



รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ การใช้ไบโอดีเซลเป็นสารเคมีเติมแต่งสำหรับดีโซฮอล

(Biodiesel as an Additive for Diesohol)

โดย

ผศ.ดร.ไกรพัฒน์ จินขจร

รศ.ดร. บัณฑิต พงษ์ธรรมสาร

ตุลาคม 2550

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ การใช้ไบโอดีเซลเป็นสารเคมีเติมแต่งสำหรับดีโซฮอล

(Biodiesel as an Additive for Diesohol)

ผศ.ดร.ไกรพัฒน์ จินขจร

ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

และ

รศ.ดร. บัณฑิต พงษ์ธรรมสาร

บัณฑิตวิทยาลัยร่วมด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

สนับสนุนโดยสำนักงานคณะกรรมการอุดมศึกษาและสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย

(ความเห็นในรายงานนี้เป็นของผู้วิจัย สกว.ไม่จำเป็นต้องเห็นด้วยเสมอไป)

Project Code : MRG4880102

(รหัสโครงการ)

Project Title : (Biodiesel as an Additive for Diesohol)

(ชื่อโครงการ) : การใช้ไบโอดีเซลเป็นสารเคมีเติมแต่งสำหรับดีโซฮอล

Investigator : Mr.Kraipat Cheenkachorn

(ชื่อนักวิจัย) : นายไกรพัฒน์ จินขจร

ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

E-mail Address : kpc@kmitnb.ac.th

Project Period : 1 June 2005 – 31 May 2007

(ระยะเวลาโครงการ) 1 มิถุนายน 2548 – 31 พฤษภาคม 2550

บทคัดย่อ

ในปัจจุบันนี้ได้มีการศึกษาวิจัยเชื้อเพลิงทางเลือกใหม่เพื่อลดการใช้เชื้อเพลิงปิโตรเลียม ไบโอดีเซลและเอทานอลเป็นเชื้อเพลิงที่ได้มีการศึกษาถึงความเป็นไปได้ในหลายประเทศรวมทั้งในประเทศไทย การผสมระหว่างเอทานอลและน้ำมันดีเซลหรือที่เรียกว่า ดีโซฮอล (Diesohol) เป็นทางเลือกหนึ่งในการลดการใช้้ำมันดีเซล แต่อย่างไรก็ตามในการผสมเอทานอล (ที่มีความบริสุทธิ์ 99.5 เปอร์เซ็นต์) และน้ำมันดีเซลบริสุทธิ์ไม่สามารถที่จะผสมเป็นสารเนื้อเดียวกัน เนื่องจากความแตกต่างทางด้านโครงสร้างและคุณลักษณะทางเคมีของสารทั้งสองชนิด ดังนั้นจำเป็นจะต้องใช้ตัวประสานที่มีประสิทธิภาพเพื่อให้ให้น้ำมันผสมเป็นเนื้อเดียวกัน

การศึกษาครั้งนี้พบว่าไบโอดีเซลมีความเหมาะสมที่จะใช้เป็นตัวประสานเพื่อให้ได้น้ำมันดีโซฮอลที่เป็นเนื้อเดียวกัน โดยผลการทดลองพบว่าน้ำมันดีโซฮอลที่มีไบโอดีเซลมีคุณสมบัติผ่านตามมาตรฐานน้ำดีเซลยกเว้นคุณสมบัติเรื่องจุดวาบไฟ อัตราส่วนของน้ำมันดีโซฮอลที่ผ่านมาตรฐานน้ำมันดีเซลมีอัตราส่วนไบโอดีเซลประมาณ 5% (โดยปริมาตร) ในของผสมของน้ำมันดีเซลต่อเอทานอลในสัดส่วน 95:5 (โดยปริมาตร) โดยเมื่อนำน้ำมันดีโซฮอลในอัตราส่วนดังกล่าวไปทดสอบกับรถยนต์ดีเซลบรรทุกขนาดเล็กเพื่อเปรียบเทียบสมรรถนะและมลพิษโดยใช้วัฏจักรการขับขี่กรุงเทพมหานครบน chassis ไดนาโมมิเตอร์พบว่าปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ของน้ำมันดีโซฮอลไม่แตกต่างจากน้ำมันดีเซล แต่น้ำมันดีโซฮอลมีการปล่อยอนุภาคไอเสียต่ำกว่าน้ำมันดีเซล น้ำมันดีโซฮอลมีกำลังสูงสุดต่ำกว่าน้ำมันดีเซล แต่อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงของน้ำมันทั้งสองไม่แตกต่างกัน

คำหลัก : ไบโอดีเซล ดีโซฮอล มลพิษ สมรรถนะเครื่องยนต์

Abstract

A number of studies currently focus on the alternative fuels to reduce the reliance on petroleum fuels. Biodiesel and ethanol are among candidates which are widely studied and tested in many countries including Thailand. Blending ethanol with regular diesel to form diesohol has been known as one of the strategies to reduce the use of regular diesel. However, an emulsifier is needed to homogenize the blend. In this research, biodiesel offers an alternative application as an emulsifier and wear additive for diesohol. The emulsification tests were conducted to select the proper blends. Physical and chemical properties of the selected blends were examined to meet the requirement of a conventional diesel. The results from the experiments were promising except the flash point. The performance of the selected diesohol blend consisting of 5%(vol.) biodiesel in the blend of a conventional diesel (D) and ethanol (E) with the ratio of 95:5 (by vol.), respectively, was tested on a pickup truck with a 2.5L inter-cooled direct injection diesel engine. Emission testing was conducted on a chassis dynamometer using a Bangkok Driving Cycle. The engine performance and fuel consumption were also observed. It was found that the emissions of CO₂, CO, and NO_x are insignificantly different from those of the conventional diesel. However, diesohol blend showed a reduction in particulate matter emission compared to the conventional diesel. Diesohol showed less maximum power output than the conventional diesel due to its less heating value. However, the fuel consumptions of diesohol and diesel are insignificantly different.

Keywords : Biodiesel, Diesohol, Emission, Engine Performance

3. สาขาวิชาที่ทำการวิจัย วิศวกรรมเคมี เทคโนโลยีเชื้อเพลิง และการหลอมขึ้นรูป
5. ระยะเวลาดำเนินงาน 2 ปี
6. ปัญหาที่ทำการวิจัย และความสำคัญของปัญหา

เนื่องจาก ดีเซลและเอทานอลไม่สามารถรวมกันได้อย่างสมบูรณ์ จึงจำเป็นต้องใช้อิมัลซิไฟเออร์ เพื่อให้เกิดการรวมเป็นเนื้อเดียวกันได้ระหว่างดีเซลและเอทานอล ในงานวิจัยนี้ ไบโอดีเซลถูกใช้เป็น อิมัลซิไฟเออร์ สำหรับดีโซฮอลได้ รวมไปถึงการปรับปรุงคุณสมบัติอื่นๆ ของดีโซฮอล เช่น คุณสมบัติทางกายภาพ และคุณสมบัติทางการหล่อลื่น

7. วัตถุประสงค์

1. เพื่อพัฒนาอีมีลซิไฟเออร์ สำหรับการผสมดีโซฮอล โดยใช้ผลิตภัณฑ์ภายในประเทศเช่น ไบโอดีเซล
2. เพื่อหาปริมาณที่เหมาะสม (Optimization) ของดีเซล เอทานอล และ ไบโอดีเซลที่นำมาผลิตดีโซฮอล เพื่อให้ได้คุณสมบัติตามมาตรฐานของน้ำมันดีเซล
3. เพื่อทดสอบหาคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของดีโซฮอลได้ตามมาตรฐานซึ่งประกอบด้วยจุดไหลเท (Pour point) ความหนืด (Viscosity) จุดวาบไฟ (Flash point) ค่าพลังงาน (Heating value) และดัชนีซีเทน (cetane index)
4. เพื่อศึกษาประสิทธิภาพการทำงานของดีโซฮอลในการทดลองกับเครื่องยนต์

8. ระเบียบวิธีวิจัย

ระเบียบการวิจัยแบ่งเป็นขั้นตอนต่างๆดังนี้

1. การทดสอบความเป็นเนื้อเดียวกันและเสถียรภาพ (Homogeneity and Emulsification Stability Test) ซึ่งดำเนินการผสมดีโซฮอลที่ศึกษามีอัตราส่วนผสมของดีเซลและเอทานอล 3 ค่าดังนี้ 95:5 90:10 และ 90:10 (โดยปริมาตร) จากนั้นทำการเติมไบโอดีเซลลงไป ใน ดีโซฮอลในปริมาณ 5 10 15 และ 20% (โดยปริมาตร) ของของผสม จากนั้นทำการกวนที่สภาวะที่กำหนดและเก็บไว้เป็นเวลา 6 เดือน เพื่อดูการแยกชั้นของของผสม การทดลองนี้ยังมีการทำ Three-phase diagram ของน้ำมันดีเซล เอทานอล และ ไบโอดีเซล

2. สารที่ทำการผสมแล้วจากการทดลองเบื้องต้นจะถูกนำมาทำการทดลองเพิ่มเติมเพื่อทดสอบคุณสมบัติเชิงเชื้อเพลิงเพื่อให้ได้ตามความต้องการของน้ำมันดีเซล ได้แก่ ความถ่วงจำเพาะ ความหนาแน่น ความหนืดเริ่มต้น 10% 50% และ 90% ค่าความร้อน ดัชนีซีเทน ปริมาณกาก ขนาดอนุภาค ของละออง การทดสอบการกัดกร่อนและเสียดสี

3. การทดสอบผลของการใช้น้ำมันดีโซฮอลกับเครื่องยนต์ดีเซล เพื่อทำการเปรียบเทียบการทำงานของเครื่องยนต์เมื่อใช้ดีโซฮอลกับดีเซลปกติ ผลภาวะที่ปล่อยจากน้ำมันทั้งสองและกำลังที่ได้

9. ผลงานที่ได้รับจากงานวิจัย

บทความตีพิมพ์ (อยู่ระหว่างการดำเนินงาน)

- Cheenkachorn K., Narasingha M., and Fungtammasan B., Biodiesel as an Additive for Diesohol. Part I: Investigation of Physical and Chemical Properties
- Cheenkachorn K. and Fungtammasan B., Biodiesel as an Additive for Diesohol. Part II: Emissions and Engine Performance on a Light-Duty Pick-Up Truck

สารบัญ

บทคัดย่อ	i
หน้าสรุปโครงการ (Executive Summary)	iii
สารบัญรูปภาพ	viii
สารบัญตาราง	ix
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 วัตถุประสงค์	2
1.2 ขอบเขตงานวิจัย	3
1.3 ประโยชน์ของงานวิจัย	3
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 น้ำมันดีเซล	4
2.1.1 ประเภทของน้ำมันดีเซล	4
2.1.1.1 น้ำมันดีเซลหมุนเร็ว	4
2.1.1.2 น้ำมันดีเซลหมุนช้า	4
2.1.2 คุณสมบัติที่สำคัญของน้ำมันดีเซล	6
2.1.2.1 ความถ่วงจำเพาะ	6
2.1.2.2 ค่าซีเทน (Cetane Number)	6
2.1.2.3 ความหนืด (Viscosity)	7
2.1.2.4 จุดไหลเท (Pour Point)	7
2.1.2.5 ปริมาณกำมะถัน (Sulphur Content)	7
2.1.2.6 การกัดกร่อนแผ่นทองแดง (Copper Strip Corrosion)	8
2.1.2.7 กากถ่านหรือกากคาร์บอน (Carbon Residue)	8
2.1.2.8 น้ำและตะกอน (Water and Sediment)	8
2.1.2.9 ปริมาณเถ้า (Ash Content)	8
2.1.2.10 จุดวาบไฟ (Flash Point)	9
2.1.2.11 การกลั่นที่อุณหภูมิของส่วนที่กลั่นได้ 90%	9
2.1.2.12 สี (Color)	9
2.1.2.13 สารเติมแต่ง (Additive)	9
2.1.2.14 คุณสมบัติในการหล่อลื่น (Lubricity)	9
2.2 เอทานอล (Ethanol)	11
2.2.1 การป้อนเข้าโดยตรง	11

2.2.2 การป้อนเอทานอลแยกกับน้ำมันดีเซล	11
2.2.3 การป้อนเอทานอลโดยการผสมกับน้ำมันดีเซลก่อน	11
2.3 ไบโอดีเซล (Biodiesel)	12
2.4 ดีโซฮอล (Diesohol)	13
2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	13
บทที่ 3 การดำเนินงานวิจัย	21
3.1 วัสดุและสารเคมีที่ใช้ในงานวิจัย	21
3.1.1 วัสดุอุปกรณ์	21
3.1.2 สารเคมี	21
3.2 การทดลองหาอัตราส่วนที่ดีโซฮอลผสมเป็นเนื้อเดียวกัน	21
3.3 การทดสอบคุณสมบัติทางเชื้อเพลิง	22
3.3.1 วิธีการวัดค่าความหนืดคิเนเมติก (Kinematic Viscosity)	23
3.3.2 วิธีการหาค่าความถ่วงจำเพาะ (Specific Gravity)	23
3.3.3 วิธีการหาจุดไหลเท (Pour Point)	25
3.3.4 วิธีการหาจุดวาบไฟ (Flash Point)	26
3.3.5 วิธีหาค่าอุณหภูมิการกลั่น (Distillation)	28
3.3.6 วิธีการหาค่าปริมาณกากคาร์บอน (Carbon Residue)	28
3.3.7 วิธีหาค่าดัชนีซีเทน (Cetane Index)	30
3.3.8 วิธีหาค่าความร้อน (Heating Value)	31
3.4 การทดสอบดีโซฮอลกับเครื่องยนต์ดีเซล	33
บทที่ 4 ผลการดำเนินงาน	36
4.1 ผลการทดสอบความเสถียรภาพของดีโซฮอล	36
4.2 ผลการทดสอบคุณสมบัติทางเชื้อเพลิงของดีโซฮอล	39
4.2.1 การทดลองเพื่อหาปริมาณคาร์บอน	39
4.2.2 การทดลองหา ความหนาแน่น และความหนืด	41
4.2.3 การทดลองหาค่าความร้อนของดีโซฮอล	43
4.2.4 การทดลองหาอุณหภูมิที่จุดเดือดเริ่มต้น	44
4.2.5 การทดลองหาจุดกลั่นตัว 10 เปอร์เซ็นต์	45
4.2.6 การทดลองหาจุดกลั่นตัว 50 เปอร์เซ็นต์	44
4.2.7 การทดลองหาจุดกลั่นตัว 90 เปอร์เซ็นต์	47
4.2.8 การทดลองหาค่าความถ่วงเอพียู และดัชนีซีเทน (Cetane Index)	48
4.2.9 การทดลองหาค่าจุดไหลเท	50

4.2.9 การทดลองหาค่าจุดวาบไฟ (Flash Point) .	51
4.2.10 ผลการทดลองหาขนาดอนุภาคในการฉีดเป็นฝอย (Drop size)	52
4.3 ผลการทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์ดีเซลและการทดสอบมลพิษ	54
4.3.1 ปริมาณไฮโดรคาร์บอนทั้งหมด (THC)	54
4.3.2 ปริมาณไนโตรเจนออกไซด์ (NO _x)	54
4.3.3 ปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO)	55
4.3.4 ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ (CO ₂)	56
4.3.5 ปริมาณอนุภาคฝุ่น (Particulate Mattersหรือ PM)	62
4.3.6 ผลการทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์และการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง	62
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย	65
เอกสารอ้างอิง	66
ภาคผนวก	

สารบัญรูปภาพ

ภาพที่ 3.1	เครื่องวัดความหนาแน่น (Density Specific Gravity Meter)	24
ภาพที่ 3.2	ถาดที่ใส่เซลล์เพื่อวัดความหนาแน่น	25
ภาพที่ 3.3	เครื่อง Pour and Cloud Point Tester	26
ภาพที่ 3.4	เครื่องทดสอบจุดวาบไฟแบบถ้วยปิด (Abel Closed Cup Tester)	27
ภาพที่ 3.5	เครื่องวัดค่าอุณหภูมิการกลั่น (Manual Distillation)	29
ภาพที่ 3.6	เครื่องวัดปริมาณกากคาร์บอน (Micro Carbon Residue Tester)	29
ภาพที่ 3.7	โถดูดความชื้น (Desicator)	30
ภาพที่ 3.8	ถ้วยสำหรับใส่ตัวอย่างการทดสอบครุยชิเบิล (Cruisible)	31
ภาพที่ 3.9	อิกนิชันเทอร์มินอล (Ignition Terminal)	32
ภาพที่ 3.10	บอมคาลอริมิเตอร์ (Bomb Calorimeter)	32
ภาพที่ 4.1	Three Phase Diagram ของของผสมระหว่าง ดีเซล เอทานอลและไบโอดีเซล	38
ภาพที่ 4.2	ดีโซฮอลเมื่อเวลาผ่านไป 6 เดือน	39
ภาพที่ 4.3	เปอร์เซ็นต์กากคาร์บอนของดีโซฮอล	40
ภาพที่ 4.4	ค่าความหนาแน่นของดีเซลและดีโซฮอล	42
ภาพที่ 4.5	ค่าความหนืดที่อุณหภูมิ 40°C ของดีเซลและดีโซฮอล	42
ภาพที่ 4.6	ค่าความร้อนของดีเซลและดีโซฮอล	43
ภาพที่ 4.7	จุดเดือดเริ่มต้นของดีเซลและดีโซฮอลที่อัตราส่วนต่างๆ	45
ภาพที่ 4.8	อุณหภูมิการกลั่นที่ 10% Distillation ของดีเซลและดีโซฮอล	46
ภาพที่ 4.9	อุณหภูมิการกลั่นที่ 50% Distillation ของดีเซลและดีโซฮอล	46
ภาพที่ 4.10	อุณหภูมิการกลั่นที่ 90% Distillation ของดีเซลและดีโซฮอล	48
ภาพที่ 4.11	ค่าความถ่วงเอพียู ที่อุณหภูมิ 60 °F ของดีเซลและดีโซฮอล	49
ภาพที่ 4.12	ดัชนีซีเทนของดีเซลและดีโซฮอลที่ไบโอดีเซลอัตราส่วนต่างๆ	49
ภาพที่ 4.13	ค่าจุดไหลเทของดีเซลและดีโซฮอล	51
ภาพที่ 4.14	จุดวาบไฟของดีเซลและดีโซฮอล	52
ภาพที่ 4.15	ขนาดอนุภาคในการฉีดเป็นฝอยของดีเซลและดีโซฮอล	53
ภาพที่ 4.16	ข้อมูลที่เวลาจริง (Real time Data) ของ THC	58
ภาพที่ 4.17	ข้อมูลที่เวลาจริง (Real time Data) ของ NO _x	59
ภาพที่ 4.18	ข้อมูลที่เวลาจริง (Real time Data) ของ CO	60
ภาพที่ 4.19	ข้อมูลที่เวลาจริง (Real time Data) ของ CO ₂	61
ภาพที่ 4.20	กำลังที่ได้ (Power output) จากเครื่องยนต์ที่ความเร็วรอบต่างๆ	63

สารบัญตาราง

ตารางที่ 2-1	ลักษณะและคุณภาพของน้ำมันดีเซล พ.ศ. 2549	5
ตารางที่ 3.1	รายละเอียดของรถยนต์ที่ใช้ การทดสอบ	41
ตารางที่ 3.2	วิธีการการขับที่กรุงเทพมหานคร	42
ตารางที่ 4.1	ผลการทดสอบปริมาณมลพิษที่ทดสอบ	57
ตารางที่ 4.2	ค่าการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง (Fuel consumption) ที่ความเร็วต่างๆ	64

บทที่ 1

บทนำ

พลังงานเป็นสิ่งสำคัญต่อการดำรงชีพของมนุษย์อย่างที่ไม่สามารถปฏิเสธได้ ในโลกปัจจุบันน้ำมันปิโตรเลียมหรือน้ำมันฟอสซิล (Fossil fuels) เป็นเชื้อเพลิงหลักของโลกซึ่งเชื้อเพลิงชนิดนี้ไม่สามารถหมุนเวียนกลับมาใช้ใหม่ได้ และมีแนวโน้มว่าจะขาดแคลนในอนาคต ทุกวันนี้น้ำมันดีเซลมีการปรับราคาสูงขึ้นมากซึ่งส่งผลกระทบต่อผู้บริโภคอย่างมาก ปัจจุบันน้ำมันที่ใช้กับเครื่องยนต์ในประเทศนั้นส่วนใหญ่เป็นการนำเข้าจากต่างประเทศในรูปของน้ำมันดิบเพราะประเทศไทยไม่มีแหล่งน้ำมันดิบภายในประเทศที่เพียงพอต่อความต้องการภายในประเทศ การศึกษาค้นคว้าด้านพลังงานต่าง ๆ จึงเกิดขึ้นเพื่อลดการพึ่งพาการนำเข้าน้ำมันจากต่างประเทศและส่งเสริมการใช้ทรัพยากรที่มีอยู่ในประเทศให้เกิดประโยชน์ทางด้านพลังงาน รวมถึงการแก้ไขปัญหาผลผลิตทางการเกษตรที่ล้นตลาด นอกจากนี้แล้วยังมีการศึกษาค้นคว้าพลังงานแหล่งใหม่ ได้แก่ ถ่านหิน ก๊าซธรรมชาติ หินน้ำมัน แอลกอฮอล์ น้ำมันจากพืชต่าง ๆ เป็นต้น

การศึกษาวิจัยเกี่ยวกับเชื้อเพลิงเพื่อทดแทนน้ำมันที่ใช้กับเครื่องยนต์ได้บางส่วนหรือทั้งหมดจะสามารถช่วยแก้ปัญหาทางด้านพลังงานได้มาก สำหรับเชื้อเพลิงที่ได้รับความนิยมขณะนี้คือแอลกอฮอล์ (Alcohol) สำหรับแอลกอฮอล์ที่เหมาะสมในการใช้เป็นเชื้อเพลิงได้แก่ เมทานอล (Methanol) และเอทานอล (Ethanol) เมทานอลสามารถผลิตได้จากก๊าซธรรมชาติในขณะที่เอทานอลสามารถผลิตได้จากผลผลิตทางการเกษตร เช่น อ้อย มันสำปะหลัง เป็นต้น และในปี พ.ศ. 2546 รัฐบาลได้สนับสนุนให้มีการผลิตเอทานอลโดยได้ให้ใบอนุญาตแก่โรงงานผลิตเอทานอลจำนวน 8 แห่ง ซึ่งมีความสามารถในการผลิตรวมกันถึง 1.5 ล้านลิตรต่อวัน [1] ดังนั้นการใช้เอทานอลเป็นเชื้อเพลิงจึงมีความเหมาะสมมากกว่าการใช้เมทานอล

เนื่องจากต้นทุนในการผลิตเมทานอลมีราคาสูงกว่าการผลิตเอทานอล อีกทั้งในประเทศไทยมีวัตถุดิบสำหรับการผลิตเอทานอลปริมาณมาก

จากการวิจัยทางด้านการใช้แอลกอฮอล์เป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ได้มีการใช้ทั้งเมทานอลและเอทานอลผสมกับน้ำมันเบนซินเป็นแก๊สโซฮอล (Gasohol) หรือผสมกับน้ำมันดีเซลเป็นดีโซฮอล (Diesohol) เพื่อลดการใช้ น้ำมันทั่วไป ในปัจจุบันมีการใช้แก๊สโซฮอลอย่างแพร่หลาย เนื่องจากมีการสนับสนุนจากรัฐบาล แต่การใช้ดีโซฮอลยังไม่ได้รับการสนับสนุนเนื่องจากการผสมกันระหว่างน้ำมันดีเซลกับแอลกอฮอล์มักพบปัญหาเรื่องการแยกชั้นของน้ำมันดีเซลและเอทานอล ซึ่งจำเป็นต้องมีการเติมอิมัลซิไฟเออร์ (Emulsifier) เพื่อช่วยในการผสมให้เป็นเนื้อเดียวกัน

การศึกษาเกี่ยวกับดีโซฮอลนั้นจะต้องเน้นเกี่ยวกับอิมัลซิไฟเออร์ที่เหมาะสม อิมัลซิไฟเออร์ที่ดีควรมีสมบัติตามที่ต้องการและสามารถผลิตได้ในประเทศและมีราคาถูก เพราะจะส่งผลถึงราคาต้นทุนของเชื้อเพลิง นอกจากนี้แล้วอิมัลซิไฟเออร์ต้องสามารถทำให้คุณสมบัติทั้งทางกายภาพและทางเคมีของดีโซฮอลใกล้เคียงกับน้ำมันดีเซลทั่วไป ซึ่งสามารถนำไปใช้แทนน้ำมันดีเซลได้โดยไม่ต้องปรับเปลี่ยนหรือดัดแปลงเครื่องยนต์ดีเซล

1.1 วัตถุประสงค์

การวิจัยนี้จะศึกษาการใช้เอทานอลผสมกับน้ำมันดีเซลโดยมีไบโอดีเซล (Biodiesel) จากน้ำมันปาล์มทำหน้าที่เป็นเป็นอิมัลซิไฟเออร์ วัตถุประสงค์ในงานวิจัยมีดังนี้

1.1.1 ศึกษาคุณสมบัติของอิมัลซิเออร์ที่ทำให้เอทานอลและน้ำมันดีเซลสามารถผสมเป็นเนื้อเดียวกันในรูปของอิมัลชัน

1.1.2 ศึกษาความเสถียรภาพของอิมัลชัน (Emulsification Stability) ของดีโซฮอล

1.1.3 ศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของดีโซฮอลล์เพื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐานน้ำมันดีเซล

1.1.4 ทดสอบดีโซฮอลล์ที่ได้กับเครื่องยนต์ดีเซลเพื่อหาเกี่ยวกับสมรรถนะของเครื่องยนต์และปริมาณก๊าซไอเสียจากการเผาไหม้

1.2 ขอบเขตงานวิจัย

ในงานวิจัยนี้ได้ทดสอบความเสถียรภาพของอิมัลชันของดีโซฮอลล์ ที่ได้จากการผสมกันระหว่างน้ำมันดีเซลและเอทานอลที่อัตราส่วนของน้ำมันดีเซลต่อเอทานอลโดยปริมาตร ต่างๆ ได้แก่ 95:5 90:10 85:15 และ 80:20 กับไบโอดีเซลซึ่งใช้เป็นอิมัลซิไฟเออร์ในปริมาตรต่างๆ หลังจากนั้นนำดีโซฮอลล์ในทุกอัตราส่วนมาทดสอบคุณสมบัติทางเชื้อเพลิง แล้วนำมาเปรียบเทียบกับมาตรฐานของน้ำมันดีเซล และคัดเลือกส่วนผสมของดีโซฮอลล์ที่ได้มาตรฐานของน้ำมันดีเซลทั่วไปมาทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์ดีเซลเพื่อหาค่าอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมัน แรงบิด และปริมาณก๊าซไอเสีย

1.3 ประโยชน์ของงานวิจัย

เมื่อการวิจัยนี้เสร็จลุล่วงแล้วจะได้รับประโยชน์ดังนี้

1.3.1 งานวิจัยนี้สามารถหาพลังงานทดแทนอื่นที่ใช้ในเครื่องยนต์ดีเซล ซึ่งมีคุณสมบัติใกล้เคียงกับน้ำมันดีเซลแต่มีราคาถูกกว่า เพื่อนำไปสู่การลดการใช้้ำมันปิโตรเลียม

1.3.2 สามารถนำผลผลิตทางการเกษตรที่มีมากในเมืองไทย เช่น มันสำปะหลัง ข้าว ข้าวโพด และธัญพืชอื่นๆ มาใช้ให้เป็นประโยชน์ และยังเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับผลผลิตทางการเกษตร

1.3.3 ทราบถึงสมรรถนะของเครื่องยนต์และมลพิษจากการใช้น้ำมันดีโซฮอลล์

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 น้ำมันดีเซล

น้ำมันดีเซล คือ ผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียมชนิดหนึ่งที่มีจำนวนคาร์บอนระหว่าง 13 ถึง 18 และได้จากการกระบวนการกลั่นน้ำมันดิบ โดยมีช่วงจุดเดือดอยู่ระหว่าง $150-400^{\circ}\text{C}$ น้ำมันดีเซลสามารถผลิตได้จากน้ำมันกึ่งสำเร็จรูปหลายอย่างมาผสมเข้าด้วยกันและจัดเป็นน้ำมันที่มีองค์ประกอบมากที่สุด และมีช่วงจุดเดือดกว้าง ปัจจุบันมีจำหน่าย 2 ประเภท

2.1.1 ประเภทของน้ำมันดีเซล

2.1.1.1 น้ำมันดีเซลหมุนเร็ว (High Speed Diesel Oil หรือ HSD) คนส่วนใหญ่เรียกกันว่า น้ำมันโซล่า ซึ่งเป็นเชื้อเพลิงที่ได้จากการกลั่นน้ำมันดิบ มีช่วงจุดเดือดประมาณ $180 - 370^{\circ}\text{C}$ นำมาใช้กับเครื่องยนต์ดีเซลของยานยนต์และเครื่องจักรกลทุกชนิด ที่มีความเร็วรอบเกิน 1,000 รอบต่อนาที เช่น รถยนต์ส่วนบุคคล รถบรรทุกเล็ก รถโดยสาร รถบรรทุก รถแทรกเตอร์ งานก่อสร้างและการเกษตร รถเครน เรือหางยาว เป็นต้น

2.1.1.2 น้ำมันดีเซลหมุนช้า (Low Speed Diesel หรือ LSD) หากนำมาใช้ในเรือเดินสมุทรมีชื่อว่า มารีนดีเซลออยล์ (Marine Diesel Oil หรือ MDO) ซึ่งเป็นน้ำมันผสมระหว่างน้ำมันดีเซลหมุนเร็ว (Distillate Fuel) และน้ำมันเตา (Heavy Fuel Oil หรือ HFO) ในอัตราส่วนที่มีคุณสมบัติตรงตามข้อกำหนดของกระทรวงพาณิชย์ที่ใช้ได้กับเครื่องยนต์ดีเซลที่มีรอบการทำงานต่ำประมาณ 500 – 1,000 รอบต่อนาที

กรมธุรกิจพลังงานได้กำหนดลักษณะและคุณภาพของน้ำมันดีเซล เมื่อวันที่ 29 ธันวาคม พ.ศ. 2549 ดังแสดงได้ในตารางที่ 2-1

ตารางที่ 2-1 ลักษณะและคุณภาพของน้ำมันดีเซล พ.ศ. 2549 [2]

รายการ	ข้อกำหนด	คุณสมบัติ		วิธีทดสอบ
		ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	
1	Specific Gravity at 15.6 °C	0.81	0.87	ASTM D 1298
2	Cetane Number หรือ Cetane Index	47	50	ASTM D 613
3	Viscosity, cSt at 40°C at 40°C	1.8 -	4.1 -	ASTM D 445
4	Pour point, °C	-	10	ASTM D 97
5	Sulphur, % wt	-	0.035	ASTM D 4294
6	Copper Strip Corrosion	-	No.1	ASTM D 130
7	Oxidation Stability, g/cm ³	-	25	ASTM D 2274
8	Carbon Residue, %wt	-	0.025	ASTM D 189
9	Water and Sediment, % vol.	-	0.05	ASTM D 2709
10	Ash, %wt	-	0.01	ASTM D 482
11	Flash point, °C	-	0.01	ASTM D 93
12	Distillation temperature, °C (90% recovered)	-	357	ASTM D 86
13	Polycyclic aromatic Hydrocarbon, %wt	-	-	-
14	Colour -Hue -Dye, mg/l -Intensity	- - -	- - 4.0	ASTM D 1500
15	Methyl ester of fatty acid, %vol	-	-	-
16	Lubricity, µm	-	460	CEC-F-06-A-96
17	Additive	-	-	-

2.1.2 คุณสมบัติที่สำคัญของน้ำมันดีเซล

คุณสมบัติของน้ำมันดีเซลเป็นตัววัดประสิทธิภาพในการเผาไหม้ของน้ำมันและพลังงานที่ได้จากการเผาไหม้ น้ำมันดีเซลจะต้องจุดระเบิดได้เองโดยเร็วและเผาไหม้หมดภายใต้สภาวะห้องเผาไหม้ของเครื่องยนต์ดีเซล น้ำมันดีเซลจะถูกป้อนเข้าสู่เครื่องยนต์ดีเซลโดยอุปกรณ์การฉีดน้ำมันโดยไม่ก่อให้เกิดปัญหาที่หัวฉีดและคุณสมบัติจะต้องไม่เสื่อมสภาพระหว่างการขนส่งโดย คุณสมบัติทางเชื้อเพลิงของน้ำมันดีเซลแสดงได้ตามตาราง 2-1 คุณสมบัติที่สำคัญสามารถสรุปได้พอสังเขปดังนี้

2.1.2.1 ความถ่วงจำเพาะ (Specific Gravity)

ความถ่วงจำเพาะเป็นการวัดความหนักเบาของน้ำมัน ถ้าน้ำมันหนักมากจะส่งผลให้ค่าความร้อนของน้ำมันต่อหน่วยน้ำหนักจะลดลงซึ่งทำให้ค่าซีเทนลดลง การเผาไหม้ไม่สมบูรณ์และเกิดคราบเขม่าคาร์บอนสะสมได้มาก ความถ่วงจำเพาะสามารถทดสอบได้ตามวิธี ASTM D 1298

2.1.2.2 ค่าซีเทน (Cetane Number) หรือ ดัชนีซีเทน (Cetane Index)

ค่าซีเทนแสดงถึงคุณภาพการจุดติดไฟ (Ignition Quality) นับตั้งแต่น้ำมันเริ่มถูกฉีดเข้าสู่ห้องเผาไหม้จนกระทั่งน้ำมันเกิดติดไฟขึ้น ช่วงระยะเวลานี้เรียกว่า ความล่าช้าในการจุดติดไฟ (Ignition Delay) น้ำมันที่มีช่วงระยะเวลานี้สั้นก็จะมีค่าซีเทนสูง จุดติดไฟได้ง่ายส่งผลให้เครื่องยนต์สตาร์ทติดง่าย น้ำมันดีเซลที่ได้จากกระบวนการกลั่นโดยตรงจะมีค่าซีเทนสูงประมาณ 60 แต่ถ้ามีส่วนผสมของน้ำมันที่ได้จากกระบวนการแตกสลาย (Cracking Process) น้ำมันจะมีค่าซีเทนประมาณ 50-55 การวัดค่าซีเทนสามารถคำนวณออกมาในรูปของค่าดัชนีซีเทน (Calculated Cetane Index) ซึ่งคำนวณตามมาตรฐาน ASTM D 976 โดยใช้ค่าความถ่วงจำเพาะ (API Gravity) และช่วงการกลั่นที่ 50 % (Mid Boiling Point)

2.1.2.3 ความหนืด (Viscosity)

ความหนืดเป็นแรงต้านทานการไหลของน้ำมัน น้ำมันที่ดีต้องมีความหนืดที่เหมาะสมกับระบบการฉีดน้ำมัน (Injection System) เพื่อให้เข้าสู่ห้องเผาไหม้ได้ในลักษณะที่ฉีดเป็นฝอยละเอียดได้ดีและสามารถช่วยหล่อลื่นปั๊มหัวฉีดด้วย ถ้าน้ำมันมีความหนืดมากเกินไป หรือน้ำมันจะกระจายตัวเป็นฝอยไม่ดี ในทางตรงกันข้ามถ้าน้ำมันมีความหนืดน้อยเกินไปหรือใสเกินไปจะส่งผลต่อการหล่อลื่นที่ไม่ดีและอาจทำให้ลูกปั๊มหัวฉีดอุดตันได้หรือเกิดความสึกหรอจนทำให้ปั๊มรั่วได้ ค่าความหนืดที่วัดได้จะเป็นความหนืดจลน์ (Kinematic Viscosity) ซึ่งสามารถทดสอบได้ตามมาตรฐาน ASTM D 445

2.1.2.4 จุดไหลเท (Pour Point)

