พันเอก ปเสฏฐา สารลักษณ์ | กองวิชาวิศวกรรมเครื่องกล ส่วนการศึกษา โรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้า
E-mail: pasettha@googlemail.com

# การทดสอบการใช้น้ำมันไบโอดีเซล ที่ผลิตจากน้ำมันพืชใช้แล้ว

# Testing of Biodiesel Produced From Waste Vegetable Oil

## บทคัดย่อ

น้ำมันปิโตรเลียมเป็นพลังงานสำคัญที่ใช้ในการพัฒนาประเทศและมีอัตราการใช้ที่เพิ่มสูงขึ้นทุกปี อีกทั้งราคาของน้ำมันปิโตรเลียมยังมีแนวโน้มที่จะเพิ่มสูงขึ้นเช่นกัน การหาพลังงานทดแทนน้ำมันปิโตรเลียมจึงเป็นเรื่องที่ควรศึกษาเพิ่มเติม น้ำมันพืชใช้แล้วสามารถนำมาทดแทนน้ำมันดีเซลได้อีกทั้งมีราคาต่ำและเป็นของเสียจากอุตสาหกรรมอาหาร แต่น้ำมันพืชใช้แล้วมีข้อจำกัดด้านคุณสมบัติทางกายภาพ เช่น ความหนืด จุดวาบไฟ เพื่อเป็นการเพิ่มสมรรถนะการใช้ของน้ำมันพืชใช้แล้วในเครื่องยนต์ดีเซล งานวิจัยนี้ได้ศึกษาการนำน้ำมันพืชใช้แล้วมาผสมกับน้ำมันก๊าดในอัตราส่วน 5%, 10% โดยปริมาตร และน้ำมันพืชใช้แล้วผสมกับเอทานอลที่ 5%, 10% โดยปริมาตร จากนั้นศึกษาค่าสมบัติของน้ำมันผสมเปรียบเทียบกับน้ำมันดีเซลรวมถึงการทดสอบกับเครื่องยนต์ดีเซลเพื่อศึกษาสมรรถนะการเผาไหม้และปริมาณการปล่อยมลพิษ จากผลการทดลองค่าสมบัติของน้ำมันเชื้อเพลิงในงานวิจัยพบว่ามีค่าด้อยกว่าน้ำมันดีเซล แต่เมื่อเปรียบเทียบกับน้ำมันพืชใช้แล้วก่อนผสมน้ำมันก๊าดและเอทานอลพบว่าน้ำมันพืชใช้แล้วผสมน้ำมันก๊าดและน้ำมันพืชใช้แล้วผสมเอทานอลมีค่าสมบัติที่ดีกว่า และเมื่อทำการทดสอบสมรรถนะการเผาไหม้กับเครื่องยนต์ดีเซลแรงบิดที่เครื่องยนต์ผลิตได้ต่ำกว่าการใช้น้ำมันดีเซลประมาณ 1-4 % การศึกษาอัตราการใช้เชื้อเพลิงของน้ำมันพืชใช้แล้วผสมน้ำมันก๊าดและน้ำมันพืชใช้แล้วผสมเอทานอลพบว่าจะใช้ปริมาณน้ำมันมากกว่าน้ำมันดีเซลประมาณ 11-19% เมื่อตรวจวัดปริมาณการปล่อยมลพิษของน้ำมันพืชใช้แล้วผสมน้ำมันก๊าดและน้ำมันพืชใช้แล้วผสมเอธานอลได้ผลดังนี้ ปริมาณก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ ($NO_X$) จะสูงกว่าน้ำมันดีเซลประมาณ 1-8 % และคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ที่ปล่อยออกจะสูงกว่าน้ำมันดีเซลประมาณ 2-3 เท่า

**คำสำคัญ:** น้ำมันพืชใช้แล้ว / น้ำมันก๊าด / เอธานอล / สมรรถนะการเผาไหม้เครื่องยนต์ / มลพิษ

## Abstract

Petroleum is an important source of energy for the country development. However, its demand and pricing trend are continuously increased. To look for other oil substitutes require additional research work. The vegetable oil can be used as alternative fuel for diesel substitution. For the spent vegetable oil, it has low cost and is considered as an industrial waste from the food industries. However, the waste vegetable oil has limited characteristics such as its high viscosity and high flash point. To increase the waste vegetable oil performance in the diesel engine, 5% and 10% by volume of kerosene and 5% and 10% by volume of ethanol were added to the waste vegetable oil. The blended waste vegetable oil with kerosene and blended waste vegetable oil with ethanol were then tested for their physical and chemical properties using the American standard method of testing material. The testing results were then compared with diesel. The results show that the physical and chemical properties of the blended waste vegetable oil are lower than diesel in terms of their combustibility but are higher than the waste vegetable oil alone. To study the combustion performance of the blended waste vegetable oil, the engine test runs were carried out. The power outputs run by the blended vegetable oil as a function of engine speeds of engine speeds and fuel consumptions were measured along with gaseous emissions of CO and $NO_X$. The results of the combustion performance using the blended waste vegetable oil were compared with the diesel fuel. It was found that the torque output of the engine using the blended waste vegetable oil was 1-4% lower than the diesel fuel. The fuel consumption rate of blended waste vegetable oil was 11-19% higher than the diesel. The exhaust pollutants were measured to be 2-3 times higher in CO and 1-8% higher in $NO_X$.

**Keywords:** Waste vegetable oil / Kerosene / Ethanol / Combustion performance / Emission

## 1. บทนำ

### 1.1 คำนำ

ไบโอดีเซลเป็นน้ำมันชีวภาพที่ได้จากน้ำมันพืชและไขมันสัตว์ ในอดีตได้มีการวิจัยเกี่ยวกับการนำเอาไบโอดีเซลมาใช้ประโยชน์อยู่บ้างแต่ไม่ได้รับการตอบรับมากนักเนื่องจากน้ำมันที่ได้จากปิโตรเลียมมีราคาถูกและผลิตได้ตามความต้องการประกอบกับไบโอดีเซลที่ผลิตได้จากพืชมีราคาสูงกว่าน้ำมันที่ได้จากปิโตรเลียมมาก ทำให้ไบโอดีเซลไม่ได้รับความนิยมรวมทั้งการศึกษาวิจัยยังไม่ครอบคลุมถึงการใช้ประโยชน์ประเภทต่างๆ แต่ปัจจุบันไบโอดีเซลเริ่มมีการศึกษาและวิจัยมากขึ้นเพื่อนำมาใช้ทดแทนน้ำมันดีเซล น้ำมันดีเซลที่ใช้เป็นเชื้อเพลิงในปัจจุบันมีค่าของการปล่อยมลพิษสูง การนำไบโอดีเซลมาใช้เป็นเชื้อเพลิงจะช่วยลดมลพิษอีกทั้งเป็นการลดการใช้น้ำมันดีเซลลง แต่การใช้น้ำมันพืชแทนน้ำมันดีเซลยังมีข้อจำกัดเนื่องจากคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของน้ำมันพืชแตกต่างจากน้ำมันดีเซล ซึ่งข้อจำกัดของน้ำมันพืชประกอบด้วย[1-2]

- ค่าความหนืดของน้ำมันพืชสูงกว่าน้ำมันดีเซลมาก เนื่องจากมีขนาดโมเลกุลที่ใหญ่ทำให้มีผลต่อการฉีดน้ำมัน
- มีความเสถียรต่ำทำให้เกิดการแข็งตัวที่อุณหภูมิต่ำได้ มีผลต่อการอุดตันที่หัวฉีดและท่อทางเดินต่างๆ
- จุดเดือดและจุดวาบไฟของน้ำมันพืชมีค่าสูง ส่งผลต่อการจุดระเบิดของเครื่องยนต์
- ความหนาแน่นและความถ่วงจำเพาะของน้ำมันพืชมีค่าสูงกว่าน้ำมันดีเซล ทำให้มีผลต่อการเกิดควัน
- องค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันพืช น้ำมันพืชมีออกซิเจนเป็นองค์ประกอบทำให้มีค่าความร้อนที่ต่ำกว่าน้ำมันดีเซล
- ราคาของน้ำมันพืชมีราคาสูงกว่าน้ำมันดีเซล

### 1.2 เหตุผลในการวิจัย

การศึกษาเพื่อหาแนวทางในการนำน้ำมันพืชใช้แล้วมาเป็นเชื้อเพลิงสืบเนื่องมาจากในปัจจุบันได้มีการขยายตัวของอุตสาหกรรมที่ใช้น้ำมันพืชมากขึ้นเช่น อุตสาหกรรมการผลิตบะหมี่กึ่งสำเร็จรูป ธุรกิจอาหารหรือขนมที่ใช้การทอดด้วยน้ำมันพืช น้ำมันพืชที่เหลือจากการทำกิจกรรมต่างๆ จึงเป็นของเสียอีกประเภทที่ต้องกำจัดหรือหาวิธีนำไปใช้ประโยชน์ต่อไป น้ำมันพืชใช้แล้วมีค่าความร้อนใกล้เคียงกับน้ำมันดีเซลจึงเป็นสิ่งที่น่าสนใจในการนำมาเป็นเชื้อเพลิงทดแทน แต่น้ำมันพืชมีค่าการติดไฟที่อุณหภูมิสูงจึงต้องทำการปรับปรุงคุณภาพของน้ำมันพืชใช้แล้วให้ติดไฟง่ายขึ้นโดยเติมเชื้อเพลิงที่มีค่าการติดไฟต่ำเพื่อให้ง่ายต่อการเผาไหม้และทำการศึกษามลพิษจากการเผาไหม้เชื้อเพลิง

### 1.3 งานวิจัยที่ผ่านมา

สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.)[3] ได้ทำการทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์และอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงเมื่อใช้น้ำมันเชื้อเพลิงทั้ง 5 ชนิดได้แก่ 1) น้ำมันดีเซลในอัตรา 2.09 ลิตร/ชม. 2) น้ำมันถั่วลิสงในอัตรา 1.93 ลิตร/ชม. 3) น้ำมันถั่วลิสงชนิดดิบ 40% ในน้ำมันดีเซลในอัตรา 1.77 ลิตร/ชม. 4) น้ำมันถั่วลิสงชนิดดิบ 50% ในน้ำมันก๊าดในอัตรา 1.91 ลิตร/ชม. 5) เอสเทอร์ของน้ำมันปาล์มหรือ FAME ของน้ำมันปาล์มในอัตรา 1.97 ลิตร/ชม.

