การผลิตเชื้อเพลิงเหลวจากกากไขมันภายใต้สภาวะความดันและอุณหภูมิสูง

Bio-oil Production from Grease Wastes under High Pressure and Temperature

วิลาสินี พรมศิลา[1] อภิญญา ดวงจันทร์[2] สุจิณณา กรรณสูต[1] ธเนศ อุทิศธรรม[3] และ อุณาโลม เวทย์วัฒนะ[4]

Wilasinee Phromsila[1] Apinya Duangchan[2] Sujinna Karnasuta[1] Thanes Utistham[3] and Unalome Wetwatana[4]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาการนำกากไขมันมาผลิตเป็นน้ำมันชีวภาพเพื่อใช้เป็นพลังงานทดแทนเชื้อเพลิงจากฟอสซิล โดยการนำกากไขมันที่มีความชื้นมากกว่าร้อยละ 80 มาทำปฏิกิริยาภายใต้สภาวะความดันและอุณหภูมิสูง ปฏิกรณ์ขนาด 0.5 ลิตร อัตราการเติมกากไขมัน 150 กรัม ในสภาวะอุณหภูมิ 420, 380, 340, 300, 260 และ 220 องศาเซลเซียส และเวลาหน่วงนานอีก 30 นาที ภายหลังจากที่อุณหภูมิภายในถังปฏิกรณ์ถึง 380 องศาเซลเซียส ผลการทดลองพบว่า สภาวะที่เหมาะสมที่สุดในการผลิตน้ำมันชีวภาพจากกากไขมัน คือที่อัตราการเติมกากไขมัน 150 กรัม ความดันสุดท้ายในถังปฏิกรณ์ 195.811 บาร์ และเวลาหน่วงนาน 30 นาที พบว่าได้น้ำมันชีวภาพ 123.56 กรัมของกากไขมันที่เติม ซึ่งมีองค์ประกอบของไฮโดรเจน ออกซิเจน และคาร์บอน คิดเป็นร้อยละ 10.02, 28.49 และ 61.49 ตามลำดับ มีค่าความร้อน 32,551.33 กิโลจูล/กิโลกรัม น้ำมันชีวภาพที่ได้มีคุณสมบัติเหมาะสมต่อการนำไปใช้เป็นพลังงานทดแทนได้

ABSTRACT

In this research, the utilization of grease in form of bio-oil have been studied and promoted to be a sustainable fuel instead of fossil fuels. A grease waste with moisture content > 80% was used in the reaction under High Pressure and Temperature and in 0.5 liter reactor. A feed rate of grease 150 g and temperature as 420, 380, 300, 260, and 220°C were obtained, while a retention time as 30 minute was added after a temperature increased to 380°C. The experimental results showed that the optimal conditions as 195.811 bar and a retention as 30 min were obtained. A 123.56 g bio-oil of the 150 g grease waste was produced. Bio-oil was composed of 10.02% hydrogen, 28.49% oxygen and 61.49% carbon with heating value of 32,551.33 KJ/Kg. Then, a bio-oil from grease could be potentially used to substitute a fuel oil.

Key Words: Supercritical water, Grease waste, Bio-oil

e-mail address: Another-part-of-air@hotmail.com, w.phromsila@gmail.com

[1]ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาลัยสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

[1]Department of Environmental Science, Faculty of College of Environment, Kasetsart University, Bangkok 10900.

[2]ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

[2]Department of Chemical Engineering, Faculty of Engineering Kasetsart University, Kasetsart University, Bangkok 10900.

[3]ฝ่ายเทคโนโลยีพลังงาน สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย ปทุมธานี 10210

[3]Energy Technology Department, Thailand Institute of Scientific and Technological Research, Pathum Thani 12120.

[4]ภาควิชาวิศวกรรมเคมีและกระบวนการ คณะบัณฑิตวิทยาลัยวิศวกรรมศาสตร์นานาชาติสิรินธร ไทย-เยอรมัน สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ กรุงเทพฯ 10800

[4]Department of Chemical and Process Engineering , Faculty of The Sirindhorn Thai-German International Graduate School of Engineering, King Mongkut's University of Technology North Bangkok, Bangkok 10800.

