

การผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงจากเศษชีวมวลพาราด้วยการไพโรไลซิส

วัชรพล พาณิชนัย¹, อภิชาติ สิงห์สถิต¹, โชคชัย ศรียากุล¹, พิษณุ โพธิ์หล้า¹, สุรศักดิ์ เขตสถาน¹, ทองสุข พามิ¹,
ชินภัทร ธุระการ², กัมปนาท ไชยเพชร² และ เกียรติ ดวงอุปมา^{2,*}

¹ วิทยาลัยการอาชีพด่านซ้าย ที่อยู่ 231 ม.1 ต.โคกงาม อ.ด่านซ้าย จ.เลย

² สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกลและเมคคาทรอนิกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์

*ผู้ประสานงานบทความฉบับ: keyoon.du@ksu.ac.th, k_duanguppama@hotmail.com โทรศัพท์: 093-3272292

(รับบทความ: 22 กันยายน 2567; แก้ไขบทความ: 17 ตุลาคม 2567; ตอรับบทความ: 20 ตุลาคม 2567)

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มุ่งเน้นการผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงจากเศษชีวมวลพาราด้วยการไพโรไลซิส โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอุณหภูมิ 3 ระดับ คือ 300 350 และ 400 องศาเซลเซียส ที่ส่งผลต่อปริมาณและสมบัติของน้ำมันเชื้อเพลิง จากนั้นทดสอบน้ำมันเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ดีเซลแบบสูบเดียวขนาด 10.5 แรงม้า เพื่อหาสมรรถนะเครื่องยนต์ ผลวิจัย พบว่า อุณหภูมิไพโรไลซิส 300 องศาเซลเซียส มีปริมาณผลได้ของน้ำมันเชื้อเพลิงสูงสุดร้อยละ 70 โดยน้ำหนัก ขณะที่อุณหภูมิไพโรไลซิส 400 องศาเซลเซียส มีปริมาณผลได้ของน้ำมันเชื้อเพลิงต่ำสุดร้อยละ 49 โดยน้ำหนัก เมื่อวิเคราะห์สมบัติของน้ำมันเชื้อเพลิง พบว่า น้ำมันเชื้อเพลิงที่ได้จากอุณหภูมิไพโรไลซิส 300 องศาเซลเซียส มีค่าความร้อนสูงสุด 39.1 เมกะจูลต่อกิโลกรัม ความหนาแน่นสูง ความหนืดต่ำ และปริมาณเถ้าต่ำสุดร้อยละ 0.6 โดยน้ำหนัก ขณะที่น้ำมันเชื้อเพลิงที่ได้จากอุณหภูมิไพโรไลซิส 400 องศาเซลเซียส มีค่าความร้อนต่ำสุด 32 เมกะจูลต่อกิโลกรัม ความหนาแน่นสูง ความหนืดสูง และปริมาณเถ้าสูงที่สุดร้อยละ 1.6 โดยน้ำหนัก หลังการทดสอบน้ำมันเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ พบว่า น้ำมันเชื้อเพลิงที่อุณหภูมิ 300 องศาเซลเซียส มีแรงม้าเบรกสูงสุด 10.1 แรงม้า และอัตราการสิ้นเปลืองจำเพาะเบรกต่ำสุด 1.0 กิโลกรัมต่อกิโลวัตต์ ชั่วโมง น้ำมันเชื้อเพลิงที่อุณหภูมิ 400 องศาเซลเซียส เครื่องยนต์มีแรงม้าเบรกลดลง อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงเพิ่มขึ้น จึงสรุปได้ว่าอุณหภูมิไพโรไลซิส 300 องศาเซลเซียส เหมาะสำหรับการผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงจากเศษชีวมวลพาราด้วยการไพโรไลซิสและควรต่อยอดงานวิจัยนี้เพื่อขยายผลสู่การใช้งานจริงต่อไป

คำสำคัญ: น้ำมันเชื้อเพลิง เศษชีวมวล พารา ไพโรไลซิส

การอ้างอิงบทความ: วัชรพล พาณิชนัย, อภิชาติ สิงห์สถิต, โชคชัย ศรียากุล, พิษณุ โพธิ์หล้า, สุรศักดิ์ เขตสถาน, ทองสุข พามิ, ชินภัทร ธุระการ, กัมปนาท ไชยเพชร และ เกียรติ ดวงอุปมา, "การผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงจากเศษชีวมวลพาราด้วยการไพโรไลซิส," วารสารวิศวกรรมและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์, ปีที่ 2, ฉบับที่ 5, หน้า 11-22, 2567.

Production of Fuel from Rubber Dung by Pyrolysis

Watcharapol Phanit¹, Aphichit Singhsathit¹, Chokchai Sirayakul¹, Phitsanu Phothila¹, Surasak Khetsathan¹, Thongsook Phamee¹, Chinnapat Turakarn², Kumpanat Chaiphet² and Keyoon Duanguppama^{2,*}

¹Dan Sai Vocational College, Address: 231 Moo 1, Khok Ngam Subdistrict, Dan Sai District, Loei Province

¹Department of Mechanical and Mechatronics Engineering, Faculty of Engineering and Industrial Technology, Kalasin University

* Corresponding Author: keyoon.du@ksu.ac.th, k_duanguppama@hotmail.com, Tel: 093-3272292

(Received: September 22, 2024; Revised: October 17, 2024; Accepted: October 20, 2024)

Abstract

This research focuses on the production of fuel from rubber dung by pyrolysis. The objective is to study the effect of 3 temperature levels, 300, 350 and 400°C, on the yield and properties of fuel. Then, the fuel was tested in a 10.5 HP single-cylinder diesel engine to determine the engine performance. The research results found that the pyrolysis temperature of 300°C had the highest fuel yield of 70 wt%. While the pyrolysis temperature of 400°C had the lowest fuel yield of 49 wt%. When analyzing the properties of the fuel, it was found that the fuel obtained from the pyrolysis temperature of 300°C had the highest heat value of 39.1 MJ/kg. High density, low viscosity and the lowest ash content of 0.6 wt%. While the fuel obtained from the pyrolysis temperature of 400°C has the lowest heating value of 32 MJ/kg, the highest density, high viscosity and the highest ash content of 1.6 wt%. The test of the fuel in the engine found that the fuel at 300°C has the highest brake horsepower of 10.1 HP and the lowest specific brake consumption rate of 1.0 kg/kWh. The fuel at 400°C, the engine has reduced brake horsepower and increased fuel consumption rate. Therefore, it can be concluded that the pyrolysis temperature of 300°C is suitable to produce fuel from rubber dung by pyrolysis. This research should be further developed to expand the results to practical applications.