สกุล อำนวยพงศา[3] ได้ศึกษาและทดสอบการใช้น้ำมันมะพร้าวเปรียบเทียบกับน้ำมันดีเซลในเครื่องยนต์ดีเซลและน้ำมันก๊าดในอัตราส่วนต่างๆ กันคือ 1) น้ำมันมะพร้าว 100% 2) น้ำมันมะพร้าวผสมน้ำมันดีเซลในอัตราส่วน 98 : 2 น้ำมันมะพร้าวผสมน้ำมันก๊าดในอัตราส่วน 10 : 1, 20 : 1, 30 : 1, 40 : 1 3) น้ำมันปาล์มผสมน้ำมันดีเซลผสมน้ำมันก๊าดในอัตราส่วน

60 : 40 : 7 จากการทดสอบพบว่าน้ำมันมะพร้าวผสมน้ำมันก๊าดในอัตราส่วน 20:1 เป็นส่วนผสมที่เหมาะสมที่สุด

พิสมัย เจนวนิชบัญจกุล[4] ได้ทำการทดลองเครื่องยนต์ดีเซล 4 จังหวะ สูบเดียว 10 แรงม้า โดยใช้น้ำมันมะพร้าวผสมน้ำมันก๊าดอัตราส่วน 20 : 1 เปรียบเทียบกับน้ำมันดีเซล พบว่าเมื่อทำการทดลองที่เครื่องยนต์ไม่มีภาระเป็นระยะเวลานาน 350 ชั่วโมง มีการสึกหรอของเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันมะพร้าวผสมกับน้ำมันก๊าดใกล้เคียงกับการใช้น้ำมันดีเซล

### 1.4 วัตถุประสงค์

1.4.1 ศึกษาสมบัติและลักษณะของน้ำมันพืชใช้แล้ว

1.4.2 ศึกษาสมบัติและลักษณะของน้ำมันพืชใช้แล้วผสมเอทานอลและน้ำมันก๊าดเปรียบเทียบน้ำมันดีเซล

1.4.3 ศึกษาสมรรถนะการเผาไหม้และการปล่อยมลพิษของน้ำมันพืชใช้แล้วผสมเอทานอลและน้ำมันพืชใช้แล้วผสมน้ำมันก๊าดเปรียบเทียบกับน้ำมันดีเซล

### 1.5 ขอบเขตของงานวิจัย

1.5.1 ทำการศึกษาสมบัติและลักษณะของน้ำมันพืชใช้แล้ว

1.5.2 ตรวจสอบสมบัติและลักษณะของน้ำมันพืชใช้แล้วเทียบกับค่ามาตรฐานของน้ำมันดีเซล

1.5.3 ศึกษาสมบัติและลักษณะของน้ำมันพืชใช้แล้วผสมเอทานอลและน้ำมันก๊าด

1.5.4 ตรวจสอบสมบัติและลักษณะของน้ำมันพืชใช้แล้วผสมเอทานอลและน้ำมันพืชใช้แล้วผสมน้ำมันก๊าดเทียบกับค่ามาตรฐานของน้ำมันดีเซล

1.5.5 นำน้ำมันพืชใช้แล้วผสมเอทานอลและน้ำมันก๊าดไปทดสอบเปรียบเทียบกับน้ำมันดีเซลโดยใช้เครื่องยนต์ดีเซล

1.5.6 ทดสอบสมรรถนะการเผาไหม้โดยหาแรงบิดสูงสุดและอัตราการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงของการใช้น้ำมันแต่ละชนิด

1.5.7 วัดปริมาณมลพิษจากไอเสียที่ปล่อยจากเครื่องยนต์ มลพิษที่ตรวจวัดได้แก่ คาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) และไนโตรเจนออกไซด์ ($NO_X$)

### 1.6 ประโยชน์ที่จะได้รับ

1.6.1 เป็นแนวทางในการนำน้ำมันพืชใช้แล้วมาทดแทนน้ำมันเชื้อเพลิง เพื่อลดปริมาณการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงในปัจจุบัน

1.6.2 ทราบถึงอัตราส่วนผสมที่เหมาะสมของน้ำมันพืชใช้แล้วผสมกับเอทานอลและน้ำมันพืชใช้แล้วผสมน้ำมันก๊าดเพื่อนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิง

1.6.3 ทราบปริมาณการปล่อยมลพิษจากการเผาไหม้ของน้ำมันพืชใช้แล้วผสมเอทานอลและน้ำมันพืชใช้แล้วผสมน้ำมันก๊าด

1.6.4 เป็นแนวทางในการพัฒนาให้น้ำมันพืชใช้แล้วมีประสิทธิภาพสูงขึ้น

## 2. ทฤษฎี

### 2.1 ส่วนประกอบของไขมันจากพืช

โดยทั่วไปแล้วน้ำมันพืชและสัตว์เป็นสารประกอบไตรกลีเซอไรด์ (Triglyceride) มีโครงสร้างเป็น $C_3H_5$ เชื่อมต่อกับกรดไขมันที่มีจำนวนคาร์บอนตั้งแต่ 10 ถึง 30 คาร์บอนอะตอมน้ำมันพืชและสัตว์มีกรดไขมันชนิดต่างๆ กันเป็นองค์ประกอบ โดยมีปริมาณของกรดไขมันอยู่ในโครงสร้างถึงร้อยละ 94-96% ของน้ำหนักโมเลกุลของไตรกลีเซอไรด์ ทำให้คุณสมบัติทั้งทางเคมีและกายภาพของน้ำมันแต่ละชนิดแตกต่างกันไปตามคุณสมบัติของกรดไขมันนั้นๆ ที่เป็นองค์ประกอบอยู่ น้ำมันพืชส่วนใหญ่มีคาร์บอนเป็น

องค์ประกอบในกรดไขมันระหว่าง 12-18 คาร์บอนอะตอม มีปริมาณกรดไขมันอิ่มตัวแตกต่างกัน น้ำมันพืชที่มีกรดไขมันอิ่มตัวปริมาณสูงจะมีค่าไอโอดีนต่ำและเมื่อมีปริมาณกรดไขมันลดลงหรือมีกรดไขมันไม่อิ่มตัวสูงขึ้นค่าไอโอดีนจะสูงขึ้นตามลำดับ[5]

น้ำมันพืชเป็นสารที่ไม่อยู่ตัวถูกออกซิไดส์และเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอไรซ์ได้ที่อุณหภูมิสูง เมื่อเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอไรซ์แล้วน้ำมันจะเกิดสารเหนียวขึ้น โดยทั่วไปค่าไอโอดีนของน้ำมันพืชจะเป็นดัชนีชี้บอกถึงการเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอไรซ์ได้มากหรือน้อย ฉะนั้นการเลือกใช้น้ำมันที่มีค่าไอโอดีนต่ำเป็นเชื้อเพลิงจะเป็นการป้องกันการเกิดสารเหนียวที่เกิดจากปฏิกิริยาพอลิเมอไรซ์ในเครื่องยนต์ขั้นต้นซึ่งการแบ่งค่าน้ำมันพืชตามค่าไอโอดีนแบ่งเป็น 3 พวกใหญ่ๆ ดังนี้[6]

- น้ำมันพืชที่มีค่าไอโอดีนระหว่าง 160-230 เป็นน้ำมันที่เกิดปฏิกิริยาพอลิเมอไรซ์ได้มากหรือเรียกว่าเป็นน้ำมันซักแห้ง (Drying Oils)
- น้ำมันพืชที่มีค่าไอโอดีนต่ำกว่า 120-150 เป็นน้ำมันกึ่งซักแห้ง (Semi-Drying Oils)
- น้ำมันพืชที่มีค่าไอโอดีนต่ำกว่า 120 เป็นน้ำมันไม่ซักแห้ง (Non-Drying Oils)

### 2.2 ไบโอดีเซล

ไบโอดีเซลคือน้ำมันที่ได้จากพืช ไขมันสัตว์ หรือน้ำมันที่ใช้แล้วมาใช้เป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ดีเซล ซึ่งอาจแบ่งไบโอดีเซลตามประเภทของน้ำมันที่นำมาใช้ได้ออกเป็น 3 ประเภท[7]

