

## การใช้เอทานอลเป็นสารหน่วงจังหวะเริ่มต้นการเผาไหม้ในเครื่องยนต์ CI ขนาดเล็กเมื่อ ใช้ปาล์มไบโอดีเซลเป็นเชื้อเพลิงหลัก

### Using Ethanol as a Start of Combustion Retardant in a Single Cylinder CI Engine Operated on Palm Biodiesel Base Fuel

ณัฐพล ศิริสวัสดิ์, ประชาสันติ ไตรยสุทธิ\* และ กุลเชษฐ เพียรทอง

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี จ.อุบลราชธานี 34190

\* ติดต่อ: โทรศัพท์: 045 353 309, โทรสาร: 045 353 308

E-mail: prachasanti.t@ubu.ac.th

#### **บทคัดย่อ**

ที่ผ่านมามีพบว่า จากการศึกษาคุณลักษณะการเผาไหม้ภายในกระบอกสูบของเครื่องยนต์ที่ใช้ไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์ม เป็นเชื้อเพลิง ในกรณีไม่มีการปรับแต่งเครื่องยนต์ พบว่าจุดเริ่มต้นของการเผาไหม้จะเกิดขึ้นก่อนดีเซล ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้ศึกษาผลของการนำเอทานอลซึ่งมีค่าซีเทนต่ำมาผสมกับไบโอดีเซลจากปาล์มเพื่อหน่วงจังหวะเริ่มต้นการเผาไหม้ให้ใกล้เคียงกับดีเซล โดยผสมเอทานอลที่อัตราส่วน 5, 10 และ 15% โดยปริมาตร ทดสอบกับเครื่องยนต์ดีเซลแบบฉีดตรง 1 สูบ ปริมาตรกระบอกสูบ 411 ซี.ซี. โดยไม่ปรับแต่งเครื่องยนต์ ที่ความเร็วรอบ 1,500 รอบต่อนาที และที่ภาระ 0.7, 1.5, 2.2, 2.9 และ 3.7 kW โดยวัดความดันในห้องเผาไหม้ ที่แต่ละ 0.2 องศาเพลลาข้อเหวี่ยง แล้วนำข้อมูลที่ได้นำมาหาอัตราการปล่อยความร้อน และวิเคราะห์หาจุดเริ่มต้นการเผาไหม้ พบว่า ไบโอดีเซลที่ผสมเอทานอลจะหน่วงจุดเริ่มต้นการเผาไหม้ให้ช้าลง ไปอยู่หลังจุด TDC ทำให้พลังงานที่ได้จากการเผาไหม้อยู่ในช่วงจังหวะกำลังของเครื่องยนต์ แต่กรณีของ BE15 การเผาไหม้จะเป็นแบบส่วนผสมบางเกินไป ทำให้ช่วงสุดท้ายของการเผาไหม้มีการลามของเปลวไฟอย่างช้าๆ และอยู่ในช่วงปลายของจังหวะกำลัง ทำให้ประสิทธิภาพเชิงความร้อนต่ำ ดังนั้นที่อัตราส่วนผสมของเอทานอล ในช่วง 5-10% พบว่ามีประสิทธิภาพเชิงความร้อนดีที่สุด

**คำหลัก:** การเผาไหม้ล่าช้า, ปาล์มไบโอดีเซล, สมรรถนะเครื่องยนต์

#### **Abstract**

Previously, it was found that the ignition delay of palm biodiesel is shorter than that of diesel and increase with the increment of engine load. Thus in this study, ethanol with low cetane-number was blended, to improve the combustion quality by retard the starting of combustion. The blended ratios of ethanol to Palm biodiesel are 5, 10 and 15% by volume. A 1 cylinder, 411 cc, direct injection diesel engine was used. The experiments are tested at 1,500 rpm of engine speed and 0.7, 1.5, 2.2, 2.9 and 3.7 kW of engine load. The combustion characteristic in term of heat release and cumulative heat release

were investigated. The analysis of heat release from pressure in-cylinder versus crank angle found that the biodiesel-ethanol blend was retarded. The start of combustion of palm biodiesel-ethanol blend is occurred nearly top dead center (TDC) corresponding to the increment of engine load, because the energy of combustion are suitable in power stroke. In the case of 15% blend of ethanol, the lean of air-fuel mixture cause to reduced brake thermal efficiency, the frame speed in the last combustion process is slow. The 5-10% of biodiesel-ethanol blend gives the highest of brake thermal efficiency.

