสำหรับน้ำมันทดสอบทั้ง 4 ชนิด ปริมาณไอเสียมีค่าเปลี่ยนแปลงตามความเร็วรอบของเครื่องยนต์ เมื่อความเร็วรอบของเครื่องยนต์เพิ่มขึ้นปริมาณควันดำ, NO_x , และ CO_2 มีค่าลดลงแต่ปริมาณ O_2 มีค่าเพิ่มขึ้น สำหรับปริมาณ CO ไม่สามารถสังเกตเห็นความแตกต่างที่ชัดเจนตลอดช่วงความเร็วรอบที่ทดสอบได้ เมื่อเปรียบเทียบที่ความเร็วรอบใดๆ พบว่าน้ำมันทดสอบทั้ง 4 ชนิด มีการปลดปล่อยไอเสียในปริมาณที่ใกล้เคียงกัน ตลอดช่วงความเร็วรอบทดสอบปริมาณไอเสียที่วัดได้ของน้ำมันทั้ง 4 ชนิดมีค่าในช่วงดังต่อไปนี้: ควันดำ 0.4-0.9 BSU, NO_x 288-363 ppm, CO_2 6.10-8.42%, O_2 6.10-10.24%, และ CO 32-143 ppm

Abstract

The objective of this research was to comparatively study the characteristics of engine performance and exhaust gas emissions when a vehicle diesel engine (indirect injection: IDI)

was fuelled with diesel and blends of degummed-deacidified palm oil in diesel at proportions of 20%, 30%, and 40% by volume. The test engine was a second-hand TOYOTA model 2L-turbo (4 cylinders) that had been overhauled. The short-term engine test was run for each fuel blends considered on the ESSOM dynamometer model MT504 by the variable speed test method (2,000-3,600 rpm at every 200 rpm). The test results revealed that, as compared to diesel, running engine by the blends of degummed-deacidified palm oil in diesel at proportions of 20%, 30%, and 40% by volume had higher brake specific fuel consumptions (average for all speed) of about 3.9%, 6.8%, and 14.2% respectively; and had lower thermal efficiencies (average for all speed) of about 4.6%, 4.7%, and 10.6% respectively. The analysis of exhaust gas emission results indicated that, for all kinds of tested fuel, exhaust gas emission varied with engine speed. When the engine speed increased; black smoke, NO_x , and CO_2 decreased but O_2 increased. For CO analysis, there was no significant difference among all tested speeds. At any engine speed, the exhaust gas emissions were quite similar for all kinds of tested fuel. The measured exhaust gas emissions for all kinds of test fuels over the tested speeds were as followings: black smoke 0.4-0.9 BSU, NO_x 288-363 ppm, CO_2 6.10-8.42%, O_2 6.10-10.24%, and CO 32-143 ppm.

1. คำนำ

จากภาวะปัญหาความต้องการใช้น้ำมันดีเซลทั่วโลกมีสูงขึ้นบนพื้นฐานของแหล่งสำรองน้ำมันดิบที่มีอยู่จำกัด ส่งผลให้ราคาน้ำมันดีเซลปรับตัวสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง จึงทำให้หลายประเทศทั่วโลกหันมาสนใจพัฒนาน้ำมันพืช และใช้สัตว์เป็นแหล่งพลังงานทดแทนน้ำมันดีเซลมากขึ้น สำหรับประเทศไทยซึ่งเป็นประเทศเกษตรกรรมและนำเข้าน้ำมันดีเซลนั้น การใช้น้ำมันพืชโดยเฉพาะน้ำมันปาล์มเพื่อทดแทนน้ำมัน

ดีเซล จะส่งผลดีต่อการพัฒนาประเทศอย่างยั่งยืน โดยมีข้อดีทั้งต่อการเพิ่มความมั่นคงด้านพลังงานและส่งผลดีต่อระบบเศรษฐกิจของประเทศด้วย นอกจากนี้เนื่องจากน้ำมันพืชเป็นแหล่งพลังงานหมุนเวียน การใช้ น้ำมันพืชทดแทนน้ำมันดีเซลที่ผลิตจากน้ำมันดิบ ยังส่งผลดีต่อสิ่งแวดล้อมด้วยโดยเฉพาะป้องกันการเพิ่มขึ้นของก๊าซ CO₂ ในชั้นบรรยากาศซึ่งเป็นการป้องกันภาวะเรือนกระจกอีกด้วย [1]

การนำน้ำมันพืชมาใช้ทดแทนน้ำมันดีเซลนั้น สามารถทำได้หลายวิธี เช่น การนำใช้โดยตรง การนำมาผสมกับน้ำมันดีเซล และการนำมาผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพ ด้วยกระบวนการทางความร้อน เช่น กระบวนการไพโรไลซิส หรือกระบวนการทางเคมีเช่นกระบวนการทรานเอสเตอริฟิเคชัน [2] อย่างไรก็ตามต้นทุนของการนำน้ำมันพืชมาใช้ทดแทนน้ำมันดีเซล ก็จะมีค่าเพิ่มขึ้นด้วยตามขั้นตอนการผลิตที่เพิ่มขึ้น

