

ผลของความสูงทอรีฟลักซ์ต่อปริมาณผลได้ของน้ำมันชีวภาพจากไพโรไลซิสกากยางเหนียวของน้ำมันยางนา Effect of Reflux Column Performance to Bio-Oil Yield from Prsolysis Hard-Resin of Yang-Na Oil

โชคชัย ชูย้อย¹, กิตติพงษ์ ลาลูน^{1*}

Chokchai Suiyay¹, Kittipong Laloon^{1*}

¹ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น, 40002

¹Department of Agricultural Engineering, Faculty of Engineering, Khon Kaen University, Khon Kaen, 40002, Thailand

²ศูนย์วิจัยเครื่องจักรกลเกษตรและวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยว ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

²Agricultural Machinery Research and Postharvest Technology Center Department of Agricultural Engineering Faculty of Engineering 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

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของความสูงทอรีฟลักซ์ต่อปริมาณผลได้ของน้ำมันชีวภาพจากการแปรสภาพยางเหนียวของน้ำมันยางนาด้วยวิธีไพโรไลซิส ในการไพโรไลซิสนี้ใช้เครื่องปฏิกรณ์ไฟฟ้า และทอรีฟลักซ์ซึ่งทำจากท่อสแตนเลส ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 นิ้ว สูง 0.9, 1.4, 1.9 และ 2.4 m ในการทดลอง โดยการนำยางเหนียวจากน้ำมันยางนาไปผ่านกระบวนการไพโรไลซิสที่ช่วงอุณหภูมิ 490-500 °C ยางเหนียวถูกเผาไหม้ในสภาวะไร้ออกซิเจนภายในเตาปฏิกรณ์ กลายเป็นแก๊สไหลไปที่ชุดทอรีฟลักซ์และควบแน่นกลายเป็นน้ำมันไพโรไลซิส น้ำมันไพโรไลซิสที่ได้นำไปกลั่นที่ช่วงอุณหภูมิ 40-350 °C ผลการทดสอบพบว่าที่ทอรีฟลักซ์ความสูง 1.9 m ได้น้ำมันชีวภาพสูงที่สุด 44.27 %wt ที่เหลือคือผลิตภัณฑ์แก๊ส 35.97 %wt และกากตะกอน 19.76 %wt ในส่วนของน้ำมันชีวภาพคิดเป็นน้ำมันเบา(ช่วงอุณหภูมิกลั่น 40-200 °C) และน้ำมันหนัก(ช่วงอุณหภูมิกลั่น 200-350 °C) 32.79 และ 67.21 %wt ของน้ำมันชีวภาพ ตามลำดับ

คำสำคัญ: กากยางเหนียวของน้ำมันยางนา, ไพโรไลซิส, รีฟลักซ์

Abstract

The objective of this research was to study effect of reflux column performance to bio-oli yield from transform hard-resin of Yang-Na oil by pyrolysis method through reactor and the reflux columns which was made of 1 in. diameter stainless teel pipe with height of 0.9, 1.4, 1.9 and 2.4 m. The hard-resin of Yang-Na oil was pyrolyzed at 490-500 °C. The gas from reactor flows to the reflux column and condense into pyrolysis oil. Pyrolysis oil was distilled at 40-350 °C. The result showed that the highest yields of bio-oil were created from the reflux column at the height of 1.9 m. for witch the maximum value of bio-oil was 44.27 %wt. The remaining product was 35.97 %wt of gas and 19.76 %wt of residue. The bio-oil consists of light oil (distilled at 40-200 °C) and heavy oil (distilled at 200-350 °C) 32.79 and 67.21 %wt of bio-oil, respectively.

Keywords: Hard-resin of Yang-Na oil, Pyrolysis, Reflux

1 บทนำ

ยางนาเป็นไม้ยืนต้นขนาดใหญ่ที่ถูกนำมาใช้ประโยชน์ในหลายด้าน เช่น เชื้อเพลิง สร้างบ้าน และยา เป็นต้น โดยเฉพาะน้ำมันยางจากต้นสามารถนำมาใช้ผสมชั้นไม้อื่น ๆ ใช้ยาเครื่องจักรสานกันน้ำรั่ว ยาแนวเรือเพื่ออุดรอยรั่ว ทาไม้ ใช้ผสมซีเมนต์จุดไฟ ใช้ทำไม้จุดไฟส่องสว่าง นำมาใช้เป็นส่วนประกอบของผลิตภัณฑ์อื่น ๆ เช่น สีทาบ้าน หมึกพิมพ์ (กรมป่าไม้ กระทรวง

ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, ม.ป.ป.) และได้มีการนำมาพัฒนาใช้เป็นพลังงานเชื้อเพลิงทางเลือกซึ่งเป็นอีกศักยภาพหนึ่งที่จะเป็นประโยชน์ต่อการสำรองพลังงานระดับชุมชนและระดับชาติในภาพรวมได้ การนำน้ำมันยางนามาใช้โดยการเจาะน้ำมันจากต้นยางนาได้น้ำมันยางนาดิบนำไปผ่านกระบวนการกลั่นได้น้ำมันไบโอดีเซล 60-70 %wt ที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ด้านพลังงาน ซึ่งในกระบวนการกลั่นจะมีของเหลือคือ

ยางเหนียว 30-40 %wt (สมพร, 2554) โดยยางเหนียวที่เหลือมีปริมาณที่สูงควรหาวิธีการนำไปใช้ประโยชน์

การไพโรไลซิสเป็นกระบวนการแตกตัวของสารด้วยความร้อนภายใต้สภาวะปราศจากออกซิเจน ปฏิบัติการการแตกตัวของสารไพโรไลซิสมีความซับซ้อนและเป็นแบบสุ่มทำให้ได้สารที่มีขนาดโมเลกุลแตกต่างกัน (Alessio et al., 1988) โดยเฉพาะส่วนที่มีโมเลกุลขนาดใหญ่ รวมทั้งเขม่าคาร์บอนที่ปนออกมากับไอน้ำมันซึ่งเมื่อควบแน่นทำให้ได้ของเหลวที่มีความบริสุทธิ์ต่ำ และเมื่อนำไปกลั่นจะได้ปริมาณผลได้ของผลิตภัณฑ์ (% yield) น้อยลง การไพโรไลซิสร่วมกับการรีฟลักซ์เพื่อให้สารที่มีโมเลกุลขนาดใหญ่เกิดการควบแน่นไหลย้อนกลับเข้าสู่เตาปฏิกรณ์แล้วเกิดการแตกตัวใหม่อีกครั้งเป็นวิธีการที่ทำให้ได้สารที่มีความบริสุทธิ์มากขึ้น ยางเหนียวมีคุณสมบัติเป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอนจัดอยู่ในกลุ่มน้ำมันหอมระเหยและชัน (นฤมล, 2557) เมื่อนำยางเหนียวที่เหลือจากการกลั่นไปผ่านกระบวนการไพโรไลซิสร่วมกับการรีฟลักซ์คาดว่าจะได้ผลิตภัณฑ์น้ำมันที่มีคุณสมบัติที่เหมาะสมมีศักยภาพในการเป็นพลังงานเชื้อเพลิงทางเลือกได้ และเป็นการใช้พลังงานจากน้ำมันทำให้เกิดประโยชน์สูงสุด รวมทั้งยังสอดคล้องกับแนวคิดสำหรับการจัดการของเสียให้เหลือศูนย์หรือ Zero waste เป็นการหมุนเวียนทรัพยากรให้กลับมาใช้ใหม่อย่างมีประสิทธิภาพ จึงเป็นที่มาของโครงการวิจัยนี้ที่มุ่งศึกษาผลของ ความสูงทอร์ฟลักซ์ต่อปริมาณผลได้ของน้ำมันชีวภาพจากไพโรไลซิสจากยางเหนียวของน้ำมันยางนา

2 อุปกรณ์และวิธีการ

น้ำมันยางนาที่เก็บจากต้น เมื่อนำไปกลั่นจะได้น้ำมันยางนากลั่นและยางเหนียว นำยางเหนียวที่เหลือมาทำการไพโรไลซิสโดยชุดทดลองต้นแบบในการไพโรไลซิสยางเหนียวมีลักษณะแสดงดัง Figure 1

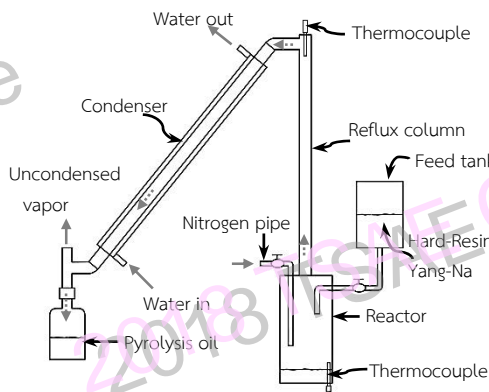


Figure 1 Prototype for Pyrolysis Hard-Resin of Yang-Na Oli

ในการไพโรไลซิส ทำการปล่อยแก๊สไนโตรเจนเข้าในระบบเพื่อไล่อากาศออกจากระบบ จากนั้นป้อนกากยางเหนียวจากถังป้อนเข้าในเตาปฏิกรณ์ไฟฟ้าขนาด 6000 W ยางเหนียวได้รับ