จุดไหลเทเป็นอุณหภูมิต่ำสุดที่น้ำมันเริ่มไม่ไหลตามวิธี ASTM D 97 จุดไหลเทมีความสำคัญมากในสภาวะอากาศหนาว โดยเฉพาะในประเทศที่มีอากาศหนาว บริเวณภาคเหนือของประเทศไทยในช่วงฤดูหนาวอุณหภูมิต่ำ น้ำมันจะก่อตัวเป็นเกล็ดขี้ผึ้งติดที่กรองน้ำมันดีเซล ขัดขวางการไหลของน้ำมันไปป้อนปั๊มหัวฉีด และในบางกรณีจะส่งผลต่อการอุดตันของปั๊มหัวฉีดได้

2.1.2.5 ปริมาณกำมะถัน (Sulphur Content)

กำมะถันในน้ำมันดีเซลจะเผาไหม้กับอากาศแล้วได้ผลิตภัณฑ์ในรูปของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) ซึ่งเป็นไอเสียที่ถูกปล่อยทิ้งออกสู่อากาศภายนอก ซัลเฟอร์ไดออกไซด์จะส่งผลทำให้สภาวะแวดล้อมเป็นพิษ ซัลเฟอร์ไดออกไซด์บางส่วนสามารถรวมตัวกับน้ำหรือความชื้นกลายเป็นกรดกำมะถันซึ่งกัดกร่อนชิ้นส่วนเครื่องยนต์เกิดการสึกหรอ กรมธุรกิจพลังงานได้กำหนดให้มีปริมาณกำมะถันในน้ำมันดีเซลได้ไม่เกิน 0.035 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก และตั้งแต่ 1 มกราคม พ.ศ. 2555 กำหนดให้มีปริมาณกำมะถันในน้ำมันดีเซลได้ไม่เกิน 0.005 เปอร์เซ็นต์

โดยน้ำหนัก โดยประกาศ ณ วันที่ 29 ธันวาคม พ.ศ. 2549 เพื่อลดมลภาวะอากาศเป็นพิษ สามารถทดสอบได้ตามมาตรฐาน ASTM D 4294

2.1.2.6 การกัดกร่อนแผ่นทองแดง (Copper Strip Corrosion)

การกัดกร่อนแผ่นทองแดงเป็นการทดสอบการควบคุมป้องกันถังเก็บเนื่องจากท่อทางเดินน้ำมันและอุปกรณ์ส่วนใหญ่ทำมาจากทองแดงหรือวัสดุที่มีส่วนผสมของทองแดงอยู่ ซึ่งอาจเกิดการกัดกร่อนเสียหายได้จากสารประกอบกำมะถัน การกัดกร่อนแผ่นทองแดงจะทำการทดสอบได้ตามมาตรฐาน ASTM D 130

2.1.2.7 กากถ่านหรือกากคาร์บอน (Carbon Residue)

กากถ่านคือปริมาณสารไฮโดรคาร์บอนที่เหลือตกค้างอยู่หลังจากน้ำมันได้ระเหยออกไปหมดแล้วที่อุณหภูมิสูงๆ ในช่วงเวลาหนึ่ง น้ำมันที่มีปริมาณกากคาร์บอนสูงจะมีแนวโน้มการเกิดควันและคราบเขม่าคาร์บอนเกาะสะสมในห้องเผาไหม้ บริเวณร่องแหวน ลูกสูบและหัวฉีดได้ กากถ่านทดสอบได้ตามมาตรฐาน ASTM D 189

2.1.2.8 น้ำและตะกอน (Water and Sediment)

น้ำและตะกอนถ้ามีมากเกินไปเกินมาตรฐาน เป็นผลให้เกิดตะกอนอุดตันที่หม้อกรองน้ำมันได้ และมีผลต่ออายุการใช้งานของไส้กรองและหัวฉีดน้ำมัน น้ำและตะกอนสามารถทดสอบได้ตามมาตรฐาน ASTM D 91

2.1.2.9 ปริมาณเถ้า (Ash Content)

ในน้ำมันดีเซลจะประกอบด้วยสารประกอบบางประเภทที่ไม่สามารถเผาไหม้หมดได้ซึ่งจะทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่อยู่ในรูปของแข็ง สารอนินทรีย์ต่างๆ และในรูปของสารสบู่จำพวกโลหะที่ละลายในน้ำมันได้ สารประกอบที่เป็นอยู่ในรูปของแข็งอาจจะขีดข่วนผิวโลหะของเครื่องยนต์ให้เป็นรอยได้และทำปฏิกิริยากับหัวฉีดสึกหรอ ส่วนสารประเภทสบู่ของโลหะที่ละลายได้จะทำให้เกิดคราบตะกอนเกาะติดในเครื่องยนต์ซึ่งเพิ่มการสึกหรอ

2.1.2.10 จุดวาบไฟ (Flash Point)

จุดวาบไฟ เป็นอุณหภูมิที่น้ำมันดีเซลระเหยออกมาเป็นไอ ซึ่งมีปริมาณมากพอที่เมื่อมีเปลวไฟเข้ามาก็จะลุกติดไฟคุณสมบัติข้อนี้จะเกี่ยวข้องกับความปลอดภัยในการเก็บสำรองน้ำมัน น้ำมันดีเซลหมุนเร็วถือเป็นน้ำมันไม่น่ากลัวอันตราย สามารถเก็บในถังบนดินได้โดยปลอดภัย การหาจุดวาบไฟสามารถทดสอบได้ตามมาตรฐาน ASTM D 93 โดยเครื่องมือพิเศษที่เรียกว่า Pensky Martens Closed Cup (PMCC)

2.1.2.11 การกลั่นที่อุณหภูมิของส่วนที่กลั่นได้ 90% (90% Recovered)

ในอดีตกระทรวงพาณิชย์กำหนดอุณหภูมิของส่วนที่กลั่นได้ 90 % ไว้ไม่เกิน 370 °C ซึ่งทำให้ส่วนหนักๆ ในน้ำมันไม่สามารถเผาไหม้ได้หมด จึงทำรถปล่อยควันดำมากตามท้องถนน โดยเฉพาะรถที่บรรทุกหนักเกินพิกัดและการเร่งเครื่องกะทันหัน เมื่อปี พ.ศ. 2535 รัฐบาลโดยกระทรวงพาณิชย์จึงออกข้อกำหนดใหม่สำหรับอุณหภูมิของส่วนที่กลั่นได้ 90 % ไม่ให้เกิน 357 °C ซึ่งหมายถึง ส่วนหนักๆ ในน้ำมันดีเซลหมุนเร็วบางส่วนถูกตัดออกไปเป็นผลให้น้ำมันเผาไหม้หมดจดและสามารถช่วยลดควันดำลงไปได้มาก

2.1.2.12 สี (Color)

สีจะแสดงถึงการเจือปนหรือการเสื่อมของน้ำมัน และใช้เพื่อควบคุมการปะปนกับน้ำมันเตา เนื่องจากสีเป็นลักษณะที่สำคัญในการบ่งชี้ถึงคุณภาพ และความสะอาดของน้ำมัน สีทดสอบตามมาตรฐาน ASTM D 1500

2.1.2.13 สารเติมแต่ง (Additive)

มีคุณสมบัติทำความสะอาดหัวฉีด (Detergent Additive) เพื่อให้การเผาไหม้สะอาดสมบูรณ์ลดมลภาวะเป็นพิษบนท้องถนน

2.1.2.14 คุณสมบัติในการหล่อลื่น (Lubricity)

ด้วยเหตุที่รัฐบาลกำหนดให้มีปริมาณกำมะถันในน้ำมันดีเซลได้ไม่เกิน 0.05 % โดยน้ำหนัก การลดปริมาณกำมะถันในน้ำมันดีเซลลงทำให้คุณสมบัติการหล่อลื่นโดยธรรมชาติของน้ำมันดีเซลลดลงไปมากส่งผลทำให้ปั๊มหัวฉีดสึกหรอและอุดตันได้ในระยะยาว รัฐบาลจึงอนุญาตให้เติมสารเพิ่มคุณสมบัติการหล่อลื่น (Lubricity Additive) ในน้ำมันดีเซล คุณสมบัติในการหล่อลื่นสามารถทดสอบโดยวิธี HFRR (High Frequency Reciprocating Rig)

2.2 เอทานอล (Ethanol)

เอทานอล หรือเอทิลแอลกอฮอล์ (Ethyl alcohol) เป็นสารอินทรีย์ มีสูตรเคมีคือ C_2H_5OH ซึ่งเป็นของเหลวใส ไม่มีสีและติดไฟง่าย ในการผลิตเอทานอลนั้นความบริสุทธิ์ของเอทานอลต่ำกว่า 100 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากปัญหาในเรื่องของจุดอาซิโโทรป (Azeotrope) ซึ่งเทคโนโลยีการกลั่นแบบธรรมดาไม่สามารถที่จะทำให้เอทานอลที่กลั่นได้มีความบริสุทธิ์มากกว่า 95 เปอร์เซ็นต์โดยโมลได้ เอทานอลที่ความบริสุทธิ์ประมาณ 95 เปอร์เซ็นต์จะถูกเรียกว่า ไฮโดรรัสเอทานอล (Hydrous Ethanol) และเอทานอลที่ความบริสุทธิ์มากกว่า 99.5 เปอร์เซ็นต์จะถูกเรียกว่า แอนไฮโดรรัสแอลกอฮอล์ (Anhydrous Ethanol) การผลิตเอทานอลมี 2 วิธีการหลักๆ ได้แก่ การผลิตเอทานอลโดยใช้เอทิลีน (Ethylene) เป็นวัตถุดิบ เอทานอลประเภทนี้จะถูกเรียกว่า เอทานอลสังเคราะห์ (Synthetic Ethanol) สำหรับเอทานอลที่ผลิตจากวัตถุดิบทางการเกษตร เช่น ข้าวเจ้า มันสำปะหลัง น้ำตาล ฟางข้าว ชานอ้อย จะถูกเรียกว่าไบโอเอทานอล (Bio-Ethanol) ซึ่งปัจจุบันรัฐบาลไทยได้ส่งเสริมการบริโภคและอุปโภคการใช้เอทานอลประเภทนี้อย่างมากเพื่อลดการนำเข้าน้ำมันดิบ

การป้อนเอทานอลเข้าเครื่องยนต์ดีเซลอาจทำได้หลายวิธี ดังนี้

2.2.1 การป้อนเข้าโดยตรง

การป้อนเข้าโดยตรงโดยใช้หัวฉีดที่ทำหน้าที่ฉีดเอทานอลเข้าเครื่องยนต์แบบเดียวกับการฉีดน้ำมันดีเซล แต่เครื่องยนต์ดีเซลได้มีการออกแบบหัวฉีดมาสำหรับใช้กับน้ำมันดีเซลไม่เหมาะกับการฉีดเอทานอล เนื่องจากคุณสมบัติทางกายภาพที่แตกต่างกัน ซึ่งจำเป็นต้องมีการออกแบบหัวฉีดและห้องเผาไหม้ให้เหมาะสมกับคุณสมบัติเอทานอล

2.2.2 การป้อนเอทานอลแยกกับน้ำมันดีเซล

การป้อนเอทานอลแยกกับน้ำมันดีเซล ในวิธีการนี้น้ำมันดีเซลยังถูกป้อนโดยใช้หัวฉีดเดิม ในขณะที่เอทานอลจะถูกป้อนเข้าอีกทางหนึ่งโดยอาจจะใช้หัวฉีดที่ออกแบบสำหรับฉีดเอทานอลเข้าห้องเผาไหม้โดยตรง นอกจากนี้แล้วยังสามารถฉีดเอทานอลเข้าทางไอดีโดยผ่านคาร์บูเรเตอร์ ซึ่งเอทานอลจะถูกดูดเข้าในจังหวะดูดของเครื่องยนต์พร้อมกับอากาศเข้าในกระบอกสูบ ซึ่งจะต้องมีการปรับปริมาณของเอทานอลและอากาศที่เข้าให้เหมาะสมเพื่อให้เกิดการสันดาปที่สมบูรณ์

2.2.3 การป้อนเอทานอลโดยการผสมกับน้ำมันดีเซลก่อน

การป้อนเอทานอลโดยการผสมกับน้ำมันดีเซลก่อนแล้วจึงฉีดเข้าเครื่องยนต์ในแบบเดียวกับการฉีดน้ำมันดีเซล แต่มักพบปัญหาคือเอทานอลไม่สามารถรวมเป็นเนื้อเดียวกันกับน้ำมันดีเซลได้ เมื่อของผสมเข้าด้วยกันแล้วจะแยกทำการแยกชั้นทันที จึงจำเป็นต้องใช้อิมัลซิไฟเออร์ที่สามารถทำให้เอทานอลและน้ำมันดีเซลผสมเข้ากันได้ ซึ่งวิธีนี้จะง่ายและสะดวกที่สุดในการนำมาเอทานอลมาใช้กับเครื่องยนต์ดีเซลโดยที่ไม่จำเป็นต้องมีการดัดแปลงเครื่องยนต์

2.3 ไบโอดีเซล (Biodiesel)

ไบโอดีเซลคือการนำน้ำมันจากพืชหรือสัตว์มาใช้เป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ดีเซล การใช้ไบโอดีเซลมีหลากหลายรูปแบบ ซึ่งแบ่งได้เป็น 3 รูปแบบใหญ่ๆ ได้แก่ 1) การนำน้ำมันพืชหรือน้ำมันสัตว์มาใช้เป็นเชื้อเพลิงโดยไม่มีการเติมสารเคมีหรือเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของน้ำมันแต่อย่างใด 2) การผสมน้ำมันพืชหรือน้ำมันสัตว์ในน้ำมันเชื้อเพลิงทั่วไป เช่น การผสมน้ำมันก๊าดลงในน้ำมันมะพร้าว หรือการผสมน้ำมันดีเซล น้ำมันเบนซินลงในน้ำมันปาล์ม 3) การนำน้ำมันพืชหรือน้ำมันสัตว์มาผ่านกระบวนการทางเคมีโดยทำปฏิกิริยากับแอลกอฮอล์ (เมทิลแอลกอฮอล์ หรือเอทิลแอลกอฮอล์) โดยมีกรดหรือด่างเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาเพื่อเปลี่ยนรูปของน้ำมันให้เป็นเอสเทอร์ (Ester) เรียกว่า กระบวนการทรานเอสเทอริฟิเคชัน (Transesterification Process) ได้ผลิตภัณฑ์ คือ เมทิลเอสเทอร์ หรือ เอทิลเอสเทอร์ ซึ่งเอสเทอร์นี้มีคุณสมบัติใกล้เคียงกับน้ำมันดีเซลจากปิโตรเลียมมากที่สุด น้ำมันประเภทนี้ถูกรู้จักในชื่อของไบโอดีเซลทั่วไป

ปัจจุบันประเทศไทยได้มีนโยบายส่งเสริมการใช้ไบโอดีเซลในรถยนต์มากขึ้นเนื่องจากประเทศไทยมีปัญหาหลายประการคือ ประการที่หนึ่ง การขาดดุลการค้าเนื่องจากราคาน้ำมันที่พุ่งสูงอย่างต่อเนื่อง ซึ่งจะทำให้ประเทศขาดความแน่นอนและความมั่นคงด้านพลังงาน ประการที่สองคือ ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรม โครงสร้างราคาของผลผลิตทางการเกษตรไม่มีความเหมาะสมทำให้เกษตรกรต้องประสบปัญหาหาราคาพืชผลตกต่ำ ประการที่สามคือ ในพื้นที่ที่ห่างไกล การคมนาคมขนส่งยังคงยากลำบาก การขนส่งพืชผลทางการเกษตรมาขาย หากไม่ได้ราคาดีเพียงพอแล้ว ส่งผลให้การลงทุนที่ขาดผลกำไร ซึ่งบางครั้งจะพบว่าบางพื้นที่ปล่อยให้พืชผลเน่าเสียไปโดยไร้ประโยชน์ ขณะเดียวกันสินค้าอุปโภค บริโภคที่จำเป็นซึ่งรวมถึงน้ำมันเชื้อเพลิงที่จะต้องขนส่งเข้าไป ก็มีราคาสูงขึ้นตามระยะทางและความยากลำบากด้วยเช่นกัน ประการสุดท้าย กรุงเทพมหานครถูกจัดเป็นเมืองซึ่งมีมลพิษทางอากาศ

สูง สาเหตุหลักๆ เกิดจากรถยนต์ที่แออัดกันอยู่บนถนนซึ่งปล่อยควันดำออกมาซึ่งประกอบไปด้วยสารไฮโดรคาร์บอน คาร์บอนไดออกไซด์ คาร์บอนมอนอกไซด์ หรือฝุ่นละอองขนาด 10 ไมโครเมตรที่เรียกว่า Particulate Matter (PM-10) สารเหล่านี้ ที่ทำให้เราเกิดอาการตั้งแต่ ภูมิแพ้เล็กน้อย และอาจจะเกิดอันตรายต่าง ๆ ต่อร่างกาย

จากเหตุผลต่าง ๆ เหล่านี้ทำให้รัฐบาลต้องการสนับสนุนการใช้ไบโอดีเซล เนื่องจากไบโอดีเซลซึ่งผลิตจากน้ำมันที่ได้จากพืชหรือสัตว์ เช่น ปาล์ม มะพร้าว ถั่วลิสง น้ำมันหมู ไปจนถึงน้ำมันที่ผ่านการใช้มาแล้ว จะเห็นได้ว่าแหล่งวัตถุดิบของไบโอดีเซลนี้เป็นของที่ผลิตได้ในประเทศทั้งสิ้น โดยเฉพาะปาล์มกับมะพร้าวนั้นมักจะประสบปัญหาราคาคงตัวกันอยู่เป็นประจำ การที่เรามีการพัฒนาและส่งเสริมให้มีการใช้ไบโอดีเซลจากพืชย่อมเป็นการเพิ่มมูลค่าผลผลิตทางการเกษตรและยังเป็นการส่งเสริมให้มีการใช้พลังงานทดแทนในท้องถิ่น

2.4 ดีโซฮอล (Diesohol)

ดีโซฮอล คือ เชื้อเพลิงผสมระหว่างน้ำมันดีเซลกับเอทานอลโดยมีอิมัลซิไฟเออร์เป็นตัวช่วยผสมให้ของผสมเป็นเนื้อเดียวโดยไม่แยกชั้นหรืออยู่ในรูปของอิมัลชัน เนื่องจากดีเซลและเอทานอลไม่สามารถรวมกันได้อย่างสมบูรณ์เนื่องจากคุณสมบัติทางเคมีที่ต่างกัน เนื่องจากน้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิงที่มีโครงสร้างทางเคมีเป็นแบบไม่มีขั้วในขณะที่เอทานอลมีโครงสร้างทางเคมีเป็นแบบมีขั้ว เมื่อนำมาเชื้อเพลิงทั้งสองมาผสมกันแล้วจึงเกิดการแยกซึ่งก่อให้เกิดปัญหาในกระบวนการฉีดเชื้อเพลิงเข้าสู่ห้องเผาไหม้ อย่างไรก็ตามการเติมอิมัลซิไฟเออร์สามารถช่วยทำให้เกิดการรวมเป็นเนื้อเดียวกันได้ระหว่างดีเซลและเอทานอล ไบโอดีเซลสามารถใช้เป็นอิมัลซิไฟเออร์สำหรับดีโซฮอลได้เนื่องจากไบโอดีเซลเป็นเอสเทอร์ชนิดหนึ่งที่มีโครงสร้างทางเคมีสองส่วน คือส่วนที่เป็นไฮโดรคาร์บอน (Hydrocarbon part) ซึ่งมีโครงสร้างเคมีคล้ายคลึงกับน้ำมันดีเซลซึ่งสามารถละลายได้ในน้ำมันดีเซล และอีกส่วนมีโครงสร้างทาง

เคมีแบบมีขั้วคล้ายคลึงกับน้ำคือมีโมเลกุลของอิเล็กตรอนที่ไม่ได้สร้างพันธะที่ออกซิเจนสองคู่ซึ่งสามารถละลายกับเอทานอลได้ดี จึงทำให้ของผสมรวมตัวเป็นเนื้อเดียวในรูปของอิมัลชันโดยไม่เกิดการแยกชั้น

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในประเทศไทยและต่างประเทศได้มีนักวิจัยที่ศึกษา ค้นคว้าและวิจัยการใช้พลังงานทดแทนหลายวิธี เช่นการใช้น้ำมันพืชมาใช้เป็นเชื้อเพลิงกับเครื่องยนต์ดีเซลโดยผสมกับน้ำมันดีเซลก่อนป้อนเข้าเครื่องยนต์ หรือใช้เอทานอลร่วมกัน ซึ่งพอจะสรุปได้ดังนี้

จิรินทร์ [4] ได้ศึกษาการใช้น้ำมันมะพร้าวกับเครื่องยนต์ดีเซลโดยทำการศึกษาคูณสมบัติต่างๆ ของน้ำมันมะพร้าวที่เหมาะสมในการนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงกับเครื่องยนต์ดีเซล จากการศึกษาพบว่าน้ำมันมะพร้าวมีค่าความร้อนน้อยกว่าน้ำมันดีเซล น้ำมันมะพร้าวมีค่าความหนืด และจุดวาบไฟสูงกว่าน้ำมันดีเซล นอกจากนี้แล้วปัญหาที่เกิดขึ้นในการวิจัยนี้คือการฉีดน้ำมันมะพร้าวเข้าสู่กระบอกสูบเป็นฝอยทำได้ไม่ดีส่งผลทำให้เกิดการสะสมคาร์บอนที่หัวฉีดและห้องเผาไหม้หัวฉีดอุดตันง่าย และปั้มน้ำมันเชื้อเพลิงทำงานหนักกว่าปกติ นักวิจัยได้เสนอแนะว่าหากใช้น้ำมันมะพร้าวแทนน้ำมันดีเซล ควรมีการปรับปรุงคุณภาพน้ำมันมะพร้าว ก่อน

พุลพร [5] ได้ศึกษาถึงการใช้น้ำมันมะพร้าวเป็นเชื้อเพลิงกับเครื่องยนต์ดีเซล พบว่าสมรรถนะของเครื่องยนต์มีค่าใกล้เคียงกับเครื่องยนต์ที่ใช้้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง และเมื่อเครื่องยนต์ทั้งสองผลิตกำลังเท่ากัน ความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงของเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันมะพร้าวมีมากกว่า สภาพเครื่องยนต์เดินได้เรียบไม่แตกต่างกัน แต่ควันไอเสียของเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันมะพร้าวมีลักษณะดำมากกว่า ปัญหาที่เกิดขึ้นในการวิจัยนี้คือ คือ การเกิดยางเหนียว ๆ (Gum) ในห้องเผาไหม้และหัวฉีด

สุทธิ [6] ได้ศึกษาถึงการใช้น้ำมันมะพร้าวผสมน้ำมันก๊าดในอัตราส่วน 20 ต่อ 1 โดยปริมาตร เป็นเชื้อเพลิงกับเครื่องยนต์ดีเซล พบว่าความสิ้นเปลืองน้ำมันมะพร้าวผสมน้ำมันก๊าดมีมากกว่าน้ำมันดีเซล และประสิทธิภาพเชิงความร้อนต่ำกว่าเครื่องยนต์ที่ใช้ น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ปัญหาที่เกิดขึ้นในงานวิจัยนี้ คือ สตาร์ทเครื่องยนต์ครั้งแรกยาก และมีการอุดตันของระบบน้ำมันเชื้อเพลิง

จารุวัฒน์ [7] ได้ศึกษาการใช้ไขมันมะพร้าวเป็นเชื้อเพลิงกับเครื่องยนต์ดีเซลและศึกษาส่วนผสมของน้ำมันมะพร้าวกับน้ำมันอื่นๆ พบว่าการนำน้ำมันมะพร้าวผสมกับน้ำมันก๊าดในอัตราส่วน 20 ต่อ 1 (โดยปริมาตร) สามารถใช้เป็นเชื้อเพลิงกับเครื่องยนต์ดีเซลได้ดีและได้ทำการตรวจสอบการสึกหรอของชิ้นส่วนเครื่องยนต์ ปรากฏว่ามีการสึกหรอเท่าเทียมกันกับการใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ปัญหาที่เกิดขึ้นในงานวิจัยนี้ คือการจับตัวเป็นไขของน้ำมันมะพร้าวที่อุณหภูมิต่ำกว่า 20°C ส่งผลให้การสตาร์ทเครื่องยนต์ในครั้งแรกทำได้ยาก และต้องใช้ น้ำมันดีเซลสตาร์ทเครื่องยนต์ก่อนเมื่อเครื่องยนต์ร้อนจึงจะใช้น้ำมันมะพร้าวผสมน้ำมันก๊าดเดินเครื่องยนต์ได้ นอกจากนี้แล้วยังมีเขม่าจับที่ฝาสูบ หัวลูกสูบ ลิ้นไอดี และไอเสีย มียางเหนียวๆ (Gum) จับบริเวณหัวฉีด การอุดตันของไส้กรองน้ำมันที่เร็วกว่าการใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง

เกียรติไกร [8] ได้ศึกษาการใช้ไขมันมะพร้าวเป็นเชื้อเพลิงกับเครื่องยนต์ดีเซลเทียบกับน้ำมันดีเซล พบว่าน้ำมันมะพร้าวมีค่าความร้อนต่ำกว่าน้ำมันดีเซลจึงทำให้สิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงสูงกว่า ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเครื่องยนต์ที่ใช้ไขมันมะพร้าวสูงกว่า ส่วนการสึกหรอของชิ้นส่วนต่าง ๆ ของเครื่องยนต์มีค่าใกล้เคียงกัน ปัญหาที่เกิดขึ้นในงานวิจัยนี้ คือ มีการอุดตันที่ระบบน้ำมันเชื้อเพลิง

สมศักดิ์ [9] ได้ศึกษาถึงสมรรถนะเครื่องยนต์ดีเซล เมื่อใช้เมทานอลและน้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง และได้คำแนะนำในการป้อนเมทานอลเข้าสู่กระบอกสูบเครื่องยนต์ ดังนี้ 1) ป้อนเข้า

โดยตรงใช้หัวฉีดโดยการฉีดเมทานอลเข้าสู่เครื่องยนต์ลักษณะเดียวกันกับการฉีดน้ำมันดีเซล แต่เนื่องจากเครื่องยนต์ดีเซลได้ออกแบบหัวฉีดมาสำหรับใช้กับน้ำมันดีเซล ไม่เหมาะกับเมทานอล จึงจำเป็นต้องมีการออกแบบหัวฉีดและห้องเผาไหม้ให้เหมาะสมกับคุณสมบัติของเมทานอล ซึ่งจะต้องมีการวิจัยอย่างละเอียดอีกต่อไป 2) การป้อนเมทานอลโดยการผสมกับน้ำมันดีเซลก่อน แล้วจึงฉีดเข้าเช่นเดียวกับ ข้อ 1) แต่วิธีนี้มีปัญหาอยู่ที่เมทานอลไม่สามารถรวมตัวกับน้ำมันดีเซลได้ จึงจำเป็นต้องหาวิธีทำให้น้ำมันรวมตัวได้เสียก่อน เช่น เติมน้ำมันที่ช่วยในการรวมตัว เป็นต้น และ 3) การป้อนเมทานอลแยกกับน้ำมันดีเซล วิธีนี้ป้อนแยกกัน คือน้ำมันดีเซลยังคงใช้หัวฉีด ฉีดเข้าเหมือนเดิม ส่วนเมทานอลจะป้อนเข้าอีกทางหนึ่ง คืออาจจะใช้หัวฉีดที่ออกแบบสำหรับฉีดเมทานอลเข้าห้องเผาไหม้โดยตรง และอีกวิธีหนึ่งคือ ให้เมทานอลเข้าทางไอดีผ่านคาร์บูเรเตอร์ ซึ่งเมทานอลจะถูกดูดพร้อมกับอากาศ ในจังหวะดูดของเครื่องยนต์ โดยมีการปรับปริมาณเมทานอลและอากาศให้เหมาะสม วิธีที่สะดวกและน่าจะเป็นไปได้มากที่สุดคือ วิธีที่ 3) เนื่องจากสามารถหาคาร์บูเรเตอร์ต่อเข้าทางท่อไอดีได้ง่ายและ สะดวกในการติดตั้ง และเสียค่าใช้จ่ายน้อย คาร์บูเรเตอร์จะช่วยทำให้เมทานอลแตกกระจายเป็นฝอยละอองละเอียด ผสมกับอากาศเป็นอย่างดี ทำให้การเผาไหม้เป็นไปอย่างสมบูรณ์ คาร์บูเรเตอร์ที่จะนำมาใช้นั้น จะต้องให้ได้ขนาดที่เหมาะสมสามารถควบคุมการไหลของเมทานอลได้

โกวิทและอิทธิพล [10] ได้ศึกษาการใช้แอลกอฮอล์ผสมน้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ได้ทำการทดลองกับเครื่องยนต์ดีเซลหมุนรอบปานกลางขนาดเล็กชนิดฉีดทางตรง (Direct Injection) พบว่าเครื่องยนต์เดินได้ปกติและทำให้กำลังมากขึ้น ความสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงต่ำกว่าที่ทุกความเร็วรอบ ส่วนการสึกหรอของชิ้นส่วนเครื่องยนต์น้อยกว่าเครื่องยนต์ที่ใช้ น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ปัญหาที่เกิดขึ้นในงานวิจัยนี้คือ การที่ไม่สามารถนำแอลกอฮอล์เป็นเชื้อเพลิงกับเครื่องยนต์ดีเซลที่มีห้องเผาไหม้แบบ Pre – Combustion Chamber ได้

การศึกษาของดีโซฮอลล์ในต่างประเทศได้มีการดำเนินการมานานแล้วเช่นกัน เช่น ออสเตรเลีย สหรัฐอเมริกา และอื่นๆ ดังที่กล่าวไว้ในเบื้องต้น ซึ่งพบว่าอิมัลซิไฟเออร์มีความจำเป็นในการผสมเอทานอลมีน้ำ (Hydrated ethanol) และดีเซลเพื่อที่จะได้ดีโซฮอลล์ที่มีเสถียรภาพ Australia's Apace Research Ltd. ประสบความสำเร็จในการเตรียมอิมัลซิไฟเออร์ที่เหมาะสมเพื่อปรับปรุงการรวมกันเป็นเนื้อเดียวของดีโซฮอลล์และเอทานอลมีน้ำ [11] ซึ่งอิมัลซิไฟเออร์ ที่ใช้ในงานวิจัยนั้นไม่ได้มีการเปิดเผย ดีโซฮอลล์ในการศึกษานี้ประกอบด้วย 84.5 เปอร์เซ็นต์ของดีเซล 15 เปอร์เซ็นต์ ของเอทานอลมีน้ำ และ 0.5 เปอร์เซ็นต์ของอิมัลซิไฟเออร์ เอทานอลมีน้ำที่นำมาใช้ได้มีการยืนยันว่ามีปริมาณน้ำ 5 เปอร์เซ็นต์ โดยประมาณ

สถาบันวิจัย APACE (Apace Research) ที่ออสเตรเลีย ได้ทดสอบดีโซฮอลล์กับรถบรรทุก และรถโดยสารประจำทาง เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบการทำงานของน้ำมันดีเซลและดีโซฮอลล์ ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าดีโซฮอลล์ ช่วยลดปฏิกิริยาเรือนกระจกเนื่องจากการแพร่กระจายของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และคาร์บอนมอนอกไซด์ ดีโซฮอลล์ยังแสดงให้เห็นว่าช่วยลดการแพร่กระจายของฝุ่นละอองขนาด 10 ไมโครเมตร (Particulate matter หรือ PM-10) โดยประมาณ 15 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับดีเซลกัมมะถันต่ำ อย่างไรก็ตามการแพร่กระจายของไฮโดรคาร์บอน (Hydrocarbon) มีปริมาณที่ใกล้เคียงกันกับดีเซลปกติ ปัญหาที่พบเมื่อนำดีโซฮอลล์มาใช้ คือ เกิดการบวมและอ่อนลงของซีลที่ทำหน้าที่ยึดติดระหว่างเพลากับปั๊ม ส่งผลให้เกิดการรั่วไหลของเชื้อเพลิง

ในประเทศไทยการปิโตรเลียมแห่งประเทศไทย บริษัท ฟอร์ดมอเตอร์ (Ford motor) และศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ (National Metal and Materials Technology Center) หรือ MTEC) ร่วมมือกันวิจัยการใช้ดีโซฮอลล์กับรถโดยสารขนาดเล็ก 2.5 ลิตร [12] เชื้อเพลิงดีโซฮอลล์ ประกอบด้วย 10 เปอร์เซ็นต์ ของเอทานอล 89 เปอร์เซ็นต์ของดีเซล และ 1 เปอร์เซ็นต์ของสารเติมแต่ง อิมัลซิไฟเออร์ที่ใช้ในงานวิจัยนี้ได้มีการนำเข้ามาจากสหรัฐอเมริกาที่เป็นเจ้าของและผู้

เดียว คุณสมบัติของดีโซฮอลล์สามารถเทียบได้กับน้ำมันดีเซลปกติยกเว้นแต่ จุดวาบไฟ (Flash Point) ซึ่งต่ำกว่าที่ต้องการ จากการทดสอบใน European Testing Protocols แสดงให้เห็นถึงค่าการแพร่กระจายของ คาร์บอนมอนนอกไซด์ คาร์บอนไดออกไซด์ ไฮโดรคาร์บอน ไนโตรเจนออกไซด์และอนุภาคน้ำมันสูงกว่าน้ำมันดีเซลปกติ ในขณะที่ ไนโตรเจนออกไซด์และ คาร์บอนมอนนอกไซด์มีค่าการแพร่กระจายที่ต่ำกว่า ผลการทดลองบางส่วนจากการศึกษานี้ตรงกันข้ามกับการศึกษาก่อนหน้านี้ แต่ถึงอย่างไรก็ตามการศึกษเพิ่มเติมควรที่จะได้รับการพิจารณาการ คำนวณและพัฒนาของอิมัลซิไฟเออร์ สำหรับ ดีโซฮอลล์ควรที่จะดำเนินการในรูปแบบของการใช้ ผลิตภัณฑ์ในประเทศ

Lin และ Wang [13] ทำการศึกษาการรวมตัวกันเป็นเนื้อเดียวของเชื้อเพลิงและน้ำโดยใช้ สารประกอบโมโนลีโอท (Monooleate Compounds) เป็นสารลดแรงตึงผิว การกระจายของ น้ำมัน น้ำและน้ำมันในรูปแบบ 3 เฟส ที่ใช้ในการทดลองนี้ได้มีการประมาณกันว่ามีความเป็นไปได้ที่จะนำอิมัลชันมาเป็นอีกทางเลือกหนึ่งของเชื้อเพลิงสำหรับเครื่องยนต์ดีเซล ผลการทดลอง แสดงให้เห็นถึงปริมาณของน้ำเล็กน้อยที่พบในหยดของของเหลว แต่ถึงอย่างไรก็ตามความหนืด ของอิมัลชันเป็นสัดส่วนกับปริมาณน้ำ และได้มีการใช้ค่าสมดุลไฮโดรฟิลิกและลิพอฟิลิก (Hydrophilic-lipophilic balances หรือ HLB) ประมาณ 6-8 เป็น อิมัลซิไฟเออร์ช่วยในการ ควบคุมความเสถียรของอิมัลชัน

Crabbe และคณะ [14] ใช้ไบโอดีเซลจากปาล์มดิบเป็นตัวสกัดใน อะซิโตน บิวทานอล และเอทานอล (Acetone-Butanol-Buthanol หรือ ABE) ในกระบวนการหมัก คุณสมบัติของ เชื้อเพลิงผสมระหว่างไบโอดีเซลกับ ABE สามารถเทียบได้กับน้ำมันดีเซลเบอร์ 2 (No.2 Diesel) นอกจากนั้น ไบโอดีเซลกับ ABE มีค่าซีเทนและจุดเดือดของอัตราส่วน 90 เปอร์เซนต์ ที่สูงกว่าเมื่อเทียบกับน้ำมันดีเซลเบอร์ 2 การศึกษานี้แสดงให้เห็นถึงก้าวที่สำคัญของการ นำไบโอดีเซลมาใช้ประโยชน์ ซึ่งนำไปสู่การใช้ไบโอดีเซลเป็นอิมัลซิไฟเออร์ สำหรับดีโซฮอลล์

