

ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของเครื่องยนต์ดีเซลเมื่อนำน้ำมันไบโอดีเซลจากน้ำมันรำข้าว Environmental Effect of Diesel Engine by using Biodiesel Produced from Rice-Bran Oil

วิรุณ โมณะตระกูล* ปริมพัฒน์ สุจันงโตกุล สุกัญญา หงษ์ทอง สมใจ ขจรชีพพันธุ์งาม ชลดา ยอดยิ่ง

รังสรรค์ พงษ์พัฒน์อำไพ และ สราวุธ ด้วงแก้ว

Wiroon Monatrakul* Purimpat Sujumnongtokul Sukanya Hongthong Somjai Kajoncheppungram

Chonlada Yodying Rungsun Phongphattanaamphai and Sarawut Dakeaw

สาขาวิชาเทคโนโลยีเครื่องจักรกลเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม 44000

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น 40002

ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น 40002

Program in Agricultural Machinery Technology, Faculty of Agricultural Technology,

Rajabhat Maha Sarakham University, 44000

Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Khon Kaen University, 40002

Department of Chemical Engineering, Faculty of Engineering, Khon Kaen University, 40002

Received: 14 มิ.ย. 59

Accepted: 30 มิ.ย. 59

บทคัดย่อ

การศึกษานี้เกี่ยวกับผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของเครื่องยนต์ดีเซลจากการใช้น้ำมันไบโอดีเซลจากน้ำมันรำข้าว โดยการผลิตด้วยวิธีขั้นตอนเดียวและสองขั้นตอน (Single & Two-Step Method) เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้ น้ำมันดีเซลพบว่า การทดสอบกับเครื่องยนต์ดีเซลการเกษตรประเภทความเร็วรอบคงที่ขนาด 11.5 แรงม้า สามารถจุดระเบิดได้ด้วยไบโอดีเซลเอง และเครื่องยนต์สามารถทำงานได้ตามปกติ นอกจากนี้ยังพบว่าปริมาณ ก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์ และคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปล่อยออกมาจากเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันไบโอดีเซลมี ปริมาณน้อยกว่าเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซล ทั้งนี้เนื่องจากในโมเลกุลของน้ำมันไบโอดีเซลมีจำนวนคาร์บอนที่ เป็นองค์ประกอบน้อยกว่า และมีจำนวนออกซิเจนที่เป็นองค์ประกอบมากกว่า จึงทำให้เกิดการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ มากกว่าน้ำมันดีเซลอย่างไรก็ตามควรศึกษาเพิ่มเติมถึงผลกระทบต่อความสึกหรอของเครื่องยนต์ในระยะยาว เพื่อให้เกิดความมั่นใจต่อการเปลี่ยนมาใช้น้ำมันไบโอดีเซลเป็นพลังงานทดแทนในอนาคต

คำสำคัญ : ไบโอดีเซล น้ำมันรำข้าว การปล่อยแก๊สไอเสีย

Abstract

This work involved a study on comparison of the environmental impact of diesel engines using biodiesel from rice-bran oil by Single & Two-step methods. The results indicated that the outputs obtained from the test conducted with 11.5 horsepower constant-speed farm diesel engine using rice-bran oil biodiesel were similar to those of diesel fuel. For the exhaust emission, biodiesel was found to produce less carbonmonoxide and carbon dioxide than diesel fuel because the fraction of oxygen in biodiesel was higher than diesel fuel leading to more complete combustion. The result of this study revealed that biodiesel can be used directly in a diesel engine without any engine modification. However, more research is required to study the effects of the durability, if biodiesel is to be used in diesel engines over a long time period for make sure that this biodiesel was capable of being use as an alternative fuel in the future.

