



FEAT JOURNAL

FARM ENGINEERING AND AUTOMATION TECHNOLOGY JOURNAL

วารสารวิศวกรรมฟาร์มและเทคโนโลยีการควบคุมอัตโนมัติ

ผลของอุณหภูมิชุดควบแน่นจากการไพโรไลซิสน้ำมันหมู

Effect of condensate temperature on lard pyrolysis

จาริตร ปุอินทะ¹, ฉัตรชัย เบญจปิยะพร¹, จุฬารักษ์ เบญจปิยะพร¹,ณัฐดนัย พรรณูเจริญวงศ์^{2*} และ เกียรติ ดวงอุปมา³Charitr Puinta¹, Chatchai Benjapiyaporn¹, Julaporn Benjapiyaporn¹,Nattadon Pannucharoenwong^{2*} and Keyoon Duanguppama³¹ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 40002, ประเทศไทย² ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, 12120, ประเทศไทย³ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์,
46000, ประเทศไทย¹ Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Khon Kaen University, 40002, Thailand² Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Thammasat School of Engineering,
Thammasat University, 12120, Thailand³ Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering and Industrial Technology, Kalasin University,
46000, Thailand

Received: 27 March 2023

Revised: 27 April 2023

Accepted: 1 May 2023

Available online: 23 June 2023

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มุ่งเน้นศึกษาผลของอุณหภูมิชุดควบแน่นจากการไพโรไลซิสน้ำมันหมู โดยมีเงื่อนไขการทดลอง คือ อุณหภูมิไพโรไลซิส 500 °C ระยะเวลา 3 ชั่วโมง และอุณหภูมิชุดควบแน่นสอง -10 °C ซึ่งปรับเปลี่ยนอุณหภูมิของชุดควบแน่นแรก 5 ระดับ คือ 40, 50, 60, 70 และ 80 °C เพื่อศึกษาปริมาณและสมบัติของน้ำมันเชื้อเพลิง ผลการศึกษา พบว่า อุณหภูมิชุดควบแน่น 60 °C ให้ปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงหนักสูงสุดร้อยละ 41 โดยน้ำหนัก ขณะที่อุณหภูมิชุดควบแน่น 80 °C ให้ปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงเบาสูงสุดร้อยละ 4 โดยน้ำหนัก ผลวิเคราะห์

สมบัติน้ำมันเชื้อเพลิง พบว่า อุณหภูมิชุดควบแน่นที่แตกต่างกันทำให้น้ำมันเชื้อเพลิงมีสมบัติที่แตกต่างกัน โดยน้ำมันเชื้อเพลิงหนักมีความหนาแน่น 927 kg/m^3 ความหนืด 8.69 cSt ค่าความร้อนสูง 39 MJ/kg และติดไฟได้ที่อุณหภูมิ 31.37°C ขณะที่น้ำมันเชื้อเพลิงเบามีความหนาแน่น 696.67 kg/m^3 ความหนืด 1.67 cSt และค่าความร้อน 40 MJ/kg . ซึ่งผลวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี พบว่า น้ำมันเชื้อเพลิงหนักมีองค์ประกอบทางเคมีของสารในกลุ่มที่เป็นกรดเป็นองค์ประกอบหลัก ขณะที่น้ำมันเชื้อเพลิงเบา มีองค์ประกอบทางเคมีของสารในกลุ่มน้ำมันเบนซินเป็นองค์ประกอบหลัก

คำสำคัญ: อุณหภูมิชุดควบแน่น ไพโรไลซิส น้ำมันหมู น้ำมันเชื้อเพลิง

Abstract

This research focuses on the effect of condensation set temperature on lard pyrolysis. The experimental conditions were a pyrolysis temperature of 500°C for 3 hours and a second condensing unit temperature of -10°C . It adjusted the temperature of the first five-stage condenser to $40, 50, 60, 70$, and 80°C to study the quantity and properties of the fuel. The results showed that the condensate temperature was 60°C . The maximum amount of heavy fuel was $41 \text{ wt\%}$, while the condensing unit temperature was 80°C and the maximum amount of light fuel was $4 \text{ wt\%}$. Different heavy fuel oils have a density of 927 kg/m^3 , a viscosity of 8.69 cSt , and a high calorific value of 39 MJ/kg . And it ignites at a temperature of 31.37°C , while a light fuel has a density of 686.67 kg/m^3 , a viscosity of 1.67 cSt , and a calorific value of 40 MJ/kg . The chemical composition analysis found that heavy fuel oil has a chemical composition with acidic substances as the main component. While light fuels have the chemical composition of substances in the gasoline group as the main constituents

Keyword: Condensation temperature: Pyrolysis: Lard: Fuels

*ติดต่อ: Charitruipinta@kkumail.com, pnattado@engr.tu.ac.th เบอร์โทรศัพท์ 062-294-8222

1. บทนำ

ที่ผ่านมาประเทศไทยรวมถึงทั่วโลก มีการนำพลังงานเชื้อเพลิงเพื่อใช้ในการพัฒนาและขับเคลื่อนประเทศเดินไปข้างหน้าโดยพลังงานทั่วไปที่ทั่วโลกใช้นั้นมักจะมาจากก๊าซ, น้ำมัน (Fossil), ถ่านหินแต่ด้วยปัญหาด้านมลภาวะที่เป็นพิษ รวมถึง ทรัพยากรที่ลดลง จึงทำให้นักวิจัย

หลากหลายประเทศหันมาสนใจศึกษาพลังงานทดแทน (Renewable energy) อาทิ พลังงานลม, พลังงานแสงอาทิตย์, พลังงานน้ำ และเชื้อเพลิงชีวภาพ ซึ่งพลังงานเหล่านี้เป็นพลังงานที่สามารถนำกลับมาใช้ได้อย่างไม่สิ้นสุด และยังเป็นพลังงานทดแทนที่มีความสะอาดรวมถึงส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อย

