



การประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย
ระดับชาติ ครั้งที่ 20 วันที่ 14-15 มีนาคม 2562
ณ โรงแรมฮาร์ตโรค พัทยา จังหวัดชลบุรี
Available online at www.tsae.asia

คุณลักษณะและคุณสมบัติบางประการของไบโอแก๊สโซลีนและไบโอดีเซลจากไพโรไลซิสเรซินแข็งของยางนา
Characteristic and Some Properties of Biogasoline and Biodiesel from Pyrolysis Hard Resin of
Yang-Na (*Dipterocarpus alatus* Roxb.)

โชคชัย ชูย้อย¹, กิตติพงษ์ ลาลูน^{1*}, สมพร เกษแก้ว²
Chokchai Suiyay¹, Kittipong Laloon^{1*}, Somporn Katekaew²

¹ศูนย์วิจัยเครื่องจักรกลเกษตรและวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยว ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น, 40002

¹Agricultural Machinery Research and Postharvest Technology Center, Department of Agricultural Engineering, Faculty of Engineering, Khon Kaen University, Khon Kaen, 40002, Thailand

²ภาควิชาชีวเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น, 40002

² Department of Biochemistry, Faculty of Science, Khon Kaen University, Khon Kaen, 40002, Thailand

*Corresponding author: Tel: +66-6-3792-5155, Fax: +66-43-362-149, E-mail: kittila@kku.ac.th

บทคัดย่อ

การศึกษาคุณลักษณะและคุณสมบัติบางประการของน้ำมันไบโอแก๊สโซลีนและไบโอดีเซลจากเรซินแข็งของยางนาเพื่อประเมินความเป็นไปได้ในการนำไปใช้กับเครื่องยนต์ รวมทั้งการทำงานของเครื่องยนต์เมื่อน้ำมันเชื้อเพลิงจากเรซินแข็งของยางนา น้ำมันไบโอแก๊สโซลีนและไบโอดีเซลถูกผลิตจากเรซินที่เหลือจากการกลั่นน้ำมันยางนา และทำการตรวจวัดคุณสมบัติที่สำคัญของน้ำมันเชื้อเพลิงตามวิธีมาตรฐาน American Society for Testing and Materials (ASTM) โดยอ้างอิงประกาศของกรมธุรกิจพลังงาน ได้แก่ ความหนาแน่น ความหนืด ค่าความร้อน การกลั่น การกัดกร่อน ค่าออกเทน ปริมาณกำมะถัน พร้อมทั้งเปรียบเทียบกับค่าคุณสมบัติของน้ำมันเชื้อเพลิงมาตรฐาน ผลการศึกษาพบว่า น้ำมันไบโอแก๊สโซลีนมีค่า ออกเทน การกัดกร่อนแผ่นเงิน ปริมาณกำมะถัน ค่าความร้อนและความหนืด อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน สำหรับน้ำมันไบโอดีเซลมีค่า ความหนืด การกัดกร่อนแผ่นทองแดง ปริมาณกำมะถัน ค่าความร้อน อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน ในส่วนค่าความหนาแน่นของน้ำมันทั้งสองชนิดมีค่าสูงกว่าค่ามาตรฐาน สำหรับการกลั่นของน้ำมันไบโอแก๊สโซลีนและไบโอดีเซลมีลักษณะที่คล้ายกับน้ำมันแก๊สโซลีนและดีเซล ตามลำดับ จากผลการศึกษาโดยรวมพบว่าผลิตภัณฑ์น้ำมันไบโอแก๊สโซลีนและไบโอดีเซลสามารถใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับเครื่องยนต์สันดาปภายในได้โดยไม่ส่งผลกระทบต่อสมรรถนะของเครื่องยนต์

คำสำคัญ: ยางนา, น้ำมันเชื้อเพลิง, ไพโรไลซิส

Abstract

A study of some characteristics and properties of biogasoline and biodiesel from the hard resin of Na Yang (HY) to assess the feasibility of applying to the engines and the operation of the engines when using biofuel from the HY. The product biogasoline and biodiesel were produced from the hard resin obtained from the residues in the Yang-Na oil refining process. The important properties of these fuels such as density, viscosity, heating value, distillation, corrosion and octane number were measured according to the American Society for Testing and Materials (ASTM) standard method. These properties are compared with standard values and commercial fuels properties. The results indicated that, properties of biogasoline: octane, silver strip corrosion, Sulfur content, lower heating value and viscosity are in the range of standard gasoline fuel, properties of biodiesel: viscosity, copper strip corrosion, Sulfur content and lower heating value are in the range of standard diesel fuel. While the density of both types fuel are higher than the standards. For distillation tests of biogasoline and biodiesel, similar to gasoline and diesel, respectively. From these results, it can be concluded that the biogasoline and biodiesel made from HY can be used efficiently in internal combustion engines, and there will be no problems in the performance of the engines.

Keywords: Yang-Na, fuels, Pyrolysis

1 บทนำ

พลังงานเชื้อเพลิงมีความจำเป็นและเป็นที่ต้องการเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากการขยายตัวของอุตสาหกรรมและการเพิ่มขึ้นของประชากรโลก ซึ่งในปัจจุบันพลังงานพื้นฐานที่ใช้ในเครื่องยนต์คือ เชื้อเพลิงจากปิโตรเลียม ซึ่งมีแนวโน้มลดลง นอกจากนี้ผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียมยังทำให้เกิดมลพิษทางอากาศผ่านการปล่อยไอเสียที่เป็นอันตราย ดังนั้นจึงมีการศึกษาวิจัยจำนวนมากที่มุ่งเน้นหาแหล่งพลังงานใหม่ที่สามารถทดแทนและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม (Çay et al., 2012), (Arpa et al., 2010) ทำให้ในหลายปีที่ผ่านมา มีการใช้พลังงานทดแทนเพิ่มมากขึ้น โดยได้นำของเสียต่างๆ มาเป็นแหล่งพลังงาน เช่น ขยะ พลาสติก ยางรถยนต์ วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร ในจำนวนนี้เรซินแข็งของยางนาเป็นวัตถุดิบใหม่ที่มีศักยภาพในการนำมาเป็นแหล่งพลังงานทดแทน