**Keywords:** Ignition delay, Palm biodiesel, Engine performance

## 1. บทนำ

ปัจจุบันการนำพลังงานเชื้อเพลิงทดแทนมาใช้เป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่มีการศึกษาค้นคว้าและวิจัยมากขึ้น เพื่อค้นหาชนิดของเชื้อเพลิงที่จะนำมาใช้ทดแทนน้ำมันดีเซลที่ต้องนำเข้าประมาณ 61.245 ล้านลิตรต่อปี [1] ดังนั้นการหาเชื้อเพลิงมาทดแทนจึงจำเป็นอย่างมาก และเพื่อลดการนำเข้าพลังงานจึงจำเป็นที่จะต้องนำทรัพยากรที่มีอยู่ในประเทศมาใช้เพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุด

พลังงานปิโตรเลียมถูกนำไปใช้เป็นพลังงานทั้งในภาคการผลิต และภาคขนส่ง ดีเซลก็เป็นส่วนหนึ่งของปิโตรเลียม ซึ่งในขณะนี้ราคามีแนวโน้มสูงขึ้น และกำลังขาดแคลนเนื่องจากมีความต้องการมากขึ้น และไม่สามารถผลิต หรือขุดเจาะให้มากเท่าความต้องการได้ ดังนั้น เชื้อเพลิงที่ได้จากธรรมชาติจึงเป็นทางเลือกอีกทางหนึ่งในการนำพลังงานทดแทนมาผ่านกระบวนการเพื่อทดแทนดีเซลที่ขาดแคลน บทความนี้จะได้นำไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มมาทดสอบกับเครื่องยนต์สูบเดี่ยว เพื่อหาความเหมาะสมของอัตราส่วนของเอทานอลที่ต้องผสมในไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มเพื่อหวังจึงหะการเผาไหม้ของไบโอดีเซลทำให้ไม่จำเป็นต้องปรับแต่งเครื่องยนต์ เพื่อให้เครื่องยนต์สามารถใช้ไบโอดีเซลได้

จากการศึกษางานวิจัยที่ใช้ไบโอดีเซล 100% เป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์เผาไหม้ภายในแบบจุดระเบิดด้วยแรงอัด พบว่า รูปแบบ และคุณลักษณะการเผาไหม้จะแตกต่างจากดีเซล เช่น งานวิจัยของ Sahoo et al. [2] ที่ได้ศึกษาจุดเริ่มต้นการเผาไหม้ของไบโอดีเซลในเครื่องยนต์ดีเซลขนาดเล็ก ชนิด 1 สูบ 4 จังหวะ

ระบายความร้อนด้วยน้ำกำลังสูงสุด 6 kW พบว่า เมื่อใช้ไบโอดีเซลจากสบู่ดำ Koranja และ Polanga เป็นเชื้อเพลิง จุดเริ่มต้นการเผาไหม้จะเกิดล่วงหน้าดีเซลอยู่ 4.2 4.5 และ 4.2 องศาเพลวข้อเหวี่ยงตามลำดับจากงานวิจัยของ Bittle et al. [3] พบว่าไบโอดีเซลจะมีช่วงการเผาไหม้ล่าช้าสั้นกว่าดีเซล และ Canakci [4] ก็ได้ผลที่สอดคล้องเช่นกัน คือไบโอดีเซลจะเริ่มเผาไหม้ก่อนดีเซล ซึ่งเกิดจากการฉีดเชื้อเพลิงก่อน (เนื่องจากไบโอดีเซลมีค่าการอัดตัวต่ำกว่าดีเซล โมดูลัส รวมทั้งความหนืดที่สูงกว่าดีเซล) และค่าซีเทนที่สูงกว่าของไบโอดีเซล เนื่องจากเครื่องยนต์ได้ถูกปรับแต่งจึงหะการทำงานจากผู้ผลิตเพื่อให้เหมาะสมกับดีเซล ดังนั้นเมื่อเปลี่ยนมาใช้ไบโอดีเซลซึ่งมีจึงหะเริ่มต้นการเผาไหม้เร็วกว่าดีเซล โดยเฉพาะเมื่อจุดเริ่มต้นการเผาไหม้เกิดขึ้นก่อนจุดศูนย์ตายบน (TDC) จะส่งผลให้แรงดันที่ได้จากการเผาไหม้ส่วนทางกับทิศทางการเคลื่อนที่ของลูกสูบ ทำให้เกิดการสูญเสียงานเกิดขึ้น