Keywords: Fuel, Rubber dung, Pyrolysis

Please cite this article as: W. Phanit, A. Singhsathit, C. Sirayakul, P. Phothila, S. Khetsathan, T. Phamee, C. Turakarn, K. Chaiphet and K. Duanguppama, "Production of Fuel from Rubber Dung by Pyrolysis," *The Journal of Engineering and Industrial Technology, Kalasin University*, vol. 2, no. 5, pp. 11-22, 2024.

บทความวิจัย (Research Article)

1. บทนำ

เศษชี้อย่างพารา คือ ยางที่ติดตามรอยกรีด ยางกัน ถ้วย ยางที่ตกตามพื้น ยางติดตามภาชนะบรรจุ ยาง จากบ่อบำบัดน้ำเสีย ยางที่เหลือจากการแปรรูปยาง แผ่นดิบ ยางฟอง ยางแผ่นรมควัน เศษน้ำยางข้น หรือ ยางแท่ง เศษชี้อย่างพารานี้ใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิต ยางแท่งคุณภาพต่ำได้ แต่มีข้อเสีย คือ กลิ่นเหม็น จึงสร้างปัญหามลพิษทางกลิ่นต่อสิ่งแวดล้อมและ ชุมชน หากมีการจัดการเศษชี้อย่างพาราที่เหมาะสม เพื่อลดปัญหาเรื่องกลิ่นจะช่วยลดปัญหาด้าน สิ่งแวดล้อมและชุมชนได้อย่างยั่งยืน การแปรรูปเศษ ชี้อย่างพาราเป็นน้ำมันเชื้อเพลิงด้วยการไพโรไลซิสอาจ เป็นอีกกระบวนการที่จะช่วยเพิ่มมูลค่าและลดปัญหา ทางกลิ่นต่อสิ่งแวดล้อมและชุมชนได้

การไพโรไลซิส คือ การย่อยสลายอนุภาคด้วยเคมี ความร้อนในสภาวะที่ปราศจากออกซิเจนและมี ระยะเวลาคงอยู่ของไอสั้นด้วยการควบแน่นไอย่าง รวดเร็ว โดยไม่มีการสันดาปภายในระบบจึงไม่ส่งผล กระทบทางกลิ่น [1] เพื่อเป็นของเหลว คือ น้ำมัน เชื้อเพลิง วัตถุดิบสำหรับไพโรไลซิสส่วนใหญ่อยู่ในรูป ของแข็ง เช่นเดียวกับคุณลักษณะของเศษชี้อย่างพารา จึงมีสำหรับการไพโรไลซิส ที่ผ่านมามีการไพโรไลซิส ขยะพลาสติกซึ่งมีลักษณะโครงสร้างคล้ายเศษ ชี้อย่างพารา พบว่า ขยะพลาสติกสามารถแปรรูปเป็น น้ำมันเชื้อเพลิงได้สูงถึงร้อยละ 70 โดยน้ำหนัก [2] การผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงจากขยะพลาสติกมีปัจจัย ที่ส่งผลต่อกระบวนการผลิต ดังนี้ อุณหภูมิไพโรไลซิส [3-6] ชนิดขยะพลาสติก [7-9] ชนิดตัวเร่งปฏิกิริยา [5, 9-12] และอุณหภูมิชุดควบแน่น [2] ปัจจัยต่าง ๆ เหล่านี้ส่งผลต่อปริมาณและสมบัติของน้ำมันเชื้อเพลิง

ปี พ.ศ. 2562 Danguppama และคณะ [3] ได้ ไพโรไลซิสพลาสติกพีวีซีในเครื่องปฏิกรณ์ฟลูอิดไธซ์ เบด พบว่า อุณหภูมิไพโรไลซิสที่เพิ่มขึ้นจาก 400 เป็น 600 องศาเซลเซียส น้ำมันเชื้อเพลิงมีปริมาณแตกต่างกัน โดยอุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส มีปริมาณน้ำมัน เชื้อเพลิงสูงสุทธ้อยู่ที่ 64 โดยน้ำหนัก เมื่อไพโรไลซิส

ด้วยตัวเร่งปฏิกิริยาโดโลไมท์และดินขาวเคโอลิน พบว่า ปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงลดลงประมาณร้อยละ 20 โดยน้ำหนัก แต่น้ำมันเชื้อเพลิงที่ได้มีค่าความร้อน ไกล่เคียงน้ำมันดีเซล คือ ประมาณ 42 เมกะจูลต่อกิโลกรัม อย่างไรก็ตาม เครื่องปฏิกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัย นี้ยังมีจุดด้อย คือ ระหว่างกระบวนการต้องใช้น ไนโตรเจนเป็นแก๊สพาซึ่งเป็นการเพิ่มค่าใช้จ่ายให้กับ ระบบการผลิต ต่อมาในปี พ.ศ. 2563 ชินภัทร ธุระการ และคณะ [4] ได้ไพโรไลซิสถุงพลาสติกใน เครื่องปฏิกรณ์แบบเบดคงที่โดยไม่ใช้นโตรเจนเป็น แก๊สพา พบว่า อุณหภูมิไพโรไลซิสระหว่าง 400-600 องศาเซลเซียส น้ำมันเชื้อเพลิงมีปริมาณแตกต่างกัน อยู่ในช่วงร้อยละ 48.7-65.7 โดยน้ำหนัก ผลวิเคราะห์ สมบัติน้ำมันเชื้อเพลิง พบว่า อุณหภูมิไพโรไลซิส 500 องศาเซลเซียส น้ำมันเชื้อเพลิงมีค่าความร้อนสูงสุด 42.7 เมกะจูลต่อกิโลกรัม ปีเดียวกัน กัมปนาท ไชย เพชร และคณะ [7] ได้ไพโรไลซิสขยะพลาสติก 3 ชนิด คือ ถุงพลาสติก ขวดพลาสติก และพลาสติกพีวีซี พบว่า พลาสติกทั้ง 3 ชนิด มีปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิง แตกต่างกันร้อยละ 65.7 62.3 และ 58.6 โดยน้ำหนัก ตามลำดับ

