

การไพโรไลซิสของใยผลปาล์ม เปลือกเมล็ดกาแฟและไม้ยูคาลิปตัส

Pyrolysis of Palm Fibre, Coffee Husk and Eucalyptus Wood

นายวิณัฐ สุดสุข, นางสาวศิริภัสสร เกียรติพิงพร
รศ.ดร.อภิญา ดวงจันทร์

ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
โทร. 02-9428555 ต่อ 1211 โทรสาร 02-5614621 E-mail: fengapd@ku.ac.th

บทคัดย่อ

สารชีวมวลเป็นพลังงานทางเลือกที่มีศักยภาพ เนื่องจากไม่เกิดการปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์และเกิดซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในบรรยากาศน้อยเมื่อเทียบกับการเผาไหม้เชื้อเพลิงปิโตรเลียม วิธีการเปลี่ยนชีวมวลไปเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีคุณค่าโดยการไพโรไลซิสเป็นวิธีการทางอุณหภูมิกเคมีสำหรับการผลิตน้ำมันชีวมวล (bio-oil) ที่สามารถนำไปใช้เป็นพลังงานทางเลือกหรือเป็นสารตั้งต้นในการผลิตสารเคมี โดยนำชีวมวลไปผ่านกระบวนการไพโรไลซิสในปฏิกรณ์แบบเบดนิ่งที่อุณหภูมิตามต้องการและอัตราการไหลของแก๊สไนโตรเจน 200 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อนาที ศึกษาผลของอุณหภูมิที่ใช้ในการไพโรไลซิสที่มีต่อผลิตภัณฑ์ที่เป็นของเหลวของไม้ยูคาลิปตัสที่อุณหภูมิ 450 500 และ 550°C พบว่าที่อุณหภูมิ 500°C ทำให้ได้ผลได้ของของเหลวสูงที่สุด และเมื่อเปรียบเทียบผลได้ของผลิตภัณฑ์ที่เป็นของเหลวของใยผลปาล์ม เปลือกเมล็ดกาแฟและไม้ยูคาลิปตัส เห็นได้ว่าไม้ยูคาลิปตัสมีร้อยละผลได้ของผลิตภัณฑ์ที่เป็นของเหลวสูงที่สุดเท่ากับ 47.2 wt% เมื่อนำไปหาค่าความร้อนโดยใช้เครื่องมือบอมบ์แคลอริมิเตอร์ชี้ให้เห็นว่าน้ำมันจากใยผลปาล์มมีค่าความร้อนสูงที่สุด (28.9 MJ/kg oil) องค์ประกอบของผลิตภัณฑ์ที่เป็นของเหลวที่ได้จากการไพโรไลซิสโดยการกลั่นลำดับส่วน พบว่าใยผลปาล์มมีปริมาณแก๊สโซลีนสูงที่สุด 94.8 wt% ถ่านที่ได้จากการไพโรไลซิสใยผลปาล์มมีผลได้สูงที่สุด (33.5 wt%) และมีค่าความเป็นกรดต่าง (pH) สูงที่สุด (10.34) รองลงมาคือ ไม้ยูคาลิปตัส (9.85) และเปลือกเมล็ดกาแฟ (7.54) ตามลำดับ เมื่อนำถ่านไปปรับปรุงดินเปรี้ยว 1 ตัน (pH 5.85) ให้เป็นกลาง ต้องใช้ถ่านจากใยผลปาล์มเท่ากับ 111 kg แต่ใช้ถ่านจากไม้ยูคาลิปตัส 1 ตัน ส่วนถ่านจากเปลือกเมล็ดกาแฟไม่สามารถนำมาปรับ pH ของดินได้