Keywords: Biodiesel, Rice bran oil, Exhaust emission

*ติดต่อ: E-mail: wiroonnnn@gmail.com โทร. 094-0548321

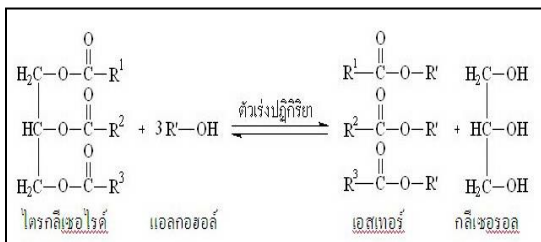
1. บทนำ

พลังงานเป็นปัจจัยที่สำคัญในการดำรงชีวิตของมนุษย์ ซึ่งในปัจจุบันมีความต้องการพลังงานในอัตราที่เพิ่มสูงมากขึ้นในทุกๆ ปี ทำให้ต้องมีการจัดหาแหล่งพลังงานเพิ่มขึ้นเพื่อให้เพียงพอกับความต้องการ โดยในแต่ละปีประเทศไทยต้องใช้เงินจำนวนมากในการจัดหาพลังงาน โดยส่วนใหญ่ต้องนำเข้าจากต่างประเทศ ทำให้ต้องสูญเสียเงินตราออกนอกประเทศเป็นจำนวนมาก และมีแนวโน้มที่จะสูงมากขึ้น ดังนั้นเพื่อลดการนำเข้าพลังงานจากต่างประเทศลง จึงต้องมีการพัฒนาแหล่งพลังงานทดแทนอื่นที่ได้จากธรรมชาติ ไบโอดีเซลเป็นน้ำมันเชื้อเพลิงที่ได้จากการนำน้ำมันพืชหรือไขมันสัตว์ต่างๆ มาเปลี่ยนโครงสร้างทางเคมีด้วยการทำปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน (Trans esterification reaction) กับแอลกอฮอล์ เช่นเมทา

นอลหรือ เอทานอล ได้ผลิตภัณฑ์เป็นแอลคิลเอสเทอร์ (Alkylester) ซึ่งมีสมบัติใกล้เคียงกับน้ำมันดีเซลที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน จากฟอสซิล ดังแสดงในตารางที่ 1 และ ภาพที่ 1

ตารางที่ 1 คุณสมบัติไบโอดีเซลเทียบกับน้ำมันดีเซล [1]

สมบัติ	มาตรฐานของน้ำมันดีเซลและไบโอดีเซล		
	วิธีทดสอบ	ดีเซล	ไบโอดีเซล
ความหนาแน่น (kg/m ³)	ASTM 1298	920 max	860-900
ครรชนีซีเทน	ASTM D 976	45 min	40 min
จุดวาบไฟ (°C)	ASTM D 93	52 min	130 min
ค่าความร้อน (MJ/kg)	ASTM D 240	45.2 min	-
ค่าความหนืด (mm ² /s)	ASTM D 445	8 max	1.9-6.0



รูปที่ 1 ปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชัน [2]

ดังนั้นไบโอดีเซลจึงสามารถใช้ในเครื่องยนต์ดีเซลได้ทันทีโดยไม่ต้องปรับปรุงเครื่องยนต์ หรืออาจปรับปรุงเพียงเล็กน้อยเท่านั้น โดยในปัจจุบันได้มีการผลิตไบโอดีเซลเพื่อใช้ภายในประเทศในเชิงพาณิชย์ถึงกว่า 10 ล้านลิตร [1]

2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 การผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันรำข้าว

ประเทศไทยมีการผลิตข้าวเป็นปริมาณ 30% ของโลกโดยผลิตได้ถึง 36.27 ล้านตันในปี 2558 และรำข้าวเป็นผลพลอยได้ของข้าวเปลือกคิดเป็น 7% ของน้ำหนักทั้งหมด หากสามารถนำน้ำมันรำข้าวมาผลิตเป็นไบโอดีเซลได้จะเกิดประโยชน์เมื่อเกิดวิกฤตพลังงาน [3] แต่เนื่องจากน้ำมันรำข้าวมีค่าความหนืดที่สูงกว่าน้ำมันเชื้อเพลิงดีเซลมากเป็นเพราะโครงสร้างทางโมเลกุลของน้ำมันรำข้าวจะมีโซ่ที่ยาวกว่าน้ำมันเชื้อเพลิงดีเซลมากนักเอง ดังนั้น จึงต้องมีการทำการปรับปรุงความหนืดของน้ำมันรำข้าวให้น้อยลง เพื่อสะดวกต่อการป้อนเชื้อเพลิงเข้าห้องเผาไหม้และให้เกิดการสันดาปที่สมบูรณ์ และต่อเนื่องโดยต้องทำโมเลกุลของน้ำมันให้เล็กลงก่อนซึ่งต้องใช้ปฏิกิริยาเคมีทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชัน และน้ำมันรำข้าว ที่ผ่าน

กระบวนการนี้ จะเป็นเชื้อเพลิงที่มีคุณสมบัติส่วนใหญ่ใกล้เคียงกับน้ำมันดีเซล วัฒน และคณะ [2] นำเมทิลเอสเทอร์จากน้ำมันพืชที่สกัดได้จากรำข้าวได้ไปทดสอบทางด้านปิโตรเคมีดังนี้คือ ความหนืด จุลวามไฟ ดัชนีซีเทน พบว่า เวลาในการทำปฏิกิริยา 60 นาที อุณหภูมิ 60°C โซเดียมไฮดรอกไซด์ 7 กรัม และเมทานอล 100 มล. เมื่อใช้ปริมาณน้ำมันรำ 500 มล. โดยจะสามารถเตรียมเมทิลเอสเทอร์ได้ผลผลิตประมาณร้อยละ 90 ค่าความหนืดอยู่ในช่วง 5.360 – 5.488 cSt จุลวามไฟที่ 320°C และค่าดัชนีซีเทน 46 ซึ่งเป็นค่าที่ใกล้เคียงกับน้ำมันดีเซลทั่วไป