ในปี พ.ศ. 2564 เกียรติ ดวงอุปมา และคณะ [8] ได้ทดลองใช้น้ำมันเชื้อเพลิงจากขยะพลาสติกใน เครื่องยนต์แบบสูบเดียวขนาด 12 แรงม้า พบว่า น้ำมันเชื้อเพลิงจากขยะถุงพลาสติกมีแรงม้าเบรก สูงสุด 11.4 แรงม้า และน้ำมันเชื้อเพลิงจากขยะพีวีซีมี แรงม้าเบรก 10.8 แรงม้า และงานวิจัยของ Pannuchaoenwong และคณะ [9] ได้ทดสอบใช้ น้ำมันเชื้อเพลิงที่ผลิตได้ในเครื่องยนต์ พบว่า สามารถ ลดมลพิษในไอเสียของเครื่องยนต์ได้มากกว่าร้อยละ 50 ในปี พ.ศ. 2566 Pannuchaoenwong และคณะ [2] ได้ปรับปรุงกระบวนการผลิตด้วยการลดอุณหภูมิ ไพโรไลซิสเป็น 300 องศาเซลเซียส พบว่า น้ำมัน เชื้อเพลิงที่ผลิตได้มีลักษณะทางกายภาพที่ใกล้เคียง น้ำมันเชื้อเพลิงจากปิโตรเลียม เมื่อวิเคราะห์ องค์ประกอบทางเคมี พบว่า มีองค์ประกอบใกล้เคียง

บทความวิจัย (Research Article)

กับน้ำมันดีเซล ซึ่งแสดงให้เห็นว่างานวิจัยที่ผ่านมาใช้เครื่องปฏิกรณ์ที่ไม่ใช้แก๊สพาสสามารถผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงได้และสามารถนำไปทดสอบกับเครื่องยนต์ได้ แต่ยังไม่พบรายงานการใช้เครื่องปฏิกรณ์ลักษณะนี้กับเศษขี้ยางพารา

ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นการผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงจากเศษขี้ยางพาราด้วยการไพโรไลซิสที่อุณหภูมิปฏิกิริยา 3 ระดับ คือ 300, 350 และ 400 องศาเซลเซียส ในเครื่องปฏิกรณ์แบบเบดคงที่ในอัตราการป้อนเศษขี้ยางพารา 30 กิโลกรัมต่อการทดลอง เพื่อศึกษาปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงที่ได้จากกระบวนการ จากนั้นน้ำมันเชื้อเพลิงที่ผลิตได้จะถูกนำไปวิเคราะห์สมบัติ เช่น ค่าความร้อน ค่าความหนืด ค่าความหนาแน่น จุดวาบไฟ-จุดติดไฟ และปริมาณเถ้า นอกจากนี้ น้ำมันเชื้อเพลิงที่ได้จากกระบวนการผลิตจะถูกนำไปทดสอบการใช้งานในเครื่องยนต์ เพื่อวิเคราะห์แรงม้าเบรกและอัตราการสิ้นเปลือง

2. วิธีการวิจัย

การวิจัยเริ่มต้นเตรียมเศษขี้ยางพารา จากนั้นเตรียมหน่วยผลิตและเริ่มผลิตน้ำมันเชื้อเพลิง เมื่อได้น้ำมันเชื้อเพลิงถูกนำไปวิเคราะห์สมบัติและทดสอบใช้งานในเครื่องยนต์ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

2.1 การเตรียมเศษขี้ยางพารา

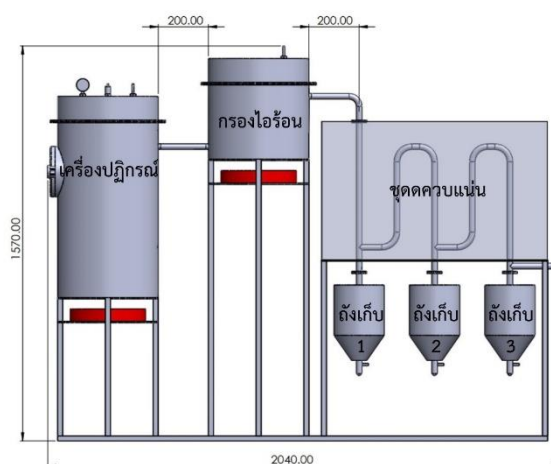
เศษขี้ยางพาราที่ใช้ในงานวิจัยนี้ คือ ได้จากเศษขี้ยางพาราที่ได้จากการกรีดยางในวิทยาลัยการอาชีพด่านซ้าย จังหวัดเลย เศษขี้ยางพาราจะถูกหั่นให้เป็นชิ้นเล็กขนาด กว้าง 3 เซนติเมตร ยาว 5 เซนติเมตร ดังรูปที่ 1 และเก็บในภาชนะมิดชิดเพื่อป้องกันความชื้นและการปนเปื้อนก่อนทดลอง



รูปที่ 1 เศษขี้ยางพาราหั่น

2.2 การผลิตน้ำมันจากเศษขี้ยางพารา

เริ่มต้นการทดลองด้วยการนำเศษขี้ยางพาราที่เตรียมไว้ปริมาณ 30 กิโลกรัม ใส่ในเครื่องปฏิกรณ์ จากนั้นเริ่มให้ความร้อนกับกรองไอร้อนที่ 100 องศาเซลเซียส ด้วยชุดเตาน้ำมันเชื้อเพลิง และควบคุมอุณหภูมิของชุดควบคุมที่ 30 องศาเซลเซียส เมื่ออุณหภูมิทั้งสองจุดได้ตามค่ากำหนดเริ่มให้ความร้อนกับเครื่องปฏิกรณ์ตามเงื่อนไขการทดลอง คือ 300 350 และ 400 องศาเซลเซียส



รูปที่ 2 แผนภาพหน่วยผลิตน้ำมันเชื้อเพลิง

บทความวิจัย (Research Article)

หลังจากการทดลองครบ 3 ชั่วโมง ปิดการทำงานของชุดเตาน้ำมันเชื้อเพลิงของเครื่องปฏิกรณ์ กรองไอร้อน และหยุดการควบคุมอุณหภูมิของชุดควบแน่น จากนั้นปล่อยให้เครื่องเย็นตัวลงที่อุณหภูมิห้อง เมื่ออุปกรณ์ความร้อนเย็นตัวลงทำการสมมูลมวลเพื่อหาปริมาณผลได้ของน้ำมันเชื้อเพลิง

น้ำมันเชื้อเพลิงที่ผลิตได้ถูกนำไปวิเคราะห์สมบัติและทดสอบใช้งานในเครื่องยนต์



รูปที่ 3 หน่วยผลิตน้ำมันเชื้อเพลิง

2.3 การสมมูลมวล

น้ำมันเชื้อเพลิง คือ ผลิตภัณฑ์หลักที่ได้จากกระบวนการผลิต ซึ่งปริมาณผลได้ของน้ำมันเชื้อเพลิงคำนวณจากน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นจากของเหลวที่อยู่ในถังเก็บของชุดควบแน่น ขณะที่ปริมาณผลได้ของแก๊สคำนวณจากน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นของของแข็งในเครื่องปฏิกรณ์ และกรองไอร้อน สำหรับปริมาณผลได้ของแก๊สคำนวณโดยความต่างของปริมาณผลได้ผลิตภัณฑ์

