

การผลิตเมทิลเอสเทอร์จากไขมันในบ่อน้ำทิ้งของโรงงานปาล์ม

ชาคริต ทองอุไร¹ และ คู่จันทร์ จันทร์ทองอ่อน²

Abstract

Tongurai, C. and Chuntornng-orn, K.

Production of methyl ester from oil in the wastewater pond of a palm oil factory
Songklanakarin J. Sci. Technol., 2007, 29(6) : 1583-1590

This research studied the suitable technique for the production of methyl ester from waste palm oil in the water pond of a palm oil mill. The composition of the waste palm oil was 73.82% fatty acid, 5.07% triglyceride, 3.39% diglyceride and 17.76% unknown compounds. The unknown compounds were separated via simple distillation carried out at a temperature range of 300-350°C.

First, the experiments were carried out in screw capped bottles using filtrated as-received waste oil as the reactant. The esterification and transesterification process were conducted using sulfuric acid catalyst in a methanol solution. The key parameters studied were mole ratio of waste oil to methanol (1:1 to 1:72), amount of catalyst from 0.1-20 v/w% of the reactant, temperature range of 60-98°C and reaction time range of 15-180 minutes. Thin Layer Chromatography (TLC) analysis showed 85-90% purity of methyl ester with 4-5% of mono-, di-, and triglycerides and fatty acids and about 5-10% of the unknown compounds for the best condition. The resulting yield of biodiesel was 84-88%. Eradication of contaminants by distillation gave about a 75% distillate yield. Distilled waste palm oil was esterified and transesterified using the previous optimum condition of as-received waste oil, but the reaction time and temperature were varied. The optimal result was obtained by using distilled waste palm oil to methanol molar ratio of 1:8, sulfuric acid of 1 v/w% of reactant, reaction temperature of 70°C and reaction time of 1 hour. TLC analysis indicated a biodiesel

Department of Chemical Engineering, Faculty of Engineering, Prince of Songkla University, Hat Yai, Songkhla, 90112 Thailand.

¹D. Ing. (Chemical Engineering) รองศาสตราจารย์ นักศึกษาหลักสูตร วศ.บ. สาขาวิศวกรรมเคมี ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา 90112

Corresponding e-mail: chakrit.t@psu.ac.th

รับต้นฉบับ 10 ตุลาคม 2549

รับลงพิมพ์ 19 พฤศจิกายน 2550

composition of methyl ester, free fatty acid, diglyceride and monoglyceride of 96.39%, 3.20%, 0.24% and 0.17%, respectively. The yield of biodiesel was 96-98% having physical fuel properties according to Thailand standard for methyl ester

Finally, the distilled waste palm oil was esterified using a 3 liters continuous stirred-tank reactor (CSTR). Using the suitable condition for the batch process and an hour retention time, the resulting biodiesel contained methyl ester, free fatty acid, diglyceride and monoglyceride at compositions of 94.34%, 3.22%, 1.60% and 0.84%, respectively, which were very close to the qualities from the batch process.

Key words : biodiesel, methyl ester, esterification, waste palm oil, palm oil mill

บทคัดย่อ

ชาคริต ทองอุไร และ กุญชร จันทรทองอ่อน
การผลิตเมทิลเอสเทอร์จากไขมันในบ่อน้ำทิ้งของโรงงานปาล์ม
ว. สงขลานครินทร์ วทท. 2550 29(6) : 1583-1590

บทความนี้นำเสนอการศึกษาหากระบวนการที่เหมาะสมในการผลิตเมทิลเอสเทอร์จากไขมันในระบบบำบัดน้ำเสียจากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม โดยใช้สารตั้งต้นเป็นไขมัน 2 ชนิด คือ ไขมันที่ผ่านการกรองและไขมันที่ผ่านการแยกสารปนเปื้อนด้วยการกลั่นภายใต้ความดันบรรยากาศเป็นวัตถุดิบตั้งต้น การหาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตเมทิลเอสเทอร์กระทำในขวด screw capped โดยใช้กรดซัลฟิวริกเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาในสารละลายเมทานอล เพื่อให้เกิดปฏิกิริยาเอสเตอริฟิเคชัน (esterification) และทรานส์เอสเตอริฟิเคชัน (transesterification) พร้อม ๆ กัน ปัจจัยสำคัญที่ศึกษาคือสัดส่วนเชิงโมลของสารตั้งต้นต่อเมทานอลในช่วง 1:1-1:72 ปริมาณของตัวเร่งปฏิกิริยา 0.1-20 v/w% ของไขมัน อุณหภูมิ 60-98°C และใช้เวลาในการทำปฏิกิริยา 15-180 นาที จากผลการวิเคราะห์ด้วย thin layer chromatograph แสดงให้เห็นว่า ไบโอดีเซลที่ได้มีความบริสุทธิ์เมทิลเอสเทอร์ 85-90% มีโมโน- ได- และไตร-กลีเซอไรด์รวมทั้งกรดไขมัน 4-5% และสารประกอบที่ไม่รู้จัก 5-10% โดยมีผลได้ (yield) 84-88% ซึ่งยากต่อการปรับปรุงคุณภาพให้ได้ตามมาตรฐานประเทศไทย ผลได้ในการแยกสารปนเปื้อนด้วยการกลั่นมีค่าประมาณ 75% การผลิตจากไขมันที่ผ่านการกลั่นแยกสารปนเปื้อนแล้ว พบว่า เมื่อใช้สัดส่วนเชิงโมลไขมันต่อเมทานอลเท่ากับ 1:8 ปริมาณกรดซัลฟิวริก 1% v/w ของไขมัน ทำปฏิกิริยาที่อุณหภูมิ 70°C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ได้ไบโอดีเซลที่มีความบริสุทธิ์ของเมทิลเอสเทอร์ 95-97% และมีกรดไขมัน ไคกลีเซอไรด์ และโมโนกลีเซอไรด์ ตกค้างอยู่ 3.20% 0.24% และ 0.17% ตามลำดับ โดยมีผลได้ในช่วง 96-98% โดยมีคุณสมบัติเชิงกายภาพที่สอดคล้องกับมาตรฐานเมทิลเอสเทอร์ของประเทศไทย แต่ต้องปรับปรุงสมบัติเชิงเคมีต่อไป