2.2 การผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันรำข้าวโดยใช้ปฏิกิริยา ทรานส์-เอสเทอร์ฟิเคชันแบบขั้นตอนเดียวและปฏิกิริยาสองขั้นตอน

สุกัญญา และสมใจ [4] ได้ทำการวิจัยผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันรำข้าวโดยใช้ปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชันแบบขั้นตอนเดียว (Single - step method) โดยเลือกสภาวะที่ดีที่สุดคือ อัตราส่วนโดยโมลเมทานอลต่อน้ำมันรำข้าวเท่ากับ 5:1 ปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ 7% โดยน้ำหนักของโซเดียมไฮดรอกไซด์ต่อปริมาตรเมทานอล เวลาในการทำปฏิกิริยา คือ 60 นาที อุณหภูมิในการทำปฏิกิริยาเท่ากับ 60°C และในการทำวิจัยปฏิกิริยาสองขั้นตอน (Two – step method) โดยอ้างอิงผลการผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันรำข้าวกระบวนการขั้นตอนเดียว ในขั้นตอนนี้ได้ใช้เวลาทำปฏิกิริยา คือ 120 นาที ตัวแปรที่เกี่ยวข้องเพิ่มเติมคือปริมาณกรดซัลฟิวริก ซึ่งการใช้ปฏิกิริยาแบบสองขั้นตอนในการผลิตไบโอดีเซลให้ร้อยละผลได้ (% Yield) สูงสุดของปฏิกิริยามากกว่าแบบขั้นตอนเดียว

เพิ่มขึ้นจากร้อยละ 90 เป็นร้อยละ 99 Wang et al [5] ได้ศึกษาการผลิตน้ำมันไบโอดีเซล ด้วยกระบวนการสองขั้นตอน ในขั้นตอนแรกเป็นการลดปริมาณกรดไขมันอิสระของน้ำมันใช้แล้ว โดยนำมาทำปฏิกิริยา เอสเทอร์ริฟิเคชัน กับเมทานอล ตัวเร่งปฏิกิริยาที่ใช้คือ Ferric sulfate และขั้นตอนที่สองเป็นการทำปฏิกิริยาทรานเอสเทอร์ริฟิเคชันกับเมทานอล และตัวเร่งปฏิกิริยาที่ใช้คือ Potassium hydroxide (KOH) จากการทดลองพบว่า ในการใช้ Ferric sulfate เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาเอสเทอร์ริฟิเคชัน ระหว่างกรดไขมันอิสระกับเมทานอลสามารถเปลี่ยนรูปกรดไขมันอิสระสามารถเพิ่มเป็น 97.22% เมื่อเติม Ferric sulfate 2 wt% ลงในปฏิกิริยา โดยมีอัตราส่วนโดยโมลเมทานอลต่อไตรกลีเซอไรด์ เท่ากับ 10:1 หลังทำปฏิกิริยา ที่ 95°C นาน 4 ชม. และนำไตรกลีเซอไรด์ที่เหลือมาทำปฏิกิริยาทรานเอสเทอร์ริฟิเคชันที่ 65°C เป็นเวลา 1 ชม. โดยมีการเติม 1% KOH โดยใช้อัตราส่วนเมทานอลต่อไตรกลีเซอไรด์ เท่ากับ 6:1 ได้ผลผลิตคือไบโอดีเซล 97.02% ซึ่งจะมีข้อดีกว่าการผลิตแบบเก่าหลายประการ เช่น ไม่มีน้ำเสียที่เป็นกรด ประสิทธิภาพสูง ต้นทุนต่ำ และง่ายต่อการนำกลับมาใช้ใหม่ของตัวเร่ง

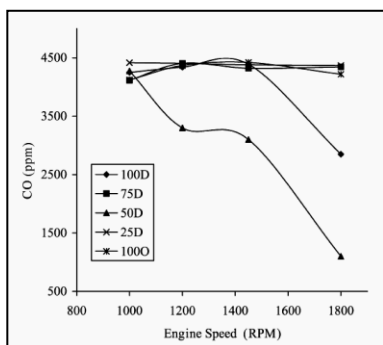
2.3 ปฏิกิริยาผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของเครื่องยนต์เมื่อใช้น้ำมันไบโอดีเซล

2.3.1 ปริมาณแก๊สคาร์บอนมอนนอกไซด์ (CO)

Al-Widyan, M.I. et al. [6] ได้ทำการวัดปริมาณแก๊สไอเสียที่ปล่อยจากเครื่องยนต์ โดยใช้ น้ำมันเชื้อเพลิงที่มีส่วนผสมแตกต่างกันหลายสัดส่วน รูปที่ 2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง

ความเร็วรอบของเครื่องยนต์กับปริมาณของคาร์บอนมอนนอกไซด์ พบว่าการใช้น้ำมันไบโอดีเซลสูตร B50 จะมีปริมาณของคาร์บอนมอนนอกไซด์ที่น้อยกว่าการใช้น้ำมันดีเซล ทั้งนี้เนื่องจากสัดส่วนของน้ำมันไบโอดีเซลสูตร B50 สามารถผสมกับอากาศได้เหมาะสมที่สุดในความเร็วรอบสูง จึงเกิดการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ที่สุด และมีปริมาณคาร์บอนมอนนอกไซด์ออกมาน้อยที่สุด และยังเครื่องยนต์มีความเร็วรอบเพิ่มมากขึ้นปริมาณคาร์บอนมอนนอกไซด์ยังมีปริมาณลดลง ส่วนสัดส่วนอื่นๆ จะมีปริมาณคาร์บอนมอนนอกไซด์ค่อนข้างคงที่ทุกความเร็วรอบของเครื่องยนต์ โดยปริมาณของคาร์บอนมอนนอกไซด์จะแสดงถึงการเกิดกระบวนการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ขึ้นในกระบอกสูบ และในงานวิจัยของ Lin, C.Y. and Lin H.A. [7] ได้ทำการวัดดัชนีการปล่อยคาร์บอนมอนนอกไซด์ซึ่งคำนวณจากปริมาณคาร์บอนมอนนอกไซด์ (ppm) ที่ปล่อยออกมาหารด้วยอัตราการบริโภคน้ำมัน (g/h) ซึ่งเครื่องยนต์ที่ใช้เป็นเครื่องยนต์ 4 กระบอกสูบ 4 จังหวะ และมีปริมาณกระบอกสูบ 3,856 cc ผลการวัดแสดงได้ดังรูปที่ 3 ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ดัชนีการปล่อยคาร์บอนมอนนอกไซด์กับความเร็วยรอบของเครื่องยนต์ โดยน้ำมันดีเซลจะมี ดัชนีการปล่อยคาร์บอนมอนนอกไซด์มากที่สุด ทั้งนี้เนื่องจากน้ำมันดีเซลมีปริมาณออกซิเจนในโมเลกุลของน้ำมันอยู่น้อยกว่า จึงทำให้ น้ำมันไบโอดีเซลมีการเผาไหม้ที่สมบูรณ์มากกว่า น้ำมันดีเซล โดยน้ำมันไบโอดีเซล Sample No 2 จะมีดัชนีการปล่อยคาร์บอนมอนนอกไซด์น้อยที่สุด เนื่องจากผ่านกระบวนการที่เรียกว่า เพอร์ออกซิเดชัน (Peroxidation) ซึ่งเป็นปฏิกิริยาที่เพิ่มปริมาณของ

ออกซิเจนให้มากยิ่งขึ้น จึงเป็นส่วนช่วยการเผาไหม้
เมื่อเครื่องยนต์ทำงานที่รอบสูงๆ ได้ดี

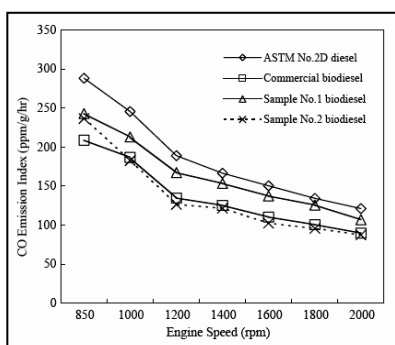


รูปที่ 2 ความสัมพันธ์ระหว่าง ปริมาณแก๊ส
คาร์บอนมอนนอกไซด์ ความเร็ว
รอบของเครื่องยนต์ [6]

2.3.2 ปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂)

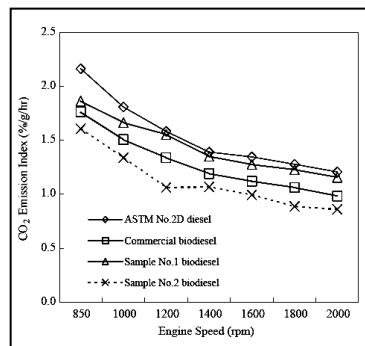
Lin, C.Y. and Lin H.A. [7] ได้ทำการวัดดัชนีการ
ปล่อยคาร์บอนมอนนอกไซด์ซึ่งคำนวณจาก
เปอร์เซ็นต์ ของ CO₂ ที่ปล่อยออกมาหารด้วยอัตรา
การสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง

(ในหน่วยของ g/h) พบว่าดัชนีการปล่อยแก๊ส CO₂
มีแนวโน้มลดลงเมื่อความเร็วของเครื่องยนต์เพิ่มขึ้น



รูปที่ 3 ดัชนีการปล่อยแก๊ส CO กับ
ความเร็วรอบของเครื่องยนต์ [7]