#### 2.2.1 น้ำมันพืชหรือน้ำมันสัตว์

ไบโอดีเซลประเภทนี้เป็นการนำเอาน้ำมันพืชหรือไขมันสัตว์เพียงชนิดเดียว เช่น น้ำมันมะพร้าว น้ำมันปาล์ม น้ำมันถั่วลิสงหรือน้ำมันจากไขมันสัตว์ ซึ่งสามารถนำมาใช้กับเครื่องยนต์ดีเซลโดยตรงไม่ต้องผสมหรือเติมสารเคมีอื่น

#### 2.2.2 ไบโอดีเซลแบบผสม

ไบโอดีเซลชนิดนี้เป็นการนำเอาน้ำมันพืชมาผสมกับน้ำมันชนิดอื่น เช่น น้ำมันพืชผสมกับน้ำมันก๊าดหรือน้ำมันพืชผสมกับน้ำมันดีเซลจะได้ไบโอดีเซลแบบผสมซึ่งมีคุณสมบัติใกล้เคียงกับน้ำมันดีเซล

#### 2.2.3 ไบโอดีเซลแบบเอสเทอร์

ไบโอดีเซลแบบเอสเทอร์คือการนำน้ำมันพืชหรือสัตว์ไปผ่านกระบวนการทางเคมีที่เรียกว่า ทรานเอสเทอริฟิเคชั่น (Transesterification) การนำเอาน้ำมันพืชหรือสัตว์ที่มีกรดไขมันไปทำปฏิกิริยากับแอลกอฮอล์โดยใช้กรดหรือด่างเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาทำให้ได้เอสเทอร์ โดยจะเรียกชนิดของไบโอดีเซลแบบเอสเทอร์ตามชนิดของแอลกอฮอล์ที่ใช้ในการทำปฏิกิริยา เช่น ถ้าเป็นเมทิลแอลกอฮอล์ก็จะเรียกเมทิลเอสเทอร์ แต่ถ้าเป็นเอทิลแอลกอฮอล์ก็จะเรียกเอทิลเอสเทอร์ จากปฏิกิริยาดังกล่าวนอกจากจะได้เอสเทอร์แล้วยังได้กลีเซอรอลออกมาด้วย กลีเซอรอลเป็นผลพลอยได้ในกระบวนการใช้ทำสบู่และอุตสาหกรรมต่อเนื่องประเภทเครื่องสำอาง

ไบโอดีเซลมีคุณสมบัติทางกายภาพคล้ายกับน้ำมันดีเซลปกติมากแต่ให้การเผาไหม้ที่สะอาดกว่า ก๊าซไอเสียมีคุณภาพดีกว่าทั้งนี้เพราะออกซิเจนในไบโอดีเซลให้การสันดาปที่สมบูรณ์กว่าน้ำมันดีเซลปกติทำให้มีคาร์บอนมอนอกไซด์น้อย และเนื่องจากไม่มีกำมะถันในไบโอดีเซลจึงไม่มีปัญหาสารซัลเฟต นอกจากนี้ยังมีเขม่าคาร์บอนน้อยจึงไม่ทำให้เกิดการอุดตันของระบบไอเสียได้ง่าย ช่วยยืดอายุการทำงานของเครื่องยนต์

### 2.3 เอทานอล

เอทานอลเป็นแอลกอฮอล์ชนิดหนึ่งมีชื่อทางเคมีคือ $C_2H_5OH$ สามารถผลิตได้จากวัตถุดิบหลายชนิดประเภทที่ง่ายที่สุดก็คือ น้ำตาลหรือ

กากน้ำตาลจากอ้อยหรือพืชที่ให้ความหวาน ซึ่งสามารถนำเข้าสู่กระบวนการหมักได้โดยตรง ในส่วนพืชประเภทแป้ง เช่น ข้าว ข้าวโพด มันสำปะหลัง มันฝรั่ง จะต้องนำมาบดแล้วหมักให้แป้งกลายเป็นน้ำตาลก่อน นอกเหนือจากนี้เรายังสามารถนำเอาเศษขี้เลื่อย เศษไม้ ฟางข้าว ผักตบชวา หญ้าแฝกหรือเส้นใยจากพืชมาผ่านกระบวนการย่อยสลายด้วยกรดหรือแบคทีเรียให้กลายเป็นน้ำตาลเพื่อหมักเป็นเอทานอลได้เช่นกัน แต่ทุกกระบวนการผลิตจะต้องลงท้ายด้วยการหมักด้วยส่าหรือยีสต์เสมอ จากนั้นก็จะนำไปกลั่นเพื่อแยกเอาเอทานอลออกมาจากส่วนผสมและนำไปผ่านกระบวนการแยกน้ำให้กลายเป็นเอทานอล 99.5% เพื่อนำมาใช้งานในรูปแบบน้ำมันเชื้อเพลิงต่อไป ปัจจุบันนี้ถ้าต้องการเอทานอล 1 ลิตรจะต้องใช้วัตถุดิบ เช่น ข้าวโพด 2.5 กก. หรือใช้ต้นอ้อยประมาณ 11 กก. ข้าวประมาณ 2.5 กก. หัวมันสดประมาณ 5-6 กก. เอทานอลที่ผลิตได้นี้นอกเหนือจากการใช้ในรูปน้ำมันเชื้อเพลิงแล้วยังสามารถนำไปใช้ในยาเวชภัณฑ์ เครื่องสำอางหรืออุตสาหกรรม[8]

**2.4 น้ำมันก๊าด**

น้ำมันก๊าดได้จากการนำน้ำมันดิบมากลั่นแยกส่วนในหอกลั่นบรรยากาศ (Crude Distillation Unit) โดยอาศัยความแตกต่างของจุดเดือด ซึ่งน้ำมันก๊าดจะอยู่ในช่วงอุณหภูมิระหว่าง 177-232°C คุณสมบัติที่สำคัญของน้ำมันก๊าดได้แก่[9]

- จุดควันหรือจุดให้ควัน (Smoke Point) คือความสูงของเปลวไฟในตะเกียงมาตรฐานก่อนเริ่มเกิดควัน จุดให้ควันสูงหมายความว่าน้ำมันก๊าดให้แสงสว่างได้ดีโดยไม่มีควัน

- จุดวาบไฟ กำหนดขึ้นเพื่อใช้ในการเก็บรักษาและความปลอดภัยแก่ผู้ใช้

- ปริมาณกำมะถันต่ำ เพื่อป้องกันไม่ให้ปล่องตะเกียงเกิดเป็นฝ้าและมิให้เป็นอันตรายแก่ผู้ใช้เมื่อเกิดออกไซด์ของกำมะถันหลังการเผาไหม้

- ช่วงจุดเดือดที่เหมาะสม เพื่อให้น้ำมันระเหยตัวไปตามไส้ตะเกียงและจุดติดไฟได้ง่าย ไม่มีส่วนหนัก (จุดเดือดสูง) มากเกินไปเพราะจะทำให้ไส้ตะเกียงแข็งและเกิดปัญหาเขม่า

- สีของน้ำมันก๊าดจะมีสีน้ำเงินเพื่อป้องกันไม่ให้ไปปลอมปนกับน้ำมันชนิดอื่น

**2.5 น้ำมันดีเซล**

น้ำมันดีเซลได้จากการนำน้ำมันดิบมากลั่นแยกส่วนในหอกลั่นบรรยากาศหรือส่วนกลั่นตรง (Crude Distillation Unit) โดยอาศัยความแตกต่างของจุดเดือดซึ่งน้ำมันดีเซลจะอยู่ในช่วงอุณหภูมิระหว่าง 150-360°C คุณสมบัติที่สำคัญของน้ำมันดีเซลที่มีผลต่อการใช้งานและเครื่องยนต์ได้แก่[10]

- ความถ่วงจำเพาะ มีความสัมพันธ์กับค่าความร้อน

- ค่าซีเทน เป็นค่าคงที่บอกถึงความสามารถในการจุดระเบิดและการลุกติดไฟได้เร็ว มีผลต่อการสตาร์ท การเผาไหม้ และปริมาณมลพิษในไอเสีย

- ความหนืด มีผลต่อการหล่อลื่นปั๊มหัวฉีดและการพ่นเป็นละอองฝอยของน้ำมัน

- ปริมาณกำมะถัน มีผลต่อการสึกหรอการกัดกร่อน การเกิดสิ่งสกปรกที่เครื่องยนต์และปริมาณฝุ่นละออง (Particulate) ในไอเสีย

- การกัดกร่อน เป็นสิ่งบ่งชี้ถึงการกัดกร่อนชิ้นส่วนโลหะ

- ปริมาณกากถ่าน มีผลต่อการเกิดสิ่งสกปรกที่เครื่องยนต์

- ปริมาณเถ้า เป็นสิ่งบ่งชี้ถึงปริมาณสารอนินทรีย์ที่คงเหลืออยู่ภายหลังจากการเผาไหม้ มีผลต่อการเกิดสิ่งสกปรกที่เครื่องยนต์

- จุดวาบไฟ มีความสัมพันธ์เกี่ยวข้องกับการระเหยและการติดไฟ เพื่อความปลอดภัยในการขนส่งและการเก็บสำรอง