เมื่อเปรียบเทียบกับ พลังงานจากเชื้อเพลิงปิโตรเลียม [1] เชื้อเพลิงชีวภาพ คือ ผลิตภัณฑ์ประเภทเชื้อเพลิงที่ผลิตจากชีวมวล ที่ได้จากผลผลิตของสิ่งมีชีวิต เช่น มูลสัตว์ ชากพืช โดยเชื้อเพลิงชีวภาพ เป็นพลังงานทดแทน รวมถึงยังเป็นพลังงานที่สะอาด ไม่เหมือนพลังงานจากแหล่งธรรมชาติอื่น ๆ เช่น ปิโตรเลียม ถ่านหิน และเชื้อเพลิง โดยในปัจจุบันการผลิตเชื้อเพลิงชีวภาพ เริ่มมีการแพร่หลายโดยการนำพืชมาผลิตเป็นน้ำมันเชื้อเพลิงชีวภาพ เช่น อ้อย มันสำปะหลัง กากมะพร้าว ปาล์ม สาหร่าย เป็นต้น [2-3] ในอีกมุมหนึ่งการนำของเหลือจากสัตว์มาปรับเปลี่ยนเป็นพลังงานเชื้อเพลิงชีวภาพยังไม่ค่อยแพร่หลายโดยเฉพาะน้ำมันหมู

น้ำมันหมูเกิดจากการเจียวไขมันหมูบนกระทะใบบัว ทั้งนี้แล้วน้ำมันหมูที่ผลิตมาได้นั้นยังมีข้อเสียหลัก ๆ คือ แข็งตัวเร็วและมีกลิ่นเหม็นง่าย จึงทำให้ไม่นิยมนำไปประกอบอาหาร ดังนั้นน้ำมันหมูจึงถูกนำมาผลิตเป็นน้ำมันเชื้อเพลิงโดยผ่านกระบวนการไพโรไลซิส [4-6] โดยนำน้ำมันหมูอบในเตาความร้อนที่มีอุณหภูมิสูงจะทำให้เกิดแรงดันจนน้ำมันหมูระเหิดตัวกลายเป็นไอน้ำมันควบแน่นไอนี้ได้จากน้ำมันหมูที่อุณหภูมิต่าง ๆ จะได้ของเหลว และหากนำตัวเร่งปฏิกิริยามาเปลี่ยนแปลงโครงสร้างทาง [7] เคมีของไอน้ำมันก่อนการควบแน่นจะได้ของเหลวที่มีสมบัติใกล้เคียงน้ำมันเชื้อเพลิงปิโตรเลียม [8-9]

Syamsiro และคณะ [4]

ได้ศึกษาน้ำมันเชื้อเพลิงจากพลาสติก พบว่าพลาสติกให้ปริมาณของเหลวร้อยละ 50 โดยน้ำหนัก เมื่อวิเคราะห์สมบัติของเหลว พบว่าของเหลวจากพลาสติกมีค่าความร้อน 46 MJ/kg Duanguppama et al [9] ได้ศึกษาน้ำมันเชื้อเพลิงจากไขมันหมู พบว่า อุณหภูมิหม้อสกัดน้ำมันหมู 175 °C และอุณหภูมิเตาปฏิกรณ์ 500 °C ได้ปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงสูงสุดร้อยละ 25.1 โดยน้ำหนัก ซึ่งเป็นปริมาณที่ค่อนข้างต่ำ รวมถึงมีค่าความร้อนสูงสุด 34.74 ± 0.9 MJ/kg และจุดติดไฟ-จุดวาบไฟต่ำสุด 30.15 ± 0.7 °C ต่อมาในปี 2022 Puinta et al. [10] ได้ศึกษาน้ำมันเชื้อเพลิงจากกากไขมันหมู พบว่า ชุดควบแน่นแรกควรกำหนดอุณหภูมิไม่ต่ำกว่า 40 °C และชุดควบแน่นสองควรควบแน่นที่อุณหภูมิติดลบเพื่อเพิ่มปริมาณและคุณภาพของน้ำมันเชื้อเพลิง แต่ยังไม่แน่ชัดว่าการเพิ่มอุณหภูมิชุดควบแน่นแรกจาก 40-80 °C และชุดควบแน่นสอง -10 °C จะส่งผลต่อปริมาณและสมบัติของน้ำมันเชื้อเพลิงอย่างไร

ดังนั้น งานวิจัยครั้งนี้จึงมุ่งเน้นเพื่อศึกษาน้ำมันเชื้อเพลิงชีวภาพจากน้ำมันหมูด้วยการไพโรไลซิส ภายใต้อุณหภูมิ 500 °C และระยะเวลาทดลอง 3 ชั่วโมง โดยศึกษาผลของชุดควบแน่นอุณหภูมิ (5 ระดับ) คือ 40 50 60 70 และ 80 °C และชุดควบแน่นสองที่ -10 °C ต่อปริมาณและสมบัติของน้ำมันเชื้อเพลิง

2. อุปกรณ์และการทดลอง

2.1 กระบวนการวิจัย

งานวิจัยครั้งนี้เริ่มต้นจากการเตรียมไขมันหมู ด้วยการนำไปหั่นให้เป็นชิ้นเล็ก ๆ ขนาดความยาวไม่เกิน 3 เซนติเมตร จากนั้นเตรียมอุปกรณ์และเครื่องมือสำหรับกระบวนการผลิต คือ หม้อสกัดน้ำมันหมู เตาปฏิกรณ์ และชุดควบคุม 2 ชุด โดยการทดลองแต่ละครั้งใช้เวลาประมาณ 3 ชั่วโมง ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะถูกนำไปสมมูลมวลเพื่อหาปริมาณผลได้ของผลิตภัณฑ์ และ น้ำมันเชื้อเพลิงที่ได้จะถูกนำไปวิเคราะห์หาคุณสมบัติต่าง ๆ ตามขอบเขตงานที่กำหนดไว้ โดยผลการสมมูลมวลที่พบว่าเกิดความผิดพลาดของกระบวนการทดลอง นั้นจะถูกทดลองซ้ำใหม่อีกครั้ง ซึ่งแต่ละการทดลองจะทำซ้ำทั้งหมด 3 รอบต่อการทดลอง

