

สมรรถนะและการปล่อยสารมลพิษของเครื่องยนต์ดีเซลจากการอุ่นน้ำมันพืช: การทบทวน Performance and Emissions of Diesel Engine from Preheated Vegetable Oils: A Review

เอกชัย สุธีรศักดิ์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา อ.เมือง จ.ชลบุรี 20131

Ekkachai Sutheerasak

Faculty of Engineering, Burapha University, Muang, Chonburi, 20131, Thailand

Tel : 08-2453-3848 E-mail: ekkachai@eng.buu.ac.th

บทคัดย่อ

การใช้น้ำมันพืชหมุนเวียนทั้งกินได้และไม่ได้สำหรับเครื่องยนต์ดีเซลนั้น กำลังได้รับความสนใจเนื่องจากปัญหาสารมลพิษที่เพิ่มขึ้น และแหล่งผลิตปิโตรเลียมที่ลดลง ข้อเสียสำคัญของน้ำมันพืชเหล่านี้คือค่าความหนืดสูงกว่าน้ำมันดีเซล นำไปสู่การฉีดและการสเปรย์เชื้อเพลิงไม่ดี การเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ และสมรรถนะของเครื่องยนต์ลดลง เพื่อลดความหนืดของน้ำมัน วิธีการอุ่นน้ำมัน จึงถูกประยุกต์ใช้ บทความปริทรรศน์ฉบับนี้ นำเสนอเกี่ยวกับผลกระทบจากการอุ่นน้ำมันพืชต่อการเปลี่ยนแปลงสมรรถนะ และการปล่อยสารมลพิษของเครื่องยนต์ดีเซล โดยทบทวนจากงานวิจัยที่ผ่านมา พบว่า การอุ่นน้ำมันพืช ไม่ควรอุ่นน้ำมันสูงกว่า 100 °C เนื่องจากอุณหภูมิดังกล่าว ทำให้ระบบเชื้อเพลิงเกิดความเสียหาย โดยอุณหภูมิของน้ำมันที่เหมาะสมอยู่ในช่วงระหว่าง 80 ถึง 90 °C ขณะที่ประยุกต์ใช้สำหรับเครื่องยนต์ดีเซลพบว่า การอุ่นน้ำมันพืช ให้กำลังงานและประสิทธิภาพทางความร้อนเพิ่มขึ้นร้อยละ 17 และ 35 ความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงลดลงร้อยละ 18 และการปล่อยสารมลพิษจากแก๊สไอเสียของเครื่องยนต์ลดลงเมื่อเทียบกับกรณีไม่อุ่นน้ำมันพืช

คำหลัก การอุ่นน้ำมันพืช กำลังงาน ประสิทธิภาพทางความร้อน ความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง การปล่อยสารมลพิษ

Abstract

Use of edible and inedible plant oils in diesel engines has gained increasing interests due to increased pollution problem and reduced petroleum

resources. Major disadvantage of these vegetable oils is that their viscosity are higher than diesel, leading to poor fuel spray and injection, incomplete combustion, and decreased engine performance. To reduce the viscosity of the oils, preheating method is applied. This review paper presents about effect of preheated plant oils on change in performance and emissions of diesel engines, obtained from critical review of previously published literature. The results show that preheated plant oils should not heated higher than 100 °C because this oil temperature damages on fuel injection pump system. The optimum oil temperature is between 80 to 90 °C. Power and thermal efficiency increase 17 and 35%, fuel consumption decreases 18 %, and exhaust gas emissions of engine decrease to compare with non-preheated plant oils, as preheated plant oils are applied for diesel engine.

Keywords: Preheated vegetable oil, power, thermal efficiency, fuel consumption, emissions

1. บทนำ

เครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยแรงอัด หรือเครื่องยนต์ดีเซล ถูกใช้ในการขับเคลื่อนรถยนต์ เรือ รถไฟ และอื่นๆ เพื่อการคมนาคม และเกษตรกรรม อย่างไรก็ตามเครื่องยนต์ประเภทนี้ มีการปล่อยสารมลพิษต่างๆ ได้แก่ คาร์บอนมอนนอกไซด์ (CO) ไฮโดรคาร์บอน (HC) คาร์บอนไดร็อกไซด์ (CO₂) ไนโตรเจนออกไซด์ (NO)

และปริมาณความหนาแน่นของควินดำ (SD) ซึ่งสร้างปัญหาให้กับสุขภาพของมนุษย์ และสิ่งแวดล้อม นอกจากนี้ ยังมีผลกระทบจากการขาดแคลนแหล่งผลิตปิโตรเลียมเพื่อผลิตน้ำมันดีเซลสำหรับเครื่องยนต์ประเภทนี้ ส่งผลให้การวิจัยการใช้เชื้อเพลิงทดแทนสำหรับเครื่องยนต์ประเภทนี้ ได้รับความสนใจ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง เชื้อเพลิงทดแทนที่มาจากพืชหมุนเวียนที่กินได้และไม่ได้ (edible and inedible plants) ดังแสดงในตารางที่ 1 ซึ่งแสดงตัวอย่างของน้ำมันที่ผลิตจากพืชชนิดต่างๆ ที่กินได้และไม่ได้ [1-6]

ตารางที่ 1 น้ำมันที่ใช้เป็นเชื้อเพลิงทดแทน [5-6]

ชนิดของพืช	
พืชกินได้	พืชกินไม่ได้
1. ทานตะวัน (Sunflower)	1. สบู่ดำ (Jatropha)
2. เรพซีด (Rapeseed)	2. คาร์ลันจิ (Karanja) หรือ Pongamia)
3. รำข้าว (Rice bran)	3. สะเดา (Neem)
4. ถั่วเหลือง (Soybean)	4. โจโจบา (Jojoba)
5. มะพร้าว (Coconut)	5. เมล็ดฝ้าย (Cottonseed หรือ Linseed)
6. ข้าวโพด (Corn)	6. มาฮัว (Mahua)
7. ปาล์ม (Palm)	7. ปอแก้ว (Deccan hemp)
8. มะกอก (Olive)	8. ต้นส้ม (Orange)
9. ถั่วลิสง (Peanut)	9. คอนคานี (Konkani หรือ Kusum)
10. ถั่วพิสตาชิโอ (Pistachia Palestine)	10. คาร์โนลา (Kalona)
11. เมล็ดงา (Sesame seed)	11. เมล็ดยางพารา (Rubber seed)
12. ต้นฝิ่น (Opium Poppy)	
13. ดอกคำฝอย (Safflower)	

อย่างไรก็ตาม การใช้ไขมันที่ผลิตจากพืชหมุนเวียนเหล่านี้ สำหรับเครื่องยนต์ดีเซลไม่ใช่เรื่องใหม่ แต่มีการวิจัยมาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2453 (ค.ศ. 1910) โดย Rudolf Diesel ซึ่งเป็นบุคคลแรกที่ศึกษาการใช้ไขมันพืชสำหรับเครื่องยนต์ดีเซล [4] ขณะที่ Hossain และ Davies [5] และ No [6] รายงานว่า น้ำมันที่ผลิตจากพืชหมุนเวียนเหล่านี้ มีคุณสมบัติความเป็นเชื้อเพลิง หรือคุณสมบัติทางกายภาพ ได้แก่ ค่าความหนาแน่น ค่าความร้อน ค่าซีเทน และค่าความหนืดแตกต่างจากน้ำมันดีเซลดังแสดงในตารางที่ 2 ซึ่งแสดงคุณสมบัติความเป็นเชื้อเพลิงของน้ำมันพืชเทียบกับน้ำมันดีเซล

เมื่อทำการคำนวณหาร้อยละของการเปลี่ยนแปลงเทียบกับน้ำมันดีเซล ผลลัพธ์ที่ได้ดังแสดงในรูปที่ 1

พบว่า น้ำมันพืชมีค่าความร้อนต่ำกว่าร้อยละ 10 ค่าเลขซีเทนต่ำกว่าร้อยละ 10-20 และค่าความหนาแน่นสูงกว่าร้อยละ 12 เมื่อเทียบกับน้ำมันดีเซล ขณะที่ค่าความหนืดของน้ำมันพืชสูงกว่าน้ำมันดีเซลประมาณ 15 เท่า ซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดของน้ำมันพืชดังแสดงในรูปที่ 2 เมื่อนำไปใช้กับเครื่องยนต์ดีเซลพบว่า ระบบเชื้อเพลิงของเครื่องยนต์ทำงานหนักขึ้น การฉีดและการสเปรย์เชื้อเพลิงไม่ดี ทำให้เกิดการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ ขณะที่การใช้งานในระยะยาวพบว่า มีการสึกหรอของชิ้นส่วนต่างๆ ภายในเครื่องยนต์ [1-2, 5-6]

ตารางที่ 2 คุณสมบัติความเป็นเชื้อเพลิงของน้ำมันพืชเทียบกับน้ำมันดีเซล [5-6]

น้ำมัน	ความหนาแน่น (kg/m ³)	ค่าความร้อน (MJ/kg)	ค่าซีเทน	ความหนืดทางจลนศาสตร์ (mm ² /s)
ดีเซล	815	43.35	47.0	4.30 ^b
ทานตะวัน ¹	918	39.53	37.1	58.50 ^b
ถั่วเหลือง ¹	914	39.62	38.0	65.40 ^b
ปาล์ม ¹	918	36.51	42.0	39.60 ^e
มะพร้าว ¹	915	35.80	—	31.59 ^b
ข้าวโพด ¹	915	37.83	37.6	46.30 ^b
ถั่วลิสง ¹	903	39.80	41.8	39.60 ^e
เรพซีด ¹	914	37.62	37.6	39.20 ^b
รำข้าว ¹	916	39.50	—	44.52 ^f
งาดำ ¹	913	39.30	40.2	35.50 ^b
ดอกฝิ่น ¹	921	38.92	—	56.10 ^b
สบู่ดำ ²	918	39.77	45.0	49.90 ^b
คาร์ลันจิ ²	870-928 ^f	34.0-38.8	45-67	27.8-56 ^c
โจโจบา ²	863 ^a	42.76	—	25.48 ^c
เมล็ดฝ้าย ²	912	39.65	48.1	50.10
ต้นฝ้าย ²	865-950 ^f	37.7-39.8	28-35	16.2-36.6 ^f
ละมุดอินเดีย ²	900	38.86	—	37.18 ^e
ปอแก้ว ²	913	38.72	—	53.00 ^c
ยางพารา ²	922	37.50	37	33.91 ^f
ต้นสะเดา ²	912-965 ^f	33.7-39.5	51	20.5-48.2 ^f

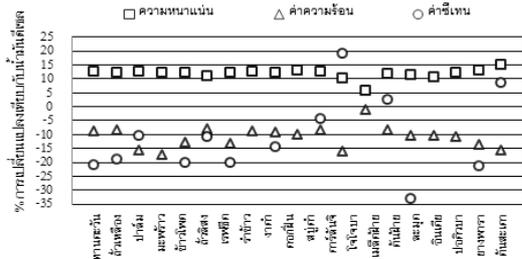
หมายเหตุ: a, b, c, d, e และ f แสดงอุณหภูมิการทดสอบ ณ อุณหภูมิ 23, 27, 30, 37.8, 38 และ 40 °C ตามลำดับ

1. แสดงน้ำมันพืชที่ผลิตจากพืชกินได้

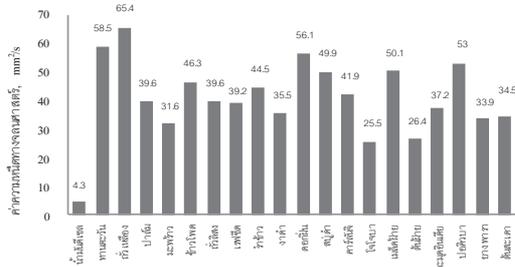
2. แสดงน้ำมันพืชที่ผลิตจากพืชกินไม่ได้

Agarwal [1-2] และ Ramadhas และคณะ [3] อธิบายว่าปัญหาสำคัญที่ทำให้ไขมันที่ผลิตจากพืชต่างๆ ไม่สามารถใช้กับเครื่องยนต์ดีเซลได้ เนื่องจากไขมันพืชเหล่านี้ มีค่าความหนืดสูงกว่าน้ำมันดีเซลประมาณ 15 เท่า (ขึ้นอยู่กับชนิดของน้ำมันพืช (รูปที่ 2)) เพื่อลดค่า