Kass และคณะ [15] ได้ทำการตรวจสอบแรงบิดของเครื่องจักรที่มีการใช้น้ำมันดีเซลและเครื่องที่มีการใช้เอทานอลกับน้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ซึ่งได้ทำการทดลองกับเครื่องยนต์ดีเซลหลายเครื่องและใช้สารเติมแต่งที่แตกต่างกันจากผู้ผลิตหลายราย โดยเปรียบเทียบระหว่างการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงที่มีการเติมเอทานอล 10 และ 15 เปอร์เซ็นต์ โดยเติมสารเติมแต่ง GE Betz 2 เปอร์เซ็นต์ พบว่าแรงบิดมีค่าลดลงประมาณ 8 เปอร์เซ็นต์ เมื่อมีการใช้เชื้อเพลิงผสมทั้งคู่ ไม่เพียงแต่การลดลงของพลังงานที่เหมือนกัน แต่สภาวะของเครื่องยนต์ขณะเดินเครื่องที่การใช้งานจริงหรือทั่วไปนั้นไม่มีความแตกต่างกัน งานวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่าการใช้น้ำมันดีเซลผสมเอทานอลไม่ส่งผลกระทบต่อเครื่องยนต์และสภาวะขณะเดินเครื่อง

He และคณะ [16] ได้ทำการวิจัยเรื่องผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมจากเครื่องยนต์ดีเซลที่มีการใช้เอทานอลกับน้ำมันดีเซล งานวิจัยชิ้นนี้ทำการทดลองโดยใช้ เครื่องยนต์ลูกสูบเดี่ยวสี่จังหวะ และมีการเทียบผลการปล่อยมลพิษกับเชื้อเพลิงต่างที่นำหน้าบรรทุกต่างๆ มีการวัดปริมาณก๊าซไอเสียคาร์บอนมอนอกไซด์ คาร์บอนไดออกไซด์ ไนโตรเจนออกไซด์ และไฮโดรคาร์บอนทั้งหมด (Total Hydrocarbon หรือ THC) พบว่าน้ำหนักการบรรทุกที่มากขึ้นส่งผลให้การปล่อยควันสูงขึ้นด้วย ในขณะที่เครื่องยนต์จะปล่อยควันน้อยลงเมื่อมีการใช้เชื้อเพลิงที่มีอัตราส่วนของเอทานอลที่มากขึ้น ในกรณีของไนโตรเจนออกไซด์ มีผลการทดลองเช่นเดียวกับการปล่อยออกของควันคือ เมื่อมีการบรรทุกมากจะส่งผลให้ความเข้มข้นของค่าไนโตรเจนออกไซด์เพิ่มสูงขึ้นแต่จะมีค่าน้อยเมื่อใช้น้ำมันดีเซลที่มีการเติมเอทานอล ในส่วนของค่า THC ขึ้นอยู่กับบรรทุกและอัตราส่วนของ เอทานอลที่ใช้ผสม จากการทดลองดังกล่าวสามารถสรุปได้ว่าการบรรทุกมากจะส่งผลให้ปริมาณควันและไนโตรเจนออกไซด์ มีค่าสูง แต่เมื่ออัตราส่วนของเอทานอลในน้ำมันดีเซลสูงขึ้นจะส่งผลให้ปริมาณควันไนโตรเจนออกไซด์ และคาร์บอนไดออกไซด์ลดลง ยิ่งกว่านั้นค่า THC จะมีค่าลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้้ำมันดีเซลอย่างเดียวที่น้ำหนักบรรทุกต่ำ

Hansen [17] วิจารณ์การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของเครื่องจักรที่มีการใช้น้ำมันดีเซลและเครื่องที่มีการใช้เอทานอลกับน้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ซึ่งได้ทำการทดลองกับเครื่องยนต์ดีเซลหลายเครื่องและใช้สารเติมแต่งที่แตกต่างกันจากผู้ผลิตหลายราย ผลจากการทดลองชี้ให้เห็นถึงการลดลงของพลังงานในเครื่องยนต์ดีเซลจะเหมือนกันไม่ว่าจะใช้เชื้อเพลิงเป็นน้ำมันดีเซลอย่างเดียวหรือเอทานอลกับน้ำมันดีเซล การวิเคราะห์พบว่าพลังงานลดลงประมาณ 7-10 เปอร์เซ็นต์เมื่อมีการใช้เชื้อเพลิงที่มีการเติม 15 เปอร์เซ็นต์ เอทานอล 2.35 เปอร์เซ็นต์ของสารเติมแต่งและน้ำมันดีเซล เบอร์ 2 ประมาณ 82.65 เปอร์เซ็นต์กับเครื่องยนต์คัมมินส์ (Cummins) 5.9 ลิตร

การนำเอทานอลผสมกับน้ำมันดีเซลสามารถใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับเครื่องยนต์ดีเซล แต่เพราะโครงสร้างทางเคมีของเอทานอลและน้ำมันดีเซลแตกต่างกัน ทำให้เมื่อนำมาผสมกันจะเกิดการแยกชั้น ดังนั้นจะต้องมีอีมีลซิไฟเออร์ที่สามารถทำให้ของผสมระหว่างเอทานอลกับน้ำมันดีเซลผสมกันได้เป็นเนื้อเดียว และของผสมที่ได้ควรมีคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีที่เหมาะสมสำหรับการใช้งานกับเครื่องยนต์ดีเซล ซึ่งนำไปสู่การวิจัยในครั้งนี้

บทที่ 3

การดำเนินงานวิจัย

จากที่กล่าวไว้ในเบื้องต้น วัตถุประสงค์หลักของงานวิจัยนี้คือการค้นหาอัตราส่วนของน้ำมันดีเซล เอทานอล และอีมีลซีไฟเออร์สำหรับใช้เป็นดีโซฮอส์ โดยใช้ไบโอดีเซลเป็นอีมีลซีไฟเออร์เพื่อให้ได้น้ำมันดีโซฮอส์ที่มีคุณสมบัติทางเชื้อเพลิงตามข้อกำหนดต่างๆ ใกล้เคียงกับน้ำมันดีเซล

3.1 วัสดุและสารเคมีที่ใช้ในงานวิจัย

3.1.1 วัสดุอุปกรณ์

3.1.1.1 ขวดรูปชมพูปริมาตร 250 cm³

3.1.1.2 ปีเปตปริมาตร 10 cm³

3.1.1.2 ปีกเกอร์ปริมาตร 400 cm³

3.1.1.4 ลูกยางดูดปีเปต

3.1.1.5 กระบอกน้ำกลั่น

3.1.1.6 แท่งแม่เหล็ก (Magnetic Bar) ขนาด 4x0.5 cm

3.1.1.7 กระบอกตวงปริมาตร 100 cm³

3.1.2 สารเคมี

3.1.2.1 น้ำมันดีเซล

3.1.2.2 เอทานอลบริสุทธิ์ 99.5 เปอร์เซ็นต์

3.1.2.3 ไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มดิบ

3.2 การทดลองหาอัตราส่วนที่ดีโซฮอลล์ผสมเป็นเนื้อเดียวกัน

การทดลองผสมที่อัตราส่วนต่างๆ ดังนี้

3.2.1 นำน้ำมันดีเซลทั่วไปและเอธานอลมาผสมในอัตราส่วน 95:5 โดยปริมาตรในขวดรูปชมพู่จำนวนทั้งหมดขวดโดยแต่ละขวดมีปริมาตรของของผสมเท่ากับ 200 ลูกบาศก์เซนติเมตร จากนั้นทำการเติมไบโอดีเซลลงไปในของผสมทั้งสี่ขวดด้วยอัตราส่วน 5% 10% 15% 20% (โดยปริมาตร) ตามลำดับ ทำการกำหนดหมายเลขและฉลากของดีโซฮอลล์ที่ได้

3.2.2 นำน้ำมันดีเซลทั่วไปและเอธานอลมาผสมในอัตราส่วน 90:10 โดยปริมาตรในขวดรูปชมพู่จำนวนทั้งหมดขวดโดยแต่ละขวดมีปริมาตรของของผสมเท่ากับ 200 ลูกบาศก์เซนติเมตร จากนั้นทำการเติมไบโอดีเซลลงไปในของผสมทั้งสี่ขวดด้วยอัตราส่วน 10% 15% 20% 25% (โดยปริมาตร) ตามลำดับ ทำการกำหนดหมายเลขและฉลากของดีโซฮอลล์ที่ได้

3.2.3 นำน้ำมันดีเซลทั่วไปและเอธานอลมาผสมในอัตราส่วน 85:15 โดยปริมาตรในขวดรูปชมพู่จำนวนทั้งหมดขวดโดยแต่ละขวดมีปริมาตรของของผสมเท่ากับ 200 ลูกบาศก์เซนติเมตร จากนั้นทำการเติมไบโอดีเซลลงไปในของผสมทั้งสี่ขวดด้วยอัตราส่วน 10% 15% 20% 25% (โดยปริมาตร) ตามลำดับ ทำการกำหนดหมายเลขและฉลากของดีโซฮอลล์ที่ได้

3.2.4 นำของผสมที่ได้ในแต่ละขวดมาทำการกวนโดยใช้แท่งแม่เหล็ก (Magnetic bar) ขนาด 4×0.5 cm. และใช้เครื่องปั่นส่วนผสมทั้งหมดให้เข้ากันโดยใช้ความเร็วในการปั่นคงที่ ซึ่งทำการทดลองที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 10 นาที

3.2.5 สังเกตการเปลี่ยนแปลงของส่วนผสมในอัตราส่วนต่างๆ

3.2.6 นำดีโซฮอลล์ที่มีอัตราส่วนผสมเชิงปริมาตรของดีเซลและแอลกอฮอล์ต่างๆ มาทดสอบความเสถียรภาพในรูปของอิมัลชัน (Homogeneity and Emulsification Stability Test) โดยทำการเก็บไว้เป็นเวลา 6 เดือน ที่อุณหภูมิห้อง เพื่อดูการแยกชั้นของของผสม

3.3 การทดสอบคุณสมบัติทางเชื้อเพลิง

3.3.1 วิธีการวัดค่าความหนืดคิเนเมติก (Kinematic Viscosity)

ในการวัดค่าความหนืดสามารถทดสอบตามมาตรฐาน ASTM D 445 โดยเครื่องวัดค่าความหนืดอัตโนมัติ (Automatic Viscometer)

3.3.1.1 นำน้ำมันดีเซลโฮลส์กรองผ่านตัวกรอง แล้วนำไปเทลงหลอดทดลอง โดยให้ระดับของตัวอย่างอยู่ต่ำกว่าขอบบนของหลอดทดลองประมาณครึ่งนิ้วเพื่อป้องกันการหกกลับของน้ำมันในขณะทดสอบ

3.3.1.2 วางหลอดทดลองลงในถาดตัวอย่าง (Sample Tray) แล้วเลื่อนถาดเข้าตำแหน่งที่พร้อมทำการทดสอบ

3.3.1.3 กดปุ่มเพื่อเริ่มทำการทดสอบ

3.3.1.4 เครื่องจะทำการวัดเวลาการไหลของน้ำมันดีเซลโฮลส์ปริมาตรคงที่ค่าหนึ่ง ผ่านเครื่องวัดความหนืดแบบแคปิลลารี (Glass Capillary Viscometer) ซึ่งสอบเทียบแล้วภายใต้สภาวะแรงดึงดูดของโลก ค่าความหนืดจะถูกคำนวณให้อย่างอัตโนมัติจากเวลาในการไหล (Flow Time) ที่ยอมรับได้ 2 ครั้งมาคำนวณกับค่าคงที่ของเครื่องวัดความหนืด ดังสมการที่ (3-1)

$$\nu = Ct \quad (3-1)$$

โดย ν คือ ค่าความหนืดมีหน่วยเป็น cSt

C คือ ค่าคงที่ของอุปกรณ์วัดความหนืดขึ้นอยู่กับขนาดของ

แคปิลลารี (Capillary)

t คือ ระยะเวลาระหว่างจุด

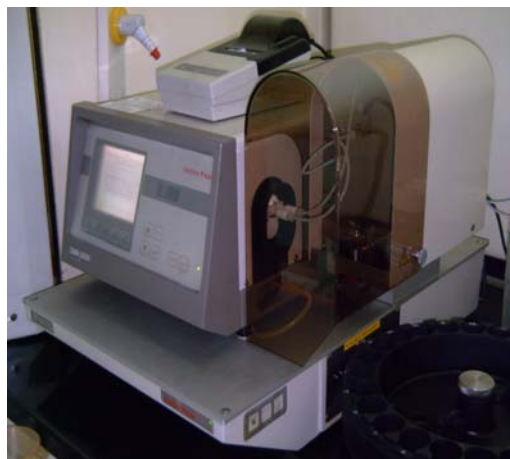
3.3.2 วิธีการหาค่าความถ่วงจำเพาะ (Specific Gravity)

ในการวัดค่าความถ่วงจำเพาะและความหนาแน่นสามารถทดสอบตามมาตรฐาน ASTM D 4052 โดยเครื่อง Density Specific Gravity Meter

3.3.2.1 เครื่องวัดความหนาแน่น เครื่องนี้สามารถประมวลผลออกมาได้หลายค่าคือ สามารถที่คำนวณ ค่าความถ่วงจำเพาะที่ 60 °F ความหนาแน่นที่ 15.6 °C ค่า API ที่ 60 °F โดยเครื่องวัดความหนาแน่นได้แสดงดังภาพที่ 3-1

3.3.2.2 เติมน้ำมันดีโซฮอล์ที่ต้องการทดสอบลงในเซลล์ (Cell) แล้ววางลงในถาดตั้งภาพ ที่ 3-2

3.3.2.3 เปิดเครื่องที่ปั๊มพาวเวอร์ (Power) ให้เครื่องทำงาน จากนั้นเครื่องจะทำการประมวลผลแล้วแสดงผลออกมา



ภาพที่ 3.1 เครื่องวัดความหนาแน่น (Density Specific Gravity Meter)



ภาพที่ 3.2 ถาดที่ใส่เซลล์เพื่อวัดความหนาแน่น

3.3.3 วิธีการหาจุดไหลเท (Pour Point)

ในการหาค่าจุดไหลเทสามารถทดสอบตามมาตรฐาน ASTM D 97 โดยใช้เครื่อง Pour and Cloud Point Tester ตรา ISL รุ่น CPP 5Gs S/N 325 ดังภาพที่ 3-3

3.3.3.1 เปิดอ่างหล่อเย็น (Cooling Bath) และปรับตั้งอุณหภูมิให้สอดคล้องกับค่าจุดไหลเทของน้ำมันดีเซล

3.3.3.2 ให้ความร้อนแก่น้ำมันดีเซลที่ 45°C และทิ้งให้เย็นที่ 15°C ในอ่างน้ำ (Water Bath)

3.3.3.3 นำฟิตคอร์คริง (Fit Cork Ring) และใส่ลงในภาชนะใส่ตัวอย่างทดสอบ (Test Jar) โดยให้สูงจากกันประมาณ 25 มิลลิเมตร

3.3.3.4 นำภาชนะใส่ตัวอย่างทดสอบวางลงในตำแหน่งที่เลือกไว้ แล้วประกอบเข้าด้านบนของชุดเครื่องทดสอบจุดไหลเท (Pour Point Head)

3.3.3.5 กดปุ่มเปิดเครื่องเพื่อเริ่มทำงาน การทดสอบจะเริ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง หลังการให้ความร้อน อุณหภูมิน้ำมันจะลดลง เครื่องจะเริ่มทดสอบโดยการเอียงภาชนะใส่ตัวอย่าง

ทดสอบ ซึ่งจะเอียงทดสอบทุกๆ 3°C จนกระทั่งตรวจพบอุณหภูมิที่น้ำมันหยุดไหล จากนั้นเครื่องจะบวกค่าดังกล่าวไป 3°C แล้วจึงรายงานค่าเป็นจุดไหลเท



ภาพที่ 3.3 เครื่อง Pour and Cloud Point Tester

3.3.4 วิธีการหาจุดวาบไฟ (Flash Point)

ในการหาจุดวาบไฟสามารถทดสอบตามมาตรฐาน IP 170 โดยเครื่องทดสอบจุดวาบไฟแบบถ้วยปิด (Abel Closed Cup Tester) ตรา ISL รุ่น FP170 5G2 ดังภาพที่ 3-4

3.3.4.1 ลดอุณหภูมิของดีโซฮอล์ให้มีอุณหภูมิต่ำกว่าจุดเดือดของเอทานอล โดยการนำไปแช่ในตู้เย็น

3.3.4.2 เทน้ำมันดีโซฮอล์ลงในถ้วยใส่ตัวอย่างทดสอบ (Test Cup) จนกระทั่งระดับของน้ำมันอยู่เสมอดีขอบภายในถ้วย จากนั้นวางถ้วยลงในช่องทำความร้อน (Heating Block) ของเครื่องทดสอบให้เข้าตำแหน่ง

3.3.4.3 วางชุดฝาครอบลงบนถ้วยทดสอบ (Test Cup) หมุนด้ามจับตามเข็มนาฬิกาเพื่อประกอบฝาให้เข้าตำแหน่ง

ก) เลื่อน Test Arm เข้ามาเหนือชุดโคเวอร์ (Cover) แล้วกดลิคให้เข้าตำแหน่ง

ข) เลื่อน Stirrer Transmission Arm ให้วางลงบน Test Cover Cup เพื่อไว้สำหรับกวนน้ำมัน

ค) กดปุ่มทำงานเพื่อเริ่มต้นการทดสอบอิเล็กทรอนิกส์คอลลิคไนเตอร์ (Electrical Igniter) จะสว่างขึ้นเพื่อติดไฟที่เปลวไฟทดสอบ (Test Flame) และไฟลอป (Pilot) ปรับขนาดเปลวไฟให้อยู่ในช่วงประมาณ 3.8 มิลลิเมตร

ง) เครื่องดำเนินการทดสอบด้วยอัตราเพิ่มอุณหภูมิ $1^{\circ}\text{C}/\text{min}$ และอัตราเร็วของการกวน 30 r/min เริ่มต้นจ่อเปลวไฟทดสอบเมื่ออุณหภูมิของน้ำมันอยู่ที่อย่างน้อย 9°C จากนั้นจ่อเปลวไฟทุกๆ 0.5°C จนกระทั่งถึงจุดวาบไฟ จะมีเสียงเตือน ไฟแดงสว่าง และเครื่องจะแสดงอุณหภูมิที่เกิดการวาบไฟเป็นตัวเลขบนหน้าจอ



ภาพที่ 3.4 เครื่องทดสอบจุดวาบไฟแบบถ้วยปิด (Abel Closed Cup Tester)

3.3.5 วิธีหาค่าอุณหภูมิการกลั่น (Distillation)

ในการหาอุณหภูมิการกลั่น สามารถทดสอบตามมาตรฐาน ASTM D 86 โดยเครื่อง Manual Distillation ตรา ISL รุ่น AD865G S/N 2 ดังภาพที่ 3-5

3.3.5.1 เติมน้ำมันดีโซฮอล์ที่ต้องการทดสอบลงในกระบอกให้มีปริมาตร 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร

3.3.5.2 เติมน้ำมันที่ทำการตรวจเสร็จแล้วนำไปใส่ลงในขวดที่ใช้ในการทดลองการกลั่น

3.3.5.3 จากนั้นนำขวดที่ใช้ในการกลั่นติดตั้งไว้ในเครื่องกลั่น

3.3.5.4 เปิดเครื่องดำเนินการกลั่น แล้วเพิ่มอุณหภูมิและรักษาระดับอุณหภูมิให้คงที่ทำให้ให้น้ำมันที่ควบแน่นออกมา มีอัตรา 5 หยดต่อวินาที

3.3.5.5 วัดอุณหภูมิที่น้ำมันควบแน่นออกมาหยดแรกและที่ควบแน่นออกมาได้ 10 และ 90 ลูกบาศก์เซนติเมตร ซึ่งจะได้ค่าออกมาเป็นจุดเดือดเริ่มต้น (Initial Boiling Point) 10% Distillation 50% Distillation และ 90% Distillation

3.3.6 วิธีการหาค่าปริมาณกากคาร์บอน (Carbon Residue)

ในการวัดค่าปริมาณกากคาร์บอน สามารถทดสอบตามมาตรฐาน ASTM D 4530 โดยเครื่อง Micro Carbon Residue Tester ตรา Alcor รุ่น MCRT-160 S/N 1397-0646 ดังภาพที่ 3-6

3.3.6.1 นำน้ำมันที่เหลืออยู่ในขวดที่ใช้ในการกลั่นเมื่อกลั่นได้แล้ว 90 ลูกบาศก์เซนติเมตร (10 % Distillation Bottom) มาประมาณ 0.15 ± 0.05 กรัม ใส่หลอดแล้วนำไปใส่ในเครื่องทดสอบ

3.3.6.2 กดทำงานเพื่อให้เครื่องเริ่มทำงาน แล้วกดสวิทช์ไนโตรเจนคาไว้จนมีเสียงดัง
แล้วนำมือออก เครื่องจะดำเนินการหาการคาร์บอนต่อไป

3.3.6.3 หลังการหาการคาร์บอนเสร็จสิ้นแล้วปล่อยให้เครื่องลดอุณหภูมิจนต่ำกว่า
250 °C แล้วนำออกจากเครื่องทดสอบ และทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น (Desicator) ดังภาพที่ 3-
7 เพื่อรอชั่งน้ำหนัก



ภาพที่ 3.5 เครื่องวัดค่าอุณหภูมิการกลั่น (Manual Distillation)



ภาพที่ 3.6 เครื่องวัดปริมาณการคาร์บอน (Micro Carbon Residue Tester)

3.3.6.4 หลังจากที้นำตัวอย่างออกจากเครื่องไมโครคาร์บอนแล้วจึงปิดวาล์วไนโตรเจน

3.3.6.5 คำนวณหาค่าเปอร์เซ็นต์กากคาร์บอน (% Carbon Residue) ได้จากสมการ (3-2)

$$\% \text{ Carbon Residue} = (A \times 100) / W \quad (3-2)$$

เมื่อ A คือ กากคาร์บอนหลังเข้าเครื่องไมโครคาร์บอน (กรัม)

W คือ น้ำมันทดสอบก่อนเข้าเครื่องไมโครคาร์บอน (กรัม)



ภาพที่ 3.7 โถดูดความชื้น (Desicator)

3.3.7 วิธีหาค่าดัชนีซีเทน (Cetane Index)

ในการหาค่าดัชนีซีเทน สามารถทดสอบตามมาตรฐาน ASTM D 976 โดยนำค่าการกลั่นที่ 50 เปอร์เซนต์ และค่าความหนาแน่นของน้ำมันที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียสมาคำนวณค่าดัชนีซีเทนในสมการที่ (3.3)

$$CI = -420.34 + (0.016)G^2 + (0.192)G \log M + (65.01)(\log M)^2 - (0.0001809)M^2$$

(3-3)

โดย M = ค่ากลั่นที่ 50 เปอร์เซนต์โดยปริมาตร (50 % Vol Distillation)

G = ค่าความถ่วงจำเพาะเอพีไอ (API Gravity)

3.3.8 วิธีหาค่าความร้อน (Heating Value)

ในการทดสอบหาค่าความร้อน สามารถทดสอบตามมาตรฐาน ASTM D 240 โดยเครื่องบอมคาลอริมิเตอร์ (Bomb Calorimeter) PARR 1281 รุ่น A900DDEF S/N M3545 ดังภาพที่ 3-10

3.3.8.1 นำน้ำมันดีโซฮอลล์ใส่ในถ้วยสำหรับใส่ตัวอย่างการทดสอบครุชิเบิล (Crusible)



ภาพที่ 3.8 ถ้วยสำหรับใส่ตัวอย่างการทดสอบครุชิเบิล (Crusible)

3.3.8.2 นำเชือกผูกเข้าที่เหนือปลายทั้งสองข้างของอิกนิชันเทอร์มินอล (Ignition Terminal) แล้วนำครุฑชิเบอร์มาวางไว้ที่ปลายอิกนิชันเทอร์มินอล โดยให้เชือกหย่อนอยู่ในน้ำมัน ดีโซฮอลล์ เพื่อเป็นชนวนในการเผาไหม้

3.3.8.3 นำอิกนิชันเทอร์มินอลเข้าเครื่องบอมคาลอริมิเตอร์ โดยเครื่องจะอัดก๊าซออกซิเจนเข้าไปช่วยการเผาไหม้ แล้วประมวลค่าออกมา



ภาพที่ 3.9 อิกนิชันเทอร์มินอล (Ignition Terminal)



ภาพที่ 3.10 บอมคาลอริมิเตอร์ (Bomb Calorimeter)

3.4 การทดสอบดีโซฮอลล์กับเครื่องยนต์ดีเซล

หลังจากทำการทดสอบคุณสมบัติทางเชื้อเพลิงแล้ว ดีโซฮอลล์ที่มีคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีภายใต้มาตรฐานของน้ำมันดีเซลจะถูกนำมาทดสอบกับเครื่องยนต์ดีเซลซึ่งเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองนี้เป็นการศึกษาเพื่อเปรียบเทียบการใช้้ำมันดีโซฮอลล์และน้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง โดยมีแผนภูมิและรายละเอียดการจัดวางเครื่องยนต์ เครื่องมือ และอุปกรณ์ต่างๆ ที่ใช้ในการทดสอบเครื่องยนต์มีดังต่อไปนี้ การทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์ดีเซลและการทดสอบมลพิษได้ศึกษาและทำการทดลองที่ห้องปฏิบัติการทดสอบมลพิษ กรมควบคุมมลพิษ รถยนต์ที่ใช้ทดสอบในการทดลองนี้คือ รถบรรทุกขนาดเล็ก อีซูซุ (ISUZU) รุ่นดีแม็กซ์ ปี 2004 ขนาดเครื่องยนต์ 2.5 ลิตร เครื่องยนต์แบบไดเร็กอินเจคชั่น รายละเอียดของเครื่องยนต์สามารถดูในตารางที่ 3.1 การทดสอบเครื่องยนต์จะทำบนชัสซิสไดนาโมมิเตอร์ (Chassis Dynamometer) ของ SCHENK Type EMDY 48 การทดสอบเครื่องยนต์จะทำการขับเคลื่อนเพลาลูกเบี้ยวที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 12.6 นิ้ว ซึ่งกำลังที่ได้จากกราฟในการหมุนล้อนั้นจะถูกผ่านไปยังหมุดของเพลาลูกเบี้ยว ผู้ขับจะเป็นผู้กำหนดความเร็วของรถยนต์ตามคำสั่งบนหน้าจอ ในกรณีที่ทำการทดลองหาลำดับที่ได้จากกราฟนั้นจะกระทำที่เกียร์สาม ในการทดลองนี้ การขับจะยึดถือตามวัฏจักรการขับที่กรุงเทพมหานคร (Bangkok Driving Cycle) ซึ่งเป็นการจำลองการขับที่ในกรุงเทพมหานคร ซึ่งมีการขับที่เกียร์ต่างๆ และความเร็วต่างๆ ทั้งแบบไม่คงที่ (Transient) และคงที่ (Steady state) ซึ่งการขับบนชัสซิสไดนาโมมิเตอร์จะมีการวัดมลพิษที่ได้จากการขับและสมรรถนะของเครื่องยนต์ วัฏจักรการขับที่ในกรุงเทพมหานครนี้มีระยะเวลาขับทั้งหมด 2,271 วินาที ซึ่งจำลองการขับที่ในกรุงเทพมหานครเป็นระยะทาง 27.98 กิโลเมตร วัฏจักรการขับที่ในกรุงเทพประกอบไปด้วย 3 เฟสหรือช่วง ดังแสดงได้ตามตารางที่ 3.2 โดยในการทำการทดลองแต่ละครั้ง จะต้องมีการปล่อยน้ำมันที่มีอยู่ในรถออกก่อนเพื่อให้แน่ใจว่าน้ำมันที่ต้องการทดสอบนั้นอยู่ในเครื่องยนต์

สำหรับการทดสอบมลพิษที่ได้จากชั่งน้ำหนักไดนาโมมิเตอร์ มลพิษที่ปล่อยออกมาจะถูกรวบรวมในท่อและอนุภาคมลพิษจะถูกรวบรวมโดยกระดาษกรอง (T60A20, Pallflex Products, USA) สำหรับการทดลองหาปริมาณของคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) และ คาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) จะใช้หลักการของ Non-Dispersive Infrared Technique (NDIT) ส่วนปริมาณของไฮโดรคาร์บอนทั้งหมด (Total Hydrocarbon หรือ THC) และ ไนโตรเจนออกไซด์ (NO_x)จะถูกวัดโดยหลักการของ Flame Ionization และ Chemiluminescence ตามลำดับ ข้อมูลจากมลพิษที่วัดได้ จะถูกนำไปคำนวณกลับหาค่าสิ้นเปลืองน้ำมัน

ตารางที่ 3.1 รายละเอียดของรถยนต์ที่ใช้ การทดสอบ

Isuzu DMAX

Cylinder number x bore (mm) x stroke (mm)	4 x 93 x 92
Displacement (l)	2.499
Compression ratio	17.7:1
Rated power (kW)/speed (rpm)	58/3900
Maximum torque (Nm)/speed (rpm)	176/1800

ตารางที่ 3.2 วัฏจักรการขับที่กรุงเทพมหานคร

รายละเอียด	Phase I	Phase II	Phase III
ระยะทาง (km)	3.509	9.696	14.836
เวลา (s)	823	730	724
ช่วงอัตราเร็ว (km/hr)	10-20	40-60	60-80
อัตราเร็วเฉลี่ย (km/hr)	14.61	46.77	72.64

บทที่ 4

ผลการดำเนินงาน

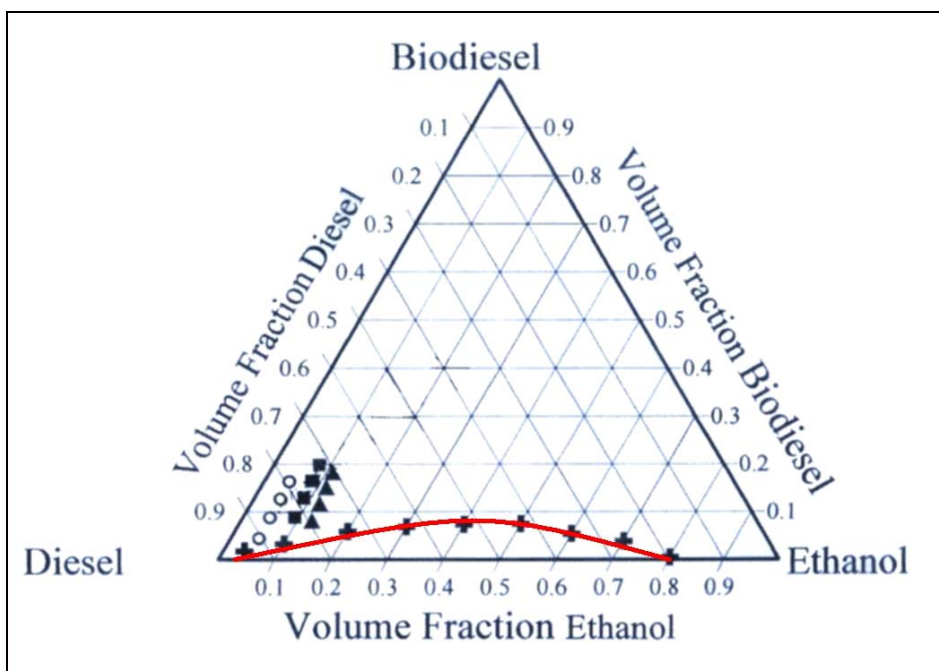
4.1 ผลการทดสอบความเสถียรภาพของดีโซฮอล์

จากการทดลองในการผสมดีเซลกับเอทานอลโดยมีไบโอดีเซลเป็นอิมัลซิไฟเออร์ โดยแสดงผลในรูปของแผนภาพระบบ 3 เฟส (Three Phase Diagram) ดังภาพที่ 4-1 พบว่าเอทานอลในปริมาณน้อยสามารถละลายในน้ำมันดีเซลได้โดยไม่ต้องเติมไบโอดีเซล แต่เมื่อปริมาณเอทานอลมากขึ้นจนถึงสัดส่วนเชิงปริมาตรที่ 0.037 ของผสมระหว่างดีเซลและเอทานอลของเหลวผสมจะเกิดการแยกชั้น ซึ่งจำเป็นต้องใช้ไบโอดีเซลในสัดส่วนเชิงปริมาตรที่ 0.019 ของของผสมทั้งหมด จึงจะสามารถทำให้ของผสมละลายอยู่ในรูปของอิมัลชันที่เสถียรได้ หากปริมาณเอทานอลในดีโซฮอล์ที่เพิ่มขึ้นจะต้องใช้ปริมาณไบโอดีเซลที่เพิ่มขึ้นด้วย และเมื่อเพิ่มปริมาณเอทานอลถึงสัดส่วนเชิงปริมาตรที่ 0.5 ของของผสมทั้งหมดจะต้องใช้ไบโอดีเซลที่ปริมาณสูงสุดจากนั้นการใช้ไบโอดีเซลมีปริมาณลดลง เมื่อปริมาณของเอทานอลเพิ่มขึ้นจนถึงที่สัดส่วนเชิงปริมาตรเท่ากับ 0.864 ของของผสมทั้งหมด และน้ำมันดีเซลในสัดส่วนเชิงปริมาตรที่ 0.136 ของของผสมทั้งหมด ของผสมจะมีเสถียรภาพนั้นคือน้ำมันดีเซลจะสามารถละลายในเอทานอลได้โดยไม่ต้องใช้ไบโอดีเซลเป็นอิมัลซิไฟเออร์ จากภาพที่ 4-1 พื้นที่ในส่วนใต้เส้นกราฟเป็นส่วนที่ของผสมเหลวไม่สามารถรวมตัวอยู่ในรูปของอิมัลชัน และในส่วนด้านบนเส้นกราฟเป็นส่วนที่ของผสมเหลวสามารถรวมตัวอยู่ในรูปของอิมัลชันโดยมีไบโอดีเซลเป็นอิมัลซิไฟเออร์

การแยกชั้นระหว่างน้ำมันดีเซลกับเอทานอลเป็นผลมาจากคุณสมบัติของเอทานอลและน้ำที่มีอยู่ในเอทานอล ซึ่งเอทานอลมีโครงสร้างทางเคมีเป็นแบบมีขั้ว คือมีอิเล็กตรอนที่ไม่ใช้ในการ

สร้างพันธะกับออกซิเจน 2 คู่ ส่วนน้ำมันดีเซลนั้นมีโครงสร้างทางเคมีเป็นแบบไม่มีหัวเอทานอลในปริมาณที่น้อยสามารถละลายในน้ำมันดีเซลที่มีปริมาณมากได้ซึ่งจะทำให้ไม่เกิดการแยกชั้นเนื่องจากความแตกต่างระหว่างหัวมีน้อยมาก แต่เมื่อปริมาณเอทานอลเพิ่มขึ้นจะส่งผลให้ความแตกต่างระหว่างหัวมีมากขึ้น จึงนำไปสู่การแยกชั้นระหว่างดีเซลและเอทานอลเมื่อนำไบโอดีเซลมาใช้เป็นอิมัลซิไฟเออร์ในของผสมดีโซฮอลล์จะสามารถทำให้ดีเซลและเอทานอลผสมเข้ากันได้โดยไม่แยกชั้น เนื่องจากโมเลกุลของไบโอดีเซลประกอบไปด้วย 2 ส่วน คือส่วนที่เป็นไฮโดรคาร์บอนซึ่งเป็นส่วนที่ไม่มีหัวโดยมีโครงสร้างทางเคมีคล้ายคลึงกับน้ำมันดีเซล ดังนั้นจึงสามารถละลายได้ในน้ำมันดีเซล สำหรับอีกส่วนจะเป็นส่วนที่มีหัวโดยมีโครงสร้างทางเคมีคล้ายคลึงกับน้ำจึงสามารถละลายได้ดีในน้ำ ดังนั้นความเป็นอิมัลชันของดีโซฮอลล์จึงมีความเสถียร แต่เมื่อมีการเพิ่มปริมาณเอทานอลมากขึ้นจะนำไปสู่การแยกชั้น เนื่องจากความแตกต่างระหว่างหัวมีมากขึ้น จึงจำเป็นต้องใช้ไบโอดีเซลในปริมาณที่มากขึ้นด้วย เพื่อให้ความเป็นอิมัลชันของดีโซฮอลล์คงความเสถียรอยู่ได้ เช่นเดียวกับการผสมดีเซลในปริมาณน้อยเข้ากับเอทานอลในปริมาณมาก