2.4 การวิเคราะห์สมบัติของน้ำมันเชื้อเพลิง

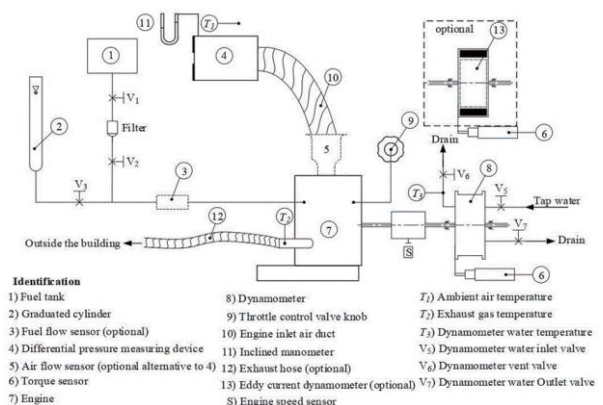
สมบัติน้ำมันเชื้อเพลิง ประกอบด้วย ค่าความร้อน ค่าความหนาแน่น ความหนืด จุดวาบไฟ-จุดติดไฟ และปริมาณเถ้า ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

ตารางที่ 1 การวิเคราะห์สมบัติของน้ำมันเชื้อเพลิง

ลำดับที่	การวิเคราะห์	มาตรฐาน
1	ค่าความร้อน	DIN 51900
2	ความหนาแน่น	ASTM D4052
3	ความหนืด	ASTM D445
4	จุดวาบไฟ-จุดติดไฟ	ASTM D93
5	เถ้า	DIN EN7

2.5 ทดสอบน้ำมันเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์

งานวิจัยครั้งนี้เลือกใช้เครื่องทดสอบสมรรถนะเครื่องยนต์ดีเซลแบบสูบเดี่ยวที่หูกสูบต่ำ ขนาด 10.5 แรงม้า ทดสอบที่ความเร็วรอบ 2000 รอบต่อนาที โดยรูปที่ 4 แสดงไดอะแกรม และรูปที่ 5 คือ ชุดทดสอบสมรรถนะ



รูปที่ 4 ไดอะแกรมชุดทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์ดีเซลแบบสูบเดี่ยว [9]

ซึ่งมีสมการคำนวณ ดังนี้

1. กำลังเบรกของเครื่องยนต์ (engine brake power)

$$P = \frac{2\pi Tn}{60} \quad (1)$$

เมื่อ P = กำลังเบรกของเครื่องยนต์ (วัตต์)
 T = แรงบิด (นิวตันเมตร)
 n = รอบของเครื่องยนต์ (รอบต่อนาที)

บทความวิจัย (Research Article)

2. ความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง (fuel Combustion)

$$Q_{mf} = Q_{vf} \rho_f \quad (2)$$

เมื่อ Q_{mf} = ความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง
(กิโลกรัมต่อวินาที)

Q_{vf} = ปริมาตรของน้ำมันเชื้อเพลิง
(ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที)

ρ_f = ความหนาแน่นน้ำมันเชื้อเพลิง
(กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)

3. อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงจำเพาะ
เบรก (brake specific fuel consumption)

$$B_{sfc} = \frac{3600 Q_{mf}}{P} \quad (3)$$

เมื่อ B_{sfc} = อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง
จำเพาะเบรก
(กิโลกรัมต่อกิโลวัตต์-ชั่วโมง)

P = กำลังเบรกของเครื่องยนต์ (กิโลวัตต์)

Q_{mf} = ความสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง
(กิโลกรัมต่อวินาที)



รูปที่ 5 ชุดทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์ดีเซล
แบบสูบเดียว [13]

2.6 การวิเคราะห์แก๊สไอเสียของเครื่องยนต์

งานวิจัยนี้วิเคราะห์การปล่อยไอเสียของเครื่องยนต์ด้วยเครื่องวัดและวิเคราะห์ไอเสียรถยนต์ยี่ห้อ CAPELEC รุ่น CAP-3201-GO มีรายละเอียดดังนี้

- แสดงค่า HC 0-20000 PPM
- แสดงค่า CO ร้อยละ 0-5 โดยปริมาตร
- แสดง CO ที่ถูกต้อง: ร้อยละ 0-10 โดยปริมาตร
- แสดงค่า NOX ตั้งแต่ 0-5,000 PPM
- แสดงความเร็วรอบเครื่องยนต์ตั้งแต่ 0-9999

รอบต่อนาที

- ความดันบรรยากาศตั้งแต่ 750-1150 มิลลิบาร์
- ตอบสนองต่อการวัดภายใน 5 วินาที
- ได้รับการรับรอง OIML R99 คลาส 0, ISO-

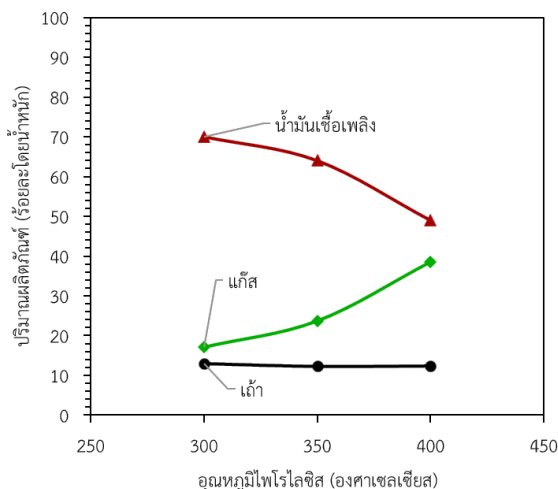
3930 และ BAR97

3. ผลการทดลองและอภิปรายผล

3.1 ผลของอุณหภูมิไพลซิสต่อปริมาณผลิตภัณฑ์

การผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงจากเศษชีงาพาราในเครื่องปฏิกรณ์แบบเบดคงที่มีกำลังการป้อนวัตถุดิบต่อครั้ง 30 กิโลกรัม โดยผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงภายใต้เงื่อนไขอุณหภูมิกรองไอร้อน 100 องศาเซลเซียส อุณหภูมิชุดควบแน่น 30 องศาเซลเซียส และระยะเวลาการผลิต 3 ชั่วโมง ผลการทดลอง พบว่าอุณหภูมิไพลซิสที่แตกต่างกันระหว่าง 300 ถึง 400 องศาเซลเซียส ในรูปที่ 6 มีปริมาณผลได้ของผลิตภัณฑ์แตกต่างกันอย่างชัดเจน

