บทที่ 3
อุปกรณ์การทดลองและวิธีการทดลอง

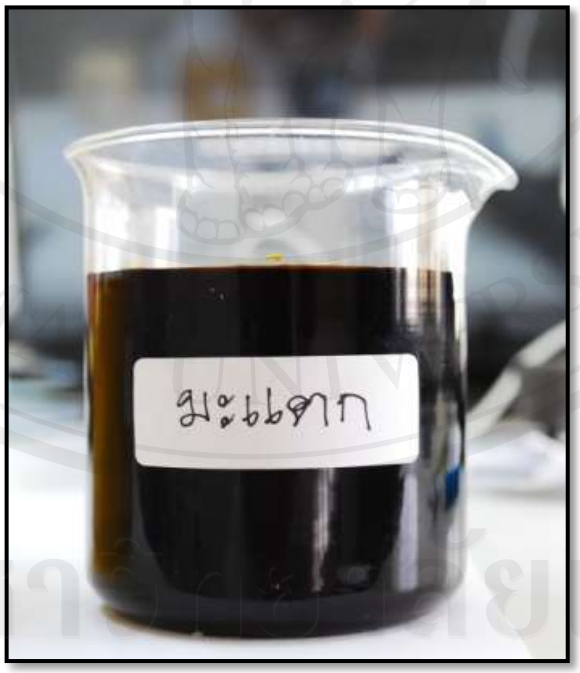
ในบทนี้จะกล่าวถึงการเตรียมวัตถุดิบในการทดลอง การจัดเตรียมอุปกรณ์การทดลอง วิธีการผลิตไบโอดีเซล การวิเคราะห์ไบโอดีเซล และการทดสอบการใช้งานไบโอดีเซลกับเครื่องยนต์ดีเซลขนาดเล็ก โดยรายละเอียดในแต่ละส่วนที่กล่าวมา มีดังต่อไปนี้

3.1 วัตถุดิบ

3.1.1 น้ำมันเมล็ดมะแตก (รูปที่ 3.1)

3.1.2 น้ำมันเมล็ดมะเยาหิน (รูปที่ 3.2)

3.1.3 น้ำมันเมล็ดกระบก (รูปที่ 3.3)



รูปที่ 3.1 น้ำมันจากเมล็ดกระทงลาย (มะแตก)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

รูปที่ 3.2 น้ำมันจากเมล็ดมะเยาหิน

รูปที่ 3.3 น้ำมันจากเมล็ดกระบก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3.2 อุปกรณ์

3.2.1 อุปกรณ์ที่ใช้ทดสอบหาคุณสมบัติน้ำมันเมล็ดพืชทั้ง 3 ชนิด

3.2.1.1 เครื่องวิเคราะห์ความหนืด (Viscometer)

เครื่องวิเคราะห์ความหนืดที่ใช้ในการทดลองนี้เป็นเครื่องวิเคราะห์ความหนืดแบบดิจิตอล ยี่ห้อ BROOKFIELD รุ่น DV-II+ Pro เพื่อวิเคราะห์ค่าความหนืดของน้ำมันจากเมล็ดพืชทั้ง 3 ชนิด ก่อนนำไปผลิตไบโอดีเซล โดยลักษณะโครงสร้างของเครื่องวิเคราะห์ความหนืด แสดงไว้ในภาพประกอบที่ 3.4

รูปที่ 3.4 เครื่องวิเคราะห์ความหนืด (Viscometer)

3.2.1.2 เครื่องวิเคราะห์ค่าความร้อน (Bomb Calorimeter)

เครื่องวิเคราะห์ค่าความร้อนที่ใช้ในการทดลองนี้เพื่อวิเคราะห์ค่าความร้อนของน้ำมันเมล็ดพืชทั้ง 3 ชนิด ก่อนนำไปผลิตไบโอดีเซล โดยลักษณะโครงสร้างของเครื่องวิเคราะห์ค่าความร้อน แสดงไว้ในภาพประกอบที่ 3.5

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

รูปที่ 3.5 เครื่องวิเคราะห์ค่าความร้อน (Bomb Calorimeter)