คำนำ

เนื่องจากปัจจุบันประเทศไทยมีความต้องการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงเป็นจำนวนมากและเพิ่มขึ้นทุกปี เช่นเดียวกับอัตราการใช้น้ำมันของโลกที่มีอัตราเพิ่มขึ้นโดยตลอด ประกอบกับสภาวะการผันผวนของราคาน้ำมันเชื้อเพลิงในตลาดโลก น้ำมันดิบเป็นพลังงานเชื้อเพลิงจากธรรมชาติที่ใช้แล้วหมดสิ้นไป คาดว่าในรอบศตวรรษนี้ยังมีน้ำมันใช้อยู่ตลอด แต่จะค่อยๆลดบทบาทลงเพราะมีการนำพลังงานทางเลือก ได้แก่ ไบโอดีเซล พลังงานไฟฟ้า แก๊สธรรมชาติ LPG และ NGV มาใช้ทดแทน หนึ่งในเชื้อเพลิงที่ใช้กันในขณะนี้คือ เชื้อเพลิงชีวมวล ซึ่งเป็นพลังงานที่นิยมใช้ในปัจจุบันอย่างมาก ยกตัวอย่างเช่น การผลิตน้ำมันจากเศษผัก ผลไม้ และเศษอาหาร นอกจากนี้ยังมีการนำกากไขมันที่ดูเหมือนไม่มีประโยชน์นำมาผลิตเป็นเชื้อเพลิงเหลว เพราะกากไขมันเหล่านี้เป็นสิ่งที่ทำให้เกิดมลพิษทางสิ่งแวดล้อม กล่าวคือ กากไขมันส่งผลให้เกิดปัญหาน้ำเสีย ซึ่งหากระบายลงสู่ธรรมชาติโดยไม่ผ่านการบำบัด จะส่งผลกระทบต่อคุณภาพของแหล่งน้ำ เนื่องจากชั้นไขมันจะลอยปิดผิวหน้าของระดับผิวน้ำ ทำให้ออกซิเจนจากอากาศไม่สามารถละลายผ่านถ่ายเทลงสู่ชั้นผิวน้ำด้านล่างได้ ยังผลให้ค่าปริมาณออกซิเจนที่ละลายอยู่ในน้ำมีระดับลดลง ส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำ ทั้งพืช สัตว์น้ำ และสิ่งมีชีวิตอื่นๆ และยังส่งผลให้แหล่งน้ำและบริเวณโดยรอบเกิดความเสื่อมโทรมลง และก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมโดยรอบบริเวณกว้างขึ้น (ประสิทธิ์, 2545) อีกทั้งกากไขมันเหล่านี้ยังส่งกลิ่นเหม็นได้รวดเร็วไม่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมอีกด้วย (กรมควบคุมมลพิษ, 2546) ดังนั้น การนำกากไขมันที่มีความชื้นสูงเกิน 80 เปอร์เซ็นต์ มาผลิตเป็นเชื้อเพลิงเหลว โดยผ่านกระบวนการต่างๆ เช่น Esterification, Gasification, Pyrolysis หรือโดยกระบวนการ Hydrothermal ซึ่งเป็นวิธีที่ผลิตน้ำมันได้อย่างที่นิยมและมีประสิทธิภาพ วิธีนี้เป็นวิธีที่ใช้สภาวะความดันและอุณหภูมิสูง จึงเหมาะสมกับวัตถุดิบที่มีความชื้นสูงเกิน 80 เปอร์เซ็นต์

ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงนำกากไขมันมาเปลี่ยนรูปให้เป็นพลังงานทดแทนในรูปแบบเชื้อเพลิงเหลว (น้ำมันชีวภาพ) เพื่อลดปริมาณกากไขมันและเพิ่มมูลค่าของเสีย ซึ่งจะส่งผลดีและเป็นประโยชน์ต่อคุณภาพชีวิต คุณภาพสิ่งแวดล้อม และงบประมาณของประเทศไทยในระดับต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องปฏิกรณ์รุ่น 4843 ผลิตโดย Parr Instrument Company มีปริมาตร 500 มิลลิลิตร เครื่องวัดค่าความร้อน (Bomb calorimeter) เครื่องวิเคราะห์ธาตุ (CHNS analyzer) เตาอบ (Oven) เครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง และเครื่องแก้ว

การวิเคราะห์สมบัติทางเชื้อเพลิง

กากไขมันที่เก็บมาจากโรงอาหารคณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ โดยการนำกากไขมันไปวิเคราะห์ปริมาณธาตุ (Ultimate analysis) ได้แก่ C, H, N, O, S และค่าความร้อน (Heating value)