- ค่าความร้อน มีผลต่อกำลังเครื่องยนต์และการประหยัดน้ำมันเชื้อเพลิง

**2.6 คุณสมบัติของน้ำมัน**

การทดสอบคุณสมบัติของน้ำมันจะใช้มาตรฐานของน้ำมันดีเซลเป็นตัวเปรียบเทียบโดยคุณสมบัติของน้ำมันที่ใช้ในการทดสอบจะบ่งบอกถึงความยากง่ายในการติดไฟ อัตราการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงและความเหมาะสมกับการนำมาใช้กับเครื่องยนต์ดีเซล คุณสมบัติทางกายภาพของน้ำมันพืชได้แก่ ความหนาแน่น (Density) ความถ่วงจำเพาะ (Specific Gravity) ค่าความร้อนจำเพาะ (Specific Heat) ความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอ (Latent Heat) จุดเดือด (Boiling Point) จุดวาบไฟ (Flash Point) จุดติดไฟ (Fire Point) ค่าซีเทน (Cetane) ความหนืด (Viscosity) และ อะโรมาติก (Aromatic)[11]

## 3. การดำเนินการทดสอบ

**3.1 การทดสอบหาค่าสมบัติของน้ำมันที่ใช้ในงานวิจัย**[12]

การทดสอบหาค่าสมบัติของน้ำมันพืชใช้แล้วเริ่มจากการกรองน้ำมันพืชใช้แล้วเพื่อนำสิ่งสกปรกและสิ่งแปลกปลอมออก จากนั้นนำน้ำมันพืชใช้แล้วที่ผ่านการกรองมาผสมกับเอทานอล 5%, 10% โดยปริมาตร น้ำมันพืชใช้แล้วที่ใช้ในงานวิจัยนี้ไม่สามารถผสมกับเอทานอลเป็นเนื้อเดียวกันได้จึงต้องใช้ Emulsifier เพื่อช่วยทำให้น้ำมันพืชใช้แล้วผสมกับเอทานอลได้ ในส่วนของน้ำมันพืชใช้แล้วผสมน้ำมันก๊าด 5%, 10% โดยปริมาตร สามารถนำน้ำมันพืชใช้แล้วผสมกับน้ำมันก๊าดได้โดยตรงและไม่เกิดการแยกชั้นของน้ำมันผสม

**3.1.1 การหาค่าความหนาแน่น (Density) และค่าความถ่วงจำเพาะ (Specific Gravity)**

ใช้วิธีการทดลองตามมาตรฐาน ASTM D1298 โดยใช้กระบอกตวงปริมาตร 500 มิลลิลิตร ไฮโดรมิเตอร์ และเทอร์โมมิเตอร์

**3.1.2 การหาค่าจุดวาบไฟ (Flash Point)**

ใช้วิธีการทดลองตามมาตรฐาน ASTM D93 โดยใช้เครื่องทดสอบจุดวาบไฟแบบอัตโนมัติ (Automatic Flash Point Tester)

**3.1.3 การหาค่าคุณสมบัติการระเหยหรือจุดการกลั่น (Distillation)**

ใช้วิธีการทดลองตามมาตรฐาน ASTM D86 โดยใช้ชุดอุปกรณ์การกลั่น เทอร์โมมิเตอร์ที่มีสเกลในช่วง -6–400°C และกระบอกตวง

**3.1.4 การหาค่าซีเทน (Cetane Number)**

ใช้วิธีการคำนวณตามมาตรฐาน ASTM D976 โดยใช้เครื่องคำนวณค่าซีเทน

**3.1.5 การหาค่าความร้อน (Heating Value)**

ใช้วิธีการทดลองตามมาตรฐาน ASTM D240 โดยใช้เครื่องบอมบ์แคลอริมิเตอร์แบบอัตโนมัติ (Automatic Bomb Calorimeter) และเครื่องชั่งน้ำหนัก

**3.1.6 การหาค่าความหนืด (Viscosity)**

ใช้วิธีการทดลองตามมาตรฐาน ASTM D445 โดยใช้เครื่องทดสอบค่าความหนืดแบบอัตโนมัติ (Automatic Viscometer)

**3.1.7 การหาค่าจุดไหลเท (Pour Point)**

ใช้วิธีการทดลองตามมาตรฐาน ASTM D97 โดยใช้เครื่องทดสอบค่าจุดไหลเทแบบอัตโนมัติ (Automatic Pour Point Tester)

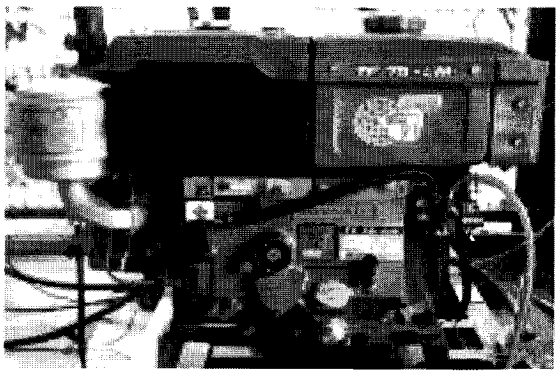
### 3.2 การทดสอบหาสมรรถนะการเผาไหม้และการปล่อยมลพิษ[13]

วิธีการทดสอบหาสมรรถนะการเผาไหม้และการปล่อยมลพิษ ทำการทดสอบเปรียบเทียบระหว่างน้ำมันดีเซล น้ำมันพืชใช้แล้วผสมเอทานอล 5%, 10% น้ำมันพืชใช้แล้วผสมน้ำมันก๊าด 5%, 10% โดยใช้น้ำมันทั้ง 5 ชนิดเป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ดีเซล เพื่อบันทึกการใช้เชื้อเพลิงต่อเวลาและแรงบิดของเครื่องยนต์

#### 3.2.1 เครื่องยนต์ที่ใช้ในการทดสอบ

เครื่องยนต์ที่ใช้ในการทดสอบเป็นเครื่องยนต์ดีเซลยี่ห้อยันม่าร์ รุ่น TF75LM ดังแสดงในรูปที่ 1 มีรายละเอียดของเครื่องยนต์ดังนี้

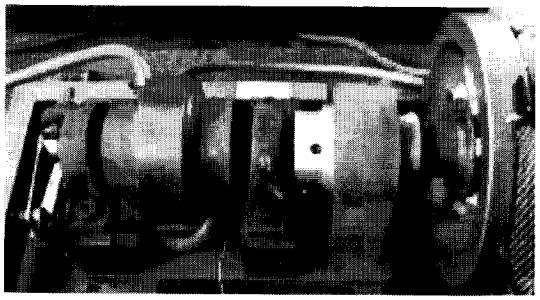
- 4 จังหวะ 1 สูบนอน
- มีห้องเผาไหม้ช่วย Indirect Injection (ID)
- ระบายความร้อนด้วยน้ำ
- ขนาดกระบอกสูบ x ระยะชัก เท่ากับ 80 mm x 87 mm
- ความจุกระบอกสูบ 437 cc
- แรงม้าสูงสุด 7.5 hp@2200 rpm (5.52 kW@2200 rpm)
- แรงบิดสูงสุด 2.7 kgm@1600 rpm (26.48 Nm@1600 rpm)



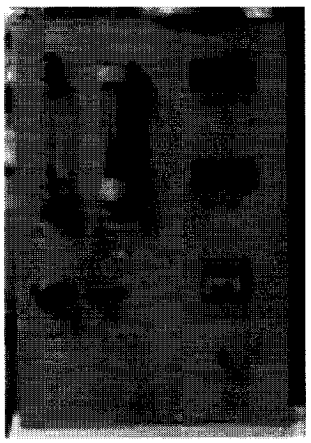
**รูปที่ 1** เครื่องยนต์ดีเซลที่ใช้ในการทดสอบ

#### 3.2.2 ชุดไดนาโมมิเตอร์และเครื่องมือวิเคราะห์แก๊สไอเสีย

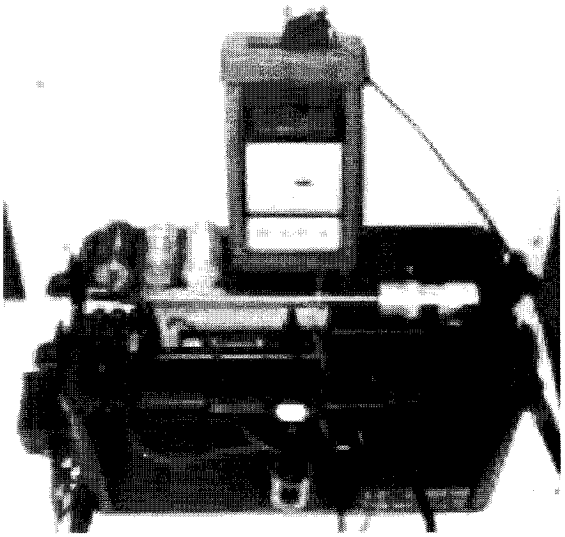
ชุดไดนาโมมิเตอร์เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบสมรรถนะเครื่องยนต์ดังแสดงในรูปที่ 2 ไดนาโมมิเตอร์ชนิดนี้เป็นแบบไดนาโมมิเตอร์ของเหลวใช้โรเตอร์เดี่ยวทำงานแบบ Single Acting ขนาด 30 kW@7500 rpm การเพิ่มและลดภาระงานของไดนาโมมิเตอร์ทำงานโดยใช้ของเหลวไหลเข้า-ออกภายในไดนาโมมิเตอร์ควบคุมการไหลโดยใช้วาล์วซึ่งติดตั้งอยู่บนแผงควบคุม โดยบนแผงควบคุมดังแสดงในรูปที่ 3 จะมีจอแสดงผลของอุณหภูมิ จอแสดงผลแรงบิด จอแสดงผลความเร็วรอบ อุปกรณ์วัดปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิง จอแสดงผลอุณหภูมิน้ำหล่อเย็น อุปกรณ์วัดอัตราการไหลน้ำเข้าไดนาโมมิเตอร์ วาล์วควบคุมของเหลวไหลเข้า-ออกไดนาโมมิเตอร์ ในส่วนแท่นเครื่องทดสอบจะติดตั้งอุปกรณ์วัดอุณหภูมิ อุปกรณ์วัดแรงบิด อุปกรณ์วัดความเร็วรอบ และเครื่องมือวิเคราะห์แก๊สไอเสียดังแสดงในรูปที่ 4