ในการผลิตไบโอดีเซลแบบต่อเนื่องด้วยอุปกรณ์ CSTR ซึ่งมีความจุถังปฏิกรณ์ 3 ลิตร จากไขมันที่ผ่านการแยกสารปนเปื้อน โดยใช้สภาวะที่เหมาะสมจากกระบวนการผลิตแบบแบทช์ พบว่า ไบโอดีเซลที่ได้มีความบริสุทธิ์ของเมทิลเอสเทอร์ 94.34% และมีกรดไขมัน ไคกลีเซอไรด์ และโมโนกลีเซอไรด์ตกค้างอยู่ 3.22% 1.60% และ 0.84% ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับการผลิตแบบแบทช์ และสามารถพัฒนาให้มีคุณสมบัติตามมาตรฐานได้

การศึกษาวิจัยเพื่อให้ได้แหล่งพลังงานชนิดใหม่ เช่น เชื้อเพลิงไบโอดีเซล นั้นเป็นที่ได้รับความสนใจเป็นอย่างยิ่ง เชื้อเพลิงไบโอดีเซลเป็นเชื้อเพลิงที่ได้มาจากน้ำมันพืช หรือ ไขมันสัตว์ เชื้อเพลิงชนิดนี้ได้ถูกแนะนำให้ใช้น้ำมันดีเซล ซึ่งสาเหตุหลักมาจากเชื้อเพลิงชนิดนี้สามารถทำขึ้นใหม่ได้และยังเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมโดยสามารถย่อยสลาย

ทางชีวภาพได้ การใช้ไบโอดีเซลเป็นเชื้อเพลิงนั้นได้มีการผลิตกันอย่างแพร่หลายและได้มีการเริ่มใช้น้ำมันชนิดนี้แทนน้ำมันดีเซลในทวีปยุโรปหลังปี 1980

ปัจจุบันวิธีที่นิยมในการผลิตเมทิลเอสเทอร์ คือ ปฏิกิริยาทรานส์เอสเตอริฟิเคชันของไตรกลีเซอไรด์ในน้ำมันพืช หรือไขมันสัตว์ โดยใช้แอลกอฮอล์ร่วมกับตัวเร่งปฏิกิริยากรด

หรือเบส แอลกอฮอล์ที่นิยมใช้ในการทำปฏิกิริยาคือเมทานอล เพราะมีราคาถูก ซึ่งจะได้กลีเซอรินเป็นผลผลิตพลอยได้ เมทิลเอสเทอร์ที่ได้จากกระบวนการนี้เมื่อถูกใช้เป็นเชื้อเพลิงทดแทนดีเซล จะเรียกว่า "ไบโอดีเซล" ปฏิกิริยาทรานส์เอสเตอริฟิเคชันที่ใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาแบบเบสจะพบกันมากในการผลิตเชิงอุตสาหกรรมเพราะปฏิกิริยาเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว โซเดียมไฮดรอกไซด์และโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาเบสที่นิยมกันอย่างแพร่หลาย ในทางกลับกันการใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาแบบกรดนั้นได้รับความสนใจที่น้อยกว่าเพราะปฏิกิริยาเกิดขึ้นช้า และตัวเร่งปฏิกิริยากรดที่นิยมคือกรดซัลฟิวริก (Zhang *et al.*, 2003) แต่จะได้รับความสนใจใช้มากขึ้นเมื่อวัตถุดิบตั้งต้นมีกรดไขมันอิสระอยู่ในปริมาณสูง

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้ คือ เพื่อศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตเมทิลเอสเทอร์จากไขมันในบ่อน้ำทิ้งและไขมันที่กลั่นแล้วของโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม ในกระบวนการผลิตแบบแบตช์และต่อเนื่อง

วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการ

1. วัสดุ ใช้ไขมันปาล์มในบ่อน้ำทิ้ง (waste oil) จากบริษัทสตูดิโออินเตอร์ จังหวัดสตูล

จากผลการวิเคราะห์องค์ประกอบด้วยวิธี Thin Layer

Chromatography (TLC) พบว่า ไขมันที่กลั่นแล้วจะประกอบไปด้วย กรดไขมันอิสระเป็นส่วนใหญ่ คือประมาณ 95% โดยน้ำหนัก ซึ่งมากกว่าไขมันก่อนกลั่นที่มีกรดไขมันประมาณ 73% โดยน้ำหนัก และมีสารประกอบที่ไม่รู้ชนิด (unknown compounds) มากถึง 17.7% ซึ่งเมื่อตรวจสอบด้วย TLC จะไม่พบในไขมันที่กลั่นแล้ว

