TEA-07

การใช้ประโยชน์น้ำมันสกัดจากเปลือกส้มเพื่อเป็นน้ำมันไบโอดีเซล

* พูนวิทย์ รักงาม[1],พงษ์รวี นามวงศ์[1],ดามร บัณฑุรัตน์[1],ณัฐวุฒิ เนียมสอน[1] และ วิบูลย์ ช่างเรือ[1]

[1]ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ 239 ถนนห้วยแก้ว ตำบลสุเทพ อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ 50200

ผู้เขียนติดต่อ: พูนวิทย์ รักงาม E-mail: oonoon_b@hotmail.com

บทคัดย่อ

การคั้นน้ำส้มมีกากทิ้งประมาณ 50% ซึ่งในจำนวนนี้เป็นเปลือกส้มประมาณ 20% งานวิจัยนี้จึงสนใจที่จะนำเอาเปลือกส้มที่เหลือทิ้งมาสกัดเป็นน้ำมันเชื้อเพลิงทางเลือกสำหรับเครื่องยนต์ดีเซลขนาดเล็กโดยแบ่งการศึกษาออกเป็น3ส่วน คือ 1) เปรียบเทียบการสกัดน้ำมันด้วยวิธีทางกลและทางเคมี 2) ศึกษาคุณสมบัติน้ำมันที่ได้จากการผสมน้ำมันเปลือกส้ม(O100) กับน้ำมันดีเซล(D100) ในสัดส่วน 5:95,10:90, 15:85 และ 20:80 (O5, O10, O15 และ O20) โดยปริมาตร และ 3) ศึกษาสมรรถนะของเครื่องยนต์เมื่อใช้สัดส่วนการผสมน้ำมันที่ต่างกัน ผลการศึกษาพบว่า น้ำมันจากเปลือกส้มไม่สามารถสกัดด้วยเครื่องอัดแบบเกลียวอัด (Screw press) ส่วนการสกัดโดยใช้เฮกเซน(Hexane) เป็นตัวทำละลาย ได้น้ำมันเปลือกส้มออกมาในปริมาณประมาณ 40 มิลลิลิตรต่อเปลือกส้ม 1 กิโลกรัมที่ความชื้นของเปลือกส้ม 78% (wet basis) สำหรับส่วนผสมน้ำมันเปลือกส้มกับน้ำมันดีเซลเมื่อนำมาทดสอบคุณสมบัติ โดยทำการเปรียบเทียบกับน้ำมันดีเซลปกติ ซึ่งพบว่าค่าพลังงานความร้อนของ O5, O10, O15,O20 และ D100 มีค่าไม่ต่างกันค่าความหนืดที่อุณหภูมิ 40 ^{O}C พบว่า O5 และ O10 มีค่าสูงกว่า D100 ส่วน O15, O20 และ O100 มีค่าต่ำกว่า D100 ค่าจุดวาบไฟและจุดไหลเทพบว่า O5, O10, O15, O20 และ O100 มีค่าต่ำกว่า D100 ส่วนความถ่วงจำเพาะ ค่าความเป็นกรดและค่าความร้อน พบว่า O5, O10, O15, O20 และ O100 มีค่าสูงกว่า D100สำหรับการทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์ โดยทดสอบกับเครื่องยนต์ดีเซล 4 จังหวะ แบบ 1 สูบ ขนาดความจุกระบอกสูบ 406 ลบ.ซม. ห้องเผาไหม้ตรง(direct injection) ในช่วงความเร็วรอบ 2,200–2,850 รอบต่อนาที จากการทดสอบพบว่าลักษณะ การทำงานของเครื่องยนต์ที่ O5, O10 , O15 และ O20 เป็นเชื้อเพลิง สมรรถนะของเครื่องยนต์ที่ใช้ O5, O10 , O15 และ O20 ให้กำลังเพลาของเครื่องยนต์และปริสิทธิภาพเชิงความร้อนมากกว่า D100 ตลอดช่วงความเร็วรอบที่ทำการทดสอบ และมีอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงจำเพาะน้อยกว่าD100 ผลจากการศึกษา สามารถสรุปได้ว่า น้ำมันเปลือกส้มเมื่อผสมกับน้ำมันดีเซล สามารถนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงของเครื่องยนต์ดีเซลได้ แต่ควรมีการศึกษาและทดลองเพิ่มเติมสำหรับผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นกับเครื่องยนต์ เมื่อใช้น้ำมันเปลือกส้มผสมนี้เป็นเวลานาน เนื่องจาก น้ำมันผสมเปลือกส้มผสมนี้มีค่าความเป็นกรดที่สูงกว่าน้ำมันดีเซลปรกติ

คำสำคัญ:น้ำมันเปลือกส้ม; น้ำมันดีเซล; อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมัน; ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเครื่องยนต์

1. บทนำ

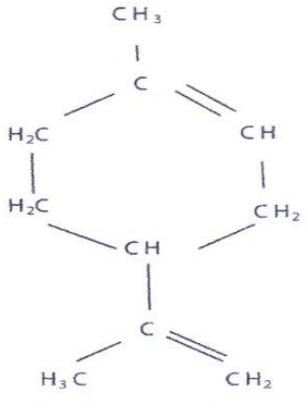
พลังงานจากน้ำมันหรือก๊าซ เป็นทรัพยากรธรรมชาติที่เรียกว่า พลังงานที่ทดแทนไม่ได้ (Non-Renewable Energy) กล่าวคือ เราสามารถที่จะนำเอาพลังงานอย่างอื่นมาใช้แทนน้ำมันและก๊าซได้ แต่ตัวมันเองจะเกิดขึ้นมาเป็นน้ำมันหรือก๊าซได้นั้น ต้องใช้เวลานานนับสิบๆล้านปี เพราะน้ำมันเกิดจากซากสิ่งมีชีวิตที่ทับถมกันเป็นเวลานาน จึงจัดเป็นพลังงานประเภททดแทนไม่ได้

