

การเปรียบเทียบสมรรถนะและมลพิษของเครื่องยนต์ดีเซลขนาดเล็ก ที่ใช้น้ำมันดีเซล น้ำมันไบโอดีเซลปาล์ม และน้ำมันไบโอดีเซล จากเมล็ดงาหมอนเป็นเชื้อเพลิง

A COMPARATIVE STUDY OF PERFORMANCE AND EMISSIONS ON A SMALL DIESEL ENGINE USING DIESEL, PALM BIODIESEL, AND PERILLA BIODIESEL AS A FUEL

ศิริพา ทองอ่อน¹, ชัยยศ ดำรงกิจโกศล², ชาตชัย ชุมจันทร์³ และศิริพงษ์ ลัมพากิวัฒน์⁴
Siripol Tongorn¹, Chaiyot Damrongkijkosol², Chartchay Chumchanand³ and Siripong Lumpapiwat⁴

บทความวิจัย

วันที่รับบทความ 4 สิงหาคม 2565 วันที่แก้ไข 3 ตุลาคม 2565 วันที่ตอบรับ 31 ธันวาคม 2565

น้ำมันไบโอดีเซลสามารถผลิตได้จากเมล็ดของพืชหลายชนิดซึ่งแต่ละชนิดจะมีคุณสมบัติที่แตกต่างกัน นอกจากนี้สมรรถนะของเครื่องยนต์และมลพิษที่เกิดขึ้นจากเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันไบโอดีเซลก็มีค่าที่แตกต่างกับการใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ดังนั้นในงานวิจัยนี้น้ำมันไบโอดีเซลจากเมล็ดงาหมอน น้ำมันดีเซล และน้ำมันไบโอดีเซลปาล์ม จึงถูกนำไปทดสอบกับเครื่องยนต์ดีเซลขนาดเล็ก 1 สูบ ที่ภาระสูงสุดเพื่อเปรียบเทียบสมรรถนะและมลพิษที่เกิดขึ้น ผลการวิจัยพบว่า เครื่องยนต์ดีเซลขนาดเล็กที่ใช้น้ำมันไบโอดีเซลจากเมล็ดงาหมอนเป็นเชื้อเพลิงมีแรงบิดและกำลังที่ต่ำกว่าการใช้้ำมันดีเซลและน้ำมันไบโอดีเซลจากปาล์มเป็นเชื้อเพลิง โดยมีค่าแรงบิดสูงสุดต่ำกว่าการใช้้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิงเพียง 6.43% และต่ำกว่าการใช้้ำมันไบโอดีเซลจากปาล์มเพียง 3.03% แต่มีค่าความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะสูงกว่า อย่างไรก็ตามปริมาณมลพิษ เช่น CO และ HC มีค่าต่ำกว่าน้ำมันดีเซลและน้ำมันไบโอดีเซลจากปาล์ม ส่วน NOX น้ำมันไบโอดีเซลจากเมล็ดงาหมอนมีปริมาณมลพิษที่สูงกว่าน้ำมันดีเซลแต่ต่ำกว่าน้ำมันไบโอดีเซลจากปาล์ม

คำสำคัญ : ไบโอดีเซล งาหมอน การทดสอบสมรรถนะเครื่องยนต์ การทดสอบมลพิษ

¹ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

² ภาควิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมเครื่องกลกำลัง วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

³ ภาควิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมเครื่องกล วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

⁴ สาขาวิชาครุศาสตร์เครื่องกล ภาควิชาครุศาสตร์อุตสาหกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

¹ Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Phra Nakhon,

² Department of Power Engineering Technology, College of Industrial Technology, King Mongkut's University of Technology North Bangkok

³ Department of Power Engineering Technology, College of Industrial Technology, King Mongkut's University of Technology North Bangkok

⁴ Mechanical Education, Department of Technical Education, Faculty of Technical Education, Rajamangala University of

Technology Thanyaburi

*Corresponding Author Email: siripol.t@rmutp.ac.th

Abstract

Biodiesel can be produced from many oilseeds and the biodiesel fuel properties are different when produced from different oilseeds. Moreover, the engine performance and emissions are also different. Therefore, the performance and emissions of a single cylinder small diesel engine were investigated using the perilla oilseed biodiesel, palm biodiesel, and diesel as the fuels at full load condition. The experimental results showed that perilla biodiesel had lower power and torque than diesel. The maximum brake torque of the perilla biodiesel was lower than diesel 6.43% and 3.03% compared with the palm biodiesel while the brake specific fuel consumption was higher than both of those fuels. For the emissions, the perilla biodiesel emitted CO, and HC lower than both diesel and palm biodiesel. However, for the NOX, the perilla biodiesel emitted higher emission than diesel but lower than palm biodiesel.

Keywords : Biodiesel; Perrila; Engine Performance Testing; Emission Testing

บทนำ

ในปัจจุบันแหล่งพลังงานปิโตรเลียมมีอย่างจำกัดและปริมาณสำรองลดลงไปเรื่อยๆ ดังนั้นจึงมีการแสวงหาแหล่งพลังงานทดแทนจากพลังงานปิโตรเลียมที่ยั่งยืน พลังงานทดแทนประเภท Biofuel เป็นพลังงานทางเลือกที่สามารถนำมาใช้ทดแทนพลังงานปิโตรเลียมและช่วยลดผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม [1] โดยน้ำมันพืชสามารถนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงทดแทนสำหรับเครื่องยนต์ดีเซลได้โดยตรง อย่างไรก็ตามเนื่องจากปัญหาในเรื่องค่าความหนืดที่สูง และปัญหาเรื่องค่าจุดไหลเทที่อุณหภูมิต่ำ น้ำมันพืชจึงอาจไม่เหมาะสมในการนำมาใช้โดยตรงกับเครื่องยนต์ดีเซล [2] ดังนั้นน้ำมันไบโอดีเซลที่มีค่าความหนืดต่ำและคุณสมบัติอื่นๆที่ดีกว่าน้ำมันพืช จึงมีความเหมาะสมมากกว่าในการนำมาใช้กับเครื่องยนต์ดีเซล [3] น้ำมันไบโอดีเซลสามารถผลิตได้จากเมล็ดของพืชหลายชนิด เช่น น้ำมันปาล์ม น้ำมันถั่วเหลือง น้ำมันมะพร้าว น้ำมันรำข้าว น้ำมันเมล็ดทานตะวัน ซึ่งน้ำมันเมล็ด