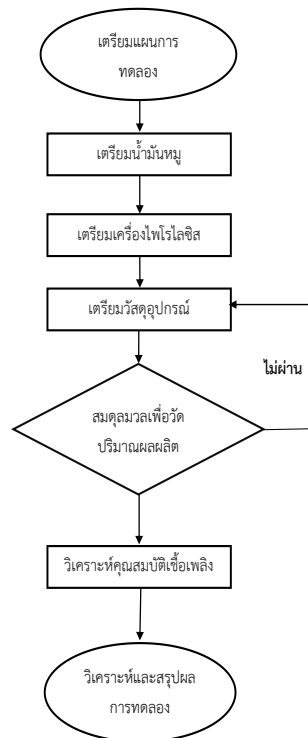
น้ำมันเชื้อเพลิงที่ผลิตได้จากชุดควบคุมทั้ง สอง คือ ผลิตภัณฑ์หลักสำหรับนำไปวิเคราะห์ ตามมาตรฐานของสมบัติน้ำมันเชื้อเพลิง โดยผลการวิเคราะห์สมบัติจะถูกนำมาพิจารณาค่าความคลาดเคลื่อนเพื่อให้ข้อมูลมีความน่าเชื่อถือ หากพบความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้น จะพิจารณากระบวนการวิเคราะห์ หรืออาจต้องเริ่มต้นการผลิต ใหม่ในกรณีที่เกิดความคลาดเคลื่อน

2.2 กระบวนการผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงชีวภาพจากน้ำมันหมู ส่วนประกอบเครื่องผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงชีวภาพจากน้ำมันหมู

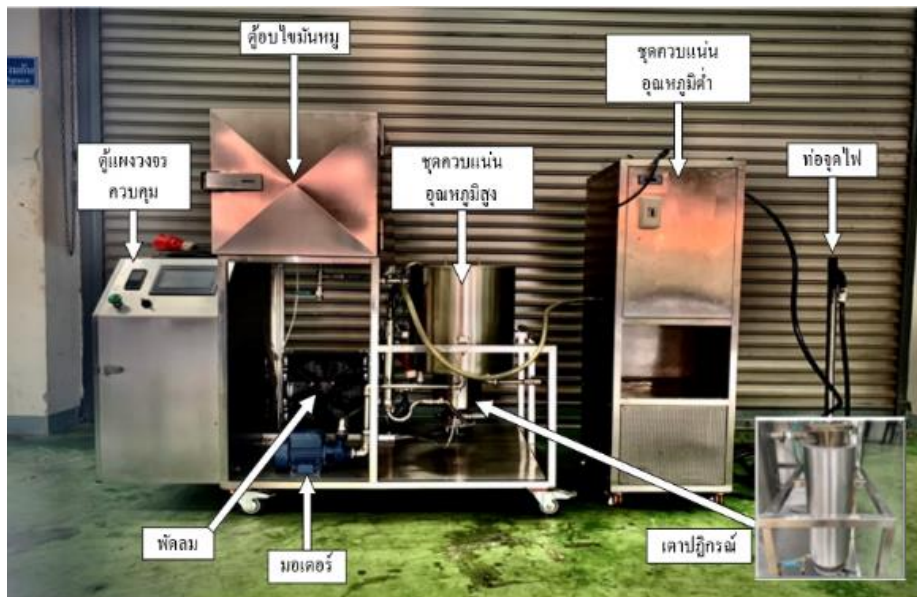
ส่วนประกอบของเครื่องผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงชีวภาพจากน้ำมันหมูใน รูปที่ 2 ประกอบด้วย ชุดควบคุม, หม้อสกัดน้ำมันหมู, ชุดแลกเปลี่ยนความร้อน, ปั๊มน้ำ, เตาปฏิกรณ์, ชุดควบคุมอุณหภูมิสูง, ชุดควบคุมอุณหภูมิต่ำ และท่อแก๊ส โดยกำหนดหม้อสกัดน้ำมันหมูที่อุณหภูมิ 175 °C กำหนดอุณหภูมิเตาปฏิกรณ์ (อุณหภูมิไพโรไลซิส) 500 °C ขณะที่ชุดควบคุมอุณหภูมิสูงกำหนดอุณหภูมิ (5 ระดับ) 40 50 60 70 และ 80 °C ชุดควบคุมอุณหภูมิต่ำ กำหนดอุณหภูมิ -10 °C ตามเงื่อนไขการทดลอง

ตารางที่ 1 อุณหภูมิในการทดลอง

อุณหภูมิ สกัดหมู	อุณหภูมิชุด ควบคุมสูง	อุณหภูมิชุด ควบคุมต่ำ
(°C)		
175	40	-10
175	50	-10
175	60	-10
175	70	-10
175	80	-10