ความหนืดของน้ำมันพืชเหล่านี้ ควรใช้วิธีการต่างๆ ได้แก่ การผสม (blending) การอุ่น (preheating) การทำกรรมวิธีทรานเอสเทอร์ฟิเคชัน (Transesterification) และ การทำการมวิธีไมโครเอมัลชัน (Micro-Emulsions)



รูปที่ 1 การเปรียบเทียบคุณสมบัติความเป็นเชื้อเพลิงของน้ำมันพืชกับน้ำมันดีเซล [5-6]



รูปที่ 2 การเปรียบเทียบค่าความหนืดของน้ำมันพืชกับน้ำมันดีเซล [2-5]

Sonune และ Farkade [4] เสนอว่าวิธีการอุ่นน้ำมัน เป็นวิธีหนึ่งที่ยากและไม่ซับซ้อน แต่ต้องอุ่นน้ำมันพืชที่อุณหภูมิสูง เพื่อลดค่าความหนืดและประยุกต์ใช้โดยตรงกับเครื่องยนต์ดีเซลได้ ขณะที่ Hossain และ Davies [5] No [6] และ Misra และ Murthy [8] ได้ ทบทวนการใช้วิธีการอุ่นน้ำมันพืชที่ผลิตจากพืชกินได้ และไม่ได้สำหรับเครื่องยนต์ดีเซลจากบทความวิจัยต่างๆ ในอดีต พบว่า การอุ่นน้ำมันพืช ทำให้ค่าความหนืดของน้ำมันพืชลดลง ทำให้การไหลของน้ำมันภายในปั๊มเชื้อเพลิงของเครื่องยนต์ดีเซลดีกว่าน้ำมันพืชที่ไม่อุ่น ยิ่งไปกว่านั้น น้ำมันพืชที่ถูกอุ่น มีการฉีดเชื้อเพลิงและการแตกเป็นละอองฝอยง่ายขึ้น ส่งผลให้ความพร้อมของเชื้อเพลิงในการจุดระเบิดเร็วขึ้น และประสิทธิภาพการเผาไหม้ดีขึ้น ทำให้สมรรถนะเครื่องยนต์ดีขึ้น และปล่อยสารมลพิษลดลง

ดังนั้นวัตถุประสงค์หลักของบทความฉบับนี้ เพื่อ ทบทวนการอุ่นน้ำมันพืช แนวโน้มในการวิจัยการอุ่นน้ำมัน และผลกระทบจากการอุ่นน้ำมันต่อสมรรถนะและ การปล่อยสารมลพิษของเครื่องยนต์ดีเซล โดยทบทวน จากงานวิจัยที่ผ่านมา

2. การอุ่นน้ำมันพืช

น้ำมันพืช (vegetable oil) คือน้ำมันที่ผลิตจากพืช หมุนเวียนหลากหลายชนิดที่กินได้และไม่ได้ เช่น ถั่วลิสง ถั่วเหลือง เมล็ดดอกทานตะวัน ดอกคำฝอย ปาล์ม น้ำมันมะพร้าว ละหุ่ง สบู่ดำ เมล็ดเรพ ฯลฯ ซึ่งสามารถเพาะปลูกภายในประเทศ มีราคาถูก และไม่ปนเปื้อนกับเชื้อเพลิงอื่น โดยน้ำมันเหล่านี้อยู่ในกลุ่มของแอลคิล (Alkyl) ซึ่งมีความยาวของห่วงโซ่คาร์บอน (carbon-chain length) และมีจำนวนอะตอมของคาร์บอนในโมเลกุลเป็นเลขคู่ตั้งแต่ 6 คาร์บอนขึ้นไป โดยทั่วไปน้ำมันพืชมีองค์ประกอบของคาร์บอน ไฮโดรเจน และออกซิเจน และ สารประกอบไตรกลีเซอไรด์ (Triglycerides) ที่มีกลีเซอรอล (Glycerol) และกรดไขมัน (fatty acid) ทำให้มีปริมาณกรดไขมันอยู่ในโครงสร้างถึงร้อยละ 94-98 ของน้ำหนักโมเลกุลของไตรกลีเซอไรด์ ทำให้น้ำมันพืชมีความหนืดสูงกว่าน้ำมันดีเซล [1-9]

จากตารางที่ 2 ถ้าเปรียบเทียบคุณสมบัติความเป็นเชื้อเพลิงของน้ำมันพืชที่ผลิตจากพืชกินได้และไม่ได้กับน้ำมันดีเซล พบว่า น้ำมันพืชแต่ละชนิดโดยเฉลี่ยแล้ว มีความหนาแน่นสูงกว่าน้ำมันดีเซลร้อยละ 12 และมีค่าความร้อนต่ำกว่าน้ำมันดีเซลร้อยละ 10 ทั้งนี้มีสาเหตุมาจากน้ำมันพืชมีส่วนประกอบของไฮโดรเจนต่ำกว่า ส่งผลให้ปริมาณความร้อนที่ได้จากการเผาไหม้น้ำมันพืชต่ำกว่าน้ำมันดีเซล [1-3, 5-6]

ขณะที่ค่าเลขซีเทน เป็นการวัดความล่าช้าของการจุดระเบิดของเชื้อเพลิง โดยที่ค่าเลขซีเทนสูงหมายความว่าเชื้อเพลิงนั้นมีความล่าช้าของการจุดระเบิดสั้นลง ทำให้การเผาไหม้เกิดรวดเร็ว และประสิทธิภาพของเครื่องยนต์สูงขึ้น แต่เลขซีเทนต่ำ หมายความว่าเชื้อเพลิงนั้นมีความล่าช้าของการจุดระเบิดยาวนาน และอาจจะทำให้เกิดการน็อกในเครื่องยนต์ [1-5] สำหรับน้ำมันพืชนั้น โดยส่วนใหญ่มีค่าเลขซีเทนต่ำกว่าน้ำมันดีเซลร้อยละ 10-20 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าน้ำมันพืช มีความ

ล่าช้าของการจุดระเบิดยาวนาน และคุณภาพของการจุดระเบิดไม่ดี ซึ่งนำไปสู่ประสิทธิภาพของเครื่องยนต์ลดลง

ค่าความหนืด เป็นอีกหนึ่งคุณสมบัติที่สำคัญ ซึ่งมีผลกระทบต่อการทำงานของเชื้อเพลิงในระบบฉีดเชื้อเพลิง และกระบวนการสเปรย์ (ได้แก่ การแตกละอองฝอย และการระเหยกลายเป็นไอ) ถ้าเชื้อเพลิงมีความหนืดสูงนำไปสู่การจุดติดไฟยาก และการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ เนื่องจากการแตกละอองฝอย หรือการกระจายตัวของหยดละอองไม่ดี โดยส่วนใหญ่ น้ำมันพืชมีค่าความหนืดสูงกว่าน้ำมันดีเซลประมาณ 15 เท่า (รูปที่ 2) เพราะฉะนั้น น้ำมันพืชมีโครงสร้างโมเลกุลใหญ่กว่าน้ำมันดีเซลประมาณ 3 เท่า และแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลมากกว่า ทำให้เกิดการแตกตัวยาก ส่งผลให้การแตกละอองฝอย หรือการกระจายตัวของหยดละอองไม่ดี [1-6]

นอกจากนี้ ยังมีคุณสมบัติความเป็นเชื้อเพลิงที่สำคัญที่บ่งบอกถึงการจุดติดไฟของน้ำมันพืช นั่นคือ อุณหภูมิจุดวาบไฟ (flash point temperature) ซึ่งแสดงถึงอุณหภูมิที่ต่ำสุดที่เชื้อเพลิงสามารถถูกทำให้ร้อนจนกระทั่งเกิดไอของเชื้อเพลิงเพียงพอที่จะเกิดการวาบไฟ ขณะที่อัตราการระเหย (volatility) เป็นอีกคุณสมบัติที่บ่งบอกถึงอุณหภูมิที่น้ำมันสามารถระเหยเป็นไอ ถ้าเชื้อเพลิงมีการระเหยเร็ว จะทำให้การจุดติดไฟง่ายขึ้น และอุณหภูมิจุดไหลเท (pour point temperature) ซึ่งเป็นอุณหภูมิต่ำสุดที่เชื้อเพลิงมีการไหลได้ เมื่อถูกทำให้เย็นลงตามเงื่อนไขที่กำหนดไว้ โดยจุดไหลเทจะเป็นตัวบ่งชี้ถึงอุณหภูมิต่ำสุดที่เชื้อเพลิงจะถูกดูดได้ ในกรณีของน้ำมันพืชที่ประกอบอาหารได้นั้น อุณหภูมิจุดวาบไฟสูงกว่าน้ำมันดีเซล 2-5 เท่า และอัตราการระเหยต่ำกว่า ทำให้การจุดติดไฟยากกว่า ขณะที่อุณหภูมิจุดไหลเทต่ำกว่า น้ำมันดีเซล ในทางตรงกันข้าม น้ำมันพืชที่กินไม่ได้ มีอุณหภูมิจุดวาบไฟ และจุดไหลเทสูงกว่าน้ำมันดีเซล [1-6]

ยิ่งไปกว่านั้นปริมาณคาร์บอนตกค้าง (carbon residue) ซึ่งเป็นปริมาณของสารที่เหลือตกค้างอยู่หลังจากน้ำมันได้ระเหยออกไปหมดแล้วที่อุณหภูมิสูง ถ้าเชื้อเพลิงมีค่าของปริมาณคาร์บอนตกค้างสูงเกินไป จะเกิดคราบเขม่าสะสมในห้องเผาไหม้และหัวฉีด และมีควันดำมาก [5] สำหรับน้ำมันพืชมีปริมาณคาร์บอนตกค้างสูงกว่าน้ำมันดีเซล และสุดท้าย ค่าไอโอดีน (iodine value) เป็นการวัดระดับของความไม่อิ่มตัว (unsaturation) และเสถียรภาพของการเกิดออกซิเดชัน (Oxidation Stability)

โดยน้ำมันที่มีความไม่อิ่มตัวสูง สามารถเกิดออกซิเดชันได้อย่างรวดเร็ว (Autoxidation) สำหรับน้ำมันพืชแต่ละชนิด จะมีปริมาณของค่าไอโอดีนที่แตกต่างกัน โดยค่าไอโอดีนที่สูง หมายความว่าเสถียรภาพของการเกิดออกซิเดชันต่ำ ซึ่งการเกิดออกซิเดชันสามารถนำไปสู่การเกิดโพลิเมอร์ไรเซชัน (Polymerization) ทำให้เกิดยางเหนียว [1-5]

