



การศึกษสมรรถนะเครื่องยนต์ดีเซลขนาดเล็กจากการใช้ไบโอดีเซลจากน้ำมันใ้ปลาเป็นเชื้อเพลิง

เนรมิตร กระแสร์ลม^{1*} ชัยยศ ดำรงกิจโกศล¹ และ ชาญณรงค์ ตระกูลสรณคมน์²

¹ภาควิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมเครื่องต้นกำลัง, วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

²ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์

* ผู้ประสานงานเผยแพร่ (Corresponding Author), E-mail: neramit.k@cit.kmutnb.ac.th

วันที่รับบทความ: 14 กรกฎาคม 2564; วันที่ทบทวนบทความ: 22 กันยายน 2564; วันที่ตอบรับบทความ: 1 ตุลาคม 2564

วันที่เผยแพร่ออนไลน์: 6 พฤศจิกายน 2564

บทคัดย่อ: งานวิจัยนี้ได้้นำใ้ปลามาผลิตน้ำมันไบโอดีเซลด้วยกระบวนการทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน หลังจากนั้นนำไบโอดีเซลที่ผลิตมาผสมกับน้ำมันดีเซลในอัตราส่วนผสมไบโอดีเซลจากน้ำมันใ้ปลาร้อยละ 5%, 10% และ 20% โดยปริมาตรในน้ำมันดีเซล ในบริบทนี้เพื่อศึกษาสมบัติทางกายภาพและอัตราส่วนผสมที่มีผลกระทบต่อสมรรถนะของเครื่องยนต์ดีเซลขนาดเล็กแบบห้องเผาไหม้ฉีดตรงที่มีกำลัง 6.6 kW การทดลองได้เน้นในด้านแรงบิด, กำลัง, อัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรค, ประสิทธิภาพเชิงความร้อนเบรคและควันท้า ผลการวิจัยพบว่าอัตราส่วนผสมที่ทดสอบทั้งหมดสามารถใช้เป็นเชื้อเพลิงใ้กับเครื่องยนต์ใ้ตามปกติเช่นเดียวกับน้ำมันดีเซลทั่วไป การเพิ่มอัตราส่วนผสมไบโอดีเซลจากน้ำมันใ้ปลาส่งผลใ้ค่าพลังงานความร้อนลดลง ค่าความถ่วงจำเพาะและค่าความหนืดสูงขึ้น นอกจากนี้เครื่องยนต์ยังมีแรงบิด, กำลัง, ประสิทธิภาพเชิงความร้อนเบรคและควันท้าลดลง แต่อัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรคสูงขึ้น ผลการทดลองของ BF20 มีแรงบิด, กำลัง, ประสิทธิภาพเชิงความร้อนเบรคและปริมาณควันท้าต่ำกว่า D100 อยู่ประมาณ 1.5%, 1.3%, 27% และ 13% ตามลำดับ ด้วยเหตุนี้จึงใ้ให้อัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรคสูงกว่า D100 ประมาณ 30% เนื่องจากค่าความร้อนต่ำลง ค่าความหนืดสูงขึ้น เมื่อเพิ่มอัตราส่วนผสมไบโอดีเซลจากน้ำมันใ้ปลา

คำสำคัญ: สมรรถนะเครื่องยนต์; เครื่องยนต์ดีเซล; น้ำมันใ้ปลา

Study on the Performance of Small Size Diesel Engine Using Fish Oil Blended with Biodiesel as Fuel

Neramit Krasaelom^{1*}, Chaiyot Damrongkijkosol¹ and Channarong Trakunsaranakom²

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

² Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Princess of Naradhiwas University

* Corresponding author, E-mail: neramit.k@cit.kmutnb.ac.th

Received: 14 July 2021; Revised 22 September 2021; Accepted: 1 October 2021

Online Published: 6 November 2021

Abstract: This research brought fish oil to produce biodiesel oil with the transesterification reaction process. After that, the biodiesel produced blends with diesel fuel at the ratio of 5%, 10% and 20% biodiesel blend by volume in diesel fuel. In this context, to study the physical properties and blends ratios affecting the performance of a small direct injection diesel engine with a power of 6.6 kW. The experiments focused on torque, power, brake specific fuel consumption, brake thermal efficiency and smoke. The results showed that all tested blends ratios can be used as normal engine fuel as with conventional diesel. Increasing the biodiesel blends ratio from fish oil results in lower calorific value, higher specific gravity and viscosity values. In addition, the engine has decreased torque, power, brake thermal efficiency and smoke but the brake specific fuel consumption is higher. The results of the experiment, the BF20's torque, power, brake thermal efficiency and smoke content are approximately 1.5%, 1.3%, 27% and 13% lower than the D100, respectively. As a result, the brake-specific fuel consumption is approximately 30% higher than the D100 due to lower calorific value, higher viscosity when increasing biodiesel blends from fish oil.

Keywords: Engine Performance; Diesel Engine; Fish Oil



1. บทนำ

ในช่วงเวลาที่ผ่านมามีการใช้พลังงานเพิ่มขึ้นมากกว่า 20 เท่า โดยพลังงานที่ใช้ในปัจจุบันส่วนใหญ่ได้มาจากแหล่งปิโตรเคมี, ถ่านหินและก๊าซธรรมชาติ เป็นแหล่งพลังงานที่ไม่สามารถหมุนเวียนได้ และคาดว่าจะหมดลงภายในประมาณ 50-100 ปีข้างหน้า [1] ซึ่งเชื้อเพลิงจากปิโตรเคมีถูกนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงหลักในยานยนต์ทุกภาคส่วน จึงก่อให้เกิดปัญหาหากการปล่อยมลพิษต่างๆ จากยานยนต์เป็นจำนวนมาก เช่น ไนโตรเจนออกไซด์ (NO_x), ซัลเฟอร์ออกไซด์ (SO_x), คาร์บอนมอนอกไซด์ (CO), ไฮโดรคาร์บอน (HC) และฝุ่นละออง (PM) สูบรยากาศและทำลายสิ่งแวดล้อม ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโลกส่งผลกระทบต่อชีวิตมนุษย์ จึงมีการศึกษาหาแหล่งพลังงานหมุนเวียนต่างๆ จากหลายแหล่ง ซึ่งเชื้อเพลิงประเภทไบโอดีเซลถือเป็นพลังงานหมุนเวียนและเป็นเชื้อเพลิงทางเลือกสำหรับเครื่องยนต์ดีเซล [2] โดยเฉพาะไบโอดีเซลที่ได้จากกระบวนการทรานส์เอสเทอร์ริฟิเคชันจากน้ำมันพืชและไขมันสัตว์ [3-4] ที่มีความเป็นพิษต่ำเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมและแทบไม่มีผลกระทบต่อประสิทธิภาพของเครื่องยนต์ [5-7] นอกจากนี้ ไบโอดีเซลยังสามารถลดการปล่อยไฮโดรคาร์บอน (HC) คาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) และฝุ่นละออง (PM) ได้อย่างมีนัยสำคัญ แต่เพิ่มการปล่อยไนโตรเจนออกไซด์ (NO_x) เล็กน้อยเมื่อเทียบกับดีเซล [2, 8-9] ซึ่งประเทศไทยมีแหล่งวัตถุดิบที่สามารถนำมาผลิตไบโอดีเซลได้จากหลายแหล่งแต่มีหนึ่งแหล่งที่น่าสนใจคือ สะพานปลา ประเทศไทยมีสะพานปลา 4 แห่ง และมีท่าเทียบเรือประมง 14 แห่ง [10] ดำเนินกิจกรรม