เมื่อนำดีโซฮอลล์ในอัตราส่วนต่าง ๆ มาทดสอบถึงลักษณะการแยกชั้นเมื่อถูกเก็บไว้ในสภาวะควบคุมเป็นเวลา 6 เดือน พบว่าดีโซฮอลล์ทุกอัตราส่วนยังคงใสและไม่เกิดการแยกชั้น ซึ่งมีของดีโซฮอลล์แสดงได้ดังภาพที่ 4.1



ภาพที่ 4.1 Three Phase Diagram ของของผสมระหว่าง ดีเซล เอทานอลและไบโอดีเซล

- ดีโซฮอลล์ที่ 95 : 5 (ดีเซล : เอทานอล) ที่ผสมกับไบโอดีเซลในทุกอัตราส่วนการทดลอง
- ดีโซฮอลล์ที่ 90 : 10 (ดีเซล : เอทานอล) ที่ผสมกับไบโอดีเซลในทุกอัตราส่วนการทดลอง
- ▲ ดีโซฮอลล์ที่ 85:15 (ดีเซล:เอทานอล) ที่ผสมกับไบโอดีเซลในทุกอัตราส่วนการทดลอง
- จุดแรกที่ดีเซลสามารถผสมกับเอทานอลในปริมาณต่างๆ ได้อยู่ในรูปของอิมัลชันโดยมีไบโอดีเซลเป็น

อิมัลซิไฟเออร์



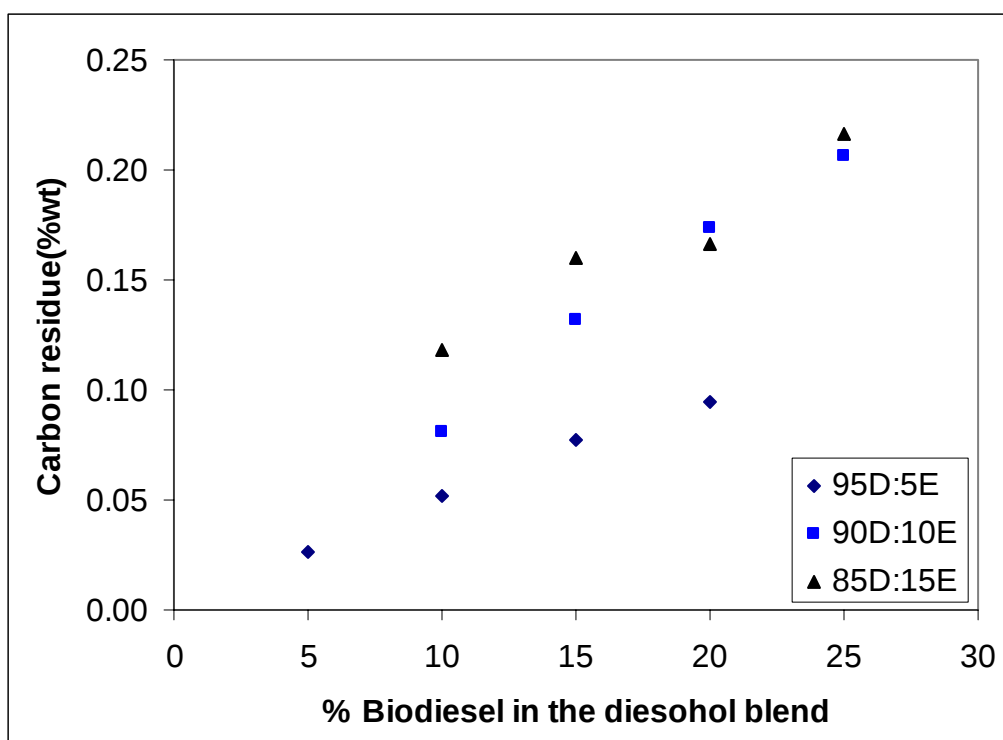
ภาพที่ 4.2 ดีโซฮอลเมื่อเวลาผ่านไป 6 เดือน

4.2 ผลการทดสอบคุณสมบัติทางเชื้อเพลิงของดีโซฮอล

4.2.1 การทดลองเพื่อหาการคาร์บอนของดีโซฮอลที่ไบโอดีเซลอัตราส่วนต่างๆ

การเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การคาร์บอนของดีโซฮอลในอัตราส่วนไบโอดีเซลต่างๆ แสดงใน ภาพที่ 4-3 จะเห็นได้ว่าเมื่อเพิ่มอัตราส่วนไบโอดีเซลจะทำให้เปอร์เซ็นต์การคาร์บอนเพิ่มขึ้น และที่อัตราส่วนไบโอดีเซลเท่ากันพบว่าเปอร์เซ็นต์การคาร์บอนเพิ่มขึ้นตามอัตราส่วนเอทานอล เนื่องจากเกิดการสันดาปไม่สมบูรณ์มากขึ้น เพราะไบโอดีเซลและเอทานอลทำให้อุณหภูมิในการเผาไหม้ลดลง ส่งผลให้การสันดาปไม่สมบูรณ์ ตามมาตรฐานน้ำมันดีเซลหมุนเร็วปริมาณการคาร์บอนควรมีค่าไม่เกิน 0.05 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก จากการวิจัยพบว่ามีเพียงดีโซฮอลที่มีไบโอดีเซล 5% ในของผสมระหว่าง ดีเซลต่อเอทานอลที่ 95:5 (95D:5E) มีปริมาณการคาร์บอนตามมาตรฐานที่กำหนดไว้ของน้ำมันดีเซลหมุนเร็ว เปอร์เซ็นต์การคาร์บอนของดีโซฮอลที่ได้จากการทดลองพบว่ามีปริมาณสูงกว่าดีเซลจะส่งผลทำให้เกิดปริมาณการคาร์บอนที่เหลืออยู่หลังการเผาไหม้มากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้้ำมันดีเซลทั่วไป ซึ่งจะมีผลต่อ

การเกิดสิ่งสกปรกในเครื่องยนต์ และการสันดาปที่ไม่สมบูรณ์ ปัญหานี้สามารถแก้ไขที่เครื่องยนต์ได้โดยการติดเทอร์โบชาร์จเจอร์และลดอุณหภูมิของไอดี ซึ่งจะให้ความหนาแน่นของออกซิเจนในการสันดาปเพิ่มขึ้น ดีโซฮอลล์ที่อัตราส่วนอื่นๆ ที่ไม่ผ่านเกณฑ์ข้างต้นสามารถใช้แทนน้ำมันดีเซลหมุนช้าได้เนื่องจากเปอร์เซ็นต์การคาร์บอนไม่มีขอบเขตกำหนด

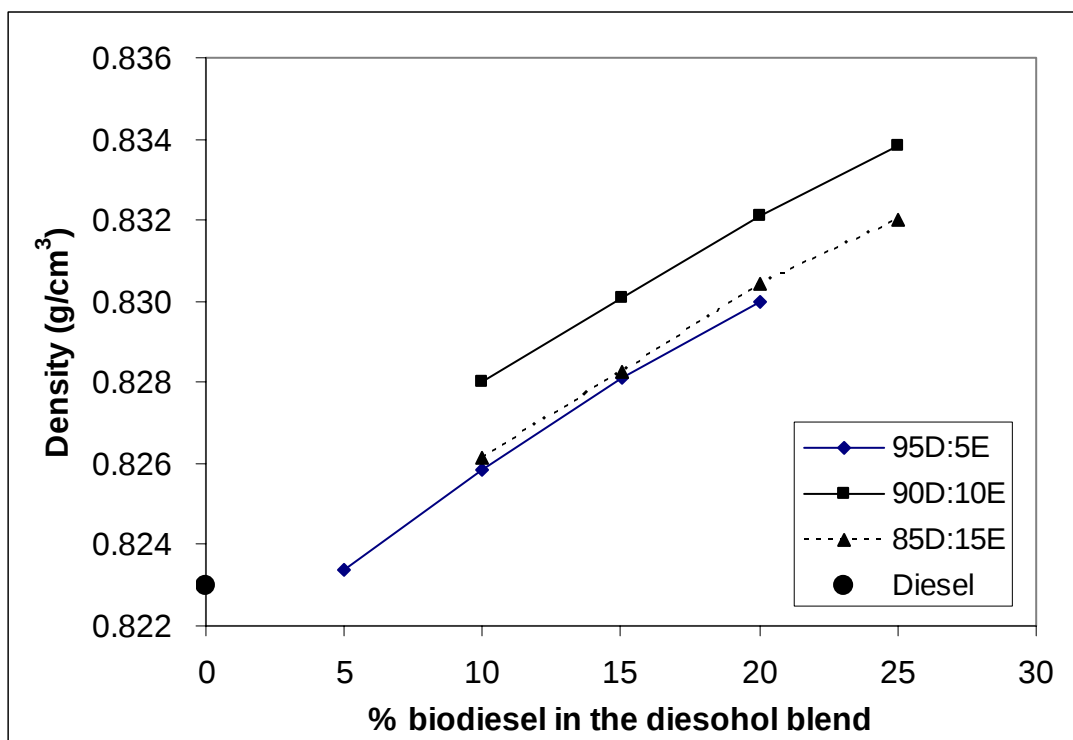


ภาพที่ 4.3 เปอร์เซนต์การคาร์บอนของดีโซฮอลล์ที่ไปโอดีเซลอัตราส่วนต่างๆ

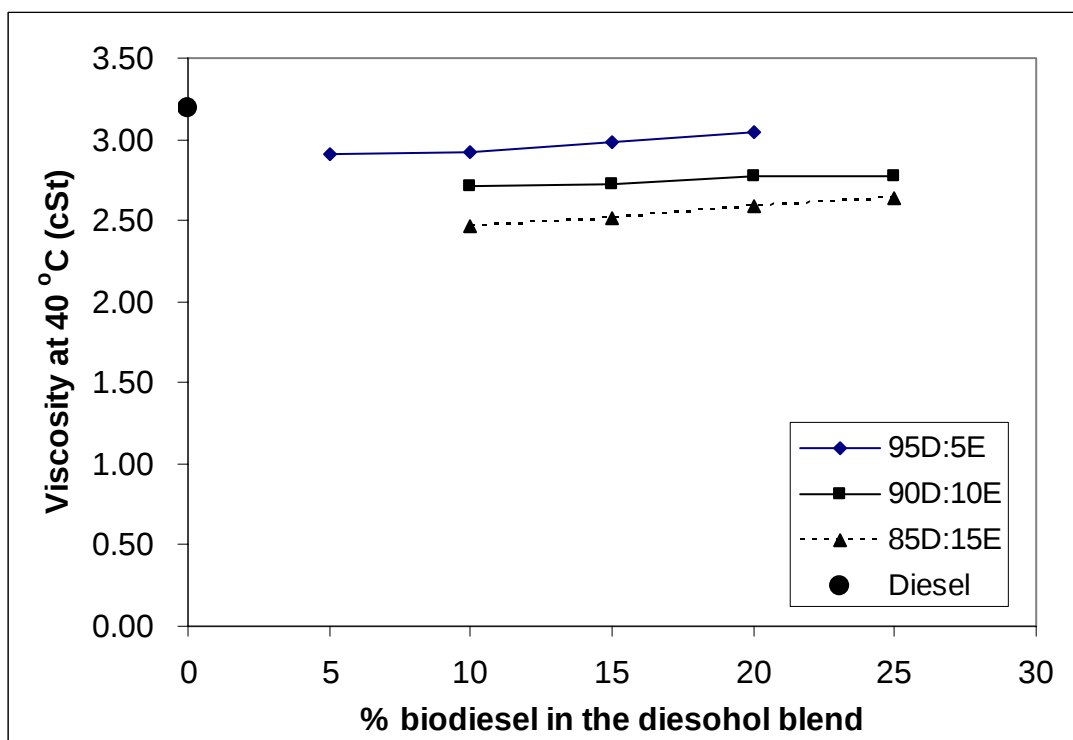
4.2.2 การทดลองหา ความหนาแน่น และความหนืดที่อุณหภูมิ 40 °C ของดีโซฮอลล์ อัตราส่วนต่างๆ

การเปรียบเทียบความหนาแน่นของดีโซฮอลล์ในอัตราส่วนต่างๆ แสดงในภาพที่ 4-4 จะเห็นได้ว่า เมื่อเพิ่มอัตราส่วนไบโอดีเซลจะทำให้ความหนาแน่นเพิ่มขึ้น เนื่องจากไบโอดีเซลมีความหนาแน่นมากกว่าน้ำมันดีเซลทั่วไปและเมื่อเปรียบเทียบของผสมที่อัตราส่วนไบโอดีเซลเท่ากันแล้วพบว่าอัตราส่วนเอทานอลที่เพิ่มจะส่งผลทำให้ความหนาแน่นของดีโซฮอลล์ลดลง เนื่องจากเอทานอลมีความหนาแน่นต่ำกว่าดีเซลและไบโอดีเซล ความหนาแน่นมีความสัมพันธ์กับความหนืดดังนี้คือ เมื่อความหนาแน่นมากทำให้ความต้านทานการไหลของน้ำมันมากขึ้น

ภาพที่ 4-5 แสดงการเปรียบเทียบ ความหนืดที่อุณหภูมิ 40 °C ของดีโซฮอลล์ในต่างๆ จะเห็นได้ว่าเมื่ออัตราส่วนไบโอดีเซลในของผสมเพิ่มขึ้นจะทำให้ความหนืดที่อุณหภูมิ 40 °C เพิ่มขึ้น ทั้งนี้เพราะว่าไบโอดีเซลมีความหนืดมากกว่าดีเซลและเอทานอล และเมื่อเปรียบเทียบของผสมที่อัตราส่วนไบโอดีเซลเท่ากันแล้วพบว่า การเพิ่มอัตราส่วนเอทานอลจะทำให้ความหนืดลดลง เนื่องจากเอทานอลมีค่าความหนืดต่ำกว่าดีเซลและไบโอดีเซล จากการวิจัยจะพบว่าความหนืดที่อุณหภูมิ 40 °C ของดีโซฮอลล์ทุกอัตราส่วนมีค่าน้อยกว่าของดีเซล อันเป็นสาเหตุให้การพ่นฉีดของน้ำมันเป็นฝอยได้ดีกว่าเมื่อเปรียบกับการใช้น้ำมันดีเซล ซึ่งจะมีผลต่อการเผาไหม้ กำลังเครื่องยนต์ และควันดำของไอเสีย ความหนืดที่อุณหภูมิ 40 °C ของดีโซฮอลล์ อยู่ภายใต้มาตรฐานที่กำหนดไว้ คือ 1.8-4.1 cSt



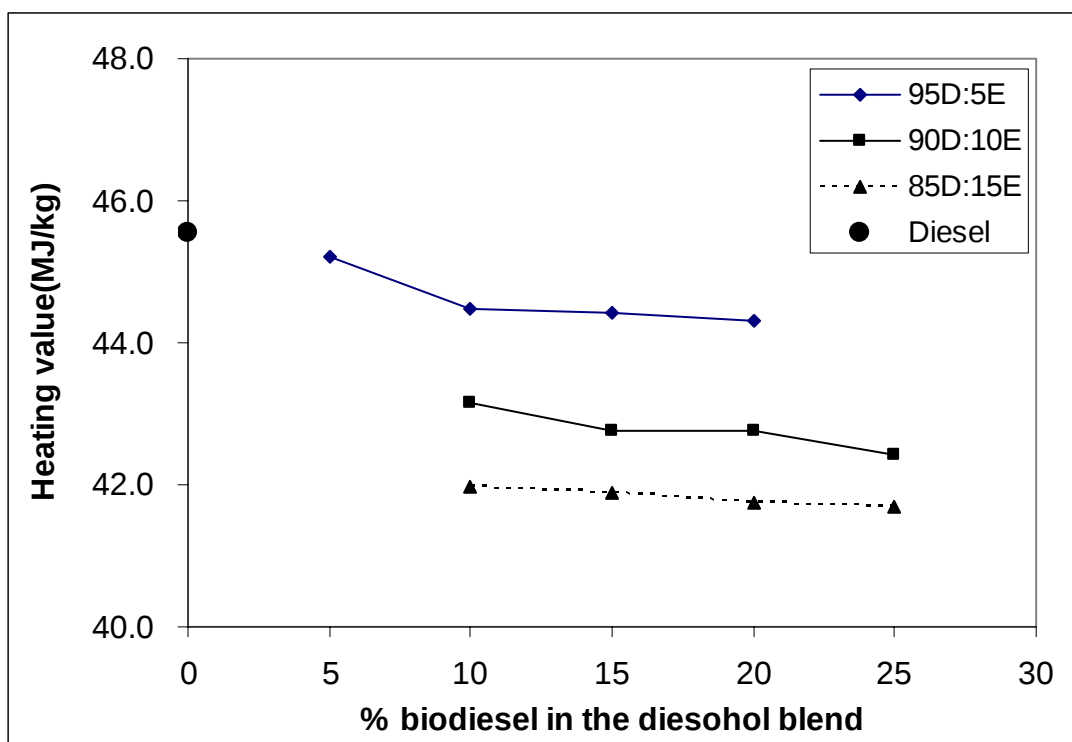
ภาพที่ 4.4 ค่าความหนาแน่นของดีเซลและดีโซฮอลล์ที่อัตราส่วนต่างๆ



ภาพที่ 4.5 ค่าความหนืดที่อุณหภูมิ 40°C ของดีเซลและดีโซฮอลล์ที่อัตราส่วนต่าง ๆ

4.2.3 การทดลองหาค่าความร้อนของดีโซฮอล์ ที่ไบโอดีเซลอัตราส่วนต่างๆ

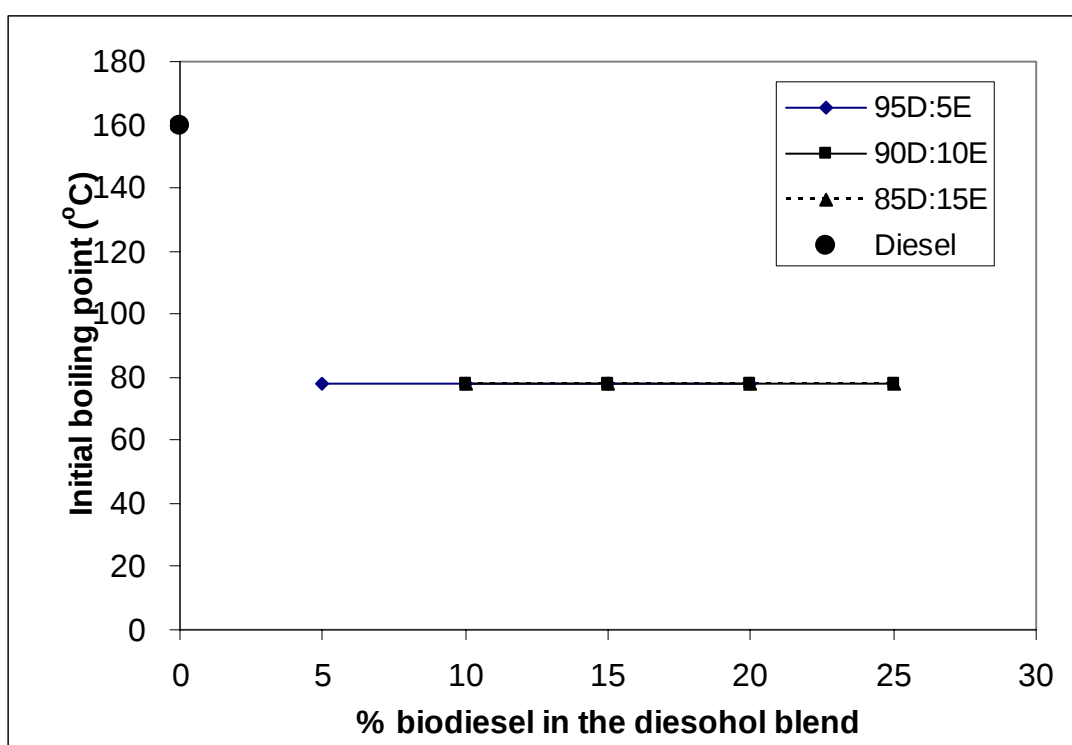
การเปรียบเทียบค่าความร้อนของดีโซฮอล์ในอัตราส่วนต่างๆ แสดงในภาพที่ 4-6 ซึ่งจะเห็นได้ว่าเมื่อเพิ่มอัตราส่วนไบโอดีเซลในของผสมดีโซฮอล์จะทำให้ค่าความร้อนของดีโซฮอล์ลดลง เนื่องจากค่าความร้อนขึ้นอยู่กับเปอร์เซ็นต์คาร์บอนและไฮโดรเจน ไบโอดีเซลมีเปอร์เซ็นต์คาร์บอนและไฮโดรเจนต่ำกว่าน้ำมันดีเซลทั่วไปส่งผลทำให้ค่าความร้อนของไบโอดีเซลต่ำกว่าน้ำมันดีเซล ดังนั้น ดีโซฮอล์จึงมีค่าความร้อนต่ำกว่าดีเซล และเมื่อเปรียบเทียบของผสมที่อัตราส่วนไบโอดีเซลที่เท่ากันโดยเพิ่มอัตราส่วนเอทานอล แล้วจะพบว่าค่าความร้อนของดีโซฮอล์ลดลง เนื่องจากเปอร์เซ็นต์คาร์บอนและไฮโดรเจนของเอทานอลมีค่าต่ำกว่าดีเซล และไบโอดีเซลทำให้เอทานอลมีค่าความร้อนต่ำกว่าดีเซลและไบโอดีเซล ดังนั้นค่าความร้อนของดีโซฮอล์จึงมีค่าต่ำกว่าของดีเซล อันเป็นสาเหตุให้พลังงานที่ได้จากการเผาไหม้ต่ำกว่าเมื่อใช้ดีเซล ซึ่งจะมีผลต่อกำลังเครื่องยนต์และการประหยัดน้ำมันเชื้อเพลิง



ภาพที่ 4.6 ค่าความร้อนของดีเซลและดีโซฮอล์ที่อัตราส่วนต่างๆ

4.2.4 การทดลองหาอุณหภูมิที่จุดเดือดเริ่มต้นของดีโซฮอล์ ที่อัตราส่วนต่างๆ

ผลการเปรียบเทียบจุดเดือดเริ่มต้นของดีโซฮอล์ในอัตราส่วนต่างๆ แสดงได้ในภาพที่ 4-7 จะเห็นได้ว่าเมื่อเพิ่มอัตราส่วนไบโอดีเซลในของผสมดีโซฮอล์ จุดเดือดเริ่มต้นของดีโซฮอล์ มีค่า 78 °C เท่ากันทุกอัตราส่วน และเมื่อเปรียบเทียบของผสมที่อัตราส่วนไบโอดีเซลที่เท่ากัน โดยเพิ่มอัตราส่วนเอทานอลพบว่าจุดเดือดเริ่มต้นของดีโซฮอล์มีค่า 78 °C เท่ากันทุกอัตราส่วน เพราะค่าจุดเดือดเริ่มต้นที่ได้จากการทดลองเป็นค่าจุดเดือดเริ่มต้นของเอทานอล เนื่องจากเอทานอลมีค่าความดันไอสูงกว่าดีเซลและไบโอดีเซลมากทำให้ ส่งผลในการติดไฟง่ายเนื่องจากระเหยเป็นไอได้ดี



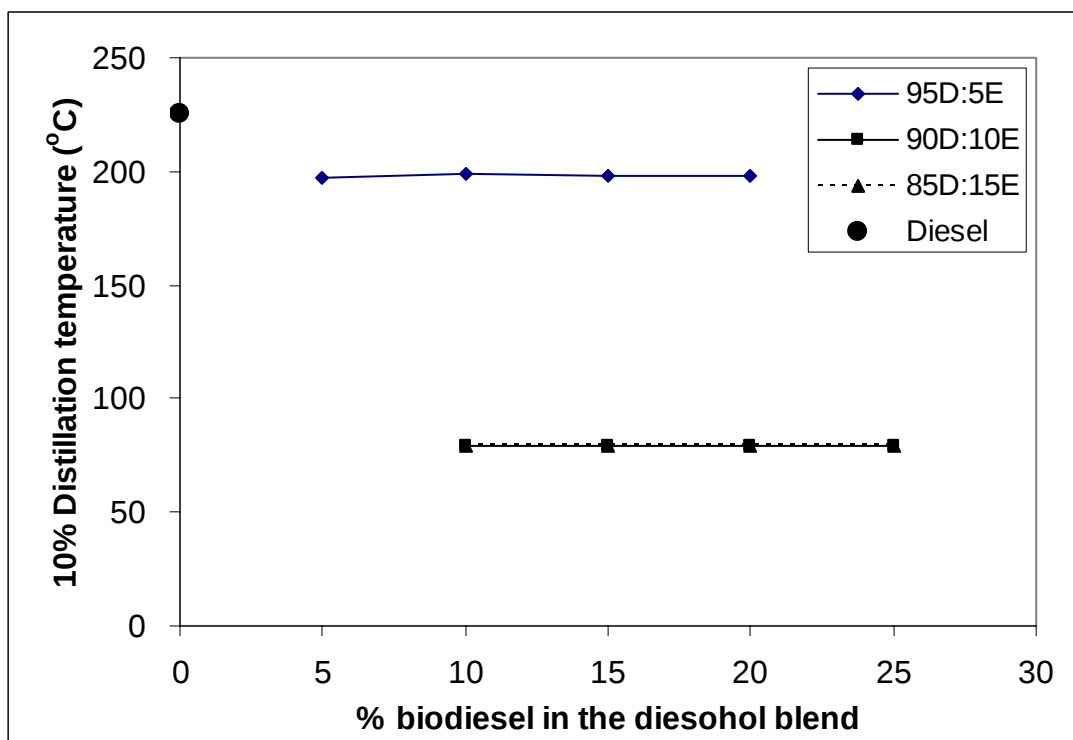
ภาพที่ 4.7 จุดเดือดเริ่มต้นของดีเซลและดีโซฮอล์ที่อัตราส่วนต่างๆ

4.2.5 การทดลองหาจุดกลั่นตัว 10 เปอร์เซ็นต์ (10 เปอร์เซ็นต์ Distillation) ของดีโซฮอล์ที่อัตราส่วนต่างๆ

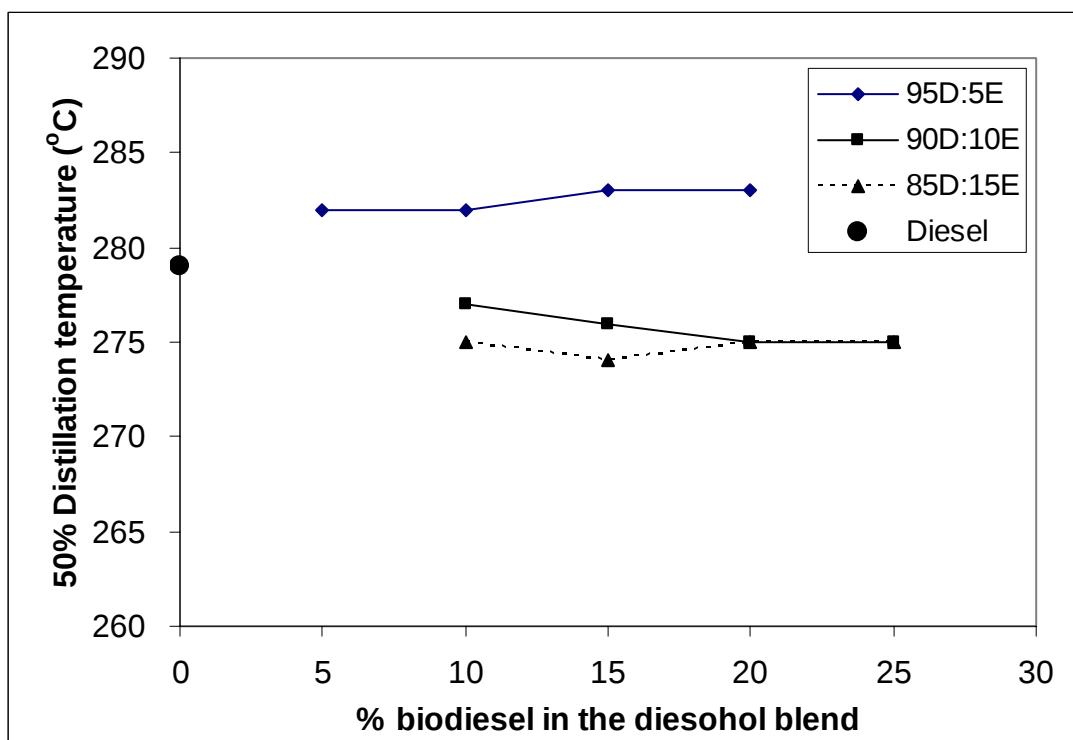
ผลการเปรียบเทียบจุดกลั่นตัว 10 เปอร์เซ็นต์ (10 % Distillation) ของดีโซฮอล์แสดงในภาพที่ 4-8 จะเห็นได้ว่าเมื่อเปรียบเทียบของผสมที่อัตราส่วนไบโอดีเซลที่เท่ากันโดยเพิ่มอัตราส่วนเอทานอล พบว่าดีโซฮอล์ที่มีไบโอดีเซลทุกอัตราส่วนในของผสมดีเซลและเอทานอลที่มีอัตราส่วนระหว่างดีเซลของเอทานอล เท่ากับ 90:10 (90D:10E) และ 85:15 (85D:15E) มีค่าอุณหภูมิจุดกลั่นตัว 10 เปอร์เซ็นต์ เท่ากันที่ 79 °C เพราะว่าค่าจุดกลั่นตัว 10 เปอร์เซ็นต์ ที่ได้เป็นของเอทานอล ซึ่งหากทำการคำนวณสัดส่วนของเอทานอลในของผสมทั้งหมดพบว่าเอทานอลมีสัดส่วนมากกว่า 10 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ดีโซฮอล์ที่มีไบโอดีเซลทุกอัตราส่วนในของผสมดีเซลและเอทานอลที่มีอัตราส่วนระหว่างดีเซลของเอทานอล เท่ากับ 95:5 (95D:5E) มีค่าเท่ากับ 198 °C เนื่องจากดีโซฮอล์ที่อัตราส่วนนี้มีสัดส่วนของเอทานอลน้อยกว่า 10% ของของผสมทั้งหมดจึงทำให้ค่าจุดกลั่นตัว 10 เปอร์เซ็นต์ที่ได้เป็นของดีเซลและไบโอดีเซล ค่าจุดกลั่นตัว 10 เปอร์เซ็นต์ของดีโซฮอล์ส่วนใหญ่มีค่าต่ำกว่าของดีเซล คุณสมบัตินี้อาจทำให้น้ำมันระเหยมากเกินไปจนเป็นไอระเหยระหว่างส่งตามท่อ ส่งผลทำให้เนื่อน้ำมันเข้าสู่คาร์บิวเรเตอร์ไม่ได้ และการทำงานของเครื่องยนต์จะสะดุดหยุดลงที่เรียกว่า Vapor Lock

4.2.6 การทดลองหาจุดกลั่นตัว 50 เปอร์เซ็นต์ (50% Distillation) ของดีโซฮอล์ที่อัตราส่วนต่างๆ

ผลการเปรียบเทียบจุดกลั่นตัว 50 เปอร์เซ็นต์ (50 % Distillation) ของดีโซฮอล์ในอัตราส่วนต่างๆ แสดงได้ในภาพที่ 4-9 จากภาพจะเห็นได้ว่าดีโซฮอล์ทุกอัตราส่วนมีค่าจุดกลั่นตัว 50 เปอร์เซ็นต์ที่ใกล้เคียงกันกับน้ำมันดีเซล เนื่องจากอุณหภูมิในส่วนนี้เป็นอุณหภูมิของของผสมที่เหลือนอยู่ระหว่างน้ำมันดีเซลและไบโอดีเซล จุดกลั่นตัว 50 เปอร์เซ็นต์ของดีโซฮอล์



ภาพที่ 4.8 อุณหภูมิการกลั่นที่ 10% Distillation ของดีเซลและดีโซฮอลล์ที่อัตราส่วนต่างๆ



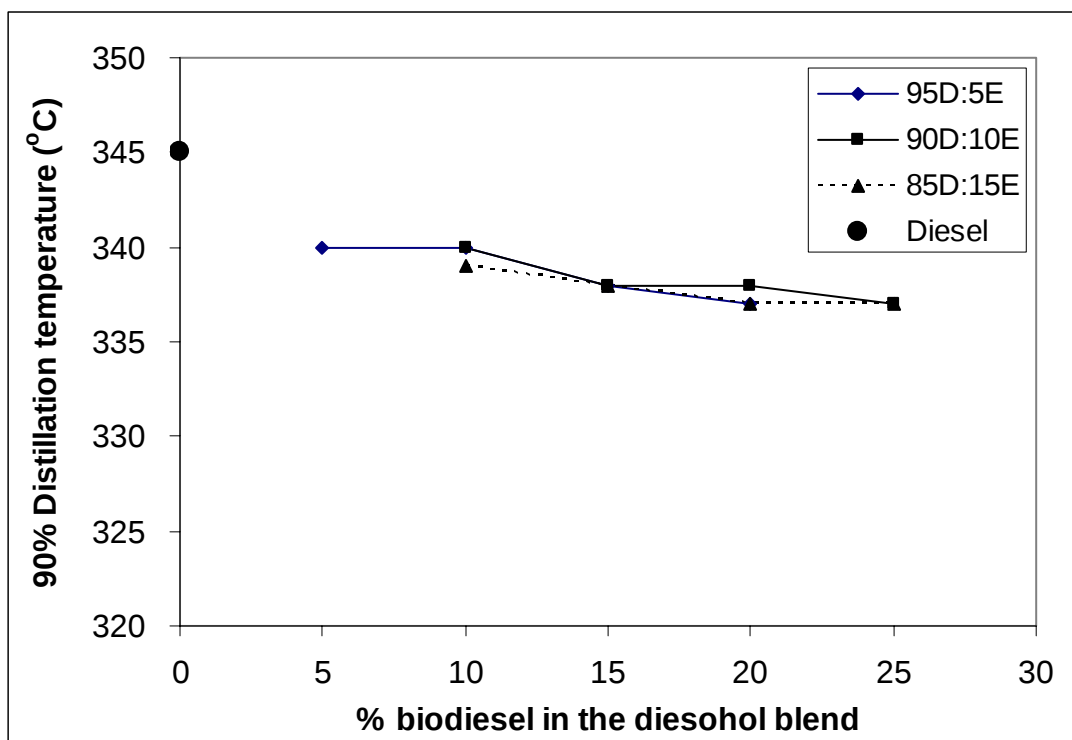
ภาพที่ 4.9 อุณหภูมิการกลั่นที่ 50% Distillation ของดีเซลและดีโซฮอลล์ที่อัตราส่วนต่างๆ

ทุกอัตราส่วนมีอุณหภูมิใกล้เคียงกับของดีเซล จึงไม่มีผลต่อกำลังของเครื่องยนต์ เนื่องจากอุณหภูมิที่จุดกลั่นตัว 50 เปอร์เซ็นต์เป็นจุดที่จะทำให้การอุ่นเครื่องยนต์ทำได้เร็ว การกระจายน้ำมันไปยังกระบอกสูบต่างๆ ได้อย่างสม่ำเสมอและปรับส่วนผสมของน้ำมันกับอากาศได้ถูกต้อง ทำให้แรงเครื่องได้ดี ส่งผลให้เครื่องยนต์มีพลังงานสูง