2. สารเคมี

สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง ประกอบด้วย เมทานอลเกรดการค้า (99.5%) เอทานอลเกรดการค้า (95%) โซเดียมไฮดรอกไซด์เกรดการค้า กรดซัลฟิวริกเกรดการวิเคราะห์ (98%) น้ำกลั่น กรดซัลฟามิกเกรดการวิเคราะห์ อินดิเคเตอร์เมทิลเรดและฟีนอล์ฟธาลีน และน้ำมันพาราฟิน (Paraffin oil) เป็นตัวกลางให้ความร้อน

3. อุปกรณ์

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองและวิเคราะห์ ประกอบด้วย ชุดสาริตการผลิตไบโอดีเซลแบบต่อเนื่อง (continuous process reactor) สร้างโดยศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ (Figure 1) ชุดกลั่นแบบมีรีฟลักซ์ เครื่องมือวิเคราะห์ Thin Layer Chromatography/Hydrogen Flame Ionization Detection (TLC/FID), Iatrosan Model MK-6s และ

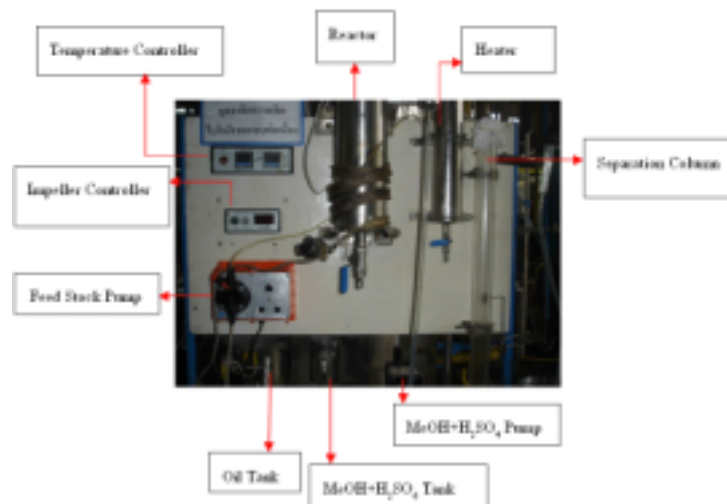


Figure 1. Continuous process reactor
(Color figure can be viewed in the electronic version)

เครื่องมือวิเคราะห์ Gas Chromatograph/ Flame Ionization Detector (GC/FID) Model HP6850

4. วิธีการทดลอง

ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมต่อการผลิตเมทิลเอสเทอร์จากไขมันปาล์มในบ่อน้ำทิ้ง ด้วยกระบวนการผลิตแบบแบทช์ โดยใช้ไขมันที่ผ่านกระบวนการกรองเพื่อแยกสารปนเปื้อนออกเป็นสารตั้งต้น ในการทำปฏิกิริยาเอสเตอริฟิเคชันและทรานส์เอสเตอริฟิเคชัน ศึกษาอิทธิพลของปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยากรดซัลฟิวริก ตั้งแต่ 0.1 ถึง 20 v/w % ผลของสัดส่วนเชิงโมลไขมันต่อเมทานอล 1:1 ถึง 1:72 ผลของเวลาในการทดลองตั้งแต่ 15 นาที จนถึง 180 นาที ตลอดจนผลของอุณหภูมิในการทำปฏิกิริยา 60, 70, 80, 98°C ทำปฏิกิริยาในขวด screw capped ขนาด 250 มล. พร้อมแท่งกวนแม่เหล็ก ควบคุมอุณหภูมิในอ่างน้ำมัน นำสารที่ได้หลังจากการทำปฏิกิริยาผ่านกระบวนการล้างน้ำและระเหยน้ำออก นำตัวอย่างวิเคราะห์หาปริมาณเมทิลเอสเทอร์ด้วยเครื่อง TLC/FID ทำซ้ำโดยใช้ไขมันที่กลั่นแล้วเป็นสารตั้งต้น

หลังจากนั้นทำการผลิตเมทิลเอสเทอร์จากไขมันที่กลั่นแล้วเป็นสารตั้งต้น ด้วยชุดสาริตการผลิตแบบต่อเนื่องดัง Figure 1 โดยใช้สภาวะที่เหมาะสมจากกระบวนการผลิตแบบแบทช์ข้างต้นเพื่อหาความเป็นไปได้ในการผลิตเชิงพาณิชย์

ผลการทดลองและวิจารณ์

- ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการผลิตเมทิลเอสเทอร์จากสารตั้งต้นไขมันปาล์มในบ่อน้ำทิ้งที่ผ่านการกรองของแข็งออกแล้ว

1.1 ผลของปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยาที่มีผลต่อการผลิตเมทิลเอสเทอร์

ศึกษาปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยาโดยนำไขมัน 40 กรัม ผสมกับเมทานอล 60 กรัม (1:12 เชิงโมล) แปรค่ากรดซัลฟิวริก 20, 15, 10, 5, 2.5, 1, 0.5, 0.25 และ 0.1 v/w% ให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 98°C กวนตลอดการทดลอง 3 ชั่วโมง