จากคุณสมบัติความเป็นเชื้อเพลิงของน้ำมันพืชที่กล่าวมาแสดงให้เห็นว่าน้ำมันพืช เมื่อนำมาประยุกต์ใช้กับเครื่องยนต์ดีเซล ก่อให้เกิดสารมลพิษสูง เนื่องจากมีการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ ยิ่งไปกว่านั้น เครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันพืชเป็นเชื้อเพลิง เมื่อนำไปใช้ในระยะเวลายาวพบว่า มีคราบเขม่าเกาะบริเวณวาล์วไอดีและไอดีเสีย รูหัวฉีด ฝาสูบ และลูกสูบ เป็นต้น ทำให้เกิดความเสียหายกับชิ้นส่วนต่างๆ ของเครื่องยนต์ เช่น รูหัวฉีดอุดตัน ซึ่งมีสาเหตุมาจากคราบเขม่า และตะกอนคาร์บอนแข็งสะสม แหวนลูกสูบติดและหัก เนื่องมาจากคราบและไข (wax and gum) ที่เกิดขึ้นบริเวณร่องแหวน และมีคาร์บอนตกค้างจำนวนมากบริเวณหลังวาล์วและบ่าวาล์ว ทำให้เกิดปัญหาวาล์วรั่ว ทำให้กำลังอัดของเครื่องยนต์ลดลง และมีคราบของน้ำมันพืชที่เกิดจากการออกซิเดชัน ซึ่งก่อให้เกิดความเสียหายกับระบบหล่อลื่นของเครื่องยนต์ได้ [1-6] ขณะที่ Agarwal [1-2] และ Ramadhas และคณะ [3] อธิบายว่าสาเหตุที่น้ำมันพืชไม่สามารถนำมาใช้โดยตรงกับเครื่องยนต์ดีเซลได้นั้น เนื่องจากมีค่าความหนืดสูงกว่าน้ำมันดีเซล ถ้าวัดค่าความหนืดของน้ำมันพืช จะทำให้อัตราการระเหยเร็วขึ้น และคุณสมบัติในการจุดติดไฟดีขึ้น ดังนั้น การอุ่นน้ำมัน จึงเป็นวิธีการหนึ่งที่สามารถลดความหนืดของน้ำมันพืชโดยตรง โดยวิธีการอุ่นน้ำมันเป็นวิธีหนึ่งของกระบวนการแยกสลาย (cracking) ซึ่งเป็นกระบวนการที่ทำให้โมเลกุลขนาดใหญ่ของสารไฮโดรคาร์บอนชนิดหนักแตกตัวเป็นโมเลกุลที่เล็กลง โดยการทำให้โมเลกุลแตกตัวด้วยความร้อน หรือเรียกว่าเทอร์มอลแครกกิง (Thermal Cracking) โดยวิธีการนี้ สามารถกระตุ้นการแตกตัวของไขมันภายในน้ำมันพืชให้ได้โมเลกุลขนาดเล็กลง ส่งผลให้ความหนืดของน้ำมันพืชลดลง [1-6]

Sonune และ Farkade [4] Yilmaz และ Morton [10] และ Labecki [11] เสนอว่าวิธีการอุ่นน้ำมันสามารถลดความหนืดของน้ำมันพืชได้ดีกว่าการใช้วิธีการผสม

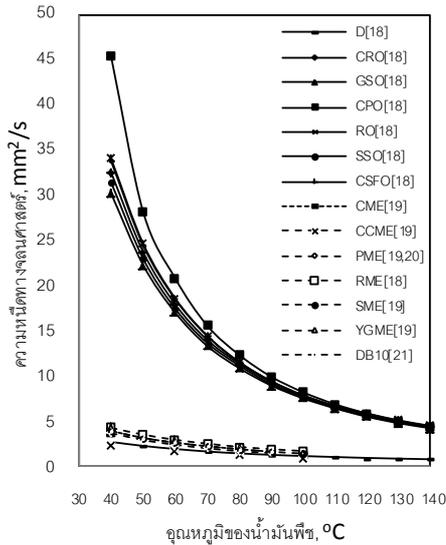
น้ำมัน การทำกรรมวิธีทรานเอสเทอร์ฟิเคชัน และการทำกรรมวิธีไมโครอิมัลชัน เนื่องจากวิธีนี้ สามารถนำน้ำมันพืชมาใช้โดยตรง และไม่ต้องผ่านกระบวนการต่างๆ ที่ซับซ้อน นอกจากนี้ ยังสามารถใช้อุปกรณ์อุ่นน้ำมันแบบไฟฟ้า หรืออุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนที่ใช้ความร้อนจากเครื่องยนต์ เช่น ความร้อนจากหม้อน้ำ ระบบหล่อลื่น และท่อไอเสียของรถยนต์มาช่วยอุ่นน้ำมันพืชได้ แต่ต้องควบคุมอุณหภูมิของการอุ่นน้ำมันให้เหมาะสม ซึ่งแตกต่างจากการใช้วิธีการผสม ถ้าผสมน้ำมันพืชในปริมาณที่สูงขึ้น จะทำให้ปริมาณไขมันและค่าความหนืดของน้ำมันเพิ่มขึ้น ทำให้เกิดการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ และจากการทบทวนบทความทางวิชาการของ Hossain และ Davies [5] และ No [6] สรุปว่า ไม่ควรผสมน้ำมันพืชเกินร้อยละ 20 เนื่องจากความหนืดของน้ำมันผสมเพิ่มขึ้น สมรรถนะของเครื่องยนต์ลดลง และมีการปล่อยสารมลพิษจากแก๊สไอเสียของเครื่องยนต์เพิ่มขึ้น

ขณะที่งานวิจัยที่ [5-25] อธิบายว่าการใช้กรรมวิธีทรานเอสเทอร์ฟิเคชันนั้น เป็นการเปลี่ยนแปลงโมเลกุลของน้ำมันพืชจากไตรกลีเซอไรด์ให้เป็นสารเอสเตอร์ (Esters) โดยการทำปฏิกิริยากับแอลกอฮอล์ เช่น เมทานอล หรือเอทานอล และสามารถนำมาใช้กับเครื่องยนต์โดยตรงและไม่ต้องการตัดแปลงชิ้นส่วนต่างๆ ของเครื่องยนต์เหมือนกัน แต่กรรมวิธีนี้ ต้องใช้ต้นทุนการผลิตสูง การเกิดปฏิกิริยาไม่แน่นอน ชิ้นส่วนที่เป็นยางภายในระบบเชื้อเพลิงมีการเสื่อมสภาพเร็ว และค่าพลังงานความร้อนต่ำกว่าน้ำมันดีเซล และงานวิจัยที่ [5-6, 13-15, 26-29] อธิบายว่ากรรมวิธีไมโครอิมัลชัน เป็นการกระจายของอนุภาคของเหลวที่แขวนลอยในตัวของเหลวอีกชนิดหนึ่งอย่างสมดุลด้วยการผสมน้ำมันพืชกับน้ำ โดยอาจจะไม่มีหรือไม่มีแอลกอฮอล์เข้ามาช่วยในการผสม แต่การทำกรรมวิธีนี้ จะมีความสลับซับซ้อนมากกว่ากรรมวิธีทรานเอสเทอร์ฟิเคชัน เนื่องจากกรรมวิธีนี้จะต้องหาเฟสสมดุลของการผสม เพื่อให้ น้ำมันพืชสามารถรวมตัวกับน้ำ และจะต้องผสมสัดส่วนของสารผลาลดแรงตึงผิว (cosurfactant) และสารลดแรงตึงผิว (surfactant) ให้เหมาะสม จึงไม่ได้รับความสนใจ

ดังนั้น วิธีการอุ่นน้ำมันพืช จึงเป็นทางเลือกหนึ่งของการประยุกต์ใช้น้ำมันพืชสำหรับเครื่องยนต์ดีเซลที่ได้รับความสนใจในปัจจุบัน จากการศึกษาของงานวิจัยในอดีต Murayama และคณะ [7] เสนอว่าควรอุ่นน้ำมันพืชที่

อุณหภูมิสูงถึง 200 °C จะทำให้ประสิทธิภาพการเผาไหม้น้ำมันพืชดีขึ้น ขณะที่ Bari และคณะ [16] ตรวจสอบการอุ่นน้ำมันปาล์มดิบ (CPO) พบว่าที่อุณหภูมิสูงกว่า 100 °C ทำให้กลไกการส่งน้ำมันภายในปั๊ม น้ำมันเชื้อเพลิงชำระ เนื่องจากชิ้นส่วนที่เป็นยางเกิดการสึกหรอ ปัจจุบัน Franco และ Nguyen [17] ศึกษาการไหลของน้ำมันพืชภายในระบบเชื้อเพลิง Esteban และคณะ [18-19] ศึกษาอุณหภูมิของน้ำมันที่ผลิตจากพืชกินได้ เช่น น้ำมันจากเมล็ดข้าวโพด (CRO) เมล็ดถั่ว (GSO) เมล็ดเรพซิด (RO) เมล็ดถั่วเหลือง (SSO) และเมล็ดทานตะวัน (CSFO) เทียบกับน้ำมันดีเซล (D) และศึกษาอุณหภูมิของน้ำมันไบโอดีเซลที่ผลิตจากพืชกินได้ ได้แก่ ไบโอดีเซลที่ผลิตจากน้ำมันคาโนลา (CME) น้ำมันมะพร้าว (CCME) น้ำมันปาล์ม (PME) น้ำมันเรพซิด (RME) น้ำมันดอกทานตะวัน (SME) น้ำมันถั่วลิสง (YGME) ผลลัพธ์ที่ได้พบว่า การอุ่นน้ำมันพืชเหล่านี้จนถึงอุณหภูมิ 140 °C จะให้ค่าความหนืดลดลงใกล้เคียงกับน้ำมันดีเซล ดังแสดงในรูปที่ 3

นอกจากนี้ Agarwal และ Agarwal [30] Acharya และคณะ [31] Pugazhvadivu และ Sankaranarayanan [32] Kadu และ Sarda [33] Martin และ Prithviraj [34] และ Sucharitha และ Kumaraswamy [35] ได้ตรวจสอบอุณหภูมิของน้ำมันที่ผลิตจากพืชชนิดต่างๆ ที่กินไม่ได้ เช่น เมล็ดสบู่ดำ (JO) เมล็ดคอนคานี (KSO) เมล็ดมาฮิว (MO) เมล็ดคาร์ลันจิ (KRO) เมล็ดฝ้าย (CSO) เมล็ดสะเดา (NO) และเมล็ดคาร์โนลา (CO) ในขณะที่เอกชัย สุธีร์ศักดิ์และคณะ [21-22] Khatri และคณะ [36] และ Labecki และคณะ [11] ได้ตรวจสอบอุณหภูมิของน้ำมันดีเซลผสมน้ำมันพืชต่างๆ อาทิ น้ำมันดีเซลผสมน้ำมันปาล์ม (DP) น้ำมันดีเซลผสมน้ำมันคาร์ลันจิ (DKRO) และน้ำมันดีเซลผสมน้ำมันเรพซิด (DRO) ยิ่งไปกว่านั้นยังมีการศึกษาการอุ่นน้ำมันไบโอดีเซลที่ผลิตจากน้ำมันพืชชนิดต่างๆ ได้แก่ ไบโอดีเซลที่ผลิตจากน้ำมันจากเมล็ดฝ้าย (COME) น้ำมันรำข้าว (RBME) น้ำมันจากเมล็ดคาร์ลันจิ (KRME) และน้ำมันจากเมล็ดโจโจบา (JME) และไบโอดีเซลที่ผลิตจากน้ำมันพืชใช้แล้ว (WFO) เช่น ไบโอดีเซลที่ผลิตจากน้ำมันเรพซิดใช้แล้ว (LME) น้ำมันข้าวโพดใช้แล้ว (OME) น้ำมันเรพซิดและถั่วเหลืองใช้แล้ว (WME) และน้ำมันที่สกัดจากไขมันสัตว์ (FME) เป็นต้น [28-40]



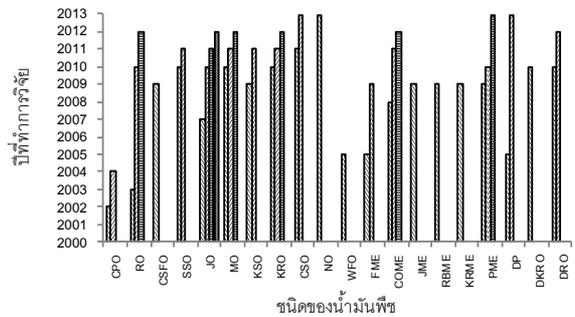
รูปที่ 3 การอุ่นน้ำมันพืชต่างๆ [18-21]