เกี่ยวกับตลาดสินค้าสัตว์น้ำและเรือประมงมีใส่ปลาที่เหลือจากการชำแหละและแปรรูปปลาเป็นจำนวนมาก หากมีการจัดการใส่ปลาเหล่านี้ไม่ดีจะก่อให้เกิดกลิ่นเหม็นเป็นแหล่งพาหะนำโรคหรือหากถูกปล่อยทิ้งลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติจะก่อให้เกิดมลภาวะต่อสิ่งแวดล้อมและระบบนิเวศน์ ซึ่งใส่ปลาประกอบไปด้วยไขมัน โปรตีน และคาร์โบไฮเดรตสามารถนำมาผลิตไบโอดีเซลได้จึงมีประโยชน์อย่างมากต่อเศรษฐกิจและสิ่งแวดล้อม

ผู้วิจัยหลายคนได้ทำการวิจัยเชิงทดลองเกี่ยวกับสมรรถนะและการวิเคราะห์การปล่อยมลพิษของเครื่องยนต์ที่ใช้ส่วนผสมของไบโอดีเซลจากน้ำมันปลา S. Prakashet และคณะวิจัย [11] นำน้ำมันปลา 20, 40, 60, 80 และ 100% ผสมกับน้ำมันดีเซลพบว่าความดันในกระบอกสูบสูงขึ้นเล็กน้อยและประสิทธิภาพเชิงความร้อนเบรกดต่ำลงเล็กน้อยเมื่อมีส่วนผสมเมทิลเอสเทอร์เพิ่มขึ้น ไฮโดรคาร์บอน (HC), คาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) และเขม่า (Soot) ต่ำกว่าน้ำมันดีเซล A. Ghareghani และคณะวิจัย [12] ใช้ น้ำมันปลาเหลือทิ้ง (WFO) ส่วนผสม 25, 50, 75 พบว่า ความดันในกระบอกสูบสูงขึ้นร่วมกับอัตราการปล่อยความร้อนที่ต่ำกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำมันดีเซล B. Kathirveluet และคณะวิจัย [13] ใช้ส่วนผสมน้ำมันปลา 20 และ 100% พบว่าประสิทธิภาพเชิงความร้อน เบรกด ไฮโดรคาร์บอน (HC) คาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) และเขม่า (Soot) ต่ำกว่าน้ำมันดีเซลเล็กน้อย อุณหภูมิไอเสียและไนโตรเจนออกไซด์ (NO_x) สูงกว่าดีเซล

จากการทบทวนวรรณกรรมที่กล่าวมาได้มีการกล่าวถึงสมรรถนะและมลพิษจากการใช้น้ำมันปลา



เป็นเชื้อเพลิงเพียงอย่างเดียวเท่านั้น ไม่มีการกล่าวถึงขั้นตอนการผลิตไบโอดีเซลจากไส้ปลาร่วมด้วย ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงนำไส้ปลามาทำการผลิตไบโอดีเซลด้วยกระบวนการปฏิกริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชัน หลังจากนั้น นำน้ำมันไส้ปลามาผสมกับน้ำมันดีเซลในอัตราส่วนผสม 5, 10 และ 20% โดยปริมาตร และนำไปทดสอบหาสมบัติทางกายภาพและผลกระทบต่อสมรรถนะของเครื่องยนต์ดีเซลขนาดเล็กสูบเดี่ยวในด้านแรงบิด กำลัง และความสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงจากการใช้น้ำมันไส้ปลาเป็นเชื้อเพลิง

2. วิธีการดำเนินงานวิจัย

2.1 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย

1. เครื่องยนต์ดีเซลยี่ห้อ YANMAR รุ่น TF90DI-L ซึ่งรายละเอียดของเครื่องยนต์แสดงอยู่ในตารางที่ 1
2. อุปกรณ์ทดสอบสมรรถนะเครื่องยนต์ เป็นเครื่องทดสอบสมรรถนะเครื่องยนต์ดีเซลขนาดเล็ก สสูบเดี่ยว 4 จังหวะ ยี่ห้อ ANAKA - STYLE DYNAMOMETER รุ่น P-1.5 ใช้สำหรับทดสอบเครื่องยนต์ที่มีกำลัง แรงบิดและความเร็วรอบสูงสุดไม่เกิน 44 kW, 140 N.m และ 3500 rpm ตามลำดับ มีความยาวแขน 0.716 ม. โดยเครื่องทดสอบเป็นแบบ Water Brake Dynamometer ต่อพลาเข้ากับเครื่องยนต์โดยตรงใช้น้ำเป็นตัวกลางในการเพิ่มหรือลดภาระ (Load) ให้กับเครื่องยนต์ด้วยการปรับรับโหลดวาล์ว (Load Valve) ซึ่งแรงบิดที่เกิดขึ้นจากเพลลาจะถูกส่งไปยังแขนที่ต่ออยู่กับชุดเข็มแสดงค่าแรงบิดที่หน้าปัดดังแสดงในรูปที่ 1 เป็นอุปกรณ์ทดสอบสมรรถนะและหน้าปัด และรูปที่ 2 เป็นไดอะแกรมชุดทดสอบสมรรถนะเครื่องยนต์ดีเซลขนาดเล็กสูบเดี่ยว