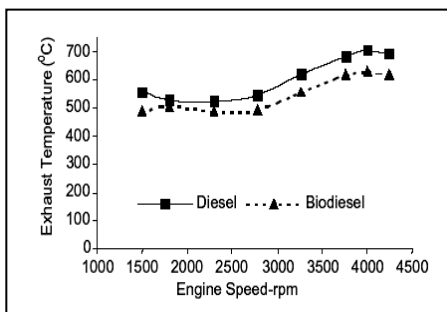
ดังแสดงในรูปที่ 4 โดย น้ำมันไบโอดีเซล
จะปล่อย CO₂ น้อยกว่าน้ำมันดีเซล ทั้งนี้เนื่องจาก
น้ำมันไบโอดีเซลเป็นน้ำมันที่มีคาร์บอนที่เป็น
องค์ประกอบในโมเลกุลต่ำอยู่แล้ว



รูปที่ 4 ความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีการ
ปล่อยแก๊ส CO₂ กับความเร็วรอบ
ของเครื่องยนต์ [7]

2.3.3 อุณหภูมิแก๊สไอเสีย

จากทดสอบของ Cetinkaya, M. et al. [8] พบว่า
อุณหภูมิแก๊สไอเสียที่ออกมาจากเครื่องยนต์ ณ
ความเร็วรอบต่างๆ ของเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันไบโอดีเซล
จะมีค่าน้อยกว่าน้ำมันดีเซล ทั้งนี้เนื่องจากค่า
ความร้อนของน้ำมันไบโอดีเซลน้อยกว่าน้ำมันดีเซล
ทำให้มีการเผาไหม้ในระบบสูบมีอุณหภูมิต่ำกว่า
จึงส่งผลให้อุณหภูมิ ของแก๊สไอเสียต่ำกว่าด้วย
นอกจากนี้จากงานวิจัยของRamadhas, A.S. et
al. and Puhon, S. et al. [9] ยังพบว่าอุณหภูมิ
แก๊สไอเสียจะมีค่าสูงขึ้นตามภาระโหลดของ
เครื่องยนต์ด้วย งานวิจัยนี้เป็นการทดสอบ
ผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมของเครื่องยนต์ดีเซล
ขนาดเล็กออกแบบประสงค์และปัจจัยอื่นๆ จากการใช้น้ำมัน
ข้าวเป็นวัตถุดิบในการผลิตไบโอดีเซล ซึ่ง
ได้จากการใช้กระบวนการ Single-Step และTwo-
Step Method



รูปที่ 5 ความสัมพันธ์ของอุณหภูมิแก๊สไอเสีย กับความเร็วรอบของเครื่องยนต์ [8]

3. วิธีดำเนินการทดลอง

1) ศึกษาคุณสมบัติของน้ำมันไบโอดีเซลจากน้ำมันรำข้าว เปรียบเทียบกับคุณสมบัติของน้ำมันดีเซล

2) ติดตั้งเครื่องยนต์ดีเซล และอุปกรณ์ที่ใช้ทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์บนแท่นทดสอบ ตลอดจนจัดเตรียมอุปกรณ์สำหรับทดสอบผลกระทบต่องสิ่งแวดล้อมของเครื่องยนต์

3) เปรียบเทียบผลกระทบต่องสิ่งแวดล้อมของเครื่องยนต์เมื่อน้ำมันไบโอดีเซลจากน้ำมันรำข้าว และน้ำมันดีเซลเครื่องยนต์ดีเซลหมุนเร็ว

3.1 ขั้นตอนการทดลอง

1) การทดสอบการใช้ไบโอดีเซลกับเครื่องยนต์ คณะวิจัยได้ทำการวิจัยโดยจัดขอบเขตการวิจัยให้ครอบคลุมเฉพาะเครื่องยนต์ดีเซลแบบความเร็วรอบคงที่ (Constant Speed) ซึ่งในชีวิตประจำวันกล่าวคือ เครื่องสูบน้ำและรถไถนาเดินตาม ดังนั้นการวิจัยในครั้งนี้ได้เลือกใช้เครื่องยนต์คูโบต้า รุ่น ET 115 ขนาด 11.5 แรงม้า โดยใช้เชื้อเพลิงทดสอบ 3 ชนิด คือน้ำมันดีเซลหมุนเร็ว ไบโอดีเซลผลิตด้วยวิธี Single-Step Method และไบโอดีเซลผลิตด้วยวิธี Two-Step Method

2) ทำการวัดกำลังที่ออกมาจากเครื่องยนต์โดยวิธีการพวงโหลดเข้าเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเพื่อป้อนกระแสไฟเข้าสู่โหลดไฟสปอร์ตไลท์ 10 ดวง ทำการวัดกระแสไฟเพื่อแปลงค่ากลับไปเป็นพลังงานกล และกำหนดความเร็วรอบที่เครื่องยนต์ต้องการวัดได้ ด้วยการวัดความเร็วรอบได้โดยเครื่องวัดแบบดิจิตอล