ผลลัพธ์ที่ได้พบว่า การอุ่นน้ำมันพืชเหล่านี้ ในช่วงอุณหภูมิ 100-120 °C ทำให้ค่าความหนืดของน้ำมันลดลงใกล้เคียงกับน้ำมันดีเซล แต่ไม่ควรอุ่นน้ำมันพืชสูงกว่า 100 °C เพราะกลไกต่างๆ ภายในระบบเชื้อเพลิงของเครื่องยนต์ทำงานหนักขึ้น และอาจชำรุดได้ ตัวอย่างเช่น ลูกสูบปัมเชื้อเพลิง (plunger) ชุดปัมควบคุมการส่งเชื้อเพลิง (supply pump) และอุปกรณ์ควบคุมความเร็วในการส่งน้ำมัน (governor) นอกจากนี้ ชิ้นส่วนที่เป็นยางเกิดการสึกหรอ ทำให้เกิดการรั่วของน้ำมันภายในระบบเชื้อเพลิง และแรงดันในการอัดน้ำมัน เพื่อส่งน้ำมันไปยังหัวฉีดลดลง ขณะที่ช่วงอุณหภูมิของน้ำมันพืชที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 80-90 °C เนื่องจากช่วงอุณหภูมินี้ มีผลกระทบท่อชิ้นส่วนที่เป็นยางภายในระบบเชื้อเพลิงเพียงเล็กน้อย และแรงดันในการอัดน้ำมัน เพื่อส่งไปยังหัวฉีดลดลงใกล้เคียงกับน้ำมันดีเซล ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของน้ำมันพืช [9-13, 16, 41-42]

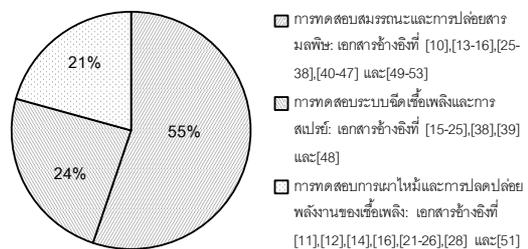
3. แนวโน้มในการวิจัยการอุ่นน้ำมัน

จากการทบทวนงานวิจัยที่ [10-53] พบว่า การศึกษาวิธีการอุ่นน้ำมันพืชสำหรับเครื่องยนต์ดีเซลนั้น มีการวิจัยและประยุกต์ใช้น้ำมันพืชหลากหลายชนิดเป็นเชื้อเพลิงทดแทน และมีการวิจัยอย่างต่อเนื่องตั้งแต่ปี พ.ศ. 2545-2556 (ค.ศ. 2002-2013) ดังแสดงในรูปที่ 4 ซึ่งแสดงแนวโน้มของการวิจัยการอุ่นน้ำมันพืชที่ได้ทำการวิจัยทั้งภายในประเทศและต่างประเทศ ซึ่งน้ำมันพืชที่ใช้มี

หลากหลายรูปแบบ เช่น น้ำมันพืชที่ผลิตจากพืชกินได้ และไม่ได้ น้ำมันพืชใช้แล้ว น้ำมันพืชที่ผ่านการมวีสถานเอสเทอร์ฟิเคชันเป็นไบโอดีเซล และน้ำมันพืชผสมน้ำมันดีเซล โดยการวิจัยวิธีการอุ่นน้ำมันเหล่านี้สำหรับเครื่องยนต์ดีเซลนั้น มีการทดสอบหลากหลายรูปแบบ ได้แก่ การทดสอบสมรรถนะและการปล่อยสารมลพิษของเครื่องยนต์ การทดสอบระบบฉีดเชื้อเพลิงและการสเปรย์เชื้อเพลิง และการทดสอบการเผาไหม้และการปลดปล่อยพลังงานของเชื้อเพลิงดังแสดงในรูปที่ 5 ซึ่งแสดงสัดส่วนของการทดสอบของเครื่องยนต์ในรูปแบบต่างๆ ที่ได้มีการวิจัยอย่างต่อเนื่องตั้งแต่ปี พ.ศ. 2545-2556 (ค.ศ. 2002-2013) โดยส่วนใหญ่มุ่งเน้นที่การทดสอบสมรรถนะและการปล่อยสารมลพิษของเครื่องยนต์



รูปที่ 4 การศึกษาการอุ่นน้ำมันพืชสำหรับเครื่องยนต์ดีเซล [10-53]



รูปที่ 5 การศึกษาคุณลักษณะต่างๆ ของเครื่องยนต์ดีเซล [10-53]

เนื่องจากการทดสอบดังกล่าว สามารถบ่งบอกถึงความสามารถในการทำงานของเครื่องยนต์ ว่าเหมาะสมกับการนำน้ำมันพืชที่ผ่านการอุ่นน้ำมันมาใช้งานในเงื่อนไขต่างๆ (ได้แก่ การเปลี่ยนแปลงความเร็วรอบและภาระงานของเครื่องยนต์) หรือไม่ สามารถขับเคลื่อน

จักรกลและอุปกรณ์ต่างๆ ได้หรือไม่ และมีการปล่อยสารมลพิษมากหรือน้อยเพียงใด โดยการศึกษาทางด้านสมรรถนะของเครื่องยนต์นั้น จะเป็นการคำนวณหาค่าลังงานที่ให้ออกมา ความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง และประสิทธิภาพต่างๆ ของเครื่องยนต์ ได้แก่ ประสิทธิภาพทางกล ประสิทธิภาพเชิงปริมาตร และประสิทธิภาพทางความร้อน ในขณะที่การศึกษาทางด้านการปล่อยสารมลพิษของเครื่องยนต์นั้น จะเป็นการวัดปริมาณสารมลพิษต่างๆ ได้แก่ ปริมาณของ CO, HC, CO₂, NO, SD และอนุภาคมีแก๊สไอเสีย (T_{exh}) ที่ออกมาจากท่อไอเสียของเครื่องยนต์ เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงความเร็วรอบและภาระงานของเครื่องยนต์

ขณะที่การวิจัยผลกระทบจากการอุ่นน้ำมันพืชต่อระบบฉีดเชื้อเพลิง การสเปรย์เชื้อเพลิง และการเผาไหม้ และการปลดปล่อยพลังงานของเชื้อเพลิงนั้น พบว่า มีเพียงส่วนน้อย เนื่องจากการทดสอบดังกล่าว ต้องใช้อุปกรณ์และเครื่องมือที่มีความละเอียดสูงและมีราคาแพง เพื่อวิเคราะห์การไหลของน้ำมันภายในระบบเชื้อเพลิง จังหวะการฉีด การสเปรย์ และการเผาไหม้ภายในกระบอกสูบของเครื่องยนต์ เพื่อหาเหตุผลของการเปลี่ยนแปลงสมรรถนะและการปล่อยสารมลพิษของเครื่องยนต์ [4]

สำหรับการวิจัยและประยุกต์วิธีการอุ่นน้ำมันพืชเป็นเชื้อเพลิงทดแทนนั้น จากรูปที่ 4 สังเกตเห็นได้ว่านักวิจัยกำลังให้ความสนใจการอุ่นน้ำมันที่ผลิตจากพืชที่กินไม่ได้ เนื่องจากน้ำมันที่ผลิตจากพืชที่กินได้นั้น มีบทบาทต่อการประกอบอาหารและการดำรงชีวิตของมนุษย์ เพื่อลดปัญหาการขาดแคลนน้ำมันพืชในการประกอบอาหารและการดำรงชีวิตของมนุษย์ และลดต้นทุนในการผลิตน้ำมันพืช นักวิจัยจึงให้ความสำคัญต่อการวิจัยน้ำมันที่ผลิตจากพืชที่กินไม่ได้มาประยุกต์ใช้กับเครื่องยนต์ดีเซล [1-6] นอกจากนี้ ถ้าพิจารณาที่คุณสมบัติความเป็นเชื้อเพลิงของน้ำมันที่ผลิตจากพืชกินไม่ได้นั้น พบว่า น้ำมันที่ผลิตจากพืชกินไม่ได้บางชนิดมีค่าเลขซีเทนสูงกว่า และค่าความหนืดต่ำกว่าน้ำมันที่ผลิตจากพืชกินได้ (ตารางที่ 2) ส่งผลให้การอุ่นน้ำมันที่ผลิตจากพืชกินไม่ได้บางชนิดนั้น มีค่าความหนืดลดลงใกล้เคียงกับน้ำมันดีเซลมากขึ้น และสามารถลดการปล่อยสารมลพิษต่างๆ ของเครื่องยนต์ได้ [4-15]

ดังนั้น แนวโน้มของการวิจัยการอุ่นน้ำมันพืชในอนาคตนั้น คาดว่านักวิจัยจะทำการศึกษาการอุ่นน้ำมันที่ผลิตจากพืชที่กินได้ เพื่อประยุกต์ใช้กับเครื่องยนต์ดีเซลมากขึ้น ยิ่งไปกว่านั้น เพื่อเพิ่มศักยภาพในการใช้น้ำมันพืชเป็นเชื้อเพลิงทดแทน ลดค่าความหนืดของน้ำมันพืชเพื่อลดปัญหาการปล่อยสารมลพิษต่างๆ ของเครื่องยนต์ และพัฒนาน้ำมันพืชเพื่อใช้กับเครื่องยนต์ดีเซลสมัยใหม่ที่ใช้ระบบฉีดเชื้อเพลิงแบบท่อร่วม (common rail injection system) ระบบอัดอากาศ ระบบอุ่นอากาศ และระบบการนำแก๊สไอเสียกลับมาใช้อีกครั้ง (Exhaust Gas Recirculation system, EGR) จึงมีการพัฒนาวิธีการอุ่นน้ำมันใช้ควบคู่กับน้ำมันผสม และน้ำมันไบโอดีเซล เนื่องจากน้ำมันผสม (ได้แก่ น้ำมันดีเซลผสมน้ำมันพืช และน้ำมันดีเซลผสมไบโอดีเซล) และน้ำมันไบโอดีเซล (ได้แก่ ไบโอดีเซลที่มาจากน้ำมันพืชบริสุทธิ์ และใช้แล้ว) มีค่าความร้อนและเลขซีเทนที่สูงกว่าน้ำมันพืชบริสุทธิ์ [1-3] แต่ น้ำมันเหล่านี้ มีค่าความหนืดสูงกว่าน้ำมันดีเซลเล็กน้อย ทำให้ไม่สามารถนำมาใช้กับเครื่องยนต์ดีเซลสมัยใหม่ได้ [11]

นอกจากนี้ ความเป็นไปได้ที่จะมีการศึกษาผลกระทบจากการอุ่นน้ำมันเหล่านี้ต่อคุณลักษณะต่างๆ ได้แก่ การฉีด การสเปรย์ การเผาไหม้ สมรรถนะ และการปล่อยสารมลพิษของเครื่องยนต์ดีเซลมากขึ้น โดยมีการศึกษาและตรวจสอบในรูปแบบต่างๆ ดังนี้

- 1) มีการศึกษาคุณสมบัติความเป็นเชื้อเพลิงของน้ำมันดังกล่าวที่ใช้รวมกับการอุ่นน้ำมัน
- 2) มีการตรวจสอบการเพิ่มอุณหภูมิของน้ำมันพืช น้ำมันผสม และน้ำมันไบโอดีเซล ในชุดจำลองการฉีดเชื้อเพลิงและการเผาไหม้ ในสภาวะที่มีการเปลี่ยนแปลงความดันและจังหวะการฉีด เพื่อศึกษาการเกิดสารละอองของแข็งขนาดเล็กต่างๆ (particulates) ได้แก่ คิวตินา คิวตินาขาว และวัตถุขนาดเล็กที่ไม่สามารถมองเห็นได้ เป็นต้น
- 3) มีการศึกษาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์จากการเพิ่มอุณหภูมิของน้ำมันพืช น้ำมันผสม และน้ำมันไบโอดีเซล เพื่อทำนายคุณลักษณะต่างๆ ของเครื่องยนต์ดีเซล
- 4) มีการตรวจสอบการอุ่นน้ำมันพืช การอุ่นน้ำมันผสม และการอุ่นน้ำมันไบโอดีเซล เพื่อใช้กับเครื่องยนต์ดีเซลสมัยใหม่ ที่มีการเปลี่ยนแปลงความเร็วรอบ และภาระงานต่างๆ เพื่อศึกษาคุณลักษณะต่างๆ ของเครื่องยนต์