อุณหภูมิไพลซิส 300 องศาเซลเซียส มีปริมาณผลได้ของน้ำมันเชื้อเพลิงสูงสุดร้อยละ 70 โดยน้ำหนัก เท่ากับปริมาณผลได้ของน้ำมันเชื้อเพลิงที่ได้จากการไพลซิสขยะพลาสติก [2] เมื่อเพิ่มอุณหภูมิไพลซิสขึ้นเป็น 350 และ 400 องศาเซลเซียส ปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงลดลงอย่างต่อเนื่องเป็นร้อยละ 64 และ 49 โดยน้ำหนัก ตามลำดับ นั้นเป็นเพราะว่าอุณหภูมิไพลซิสที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้ปริมาณผลได้ของแก๊สเพิ่มขึ้น ซึ่งรูปที่ 6 แสดงให้เห็นว่าอุณหภูมิไพลซิสที่เพิ่มขึ้นจาก 300 เป็น 400 องศาเซลเซียส ปริมาณผลได้ของแก๊สเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องจากร้อยละ 17 เป็น 38 โดยน้ำหนัก การเพิ่มขึ้นของแก๊สเป็นผลมาจากความดันภายในระบบเพิ่มขึ้นจึงไม่สามารถควบแน่นไอล์ได้สมบูรณ์ ชุดควบแน่นจึงไม่สามารถควบแน่นไอล์ให้เป็นน้ำมันเชื้อเพลิงได้อย่างสมบูรณ์ ส่งผลให้เกิดเป็นแก๊สที่ไม่สามารถควบแน่นได้เพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามอุณหภูมิไพลซิสที่เพิ่มขึ้นก็ไม่ได้ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณไอล์ เนื่องจากไอล์ที่ได้ในแต่ละการทดลองมีปริมาณใกล้เคียงกัน คือ ร้อยละ 13 โดยน้ำหนัก



รูปที่ 6 ผลของอุณหภูมิไพลซิสต่อปริมาณผลิตภัณฑ์

3.2 ผลของอุณหภูมิไพลซิสต่อสมบัติของผลิตภัณฑ์

ตารางที่ 2 แสดงให้เห็นว่าอุณหภูมิไพลซิสที่แตกต่างกันส่งผลให้สมบัติของน้ำมันเชื้อเพลิงค่อนข้างแตกต่างกัน โดยอุณหภูมิไพลซิส 300 องศาเซลเซียส น้ำมันเชื้อเพลิงที่ผลิตได้มีค่าความร้อนสูงสุด 39.1 เมกะจูลต่อกิโลกรัม เมื่ออุณหภูมิไพลซิสเพิ่มขึ้นเป็น 350 และ 400 องศาเซลเซียส น้ำมันเชื้อเพลิงที่ผลิตได้มีค่าความร้อนลดลงอย่างต่อเนื่องจาก 33.3 เป็น 32 เมกะจูลต่อกิโลกรัม ตามลำดับ นั้นเป็นเพราะว่าน้ำมันเชื้อเพลิงที่ได้จากการไพลซิสที่อุณหภูมิสูงมีปริมาณไอล์สูง โดยตารางที่ 2 แสดงให้เห็นว่า อุณหภูมิไพลซิสที่เพิ่มขึ้นจาก 300 เป็น 400 องศาเซลเซียส มีปริมาณไอล์ในน้ำมันเชื้อเพลิงเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องจากร้อยละ 0.6 เป็น 1.6 โดยน้ำหนัก ซึ่งไอล์นี้เป็นสารอินทรีย์ที่ไม่สามารถเผาไหม้ได้ ดังนั้นน้ำมันเชื้อเพลิงที่มีปริมาณไอล์สูงจึงมีค่าความร้อนต่ำ อีกทั้งไอล์ยังอาจสร้างปัญหาอุดตันต่อระบบทางเดินของน้ำมันเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์สันดาปภายใน จึงควรเลือกน้ำมันเชื้อเพลิงที่มีปริมาณไอล์ต่ำเพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์

บทความวิจัย (Research Article)

ตารางที่ 2 สมบัติของน้ำมันเชื้อเพลิง

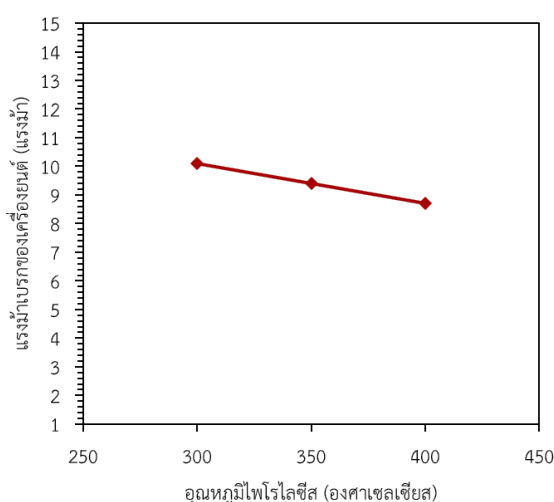
สมบัติน้ำมันเชื้อเพลิง	อุณหภูมิไฟโรไลซิส (องศาเซลเซียส)		
	300	350	400
ค่าความร้อน (เมกะจูลต่อกิโลกรัม)	39.1±0.7	33.3±0.5	32.0±0.8
ความหนาแน่น (กิโลกรัมต่อลูกบาศก์ เมตร)	835.3±2.7	824.6±3.4	800.1±2.5
ความหนืด (เซนติสตรกส์)	1.3±0.4	1.6±0.2	2.4±0.2
จุดวาบไฟ-จุดติดไฟ (องศาเซลเซียส)	25±0.6	25±0.4	25±0.5
ปริมาณเถ้า (ร้อยละโดยน้ำหนัก)	0.6±0.3	1.0±0.2	1.6±0.3

ความหนาแน่นของน้ำมันเชื้อเพลิงในตารางที่ 2 จะเห็นว่า อุณหภูมิไฟโรไลซิสที่เพิ่มขึ้นจาก 300 เป็น 400 องศาเซลเซียส ความหนาแน่นลดลงอย่างต่อเนื่องจาก 835.3 เป็น 800.1 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ความหนาแน่นที่ลดลงนี้เป็นผลมาจากน้ำมันเชื้อเพลิงมีส่วนผสมของของแข็ง [9] ซึ่งตารางที่ 2 จะสังเกตได้ว่าน้ำมันเชื้อเพลิงที่มีความหนาแน่นสูงมีปริมาณเถ้าต่ำ ขณะที่น้ำมันเชื้อเพลิงที่มีความหนาแน่นต่ำมีปริมาณเถ้าสูง เถ้าที่อยู่ในน้ำมันเชื้อเพลิงยังส่งผลให้ความหนืดเพิ่มขึ้น [10] โดยน้ำมันเชื้อเพลิงที่มีปริมาณเถ้าร้อยละ 0.6 โดยน้ำหนัก มีความหนืด 1.3 เซนติสตรกส์ ขณะที่น้ำมันเชื้อเพลิงที่มีปริมาณเถ้าร้อยละ 1.6 โดยน้ำหนัก มีความหนืด 2.4 เซนติสตรกส์ อย่างไรก็ตาม น้ำมันเชื้อเพลิงได้จากการไฟโรไลซิสที่อุณหภูมิแตกต่างกันก็สามารถติดไฟได้เหมือนกัน เพราะผลการทดลอง พบว่า น้ำมันเชื้อเพลิงที่ได้จากการไฟโรไลซิสเศษชี้อย่างพาราที่อุณหภูมิ 300 ถึง 400 องศาเซลเซียสติดไฟได้ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