ประเทศไทยของเราต้องนำเข้าน้ำมันเป็นปริมาณและมูลค่ามหาศาลในแต่ละปี เพราะถึงแม้ว่าเราจะสามารถนำน้ำมัน และก๊าซธรรมชาติภายในประเทศมาใช้ได้บ้าง แต่ก็ยังมีปริมาณน้อยและไม่เพียงพอต่อความต้องการภายในประเทศ

หลังจากเกิดวิกฤตการณ์น้ำมันโลกในปี ค.ศ 1971 หรือ พ.ศ 2514 เป็นต้นมา ทั่วโลกก็ได้มีการตื่นตัว และพยายามหาพลังงานทดแทนที่จะนำมาใช้แทนน้ำมัน โดยเฉพาะพลังงานหมุนเวียน (Renewable Energy) ที่สามารถหาได้ง่ายในสิ่งแวดล้อม เช่นพลังงานชีวมวล พลังงานก๊าซชีวภาพ พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานน้ำ รวมถึงพลังงานลม เป็นต้น น้ำมันจากพืชชนิดต่าง ๆ จึงได้ถูกนำมาทำการทดลองบีบหรือสกัด เพื่อนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงทดแทนน้ำมันดีเซล

ส้มก็เป็นผลไม้อีกชนิดหนึ่งซึ่งทราบกันดีว่าที่เปลือกส้มนั้นจะมีน้ำมันอยู่ และเนื่องจากในปัจจุบันนี้ มีผู้ผลิตน้ำส้มคั้นสดเป็นจำนวนมาก จึงทำให้มีปริมาณเปลือกส้มเหลือทิ้งเป็นจำนวนมากด้วย โดยจากการสอบถามผู้ผลิตเอกชนพบว่า ส้มนั้นเมื่อทำการคั้นแล้วจะมีกากทิ้งประมาณ 50% ซึ่งในจำนวนนี้จะเป็นเปลือกส้มประมาณ20% ซึ่งจากเหตุผลดังกล่าวจึงเป็นที่มาของงานวิจัยนี้ โดยการนำเอาเปลือกส้มที่เหลือทิ้งมาสกัดเป็นน้ำมันที่ใช้สำหรับเครื่องยนต์ เพื่อเป็นเชื้อเพลิงชนิดใหม่ที่สามารถนำมาใช้ทดแทนน้ำมันได้

ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาคุณสมบัติของน้ำมันเปลือกส้ม พบว่า น้ำมันจากเปลือกส้มนั้นมีโครงสร้างโมเลกุลคือ $C_{10}H_{16}$ ซึ่งเป็นสารประเภทไฮโดรคาร์บอนเหมือนเชื้อเพลิงทั่วไป และยังมีคุณสมบัติเบื้องต้น เช่น จุดวาบไฟ ค่าความหนืด ค่าความร้อน และความถ่วงจำเพาะ ใกล้เคียงกับน้ำมันดีเซล ทำให้ทราบว่าน้ำมันจากส้มสามารถนำมาใช้กับเครื่องยนต์ดีเซลได้ แต่เนื่องจากยังไม่มีการศึกษางานในลักษณะนี้ในประเทศไทย ผู้วิจัยจึงได้คิดทำการศึกษาเพื่อที่จะเป็นการใช้ประโยชน์จากเปลือกส้มที่เหลือใช้และเป็นอีกทางเลือกหนึ่งของการเลือกใช้พลังงานทดแทนในอนาคตต่อไป โดยในงานศึกษานี้จะครอบคลุมตั้งแต่การสกัดน้ำมันจากเปลือกส้มจนถึงการทดสอบการใช้งานกับเครื่องยนต์ดีเซล



รูปที่ 1 โครงสร้างโมเลกุลของน้ำมันจากเปลือกส้ม

2. วิธีการดำเนินงานวิจัย

2.1 วัตถุดิบ

ในงานวิจัยนี้ได้ใช้วัตถุดิบคือเปลือกส้ม ที่เหลือทิ้งจากการคั้นน้ำส้มสด จากร้านขายน้ำผลไม้ มาทำการสกัดน้ำมัน โดยเปลือกส้มที่ได้นี้ มาจากส้มเขียวหวาน พันธุ์สายน้ำผึ้ง ซึ่งเป็นส้มพันธุ์ที่นิยมรับประทานผลสดมากที่สุด และนิยมนำมาคั้นเป็นน้ำส้มสดมากที่สุด เนื่องจากมีกลิ่นหอมและมีรสชาติดี

2.2 การสกัดน้ำมันจากเปลือกส้ม

ขั้นตอนการสกัดน้ำมันจากเปลือกส้มมีดังนี้

1. นำเปลือกส้มสดที่ได้มาฉีกให้เป็นชิ้นเล็ก ๆ
2. นำเปลือกส้มไปปั่นให้ละเอียด
3. นำเปลือกส้มที่ปั่นละเอียดแล้ว ไปแบ่งใส่ในขวดโหล เพื่อผสมกับHexane ในอัตราส่วน 40/60 โดยปริมาตร
4. ปิดฝาขวดให้สนิท จากนั้นทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง
5. นำมากรองผ่านกระดาษกรองเบอร์1 จนได้ของเหลวสีเหลืองใส
6. นำของเหลวที่ได้มากลั่นด้วยชุดเครื่องกลั่น จนได้ของเหลวที่มีลักษณะสีเหลืองเข้ม และของเหลวใสไร้สี มีกลิ่นและลักษณะเหมือน Hexane ออกมา