พลังงานความร้อนและแตกตัวเป็นไอไหลผ่านทอร์ฟลักซ์เข้าสู่ท่อควบแน่นเพื่อให้ไอน้ำมันควบแน่นเป็นของเหลวที่อุณหภูมิห้อง โดยชุดควบแน่นเป็นแบบ Double pipe และการไหลของน้ำหล่อเย็นเป็นแบบไหลสวนทาง

2.1 การศึกษาความสูงของทอร์ฟลักซ์ในการไพโรไลซิสยางเหนียว

เพื่อศึกษาปริมาณผลได้ของผลิตภัณฑ์ ในการทดลองไพโรไลซิสยางเหนียวใช้ทอร์ฟลักซ์ (Reflux column) ทำจากท่อ Stainless ขนาด 1 นิ้ว ความยาวแตกต่างกัน 4 ขนาด คือ 0.9, 1.4, 1.9 และ 2.4 m ทำการทดลองโดยใช้ช่วงอุณหภูมิไพโรไลซิส 490-500 °C อัตราการไหลของยางเหนียว 50 ml min⁻¹ อุณหภูมิของยางเหนียวเริ่มต้น 180 °C อัตราการไหลของน้ำหล่อเย็น 46 l min⁻¹ ไพโรไลซิสเป็นเวลา 1 ชั่วโมง แล้วเก็บผลิตภัณฑ์น้ำมันไพโรไลซิสและกากแข็งที่เหลือภายในเตาปฏิกรณ์ น้ำมันไพโรไลซิสที่ได้นำไปกลั่นที่ช่วงอุณหภูมิ 40-350 °C ทำการเก็บผลิตภัณฑ์ตามช่วงอุณหภูมิการกลั่นสองช่วงคือ 40-200 °C และ 200-350 °C

การคำนวณปริมาณผลได้ของผลิตภัณฑ์จากไพโรไลซิส ยางเหนียวสามารถคำนวณได้จากสมการ (1), (2) และ (3)

$$\%wtOil = \frac{W_{oil}}{W_{biomass}} \times 100 \quad (1)$$

$$\%wtChar = \frac{W_{char}}{W_{biomass}} \times 100 \quad (2)$$

$$\%wtGas = 100 - \%wtOil - \%wtChar \quad (3)$$

W_{oil} = น้ำหนักของน้ำมันชีวภาพจากการทดลอง

W_{char} = น้ำหนักกากแข็งและตะกอนที่ได้จากการทดลอง

$W_{biomass}$ = น้ำหนักของกากยางเหนียวที่ใช้ทดลอง

2.2 การวิเคราะห์คุณสมบัติบางประการของน้ำมันชีวภาพ

น้ำมันชีวภาพในแต่ละช่วงอุณหภูมิที่ความสูงทอร์ฟลักซ์ขนาด 0.9, 1.4, 1.9 และ 2.4 m นำมาทดสอบการกลั่นตัวของน้ำมัน (ASTM D86) และหาค่า density และ API gravity (ASTM D1298) ซึ่งค่า API gravity (°API) คือระดับความหนาแน่นที่พัฒนาและใช้โดย American Petroleum Institute (API) และใช้เป็นเกณฑ์ในการจำแนกประเภทน้ำมัน การประชุมปิโตรเลียมโลกจัดประเภทน้ำมันหนักเป็นน้ำมันที่มี °API ต่ำกว่า 22.3 และน้ำมันเบา มี °API สูงกว่า 31.1 (Trevisan et al., 2000) และหน่วยงานปิโตรเลียมแห่งชาติบราซิล (Brazilian National Petroleum Agency, ANP) ได้จำแนกประเภทของปิโตรเลียมเป็น 4 ประเภทดังแสดงใน Table 1

Table 1 Crude oil classification by the National Petroleum Agency of Brazil. (ANP, 2000)

Oil class	°API
Light	°API ≥ 31
Medium	22 ≤ °API < 31
Heavy	10 ≤ °API < 22
Extra-Heavy	°API < 10