3.2.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ปริมาณกรดไขมันอิสระ

3.2.2.1 บิวเรท (Burette) ขนาด 25 มิลลิลิตร

3.2.2.2 ขาตั้ง (สแตนเลสพร้อมเสา) ขนาดฐาน 12x19 เซนติเมตร

3.2.2.3 เครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 3 ตำแหน่ง (Mettler Toledo, PG 5002-S)

3.2.2.4 ขวดรูปชมพู่ (Erlenmeyer flask) ขนาด 125 มิลลิลิตร

3.2.3.5 หลอดหยด (Dropper)

3.2.3 อุปกรณ์ที่ใช้ผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันเมล็ดพืชทั้ง 3 ชนิด

3.2.3.1 เครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 3 ตำแหน่ง (Mettler Toledo, PG 5002-S)

3.2.3.2 เครื่องกวนสารเคมี (Magnetic Stirrer)

3.2.3.3 เครื่องให้ความร้อน (Hot Plate)

3.2.3.4 แท่งแม่เหล็กกวนสาร (Magnetic Bar)

3.2.3.5 เครื่องแก้ว ได้แก่ บีกเกอร์ (Beaker)

3.2.3.6 pH meter (รุ่น LTLUTRON YK-2001pH)

3.2.3.7 กรวยแยก (Flask separator)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3.2.4 อุปกรณ์ที่ใช้วิเคราะห์คุณสมบัติไบโอดีเซล

3.2.4.1 pH meter (รุ่น LTLUTRON YK-2001pH)

3.2.4.2 เครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 3 ตำแหน่ง (Mettler Toledo, PG 5002-S)

3.2.4.3 เครื่องวิเคราะห์ความหนืด (Viscometer)

3.2.4.4 เครื่องวิเคราะห์ค่าความร้อน (Bomb Calorimeter)

3.2.4.5 เครื่องวิเคราะห์จุดวาบไฟ

3.2.4.6 เครื่องยนต์ดีเซลขนาดเล็ก

3.3 สารเคมี

3.3.1 เมทานอล (Methanol)

3.3.2 กรดซัลฟิวริก (Sulfuric acid)

3.3.3 โซเดียมไฮดรอกไซด์แอนไฮดรัส (Sodium hydroxide anhydrous)

3.3.4 ไอโซโพรพานอล (Isopropanol)

3.3.5 ฟีนอล์ฟทาลีน (Phenolphthalein)

3.4 วิธีการทดลอง

3.4.1 การหาปริมาณกรดไขมันอิสระในน้ำมัน (%FFA)

3.4.1.1 เตรียมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ความเข้มข้น 0.25 N โดยใช้โซเดียม ไฮดรอกไซด์ปริมาณ 10 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 1 ลิตร

3.4.1.2 เตรียมฟีนอล์ฟทาลีน (phenolphthalein) ที่ใช้เป็น indicator โดยใช้ ฟีนอล์ฟทาลีน 2 กรัม ผสมกับเอทานอล 90% 60 มิลลิลิตร แล้วปรับปริมาตรให้เป็น 100 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่น

3.4.1.3 ทำการชั่งน้ำมันที่เป็นสารตัวอย่าง 7 กรัม ผสมกับตัวทำละลายคือ เอทานอลที่ทำให้ร้อนแล้ว ปริมาตร 75 มิลลิลิตร เติมฟีนอล์ฟทาลีนปริมาณ 2 มิลลิลิตร

3.4.1.4 ทำการไตเตรดด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เตรียมไว้ในข้อ 3.4.1.1 จนกว่าตัวอย่างจะเปลี่ยนเป็นสีชมพูนาน 30 วินาที

3.4.1.5 คำนวณหาปริมาณกรดไขมันอิสระจากสมการ

$$\% \text{ Free Fatty Acid} = \frac{\text{ปริมาณของ NaOH ที่ใช้ไตเตรด} \times 0.25 \times 28.2}{}$$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3.4.2 การวัดความหนืด

3.4.2.1 เลือกอุปกรณ์วัดความหนืดที่เหมาะสำหรับการทดลอง ทำการเปิดเครื่องพร้อมการใช้งาน