จาก Figure 2 พบว่า ที่ปริมาณกรดที่มากกว่า

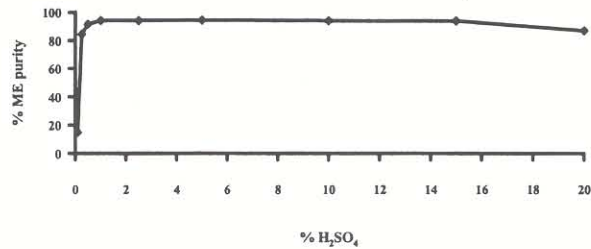


Figure 2. Effect of %H₂SO₄ on % ME purity

0.25 จนถึง 20 v/w% นั้น จะได้ความบริสุทธิ์ของเมทิลเอสเทอร์มากกว่า 90% และมีค่าคงตัว ส่วนผลการทดลองเมื่อใช้ปริมาณกรดเพียง 0.1 v/w% เมื่อตั้งทิ้งไว้ 1 คืน จะได้ผลผลิตที่มีลักษณะเป็นของแข็ง เนื่องจากปฏิกิริยาเกิดไม่บริสุทธิ์เพราะมีปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยาน้อยเกินไป ผลการทดลองนี้จะสอดคล้องกับการทดลองของ Crabbe และคณะ (2001) ที่ใช้น้ำมันปาล์มดิบเป็นวัตถุดิบในการทดลองศึกษาอิทธิพลของปริมาณกรดซัลฟิวริกในช่วง 1 ถึง 5 v/w%

จากการทดลองพบว่า ปริมาณของกรดที่ใช้ส่งผลกระทบต่อขั้นตอนการล้างน้ำ ที่เมื่อใช้กรดปริมาณสูงจะต้องใช้น้ำล้างมากและใช้เวลานาน ดังนั้นเพื่อให้แน่ใจว่าความเข้มข้นของกรดที่ใช้ไม่น้อยจนเกินไป และล้างน้ำง่าย จึงสรุปได้ว่าปริมาณของกรด เท่ากับ 1 v/w% เป็นค่าที่เหมาะสมในการผลิตเชิงพาณิชย์

1.2 ผลของสัดส่วนเชิงโมลไขมันต่อเมทานอลที่มีผลต่อการผลิตเมทิลเอสเทอร์

ทดลองโดยใช้สัดส่วนเชิงโมลไขมันต่อเมทานอลในช่วง 1:1 ถึง 1:72 ปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยากรด 20 v/w% ทำการทดลอง 3 ชั่วโมง อุณหภูมิ 98°C พบว่าที่สัดส่วนเชิงโมลไขมันต่อเมทานอล 1:1 สังเกตการแยกชั้นได้ยาก

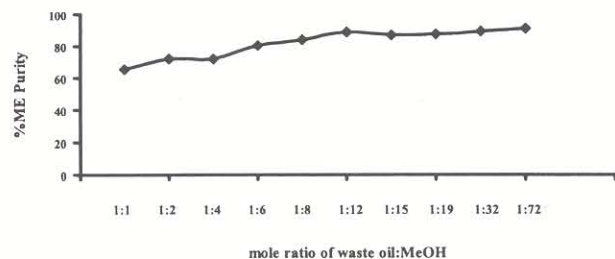


Figure 3. Effect of mole ratio of waste oil: MeOH on % ME purity

จาก Figure 3 พบว่า การเพิ่มสัดส่วนเชิงโมลไขมันต่อเมทานอลทำให้อัตราการเกิดเมทิลเอสเทอร์เพิ่มขึ้น และเมื่อใช้สัดส่วนปริมาณเมทานอลน้อยกว่า 1:8 โมล นอกจากจะสังเกตการแยกชั้นได้ยากแล้ว ยังต้องเพิ่มจำนวนครั้งในการล้างน้ำอีกด้วย เพราะปริมาณเมทานอลที่น้อยเกินไปทำให้ปฏิกิริยาเกิดไม่บริบูรณ์ ดังนั้นสัดส่วนเชิงโมลของเมทานอลที่น้อยกว่า 1:8 จึงไม่เหมาะต่อการทำปฏิกิริยา แต่ที่สัดส่วนเชิงโมลของไขมันต่อเมทานอลที่สูงกว่า 1:8 จนถึง 1:72 พบว่าเปอร์เซ็นต์การเกิดเมทิลเอสเทอร์มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยและมีค่าในระดับเดียวกัน ดังนั้นเพื่อเป็นการลดต้นทุนในการผลิตไบโอดีเซล ทั้งขนาดของถังปฏิกรณ์และการแยกชั้น แอลกอฮอล์ส่วนเกิน สัดส่วนเชิงโมลของไขมันต่อเมทานอลที่เหมาะสมคือ 1:8

1.3 ผลของเวลาที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาต่อการเกิดเมทิลเอสเทอร์

ศึกษาผลของเวลาโดยใช้สัดส่วนเชิงโมลไขมันต่อเมทานอล 1:8 ปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยากรด 1 v/w% อุณหภูมิ 98°C ที่เวลา 15, 30 นาที 1, 2 และ 3 ชั่วโมง พบว่า การเพิ่มเวลาในการทำปฏิกิริยาทำให้แนวโน้มการเกิดเมทิลเอสเทอร์เพิ่มขึ้นดัง Figure 4 การเปลี่ยนเป็นเมทิลเอสเทอร์เพิ่มขึ้นเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วง 1 ชั่วโมง และที่เวลา 1 ชั่วโมง มีเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยน (conversion) ของเมทิลเอสเทอร์สูงที่สุด เมื่อเวลาในการทำปฏิกิริยามากกว่า 1 ชั่วโมง เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนมีแนวโน้มลดลง ซึ่งอาจเกิดจากความบกพร่องในอุปกรณ์การทดลอง (ขวด screw capped) เนื่องจากความดันในขวดจะสูงทำให้ไอเมทานอลรั่วซึมออกไปได้ และปฏิกิริยาที่เกิดเป็นแบบผันกลับได้ (reversible) ดังนั้นเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนจึงมีค่าลดลง