ขั้นตอนการวิจัย

นำกากไขมันบรรจุในเครื่องปฏิกรณ์ จำนวน 150 กรัม ก่อนการทดลองจะทำการไล่อากาศและแก๊สอื่นๆ ที่อาจติดค้างในระบบด้วยแก๊สไนโตรเจนไม่น้อยกว่า 3 ครั้ง จากนั้นกำหนดอุณหภูมิเป็น 420, 380, 340, 300, 260

และ 220 องศาเซลเซียส เมื่ออุณหภูมิสูงถึงค่าที่กำหนดจะหน่วงเวลาไว้อีก 30 นาที ผลผลิตที่ได้นำมาวิเคราะห์เพื่อหาปริมาณน้ำมันชีวภาพ ปริมาณธาตุที่เป็นองค์ประกอบ และค่าความร้อนที่เกิดขึ้นจากการทำปฏิกิริยาในเครื่องปฏิกรณ์ ดังแสดงขั้นตอนการวิเคราะห์ตามรูปที่ 1

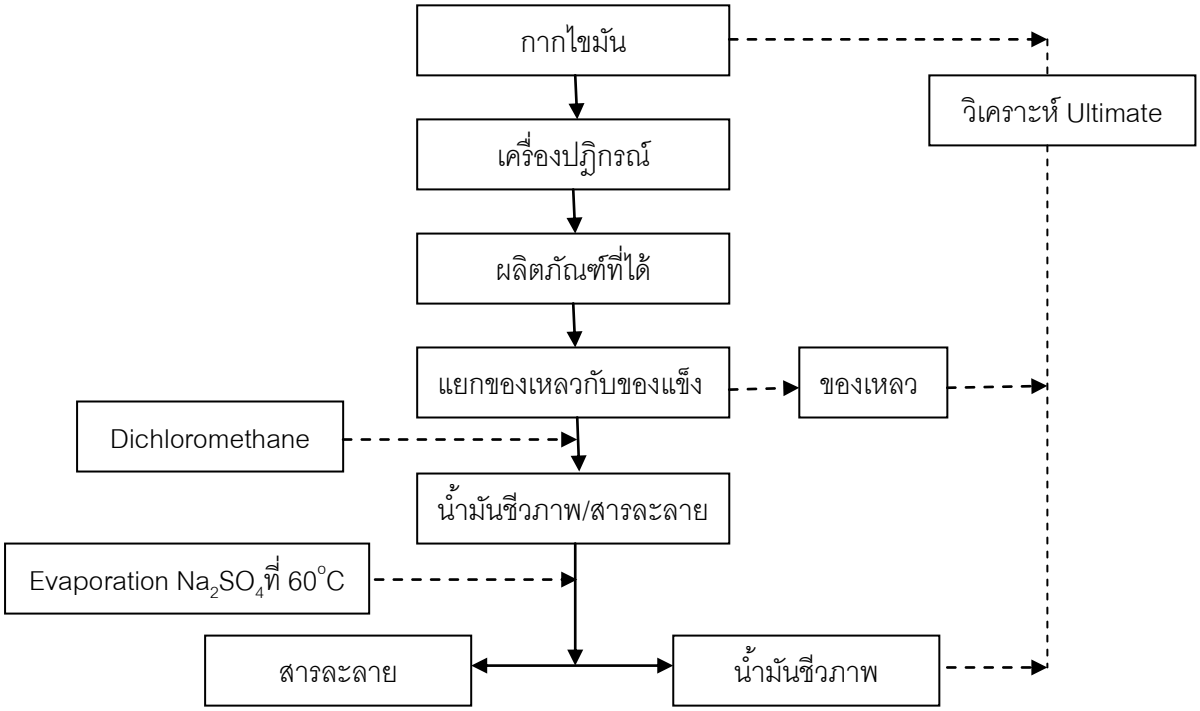

Figure 1 Steps of the process

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ผลผลิตที่ได้

ผลผลิตที่ได้ประกอบไปด้วย น้ำมันชีวภาพ ถ่านคาร์บอน ของเหลวและแก๊ส ผลผลิตหลักที่ต้องการนี้คือน้ำมันชีวภาพ สภาวะของอุณหภูมิที่เหมาะสมที่สุดคือ 380 องศาเซลเซียส ใช้ปริมาณกากไขมัน 150 กรัม ความดันสุดท้าย 195.811 บาร์ และระยะเวลาที่หน่วงภายหลังจากที่อุณหภูมิภายในเครื่องปฏิกรณ์ถึง 380 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที ได้ผลผลิตน้ำมันชีวภาพ 123.56 กรัม (Table 1, Figure 2)