3.4.2.2 เลือกเข็มที่เหมาะสมกับความหนืดของน้ำมันที่จะทำการทดลอง

3.4.2.3 ใส่เข็มเข้ากับแกน Shaft

3.4.2.4 เตรียมน้ำมันโดยทำการให้ความร้อนน้ำมันให้มีอุณหภูมิ 40°C

3.4.2.5 นำน้ำมันตัวอย่างใส่ในอุปกรณ์วัดความหนืด

3.4.2.6 อ่านค่าความหนืดน้ำมันที่อุณหภูมิ 40°C

3.4.3 การหาค่าความร้อน

3.4.3.1 บรรจุเชื้อเพลิง (Fuel) ลงในถ้วยบรรจุเชื้อเพลิง (Ignition) โดยควบคุมน้ำหนักของเชื้อเพลิงไม่เกิน 1.1 กรัม

3..4.3.2 ติดตั้งลวดจุดระเบิด (Fuse wire) ความยาว 10 เซนติเมตร เข้ากับแท่นจุดระเบิด (Electrode Terminals) วางถ้วยบรรจุเชื้อเพลิงลงในที่รองรับ แล้วจัดให้ลวดจุดระเบิดสัมผัสกับเชื้อเพลิง โดยห้ามลวดแตะกับถ้วยเป็นอันขาด

3.4.3.3 เติมน้ำกลั่นบริสุทธิ์ 1.0 มิลิลิตร ลงในบอมบ์

3.4.3.4 นำแท่นจุดระเบิดที่ได้จัดเตรียมไว้แล้วนั้น บรรจุลงในบอมบ์แล้วปิดฝาบอมบ์ (Bomb Head)

3.4.3.5 เติมก๊าซออกซิเจนลงในบอมบ์โดยควบคุมความดันให้อยู่ในช่วง 25-35 บรรยากาศ

3.4.3.6 เติมน้ำกลั่นลงในถังน้ำ (Bucket) ปริมาณ 2000 มิลลิลิตร โดยที่อุณหภูมิของน้ำควรต่ำกว่าอุณหภูมิของเสื้อฉนวนประมาณ 2 องศาเซลเซียส

3.4.3.7 วางถังน้ำลงในเสื้อฉนวน แล้วนำบอมบ์ใส่ลงในถังน้ำ โดยจัดวางตำแหน่งให้เหมาะสม และหากพบว่ามีรอยรั่วของก๊าซออกซิเจน ให้ยุติการทดลองลงทันที

3.4.3.8 ต่อสายไฟสำหรับจุดระเบิด แล้วปิดฝาเสื้อฉนวน

3.4.3.9 เปิดสวิตซ์มอเตอร์ของใบพัด (Stirrer) ให้กวนเป็นเวลา 5 นาที เพื่อระบบเข้าสู่สมดุล (Steady state)

3.4.3.10 จดบันทึกอุณหภูมิเริ่มต้น

3.4.3.11 กดปุ่มจุดระเบิด

3.4.3.12 บันทึกค่าอุณหภูมิที่วินาทีที่ 45, 60, 75, 90, 105, 120

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3.4.3.13 เมื่อครบวินาทีที่ 120 ให้บันทึกค่าอุณหภูมิทุกๆ 1 นาที จนกระทั่งค่าการลดลงของอุณหภูมิคงที่ติดต่อกัน 5 นาที

3.4.3.14 ตรวจสอบค่าอุณหภูมิที่บันทึกไว้ทั้งหมด แล้วบันทึกค่าอุณหภูมิสูงสุด

3.4.3.15 ภายหลังการทดสอบปิดสวิตซ์มอเตอร์ ปลดสายพาน ยกฝาเสื้อฉนวนออก เช็ดเทอร์โมมิเตอร์ให้แห้ง

3.4.3.16 ปลดสายจุดระเบิดแล้วนำถังน้ำออกจากเสื้อฉนวน

3.4.3.17 นำตัวบอมบ์ออกจากถังน้ำ เช็ดให้แห้ง ปล่อยก๊าซออกซิเจนออกอย่างช้าๆ จนหมด

3.4.3.18 ถอดส่วนหัวของบอมบ์ออก สำรวจภายในถึงลักษณะการเผาไหม้ หากพบว่ามีร่อยรอยของการเผาไหม้ไม่ปรากฏอยู่ ให้ยกเลิกการทดลองเดิม แล้วเริ่มทำการทดลองใหม่