รูปที่ 1 กระบวนการวิจัย

รูปที่ 2 แลปการทดลองการผลิตน้ำมัน
เชื้อเพลิงชีวภาพจากน้ำมันหมู

2.3 วิธีการทดลอง

เริ่มจากนำไขมันหมูมาหั่นเป็นชิ้นเล็ก ๆ เพื่อ จากนั้นนำมันหมูที่หั่นเตรียมไว้เสร็จแล้วใส่ถาด 3 ถาด ถาดละ 1 กิโลกรัม รวมเป็น 3 กิโลกรัม แล้วใส่ในตู้อบมันหมูปิดตู้อบและล็อคให้สนิท เสร็จแล้วเติมน้ำที่ถึงควบนั่นอุณหภูมิสูงให้ท่วมขดท่อ เปิดเครื่องไฟโรไลชีสตั้งอุณหภูมิตู้อบ 175 °C เพื่อจะได้กากมันหมูที่สุกกรอบพอดีสามารถรับประทานได้ ตั้งอุณหภูมิถึงควบนั่นอุณหภูมิสูงตั้งที่ 60 °C และ 80 °C ตามตารางที่ 1 ตั้งอุณหภูมิควบนั่นอุณหภูมิต่ำที่ -10 °C ตามตารางที่ 1 เมื่อเครื่อง ไฟโรไลชีสทำงานได้ประมาณ 1 ชั่วโมง จนกว่าจะมีน้ำมันไหลออกมาจากวาล์ว รวมถึงมีควันสีขาวออกมาจากท่อเผาไหม้ จากนั้นให้จุดไฟ เมื่อไฟที่ท่อเผาไหม้ดับลงหรือประมาณ 3 ชั่วโมง ปิดเครื่องและชั่งน้ำหนักกากมันหมู น้ำมันเชื้อเพลิงหนัก น้ำมันเชื้อเพลิงเบา กากยางเหนียว และเตาปฏิกรณ์ บันทึกข้อมูล ทำความสะอาดเครื่องทดลองให้สะอาด และทำการทดลองรอบต่อไป

2.4 สมดุลมวล

น้ำมันเชื้อเพลิง กากมันหมู และแก๊ส คือ ผลิตภัณฑ์หลักที่ได้จากการสกัดมันหมูแบบแยกกาก ซึ่งปริมาณ ผลได้ของผลิตภัณฑ์หลักนี้คำนวณจากน้ำหนักของส่วนต่าง ๆ ของเครื่องต้นแบบก่อนและหลังการทดลอง ประกอบด้วย น้ำหนักของไขมันหมู เตาปฏิกรณ์ ข้อต่อ ถึงเก็บน้ำมัน สำหรับปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงคำนวณจากน้ำหนักของของเหลวที่อยู่ในชุดควบนั่นพร้อมถึงเก็บ ขณะที่ปริมาณกาก

มันหมูคำนวณจากน้ำหนักกากมันหมูที่เหลือจากการสกัดน้ำมัน สำหรับปริมาณแก๊สคำนวณโดยความต่างของปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงและกากมันหมู โดยคำนวณได้จากสมการดังนี้

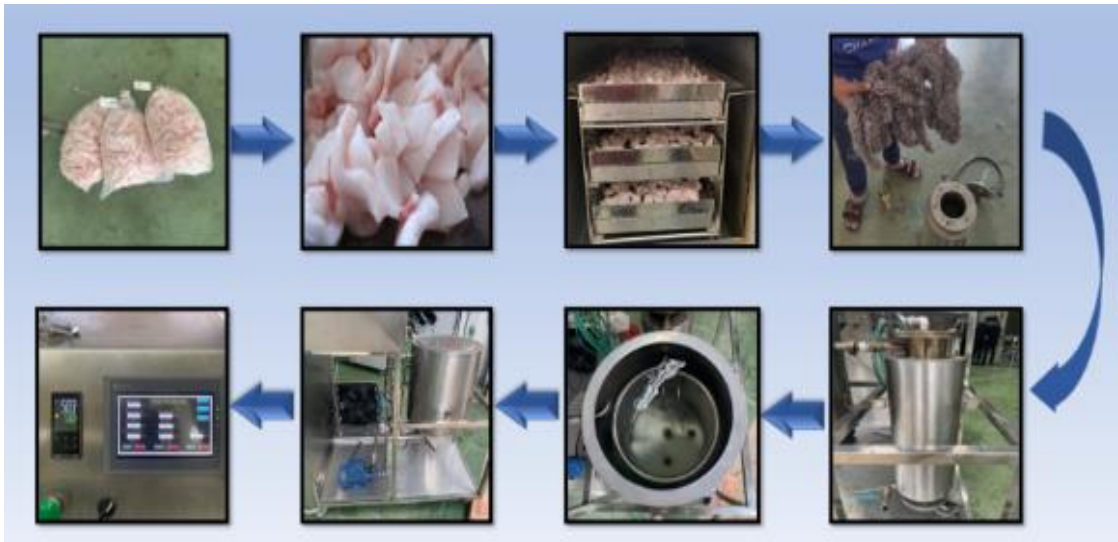
$$\frac{\text{น้ำหนักผลิตภัณฑ์}}{\text{น้ำหนักไขมันหมู}} \times 100 = \text{ปริมาณผลิตภัณฑ์}$$

2.5 วิเคราะห์คุณสมบัติของน้ำมันเชื้อเพลิง

ผลิตภัณฑ์ที่นำมาวิเคราะห์ทดลองประกอบด้วย น้ำมันเชื้อเพลิงชนิดหนักและน้ำมันเชื้อเพลิงชนิดเบา เพื่อเปรียบเทียบกับสมบัติของน้ำมันดีเซลและน้ำมันเบนซิน เพื่อให้สามารถเลือกใช้ชนิดเครื่องยนต์ให้เหมาะสมกับน้ำมันเชื้อเพลิงที่ผลิตได้ต่อไป โดยมาตรฐานการวิเคราะห์และความพร้อมของเครื่องมือที่ใช้วิเคราะห์ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 การวิเคราะห์คุณสมบัติของน้ำมันเชื้อเพลิง