ยางนา (*Dipterocarpus alatus* Roxb.) เป็นไม้ยืนต้นขนาดกลางถึงขนาดใหญ่ ความสูงของลำต้นประมาณ 40 m หรือมากกว่า (Flora Fauna Web, 2013) ลำต้นเป็นทรงกระบอกสูงเปลาตรงประมาณ 20-30 m (Kerala Forest Research Institute, 1985) ต้นยางนาพบได้ทั่วไปในแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ มีการกระจายพันธุ์มากในประเทศไทย กัมพูชา ลาว เวียดนาม และฟิลิปปินส์ มักเกิดขึ้นตามที่ราบลุ่มริมฝั่งแม่น้ำ (Ashton, 1982) ไม้ยางนาสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในงานโครงสร้าง งานเฟอร์นิเจอร์ นอกจากนี้ในวิถีชีวิตดั้งเดิมของคนในแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้มีการนำเรซินของต้นยางหรือที่เรียกกันทั่วไปว่าน้ำมันยางมาใช้ประโยชน์ในด้านสมุนไพรพื้นบ้าน สีเคลือบไม้ กาวารูรั้วของเรือ ทำเชื้อไฟ มหาวิทยาลัยขอนแก่นได้พัฒนาเทคนิคการเก็บน้ำมันยางนาโดยใช้ส่วไฟฟ้าเจาะเข้าไปในลำต้นและต่อท่อให้น้ำมันไหลสู่ภาชนะเก็บโดยไม่จำเป็นต้องเผาต้นไม้ พบว่าต้นยางนาปกติอายุ 20 ปี สามารถเจาะเก็บน้ำมันได้โดยเฉลี่ย 400 ml ต่อวัน และยังมี การศึกษานำน้ำมันจากต้นยางนามาผลิตน้ำมันไบโอดีเซลโดยวิธีการกลั่นภายใต้สภาวะสุญญากาศ ได้ส่วนที่เป็นน้ำมันไบโอดีเซล 60-70 vol% และเหลือส่วนที่เป็นเรซินแข็ง (Hard resin) 30-40 vol% เรซินแข็งที่เหลืออยู่มีปริมาณสูงจึงมีการศึกษานำเรซินแข็งไปใช้ประโยชน์ (Suiyay and Kittipong, 2017) ศึกษาผลของความสูงท่อร์ฟลักซ์ต่อปริมาณผลได้ของน้ำมันชีวภาพจากไพโรไลซิสจากยางเหนียว (เรซินแข็ง) ของน้ำมันยางนา โดยใช้วิธีไพโรไลซิสร่วมกับการรีฟลักซ์ ซึ่งท่อร์ฟลักซ์ (Reflux column) ทำจากท่อ Stainless ขนาด 25.4 mm ความยาวแตกต่างกัน 4 ขนาด คือ 0.9, 1.4, 1.9 และ 2.4 m ทำการทดลองที่ช่วงอุณหภูมิไพโรไลซิส 490-500 °C พบว่าสภาวะไพโรไลซิสที่ท่อร์ฟลักซ์ความสูง 1.9 m ได้น้ำมันชีวภาพสูงที่สุด 44.27 %wt ซึ่งประกอบด้วยน้ำมันเบา 14.52 %wt และน้ำมันหนัก 29.75 %wt และจากผลการตรวจวิเคราะห์คุณสมบัติเบื้องต้นของน้ำมันชีวภาพในแง่ของอุณหภูมิการกลั่นตัวเปรียบเทียบกับน้ำมันดีเซลและน้ำมันแก๊สโซลีนมาตรฐาน พบว่าคุณสมบัติของน้ำมันอยู่ในกลุ่มที่คล้ายกับ

น้ำมันเชื้อเพลิงมาตรฐานและมีความเป็นไปได้ในการพัฒนา นำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับเครื่องยนต์ อย่างไรก็ตามการที่จะนำน้ำมันเชื้อเพลิงไปใช้งานในเครื่องยนต์ยังต้องมีการศึกษาคูณสมบัติอื่นเพิ่มเติมอีก

คุณลักษณะและสมบัติของน้ำมันเชื้อเพลิงมีความสำคัญในการพิจารณาเพื่อนำไปใช้งาน โดยเฉพาะการนำไปใช้กับเครื่องยนต์ น้ำมันเชื้อเพลิงต้องมีคุณสมบัติเฉพาะตามลักษณะการทำงานของเครื่องยนต์ นอกจากนี้น้ำมันต้องไม่ส่งผลเสียให้กับเครื่องยนต์ในระยะยาว ดังนั้นจึงต้องศึกษาคุณลักษณะและคุณสมบัติบางประการของน้ำมันไบโอดีเซลและไบโอดีเซลจากเรซินแข็งของยางนา เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการนำน้ำมันเชื้อเพลิงจากเรซินแข็งของยางนาไปใช้กับเครื่องยนต์รวมทั้งการทำงานของเครื่องยนต์เมื่อนำน้ำมันเชื้อเพลิงจากเรซินแข็งของยางนาโดยทำการวิเคราะห์จากคุณสมบัติที่สำคัญตามมาตรฐานและประกาศของกรมธุรกิจพลังงาน