3.4.3.19 วัดความยาวของลวดจุดระเบิดที่เหลือ

3.4.3.20 การวิเคราะห์หาค่าความร้อน คำนวณค่าอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น (ΔT) ของบอมบ์แคลอรีมิเตอร์ ซึ่งต้องทราบค่าแก้เนื่องจากความแตกต่างของอุณหภูมิของเสื้อฉนวนกับอุณหภูมิของถังน้ำแล้ว

$$t = t_c - t_a - r_1(b-a) + r_2(c-b)$$

โดยที่ข้อมูลสำหรับการคำนวณ ได้แก่

a = เวลาที่เริ่มจุดระเบิด

b = เวลาที่อุณหภูมิสูงขึ้นเป็นร้อยละ 60 ของอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นทั้งหมด

c = เวลาที่อุณหภูมิสูงสุด

t_a = อุณหภูมิขณะจุดระเบิด

t_c = อุณหภูมิสูงสุดที่เวลา c

r_1 = อัตราการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิในช่วง 5 นาทีก่อนการจุดระเบิด, องศาเซลเซียสต่อนาที

r_2 = อัตราการลดลงของอุณหภูมิในช่วงหลังจากเวลาที่อุณหภูมิสูงสุด, องศาเซลเซียสต่อนาที

ค่าความร้อนจากการสันดาปของเชื้อเพลิง (Gross heat of combustion), หน่วยแคลอรีต่อกรัม คำนวณได้ดังสมการ

$$H_g = \frac{tW - e_1 - e_2 - e_3}{M}$$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

โดยที่

W = ค่าพลังงานความร้อนเทียบเท่าของแคลอรีมิเตอร์ ซึ่งได้จากการทำมาตรฐาน โดยการเผาเชื้อเพลิงมาตรฐานในบอมบ์ คำนวณค่าความจะความร้อนของบอมบ์แคลอรีมิเตอร์แต่ละชุด สำหรับทดสอบนี้อุปกรณ์มีค่าเท่ากับ 2,410 แคลอรีต่อองศาเซลเซียส

e_1 หมายถึง ค่าแก้ จากค่าความร้อนเนื่องจากการเกิดกรดไนตริก

e_2 หมายถึง ค่าแก้เนื่องจากค่าความร้อนเกิดจากการเกิดกรดซัลฟิวริก

e_3 หมายถึง ค่าแก้เนื่องจากค่าความร้อนจากการเผาไหม้ของลวดจุดระเบิด

3.4.4 การหาจุดวาบไฟ

3.4.4.1 เทน้ำมันตัวอย่างใส่ถ้วยทดสอบให้ถึงขีดที่กำหนด แล้ววางถ้วยทดสอบลงในตำแหน่ง

3.4.4.2 วางฝาครอบถ้วยทดสอบให้ตรงตำแหน่ง เลื่อน ignitor ให้เข้าตำแหน่งประกอบ stirrer โดยปลายด้านหนึ่งอยู่ที่ตำแหน่งใบพัดบนฝาครอบ และปลายอีกด้านหนึ่งอยู่ที่ตำแหน่ง stirrer motor บนตัวเครื่อง ประกอบเทอร์โมมิเตอร์เข้าที่ช่องบนฝาครอบ

3.4.4.3 เปิดสวิตซ์ให้ heater และใบกวนทำงาน โดยทำการควบคุมความร้อนของตัวอย่างที่อัตรา 5-6 องศาเซลเซียส ต่อนาที

3.4.4.4 เปิดสวิตซ์ที่ Electro - ignition และทำการทดสอบโดยการบิดมือหมุนทดสอบบนฝาครอบโดยขึ้นอยู่กับสภาวะการดังต่อไปนี้

1) ในกรณีที่สารทดสอบมีจุดวาบไฟต่ำกว่า 110˚C ให้เริ่มนับอุณหภูมิทดสอบที่ต่ำกว่า expected flash point 17˚C ถึง 28˚C โดยอ่านค่าอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงทุกๆ 1˚C

2) ในกรณีที่สารตัวอย่างมีค่าจุดวาบไฟสูงกว่า 110˚C ก็เริ่มทำการทดสอบที่อุณหภูมิกว่า expected flash point 17 ˚C เช่นกันแต่อ่านอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นครั้งละ 2˚C