การวิเคราะห์	รุ่น	เครื่องวิเคราะห์
ความหนาแน่น	ASTM	Digital Scales
	D4052	
ความหนืด	ASTM	Kinetic Viscosity Analyzer
	D445	
ความร้อนสูงสุด	DIN	Torino Bomb Calorimeter
	51900	
จุดวาบไฟ-จุดติดไฟ	ASTM	Flash point - Fire point Set
	D93	

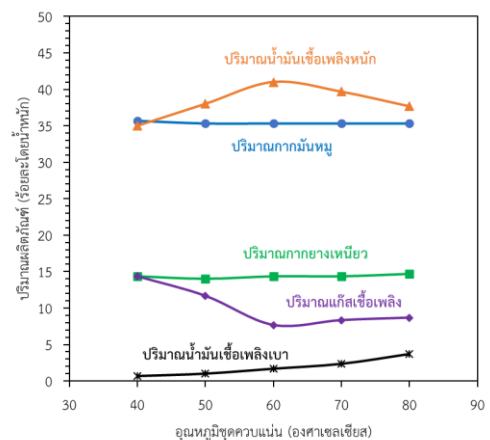


รูปที่ 3 ขั้นตอนการผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงจากน้ำมันหมู

3. ผลการวิจัยและอภิปรายผล

3.1 ผลผลิตภัณฑ์ที่ได้

ผลผลิตที่ได้จากการสกัดน้ำมันหมูด้วย วิธีการไพโรไลซิสได้ผลิตภัณฑ์มา 5 ชนิด ได้แก่ 1.กากมันหมู หลังจากผ่านกระบวนการ จะมีสีเหลืองกรอบสามารถรับประทานได้ 2.กากยางเหนียว ลักษณะคล้ายกับยางมะตอยมีสีดำ 3.น้ำมันเชื้อเพลิงชนิดหนัก มีความถ่วงจำเพาะ API ที่ต่ำ และมีจุดไหลเทที่สูงเนื่องจากมีไขมันที่เยอะ 4.น้ำมันเชื้อเพลิงชนิดเบา จะมีความถ่วงจำเพาะ API ที่สูง และมีความหนืดต่ำ มีจุดไหลเทที่ต่ำเนื่องจากไขมันน้อย จากการวิเคราะห์น้ำมันชนิดเบาที่ผลิตได้นั้นมีคุณสมบัติคล้ายคลึงกับน้ำมันเบนซินและสามารถติดไฟได้ 5.ก๊าซที่ติดไฟได้ มีควันสีขาว เมื่อติดไฟ ก๊าซนี้จะสร้างเปลวไฟสะอาดไร้ควัน



รูปที่ 4 ปริมาณผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงจากน้ำมันหมู

รูปที่ 4 แสดงให้เห็นว่าเมื่อเพิ่มอุณหภูมิชุดควบคุม จาก 40°C เป็น 60°C ปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงชนิดหนักนั้นเพิ่มขึ้นสูงสุดจากร้อยละ 35 โดยน้ำหนักเป็นร้อยละ 41 โดยน้ำหนัก นั้นเป็นเพราะการควบคุมของแก๊สเชื้อเพลิงดีขึ้นเมื่อเพิ่มอุณหภูมิส่งผลให้แก๊สเชื้อเพลิงลดลงจากร้อยละ 14.3 โดยน้ำหนักเหลือร้อยละ 7.7 โดยน้ำหนัก

ส่วนน้ำมันเชื้อเพลิงเบาที่ผลิตได้มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องโดยเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 0.7 โดยน้ำหนัก เป็นร้อยละ 1.7 โดยน้ำหนัก โดยเพิ่มขึ้นสูงสุดที่อุณหภูมิ 80 °C เป็นร้อยละ 3.7 โดยน้ำหนัก อย่างไรก็ตามผลรวมของปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงมีปริมาณมากกว่าหากเปรียบเทียบกับงานวิจัยของ Duanguppama et al [9] ที่ใช้ชุดควบคุมชนิดเดียว และรายงานว่าได้ปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงสูงสุด 25.1 wt% อย่างไรก็ตามอุณหภูมิชุดควบคุมที่เพิ่มขึ้นจาก 60 °C เป็น 80 °C ส่งผลให้ปริมาณผลได้ของน้ำมันเชื้อเพลิงหนักมีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่อง นั่นเป็นเพราะว่าน้ำมันเชื้อเพลิงถูกควบคุมในชุดที่สอง ซึ่งสังเกตเห็นว่าน้ำมันเชื้อเพลิงเบาที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องตามอุณหภูมิชุดควบคุมที่เพิ่มขึ้น

3.2 คุณสมบัติของน้ำมันเชื้อเพลิง

แสดงให้เห็นว่า อุณหภูมิชุดควบคุม 1 ที่เพิ่มขึ้นจาก 40 °C เป็น 50 °C ทำให้ค่าความหนาแน่นลดลงจาก 927.06 เป็น 889.06 kg/m³ และทำให้ค่าความหนืดและค่าความร้อนเพิ่มสูงขึ้น โดยเฉพาะน้ำมันเชื้อเพลิงชนิดเบาที่ผลิตได้นั้นสามารถติดไฟได้ตั้งแต่อุณหภูมิ 20 °C นอกจากนี้ น้ำมันเชื้อเพลิงชนิดเบา ยังมีความหนืดต่ำกว่าว่า น้ำมันเชื้อเพลิงจากชุดควบคุม 1 มากกว่า 3 เท่า

ตารางที่ 3 ผลของอุณหภูมิชุดควบคุมต่อความหนาแน่น

อุณหภูมิชุดควบคุม (°C)	น้ำมันเชื้อเพลิงหนัก (กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)	น้ำมันเชื้อเพลิงเบา (กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)
40	927.06±2.85	657.33±7.30
50	889.06±5.21	686.67±9.69
60	868.39±5.94	620.67±6.23
70	871.61±1.76	645.33±9.02
80	879.33±2.93	595.33±8.18