3) อุณหภูมิ สามารถวัดค่าอุณหภูมิได้โดยใช้เครื่องบันทึกข้อมูลต่อเข้ากับเทอร์โมคัปเปิลชนิด K ซึ่งติดตั้งที่ตำแหน่งต่างๆ ที่ทำการวัด เช่น หาค่าอุณหภูมิไอเสีย อุณหภูมิอากาศเข้า อุณหภูมิ น้ำมันเชื้อเพลิง และอุณหภูมิห้อง

4) การวัดปริมาณแก๊สไอเสียชนิดต่างๆ สามารถวัดด้วยเครื่องวิเคราะห์แก๊สไอเสีย (Gas Analyzer)

5) ทำการเปรียบเทียบและวิเคราะห์ค่าที่จากการ

ทดสอบด้วยน้ำมันดีเซลธรรมดา กับน้ำมันไบโอดีเซล

4. ผลการทดลอง

(1) อัตราการปล่อยแก๊ส CO₂ พบว่าไบโอดีเซลจากน้ำมันรำข้าวจะมีอัตราการปล่อยแก๊ส CO₂ มากกว่าน้ำมันดีเซล โดยเฉลี่ย 15% ณ ช่วงรอบการใช้งาน (2000 - 2400rpm) ดังแสดงรูปที่ 9

(2) อัตราการปล่อยแก๊ส CO พบว่าไบโอดีเซลจากน้ำมันรำข้าวจะมีอัตราการปล่อยแก๊ส CO น้อยกว่าน้ำมันดีเซล โดยเฉลี่ย 20% ณ ช่วงรอบการใช้งาน (2000 - 2400rpm) ดังแสดงในรูปที่ 10

(3) อุณหภูมิของแก๊สไอเสีย พบว่าไบโอดีเซลจากน้ำมันรำข้าวจะมีอุณหภูมิแก๊สไอเสีย น้อยกว่าน้ำมันดีเซล โดยเฉลี่ย 5.5 oC ณ ช่วงรอบการใช้งาน (2000 - 2400 rpm) ดังแสดงในรูปที่ 11

ตารางที่ 3 คุณสมบัติทางเคมีและกายภาพของเชื้อเพลิงที่นำมาทดสอบ

คุณสมบัติน้ำมันเชื้อเพลิง	unit	มาตรฐาน น. ไบโอ ดีเซล	ไบโอ ดีเซล	ไบโอ ดีเซล
			จาก น้ำมัน รำข้าว (Single- Step Metho- d)	จาก น้ำมัน รำข้าว (Two- Step Metho- d)
Density@15°C	kg/m ³	860-960	883.3	882.6
Kinematic Viscosity@40°C	mm ² /s	3.5-5.0	4.422	4.786
Sulphated Ash	% wt	max 0.02	< 0.005	< 0.005
Phosphorus	ppm by wt	max 10	4.06	4.84
Flash Point	°C	min 120	> 120	> 120
Flash Point	-	max no1	1a	1a
Oxidation Stability@110°C	°C	max 360	359	358.5
Distillation:90%v ol. recovered	% wt	max 0.30	0.15	0.11
Iodine Value	g I ₂ /100 g	max 120	79	78
Methyl Ester	% wt	min 96.5	96.4	96.2
Monoglyceride	% wt	max 0.80	0.84	0.74
Diglyceride	% wt	max 0.20	0.21	0.08
Total glycerin	% wt	max 0.25	0.2	0.2
Heating Value	MJ/kg	-	38.3	38.5



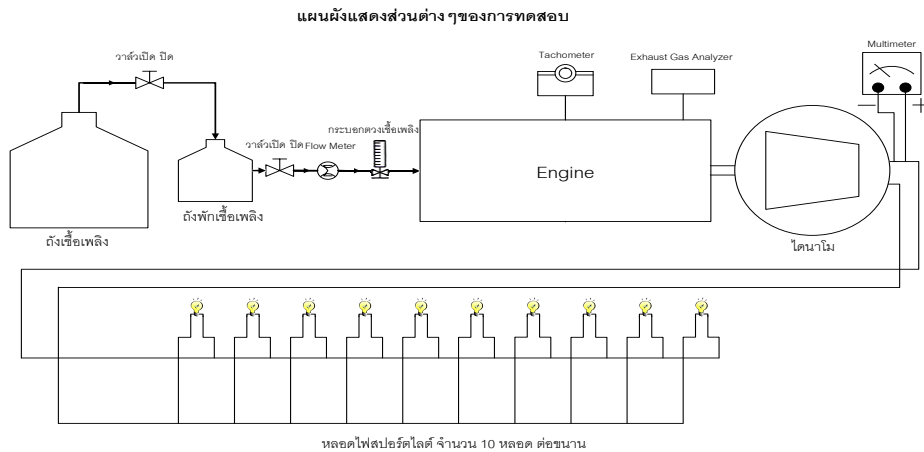
ภาพที่ 7 การติดตั้งเตรียมการทดสอบเครื่องยนต์