นอกจากนี้ Torres-Jimenez et al. [5] และ Wang et al. [6] ได้ทำการศึกษาคูณลักษณะการฉีดเชื้อเพลิงระหว่างดีเซล ไบโอดีเซล และไบโอดีเซลผสมเอทานอล พบว่า ไบโอดีเซลจะเริ่มฉีดก่อนดีเซล เนื่องจากค่าโมดูลัส และความหนืดที่สูงกว่าดีเซล และยังมีผลทำให้ระยะเวลาในการฉีดของไบโอดีเซลยาวนานขึ้นมากกว่าดีเซล แต่เมื่อนำเอทานอลมาผสมกับไบโอดีเซล จะทำให้จุดเริ่มต้นการฉีดของเชื้อเพลิงช้าลง และช่วงระยะเวลาในการฉีดเชื้อเพลิงสั้นลงด้วยเช่นเดียวกัน โดยระยะเวลาในการฉีดที่ลดลงนี้จะแปรผันตามอัตราส่วนของเอทานอล เนื่องจากความ

หนาแน่น และความหนืดจะลดลงเมื่ออัตราส่วนของเอทานอลสูงขึ้น แต่ในขณะเดียวกันค่าซีเทนของไบโอดีเซลผสมเอทานอลก็จะมีค่าต่ำลงด้วย เนื่องจากค่าซีเทนของ เอทานอลมีค่าประมาณ 6 ซึ่งจะส่งผลต่อคุณลักษณะการเผาไหม้โดยรวมดังนั้นงานวิจัยนี้ จึงมีวัตถุประสงค์ที่จะใช้เอทานอลมาเป็นสารหน่วงจังหวะการจุดระเบิดของเชื้อเพลิง และศึกษาผลกระทบต่อคุณลักษณะการเผาไหม้ของปาล์มไบโอดีเซลเมื่อผสมกับเอทานอล

## 2. อุปกรณ์ และการทดลอง

### 2.1 เชื้อเพลิงที่ใช้ในการทดลอง

ในการทดลองนี้เชื้อเพลิงที่ใช้ในการทดสอบประกอบด้วย ดีเซล(Diesel) ไบโอดีเซลจากปาล์ม (B100) เอทานอลบริสุทธิ์ 99.8% และเชื้อเพลิงผสมระหว่างไบโอดีเซลจากปาล์มกับเอทานอลในอัตราส่วน 5% (BE5) 10% (BE10) และ 15% (BE15) โดยปริมาตร โดยคุณสมบัติของเชื้อเพลิงแต่ละชนิดมีรายละเอียดดังในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 คุณสมบัติของเชื้อเพลิงแต่ละชนิด

คุณสมบัติ	วิธีทดสอบ	Diesel	E100	B100
ค่าความถ่วงจำเพาะ	ASTM D1298	0.870	0.786	0.888
ค่าความหนืด 40°C (mm <sup>2</sup> /s)	ASTM D88	4.1	1.2	6.44
จุดวาบไฟ (°C)	ASTM D97	52	13.5	155
จุดติดไฟ (°C)	ASTM D97	74	78.4	160
ค่าซีเทน	ASTM D976-9	52	6	60
ค่าความร้อน (MJ/kg)	ASTM D1250	42	28.4	37.5

### 2.2 อุปกรณ์

เครื่องยนต์ที่ใช้ในการทดลองเป็นเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยการอัด ชนิด 1 สูบ 4 จังหวะ นำอากาศเข้าแบบธรรมชาติ ระบบฉีดเชื้อเพลิงแบบฉีดตรง ดังรายละเอียดในตารางที่ 2

อุปกรณ์ในการวัดความดันภายในห้องเผาไหม้ของเครื่องยนต์ใช้เซนเซอร์วัดความดันชนิด Piezoelectric รุ่น Kistler 6052C โดยติดตั้งในห้องเผาไหม้ผ่านฝาสูบของเครื่องยนต์ สัญญาณที่ได้จะถูกขยายโดยอุปกรณ์ขยายสัญญาณรุ่น Dewetron DAQP-CHARGE-B และอุปกรณ์ในการวัดมุมองศาเพลลาข้อเหวี่ยงใช้รุ่น DEWE-CA-Angle-Sensor 0.2

ซึ่งมีความละเอียด 0.2 องศา โดยสัญญาณทั้งสองจะถูกส่งไปที่กล่องรับสัญญาณรุ่น DEWE-BOX-CA-EDUC เพื่อนำไปประมวลผลผ่านโปรแกรม DeweSoft โดยแผนผังการติดตั้งอุปกรณ์การทดลองได้แสดงไว้ในรูปที่ 1

จากค่าความดัน และปริมาตรที่เปลี่ยนแปลงไปในห้องเผาไหม้สามารถนำมาคำนวณหาอัตราการปล่อยความร้อนได้จากสมการที่ 1 [7]

$$\frac{dQ}{d\theta} = \frac{\gamma}{\gamma-1} \frac{PdV}{d\theta} + \frac{1}{\gamma-1} \frac{VdP}{d\theta} \quad (1)$$