5) มีการศึกษาการสึกหรอของชิ้นส่วนต่างๆ ภายในระบบ เชื้อเพลิงของเครื่องยนต์ดีเซลสมัยใหม่

4. สมรรถนะของเครื่องยนต์

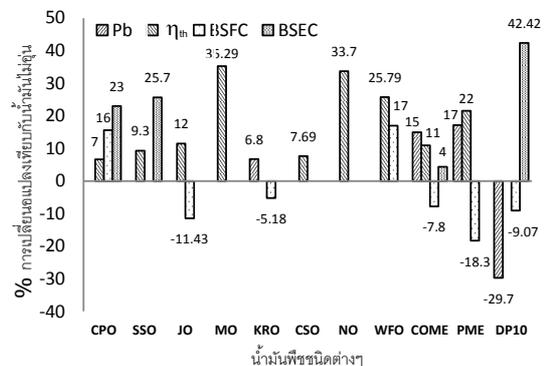
สมรรถนะของเครื่องยนต์ ถูกนิยามขึ้นเพื่อศึกษา กำลังที่เครื่องยนต์ผลิตได้ (P_b) ประสิทธิภาพทางความร้อน (η_{th}) และ ความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะ (BSFC) ซึ่งเป็นอัตราส่วนระหว่างอัตราการไหลของมวลน้ำมันเชื้อเพลิงต่อ P_b และความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ (BSEC) ซึ่งเป็นผลคูณระหว่าง BSFC กับค่าความร้อนของเชื้อเพลิงรวมกับค่าพลังงานความร้อนที่ใช้ในการเพิ่มอุณหภูมิของน้ำมันเชื้อเพลิง

ขณะที่แนวโน้มการศึกษาวิธีการอุน้ำมันต่อสมรรถนะและการปล่อยสารมลพิษของเครื่องยนต์ดีเซลนั้น ได้มีการตรวจสอบและวิเคราะห์ผลอย่างต่อเนื่อง โดยหน่วยงานทั้งภายในประเทศและต่างประเทศ ได้ทำการทดสอบการอุน้ำมันพีซชนิดต่างๆ ที่กินได้และไม่ได้ และได้มีการพัฒนาการอุนน้ำมันใช้ร่วมกับน้ำมันผสมและไบโอดีเซล โดยกระทำการเปรียบเทียบกับการไม่อุนน้ำมันและน้ำมันดีเซล ผลลัพธ์ที่ได้ดังแสดงในตารางที่ 3 ซึ่งแสดงผลจากการทบทวนงานวิจัยที่ผ่านมาที่ใช้วิธีการอุนน้ำมันหลากหลายชนิดต่อสมรรถนะและการปล่อยสารมลพิษจากแก๊สไอเสียของเครื่องยนต์ โดยทำการทดสอบในเครื่องยนต์ดีเซลระบบต่างๆ เช่น ระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยตรง (DI) ระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อม (IDI) และระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยตรงแบบทอร่วม (CR-DI) ที่ใช้น้ำมันชนิดต่างๆ เป็นเชื้อเพลิง และมีการเปลี่ยนแปลงความเร็วรอบ (N) และภาระงาน (L) ของเครื่องยนต์ ผลลัพธ์ที่ได้พบว่าสมรรถนะและการปล่อยสารมลพิษต่างๆ ของเครื่องยนต์มีการเปลี่ยนแปลง โดยน้ำมันพีซบางชนิดให้สมรรถนะของเครื่องยนต์ดีขึ้น และการปล่อยสารมลพิษลดลง ขณะที่น้ำมันผสมและไบโอดีเซลให้ผลลัพธ์ที่แตกต่างกัน

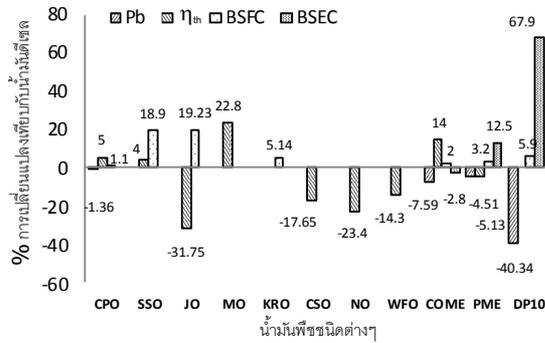
เมื่อทำการคำนวณหาร้อยละของการเปลี่ยนแปลงเทียบกับการไม่อุนน้ำมัน ผลลัพธ์ที่ได้ดังแสดงในรูปที่ 6 (ก) พบว่า การอุนน้ำมันเหล่านี้ ทำให้กำลังงาน และประสิทธิภาพทางความร้อนของเครื่องยนต์เพิ่มขึ้นร้อยละ 17 และ 35 ตามลำดับ (ขึ้นกับชนิดของน้ำมันพีซ) ขณะที่ความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะ (BSFC) ลดลงร้อยละ 18 และความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ (BSEC) เพิ่มขึ้นร้อยละ 42 (ขึ้นกับชนิดของน้ำมันพีซ) ทั้งนี้เนื่องจากการ

อุนน้ำมันพีซ ทำให้ความหนืดของน้ำมันลดลง ส่งผลให้ระบบเชื้อเพลิงของเครื่องยนต์ทำงานดีขึ้น การไหลของน้ำมันภายในระบบเชื้อเพลิงง่ายขึ้น การฉีดและการสเปรย์เชื้อเพลิงดีขึ้น ทำให้ความล่าช้าการจุดระเบิดลดลง การเผาไหม้สมบูรณ์ขึ้น และมีการปลดปล่อยพลังงานความร้อนจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงเพิ่มขึ้น ทำให้ประสิทธิภาพทางความร้อนเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ BSFC ลดลง และประหยัดเชื้อเพลิงมากขึ้น ขณะที่ BSEC เพิ่มขึ้น เนื่องจากการใส่พลังงานเพิ่มเข้าไปในการอุนน้ำมัน เพื่อให้มีอุณหภูมิสูงขึ้น เป็นผลให้การใช้พลังงานโดยรวมเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ค่า BSEC จึงสูงขึ้น

อย่างไรก็ตาม การอุนน้ำมันพีซบางชนิด อาจจะทำให้สมรรถนะของเครื่องยนต์เปลี่ยนแปลงไป ทั้งนี้คาดว่าน่าจะมีสาเหตุมาจากคุณสมบัติทางเคมี และคุณสมบัติความเป็นเชื้อเพลิงของน้ำมันพีซแต่ละชนิดมีลักษณะที่แตกต่างกัน [1-6] ส่งผลให้คุณลักษณะต่างๆ ของการฉีดของน้ำมันเชื้อเพลิง ได้แก่ ความดันของการฉีด (injection pressure) จังหวะการฉีด (injection timing) และอัตราการฉีด (injection rate) และคุณลักษณะต่างๆ ของการสเปรย์น้ำมันเชื้อเพลิง ได้แก่ การแตกเป็นละอองฝอย (atomization) การระเหยกลายเป็นไอ (vaporization) และการผสมระหว่างเชื้อเพลิงกับอากาศภายในห้องเผาไหม้ (fuel-air mixing) มีการเปลี่ยนแปลงไป ทำให้การปลดปล่อยพลังงานจากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงมีการเปลี่ยนแปลงไป และส่งผลให้สมรรถนะของเครื่องยนต์ดีเซลมีการเปลี่ยนแปลงไปด้วย [1, 11-12, 21-24, 40-54]



(ก) การอุนน้ำมันพีซเทียบกับน้ำมันไม่อุน



(ข) การอุ่นน้ำมันพีซเทียบกับน้ำมันดีเซล

รูปที่ 6 เปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงสมรรถนะของเครื่องยนต์ [15-50]

ในทางตรงกันข้าม ถ้าเปรียบเทียบการอุ่นน้ำมันเหล่านี้กับน้ำมันดีเซลดังแสดงในรูปที่ 6 (ข) พบว่ากำลังที่เครื่องยนต์ผลิตได้ และประสิทธิภาพทางความร้อนของเครื่องยนต์ลดลงร้อยละ 40 และ 31 ขณะที่ BSFC และ BSEC เพิ่มขึ้นร้อยละ 19 และ 67 ตามลำดับ ทั้งนี้คาดว่าน่าจะเกิดมาจากค่าความร้อนของน้ำมันพีซต่ำกว่าน้ำมันดีเซลถึงแม้ว่าจะมีการป้อนพลังงานให้กับเชื้อเพลิงโดยการอุ่นน้ำมัน และการสเปรย์ของน้ำมันพีซไม่ดีเท่าการสเปรย์ของน้ำมันดีเซล ส่งผลให้การปลดปล่อยพลังงานความร้อนจากการเผาไหม้ของน้ำมันพีซต่ำกว่าน้ำมันดีเซล ทำให้กำลังที่เครื่องยนต์ผลิตได้ และประสิทธิภาพทางความร้อนของเครื่องยนต์ต่ำกว่าน้ำมันดีเซล นอกจากนี้ การอุ่นน้ำมันพีซเหล่านี้ถูกจำกัดที่อุณหภูมิไม่เกิน 90 °C ซึ่งในช่วงอุณหภูมิดังกล่าว ค่าความหนืดของน้ำมันพีซยังสูงกว่าน้ำมันดีเซล 3-4 เท่า ทำให้เข็มน้ำมันในหัวฉีดยกตัวเร็วขึ้น ส่งผลให้การจ่ายปริมาณเชื้อเพลิงเพิ่มขึ้น ยิ่งไปกว่านั้น การอุ่นน้ำมันพีซมีตารางที่ 3 ผลกระทบต่อสมรรถนะและการปล่อยสารมลพิษของเครื่องยนต์จากการอุ่นน้ำมัน

ให้กำลังงานน้อยกว่าน้ำมันดีเซล และการอุ่นน้ำมันมีการป้อนพลังงานให้กับเชื้อเพลิง จึงส่งผลให้ BSFC และ BSEC เพิ่มขึ้น [11-12, 22-24, 34-43]

อย่างไรก็ตาม ในรูปที่ 6 (ก) ถ้าเปรียบเทียบตัวแปรต่างๆ ของสมรรถนะเครื่องยนต์จากการอุ่นน้ำมันพีซกับการอุ่นน้ำมันดีเซลผสมน้ำมันพีซร้อยละ 10 (DP10) พบว่า การอุ่นน้ำมันพีซ จะให้ P_b และ η_{th} เพิ่มขึ้น แต่การอุ่นน้ำมัน DP10 จะให้ P_b ลดลง ทั้งนี้เนื่องจากการอุ่นน้ำมันพีซ ทำให้การสเปรย์น้ำมันดีขึ้น และการเผาไหม้สมบูรณ์ขึ้น ส่งผลให้ P_b และ η_{th} เพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับการไม่อุ่นน้ำมัน แต่น้ำมัน DP10 มีค่าความหนืดลดลงใกล้เคียงกับน้ำมันดีเซล [22, 51] เมื่อใช้วิธีการอุ่นน้ำมันจะทำให้ค่าความหนืดของน้ำมัน DP10 ต่ำกว่าน้ำมันดีเซล ส่งผลให้ระบบเชื้อเพลิงทำงานหนักขึ้น ถึงแม้ว่ากระบวนการสเปรย์จะดีขึ้นก็ตาม แต่กำลังงานที่ให้ออกมาลดลง เนื่องจากการสูญเสียกำลังงานบางส่วนในการขับเคลื่อนชิ้นส่วนต่างๆ ของระบบเชื้อเพลิงเพิ่มขึ้น [21-23, 35, 51]

ขณะที่การอุ่นน้ำมันพีซแต่ละชนิดดังแสดงในรูปที่ 6 (ก) จะให้ BSFC แตกต่างกัน ทั้งนี้ขึ้นกับอุณหภูมิในการอุ่นน้ำมันดังแสดงในตารางที่ 2 ส่งผลให้คุณลักษณะการฉีดของน้ำมันเปลี่ยนแปลงไป ตัวอย่างเช่น การอุ่นน้ำมัน JO และ KRO จะให้ BSFC ลดลง แต่การอุ่นน้ำมัน CPO จะให้ BSFC เพิ่มขึ้น เพราะว่าน้ำมัน CPO ถูกอุ่นที่อุณหภูมิ 70 °C [27] แต่น้ำมัน JO และ KRO ถูกอุ่นที่อุณหภูมิ 90-100 °C [37, 46]