**รูปที่ 2** ชุดไดนาโมมิเตอร์



**รูปที่ 3** แผงควบคุมชุดไดนาโมมิเตอร์



**รูปที่ 4** เครื่องมือวิเคราะห์แก๊สไอเสีย

### 3.2.3 วิธีการทดสอบ

3.2.3.1 เติมน้ำมันที่จะใช้ทดสอบในเครื่องยนต์ดีเซลและติดเครื่องยนต์ประมาณ 15 นาที เพื่อเพิ่มอุณหภูมิเครื่องยนต์ให้ได้อุณหภูมิทำงาน

3.2.3.2 ปรับความเร็วรอบเครื่องยนต์โดยกำหนดความเร็วรอบที่ 1200, 1400, 1600, 1800, 2000 และ 2200 รอบ/นาที เพิ่มภาระให้กับเครื่องยนต์ในแต่ละความเร็วรอบจนกระทั่งรอบของเครื่องยนต์ลดลง บันทึกค่าแรงบิด ค่าการใช้เชื้อเพลิงต่อเวลา และปริมาณมลพิษที่ปล่อยออกจากไอเสีย

3.2.3.3 เปลี่ยนน้ำมันเชื้อเพลิงเข้าทำการทดสอบ

## 4. ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง[14]

### 4.1 ผลการทดลองหาค่าสมบัติทางกายภาพของน้ำมันที่ใช้ในงานวิจัย

#### 4.1.1 ผลการศึกษาความสามารถในการละลายของน้ำมันผสม

สัดส่วนของน้ำมันผสมมีดังนี้

1) WVO คือ น้ำมันพืชใช้แล้ว (น้ำมันปาล์ม)

2) DIESEL คือ น้ำมันดีเซล

3) WVO+KE 5% คือ น้ำมันพืชใช้แล้วผสมน้ำมันก๊าด 5% โดยปริมาตร

4) WVO+KE 10% คือ น้ำมันพืชใช้แล้วผสมน้ำมันก๊าด 10 % โดยปริมาตร

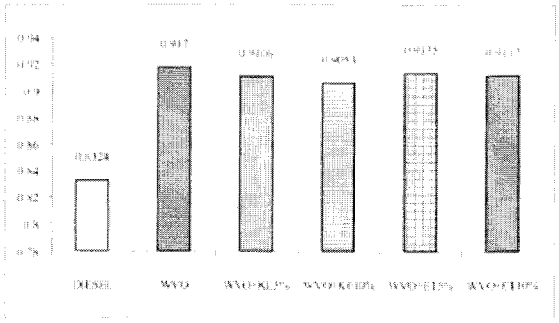
5) WVO+ET 5% คือ น้ำมันพืชใช้แล้วผสมเอทานอล 5% โดยปริมาตร

6) WVO+ET 10% คือ น้ำมันพืชใช้แล้วผสมเอทานอล 10% โดยปริมาตร

จากผลการวิเคราะห์ทางกายภาพเพื่อดูลักษณะการเปลี่ยนแปลงของน้ำมันเชื้อเพลิงในงานวิจัย พบว่าการผสมน้ำมันพืชใช้แล้วกับน้ำมันก๊าดนั้นสามารถผสมกันได้โดยตรง น้ำมันพืชใช้แล้วสามารถละลายในน้ำมันก๊าดได้เป็นเนื้อเดียวกัน แต่ในส่วนน้ำมันพืชใช้แล้วผสมเอทานอล น้ำมันพืชใช้แล้วไม่สามารถละลายใน เอทานอลได้เนื่องจากเอทานอลมีน้ำเป็นส่วนผสมอยู่ เมื่อทำการผสมและเขย่าให้เข้ากัน เอทานอลจะแยกตัวออกเป็นชั้นจากน้ำมันพืชใช้แล้ว ดังนั้นการผสม

น้ำมันพืชใช้แล้วกับเอทานอลจะต้องใช้สาร Emulsifier เพื่อจะทำให้น้ำมันพืชใช้แล้วผสมกับเอทานอลได้โดยไม่เกิดการแยกตัวออกเป็นชั้น ในงานวิจัยนี้ใช้ Emulsifier Emulant ELP ในปริมาณ 4% โดยน้ำหนัก จากการสังเกตการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพเป็นระยะเวลาประมาณ 8 เดือน น้ำมันพืชใช้แล้วจะเกิดไขมันอิ่มตัวและตกตะกอนด้านล่างเป็นจำนวนมาก การตกตะกอนของไขมันเกิดจากอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงต่ำลง อีกทั้งน้ำมันพืชใช้แล้วที่ใช้ในงานวิจัยเป็นน้ำมันปาล์มซึ่งน้ำมันปาล์มเป็นน้ำมันพืชที่มีกรดไขมันอิ่มตัวสูง เมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิจึงทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของน้ำมันพืชง่ายขึ้น แต่น้ำมันพืชใช้แล้วผสมน้ำมันก๊าด 5%, 10% และน้ำมันพืชใช้แล้วผสมเอทานอล 5%, 10% จะเกิดการตกตะกอนน้อยกว่าน้ำมันพืชใช้แล้ว และไม่เกิดการแยกตัวเป็นชั้นของน้ำมัน การตกตะกอนที่น้อยกว่านี้เกิดจากการผสมน้ำมันก๊าดและเอทานอลลงในน้ำมันพืชใช้แล้วทำให้ค่าสมบัติของน้ำมันพืชใช้แล้วเปลี่ยนแปลงดีขึ้น

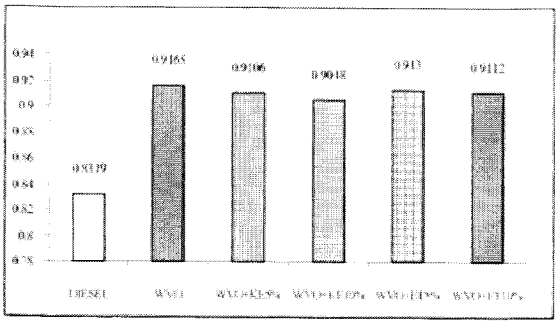
**4.1.2 ผลการศึกษาหาค่าความถ่วงจำเพาะ (Specific Gravity)**



**รูปที่ 5** ผลการศึกษาเปรียบเทียบค่าความถ่วงจำเพาะ (Specific Gravity)

รูปที่ 5 แสดงผลการทดสอบหาค่าความถ่วงจำเพาะของน้ำมันเชื้อเพลิงในงานวิจัย พบว่าค่าความถ่วงจำเพาะของน้ำมันผสมจะสูงกว่าค่าของน้ำมันดีเซล แต่น้ำมันพืชใช้แล้วผสมน้ำมันก๊าด 5%, 10% และน้ำมันพืชใช้แล้วผสมเอทานอล 5%, 10% จะมีค่าความถ่วงจำเพาะต่ำกว่าน้ำมันพืชใช้แล้วเนื่องจากน้ำมันก๊าดและเอทานอลมีค่าความถ่วงจำเพาะที่ต่ำเมื่อผสมกันแล้วจึงช่วยให้ค่าความถ่วงจำเพาะของน้ำมันผสมลดลง

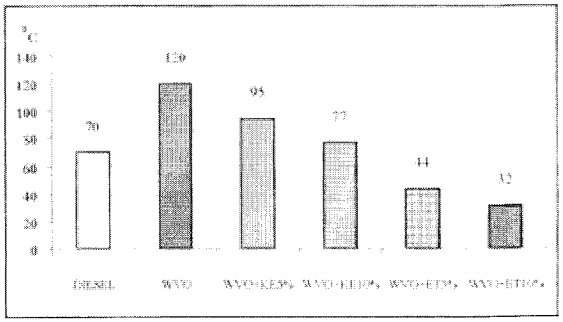
**4.1.3 ผลการศึกษาหาค่าความหนาแน่น (Density)**