โดย Q คืออัตราการปล่อยความร้อน

$\gamma$  คืออัตราส่วนของค่าความร้อนจำเพาะ  $\left(\frac{C_p}{C_v}\right)$

ในงานวิจัยนี้ใช้ค่า 1.37

$\theta$  คือองศาเพลลาข้อเหวี่ยง (°CA)

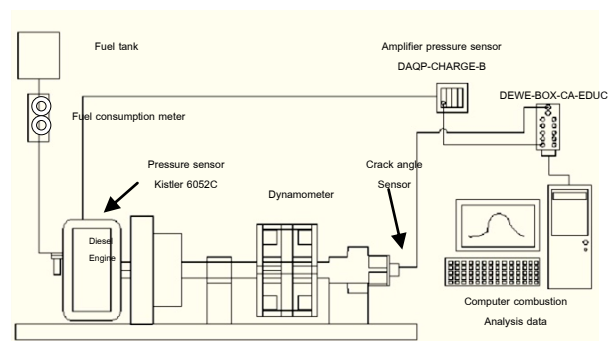
P คือความดันในห้องเผาไหม้ (Bar)

V คือปริมาตรในห้องเผาไหม้ (m<sup>3</sup>)

ค่าที่ได้จากสมการนี้จะแสดงอัตราการปล่อยความร้อนของเชื้อเพลิง โดยที่ค่าความดันในห้องเผาไหม้และอัตราการปล่อยความร้อน ในงานวิจัยนี้จะได้จากค่าเฉลี่ยของ 50 วิถีจักร

ตารางที่ 2 รายละเอียดของเครื่องยนต์ที่ใช้ทดลอง

เครื่องยนต์	Mitsubishi Diesel D-800
จำนวนสูบ	1 สูบ
ระยะชัก	78 mm.
ขนาดกระบอกสูบ	82 mm.
ปริมาตรกระบอกสูบ	411 cc.
กำลังสูงสุด	5.88 kW / 2400 rpm
แรงบิดสูงสุด	25.5 kg.m / 1900 rpm
อัตราส่วนการอัด	18 : 1



รูปที่ 1 แสดงแผนผังการติดตั้งอุปกรณ์การทดลอง

### 2.3 วิธีการทดลอง

ในการทดลองใช้ความเร็วรอบของเครื่องยนต์คงที่ 1,500 รอบต่อนาที เนื่องจากเป็นความเร็วเฉลี่ยใช้งานสำหรับเครื่องยนต์สูบลัดเดียว ในเครื่องจักรกลการเกษตร และปรับภาระไปที่ 0.7, 1.5, 2.2, 2.9 และ 3.7 kW แล้วทำการบันทึกผล อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงที่ ปริมาตร 10 ซีซี. และติดตั้งเซนเซอร์เพื่อวัดความดันในห้องเผาไหม้ และจัดเก็บค่าความดัน 50 วัฏจักรการทำงาน

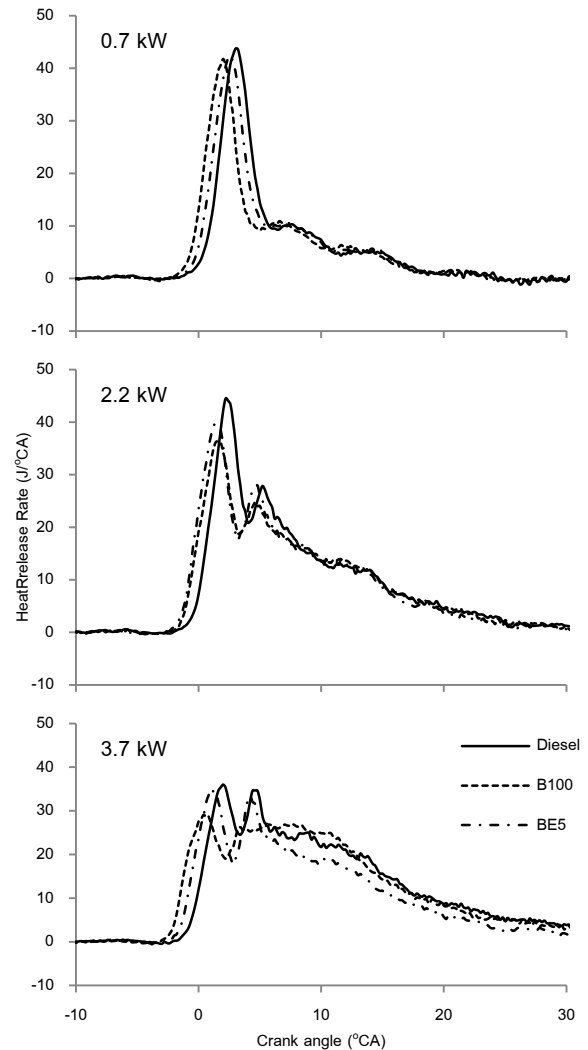
ก่อนการทดลองจะต้องอุ่นเครื่องยนต์โดยใช้เชื้อเพลิงชนิดเดียวกับเชื้อเพลิงที่ต้องการเก็บข้อมูล ในการอุ่นเครื่องยนต์จนกระทั่งอุณหภูมิ น้ำหล่อเย็นไม่เปลี่ยนแปลง เมื่อเครื่องยนต์อยู่ในสภาวะคงที่จึงเริ่มการบันทึกข้อมูลที่ภาระต่ำสุด โดยปรับคันเร่งให้ความเร็วรอบของเครื่องยนต์คงอยู่ที่ 1500 รอบต่อนาที เมื่อและความเร็วรอบคงที่แล้ว จะเริ่มบันทึกผลเมื่ออุณหภูมิของน้ำหล่อเย็นไม่เปลี่ยนแปลง เมื่อบันทึกข้อมูลแล้วเสร็จ จะเพิ่มภาระให้สูงขึ้น แล้วทำตามขั้นตอนข้างต้นจนกระทั่งถึงภาระ 3.7 kW จึงหยุดการทดลอง และเมื่อเปลี่ยนเชื้อเพลิงที่ใช้ในการทดลองทำการทดลอง จะใช้ขั้นตอนในแบบเดียวกัน และในการเปลี่ยนเชื้อเพลิงแต่ละครั้งจะต้องทำการล้างไส้กรองเชื้อเพลิงทุกครั้ง และเดินเครื่องยนต์ให้เชื้อเพลิงที่ค้างในระบบเผาไหม้จนหมดแล้ว จึงเริ่มการทดลองต่อไป