ผู้วิจัย/ปี	E (n/c/s)	N / L (rpm / %)	F	T _i	ผลลัพธ์								อ้างอิง	
					สมรรถนะ			การปลดปล่อยสารมลพิษ						
					P _b	BSFC/ BSEC	th	CO	HC	CO ₂	NO _x	T _{ex}		SD
Bari และคณะ/ 2002	1 /4/ DI	- / 55	CPO*	60	-	n/a	n/a	↑	-	-	↑	-	-	[16]
Nwafor/2003	1 /4/ IDI	3000/100	RO*	70	-	↑/-	↑	-	↓	-	-	-	-	[26]
Kalam และ Masjuki/ 2004	1 /4/ DI	2700/100	CPO*	70	-	-	-	↑	↓	-	↑	-	↓	[27]
เอกชัย สุธีรศักดิ์ และคณะ/ 2004	1 /4/ DI	2000/85	D**	60-90	n/a	↓/↑	n/a	↑	↑	-	↓	↓	↑	[21]
เอกชัย สุธีรศักดิ์ และคณะ/ 2005	1 /4/ DI	2000/85	DP10**	60-90	n/a	↓/↑	n/a	↑	↑	-	↓	↓	↑	[22]
Senthil-Kumarและคณะ/ 2005	1 /4/ DI	1500/100	FME* FME**	40-70	-	↑/- ↓/-	-	≈ ↓	≈ ↓	-	↓ ↑	↑ ↑	↓ ↓	[28]
Pugazhvidivu และ	1 /4/ DI	1500/100	WFO*	75,135	-	-/↑	↓	↑	-	-	↓	↑	↑	[29]

Jeyachandran/ 2005			WFO**			-↓	↑	↓			↑	↑	↓	
Agarwal และ Agarwal/ 2007	1 /4/ DI	1500/100	JO* JO**	80, 90	n/a	↑/- ↓/-	↓ ↑	↑ ↓	↑ ↓	↑ ↓	-	↑	-	[30]
Karabektas และคณะ/ 2008	1 /4/ DI	a/ 100	COME*	60-120	↓	-	↑	↓	-	-	↑	-	-	[37]
Canakci และคณะ/ 2009	4 /4/ IDI	2000/100	CSFO*	75	↓	↑/-	↑	↑	↓	↓	-	-	↓	[12]
Selim/ 2009	1 /4/ IDI	1500/100	JME**	50-70	↑	-	-	-	-	-	-	↓	-	[41]
Acharya และคณะ/ 2009	1 /4/ DI	1500/100	KSO*	110-120	↑	↑/-	↑	↑	↑	↑	≈	↓	-	[31]
Kumar Kandasamy และคณะ/ 2009	1 /4/ DI	1500/100	RBME* KRME*	40-80	↓	↑/- ↓	-	-	-	-	-	-	-	[38]
Chauhan และคณะ/ 2010	1 /4/ DI	a/a	JO**	40-100	-	-↓	↑	↓	↓	↑	↑	↑	↓	[43]
Pugazhvidivu และ Sankaranarayanan/ 2010	1 /4/ DI	1500/100	MO* MO**	130	-	-	↓ ↑	↑ ↓	↓ ↓	-	↓ ↑	-	↓ ↓	[32]
Kadu และ Sarda/ 2010	1 /4/ DI	a/ 100	KRO* KRO**	70, 100	↑ n/a	↑/- ↓/-	↓ ↑	-	-	-	↑ ↓	-	-	[33]
Khatri และคณะ/ 2010	1 /4/ DI	a/ 100	DKRO* DKRO**	55-60	-	↑/- ↓/-	↓ ↑	-	-	-	-	-	↑ ↓	[36]
Mallikarjun และคณะ/ 2011	1 /4/ DI	1500/75	MO* MO**	135	-	↑/- ↓/-	↓ ↑	↑ ↓	↓ ↓	-	↓ ↓	-	↑ ↓	[42]
Ingle และคณะ/ 2011	1 /4/ DI	1500/100	COME**	55-90	-	↑/↓	↓	-	-	-	-	↑	-	[39]
Acharya และคณะ/ 2011	1 /4/ DI	1500/100	KRO* KSO**	130	-	-↑ -↑	↓ ↓	↑ ↑	↑ ↑	↑ ↑	↓ ↓	-	↑ ↑	[45]
Martin และ Prithviraj/ 2011	1 /4/ DI	1500/100	CSO* CSO**	70-100	-	-	↓ ↑	↑ ↓	↑ ↓	-	-	↑ ↓	↑ ↓	[34]
Wander และคณะ/ 2011	1 /4/ DI	a/a	SSO*	60	↓	-	↓	-	-	-	-	-	↓	[46]
Islam และคณะ/ 2011	1 /4/ DI	a/a	SSO**	50-100	-	-	↑	-	-	-	-	-	-	[47]
Singh/ 2012	1 /4/ IDI	1000/100	JO* JO**	90	-	↑/- ↓/-	↓ ↑	-	-	-	-	-	↑ ↓	[48]
Labecki และคณะ/ 2012	4/4/CR-DI	2000/ 50	DRO30*	70	-	↑/-	-	↑	↑	-	↓	-	↑	[11]
Hossain และ Davies/ 2012	3 /4/ IDI	1500/ 60	JO* KRO*	75	-	↑/- ↑/-	↓ ↓	↑ ↑	-	↑ ↑	↑ ↑	↑ ↑	↑ ↑	[14]
Augustine และคณะ/ 2012	1 /4/ DI	1500/100	COME* COME**	60-80	-	↑/- ↓/-	↓ ↑	↓ ↑	↓ ↑	-	↑ ↓	-	↓ ↓	[40]
Sucharitha และ Kumaraswamy/ 2013	1 /4/ DI	1500/100	NO* NO**	50-160	-	-	↓ ↑	↑ ↓	↑ ↓	-	-	-	↑ ↓	[35]

หมายเหตุ: E เครื่องยนต์, n จำนวนกระบอกสูบ, c จังหวะการทำงาน, s ระบบฉีดเชื้อเพลิง, F น้ำมันเชื้อเพลิง, T, อุณหภูมิของน้ำมัน

* เทียบกับน้ำมันดีเซล, ** เทียบกับน้ำมันที่ไม่อุ่น, ↑ เพิ่มขึ้น, ↓ ลดลง, n/a ไม่เปลี่ยนแปลง, a เปลี่ยนแปลง, ≈ ใกล้เคียง และ - ไม่มีการทดสอบ

ส่งผลให้ค่าความหนืดของน้ำมัน CPO สูงกว่า น้ำมัน JO และ KRO ดังแสดงในรูปที่ 3 ซึ่งทำให้น้ำมัน CPO มีการยกของเข็มน้ำมันในหัวฉีดเร็วกว่า และมีการจ่ายปริมาณเชื้อเพลิงเพิ่มขึ้น [36, 49] อย่างไรก็ตาม ถ้าอุณหภูมิสูงขึ้นดังแสดงในรูปที่ 3 จะทำให้ BSFC ลดลง [16]

ในทางตรงกันข้ามการอุ่นน้ำมัน DP10 จะให้ BSFC ลดลง ทั้งนี้เนื่องจากน้ำมัน DP10 มีค่าความหนืดลดลงใกล้เคียงกับน้ำมันดีเซล เมื่อใช้วิธีการอุ่นน้ำมัน จะทำให้เข็มน้ำมันในหัวฉีดยกตัวช้าลง และมีการจ่าย

เชื้อเพลิงออกมาน้อยลง [22, 51] อีกทั้งกำลังงานจากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงลดลง เนื่องจากมีการสูญเสียกำลังงานบางส่วนในการขับเคลื่อนชิ้นส่วนต่างๆ ของระบบเชื้อเพลิงเพิ่มขึ้น ทำให้ BSFC ลดลง เมื่อเทียบกับการอุ่นน้ำมันพีช ซึ่งถูกจำกัดที่อุณหภูมิไม่เกิน 90 °C ซึ่งในช่วงอุณหภูมิดังกล่าว ค่าความหนืดของน้ำมันพีชยังสูงกว่าน้ำมัน DP10 ทำให้เข็มน้ำมันยกตัวเร็วขึ้น ส่งผลให้มีการจ่ายปริมาณเชื้อเพลิงเพิ่มขึ้น จึงส่งผลให้ BSFC เพิ่มขึ้น [11-12, 34-43, 51]

ในทำนองเดียวกัน ถ้าเปรียบเทียบตัวแปรต่างๆ ของสมรรถนะเครื่องยนต์จากการอุ่นน้ำมันไบโอดีเซลกับการอุ่นน้ำมันดีเซลผสมน้ำมันพืช จะเห็นได้ว่า การอุ่นไบโอดีเซล จะให้ P_b และ η_{th} เพิ่มขึ้น แต่การอุ่นน้ำมัน DP10 จะให้ P_b ลดลง ทั้งนี้เนื่องจากน้ำมันไบโอดีเซลมีการสูญเสียกำลังงานในการขับเคลื่อนชิ้นส่วนต่างๆ ของระบบเชื้อเพลิงน้อยกว่าน้ำมัน DP10 [49] ในขณะที่การอุ่นไบโอดีเซล และน้ำมัน DP10 จะให้ BSFC ลดลงเหมือนกัน ทั้งนี้เนื่องจากน้ำมันทั้งสองมีความหนืดลดลงใกล้เคียงกับน้ำมันดีเซล เมื่อใช้วิธีการอุ่นน้ำมัน จะทำให้เข้มน้ำมันในหัวฉีดยกตัวช้าลง และมีการจ่ายเชื้อเพลิงออกมาน้อยลง [22-24]

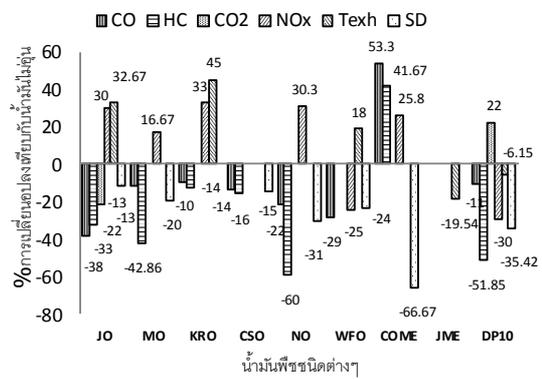
5. การปล่อยปริมาณสารมลพิษ

สารมลพิษที่ออกมาจากเครื่องยนต์ดีเซลนั้น ส่วนใหญ่เป็นสารมลพิษที่ออกมากับแก๊สไอเสียของเครื่องยนต์ ซึ่งเกิดจากสาเหตุต่างๆ ที่สำคัญ ได้แก่ การเกิดปฏิกิริยาเคมีของเชื้อเพลิงและอากาศไม่เหมาะสม การเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ การออกซิเดชันของไนโตรเจนในอากาศ และความไม่บริสุทธิ์ของเชื้อเพลิงและอากาศ เป็นต้น [54] สำหรับสารมลพิษต่างๆ ที่สำคัญที่ออกมากับแก๊สไอเสียของเครื่องยนต์ ได้แก่ ออกไซด์ของไนโตรเจน (Nitrogen Oxides, NO_x) คาร์บอนมอนอกไซด์ (Carbon Monoxide, CO) ไฮโดรคาร์บอนที่ไม่เผาไหม้ (Unburned Hydrocarbon, HC) สารละออง (particulate matter) ขนาดเล็ก ได้แก่ คิวทินดำ, คิวทินขาว และวัตถุขนาดเล็กที่ไม่สามารถมองเห็นได้ เป็นต้น