2 อุปกรณ์และวิธีการ

2.1 น้ำมันไบโอดีเซลและไบโอดีเซล

น้ำมันไบโอดีเซลและน้ำมันไบโอดีเซลในการศึกษานี้ได้ จากกระบวนการไพโรไลซิสเรซินแข็งของยางนา (hard resin of Yang Na) โดยใช้วิธีไพโรไลซิสร่วมกับการรีฟลักซ์ ด้วยท่อร์ฟลักซ์ (Reflux column) ทำจากท่อ Stainless ขนาด 25.4 mm ความยาวแตกต่างกัน 4 ขนาด คือ 0.9, 1.4, 1.9 และ 2.4 m ทำการทดลองที่ช่วงอุณหภูมิไพโรไลซิส 490-500 °C อัตราการไหลของยางเหนียว 50 ml min⁻¹ อุณหภูมิของยางเหนียวเริ่มต้น 180 °C ท่อควบคุมเป็นชนิดท่อสองชั้น ลักษณะการไหลของน้ำหล่อเย็นเป็นแบบสวนทางกัน อัตราการไหล 46 l min⁻¹ ไพโรไลซิสเป็นเวลา 1 hr น้ำมันไพโรไลซิสที่ได้นำไปกลั่นที่ช่วงอุณหภูมิ 40-350 °C ทำการเก็บผลิตภัณฑ์ตามช่วงอุณหภูมิการกลั่นสองช่วงคือ 40-200 °C และ 200-350 °C (ปริมาณผลิตภัณฑ์น้ำมันแสดงดัง Table 1) (Suiyay and Kittipong, 2017) สำหรับการศึกษาคุณสมบัติของน้ำมันเพิ่มเติมเลือกน้ำมันจากสภาวะไพโรไลซิสที่ได้ปริมาณน้ำมันมากที่สุด คือ ที่ความสูงท่อร์ฟลักซ์ 0.9 m ได้น้ำมันเชื้อเพลิง 44.27 %wt ประกอบด้วยน้ำมันเบา 14.52 %wt และน้ำมันหนัก 29.75 %wt โดยรายละเอียดวิธีการศึกษาคุณสมบัติของน้ำมันเชื้อเพลิงจะถูกนำเสนอในหัวข้อถัดไป

Table 1 Products from pyrolysis hard-resin of Yang-Na. (Suiyay and Kittipong, 2017)

Products	Height of Reflux column (m)			
	0.9	1.4	1.9	2.4
Biooil	42.87	43.00	44.27	39.60
Residual	32.54	27.56	19.76	14.00
Gas	24.58	29.44	35.97	46.40

2.2 การศึกษาคุณลักษณะและคุณสมบัติบางประการของน้ำมันไบโอแก๊สโซลีนและไบโอดีเซลจากเรซินแข็งของยางนา

น้ำมันไบโอแก๊สโซลีนและไบโอดีเซลจากเรซินแข็งของยางนา นำไปตรวจวัดคุณสมบัติที่สำคัญบางประการโดยอ้างอิงตามประกาศกรมธุรกิจพลังงาน เรื่อง การกำหนดลักษณะและคุณภาพของน้ำมันเชื้อเพลิง มีรายละเอียดการศึกษาดังต่อไปนี้

2.2.1 การศึกษาคุณลักษณะและคุณสมบัติบางประการของน้ำมันไบโอแก๊สโซลีน

น้ำมันแก๊สโซลีนหรือแก๊สโซลีน (Gasoline) เป็นเชื้อเพลิงที่ระเหยได้ง่าย ใช้เป็นเชื้อเพลิงของเครื่องยนต์ชนิดสันดาปภายใน โดยมีหัวเทียนเป็นเครื่องจุดระเบิด (Spark Ignition Internal Combustion Engine) ลักษณะและคุณสมบัติที่สำคัญของน้ำมันแก๊สโซลีนทั่วไป ได้แก่ ค่าออกเทน (Octane number) การกลั่น (Distillation) ความดันไอ (Vapor Pressure) ชาติกัมมะถัน การกัดกร่อน ยางเหนียว สำหรับน้ำมันไบโอแก๊สโซลีนในการศึกษานี้ ทำการตรวจวัดลักษณะและคุณสมบัติของน้ำมันโดยอ้างอิงคุณสมบัติตามประกาศกรมธุรกิจพลังงาน เรื่อง กำหนดลักษณะและคุณภาพของน้ำมันเบนซิน พ.ศ. 2555 โดยทำการตรวจวัดคุณสมบัติดังนี้ ค่าออกเทน โดยวิธีวิจัย (Research Octane Number, RON) ตามมาตรฐาน ASTM D2699 กำมะถันตามมาตรฐาน ASTM D2622 และการกัดกร่อนแผ่นเงิน (Silver Strip Corrosion) ตามมาตรฐาน ASTM D4814 พร้อมทั้งวิเคราะห์การกลั่น (Distillation) ของน้ำมันเพิ่มเติม นอกจากนี้ได้วัดคุณสมบัติอื่นเพิ่มเติม ได้แก่ ค่าความร้อน ตามมาตรฐาน ASTM D240 โดยใช้เครื่องวัด adiabatic bomb calorimeter ความหนืดตามมาตรฐาน ASTM D445 และค่าความถ่วงจำเพาะ ASTM D1298 ซึ่งค่าที่วัดได้เปรียบเทียบกับน้ำมันแก๊สโซลีนมาตรฐาน พร้อมทั้งวิเคราะห์ผลการตรวจวัดและความเหมาะสมสำหรับการนำไปใช้กับเครื่องยนต์แก๊สโซลีน