คำสำคัญ: การไพโรไลซิส เปลือกกาแฟ ใยผลปาล์ม ไม้ยูคาลิปตัส

Abstract

Biomass is a potential renewable energy source due to net zero emission of CO₂ and low sulphur emission in the atmosphere compared to fossil fuel when it is burned. Pyrolysis, a thermo-chemical process which biomass was converted into valuable products, is a promising tool for providing to alternative fuel oil or a chemical feedstock. Pyrolysis experiments have been conducted in a fixed-bed reactor. The experiments were conducted at a specified pyrolysis temperature and nitrogen gas flow rate of 200 cm³/min. Effect of temperature on the liquid yield of eucalyptus wood was studied at 450, 500 and 550°C. The statistical analysis showed that the maximum liquid yield was obtained at 500°C. When comparing the liquid yields the results showed that eucalyptus wood gave maximum liquid yield of 47.2 wt.%. The calorific values of the pyrolysis liquid products were measured by bomb calorimeter, palm fibre showed the highest calorific value of 28.9 MJ/kg oil. When comparing calorific value in the same biomass amount, palm fibre and eucalyptus wood have the same calorific value (4.26 MJ/kg biomass). Liquid products compositions by distillation method revealed that palm fibre gave the highest gasoline fraction of 94.8 wt% and when comparing gasoline fraction in the same biomass amount, eucalyptus wood has the highest gasoline amount of 0.41 kg/kg biomass. Solid product or char was used to adjust soil pH. Char of palm fibre gave the maximum pH (10.34), followed by eucalyptus char (9.85) and coffee husk char (7.54). To adjust soil pH from 5.85 to 7 by char the results showed that 111 kg palm fibre char per soil 1 ton while 1 ton of eucalyptus wood char is needed to get the same pH but coffee husk char can't be used to adjust the soil pH.

Keywords: Fast Pyrolysis, Coffee husk, Palm fibre, Eucalyptus

1. บทนำ

ในปัจจุบันนี้โลกกำลังประสบกับปัญหาภาวะวิกฤตราคาน้ำมันแพงและปริมาณน้ำมันสำรองในโลกลดน้อยลง ทำให้หลายประเทศทั่วโลกมีการศึกษาวิจัยเทคโนโลยีในการพัฒนาพลังงานทดแทนและคิดค้นเชื้อเพลิงทางเลือกใหม่ๆ ที่มีศักยภาพและมีปริมาณมากพอ

น้ำมันสังเคราะห์จากชีวมวล กำลังได้รับความสนใจในปัจจุบันนี้ เนื่องจากให้ค่าพลังงานความร้อนระดับที่สามารถใช้ในยานพาหนะได้ จุดเด่นของเชื้อเพลิงชีวมวลคือ การใช้แหล่งวัตถุดิบชีวมวลจากเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรที่มีอยู่มากมายในประเทศ การนำชีวมวลมาผลิตเป็นน้ำมันชีวมวลจึงเป็นการช่วยลดขยะ นอกจากนี้ยังเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม เนื่องจากลดการเกิดแก๊สพิษ เช่น คาร์บอนไดออกไซด์ ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ในโตรเจนไดออกไซด์ เป็นต้น

ในปัจจุบันมีเทคโนโลยีในการเปลี่ยนสารชีวมวลไปเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีคุณค่ามากมาย ซึ่งการไพโรไลซิสเป็นหนึ่งในวิธีการทางกระบวนการอุณหภูมิกเคมี (thermo-chemical processes) ที่นิยมใช้และน่าสนใจสำหรับการผลิตน้ำมันชีวมวลและถ่าน ซึ่งถ่านสามารถนำมาใช้ปรับปรุงคุณภาพดินได้ เนื่องจากมีความสามารถในการกักเก็บน้ำและสารอาหารที่พืชจำเป็นต้องใช้ในการเจริญเติบโต

ในประเทศไทย มีการปลูกปาล์มและกาแฟมาก เช่นเดียวกับไม้ยูคาลิปตัสที่ได้รับการสนับสนุนจากรัฐบาลให้ปลูกเพราะเป็นไม้โตเร็ว ขึ้นง่าย โครงการวิจัยนี้จึงนำชีวมวลจากพืชผลทางการเกษตรทั้ง 3 ชนิด คือ ใยปาล์ม เปลือกเมล็ดกาแฟและไม้ยูคาลิปตัส มาทำให้เกิดประโยชน์สูงสุดโดยใช้กระบวนการไพโรไลซิส โดยอุณหภูมิที่เหมาะสมในการไพโรไลซิสของสารชีวมวลแต่ละชนิดได้จากการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง TGA หลังจากนั้นน้ำมันชีวมวลที่ได้นำไปหาค่าความร้อน (heating value) โดยใช้เครื่องบอมม์แคลอรีมิเตอร์และนำไปกลั่นเพื่อหาค่าประกอบของน้ำมัน เพื่อดูความเป็นไปได้ในการนำชีวมวลทั้ง 3 ชนิด ไปใช้เป็นพลังงานทางเลือกใหม่ต่อไปในอนาคต