จึงสรุปได้ว่า อุณหภูมิไฟโรไลซิสที่เพิ่มขึ้นจาก 300 เป็น 400 องศาเซลเซียส ส่งผลให้ปริมาณเถ้าในน้ำมันเชื้อเพลิงเพิ่มขึ้น เป็นเหตุให้น้ำมันเชื้อเพลิงที่ได้จากการผลิตมีความหนืดเพิ่มขึ้น ความหนาแน่นลดลง และค่าความร้อนลดลง

3.3 ผลการทดสอบน้ำมันเชื้อเพลิงจากเศษชี้อย่างพาราในเครื่องยนต์

การทดสอบน้ำมันเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์จะใช้เชื้อเพลิงที่ได้จากกระบวนการผลิตร้อยละ 100 ในเครื่องยนต์ดีเซลแบบสูบเดี่ยวขนาด 10.5 แรงม้า ที่ความเร็วรอบ 2000 รอบต่อนาที ผลการทดสอบในรูปที่ 7 พบว่า น้ำมันเชื้อเพลิงที่ได้จากอุณหภูมิไฟโรไลซิส 300 องศาเซลเซียส เครื่องยนต์มีแรงม้าเบรกสูงสุด 10.1 แรงม้า ขณะที่น้ำมันเชื้อเพลิงที่ได้จากอุณหภูมิไฟโรไลซิส 400 องศาเซลเซียส เครื่องยนต์มีแรงม้าเบรกต่ำสุด 8.7 แรงม้า แรงม้าเบรกของเครื่องยนต์ที่ลดลงเป็นผลมาจากค่าความร้อนของน้ำมันเชื้อเพลิง [8] ซึ่งจะเห็นว่าอุณหภูมิไฟโรไลซิส 300 องศาเซลเซียส น้ำมันเชื้อเพลิงมีค่าความร้อนสูงกว่า อุณหภูมิไฟโรไลซิส 400 องศาเซลเซียส

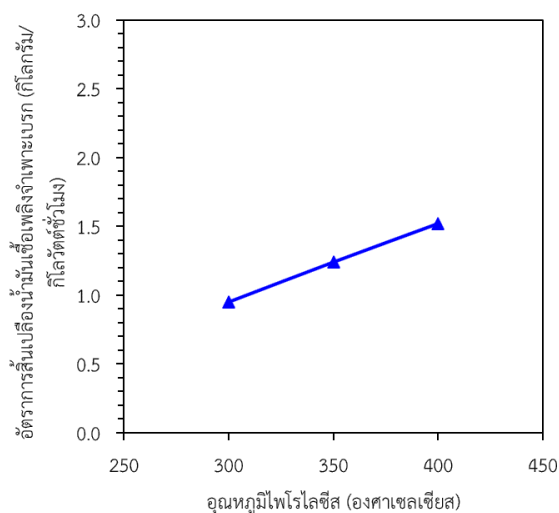


รูปที่ 7 ผลของอุณหภูมิไฟโรไลซิสต่อแรงม้าเบรกเครื่องยนต์

น้ำมันเชื้อเพลิงที่มีค่าความร้อนต่ำมีอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงสูง [9] ดังนั้นรูปที่ 8 จึงแสดงให้เห็นว่า น้ำมันเชื้อเพลิงที่อุณหภูมิ 300 องศาเซลเซียส เครื่องยนต์มีอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมัน

บทความวิจัย (Research Article)

เชื้อเพลิงจำเพาะเบรกต่ำสุด 1.0 กิโลกรัมต่อกิโลวัตต์ ชั่วโมง

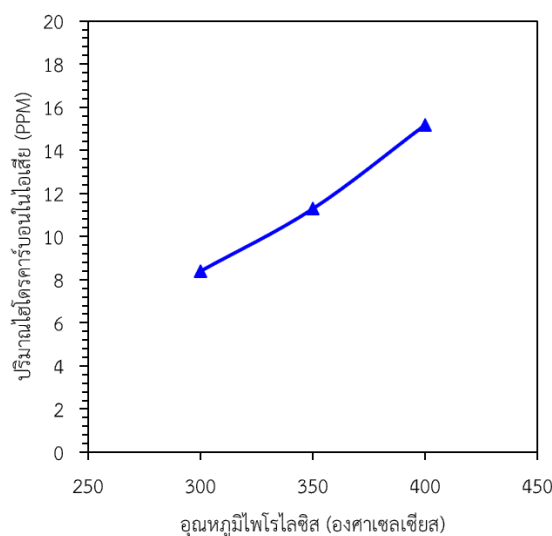


รูปที่ 8 ผลของอุณหภูมิไฟโรไลซิสต่ออัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง

ขณะที่น้ำมันเชื้อเพลิงที่ได้จากอุณหภูมิ 350 และ 400 องศาเซลเซียส เครื่องยนต์มีอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงจำเพาะเบรกเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องเป็น 1.2 และ 1.5 กิโลกรัมต่อกิโลวัตต์ชั่วโมง ตามลำดับนั้นเป็นเพราะน้ำมันเชื้อเพลิงที่ได้จากการไฟโรไลซิสที่อุณหภูมิสูงมีค่าความร้อนต่ำ

ไอเสียที่เกิดจากการเผาไหม้ของเครื่องยนต์เป็นอีกปัจจัยที่ส่งผลต่อมลพิษทางสิ่งแวดล้อม ด้วยเหตุนี้จึงทำให้มีการกำหนดมาตรฐานของปริมาณการปล่อยแก๊สไอเสีย เพื่อให้ผู้ผลิตใช้เป็นเงื่อนไขในการออกแบบและสร้างเครื่องยนต์ น้ำมันเชื้อเพลิงเป็นอีกปัจจัยที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพการสันดาปภายในเครื่องยนต์ เพราะน้ำมันเชื้อเพลิงที่มีสมบัติที่ดีจะช่วยให้เครื่องยนต์มีประสิทธิภาพการเผาไหม้ที่ดีตามไปด้วย งานวิจัยนี้จึงให้ความสำคัญกับการวิเคราะห์แก๊สไอเสียของเครื่องยนต์เพื่อป้องกันมลพิษที่ปล่อยออกจากเครื่องยนต์เมื่อใช้น้ำมันเชื้อเพลิงจากเศษชีวมวลอยู่ในระดับต่ำ