งาม้วนเองก็มีศักยภาพที่สามารถนำมาใช้ผลิตเป็นไบโอดีเซลได้เช่นกัน โดยน้ำมันเมล็ดงาม้วนได้มาจากต้นงาม้วนที่เป็นต้นไม้ที่มีลักษณะเป็นพุ่ม โดยเมล็ดงาม้วนจะมีน้ำมันคิดเป็น 35-45% ของน้ำหนัก [4] โดยในปัจจุบันมีการปลูกต้นงาม้วนในประเทศต่างๆ เช่น จีน เกาหลีใต้ ญี่ปุ่น อินเดีย และบางส่วนของภาคเหนือของประเทศไทย [5] สำหรับกระบวนการผลิตน้ำมันไบโอดีเซลจากน้ำมันพืชนั้นจะต้องมีกระบวนการกำจัดกลีเซอรอลออกจากน้ำมันพืช โดยกระบวนการดังกล่าวเรียกว่า กระบวนการทรานเอสเทอร์ิฟิเคชัน (Transesterification) ซึ่งเป็นกระบวนการทางเคมีซึ่งเป็นการทำปฏิกิริยากันระหว่างน้ำมันพืช แอลกอฮอล์ เช่น เมทานอล หรือเอทานอลและตัวเร่งปฏิกิริยาพวกกรดแก่หรือเบสแก่ เช่น โซเดียมไฮดรอกไซด์หรือกรดไฮโดรคลอริก ในสถานะที่มีอุณหภูมิสูงเพื่อเร่งการเกิดปฏิกิริยาและเพิ่มปริมาณผลผลิต (%Yield) [6] โดยปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นจะเปลี่ยนเป็นโครงสร้างของน้ำมันจากไตรกลีเซอไรด์ (Triglycerides) เป็นสารเอสเทอร์ (Organic Acid Esters) หรือไบโอดีเซลและกลีเซอรอล [7] อย่างไรก็ตามคุณสมบัติของน้ำมันไบโอดีเซลที่ผลิตได้จะมีความแตกต่างกับน้ำมันดีเซล ซึ่งส่งผลกระทบต่อสมรรถนะและมลพิษของเครื่องยนต์ดีเซล ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสมรรถนะและมลพิษของเครื่องยนต์ดีเซลขนาดเล็กที่ใช้น้ำมันไบโอดีเซลจากเมล็ดงาม้วนเป็นเชื้อเพลิง เปรียบเทียบกับการใช้น้ำมันดีเซลและน้ำมันไบโอดีเซลจากปาล์ม

วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อเปรียบเทียบสมรรถนะและมลพิษของเครื่องยนต์ดีเซลขนาดเล็กที่ใช้น้ำมันดีเซล น้ำมันไบโอดีเซลจากปาล์ม และน้ำมันไบโอดีเซลจากเมล็ดงาม้วนเป็นเชื้อเพลิง

แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ไบโอดีเซล คือ เชื้อเพลิงเหลวซึ่งผลิตได้จากกระบวนการที่เรียกว่า Transesterification ของน้ำมันพืช หรือ ไขมันสัตว์กับเมทานอล (Methanol) โดยมี โซเดียมหรือโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาทางเคมี (Catalyst) เปลี่ยนไขมันให้เป็น Methyl Esters และ Glycerol ซึ่งเป็นผลพลอยได้ที่มีคุณค่าทางอุตสาหกรรมยาและ คอสเมติคส์ น้ำมันไบโอดีเซลจะมีลักษณะคล้ายน้ำมันดีเซลใช้แทนดีเซล หรือเติมเป็นส่วนผสมในน้ำมันดีเซลใช้กับเครื่องยนต์ดีเซลได้ เนื่องจากการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลจะมีการ

ปล่อยก๊าซมลพิษได้แก่ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และก๊าซอื่นๆ [8] ซึ่งการใช้ไบโอดีเซลเป็นเชื้อเพลิงทดแทนน้ำมันดีเซลจะเกิดก๊าซมลพิษเช่น ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ และสารประกอบไฮโดรคาร์บอนในปริมาณที่ต่ำกว่าน้ำมันดีเซล และเนื่องจากไม่มีก๊าซกำมะถันในน้ำมันไบโอดีเซลจึงไม่มีปัญหาซัลเฟต [9]

งาหม่อน หรือางาขี้หม่อนมีชื่อสามัญ คือ Perilla มีชื่อวิทยาศาสตร์ Perilla frutescens (L.) Britton จัดอยู่ในวงศ์กะเพรา LAMIACEAE พบว่าปลูกอยู่ทางภาคเหนือของประเทศไทยมานาน เมล็ดของางาขี้หม่อนจะมีขนาดเล็กกลมและขนาดใกล้เคียงกับเมล็ดงา มีชื่อแตกต่างกันไปตามแต่ละท้องถิ่น เช่น งาหม่อน (แม่ฮ่องสอน) งาขี้หม่อน งาบุก (คนเมือง) แง (กาญจนบุรี) นอ (กะเหรี่ยงแม่ฮ่องสอน กะเหรี่ยงเชียงใหม่) น่อง (กะเหรี่ยง-กาญจนบุรี) ง้า (ลัวะ) งาเจียง (ลาว) งาหม่อน เป็นต้น สำหรับางาขี้หม่อนที่ปลูกในประเทศไทยได้มีการศึกษาปริมาณกรดไขมันจากางาขี้หม่อนที่ปลูกทางภาคเหนือของประเทศไทย โดยจากการสุ่มตัวอย่างางาขี้หม่อนที่กำลังพัฒนาสายพันธุ์จำนวน 4 สายพันธุ์เพื่อทำการวิเคราะห์ปริมาณน้ำมันพบว่ามีปริมาณน้ำมันรวม 43-44% และเป็นโอเมก้า 3 11-15% ส่วนเมล็ดางาขี้หม่อนสีขาขนาดใหญ่มีปริมาณน้ำมันรวม 43.1% เป็นโอเมก้า 3 15.01% เมล็ดางาขี้หม่อนสีน้ำตาลเข้มขนาดเล็กมีปริมาณน้ำมันรวม 52.02% เป็นโอเมก้า 3 11.08% เมล็ดางาขี้หม่อนสีเทาอ่อนขนาดใหญ่มีปริมาณน้ำมันรวมมากที่สุด 55.83% เป็นโอเมก้า 3 12.73% ซึ่งจะแตกต่างกันไปตามแหล่งที่เพาะปลูกหรือสายพันธุ์ที่เพาะปลูก [10]