วัตถุประสงค์ของโครงการนี้ คือ นำชีวมวลมาผ่านกระบวนการไพโรไลซิสในปฏิกรณ์แบบเบดนิ่ง (fixed bed reactor) โดยอุณหภูมิในการไพโรไลซิสอยู่ในช่วง 450-550°C และอัตราการไหลของแก๊สในโตรเจนที่ผ่านเข้าไปในปฏิกรณ์ 200 cm³/min เพื่อให้ได้น้ำมันและถ่าน จากนั้นศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิในกระบวนการไพโรไลซิสต่อผลได้น้ำมันและค่าความร้อน โดยศึกษาเฉพาะไม้ยูคาลิปตัส ศึกษาสมบัติของน้ำมันเฉพาะองค์ประกอบและค่าความร้อนของน้ำมันแต่ละชนิดที่ได้จากการไพโรไลซิส จากนั้นเปรียบเทียบผลได้และสมบัติของน้ำมันที่ได้จากการไพโรไลซิสชีวมวลแต่ละชนิด และศึกษาค่า pH ของถ่านที่ได้จากกระบวนการไพโรไลซิส

2. วิธีการทดลอง

2.1 การเตรียมเครื่องมือและวัตถุดิบที่ใช้ในการไพโรไลซิส

ทำความสะอาดปฏิกรณ์ ท่อแก๊สขากอกจากปฏิกรณ์และหน่วยควบแน่นโดยใช้เอซิโตนล้างคราบน้ำมันที่ติดค้างอยู่ที่สะอาด ส่วนชีวมวลนำมาชั่งให้เป็นชิ้นส่วนเล็กๆ นำไปอบไล่ความชื้นที่อุณหภูมิประมาณ 103-105°C จนชีวมวลมีน้ำหนักคงที่

2.2 วิธีการไพโรไลซิส

นำชีวมวลที่ผ่านการอบแห้งจนมีน้ำหนักคงที่แล้วชั่งน้ำหนัก จากนั้นบรรจุลงในปฏิกรณ์แบบเบดนิ่ง (fixed bed reactor) แล้วนำไปบรรจุในเตาปฏิกรณ์และปิดฝาให้สนิท จากนั้นต่อท่อแก๊สในโตรเจนขาเข้า และขากอกจากปฏิกรณ์ ใส่เทอร์โมคัปเปิลลงในปฏิกรณ์ เปิดวาล์วควบคุมอัตราการไหลเริ่มต้นของแก๊สในโตรเจน ทดสอบการรั่วของแก๊สตามรอยต่อ และข้อต่อต่างๆ โดยการฉีดน้ำตามรอยต่อ ถ้ามีการรั่ว จะเกิดเป็นฟองแก๊สขึ้น จากนั้นเปิดเครื่องควบแน่น เปิดสวิตช์เตาเผาควบคุมไฟฟ้าของปฏิกรณ์และตั้งอุณหภูมิสุดท้ายที่ใช้ในการไพโรไลซิส แล้วจึงเปิดตั้งอุณหภูมิเริ่มต้นที่ 25°C โดยปรับอุณหภูมิเพิ่มขึ้น 25 °C ทุกๆ 10 นาที จนถึงอุณหภูมิสุดท้ายและลงไว้ที่อุณหภูมินี้เป็นเวลา 60 นาที โดยเมื่อครบ 60 นาทีจะทำการปิดสวิตช์เตาเผา แต่ยังคงให้แก๊สในโตรเจนไหลผ่านเพื่อไล่ผลิตภัณฑ์ที่เป็นของเหลวออกจากปฏิกรณ์ให้หมดเป็นเวลาประมาณ 15 นาที แล้วจึงปิดวาล์วแก๊สในโตรเจน นำผลิตภัณฑ์ที่เป็นของเหลวในขวดรูปชมพู่ใส่บรรจุภัณฑ์แล้วนำไปชั่งน้ำหนัก จดบันทึกค่า เพื่อหาร้อยละผลได้ของผลิตภัณฑ์ที่เป็นของเหลวที่ได้จากการไพโรไลซิสชีวมวล เมื่อปฏิกรณ์อุณหภูมิลดลงถึงอุณหภูมิห้อง ถอดท่อแก๊สขาเข้า ท่อแก๊สขาออก และเทอร์โมคัปเปิลออกจากนั้นนำถ่านในปฏิกรณ์เทออกใส่ถุงพลาสติกและมัดปากถุงให้แน่นนำไปชั่งน้ำหนัก นำไปหาร้อยละผลได้ของถ่านที่ได้จากการไพโรไลซิสชีวมวลสุดท้ายจะหาร้อยละผลได้ของแก๊สจากการ balance โดย น้ำหนักของชีวมวลจะเท่ากับ น้ำหนักของน้ำมัน ถ่านและแก๊สรวมกัน