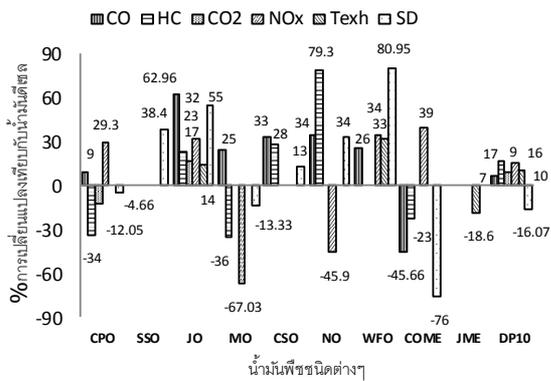
จากตารางที่ 3 แสดงการปล่อยสารมลพิษของเครื่องยนต์ดีเซลจากการอุ่นน้ำมันพืชชนิดต่างๆ เมื่อเทียบกับการไม่อุ่นน้ำมัน พบว่า การปล่อยสารมลพิษต่างๆ ของเครื่องยนต์ดีเซลมีการเปลี่ยนแปลงไป เมื่อกระทำการคำนวณหาร้อยละของการเปลี่ยนแปลงจากการอุ่นน้ำมันพืชเทียบกับการไม่อุ่นน้ำมันพืช ผลลัพธ์ที่ได้ดังแสดงในรูปที่ 7 (ก) ซึ่งแสดงการเปรียบเทียบการปล่อยสารมลพิษต่างๆ ของเครื่องยนต์ดีเซล ได้แก่ CO, HC, CO₂, NO_x, SD และอุณหภูมิแก๊สไอเสีย (T_{exh}) พบว่า การอุ่นน้ำมันเหล่านี้ ทำให้ปริมาณสารมลพิษ CO, HC และ SD ลดลงร้อยละ 38, 60 และ 67 ตามลำดับ (ขึ้นกับชนิดของน้ำมันพืช)

ในทางตรงกันข้าม ปริมาณสารมลพิษ CO₂, NO_x และ T_{exh} เพิ่มขึ้นร้อยละ 22, 30 และ 33 ตามลำดับ (ขึ้นกับชนิดของน้ำมันพืช) ทั้งนี้เนื่องจากการเพิ่มอุณหภูมิน้ำมันพืชสูงขึ้น ทำให้ความหนืดของน้ำมันลดลง กระบวนการการสเปร์ยเชื้อเพลิงดีขึ้น ขณะที่น้ำมันพืชเหล่านี้มีเปอร์เซ็นต์ของ O₂ อยู่ในโมเลกุลของน้ำมันพืช ทำให้การเกิดปฏิกิริยาทางเคมีระหว่างเชื้อเพลิงและอากาศดีขึ้น ความล่าช้าการจุดระเบิดลดลง และการเผาไหม้สมบูรณ์มากขึ้น ส่งผลให้ T_{exh} เพิ่มขึ้น และมีการปล่อยปริมาณสาร CO₂ และ NO_x เพิ่มขึ้น ขณะที่การปล่อยปริมาณสารมลพิษ CO, HC และ SD ลดลงเมื่อเทียบกับการไม่อุ่นน้ำมัน [30-53]

อย่างไรก็ตาม เมื่อเปรียบเทียบการอุ่นน้ำมันพืชเหล่านี้กับน้ำมันดีเซลดังแสดงในรูปที่ 7 (ข) พบว่าการปล่อยปริมาณสารมลพิษต่างๆ ของเครื่องยนต์มีการเปลี่ยนแปลงไป เนื่องจากการอุ่นน้ำมันพืชเหล่านี้ถูกจำกัดที่อุณหภูมิน้ำมันไม่เกิน 90 °C ซึ่งในช่วงอุณหภูมิดังกล่าวค่าความหนืดของน้ำมันพืชเหล่านี้สูงกว่าน้ำมันดีเซลเล็กน้อย (ขึ้นกับชนิดของน้ำมันพืช) ส่งผลให้น้ำมันพืชเหล่านี้มีการแตกตัวของไขมันภายในน้ำมันพืชไม่เต็มที่ควร ขณะที่น้ำมันพืชเหล่านี้ ถูกฉีดออกจากหัวฉีดปะทะกับอากาศร้อนภายในห้องเผาไหม้ พบว่า การฉีดและการสเปร์ยของน้ำมันพืชไม่เต็มที่ทำการฉีดและการสเปร์ยของน้ำมันดีเซล เมื่อเกิดการเผาไหม้ ทำให้เวลาในการเผาไหม้นานขึ้น และมีการปลดปล่อยปริมาณสารมลพิษ CO, HC และ SD เพิ่มขึ้นร้อยละ 63, 79 และ 81 ตามลำดับ



(ก) การอุ่นน้ำมันพืชเทียบกับน้ำมันไม่อุ่น



(ข) การอุ่นน้ำมันพืชเทียบกับน้ำมันดีเซล

รูปที่ 7 เปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงสารมลพิษต่างๆ ของเครื่องยนต์ [15-50]

แต่น้ำมันพืชเหล่านี้มีเปอร์เซ็นต์ของ O_2 อยู่ในโมเลกุลของน้ำมันพืช (ขึ้นกับชนิดของน้ำมันพืช) ทำให้เกิดการเกิดปฏิกิริยาทางเคมีระหว่างเชื้อเพลิงและอากาศดีขึ้น ทำให้การเผาไหม้ดีขึ้น ส่งผลให้การปล่อยปริมาณสาร CO_2 , NO_x และ T_{exh} เพิ่มขึ้นร้อยละ 17, 39 และ 33 ตามลำดับ แต่อาจจะมีน้ำมันพืชบางชนิดที่ให้การปล่อยปริมาณสารมลพิษแตกต่างกัน เช่น น้ำมัน CPO มีการปล่อยปริมาณสาร CO_2 ลดลง ทั้งนี้คาดว่าน่าจะมีสาเหตุมาจากโครงสร้างทางเคมีของน้ำมันพืชแต่ละชนิด มีลักษณะที่แตกต่างกัน จึงส่งผลให้การปล่อยปริมาณสารมลพิษมีการเปลี่ยนแปลงไป [16-49]

ยิ่งไปกว่านั้น ในรูปที่ 7 (ก) ถ้าเปรียบเทียบระหว่างการอุ่นน้ำมัน DP10 กับน้ำมันดีเซล และการอุ่นน้ำมันไบโอดีเซลกับน้ำมันดีเซล จะเห็นได้ว่า การอุ่นน้ำมัน DP10 และการอุ่นน้ำมันไบโอดีเซล จะมีการปล่อยปริมาณสาร CO , HC และ SD ต่ำกว่าน้ำมันดีเซล เนื่องจากน้ำมัน DP10 และน้ำมันไบโอดีเซลมีเปอร์เซ็นต์ของ O_2 อยู่ในโมเลกุลของน้ำมัน ทำให้เกิดการเกิดปฏิกิริยาทางเคมีระหว่างเชื้อเพลิงและอากาศดีขึ้น ส่งผลให้การปล่อยปริมาณสาร CO , HC และ SD ต่ำกว่าน้ำมันดีเซล [15-50]

ในทางตรงกันข้ามถ้าเปรียบเทียบระหว่างการอุ่น DP10 กับการอุ่นไบโอดีเซล จากรูปที่ 7 (ข) พบว่า การอุ่นน้ำมัน DP10 จะมีการปล่อยปริมาณสาร CO , HC และ SD เพิ่มขึ้น แต่การอุ่นไบโอดีเซล จะมีการปล่อยปริมาณสาร CO , HC และ SD ลดลง ทั้งนี้คาดว่า

ว่าน่าจะมีสาเหตุมาจากคุณสมบัติทางเคมีของน้ำมันทั้งสองประเภทไม่เหมือนกัน โดยที่น้ำมัน DP10 จะมีสารประกอบไฮโดรคาร์บอนรวมกับน้ำมันพืชที่มีองค์ประกอบของคาร์บอน ไฮโดรเจน และออกซิเจน และสารประกอบไตรกลีเซอไรด์ แต่น้ำมันไบโอดีเซล จะเป็นผลผลิตที่มาจากกรรมวิธีกรรมทรานเอสเทอร์ฟิเคชัน ซึ่งเป็นการเปลี่ยนแปลงโมเลกุลของน้ำมันพืชจากไตรกลีเซอไรด์ให้เป็นสารเอสเทอร์ (Esters) โดยการทำปฏิกิริยากับแอลกอฮอล์ จึงมีเพียงองค์ประกอบของคาร์บอน ไฮโดรเจน และออกซิเจนเท่านั้น เมื่อน้ำมันทั้งสองทำปฏิกิริยากับอากาศ ส่งผลให้การปล่อยปริมาณสาร CO , HC และ SD มีการเปลี่ยนแปลงไป [15-50]

6. สรุป

การอุ่นน้ำมันพืชเมื่อเทียบกับการไม่อุ่นน้ำมันพืช จะให้กำลังงานและประสิทธิภาพทางความร้อนสูงกว่า การประหยัดเชื้อเพลิงมากกว่า และการปล่อยสารมลพิษลดลง เนื่องจากค่าความหนืดของน้ำมันพืชลดลง ทำให้การสเปรย์เชื้อเพลิงดีขึ้น และการเผาไหม้สมบูรณ์ขึ้น แต่การอุ่นน้ำมันพืช ต้องมีการเพิ่มพลังงานส่วนหนึ่งเข้าไป ทำให้การสิ้นเปลืองพลังงานเพิ่มขึ้น ขณะที่เปรียบเทียบการอุ่นน้ำมันพืชกับน้ำมันดีเซล พบว่า สมรรถนะและการปล่อยสารมลพิษต่างๆ ของเครื่องยนต์ด้อยกว่าน้ำมันดีเซล ทั้งนี้เนื่องจากการอุ่นน้ำมันพืชถูกจำกัดที่อุณหภูมิไม่เกิน $90^\circ C$ ซึ่งในช่วงอุณหภูมิดังกล่าวค่าความหนืดของน้ำมันพืชยังสูงกว่าน้ำมันดีเซล

อย่างไรก็ตาม วิธีการอุ่นน้ำมัน สามารถลดความหนืดของน้ำมันพืชได้หลายเท่า และสามารถนำน้ำมันพืชที่ถูกอุ่นประยุกต์ใช้กับระบบเชื้อเพลิงของเครื่องยนต์ได้นอกจากนี้ เพิ่มสมรรถนะของเครื่องยนต์ และลดการปล่อยสารมลพิษต่างๆ จากเครื่องยนต์ ขณะที่วิธีการนี้สามารถเพิ่มศักยภาพของการนำน้ำมันพืชมาใช้เป็นเชื้อเพลิงทดแทนได้ ยิ่งไปกว่านั้น ถ้าใช้วิธีการอุ่นน้ำมันควบคู่กับการผสมน้ำมัน และน้ำมันที่ผ่านกรรมวิธีทรานเอสเทอร์ฟิเคชัน (ไบโอดีเซล) หรือกรรมวิธีไมโครอิมัลชัน จะทำให้การฉีดและการสเปรย์เชื้อเพลิงใกล้เคียงกับน้ำมันดีเซล ส่งผลให้การเผาไหม้สมบูรณ์มากขึ้น และลดการปล่อยปริมาณสารมลพิษต่างๆ ของเครื่องยนต์ได้ดีกว่า การใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง

7. เอกสารอ้างอิง

- [1] Agarwal, A.K. 2007. Biofuels (alcohols and biodiesel) applications as fuels for internal combustion engines. *Progress in Energy and Combustion Science*, 33: 233-271.
- [2] Agarwal, D., Kumar, L. and Agarwal, A.K. 2008. Performance evaluation of a vegetable oil fuelled compression ignition engine. *Renewable Energy*, 33: 1147-1156.
- [3] Ramadhas, A.S., Jayaraj, S. and Muraleedharan, C. 2004. Use of vegetable oils as I.C. engine fuels-A review. *Renewable Energy*, 29: 727-742.
- [4] Sonune, P. P. and Farkade, H. S. 2012. Performance and emissions of ci engine fuelled with preheated vegetable oil and its blends–A Review. *International Journal of Engineering and Innovative Technology*, 2(3): 123-128.
- [5] Hossain, A.K. and Davies, P.A. 2010. Plant oils as fuels for compression ignition engines: A technical review and life-cycle analysis. *Renewable Energy*, 35: 1-13.
- [6] No, S.Y. 2011. Inedible vegetable oils and their derivatives for alternative diesel fuels in CI engines: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15: 131-149.
- [7] Murayama, T., Young-taig, O., Miyamoto, N., Chikahisa, T., Takagi, N. and Itow, K. 1984. Low carbon flower buildup, low smoke, and efficient diesel operation with vegetable oils by conversion to mono-esters and blending with diesel oils or alcohols. SAE technical paper, no 841161.
- [8] Misra, R.D. and Murthy, M.S. 2010. Straight vegetable oils usage in a compression ignition engine-A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 14: 3005-3013.
- [9] Pandey, R.K., Rehman, A. and Sarviya, R.M. 2012. Impact of alternative fuel properties on fuel spray behavior and atomization. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16: 1762-1778.
- [10] Yilmaz, N. and Morton, B. 2010. Effects of preheating vegetable oils on performance and emission characteristics of two diesel engines. *Biomass and Bioenergy*, 35: 2022-2033.
- [11] Labecki, L., Cairns, A., Xia, J., Megaritis, A., Zhao, H. and Ganippa, L.C. 2012. Combustion and emission of rapeseed oil blends in diesel engine. *Applied Energy*, 95: 139-146.
- [12] Canakci, M., Ozsezena, A.N. and Turkcana, A. 2009. Combustion analysis of preheated crude sunflower oil in an idi diesel engine. *Biomass and Bioenergy*, 33: 760-767.
- [13] Hazar, H. and Aydin, H. 2010. Performance and emission evaluation of a CI engine fueled with preheated raw rapeseed oil (RRO)-diesel blends. *Applied Energy*, 87: 786-790.
- [14] Hossain, A.K. and Davies, P.A. 2012. Performance, emission and combustion characteristics of an indirect injection (IDI) multi-cylinder compression ignition (CI) engine operating on neat jatropha and karanj oils preheated by jacket water. *Biomass and Bioenergy*, 46: 332-342.
- [15] Rao, N.D., Sudheer Premkumar, B. and Yohan, M. 2012. Study of different methods of using vegetable oil as a fuel for compression ignition engine. *GJRE*, 12(4): 9-16.
- [16] Bari, S., Lim, T.H. and Yu, C.W. 2002. Effects of preheating of crude palm oil (CPO) on injection system performance and emission of a diesel engine. *Renewable Energy*, 27: 339-351.
- [17] Franco, Z. and Nguyen, Q.D. 2011. Flow properties of vegetable oil–diesel fuel blends. *Fuel*, 90: 838-843.
- [18] Esteban, B., Riba, J.R., Baquero, G., Puig, R. and Rius, A. 2012. Characterization of the

- surface tension of vegetable oils to be used as fuel in diesel engines. *Fuel*, 102: 231-238.
- [19] Esteban, B., Riba, J.R., Baquero, G., Rius, A. and Puig, R. 2012. Temperature dependence of density and viscosity of vegetable oils. *Biomass and Bioenergy*, 42: 164-171.
- [20] Yuan, W., Hansen, A.C. and Zhang, Q. 2009. Predicting the temperature dependent viscosity of biodiesel fuels. *Fuel*, 88: 1120-1126.
- [21] เอกชัย สุธีร์ศักดิ์, สุรัชย์ สนิทใจ และสมชาย จันทร์ชานนา. 2547. การวิเคราะห์ผลของการอุ่นน้ำมันดีเซล: คุณลักษณะของการเผาไหม้และสารมลพิษ. การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทยครั้งที่ 18, ขอนแก่น, ประเทศไทย, 18-20 ตุลาคม 2547: 30-37.
- [22] เอกชัย สุธีร์ศักดิ์, สุรัชย์ สนิทใจ และสมชาย จันทร์ชานนา. 2548. การวิเคราะห์ผลของการอุ่นน้ำมันดีเซลผสมน้ำมันปาล์มต่อคุณลักษณะของการเผาไหม้และสารมลพิษในเครื่องยนต์ดีเซล. การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทยครั้งที่ 19, ภูเก็ต, ประเทศไทย, 19-21 ตุลาคม 2548: 140-147.
- [23] เอกชัย สุธีร์ศักดิ์, สุรัชย์ สนิทใจ และสมชาย จันทร์ชานนา. 2552. อิทธิพลของอุณหภูมิน้ำมันดีเซลผสมไบโอดีเซลต่อคุณลักษณะการเผาไหม้ในเครื่องยนต์ดีเซล. การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทยครั้งที่ 23, เชียงใหม่, ประเทศไทย, 4-7 พฤศจิกายน 2552: 123-130.
- [24] Sutherasak, E., Sanitjai, S. and Chanchaona, S. 2010. Investigation on the combustion characteristics and emissions of a diesel engine using preheated biodiesel oil. The 2nd AUN/SEED-Net Regional Workshop on New/ Renewable Energy. Bangsaen, Chonburi, Thailand, Jan. 21-22, 2010: 1-10.
- [25] Yamane, K., Ueta, A. and Shimamoto, Y. 2001. Influence of physical and chemical properties of biodiesel fuel on injection combustion and exhaust emission characteristics in a di-ci engine. 5th International Symposium on Diagnostics and Modeling of Combustion Engines. Nagoya, Japan, Jul 1-4, 2001: 402-409.
- [26] Nwafor, O.M.I. 2003. The effect of elevated fuel inlet temperature on performance of diesel engine running on neat vegetable oil at constant speed conditions. *Renewable Energy*, 28: 171-181.
- [27] Kalam, M.A. and Masjuki, H.H. 2004. Emissions and deposit characteristics of a small diesel engine when operated on preheated crude palm oil. *Biomass and Bioenergy*, 27: 289-297.
- [28] Senthil-Kumar, M., Kerihuel, A., Bellettre, J. and Tazerout, M. 2005. Experimental investigations on the use of preheated animal fat as fuel in a compression ignition engine. *Renewable Energy*, 30: 1443-1456.
- [29] Pugazhivadivu, M. and Jeyachandran, K. 2005. Investigations on the performance and exhaust emissions of a diesel engine using preheated waste frying oil as fuel. *Renewable Energy*, 30: 2189-2202.
- [30] Agarwal, D. and Agarwal, A.K. 2007. Performance and emissions characteristics of jatropha oil (preheated and blends) in a direct injection compression ignition engine. *Applied Thermal Engineering*, 27: 2314-2323.
- [31] Acharya, S.K., Mohanty, M.K. and Swain, R.K. 2009. Kusum oil as a fuel for small horse power diesel engine. *International Journal of Engineering and Technology*, 1(3): 219-223.
- [32] Pugazhivadivu, M. and Sankaranarayanan, G. 2010. Experimental studies on a diesel engine using mahua oil as fuel. *Indian Journal of Science and Technology*, 3(7): 787-791.
- [33] Kadu, S.P. and Sarda, R.H. 2010. Experimental investigations on the use of preheated neat karanja oil as fuel in a compression ignition

- engine. World Academy of Science Engineering and Technology, 48: 540-544.
- [34] Martin, M. and Prithviraj, D. 2011. Performance of pre-heated cottonseed oil and diesel fuel blends in a compression ignition engine. Jordan Journal of Mechanical and Industrial Engineering, 5(3): 235-240.
- [35] Sucharitha, G. and Kumaraswamy, A. 2013. Experimental analysis of using neem oil as an alternative fuel. International Journal of Engineering Research and Applications, 3(1): 320-325.
- [36] Khatri, K.K., Sharma, D., Soni, S. L., Kumar, S. and Tanwar, D. 2010. Investigation of optimum fuel injection timing of direct injection CI engine operated on preheated karanj-diesel blend. Jordan Journal of Mechanical and Industrial Engineering, 4 (5): 629-640.
- [37] Karabektas, M., Ergen, G. and Hosoz, M. 2008. The effects of preheated cottonseed oil methyl ester on the performance and exhaust emissions of a diesel engine. Applied Thermal Engineering, 28: 2136-2143.
- [38] Kumar Kandasamy, M.M., Thangavelu, M. and Ganesan, R. 2009. Investigation on the performance of diesel engine using various bio fuels and the effect of temperature variation. Journal of Sustainable Development, 2: 176-182.
- [39] Ingle, P.B., Ambade, R.S., Paropate, R.V. and Bhansali, S.S. 2011. Comparisons of diesel performance neat and preheated transesterified cotton seed oil. International Journal of Advanced Engineering Sciences and Technologies, 5(1): 67-71.
- [40] Augustine, A., Marimuthu, L. and Muthusamy, S. 2012. Performance and evaluation of DI diesel engine by using preheated cottonseed oil methyl ester. Procedia Engineering, 38: 779-790.
- [41] Selim, M.Y.E. 2009. Reducing the viscosity of jojoba methyl ester diesel fuel and effects on diesel engine performance and roughness. Energy Conversion and Management, 50: 1781-1788.
- [42] Mallikarjun, M.V., Mamilla, V.R. and Narayana Rao, G.L. 2011. Investigations on the performance and exhaust emissions of a diesel engine using preheated madhuca indica oil as fuel. International Journal of Mechanical and Production Engineering Research and Development, 1(1): 1-15.
- [43] Chauhan, B.S., Kumar, N., Jun, Y.D. and Lee, K.B. 2010. Performance and emission study of preheated jatropa oil on medium capacity diesel engine. Energy, 35: 2484-2492.
- [44] Lin, Y.S. and Lin, H.P. 2010. Study on the spray characteristics of methyl esters from waste cooking oil at elevated temperature. Renewable Energy, 35: 1900-1907.
- [45] Acharya, S.K., Mishr, A.K., Rath, M. and Nayak, C. 2011. Performance analysis of karanja and kusum oils as alternative bio-diesel fuel in diesel engine. International Journal of Agricultural and Biological Engineering, 4(2): 23-28.
- [46] Wander, P.R., Altafini, C.R., Moresco, A.L., Colombo, A.L. and Lusa, D. 2011. Performance analysis of a mono-cylinder diesel engine using soy straight vegetable oil as fuel with varying temperature and injection angle. Biomass and Bioenergy, 35: 3995-4000.
- [47] Islam, M.M., Rahman, M.A. and Abedin, M.Z. 2011. First law analysis of a di diesel engine running on straight vegetable oil. International Journal of Mechanical & Mechatronics Engineering, 11 (3): 1-5.
- [48] Singh, B.P. 2012. Performance and emission characteristics of conventional engine running on vegetable oil with elevated fuel inlet

- temperature. Moradabad Institute of Technology International Journal of Mechanical Engineering, 2: 70-75.
- [49] Vojtišek-Lom, M., Pechout, M. and Barbolla, A. 2012. Experimental investigation of the behavior of non-esterified rapeseed oil in a diesel engine mechanical fuel injection system. Fuel, 97: 157-165.
- [50] Kumar, N., Varun, V. and Chauhan, S.R. 2013. Performance and emission characteristics of biodiesel from different origins: A review. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 21: 633-658.
- [51] Nagaraja, S., Sakthive, M. and Sudhakaran, R. 2013. Combustion and performance analysis of variable compression ratio engine fueled with preheated palm oil-diesel blends. Indian Journal of Chemical Technology, 20: 189-194.
- [52] Subba Reddy, C.V., Hemachandra Reddy, K. and Eswar Reddy, C. 2013. Effect of tangential grooves on piston crown of diesel engine with preheated cotton seed oil. International Journal of Emerging Research in Management & Technology, 2(4): 6-12.
- [53] Murali, R.B.V., Hanumantha Rao, Y.V., Venkateswarlu, K. and Ranjith Kumar, V. 2013. Performance and emissions evaluation of diesel engine with pre-heated bio diesel. International Journal of Engineering Science Invention, 2(6): 63-71.
- [54] Heywood, J.B. 1988. Internal Combustion Engine Fundamental. McGraw-Hill: New York; US.