การทดสอบสมรรถนะและมลพิษของเครื่องยนต์ สมรรถนะเครื่องยนต์หมายถึงความสามารถของเครื่องยนต์นั้น ๆ ในการทำงานบ่งบอกให้ทราบถึงลักษณะเฉพาะตัวของเครื่องยนต์นั้น ๆ ซึ่งสมรรถนะเครื่องยนต์ถูกกำหนดด้วยหลายตัวแปรเช่น แรงบิด กำลัง ประสิทธิภาพเชิงความร้อน ความเร็วรอบเครื่องยนต์และการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง โดยการทดสอบสมรรถนะเครื่องยนต์ เครื่องยนต์จะถูกติดตั้งเข้ากับเครื่องทดสอบสมรรถนะเครื่องยนต์ (Engine Dynamometer) เพื่อทดสอบสมรรถนะต่างๆของเครื่องยนต์ [9] สำหรับการทดสอบมลพิษของเครื่องยนต์นั้นเนื่องจากการเกิดมลพิษของเครื่องยนต์สันดาปภายในมีปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อปริมาณมลพิษที่เกิดขึ้นหลายปัจจัย เช่น การใช้เชื้อเพลิงต่างชนิด ขนาดและคุณลักษณะของเครื่องยนต์ รวมถึงเทคโนโลยีของเครื่องยนต์ (Engine Specification and Engine Technology) หรือการขับขี่ในสภาวะที่แตกต่างกันเช่นการขับขี่ในเมืองและนอกเมือง รวมถึงภาระของเครื่องยนต์ (Engine Load) [11] ที่แตกต่างกัน ซึ่ง

การทดสอบมลพิษของเครื่องยนต์จะนำเครื่องวัดปริมาณก๊าซมลพิษ (Exhaust Gas Analyzer) ติดตั้งเข้ากับบริเวณท่อไอเสียของเครื่องยนต์เพื่อวัดปริมาณก๊าซมลพิษที่เกิดขึ้นในสภาวะการทำงานของเครื่องยนต์ที่ต้องการทดสอบ

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Suphakarn J. และคณะ [7] ได้ศึกษาการผลิตน้ำมันไบโอดีเซลจากกระบวนการทรานเอสเทอริฟิเคชันโดยใช้สารเร่งปฏิกิริยาต่างชนิด และนำน้ำมันไบโอดีเซลที่ผลิตได้ไปทดสอบคุณสมบัติพื้นฐานเช่น ความถ่วงจำเพาะ ความหนืด จากนั้นนำน้ำมันไบโอดีเซลที่ผลิตได้และมีคุณสมบัติใกล้เคียงกับไบโอดีเซลมากที่สุดไปทำการทดสอบเพื่อวัดสมรรถนะเครื่องยนต์ดีเซลขนาดเล็กที่ใช้ น้ำมันไบโอดีเซลที่ผลิตได้เปรียบเทียบกับน้ำมันดีเซล โดยผลการวิจัยพบว่า น้ำมันไบโอดีเซลที่ผลิตโดยใช้สารเร่งปฏิกิริยาโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ มีค่าคุณสมบัติใกล้เคียงกับน้ำมันดีเซลมากที่สุด และเมื่อนำไปทดสอบสมรรถนะเครื่องยนต์พบว่ากำลังม้าสูงสุดของเครื่องยนต์ที่ใช้ น้ำมันไบโอดีเซลน้อยกว่าเครื่องยนต์ที่ใช้ น้ำมันดีเซลคิดเป็นร้อยละ 4.13 แต่ให้แรงบิดสูงสุดมากกว่าคิดเป็นร้อยละ 1.29

Bai-Fu Lin และคณะ [12] ได้ศึกษาผลกระทบของการใช้น้ำมันไบโอดีเซลต่อสมรรถนะและมลพิษของเครื่องยนต์ดีเซล โดยผู้วิจัยได้นำน้ำมันไบโอดีเซลจากพืช 8 ชนิดมาทดสอบในเครื่องยนต์ดีเซลประเภท Direct Injection ซึ่งผลทดสอบพบว่า การใช้น้ำมันไบโอดีเซลทำให้เครื่องยนต์มีค่าความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะสูงขึ้นเนื่องจาก น้ำมันไบโอดีเซลมีค่าความร้อนต่ำกว่าน้ำมันดีเซล นอกจากนี้ในด้านกำลังของเครื่องยนต์พบว่าการใช้น้ำมันไบโอดีเซลเป็นเชื้อเพลิงสามารถผลิตกำลังเครื่องยนต์ได้ใกล้เคียงกับการใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิงเนื่องจาก น้ำมันไบโอดีเซลมีค่าซีเทนที่สูงซึ่งช่วยปรับปรุงคุณภาพการเผาไหม้ รวมถึงการที่น้ำมันไบโอดีเซลมีส่วนประกอบของออกซิเจนที่ช่วยปรับปรุงกระบวนการเผาไหม้ และส่งผลให้ควันดำและสารประกอบไฮโดรคาร์บอนของเครื่องยนต์ดีเซลที่ใช้ น้ำมันไบโอดีเซลลดลง

วิธีดำเนินการวิจัย

การดำเนินการวิจัยเรื่องการเปรียบเทียบสมรรถนะและมลพิษของเครื่องยนต์ดีเซลขนาดเล็กที่ใช้ น้ำมันดีเซล น้ำมันไบโอดีเซลปาล์มและน้ำมันไบโอดีเซลจากเมล็ดงาอ่อนเป็นเชื้อเพลิงสามารถแบ่งออกเป็น 3 ส่วนดังนี้