สมบัติด้านเชื้อเพลิงของผลผลิตที่ได้

ผลผลิตน้ำมันชีวภาพถูกนำไปวิเคราะห์หาสมบัติปริมาณธาตุและค่าความร้อน ตามวิธีวิเคราะห์ ASTM D 5373 และ ASTM D 5865 ซึ่งเป็นตัวชี้วัดชี้วัดสมบัติด้านเชื้อเพลิง ค่าปริมาณซัลเฟอร์จะไม่มีการวิเคราะห์เนื่องจากชีวมวลเหล่านี้ไม่มีหรือมีน้อยมาก

สัดส่วนสารไฮโดรคาร์บอนที่สูง (คาร์บอนและไฮโดรเจน) แสดงถึงค่าความร้อนสูงในน้ำมันเชื่อเพลิง ซึ่งภายใต้สภาวะที่เหมาะสมที่สุด ถ้ามีสารไฮโดรคาร์บอนมาก แสดงถึงค่าความร้อนที่สูง

ค่าความร้อนของน้ำมันชีวภาพ มาจากสัดส่วนคาร์บอนและไฮโดรเจนโดยตรง ส่วนออกซิเจนไม่มีผลต่อค่าความร้อน น้ำมันชีวภาพที่ได้จากกระบวนการนี้มีค่าความร้อน 32,551.33 กิโลจูล/กิโลกรัม (Table1)

การวิเคราะห์หาสมบัติปริมาณธาตุของน้ำมันชีวภาพที่ได้จากกระบวนการนี้ พบว่ามีองค์ประกอบของไฮโดรเจน ออกซิเจน และคาร์บอน คิดเป็นร้อยละ 10.02, 28.49 และ 61.49 ตามลำดับ (Table1)

Table1 The results of amount of bio oil (g), pressure (bar), percentages of C, O and H and heating value (KJ/kg) of oil product under different temperatures

No.	Temperature (°C)	Pressure (bar)	Bio-oil (g)	oxygen (%)	carbon (%)	hydrogen (%)	heating value (KJ/kg)
1	420	234.42	132.77	29.2816	60.918	9.8004	32,450.36
2	380	195.81	123.56	28.489	61.487	10.024	32,551.33
3	340	139.96	123.04	29.9991	60.315	9.6859	31,756.67
4	300	90.32	116.13	31.0234	59.274	9.7026	31,498.41
5	260	51.02	111.27	31.6129	59.302	9.0851	31,012.58
6	220	24.82	106.36	31.9933	58.182	9.8247	30,911.64

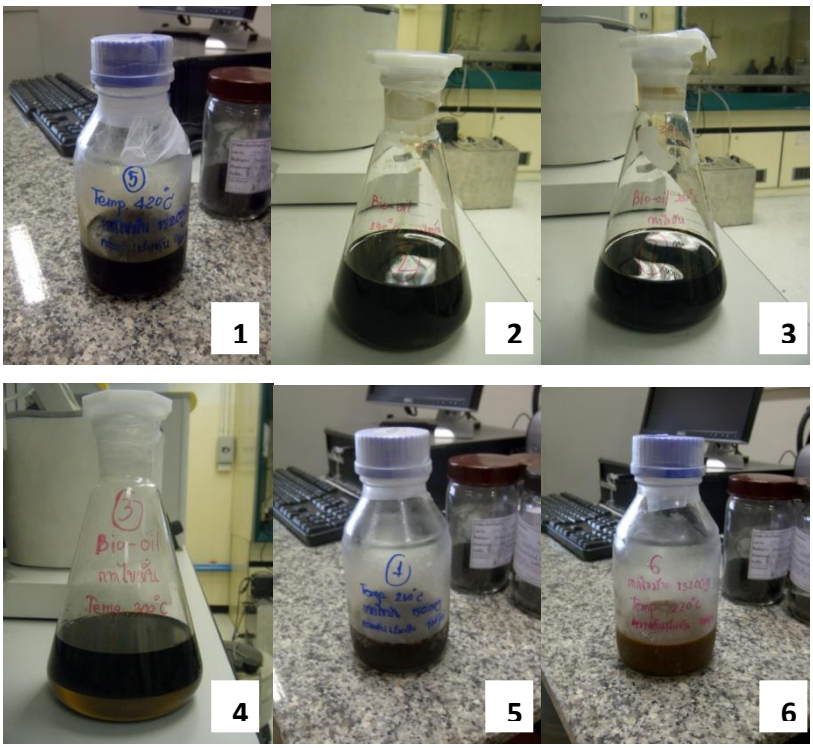

Figure 2 The bio oils under different temperatures (1) 420°C, (2) 380°C, (3) 340°C, (4) 300°C, (5) 260°C and (6) 220°C