2.3 การผสมน้ำมันจากเปลือกส้มกับน้ำมันดีเซล

หลังจากได้น้ำมันจากเปลือกส้มแล้ว จึงได้นำมาทำการผสมกับน้ำมันดีเซลด้วยเครื่องกวนพร้อมเตาความร้อน โดยให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 100C° เพื่อป้องกันน้ำและ Hexane ตกค้าง โดยผสมที่สัดส่วน 5:95, 10:90, 15:85 และ 20:80 โดยปริมาตรตามลำดับ โดยน้ำมันที่ใช้ในการวิจัยนี้มี

ทั้งหมด 5 ตัวอย่าง แบ่งออกเป็น 3 ชนิดคือ น้ำมันจากเปลือกส้มผสมน้ำมันดีเซล น้ำมันจากเปลือกส้ม 100% และน้ำมันดีเซล จากนั้นนำน้ำมันทั้งหมดไปหาค่าคุณสมบัติเบื้องต้นของน้ำมันแต่ละชนิด ได้แก่ ความหนืดที่อุณหภูมิ 40 C° จุดวาบไฟ ความถ่วงจำเพาะ ค่าความเป็นกรด และค่าความร้อนของเชื้อเพลง โดยเพื่อความสะดวกจึงได้กำหนดรหัสของน้ำมันแต่ละชนิดขึ้นดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 การกำหนดรหัสของน้ำมันที่ใช้ในงานวิจัย

น้ำมัน	รหัส
น้ำมันส้มร้อยละ 5 ผสมดีเซลร้อยละ 95 โดยปริมาตร	O5
น้ำมันส้มร้อยละ 10 ผสมดีเซลร้อยละ 90 โดยปริมาตร	O10
น้ำมันส้มร้อยละ 15 ผสมดีเซลร้อยละ 85 โดยปริมาตร	O15
น้ำมันส้มร้อยละ 20 ผสมดีเซลร้อยละ 80 โดยปริมาตร	O20
น้ำมันส้ม	O100
น้ำมันดีเซล	D100

2.4 การทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์

ในงานวิจัยนี้ได้ทำการทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์ดีเซล จากการใช้น้ำมัน O5, O10, O15, O20, O100 และ D100 เป็นเชื้อเพลิง เพื่อศึกษาเปรียบเทียบผลจากการเปลี่ยนชนิดของน้ำมันเชื้อเพลิง โดยพิจารณาสมรรถนะของเครื่องยนต์ในส่วนของกำลังเพลาของเครื่องยนต์ อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันจำเพาะ และประสิทธิภาพเชิงความร้อน โดยทำการทดสอบสมรรถนะเครื่องยนต์ในอัตราความเร็วรอบคงที่ โดยมีการจำลองการใช้โหลดไฟฟ้าที่ขนาดต่างๆ

2.5 วิธีการทดสอบเครื่องยนต์

ติดตั้งเครื่องยนต์ที่ใช้ทดสอบเข้ากับแท่นทดสอบ โดยเครื่องยนต์จะต่อกับไดนาโมมิเตอร์ที่เป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซึ่งต่อเข้ากับชุดโหลดจำลองและเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ ซึ่งประกอบไปด้วยอุปกรณ์วัดแรงบิด เครื่องวัดความเร็วรอบ อุปกรณ์วัดอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง เครื่องชั่งน้ำหนักแบบดิจิตอล และนาฬิกาจับเวลา ดังรูปที่ 2 และรายละเอียดของเครื่องยนต์ และไดนาโมมิเตอร์ที่ใช้ในการทดสอบได้แสดงในตารางที่ 2 และ 3 ซึ่งมีขั้นตอนในการทดสอบดังนี้

1. ทำการสตาร์ทเครื่องยนต์โดยเครื่องยนต์ได้ทำการต่อกับชุดโหลดจำลองและติดตั้งเครื่องมือวิเคราะห์ไอเสีย เมื่อเดินเครื่องยนต์แล้วให้ปรับคันเร่งให้เครื่องยนต์อยู่ที่รอบเดินเบาเพื่ออุ่นเครื่องยนต์

2. ในการทดสอบจะใช้น้ำมันดีเซลทดสอบก่อน เดินเครื่องยนต์ ที่ความเร็วรอบ 2,850 RPM โดยใช้เครื่องวัดความเร็วรอบวัดที่พูเล่ย์ที่ติดตั้งอยู่กับเครื่องยนต์แล้วปรับคันเร่งให้ได้รอบที่ต้องการแล้วเดินเครื่องทิ้งไว้เพื่อให้เครื่องยนต์อยู่ในสภาวะที่คงที่ แล้วทำการวัดและบันทึกค่าต่างๆ ดังนี้ แรงบิด อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงพร้อมทั้งบันทึกค่าไอเสียที่เกิดจากการเผาไหม้ของน้ำมันเชื้อเพลิง ทำการทดสอบจำนวน 2 ครั้ง

3. จากนั้นทำการเปิดชุดโหลดจำลองทีละตัวให้กับเครื่องยนต์แล้วเดินเครื่องทิ้งไว้เพื่อให้เครื่องยนต์อยู่ในสภาวะที่คงที่ ทำการบันทึกค่าต่างๆ

4. เมื่อทำการทดสอบจนครบทุกโหลดจำลอง ทำการเปลี่ยนน้ำมันเชื้อเพลิงที่ต้องการทดสอบแล้วทำการทดสอบตามขั้นตอนข้อ 1) – 3)