3 ผลและวิจารณ์

3.1 ผลการศึกษาความสูงของทอริฟลักซ์ในการไพโรไลซิสยางเหนียว

ขนาดความสูงของทอริฟลักซ์ที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้ปริมาณไอน้ำมันควบแน่นแล้วไหลย้อนกลับสู่เตาปฏิกรณ์เพิ่มขึ้น ซึ่งการรีฟลักซ์วนซ้ำของไอน้ำมันภายในเตาปฏิกรณ์จะทำให้เกิดการแตกตัวของโมเลกุลเพิ่มขึ้น จนกระทั่งเป็นแก๊สที่มีขนาดเล็กและไม่สามารควบแน่นเป็นของเหลวได้อุดหนุนหม้อ

ปริมาณการรีฟลักซ์ที่เหมาะสม ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์น้ำมันชีวภาพสูงขึ้น จากผลการทดลองดังแสดงใน Figure 1 ปริมาณผลได้ของน้ำมันชีวภาพที่ได้จากการไพโรไลซิสยางเหนียวของน้ำมันยางนามีแนวโน้มสูงขึ้นเมื่อระดับความสูงของทอริฟลักซ์สูงขึ้น โดยที่ทอริฟลักซ์ขนาด 1.9 m ได้น้ำมันชีวภาพสูงที่สุด อย่างไรก็ตามเมื่อเปลี่ยนทอริฟลักซ์เป็นขนาดความสูง 2.4 m พบว่าปริมาณน้ำมันชีวภาพมีแนวโน้มลดลง ในขณะที่ผลิตภัณฑ์แก๊สมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อระดับความสูงเพิ่มขึ้น เนื่องจากปริมาณการรีฟลักซ์มากขึ้นทำให้เกิดการแตกตัวได้มากขึ้นและน้ำมันส่วนใหญ่เกิดการแตกตัวเป็นโมเลกุลสั้น จึงทำให้ปริมาณน้ำมันชีวภาพลดลง

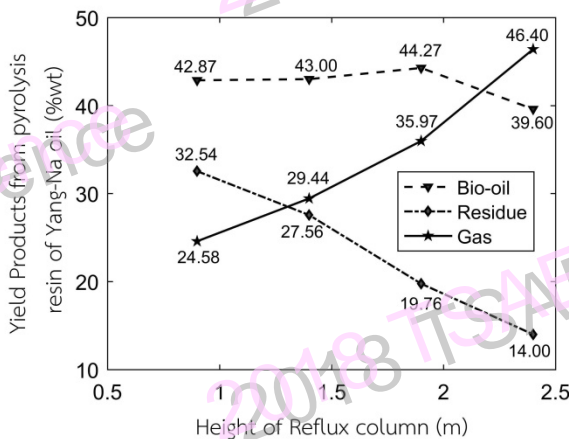


Figure 1 Products from pyrolysis hard-resin of Yang-Na oil.

3.2 ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติบางประการของน้ำมันชีวภาพ

จากผลการทดสอบการกลั่นตัวของน้ำมันชีวภาพจาก ไพโรไลซิสยางเหนียวใน Figure 3 พบว่าช่วงอุณหภูมิการกลั่นมีแนวโน้มในลักษณะเดียวกันและมีค่าใกล้เคียงกันโดยน้ำมันชีวภาพที่ได้

จากทอริฟลักซ์ขนาด 0.9 m ที่อุณหภูมิกลั่น 200-350 °C มีลักษณะการกลั่นที่ใกล้เคียงน้ำมันดีเซลมากที่สุด และน้ำมันชีวภาพที่ได้จากทอริฟลักซ์ขนาด 2.4 m ที่อุณหภูมิกลั่น 40-200 °C มีลักษณะการกลั่นที่ใกล้เคียงน้ำมันเบนซิน ออกเทน 95 มากที่สุด

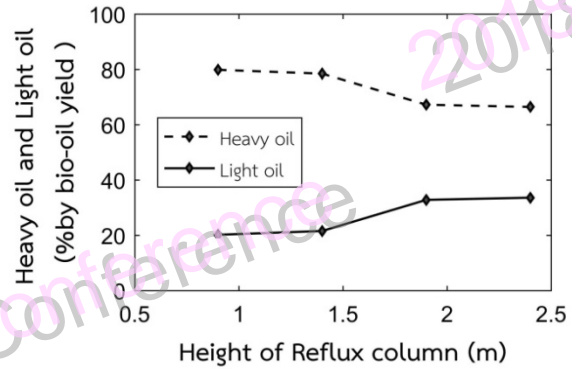


Figure 2 Proportion of heavy oil and light oil in bio-oil.

Table 2 Some properties of bio oil from Hard-Resin of Yang-Na oil.

Properties	Temp. (°C)	Height of Reflux column (m)			
		0.9	1.4	1.9	2.4
Density (kg.m ⁻³)	40-200	833	833	830	829
	200-350	928	926	925	922
API gravity	40-200	38.20	38.20	38.81	39.02
	200-350	20.83	21.15	21.32	21.82

ผลการตรวจสอบค่า density และ API gravity แสดงใน Table 2 พบว่าน้ำมันชีวภาพที่ช่วงอุณหภูมิการกลั่นเดียวกัน มีค่า density ใกล้เคียงกันมาก และมีแนวโน้มลดลงเล็กน้อยเมื่อขนาดความสูงของทอริฟลักซ์เพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับอุณหภูมิการกลั่นใน Figure 3 ซึ่งพบว่าอุณหภูมิกลั่นตัวของน้ำมันลดลงเล็กน้อยเมื่อขนาดความสูงของทอริฟลักซ์เพิ่มขึ้น เนื่องจากมีสัดส่วนของน้ำมันเบาในน้ำมันมากขึ้นจากอัตราการรีฟลักซ์ที่เพิ่มขึ้นเมื่อความสูงของทอริฟลักซ์เพิ่มขึ้น สัดส่วนของปริมาณน้ำมันหนักและน้ำมันเบาในน้ำมันชีวภาพแสดงใน Figure 2 สำหรับการจำแนกประเภทของน้ำมันจากการวัดน้ำหนักโดยใช้ค่า °API ตามการจำแนกของ ANP พบว่าน้ำมันชีวภาพที่ช่วงอุณหภูมิกลั่น 40-200 °C มีค่า °API 38.20-39.02 จัดเป็นน้ำมันเบา (Light oil, °API > 31) และช่วงอุณหภูมิกลั่น 200-350 °C มีค่า °API 20.83-21.82 จัดเป็นน้ำมันหนัก (Heavy oil, °API < 22)

จากผลการทดสอบคุณสมบัติเบื้องต้นของน้ำมันชีวภาพในแง่ของอุณหภูมิการกลั่นตัวเปรียบเทียบกับน้ำมันดีเซลและน้ำมันเบนซินมาตรฐาน รวมทั้งน้ำหนักของน้ำมันชีวภาพ สามารถอธิบายคุณลักษณะของน้ำมันในภาพรวมได้ว่าอยู่ในกลุ่มที่คล้ายกับน้ำมันเชื้อเพลิงมาตรฐานและมีความเป็นไปได้ในการพัฒนา

นำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับเครื่องยนต์ อย่างไรก็ตามควรมีการศึกษาเพิ่มเติมสำหรับการปรับปรุงคุณภาพน้ำมันและการ

ตรวจวัดคุณสมบัติอื่นๆ ตามมาตรฐานของกรมธุรกิจพลังงานเรื่อง การกำหนดคุณภาพน้ำมันเชื้อเพลิง