2.2.2 การศึกษาคุณลักษณะและคุณสมบัติบางประการของน้ำมันไบโอดีเซล

น้ำมันดีเซลมีจุดเดือดสูงกว่าน้ำมันแก๊สโซลีน การจุดระเบิดของเครื่องยนต์ดีเซล อาศัยความร้อนจากการอัดอากาศภายในกระบอกสูบและฉีดเชื้อเพลิงเข้าไปเพื่อให้เกิดการเผาไหม้ ลักษณะและคุณสมบัติที่สำคัญของน้ำมันดีเซล ได้แก่ ค่าความหนาแน่น จำนวนซีเทนหรือดัชนีซีเทน ค่าความหนืด กำมะถัน การกลั่น จุดไหลเท การกัดกร่อนแผ่นทองแดง ในการศึกษานี้ทำการวัดค่าคุณสมบัติของน้ำมันไบโอดีเซลจากเรซินแข็งของยางนา ดังนี้ ค่าความหนาแน่น (ASTM D1298) ค่าความหนืด (ASTM D445) การกลั่น (ASTM D86) กำมะถัน (ASTM D2622) การกัดกร่อนแผ่นทองแดง (Copper Strip Corrosion) ตามมาตรฐาน ASTM D130 และค่าความร้อน (ASTM D4814) รวมทั้งเปรียบเทียบค่าคุณสมบัติที่ได้กับน้ำมันมาตรฐาน อ้างอิงประกาศ

ของกรมธุรกิจพลังงาน เรื่อง กำหนดลักษณะและคุณภาพของน้ำมันดีเซล พ.ศ. 2556

3 ผลและวิจารณ์

3.1 ผลการศึกษาคุณลักษณะและคุณสมบัติบางประการของน้ำมันไบโอแก๊สโซลีนและไบโอดีเซลจากเรซินแข็งของยางนา

คุณลักษณะและการทดสอบการกลั่นของน้ำมันเชื้อเพลิงสำหรับเครื่องยนต์มีความสำคัญมากเนื่องจากคุณสมบัติเหล่านี้ต้องมีความเหมาะสมกับความต้องการของเครื่องยนต์ นอกจากนี้ยังเป็นตัวชี้วัดว่าการเผาไหม้จะเกิดขึ้นในห้องเผาไหม้ของเครื่องยนต์อย่างไร ดังนั้นจึงสามารถตัดสินใจได้โดยคำนึงถึงคุณสมบัติเหล่านี้ว่าสามารถใช้เชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ได้หรือไม่ (Arpa and Yumrutas, 2010)

3.1.1 ผลการศึกษาคุณลักษณะและคุณสมบัติบางประการของน้ำมันไบโอแก๊สโซลีน

น้ำมันไบโอแก๊สโซลีนนำไปตรวจวัดคุณลักษณะบางประการ ผลดังแสดงใน Table 2 คุณสมบัติบางประการที่ไม่ได้กำหนดไว้ในมาตรฐานของกรมธุรกิจพลังงานสำหรับน้ำมันแก๊สโซลีน แต่มีความสำคัญในการบ่งชี้ลักษณะการฉีดเป็นละอองฝอย การเผาไหม้ในห้องเผาไหม้และกำลังของเครื่องยนต์ เช่น ความหนาแน่น ความหนืด และค่าความร้อน ค่าความหนาแน่นของน้ำมันไบโอแก๊สโซลีนวัดได้ 0.814 g cm^{-3} มีค่าสูงกว่าน้ำมันแก๊สโซลีนออกเทน 95 (0.732 g cm^{-3}) อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาคุณสมบัติอื่น ได้แก่ ค่าความร้อนต่ำ (Lower Heating Value, LHV) ค่าความหนืด และค่า RON พบว่ามีค่าใกล้เคียงกับน้ำมันแก๊สโซลีนมาตรฐาน LHV ของน้ำมันไบโอแก๊สโซลีนมีค่า $43,440 \text{ kJ kg}^{-1}$ และน้ำมันแก๊สโซลีนมีค่า $43,260 \text{ kJ kg}^{-1}$ สำหรับค่าความหนืดของไบโอแก๊สโซลีน ($0.639 \text{ mm}^2 \text{ s}^{-1}$) มีค่าใกล้เคียงกับน้ำมันแก๊สโซลีน ($0.451 \text{ mm}^2 \text{ s}^{-1}$) ค่าความร้อนของเชื้อเพลิงบ่งชี้ถึงปริมาณความร้อนที่เกิดขึ้นเมื่อเชื้อเพลิงเกิดการเผาไหม้ ค่าความร้อนของเชื้อเพลิงยิ่งสูงแสดงถึงคุณภาพที่ดีของเชื้อเพลิง (Department of Alternative Energy Development and Efficiency) และเมื่อพิจารณาในเชิงของพลังงาน ที่ปริมาตรเท่ากัน น้ำมันไบโอแก๊สโซลีนมีค่าพลังงานสูงกว่าน้ำมันแก๊สโซลีน คุณสมบัตินี้แสดงถึงความต้องการฉีดเชื้อเพลิงเข้าไปในห้องเผาไหม้น้อยลงเพื่อให้ได้กำลังจากเครื่องยนต์เท่ากัน ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่ช่วยลดการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง ค่า RON ของน้ำมันไบโอแก๊สโซลีน วัดได้ 91.0 มีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของน้ำมันแก๊สโซลีน ออกเทน 91 ค่า Research และ Motor Octane numbers เป็นคุณสมบัติที่สำคัญของน้ำมันแก๊สโซลีนเนื่องจากเป็นข้อบ่งชี้ที่สำคัญในการป้องกันการน็อค (anti-knocking) ของน้ำมันเชื้อเพลิง น้ำมันที่มี octane number สูง การต้านการจุดระเบิด (resists detonation) ยิ่งดีขึ้นและทำให้เครื่องยนต์เดินเครื่องราบเรียบขึ้น (Pasadakis et al., 2006)