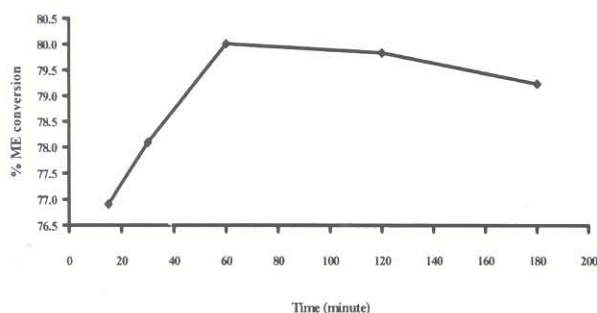


Figure 4. Effect of reaction time on %ME purity

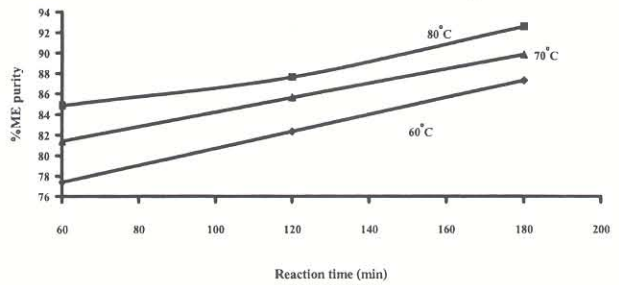


Figure 5. Effect of reaction time and temperature on %ME purity

1.4 ผลของอุณหภูมิที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาต่อการเกิดเมทิลเอสเทอร์

ศึกษาผลของอุณหภูมิคือ 60, 70 และ 80°C ที่เวลา 1, 2 และ 3 ชั่วโมง โดยใช้สัดส่วนเชิงโมลของไขมันต่อเมทานอล 1:8 ปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยากรด 1 v/w% ของสารตั้งต้น แสดงผลดัง Figure 5 พบว่า ทุก ๆ อุณหภูมิให้แนวโน้มความบริสุทธิ์ของเมทิลเอสเทอร์ที่เพิ่มขึ้นเมื่อเวลาเพิ่มขึ้น จากผลที่ได้นี้ทำให้รู้ว่าปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นขึ้นอยู่กับทั้งเวลาและอุณหภูมิ โดยผลการทดลองสอดคล้องกับงานวิจัยของ Zullaikah และคณะ (2005) ซึ่งใช้น้ำมันจากเมล็ดข้าวและมีกรดไขมันอิสระสูง ตั้งแต่ 6.6% และ 75.8% โดยใช้กรดซัลฟิวริกเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา พบว่า เปอร์เซ็นต์การเกิดเมทิลเอสเทอร์เพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มระยะเวลาในการทดลอง และยังคงพบว่าเวลาที่ใช้ในการทำปฏิกิริยามากกว่า 12 ชั่วโมง ทำให้แนวโน้มการเกิดเมทิลเอสเทอร์มีแนวโน้มคงที่

2. ศึกษาปัจจัยที่มีต่อการผลิตเมทิลเอสเทอร์โดยใช้ไขมันก้นแล้วเป็นสารตั้งต้น

ศึกษาการผลิตเมทิลเอสเทอร์โดยใช้ไขมันก้นแล้วเป็นสารตั้งต้นในการทำปฏิกิริยาที่มีตัวเร่งปฏิกิริยากรดซัลฟิวริก ทำการศึกษาที่เวลา 1, 2 และ 3 ชั่วโมง และอุณหภูมิในการทำปฏิกิริยาตั้งแต่ 60, 70, 80 และ 98°C โดยใช้ปริมาณกรดซัลฟิวริก 1 v/w% และสัดส่วนเชิงโมลไขมันต่อเมทานอล 1:8

2.1 ผลของเวลาและอุณหภูมิที่ใช้ในการทำปฏิกิริยา

จาก Figure 6 พบว่าที่ทุก ๆ อุณหภูมิ เมื่อเพิ่มเวลาในการทำปฏิกิริยา ทำให้แนวโน้มการเกิดเมทิลเอสเทอร์

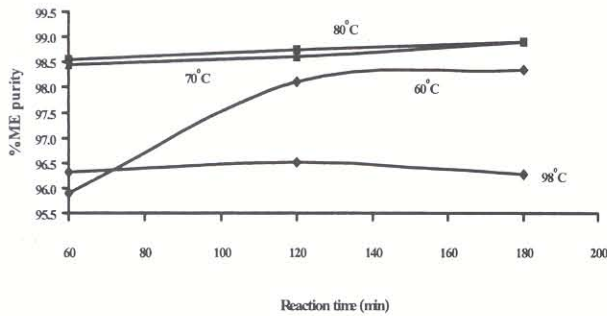


Figure 6. Effect of reaction time and temperature on %ME purity of distilled waste