ตารางที่ 1 รายละเอียดเครื่องยนต์ดีเซล YANMAR

รุ่นเครื่องยนต์	หน่วย	TF 90 DI-L
แบบ		เครื่องยนต์ดีเซล 4 จังหวะ สูบนอน
ระบบห้องเผาไหม้		Direct injection
จำนวนสูบ		1
กระบอกสูบXระยะชัก	มม.	85X87
ปริมาตร	ซีซี(ลิตร)	493(0.493)
กำลังม้าสูงสุด	แรงม้า(PS)	9.0/2400
/ที่ความเร็วรอบ	กิโลวัตต์	6.6/2400
ความสิ้นเปลือง	กรัม/แรงม้า- ชั่วโมง	177(240)
อัตราส่วนการอัด		16.6:1
องศาการฉีด		20 BTDC
แรงดันการฉีดน้ำมัน	กก/ตร.ซม.	200
หัวฉีดน้ำมัน		แบบเข็ม(เดี่ยว)
ปั๊มฉีดน้ำมัน		ปั๊มบีอิช
ระบบหล่อลื่น		หล่อลื่นด้วยปั๊ม
ระบายความร้อน		หม้อน้ำรังผึ้ง



รูปที่ 1 อุปกรณ์ทดสอบสมรรถนะและหน้าปัด



3. อุปกรณ์วัดอุณหภูมิเป็นแบบ Thermocouple Type K ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 8 มม. รุ่น TSK-03 ยี่ห้อ PRIMUS วัดอุณหภูมิได้สูงสุด 800 °C ใช้วัดอุณหภูมิน้ำหล่อเย็น, น้ำมันหล่อลื่น, ไอเสียและอากาศ

4. อุปกรณ์วัดความเร็วรอบแบบ Proximity Sensor ยี่ห้อ ONO SOKKI รุ่น HM-640 ใช้วัดความเร็วรอบเครื่องยนต์วัดความเร็วรอบได้สูงสุด 5000 rpm

5. อุปกรณ์วัดความสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง ยี่ห้อ CST รุ่น CDR-15 เป็นอุปกรณ์วัดน้ำหนักของน้ำมันเชื้อเพลิง วัดได้สูงสุด 15000 กรัม

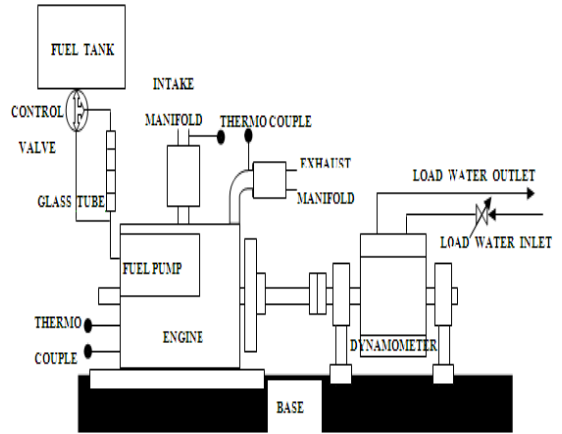
6. เครื่องวัดควันดำ ยี่ห้อ Bosch รุ่น RTT 100 เป็นระบบวัดความทึบแสงแบบไหลผ่านบางส่วน (Partial Flow Opacity)

2.2 การผลิตน้ำมันไบโอดีเซลจากไส้ปลา

ขั้นตอนการผลิตน้ำมันไบโอดีเซลจากไส้ปลา แบ่งออกเป็น 3 ส่วน ด้วยกัน

2.2.1 ขั้นตอนการสกัดน้ำมันจากไส้ปลา

ในขั้นตอนการสกัดน้ำมันให้ออกจากไส้ปลา ทำได้โดยการนำไส้ปลามาเจียวในกระทะเพื่อแยกน้ำมันออกจากไส้ปลาซึ่งความร้อนจะช่วยไล่ความชื้นออกจากไส้ปลา การเจียวสกัดน้ำมันในกระทะแต่ละครั้งใช้ไส้ปลา 20 กิโลกรัม เวลาประมาณ 60 นาที ระดับไฟปานกลาง ซึ่งน้ำมันจากไส้ปลาที่ได้จากขั้นตอนนี้ยังไม่สามารถนำไปผลิตไบโอดีเซลได้ เนื่องจากยังมีความสกปรกในน้ำมัน ต้องนำน้ำมันไปผ่านขั้นตอนการทำความสะอาด รูปที่ 3 เป็นน้ำมันไส้ปลาที่ได้จากการเจียว



รูปที่ 2 ไดอะแกรมชุดทดสอบสมรรถนะเครื่องยนต์

2.2.2 ขั้นตอนการทำความสะอาดน้ำมัน

ขั้นตอนการทำความสะอาดน้ำมันมี 2 ขั้นตอน คือขั้นตอนการแยกกลีเซอรอลและขั้นตอนการล้างทำความสะอาดน้ำมันไส้ปลา

2.2.2.1 การแยกกลีเซอรอล

ขั้นตอนเริ่มต้นการใช้ปฏิกิริยาทรานส์-เอสเตอร์ริฟิเคชัน โดยตมน้ำมันไส้ปลาปริมาณ 10 ลิตร ให้ได้อุณหภูมิ 50-60 °C เป็นเวลา 30 นาที จากนั้นจึงเติมสารเร่งปฏิกิริยาลงในหม้อต้มโดยใช้เมทานอล (CH₃OH) ปริมาณ 1 ลิตร และโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH) ปริมาณ 60 กรัมแล้วตมน้ำมันไส้ปลาต่อเป็นเวลา 30 นาที และปล่อยให้เย็นตัวลงจนถึงอุณหภูมิห้องเพื่อให้เกิดการตกตะกอนของกลีเซอรอลและสิ่งสกปรกจนเกิดการแยกชั้นดังรูปที่ 4 เป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วจึงเทแยกน้ำมันออกจากกลีเซอรอล ซึ่งจะได้น้ำมันไส้ปลาประมาณ 80% และกลีเซอรอล 20%



รูปที่ 3 น้ำมันใส่ปลาที่ได้จากการเจียว



รูปที่ 4 การแยกชั้นของน้ำมันและกลีเซอรไรด์

2.2.2.2 การล้างทำความสะอาดน้ำมันใส่ปลา

การนำน้ำมันใส่ปลาล้างทำความสะอาดโดยการต้มน้ำมันผสมกับน้ำสะอาดในถังที่อัตราส่วน 1:1 และทำการกวนน้ำมันกับน้ำให้เข้ากันเป็นเวลา 10 นาที จากนั้นปล่อยให้ไขมันกับน้ำแยกชั้นออกจากกัน