จุดวาบไฟ-จุดติดไฟในตารางที่ 4 แสดงให้เห็นว่าอุณหภูมิของชุดควบคุมที่เพิ่มขึ้นจาก 40 °C เป็น 50 °C ส่งผลให้น้ำมันเชื้อเพลิงหนักที่ผลิตได้จากน้ำมันหมี จุดวาบไฟและติดไฟได้ยากขึ้น โดยอุณหภูมิชุดควบคุม 40 °C จุดติดไฟได้อยู่ในช่วง 42.93±5.87 °C เมื่ออุณหภูมิชุดควบคุมเพิ่มขึ้นเป็น 60 °C น้ำมันเชื้อเพลิงติดไฟอยู่ในช่วง 42.62±3.76 °C อย่างไรก็ตามเมื่อเพิ่มอุณหภูมิชุดควบคุมขึ้นเป็น 80 °C ช่วยให้น้ำมันเชื้อเพลิงติดไฟได้ง่ายขึ้นอยู่ในช่วง 40.00±1.56 °C ซึ่งอธิบายได้ว่าอุณหภูมิชุดควบคุม 60 °C แม้จะสามารถผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงได้สูงสุด แต่น้ำมันเชื้อเพลิงที่ได้ก็ติดไฟยาก อย่างไรก็ตาม น้ำมันเชื้อเพลิงชนิดเบาที่ผลิตได้นั้น สามารถติดไฟได้ที่ อุณหภูมิ 20 °C

ตารางที่ 4 ผลของอุณหภูมิต่อจุดวาบไฟ-จุดติดไฟของน้ำมันเชื้อเพลิงหนัก

อุณหภูมิชุด ความดัน (°C)	จุดวาบไฟ (°C)	จุดติดไฟ (°C)
40	34.92±1.62	37.52±3.53
50	31.48±1.59	35.10±2.23
60	30.27±0.85	31.37±0.85
70	31.73±1.60	37.48±3.13
80	33.35±2.90	41.98±4.15

สำหรับอุณหภูมิชุดความดันที่เพิ่มขึ้นเป็น 80 °C ช่วยให้ น้ำมันเชื้อเพลิงหนักมีความหนืดเพิ่มขึ้นซึ่งการเพิ่มอุณหภูมิชุดความดันแรกขึ้นมากกว่า 60 °C นั้นส่งผลให้ค่าความหนืดของน้ำมันเชื้อเพลิงชนิดหนัก และชนิดเบา นั้นเพิ่มขึ้นสรุปได้ว่า การเพิ่มขึ้นของค่าความหนืดนั้นขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของชุดความดันแรก ถึงแม้ที่อุณหภูมิชุดความดันแรก 50 °C นั้นจะมีค่าความหนืดมากที่สุดแต่หากเปรียบเทียบปริมาณผลิตภัณฑ์รวมถึงคุณสมบัติอื่นแล้วอุณหภูมิดังกล่าวไม่เหมาะที่จะนำผลิตน้ำมันเชื้อเพลิง

ค่าความร้อนเพิ่มขึ้นสูงสุดเป็น 39 MJ/kg และน้ำมันเชื้อเพลิงเบามีค่าความร้อนเพิ่มขึ้นสูงสุดเป็น 40.13 MJ/kg เกิดจากการเพิ่มขึ้นของสารประกอบทางเคมีไฮโดรคาร์บอนในน้ำมันเชื้อเพลิงซึ่งช่วยในการเพิ่มขึ้นของค่าความร้อนดังตารางที่ 6 จึงสรุปได้ว่าอุณหภูมิชุดความดันที่สูงกว่า 60 °C ช่วยให้ค่าความหนืดและค่าความร้อนเพิ่มขึ้น

ตารางที่ 5 ผลของอุณหภูมิชุดความดันต่อความหนืด

อุณหภูมิชุด ความดัน (°C)	น้ำมันเชื้อเพลิง หนัก (cSt)	น้ำมันเชื้อเพลิงเบา (cSt)
40	6.71±1.71	0.94±0.01
50	12.16±0.40	4.16±0.02
60	8.69±0.58	1.67±0.01
70	9.30±1.04	1.01±0.05
80	10.27±0.77	1.19±0.14

ตารางที่ 6 ผลของอุณหภูมิชุดความดันต่อความร้อน

อุณหภูมิชุด ความดัน (°C)	น้ำมันเชื้อเพลิง หนัก (MJ/kg)	น้ำมันเชื้อเพลิง เบา (MJ/kg)
40	34.20	33.68
50	34.75	35.46
60	36.76	36.68
70	37.88	37.71
80	39.00	40.13

3.3 คุณสมบัติทางเคมีของน้ำมันเชื้อเพลิง

สารประกอบทางเคมีของน้ำมันเชื้อเพลิงชนิดหนักที่วิเคราะห์ได้ ดัง ตารางที่ 7ตรวจพบ สารในกลุ่มไฮโดรคาร์บอน C₆-C₁₈ เช่น Benzene, 1-Heptene, 1-Octene, 1-Decene, 1-Tridecene รวมถึงสารประกอบจำพวกกรด เช่น n-Hexadecanoic acid, Oleic Acid และ Octadecanoic acid โดยในสารประกอบที่วิเคราะห์มานั้นจะเห็นได้ว่าในน้ำมันเชื้อเพลิงหนักนั้นมีปริมาณของสารประกอบไฮโดรคาร์บอน C₁₀-C₁₅ ในปริมาณมาก เช่น 1-Decene,