เพิ่มขึ้นและเกิดได้เร็วในช่วงเวลา 1-2 ชั่วโมง เมื่อเวลาในการทำปฏิกิริยามากกว่า 2 ชั่วโมง การเกิดเมทิลเอสเทอร์มีแนวโน้มคงที่ แต่อาจมีบางอุณหภูมิ เช่น ที่อุณหภูมิ 98°C พบว่าเมื่อเวลาในการทำปฏิกิริยามากกว่า 1 ชั่วโมง มีแนวโน้มการเปลี่ยนของเมทิลเอสเทอร์ต่ำกว่าทุกๆ อุณหภูมิ ซึ่งมาจากการรบกวนของไอเมทานอล และที่อุณหภูมิ 70 และ 80°C ที่เวลาในการทำปฏิกิริยาเดียวกัน มีแนวโน้มการเกิดเมทิลเอสเทอร์ที่ใกล้เคียงกันทุกๆ เวลา ดังนั้นในการทดลองครั้งต่อไปจึงเลือกทำการทดลองที่ 70°C เพื่อเป็นการประหยัดพลังงานและลดการรบกวนของเมทานอลซึ่งมีจุดเดือด 65°C และที่เวลาในการทำปฏิกิริยา 1 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 70°C ก็เพียงพอต่อการเกิดปฏิกิริยา

2.2 เปรียบเทียบผลของเวลาและอุณหภูมิที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาโดยใช้ไขมันก่อนกลั่นและไขมันก่อนกลั่นแล้วเป็นสารตั้งต้น

2.2.1 เปรียบเทียบผลของเวลาที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาต่อการเกิดเมทิลเอสเทอร์

การเปรียบเทียบเวลาในการทำปฏิกิริยาเอสเทอร์ฟิเคชันที่อุณหภูมิ 98°C แสดงดัง Figure 7 พบว่าเมื่อใช้ไขมันก่อนกลั่นแล้วเป็นสารตั้งต้นในการทำปฏิกิริยาจะได้ร้อยละการเกิดเมทิลเอสเทอร์สูงกว่าการใช้ไขมันไม่กลั่นเป็นสารตั้งต้น อย่างชัดเจน

2.2.2 เปรียบเทียบผลของอุณหภูมิที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาต่อการเกิดเมทิลเอสเทอร์

ทำการเปรียบเทียบอุณหภูมิในการทำปฏิกิริยาเอสเทอร์ฟิเคชันที่อุณหภูมิ 60, 70, 80 และ 98°C ที่เวลา 3 ชั่วโมง แสดงดัง Figure 8 พบว่าเมื่อใช้ไขมันก่อนกลั่นแล้วเป็นสารตั้งต้นในการทำปฏิกิริยาจะได้ร้อยละการ

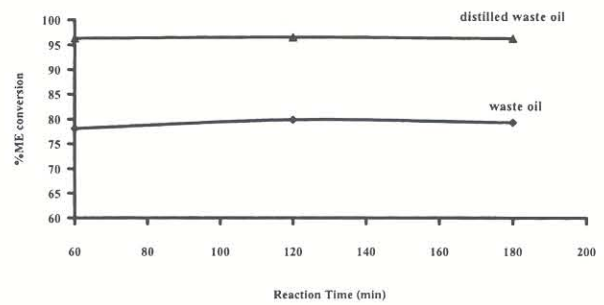


Figure 7. Comparison on %ME vs. reaction time of waste oil and distilled waste oil

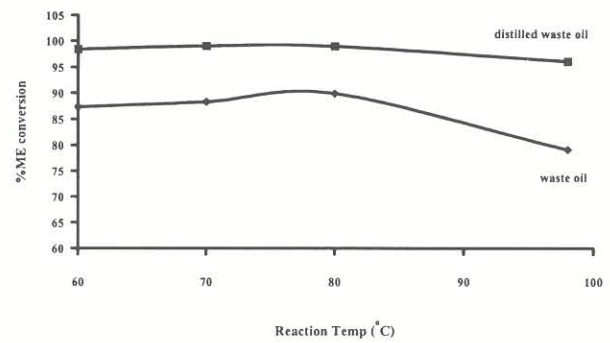


Figure 8. Comparison on %ME vs. reaction temperature of waste oil and distilled waste oil

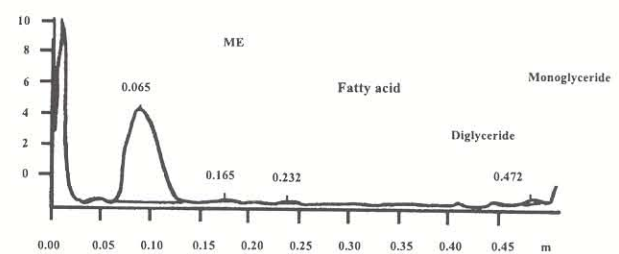


Figure 9. Compositions of methyl ester from distilled waste oil using continuous process

เปลี่ยนของเมทิลเอสเทอร์สูงกว่า

3. เปรียบเทียบองค์ประกอบในเมทิลเอสเทอร์ที่ได้จากกระบวนการผลิตแบบแยกจากไขมันก่อนกลั่นเทียบกับไขมันก่อนกลั่นแล้วเป็นสารตั้งต้น

จาก Table 1 พบว่า ผล TLC แสดงองค์ประกอบ

Table 1. Compositions of obtained methyl ester from distilled waste oil and waste oil

Type of ME	Compositions					
	ME	TG	FFA	DG	MG	Unknown
ME from waste oil	83.964	4.573	3.049	2.661	-	4.752
ME from distilled waste oil	98.95	-	1.050	-	-	-