สรุป

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาแนวทางการนำกากไขมันมาผ่านเทคโนโลยีการย่อยสลายภายใต้สภาวะความดันและอุณหภูมิสูง เพื่อให้ได้ผลผลิตเป็นน้ำมันชีวภาพและผลพลอยได้ถ่านคาร์บอน ในการทดลองนี้ใช้กากไขมันจำนวน 150 กรัม เติมเข้าไปในปฏิกรณ์ ในสภาวะอุณหภูมิต่างๆและเวลาหน่วงที่ 30 นาที โดยกำหนดให้การทดลองอยู่ภายใต้สภาวะความดันและอุณหภูมิสูง เพื่อหาอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อผลผลิตที่ได้ พบว่า สภาวะที่เหมาะสมของการทดลองคือ ที่ 380 องศาเซลเซียส ความดันสุดท้ายในปฏิกรณ์ 195.811 บาร์ ได้ผลิตภัณฑ์น้ำมันชีวภาพ 123.56 กรัมของกากไขมันที่เติม มีไฮโดรเจน ออกซิเจน และคาร์บอน เป็นองค์ประกอบ คิดเป็นร้อยละ 10.02, 28.49 และ 61.49 ตามลำดับ และมีค่าความร้อน 32,551.33 กิโลจูล/กิโลกรัม ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับค่าความ

ร้อนของน้ำมันเบนซิน ซึ่งสามารถนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงเผาไหม้ได้ คุณสมบัติเหมาะสมต่อการนำไปใช้เป็นพลังงานทดแทนได้

กิตติกรรมประกาศ

ขอบคุณเจ้าหน้าที่กองยานพาหนะ อาคาร และสถานที่ และ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่ช่วยเก็บกากไขมันจากบ่อดักไขมันเพื่อใช้ในการทดลอง และขอขอบคุณ สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย ที่ได้ให้ทุนสนับสนุนงานวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. 2546. **คู่มือแนวทางการจัดการกาก ตะกอนจากระบบบำบัดน้ำเสีย โครงการจัดทำหลักเกณฑ์และแนวทางการจัดการกากตะกอนจากระบบบำบัดน้ำเสีย**. กากตะกอนจากระบบบำบัดน้ำเสีย. แหล่งที่มา: http://www.pcd.go.th/public/Publications/print_water.cfm?task, 12 มกราคม 2554.

ประสิทธิ์ เหลืองรุ่งเกียรติ. 2545. ความรู้ความเข้าใจและทัศนคติของผู้ประกอบการที่จำหน่ายอาหารและปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพของบ่อดักไขมันในเขตกรุงเทพมหานคร **วารสารการส่งเสริมสุขภาพอนามัยและสิ่งแวดล้อม** ปีที่ 25 ฉบับที่ 2 (เมษายน - มิถุนายน)

อาภาณี เหลืองนฤมิตชัย. 2551. **ปิโตรเลียมและปิโตรเคมี**. ไบโอดีเซล. แหล่งที่มา: http://www.vcharkarn.com/vnews/, 12 มกราคม 2554.

Canakci, M. 2007. The potential of restaurant waste lipids as biodiesel feedstocks. **Bioresource Technology**, 98: 183–190.

Demirbas, A. 2005. Biodiesel production from vegetable oils via catalytic and non-catalytic supercritical methanol transesterification methods. **Progress in Energy and Combustion Science**, 31: 466–487

Issariyakul, T., M. Kulkarni, A. Dalai. and N. Bakhshi. 2007. Production of biodiesel from waste fryer grease using mixed methanol/ethanol system. **Fuel Processing Technology**, 88: 429–436.

Liang, Y., Y. Cui, J. Trushenski. and J. Blackburn. 2010. Converting crude glycerol derived from yellow grease to lipids through yeast fermentation. **Bioresource Technology**, 101: 7581–7586.

Schulte, B. 2008. Chicken fat converted into biodiesel using supercritical methanol. **Science Daily**. Available Source: http://www.clinictech.psu.ac.th index.php?option=com_content&task=view&id=17&Itemid=2, April 06, 2008.