1.การผลิตไบโอดีเซลจากเมล็ดงาอ่อนและไบโอดีเซลปาล์ม

การผลิตไบโอดีเซลจากเมล็ดงาอ่อนจะต้องมีการเตรียมวัตถุดิบได้แก่ น้ำมันจากเมล็ดงาอ่อน น้ำมันปาล์ม เมทานอล และสารเร่งปฏิกิริยา ได้แก่ โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH) โดยขั้นตอนแรกของการผลิตไบโอดีเซลจากเมล็ดงาอ่อนคือการนำเมทานอลปริมาณ 20 % โดยปริมาตรของน้ำมันเมล็ดงาอ่อนมาผสมกับโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ จำนวน 5 กรัม/ลิตร ของน้ำมันเมล็ดงาอ่อนโดยปริมาตร และจากนั้นให้นำเมทานอลที่ผสมกับสารเร่งปฏิกิริยาแล้วนำมาผสมกับน้ำมันเมล็ดงาอ่อนที่ถูกอุ่นไว้ที่อุณหภูมิ 65 °C แล้วทำการกวนต่อไปด้วยเครื่องกวนสารเป็นเวลา 30 นาที หลังจากนั้นทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเพื่อให้เกิดการทำปฏิกิริยากันจนสมบูรณ์ โดยจะได้ผลผลิตออกมาเป็นไบโอดีเซลและกลีเซอรินที่แยกชั้นกันซึ่งต้องนำมาแยกส่วนและนำมาล้างด้วยน้ำกลั่นเพื่อให้ได้ค่า PH = 7 โดยขั้นตอนการผลิตน้ำมันไบโอดีเซลปาล์มก็มีขั้นตอนการผลิตเช่นเดียวกันกับการผลิตน้ำมันไบโอดีเซลจากเมล็ดงาอ่อน

2. การทดสอบคุณสมบัติของน้ำมันไบโอดีเซลจากเมล็ดงาอ่อน

น้ำมันไบโอดีเซลจากเมล็ดงาอ่อนถูกนำไปทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพต่างๆ เช่น ค่าความหนืด ค่าความถ่วงจำเพาะ ตามมาตรฐาน ASTM โดยได้ส่งตัวอย่างน้ำมันเชื้อเพลิงทั้ง 3 ชนิดไปทำการทดสอบที่กรมวิทยาศาสตร์ทหารเรือ ซึ่งผลการทดสอบคุณสมบัติของน้ำมันไบโอดีเซลจากเมล็ดงาอ่อนเปรียบเทียบกับน้ำมันดีเซล และน้ำมันไบโอดีเซลจากปาล์มแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 คุณสมบัติของน้ำมันดีเซล น้ำมันไบโอดีเซลปาล์ม และไบโอดีเซลงาอ่อน ที่ใช้ในการทดสอบ

รายการ	มาตรฐานการทดสอบ	ผลการวิเคราะห์		
		Diesel	Perilla Biodiesel	Plam Biodiesel
1. Viscosity @40 °C, cSt	ASTM D445	3.36	5.13	4.55
2. Flash Point, °C	ASTM D93	73	177	189
3. Specific Gravity @60°C	ASTM D1298	0.810	0.882	0.856
4. API	ASTM D1298	37.93	29.48	33.80
5. TAN, mgKOH/g	ASTM D664	-	0.65	0.54
6. Total Glycerin, %W/W	ASTM D7889	-	0.87	0.65

ตารางที่ 1 คุณสมบัติของน้ำมันดีเซล น้ำมันไบโอดีเซลปาล์ม และไบโอดีเซลงาฉ่ำที่ใช้ในการทดสอบ (ต่อ)

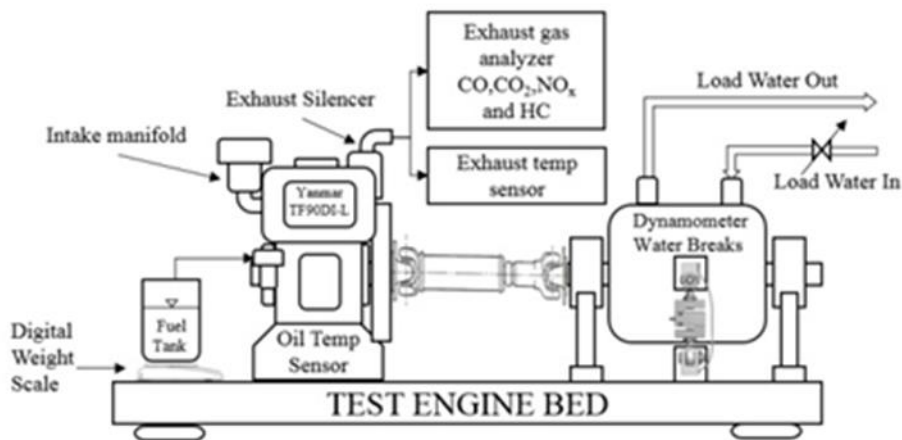
รายการ	มาตรฐานการทดสอบ	ผลการวิเคราะห์		
		Diesel	Perilla Biodiesel	Plam Biodiesel
7. Heating Value, MJ/kg	ASTM D240	45.34	40.83	41.63

3.การทดสอบสมรรถนะและมลพิษของเครื่องยนต์ดีเซลขนาดเล็ก

น้ำมันไบโอดีเซลจากเมล็ดงาฉ่ำที่ผลิตจากกระบวนการ Transesterification จะถูกนำไปทดสอบเปรียบเทียบกับน้ำมันดีเซล และน้ำมันไบโอดีเซลปาล์ม โดยเครื่องยนต์ที่ใช้ทดสอบเป็นเครื่องยนต์ดีเซลขนาดเล็กยี่ห้อ Yanmar รุ่น TF 90 DI-L โดยมีรายละเอียดดังตารางที่ 2 โดยเครื่องยนต์ดังกล่าวถูกนำไปติดตั้งกับอุปกรณ์ในการทดสอบต่างๆเช่น เครื่องทดสอบสมรรถนะเครื่องยนต์ (Engine Dynamometer) ประเภท water brake เครื่องทดสอบมลพิษ (Exhaust Gas Analyzer) และอุปกรณ์อื่นๆดังแสดงในภาพที่ 1

ตารางที่ 2 ข้อมูลจำเพาะของเครื่องยนต์ Yanmar รุ่น TF 90 DI-L

รายการ	รายละเอียดของเครื่องยนต์
ชนิดเครื่องยนต์	เครื่องยนต์ดีเซล แบบห้องเผาไหม้แบบฉีดตรง
	1 สูบ 4 จังหวะระบายความร้อนด้วยน้ำ
ปริมาตร	493 ซีซี
กระบอกสูบ × ระยะชัก	85×87 (มม × มม)
กำลังม้าสูงสุด	9.0/2400 แรงม้า/rpm
	6.6 kW @ 2400 rpm
อัตราส่วนการอัด	16.6 : 1