5. นำข้อมูลไปทำการคำนวณหาแรงบิด กำลังของเครื่องยนต์ อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงจำเพาะ ประสิทธิภาพเชิงความร้อน แล้วทำการวิเคราะห์ผลการทดสอบการเดินเครื่องยนต์ โดยเปรียบเทียบสมรรถนะของเครื่องยนต์ที่เกิดขึ้นจากผลการทดสอบเครื่องยนต์กับน้ำมันเชื้อเพลิงแต่ละชนิด

รูปที่ 2 การติดตั้งเครื่องยนต์ใช้ทดสอบกับแท่นทดสอบและเครื่องมือวัด

ตารางที่ 2 รายละเอียดของเครื่องยนต์ดีเซล

เครื่องยนต์ดีเซล	รายละเอียด
Type	Diesel engine 1 cylinder, 4 cycle, DI, Air cooled
Model	DH1250
Max Power (HP)	10
Displacement (cc)	406
Engine Speed (RPM)	3,600

ตารางที่ 3 รายละเอียดของไดนาโมมิเตอร์

ไดนาโมมิเตอร์	รายละเอียด
Type	HONMAR
AC volt	220
Ampere	2.5
Frequency	50
RPM	3,000
KVA	7

3. ผลการทดลองและวิเคราะห์ผลการทดลอง

3.1 ผลการสกัดน้ำมันจากเปลือกส้ม

น้ำมันที่สกัดได้จากเปลือกส้มโดยการใช้ Hexane เป็นตัวทำละลายและนำไปกลั่นแยก Hexane ด้วยกรรมวิธีการกลั่นแบบธรรมดาที่จุดเดือด 69.5 C° นั้นจะได้น้ำมันเปลือกส้มที่มีลักษณะใส มีสีเหลืองเข้ม และมีกลิ่นหอมของเปลือกส้ม โดยจากเปลือกส้มสด 1กิโลกรัม เมื่อนำมาสกัดเป็นน้ำมันจะได้น้ำมันจากเปลือกส้มประมาณ 40 มิลลิลิตร โดยปริมาตร และมีข้อมูลในการสกัดดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ผลการสกัดน้ำมันจากเปลือกส้ม

ครั้งที่	ปริมาณเปลือกส้ม (มิลลิลิตร)	ปริมาณ Hexane (มิลลิลิตร)	ปริมาณน้ำมันเปลือกส้มที่ได้ (มิลลิลิตร)
1	1001.34	1500	39
2	1000.58	1500	40
3	1000.62	1500	38
4	1000.14	1500	42
5	1000.03	1500	43
6	1000.12	1500	40
7	1000.32	1500	38
8	1000.78	1500	41
9	1000.33	1500	40
10	1000.59	1500	43

3.2 ผลการผสมน้ำมันจากเปลือกส้ม

น้ำมันผสมระหว่างน้ำมันจากเปลือกส้มกับน้ำมันดีเซลในอัตราส่วน 5:95, 10:90, 15:85 และ 20:80 โดยปริมาตรตามลำดับ พบว่าเมื่อทำการผสมกันแล้วน้ำมันทั้งสองชนิดสามารถรวมเป็นเนื้อเดียวกัน โดยไม่มีการแยกชั้น

3.3 ผลการศึกษาคุณสมบัติเบื้องต้นของน้ำมัน

การทดสอบคุณสมบัติเบื้องต้นของน้ำมันในงานวิจัยประกอบด้วย ความหนืดที่อุณหภูมิ 40℃ จุดวาบไฟ จุดติดไฟ ความถ่วงจำเพาะที่อุณหภูมิ 15℃ ค่าความเป็นกรด จุดไหลเทและค่าความร้อน โดยมีค่าเฉลี่ยจากผลการทดสอบจำนวน 3 ครั้ง ดังตารางที่ 5

จากตารางที่ 5 ได้แสดงค่าความหนืด (Viscosity) ของน้ำมันชนิดต่างๆที่อุณหภูมิ 40 ℃ ได้แก่ D100, O5, O10, O15, O20 และ O100 จากผลการทดสอบพบว่า O100 มีค่าความหนืดต่ำสุดและมีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่ กรมธุรกิจพลังงานกำหนดตามมาตรฐานกำหนดคุณภาพของน้ำมัน โดยให้ความหนืดของน้ำมันดีเซลและไบโอดีเซลประเภทเมทิลเอสเตอร์ของกรดไขมันมีค่า 1.8-4.1 และ 3.5-5.0 cSt ตามลำดับ โดยน้ำมันผสมทั้ง O5, O10, O15 และ O20 มีค่าสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานกำหนด โดยที่O10 มีความหนืดสูงสุดมีค่าเท่ากับ 6.46 sCt ซึ่งมากกว่าน้ำเกณฑ์ 1.3 เท่า แต่ทั้งนี้ค่าความหนืดของน้ำมันดังกล่าวถือว่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานกำหนดคุณภาพของน้ำมันดีเซลหมุนช้าที่กำหนดไว้ไม่สูงเกิน 8.0 cSt และหากเปรียบเทียบค่าความหนืดของน้ำมันชนิดต่างๆกับ D100 พบว่า O5 และ O10 มีค่าสูงกว่า D100 เท่ากับ 13% และ 16% เท่าตามลำดับ ส่วน O15,O20 และ O100 มีค่าต่ำกว่า D100 เท่ากับ 5.6%, 5.6% และ 66% ตามลำดับ