และจึงปล่อยน้ำออกจากถัง ทำซ้ำเช่นนี้อีกประมาณ 2-3 ครั้ง เพื่อให้ไขมันสะอาดมากขึ้น ต่อจากนั้นนำน้ำมันที่ได้จากการล้างไปต้มให้ได้อุณหภูมิ 100 °C เป็นเวลา 30 นาที เพื่อไล่น้ำออกจากน้ำมันแล้วทิ้งไว้ให้เย็นจนถึงอุณหภูมิห้อง จากนั้น นำน้ำมันใส่ปลาตรวจวัดค่าต่างๆ ที่ส่งผลต่อการผลิตไบโอดีเซล

2.2.3 การเตรียมไบโอดีเซลจากน้ำมันใส่ปลาผสมกับน้ำมันดีเซล

2.2.3.1 นำไบโอดีเซลจากน้ำมันใส่ปลาผสมกับน้ำมันดีเซล (โดยปริมาตร) ในอัตราส่วนผสมไบโอดีเซลจากน้ำมันใส่ปลา (BF) ต่อน้ำมันดีเซล (D) (BF5:D95), (BF10:D90), (BF20:D80), และ (BF0:D100) ซึ่งต่อไปนี้จะเรียกอัตราส่วนผสมเหล่านี้ว่า BF5, BF10, BF20 และ D100

2.2.3.2 นำน้ำมันใส่ปลาที่ผสมกับน้ำมันดีเซลในอัตราส่วนผสมต่างๆ ไปวิเคราะห์หาค่าต่างๆ ทางกายภาพ ดังแสดงในตารางที่ 2

หมายเหตุ น้ำมันดีเซลที่ใช้ในการทำงานวิจัยครั้งนี้เป็นน้ำมันดีเซลที่หาซื้อได้จากสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิงทั่วไป

ตารางที่ 2 ผลการตรวจสอบทางกายภาพของน้ำมันใส่ปลาผสมกับน้ำมันดีเซลในอัตราส่วนผสมต่างๆ

รายการ	วิธีทดสอบ	เกณฑ์กำหนดของไบโอดีเซล	ผลการวิเคราะห์				
			D100	BF5	BF10	BF20	B100
1. Specific Gravity @15 °C kg/ m ³	ASTM D1298	860 - 900	831	839	844	868	918
2. API	ASTM D1298	-	38.78	37.15	36.15	31.52	25.37
3. Viscosity @40 °C St	ASTM D445	1.9 - 8-0	3.06	3.64	4.75	5.11	13.41
4. Flash Point °C	ASTM D93	Min 120	68	90	92	94	152
5. Color	ASTM D1500	-	1.5	4.5	6.5	7	-
6. Heating Value kJ/kg	ASTM D240	-	46800	45418	44790	43241	38848

* เกณฑ์การกำหนดเทียบเคียงจากประกาศกรมธุรกิจพลังงานเรื่องกำหนดลักษณะและคุณภาพของไบโอดีเซลสำหรับเครื่องยนต์การเกษตร (ไบโอดีเซลชุมชน) พ.ศ. 2549



2.3 การทดสอบสมรรถนะเครื่องยนต์

การทดสอบหาสมรรถนะเครื่องยนต์จะทำการทดสอบ D100 ก่อน แล้วจึงทำการทดสอบ BF5, BF10 และ BF20 ซึ่งการทดสอบหาสมรรถนะเครื่องยนต์มีขั้นตอนการทดสอบดังนี้

1. ทำการติดเครื่องยนต์เพื่อให้เครื่องยนต์มีอุณหภูมิอยู่ในช่วงการทำงานพร้อมที่จะทำการทดสอบ โดยทำการติดเครื่องยนต์ที่รอบเดินเบา 800 rpm ประมาณ 20 นาที จากนั้นเร่งรอบเครื่องยนต์ขึ้นไป 1500 rpm เป็นเวลา 20 นาที แล้วจึงเร่งรอบเครื่องยนต์ขึ้นไปสุดคันเร่งที่รอบ 2550 rpm

2. ทำการทดสอบสมรรถนะเครื่องยนต์แบบภาระเต็ม ที่ รอบเครื่องยนต์เปลี่ยนแปลง [14] โดยใช้เงื่อนไขในการทดสอบที่ความเร็วรอบ 2450 rpm ลงมาถึง 1200 rpm ปรับคันเร่งอยู่ในตำแหน่งเร่งเต็มที่ และปรับเพิ่มภาระให้กับเครื่องยนต์เพื่อให้ได้ความเร็วรอบเครื่องยนต์ลดลงตามต้องการ ซึ่งการทดสอบในแต่ละช่วงความเร็วรอบยินยอมให้ผิดพลาดได้ไม่เกิน ± 10 rpm และใช้เวลาในการวัดความสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงเป็นเวลา 1 นาที (60 วินาที) จากนั้นทำการบันทึกค่าต่างๆ ดังนี้ (1) ความเร็วรอบเครื่องยนต์ (2) น้ำหนักบนหน้าปัดเครื่องทดสอบสมรรถนะ (3) ความสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง (4) อุณหภูมิ น้ำหล่อเย็น (5) อุณหภูมิ น้ำมันหล่อลื่น (6) อุณหภูมิ อากาศ และ (7) อุณหภูมิไอเสีย

3. นำค่าที่บันทึกได้ไปคำนวณหาค่าต่างๆ และเขียนกราฟ ความสัมพันธ์ระหว่างค่าต่างๆ เปรียบเทียบกับความเร็วรอบเครื่องยนต์

3. ผลการวิจัยและอภิปรายผล

3.1 แรงบิดเครื่องยนต์

แรงบิดสูงสุดของเครื่องยนต์ได้ลดลงตามการเพิ่มขึ้นของเปอร์เซ็นต์ไบโอดีเซล โดยแรงบิดสูงสุดของเครื่องยนต์ที่ใช้ไบโอดีเซลจากน้ำมันใส่ปลาทุกอัตราส่วนผสม มีแรงบิดสูงสุดต่ำกว่าการใช้น้ำมันดีเซล เนื่องจากค่าความหนืดของเชื้อเพลิงสูงขึ้น จึงทำให้มุมกรวยสเปรย์ลดลงส่งผลให้ฝอยละอองสเปรย์มีขนาดใหญ่ขึ้น การทำให้เป็นฝอยละอองและการระเหยของละอองลดลงในระหว่างกระบวนการฉีด จึงทำให้ประสิทธิภาพในการเผาไหม้เชื้อเพลิงลดลง รวมถึงค่าพลังงานความร้อนของเชื้อเพลิงที่ลดลง [15] ซึ่งจะเห็นได้ว่าแรงบิดสูงสุดของเครื่องยนต์มีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกันและให้แรงบิดสูงสุดที่ความเร็วรอบเท่ากันคือ 1440 rpm โดยเครื่องยนต์ที่ใช้อัตราส่วนผสม D100 ให้แรงบิดสูงสุด 34.06 N.m และตามด้วย BF5, BF10 และ BF20 ซึ่งมีแรงบิด 33.85 N.m และ 33.57 N.m ตามลำดับ ดังรูปที่ 5