3. ผลการทดลองโครงการและการวิจารณ์ผล

3.1 สมบัติของชีวมวลที่ใช้ไพโรไลซิส

วิเคราะห์ด้วยเครื่องมือวิเคราะห์ธาตุคาร์บอน ไฮโตรเจนในโตรเจน ซัลเฟอร์และออกซิเจน แสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ส่วนประกอบของใยผลปาล์ม เปลือกเมล็ดกาแฟและไม้ยูคาลิปตัส

สมบัติ	ส่วนประกอบ		
	ใยผลปาล์ม	เปลือกเมล็ดกาแฟ	ไม้ยูคาลิปตัส
Proximate analysis (wt%)			
moisture	10.7	9.9	9.5
volatile matter	55.4	58.2	60.8
fixed carbon	27.9	27.5	25.8
ash	6.0	4.4	3.9
Ultimate analysis (wt%)			
C	43.1	46.2	48.3
H	6.1	6.0	6.3
N	0.5	0.2	0.2
S	0.2	0.2	0.2
O	50.1	47.4	45.0

3.2 ผลของอุณหภูมิที่ใช้ในการไพโรไลซิส (ศึกษาเฉพาะไม้ยูคาลิปตัส)

การศึกษาผลของอุณหภูมิที่ใช้ในการไพโรไลซิสไม้ยูคาลิปตัสทำการทดลอง 3 อุณหภูมิ ได้แก่ 450 500 และ 550°C ได้ผลดังตารางที่ 2 ตารางที่ 2 ผลได้เฉลี่ยของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการไพโรไลซิสไม้ยูคาลิปตัสที่อุณหภูมิ 450 500 และ 550°C

อุณหภูมิที่ใช้ในการไพโรไลซิส	ผลได้ของของเหลว (wt%)	ผลได้ของถ่าน (wt%)	ผลได้ของแก๊ส (wt%)
450°C	46.9	30.5	22.6
500°C	47.2	29.8	23.0
550°C	45.6	28.8	25.6

จากตารางที่ 2 เมื่อพิจารณาในแง่ของของเหลว อุณหภูมิที่เหมาะสมในการไพโรไลซิสไม้ยูคาลิปตัสอยู่ในช่วง 450-500°C ซึ่งผลของอุณหภูมิที่มีต่อผลได้ของผลิตภัณฑ์สอดคล้องกับงานวิจัยของ Acikgoz *et al.* (2006) โดยในงานวิจัยนี้เลือกใช้อุณหภูมิในการไพโรไลซิสไม้ยูคาลิปตัสที่ 500°C

3.3 ผลได้จากการไพโรไลซิสชีวมวลทั้ง 3 ชนิดที่อุณหภูมิ 500°C

งานวิจัยนี้เลือกใช้อุณหภูมิ 500°C เพื่อศึกษาผลขององค์ประกอบในชีวมวลแต่ละชนิดที่มีต่อผลได้ของผลิตภัณฑ์ ผลได้ของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการไพโรไลซิส แสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลได้ของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการไพโรไลซิสชีวมวลทั้ง 3 ชนิดที่อุณหภูมิ 500°C