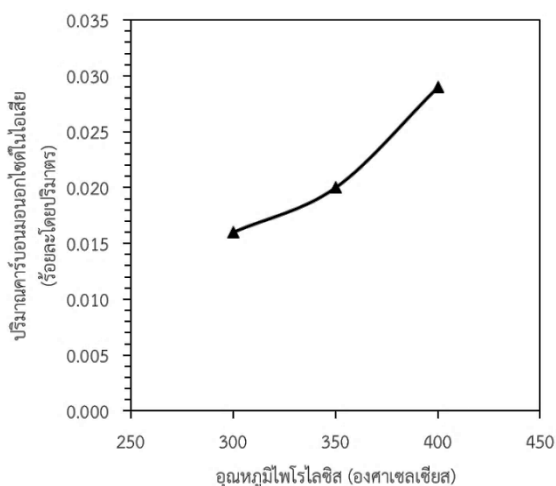
รูปที่ 9 แสดงให้เห็นว่า น้ำมันเชื้อเพลิงที่ได้จากการไฟโรไลซิสที่อุณหภูมิ 300 องศาเซลเซียส มีปริมาณไฮโดรคาร์บอนในไอเสียต่ำสุด 8.4 PPM ขณะที่น้ำมันเชื้อเพลิงที่ได้จากอุณหภูมิไฟโรไลซิส 350 และ 400 องศาเซลเซียส มีปริมาณไฮโดรคาร์บอนในไอเสียเพิ่มขึ้นเป็น 11.3 และ 15.2 PPM ตามลำดับซึ่งปริมาณไฮโดรคาร์บอนที่เพิ่มขึ้นนี้คาดว่าเกิดจากปริมาณเชื้อเพลิงในน้ำมันเชื้อเพลิง [9] จึงก่อให้เกิดเขม่าในไอเสีย เพราะฉะนั้นน้ำมันเชื้อเพลิงที่ได้จากการไฟโรไลซิสอุณหภูมิ 400 องศาเซลเซียส มีปริมาณเชื้อเพลิงสูงร้อยละ 1.6 โดยน้ำหนัก เมื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์จึงส่งผลให้ปริมาณไฮโดรคาร์บอนในไอเสียมีมากกว่าน้ำมันเชื้อเพลิงที่มีปริมาณเชื้อเพลิงต่ำ



รูปที่ 9 ผลของอุณหภูมิไฟโรไลซิสต่อปริมาณไฮโดรคาร์บอนในไอเสีย

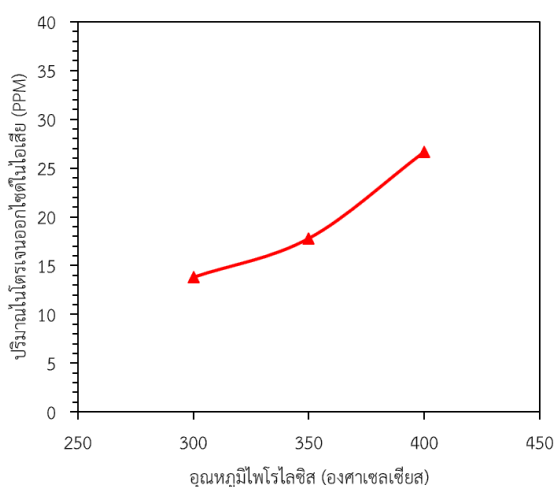
รูปที่ 10 แสดงให้เห็นว่า อุณหภูมิไฟโรไลซิส 300 องศาเซลเซียส น้ำมันเชื้อเพลิงช่วยให้เครื่องยนต์ปล่อยแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ร้อยละ 0.016 โดยปริมาตร ขณะที่อุณหภูมิ 400 องศาเซลเซียส แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ในไอเสียสูงสุด คือ 0.029 โดยปริมาตร

บทความวิจัย (Research Article)



รูปที่ 10 ผลของอุณหภูมิไฟโรไลซิสต่อคาร์บอนมอนอกไซด์ในไอเสีย

รูปที่ 11 แสดงให้เห็นว่า น้ำมันเชื้อเพลิงที่อุณหภูมิไฟโรไลซิส 300 องศาเซลเซียส มีไนโตรเจนออกไซด์ในไอเสียเครื่องยนต์ต่ำสุด 13.8 PPM ขณะที่น้ำมันเชื้อเพลิงที่อุณหภูมิไฟโรไลซิส 350 และ 400 องศาเซลเซียส ส่งผลให้ปริมาณไนโตรเจนออกไซด์ของไอเสียเครื่องยนต์เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องเป็น 26.7 PPM



รูปที่ 11 ผลของอุณหภูมิไฟโรไลซิสต่อปริมาณไนโตรเจนออกไซด์ในไอเสีย

อย่างไรก็ตาม ผลวิเคราะห์ไอเสียในเครื่องยนต์ดีเซลแบบสูบเดี่ยวขนาด 10.5 แรงม้า ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 2000 รอบต่อนาที เมื่อใช้น้ำมันจากเศษชีอย่างพาราเป็นเชื้อเพลิง พบว่า ปริมาณมลพิษในไอเสียเครื่องยนต์ที่ปล่อยออกมาอยู่ในเกณฑ์ที่กรมควบคุมมลพิษกำหนด (ไฮโดรคาร์บอนไม่เกิน 99 PPM, คาร์บอนมอนอกไซด์ไม่เกินร้อยละ 100 โดยปริมาตร, ไนโตรเจนออกไซด์ไม่เกิน 100 PPM)