1-Tridecene, 1-Tetradecene, 1-Pentadecene ซึ่งสารประกอบเหล่านี้เป็นสารประกอบที่ใกล้เคียงกับน้ำมันเชื้อเพลิงดีเซล รวมถึงยังทำให้น้ำมันเชื้อเพลิงมีค่าความร้อนสูงขึ้นเมื่อมีปริมาณมาก โดยที่ 60 °C จะสังเกตว่ามีปริมาณสารประกอบดังกล่าวเยอะที่สุด จึงกล่าวได้น้ำมันเชื้อเพลิงชนิดหนักที่ผลิตได้มานั้นมีสารประกอบใกล้เคียงกับน้ำมันดีเซล ถึงแม้ว่าการเพิ่มอุณหภูมิชุดควบแน่นหนึ่งจะส่งผลให้สารประกอบมีปริมาณน้อยลง แต่อย่างไรก็ตามปริมาณสารประกอบจำพวกกรดไม่ได้มีการเปลี่ยนแปลงมากนัก

ตารางที่ 7 สารประกอบเคมีของน้ำมันเชื้อเพลิงชนิดหนัก

สารประกอบ	อุณหภูมิชุดควบแน่นอุณหภูมิสูง (°C)				
	40	50	60	70	80
Benzene	1.3	0.6	2.3	0.9	0.5
1-Heptene	3.5	2.5	3.3	2.8	2.0
1-Octene	3.4	2.4	3.7	3.1	2.3
1-Decene	2.7	2.1	3.7	2.7	2.2
1-Tridecene	4.6	2.2	3.8	5.0	4.0
1-Tetradecene	1.7	3.8	6.8	8.7	5.6
1-Pentadecene	16.0	7.9	7.4	12.5	9.7
1-Heptadecene	3.5	2.1	2.5	3.9	5.6
Heptadecane	2.3	3.7	2.5	3.8	3.2
1-Octadecene	2.9	0.4	0.5	0.0	0.2
2-Heptadecanone	1.4	1.3	1.4	1.6	1.6
n-Hexadecanoic acid	29.2	28.5	38.1	33.1	34.4
1-Eicosanol	1.8	1.1	1.2	0.0	2.0
Oleic Acid	12.2	16.2	5.7	5.1	9.9
Octadecanoic acid	9.5	10.9	11.1	12.1	10.6
1-Hentetracontanol	1.7	2.6	2.1	0.0	0.0
Behenic alcohol	1.5	3.4	2.6	2.2	2.3
1-Heptacosanol	0.8	8.5	1.2	2.5	4.0
Total (%)	100	100	100	100	100

ขณะที่องค์ประกอบทางเคมีในน้ำมันเชื้อเพลิงเบา ใน ตารางที่ 8 ตรวจพบ สารในกลุ่มไฮโดรคาร์บอน C_6-C_{15} เช่น Benzene, 1,3-Cyclopentadiene, 1-methyl-, Cyclohexene, Toluene, 1-Heptene, Vinylcyclopentane, Heptane, 1-Tetradecene และ 1-Pentadecene

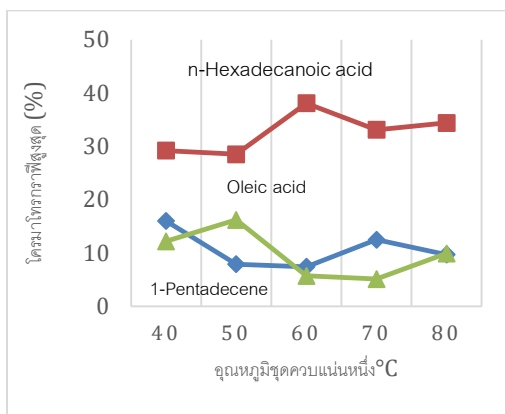
ตารางที่ 8 สารประกอบเคมีของน้ำมันเชื้อเพลิงชนิดเบา

สารประกอบ	อุณหภูมิชุดควบแน่นอุณหภูมิสูง (°C)				
	40	50	60	70	80
Benzene	14.8	8.1	11.4	13.8	13.0
1,3-Cyclopentadiene, 1-methyl-	3.0	2.0	0.0	0.0	0.0
Cyclohexene	4.5	3.4	2.5	3.9	3.0
Toluene	11.0	9.2	8.8	7.8	8.1
1-Heptene	20.3	21.8	13.4	19.8	16.7
Vinylcyclopentane	2.2	2.5	0.0	2.5	1.8
Heptane	5.6	6.6	5.2	8.6	8.0
1-Octene	14.0	22.9	9.0	12.4	12.1
1-Nonene	2.8	5.9	2.3	2.4	2.8
Nonane	2.1	3.4	1.9	2.2	4.1
1-Decene	12.4	10.1	18.2	15.7	16.7
1-Tetradecene	2.1	0.0	1.8	2.6	3.1
1-Pentadecene	2.9	0.0	2.2	3.4	3.1
n-Hexadecanoic acid	2.3	4.0	10.0	2.8	5.2
Oleic Acid	0.0	0.0	2.2	0.0	0.0
Octadecanoic acid	0.0	0.0	7.1	0.0	0.0
Octacosanol	0.0	0.0	1.8	0.0	0.0
16-Hentriacontanone	0.0	0.0	2.2	2.2	2.3
Total (%)	100	100	100	100	100

โดยจากการวิเคราะห์สารประกอบจะเห็นได้ว่า น้ำมันเชื้อเพลิงชนิดเบาที่ผลิตมาได้นั้นพบว่ามีสารประกอบไฮโดรคาร์บอน C_6-C_9 เป็นส่วนประกอบสำคัญ ซึ่งสารประกอบเหล่านี้เป็นสารประกอบที่สำคัญของน้ำมันเบนซิน