3.4.5 การผลิตไบโอดีเซล

3.4.5.1 การหาปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยาโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ที่ใช้ในกระบวนการผลิตไบโอดีเซล โดยปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชั่นโดยใช้เบสเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา

3.4.5.1.1 เตรียมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เพื่อใช้ในการไตเตรต โดยชั่งโซเดียมไฮดรอกไซด์ 1 กรัม ผสมกับน้ำกลั่น 1 ลิตร

3.4.5.1.2 เตรียมอินดิเคเตอร์ โดยใช้ฟนอล์ฟทาลีน (Phenolphthalein) 0.1 กรัม ผสมกับเอทานอล 70 มิลลิลิตร แล้วปรับปริมาตรให้เป็น 100 มิลลิลิตร

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3.4.5.1.3 นำน้ำมันตัวอย่าง 1 มิลลิลิตร ผสมกับ Isopropyl alcohol 10 มิลลิลิตร แล้วหยดอินดิเคเตอร์ 2 หยด

3.4.5.1.4 ทำการไตเตรตจนกว่าตัวอย่างจะเปลี่ยนเป็นสีชมพู โดยสีที่เกิดขึ้นจะอยู่นานประมาณ 30 วินาที

3.4.5.1.5 ปริมาณของโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา (กรัม) เท่ากับปริมาณของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ในการไตเตรต (มิลลิลิตร) จะได้ปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ต่อน้ำมันหนึ่งลิตร

3.4.5.2 การผลิตไบโอดีเซลด้วยปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชั่นโดยใช้เบส (NaOH) เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา

3.4.5.2.1 ชั่งโซเดียมไฮดรอกไซด์ตามที่คำนวณได้ ผสมกับเมทานอล 100 มิลลิลิตร ได้เป็นสารละลายเมทอกไซด์

3.4.5.2.2 นำน้ำมันมะเยาหินมา 400 มิลลิลิตร ใส่ลงในบีกเกอร์ อุ่นให้ความร้อนจนมีอุณหภูมิประมาณ 50°C และรักษาอุณหภูมิไว้

3.4.5.2.3 เทสารละลายเมทอกไซล์ลงไปกวนที่ 600 รอบต่อนาทีเป็นเวลา 60 นาที ขั้นตอนนี้จะต้องทำในระบบปิดเพื่อป้องกันเมทานอลระเหย

3.4.5.2.4 นำน้ำมันที่ผ่านปฏิกิริยาในข้อ 3 มาใส่กรวยแยก ตั้งทิ้งไว้ 12 ชั่วโมง

3.4.5.2.5 ทำการแยกชั้นกลีเซอรอลออกจากไบโอดีเซล

3.4.5.2.6 วัดค่า pH ก่อนล้างไบโอดีเซล

3.4.5.2.7 ทำการล้างไบโอดีเซล

3.4.5.3 การผลิตไบโอดีเซลด้วยปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเคชั่น–ปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชั่นโดยใช้เบส (NaOH) เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา

3.4.5.3.1 เตรียมสารละลายระหว่างเมทานอลกับกรดซัลฟิวริก โดยนำเมทานอล 75 ml (15% ของปริมาตรรวม 500 ml) ผสมกับ conc.H_2SO_4 15 ml (3% ของปริมาตรรวม 500 ml)

3.4.5.3.2 นำน้ำมันตัวอย่าง 375 ml (75% ของปริมาตรรวม 500 ml) ใส่ลงในบีกเกอร์ จากนั้นให้ความร้อนจนมีอุณหภูมิประมาณ 35°C และรักษาอุณหภูมิไว้

3.4.5.3.3 เทสารละลายจากข้อ 1 ลงไป กวนผสมที่ความเร็วรอบ 600 รอบต่อนาที เป็นเวลา 1 ชั่วโมง จากนั้นหยุดให้ความร้อนแล้วกวนต่ออีก 4 ชั่วโมง