Shahid and Jamal [3] ได้ทบทวนเอกสารการทดสอบเครื่องยนต์ดีเซลสำหรับยานพาหนะโดยใช้น้ำมันพืชทั้งที่เป็นน้ำมันพืชดิบ และน้ำมันที่ผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพแล้วที่ตีพิมพ์ระหว่างปี ค.ศ. 1900-2005 จำนวนกว่า 50 ฉบับ น้ำมันทดสอบในงานวิจัยส่วนมากผลิตจากเมล็ดทานตะวัน, ฝ้าย, เรปซีด, ถั่วเหลือง, และถั่วลิสง สำหรับการทดสอบเครื่องยนต์โดยใช้น้ำมันจากปาล์ม Sapaun et al. [4] และ El-Awad and Yusaf [5] ได้เดินเครื่องยนต์ระยะสั้นด้วยน้ำมันปาล์ม, น้ำมันปาล์มผสมกับน้ำมันดีเซล, น้ำมันปาล์มดิบ, และน้ำมันปาล์มดิบผสมกับน้ำมันดีเซล สำหรับที่ภาควิชาวิศวกรรม เครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ที่ผ่านมาก็มีวิจัยเพื่อนำน้ำมันปาล์มชนิดต่างๆมาใช้ในการเครื่องยนต์ดีเซล Prateepchaikul and Apichato [6] และ สวิทชาติ [7] ได้ทดสอบเปรียบเทียบการเดินเครื่องยนต์การเกษตรระยะยาวด้วยน้ำมันปาล์มรีไฟน์, น้ำมันปาล์มลดกำ-ลดกรด, เมทิลเอสเทอร์จากน้ำมันปาล์ม, และน้ำมันดีเซล ก่าพล และ ธีระยุทธ [8,9] ได้ทำการทดสอบเดินเครื่องยนต์การเกษตรระยะยาวด้วยน้ำมันปาล์มลดกำ-ลดกรดผสมกับน้ำมันดีเซล จากการทบทวนเอกสารข้อสรุปที่สำคัญพบว่า ถึงแม้การใช้น้ำมันพืชดิบในเครื่องยนต์ระยะสั้น จะให้ผลการทดสอบเป็นที่น่าพอใจ แต่สำหรับการใช้งานระยะยาวแล้วนั้นมันทำให้เกิดชิ้นส่วนเครื่องยนต์เกิดการสึกหรอสูงมาก ซึ่งการใช้น้ำมันพืชที่ผ่านกระบวนการกลั่นหรือกระบวนการทางเคมี และการใช้น้ำมันพืชที่ผ่านการลดกำผสมกับน้ำมันดีเซล สามารถช่วยยืดอายุ

การใช้งานของเครื่องยนต์ได้อย่างมีนัยสำคัญ

อย่างไรก็ตาม เนื่องจากข้อมูลจำเพาะของการทดสอบเดินเครื่องยนต์ดีเซลสำหรับยานพาหนะระบบหัวฉีดแบบ Indirect Injection (IDI) ทั้งระยะสั้นและระยะยาวด้วยน้ำมันปาล์มลดกำ-ลดกรดผสมกับน้ำมันดีเซลยังไม่เคยมีการศึกษาและรายงานเอาไว้ ซึ่งข้อมูลดังกล่าวเป็นข้อมูลที่มีประโยชน์ต่อทิศทางการพัฒนาพลังงานทดแทนของประเทศไทย ดังนั้นภายใต้การสนับสนุนงบประมาณจากมูลนิธิชัยพัฒนา ขณะนี้กำลังมีการวิจัยเพื่อเก็บข้อมูลที่เป็ประโยชน์ดังกล่าวอยู่ที่ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วัตถุประสงค์ของบทความนี้ คือ เพื่อนำเสนอความก้าวหน้าผลการทดสอบเปรียบเทียบขั้นต้น ด้านสมรรถนะเครื่องยนต์ และการปลดปล่อยไอเสีย เมื่อทดสอบเดินเครื่องยนต์ดีเซลสำหรับยานพาหนะแบบ IDI ระยะสั้น ด้วยน้ำมันดีเซลและน้ำมันผสมของน้ำมันปาล์มลดกำ-ลดกรดในน้ำมันดีเซลที่สัดส่วน 20%, 30%, และ 40% โดยปริมาตร

2. วัสดุและวิธีการทดสอบ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาเชิงเปรียบเทียบของการเดินเครื่องยนต์ทดสอบด้วยน้ำมันทดสอบ 4 ชนิดคือ น้ำมันดีเซลและน้ำมันผสมของน้ำมันปาล์มลดกำ-ลดกรดในน้ำมันดีเซลที่สัดส่วน 20%, 30%, และ 40% โดยปริมาตรตามลำดับ คุณสมบัติที่สำคัญของน้ำมันดีเซลและน้ำมันปาล์มลดกำ-ลดกรดที่ใช้ในการทดสอบแสดงดังตารางที่ 1 [6,7]

เครื่องยนต์ที่ใช้ในการทดสอบ เป็นเครื่องยนต์ดีเซลสำหรับยานพาหนะระบบหัวฉีดแบบ Indirect Injection (IDI) 4 สูบ ยี่ห้อ TOYOTA รุ่น 2L-Turbo มีสองที่ทำการปรับปรุงสภาพใหม่ให้อยู่ในสภาพที่ใช้งานได้ดี รายละเอียดเพิ่มเติมของเครื่องยนต์เป็นดังนี้: ขนาดกระบอกสูบ 92 mm, ช่วงชัก 92 mm, ปริมาตรช่วงชัก 2,446 cm³, อัตราส่วนการอัด 21:1, กำลังเครื่องยนต์สูงสุด 69 kW ที่ 4,000 rpm, แรงบิดสูงสุด 215 N.m ที่ 2,400 rpm ระบายความร้อนด้วยหม้อน้ำ

ขั้นตอนทั่วไปของการทดสอบเป็นดังต่อไปนี้ หลังจากปรับปรุงสภาพเครื่องยนต์เรียบร้อยแล้ว เครื่องยนต์ถูกเดินโดยไม่มีการะด้วยน้ำมันดีเซล (รันอิน) เป็นระยะเวลา 10 ชม. จากนั้นจึงนำเครื่องยนต์ไป