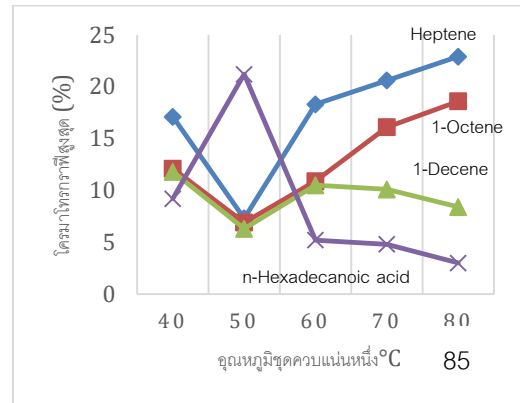
หากสังเกตถึงสารประกอบ Benzene ในน้ำมันเชื้อเพลิงชนิดเบนซีนมีปริมาณที่เยอะหากเปรียบเทียบกับน้ำมันเชื้อเพลิงชนิดหนัก

โดยเมื่อทำการวิเคราะห์ถึงสารประกอบที่มีปริมาณมากออกมาแสดงในรูปที่ 5 จะเห็นได้ว่ามีสารประกอบจำพวกกรดในน้ำมันเชื้อเพลิงชนิดหนักในปริมาณที่มาก นั้นหมายความว่า การปรับอุณหภูมิชุดควบแน่นต่ำให้เป็น -10°C ไม่ได้ส่งผลให้น้ำมันเชื้อเพลิงชนิดหนักนั้นมีปริมาณกรดลดลง



รูปที่ 5 ปริมาณสารประกอบของน้ำมันเชื้อเพลิงชนิดหนัก

เมื่อทำการวิเคราะห์ถึงสารประกอบที่มีปริมาณมากออกมาแสดงในรูปที่ 6 จะเห็นว่ามีปริมาณสารประกอบจำพวกกรดนั้นอ้างอิงจาก n-Hexadecanoic acid จะเห็นว่าการลดลงของสารประกอบจำพวกกรด และมีการเพิ่มขึ้นของสารประกอบไฮโดรคาร์บอนที่เพิ่มขึ้น



รูปที่ 6 ปริมาณสารประกอบของน้ำมันเชื้อเพลิงชนิดเบา

4. สรุปและข้อเสนอแนะ

การผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงจากน้ำมันหมูภายใต้ อุณหภูมิชุดควบแน่นแรกแตกต่างกัน พบว่า อุณหภูมิชุดควบแน่น 60°C ให้ปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงหนักสูงสุดร้อยละ 41 โดยน้ำหนัก ขณะที่ อุณหภูมิชุดควบแน่น 80°C ให้ปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงเบาสูงสุดร้อยละ 4 โดยน้ำหนัก ผลวิเคราะห์หสมบัติน้ำมันเชื้อเพลิง พบว่า อุณหภูมิชุดควบแน่นที่แตกต่างกันทำให้น้ำมันเชื้อเพลิงมีสมบัติที่แตกต่างกัน โดยน้ำมันเชื้อเพลิงหนักมีความหนาแน่น 927 kg/m^3 ความหนืด 8.69 cSt ค่าความร้อนสูง 39 MJ/kg และติดไฟได้ที่อุณหภูมิ 31.37°C ขณะที่น้ำมันเชื้อเพลิงเบามีความหนาแน่น 686.67 kg/m^3 ความหนืด 1.67 cSt และค่าความร้อน 40 MJ/kg ซึ่งผลวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีพบว่า น้ำมันเชื้อเพลิงหนักมีองค์ประกอบทางเคมีของสารในกลุ่มที่เป็นกรดเป็นองค์ประกอบหลัก ขณะที่น้ำมันเชื้อเพลิงเบา มีองค์ประกอบทางเคมีของสารในกลุ่มน้ำมันเบนซินเป็นองค์ประกอบหลัก

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์รวมถึงคณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์ สำหรับการสนับสนุนในการทำวิจัยในครั้งนี้

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] Ram Mohan M. and et al. Swietenia mahagoni seed oil: A new source for biodiesel production. Industrial Crops and Products. 2016; 90: 28-31.
- [2] Neha M, Pushpa K, Indu S, Thakur and Shaili S. Biological fixation of carbon dioxide and biodiesel production using microalgae isolated from sewage waste water. India Environmental Science and Pollution Research. 2020; 27: 27319–29.
- [3] Caetano NS, Silva VFM and Matab TM. Valorization of Coffee Grounds for Biodiesel Production. Chemical Engineering Transactions. 2012; 26: 267-72.
- [4] Syamsiro M, Saptoadi H, Norsujianto T, et al. Fuel Oil Production from Municipal Plastic Wastes in Sequential Pyrolysis and Catalytic Reforming Reactors. Energy Procedia. 2014; 47: 180-8.
- [5] Kusenberg M, Eschenbacher A, et al. Opportunities and challenges for the application of post-consumer plastic waste pyrolysis oils as steam cracker feedstocks: To decontaminate or not to decontaminate? Waste Manag. 2022; 138: 83-115.
- [6] Yin C. Microwave-assisted pyrolysis of biomass for liquid biofuels production. BioresourceTechnology. 2012; 120(0): 273-84.
- [7] Mante OD, Agblevor FA, McClung R. Fluid catalytic cracking of biomass pyrolysis vapors. Biomass Conversion and Biorefinery. 2011; 1(4): 189-201.
- [8] Weitkamp J. Zeolites and catalysis. Solid State Ionics. 2000; 131(1–2): 175-88.
- [9] Duanguppama K, Kraisoda P, Turakam C, Chaiphet K, Somsri S, Sasen C, et al. Effect of Lard Extraction Temperature on Fuel Yield and Properties. Research Administration Network Conference. 2021; 14: 192-203.
- [10] Puinta C, Benjapiyapom C, Benjapiyapom J, Pannucharoenwong N, Duanguppama K, Echaroj S and Rattanadecho P. Biofuel production from pork fat. The 12th TSME International Conference on Mechanical Engineering, 2022 December 13-16; Phuket, Thailand; 2022.