ของไบโอดีเซลที่ได้จากการใช้ไขมันก่อนกลั่นเป็นสารตั้งต้น จะประกอบด้วย เมทิลเอสเทอร์ กรดไขมัน ไตรกลีเซอไรด์ และสารประกอบที่ไม่รู้ชนิด ซึ่งมีอยู่จำนวนมาก ซึ่งต่างจาก ไบโอดีเซลที่ได้จากไขมันกลั่นแล้วเป็นสารตั้งต้น ซึ่งประกอบด้วยเมทิลเอสเทอร์และกรดไขมันเป็นส่วนใหญ่ และไม่พบองค์ประกอบจำพวกไตรกลีเซอไรด์ และสารประกอบที่ไม่รู้ชนิด

4. การศึกษาการผลิตไบโอดีเซลด้วยชุดสาริตแบบต่อเนื่องโดยใช้ไขมันกลั่นแล้วเป็นสารตั้งต้น

เมื่อการผลิตเมทิลเอสเทอร์ด้วยชุดสาริตไบโอดีเซลแบบต่อเนื่อง โดยใช้ไขมันกลั่นแล้วเป็นสารตั้งต้น โดยใช้สภาวะที่เหมาะสมจากการผลิตเมทิลเอสเทอร์แบบแบทช์ คือ สัดส่วนเชิงโมลไขมันต่อเมทานอลเป็น 1:8 ปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยากรด 1 v/w% ทำปฏิกิริยาที่อุณหภูมิ 70°C โดยกำหนดให้เวลารีเทนชัน (retention time) ในถังปฏิกรณ์เท่ากับ 1 ชั่วโมง ซึ่งพบว่า การแยกชั้นที่หลอดแก้ว ใช้เวลาในการแยกประมาณ 15 นาที โดยชั้นสารละลายเมทานอลที่ใสกว่าจะออกด้านบน ชั้นเมทิลเอสเทอร์ซึ่งมีความหนาแน่นสูงกว่าจะอยู่ข้างล่าง ตัวอย่างไบโอดีเซลที่ได้เมื่อวิเคราะห์ด้วยเทคนิค TLC จะมีผลการวิเคราะห์ดัง Figure 9 พบว่า ไบโอดีเซลที่ใช้ไขมันกลั่นแล้วเป็นสารตั้งต้น สามารถผลิตแบบต่อเนื่องได้โดยใช้สภาวะที่เหมาะสมจากผลการทดลองแบบแบทช์ โดยได้เมทิลเอสเทอร์อยู่ในช่วง 93-95% ซึ่งใกล้เคียงกับการทดลองแบบแบทช์โดยมีความบริสุทธิ์เมทิลเอสเทอร์ต่ำกว่าเล็กน้อย ซึ่งอาจมาจากสมรรถนะของชุดสาริตแบบต่อเนื่องยังไม่สมบูรณ์เพียงพอ

5. การศึกษาคุณสมบัติทางเชื้อเพลิงของเมทิลเอสเทอร์จากการใช้ไขมันเป็นสารตั้งต้น

ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเชื้อเพลิงของเมทิล

เอสเทอร์จากไขมันทั้ง 2 ชนิด ซึ่งผลิตจากกระบวนการแบบแบทช์ ทำการเปรียบเทียบกับมาตรฐานของเมทิลเอสเทอร์และน้ำมันดีเซล สามารถอธิบายผลการวิเคราะห์ค่าต่างๆ ได้ดังนี้

1. จุดวาบไฟ (flash point) ของเมทิลเอสเทอร์ที่ผลิตได้ ค่าที่ได้อยู่ระหว่าง 189-192°C เป็นไปตามมาตรฐานเมทิลเอสเทอร์และสูงกว่าค่ามาตรฐานน้ำมันดีเซลหมุนเร็วและหมุนช้า จึงทำให้เมทิลเอสเทอร์ที่ได้สามารถขนถ่ายและเก็บได้อย่างปลอดภัยกว่าน้ำมันดีเซล เนื่องจากการมีจุดวาบไฟที่สูงกว่า จึงมีความเสี่ยงต่อการระเบิดหรือการติดไฟน้อยกว่าน้ำมันดีเซลหมุนเร็วและหมุนช้า

2. จุดขุ่น (cloud point) ของไบโอดีเซลที่ผลิตได้ มีค่าอยู่ระหว่าง 5-7°C ซึ่งมาตรฐานเมทิลเอสเทอร์ประเทศไทยไม่ได้ระบุไว้ ส่วนจุดไหลเท (pour point) มีค่า 2-3°C เป็นไปตามมาตรฐานของน้ำมันดีเซลหมุนช้า (16°C สูงสุด) และหมุนเร็ว (10°C สูงสุด) ซึ่งนำไปใช้กับเครื่องยนต์ดีเซลได้เป็นอย่างดี

3. ค่าความถ่วงจำเพาะของไบโอดีเซลที่ผลิตได้ มีค่าอยู่ระหว่าง 0.861-0.863 ซึ่งตามมาตรฐานเมทิลเอสเทอร์ที่ 15°C กำหนดไว้ให้อยู่ระหว่าง 0.860-0.900

4. ค่าความหนืดของไบโอดีเซลที่ผลิตได้ (40°C) มีค่าอยู่ประมาณ 4.95 cSt เมื่อใช้ไขมันที่ผ่านการกลั่น และมีค่าประมาณ 8.47 cSt เมื่อใช้ไขมันก่อนกลั่น ซึ่งค่าที่วิเคราะห์ได้จากไขมันที่ผ่านการกลั่นได้มีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของเมทิลเอสเทอร์ (ไม่เกิน 5.0 cSt) และค่ามาตรฐานของน้ำมันดีเซลหมุนช้า (8.0 cSt สูงสุด) แต่มีค่าเกินน้ำมันดีเซลหมุนเร็ว (1.8-4.1 cSt) ซึ่งการมีค่าความหนืดสูงกว่ามาจากสารปนเปื้อนที่ไม่รู้ชนิด ดังนั้นไบโอดีเซลที่ผลิตได้หากไม่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพเพิ่มเติมน่าจะเหมาะสมกับการใช้งานในเครื่องยนต์ชนิดรอบต่ำ (300 รอบ/นาที) และชนิดรอบปานกลาง (300-100 รอบ/นาที) เท่านั้น