4.2.7 การทดลองหาจุดกลั่นตัว 90 เปอร์เซ็นต์ (90% Distillation) ของดีโซฮอลล์ที่อัตราส่วนต่างๆ

การเปรียบเทียบจุดกลั่นตัว 90 เปอร์เซ็นต์ (90 %Distillation) ของดีโซฮอลล์ในอัตราส่วนไบโอดีเซลต่างๆ แสดงใน ภาพที่ 4-10 จะเห็นได้ว่าดีโซฮอลล์ทุกอัตราส่วนมีค่าใกล้เคียงกัน เนื่องจากในส่วนนี้มีทั้งดีเซลและไบโอดีเซล จุดกลั่นตัว 90 เปอร์เซ็นต์ของดีโซฮอลล์ทุกอัตราส่วนมีอุณหภูมิใกล้เคียงกับของดีเซลและอยู่ภายใต้มาตรฐานที่กำหนดไว้ที่อุณหภูมิ 357 °C จึงไม่ส่งผลต่อกำลังของเครื่องยนต์

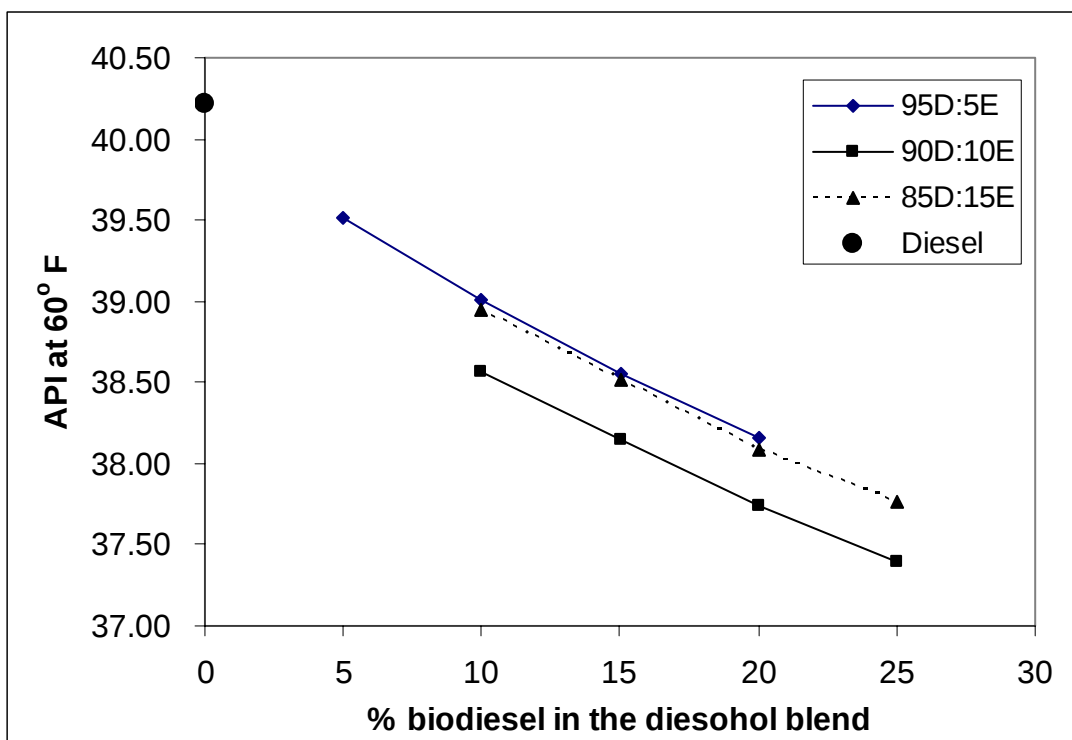
การเปรียบเทียบอุณหภูมิที่จุดกลั่นตัวที่ 10 50 และ 90 เปอร์เซ็นต์ของดีเซลและดีโซฮอลล์ในอัตราส่วนต่างๆ พบว่ามีค่าใกล้เคียงกันและใกล้เคียงกับของดีเซล แต่ดีโซฮอลล์ที่มีอัตราส่วนระหว่างดีเซลของเอทานอล เท่ากับ 90:10 (90D:10E) และ 85:15 (85D:15E) มีอุณหภูมิที่จุดกลั่นตัว 10 เปอร์เซ็นต์ ต่ำกว่าของดีเซล อาจส่งผลให้เกิด Vapor Lock ได้ ซึ่งจะส่งผลเมื่อใช้เครื่องยนต์เป็นเวลานาน แล้วหยุดประมาณ 15 นาทีจะไม่สามารถติดเครื่องยนต์ได้เนื่องจากเชื้อเพลิงไม่สามารถเข้าห้องเผาไหม้ได้ตามปกติ



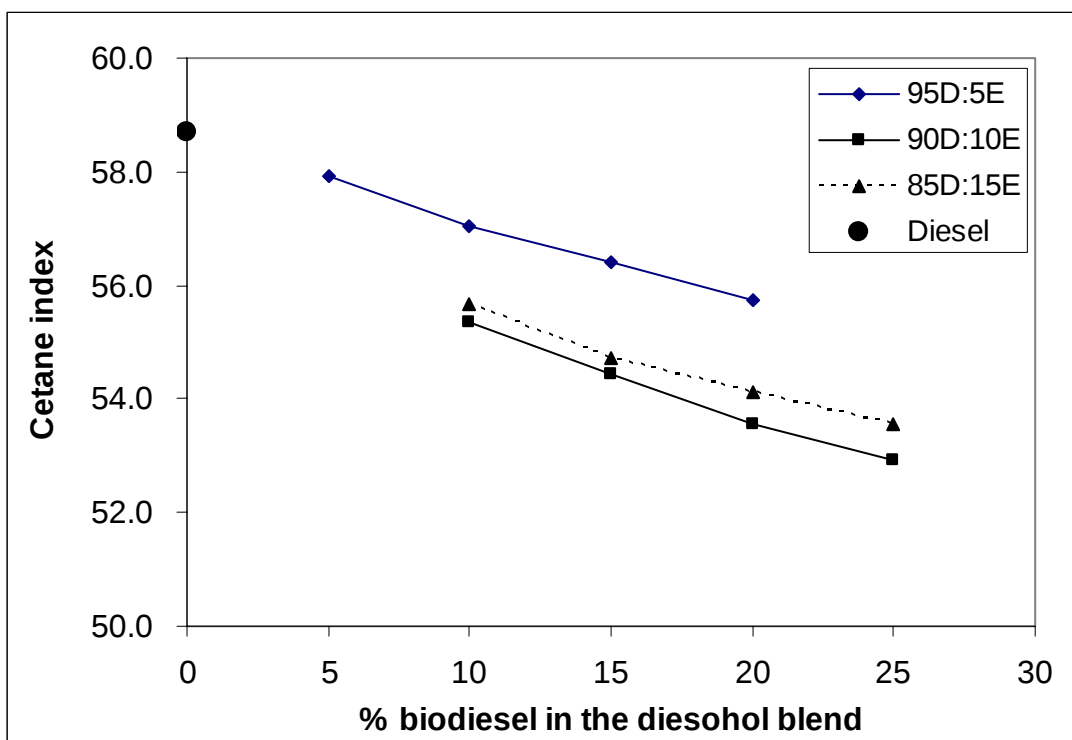
ภาพที่ 4.10 อุณหภูมิการกลั่นที่ 90% Distillation ของดีเซลและดีโซฮอลล์ที่อัตราส่วนต่างๆ

4.2.8 การทดลองหาค่าความถ่วงเอพีไอ (API Gravity) ที่อุณหภูมิ 60 °F และดัชนีซีเทน (Cetane Index) ของดีโซฮอลล์ที่อัตราส่วนต่างๆ

ผลการเปรียบเทียบ ค่าความถ่วงจำเพาะที่อุณหภูมิ 60 °F ของดีโซฮอลล์ในอัตราส่วนต่างๆ แสดงได้ดังภาพที่ 4-11 จะเห็นได้ว่าเมื่ออัตราส่วนไบโอดีเซลเพิ่มขึ้นจะทำให้ค่า API ลดลง เนื่องจากไบโอดีเซลมีค่า API ต่ำกว่าดีเซล และเมื่อเปรียบเทียบของผสมที่อัตราส่วนไบโอดีเซลเท่ากันแล้ว พบว่าหากอัตราส่วนของเอทานอลเพิ่มขึ้นจะทำให้ค่า API มีค่าเพิ่มขึ้นเนื่องจากค่า API ของเอทานอลมีค่ามากกว่าของน้ำมันดีเซล ค่า API สามารถบอกถึงค่าดัชนีซีเทนของน้ำมันได้ ถ้าค่า API สูงแสดงว่าน้ำมันมีค่าดัชนีซีเทนสูง เนื่องจากค่า API นำมาใช้ในการประมาณค่าดัชนีซีเทน จากการวิจัยจะพบว่าดัชนีซีเทนของดีโซฮอลล์ทุกอัตราส่วนมีค่าต่ำกว่าของดีเซลแต่ยังอยู่ภายใต้มาตรฐานที่กำหนดไว้ คือมีค่าซีเทนไม่ต่ำกว่า 47



ภาพที่ 4.11 ค่าความถ่วงเอพีไอ ที่อุณหภูมิ 60 °F ของดีเซลและดีโซฮอลล์ที่อัตราส่วนต่างๆ

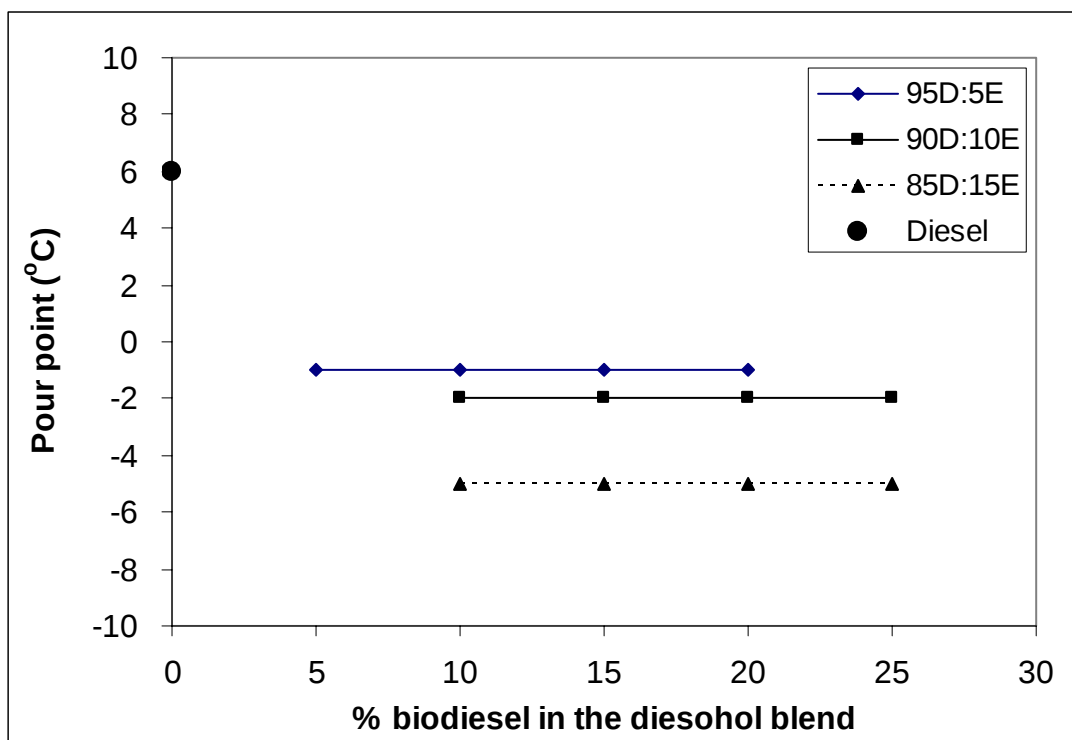


ภาพที่ 4.12 ดัชนีซีเทนของดีเซลและดีโซฮอลล์ที่ไปโอดีเซลอัตราส่วนต่างๆ

อันเป็นสาเหตุให้ความสามารถในการจุระเปิดลดลง ปริมาณเชื้อเพลิงที่สะสมในห้องเผาไหม้จะลดลงมากขึ้นก่อนการลุกติดไฟ เมื่อเปรียบกับการใช้น้ำมันดีเซล ซึ่งจะมีผลต่อการสตาร์ทติดของเครื่องยนต์ การควบคุมการเผาไหม้ และประสิทธิภาพเครื่องยนต์

4.2.9 การทดลองหาค่าจุดไหลเทของดีโซฮอล์ที่อัตราส่วนต่างๆ

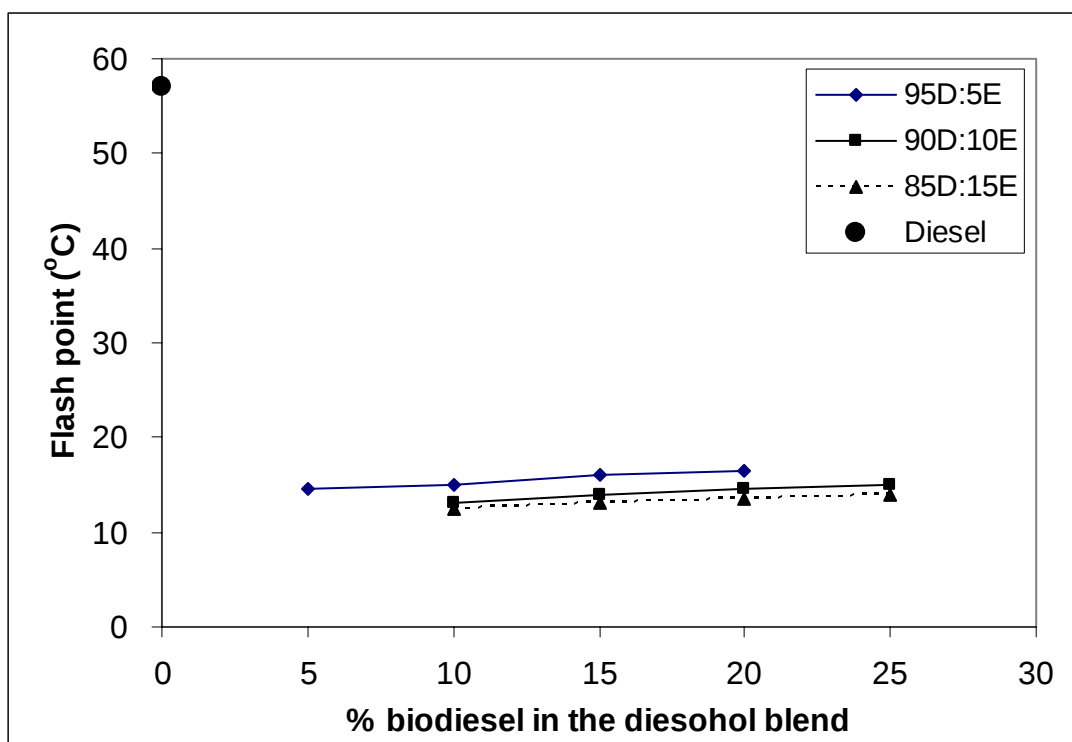
ผลการเปรียบเทียบจุดไหลเทของดีโซฮอล์ในอัตราส่วนไบโอดีเซลต่างๆ แสดงได้ในภาพที่ 4-13 จากภาพจะเห็นได้ว่าเมื่ออัตราส่วนเอทานอลเพิ่มขึ้นจะทำให้จุดไหลเทลดลง จากการวิจัยพบว่าจุดไหลเทของดีโซฮอล์ทุกอัตราส่วนมีอุณหภูมิต่ำกว่าของดีเซล ดีโซฮอล์ที่มีอัตราส่วนโดยปริมาตรระหว่างดีเซลและเอทานอลที่ 95:5 (95D:5E) ซึ่งผสมกับไบโอดีเซลทุกอัตราส่วนในการทดลอง สามารถใช้ได้ที่มีอุณหภูมิสูงกว่า -1°C ดีโซฮอล์ที่มีอัตราส่วนโดยปริมาตรระหว่างดีเซลและเอทานอลที่ 90:10 (90D:10E) ซึ่งผสมกับไบโอดีเซลทุกอัตราส่วนในการทดลองสามารถใช้ได้ที่อุณหภูมิสูงกว่า -2°C และดีโซฮอล์ที่มีอัตราส่วนโดยปริมาตรระหว่างดีเซลและเอทานอลที่ 85:15 (85D:15E) ซึ่งผสมกับไบโอดีเซลทุกอัตราส่วนในการทดลองสามารถใช้ได้ที่อุณหภูมิสูงกว่า -5°C เนื่องจากจุดไหลเทจะบอกให้ทราบว่าถึงการไม่สามารถใช้น้ำมันในที่อุณหภูมิต่ำกว่าที่กำหนดเนื่องจากน้ำมันไม่สามารถไหลได้หรือน้ำมันอาจเป็นไขอยู่ ซึ่งจะทำให้ทางเดินและหม้อกรองน้ำมันอุดตัน ส่งผลทำให้เครื่องยนต์ทำงานไม่ได้ ดีโซฮอล์ทุกอัตราส่วนมีจุดไหลเทอยู่ภายใต้มาตรฐานน้ำมันดีเซลที่กำหนดไว้ คือมีอุณหภูมิไม่สูงกว่า 10°C



ภาพที่ 4.13 แสดงค่าจุดไหลเทของดีเซลและดีโซฮอลล์ที่อัตราส่วนไบโอดีเซลต่างๆ

4.2.9 การทดลองหาค่าจุดวาบไฟ (Flash Point) ของดีโซฮอลล์ ที่อัตราส่วนต่างๆ

ผลการเปรียบเทียบจุดวาบไฟของดีโซฮอลล์ในอัตราส่วนต่างๆ แสดงได้ในภาพที่ 4-14 จากภาพจะเห็นได้ว่าจุดวาบไฟของดีโซฮอลล์มีค่าต่ำและใกล้เคียงกันเนื่องจากเอทานอลมีจุดวาบไฟต่ำกว่าน้ำมันดีเซลมาก เมื่อปริมาณไบโอดีเซลเพิ่มขึ้นจะทำให้จุดวาบไฟของดีโซฮอลล์เพิ่มขึ้น เนื่องจากจุดวาบไฟของไบโอดีเซลมีค่าสูงกว่าน้ำมันดีเซลและเอทานอล ดีโซฮอลล์ที่มีไบโอดีเซล 20% ในของผสมดีเซลและเอทานอลที่มีอัตราส่วนระหว่างดีเซลของเอทานอลเท่ากับ 95:5 (95D:5E) มีค่าจุดวาบไฟสูงกว่าดีโซฮอลล์ที่อัตราส่วนอื่นๆ คือมีค่าประมาณ 16.5 °C แต่ยังคงมีค่าต่ำกว่าน้ำมันดีเซลมาก ดีโซฮอลล์ทุกอัตราส่วนมีจุดวาบไฟต่ำกว่ามาตรฐานน้ำมันดีเซลที่กำหนดไว้ คืออุณหภูมิไม่ต่ำกว่า 52 °C ดังนั้นควรมีความระวังพิเศษในการขนส่ง การเก็บรักษา และการใช้งาน

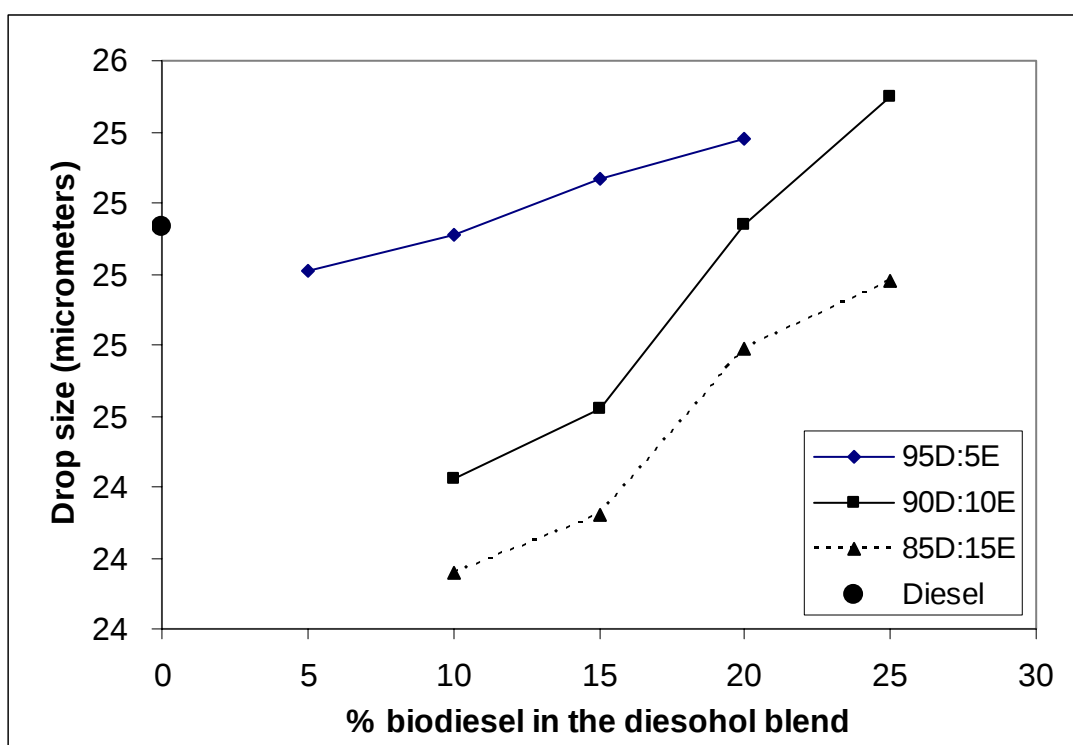


ภาพที่ 4.14 จุดวาบไฟของดีเซลและดีโซฮอลล์ที่อัตราส่วนไบโอดีเซลต่างๆ

4.2.10 ผลการทดลองหาขนาดอนุภาคในการฉีดเป็นฝอย (Drop size) ของดีโซฮอลล์ที่อัตราส่วนต่างๆ

ผลการเปรียบเทียบขนาดอนุภาคในการฉีดเป็นฝอยเพื่อป้อนเข้าสู่ห้องเผาไหม้เชื้อเพลิงของดีโซฮอลล์ในอัตราส่วนต่างๆ แสดงได้ดังภาพที่ 4-15 จะเห็นว่าเมื่ออัตราส่วนไบโอดีเซลเพิ่มขึ้นจะทำให้ขนาดอนุภาคในการฉีดเป็นฝอยใหญ่ขึ้น เนื่องจากไบโอดีเซลมีขนาดอนุภาคในการฉีดเป็นฝอยใหญ่กว่าดีเซลและเอทานอลเนื่องจากความหนืดที่มากกว่าเล็กน้อย และเมื่อเปรียบเทียบของผสมที่อัตราส่วนไบโอดีเซลเท่ากันพบว่าเมื่ออัตราส่วนเอทานอลเพิ่มขึ้นจะพบว่าขนาดอนุภาคในการฉีดเป็นฝอยมีค่าเล็กลง เนื่องจากเอทานอลมีความหนืดต่ำกว่าซึ่งทำให้ค่าขนาดอนุภาคในการฉีดเป็นฝอยต่ำกว่าดีเซลและไบโอดีเซล ขนาดอนุภาคในการฉีดเป็น

ฝอยจะมีผลต่อการพ่นเป็นละอองฝอยของน้ำมันในห้องเผาไหม้โดยที่ขนาดอนุภาคของน้ำมันในการฉีดเป็นฝอยมีขนาดใหญ่ จะทำให้การคลุกเคล้ากับอากาศภายในห้องเผาไหม้ไม่ดีและการพ่นตัวของละอองน้ำมันไปได้ไม่ไกล ส่งผลประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องยนต์ลดลง จากการวิจัยจะพบว่าขนาดอนุภาคในการฉีดเป็นฝอยของดีโซฮอลล์มีค่าใกล้เคียงกับของดีเซลมาก จึงไม่มีผลกระทบต่อการพ่นเป็นละอองฝอยของน้ำมัน



ภาพที่ 4.15 ขนาดอนุภาคในการฉีดเป็นฝอยของดีเซลและดีโซฮอลล์ที่อัตราส่วนไบโอดีเซลต่างๆ

4.3 ผลการทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์ดีเซลและการทดสอบมลพิษ

ผลการทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์ดีเซลและการทดสอบมลพิษแสดงได้ดังตารางที่ 4.1 และข้อมูลที่เวลาจริงแสดงได้ดังภาพที่ 4.16-4.20 ซึ่งสามารถอธิบายได้ดังนี้

4.3.1 ปริมาณไฮโดรคาร์บอนทั้งหมด (THC)

ปริมาณไฮโดรคาร์บอนทั้งหมด (THC) ประกอบด้วยของผสมของไฮโดรคาร์บอนที่ไม่ได้เผาไหม้ในห้องเครื่อง THC เป็นตัวชี้วัดประสิทธิภาพของการเผาไหม้หรือความสมบูรณ์ของการเผาไหม้ การเผาไหม้ที่สมบูรณ์จะมีปริมาณ THC ต่ำ นอกจากนี้ THC ยังคงขึ้นกับอัตราส่วนเชื้อเพลิง-อากาศ (Fuel –air equivalence ratio) ซึ่งขึ้นกับปริมาณการฉีดน้ำมันเข้าสู่เครื่องยนต์ จากผลการทดลองพบว่า THC ในเฟสที่ 1 มีค่ามากกว่าเฟสที่ 2 และ 3 ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากในเฟสที่ 1 จะเป็นจังหวะการขับเคลื่อนที่ไม่คงที่ คือมีการหยุดและวิ่งอย่างต่อเนื่อง ซึ่งทำให้อัตราส่วนเชื้อเพลิง-อากาศที่ไม่เหมาะสมจึงทำให้ THC มีค่าสูงสุด จากการวิเคราะห์ข้อมูลตามเวลาที่ได้พบว่า THC จะมีค่าสูงเวลาที่มีการเปลี่ยนเกียร์ซึ่งเกิดจากการฉีดน้ำมันที่เข้ามาทำให้อัตราส่วนเชื้อเพลิง – อากาศมากเกินไปซึ่งทำให้ปริมาณ THC มากขึ้น ดีเซลฮอลล์มีการปล่อยปริมาณ TCH น้อยกว่าน้ำมันดีเซลทั่วไป เนื่องจากอะตอมของออกซิเจนที่มีอยู่ในเอทานอลและไบโอดีเซลซึ่งจะนำไปสู่การปล่อย THC ที่น้อยกว่า ผลการทดลองนี้สอดคล้องกับการทดลองที่ผ่านมา [18-19] นอกจากนี้แล้ว Rafael และคณะ [20] ได้รายงานว่าการปฏิบัติการขับเคลื่อนมีผลต่อการปล่อย THC ของเครื่องยนต์เช่นกัน

4.3.2 ปริมาณไนโตรเจนออกไซด์ (NO_x)

ไนโตรเจนออกไซด์ (NO_x) จากการเผาไหม้ในเครื่องยนต์เกิดจากการทำปฏิกิริยาออกซิเดชันระหว่างไนโตรเจนและอากาศในเครื่องยนต์ ซึ่งปฏิกิริยานี้จะขึ้นอยู่กับการควบคุมจากตารางที่ 4.3 พบว่าปริมาณ NO_x ที่ปล่อยออกสู่บรรยากาศมีความสอดคล้องกับปริมาณ THC ที่

ปล่อยเช่นกัน ซึ่งสามารถเรียงลำดับจากมากไปน้อยตามลำดับดังนี้ เฟส 1 เฟส 2 และ เฟส 3

ข้อมูลของปริมาณ NO_x ได้แสดงให้เห็นว่า NO_x จะสูงขึ้นในช่วงที่มีการเร่งของรถยนต์ และช่วงการเปลี่ยนเกียร์ ดีโซฮอล์มีการปล่อยมลพิษ NO_x น้อยกว่าน้ำมันดีเซลทั่วไป เนื่องจากเหตุผลหลักสองประการ คือ ประการแรก ปริมาณ NO_x ที่เครื่องยนต์ปล่อยนั้นจะขึ้นอยู่กับอัตราส่วนเชื้อเพลิงต่ออากาศซึ่งปริมาณ NO_x จะมีค่ามากที่สุดที่อัตราส่วนเชื้อเพลิงต่ออากาศที่เข้าใกล้ 1 อะตอมของออกซิเจนในเอทานอลและไบโอดีเซลมีส่วนทำให้อัตราส่วนนี้ไปในทิศทางที่ลดการปล่อย NO_x ออกสู่บรรยากาศ ประการที่สองคือ การลดลงของ NO_x ในดีโซฮอล์เกิดจากปรากฏการณ์ทำความเย็น (Cooling Effect) ซึ่งเกิดจากการระเหยเอทานอล ซึ่งเป็นปรากฏการณ์ดูดความร้อนจึงทำให้อุณหภูมิในห้องเผาไหม้ลดลงและส่งผลทำให้ NO_x

อย่างไรก็ตาม การเพิ่มหรือลดลงของ NO_x จากการใช้อีทานอลขึ้นอยู่กับสภาวะอื่นๆ เช่นกัน [18,21-22] การเพิ่มขึ้นของ NO_x ยังสามารถเกิดจากการมีความล่าช้าในการจุดระเบิดขึ้นเช่นกัน ซึ่งจากรายงานที่ผ่านมา [23] พบว่าไบโอดีเซลมีค่าบัลค์โมดูลัส (Bulk Modulus) สูง จึงทำให้เวลาของการฉีดเร็วขึ้นซึ่งส่งผลทำให้ NO_x มากขึ้น พฤติกรรมของการปล่อย NO_x นั้นจะขึ้นอยู่กับว่าผลกระทบด้านใดเป็นสาเหตุหลัก

4.3.3 ปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO)

การปล่อยก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) จากเครื่องยนต์เป็นผลมาจากการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ ซึ่งขึ้นอยู่กับอัตราส่วนเชื้อเพลิง – อากาศ สำหรับน้ำมันดีเซลทั่วไปแล้วการปล่อยก๊าซ CO ในเฟส 1 มากกว่าเฟส 2 และ 3 ตามลำดับ ดีโซฮอล์มีการปล่อยก๊าซ CO น้อยกว่าน้ำมันดีเซลทั่วไปเล็กน้อยจนถือว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัย จากการที่เอทานอลและไบโอดีเซลมีอะตอมของออกซิเจนอยู่ด้วยนั้นจะนำไปสู่การเผาไหม้ที่สมบูรณ์มากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาที่ผ่านมา [24] อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาปริมาณ CO ในเฟสที่ 3 ที่

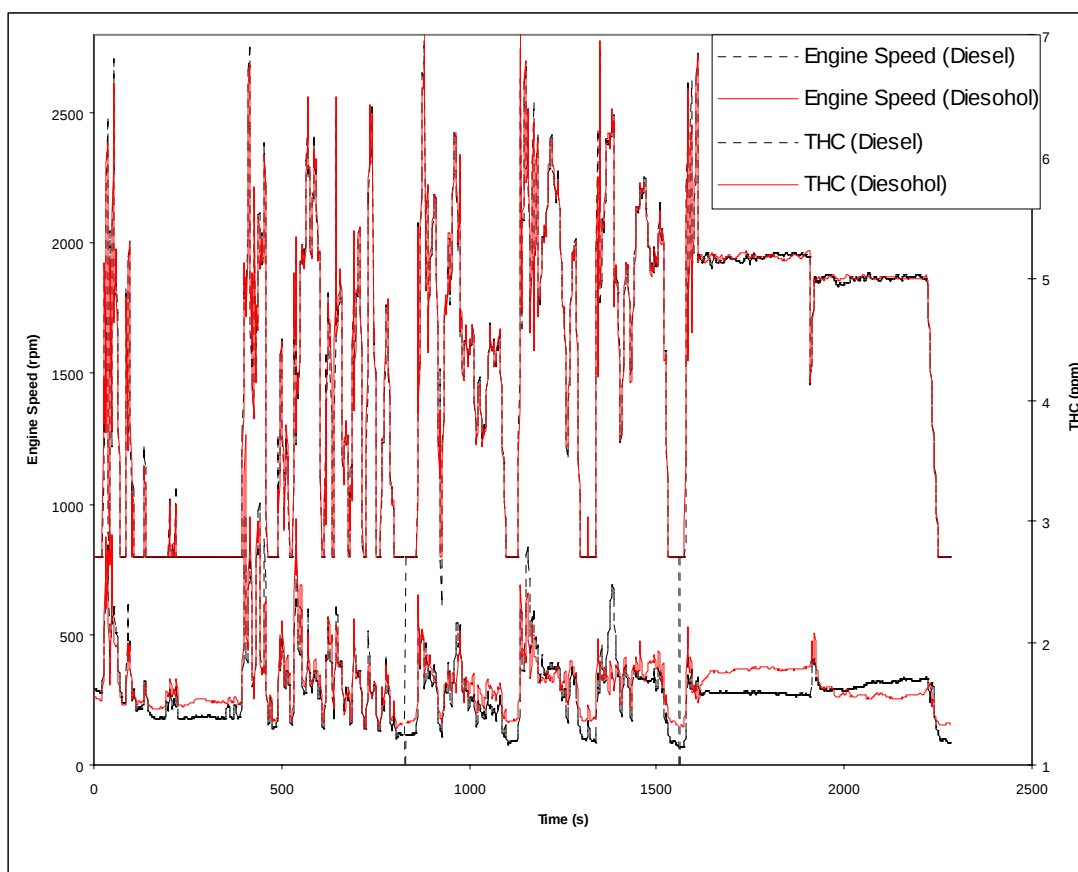
เพิ่มขึ้นเนื่องจากอัตราส่วนเชื้อเพลิง – อากาศที่ไม่เหมาะสมเพราะค่าออกซิเจนที่มากเกินไปในเชื้อเพลิงผสมเอทานอลและไบโอดีเซล ผลของการลดอุณหภูมิจากการระเหยและค่าความร้อนที่ต่ำของเอทานอลยังส่งผลต่ออุณหภูมิเผาไหม้ที่ต่ำและความเร็วเผาไหม้ที่ต่ำเช่นกัน ซึ่งผลกระทบจากทั้งสองประการทำให้การเผาไหม้ไม่สมบูรณ์และนำไปสู่การปล่อย CO ที่มากขึ้น [21,25] การล่าช้าในการจุดระเบิดเนื่องจากเชื้อเพลิงออกซิเจนเตสามารถก่อให้เกิด CO ที่มากขึ้นเช่นกัน [24]

4.3.4 ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2)