ภาพที่ 1 แผนภาพการทดสอบสมรรถนะและมลพิษของเครื่องยนต์

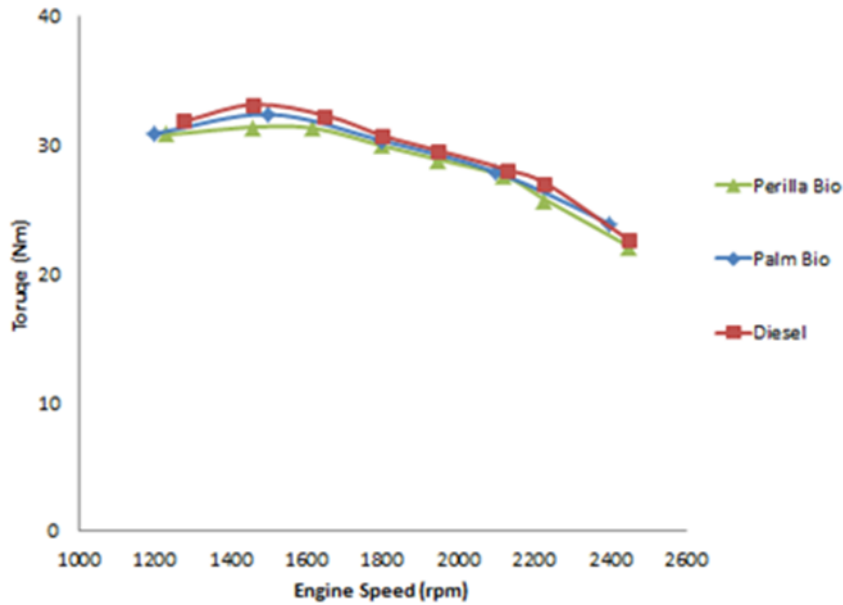
จากภาพที่ 1 แสดงแผนภาพของเครื่องยนต์ที่ถูกติดตั้งเข้ากับอุปกรณ์ต่างๆ ในการทดสอบเครื่องยนต์จะเริ่มต้นจากการใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง โดยมีขั้นตอนการทดสอบได้แก่ ทำการอุ่นเครื่องยนต์จนถึงอุณหภูมิทำงานของเครื่องยนต์จากนั้นทำการเติมน้ำมันลงในถังน้ำมันเชื้อเพลิงที่ตั้งอยู่บนตาชั่งดิจิตอล แล้วทำการทดสอบเครื่องยนต์ที่สภาวะ Full Load ที่รอบเครื่องยนต์ 1,200 ถึง 2,400 รอบต่อนาที เพื่อทดสอบค่าแรงบิด ความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง และค่ามลพิษต่างๆ โดยทำการทดสอบเชื้อเพลิงประเภทอื่นตามเงื่อนไขและวิธีการทดสอบเดียวกันนี้

ผลการวิจัย

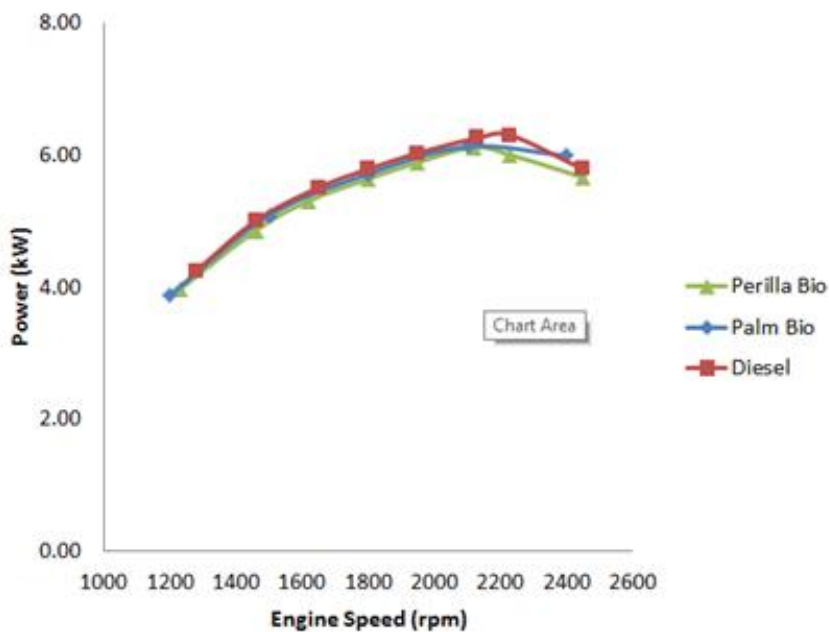
ผลการวิจัยเรื่องการเปรียบเทียบสมรรถนะและมลพิษของเครื่องยนต์ดีเซลขนาดเล็กที่ใช้น้ำมันดีเซล น้ำมันไบโอดีเซลปาล์มและน้ำมันไบโอดีเซลจากเมล็ดงาหมอนเป็นเชื้อเพลิงสามารถแบ่งออกเป็น 2 ส่วนหลักดังนี้

1. ผลการทดสอบสมรรถนะเครื่องยนต์

แรงบิดและกำลังของเครื่องยนต์ดีเซลขนาดเล็กที่ใช้น้ำมันดีเซล น้ำมันไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์ม และน้ำมันไบโอดีเซลจากเมล็ดงาหมอนได้ถูกแสดงไว้ในภาพที่ 2 และ 3 ขณะที่อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะถูกแสดงไว้ในภาพที่ 4



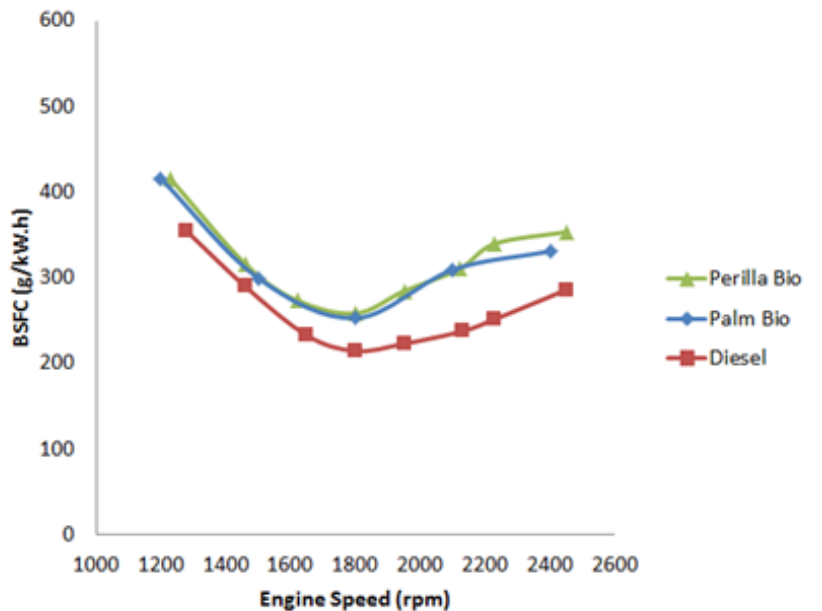
ภาพที่ 2 แรงบิดของเครื่องยนต์ดีเซลขนาดเล็ก