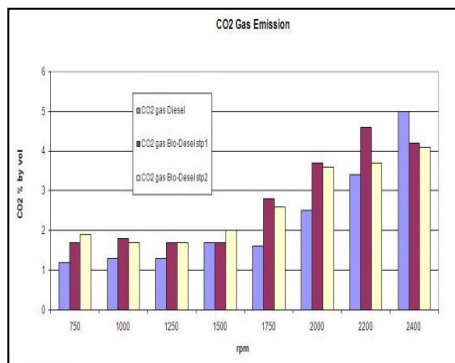
ภาพที่ 8 ตรวจสอบข้อมูลค่าต่างๆ จากการทดสอบ

5. สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

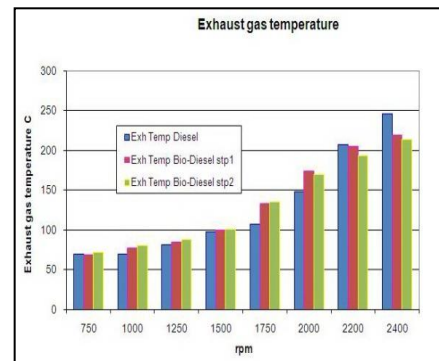
น้ำมันรำข้าวเป็นน้ำมันพืชที่สามารถใช้ได้โดยตรงกับเครื่องยนต์สันดาปภายในแบบอัตรระเบิดอย่างเครื่องยนต์ ดีเซลได้โดยไม่ต้องปรับปรุงเครื่องยนต์ เนื่องจากน้ำมันรำข้าวสามารถให้ค่าความร้อนที่ใกล้เคียงกับน้ำมันเชื้อเพลิงดีเซล และคุณสมบัติการเป็นเชื้อเพลิงหลายอย่างเหมือนน้ำมันเชื้อเพลิงดีเซล และเป็นทางเลือกหนึ่งที่สามารถนำมาใช้เป็นพลังงาน เพื่อทดแทนการนำเข้าน้ำมันเชื้อเพลิงในประเทศได้ แต่ทั้งนี้ น้ำมันรำข้าวยังมีองค์ประกอบของโมเลกุลกรดไขมันขนาดใหญ่ และค่าความหนาแน่นสูง ส่งผลต่อเครื่องยนต์ทำให้เกิดการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ เกิดคราบเขม่าคาร์บอนสะสมได้มาก



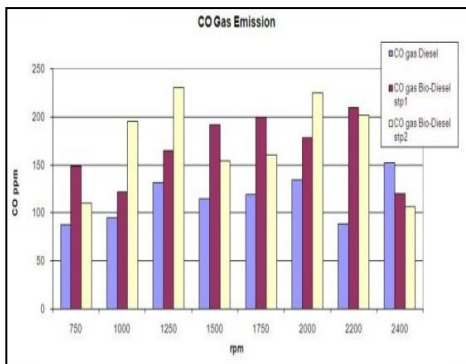
รูปที่ 6 แผนผังภาพการติดตั้งเตรียมทดสอบเครื่องยนต์



รูปที่ 9 CO₂ gas Emission



รูปที่ 11 Exhaust gas temperature



รูปที่ 10 CO gas Emission

ค่าความหนืดของน้ำมันรำข้าวก็เป็นอุปสรรคในการแตกตัวของอนุภาค (Atomization) โดยจะก่อปัญหาเกี่ยวกับหัวฉีด ส่งผลให้เกิดการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ได้ โดยน้ำมันรำข้าว จะต้องผ่านกระบวนการที่เรียกว่าทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชัน เพื่อลดความหนืดก่อน ซึ่งจะได้น้ำมันไบโอดีเซลที่มีความหนืดและคุณสมบัติต่างๆใกล้เคียงกันกับน้ำมันดีเซล

จากการทดสอบผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันไบโอดีเซลพบว่าเครื่องยนต์ที่

ใช้น้ำมันไบโอดีเซลจากน้ำมันรำข้าวปล่อยแก๊ส CO₂ ออกมามากกว่าเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซล และปล่อย CO ออกมาน้อยกว่าเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซล เนื่องจากในโมเลกุลของน้ำมันดีเซลมีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบมากกว่า และในโมเลกุลของน้ำมันไบโอดีเซลจากน้ำมันรำข้าวมีออกซิเจนเป็นองค์ประกอบมากกว่า จึงทำให้มีการเผาไหม้สมบูรณ์มากยิ่งขึ้น สำหรับอุณหภูมิแก๊สไอเสียพบว่าเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันไบโอดีเซลจากน้ำมันรำข้าวมีอุณหภูมิแก๊สไอเสียโดยเฉลี่ยต่ำกว่าน้ำมันดีเซลในช่วงรอบการใช้งาน แต่เมื่อเปรียบเทียบกันระหว่าง ไบโอดีเซลจากน้ำมันรำข้าว แบบ single-step method และ two-step method พบว่า อัตราการปล่อยแก๊ส CO₂ CO ของไบโอดีเซลแบบ two-step method มีค่าน้อยกว่าในทุกช่วงรอบการใช้งานของเครื่องยนต์ (2000 - 2400 rpm) ไบโอดีเซลแบบ two-step method จึงมีอัตราการปล่อยมลพิษน้อยกว่าแบบ single-step method