3.4.5.3.4 ใส่กรวยแยกตั้งทิ้งไว้ประมาณ 12 ชั่วโมง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3.4.5.3.5 ทำการเตรียมสารละลายเมทอกไซด์ โดยผสมเมทานอล 100 ml (20% ของปริมาตรรวม 500 ml) กับโซเดียมไฮดรอกไซด์ 1.76 กรัม (0.468 กรัม NaOH ต่อน้ำมันเมล็ดกระบก 100 ml)

3.4.5.3.6 นำสารละลายส่วนบนที่ได้จากข้อ 4 ใส่ลงไนบีกเกอร์ ให้ความร้อนจนมีอุณหภูมิประมาณ 55 ˚C และรักษาอุณหภูมิไว้ หลังจากนั้นเทสารละลายเมทอกไซด์ที่เตรียมไว้ลงไป กวนผสมที่ความเร็วรอบ 600 รอบต่อนาทีเป็นเวลา 2 ชั่วโมง

3.4.5.3.7 นำไปใส่กรวยแยกตั้งทิ้งไว้ 12 ชั่วโมง

3.4.5.3.8 แยกกลีเซอรอลออกจากชั้นไบโอดีเซล

3.4.5.3.9 วัดค่า pH ก่อนการล้างไบโอดีเซล

3.4.5.3.10 ทำการล้างไบโอดีเซล

3.4.5.4 ขั้นตอนการล้างไบโอดีเซล

3.4.5.4.1 วัดปริมาณของไบโอดีเซลที่ต้องการล้าง ใส่ลงในกรวยแยก

3.4.5.4.2 เติมน้ำลงในกรวยแยกประมาณเท่ากับไบโอดีเซลที่ต้องการล้าง

3.4.5.4.3 เขย่าหรือกวนให้น้ำผสมกับไบโอดีเซล แล้วตั้งทิ้งไว้ให้แยกชั้นประมาณ 12 ชั่วโมง

3.4.5.4.4 แยกไบโอดีเซลออกจากชั้นน้ำ แล้วทำการวัดค่า pH

3.4.5.4.5 ทำซ้ำข้อ 1-4 จนกว่า pH จะท่ากับ 7

3.4.5.4.6 ทำการต้มเพื่อไล่ความชื้นออกจากไบโอดีเซล

3.4.6 การทดสอบไบโอดีเซลกับเครื่องยนต์ดีเซลขนาดเล็ก

ทดลองนำไบโอดีเซลที่ผลิตได้ไปใช้กับเครื่องยนต์ดีเซลสี่จังหวะแบบสูบเดียว โดยใช้เครื่องยนต์ HONMAR DH600S เครื่องยนต์ดีเซลเพลาทด 4.7 HP (เพลาทด) โดยทำการติดตั้งไดนามิเตอร์เข้ากับเครื่องยนต์เพื่อทำการทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์ดีเซลขนาดเล็ก โดยใช้เชื้อเพลิงน้ำมันดีเซลเปรียบเทียบกับการใช้ไบโอดีเซลที่ผลิตได้เป็นเชื้อเพลิง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 3.1 เครื่องยนต์ HONMAR DH600S เครื่องยนต์ดีเซลเพลาทด 3.5 กิโลวัตต์

ข้อมูลเครื่องยนต์	DH600S ST(เพลาทด)
กำลังเครื่องยนต์	4.7HP/ 3600rpm
ชนิดเครื่องยนต์	ดีเซล 4 จังหวะ สูบเดียว
ระบบระบายความร้อน	ระบายความร้อนด้วยอากาศ
ระบบเผาไหม้	หัวฉีด ไดเร็คอินเจคชั่น
กระบอกสูบ x ช่วงชัก	70x55 cm x cm
ปริมาตรกระบอกสูบ	211 cc.
ระบบสตาร์ท	เชือกดึงสตาร์ทแบบสปริงรั้งกลับ
ความจุถังน้ำมันเชื้อเพลิง	2.5 ลิตร
ความจุถังน้ำมันเครื่อง	0.8 ลิตร
ขนาด	384x332x416 mm.
น้ำหนัก	27 kg

รูปที่ 3.6 เครื่องยนต์ HONMAR DH600S เครื่องยนต์ดีเซลเพลาทด 3.5 กิโลวัตต์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

รูปที่ 3.7 เครื่องยนต์ HONMAR DH600S พร้อมติดตั้งกับไดนาโมมิเตอร์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved