

การศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตไบโอดีเซลจากไขมันโคขุนโพนยางคำ (เนื้อไทย-ฝรั่งเศส) สำหรับเครื่องยนต์ดีเซลเล็ก

วีระศักดิ์ โชติกานต์กุล* สมภพ ปัญญาสมพรรค และ ทวีวัฒน์ สุภารส

Feasibility Study of Biodiesel Produced from Fat Pon Yang Kham Beef (Thai-French Beef) for Small Diesel Engine

Weerasak Chotikankun*, Sompop Panyasompuk and Taweewat Suparos

ภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

Department of Mechanical Technology Education, Field of Mechanical Engineering, Faculty of Industrial Education
and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi.

*Corresponding Author. E-mail address: w.eerasak4x4@hotmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษากระบวนการผลิตน้ำมันไบโอดีเซลจากไขมันโคขุนโพนยางคำ (เนื้อไทย-ฝรั่งเศส) ที่เหมาะสม แล้วหาคุณสมบัติของน้ำมันไบโอดีเซลและทำการทดลองใช้กับเครื่องยนต์ดีเซลเล็ก 4 จังหวะแบบสูบเดียว แล้วทดสอบหาสมรรถนะของเครื่องยนต์ดีเซลเล็กที่ใช้น้ำมันไบโอดีเซลที่ผลิตจากไขมันโคขุนโพนยางคำเปรียบเทียบกับน้ำมันไบโอดีเซล B5

ผลการวิจัยพบว่ากระบวนการผลิตน้ำมันไบโอดีเซลจากไขมันโคขุนโพนยางคำที่เหมาะสมนั้นจะต้องเลือกวัตถุดิบที่เป็นไขมันอ่อนมาแปรรูปโดยผ่านกระบวนการทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชัน (Trans-etherification) และจะต้องทำปฏิกิริยา 2 ครั้งจึงจะมีความเหมาะสมทางเศรษฐศาสตร์ การหาคุณสมบัติของน้ำมันไบโอดีเซลที่ผลิตจากไขมันโคขุนโพนยางคำพบว่าความหนาแน่นที่อุณหภูมิห้องปฏิบัติการ $25\text{ }^{\circ}\text{C} = 860\text{ kg/m}^3$, ค่าความหนืด ณ อุณหภูมิ $40\text{ }^{\circ}\text{C} = 5.80\text{ cSt}$, จุดวาบไฟชนิดเปิด จุดวาบไฟ (เฉลี่ย) $= 165\text{ }^{\circ}\text{C}$ จุดติดไฟ (เฉลี่ย) $= 171\text{ }^{\circ}\text{C}$ ค่าความร้อนเชื้อเพลิง $= 39,271.83\text{ kJ/kg}$ ซึ่งมีคุณสมบัติใกล้เคียงกับน้ำมันไบโอดีเซล B5 ผลการทดสอบใช้น้ำมันไบโอดีเซลที่ผลิตจากไขมันโคขุนโพนยางคำ กับเครื่องยนต์ดีเซลยี่ห้อ TF115-L ไม่มีผลกระทบต่อเครื่องยนต์สามารถนำไปใช้กับเครื่องยนต์เล็กโดยไม่ต้องปรับแต่งเครื่องยนต์ และผลการทดสอบควันท่อผ่านเกณฑ์มาตรฐานกำหนด ส่วนการทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์ดีเซลเล็กที่ใช้น้ำมันไบโอดีเซลที่ผลิตจากไขมันโคขุนโพนยางคำเปรียบเทียบกับน้ำมันไบโอดีเซล B5 ที่ความเร็วรอบต่างกัน ผลการทดสอบเปรียบเทียบแรงบิดพบว่า ที่ความเร็วรอบต่ำจะมีค่าแรงบิดเท่ากัน ความเร็วรอบสูงน้ำมันไบโอดีเซล B5 จะมีค่าแรงบิดมากกว่า ผลการทดสอบเปรียบเทียบอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงที่ความเร็วรอบต่างกันพบว่าที่ความเร็วรอบต่ำจะมีค่าอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงเท่ากัน ที่ความเร็วรอบสูงน้ำมันไบโอดีเซลที่ผลิตจากไขมันโคขุนโพนยางคำจะมีค่าอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงมากกว่าเล็กน้อย

คำสำคัญ: ไบโอดีเซล ไขมันโคขุนโพนยางคำ (เนื้อไทย-ฝรั่งเศส) เครื่องยนต์ดีเซลเล็ก ความสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง

Abstract

The research had a purpose to study the suitable production process of biodiesel produced from fat Pon Yang Kham beef (Thai – French Beef) and to find out its properties, also testing with small 4 – stroke single cylinder engine. Accordingly, the performances of small diesel engine fuelled by biodiesel produced from fat Pon Yang Kham beef compared with fueled by B5-biodiesel have also been tested.

From the study we found that for the suitable economic and production process of fat Pon Yang Kham biodiesel, the raw material should be selected from warm fat beef through the “trans-etherification” process with 2-times reaction. To find out the properties of biodiesel produced from fat Pon Yang Kham beef, it found that the density value tested at 25 °C was equal to 860 kg/m³, the viscosity value tested at 40 °C was equal to 5.8 cSt, open flash point (average) was at 165 °C, fire point (average) was at 171 °C, and the heating value was at 39,271.83 kJ/kg which is closed to the properties of B5-biodiesel. In testing with Yanmar TF 115-L diesel engine, the fat Pon Yang Kham beef biodiesel has been fuelled, it was shown that no any significant effect to the engine based on general use, it could be used in small diesel engine without any adjustment, the exhaust gas has also tested in accordance with the defined standard, it was also passed. In case of engine performance, we have compared when the small diesel engine was fueled by fat Pon Yang Kham beef diesel and when the engine was fueled by B5-biodiesel, with different engine round speed testing. The results revealed that at low round speed, engine had the same torque. Meanwhile, at high round speed, the engine fueled by B5-biodiesel could give higher torque. In fuel consumption testing at different engine round speeds, it was found that at low round speed, the fuel consumption of both kinds of biodiesel was the same, but at high round speed, fat Pon Yong Kham beef biodiesel had slightly higher fuel consumption.

Keywords: Biodiesel, Fat Pon Yang Kham beef (Thai – French Beef), The small diesel engine, fuel consumption

บทนำ

สถานการณ์ด้านพลังงานของประเทศไทยในปี พ.ศ.2552 ภาพรวมปริมาณการใช้พลังงานเชิงพาณิชย์อยู่ที่ประมาณ 1,656 ล้านบาร์เรลเทียบเท่าน้ำมันดิบต่อวัน เพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับปี พ.ศ.2551 ประมาณ 2.1% สัดส่วนการใช้เชื้อเพลิงส่วนใหญ่เป็นก๊าซธรรมชาติประมาณ 41% รองลงมาคือน้ำมัน 39% โดยในภาพรวมของการใช้น้ำมันสำเร็จรูป น้ำมันเบนซินมีการใช้เพิ่มขึ้นประมาณ 6.6% จาก 19.5 ล้านลิตรต่อวันในปี พ.ศ.2551 เป็น 20.8 ล้านลิตรต่อวัน ในปี พ.ศ.2552 ขณะเดียวกันการใช้พลังงานทดแทนในกลุ่มเบนซินก็มีเพิ่มขึ้น โดยสัดส่วนการใช้แก๊สโซฮอล์เพิ่มขึ้นจาก 47% ของการใช้น้ำมันเบนซินทั้งหมดเมื่อปี พ.ศ.2551 มาอยู่ในสัดส่วน 60% ในปี พ.ศ.2552 การใช้แก๊สโซฮอล์ในปีที่ผ่านมามีประมาณ 12.2 ล้านลิตรต่อวัน เพิ่มขึ้นประมาณ 32% เมื่อเทียบกับปี พ.ศ.2551 โดยเฉพาะแก๊สโซฮอล์ 91 มีการใช้เพิ่มขึ้นสูงมาก ซึ่งเป็นผลจากการรณรงค์สร้างความมั่นใจในการใช้แก๊สโซฮอล์ 91 ให้กับกลุ่มผู้ใช้รถจักรยานยนต์ น้ำมันดีเซลใช้เพิ่มขึ้นประมาณ 4.4% จาก 48.2 ล้านลิตรต่อวัน ในปี พ.ศ.2551 เป็น 50.3 ล้านลิตรต่อวันในปี พ.ศ.2552 มีการใช้พลังงานทดแทนในกลุ่มนี้เพิ่มขึ้นเช่นกัน สัดส่วนของการใช้ไบโอดีเซล B5 เพิ่มขึ้นเป็น 44% จากปี พ.ศ.2551 ซึ่งมีสัดส่วนเพียง 21.3% ปริมาณการใช้ B5 เพิ่มขึ้นจาก 10.3 ล้านลิตรต่อวันในปี พ.ศ.2551 มาเป็น 22.2 ล้านลิตรต่อวัน ในปี พ.ศ.2552 หรือเพิ่มขึ้นถึง

ประมาณ 114% เนื่องจากรัฐบาลมีนโยบายส่งเสริมพลังงานทดแทนอย่างจริงจังด้วยมาตรการการลดอัตราเงินนำส่งเข้ากองทุนน้ำมันเชื้อเพลิงและกองทุนเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงานของ B5 ต่ำกว่าน้ำมันดีเซล 1-3 บาทต่อลิตร ด้านปริมาณการนำเข้าน้ำมันดิบนั้นยังคงเพิ่มขึ้นต่อเนื่องโดยปี พ.ศ.2552 มีการนำเข้าประมาณ 8.74 แสนบาร์เรลต่อวันหรือเพิ่มขึ้นจากปี พ.ศ.2551 ประมาณ 7.6% ขณะที่มูลค่าการนำเข้าในปี พ.ศ.2552 อยู่ที่ระดับ 7.64 แสนล้านบาท ลดลงประมาณ 34% เมื่อเทียบกับปี พ.ศ.2551 ซึ่งเป็นผลจากราคาน้ำมันดิบนำเข้าเฉลี่ยลดลง (สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน, 2552)

ปัจจุบันกระแสความนิยมบริโภคเนื้อโคขุนโพนยางคำที่สูงขึ้นต่อเนื่องอย่างชัดเจน ทั้งนี้เป็นเพราะเนื้อโคขุนภายในประเทศจาก สหกรณ์ฯ โพนยางคำ จำกัด ตั้งอยู่ ณ บ้านโพนยางคำ หมู่ที่ 19 ตำบลโนนหอม อำเภอเมือง จังหวัดสกลนคร นั้นได้รับความเชื่อถือว่าเป็นเนื้อที่มีคุณภาพ สะอาด ปลอดภัย ทัดเทียมกับเนื้อโคคุณภาพสูงที่นำเข้าจากต่างประเทศ ปัจจุบันมีสมาชิกกว่า 5,000 ราย ผลิตเนื้อโคขุนออกจำหน่ายภายในประเทศ ปีละกว่า 6,000 ตัว มีรายได้จากการจำหน่ายเนื้อโคขุนและอาหารสัตว์ ไม่ต่ำกว่าปีละ 400 ล้านบาท นับเป็นต้นแบบของการรวมกลุ่มผู้ผลิตที่มีการบริหารจัดการสอดคล้องกับการดำเนินชีวิตตามหลักเศรษฐกิจพอเพียงระดับชุมชนอย่างแท้จริง (กองสนับสนุนและขยายพันธ์ สำนักงานทหารพัฒนา, 2553)

จากกระบวนการฆ่าและที่สหกรณ์การเลี้ยงปศุสัตว์ กรป.กลาง โพนยางคำ จำกัด จังหวัดสกลนคร สัปดาห์ละ 2 วัน ในวันอังคารและวันพฤหัสบดี โดยรวมประมาณ 140 ตัว/สัปดาห์ และจะมีไขมันวัวไม่ต่ำกว่า 30 กิโลกรัม/โคขุน 1 ตัว เมื่อคัตน้ำหนักรวมของไขมันที่ได้แล้วจะมี ประมาณ 4,200 กิโลกรัม/สัปดาห์ โดยไขมันส่วนนี้เป็นไขมันอ่อน และจะมีไขมันแข็งที่ได้จากการบ่มซาก ผู้วิจัยจึงความสนใจที่จะศึกษากระบวนการผลิตน้ำมันไบโอดีเซลจากไขมันโคขุนที่ได้จากการฆ่าและทั้ง 2 ชนิด ได้แก่ ไขมันชนิดอ่อนและไขมันแข็ง เพื่อนำมาผลิตเป็นน้ำมันเชื้อเพลิงไบโอดีเซลจากไขมันโคขุนโพนยางคำ เป็นพลังงานทางเลือกใหม่ให้กับชุมชนเพื่อนำมาใช้กับเครื่องยนต์ดีเซลเล็ก

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาและออกแบบกระบวนการผลิตน้ำมันไบโอดีเซลจากไขมันโคขุนโพนยางคำที่เหมาะสม
2. เพื่อหาคุณสมบัติของน้ำมันไบโอดีเซลที่ผลิตจากไขมันโคขุนโพนยางคำ
3. เพื่อหาสมรรถนะของเครื่องยนต์ดีเซลเล็กที่ใช้น้ำมันไบโอดีเซลที่ผลิตจากไขมันโคขุนโพนยางคำ
4. เพื่อหาต้นทุนด้านเศรษฐศาสตร์ของการผลิตน้ำมันไบโอดีเซลจากไขมันโคขุนโพนยางคำ

สมมุติฐานในการวิจัย

1. น้ำมันไบโอดีเซลที่ผลิตได้จากไขมันโคขุนโพนยางคำจะมีคุณสมบัติใกล้เคียงกับน้ำมันไบโอดีเซลที่ได้น้ำมันพืชหรือน้ำมันสัตว์ชนิดอื่น
2. น้ำมันไบโอดีเซลที่ผลิตได้จากไขมันโคขุนโพนยางคำสามารถนำไปใช้กับเครื่องยนต์ดีเซลเล็กได้ โดยมีสมรรถนะของเครื่องยนต์ใกล้เคียงกับน้ำมันไบโอดีเซลและไม่ต้องปรับแต่งเครื่องยนต์

วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ

1. วัสดุอุปกรณ์

1.1 วัตถุดิบ

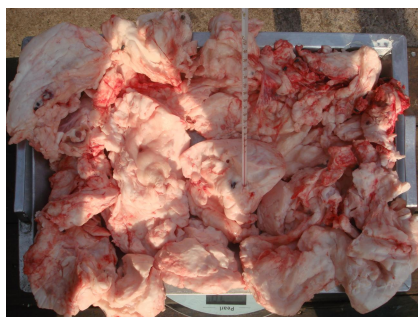
ใช้ไขมันโคขุน ที่ได้จากสหกรณ์การเลี้ยงปศุสัตว์ กรป.กลาง โพนยางคำ จังหวัดสกลนคร ไขมันที่ได้มี 2 ชนิด ได้แก่

1.1.1 ไขมันชนิดอ่อน เป็นไขมันที่ได้จากการชำแหละมีสภาพเป็นไขมันเหลวติดอยู่บริเวณหนังและมีแรงงานคัดแยกเป็นไขมันชนิดไม่มีเนื้อติด โดยสหกรณ์ฯ จำหน่ายในกิโลกรัมละ 13 บาท



รูปที่ 1 ไขมันชนิดอ่อน

1.1.2 ไขมันชนิดแช่แข็ง เป็นไขมันที่ได้หลังจากการนำเนื้อไปบ่มซากที่อุณหภูมิ 0 - 4 °C นาน 7 วัน แล้วนำเนื้อมาแยกชิ้นส่วนต่างๆ ไขมันที่ได้จะมีส่วนของเนื้อติดมาด้วยโดยสหกรณ์ฯ จำหน่ายในกิโลกรัมละ 20 บาท



รูปที่ 2 ไขมันชนิดแช่แข็ง

1.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิตน้ำมันไบโอดีเซลจากไขมันโคขุนโพนยางคำ

1.2.1 เครื่องผลิตน้ำมันไบโอดีเซล

- เครื่องผลิตไบโอดีเซลขนาด 5 ลิตร ใช้ทดลองการทำปฏิกิริยาทางเคมีเพื่อหาความเหมาะสมการเป็นน้ำมันไบโอดีเซล

- เครื่องผลิตไบโอดีเซลขนาด 50 ลิตร ใช้ในการทดลองหาต้นทุนด้านเศรษฐศาสตร์ของการผลิตน้ำมันไบโอดีเซลจากไขมันโคขุนโพนยางคำ

1.2.2 สารเคมีที่ใช้ในการทำปฏิกิริยา

- โปรแตสเซียมไฮดรอกไซด์, เมทิลแอลกอฮอล์, น้ำส้มสายชู, ไอโซโพรพานอล, ฟีนอล์ฟทาลิน

1.3 อุปกรณ์ที่ใช้ในการหาคุณสมบัติของน้ำมันไบโอดีเซล

- เครื่องทดสอบความหนืดแบบเซย์โบลท์ ยี่ห้อ SDM. Art.180/3

- เครื่องทดลองหาจุดวาบไฟแบบปิดรุ่น Art. 755

- เครื่องทดลองหาจุดวาบไฟและจุดติดไฟแบบเปิดรุ่น Art. 890

- เครื่องทดสอบหาค่าความร้อนของเชื้อเพลิง Art. 20602/2070

1.4 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบน้ำมันไบโอดีเซลที่ผลิตจากไขมันโคขุนโพนยางคำ

- เครื่องยนต์ดีเซลเล็ก 4 จังหวะแบบสูบเดี่ยวยี่ห้อ YANMAR รุ่น TF115-L

- เครื่องทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์ ยี่ห้อ TecQuipment

- เครื่องทดสอบควันท้าเครื่องยนต์ ยี่ห้อ HESHBON รุ่น HBN-1500B

- น้ำมันไบโอดีเซล B5 (ปตท.) เป็นเชื้อเพลิงหลักในการทดสอบเปรียบเทียบสมรรถนะ, อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง, การทดสอบปริมาณควันท้าไอเสียเครื่องยนต์

วิธีการทดลอง

การทดลองเพื่อผลิตเป็นน้ำมันไบโอดีเซลโดยแบ่งเป็น 3 ส่วน

2.1 การทดลองผลิตวัตถุดิบ

2.2 การทดลองการผลิตน้ำมันไบโอดีเซล

2.3 การทดสอบคุณภาพของน้ำมันไบโอดีเซลที่ผลิตจากไขมันโคขุนโพนยางคำ

2.1 การทดลองผลิตวัตถุดิบ

ใช้ไขมันชนิดอ่อนและไขมันแข็ง ชนิตละ 50 kg ก่อนการผลิตเป็นน้ำมันโคด้วยการทอดโดยใช้แก๊สหุงต้ม (LPG) ใช้วิธีการทดลอง 3 วิธี คือ ให้ความร้อนด้วยการตากแดด, วิธีการบด, ตากแดดและบด