ชีวมวลที่ใช้ในการไพโรไลซิส	ผลได้ของของเหลว (wt%)	ผลได้ของถ่าน (wt%)	ผลได้ของแก๊ส (wt%)
ใยผลปาล์ม	39.8	33.5	26.7
เปลือกเมล็ดกาแฟ	42.8	32.1	25.1
ไม้ยูคาลิปตัส	47.2	29.8	23.0

จากตารางที่ 3 ผลได้ของของเหลวที่ได้จากการไพโรไลซิสของไม้ยูคาลิปตัสมีค่ามากที่สุด ส่วนผลได้ของถ่านที่ได้จากการไพโรไลซิสของใยผลปาล์มมีค่ามากที่สุด ซึ่งถ่านสามารถนำไปใช้ปรับปรุงคุณภาพดินได้

3.4 วิเคราะห์ผลิตภัณฑ์ส่วนที่เป็นของเหลว

จากการไพโรไลซิสชีวมวลทั้ง 3 ชนิดได้ผลิตภัณฑ์ที่เป็นของเหลวสีน้ำตาลดำ เมื่อนำของเหลว มาวิเคราะห์หาความร้อนด้วยเครื่องบอมม์แคลอริมิเตอร์ ค่าความร้อนที่ได้แสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ค่าความร้อนเฉลี่ย (LHV) ของของเหลวที่ได้จากการไพโรไลซิสชีวมวลแต่ละชนิดที่อุณหภูมิ 500°C

ชีวมวล	ค่าความร้อน (MJ/kg liquid)	ค่าความร้อน (MJ/kg biomass)
ใยผลปาล์ม		
aqueous phase	18.8	-
organic phase	28.9	4.26
เปลือกเมล็ดกาแฟ		
aqueous phase	19.9	-
organic phase	25.3	4.17
ไม้ยูคาลิปตัส		
aqueous phase	19.5	-
organic phase	24.3	4.26

จากตารางที่ 4 เห็นได้ว่าค่าความร้อนของวัฏภาคสารอินทรีย์ (organic phase) สูงกว่าของวัฏภาคน้ำ (aqueous phase) และวัฏภาคสารอินทรีย์ที่ได้จากการไพโรไลซิสใยผลปาล์มมีค่าความร้อนสูงที่สุด (28.9 MJ/kg liquid) โดยการที่ค่าความร้อนของวัฏภาคสารอินทรีย์ที่ได้จากการไพโรไลซิสชีวมวลมีค่าต่ำ อาจมีสาเหตุจากมีปริมาณสารประกอบที่มีออกซิเจนสูง (Tsai *et al.*, 2006)

ค่าความร้อนของชีวมวลที่ได้ใกล้เคียงกับงานวิจัยอื่นๆ ไม่ว่าจะเป็นเปลือกเมล็ดกาแฟของ Saenger *et al.* (2001) หรือใยผลปาล์มของ Yang *et al.* (2006)

เมื่อนำค่าความร้อนของวัตถุดิบสารอินทรีย์มาคิดเทียบต่อน้ำหนักของชีวมวลที่เท่ากัน จะได้ว่าไยผลปาล์มและไม้อยูคาลิปตัส ให้ค่าความร้อนเท่ากัน (4.26 MJ/kg biomass) ส่วนเปลือกเมล็ดกาแฟให้ค่าความร้อนต่ำที่สุด (4.17 MJ/kg biomass)

เมื่อนำของเหลวที่ได้จากการไพโรไลซิสไปกลั่นแยกส่วนประกอบของน้ำมันเมื่อนำมาคิดเทียบต่อน้ำหนักของชีวมวลที่เท่ากัน ได้ค่าดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ส่วนประกอบของน้ำมันต่อน้ำหนักของชีวมวลที่เท่ากัน

ชีวมวล	แก๊สโซลีน (kg/kg biomass)	น้ำมันก๊าด (kg/kg biomass)	ส่วนที่เป็นกาก (kg/kg biomass)
ไยผลปาล์ม	0.377	0.012	0.008
เปลือกเมล็ดกาแฟ	0.382	0.022	0.024
ไม้อยูคาลิปตัส	0.410	0.026	0.036