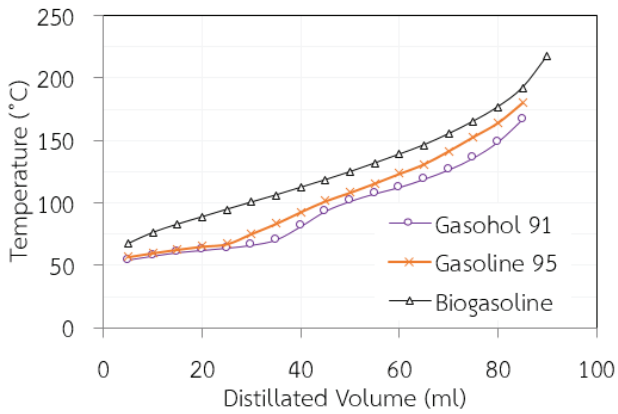


Figure 1 Distillation curves of Biogasoline HY with Gasolines (Suiyay and Kittipong, 2017)

การทดสอบการกลั่นตามมาตรฐาน ASTM D86 เป็นอีกหนึ่งลักษณะสำคัญของเชื้อเพลิงที่แสดงลักษณะการระเหย (volatility) ของน้ำมัน (Muziková et al., 2009) ความสามารถในการระเหยเป็นตัวกำหนดความสามารถในการแตกตัวเป็นไอของน้ำมันเชื้อเพลิงซึ่งมีผลต่อการสตาร์ทและอุณหภูมิทำงานของเครื่องยนต์ (Delgado et al., 2007) การระเหยของเชื้อเพลิงที่ใช้ในเครื่องยนต์แก๊สโซลีนจึงมีความสำคัญ โดยสามารถพิจารณาได้จากกราฟการกลั่นว่าน้ำมันเชื้อเพลิงเครื่องยนต์แก๊สโซลีนเป็นเชื้อเพลิงที่มีความสามารถในการระเหยหรือไม่ โดยทั่วไปความสามารถในการสตาร์ทและการอุ่นเครื่องของน้ำมันเชื้อเพลิงจะถูกประเมินโดยอุณหภูมิการระเหยในช่วงการระเหย 20-70% ของเส้นกลั่น (Öz et al., 2003; Yumrutaş et al., 2008) กราฟการกลั่น (Distillation curve) ของน้ำมันไบโอแก๊สโซลีนที่ได้และน้ำมันแก๊สโซลีนออกเทน 95 แสดงใน Figure 1 จากรูปพบว่าผลิตภัณฑ์น้ำมันไบโอแก๊สโซลีนมีรูปแบบการกลั่นในลักษณะใกล้เคียงกันกับน้ำมันแก๊สโซลีนมาตรฐาน และหนักกว่าน้ำมันแก๊สโซลีนมาตรฐาน โดยเฉพาะช่วงปริมาตรการกลั่นที่ 50% แรก

มีจุดเดือดสูงกว่าน้ำมันแก๊สโซลีน จากช่วงอุณหภูมิการกลั่นแสดงถึงความสามารถในการระเหยของผลิตภัณฑ์น้ำมันไบโอแก๊สโซลีนต่ำกว่าน้ำมันแก๊สโซลีนมาตรฐาน น้ำมันเชื้อเพลิงที่มีการระเหยสูงช่วยเพิ่มความสามารถในการสตาร์ทของเครื่องยนต์และลดการเจือจางของน้ำมันหล่อลื่น (Crankcase Dilution) อย่างไรก็ตามเชื้อเพลิงที่มีการระเหยสูงยังไม่เหมาะสมในทุกสภาพการทำงาน เนื่องจากเมื่อเครื่องยนต์ทำงานในสภาวะแวดล้อมที่ร้อนทำให้ประสิทธิภาพเชิงปริมาตร (volumetric efficiency) ลดลงและทำให้เกิดการล็อกไอ (vapor lock) จากไอระเหยของน้ำมันเชื้อเพลิงที่เกิดขึ้นระหว่างถังน้ำมันกับปั๊มน้ำมันเชื้อเพลิง โดยจะมีลักษณะเป็นฟองอากาศ ทำให้น้ำมันเชื้อเพลิงไหลไม่สม่ำเสมอและเครื่องยนต์เดินไม่ราบเรียบ (Yumrutaş et al., 2008) ซึ่งผลผลิตน้ำมันไบโอแก๊สโซลีนช่วยลดปัญหานี้ได้ น้ำมันแก๊สโซลีนเป็นส่วนผสมของไฮโดรคาร์บอนที่ระเหยได้หลายชนิดซึ่งมีอะตอมของคาร์บอนระหว่าง 4-12 อะตอมซึ่งช่วงการกลั่นแตกต่างกันไปตามจุดเดือดเริ่มแรกที่ 30 °C และจุดเดือดสุดท้ายที่ 225 °C ภายใต้ความดันบรรยากาศ (Wiedemann et al., 2005) โดยจุดเดือดเริ่มต้นและจุดเดือดสุดท้ายของไบโอแก๊สโซลีนอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน เนื่องจากผลิตภัณฑ์น้ำมันไบโอแก๊สโซลีนที่ผลิตได้มีคุณลักษณะคล้ายกับตัวอย่างน้ำมันแก๊สโซลีนมาตรฐาน ดังนั้นน้ำมันจึงสามารถเผาไหม้ได้ในเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยหัวเทียน (spark ignition engine)

3.1.2 ผลการศึกษาคุณลักษณะและคุณสมบัติบางประการของน้ำมันไบโอดีเซล

คุณลักษณะที่สำคัญบางประการและทดสอบการกลั่นเพื่อศึกษาเปรียบเทียบคุณลักษณะของน้ำมันไบโอดีเซลกับน้ำมันดีเซลมาตรฐานได้ผลการตรวจวัดแสดงใน Table 3 และ Figure 2 ตามลำดับ

Table 2 Characteristic of gasoline and biogasoline form hard resin of Yang Na.