ตารางที่ 1 คุณสมบัติที่สำคัญของน้ำมันดีเซลและน้ำมันปาล์มลดกำ-ลดกรด

คุณสมบัติน้ำมัน	วิธีการทดสอบ	ข้อกำหนดประเทศไทย ^a	น้ำมันดีเซล ^{b,c}	น้ำมันปาล์มลดกำลดกรด ^c
ซีเทนนิมเบอร์	ASTM D613	≥47	-	-
ความถ่วงจำเพาะที่ 15.6 °C	ASTM D1298	0.81-0.87	0.84	0.93
ความหนืดที่ 40 °C (cSt)	ASTM D445	1.8-4.1	3.1	>45
จุดวาบไฟ (°C)	ASTM D93	≥52	69	247
น้ำและตะกอน (%wt)	ASTM D2709	≤0.05	-	-
กากถ่าน (%wt)	ASTM D4530	≤0.05	<0.001	-
เถ้า (%wt)	ASTM D482	≤0.01	-	-
อุณหภูมิกลั่นตัวที่ 90% (°C)	ASTM D86	≤357	-	-
ค่าความร้อนสูง (MJ/kg)	ASTM D240	-	44.3	41.7

^aสำหรับดีเซลหมุนเร็วตามประกาศกระทรวงพาณิชย์ ฉบับที่ 2 (พ.ศ. 2541); ^bอ้างอิง[6]; ^cอ้างอิง[7]

ทดสอบระยะสั้นบนแท่นไดนาโมมิเตอร์ยี่ห้อ ESSOM รุ่น MT504 ดังในรูปที่ 1 โดยใช้วิธีการทดสอบแบบความเร็วย้อนเปลี่ยนแปลง ซึ่งเครื่องยนต์ถูกเปิดคันเร่งเต็มที่และค่อยๆเพิ่มภาระ (แรงบิด) ให้กับเครื่องยนต์เมื่อเพิ่มภาระให้กับเครื่องยนต์ความเร็วรอบของเครื่องยนต์จะมีค่าลดลงเมื่อได้ความเร็วรอบที่ต้องการจะทำการบันทึกการทดลองเป็นระยะเวลา 5 นาที โดยบันทึกผลทุกๆ 10 วินาที ช่วงความเร็วรอบที่ทำการทดสอบคือ 2,000-3,600 rpm ที่ทุกๆ 200 rpm ข้อมูลสำคัญที่บันทึกได้แก่สมรรถนะของเครื่องยนต์ (อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะและประสิทธิภาพเชิงความร้อน) และปริมาณการปลดปล่อยไอเสียของเครื่องยนต์ (ควันดำ, CO, NOx, CO₂, O₂, และอุณหภูมิไอเสีย) โดยปริมาณควันดำวัดด้วยเครื่องวัดควันดำยี่ห้อ Bosch รุ่น ETD 020 (ช่วงการวัด 0.0-10.0 Bosch Smoke Unit: BSU, ความละเอียดการวัด 0.1 BSU) ปริมาณก๊าซไอเสียและอุณหภูมิก๊าซไอเสียวัดโดยเครื่องวัดก๊าซไอเสียยี่ห้อ Testo รุ่น 350 M/XL โดยช่วงการวัดของเครื่องมือสำหรับก๊าซแต่ละชนิดเป็นดังนี้: O₂ = 0-25%, CO = 0-10,000 ppm, CO₂ = Calculated %, NO = 0-3,000 ppm, NO₂ = 0-500 ppm)

สำหรับลำดับการทดสอบ เริ่มการทดสอบโดยการเดินเครื่องยนต์ด้วยน้ำมันดีเซล เมื่อทดสอบเสร็จจึงเปลี่ยนไปเดินเครื่องยนต์ด้วยน้ำมันผสมของน้ำมันปาล์มลดกัม-ลดกรดในน้ำมันดีเซลที่อัตราส่วน 20:80, 30:70, และ 40:60 โดยปริมาตรตามลำดับ สำหรับการทดสอบของน้ำมันแต่ละชนิดทำการทดลองซ้ำจำนวน 3 ครั้ง (ซึ่งในที่นี้รายงานเป็นค่าเฉลี่ย) และเมื่อมีการเปลี่ยนชนิดน้ำมันทดสอบต้องมีการอุ่นเครื่องยนต์ด้วยน้ำมันทดสอบชนิดใหม่เป็นเวลา 1 ชม. ก่อนจะเริ่มบันทึกผลการทดลอง



รูปที่ 1 การเดินเครื่องยนต์บนแท่นทดสอบสมรรถนะ

3. ผลและวิจารณ์

การทดสอบเดินเครื่องยนต์ดีเซลสำหรับยานพาหนะ (ระบบ IDI มีสองปรับสภาพใหม่) ระยะสั้นด้วยน้ำมันทดสอบ 4 ชนิด คือ น้ำมันดีเซล และน้ำมันผสมของน้ำมันปาล์มลดกัม-ลดกรดในน้ำมันดีเซลที่สัดส่วน 20%, 30%, และ 40% โดยปริมาตร ด้วยวิธีการความเร็วย้อนเปลี่ยนแปลงโดยเปิดคันเร่งเต็มที่ ในช่วงความเร็วรอบการทดสอบ 2,000-3,600 rpm ผลการทดสอบด้านสมรรถนะเครื่องยนต์และการปลดปล่อยไอเสียที่สำคัญเป็นดังต่อไปนี้