### 3. ผลการทดลอง

#### 3.1 คุณลักษณะการเผาไหม้

จากรูปที่ 2 แสดงอัตราการปล่อยความร้อนที่ภาระ 0.7 2.2 และ 3.7 kW จากผลการทดลองพบว่า B100 เกิดการเผาไหม้เร็วกว่า Diesel ในทุกภาระ และ Diesel จะมีค่าอัตราการปล่อยความร้อนสูงสุด ทั้งนี้เกิดจาก Diesel มีช่วงการเผาไหม้ล่าช้ายาวนานกว่า ทำให้มีปริมาณการสะสมของเชื้อเพลิงมากกว่า ดังนั้นเมื่อเริ่มมีการเผาไหม้อัตราการปล่อยความร้อนจึงมีค่าสูงสุด แต่ B100 จะมีค่าอัตราการปล่อยความร้อนเพิ่มขึ้นเมื่ออัตราส่วนของเอทานอลเพิ่มขึ้น ในขณะที่ B100 จะมีค่าต่ำสุด ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลอง

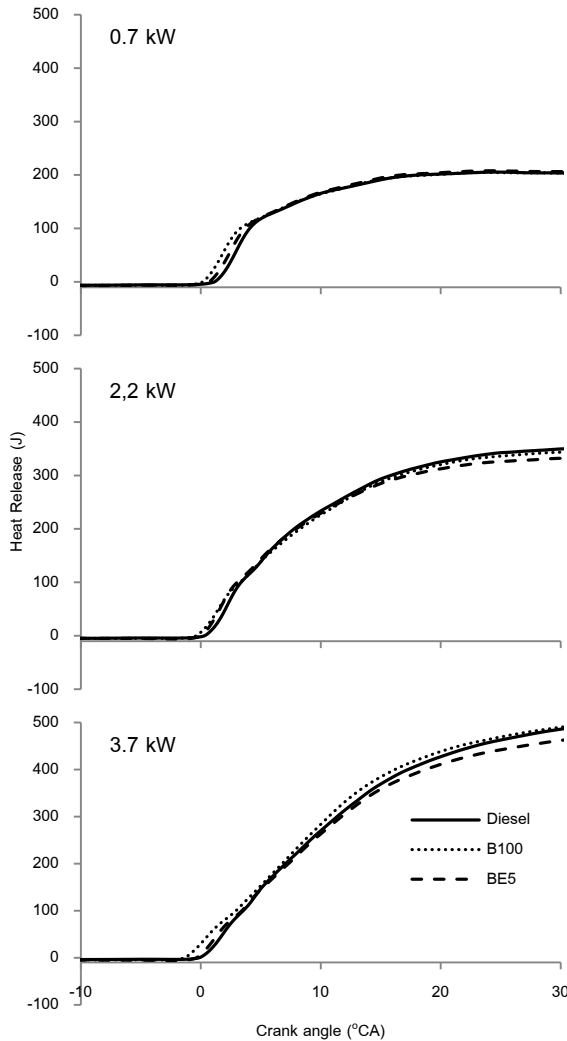
ของ Qi et al. [8] และเมื่อผสมเอทานอลลงไปในไบโอดีเซล 5% (BE5) ส่งผลให้จุดเริ่มต้นการเผาไหม้ช้ากว่า B100 แต่ยังเร็วกว่า Diesel แสดงให้เห็นว่าเอทานอลมีการหน่วงเวลาการเผาไหม้เกิดขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากค่าซีเทนที่ต่ำของเอทานอล และค่าการอัดตัวได้ที่สูงส่งผลให้เกิดการหน่วงช่วงเวลาเริ่มต้นการฉีดของหัวฉีดให้ช้าลง