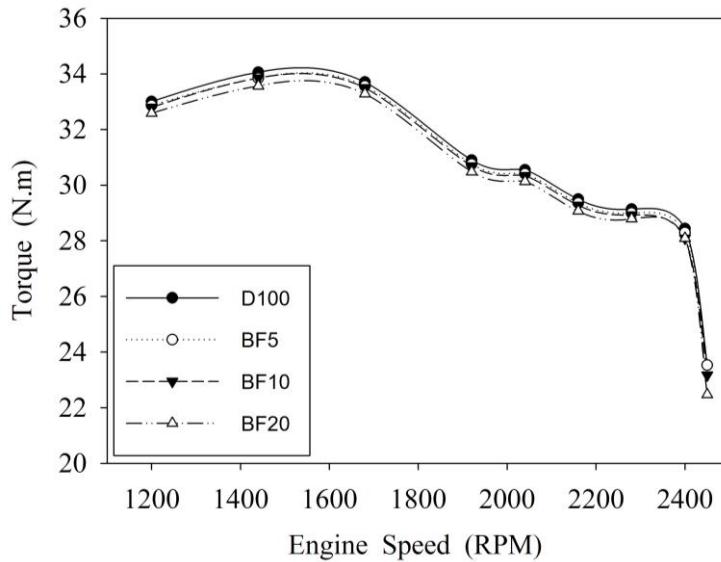
3.2 กำลังงานเบรกเครื่องยนต์

กำลังสูงสุดของเครื่องยนต์ได้ลดลงตามการเพิ่มขึ้นของเปอร์เซ็นต์ไบโอดีเซลโดยกำลังสูงสุดของเครื่องยนต์ที่ใช้ไบโอดีเซลจากน้ำมันใส่ปลาทุกอัตราส่วนผสม มีกำลังสูงสุดต่ำกว่าการใช้น้ำมันดีเซล และมีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกันให้กำลังสูงสุดที่ความเร็วรอบเท่ากันคือ 2400 rpm ซึ่งเครื่องยนต์ที่ใช้อัตราส่วนผสม D100 ให้กำลังงานเบรกสูงสุด 7.14 kW และอัตราส่วนผสม BF5, BF10 และ BF20 ให้กำลังงานเบรก 7.10 kW และ 7.05 kW ตามลำดับ ดังรูปที่ 6

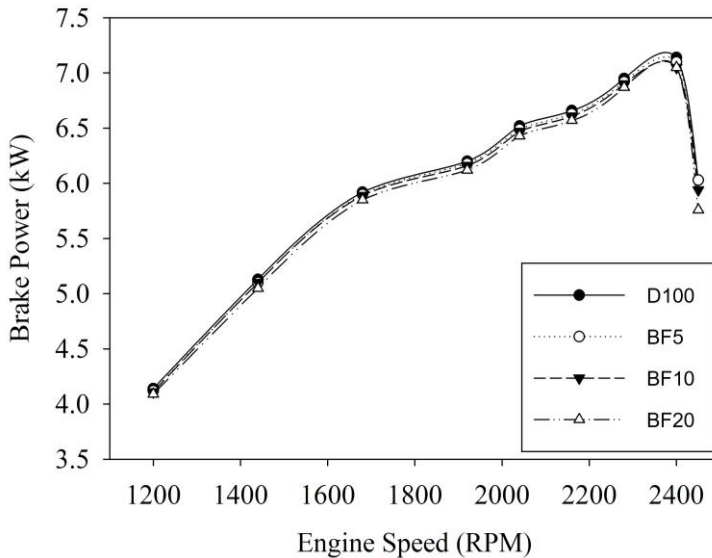


สาเหตุที่ทำให้กำลังของเครื่องยนต์ลดลงตามการเพิ่มขึ้นของไบโอดีเซลจากน้ำมันใส่ปลา เนื่องจากค่าพลังงานความร้อนของเชื้อเพลิงที่ลดลง

และค่าความหนืดที่สูงขึ้นจึงส่งผลให้ความสามารถในการระเหยตัวของเชื้อเพลิงลดลงทำให้ประสิทธิภาพในการเผาไหม้เชื้อเพลิงลดลงตามไปด้วย [15]



รูปที่ 5 เปรียบเทียบแรงบิดเครื่องยนต์



รูปที่ 6 เปรียบเทียบกำลังงานเบรกเครื่องยนต์



3.3 อัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรก

อัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรกสูงขึ้นตามการเพิ่มขึ้นของเปอร์เซ็นต์ไบโอดีเซล และตามภาระที่เครื่องยนต์ได้รับในแต่ละความเร็วยรอบ ซึ่งอัตราส่วนผสม BF20 มีอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรกสูงสุดและตามด้วย BF10, BF5 และ D100 โดย BF20 มีค่าเท่ากับ 0.306 kg/kW.hr ซึ่งสูงกว่า D100 อยู่ประมาณ 30% ที่ 2400 rpm (รูปที่ 7) สาเหตุเนื่องจากค่าพลังงานทางความร้อนของเชื้อเพลิงลดลงและค่าความหนืดที่สูงขึ้น ทำให้ความสามารถในการระเหยตัวของเชื้อเพลิงลดลง จึงส่งผลให้ประสิทธิภาพในการเผาไหม้เชื้อเพลิงลดลงตามไปด้วย [15] รวมถึงค่าความหนาแน่นของเชื้อเพลิงที่สูงขึ้น ส่งผลให้การฉีดเชื้อเพลิงโดยมวลต่อปริมาตรเพิ่มมากขึ้นตามความหนาแน่นของเชื้อเพลิงที่สูงขึ้น [16]