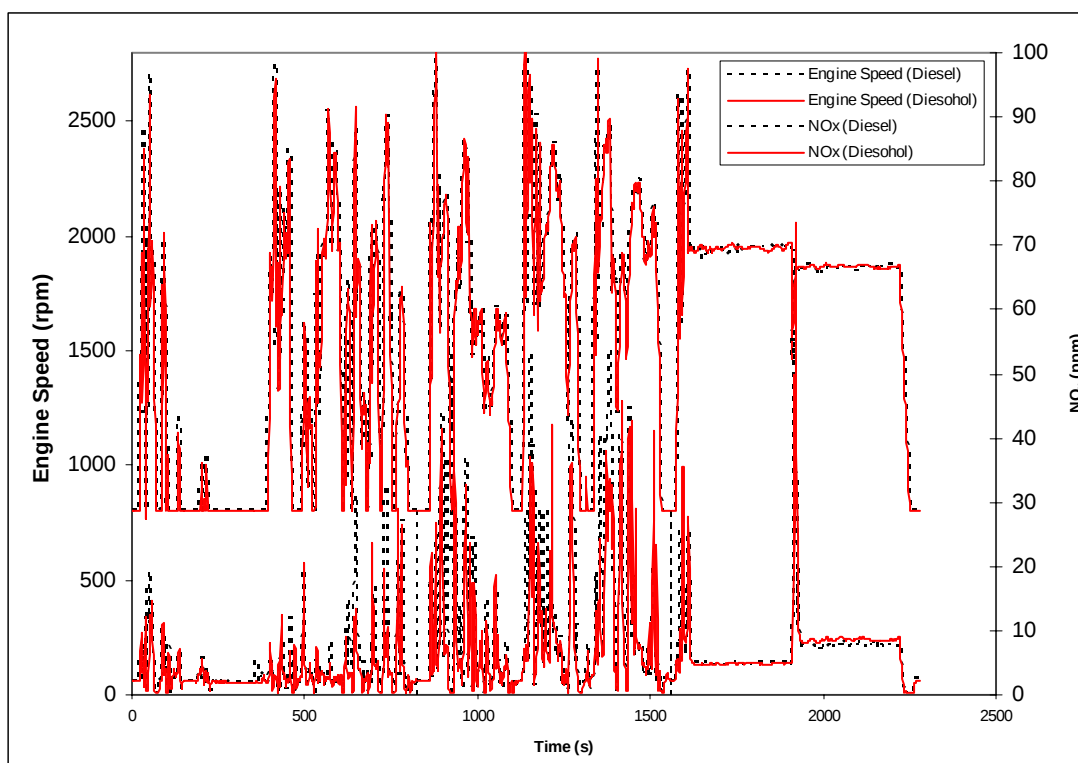
คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) เป็นก๊าซผลิตภัณฑ์จากการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ของเชื้อเพลิงไฮโดรคาร์บอน จากผลการทดลองพบว่าการปล่อยก๊าซ CO_2 มีแนวโน้มลดลงจากเฟส 1 2 และ 3 ตามลำดับ ปริมาณของ CO_2 ที่ปล่อยจากน้ำมันดีเซลและดีโซฮอลล์ไม่มีความแตกต่างกัน อย่างไรก็ตามการศึกษาในอดีตที่พบว่าเชื้อเพลิงออกซิเจนเต (Oxygenated Fuels) มีแนวโน้มในการลดการปล่อย CO_2 เนื่องจากมีจำนวนคาร์บอนในโมเลกุลน้อยกว่า และผลิตภัณฑ์จากการเผาไหม้เอทานอลส่วนใหญ่จะปล่อย CO_2 น้อยแต่มีปริมาณ H_2O มาก [22] ผลการศึกษานี้ชี้ให้เห็นว่าผลกระทบของเอทานอลและไบโอดีเซลส่วนใหญ่จะแสดงให้เห็นอย่างเด่นชัดที่ภาระเครื่องยนต์มากและความเร็วรอบที่สูง

ตารางที่ 4.1 ผลการทดสอบปริมาณมลพิษที่ทดสอบ

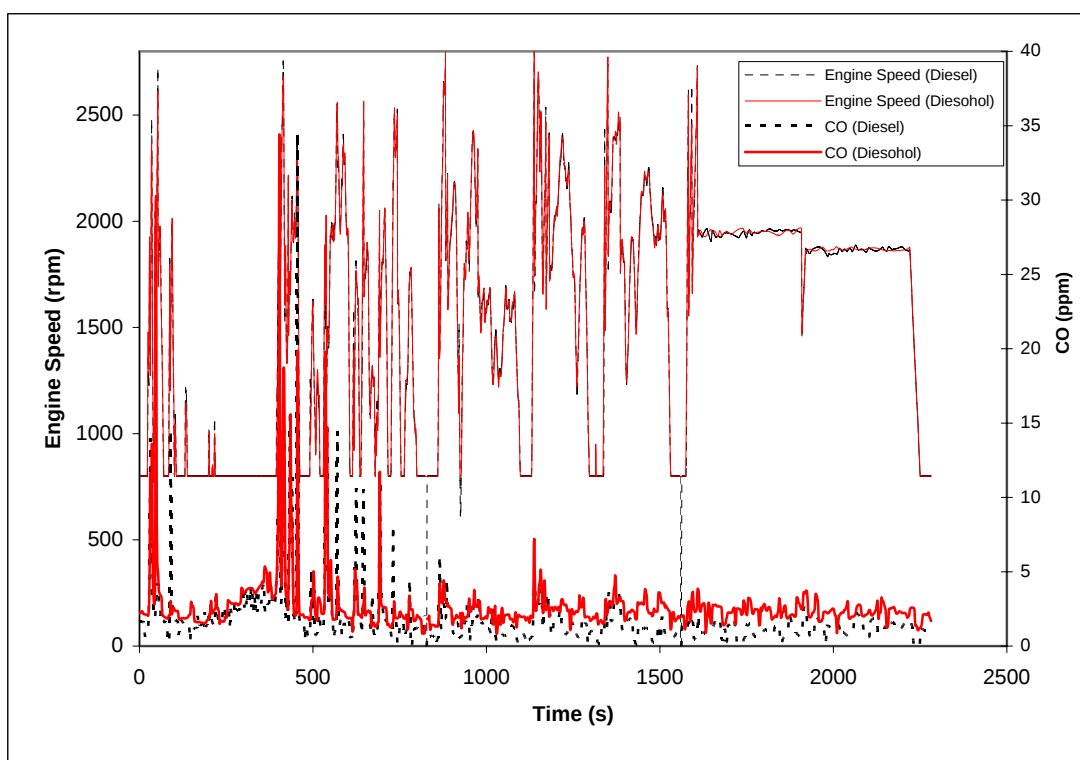
เฟสที่	มลพิษ	ค่ามลพิษที่วัดได้ (g/km)	
		ดีเซล	ดีโซฮอลล์
1	THC	0.121	0.083
	NO _x	1.111	1.035
	CO	0.374	0.311
	CO ₂	262.946	258.651
	PM	0.097	0.058
2	THC	0.041	0.031
	NO _x	0.934	0.920
	CO	0.057	0.014
	CO ₂	193.700	189.625
	PM	0.130	0.056
3	THC	0.028	0.020
	NO _x	0.415	0.455
	CO	0.010	0.042
	CO ₂	168.000	165.874
	PM	0.082	0.042
ค่าเฉลี่ย	THC	0.044	0.031
	NO _x	0.682	0.689
	CO	0.072	0.067
	CO ₂	188.828	185.783
	PM	0.100	0.048



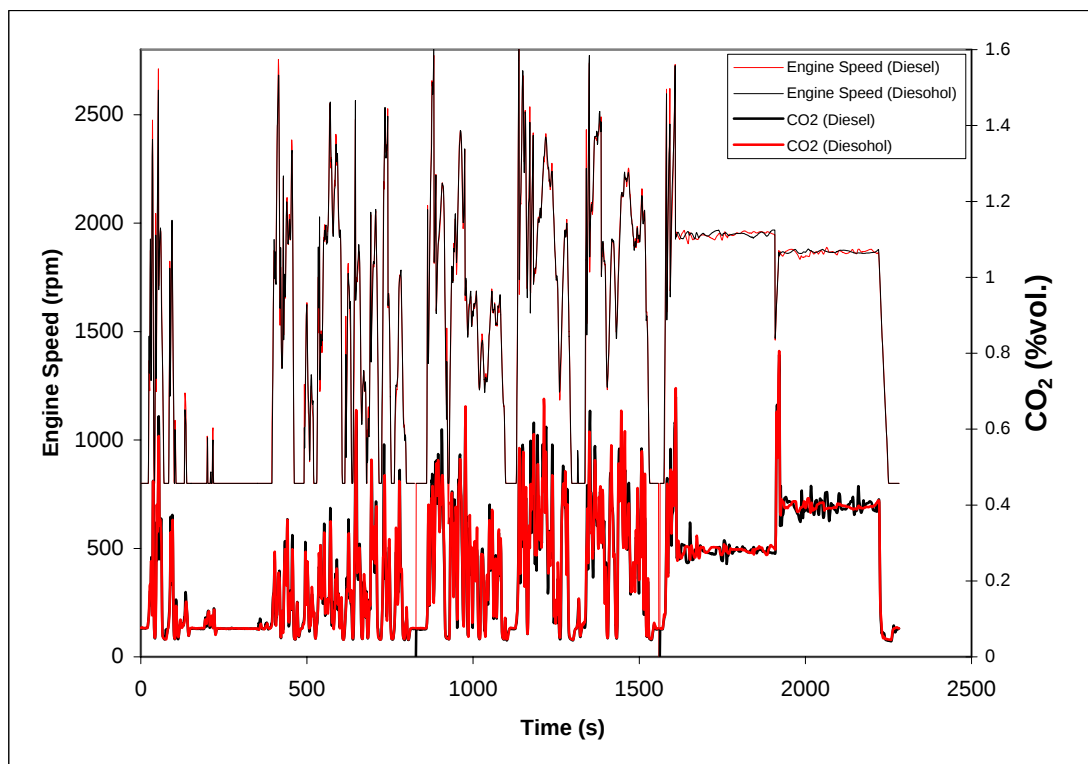
ภาพที่ 4.16 ข้อมูลที่เวลาจริง (Real time Data) ของ THC ที่ปล่อยออกจากการทดลอง



ภาพที่ 4.17 ข้อมูลที่เวลาจริง (Real time Data) ของ NO_x ที่ปล่อยออกจากการทดลอง



ภาพที่ 4.18 ข้อมูลที่เวลาจริง (Real time Data) ของ CO ที่ปล่อยออกจากการทดลอง



ภาพที่ 4.19 ข้อมูลที่เวลาจริง (Real time Data) ของ CO_2 ที่ปล่อยออกจากการทดลอง

4.3.5 ปริมาณอนุภาคฝุ่น (Particulate Matters หรือ PM)

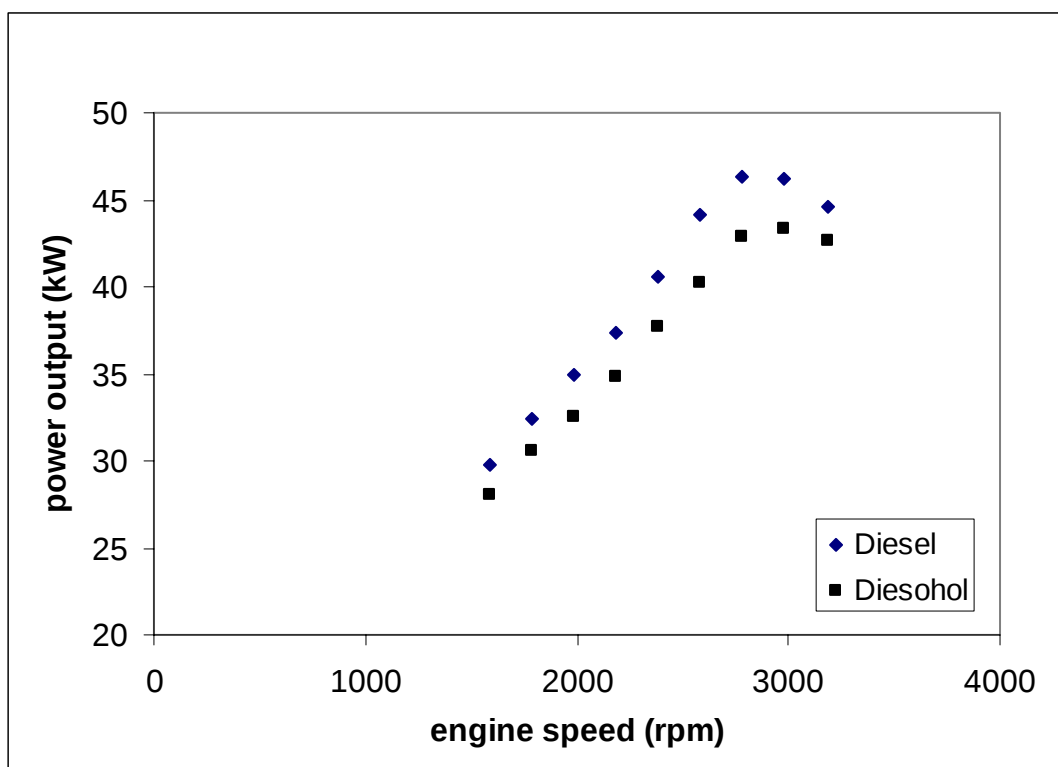
อนุภาคฝุ่นหรือ PM เป็นมลพิษหลักของเครื่องยนต์ดีเซล PM เป็นสารประกอบที่มีโครงสร้างซับซ้อนซึ่งประกอบด้วยของแข็งและของเหลว PM ประกอบด้วยสารประกอบคาร์บอน (Carbonaceous material) หรือที่รู้จักในนามของ Soot และสารประกอบอินทรีย์ที่ถูกดูดซับบนสารประกอบคาร์บอน PM ที่ปล่อยจากเครื่องยนต์ดีเซลนั้นเกิดได้จากทั้งน้ำมันเชื้อเพลิงและน้ำมันหล่อลื่นแต่ผลกระทบจากน้ำมันเชื้อเพลิงมีมากกว่า [14] ดีโซฮอลล์มีการปล่อย PM ออกมาน้อยกว่าน้ำมันดีเซลเนื่องจากออกซิเจนที่มีอยู่ในเอทานอลและไบโอดีเซลจะทำปฏิกิริยากลายเป็นไฮดรอกซิล (Hydroxyl หรือ OH•) ซึ่งเป็นอนุมูลอิสระและสามารถกำจัดตัวก่อให้เกิดอนุภาคฝุ่นจากการเผาไหม้ได้ [19,26] การทดลองเรื่องอนุภาคฝุ่นจากการใช้ไบโอดีเซลได้ถูกศึกษาอย่างต่อเนื่อง [21,26] Wang และคณะ [21] ได้รายงานว่ามีเชื้อเพลิงที่มีโครงสร้างซับซ้อนและมีอัตราส่วนคาร์บอนต่อไฮโดรเจนต่ำนั้นมีแนวโน้มการเกิดปฏิกิริยาไพโรไลซิส (Pyrolysis) และการเผาไหม้ที่นำไปสู่การเกิดเขม่าดำได้

4.3.6 ผลการทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์และการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง

ภาพที่ 4.20 แสดงถึงกำลังที่ได้ (Power output) จากเครื่องยนต์ที่ความเร็วรอบต่างๆ ซึ่งจากการทดลองความเร็วรอบเครื่องยนต์สามารถคำนวณได้จากความเร็วของรถยนต์บนชัชชีสไดนาโมมิเตอร์ กำลังสูงสุดที่ได้จากเครื่องยนต์สามารถหาได้จากกำลังที่มากที่สุดที่เครื่องยนต์กระทำต่อเพลาหมุนที่หมุนที่ความเร็วกำหนด ในการวัดกำลังสูงสุดที่ได้จากเครื่องยนต์นั้นจะเป็นการวัดจากภาระที่มากที่สุดที่เครื่องยนต์สามารถทำได้ ซึ่งจากการทดลองพบว่าดีโซฮอลล์มีกำลังสูงสุดที่ความเร็วต่างๆ น้อยกว่าดีเซลประมาณ 4.36 – 8.66% เนื่องจากค่าความร้อนของดีโซฮอลล์น้อยกว่าดีเซลทั่วไป ผลการทดลองสอดคล้องกับการทดสอบบนเครื่องยนต์ [19,24] จากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่าการเติมเอทานอลในน้ำมันดีเซลจะทำให้

ความล่าช้าในการจุดระเบิดนานขึ้นซึ่งจะทำให้ประสิทธิภาพการเผาไหม้ลดลง [22,24] และ Chen และคณะได้รายงานว่เอทานอลซึ่งมีค่าซีเทนต่ำนั้นจะทำให้การจุดระเบิดยาวนานขึ้น ซึ่งจะทำให้เกิดเผาไหม้แบบพรีมิกซ์ (Premixed Combustion)

ตารางที่ 4.2 แสดงค่าการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง (Fuel consumption) ที่ความเร็วต่างๆ ของรถยนต์ ซึ่งจะเห็นว่าค่าการสิ้นเปลืองพลังงานเพิ่มขึ้นตามความเร็วของรถยนต์เนื่องจากการสูญเสียความฝืดที่มากขึ้น แม้ว่าจากการทดสอบคุณสมบัติเชิงกายภาพและเคมีพบว่าค่าความร้อนของดีโซฮอลจะต่ำกว่าดีเซลแต่จากการทดสอบการสิ้นเปลืองน้ำมันพบว่าอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงทั้งสองไม่แตกต่างกัน ทั้งนี้เนื่องจากการทดสอบการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจะกระทำที่ความเร็วต่างๆ แต่ไม่กระทำที่ภาระงานสูงสุด (Maximum load) ดังนั้นความแตกต่างกันของค่าความร้อนจึงไม่ส่งผลกระทบต่ออัตราการสิ้นเปลืองซึ่งไม่ได้กระทำที่ภาระสูงสุดนั่นเอง



ภาพที่ 4.20 กำลังที่ได้ (Power output) จากเครื่องยนต์ที่ความเร็วรอบต่างๆ

ค่าตัวเลขที่ได้จากการทดลองนั้นแสดงถึงความไม่แตกต่างของการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง ซึ่งคำนวณมาจากการทำสมดุลคาร์บอนของมลพิษที่ปล่อยออกมา ค่าตัวเลขที่ได้อาจมีความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากความผิดพลาดของเครื่องมือวัดและผู้ทดลอง แต่อย่างไรก็ตามผลการทดลองสามารถอยู่ในช่วงความมั่นใจ 95% ว่าค่าที่ได้ไม่มีความแตกต่าง

ตารางที่ 4.2 ค่าการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง (Fuel consumption) ที่ความเร็วต่างๆของรถยนต์

เฟสที่/ช่วงความเร็ว Phase/Vehicle velocity	สิ้นเปลืองเชื้อเพลิง(km/L)	
	ดีเซล	ดีโซฮอล์
Phase I / 10-20 km/hr	10.03	10.12
Phase II / 40-60 km/hr	13.66	13.84
Phase III / 60-80 km/hr	15.75	15.82
ค่าเฉลี่ย (Average)	14.01	14.12

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย

1. จากการทดสอบความเสถียรภาพของดีโซฮอลล์ในรูปอิมัลชันพบว่าเอทานอลในปริมาณน้อยสามารถละลายในน้ำมันดีเซลได้ แต่เมื่อปริมาณเอทานอลมากขึ้นจะเกิดการแยกชั้นซึ่งไบโอดีเซลสามารถใช้เป็นอิมัลซิไฟเออร์ทำให้น้ำมันดีเซลและเอทานอลละลายอยู่ในรูปของอิมัลชันที่มีเสถียรภาพได้
2. จากการทดสอบคุณสมบัติทางเชื้อเพลิงของน้ำมันดีโซฮอลล์พบว่าเมื่ออัตราส่วนของไบโอดีเซลและเอทานอลในดีโซฮอลล์เพิ่มขึ้น คุณสมบัติเชิงเชื้อเพลิงโดยทั่วไปของดีโซฮอลล์จะต่ำลงเล็กน้อย แต่ยังอยู่ภายใต้มาตรฐานของน้ำมันดีเซลหมุนเร็ว ยกเว้นคุณสมบัติเชิงเชื้อเพลิงบางอย่าง เช่น จุดกลั่นตัว 10 เปอร์เซ็นต์ และจุดวาบไฟ
3. จากการทดสอบดีโซฮอลล์กับเครื่องยนต์ดีเซลบน chassis dynamometer พบว่าอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงของน้ำมันดีเซลและดีโซฮอลล์มีค่าใกล้เคียงกัน และการทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์ พบว่าดีโซฮอลล์มีกำลังสูงสุดที่ความเร็วต่างๆ น้อยกว่าดีเซลประมาณ 4.36 – 8.66% เนื่องจากค่าความร้อนของดีโซฮอลล์น้อยกว่าดีเซลทั่วไป
4. การเปรียบเทียบมลพิษที่ได้พบว่าน้ำมันดีเซลและดีโซฮอลล์มีค่าการปล่อยมลพิษที่ใกล้เคียงสำหรับก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ปริมาณไฮโดรคาร์บอนทั้งหมด แต่ดีโซฮอลล์มีปล่อยอนุภาค (Particulate Matter) ในปริมาณที่ต่ำกว่าน้ำมันดีเซลทั่วไป

เอกสารอ้างอิง

1. คณะกรรมการการพลังงาน สภาผู้แทนราษฎร. พลังงานทดแทน เอทานอล และไบโอดีเซล. กรุงเทพฯ : สภาผู้แทนราษฎร, 2545.
2. ราชกิจจานุเบกษา, กรมทะเบียนการค้า. กำหนดลักษณะและคุณภาพของน้ำมันดีเซล พ.ศ. 2549. เล่มที่ 124. กรุงเทพฯ : กรม, 2549.
3. พิศมัย เจนวนิชบัญญัติกุล. “ความก้าวหน้าของงานวิจัยไบโอดีเซลในประเทศไทย.” LabToday. ฉบับที่ 1 (2545) : 16-23.
4. มนต์รี ทวารโจน์. การศึกษาเปรียบเทียบการใช้แอลกอฮอล์ผสมน้ำมันดีเซลและน้ำมันมะพร้าวผสมน้ำมันก๊าดเป็นเชื้อเพลิงสำหรับเครื่องยนต์ดีเซล. วิทยานิพนธ์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2538.
5. พูลพร แสงบางปลา. ไอเสียจากเครื่องยนต์และการควบคุม. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2537.
6. สุทธิ ชีระมงคลกิจ. การทดสอบเครื่องยนต์ดีเซลโดยใช้น้ำมันพืช. วิทยานิพนธ์มหาวิทยาลัย สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2528.
7. จารุวัฒน์ และคณะ. การศึกษาการใช้น้ำมันมะพร้าวเดินเครื่องยนต์ดีเซล กรุงเทพมหานคร : กองเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร, 2525.
8. เกียรติไกร อายุวัฒน์. การทดสอบเครื่องยนต์ดีเซล. วิทยานิพนธ์มหาวิทยาลัย สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2527.
9. สมศักดิ์ สินประเสริฐ. สมรรถนะของเครื่องยนต์ดีเซลเมื่อใช้เมทานอลและน้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง. วิทยานิพนธ์มหาวิทยาลัย สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมเครื่องกล จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2524.
10. โกวิท ศตาวุฒิ และอิทธิ ปานงาม การวิจัยเพื่อนำแอลกอฮอล์หนักมาใช้เป็นเชื้อเพลิงกับเครื่องยนต์สันดาปภายใน. สถาบันวิจัยและพัฒนา คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2527.
11. Queensland Government Environment Protect Agency. Diesohol for road transport. (<http://www.greenhouse.go.au/transport/comparison/pubs/2ch7.pdf>)
12. ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ, MTEC Annual Meeting 2003 : 120.
13. Lin. C. Y. and Wang K. H. “The fuel propertied of three phase emulsion as an alternatives fuel for diesel engines.” Fuel. 82 (2003) : 1367-1375.
14. Crabbe. E. “Biodiesel Production from Palm Oil and Evaluation of Butanol Extraction and Fuel properties.” Process Biochemistry. 37 (2001) : 65-71.

15. Kass, M. D. "Emissions from a 5.9 liter diesel engine fueled with ethanol diesel blends." SAE Techniccal Paper. 2001-01-2018 (SP-1632).
16. He, H. and Zhang, R. "Preparation of ethanol-diesel fuel blends and exhausts emission characteristics in diesel engine." Huan Jing Ke Xue. 24 (4 Jul. 2003) : 1-6.
17. Kwanchareon, P., Luengnaruemitchai, A., and Jai-In, S., Solubility of diesel-biodiesel-ethanol blend, its fuel properties, and its emission charateristics from diesel engine, *Fuel*, 86(2007) p.1053-1061
18. Chen, H., Shuai, S., Wang, J., Study on combustion charateristics and PM emission of diesel engines using ester-ethanol-diesel blended fuels, *Proceeding of Combustion Institute*, 31(2007), 2981-2989
19. Rafael, M., Sanchez, M., Mucino, V., Cerventes, J., Lozano, A., Impact of driving styles on exhaust emissions and fuel economy from a heavy-duty truck: laboratory tests, *Int.J. Heavy Vehicle System*, 13(2006), 56-73
20. Wang, W.G., Clark, N.N., Lyons, D.W., Yang, R.M., Gautam, M., Bata, R.M., Loth, J.L., Emissions comparisons from alternative fuel buses and diesel buses with a chassis dynamometer testing facility, *Eviron.Sci.Technol.* 31(1997), 3132-3137
21. Kowalewicz, A., Eco-diesel engine fuelled with rapeseed oil methyl ester and ethanol. Part 1:Efficiency and emission, *Proc.IMEchE*, 220(2006), 1275-1282
22. Sybist, J.P. and Boehman, A.L., Behavior of a diesel injection system with biodiesel fuel, *SAE Technical paper No. 2003-1039* (2003)
23. www.uidaho.edu/bioenergy/BiodieselEd/publication/05.pdf
24. Can O., Celikten, I., Usta, N., Effects of ethanol addition on performance and emissions of a turbocharged indirect injection diesel engine running at different injection pressures, *Energy Conversion and Management*, 45(2004) 2429-2440
25. Xing-cai, L., Jain-guang, Y., Wu-gao, Z., Zhen, H., Effect of cetane number improver on heat release rate and emissions of high speed diesel engine fueled with ethanol-diesel blend fuel, *Fuel*, 80(2004) 2013-2020
26. Song, J., Cheenkachorn, K., Wang, J., Perez, J., Boehman, A.L., Young, P.J., Waller, F., Effect of oxygenated fuel on combustion and emissions in a light-duty turbo diesel engine, *Energy and Fuels*, 16(2002) 294-301

Output จากโครงการวิจัยที่ได้รับทุนจาก สกว.

1. ผลงานตีพิมพ์ในวารสารวิชาการนานาชาติ

1.1 Biodiesel as an Additive for Diesohol. Part I: Investigation of Physical and Chemical Properties

Authors Kraipat Cheenkachorn, Monpilai Narasingha, and Bundit Fungtammasan

1.2 Biodiesel as an Additive for Diesohol. Part II: Emissions and Engine Performance on a Light-Duty Pick-Up Truck

Authors Kraipat Cheenkachorn and Bundit Fungtammasan

ทั้งสองฉบับอยู่ในระหว่างขั้นตอนการส่งต้นฉบับ

2. การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

ได้มีการเจรจากับทางบริษัท ปตท. จำกัด (มหาชน)ที่จะส่งเสริมให้มีการผลิตเชิงพาณิชย์และจำหน่ายในสถานีบริการน้ำมันในอนาคต

Biodiesel as an Additive for Diesohol.
Part I: Investigation of Physical and Chemical Properties

Kraipat Cheenkachorn^{a*}, Monpilai Narasingha^b, and Bundit Fungtammasan^c

^a Department of Chemical Engineering,
King Mongkut's Institute of Technology North Bangkok, Bangkok
1518 Piboolsongkram Rd., Bangesue, Bangkok 10800 Thailand
Telephone: 66-2913-2500
Fax: 66-2587-0024

Email address: kpc@kmitnb.ac.th

^b Department of Chemical Engineering,
King Mongkut's Institute of Technology North Bangkok, Bangkok
1518 Piboolsongkram Rd., Bangesue, Bangkok 10800 Thailand
Telephone: 66-2913-2500
Fax: 66-2587-0024

Email address: mhc@kmitnb.ac.th

^cThe Joint Graduate School of Energy and Environment,
King Mongkut's University of Technology Thonburi, Bangkok
91 Prachautit Rd. Bangmod, Tungkru, Bangkok 10140 Thailand
Telephone: 66-2470-8671
Fax: 66-2427-9634

Email address: director@jgsee.kmutt.ac.th

* Corresponding author

Abstract

A number of studies currently focus on the alternative fuels to reduce the reliance on petroleum fuels. Biodiesel and ethanol are among candidates which are widely studied and tested in many countries including Thailand. Blending ethanol with regular diesel to form diesohol has been known as one of the strategies to reduce the use of regular diesel. However, an emulsifier is needed to homogenize the blend. In this research, biodiesel offers an alternative application as an emulsifier and wear additive for diesohol. The emulsification tests were conducted to select the proper blends. Physical and chemical properties of the selected blends were examined to meet the requirement of a conventional diesel. The results from the experiments were promising except the flash point. The present study showed that the diesohol homogenized by biodiesel can be a good candidate for diesel engine.

Keywords: Biodiesel, Diesohol, Emulsifier, Physical and Chemical Properties

1. Introduction

Over the past decades, there has been an increase in effort to reduce the reliance on petroleum fuels for energy generation and transportation in Thailand and throughout the world. Among the proposed alternative fuels, biodiesel and diesohol have received much attention in recent years for diesel engines due to their advantages as the renewable and domestically produced energy resources. Moreover, the studies have shown that they are environmentally friendly because there is substantial reduction of unburned hydrocarbons, carbonmonoxide, and particulate matter emission when it is used in conventional diesel engine [1]. Biodiesel can be produced from vegetable oils via transesterification process. Nevertheless, biodiesel has been employed not only as an alternative to the fossil derived fuels, but also as an additive for diesohol – a blending of ethanol with regular diesel.

Diesohol has been known as one of the preferences for Thailand to decrease the use of regular diesel fuel, since ethanol has been included in the national strategic plans and policies for energy. It is estimated that the use of ethanol can decrease the amount of petroleum-fuel imports up to 10-15% [2-3]. More recently, the center of attention has shifted to the production and use of bio-ethanol for the energy resource in Thailand. This is due to the fact that it can be produced domestically, resulting in a growth in domestic economics. Nevertheless, it is found that ethanol has lower heating value than the regular diesel and the use of pure ethanol as an alternative can cause drawbacks to the effectiveness of engines. One of potential approaches to avoid such problem is to blend the ethanol with regular diesel fuel and use the blend, known as *diesohol*, as the power source for diesel engines.

However, ethanol and diesel fuel are inherently immiscible because of their difference in chemical structures and characteristics, and therefore need an effective

emulsification technique for being an emulsion. These two liquid fuels can be efficiently emulsified into a heterogeneous mixture of one micro-particle liquid phase dispersed into another liquid phase by mechanical blending in cooperation with suitable emulsifiers. The emulsifier would reduce the interfacial tension force and increase the affinity between the two liquid phases, leading to emulsion stability [4]. A suitable emulsifier for ethanol and diesel fuel is suggested to contain both lipophilic part and hydrophilic part, in order to obtain an emulsion of diesohol. It is also reported that the presence of biodiesel or vegetable oil can improve the lubricating properties of diesel fuel [5, 6]

There are several studies concerning diesohol productions and utilization. Australia's Apac Research Ltd. [7, 8] has announced a success in the development of an emulsification technique using its innovative emulsifier. The diesohol emulsion for this study contained 84.5% (vol.) conventional diesel at, 15% hydrated ethanol at 15% vol, and 0.5% emulsifier. The engine tests for the diesohol were conducted by using truck and bus, in comparison with the regular diesel fuel. The results obtained from the diesohol utilization showed the reductions of CO and CO₂ emissions and particulate matter (PM10) when compared to the low-sulfur diesel fuel. However, the reduction of hydrocarbon (HC) distribution was not observed and there were some problems occurring during the use. In Thailand, there was a cooperative project between the Petroleum Authority of Thailand (PTT) Public Co. Ltd., Ford Motor Company, and National Metal and Materials Technology Center (MTEC) for the potential of using diesohol as an alternative to the regular diesel fuel [9]. The blend of 10% (vol.) ethanol, 89% regular diesel fuel, and 1% imported emulsifier were used for the diesohol preparation. The vehicle testing was done by using a minibus. It is observed that the fuel properties of diesohol were found to be in consistent with the

regular diesel, except that the flash point of diesohol was found to be lower. By following the European Testing Protocols, the diesohol showed the higher in the distribution of CO, CO₂, HC, NO_x, and PM₁₀. It is obvious that a further study is needed in both diesohol production and utilization, especially in the area of domestic emulsifier. This leads to the objectives of this paper.

In this paper, the emulsification tests were conducted to select the proper blends among ethanol, diesel fuel and biodiesel. A three-phase diagram was also constructed in an attempt to verify an appropriate composition of the blend. Physical and chemical properties of the selected blends were examined to meet the requirements of a conventional diesel fuel. The results are expected to be beneficial for the future study of diesohol production and utilization.

2. Experimental Details

The primary purpose of this experimental study was to determine an appropriate composition of the diesohol emulsion, including emulsification characteristics and fuel properties of the emulsions at different blending compositions for the possibility of using those emulsions as alternative fuels for diesel engines. The experimental procedures included preparation of the emulsions, homogeneity and emulsification stability test, and tests for fuel properties. A three-phase diagram was performed in order to verify the homogeneity of the mixture.

Ethanol (E) with purity 99.5% and a conventional (No.2) diesel (D) were obtained from PTT Public Co. Ltd. (Bangkok, Thailand) while the palm oil-derived biodiesel (BD) was acquired from Department of Chemical Engineering, Faculty of Engineering, Prince Songklanakarin University (PSU, Songkla, Thailand). Their fuel properties are presented in Table 1.

To prepare the diesohol emulsions, the conventional diesel and ethanol were primarily mixed in a 200 ml flask with a magnetic stirrer to obtain the diesohol blend. The conventional diesel to ethanol ratio (D:E ratio) were varied at 95:5, 90:10, and 85:15 (vol.:vol.), respectively. The biodiesel used as an emulsifier for this study was then added into the diesohol blends at the following concentrations; i) 5, 10, 15, and 20% vol. of the diesohol blends with the D:E ratio of 95:5, and ii) 10, 15, 20, and 25% vol. of the the diesohol blends with the D:E ratio of 90:10 and 85:15 % vol. After that, the diesohol emulsions were brought to the homogeneity and emulsification stability test, in which the emulsions were put in storage for 6 months. The fuel properties were conducted using reference methods published by American Society for Testing Materials (ASTM), as shown in Table 1. All measurements were repeated at least three times and the presented results were obtained from the average of triplicate tests.

3. Results and Discussion

3.1 Homogeneity and emulsification characteristics

All diesohol emulsions prepared for this study were put in storage for 6 months at room temperature. The results show that all diesohol emulsions exhibit their good emulsion stabilities. No agglomeration of liquid droplets and sediment layer occurs physically in all diesohol emulsions. The results showed that biodiesel is a suitable emulsifier for diesohol. The presence of biodiesel shows the surfactant property by developing a microemulsion between conventional diesel and ethanol phases. The amphi-philic structures of biodiesel become aligned at the diesel-ethanol interface. They reinforce the structural affinity between the diesel and ethanol components [10]. The hydrocarbon moieties of biodiesel exhibit hydrophobic portion which has the strong affinity with diesel fuel while the carboxyl skeleton represents

the hydrophilic portion which is oriented towards the ethanol interface. Therefore, diesohol blends are stable by the addition of proper amount of biodiesel.

3.2 Fuel properties of diesohol emulsions

The fuel properties of all samples of diesohol blends are illustrated in Figures 1-10. Figure 1 shows the percentage (by weight) of carbon residue tests. For all diesohol emulsions, the results exhibit an increase in the percentage of carbon residue with an increase in the amount of biodiesel added. However, it should be noted that the percentage of carbon residue for nearly all diesohol emulsions are over the standard value of 0.050 % for No. 2 diesel fuel, according to ASTM. The only diesohol blend that shows the acceptable percentage of carbon residue is the one with 5% vol. biodiesel addition to a the mixture of diesohol blends with the D:E ratio of 95:5. This is due to the fact that the palm-oil deried biodiesel contains more carbon: hydrogen ratio than diesel fuel. As a result of that, more oxygen consumption is expected for a complete combustion when the biodiesel is added to the diesohol. The carbon residue normally affects the diesel engine. This problem can be reduced by using a turbocharger or increasing the temperature of the mixture of gas and air which enters a motor engine through the inlet. This would increase the oxygen intensity for combustion.