Properties	Biogasoline HY	Gasoline 95	Standard		Test method
			Gasoline 95	Gasohol 91 (E10)	
Density at 15 °C, g cm ⁻³	0.830	0.732	-	-	ASTM D1298
Lower heating value, kJ kg ⁻¹	43,440	43,260	-	-	ASTM D240
Viscosity at 40 °C, mm ² s ⁻¹	0.639	0.451	-	-	ASTM D445
Research Octane Number	91.0	94.8	Min. 94.6-95.0	Min. 90.6-91.0	ASTM D2699
Silver Strip Corrosion	0	-	Max. NO. 1	Max. NO. 1	ASTM D4814
Sulfur amount (%wt)	ND	-	Max. 0.005	Max. 0.005	ASTM D2622
Distillation, °C					ASTM D86
IBP	56	54	-	-	
10 vol% Evaporated	76	57	Max. 70	Max. 70	
50 vol% Evaporated	125	101	70-110	70-110	
90 vol% Evaporated	217	-	Max. 170	Max. 170	
End Point	-	-	Max. 200	Max. 200	

ND = Not Detected

Table 3 Characteristic of standard diesel fuels and biodiesel form hard resin of Yang Na.

Properties	Biodiesel HY	Diesel	Standard diesel		Test method
			High speed	Low speed	
Density at 15 °C, g cm ⁻³	0.925	0.875	0.810-0.870	Max. 0.920	ASTM D1298
Viscosity at 40 °C, mm ² s ⁻¹	2.093	3.430	1.8-4.1	Max. 8.0	ASTM D445
Lower heating value, kJ kg ⁻¹	43,484	43,520	-	-	ASTM D240
Copper Strip Corrosion	1a	1a	Max NO.1	-	ASTM D130
Sulfur amount (%wt)	ND	-	Max. 0.005	Max. 1.5	ASTM D2622
Distillation					ASTM D86
Temperature at 250°C, max. volume, %v ⁻¹	45	30	-	-	
Temperature at 350°C, min. volume, %v ⁻¹	-	90	-	-	

ND = Not Detected

จาก Table 3 พบว่าคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์น้ำมันไบโอดีเซล HY ส่วนใหญ่มีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานตามประกาศของกรมธุรกิจพลังงานและใกล้เคียงกับค่าน้ำมันดีเซลมาตรฐาน ตัวอย่างเช่น LHV เป็นคุณสมบัติที่สำคัญที่สุดอย่างหนึ่ง LHV ของผลิตภัณฑ์น้ำมันไบโอดีเซลจากการคำนวณได้ 43,484 kJ kg⁻¹ ซึ่งค่าที่ได้ใกล้เคียง LHV ของน้ำมันดีเซล (43,520 kJ kg⁻¹) และสูงกว่า LHV ของน้ำมันดีเซลตามมาตรฐานตุรกี (TS-3082) และยุโรป (EN-590) ซึ่งมีค่า 42,700 kJ kg⁻¹ นอกจากนี้ LHV ของผลิตภัณฑ์น้ำมันไบโอดีเซลยังมีค่าใกล้เคียงกับค่าที่ระบุไว้ในรายการสำหรับน้ำมันดีเซลเชิงพาณิชย์ที่ 43,000 kJ kg⁻¹ (Murillo et al., 2007), (Banapurmath and Tewari, 2008), 43,060 kJ kg⁻¹ (Agarwal and Rajamanoharan, 2009) และ 43,350 kJ kg⁻¹ (Utlu and Koçak, 2008) ในส่วนค่าความหนาแน่นพบว่าผลิตภัณฑ์น้ำมันไบโอดีเซลมีค่าความหนาแน่น 0.925 g cm⁻³ สูงกว่าน้ำมันดีเซลหมุนเร็ว แต่มีค่าใกล้เคียงกับค่ามาตรฐานของน้ำมันดีเซลหมุนช้า (0.920 g cm⁻³) ความหนาแน่นเป็นคุณสมบัติที่สำคัญของน้ำมันดีเซล ซึ่งส่งผลโดยตรงต่อลักษณะการทำงานของเครื่องยนต์ และมีความสัมพันธ์กับเลขซีเทนและค่าความร้อนของน้ำมัน (Mustafa et al., 2000) ในเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงวัดปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงโดยปริมาตร ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงของความหนาแน่นของเชื้อเพลิงจะมีผลต่อกำลังขับของเครื่องยนต์เนื่องจากมีปริมาณการฉีดเชื้อเพลิงในห้องเผาไหม้แตกต่างกัน (Bahadur et al., 1995)

ความหนืดเป็นความต้านทานต่อการไหลของของเหลว (Tesfa et al., 2010) โดยเฉพาะความหนืดจลน์ของน้ำมันเชื้อเพลิงเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการเป็นละอองฝอย (atomization) ของเชื้อเพลิงเมื่อถูกฉีดเข้าไปในห้องเผาไหม้ การที่น้ำมันเชื้อเพลิงฉีดเป็นละอองได้ขนาดเล็กและผสมกับอากาศได้ดีส่งผลโดยตรงต่อประสิทธิภาพการเผาไหม้และกำลังของ

เครื่องยนต์ (Tesfa et al., 2010), (Corach et al., 2017), (Alptekin and Canakci, 2008) นักวิจัยก่อนหน้านี้โดยส่วนใหญ่ได้รายงานให้เห็นว่า ขนาดของละอองฝอยจะเพิ่มขึ้นตามความหนืดของของเหลว ในขณะที่ความหนาแน่นมีผลต่อขนาดของละอองฝอยค่อนข้างน้อยเมื่อเทียบกับความหนืด (Dafsari et al., 2019), (Mun et al., 1998) ค่าความหนืดของน้ำมันไบโอดีเซลวัดได้ 2.093 mm² s⁻¹ มีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน และต่ำกว่าค่าความหนืดของน้ำมันดีเซล ซึ่งแสดงให้เห็นว่าน้ำมันไบโอดีเซลไม่มีปัญหาในการฉีดเป็นละอองฝอย