รูปที่ 2 เปรียบเทียบอัตราการปล่อยความร้อนที่ 1500 รอบต่อนาที ระหว่าง Diesel B100 และ BE5 ที่ภาระต่างๆ

จากรูปที่ 3 แสดงการปล่อยความร้อนสุทธิ (Heat release) ซึ่งได้จากผลรวมของอัตราการปล่อยความร้อน (Heat release rate) จากข้อมูลของกราฟการปลดปล่อยความร้อนสามารถนำมาวิเคราะห์หาจุดเริ่มต้นการเผาไหม้ (Start Of Combustion, SOC) ได้ดังนี้ คือจุดที่ค่าของการปล่อยความร้อนเท่ากับศูนย์

และรายละเอียดในแต่ละช่วงเวลาของการเผาไหม้เชื้อเพลิง เช่น จุดเริ่มต้นการเผาไหม้ จุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้ไปแล้ว 90% สามารถนำมาสรุปได้ดังแสดงในตารางที่ 3 – 4



รูปที่ 3 อัตราการปล่อยความร้อนสุทธิที่ 1500 รอบต่อ นาที ระหว่าง Diesel B100 และ BE5 ที่ภาระต่างๆ

จากข้อมูลในตารางที่ 3 สามารถสรุปแนวโน้มได้ดังนี้คือ เมื่อภาระเพิ่มขึ้นตำแหน่งของจุดเริ่มต้นการเผาไหม้จะเกิดเร็วขึ้น ทำให้ช่วงล่าช้าการเผาไหม้ลดลงและสอดคล้องกับงานวิจัยของ Zhu et al. [9] โดยที่ B100 จะเริ่มการเผาไหม้ก่อน Diesel ในทุกภาระ แต่เมื่อผสมเอทานอลลงไปจะทำให้จุดเริ่มต้นการเผาไหม้ช้าลงตามอัตราส่วนที่ผสม และที่อัตราส่วน 10% (BE10) จะให้ผลของตำแหน่งจุดเริ่มต้นการเผาไหม้ใกล้เคียงกับ Diesel มากที่สุด

ตารางที่ 4 แสดงจุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้แล้ว 90% จากผลการทดลอง พบว่า จุดที่เผาไหม้ของทุกเชื้อเพลิงที่ 90% จะมีค่าใกล้เคียงกัน และเมื่อมีภาระสูงขึ้นจะเกิดช้าลง เนื่องจากปริมาณของเชื้อเพลิงที่ฉีดเข้าไปมาก

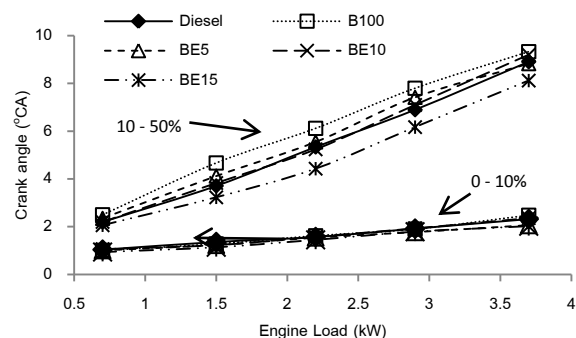
ตารางที่ 3 จุดเริ่มต้นการเผาไหม้ของเชื้อเพลิง

Engine Load (kW)	จุดเริ่มต้นการเผาไหม้, SOC (°CA)				
	Diesel	B100	BE5	BE10	BE15
0.7	0.96	-0.04	0.58	0.87	1.18
1.5	0.78	-0.13	-0.25	0.27	0.90
2.2	0.18	-0.53	-0.75	0.31	0.66
2.9	0.20	-0.97	-1.16	0.26	0.52
3.7	-0.24	-1.36	-1.10	-0.22	0.49