3.1 สมรรถนะเครื่องยนต์

3.1.1 อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงเบรคจำเพาะ

กราฟแสดงผลการทดสอบของอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงเบรคจำเพาะ (brake specific fuel consumption: bsfc) ของน้ำมันทดสอบทั้ง 4 ชนิด ที่ความเร็วรอบใดๆแสดงดังรูปที่ 2 ตลอดช่วงความเร็วรอบเครื่องยนต์ที่ทำการทดสอบค่า bsfc ของเครื่องยนต์ที่เดินด้วยน้ำมันดีเซลและน้ำมันผสมของน้ำมันปาล์มลดกัม-ลดกรดในน้ำมันดีเซลที่ 20%, 30% และ 40% โดยปริมาตร มีค่าอยู่ในช่วง 223.7-276.1, 235.4-288.1, 227.9-302.2, และ 256.5-322.1 g/kW-hr ตามลำดับ โดยที่สำหรับน้ำมันทดสอบแต่ละชนิดจะเห็นว่าแนวโน้มค่า bsfc จะมีค่าสูงขึ้นเมื่อความเร็วรอบเครื่องยนต์มีค่าสูงขึ้น เมื่อเปรียบเทียบผลของการผสมน้ำมันปาล์มลดกัม-ลดกรดในน้ำมันดีเซลที่มีต่อค่า bsfc จะพบว่าที่ความเร็วรอบใดๆ ค่า bsfc ของเครื่องยนต์ที่เดินด้วยน้ำมันดีเซลจะมีค่าต่ำสุดและมีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นตามสัดส่วนการผสมของน้ำมันปาล์มลดกัม-ลดกรดในน้ำมันดีเซลที่เพิ่มขึ้น เมื่อใช้ค่า bsfc ของเครื่องยนต์ที่เดินด้วยน้ำมันดีเซลเป็นข้อมูลฐานพบว่าค่า bsfc จะมีค่าเพิ่มขึ้นโดยเฉลี่ยที่ทุกความเร็วรอบประมาณ 3.9%, 6.8% และ 14.2% สำหรับการเดินเครื่องยนต์ด้วยน้ำมันผสมของน้ำมันปาล์มลดกัม-ลดกรดในน้ำมันดีเซลที่ 20%, 30% และ 40% โดยปริมาตรตามลำดับ

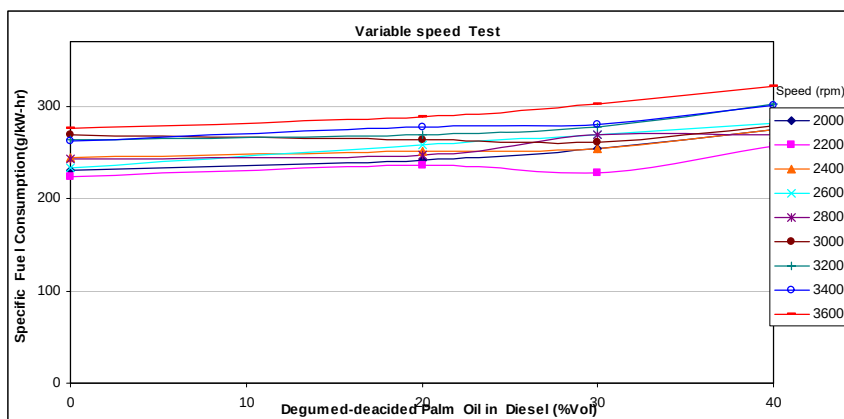
3.1.2 ประสิทธิภาพเชิงความร้อน

กราฟแสดงผลการทดสอบของค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อน (thermal efficiency: η_{th}) ของน้ำมันทั้ง 4 ชนิด ที่ความเร็วรอบใดๆแสดงดังรูปที่ 3 ตลอดช่วงความเร็วรอบเครื่องยนต์ที่ทำการทดสอบค่า η_{th} ของเครื่องยนต์ที่เดินด้วยน้ำมันดีเซลและน้ำมันผสมของน้ำมันปาล์มลดกัม-ลดกรดในน้ำมันดีเซลที่ 20%, 30% และ 40% โดยปริมาตร มีค่าอยู่ในช่วง 31.4-38.7%, 30.4-37.2%, 29.1-38.6%, และ 27.4-34.4% ตามลำดับ โดยที่สำหรับน้ำมันทดสอบแต่ละชนิดจะเห็นว่าแนวโน้มค่า η_{th} มีค่าต่ำลงเมื่อความเร็วรอบเครื่องยนต์มีค่าสูงขึ้น เมื่อเปรียบเทียบผลของการผสมน้ำมันปาล์มลดกัม-ลดกรดในน้ำมันดีเซลที่มีต่อค่า η_{th} พบว่าที่ความเร็วรอบใดๆ เครื่องยนต์ที่เดินด้วยน้ำมันดีเซลจะมีค่า η_{th} สูงสุดและมีแนวโน้มลดลงเล็กน้อยตามสัดส่วนการผสมของน้ำมันปาล์มลดกัม-ลดกรดในน้ำมันดีเซลที่เพิ่มขึ้น เมื่อใช้ค่า η_{th} ของเครื่องยนต์ที่เดินด้วยน้ำมันดีเซลเป็นข้อมูลฐานพบว่าค่า η_{th} ลดลงโดยเฉลี่ยที่ทุกความเร็วรอบประมาณ 4.6%, 4.7% และ 10.6% สำหรับการผสมน้ำมันปาล์มลดกัม-ลดกรดในน้ำมันดีเซลที่ 20%, 30% และ 40% โดยปริมาตรตามลำดับ