ภาพที่ 3 กำลังของเครื่องยนต์ดีเซลขนาดเล็ก

จากภาพที่ 2 และ 3 พบว่าการใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิงให้ค่าแรงบิดและกำลังของเครื่องยนต์ที่สูงกว่าน้ำมันไบโอดีเซลทั้งสองชนิดโดยน้ำมันไบโอดีเซลปาล์มมีแรงบิดที่สูงกว่าน้ำมันไบโอดีเซลจากเมล็ดงาเนื่องจากน้ำมันไบโอดีเซลจากเมล็ดงามีค่าความร้อนที่ต่ำกว่าและมีค่าความหนืดที่สูงกว่าน้ำมันทั้งสองชนิด [8,9] ดังแสดงในตารางที่ 1

อย่างไรก็ตามการที่น้ำมันไบโอดีเซลทั้งสองชนิดสามารถผลิตแรงบิดและกำลังได้ใกล้เคียงกับน้ำมันดีเซลทั้งที่มีค่าความร้อนต่ำกว่านั้น เนื่องจากค่าความถ่วงจำเพาะของน้ำมันไบโอดีเซลทั้งสองชนิดสูงกว่าน้ำมันดีเซลทำให้มีปริมาณการฉีดต่อหน่วยปริมาตรที่สูงกว่าและการเผาไหม้ที่ดีกว่า [8] เนื่องจากไบโอดีเซลมีออกซิเจนเป็นส่วนประกอบช่วยให้การเผาไหม้สมบูรณ์มากขึ้น [9] ซึ่งค่าแรงบิดสูงสุดของน้ำมันไบโอดีเซลจากเมล็ดงาอ่อนต่ำกว่าค่าแรงบิดสูงสุดของน้ำมันดีเซลและน้ำมันไบโอดีเซลเท่ากับ 6.43% และ 3.03%

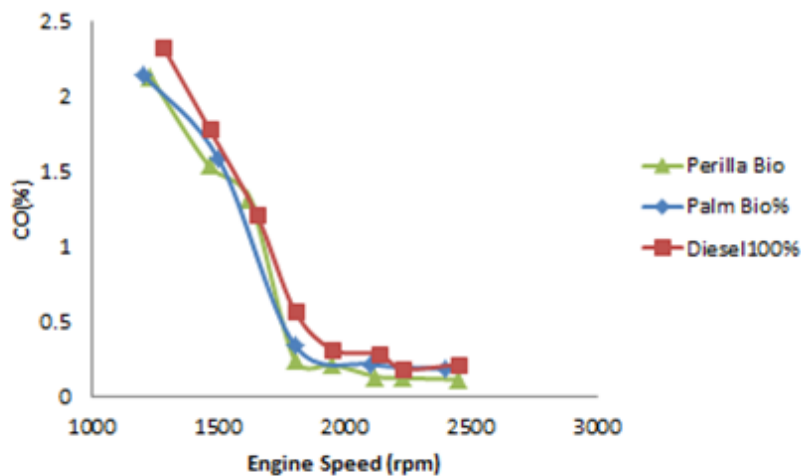


ภาพที่ 4 อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะของเครื่องยนต์ดีเซลขนาดเล็ก

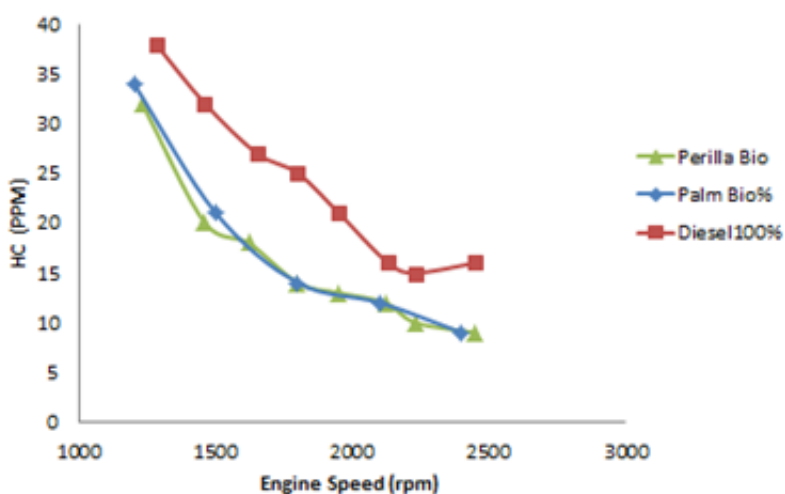
จากภาพที่ 4 พบว่าค่าความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงน้ำมันจำเพาะของการใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิงมีค่าน้อยกว่าการใช้น้ำมันไบโอดีเซลทั้งสองชนิดในทุกช่วงความเร็วรอบ ซึ่งเป็นผลมาจากค่าความร้อนที่ต่ำกว่าของเชื้อเพลิงทำให้ผลิตกำลังของเครื่องยนต์ได้ต่ำกว่า [10,11,12] โดยน้ำมันไบโอดีเซลจากเมล็ดงาอ่อนมีค่าความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะต่ำสุดต่างกับกับน้ำมันดีเซลและน้ำมันไบโอดีเซลจากปาล์มอยู่ที่ 20.54% และ 3.28%

2. ผลการทดสอบมลพิษของเครื่องยนต์

ปริมาณสารมลพิษ CO HC และ NO_x ที่ปล่อยจากเครื่องยนต์ดีเซลที่ใช้น้ำมันดีเซล น้ำมันไบโอดีเซลจากปาล์ม น้ำมันไบโอดีเซลจากเมล็ดงา มัน ได้ถูกแสดงไว้ในภาพที่ 5 ถึง ภาพที่ 7 ตามลำดับ