จากผลการศึกษาข้างต้นสามารถสรุปได้ว่า น้ำมันไบโอดีเซลจากน้ำมันรำข้าวมีคุณสมบัติใกล้เคียงกันกับน้ำมันดีเซล และสามารถนำน้ำมันไบโอดีเซลจากน้ำมันรำข้าวมาเป็นเชื้อเพลิงทดแทนของเครื่องยนต์ดีเซลได้ โดยไม่มีผลกระทบที่เป็นนัยสำคัญต่อสิ่งแวดล้อมในระยะสั้น แต่อย่างไรก็ตามควรมีการศึกษาวิจัยถึงผลกระทบต่อความสึกหรอของเครื่องยนต์ในระยะยาวต่อไป เพื่อให้ได้ข้อมูลที่มีความน่าเชื่อถือ และให้ความมั่นใจมากยิ่งขึ้นสำหรับผู้ใช้เครื่องยนต์ดีเซลในการตัดสินใจเปลี่ยนมาใช้น้ำมันไบโอดีเซลในโอกาสต่อไป

6. กิตติกรรมประกาศ

ผู้ดำเนินการวิจัยขอขอบคุณสถานจัดการและอนุรักษ์พลังงาน มหาวิทยาลัยขอนแก่น ที่สนับสนุนงบประมาณ การวิจัยครั้งนี้ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งในโครงการวิจัยผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันรำข้าวด้วยวิธีสองขั้นตอน และวิธีทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชันในเมทานอลภาวะเหนือวิกฤตขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกลและภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยขอนแก่นที่ให้ความอนุเคราะห์ห้องปฏิบัติการและห้องทดสอบขอขอบคุณบริษัท ปตท. จำกัด(มหาชน) ที่กรุณาตรวจวิเคราะห์สมบัติของไบโอดีเซลด้วยเครื่องมือและวิธีการที่ได้มาตรฐาน

7. เอกสารอ้างอิง

- [1] กรมธุรกิจพลังงาน. [เข้าถึงเมื่อ1 กุมภาพันธ์ 2558]. เข้าถึงได้จาก : <http://www.doeb.go.th>; 2558.
- [2] วัฒนา ปิ่นเสม นฤมล เครื่ององอาจนุกูล สลักจิตบัวทอง และ ธำมรงค์ วรรณมานนท์. ไบโอดีเซล (เมทิลเอสเทอร์)จากน้ำมันพืชที่สกัดได้จากรำข้าว. ประชุมวิชาการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 28 ; 2549.
- [3] สุกัญญา หงส์ทอง และ สมใจ ขจรชีพพันธุ์งาม. การผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันรำข้าวด้วยกระบวนการใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาและไม่ใช้ ตัวเร่งปฏิกิริยาด้วยเมทานอลภาวะเหนือวิกฤต. วารสารมหาวิทยาลัยนเรศวร 2553; 18 (3): 20-26.

- [4] สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. [เข้าถึงเมื่อ 1 กุมภาพันธ์ 2558]. เข้าถึงได้จาก <http://www.moac.go.th>
- [5] Wang Y, Ou S, Liu P, Zhang Z. Preparation of Biodiesel from Waste Cooking Oil via Two-Step catalyzed Process. Energy Conversion and Management 2006; 48: 184-188.
- [6] Al-Widyan MI, Tashtoush G, Abu QM. Utilization of Ethyl Ester of Waste Vegetable Oils as fuel in Diesel Engines. Fuel Processing Technology 2002; 76: 91-103.
- [7] Lin, CY, Lin HA. Diesel Engine Performance and Emission Characteristics of Biodiesel Produced by The Peroxidation Process. Fuel 2005; 85: 298-305.
- [8] Çetinkaya M, Ulusoy Y, Tekin Y, Karaosmanoglu F. Engine and Winter Road Test Performances of used Cooking Oil Originated Biodiesel. Energy Conversion and Management 2005 ; 46 (7-8): 1279-1291.
- [9] Ramadhas AS, Jayaraj S, Murallidharan C. Characterization and Effect of Using Rubber Seed Oil as Fuel in The Compression Ignition Engine. Renewable Energy 2005; 30: 795-803.