ตารางที่ 4 จุดที่เชื้อเพลิงถูกเผาไหม้แล้ว 90%

Engine Load (kW)	จุดที่เชื้อเพลิงถูกเผาไหม้แล้ว 90% (°CA)				
	Diesel	B100	BE5	BE10	BE15
0.7	13.91	13.56	13.87	13.62	13.04
1.5	19.86	17.22	15.74	16.29	16.04
2.2	22.46	21.73	19.89	21.82	22.44
2.9	31.84	29.41	30.69	30.86	30.94
3.7	46.21	47.80	40.91	48.66	44.55

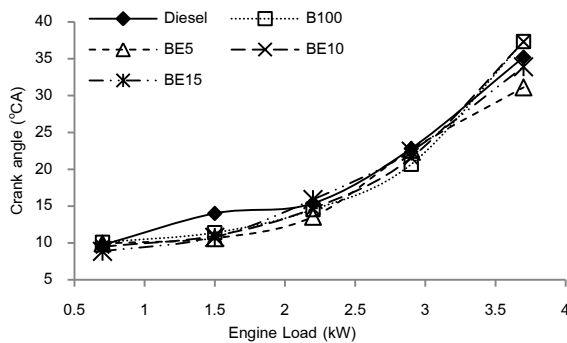
จากข้อมูลการอัตราการปล่อยความร้อนสุทธิสามารถนำมาวิเคราะห์ช่วงเวลาการเผาไหม้ในแต่ละช่วง เช่น ช่วงเวลาการเผาไหม้ระหว่าง 0-10%, 10-50%, 50-90% และ 90-100% ได้ดังแสดงในรูปที่ 4-5



รูปที่ 4 ช่วงเวลาการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงระหว่าง 0-10% และ 10-50% ที่ภาระต่างๆ

จากรูปที่ 4 ช่วงเวลาของเชื้อเพลิงที่ถูกเผาไหม้ไปแล้ว 10% ของทั้งหมด หรือเรียกว่าการเผาไหม้สารผสมที่ผสมไว้ก่อนแล้ว (Premixed combustion

phase, 0-10%) พบว่า เชื้อเพลิงในแต่ละชนิดใช้เวลาในการเผาไหม้ใกล้เคียงกันในทุกภาระ ในขณะที่เดียวกันช่วงเวลาที่ใช้ไปในการไหม้จาก 10% ถึง 50% ของทั้งหมด พบว่า B100 มีช่วงเวลาการเผาไหม้นานที่สุด ในขณะที่ BE5 BE10 และ Diesel มีค่าใกล้เคียงกัน แต่ BE15 จะมีช่วงเวลาการเผาไหม้สั้นที่สุด



รูปที่ 5 ช่วงเวลาการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงระหว่าง 50-90% ที่ภาระต่างๆ

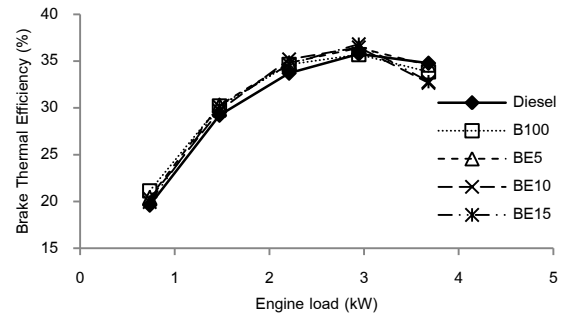
ในช่วงการเผาไหม้ระหว่าง 50-90% ได้แสดงไว้ในรูปที่ 5 พบว่า B100 และไบโอดีเซลผสมเอทานอล จะใช้เวลาในการเผาไหม้ในช่วงนี้ใกล้เคียงกันทุกอัตราส่วนผสม ในขณะที่ Diesel มีช่วงเวลาในการเผาไหม้มากกว่าเล็กน้อย

จากข้อมูลจุดเริ่มต้นการเผาไหม้ และระยะเวลาในการเผาไหม้ในแต่ละช่วง พบว่า BE10 และ BE5 จะมีจุดเริ่มต้นการเผาไหม้ และระยะเวลาที่ใช้ในการเผาไหม้ในแต่ละช่วงใกล้เคียงกับ Diesel มากที่สุด

### 3.2 ประสิทธิภาพเชิงความร้อน

ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเครื่องยนต์คำนวณจากภาระที่ได้ของเครื่องยนต์ ต่อพลังของความร้อนของเชื้อเพลิงที่ใส่เข้าไป ดังแสดงในรูปที่ 6 พบว่า ประสิทธิภาพเชิงความร้อนจะเพิ่มขึ้นเมื่อภาระของเครื่องยนต์สูงขึ้น และทุกเชื้อเพลิงจะมีค่าสูงสุดที่ภาระประมาณ 3 kW และเชื้อเพลิง BE5 จะมีค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนสูงสุดทุกภาระ เนื่องจากเอทานอลที่ผสมเข้าไปจะช่วยหน่วงอัตราการเผาไหม้ ทำให้จุดเริ่มต้นการเผาไหม้ที่ถูกล่าช้าไปอยู่หลังจุด TDC ทำให้พลังงานที่ได้จากการเผาไหม้มีค่าบวก โดยเฉพาะอย่างยิ่ง 50% ของการเผาไหม้