Figures 2 and 3 present the results of viscosity and density tests, respectively. It is evident that both density and viscosity at 40 °C of diesohol emulsions increase with increasing the amount of biodiesel added at all ratios of diesel fuel to ethanol. This is attributed to the fact that the palm-oil derived biodiesel has higher density than the other two components. It is well recognized that the higher density leads to the higher flow resistance of fuel oil, resulting in higher viscosity. In addition, it is

observed that the viscosities at 40 °C of all diesohol emulsions are higher than the viscosity of the regular diesel fuel at the same temperature. This finding suggests that the higher viscosity can bring to the inferior fuel injection. However, the viscosities of all diesohol emulsions in this study are still under a standard limit value for diesel fuel.

Higher heating value (HHV) is one of the most important fuel properties. The results shown in Figure 4 indicate that the HHV of diesohol decreases when more amount of biodiesel is added. The same trend is also observed when the amount of ethanol increases, comparing at the same amount of biodiesel added. This is owing to the lesser in the HHV of palm-oil biodiesel and ethanol.

Figure 5 shows the results from the tests for initial boiling point. For all samples, it can be seen that the initial boiling point is identical at 78 °C and under the acceptable limit for diesel fuel. The initial boiling point of fuel reveals how unproblematic the engine startup is.

To obtain crucial information for diesohol utilization, the temperatures at 10%, 50%, and 90% distillation were respectively monitored for all diesohol blends. If the temperature at 10% distillation is too low, “vapor lock” situation would occur and cause a serious problem to the engine. As seen in Figure 6, the temperature at 10% distillation of diesohol blends with the D:E ratio of 95:5 is observed as in the range of 197-199 °C, which is higher than those of diesohol blends at the other two ratios and a little bit lower than that of the conventional diesel. It is likely that the amount of biodiesel does not play role to the change in temperature at 10% distillation.

Comparing the temperature at 50% and 90% distillation of all diesohol blends with those of the conventional diesel, the data obtained from the tests show insignificant difference, as seen in Figures 7 and 8. This means that these properties of

diesohol emulsions are not in much difference from that of diesel fuel and still under the standard limit. Generally the temperature of fuel at 50% and 90% distillation have an effect on the performance and power of diesel engine. At 50% distillation temperature, the fuel is uniformly distributed and well mixed with air before being subjected to generate power for the engine.

Looking at cetane index which is also in proportional relation with API value, all diesohol blends were found to have lower values of cetane index than diesel fuel. It is observed that the cetane indices of diesohol blends decrease when increasing the amount of biodiesel added, as shown in Figure 9. The lower the cetane index is, the poorer the ignition property will be. Cetane index also has effects on the engine startup, combustion control, and engine performance.

By using biodiesel as an emulsifier for diesohol emulsion, the pour point property is needed to be examined. The results presented in Figure 10 show that only ethanol quantity can put an effect on the pour point property of diesohol emulsion. It is found that an increase in the percentage (by volume) of ethanol could lead to a decrease in pour point temperature at all amount of biodiesel used. Moreover, the pour point temperatures of all diesohol emulsions were found to be lower than that of the regular diesel fuel. This finding is evidence for an advantage in diesohol utilization.

The flash point properties for all diesohol emulsions were also investigated and found to be extremely low in the range of 11 - 17 °C. As a result, the storage and transportation of diesohol must be taken care of in a special and proper way, in order to avoid an explosion.

4. Conclusions

The emulsification stability and fuel properties of diesohol emulsions were investigated in order to evaluate the potential of using biodiesel as an effective emulsifier for diesohol and making use of diesohol as an alternative fuel for diesel engine. The results of this study could be concluded as follows:

1. Palm-oil derived biodiesel can be used as an effective emulsifier for diesohol emulsions.
2. Nearly all fuel properties of diesohol emulsions are under standard limit for high speed diesel, except 10% distillation and flash point properties. These properties of the emulsions were, however, found to be poorer than that of the regular diesel fuel when the ratios or quantities of ethanol and biodiesel were increased.
3. An increase in the amount of biodiesel added to diesohol blends with different D:E ratios lead to an increase in the percentage by weight of carbon residue. Only the diesohol blend with 5% biodiesel addition to diesohol blends with the D:E ratio of 95:5 shows the value that under the standard limit for No.2 diesel fuel. However, the others may be used as an alternative to the low speed diesel fuel.
4. In this study, a proper diesohol blend for diesel engine should be the one with 5% biodiesel addition to diesohol blends with the D:E ratio of 95:5

5. Acknowledgement

The authors gratefully acknowledge the contribution of Thailand Research Fund (TRF), Faculty of Engineering, King Mongkut's Institute of Technology North Bangkok (KMITNB), and PTT Public Co.Ltd.

References

- [1] Sharp C.A., "Emissions and Lubricity Evaluation of Rapeseed derived biodiesel fuel, " prepared by Montana Department of Environmental Quality, Southwest Research Institute, USA, 1996, 1-57.
- [2]http://www.carbohydrateeconomy.org/News/news.cfm?News_ID=253
- [3]<http://www.ethanol-gec.org/fall0025.html>
- [4] Cherng-Yuan Lin and Kuo-Hua Wang, "The fuel properties of three phase emulsions as an alternative fuel for diesel engines," Fuel, 82, 2003, 1367-1375.
- [5] G. J. Suppes,* M. Goff, M. Goff, M. L. Burkhart, K. Bockwinkel, M. H. Mason, J. B. Botts, and J. A. Heppert, "Multifunctional Diesel Fuel Additives from Triglycerides," Energy & Fuels 2001, 15, 151-157.
- [6] G. Anastopoulos, E. Lois,* A. Serdari, F. Zanikos, S. Stournas, and S. Kalligeros, "Lubrication Properties of Low-Sulfur Diesel Fuels in the Presence of Specific Types of Fatty Acid Derivatives," Energy & Fuels 2001, 15, 106-112.
- [7] <http://www.apecenergy.org.au/welcome/activities/meetings/ewg25/NotableDevelopment-Thai.pdf>
- [8] <http://www.greenhouse.gov.au/transport/comparison/pubs/2ch7.pdf>
- [9] Srithammavong, P., "Collaborative Research and Development of Diesohol Fuel for Diesel Vehicles in Thailand," Proceedings of MTEC Annual Meeting, Bangkok, Thailand, 2003, 120-121
- [10] Satge de Caro, P., Mouloungui Z., Vaitilingom G., and Berge J.(2001) Interest of combining an additive with diesel-ethanol blends for use in diesel engines, Fuel, 80, 565-574.

List of Tables

Table 1 Fuel properties and testing methods

Properties	Diesel	Biodiesel	Ethanol	Methods
API @ 60 F	40.22	32.27	44.50	ASTM D 1298
Density(g/cm ³)	0.823	0.864	0.794	ASTM D 1298
Initial boiling point (°C)	160	220	-	ASTM D 86
10%Distillation (°C)	225	315	-	ASTM D 86
50%Distillation (°C)	279	323	-	ASTM D 86
90%Distillation (°C)	345	331	-	ASTM D 86
Viscosity @ 40°C (cst.)	3.19	5.321	1.19	ASTM D 445
Pour point (°C)	6	5	-	ASTM D 97
Heating value (MJ/kg)	45.56	38.6	26.7	ASTM D 240
Cetane index	58.68	50.7549	-	ASTM D 976
Carbon residue (%by wt.)	-	-	-	ASTM D 189

List of Figures

Figure 1 Percentage of carbon residue of diesohol blends with different % biodiesel added.

Figure 2 Viscosity at 40 °C of diesohol blends with different % biodiesel added.

Figure 3 Density of diesohol blends with different % biodiesel added.

Figure 4 Higher Heating Value (HHV) of diesohol blends with different % biodiesel added.

Figure 5 Temperature at initial boiling point of diesohol blends with different % biodiesel added.

Figure 6 Temperature at 10% distillation of diesohol blends with different % biodiesel added.

Figure 7 Temperature at 50% distillation of diesohol blends with different % biodiesel added.

Figure 8 Temperature at 90% distillation of diesohol blends with different % biodiesel added.

Figure 9 Cetane index of diesohol blends with different % biodiesel added.

Figure 10 Pour point of diesohol blends with different % biodiesel added.

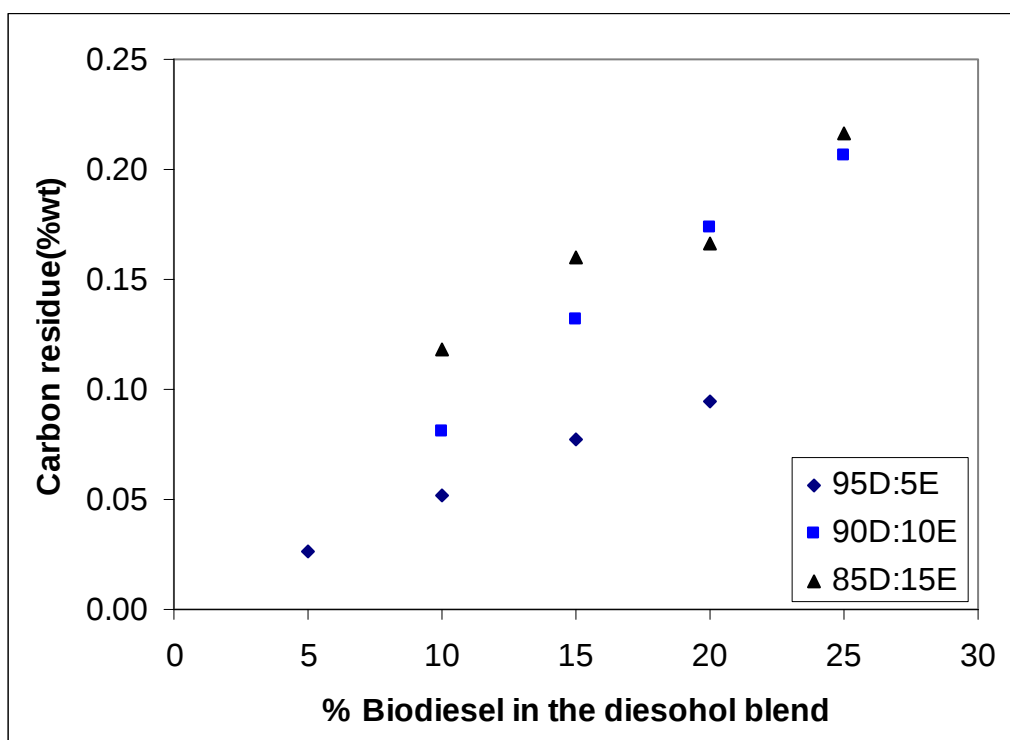


Figure 1 Percentage of carbon residue of diesohol blends with different % biodiesel added.

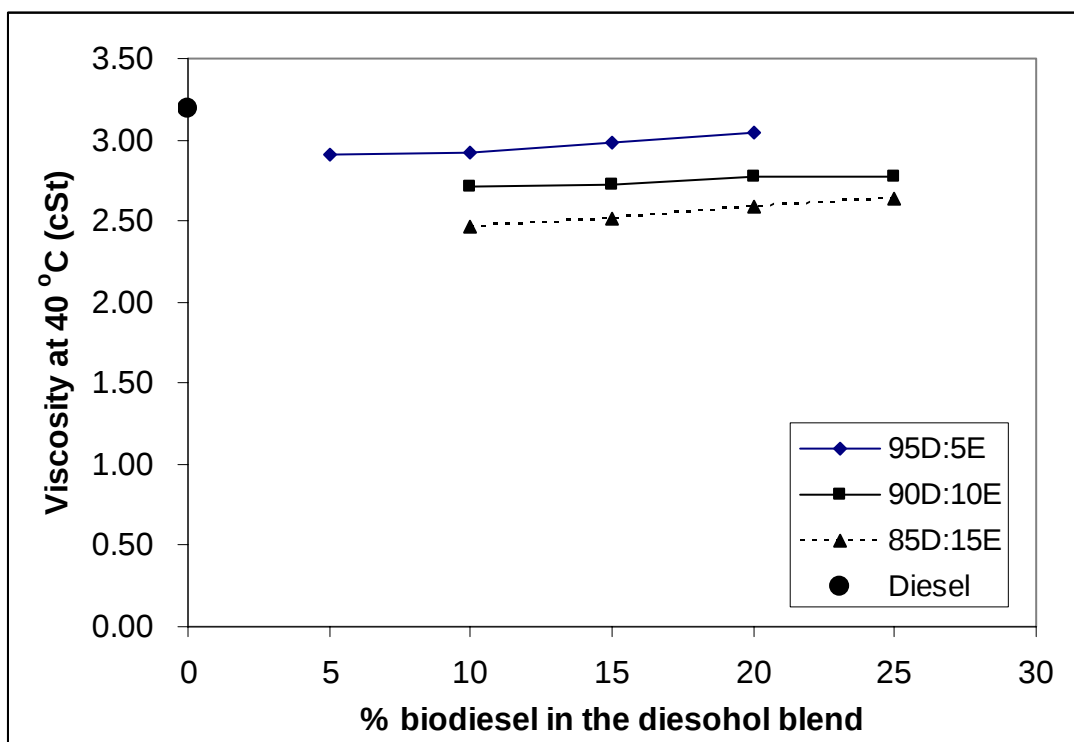


Figure 2 Viscosity at 40 °C of diesohol blends with different % biodiesel added.

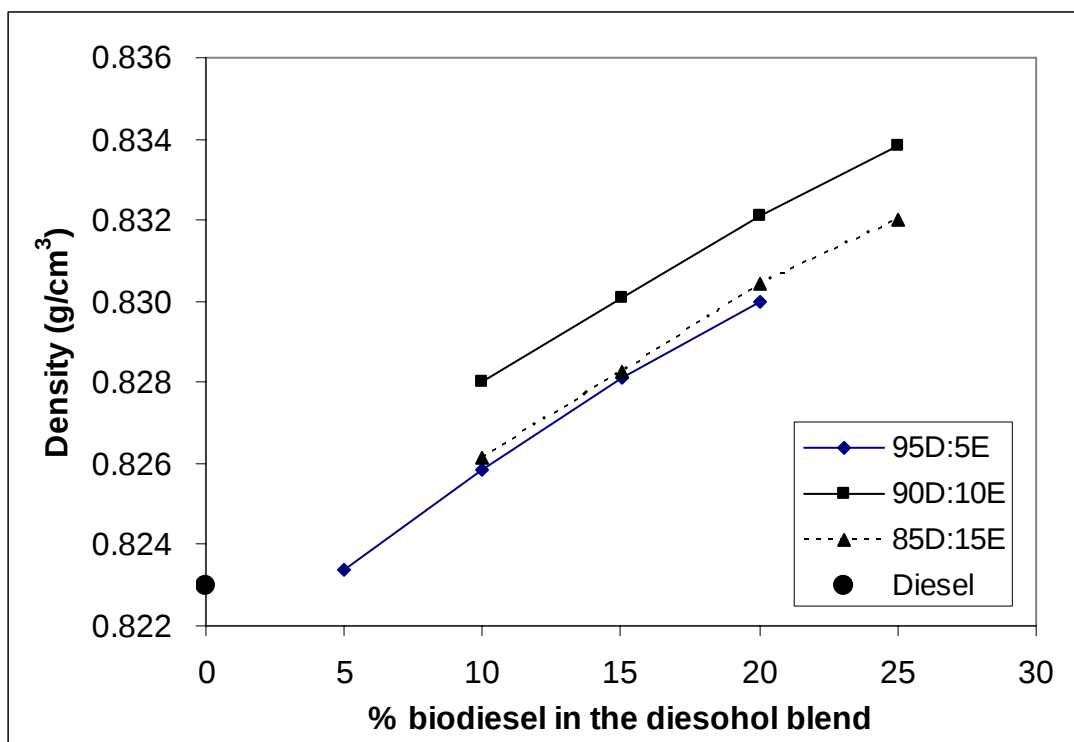


Figure 3 Density of diesohol blends with different % biodiesel added.

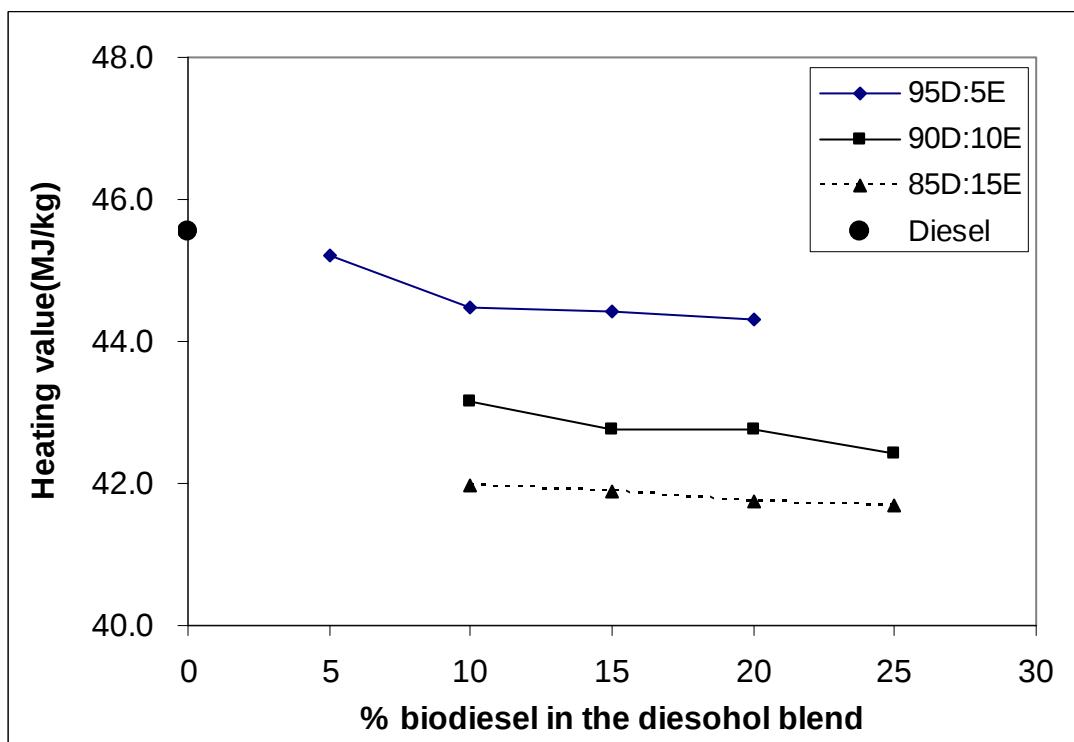


Figure 4 Higher Heating Value (HHV) of diesohol blends with different % biodiesel added.

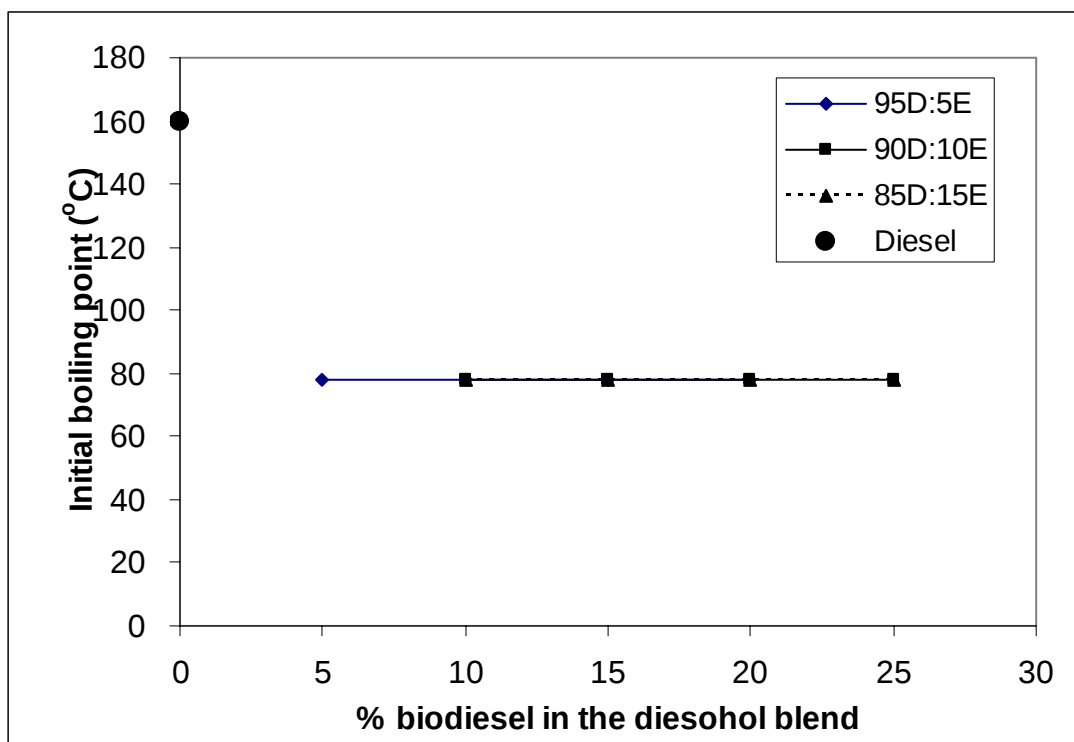


Figure 5 Temperature at initial boiling point of diesohol blends with different % biodiesel added.

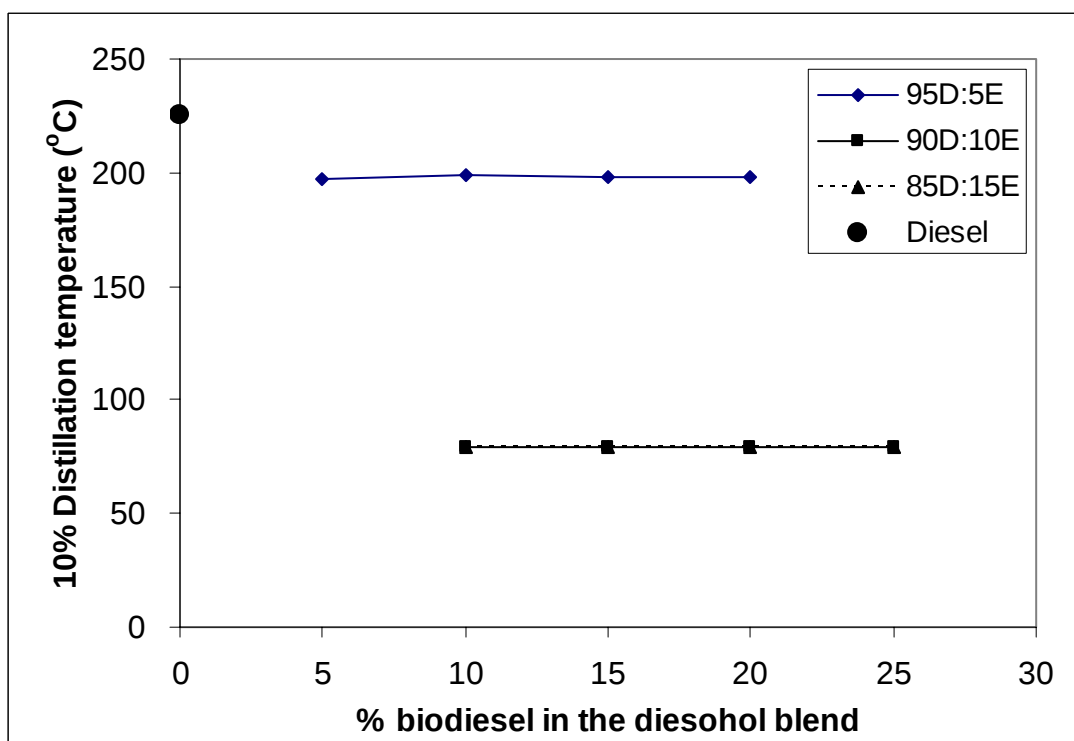


Figure 6 Temperature at 10% distillation of diesohol blends with different % biodiesel added.

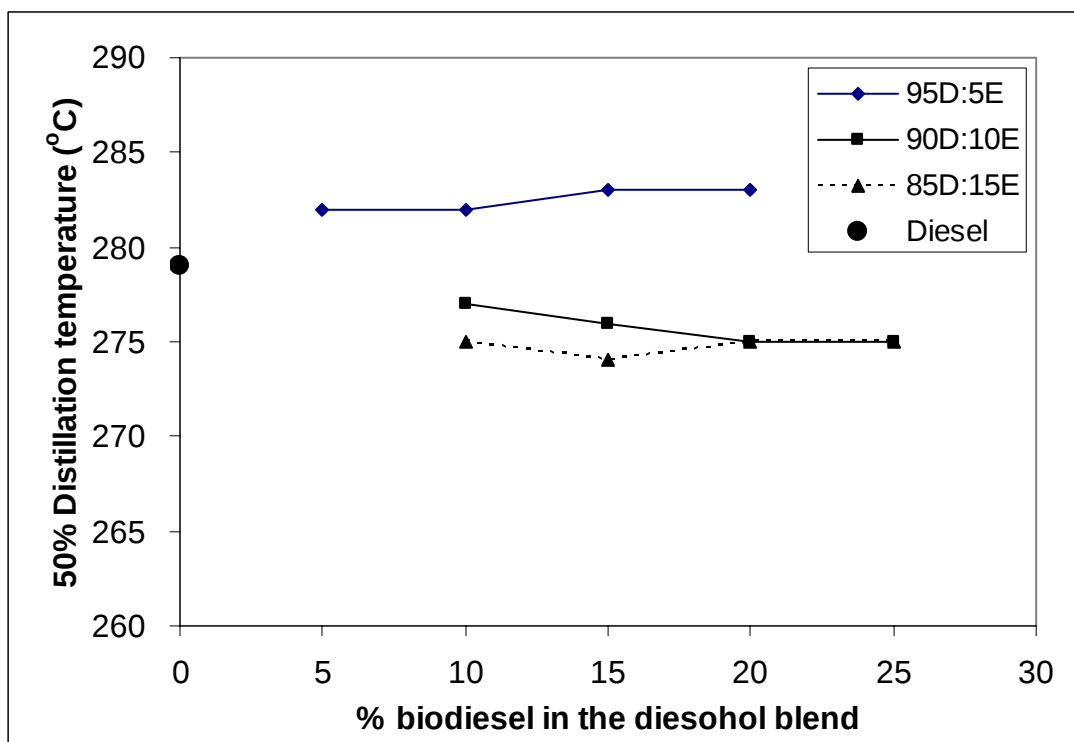


Figure 7 Temperature at 50% distillation of diesohol blends with different % biodiesel added.

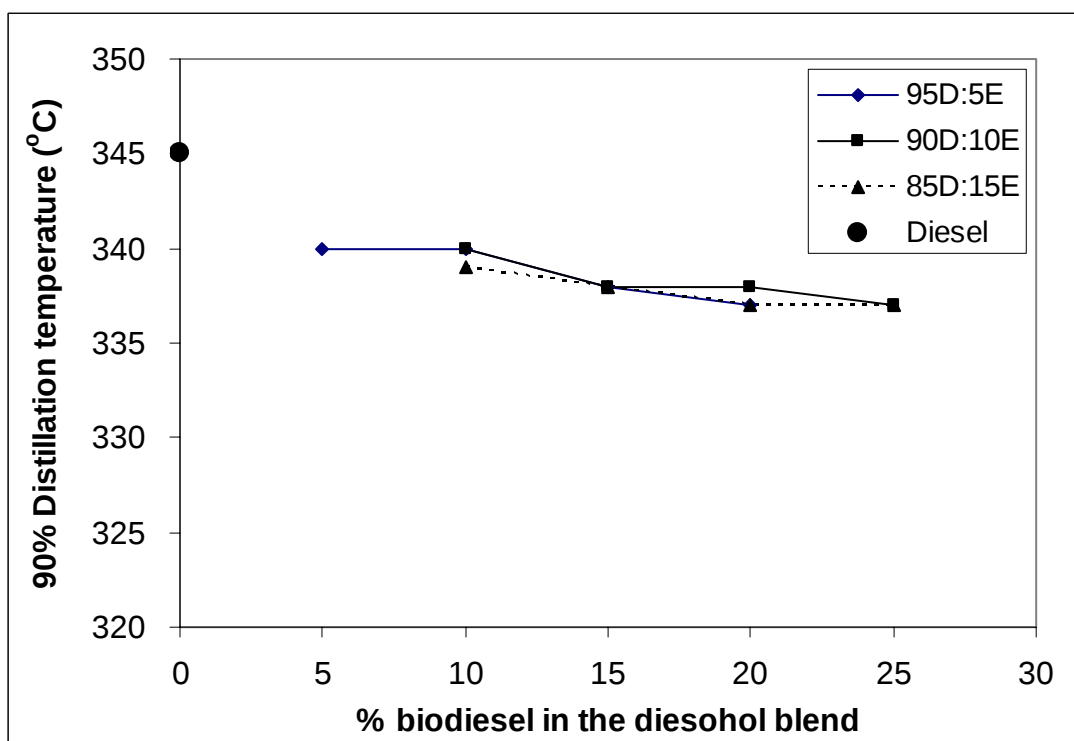


Figure 8 Temperature at 90% distillation of diesohol blends with different % biodiesel added.

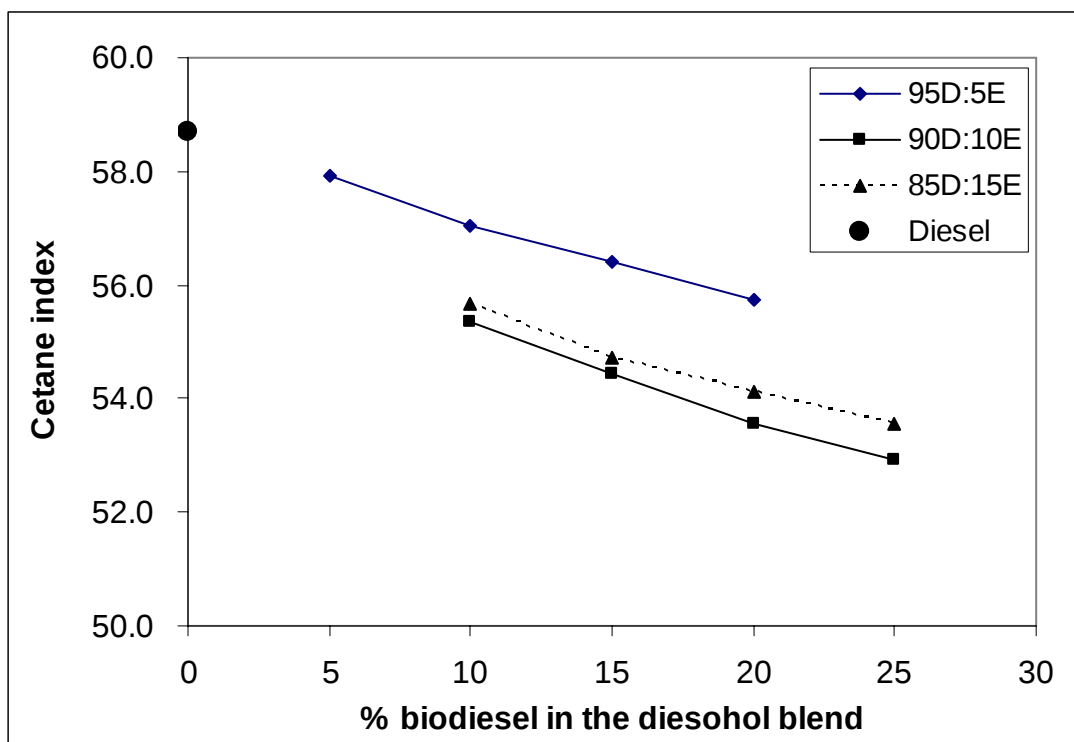


Figure 9 Cetane index of diesohol blends with different % biodiesel added.

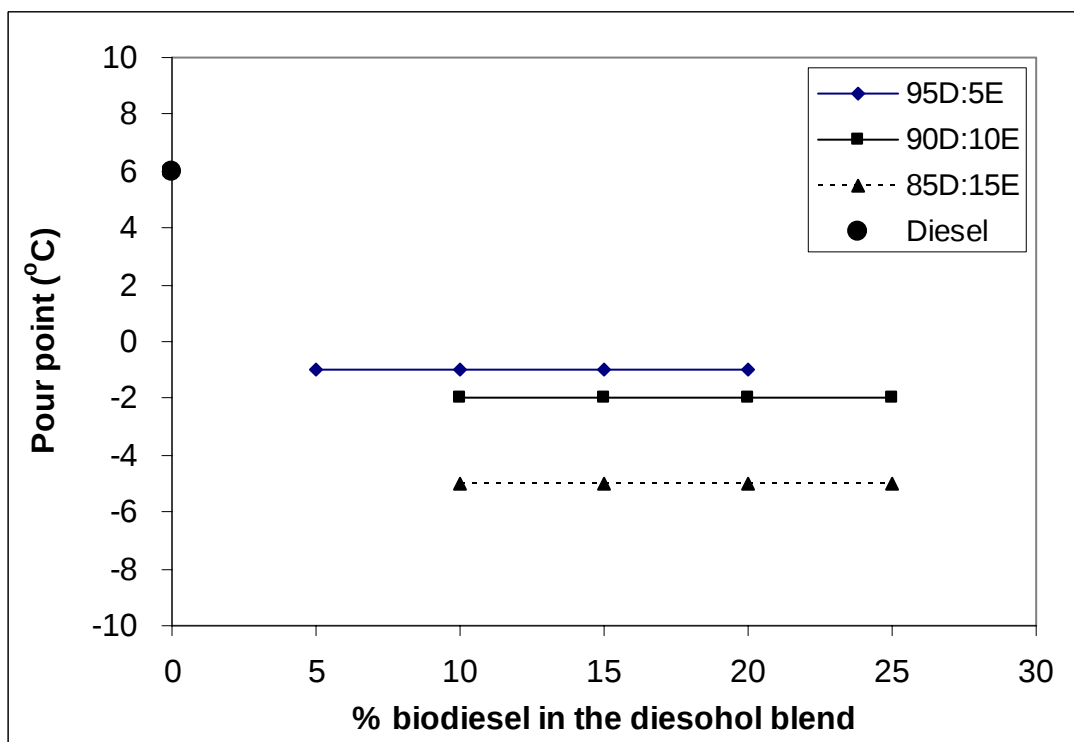


Figure 10 Pour point of diesohol blends with different % biodiesel added.

Biodiesel as an Additive for Diesel.
Part II: Emissions and Engine Performance on
a Light-Duty Pick-Up Truck

Kraipat Cheenkachorn^{a*} and Bundit Fungtammasan^b

^a Department of Chemical Engineering,
King Mongkut's Institute of Technology North Bangkok, Bangkok
1518 Piboolsongkram Rd., Bangesue, Bangkok 10800 Thailand
Telephone: 66-2913-2500
Fax: 66-2587-0024
Email address: kpc@kmitnb.ac.th

^bThe Joint Graduate School of Energy and Environment,
King Mongkut's University of Technology Thonburi, Bangkok
91 Prachautit Rd. Bangmod, Tungkru, Bangkok 10140 Thailand
Telephone: 66-2470-8671
Fax: 66-2427-9634
Email address: director@jgsee.kmutt.ac.th

*
Corresponding author

Abstract

In this experimental study, the performance of the selected diesohol blend consisting of 5%(vol.) biodiesel in the blend of a conventional diesel (D) and ethanol (E) with the ratio of 95:5 (by vol.), respectively, was tested on a pickup truck with a 2.5L inter-cooled direct injection diesel engine. Emission testing was conducted on a chassis dynamometer using a Bangkok Driving Cycle. The engine performance and fuel consumption were also observed. It was found that the emissions of CO₂, CO, and NO_x are insignificantly different from those of the conventional diesel. However, diesohol blend showed a reduction in particulate matter emission compared to the conventional diesel. Diesohol showed less maximum power output than the conventional diesel due to its less heating value. However, the fuel consumptions of diesohol and diesel are insignificantly different.

Keywords: Biodiesel, Diesohol, Emission, Engine Performance

1. Introduction

An increasing global energy demand has resulted in a development of alternative energies to reduce the dependence on petroleum fuels. Biodiesel is one of the alternative fuels that gain an interest in many countries including Thailand. Biodiesel offers some advantages over the petroleum fuel such as better lubricity and a reduction of toxic emission. Biodiesel is produced by a transesterification of vegetable oils or animal fats with methanol using acid or base as a catalyst. The waste cooking oils can also be used as a raw material for this process. The products from this reaction include methyl esters and glycerides. The details of a conventional transesterification process and development of advanced process can be found elsewhere [1].