รูปที่ 3 การตากไขมัน



รูปที่ 4 การบดไขมัน



รูปที่ 5 การทอดโดยใช้แก๊สหุงต้ม

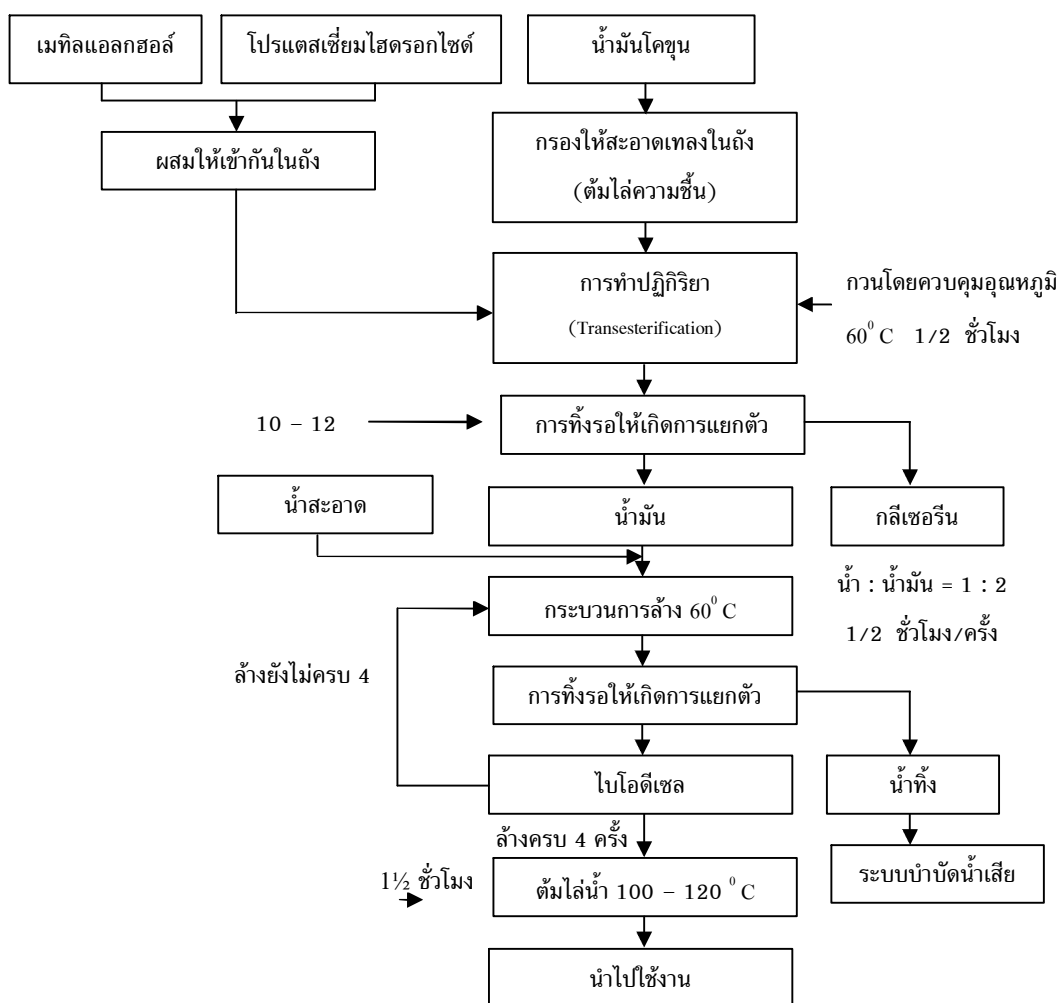
2.2 การทดลองการผลิตน้ำมันไบโอดีเซล

2.2.1 กระบวนการผลิตน้ำมันไบโอดีเซล

การผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันโคขุนโพนยางคำ ใช้กระบวนการทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน

(Transesterification process) ในการทดลองจะแบ่งปริมาณสารเคมีที่คำนวณได้ ทำปฏิกิริยา 3 แบบ ดังนี้

ทำปฏิกิริยา 1 ครั้ง	= 100 %
ทำปฏิกิริยา 2 ครั้ง	= 60 : 40 %
ทำปฏิกิริยา 3 ครั้ง	= 50 : 25 : 25 %



รูปที่ 5 แผนภูมิแสดงขั้นตอนการผลิตน้ำมันไบโอดีเซลโคขุนโพนยางคำ



รูปที่ 6 น้ำมันโค



รูปที่ 7 อุ่นและกรอบ



รูปที่ 8 เทน้ำมันลงเครื่อง



รูปที่ 9 การทำปฏิกิริยา



รูปที่ 10 เติมน้ำส้มสายชู



รูปที่ 11 แยกกลีเซอรีน



รูปที่ 12 ต้มล้างน้ำ



รูปที่ 13 น้ำมันไบโอดีเซล



รูปที่ 14 อุปกรณ์และตัวอย่างการผลิต

2.2.2 การคิดราคาประมาณการค่าน้ำมันไบโอดีเซลที่ผลิตจากไขมันโคขุนโพนยางคำ

การประมาณการค่าน้ำมันไบโอดีเซลที่ผลิตจากไขมันโคขุนโพนยางคำจะคิดจากต้นทุนการผลิตเทียบกับปริมาณน้ำมันไบโอดีเซลที่ผลิตได้ ดังตารางที่ 3 - 5

$$\frac{\text{ราคาน้ำมันดีเซล/ ลิตร}}{\text{ราคาต้นทุนการผลิต}} = \frac{\text{ค่าวัตถุดิบ + ค่าสารเคมี + ค่าไฟฟ้า}}{\text{ปริมาณน้ำมันไบโอดีเซลที่ได้}}$$

ตารางที่ 3 รายการต้นทุนการผลิตน้ำมันไบโอดีเซลจากไขมันโคขุนโพนยางคำ

รายการ	หน่วย	ราคาต่อหน่วย (บาท)
1. ไขมันชนิดอ่อน	1 kg	13
2. ไขมันชนิดแข็ง	1 kg	20
3. โพรแตสเชื่อมไฮดรอกไซด์	1 kg	80
4. น้ำกลั่น	1 ขวด	10
5. ฟีนอล์ฟทาลีน	1 ขวด	60
6. เอลทิลแอลกอฮอล์	1 ขวด	120
7. เมทิลแอลกอฮอล์	20 liter	420
8. น้ำส้มสายชู	5 liter	40
9. แก๊สหุงต้ม (LPG)	1kg	18.33
10. ค่าไฟฟ้า	kWh	3.80