3.4 อัตราสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะเบรก

รูปที่ 8 แสดงอัตราสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะเบรกที่เพิ่มขึ้นตามการเพิ่มขึ้นของเปอร์เซ็นต์ไบโอดีเซล สาเหตุมาจากค่าความร้อนของเชื้อเพลิงที่ต่ำลง เมื่อเปอร์เซ็นต์ของไบโอดีเซลเพิ่มขึ้น จึงต้องใช้พลังงานมากขึ้นเพื่อให้ได้งานออกมาเท่ากัน [16] และค่าความหนืดที่สูงขึ้น ส่งผลให้การระเหยเป็นไอและการกระจายตัวของเชื้อเพลิงในห้องเผาไหม้ไม่ดีเท่าที่ควร [11, 13] ซึ่งอัตราสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะเบรกเป็นตัวบอกราค่าจำนวนพลังงานความร้อนของเชื้อเพลิงที่ได้จากการเผาไหม้เพื่อให้เปลี่ยนเป็นงาน หรืออาจกล่าวได้ว่าความสามารถในการเปลี่ยนพลังงานความร้อนให้เป็นงานได้ โดยเชื้อเพลิงที่ใช้พลังงานความร้อนที่น้อยกว่าในการเปลี่ยนให้เป็นงานที่เท่ากันย่อมดีกว่า ซึ่งหากพิจารณาจากรูปที่ 8

พบว่า D100 มีอัตราสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะเบรกต่ำกว่าทุกอัตราส่วนผสม ในทุกๆความเร็วยรอบ แสดงว่า D100 สามารถเปลี่ยนพลังงานความร้อนเป็นงานได้มากกว่าอัตราส่วนผสมอื่น จึงส่งผลให้เครื่องยนต์มีประสิทธิภาพเชิงความร้อนเบรกสูงกว่าอัตราส่วนผสม BF5, BF10 และ BF20 ตามลำดับ ดังจะเห็นได้จากรูปที่ 9 ประกอบ

3.5 ประสิทธิภาพเชิงความร้อนเบรก

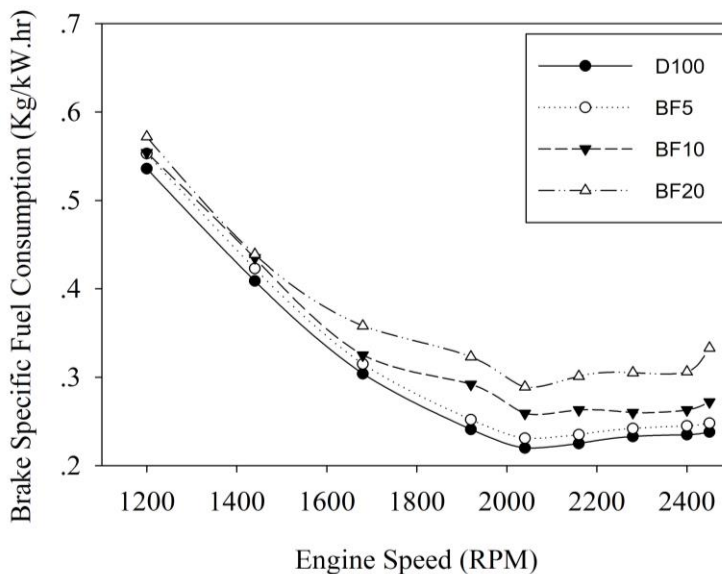
รูปที่ 9 แสดงผลประสิทธิภาพเชิงความร้อนเบรกซึ่งลดลงตามการเพิ่มขึ้นของเปอร์เซ็นต์ไบโอดีเซล และจะเปลี่ยนแปลงตามภาระที่เครื่องยนต์ได้รับในแต่ละความเร็วยรอบของเครื่องยนต์ ซึ่งจะมีค่าต่ำที่ความเร็วยรอบต่ำและมีค่าสูงขึ้นเมื่อความเร็วยรอบสูงขึ้น สาเหตุมาจากการสูญเสียความร้อนที่ลดลงและกำลังที่เพิ่มขึ้น นอกจากนี้ การเพิ่มเปอร์เซ็นต์ของไบโอดีเซลยังทำให้ค่าพลังงานความร้อนของเชื้อเพลิงลดลง การสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงเพิ่มขึ้น ส่งผลให้อัตราการปลดปล่อยความร้อนลดลง จึงทำให้ประสิทธิภาพเชิงความร้อนเบรกลดลง [15, 16] นอกจากนี้ยังมีนักวิจัยกลุ่มอื่นให้สาเหตุไว้ว่าเกิดจากค่าความหนืดที่สูงขึ้นของเชื้อเพลิงผสมไบโอดีเซลทุกอัตราส่วนผสม ส่งผลให้การระเหยเป็นไอและการเป็นฝอยละอองกระจายในห้องเผาไหม้ไม่ดี ค่าความร้อนที่ต่ำลง ส่งผลให้อัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงและอัตราสิ้นเปลืองพลังงานสูงขึ้นทำให้ประสิทธิภาพเชิงความร้อนเบรกลดลง [11, 13] หากพิจารณาจากรูปที่ 9 จะเห็นได้ว่าอัตราส่วนผสม D100 มีประสิทธิภาพเชิงความร้อนเบรกสูงสุด และตามด้วย BF5, BF10 และ BF20 ตามลำดับ ซึ่ง BF20 มีประสิทธิภาพเชิงความร้อนเบรกต่ำกว่า D100 อยู่ประมาณ 27% ที่ 2040 rpm