จุดวาบไฟของน้ำมันชนิดต่างๆดังตารางที่ 5 พบว่า O100 มีจุดวาบไฟต่ำสุด โดยมีค่าเท่ากับ 50.7 ℃ ซึ่งจุดวาบไฟนั้นไม่มีผลกระทบต่อสมรรถนะของเครื่องยนต์ แต่มีความสำคัญด้านความปลอดภัยในการขนส่ง การใช้งานและการเก็บรักษา โดยตามกำหนดลักษณะและคุณภาพของกรมธุรกิจพลังงานกำหนดให้จุดวาบไฟของน้ำมันดีเซลและไบโอดีเซลประเภทเมทิลเอสเตอร์ของกรดไขมันมีจุดวาบไฟไม่ต่ำกว่า 52 และ 120℃ ตามลำดับ จะเห็นว่าเมื่อมีการผสม

น้ำมันส้มกับน้ำมันดีเซลจะทำให้จุดวาบไฟมีค่าสูงขึ้น และหากเปรียบเทียบค่าจุดวาบไฟของน้ำมันชนิดต่างๆกับ D100 พบว่า O5, O10, O15, O20 และ O100 มีค่าต่ำกว่า D100 เท่ากับ 22%, 21%,20%,26% และ 32% ตามลำดับ

ในส่วนของค่าความถ่วงจำเพาะที่อุณหภูมิ 15°C ของน้ำมันชนิดต่างๆตามในตารางที่ 5 พบว่าที่ O100 จะมีค่าความถ่วงจำเพาะสูงสุด โดยมีค่าเท่ากับ 0.85 ค่าความถ่วงจำเพาะของน้ำมันจะเป็นตัวแสดงถึงความหนาแน่นของน้ำมันซึ่งมีผลต่อการจุดติดของเครื่องยนต์ ตามเกณฑ์มาตรฐานกำหนดคุณภาพน้ำมันดีเซลหมุนเร็วกำหนดให้มีค่าอยู่ระหว่าง 0.81 – 0.87 จะเห็นว่าน้ำมันทุกตัวมีค่าอยู่ในช่วงที่เกณฑ์มาตรฐานกำหนด เมื่อเปรียบเทียบค่าความถ่วงจำเพาะของน้ำมันชนิดต่างๆกับ D100 พบว่า O5, O10, O15, O20 มีค่าเท่ากันซึ่งมากกว่า D100 เท่ากับ 0.6% และ O100 มีค่ามากกว่า D100 เท่ากับ 2.4%

จากตารางที่ 5 แสดงค่าความเป็นกรดของน้ำมันชนิดต่างๆ พบว่า O100 มีค่าความเป็นกรดสูงสุด โดยมีค่าเท่ากับ 3.14 mgKOH/g แต่เมื่อนำมาผสมกับน้ำมันดีเซลในสัดส่วนต่างๆ ค่าความเป็นกรดก็จะลดลงตามสัดส่วนของน้ำมันดีเซลที่เพิ่มขึ้น จากมาตรฐานกำหนดลักษณะและคุณภาพของกรมธุรกิจพลังงานกำหนดให้ค่าความเป็นกรดของไบโอดีเซลประเภทเมทิลเอสเตอร์ของกรดไขมันมีค่าไม่สูงกว่า 0.50 mgKOH/g จะเห็นว่า O5และ O10มีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน ซึ่งค่าความเป็นกรดของน้ำมันมีผลต่อการกัดกร่อนในเครื่องยนต์ทำให้อายุการใช้งานของปั๊มและไส้กรองน้ำมันลดลง นอกจากนี้ยังแสดงถึงการเสื่อมสภาพของน้ำมันอีกด้วย เมื่อเปรียบเทียบค่าความเป็นกรดของน้ำมันชนิดต่างๆกับ D100 พบว่า O5, O10, O15, O20 และ O100 มีค่ามากกว่า D100 เท่ากับ 1.5 เท่า, 3.5 เท่า, 5เท่า , 7เท่า และ 28 เท่า

สุดท้าย ในส่วนของค่าความร้อนของน้ำมันชนิดต่างๆ ตามตารางที่ 5 พบว่าน้ำมันผสมมีค่าความร้อนมากกว่าน้ำมันดีเซล โดย O15 มีค่าความร้อนสูงสุด โดยมีค่าเท่ากับ 44.68 MJ/kg มากกว่า D100 1 เท่า ซึ่งค่าความร้อนของน้ำมันเชื้อเพลิงไม่มีผลโดยตรงต่อการเผาไหม้ของเครื่องยนต์ แต่น้ำมันที่มีค่าความร้อนต่ำจะทำให้สิ้นเปลืองปริมาณเชื้อเพลิงมากกว่าน้ำมันที่มีค่าความร้อนสูง

3.4 ผลการทดสอบเปรียบเทียบสมรรถนะของเครื่องยนต์แบบจุดระเบิดด้วยการอัด

ผลการทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์แบบจุดระเบิดด้วยการอัดโดยไม่มีการปรับแต่งเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมัน O5, O10, O15, O20 และ D100 เป็นเชื้อเพลิง เพื่อศึกษาเปรียบเทียบสมรรถนะของเครื่องยนต์ในส่วนของกำลังของเครื่องยนต์ อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงจำเพาะ และประสิทธิภาพเชิงความร้อน พบว่า

ผลของกำลังเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันชนิดต่างๆได้แก่ O5, O10, O15, O20 เปรียบเทียบกับการใช้ D100 เป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์แบบจุดระเบิดด้วยการอัด โดยการเพิ่มภาระโหลด 4.0, 6.0, 8.0 และ 9.2 kW ตามลำดับ ให้กับเครื่องยนต์ทำให้ความเร็วรอบของเครื่องยนต์ลดลงจาก 2,850 RPM เป็นในช่วง 2,450 RPM ดังรูปที่ 3 พบว่า O5, O10, O15, O20 ให้ค่ากำลังเครื่องยนต์ใกล้เคียงกับ D100 ตลอดช่วงความเร็วรอบที่ทดสอบ โดยมีช่วงความเร็วรอบเครื่องยนต์ที่ให้กำลังสูงสุดคือ 2,500-2,700 RPM ซึ่งกำลังสูงสุดที่สามารถสร้างได้ O5, O10, O15, O20 และD100โดยมีค่ากำลังเท่ากับ 7.08, 7.66, 7.25, 7.47 และ 7.11 kW ตามลำดับ ซึ่งกำลังสูงสุดของ O5 มีค่าน้อยกว่า D100 เท่ากับ 0.56% ส่วน O10, O15และO20 มีค่ามากกว่า D100 เท่ากับ 7.74%,1.97%และ 5.06% ตามลำดับ เมื่อพิจารณาในช่วงความเร็วรอบสูงคือในช่วงความเร็วรอบ 2,600–2,850 RPM พบว่าค่ากำลังของเครื่องยนต์ที่ใช้ O10, O15และO20 จะมีค่าสูงกว่าเทียบกับเครื่องยนต์ที่ใช้ D100 เป็นเชื้อเพลิง อาจเนื่องจาก O10, O15และO20 มีอัตราส่วนอากาศต่อเชื้อเพลิงทางทฤษฎีน้อยกว่า D100 เพราะมีออกซิเจนเป็นส่วนประกอบจึงสามารถเผาไหม้ได้ดีกว่าและเมื่อพิจารณาในช่วงความเร็วรอบต่ำคือในช่วงความเร็วรอบ 2,200–2,600 RPM พบว่าค่ากำลังของเครื่องยนต์ที่ใช้ O10, O15และO20 มีค่าสูงกว่า D100 อาจเนื่องมากจากค่าความร้อนของ O10, O15และO20 มีค่าที่สูงกว่า D100

จากรูปที่4 แสดงอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงจำเพาะของเครื่องยนต์ (Specific Fuel Consumption, SFC) เปรียบเทียบกับความเร็วรอบ พบว่า O5, O10, O15 และ O20 มีค่าต่ำกว่า D100 ตลอดช่วงความเร็วรอบที่

ทดสอบเนื่องจากค่าความร้อนของ O5, O10, O15และ O20 มีค่ามากกว่า D100 ดังนั้นในการที่เครื่องยนต์จะให้กำลังออกมาเท่ากันจึงต้องใช้ปริมาณน้ำมันน้อยกว่า ที่ช่วงความเร็วรอบสูง2,600–2,850 RPM จะพบว่า O20 มีค่าอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงจำเพาะต่ำสุดเท่ากับ 0.16 kg/kWh ซึ่งต่ำกว่า D100 ถึง 30%

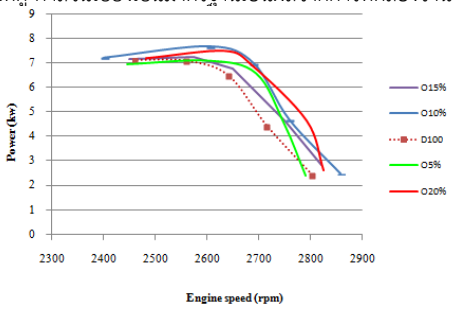
จากรูปที่ 5 และ 6 แสดงประสิทธิภาพเชิงความร้อนเปรียบเทียบกับความเร็วรอบของเครื่องยนต์และกำลังของเครื่องยนต์ เมื่อใช้ O5, O10, O15 , O20 และ D100 เป็นเชื้อเพลิง โดยประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเครื่องยนต์ที่ใช้ O5, O10, O15และ O20 มีค่าสูงกว่า D100 ตลอดช่วงความเร็วรอบในการทดสอบ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ อณัติ จิตรานุเคราะห์ (2550) ที่ได้ศึกษาการใช้น้ำมันปาล์มไบโอดีเซลในเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยการอัดขนาดเล็กพบว่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนของน้ำมันปาล์มไบโอดีเซลสูงกว่าดีเซล เนื่องจากมีออกซิเจนอยู่ในโครงสร้างจึงมีอัตราส่วนอากาศต่อเชื้อเพลิงทางทฤษฎีน้อยกว่าน้ำมันดีเซลทำให้มีการเผาไหม้สมบูรณ์กว่า D100 จึงทำให้มีประสิทธิภาพเชิงความร้อนสูงกว่า D100 เช่นเดียวกับ K. Purushothaman และ G. Nagarajan (2009) ที่ได้ทำการศึกษาผลของการใช้น้ำมันจากส้ม และน้ำมันจาก

ส้มผสม DEE(diethyl ether) ในเครื่องยนต์ลูกสูบ ซึ่งพบว่ามีค่าประสิทธิภาพสูงกว่าน้ำมันดีเซลด้วยเช่นกัน เนื่องมาจากน้ำมันส้มมีคุณสมบัติของ ไอดี การผสมและการแตกตัวเป็นละอองฝอยที่ดีกว่า

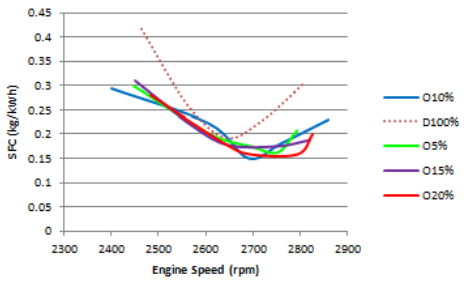
ตารางที่ 5 คุณสมบัติเบื้องต้นของน้ำมัน

คุณสมบัติเบื้องต้น	O5	O10	O15	O20	O100	D100
ความหนืดที่ 40 °C (sSt)	6.30±0.06	6.46±0.07	5.25±0.03	5.25±0.22	1.85±0.14	5.56±0.03
จุดวาบไฟ (℃)	58.7±0.6	59.3±0. 6	59.7±0.6	55.7±0.6	50.7±0.6	75.3±0.6
จุดติดไฟ (℃)	68.3±0.6	70.3±0.6	75.7±0.6	73.3±0.6	82.7±0.6	>200±0.6
ความถ่วงจำเพาะที่ 15℃	0.835±0.000	0.835±0.000	0.835±0.000	0.835±0.000	0.850±0.000	0.830±0.000
ค่าความเป็นกรด (mgKOH/g)	0.17±0.00	0.39±0.00	0.56±0.00	0.78±0.00	3.14±0.00	0.11±0.00
จุดไหลเท (℃)	<-10±0.0	<-10±0.0	<-10±0.0	<-10±0.0	<-10±0.0	-3.0±0.0
ค่าความร้อน (MJ/kg)	44.34±0.38	44.02±0.30	44.68±0.08	43.93±0.08	43.54±0.61	42.50±0.28

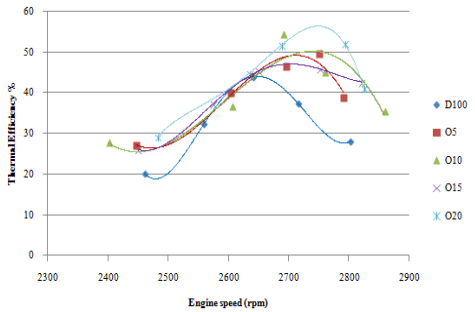
หมายเหตุ ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเป็นผลจากการทดลองจำนวน 3 8iyh’



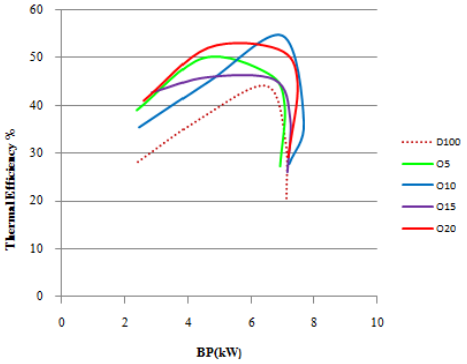
รูปที่ 3 กำลังของเครื่องยนต์ที่ความเร็วรอบต่างๆ



รูปที่ 4 อัตราการสิ้นเปลืองจำเพาะของเครื่องยนต์ที่ความเร็วรอบต่างๆ



รูปที่ 5 ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเครื่องยนต์ที่ความเร็วรอบต่างๆ



รูปที่ 6 ประสิทธิภาพเชิงความร้อนเปรียบเทียบกับกำลังของเครื่องยนต์

4. สรุปผลการทดลอง

4.1 สรุปผลการสกัดน้ำมันจากเปลือกส้ม

จากการสกัดน้ำมันจากเปลือกส้มโดยใช้ Hexane เป็นตัวทำละลาย จากนั้นจึงนำไปสกัดโดยการกลั่น พบว่าจะได้น้ำมันออกมาในปริมาณประมาณ 40 มิลลิลิตร ต่อเปลือกส้มสด 1 กิโลกรัม

4.2 การผสมน้ำมันและคุณสมบัติเบื้องต้นของน้ำมัน

จากการผสมน้ำมันจากเปลือกส้มกับน้ำมันดีเซล พบว่าสามารถผสมเข้ากันได้ดีโดยไม่มีการแยกชั้น โดยที่คุณสมบัติเบื้องต้นของน้ำมันผสมทั้ง O5, O10, O15 และ O20 มีค่าความหนืด, จุดวาบไฟ, ค่าความถ่วงจำเพาะ, ค่าความเป็นกรดและค่าความร้อนของน้ำมันดังกล่าวอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานกำหนด มีเพียงO100 มีค่าความเป็นกรดสูงสุด เท่ากับ3.14 mgKOH/g ซึ่งสูงกว่ามาตรฐาน สำหรับค่าความร้อนพบว่าน้ำมันผสมมีค่าความร้อนมากกว่าน้ำมันดีเซล โดย O15 มีค่าความร้อนสูงสุด

4.3 การทดสอบเปรียบเทียบสมรรถนะของเครื่องยนต์แบบจุดระเบิดด้วยการอัด

ลักษณะการทำงานของเครื่องยนต์โดยใช้ O5, O10, O15และ O20 เป็นเชื้อเพลิง ในการเดินเครื่องยนต์ที่ภาระโหลดต่างๆ เป็นไปอย่างปกติเมื่อเทียบกับเครื่องยนต์ที่ใช้ D100 เป็นเชื้อเพลิง โดยที่สมรรถนะของเครื่องยนต์ที่ทดสอบมีแนวโน้มใกล้เคียงกับ D100 โดยที่กำลังเพลาของเครื่องยนต์ที่ใช้ O5, O10, O15และ O20 จะสูงกว่าเครื่องยนต์ที่ใช้ D100 เป็นเชื้อเพลิง ส่วนของอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงจำเพาะของเครื่องยนต์เปรียบเทียบกับความเร็วรอบและกำลังของเครื่องยนต์ พบว่า O5, O10, O15 และ O20 มีค่าต่ำกว่า D100 ตลอดช่วงความเร็วรอบที่ทดสอบ