ตารางที่ 4 ราคาต้นทุนการผลิตน้ำมันไบโอดีเซลจากไขมันโคขุนโพนยางคำด้วยเครื่องผลิตขนาด 5 ลิตร

รายการ	ปริมาณที่ใช้ต่อการทดลอง	ราคาต่อการทดลอง (บาท)	
1. ไขมันชนิดอ่อน	5 liter	65	
3. โพรแตสเชื่อมไฮดรอกไซด์	50 g	4	
4. น้ำกลั่น	1 ขวด	10	
5. ฟีนอล์ฟทาลีน	1 cc.	6	
6. เอลทิลแอลกอฮอล์	10 cc.	2	
7. เมทิลแอลกอฮอล์	1 liter	21	
8. น้ำส้มสายชู	1 liter	9	
9. แก๊สหุงต้ม (LPG)	0.15 kg	2.74	
10. ค่าไฟฟ้า	kWh x ราคาต่อหน่วย	ค่าไฟฟ้า	รวมเป็นเงิน
ทำปฏิกิริยา 1 ครั้ง	4.4 x 3.80	16.72	135.72
ทำปฏิกิริยา 2 ครั้ง	6.8 x 3.80	25.84	144.84
ทำปฏิกิริยา 3 ครั้ง	8.0 x 3.80	30.40	149.14

ตารางที่ 5 ราคาต้นทุนการผลิตน้ำมันไบโอดีเซลจากไขมันโคขุนโพนยางคำด้วยเครื่องผลิตขนาด 50 ลิตร

รายการ	ปริมาณที่ใช้ต่อการทดลอง	ราคาต่อการทดลอง (Bath)
1. ไขมันชนิดอ่อน	50 liter	650
3. โพรแตสเชื่อมไฮดรอกไซด์	500 g	40
4. น้ำกลั่น	1 ขวด	10
5. ฟีนอล์ฟทาลีน	1 cc.	6
6. เอลทิลแอลกอฮอล์	1 cc.	2

ตารางที่ 5 ราคาต้นทุนการผลิตน้ำมันไบโอดีเซลจากไขมันโคขุนโพนยางคำด้วยเครื่องผลิตขนาด 50 ลิตร (ต่อ)

รายการ	ปริมาณที่ใช้ต่อการทดลอง	ราคาต่อการทดลอง (Bath)
7. เมทิลแอลกอฮอล์	10 liter	210
8. น้ำส้มสายชู	10 liter	80
9. แก๊สหุงต้ม (LPG)	2 kg	36.66
10. ค่าน้ำ	100 liter (0.10 m ³)	0.85
11. ค่าไฟฟ้า	18.70 kWh	71.06
รวมเป็นเงิน		1,106.57

หมายเหตุ การทดลองการทำปฏิกิริยา 2 ครั้งเท่านั้น

2.3 การทดสอบคุณภาพของน้ำมันไบโอดีเซลที่ผลิตจากไขมันโคขุนโพนยางคำ ทำการทดสอบ 2 วิธี

2.3.1 ทดสอบหาคุณสมบัติของน้ำมันไบโอดีเซลจากไขมันโคขุนโพนยางคำ

นำตัวอย่างน้ำมันไบโอดีเซลจากไขมันโคขุนโพนยางคำ 3 ชนิด หาค่าความหนาแน่น, ค่าความหนืด, จุดวาบไฟ, จุดติดไฟและค่าความร้อนของเชื้อเพลิง

2.3.2 การทดสอบการใช้น้ำมันไบโอดีเซลที่ผลิตจากไขมันโคขุนโพนยางคำกับเครื่องยนต์ดีเซลเล็ก

1. ทดสอบใช้น้ำมันไบโอดีเซลที่ผลิตจากไขมันโคขุนโพนยางคำกับเครื่องยนต์ดีเซลเล็ก



รูปที่ 15 ใช้น้ำมันไบโอดีเซลโคขุนโพนยางคำกับเครื่องยนต์ดีเซลเล็ก

2. ทดสอบสมรรถนะ, อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงและปริมาณควันดำไอเสียเครื่องยนต์ใช้น้ำมันไบโอดีเซลที่ผลิตจากไขมันโคขุนโพนยางคำ เปรียบเทียบกับน้ำมันไบโอดีเซล B5 (ปตท.) ในการทดสอบกับเครื่องยนต์ดีเซลเล็ก YANMAR รุ่น TF115-L ทดสอบที่ความเร็ว 600, 900, 1,200, 1,500, 1,800, 2,100, 2,400 rpm



รูปที่ 16 ทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์

ผลการศึกษา

3.1 ผลการทดลองผลิตวัตถุดิบ ดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ผลการทดลองเปรียบเทียบกระบวนการผลิตน้ำมันโคที่จะเลือกใช้เป็นวัตถุดิบ

ชนิด	จำนวน kg	การทดลอง			ไขมันที่ได้ kg	ใช้แก๊ส หุงต้ม kg	ใช้เวลาทอด ชั่วโมง h	ได้ น้ำมันโค liter
		แยกเนื้อ	ตากแดด	บด				
ไขมันอุ่น	50	x	1	x	49.80	3.10	3.25	50.50
ไขมันอุ่น	50	x	x	1	50.00	2.00	2.30	50.50
ไขมันอุ่น	50	1	1	1	49.80	1.70	2.21	50.00
ไขมันแช่แข็ง	50	1	x	1	40.40	1.40	2.00	30.00

หมายเหตุ x = ไม่ได้ทำการทดลอง, 1 = ทำการทดลอง

3.2 ผลการทดลองหาต้นทุนในการผลิต

ตารางที่ 7 ผลการทดลองเปรียบเทียบราคาต้นทุนการผลิตน้ำมันไบโอดีเซลที่ผลิตจากไขมันโคขุนโพนยางคำ