**รูปที่ 6** ผลการศึกษาเปรียบเทียบค่าความหนาแน่น (Density)

รูปที่ 6 แสดงผลการทดสอบหาค่าความหนาแน่นของน้ำมันเชื้อเพลิงในงานวิจัย พบว่าค่าความหนาแน่นของน้ำมันผสมจะสูงกว่าน้ำมันดีเซล การนำน้ำมันก๊าดและเอทานอลมาผสมจะทำให้น้ำมันพืชใช้แล้วผสมน้ำมันก๊าด 5%, 10% และน้ำมันพืชใช้แล้วผสมเอทานอล 5%, 10% มีค่าความหนาแน่นต่ำกว่าน้ำมันพืชใช้แล้ว เนื่องจากน้ำมันก๊าดและเอทานอลมีค่าความหนาแน่นที่ต่ำเมื่อผสมกันแล้วจึงช่วยให้ค่าความหนาแน่นของน้ำมันผสมลดลง

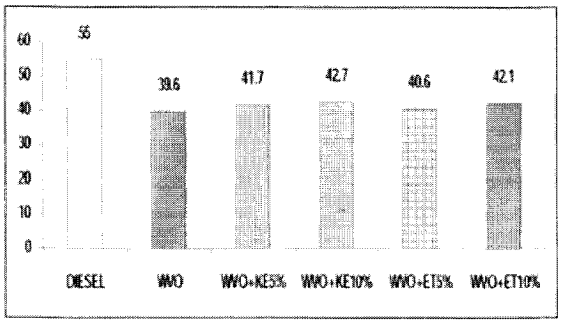
### 4.1.4 ผลการศึกษาหาค่าจุดวาบไฟ (Flash Point)



**รูปที่ 7** ผลการศึกษาเปรียบเทียบค่าจุดวาบไฟ (Flash Point)

รูปที่ 7 แสดงผลการทดสอบหาค่าจุดวาบไฟของน้ำมันเชื้อเพลิงในงานวิจัย พบว่าการนำน้ำมันก๊าดและเอทานอลผสมลงในน้ำมันพืชใช้แล้วจะลดอุณหภูมิจุดวาบไฟให้ต่ำลง แต่อุณหภูมิจะลดลงมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับเชื้อเพลิงที่ใช้ผสมและปริมาณการผสมน้ำมันก๊าดมีจุดวาบไฟสูงกว่าเอทานอล ดังนั้นการผสมเอทานอลลงในน้ำมันพืชใช้แล้วจะทำให้ค่าจุดวาบไฟของน้ำมันพืชใช้แล้วลดลงมากกว่าการผสมน้ำมันก๊าด เมื่อพิจารณาชนิดของน้ำมันผสมจากการทดสอบนี้พบว่า น้ำมันพืชใช้แล้วผสมน้ำมันก๊าด 10% น่าจะนำมาใช้ทดแทนน้ำมันดีเซลได้ดีกว่าน้ำมันผสมชนิดอื่นสำหรับกรณีการใช้จุดวาบไฟเป็นค่าเปรียบเทียบ

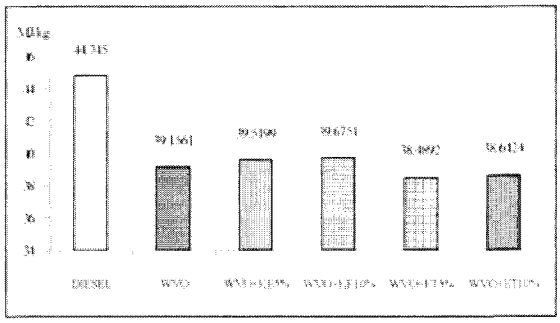
### 4.1.5 ผลการศึกษาหาค่าซีเทน (Cetane Number)




**รูปที่ 8** ผลการศึกษาเปรียบเทียบค่าซีเทน (Cetane Number)

รูปที่ 8 แสดงผลการทดสอบหาค่าซีเทนของน้ำมันเชื้อเพลิงในงานวิจัย พบว่าค่าซีเทนของน้ำมันผสมมีค่าต่ำกว่าน้ำมันดีเซล แต่ค่าซีเทน ของน้ำมันพืชใช้แล้วผสมน้ำมันก๊าด 5%, 10% และน้ำมันพืชใช้แล้วผสมเอทานอล 5%, 10% จะสูงกว่าค่าของน้ำมันพืชใช้แล้ว การผสมน้ำมันก๊าดและเอทานอลมาจะช่วยเพิ่มค่าซีเทนของน้ำมันพืชใช้แล้ว การผสมน้ำมันก๊าดลงในน้ำมันพืชใช้แล้วช่วยให้ค่าซีเทนสูงกว่าการผสมเอทานอลเนื่องจากน้ำมันพืชใช้แล้วผสมเอทานอลจะมี Emulsifier และน้ำผสมอยู่ซึ่งสาร Emulsifier และน้ำมีคุณสมบัติไม่ติดไฟทำให้น้ำมันพืชใช้แล้วผสมเอทานอลมีค่าซีเทนลดลง ค่าซีเทนของน้ำมันผสมที่ต่ำกว่าน้ำมันดีเซลอาจจะมีผลต่อการใช้งานในเครื่องยนต์ดีเซล

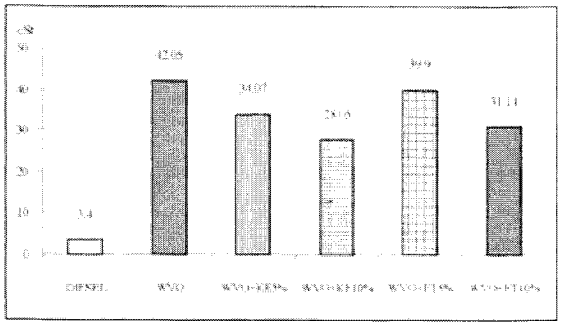
### 4.1.6 ผลการศึกษาหาค่าความร้อน (Heating Value)



**รูปที่ 9** ผลการศึกษาเปรียบเทียบค่าความร้อน (Heating Value)

รูปที่ 9 แสดงผลการทดสอบหาค่าความร้อนของน้ำมันเชื้อเพลิงในงานวิจัย พบว่าค่าความร้อนของน้ำมันพืชใช้แล้ว น้ำมันพืชใช้แล้วผสมน้ำมันก๊าด 5%, 10% และน้ำมันพืชใช้แล้วผสมเอทานอล 5%, 10% มีค่าความร้อนต่ำกว่าน้ำมันดีเซล แต่ค่าความร้อนของน้ำมันพืชใช้แล้วผสมน้ำมันก๊าด 5%, 10% จะสูงกว่าค่าของน้ำมันพืชใช้แล้ว และค่าความร้อนของน้ำมันพืชใช้แล้วผสมเอทานอล 5%, 10% จะต่ำกว่าค่าของน้ำมันพืชใช้แล้ว ค่าความร้อนของน้ำมันพืชใช้แล้วผสมน้ำมันก๊าดมีค่าสูงกว่าการผสมเอทานอลเนื่องจากน้ำมันพืชใช้แล้วผสมเอทานอลจะมี Emulsifier และน้ำผสมอยู่ ซึ่งสาร Emulsifier และน้ำจะลดค่าความร้อนลง

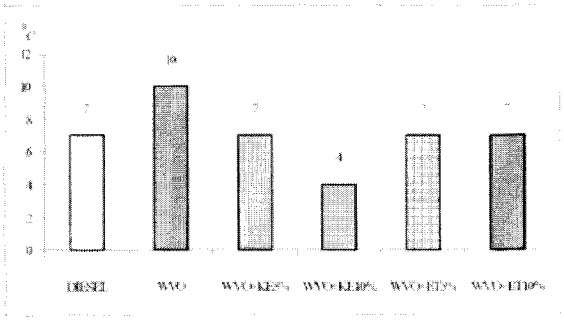
### 4.1.7 ผลการศึกษาหาค่าความหนืด (Viscosity)



**รูปที่ 10** ผลการศึกษาเปรียบเทียบค่าความหนืด (Viscosity)

รูปที่ 10 แสดงผลการทดสอบหาค่าความหนืดของน้ำมันเชื้อเพลิงในงานวิจัย พบว่าค่าความหนืดของน้ำมันพืชใช้แล้ว น้ำมันพืชใช้แล้วผสมน้ำมันก๊าด 5%, 10% และน้ำมันพืชใช้แล้วผสมเอทานอล 5%, 10% มีค่าสูงว่าค่ามาตรฐานของน้ำมันดีเซล แต่การผสมน้ำมันก๊าดและเอทานอลจะช่วยลดค่าความหนืดของน้ำมันพืชใช้แล้วเนื่องจากน้ำมันก๊าดและเอทานอลมีค่าความหนืดต่ำกว่าน้ำมันพืชใช้แล้วมาก

### 4.1.8 ผลการศึกษาหาค่าจุดไหลเท (Pour Point)



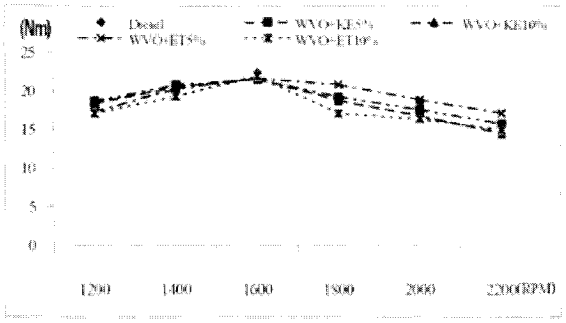

**รูปที่ 11** ผลการศึกษาเปรียบเทียบค่าจุดไหลเท (Pour Point)

รูปที่ 11 แสดงผลการทดสอบหาค่าจุดไหลเทของน้ำมันเชื้อเพลิงในงานวิจัย พบว่าค่าจุดไหลเทของน้ำมันพืชใช้แล้วผสมน้ำมันก๊าด 5%, น้ำมันพืชใช้แล้วผสมเอทานอล 5%, 10% มีค่าใกล้เคียงน้ำมันดีเซลและค่าจุดไหลเทของน้ำมันพืชใช้แล้วผสมน้ำมันก๊าด 10% มีค่าต่ำกว่าค่าของน้ำมันดีเซล

จากการทดสอบหาค่าคุณสมบัติของน้ำมันผสม น้ำมันพืชใช้แล้วผสมน้ำมันก๊าด 10% เป็นน้ำมันที่สามารถใช้แทนน้ำมันดีเซลได้ดีกว่าน้ำมันผสมชนิดอื่น เนื่องจากมีค่าคุณสมบัติต่างๆ ใกล้เคียงน้ำมันดีเซลที่สุด รองลงมาเป็นน้ำมันพืชใช้แล้วผสมน้ำมันก๊าด 5% ซึ่งมีค่าคุณสมบัติด้อยกว่าน้ำมันพืชใช้แล้วผสมน้ำมันก๊าด 10% ในส่วนน้ำมันพืชใช้แล้วผสมเอทานอล 5%, 10% ไม่ค่อยเหมาะสมในการนำมาใช้กับเครื่องยนต์ เนื่องจากมีค่าจุดวาบไฟที่ต่ำมากและมีค่าความร้อนที่ต่ำกว่าน้ำมันผสมชนิดอื่น

## 4.2 ผลการทดสอบหาสมรรถนะการเผาไหม้

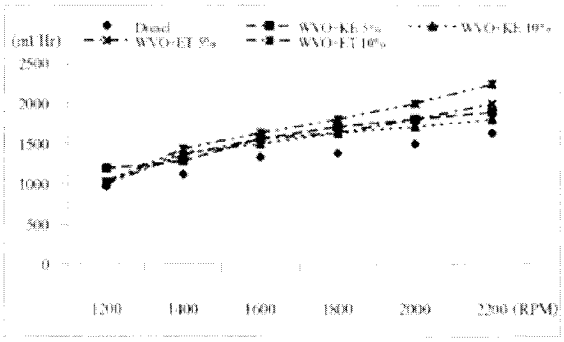
### 4.2.1 ผลการทดสอบหาค่าแรงบิดที่ได้จากน้ำมันผสมเปรียบเทียบกับน้ำมันดีเซล




**รูปที่ 12** ผลการศึกษาเปรียบเทียบค่าแรงบิดของเครื่องยนต์ที่ความเร็วรอบต่างๆ

รูปที่ 12 แสดงผลการทดสอบสมรรถนะการเผาไหม้โดยพิจารณาค่าแรงบิดที่เครื่องยนต์ผลิตได้ในช่วงความเร็วรอบที่ 1200, 1400, 1600, 1800, 2000 และ 2200 รอบ/นาที พบว่าน้ำมันเชื้อเพลิงแต่ละชนิดสามารถทำให้เครื่องยนต์ทำงานได้และผลิตแรงบิดได้ใกล้เคียงกันในช่วงความเร็วรอบต่างๆ เมื่อเปรียบเทียบกันแล้วประสิทธิภาพแรงบิดที่ได้ใกล้เคียงกัน เนื่องจากการนำน้ำมันก๊าดและเอทานอลมาผสมทำให้จุดวาบไฟ ค่าซีเทน ค่าความร้อนสูงขึ้นและลดความหนืดของน้ำมันพืชใช้แล้วลง แต่การใช้น้ำมันพืชใช้แล้วอย่างเดียวเป็นเชื้อเพลิงไม่สามารถทำให้เครื่องยนต์ทำงานได้ เนื่องจากน้ำมันพืชใช้แล้วมีค่าจุดวาบไฟ ความหนืด และจุดเดือดที่สูง ทำให้เกิดการติดไฟยากและมีปัญหาการฉีดเชื้อเพลิงของเครื่องยนต์

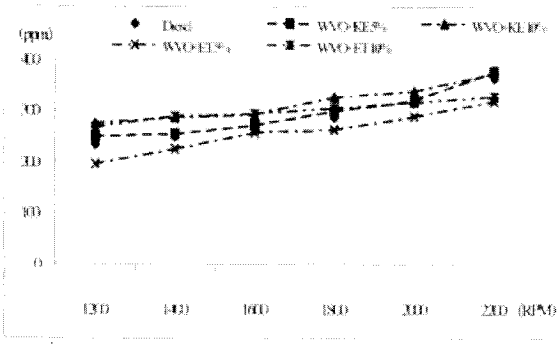
### 4.2.2 ผลการทดสอบและเปรียบเทียบอัตราการใช้เชื้อเพลิงระหว่างน้ำมันผสมกับน้ำมันดีเซล




**รูปที่ 13** ผลการศึกษาเปรียบเทียบอัตราการใช้เชื้อเพลิงของเครื่องยนต์ที่ความเร็วรอบต่างๆ

รูปที่ 13 แสดงผลการทดสอบสมรรถนะการเผาไหม้โดยพิจารณาอัตราการใช้เชื้อเพลิงต่อเวลาในช่วงความเร็วรอบที่ 1200, 1400, 1600, 1800, 2000 และ 2200 รอบ/นาที พบว่าการใช้น้ำมันพืชใช้แล้วผสมน้ำมันก๊าด 5%, 10% และน้ำมันพืชใช้แล้วผสมเอทานอล 5%, 10% ต้องใช้ปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงมากกว่าน้ำมันดีเซล เนื่องจากน้ำมันที่ผสมน้ำมันก๊าดและเอทานอลมีค่าความร้อนต่ำ มีค่าความหนืดสูง เครื่องยนต์จึงต้องใช้ปริมาณน้ำมันที่มากขึ้นเพื่อจะผลิตกำลังเครื่องยนต์

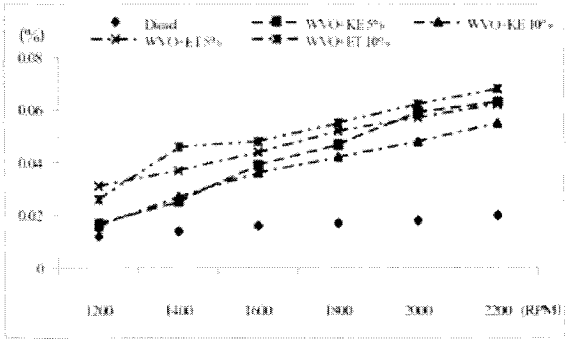
### 4.2.3 ผลการทดสอบปริมาณการปล่อยก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ระหว่างน้ำมันผสมกับน้ำมันดีเซล




**รูปที่ 14** ผลการศึกษาเปรียบเทียบปริมาณการปล่อย $NO_X$ จากเครื่องยนต์ที่ความเร็วรอบต่างๆ

รูปที่ 14 การทดสอบการปล่อยมลพิษของเครื่องยนต์ดีเซลโดยพิจารณาก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ ($NO_X$) ที่ความเร็วรอบ 1600 รอบ/นาที การพิจารณาที่ความเร็วรอบดังกล่าวเนื่องจากเป็นความเร็วรอบที่เครื่องยนต์ผลิตแรงบิดสูงสุด พบว่า น้ำมันพืชใช้แล้วผสมน้ำมันก๊าด 5% น้ำมันพืชใช้แล้วผสมน้ำมันก๊าด 10% ปล่อยก๊าซ $NO_X$ ปริมาณมากกว่าน้ำมันดีเซล แต่น้ำมันพืชใช้แล้วผสมเอทานอล 5% และน้ำมันพืชใช้แล้วผสมเอทานอล 10% ปล่อยก๊าซ $NO_X$ น้อยกว่าน้ำมันดีเซล เนื่องจากการน้ำมันพืชใช้แล้วผสมเอทานอลมีสาร Emulsifier และน้ำผสมอยู่ซึ่งสาร Emulsifier และน้ำไม่ติดไฟ อีกทั้งเอทานอลที่ใช้มีจุดติดไฟที่อุณหภูมิต่ำ ส่งผลให้ขณะเครื่องยนต์ทำงานเอทานอลเกิดการระเหยตัวก่อนถึงอุณหภูมิจุดระเบิด อุณหภูมิในห้องเผาไหม้ขณะจุดระเบิดลดลงปริมาณการปล่อยก๊าซ $NO_X$ จึงลดลง

### 4.2.4 ผลการทดสอบปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ระหว่างน้ำมันผสมกับน้ำมันดีเซล




**รูปที่ 15** ผลการศึกษาเปรียบเทียบปริมาณการปล่อย CO จากเครื่องยนต์ที่ความเร็วรอบต่างๆ

รูปที่ 15 การทดสอบการปล่อยมลพิษของเครื่องยนต์ดีเซลโดยพิจารณาก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ที่ความเร็วรอบ 1600 รอบ/นาที การพิจารณาที่ความเร็วรอบดังกล่าวเนื่องจากเป็นความเร็วรอบที่เครื่องยนต์ผลิตแรงบิดสูงสุด พบว่าปริมาณก๊าซ CO ที่เครื่องยนต์ปล่อยออกมาขึ้นอยู่กับอัตราส่วนอากาศต่อเชื้อเพลิงและก๊าซ CO จะเกิดขึ้นเมื่อปริมาณอากาศในห้องเผาไหม้ไม่เพียงพอ เมื่อน้ำมันพืชใช้แล้วผสมน้ำมันก๊าดและเอทานอลมีค่าความหนืดสูงกว่าน้ำมันดีเซล ส่งผลให้การฉีดเชื้อเพลิงในห้องเผาไหม้เป็นฝอยละอองไม่ดี การผสมผสานของอากาศกับเชื้อเพลิงไม่ทั่วถึง อีกทั้งปริมาณอากาศที่เข้าสู่ห้องเผาไหม้มีปริมาณเท่าเดิมทำให้ในจังหวะจุดระเบิดเกิดการลุกติดไฟของเชื้อเพลิงไม่ดีและการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์

## 5. สรุปผลการศึกษา

จากการศึกษาทดสอบหาค่าสมบัติทางกายภาพเพื่อดูลักษณะการเปลี่ยนแปลงของน้ำมันพืชใช้แล้วผสมน้ำมันก๊าด 5%, 10% และน้ำมันพืชใช้แล้วผสมเอทานอล 5%, 10% พบว่าน้ำมันพืชใช้แล้วสามารถละลายในน้ำมันก๊าดได้เป็นเนื้อเดียวกันและไม่ต้องใช้สารช่วยผสม แต่ในส่วนน้ำมันพืชใช้แล้วผสมเอทานอลจะต้องใช้สาร Emulsifier จากการสังเกตการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพเป็นระยะเวลาประมาณ 8 เดือน น้ำมันพืชใช้แล้วจะเกิดไขมันอิ่มตัวและตกตะกอนด้านล่างเป็นจำนวนมาก แต่น้ำมันพืชใช้แล้วผสมน้ำมันก๊าด 5%, 10% และน้ำมันพืชใช้แล้วผสมเอทานอล 5%, 10% จะเกิดการตกตะกอนน้อยกว่าน้ำมันพืชใช้แล้วและไม่เกิดการแยกตัวเป็นชั้นของน้ำมัน

การทดสอบสมรรถนะการเผาไหม้โดยภาพรวม พบว่าน้ำมันเชื้อเพลิงแต่ละชนิดสามารถทำให้เครื่องยนต์ทำงานได้และผลิตแรงบิดได้ใกล้เคียงกันในช่วงความเร็วรอบต่างๆ เมื่อเปรียบเทียบกันแล้วประสิทธิภาพแรงบิดที่ได้ใกล้เคียงกัน แต่การใช้น้ำมันพืชใช้แล้วอย่างเดียวเป็นเชื้อเพลิงไม่สามารถทำให้เครื่องยนต์ทำงานได้ ทำให้เกิดการติดไฟยาก และมีปัญหาการฉีดเชื้อเพลิงของเครื่องยนต์

ในส่วนอัตราการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงต่อเวลา พบว่าการใช้น้ำมันพืชใช้แล้วผสมน้ำมันก๊าด 5%, 10% และน้ำมันพืชใช้แล้วผสมเอทานอล 5%, 10% ต้องใช้ปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงมากกว่าน้ำมันดีเซลเพื่อจะผลิตกำลังเครื่องยนต์

การปล่อยมลพิษของเครื่องยนต์ดีเซลโดยพิจารณาก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ พบว่าน้ำมันพืชใช้แล้วผสมน้ำมันก๊าด 5% น้ำมันพืชใช้แล้วผสมน้ำมันก๊าด 10% ปล่อยก๊าซ $NO_X$ ปริมาณมากกว่าน้ำมันดีเซล แต่น้ำมันพืชใช้แล้วผสมเอทานอล 5% และน้ำมันพืชใช้แล้วผสมเอทานอล 10% ปล่อยก๊าซ $NO_X$ น้อยกว่าน้ำมันดีเซล

การปล่อยมลพิษของเครื่องยนต์ดีเซลโดยพิจารณาก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ พบว่าปริมาณก๊าซ CO ที่เครื่องยนต์ปล่อยออกมาขึ้นอยู่กับอัตราส่วนอากาศต่อเชื้อเพลิงและก๊าซ CO จะเกิดขึ้นเมื่อปริมาณอากาศในห้องเผาไหม้ไม่เพียงพอ เมื่อน้ำมันพืชใช้แล้วผสมน้ำมันก๊าดและเอทานอลมีค่าความหนืดสูงกว่าน้ำมันดีเซล ส่งผลให้การฉีดเชื้อเพลิงในห้องเผาไหม้เป็นฝอยละอองไม่ดี การผสมผสานของอากาศกับเชื้อเพลิงไม่ทั่วถึง อีกทั้งปริมาณอากาศที่เข้าสู่ห้องเผาไหม้มีปริมาณเท่าเดิม ทำให้ในจังหวะจุดระเบิดเกิดการลุกติดไฟของเชื้อเพลิงไม่ดีและการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์

## 6. กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอขอบพระคุณ กองทุนพัฒนาโรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้า และห้างหุ้นส่วนจำกัด สง่าดีเซลแมชีนเนอรี ที่ได้กรุณาช่วยสนับสนุนและมีส่วนร่วมในการทำวิจัยครั้งนี้ให้สำเร็จลุล่วงเป็นอย่างดียิ่ง

## 7. เอกสารอ้างอิง

1. ศูนย์วิจัยและพัฒนาการปิโตรเลียมแห่งประเทศไทย, 2539, ปิโตรเลียมน่ารู้, หน้า 2-12.
2. Wang W.G., Lyons D.W., Clark N.N., 2000, "Emission from Nine Trucks Fueled by Diesel and Biodiesel Blend without Engine Modification," Environmental Science and Technology Journal, Vol 34, No.6, pp. 933-939.
3. สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.), 2544, "ไบโอดีเซล," วารสารการวิจัยและพัฒนา, ปีที่ 16, ฉบับที่ 3, เดือนกันยายน-ธันวาคม, หน้า 3-13.
4. พิศมัย เจนวนิชบัญจกุล, 2524, "แนวคิดและความก้าวหน้าของการใช้น้ำมันพืชเป็นพลังงานทดแทนกับเครื่องยนต์ดีเซล," วารสารวิทยาศาสตร์การเกษตร, ปีที่ 14, เล่มที่ 4, หน้า 157-163.
5. จิราวัลย์ แลบัว, 2530, การเตรียมเมทธิลเอสเทอร์จากน้ำมันพืชโดยปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชั่น วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สายวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, หน้า 24-33.
6. สุรชัย จิรชาคริต, 2539, การเผาไหม้น้ำมันพืชผสมกับน้ำมันดีเซล, วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, สายวิชาเทคโนโลยีอุณหภาพ, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, หน้า 16-24.
7. สิทธิศักดิ์ ครองเดช, 2543, การปรับปรุงคุณภาพน้ำมันพืชหลังการใช้เพื่อทดแทนน้ำมันดีเซล, วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สายวิชาเทคโนโลยีพลังงาน, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, หน้า 16-19, 43-47.
8. นิธิยา รัตนาปนนท์, 2533, วิทยาศาสตร์การอาหารของไขมันและน้ำมัน, หน้า 6-13, 35-40, 68-72.
9. พนิดา ศิริบังเกิดผล, 2544, "ไบโอดีเซลพลังงานทดแทนในฝันของประเทศเกษตรกรรม," วารสารการวิจัยและพัฒนา, ปีที่ 16, ฉบับที่ 3, เดือนกันยายน-ธันวาคม, หน้า 37-42.
10. สมัย ใจอินทร์, 2544, "แนวทางการพัฒนาการใช้เชื้อเพลิงชีวมวลสำหรับประเทศไทย," โลกพลังงาน, ปีที่ 4, เดือนเมษายน-มิถุนายน, หน้า 58-64.
11. งานทดลองผลิตภัณฑ์เชื้อเพลิง ฝ่ายวิจัยและพัฒนาโครงการส่วนพระองค์สวนจิตรลดา, 2544, รายงานการนำแอลกอฮอล์มาใช้เป็นเชื้อเพลิงในโครงการส่วนพระองค์สวนจิตรลดา, เดือนพฤษภาคม.

12. ส่วนควบคุมคุณภาพการปิโตรเลียมแห่งประเทศไทย, 2543, ความรู้เกี่ยวกับปิโตรเลียม, หน้า 11-64.
13. หลาบ รับสิริ, 2528, เครื่องยนต์เผาไหม้ภายใน, หน้า 95.
14. ปเสฏฐา สารลักษณ์, 2553, โครงการศึกษาวิจัยทดสอบการใช้น้ำมันไบโอดีเซลที่ผลิตจากน้ำมันพืชใช้แล้ว, รายงานโครงการวิจัย, กองวิชาวิศวกรรมเครื่องกล, ส่วนการศึกษา, โรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้า.