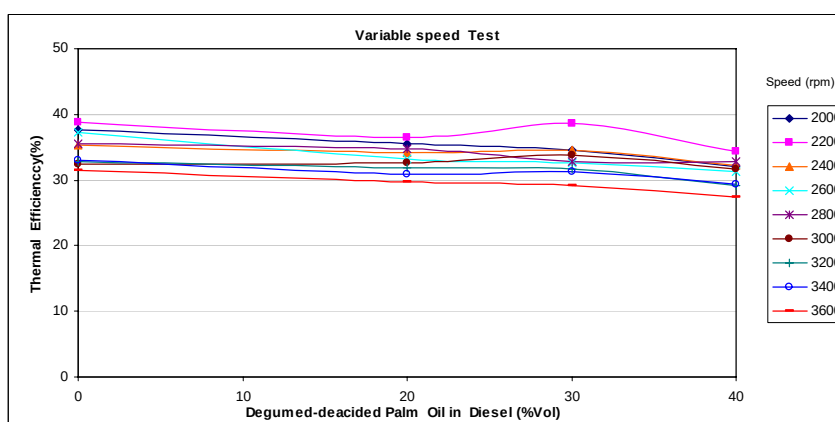
3.2 การปลดปล่อยไอเสีย

3.2.1 ปริมาณควันดำ

กราฟแสดงผลการทดสอบปริมาณควันดำในไอเสียของเครื่องยนต์ที่เดินด้วยน้ำมันทดสอบทั้ง 4 ชนิดที่ความเร็วรอบใดๆแสดงดังรูปที่ 4(a) ตลอดช่วงความเร็วรอบเครื่องยนต์ที่ทำการทดสอบปริมาณควันดำของเครื่องยนต์ที่เดินด้วยน้ำมันดีเซลและน้ำมันผสมของน้ำมันปาล์มลดกัม-ลดกรดในน้ำมันดีเซลที่ 20%, 30% และ 40% โดยปริมาตร มีค่าอยู่ในช่วง 0.4-0.9, 0.4-0.9, 0.5-0.9, และ 0.4-0.8 BSU ตามลำดับ



รูปที่ 2 อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงเบรคจำเพาะ



รูปที่ 3 ประสิทธิภาพเชิงความร้อน

โดยที่ปริมาณควันดำมีแนวโน้มลดลงเมื่อความเร็วรอบของเครื่องยนต์เพิ่มขึ้น สำหรับน้ำมันทดสอบทั้ง 4 ชนิด เมื่อเครื่องยนต์ทำงานที่ความเร็วรอบในช่วง 2,000–2,200 rpm ปริมาณควันดำที่อ่านได้มีค่าในช่วง 0.7–0.9 BSU และแต่เมื่อเครื่องยนต์ทำงานที่ความเร็วรอบในช่วง 2,800–3,600 rpm ปริมาณควันดำที่วัดได้มีค่าในช่วง 0.4–0.5 BSU เมื่อเปรียบเทียบผลของปริมาณการผสมของน้ำมันปาล์มลดกัม-ลดกรดในน้ำมันดีเซลต่อปริมาณควันดำในไอเสียพบว่า ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ใดๆ การผสมน้ำมันปาล์มลดกัม-ลดกรดในดีเซลไม่เกิน 30% โดยปริมาตร จะมีค่าปริมาณควันดำใกล้เคียงกับการเดินเครื่องยนต์โดยน้ำมันดีเซลเพียงอย่างเดียว อย่างไรก็ตามเมื่อมีการผสมน้ำมันปาล์มลดกัม-ลดกรดในดีเซลที่ 40% โดยปริมาตร พบว่าแนวโน้มปริมาณควันดำจะมีค่าต่ำกว่าการเดินเครื่องยนต์โดยน้ำมันดีเซลเพียงอย่างเดียวอยู่เล็กน้อย

3.2.2 ปริมาณ CO ในไอเสีย

กราฟแสดงผลการทดสอบปริมาณ CO ในไอเสียของเครื่องยนต์ที่เดินด้วยน้ำมันทดสอบทั้ง 4 ชนิดที่ความเร็วรอบใดๆแสดงดังรูปที่ 4(b) ตลอดช่วงความเร็วรอบเครื่องยนต์ที่ทำการทดสอบปริมาณ CO ของ

เครื่องยนต์ที่เดินด้วยน้ำมันดีเซลและน้ำมันผสมของน้ำมันปาล์มลดกัม-ลดกรดในน้ำมันดีเซลที่ 20%, 30% และ 40% โดยปริมาตร มีค่าอยู่ในช่วง 33-107, 55-138, 57-143, และ 79-136 ppm ตามลำดับ จากการพล็อตกราฟเพื่อดูผลของความเร็วรอบเครื่องยนต์ที่มีต่อปริมาณการปลดปล่อย CO (ไม่ได้แสดงกราฟในที่นี้) พบว่าในช่วงความเร็วรอบเครื่องยนต์ 2,400-2,800 rpm มีปริมาณการปลดปล่อย CO ต่ำสุด โดยมีค่าปริมาณ CO ในไอเสียเฉลี่ยของน้ำมันทดสอบทั้ง 4 ชนิดเท่ากับ 69 ppm ส่วนช่วงความเร็วรอบเครื่องยนต์ที่มีปริมาณการปลดปล่อย CO ได้แก่วัดช่วงความเร็วรอบสูงๆ (3,400-3,600 rpm) ซึ่งค่าปริมาณ CO ในไอเสียเฉลี่ยของน้ำมันทดสอบทั้ง 4 ชนิดเท่ากับ 128 ppm จากรูปที่ 4(b) เมื่อเปรียบเทียบผลของปริมาณการผสมของน้ำมันปาล์มลดกัม-ลดกรดในน้ำมันดีเซลต่อปริมาณ CO ในไอเสีย จะเห็นภาพสรุปโดยรวมว่าค่าปริมาณ CO ในไอเสียมีค่าเพิ่มขึ้นตามสัดส่วนการผสมที่เพิ่มขึ้นของน้ำมันปาล์มลดกัม-ลดกรดในน้ำมันดีเซล

3.2.3 ปริมาณ NO_x ในไอเสีย

กราฟแสดงผลการทดสอบปริมาณ NO_x ในไอเสียของเครื่องยนต์ที่เดินด้วยน้ำมันทดสอบทั้ง 4 ชนิดที่ความเร็วรอบใดๆแสดงดังรูปที่