จากตารางที่ 5 ปริมาณของแก๊สโซลีนและน้ำมันก๊าดที่ได้จากการไพโรไลซิสไม้อยูคาลิปตัสมากที่สุด ดังนั้นถ้าพิจารณาในแง่ปริมาณของแก๊สโซลีนและน้ำมันก๊าดแล้ว ไม้อยูคาลิปตัสเหมาะสมที่สุด

3.5 วิเคราะห์ถ่านที่ได้จากการไพโรไลซิส

จากการไพโรไลซิสชีวมวลทั้ง 3 ชนิด ได้ถ่านสีดำและมีรูปร่างลักษณะเหมือนกับวัตถุคิบก่อนการไพโรไลซิส เมื่อนำถ่านที่ได้จากการไพโรไลซิส ไยผลปาล์ม เปลือกเมล็ดกาแฟและไม้อยูคาลิปตัส ที่อุณหภูมิ 500°C มาวัดค่า pH ด้วยเครื่อง pH meter ได้ค่า pH ของถ่านที่ได้จากการไพโรไลซิสไยผลปาล์ม เปลือกเมล็ดกาแฟและไม้อยูคาลิปตัสเท่ากับ 10.3, 7.5, และ 9.8 ตามลำดับ

3.6 ผลจากการปรับปรุงดินเปรี้ยว

ตัวอย่างดินเปรี้ยวที่ผ่านการบดและอบแห้งแล้ววัดค่า pH ได้ 5.8 นำมาผสมกับถ่านที่ได้จากการไพโรไลซิสชีวมวลทั้ง 3 ชนิด เพื่อปรับสภาพดินเปรี้ยวให้มีค่า pH เป็นกลาง แล้ววัดค่า pH หลังจากการผสมด้วยเครื่อง pH meter โดยอัตราส่วนของดินต่อถ่านจากไยผลปาล์มเท่ากับ 9:1 ค่า pH เท่ากับ 7.1 และอัตราส่วนของดินต่อถ่านจากไม้อยูคาลิปตัสเท่ากับ 1:1 ค่า pH เท่ากับ 7.1 ส่วนถ่านจากเปลือกเมล็ดกาแฟไม่สามารถนำมาปรับปรุงสภาพดินเปรี้ยวได้เนื่องจากมี pH เท่ากับ 7.5

จากค่า pH หลังการผสมดินเข้ากับถ่าน เห็นได้ว่าถ่านที่ได้จากการไพโรไลซิสไยผลปาล์ม ปรับปรุงดินเปรี้ยวให้มีสภาพเป็นกลางได้ดีที่สุด ถ้าต้องการปรับปรุงดินเปรี้ยว (pH 5.8) 1 ตัน ต้องใช้ถ่านจากไยผลปาล์มในการปรับปรุงดินให้เป็นกลางเท่ากับ 111 kg

4. สรุปผลการทดลอง

โครงการงานวิจัยนี้ศึกษาเกี่ยวกับการไพโรไลซิสชีวมวล 3 ชนิด ได้แก่ เปลือกเมล็ดกาแฟ ไยผลปาล์มและไม้อยูคาลิปตัส จากการศึกษาผลของอุณหภูมิที่ใช้ในการไพโรไลซิสไม้อยูคาลิปตัส เห็นได้ว่าที่อุณหภูมิ 500°C ทำให้ได้ผลได้ของของเหลวมากที่สุดจากการวิเคราะห์ทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบผลได้ของของเหลวจากการไพโรไลซิสชีวมวลทั้ง 3 ชนิดทำให้ทราบว่าผลได้ของของเหลวที่ได้จากการไพโรไลซิสของไม้อยูคาลิปตัสมีค่ามากที่สุด (47.2 wt%)