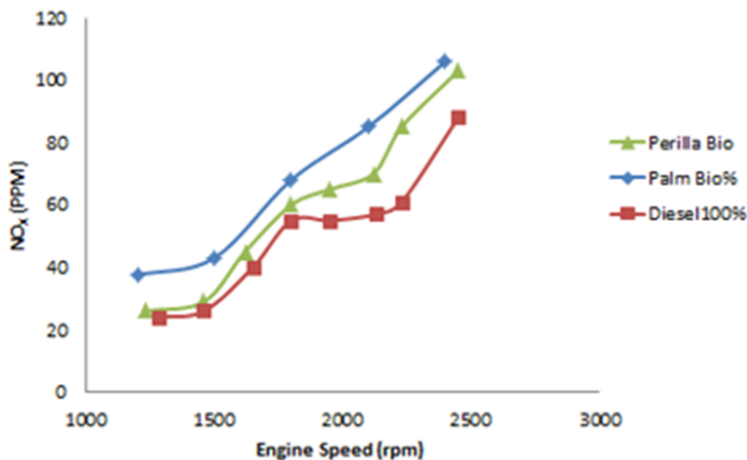


ภาพที่ 5 ปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO)



ภาพที่ 6 ปริมาณสารไฮโดรคาร์บอน (HC)

จากภาพที่ 5 พบว่าปริมาณ CO ของการใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิงมีแนวโน้มมีปริมาณมลพิษสูงกว่าการใช้น้ำมันไบโอดีเซลทั้งสองชนิดเป็นเชื้อเพลิง เนื่องจากน้ำมันไบโอดีเซลมีออกซิเจนผสมอยู่ในเชื้อเพลิงทำให้สามารถเผาไหม้ได้สมบูรณ์กว่า [9,13] โดยน้ำมันไบโอดีเซลจากเมล็ดงาอ่อนก่อให้เกิดมลพิษทั้งสองน้อยที่สุดโดยสามารถลดมลพิษ CO เมื่อเทียบกับน้ำมันดีเซลและน้ำมันไบโอดีเซลจากปาล์มลงได้มากที่สุดเท่ากับ 57.89% และ 38.09% ตามลำดับ ขณะที่จากภาพที่ 6 พบว่าปริมาณ HC ของการใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิงมีค่าสูงกว่าการใช้น้ำมันไบโอดีเซลทั้งสองชนิดเป็นเชื้อเพลิงเนื่องจากการเผาไหม้ที่อุณหภูมิสูงกว่าช่วยป้องกันการ Condensation ของสารประกอบไฮโดรคาร์บอนซึ่งจะช่วยลดปริมาณสารไฮโดรคาร์บอนที่ไม่เผาไหม้ได้ [15] นอกจากนี้ปริมาณออกซิเจนที่อยู่ในน้ำมันไบโอดีเซลจะช่วยให้เกิดการเผาไหม้ที่สมบูรณ์มากขึ้นและช่วยลดปริมาณสารประกอบไฮโดรคาร์บอนเช่นกัน [8,15] โดยน้ำมันไบโอดีเซลจากเมล็ดงาอ่อนมีปริมาณสารประกอบไฮโดรคาร์บอนน้อยกว่าน้ำมันดีเซลที่ 48.14% ขณะที่ค่าสารประกอบไฮโดรคาร์บอนใกล้เคียงกับน้ำมันไบโอดีเซลจากปาล์ม โดยมีความแตกต่างเพียงแค่ 5.88%



ภาพที่ 7 ปริมาณก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ (NO_x)

จากภาพที่ 7 พบว่าปริมาณสารประกอบไฮโดรคาร์บอนของการใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิงมีค่าสูงกว่าการใช้น้ำมันไบโอดีเซลทั้งสองชนิดเป็นเชื้อเพลิงเนื่องจากการเผาไหม้ที่อุณหภูมิสูงกว่าช่วยป้องกันการ Condensation ของ Hydrocarbon ซึ่งจะช่วยลดไฮโดรคาร์บอนที่ไม่เผาไหม้ได้ [15] นอกจากนี้ปริมาณออกซิเจนที่อยู่ในน้ำมันไบโอดีเซลจะ

ช่วยให้เกิดการเผาไหม้ที่สมบูรณ์มากขึ้น [8,15] โดยน้ำมันไบโอดีเซลจากเมล็ดงาอ่อนมีปริมาณสารประกอบไฮโดรคาร์บอนน้อยกว่าน้ำมันดีเซลที่ 48.14% ขณะที่ค่าสารประกอบไฮโดรคาร์บอนใกล้เคียงกับน้ำมันไบโอดีเซลจากปาล์ม โดยมีความแตกต่างเพียงแค่ 5.88%

สรุปผลการทดลอง

เครื่องยนต์ดีเซลขนาดเล็กที่ใช้น้ำมันไบโอดีเซลจากเมล็ดงาอ่อนเป็นเชื้อเพลิงมีค่าแรงบิดสูงสุดต่ำกว่าการใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิงเพียง 6.43% และต่ำกว่าการใช้น้ำมันไบโอดีเซลจากปาล์มเพียง 3.03% และค่าความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะต่ำสุดต่างกับน้ำมันดีเซลและน้ำมันไบโอดีเซลจากปาล์มอยู่ที่ 20.54% และ 3.28% ขณะที่ปริมาณมลพิษที่เช่น CO CO₂ และ HC ต่ำกว่าน้ำมันดีเซลและน้ำมันไบโอดีเซลจากปาล์ม ส่วน NO_x น้ำมันไบโอดีเซลจากเมล็ดงาอ่อนมีปริมาณมลพิษที่สูงกว่าน้ำมันดีเซลแต่ต่ำกว่าน้ำมันไบโอดีเซลจากปาล์ม ดังนั้นน้ำมันไบโอดีเซลจากเมล็ดงาอ่อนจึงเป็นอีกหนึ่งทางเลือกที่อาจนำมาผลิตเป็นน้ำมันไบโอดีเซลเพื่อใช้เชื้อเพลิงทดแทนน้ำมันดีเซลในเครื่องยนต์ดีเซลขนาดเล็กต่อไปได้ เนื่องจากมีคุณสมบัติของน้ำมันเชื้อเพลิงเช่น ค่าความหนาแน่นของเชื้อเพลิง ค่าความหนืด และ จุดวาบไฟ เป็นตามมาตรฐานข้อกำหนดของไบโอดีเซลชุมชน [20] และมีสมรรถนะของเครื่องยนต์แตกต่างจากการใช้น้ำมันดีเซลเพียงเล็กน้อย