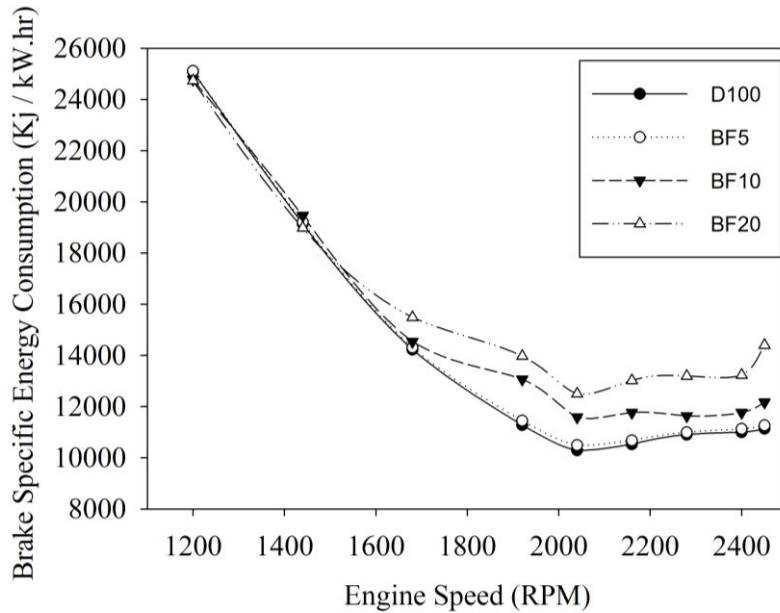
3.6 ปริมาณควันดำ

รูปที่ 10 แสดงผลของปริมาณควันดำซึ่งพบว่า จะเปลี่ยนแปลงตามภาระที่เครื่องยนต์ได้รับในแต่ละ ความเร็วรอบของเครื่องยนต์ และจะลดลงตามการ เพิ่มขึ้นของเปอร์เซ็นต์ไบโอดีเซล ซึ่งจะพบว่าที่ ความเร็วรอบ 1200 rpm หรือความเร็วรอบต่ำสุดจะมี ปริมาณควันดำสูงสุดและจะลดลงเมื่อความเร็วรอบ เพิ่มขึ้น สาเหตุมาจากในขณะที่เครื่องยนต์มีภาระสูง เชื้อเพลิงจะถูกฉีดและเผาไหม้มากขึ้น ทำให้ เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันที่ไม่สมบูรณ์ของ ไฮโดรคาร์บอนในเชื้อเพลิง ในทางกลับกันปริมาณ ควันดำที่ลดลงอย่างมีนัยสำคัญอาจเกิดจากการผสม ออกซิเจน ซึ่งเชื้อเพลิงไบโอดีเซลมีโมเลกุลของ ออกซิเจนเป็นองค์ประกอบจึงนำไปสู่การปรับปรุง

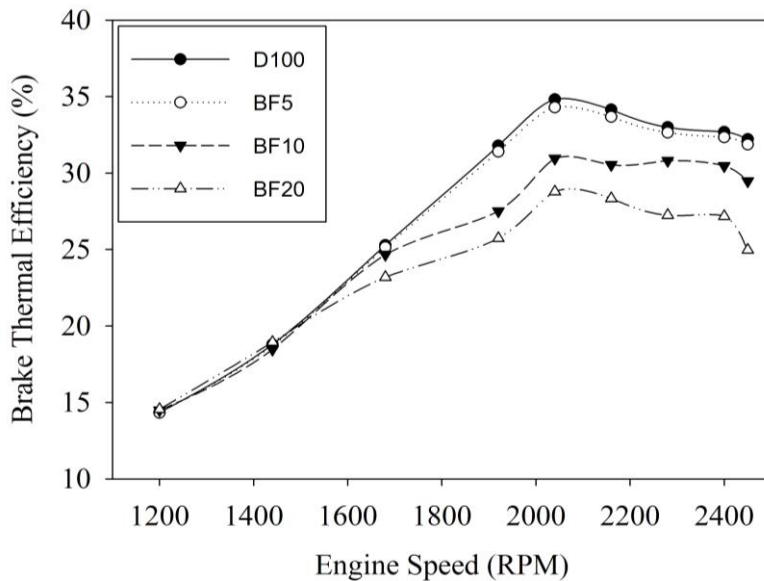
การเผาไหม้ที่ดีขึ้น [15] นอกจากนี้ปริมาณออกซิเจน และค่าซีเทนที่เพิ่มสูงขึ้นตามการเพิ่มขึ้นของ เปอร์เซ็นต์ไบโอดีเซลจากน้ำมันใส่ปลา จะทำให้อุณหภูมิของก๊าซในห้องเผาไหม้สูงขึ้นและความล่าช้า ในการจุดระเบิดสั้นลง จึงส่งเสริมการเผาไหม้ที่ไม่ สมบูรณ์ลดลง อีกทั้งไบโอดีเซลจากน้ำมันใส่ปลาไม่มี สารประกอบอะโรมาติก จึงช่วยลดการปล่อยปริมาณ ควันดำเนื่องจากกระบวนการออกซิเดชันของเชื้อเพลิง สมบูรณ์ยิ่งขึ้น [11-13], [17] หากพิจารณาจากรูปจะ เห็นได้ว่าอัตราส่วนผสม BF20 มีปริมาณควันดำต่ำสุด ถึงแม้ว่าจะมีการเผาไหม้เชื้อเพลิงในปริมาณที่ มากกว่า โดย BF20 มีปริมาณควันดำต่ำกว่า D100 ประมาณร้อยละ 13% ที่ 1200 rpm



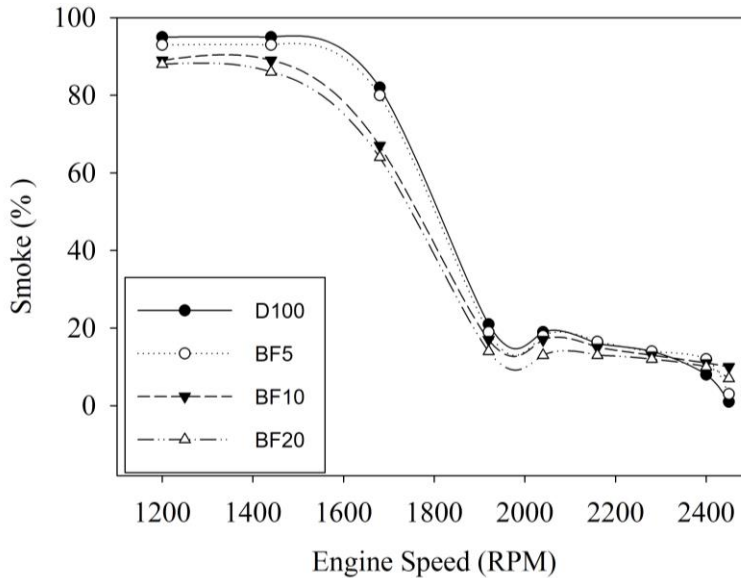
รูปที่ 7 เปรียบเทียบอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง



รูปที่ 8 เปรียบเทียบอัตราสิ้นเปลืองพลังงาน



รูปที่ 9 เปรียบเทียบประสิทธิภาพเชิงความร้อน



รูปที่ 10 ปริมาณควันดำเครื่องยนต์

4. สรุปผลการวิจัย

1. เครื่องยนต์ที่ใช้อัตราส่วนผสมไบโอดีเซลจากน้ำมันใส่ปลาทุกอัตราส่วนผสมสามารถทำงานได้ปกติ เช่นเดียวกับน้ำมันดีเซล
2. ค่าพลังงานความร้อนของเชื้อเพลิงจะลดลงตามการเพิ่มขึ้นของเปอร์เซ็นต์ไบโอดีเซลจากน้ำมันใส่ปลา โดย BF20 มีค่าความร้อนของเชื้อเพลิงต่ำสุดและต่ำกว่า D100 อยู่ 7.6%
3. เครื่องยนต์ที่ใช้ไบโอดีเซลจากน้ำมันใส่ปลาทุกอัตราส่วนผสมให้แรงบิดสูงสุดและกำลังสูงสุดของเครื่องยนต์ต่ำกว่าน้ำมันดีเซล โดย BF20 มีแรงบิดสูงสุดและกำลังสูงสุดต่ำกว่า D100 ประมาณ 1.5% ที่ 1440 rpm และ 1.3% ที่ 2400 rpm ตามลำดับ
4. เครื่องยนต์ที่ใช้ไบโอดีเซลจากน้ำมันใส่ปลาทุกอัตราส่วนผสมมีอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรก

สูงกว่าน้ำมันดีเซล โดย BF20 มีอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงสูงกว่า D100 ประมาณ 30% ที่ 2400 rpm

5. เครื่องยนต์ที่ใช้ไบโอดีเซลจากน้ำมันใส่ปลาทุกอัตราส่วนผสมมีค่าควันดำลดลงเมื่ออัตราส่วนผสมน้ำมันใส่ปลาเพิ่มขึ้น โดย BF20 มีค่าควันดำต่ำกว่า D100 ประมาณ 13% ที่ 1200 rpm

6. งานวิจัยที่ดำเนินการในครั้งนี้เป็นการศึกษาทดสอบสมรรถนะเครื่องยนต์แบบกำลังงานเบรก (Brake Horsepower) ซึ่งไม่สามารถวิเคราะห์กระบวนการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงในกระบอกสูบได้ จึงควรวิจัยเพิ่มเติมด้วยการวิเคราะห์ความดันในกระบอกสูบด้วยวิธีทดสอบสมรรถนะแบบแรงม้าบังชี้ (Indicated Horsepower)

7. ควรมีการศึกษาผลกระทบต่อการสึกหรอของชิ้นส่วน และสารหล่อลื่นเครื่องยนต์จากการใช้ไบโอดีเซลจากน้ำมันใส่ปลาเป็นเชื้อเพลิง



5. เอกสารอ้างอิง

- [1] <https://ourworldindata.org/fossil-fuels> (Accessed on 28 July 2021)
- [2] E. Jiaqiang, M. Pham, D. Zhao, Y. Deng, D. Le, W. Zuo, H. Zhu, T. Liu, Q. Peng and Z. Zhang, Effect of different technologies on combustion and emissions of the diesel engine fueled with biodiesel: A review, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2017, 80, 620–647.
- [3] E. Jiaqiang, M. Pham, Y. Deng, T. Nguyen, V. Duy, D. Le, W. Zuo, Q. Peng and Z. Zhang, Effects of injection timing and injection pressure on performance and exhaust emissions of a common rail diesel engine fueled by various concentrations of fish-oil biodiesel blends, *Energy*, 2018, 149, 979–989.
- [4] E. Jiaqiang, T. Liu, W.M. Yang, J. Li, J. Gong and Y. Deng, Effects of fatty acid methyl esters proportion on combustion and emission characteristics of a biodiesel fueled diesel engine, *Energy Conversion and Management*, 2016, 117, 410–419.
- [5] B.G. Şanlı, E. Uludamar and M. Özcanlı, Evaluation of energetic-exergetic and sustainability parameters of biodiesel fuels produced from palm oil and opium poppy oil as alternative fuels in diesel engines, *Fuel*, 2019, 258, 116116.
- [6] B.A. Oni and D. Oluwatosin, Emission characteristics and performance of Neem seed (*Azadirachta indica*) and Camelina (*Camelina sativa*) based biodiesel in diesel engine, *Renewable Energy*, 2019, 149, 725-734.
- [7] A.K. Agarwal, J.G. Gupta and A. Dhar, Potential and challenges for large-scale application of biodiesel in automotive sector, *Progress in Energy and Combustion Science*, 2017, 61, 113–149.
- [8] Z. Zhang, E. Jiaqiang, Y. Deng, M. Pham, W. Zuo, Q. Peng and Z. Yin, Effects of fatty acid methyl esters proportion on combustion and emission characteristics of a biodiesel fueled marine diesel engine, *Energy Conversion and Management*, 2018, 159, 244–253.
- [9] J.N. Nair, A.K. Kaviti and A.K. Daram, Analysis of performance and emission on compression ignition engine fuelled with blends of Neem biodiesel, *Egyptian Journal of Petroleum*, 2017, 26(4), 927–931.
- [10] www.fishmarket.co.th (Accessed on 30 June 2021)
- [11] S. Prakash, M. Prabhakar, S. Sendilvelan, R. Venkatesh, S. Singh and K. Bhaskar, Experimental studies on the performance and emission characteristics of an automobile engine fueled with fish oil methyl ester to reduce environmental pollution, *Energy Procedia*, 2019, 160, 412–419.



- [12] A. Gharehghani, M. Mirsalim and R. Hosseini, Effects of waste fish oil biodiesel on diesel engine combustion characteristics and emission, *Renewable Energy*, 2017, 101, 930–936.
- [13] B. Kathirvelu, S. Subramanian, N. Govindan and S. Santhanam, Emission characteristics of biodiesel obtained from Jatropha seed and fish wastes in a diesel engine, *Sustainable Environment Research*, 2017, 27(6), 283-290.
- [14] JISB 8018, Japanese Industrial Standard Test Method of Performance of Small Size Diesel Engine of Land Use, 1998.
- [15] T. Nguyen, M. Pham and T.L. Anh, Spray, combustion, performance and emission characteristics of a common rail diesel engine fueled by fish-oil biodiesel blends, *Fuel*, 2020, 269, 117108.
- [16] S. Godiganur, C.S. Murthy and R.P. Reddy, Performance and emission characteristics of a Kirloskar HA394 diesel engine operated on fish oil methyl esters, *Renewable Energy*, 35(2), 2010, 355-359.
- [17] S. Ushakov, H. Valland and V. Æsøy, Combustion and emissions characteristics of fish oil fuel in a heavy-duty diesel engine, *Energy Conversion and Management*, 2013, 65, 228-238.