4. สรุปผล

การไฟโรไลซิสเศษชีอย่างพารากำหนดเงื่อนไขอุณหภูมิการไอร้อน 100 องศาเซลเซียส อุณหภูมิชุดควบแน่น 30 องศาเซลเซียส เศษชีอย่างพารา 30 กิโลกรัมต่อการทดลอง และระยะเวลาไฟโรไลซิส 3 ชั่วโมงต่อการทดลอง ผลการทดลอง พบว่า อุณหภูมิไฟโรไลซิส 300 องศาเซลเซียส มีปริมาณผลได้ของน้ำมันเชื้อเพลิงสูงสุดร้อยละ 70 โดยน้ำหนัก ขณะที่อุณหภูมิไฟโรไลซิส 400 องศาเซลเซียส มีปริมาณผลได้ของน้ำมันเชื้อเพลิงต่ำสุดร้อยละ 49 โดยน้ำหนัก เมื่อวิเคราะห์สมบัติของน้ำมันเชื้อเพลิง พบว่า น้ำมันเชื้อเพลิงที่ได้จากอุณหภูมิไฟโรไลซิส 300 องศาเซลเซียส มีค่าความร้อนสูงสุด 39.1 เมกะจูลต่อกิโลกรัม ความหนาแน่นสูง ความหนืดต่ำ และปริมาณเถ้าต่ำสุดร้อยละ 0.6 โดยน้ำหนัก ขณะที่น้ำมันเชื้อเพลิงที่ได้จากอุณหภูมิไฟโรไลซิส 400 องศาเซลเซียส มีค่าความร้อนต่ำสุด 32 เมกะจูลต่อกิโลกรัม ความหนาแน่นสูง ความหนืดสูง และปริมาณเถ้าสูงสุดร้อยละ 1.6 โดยน้ำหนัก หลังการทดสอบน้ำมันเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ พบว่า น้ำมันเชื้อเพลิงที่ได้จากการไฟโรไลซิสที่อุณหภูมิ 300 องศาเซลเซียสส่งผลให้เครื่องยนต์มีแรงม้าเบรกสูงสุด 10.1 แรงม้า อัตราการสิ้นเปลืองจำเพาะเบรกต่ำสุด 1.0 กิโลกรัมต่อกิโลวัตต์ ชั่วโมง และมีปริมาณแก๊สไอเสีย เช่น ไฮโดรคาร์บอน คาร์บอนมอนอกไซด์และไนโตรเจนออกไซด์ ต่ำสุด น้ำมันเชื้อเพลิงที่ได้จากการไฟโรไลซิสที่อุณหภูมิ 400 องศาเซลเซียส เครื่องยนต์มีแรงม้าเบรกลดลง อัตรา

บทความวิจัย (Research Article)

การสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงเพิ่มขึ้น และปริมาณแก๊สไอเสียเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตาม มลพิษในไอเสียของเครื่องยนต์อยู่ในเกณฑ์ที่กรมควบคุมมลพิษกำหนด

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสำนักวิจัยและพัฒนาการอาชีวศึกษา ที่อนุมัติทุนส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม ภายใต้โครงการขับเคลื่อนนวัตกรรมสิ่งประดิษฐ์อาชีวศึกษา เพื่อการนำไปใช้ประโยชน์และเข้าสู่ระบบอุตสาหกรรมและพาณิชย์กรรม ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2567

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] A. V. Bridgwater, D. Meier, and D. Radlein, "An overview of fast pyrolysis of biomass," *Organic Geochemistry*, vol. 30, no. 12, pp. 1479-1493, 1999.
- [2] N. Pannucharoenwong, K. Duanguppama, S. Echaroj, C. Turakarn, K. Chaiphet, and P. Rattanadecho, "Improving fuel quality from plastic bag waste pyrolysis by controlling condensation temperature," *Energy Reports*, vol. 9, pp. 125-138, 2023.
- [3] K. Duanguppama, K. Chaiphet, P. Kraisoda, and C. Turakarn, "Fuel production from plastic waste with fast pyrolysis," *The First National and International Conference of Kalasin University 2019: Recent Innovation of Sciences and Social Sciences for Sustainability (2019 KSUC)*, vol. 1, no. 1, pp. 82-90, 2019.
- [4] ชินภัทร ชูระการ, กัมปนาท ไชยเพชร, เกียรติสุดา สุวรรณปา, และ เกยูร ดวงอุปมา, "ผลของอุณหภูมิไพโรไลซิสต่อปริมาณและสมบัติของน้ำมันเชื้อเพลิงจากถุงพลาสติก," ใน *การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์ วิทยาศาสตร์*
- เทคโนโลยี และสถาปัตยกรรมศาสตร์ ครั้งที่ 11, vol. 11, หน้า 566-571, 2563.
- [5] K. Duanguppama, N. Pannucharoenwong, S. Echaroj, C. Turakarn, K. Chaiphet, and P. Rattanadecho, "Pyrolysis of cigarette waste to fuel production," *Energy Reports*, vol. 9, pp. 462-473, 2023.
- [6] K. Duanguppama and A. Pattiya, "Fast pyrolysis of *Leucaena leucocephala* in a circulating fluidised bed reactor," in *European Biomass Conference and Exhibition*, vol. 23rd, pp. 1206-1211, 2015.
- [7] กัมปนาท ไชยเพชร, ชินภัทร ชูระการ, สุรินทร์ พงษ์สกุล, และ เกยูร ดวงอุปมา, "ผลของชนิดพลาสติกต่อปริมาณและสมบัติของน้ำมันเชื้อเพลิงจากการไพโรไลซิสแบบเร็ว," ใน *การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสถาปัตยกรรมศาสตร์ ครั้งที่ 11*, vol. 11, หน้า 1296-1302, 2563.
- [8] ชินภัทร ชูระการ, เกยูร ดวงอุปมา, กัมปนาท ไชยเพชร, อภิชน มุ่งชู, สุพัตรา บุไธสง, และ สุรสิทธิ์ พ่อคำ, "ผลของน้ำมันขยะพลาสติกจากกระบวนการไพโรไลซิสแบบเร็วต่อแรงม้าเบรกต่ำสุดและอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรกสูงสุดของเครื่องยนต์," *วารสารวิชาการพลังงานทดแทนสู่ชุมชน*, vol. 4, no. 2, หน้า 14-20, 2564.
- [9] N. Pannucharoenwong, K. Duanguppama, K. Chaiphet, C. Turakarn, S. Echaroj, and P. Rattanadecho, "The fuel production for diesel engine from catalytic pyrolysis of plastic waste," *Engineered Science*, vol. 26, p. 964, 2023.
- [10] K. Chaiphet, C. Turakarn, K. Duanguppama, C. Sasen, S. Khamsuwan, and P. Promphipha, "The product yields

บทความวิจัย (Research Article)

- and fuel properties from catalytic pyrolysis of plastic bag," *Journal of Materials Science and Applied Energy*, vol. 11, no. 1, pp. 16-23, 2022.
- [11] K. Duanguppama, N. Pannucharoenwong, S. Echaroj, C. Turakarn, K. Chaiphet, and P. Rattanadecho, "Processing of *Leucaena leucocephala* for renewable energy with catalytic fast pyrolysis," *Energy Reports*, vol. 8, pp. 466-479, 2022.
- [12] K. Duanguppama et al., "Catalytic fast pyrolysis of *Leucaena leucocephala* in fluidised-bed reactor with in-situ and ex-situ vapors upgrading," in *TSME International Conference on Mechanical Engineering*, vol. 7th, p. 170, 2016.
- [13] C. Turakan, K. Chaiphet, and K. Duanguppama, "Production of bio-oil by fast pyrolysis of biomass for testing in engines," *Journal of Engineering and Industrial Technology Kalasin University*, vol. 1, no. 6, pp. 15-27, 2023.