Among the promising alternative energies, ethanol (ethyl alcohol) has gained an interest in many combustion applications. The factors that make ethanol attractive include an easy production process such as a fermentation and non-toxicity. In Thailand, the government promotes the use the ethanol and also supports commercial-scaled ethanol production plants using domestic agricultural products such as sugar cane and cassava to curb the reliance on the imported oil. Previous study has shown the research and development of ethanol production process from different raw materials and processes [2].

Because of the higher cost and lower heating value of ethanol than those of conventional fuels, the use of pure ethanol as a substitute for petroleum fuels is not practically accepted. Blending petroleum fuels with ethanol is more realistic and gaining interests as reported in the previous studies [3]. Considerable attention was focused on the development of gasohol, a blend between gasoline and ethanol, and diesohol, a blend between diesel and ethanol. A blend of 10 % anhydrous ethanol and

gasoline was commercialized in many countries such as the US and Brazil. The use of diesohol was initially investigated in the 1970s and continued in Germany, Australia, and the US during 1980s [4].

Previous studies showed that diesohol has a potential to be used in regular engine without any modification. Hansen et al evaluated the durability of the engine with diesohol (89% low-sulfur No.2 diesel, 10% ethanol, 1% additive) on an International 7.3 L engine. Based on a 500-hour operation, the results showed that the engine performance was not affected apart from an expected 4% decrease in power caused by the lower energy content of the blend [5]. No abnormal wear occurred from the use of diesohol. However, the swelling of nitrile rubber check valve disks was observed which caused a fuel lift pump failure.

Similar engine performance test was conducted by Bhattacharya et al using four different microemulsions of diesel, ethanol, and 1-butanol [6]. This study showed that the characteristic fuel properties and the power-producing capability of the engine were similar to those of petroleum diesel. However, the microemulsion showed higher emission of unburnt hydrocarbons and NO_x compared to those of diesel. Hashimoto et al had investigated the performance and durability of diesohol on heavy duty diesel engine [7]. In this study, diesohol was made for both pre-chamber type and open-chamber type. The results from this study showed that the thermal efficiency of pre-chamber engine did not change while that of open-chamber changed due to lower cetane number and lower viscosity of diesohol. Diesohol also showed the acceptable durability and wear of metals.

Australia's Apace Research Ltd announced a success in the development of emulsifier for diesohol [8]. The diesohol blend for this study consisted of 84.5% (by volume) diesel, 15% hydrated ethanol, and 0.5% emulsifier. The results from this

study showed that diesohol reduced carbon dioxide (CO), carbon dioxide (CO₂), and particulate matter (PM) emissions compared to those of low-sulfur diesel. Similar work was also conducted in Thailand using a blend of 89% diesel, 10% ethanol, and 1% imported emulsifier [9]. Although a number of previous studies had conducted on the emission and the engine performance of diesohol, most tests were carried out on an engine dynamometer

In the current study, the objective was to study the emissions and engine performance from a diesel engine using the candidate blend from the study in Part 1. The blend consisting of 5%(vol.) biodiesel in the diesohol mixture of a conventional diesel (D) and ethanol (E) with the ratio of 95:5 (by vol.), respectively, was selected to be a candidate for the emission and engine performance test. The emission tests included carbon dioxide (CO₂), carbon monoxide (CO), nitrogen oxides (NO_x), and particulate matter (PM). The engine performance was carried out to obtain the maximum power output and the fuel consumption. The results of diesohol were compared with those of the conventional diesel.

2. Experimental Details

Engine performance and emission characterization were performed at the Automotive Emission Laboratory, Pollution Control Department (PCD), Pathumthani, Thailand. A vehicle used in this research was 2004 Isuzu D-MAX pickup truck (2.5L Direct Injection Diesel Engine). The details of this vehicle were shown in Table 1. A chassis dynamometer (SCHENK Type EMDY 48) was used to conduct the engine performance test. The chassis dynamometer also measured power output, emission, and fuel consumption. The test vehicle was driven by onto the 12.6 inch roll located in the semi-trailer frame. Power was transferred from the test vehicle against the power from the dynamometer through the hub adapters which were connected the

drive wheel. The vehicle speed was controlled by a driver responding to a driver's aid screen. To measure the power output of the test vehicle, the speed of the vehicle was varied on the third gear position. However, this power output is different from an engine dynamometer since it includes frictional and mechanical losses in drive-train system. The data from this research was based on a single driver.

In this study, Bangkok driving cycle as shown in Figure 1 was used to represent the real driving conditions in the city of Thailand. It was used to simulate driving condition on a chassis dynamometer for evaluating of exhaust gas emissions, fuel consumption, and the engine performance. This cycle had the total time of 2271 seconds to simulate a 27.98-km long route including transient and steady-state operations. The cycle consists of three phases with different average speeds as shown in Table 2. Prior to the test, an in-use fuel in the vehicle tank was drained and fully purged from the system. The tested fuel was then filled and the engine was fully warmed to ensure that the tested fuel was in the system.

The Automotive Emission Laboratory also provided facilities to measure emissions from the vehicle at simulated driving conditions. To investigate the emission, exhaust gas was collected to a dilution tunnel and particles were collected onto a fiber-glass filter (T60A20, Pallflex Products, USA). The amount of particulate matter (PM) was determined gravimetrically. The diluted exhaust was analyzed using non-dispersive infrared technique for CO and CO₂. Total hydrocarbon (THC) and NO_x were analyzed by flame ionization detector and chemiluminescence detector, respectively. Fuel consumption characteristics were determined using a carbon balance and the exhaust emission data.

3. Results and Discussions

The exhaust emissions from the tested vehicle on a chassis dynamometer were summarized in Table 3. Real-time data for THC, NO_x, CO, and CO₂ were shown in Figures 2-5, respectively. From the emission results shown in those tables and figures, the following observations and discussions can be made.

THC emission THC emission contains primarily of unburned hydrocarbon mixtures. It can be viewed as an indicator of combustion efficiency or completeness. A better combustion efficiency generally leads to less THC in the exhaust gas. THC also depends on the fuel-air equivalence ratio resulting from the amount of fuel injected into engine. For both fuels, THC emission from the test vehicle in Phase I was the highest followed by those from phase II and phase III, respectively. The plausible explanation for this result may be that the engine was designed effectively for a proper fuel-air equivalence ratio which is related to engine speed, momentum effect, and cam-shaft opening [10]. Driving pattern in phase I is involved with frequent starts and stops. During this transient process, the engine was operated with an improper fuel-air equivalence ratio resulting in high THC emission. The results from the real-time data showed that THC peaks occurred during an acceleration period of gear shift. The amount of fuel which is increasingly injected to the cylinder during this period leads to a rich fuel-air ratio resulting in high THC emission. Diesohol showed less THC emission than conventional diesel. This is due to the fact that the oxygen presence in both ethanol and biodiesel shifted the fuel-air ratio to the proper level leading to less THC emission. THC results from this study were similar to the previous works [11-12]. Rafael et al. [13] reported that the driving behavior showed

an impact on exhaust gas emission as well.

NO_x emission NO_x emission from the combustion engine is caused by the oxidation of atmospheric nitrogen within the cylinder. This reaction is directly proportional to the flame temperature. As shown in Table 3, the NO_x emissions are consistent with those of THC emissions and can be ordered from high to low as follows: Phase I, Phase II, and Phase III, respectively. The results from the real-time data also showed that NO_x rapidly increased during an acceleration period of gear shift. Diesohol showed less NO_x emission than conventional diesel. This can be explained by two main reasons as follows. Firstly, since the amount of NO_x typically depends on the fuel-air equivalence ratio, the largest amount of NO_x is produced at the fuel-air equivalence ratio of one. The addition of the oxygenated fuels may shift the air-fuel equivalence ratio to the level that yields lower NO_x emission. Secondly, a decrease in NO_x emission for diesohol may be resulted from the cooling effect of ethanol evaporation which leads to a reduced flame temperature. However, the effect of oxygenated fuels on the NO_x emission is not conclusive as reported in previous studies [11, 14-15]. A decrease in cetane number of fuel from the addition of oxygenated fuels leads to an increased ignition delay resulting in higher NO_x. Sybist and Boehman (2003) reported that the higher bulk modulus of compressibility of biodiesel resulted in a small advance in injection timing which increases NO_x emission [16]. It is suggested that retarding injection timing can reduce NO_x [14,17]. Therefore, the NO_x emission behavior of oxygenated fuels depends on which effect is dominated.

CO emissions CO emissions from the engines are the products of the incomplete combustion of the fuel and primarily depend on the fuel-air equivalence ratio. For conventional diesel, the amount of CO emissions can be ordered from high to low as follows: Phase I, Phase II, and Phase III, respectively. Diesohol shows less CO emissions than conventional diesel in Phases I and II. For phase III, however, CO emission of diesohol is slightly higher than that of conventional diesel. The addition of ethanol and biodiesel leads to more complete combustion due to the oxygen atoms in those fuels resulting in lower CO emissions. The beneficial effect of ethanol agrees with the previous study [18]. However, the increase of CO emission in phase III may be caused by the improper fuel-air equivalence ratio because of the excess of oxygen content in the oxygenated fuels. The evaporative cooling effect and low heating value of ethanol result in a lower flame temperature and burn velocity [14]. Such effects cause incomplete combustion which leads to higher CO emission as investigated by previous studies [14,19]. The ignition delay from the oxygenated fuel also causes high CO emission [18].

CO₂ emissions CO₂ emissions are the products of complete combustion of fuel. The conventional diesel and diesohol show decreasing tendency from phases I, II, and III, respectively. The CO₂ emissions of both fuels are insignificantly different. The addition of oxygenated fuels results in a decreased CO₂ emission since biodiesel contains less carbon in its molecules [15]. Previous study also showed that products of ethanol combustion contain less CO₂ and more H₂O. However, this effect can not clearly visible at high engine load and speed since more fuel is burnt at lower excess air resulting in higher CO₂ emission.

PM emissions PM emissions are the primary concern of diesel engines. PM is a complex mixture of solid and liquid. It mainly consists of carbonaceous material, known as soot, some absorbed organic compound, and sulfates. PM in the internal combustion engines may come from both fuel and lubricant. However, fuel has more effect on PM emissions than lubricant [14]. Diesohol shows less PM emission than conventional diesel. This result can be explained by the fact that the oxygen component, through the formation of hydroxyl radical ($\cdot\text{OH}$), can consume the soot precursors resulting in a reduction of soot formation [12,20]. The reduction in PM emission from diesel engines using biodiesel had been widely studied [14, 21]. Wang (2007) also reported that fuels with complex structure and low carbon to hydrogen (C:H) ratio show a tendency under pyrolysis and combustion to form smoke precursors [14]. Compared to conventional diesel, structure of ethanol is less complex and biodiesel shows lower C:H ratio. These also contribute to a lower PM emission.

Engine Performance and Fuel Consumption

Figure 6 shows the power output at different engine speeds, which were converted from the vehicle speed, of the engine using convention diesel and diesohol. In chassis dynamometer, the maximum power is referred to as the maximum rotational power that the chassis dynamometer can be subjected to and still operate within specifications. To obtain the maximum power output from the engine of the tested vehicle at each speed, the chassis dynamometer is used to maintain specified vehicle speed while the maximum load is performed and measured. As expected, diesohol shows approximately 4.36-8.66 % reduction in maximum power output. This is because the lower heating value of biodiesel and, especially, ethanol. The effects of

heating value of ethanol on the power output were similar to the previous study [12,18]. The previous works [15,18] showed that the addition of ethanol into conventional diesel led to the longer ignition delay resulting in an inefficient combustion process. A study by Chen (2007) also supported that a low cetane number of ethanol can prolong the ignition of the fuel resulting in more premixed combustion of fuel [12]. That research also reported that some additive was developed for diesohol to improve cetane number of the blend to overcome this problem.

As shown in Table 4, the fuel consumption increases with the vehicle speed due to an increase in the frictional loss. As shown in Part 1, the addition of the oxygenated fuels to conventional diesel leads to the lower heating value of the diesohol blend. However, the heating value of diesohol is insignificantly less than that of conventional diesel. Therefore, it was expected that the fuel consumption of both fuels should not show an insignificant difference. Though diesohol showed a lower average fuel consumption than the conventional diesel, the values from both fuels are insignificantly different and within 95% repeatability. Since the fuel consumption was calculated using a carbon balance from the exhaust emission data, this acceptable error may be caused by the measuring instruments as well as the driver. The results are contradictory to the previous study [19] illustrating that the ethanol-diesel blends showed an increase of break specific fuel consumption since the amount of ethanol in the blend is much different.

4. Conclusion

The emission and engine performance of diesel engine using diesohol were conducted on 2.5L Direct Injection Isuzu pickup truck (Diesel Engine). The diesohol blend consisted of 5 %(vol.) biodiesel in the dieaohol blend with the D:E ratio of 95:5 (by vol.), respectively. Emission testing was conducted on a chassis dynamometer using a Bangkok Driving Cycle. It was found that the emissions of CO₂, CO, and NO_x are insignificantly different from those of the conventional diesel. However, diesohol blend showed a reduction in particulate matter emission compared to the conventional diesel. Diesohol showed less maximum power output than the conventional diesel due to its less heating value. However, the fuel consumptions of diesohol and diesel are insignificantly different.

Acknowledgement

The authors gratefully acknowledge the contribution of Thailand Research Fund (TRF), The Automotive Emission Laboratory, Pollution Control Department (PCD), and Faculty of Engineering, King Mongkut's Institute of Technology North Bangkok (KMITNB), and PTT Public Co.Ltd.

References

1. Graboski, M.S. and R.L. McCormic, Combustion of Fat and Vegetable Oil Derived Fuels in Diesel Engine, *Prog. Energy Combustion Science*, 24, 125-164, (1997).
2. Srinorakutara, T., C. Suesat, B. Pitiyont, W. Kitpreechavanit, and S. Cattithammanit, Utilization of Waste from Cassava Starch Plant for Ethanol Production, *Proceeding Sustainable Energy and Environment (SEE)*, 344-349, (2004)..
3. Hansen A.C., Q. Zhang, and P.W.L. Lyne, Ethanol-diesel fuel blends-a review, *Bioresource Technology*, 96, 277-285, (2005).
4. de Caro, P.S., Z. Mouloungui, G. Vaitilingon, and J.Ch. Berge, Interest of Combining and Additive with Diesel-Ethanol Blends for Use in Diesel Engine, *Fuel*, 80, 565-574, (2001).
5. Hansen, A.C. and Q. Zhang Engine Durability Evaluation with E-Diesel, 2003 ASAE Annual International Meeting, Paper No. 0306033, (2003).
6. Bhattacharya, T.K., S. Chatterjee, and T.N. Mishra, Performance of a Constant Speed CI Engine on Alcohol-Diesel Micro Emulsion, *Applied Engineering in Agriculture*, 23, 253-257, (2004).
7. Hashimoto, I., H. Nakashima, K. Komiyama, Y. Maeda, H. Hamaguchi, M. Endo, and H. Nishi, Diesel-Ethanol Fuel Blends for Heavy Duty Diesel Engine-A Study of Performance and Durability, SAE 820497, (1982).
8. [http:// www.apecenergy.org.au](http://www.apecenergy.org.au)
9. Srithammavong, P., "Collaborative Research and Development of Diesohol Fuel for Diesel Vehicles in Thailand," *Proceedings of MTEC Annual Meeting, Bangkok, Thailand*, 120-121, (2003).

10. Obert, E.F., Internal Combustion Engines and Air Pollution, Intext Inc., New York, 1973.
11. Kwanchareon, P., Luengnaruemitchai, A., and Jai-In, S., Solubility of diesel-biodiesel-ethanol blend, its fuel properties, and its emission characteristics from diesel engine, Fuel, 86(2007) p.1053-1061
12. Chen, H., Shuai, S., Wang, J., Study on combustion characteristics and PM emission of diesel engines using ester-ethanol-diesel blended fuels, Proceeding of Combustion Institute, 31(2007), 2981-2989
13. Rafael, M., Sanchez, M., Mucino, V., Cerventes, J., Lozano, A., Impact of driving styles on exhaust emissions and fuel economy from a heavy-duty truck: laboratory tests, Int.J. Heavy Vehicle System, 13(2006), 56-73
14. Wang, W.G., Clark, N.N., Lyons, D.W., Yang, R.M., Gautam, M., Bata, R.M., Loth, J.L., Emissions comparisons from alternative fuel buses and diesel buses with a chassis dynamometer testing facility, Environ.Sci.Technol. 31(1997), 3132-3137
15. Kowalewicz, A., Eco-diesel engine fuelled with rapeseed oil methyl ester and ethanol. Part 1:Efficiency and emission, Proc.IMEchE, 220(2006), 1275-1282
16. Sybist, J.P. and Boehman, A.L., Behavior of a diesel injection system with biodiesel fuel, SAE Technical paper No. 2003-1039 (2003)
17. www.uidaho.edu/bioenergy/BiodieselEd/publication/05.pdf
18. Can O., Celikten, I., Usta, N., Effects of ethanol addition on performance and emissions of a turbocharged indirect injection diesel engine running at different injection pressures, Energy Conversion and Management, 45(2004) 2429-2440

19. Xing-cai, L., Jain-guang, Y., Wu-gao, Z., Zhen, H., Effect of cetane number improver on heat release rate and emissions of high speed diesel engine fueled with ethanol-diesel blend fuel, *Fuel*, 80(2004) 2013-2020
20. Song, J., Cheenkachorn, K., Wang, J., Perez, J., Boehman, A.L., Young, P.J., Waller, F., Effect of oxygenated fuel on combustion and emissions in a light-duty turbo diesel engine, *Energy and Fuels*, 16(2002) 294-301
21. Shi, X., Yu, Y., He, H., Shuai, S., Wang, J., Li, R., Emission characteristics using methyl soyate-ethanol-diesel fuel blends on a diesel engine, *Fuel*, 84(2005) 1543-1549

List of Tables

Table 1 The specifications of the tested vehicle

Table 2 The Bangkok Driving Cycle

Table 3 The exhaust emissions from the tested vehicle on a chassis dynamometer

Table 4 The fuel consumption in each phase

Table 1 The specifications of the tested vehicle

Isuzu DMAX	
Cylinder number x bore (mm) x stroke (mm)	4 x 93 x 92
Displacement (l)	2.499
Compression ratio	17.7:1
Rated power (kW)/speed (rpm)	58/3900
Maximum torque (Nm)/speed (rpm)	176/1800

Table 2 The Bangkok Driving Cycle

Details	Phase I	Phase II	Phase III
Distance (km)	3.509	9.696	14.836
Time (s)	823	730	724
Velocity range (km/hr)	10-20	40-60	60-80
Average velocity (km/hr)	14.61	46.77	72.64

Table 3 The exhaust emissions from the tested vehicle on a chassis dynamometer

Phase/Emissions		Emissions (g/km)	
		Diesel	Diesohol
Phase I	THC	0.121	0.083
	NO _x	1.111	1.035
	CO	0.374	0.311
	CO ₂	262.946	258.651
	PM	0.097	0.058
Phase II	THC	0.041	0.031
	NO _x	0.934	0.920
	CO	0.057	0.014
	CO ₂	193.700	189.625
	PM	0.130	0.056
Phase III	THC	0.028	0.020
	NO _x	0.415	0.455
	CO	0.010	0.042
	CO ₂	168.000	165.874
	PM	0.082	0.042
Average	THC	0.044	0.031
	NO _x	0.682	0.689
	CO	0.072	0.067
	CO ₂	188.828	185.783
	PM	0.100	0.048

Table 4 The fuel consumption in each phase

Phase/Vehicle velocity	Fuel consumption (km/L)	
	Diesel	Diesohol
Phase I / 10-20 km/hr	10.03	10.12
Phase II / 40-60 km/hr	13.66	13.84
Phase III / 60-80 km/hr	15.75	15.82
Average	14.01	14.12

List of Figures

Figure 1 The Bangkok driving cycle

Figure 2 Real-time data for THC emission

Figure 3 Real-time data for NO_x emission

Figure 4 Real-time data for CO emission

Figure 5 Real-time data for CO₂ emission

Figure 6 The power output at different engine speeds from a chassis dynamometer

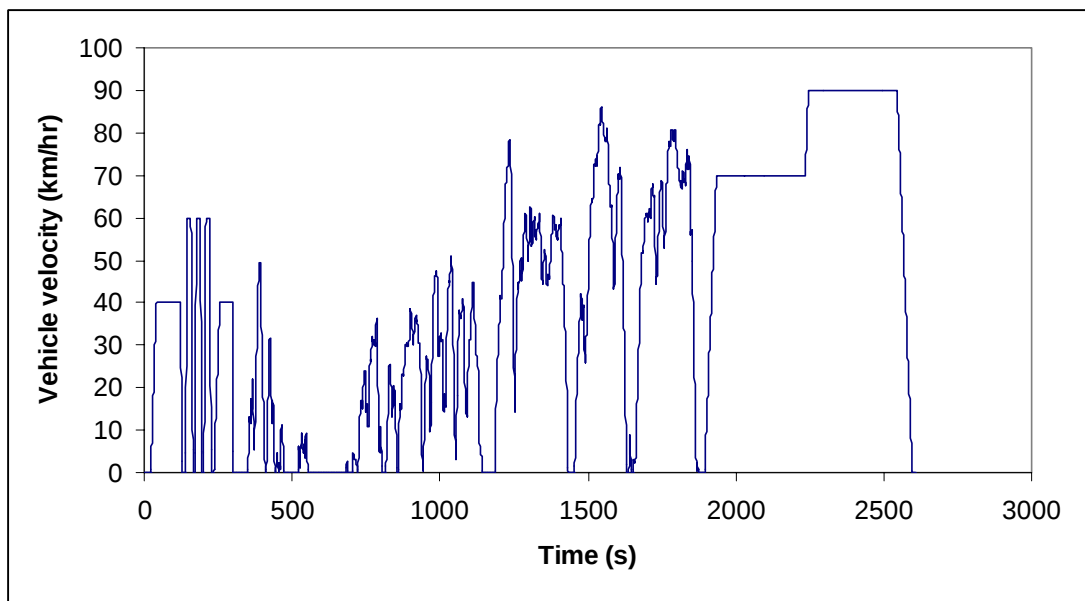


Figure 1 The Bangkok driving cycle

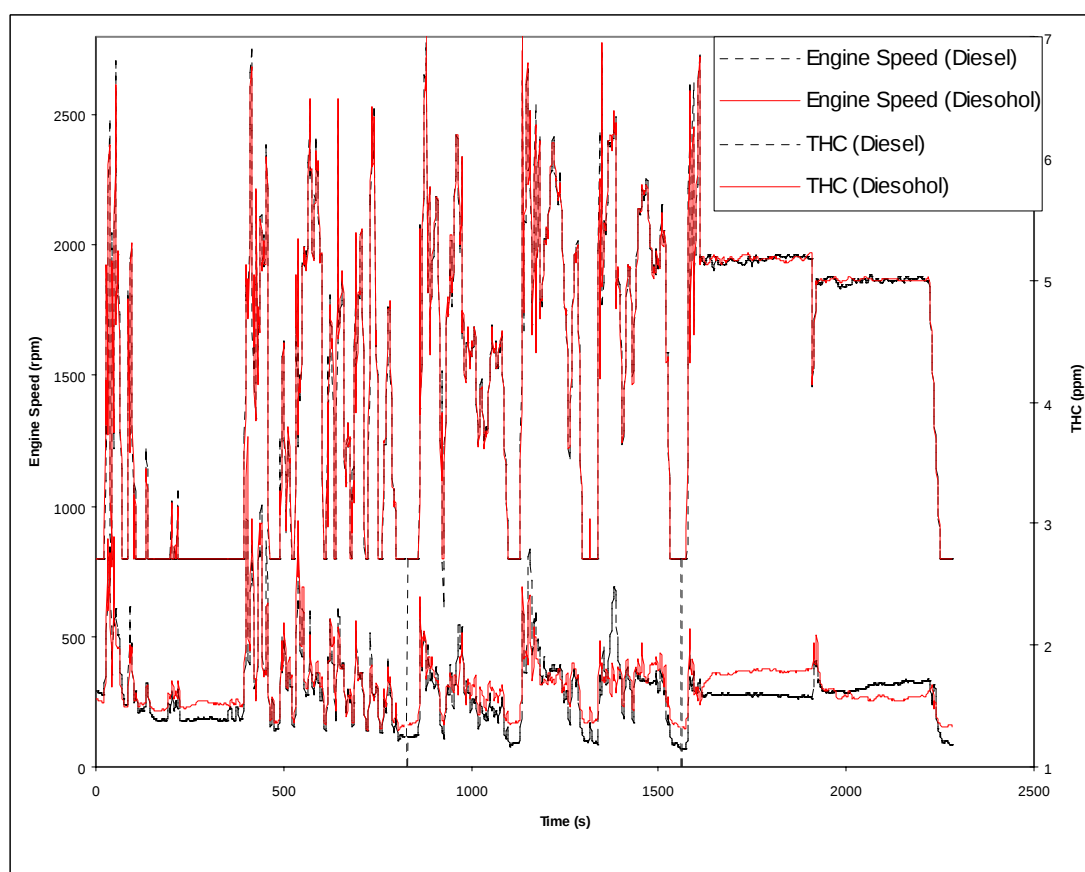


Figure 2 Real-time data for THC emission

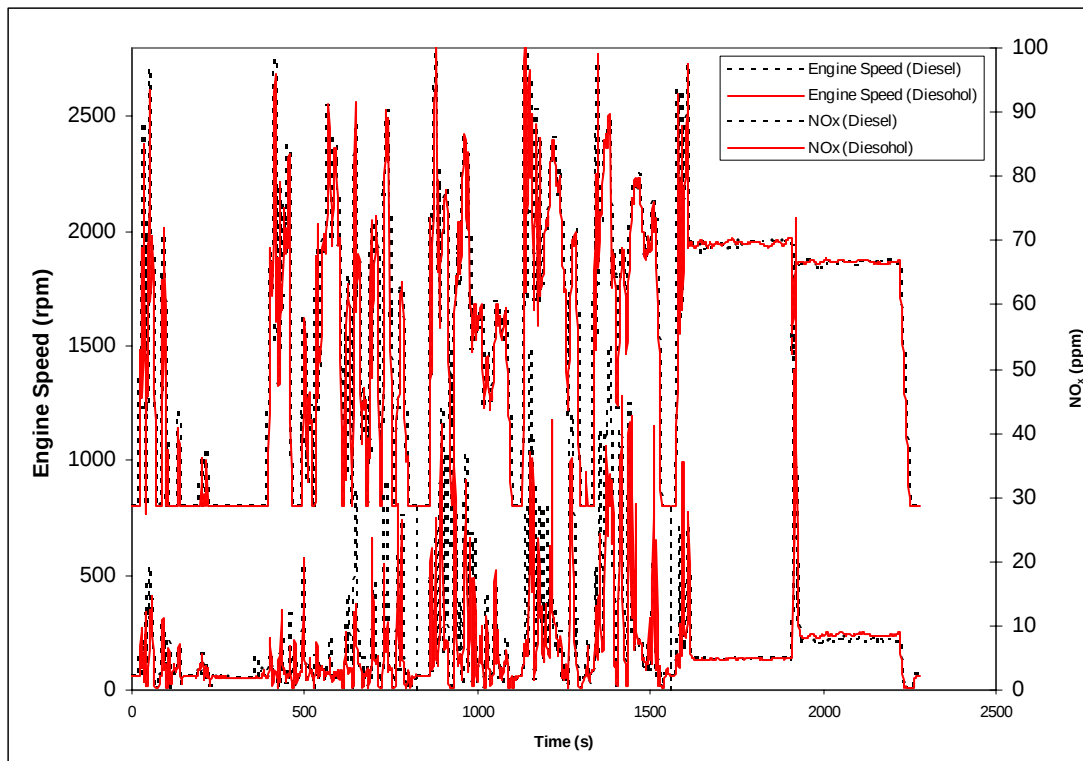


Figure 3 Real-time data for NO_x emission

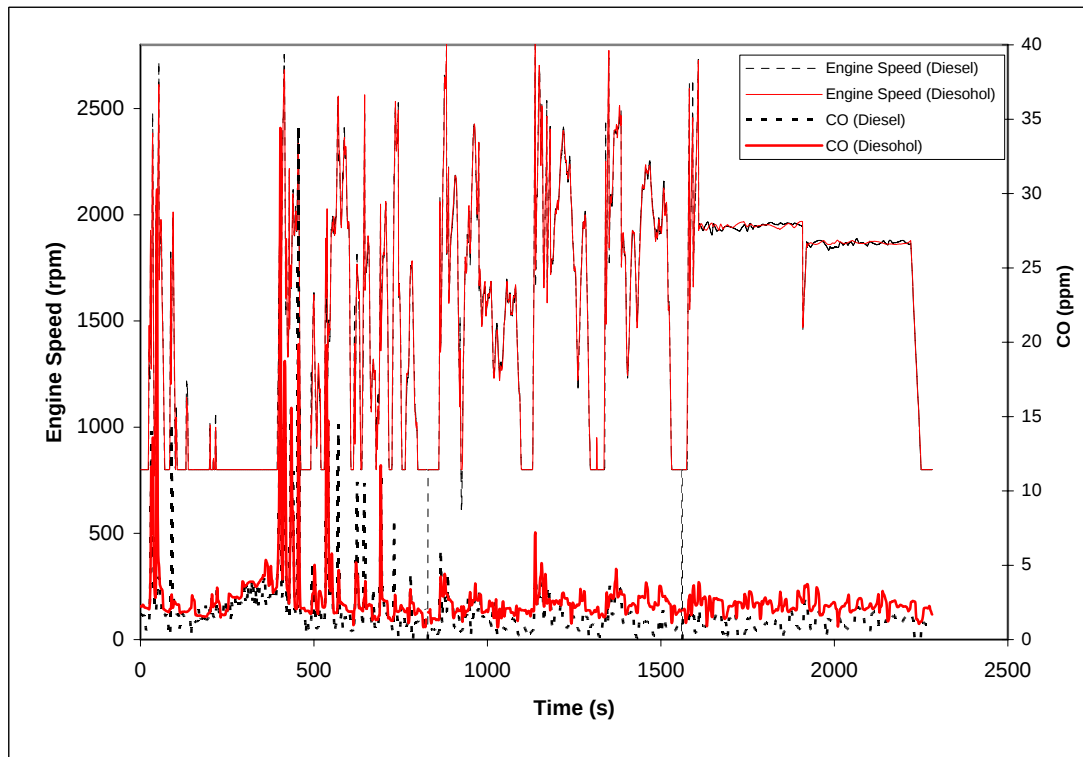


Figure 4 Real-time data for CO emission

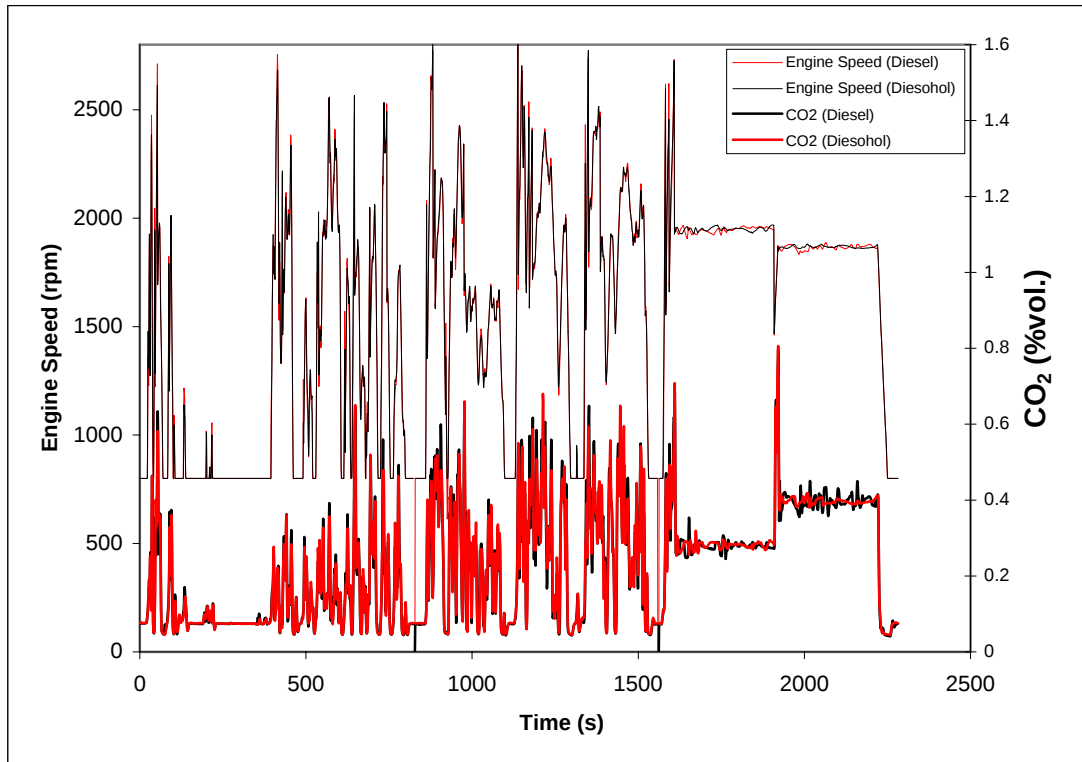


Figure 5 Real-time data for CO₂ emission

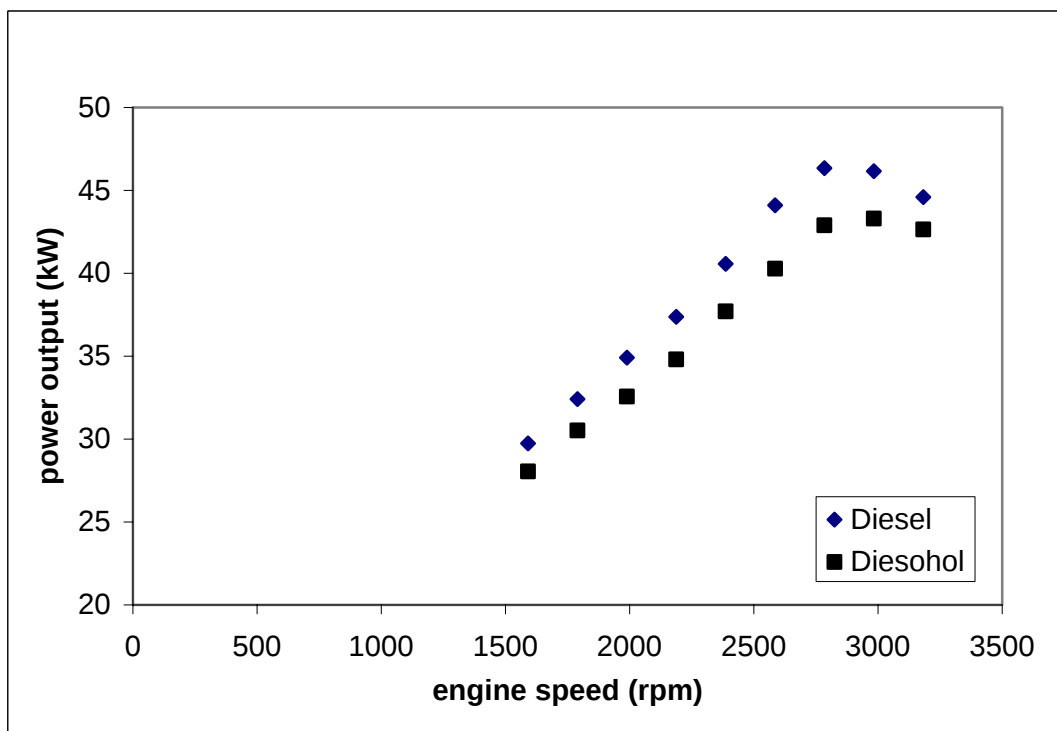


Figure 6 The power output at different engine speeds from a chassis dynamometer