ปริมาณกำมะถันในน้ำมันเชื้อเพลิงมีความสำคัญต่อการกัดกร่อนชิ้นส่วนโลหะและสร้างความเสียหายแก่เครื่องยนต์ ถ้าในน้ำมันเชื้อเพลิงมีปริมาณกำมะถันมาก เมื่อเชื้อเพลิงนั้นถูกเผาไหม้จะเกิดออกไซด์ของกำมะถัน (SO₂, SO₃) ซึ่งสามารถกัดกร่อนโลหะได้ (Thiannimit et al., 2013) จากการตรวจวัดปริมาณกำมะถันในน้ำมันไบโอดีเซลรวมทั้งน้ำมันไบโอดีเซลที่ไม่พบกำมะถันในน้ำมันนอกจากนี้ผลการตรวจวัดการกัดกร่อนแผ่นทองแดงพบว่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน

กราฟการกลั่นของน้ำมันไบโอดีเซล HY แสดงใน Figure 2 พบว่าการกลั่นมีแนวโน้มในลักษณะขนานกับเส้นกราฟการกลั่นของน้ำมันดีเซล แต่มีอุณหภูมิกลั่นต่ำกว่าน้ำมันดีเซล เส้นกราฟมีแนวโน้มของอุณหภูมิกลั่นค่อยๆ เพิ่มขึ้นและราบเรียบจึงไม่เกิดปัญหาการเผาไหม้ทันทีและมีอัตราความดันสูงขึ้นจากลักษณะการระเหยในช่วงอุณหภูมิที่แคบ ซึ่งถ้าหากน้ำมันมีอุณหภูมิกลั่นแคบหรือความชันของเส้นกราฟการกลั่นน้อย การเผาไหม้ของเชื้อเพลิงทั้งหมดจะเพิ่มอุณหภูมิและความดันของแก๊สในกระบอกสูบแบบฉับพลัน สถานการณ์ดังกล่าวอาจก่อให้เกิดผลกระทบที่เป็นอันตรายต่อชิ้นส่วนเครื่องยนต์ (Yumrutaş et al., 2008) จากคุณลักษณะและกราฟการกลั่นโดยภาพรวมของน้ำมันไบโอดีเซลจากเรซินแข็งของยางนา มีลักษณะที่คล้ายคลึงกับน้ำมัน

ดีเซลมาตรฐาน ดังนั้นจึงสามารถใช้น้ำมันในเครื่องยนต์ดีเซลรอบต่ำได้โดยที่น้ำมันไบโอดีเซลไม่ส่งผลเชิงลบต่อเครื่องยนต์ ทั้งนี้การนำไปใช้กับเครื่องยนต์รอบสูงยังต้องมีการพัฒนาปรับปรุงคุณสมบัติบางประการเช่นความหนาแน่น ความสะอาด หรือการผสมกับน้ำมันดีเซลในสัดส่วนที่เหมาะสม

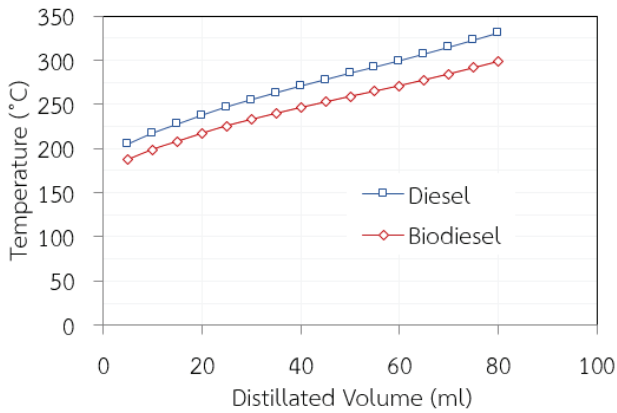


Figure 2 Distillation curves of Biodiesel HY with Diesel (Suiyay and Kittipong, 2017)

4 สรุป

การศึกษาคุณลักษณะและสมบัติบางประการของน้ำมันไบโอดีเซลและน้ำมันไบโอดีเซลผลิตจากเรซินแข็งของยางนา โดยอ้างอิงตามประกาศของกรมธุรกิจพลังงานเรื่องการกำหนดลักษณะและคุณภาพของน้ำมันเชื้อเพลิง พบว่าผลิตภัณฑ์น้ำมันเชื้อเพลิงมีคุณลักษณะและสมบัติที่สำคัญอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน และมีค่าใกล้เคียงกับคุณสมบัติของน้ำมันเชื้อเพลิงมาตรฐาน ดังนั้นสำหรับน้ำมันไบโอดีเซลได้แก่ ค่าออกเทน การกักความร้อน แผลงเงิน ปริมาณกำมะถัน ค่าความร้อน ความหนืด และน้ำมันไบโอดีเซล ได้แก่ ค่าความหนืด การกักความร้อน ทองแดง ปริมาณกำมะถัน ค่าความร้อน สำหรับคุณสมบัติอื่น เช่น ความหนาแน่น มีค่าสูงกว่าค่ามาตรฐาน เมื่อพิจารณาจากคุณสมบัติโดยรวมพบว่าผลิตภัณฑ์น้ำมันเชื้อเพลิงไบโอดีเซลและไบโอดีเซลมีความคล้ายกับน้ำมันเชื้อเพลิงมาตรฐานและมีความเป็นไปได้ในการนำไปใช้เป็นน้ำมันเชื้อเพลิงทดแทนทางเลือก

5 กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณศูนย์วิจัยเครื่องจักรกลเกษตรและวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยว ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ฝ่ายวิจัยและการถ่ายเทคโนโลยีสหวิทยาการขอนแก่น ศูนย์การเรียนรู้ยางนาบูรณาการ มหาวิทยาลัยขอนแก่น กองจัดการสาหร่ายพิษ พลังงานและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยขอนแก่น ศูนย์เครื่องมือวิจัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น ที่สนับสนุนทุน อุปกรณ์และเครื่องมือในการทำโครงการ

6 เอกสารอ้างอิง

Agarwal, A.K., Rajamanoharan, K. 2009. Experimental investigations of performance and emissions of Karanja oil and its blends in a single cylinder

agricultural diesel engine. *Applied Energy* 86, 106–112.