5. ข้อเสนอแนะ

1. ในการสกัดน้ำมันจากเปลือกส้ม โดยใช้Hexane เป็นตัวทำละลายนี้ พบว่าHexane มีราคาสูงมาก ไม่เหมาะที่จะนำมาใช้ในการสกัดนี้ จึงควรหาตัวทำละลายอื่นที่มีราคาถูกกว่ามาใช้แทน

2. เนื่องจากน้ำมันส้มมีค่าความเป็นกรดสูง ดังนั้นอาจมีผลต่อการกัดกร่อนของเครื่องยนต์ หรือมีผลกระทบต่อสภาพแวดล้อมจากการปลดปล่อยมลพิษ ดังนั้นควรมีการศึกษาเพิ่มเติมถึงผลกระทบดังกล่าว

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณบัณฑิตวิทยาลัยและคณะวิศวกรรม-ศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ที่ได้ให้ทุนสนับสนุนการวิจัยและได้อนุเคราะห์ด้านสถานที่ทำวิจัย งานวิจัยนี้เป็นผลงานระหว่างศึกษาอยู่ ณ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

7. เอกสารอ้างอิง

7.1 บทความจากวารสาร (Journal)

[1] ดร.กฤษณะ จิตมณี. ไบโอดีเซลน้ำมันเชื้อเพลิงทางเลือก. สาระวิชาการ, ข่าวสารคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ปีที่ 14 ฉบับที่ 61 มกราคม-มีนาคม 2551

[2] พิสมัย เจนวนิชปัญจกุล ยุทธนา ฐานมงคล ลลิตา อัตนโถ และอมรรัตน์ สื่อมโนธรรม. (2552). รอบรู้เรื่องราว ไบโอดีเซล. สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย(วว.).กระทรวง-วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. พิมพ์พินิจ การพิมพ์, สมุทรปราการ.

7.2 บทความจากเอกสารประกอบการประชุม (Proceedings)

[1] พงษ์ศิริ วินิจฉัย, วารุณี ธนะแพสย์ (2549), การศึกษาวิธีการสกัดและการวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมีในน้ำมันเมล็ดเสาวรส, สถาบันค้นคว้าและ

พัฒนาผลิตผลทางการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตรมหาวิทยาลัย-เกษตรศาสตร์

7.3 รายงาน

[1] ชัยชาญ ฤทธิเกริกไกร. ไบโอดีเซล พลังงานทดแทนของไทย.รายงานพิเศษ, โลกพลังงาน ฉบับที่ 25 ตุลาคม-ธันวาคม 2547

[2] วรรษชล วัฒนะ, จีรพจน์ ไทรทองคำ, สุริยัณห์ จานสอน, เอกชัย แตงเลี่ยน (2551), การออกแบบเครื่องบีบอัดน้ำมันรำข้าว, สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพร จ.ชุมพร

[3] อณัติ จิตรานุเคราะห์. “การศึกษาการใช้น้ำมันปาล์มไบโอดีเซลในเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยการอัดขนาดเล็ก”. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2550

[4] K. Purushothaman, G. Nagarajan. Performance, emission and combustion characteristics of a compression ignition engine operating on neat orange oil. Renewable Energy 34 (2009) 242-245

[5] K. Purushothaman, G. Nagarajan. Experimental investigation on a C.I. engine using orange oil and orange oil with DEE. Fuel 88 (2009) 1732-1740

7.4 หนังสือ

[1] กาญจนา สุทธิกุล และคณะ. 2546. เคหะการเกษตร: คู่มือการผลิตส้ม. เอกสารแปลจากหนังสือ Food and Fertilizer Technology Center, 2003. โดย Chang, W.N. and Peterson, J.B.กรุงเทพฯ

[2] นิธิยา รัตนาปนนท์. (2548). วิทยาศาสตร์การอาหารของไขมันและน้ำมัน. สำนักพิมพ์ โอเดียนสโตร์. กรุงเทพฯ.

[3] ประเสริฐ เทียนนิมิต และคณะ. (2542). เชื้อเพลิงและสารหล่อลื่น.พิมพ์ที่.หจก.เม็ดทรายพริ้นติ้ง. กรุงเทพฯ.

[4] วีระศักดิ์ กรัยวิเชียร. (2543). เครื่องยนต์เผาไหม้ภายใน ทฤษฎีและการคำนวณ. หน้า 45-62. กรุงเทพฯ: วิทยพัฒน์.

[5] สมรัฐ เกิดสุวรรณ. (2549). การเผาไหม้และการควบคุมมลพิษ. หน้า 101-126. บริษัท พี เอ็น เค แอนด์ สกายพริ้นติ้งส์ จำกัด.

7.5 เว็บไซต์

[1] กรมธุรกิจพลังงาน กระทรวงพลังงาน. 2552. “ประกาศกรมธุรกิจพลังงาน เรื่อง กำหนดลักษณะและคุณภาพของไบโอดีเซลประเภทเมทิลเอสเตอร์ของกรดไขมัน พ.ศ. 2552.” [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา http://elaw.doeb.go.th/document_doeb/228_0001.pdf (20 กันยายน 2555).

[2] กรมธุรกิจพลังงาน กระทรวงพลังงาน. (2555). “ประกาศกรมธุรกิจพลังงาน เรื่อง กำหนดลักษณะ และคุณภาพของน้ำมันดีเซล พ.ศ. 2555.” [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา http://elaw.doeb.go.th/document_doeb/362_0001.pdf (25 ตุลาคม 2555).

[3] Thibordin Sangsawang. 2009. “Internal Combustion Engine.” [Online]. Availablehttp://-www.-eng.su.ac.th/me/elearning/Internal-Combustion Engine/ICEchapter7-diesel engine.pdf (15 October 2012).