เชื้อเพลิงที่ผสมเอทานอลจะเผาไหม้ได้เร็วกว่า B100 ทำให้พลังงานที่ได้จากการเผาไหม้ถูกใช้ไปอย่างเหมาะสมในช่วงจังหวะกำลังของเครื่องยนต์ ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองของ Qi et. al. [10]



รูปที่ 6 ประสิทธิภาพเชิงความร้อนเบรกที่ภาระต่างๆ

## 4. สรุปผล

ไบโอดีเซลที่ผสมเอทานอลจะหน่วงจุดเริ่มต้นการเผาไหม้ให้ล่าช้าไปอยู่หลังจุด TDC และออกซิเจนที่อยู่ในเอทานอลจะช่วยทำให้การเผาไหม้เกิดขึ้นได้เร็วยิ่งขึ้น ทำให้พลังงานที่ได้จากการเผาไหม้เหมาะสมกับการเคลื่อนที่ของลูกสูบในจังหวะกำลังของเครื่องยนต์ แต่เมื่ออัตราส่วนของเอทานอลสูงเกินไป (BE15) การเผาไหม้จะเป็นแบบส่วนผสมบางเกินไปทำให้ช่วงท้ายของจังหวะการเผาไหม้เกิดขึ้นอย่างช้าๆ ดังนั้นจากการทดลองจึงสรุปได้ว่า ที่อัตราส่วนผสมของเอทานอล ในช่วง 5-10% จะมีประสิทธิภาพสูงสุด

## 5. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ที่สนับสนุนงบประมาณในการวิจัยนี้ และขอขอบคุณอาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล ที่ให้คำปรึกษา และแนะนำแนวทางในการทำงานวิจัย

## 6. เอกสารอ้างอิง

- [1] กรมธุรกิจพลังงาน กระทรวงพลังงาน, การผลิตนำเข้า จำหน่าย และส่งออกน้ำมันเชื้อเพลิง, [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา [www.doeb.go.th](http://www.doeb.go.th), เข้าดูเมื่อวันที่ 24/05/2554.
- [2] Sahoo, P.K. and Das, L.M. (2009). Combustion analysis of Jatropha, Karanja, and

Polanga based biodiesel as fuel in a diesel engine, *Fuel*, vol. 88(6), June 2009, pp. 994-999.

[3] Bittle, J.A., Knight, B.M. and Jacobs T.J. (2010). Interesting behavior of biodiesel ignition delay and combustion duration, *Energy and Fuel*, vol.24(8), August 2010, pp. 4166–4177.

[4] Canakci, M. (2007). Combustion characteristics of a turbocharged DI compression ignition engine fueled with petroleum diesel fuels and biodiesel, *Bioresource Technology*, Vol.98(6), April 2007, pp. 1167-1175.

[5] Torres-Jimenez, E. Pilar Dorado, M. and Kegl, B. (2010). Experimental investigation on injection characteristics of bioethanol–diesel fuel and bioethanol–biodiesel blends, *Fuel*, vol. 90(5), May 2011, pp. 1968 – 1979.

[6] Wang, X., Huang Z., Kuti O.A., Zhang W. and Nishida K. (2010). An experimental investigation on spray, ignition and combustion characteristics of biodiesels. *Proceedings of the Combustion Institute*, vol. 3(2), September 20010, pp. 2071 – 2077.

[7] Heywood, JB. (1988). *Internal Combustion Engine Fundamentals* International edn, McGraw-hill, Massachusetts.

[8] Qi, D.H., Chen, H., Matthews, R.D., and Bian, Y.ZH. (2010). Combustion and emission characteristics of ethanol–biodiesel–water micro-emulsions used in a direct injection compression ignition engine, *Fuel*, vol. 89(5), May 2010, pp. 958 – 964.

[9] Zhu, L., Cheung, C.S., Zhang, W.G. and Huang, Z. (2010). Combustion, performance and emission characteristics of a DI diesel engine fueled with ethanol–biodiesel blends, *Fuel*, vol. 90(5), May 2011, pp. 1743 – 1750.

[10] Qi D.H., Chen, H., Geng, L.M. and Bian, Y.Z. (2010). Effect of diethyl ether and ethanol additives on the combustion and emission characteristics of biodiesel-diesel blended fuel engine, *Renewable Energy*, vol. 36(4), April 2010, pp. 1252-1258.