เมื่อนำของเหลวที่ได้ไปหาค่าความร้อนพบว่า ค่าความร้อนของของเหลวเฟสน้ำมันสูงกว่าเฟสน้ำ ซึ่งค่าความร้อนของของเหลวเฟสน้ำมันที่ได้จากการไพโรไลซิสไยผลปาล์มมีค่ามากที่สุด (28.9 MJ/kg liquid) เมื่อเทียบค่าความร้อนของเฟสน้ำมันในปริมาณของน้ำหนักชีวมวลที่เท่ากัน เห็นได้ว่าไยผลปาล์มและไม้อยูคาลิปตัสมีค่าความร้อนเท่ากัน (4.26 MJ/kg biomass) ส่วนเปลือกเมล็ดกาแฟให้ค่าความร้อนน้อยที่สุด (4.17 MJ/kg biomass) และจากผลการกลั่นแยกส่วน เห็นได้ว่าไยผลปาล์มมีปริมาณแก๊สโซลีนสูงที่สุด (94.8 wt%) แต่เมื่อเทียบปริมาณของแก๊สโซลีนต่อน้ำหนักของชีวมวลที่เท่ากัน พบว่าปริมาณของแก๊สโซลีนที่ได้จากการไพโรไลซิสไม้อยูคาลิปตัสมากที่สุด (0.410 kg/kg biomass) และค่า pH ของถ่านที่ได้จากการไพโรไลซิสไยผลปาล์มมีค่ามากที่สุด (10.3) ไม้อยูคาลิปตัส (9.8) และเปลือกเมล็ดกาแฟ (7.5) ตามลำดับ เมื่อนำดินเปรี้ยว (pH 5.8) มาผสมกับถ่านเพื่อปรับสภาพดินเปรี้ยวให้มีค่า pH เป็นกลาง โดยไยผลปาล์มปรับปรุงดินเปรี้ยวให้มีสภาพเป็นกลางได้ดีที่สุด ถ้าต้องการปรับปรุงดินเปรี้ยว (pH 5.8) 1 ตัน ต้องใช้ถ่านจากไยผลปาล์มในการปรับปรุงดินให้เป็นกลางเท่ากับ 111 kg ถ่านจากไม้อยูคาลิปตัสต้องใช้ 1 ตัน เมื่อเปรียบเทียบชีวมวลทั้ง 3 ชนิด ในแง่ผลได้ของของเหลวและปริมาณแก๊สโซลีน พบว่าไม้อยูคาลิปตัสเหมาะสมที่สุด แต่เมื่อพิจารณาในแง่ผลได้ของถ่าน ค่าความร้อนของของเหลวเฟสน้ำมัน (MJ/kg liquid) และความสามารถในการปรับปรุงดินเปรี้ยวให้มีสภาพเป็นกลาง พบว่าไยผลปาล์มเหมาะสมที่สุด ดังนั้นไยผลปาล์มและไม้อยูคาลิปตัสเหมาะสมในการนำมาใช้เป็นพลังงานทางเลือกใหม่

5. กิตติกรรมประกาศ

การดำเนินงานโครงการงานวิจัยนี้ ประสบผลสำเร็จล่วงไปได้ด้วยดีเนื่องมาจากผู้ที่ให้การสนับสนุนและอนุเคราะห์ในด้านต่างๆ ขอขอบคุณ คุณสมพร ลาวัณย์พินิจกุล บริษัทเจเนอรัล ลัมเบอร์ เอ็นจิเนียริง ที่ให้ชิ้นไม้อยูคาลิปตัสสับมาเป็นวัตถุดิบสำหรับโครงการงานวิจัย ขอขอบคุณ ภาควิชาวิศวกรรมเคมี มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน ผู้สนับสนุนทุนในดำเนินงานโครงการงานวิจัยในครั้งนี้

6. เอกสารอ้างอิง

- Acikgoz, C. and Kockar, O.M. 2006. Flash pyrolysis of linseed (*Linum usitatissimum* L.) for production of liquid fuels. **J. Anal. Appl. Pyrolysis**. (78): 406-412., June 29, 2010.
- Saenger, M., E. -U. Hartge, J. Werther, T. Ogada and Z. Siagi. 2001. Combustion of coffee husks. **Renewable Energy**. (23): 103-121., September 6, 2010
- Tsai W.T., Lee M.K. and Chang Y.M. 2006. Fast pyrolysis of rice straw, sugarcane bagasse and coconut shell in an induction-heating reactor. **J. Anal. Appl. Pyrolysis**. (76): 230-237., June 28, 2010.
- Yanga Haiping, Yan Rong, Chen Hanping, Lee Dong Ho, Liang David Tee and Zheng Chuguang. 2006. Pyrolysis of palm oil wastes for enhanced production of hydrogen rich gases. **Fuel Processing Technology**. (87): 935-942., July 12, 2010.