ข้อเสนอแนะจากการวิจัย

ควรทำการทดสอบสมรรถนะและมลพิษของน้ำมันไบโอดีเซลที่ผลิตจากน้ำมันพืชหรือไขมันสัตว์ชนิดอื่นๆเพิ่มเติม รวมถึงอาจทำการทดสอบเมื่อมีการผสมน้ำมันไบโอดีเซลกับน้ำมันดีเซลในอัตราส่วนที่ต่างกันเพิ่มเติม

เอกสารอ้างอิง

- [1] Ardebili M.S., Ghobadian B., Najafi G., and Chegeni A. (2011). Biodiesel production potential from edible oil seeds in Iran. **Renew Sustain Energy Reviews**. Vol. 15, pp. 3041–3044
- [2] Tanzer E. Murat K. Y., Cuneyt C., and Osman G. (2016). Biodiesel Production potential from oil seeds in Turkey. **Renewable and Sustainanle Energy Review** Vol. 58, pp. 842-851

- [3] Singh S.P. and Singh D. (2010). Biodiesel production through the uses of different sources and characterization of oils and their esters as the substitute of diesel : A review. **Renewable and Sustainable Energy Review**. Vol. 14, pp. 200-216
- [4] Shannon D. S., James M. W., Parag S. S., Claudia W., Marlen A. V., Glen R. M. (2009). **Feedstock and Biodiesel Characteristic Report**. Renewable Energy Group Inc.
- [5] Sasithorn S., Bhagavathi S.S., Noppawat P., and Manee S. (2015). Impact of different pre-treatment strategies on the quality of fatty acid composition, tocopherols content and metabolics syndrome related activities of *Perilla frutescens* seed oil. **Journal of Applied Pharmaceutical Science**. Vol 6, pp. 1-8
- [6] Kralova I., and Sjöblom J. (2010). Biofuels–renewable energy sources: a review. **J Dispers Sci Technol**. Vol. 31, pp. 409–25.
- [7] Suphakarn J., Chaiyot D., and Parnthip B. (2015). The comparative fuel properties of biodiesel produced by transesterification process with different alkaline catalysts. In **Proceedings of the 6 th RMUTP International Conference on Science, Technology and Innovation for Sustainable Development**.
- [8] ชัยยศ ดำรงกิจโกศล. (2562). ยานยนต์ไฟฟ้า. **วารสารวิชาการ T-VET Journal สถาบันการอาชีวศึกษาภาคเหนือ 3**. ปีที่ 3 ฉบับที่ 5 หน้า 4-12.
- [9] ชัยยศ ดำรงกิจโกศล ปวีรรต พุ่มวรรต และสุรพงศ์ สำลีพันธุ์. (2563). ผลกระทบของไดเอทิลอีเทอร์ในน้ำมันไบโอดีเซลมะพร้าวต่อสมรรถนะของเครื่องยนต์ดีเซลขนาดเล็ก. **วารสารวิชาการ T-VET Journal สถาบันการอาชีวศึกษาภาคเหนือ 3**. ปีที่ 4 ฉบับที่ 8 หน้า 137-149.
- [10] กัษมาพร ปัญตะบุตร. (2562). งามั้มนและประโยชน์ต่อสุขภาพ. **อาหาร**. ปีที่ 49 ฉบับที่ 3 หน้า 11-16.

- [11]ศิริพล ทองอ่อน และชัยยศ ดำรงกิจโกศล. (2563). ผลของภาระการบรรทุกผู้โดยสาร ต่อปริมาณการปล่อยสารมลพิษของรถยนต์นั่งส่วนบุคคลไม่เกิน 7 ที่นั่ง. **วิศวกรรมสารเกษมบัณฑิต**. ปีที่ 10 ฉบับที่ 2 หน้า 27-37.
- [12] Bai-Fi L., Jyun-Han H., and Dao-Yi H. (2009). Experimental study of the effect of vegetable oil methyl ester on DI diesel engine performance characteristics and pollutant emissions. **Fuel**. Vol. 88, pp. 1779-1185
- [13] Jinlin X., Tony E.G., Alan C.H. (2011). Effect of biodiesel on engine performances and emissions. **Renewable and sustainable energy review**. Vol. 15, pp. 1098-1116
- [14] Aydin H., and Bayindir H. (2010). Performance and emission analysis of cottonseed oil methyl ester in a diesel engine. **Renew Energy**. Vol 35, pp. 588-592
- [15] Shirneshan A., Almassi M. (2013). Brake Specific Fuel Consumption of Diesel Engine by Using Biodiesel from Waste Cooking Oil. **World of Science Journal**. Vol 1, pp. 45-52
- [16] Shirneshan A., (2014). Investigating the effects of Biodiesel from Waste Cooking Oil and Engine Operating Conditions on the Diesel Engine Performance by Response Surface Methodology. **Transactions of Mechanical Engineering**, Vol. 38, pp. 289-301
- [17] Kunanon Sakkampang, and Kiatfa Tangchaichit. (2013). Study of Performance and Emission Characteristics of a High Speed Diesel Engine when using Biodiesel from Chicken Tallow. **KKU Research Journal**. Vol 18, pp. 616-627 [In Thai].
- [18] Palash S.M., Kalam M.A., Masjuki., B.M., Masum B.M., Rizwanul F.I.M., Mofijur M. (2013). Impacts of biodiesel combustion on NOx emissions and their reduction approaches. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**. Vol 23, pp. 473-490

- [19] DHARMADHIKARI H.M. (2012). Performance and emissions of CI Engine using Blends of Biodiesel and Diesel at Different Injection Pressures. **International Journal of Applied Research in Mechanical Engineering**. Vol2, pp.147-153
- [20] พรนภา เพ็ชรอำไพ บัณฑูร เวียงมูล ชนากานต์ เพิ่มฉลาด และ ศิริनुช จินดารักษ์. (2564). การผลิตไบโอดีเซลระดับชุมชนจากน้ำมันทอดไก่ วารสารพลังงานทดแทนสู่ชุมชน. ปีที่ 4 ฉบับที่ 1 หน้า 54-61.