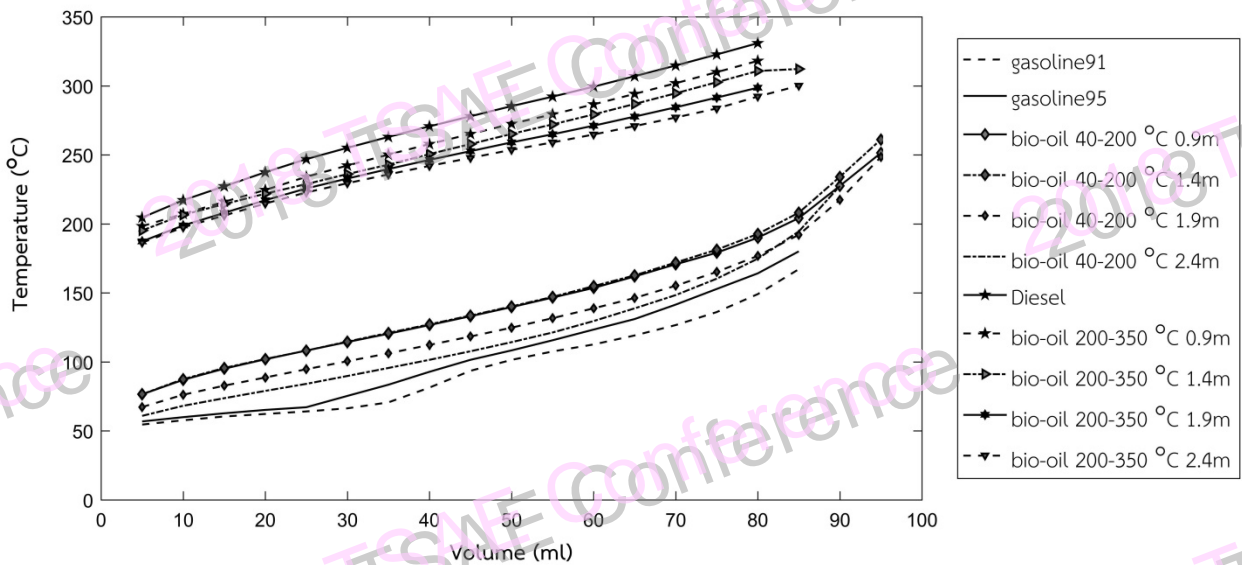


Figure 3 Distillation curve of oils on ASTM D86 standard test method.

4 สรุป

จากไพโรไลซิสยางเหนียวของน้ำมันยางนาได้ผลิตภัณฑ์ประกอบด้วย น้ำมันชีวภาพ แก๊ส และกากแข็ง ความสูงของทอรีฟลักซ์มีผลต่อสัดส่วนปริมาณผลได้ของผลิตภัณฑ์ โดยที่ทอรีฟลักซ์ความสูง 1.9 m ได้น้ำมันชีวภาพสูงที่สุด 44.27 % ซึ่งประกอบด้วยน้ำมันเบา 32.79 %wt และน้ำมันหนัก 67.21 %wt

5 กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณศูนย์วิจัยเครื่องจักรกลการเกษตรและวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยว ภาควิชาวิศวกรรมเกษตรคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ภาควิชาชีวเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น งานจัดการพลังงานและนวัตกรรม มหาวิทยาลัยขอนแก่น ที่สนับสนุนทุนและอุปกรณ์เครื่องมือต่างๆ ในการทำโครงการ ฝ่ายวิจัยและการถ่ายทอดเทคโนโลยี โดยกองบริหารงานวิจัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น ภายใต้โครงการวิจัยประเภทอุดหนุนทั่วไป(มุ่งเป้า) ยางนา ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2560 ที่สนับสนุนงบประมาณในการทำโครงการ

6 เอกสารอ้างอิง

กรมป่าไม้ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ม.ป.ป. น้ำมันยางนา (Dipterocarpus alatus Roxb. ExG.Don). แหล่งข้อมูล: <http://www.forest.go.th>. เข้าถึงเมื่อ 15 กุมภาพันธ์ 2561.

นฤมล รัตนมงคล. 2557.การทำบริสุทธิ์และศึกษาคุณลักษณะของสารประกอบหลักในน้ำมันยางนา(Dipterocarpus alatusRoxb. ex G. Don). วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาชีวเคมี.ขอนแก่น: บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

สมพร เกษแก้ว และคณะ. 2554. การศึกษาวิธีการเจาะผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงจากน้ำมันยางนา และทดสอบกับเครื่องยนต์การเกษตร. รายงานการศึกษาด้านยางนาอย่างครบวงจรและพัฒนาา้ำมันยางนามาผลิตไบโอดีเซล.มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

ANP, Portaria N° 009 de 21 de Janeiro de 2000. 2000. Agência Nacional do Petróleo. Rio de Janeiro (2000). Portuguese.

ASTM Standard. D 1298 Standard Test Method for Density, Relative Density (Specific Gravity), or API Gravity of Crude Petroleum and Liquid Petroleum Products by Hydrometer Method

ASTM Standard. D 86 Standard Test Method for An American National Standard Distillation of Petroleum Products at Atmospheric Pressure

J.D Alessio, M. Lazzaro, P. Massoli, V. Moccia. 1988. Thermo-optical investigation of burning biomass pyrolysis oil droplet. Journal of Symposium (International) on Combustion, 1915-1922.

Trevisan, O. V., Lisboa, A. C. L., França, F. A. andTrindade, W. 2006. Oil production in offshore fields:An overview of the Brazilian technology development program. World Heavy Oil Conference, 1-7, Pequim, China