จำนวน liter	ทำปฏิกิริยา ครั้ง	ใช้ไฟฟ้า h	ได้น้ำมันไบโอดีเซล liter	ราคาต้นทุน Bath	ราคาต่อลิตร Bath
5	1	5.5	4.40	135.72	30.84
5	2	8.5	4.25	144.84	34.08
5	3	10	4.10	149.14	36.37
50	2	8.5	43.00	1,106.57	25.73

3.3 ผลการทดสอบคุณภาพน้ำมันไบโอดีเซลที่ผลิตจากไขมันโคขุนโพนยางคำ

3.3.1 ผลการทดสอบคุณสมบัติของน้ำมัน

ตารางที่ 8 ผลการทดสอบคุณสมบัติของน้ำมัน

คุณสมบัติที่ตรวจสอบ	ผลการตรวจสอบน้ำมัน			มาตรฐานที่กำหนด
	ทำปฏิกิริยา 1 ครั้ง	ทำปฏิกิริยา 2 ครั้ง	ทำปฏิกิริยา 3 ครั้ง	
1. ค่าความหนาแน่นที่ 25 °C	x	860 kg/m ³	870 kg/m ³	ASTM D1298
2. ค่าความหนืด ที่ 40 °C	x	5.8 cSt	4.6 cSt	-
3. จุดวาบไฟชนิดเปิด	x	165 °C	146 °C	ASTM D 4206
4. จุดติดไฟชนิดเปิด	x	171 °C	152 °C	ASTM D 4206
5. อัตราการไหลที่ 15 °C	เป็นไขมันเกาะติดไมไหล	0.4695 ml/s	0.9090 ml/s	ASTM D88
6. จุดวาบไฟชนิดปิด	160 °C	164 °C	165 °C	ASTM D93
7. จุดติดไฟชนิดปิด	168 °C	188 °C	174 °C	ASTM D93
8. ค่าความร้อนเชื้อเพลิง (kJ/kg)	37,875.00	39,271.83	39,585.61	ASTM D240

หมายเหตุ x = ไม่ได้ทำการทดสอบ

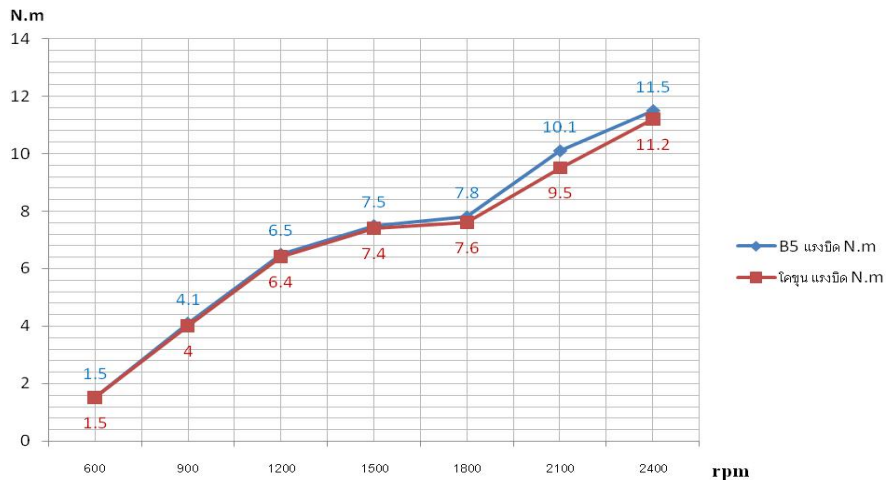
3.3.2 ผลการทดสอบใช้น้ำมันไบโอดีเซลที่ผลิตจากไขมันโคขุนโพนยางคำกับเครื่องยนต์

ผลการทดสอบใช้น้ำมันไบโอดีเซลที่ผลิตจากไขมันโคขุนโพนยางคำกับเครื่องยนต์ดีเซลเล็ก 4 จังหวะแบบสูบเดี่ยวยี่ห้อ YANMAR รุ่น TF115 สามารถติดเครื่องเดินเบาได้ดี และมีอัตราเร่งดี ไม่พบปัญหาที่จะเกิดขึ้นกับเครื่องยนต์

3.3.3 ผลการทดสอบสมรรถนะ, อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงและปริมาณควันดำไอเสียเครื่องยนต์

ตารางที่ 9 ผลการทดสอบแรงบิดของเครื่องยนต์

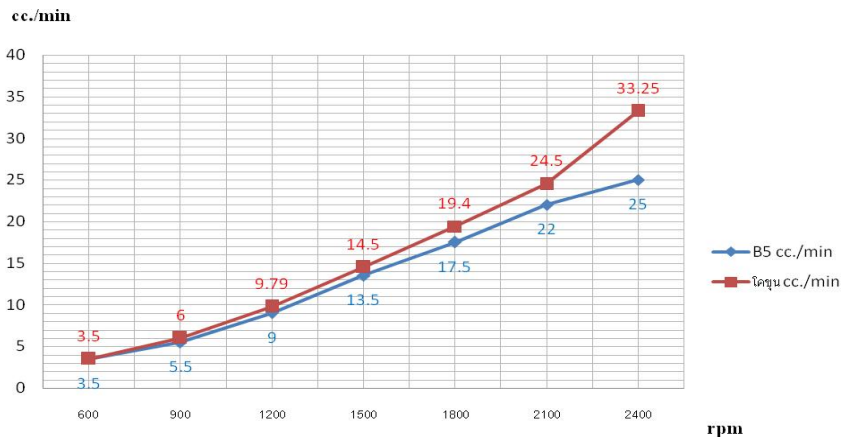
ความเร็วรอบ	ค่าแรงบิดน้ำมันไบโอดีเซล B5	ค่าแรงบิดน้ำมันไบโอดีเซลโคขุนโพนยางคำ
rpm	N.m	N.m
600	1.50	1.50
900	4.10	4.00
1,200	6.50	6.40
1,500	7.50	7.40
1,800	7.80	7.60
2,100	10.10	9.50
2,400	11.50	11.20



รูปที่ 17 กราฟแสดงการเปรียบเทียบแรงบิดของเครื่องยนต์

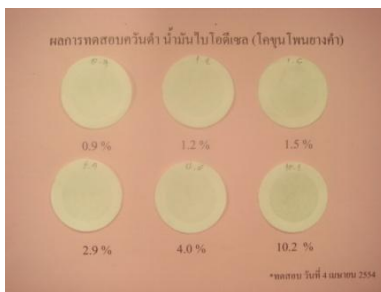
ตารางที่ 10 ผลการทดสอบอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง

ความเร็วรอบ rpm	ปริมาณน้ำมันไบโอดีเซล B5		ปริมาณน้ำมันไบโอดีเซลโคขุนโพยงคำ	
	cc./min.	liter/h	cc./min	liter/h
600	3.50	0.21	3.50	0.21
900	5.50	0.33	6.00	0.36
1,200	9.00	0.54	9.70	0.58
1,500	13.50	0.81	14.50	0.87
1,800	17.50	1.05	19.40	1.16
2,100	22.00	1.32	24.50	1.47
2,400	25.00	1.50	33.25	1.99



รูปที่ 18 กราฟแสดงการเปรียบเทียบอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงของเครื่องยนต์

3.3.4 ผลการทดสอบปริมาณควันดำของเครื่องยนต์



รูปที่ 19 ปริมาณควันดำน้ำมันโคขุนโป้นยางคำ



รูปที่ 20 ปริมาณควันดำน้ำมัน B5

อภิปรายผลการศึกษา

การนำวัตถุดิบ 2 ชนิดมาทดสอบเปรียบเทียบกระบวนการผลิตน้ำมันโคจะพบว่าควรเลือกใช้ไขมันอ่อนมาบดแล้วให้ความร้อนด้วยการทอดจะเป็นวิธีในการผลิตน้ำมันโคที่เหมาะสมที่สุดเนื่องจากประหยัดเวลาและใช้แก๊สหุงต้มปริมาณน้อย ส่วนไขมันแซ่แข็งไม่เหมาะสมที่จะเลือกใช้เป็นวัตถุดิบ เนื่องจากมีราคาสูงกว่าใช้เวลาและได้ปริมาณน้ำมันที่น้อยกว่าเมื่อเปรียบเทียบต่อปริมาณเท่ากัน การผลิตน้ำมันไบโอดีเซลที่เหมาะสมคือการปฏิกิริยา 2 ครั้ง ด้วยผลจากการทดสอบคุณสมบัติการเป็นน้ำมันไบโอดีเซลซึ่งพบว่าทำปฏิกิริยา 1 ครั้งที่อุณหภูมิ 15 °C เป็นไขมันเกาะติดไม่ไหลเนื่องจากน้ำมันโคมีกรดไขมันอิสระสูงไม่สามารถแยกออกได้หมดในครั้งเดียว ส่วนการทำปฏิกิริยา 3 ครั้งจะพบว่าค่าความหนืดและค่าความร้อนของเชื้อเพลิงจะลดลง ตลอดจนถึงใช้เวลาต้นทุนในการผลิตมากขึ้น การผลิตด้วยเครื่องผลิตไบโอดีเซล

ขนาด 5 ลิตร มีความเหมาะสมสำหรับการทดลองหรืออบรมสาธิต เนื่องจากต้นทุนต่อลิตรสูง การผลิตจากเครื่องผลิตน้ำมันไบโอดีเซล ขนาด 50 ลิตร มีความเหมาะสมทางเศรษฐศาสตร์เนื่องจากต้นทุนการผลิตต่อลิตรต่ำกว่าน้ำมันไบโอดีเซลที่มีจำหน่ายในสถานบริการน้ำมันทั่วไปจึงมีความเหมาะสมในทางเศรษฐศาสตร์

ผลจากการทดสอบการใช้น้ำมันไบโอดีเซลที่ผลิตจากไขมันโคขุนโพนยางคำกับเครื่องยนต์ดีเซลเล็กไม่พบปัญหาที่จะเกิดขึ้นกับเครื่องยนต์ สอดคล้องกับ (อิทธิพล และคณะ, 2547) ได้ทำการทดสอบการใช้น้ำมันไบโอดีเซล 50% ผสมกับน้ำมันดีเซล 50% เปรียบเทียบกับน้ำมันไบโอดีเซล 100% โดยปริมาตร ไปทดสอบใช้กับเครื่องยนต์ดีเซลขนาดเล็ก 1 สูบ โดยเปรียบเทียบคุณสมบัติต่างๆ เช่น จุดไหลเท จุดวาบไฟ จุดติดไฟ และความถ่วงจำเพาะ เป็นต้น ผลที่ได้พบว่า น้ำมันไบโอดีเซลสามารถนำไปใช้กับเครื่องยนต์ได้โดยไม่ทำให้เกิดปัญหาเครื่องยนต์เดินสะดุดและไม่ทำให้สมรรถนะของเครื่องยนต์เปลี่ยนแปลงอย่างชัดเจน (สุทธิพันธ์ และคณะ, 2549) ได้ทำการวิจัย พบว่า มีการสึกหรอของเครื่องยนต์น้อยมากอาจกล่าวได้ว่าเป็นการสึกหรอของเครื่องยนต์ตามปกติของการใช้งานทั่วๆ ไปอีกทั้งไม่มีสิ่งปนเปื้อนหลงเหลือจากการสันดาป อันจะก่อให้เกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อมใดๆ แสดงให้เห็นว่าน้ำมันไบโอดีเซลจากน้ำมันพืชใช้แล้วมีคุณภาพและสามารถนำน้ำมันไบโอดีเซล 100% นี้มาใช้งานกับเครื่องยนต์ดีเซลสี่จังหวะแบบสูบเดี่ยวได้โดยไม่เกิดผลเสียต่อเครื่องยนต์

ผลการตรวจสอบน้ำมันไบโอดีเซลที่ผลิตได้จากไขมันโคขุนโพนยางคำซึ่งมีคุณสมบัติใกล้เคียงเมื่อเปรียบเทียบกับ กำหนดคุณลักษณะและคุณภาพไบโอดีเซลประเภทเมทิลเอสเทอร์ของกรดไขมัน พ.ศ. 2548 และ ลักษณะและคุณภาพของน้ำมันดีเซล พ.ศ.2547 ตามประกาศกรมธุรกิจพลังงาน

ผลการทดสอบแรงบิดและอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงของเครื่องยนต์ดีเซลเล็กที่ใช้น้ำมันไบโอดีเซลที่ผลิตจากไขมันโคขุนโพนยางคำเปรียบเทียบกับน้ำมันไบโอดีเซล B5 ที่ความเร็วรอบต่างกัน ผลการทดสอบเปรียบเทียบแรงบิดพบว่าที่ความเร็วรอบต่ำจะมีค่าแรงบิดเท่ากันความเร็วรอบสูง (Cetinkaya M. et al., 2005) น้ำมันไบโอดีเซล B5 จะมีค่าแรงบิดมากกว่าทั้งนี้เนื่องจากค่าความร้อนของน้ำมันไบโอดีเซลมีค่าน้อยกว่าน้ำมันดีเซล แต่เมื่อเปรียบเทียบอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันกับกำลังของเครื่องยนต์ จะพบว่าอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันของไบโอดีเซลมีค่าสูงกว่าน้ำมันดีเซลเนื่องจากไบโอดีเซลมีความหนาแน่นมากกว่าทำให้ปริมาณเชื้อเพลิงที่ถูกฉีดเข้าเครื่องยนต์มีปริมาณมากกว่า (กุลเชษฐ์ และคณะ, 2548) เมื่อนำน้ำมันไบโอดีเซลมาทดสอบกับเครื่องยนต์ดีเซลขนาดเล็ก พบว่าแรงบิดที่ได้จากการใช้น้ำมันไบโอดีเซลมีค่าน้อยกว่าน้ำมันดีเซลเช่นกัน และสอดคล้องกับ (วัชรพล และคณะ, 2549) พบว่า แรงบิดและกำลังที่ออกมาจากเครื่องยนต์ เมื่อใช้น้ำมันไบโอดีเซลจะมีค่าน้อยกว่าเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลประมาณ 3 - 5% ทั้งนี้เนื่องมาจากน้ำมันไบโอดีเซลมีค่าความร้อนต่ำกว่าน้ำมันดีเซล แต่เมื่อพิจารณาอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงพบว่าอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงของเชื้อเพลิงทั้งสองชนิดมีค่าใกล้เคียงกันทั้งนี้เนื่องจากจำนวนโมเลกุลของออกซิเจนในน้ำมันไบโอดีเซลมีมากกว่า

จากผลการวัดปริมาณควันดำ น้ำมันไบโอดีเซลที่ผลิตจากไขมันโคขุนโพนยางคำ = 10.2% มีค่าน้อยกว่าน้ำมันไบโอดีเซล B5 ที่วัดได้ = 15.5% สอดคล้องกับงานวิจัย (อิทธิพล วรพันธ์ และคณะ, 2547)

พบว่า ปริมาณควันดำที่วัดได้ อยู่ในช่วง 3.35 – 12.4% คือ น้ำมันไบโอดีเซล (B 100) และน้ำมันไบโอดีเซลที่ผสมเอทานอล (BE 95, BE 90 และ BE 85) ซึ่งเป็นเชื้อเพลิงที่มีออกซิเจนเป็นองค์ประกอบ ปริมาณควันดำจากไอเสียของเครื่องยนต์จะมีค่าลดลง โดยเฉพาะเชื้อเพลิงไบโอดีเซลผสมเอทานอล (BE 85) ปริมาณควันดำลดลงมากที่สุดประมาณ 30.1% เมื่อเทียบกับน้ำมันดีเซล และปริมาณควันดำที่ใช้ น้ำมันไบโอดีเซลที่ผลิตจากไขมันโคขุนโพนยางคำวัด อยู่ภายใต้มาตรฐานที่กรมการขนส่งกำหนดคือ 50% (กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม, 2540)

สรุปผลการศึกษา

กระบวนการผลิตน้ำมันไบโอดีเซลจากไขมันโคขุนโพนยางคำที่เหมาะสมจะต้องเลือกวัตถุดิบที่เป็นไขมันอ่อนโดยผ่านกระบวนการผลิตไบโอดีเซล แบบทำปฏิกิริยา 2 ครั้ง และผลิตจากเครื่องผลิตน้ำมันไบโอดีเซลขนาดใหญ่มีปริมาณมากต่อครั้งการผลิต จึงจะมีความเหมาะสมทางเศรษฐศาสตร์ (เปรียบเทียบราคาน้ำมันดีเซล B5 (ปตท.) ภูมิภาค อำเภอมือง จังหวัดสกลนคร ลิตรละ 30.61 บาท ณ วันที่ 2 มิถุนายน 2554) และมีคุณสมบัติการเป็นน้ำมันไบโอดีเซลที่เหมาะสมเนื่องจากมีคุณลักษณะและคุณภาพใกล้เคียงกับน้ำมันไบโอดีเซลตามประกาศกรมธุรกิจพลังงาน

น้ำมันไบโอดีเซลที่ผลิตจากไขมันโคขุนโพนยางคำจะมีสมรรถนะของเครื่องยนต์น้อยกว่าน้ำมันดีเซล B5 และอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงจะมากกว่าในรอบเครื่องยนต์สูง ปริมาณควันดำมีค่าน้อยกว่า น้ำมันไบโอดีเซล B5 น้ำมันไบโอดีเซลที่ผลิตได้จากไขมันโคขุนโพนยางคำจึงเป็นน้ำมันเชื้อเพลิงที่มีการเผาไหม้สมบูรณ์และไม่เกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม สามารถนำมาใช้ได้กับเครื่องยนต์ดีเซลเล็กโดยไม่ต้องปรับแต่งเครื่องยนต์

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี เนื่องจากได้รับคำแนะนำและคำปรึกษาตลอดจนแก้ไขปัญหาต่างๆ ในขั้นตอนของการวิจัยเป็นอย่างยิ่งจาก ดร.สมภพ ปัญญาสมพรรค ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และรองศาสตราจารย์ทวีวัฒน์ สุภาราส เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ขอขอบคุณหน่วยงาน สหกรณ์การเลี้ยงปศุสัตว์ กรป. กลางโพนยางคำ จำกัด จังหวัดสกลนคร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตสกลนครและวิทยาเขตกาฬสินธุ์ วิสาหกิจชุมชนเกษตรพลังงานสกลนครที่ท่านได้ให้ให้ความอนุเคราะห์เครื่องมือในการตรวจสอบและคำปรึกษาช่วยเหลือมาโดยตลอดและขอขอบคุณ เพื่อนๆ ทุกคนที่มีส่วนช่วยให้การทำงานสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม. (2540). *การกำหนดมาตรฐานค่าควันดำจากท่อไอเสียของรถยนต์ที่ใช้เครื่องยนต์ดีเซล*. ประกาศในราชกิจจานุเบกษา เล่ม 114 ตอนที่ 76 ง.