4(c) ตลอดช่วงความเร็วรอบเครื่องยนต์ที่ทำการทดสอบปริมาณ NO_x ในไอเสียของเครื่องยนต์ที่เดินด้วยน้ำมันดีเซลและน้ำมันผสมของน้ำมันปาล์มลดกัม-ลดกรดในน้ำมันดีเซลที่ 20%, 30% และ 40% โดยปริมาตร มีค่าอยู่ในช่วง 319-360, 294-359, 288-357, และ 288-363 ppm ตามลำดับ โดยที่ปริมาณ NO_x ในไอเสียมีแนวโน้มลดลงเล็กน้อยเมื่อความเร็วรอบของเครื่องยนต์เพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบผลของปริมาณการผสมของน้ำมันปาล์มลดกัม-ลดกรดในน้ำมันดีเซลต่อปริมาณ NO_x ในไอเสียพบว่า ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ใดๆ การผสมน้ำมันปาล์มลดกัม-ลดกรดในดีเซลในช่วงที่มีการทดสอบ (ไม่เกิน 40% โดยปริมาตร) จะมีค่าปริมาณ NO_x ในไอเสียใกล้เคียงกับการเดินเครื่องยนต์โดยน้ำมันดีเซลเพียงอย่างเดียว

3.2.4 ปริมาณ CO_2 ในไอเสีย

กราฟแสดงผลการทดสอบปริมาณ CO_2 ในไอเสียของเครื่องยนต์ที่เดินด้วยน้ำมันทดสอบทั้ง 4 ชนิดที่ความเร็วรอบใดๆแสดงดังรูปที่ 4(d) ตลอดช่วงความเร็วรอบเครื่องยนต์ที่ทำการทดสอบปริมาณ CO_2 ในไอเสียของเครื่องยนต์ที่เดินด้วยน้ำมันดีเซลและน้ำมันผสมของน้ำมันปาล์มลดกัม-ลดกรดในน้ำมันดีเซลที่ 20%, 30% และ 40% โดยปริมาตร มีค่าอยู่ในช่วง 6.30-8.24%, 6.10-7.93%, 6.19-8.29%, และ 6.15-8.42% ตามลำดับ โดยที่ปริมาณ CO_2 ในไอเสียมีแนวโน้มลดลงเมื่อความเร็วรอบของเครื่องยนต์เพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบผลของปริมาณการผสมของน้ำมันปาล์มลดกัม-ลดกรดในน้ำมันดีเซลต่อปริมาณ CO_2 ในไอเสียพบว่า ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ใดๆ การผสมน้ำมันปาล์มลดกัม-ลดกรดในดีเซล 20% โดยปริมาตร จะมีค่าปริมาณ CO_2 ในไอเสียต่ำกว่าการเดินเครื่องยนต์โดยน้ำมันดีเซลเพียงอย่างเดียวเล็กน้อย และเมื่อสัดส่วนการผสมน้ำมันปาล์มลดกัม-ลดกรดในดีเซลเพิ่มขึ้นเป็น 30% และ 40% โดยปริมาตร ปริมาณ CO_2 ในไอเสียมีค่าใกล้เคียงกับการเดินเครื่องยนต์โดยน้ำมันดีเซลเพียงอย่างเดียว

3.2.5 ปริมาณ O_2 ในไอเสีย

กราฟแสดงผลการทดสอบปริมาณ O_2 ในไอเสียของเครื่องยนต์ที่เดินด้วยน้ำมันทดสอบทั้ง 4 ชนิดที่ความเร็วรอบใดๆแสดงดังรูปที่ 4(e) ตลอดช่วงความเร็วรอบเครื่องยนต์ที่ทำการทดสอบปริมาณ O_2 ในไอเสียของเครื่องยนต์ที่เดินด้วยน้ำมันดีเซลและน้ำมันผสมของน้ำมันปาล์มลดกัม-ลดกรดในน้ำมันดีเซลที่ 20%, 30% และ 40% โดยปริมาตร มีค่าอยู่ในช่วง 6.46-9.89%, 7.01-10.24%, 6.37-10.07%, และ 6.15-10.15% ตามลำดับ โดยที่ปริมาณ O_2 ในไอเสียมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อความเร็วรอบของเครื่องยนต์เพิ่มขึ้น จะเห็นได้ว่าค่าของปริมาณการปล่อย O_2 มีค่าค่อนข้างที่จะคงที่ในแต่ละความเร็วรอบของเครื่องยนต์ เมื่อเปรียบเทียบผลของปริมาณการผสมของน้ำมันปาล์มลดกัม-ลดกรดในน้ำมันดีเซลต่อปริมาณ O_2 ในไอเสียพบว่า ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ใดๆ การผสมน้ำมันปาล์มลดกัม-ลดกรดในดีเซล 20% โดยปริมาตร จะมีค่าปริมาณ O_2 ในไอเสียสูงกว่าการเดินเครื่องยนต์โดยน้ำมันดีเซลเพียงอย่างเดียวเล็กน้อย และเมื่อสัดส่วนการผสมน้ำมันปาล์มลดกัม-ลดกรดในดีเซลเพิ่มขึ้นเป็น 30% และ 40% โดยปริมาตร

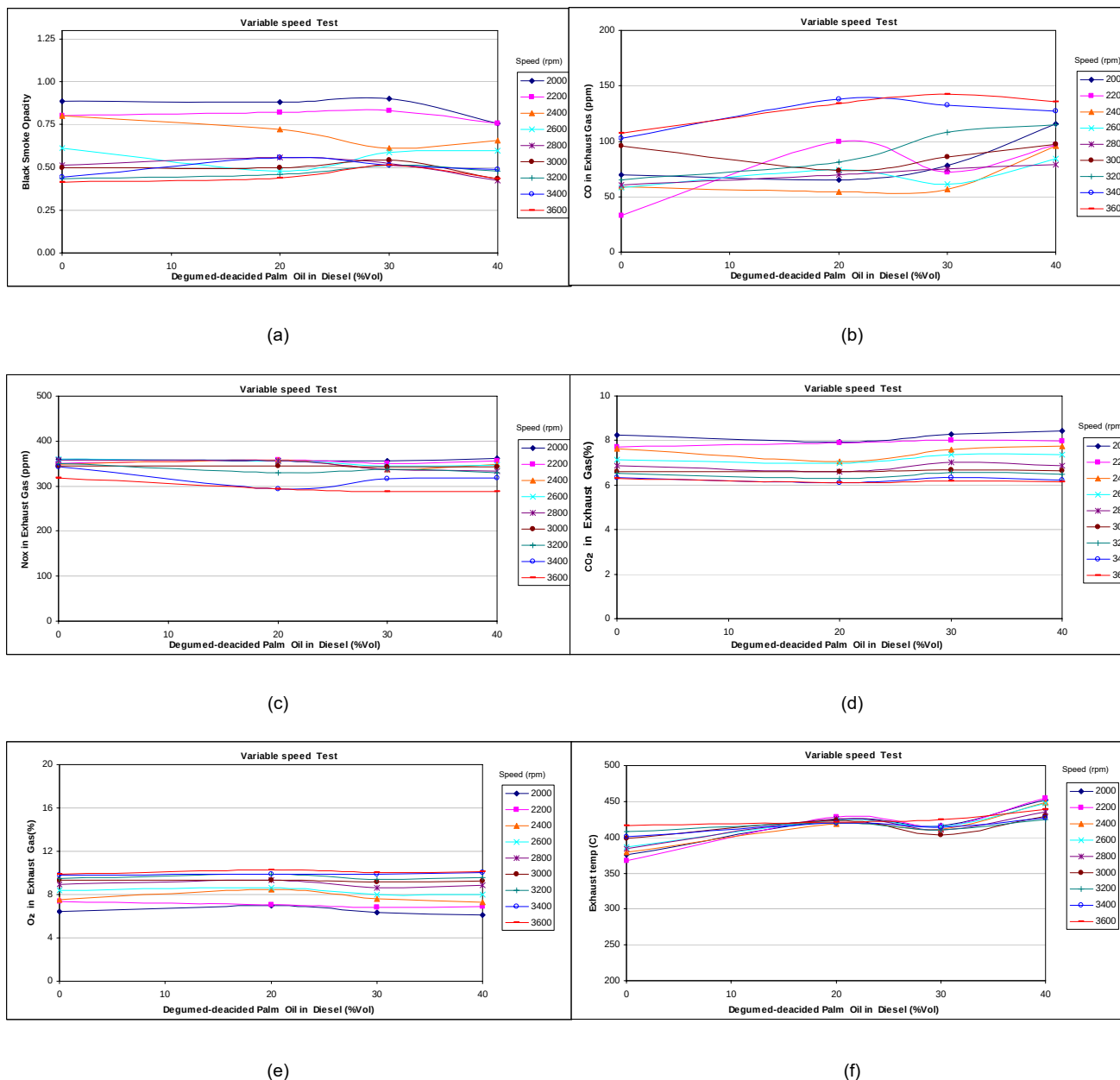
ปริมาณ O_2 ในไอเสียมีค่าใกล้เคียงกับการเดินเครื่องยนต์โดยน้ำมันดีเซลเพียงอย่างเดียว

3.2.6 อุณหภูมิก๊าซไอเสีย

กราฟแสดงผลการทดสอบอุณหภูมิก๊าซไอเสียของเครื่องยนต์ที่เดินด้วยน้ำมันทดสอบทั้ง 4 ชนิดที่ความเร็วรอบใดๆแสดงดังรูปที่ 4(g) ตลอดช่วงความเร็วรอบเครื่องยนต์ที่ทำการทดสอบอุณหภูมิก๊าซไอเสียของเครื่องยนต์ที่เดินด้วยน้ำมันดีเซลและน้ำมันผสมของน้ำมันปาล์มลดกัม-ลดกรดในน้ำมันดีเซลที่ 20%, 30% และ 40% โดยปริมาตร มีค่าอยู่ในช่วง 367-416 °C, 419-428 °C, 403-424 °C, และ 425-454 °C ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบผลของการผสมน้ำมันปาล์มลดกัม-ลดกรดในน้ำมันดีเซลที่มีต่ออุณหภูมิก๊าซไอเสียของเครื่องยนต์ จะพบว่าที่ความเร็วรอบใดๆ อุณหภูมิก๊าซไอเสียของเครื่องยนต์ที่เดินด้วยน้ำมันดีเซลจะมีค่าต่ำสุด และมีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นตามสัดส่วนการผสมของน้ำมันปาล์มลดกัม-ลดกรดในน้ำมันดีเซลที่เพิ่มขึ้น สาเหตุอาจเนื่องมาจากการที่มีเชื้อเพลิงเผาไหม้ยังไม่หมดสมบูรณ์ จึงมีการเผาไหม้อย่างต่อเนื่องในช่วงการเผาไหม้ล่าช้าของเครื่องยนต์ดีเซล (เผาไหม้ขณะลูกสูบขยายตัว)