Alptekin, E., Canakci, M. 2008. Determination of the density and the viscosities of biodiesel-diesel fuel blends. *Renewable Energy* 33(12), 2623–2630.

Arpa, O., Yumrutas, R. 2010. Experimental investigation of gasoline-like fuel obtained from waste lubrication oil on engine performance and exhaust emission. *Fuel Process Technol* 91, 197–204.

Arpa, O., Yumrutas, R., Alma, M.H. 2010. Effects of turpentine and gasoline-like fuel obtained from waste lubrication oil on engine performance and exhaust emission. *Energy* 35, 3603–13.

Ashton, P.S. 1982. Dipterocarpaceae. In: van Steenis, C.G.G.J. (Ed.), *Flora Malesiana, Series 1. Spermatophyta*, Martinus-Nijhoff Publications, Hague, Netherlands 9, 237–552.

Bahadur, N. P., G. B. Boocock, D., Konar, S. K. 1995. Liquid Hydrocarbons from Catalytic Pyrolysis of Sewage Sludge Lipid and Canola Oil: Evaluation of Fuel Properties. *Energy and Fuels* 9(2), 248–256.

Banapurmath, N.R., Tewari, P.G. 2008. Comparative performance studies of a 4-stroke CI engine operated on dual fuel mode with producer gas and Honge oil and its methyl ester (HOME) with and without carburetor. *Renewable Energy* 33, 2007–2018.

Çay, Y., Çiçek, A., Kara, F., Sagiroglu, S. 2012. Prediction of engine performance for an alternative fuel using artificial neural network. *Appl Therm Eng* 37, 217–25.

Corach, J., Colman, M., Sorichetti, P. A., Romano, S. D. 2017. Kinematic viscosity of soybean biodiesel and diesel fossil fuel blends: Estimation from permittivity and temperature. *Fuel* 207, 488–492.

Dafsari, R. A., Lee, H. J., Han, J., Park, D. C., Lee, J. 2019. Viscosity effect on the pressure swirl atomization of an alternative aviation fuel. *Fuel* 240, 179–191.

Delgado, R.C.O.B., Araujo, A.S., Fernandes Jr., V.J. 2007. Properties of Brazilian gasoline mixed with hydrated ethanol for flex-fuel technology. *Fuel Processing Technology* 88, 365–368.

Department of Alternative Energy Development and Efficiency. *Manual of thermal energy management*. Ministry of Energy Available at: <http://webkc.dede.go.th/testmax/node/244>. Accessed on 18 January 2019.

- Flora Fauna Web. 2013. Plant Detail, *Dipterocarpus alatus* Roxb. Ex G. Don. Available at: [Webhttps://florafauweb.nparks.gov.sg/Special-Pages/plant-detail.aspx?id=4009](https://florafauweb.nparks.gov.sg/Special-Pages/plant-detail.aspx?id=4009). Accessed on 20 January 2019.
- Kerala Forest Research Institute. 1985. *Dipterocarps of South Asia RAPA Monographs*. FAO Regional Office for Asia and the Pacific 84-85, 321.
- Mun, R. P., Byars, J. A., Boger, D. V. 1998. The effects of polymer concentration and molecular weight on the breakup of laminar capillary jets. *J. Nonnewton. Fluid Mech.* 74(1-3), 285-297.
- Murillo, S., Mí guez, J.L., Porteiro, J., Granada, E., Morá n, J.C. 2007. Performance and exhaust emissions in the use of biodiesel in outboard diesel engines, *Fuel* 86, 1765-1771.
- Mustafa, E., Tat, H., Jon, H., Van Gerpen. 2000. Specific gravity of biodiesel and its blends with diesel fuel. *JAOCS, Journal of the American Oil Chemists' Society* 77(2), 115-119.
- Muziková, Z., Pospíšil, M., Šebor, G. 2009. Volatility and phase stability of petrol blends with ethanol. *Fuel*.
- Öz, İ.H., Borat, O., Sürmen, A. 2003. *Internal Combustion Engines*. İstanbul.
- Pasadakis, N., Gaganis, V., Foteinopoulos C. 2006. Octane number prediction for gasoline blends. *Fuel Process Technol* 87, 505-9.
- Suiuy, CH., Laloon, K. 2017. Effect of Reflux Column Performance to Bio-Oil Yield from Pyrolysis Hard-Resin of YangNa Oil. *Proceedings of the 19th Thai Society of Agricultural Engineering national conference*, 116-119: Chulabhorn International Convention Center. 26-27 April 2018. Hua Hin, Prachuap Khiri Khan. (in Thai)
- Tesfa, B., Mishra, R., Gu, F., Powles, N. 2010. Prediction models for density and viscosity of biodiesel and their effects on fuel supply system in CI engines. *Renewable Energy* 35(12), 2752-2760.
- Thiannimit, P., Sintipsomboon, K., Chininthon, P. 2013. *Fuels and lubricants*. (PP. 160). Bangkok: SE-ED ucation. (in Thai)
- Utlu, Z., Koçak, M.S. 2008. The effect of biodiesel fuel obtained from waste frying oil on direct injection diesel engine performance and exhaust emissions. *Renewable Energy* 33, 1936-1941.
- Wiedemann, L.S.M., d'Avila, L.A., Azevedo, D.A. 2005. Adulteration detection of Brazilian gasoline samples by statistical analysis. *Fuel* 84, 467-473.
- Yumrutaş, R., Alma, M.H., Özcan, H., Kaska, Ö. 2008. Investigation of purified sulfate turpentine on engine performance and exhaust emission. *Fuel* 87, 252-259.