4. สรุป

ข้อสรุปของการทดสอบเดินเครื่องยนต์ดีเซลสำหรับยานพาหนะระบบหัวฉีด IDI โดยใช้เครื่องยนต์ทดสอบ 4 สูบ ยี่ห้อ TOYOTA รุ่น 2L-Turbo มีสองปรับสภาพใหม่ เดินเครื่องยนต์ระยะสั้นด้วยน้ำมันทดสอบ 4 ชนิด คือ น้ำมันดีเซลและน้ำมันผสมของน้ำมันปาล์มลดกัม-ลดกรดในน้ำมันดีเซลที่สัดส่วน 20%, 30%, และ 40% โดยปริมาตร ด้วยวิธีการทดสอบแบบความเร็วรอบเปลี่ยนแปลงที่ลิ้นเร่งเปิดเต็มที่ ในช่วงความเร็วที่ทำการทดสอบ 2,000-3,600 rpm พบว่าเมื่อเทียบกับการเดินเครื่องยนต์ด้วยน้ำมันดีเซลการเดินเครื่องยนต์ด้วยน้ำมันปาล์มลดกัม-ลดกรดผสมในน้ำมันดีเซลที่ 20%, 30%, และ 40% โดยปริมาตร มีอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงเบรคจำเพาะโดยเฉลี่ยทุกความเร็วรอบสูงกว่าประมาณ 3.9%, 6.8%, และ 14.2% ตามลำดับ และมีค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนโดยเฉลี่ยทุกความเร็วรอบต่ำกว่าประมาณ 4.6%, 4.7%, และ 10.6% ตามลำดับ ผลการทดสอบด้านการปลดปล่อยไอเสียพบว่าสำหรับน้ำมันทดสอบทั้ง 4 ชนิด ปริมาณไอเสียมีค่าเปลี่ยนแปลงตามความเร็วรอบของเครื่องยนต์ โดยที่เมื่อความเร็วรอบของเครื่องยนต์เพิ่มขึ้นปริมาณควันดำ, NO_x , และ CO_2 มีค่าลดลง แต่ปริมาณ O_2 มีค่าเพิ่มขึ้น สำหรับปริมาณ CO ไม่สามารถสังเกตเห็นความแตกต่างที่ชัดเจนตลอดช่วงความเร็วรอบเครื่องยนต์ที่ทำการทดสอบ เมื่อเปรียบเทียบที่ความเร็วรอบใดๆ พบว่าน้ำมันทดสอบทั้ง 4 ชนิดมีการปลดปล่อยไอเสียในปริมาณที่ใกล้เคียงกัน ปริมาณไอเสียที่วัดได้ของน้ำมันทดสอบทั้ง 4 ชนิดตลอดช่วงความเร็วรอบเครื่องยนต์ที่ทำการทดสอบมีค่าอยู่ในช่วงดังต่อไปนี้: ควันดำ 0.4-0.9 BSU, NO_x 288-363 ppm, CO_2 6.10-8.42%, O_2 6.10-10.24%, และ CO 32-143 ppm



รูปที่ 4 การปลดปล่อยไอเสีย: (a) ปริมาณควันดำ, (b) ปริมาณ CO, (c) ปริมาณ NO_x, (d) ปริมาณ CO₂, (e) ปริมาณ O₂, (f) อุณหภูมิก๊าซไอเสีย

กิตติกรรมประกาศ

ทางคณะผู้วิจัยขอขอบคุณมูลนิธิวิจัยพัฒนา ที่สนับสนุนงบประมาณการวิจัย

เอกสารอ้างอิง

- Peterson, C.L. and Hustrulid, T. 1998. Carbon cycle for rapeseed oil biodiesel fuels. Biomass and Bioenergy, Vol. 14, pp. 91-101.
- Srivastava, A. and Prasad, R. 2000. Triglycerides-based diesel fuels. Renewable & Sustainable Energy Reviews, Vol. 4, pp. 111-133.
- Shahid, E.M. and Jamal, Y. 2007. A review of biodiesel as vehicular fuel. Renewable and Sustainable Energy Reviews, (available online at www.sciencedirect.com) doi:10.1016/j.rser.2007.06.001.
- Sapaun, S.M., Masjuki, H.H. and Azlan, A. 1996. The use of palm oil as diesel fuel substitute. Journal of Power Energy Applied, Vol. 210, pp. 47-53.
- El-Awad, M.M. and Yusaf, T.F. 2004. Performance and Exhaust Emission of a diesel engine using crude palm oil as fuel extender cited on [3]

6. Prateepchaikul, G. and Apichato, T. 2003. Palm oil as a fuel for agricultural diesel engine: comparative testing against diesel oil. Songklanakarin J. Sci. Technol., Vol. 25, No. 3, pp. 317-326.
7. สวิทชาติ ญาณแก้ว, 2548, การทดสอบการใช้น้ำมันปาล์มลดกัมลัดกรต และเมทิลเอสเตอร์จากน้ำมันปาล์ม ทดแทนน้ำมันดีเซลในเครื่องจักรกลทางการเกษตร, วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหา-บัณฑิต สาขาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
8. กำพล ประทีปชัยกูร และ ชีระยุทธ หลีวิจิตร, การใช้น้ำมันปาล์มลดกัมลัดกรตผสมกับดีเซลในเครื่องยนต์การเกษตร: ส่วน I-สมรรถนะเครื่องยนต์, การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ครั้งที่ 6, หาดใหญ่, สงขลา, 8-9 พฤษภาคม 2551, หน้า 634-640
9. กำพล ประทีปชัยกูร และ ชีระยุทธ หลีวิจิตร, การใช้น้ำมันปาล์มลดกัมลัดกรตผสมกับดีเซลในเครื่องยนต์การเกษตร: ส่วน II-การสึกหรอของชิ้นส่วนเครื่องยนต์, การประชุมวิชาการทางวิศวกรรม-ศาสตร์มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ครั้งที่ 6, หาดใหญ่, สงขลา, 8-9 พฤษภาคม 2551, หน้า 641-648