(กนกอร และจินดา, 2545)

5. อุณหภูมิของส่วนที่กลั่นได้โดยปริมาตรในอัตรา ร้อยละเก้าสิบ มีค่า 280 ถึง 304°C เป็นไปตามมาตรฐาน น้ำมันดีเซลที่ต้องไม่สูงกว่า 357°C

บทสรุป

จากผลการทดลองดำเนินการวิจัยการผลิตไบโอดีเซล จากไขมันในบ่อน้ำทิ้งซึ่งมีกรดไขมันอยู่ในปริมาณสูง สามารถสรุปได้เป็นประเด็นต่างๆ ดังนี้

1. สภาวะที่เหมาะสมต่อการผลิตไบโอดีเซลเมื่อใช้ ไขมันเป็นสารตั้งต้น คือสัดส่วนเชิงโมลของไขมันต่อ เมทานอลเท่ากับ 1:8 ปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยากรดซัลฟิวริก 1 v/w% อุณหภูมิ 80°C เป็นเวลา 3 ชั่วโมง สามารถผลิต ไบโอดีเซลที่มีความบริสุทธิ์ของเมทิลเอสเตอร์ 85-90% โดยมีค่าผลได้ 84-88% แต่มีสารปนเปื้อนที่ไม่รู้จักชนิดอยู่เป็น จำนวนมาก ซึ่งจะต้องทำการแยกออกก่อนนำไปใช้และเป็น อุปสรรคในกระบวนการผลิตอีกด้วย

2. สภาวะที่เหมาะสมต่อการผลิตไบโอดีเซลเมื่อใช้ ไขมันกลั่นแล้วเป็นสารตั้งต้น คือสัดส่วนเชิงโมเลกุลของ ไขมันเมทานอลเป็น 1:8 ปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยากรด ซัลฟิวริก 1 v/w% อุณหภูมิ 70°C เวลา 1 ชั่วโมง สามารถ ผลิตไบโอดีเซลที่มีความบริสุทธิ์ของเมทิลเอสเตอร์ 95-97% และมีผลได้ 96-98% ซึ่งมีความบริสุทธิ์และร้อยละผลได้สูง กว่าการใช้ไขมันในสภาพที่ได้มาเป็นสารตั้งต้น และความ เป็นไปได้ในการปรับปรุงคุณภาพไบโอดีเซลให้ได้ตามมาตรฐาน ของประเทศไทยทำได้ง่ายกว่า

3. ลักษณะทางกายภาพของเมทิลเอสเตอร์ที่ผลิต จากไขมันในบ่อน้ำทิ้งที่ผ่านการกลั่นแล้ว มีสีอ่อนกว่า เมทิลเอสเตอร์ที่ผลิตจากน้ำมันปาล์มในบ่อน้ำทิ้งที่ไม่ผ่านการ กลั่น อีกทั้งจะไม่เกิดตะกอนเมื่อเก็บไว้เป็นเวลานาน

4. การผลิตเมทิลเอสเตอร์แบบต่อเนื่องใช้ไขมัน ที่ผ่านการกลั่นเป็นสารตั้งต้น โดยใช้สภาวะที่เหมาะสมในการ ผลิตจากกรรมวิธีแบบแบทช์ และใช้เวลารีเทนชันนาน 1 ชั่วโมง สามารถผลิตเมทิลเอสเตอร์ที่มีความบริสุทธิ์ของเมทิล เอสเตอร์ 94.34% และใกล้เคียงกับการผลิตแบบแบทช์

5. สมบัติทางกายทางเชื้อเพลิงของไบโอดีเซลที่ผลิต ได้จากกระบวนการแบบแบทช์ที่ใช้ไขมันกลั่นแล้วเป็นสาร ตั้งต้น เช่น จุดวาบไฟ จุดจุดน จุดไหลเท ค่าความถ่วงจำเพาะ และอุณหภูมิการกลั่น มีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของเมทิล เอสเตอร์

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับความสนับสนุนจากทุนอุดหนุนการ วิจัยเพื่อวิทยานิพนธ์ระดับบัณฑิตศึกษา ประจำปีงบประมาณ 2547 ของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ และงบประมาณ วิจัยของสถานวิจัยและพัฒนาพลังงานทดแทนจากน้ำมัน ปาล์มและพืชน้ำมัน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัย สงขลานครินทร์

เอกสารอ้างอิง

- กนกอร รจนากิจ และจินดา เจริญพรพานิช. 2545. การพัฒนา ไบโอดีเซลจากไขมันปาล์มบริสุทธิ์สำหรับใช้เป็น เชื้อเพลิงในเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยการอัด. ว.พระจอม เกล้าลาดกระบ้ง. 10(1): 1-6.
- Crabbe, E., Nolasco-Hipolito, C., Kobayashi, G., Sonomoto, K. and Ishizaki, A. 2001. Biodiesel production from crude palm oil and evaluation of butanol extraction and fuel properties. *Process Biochem.* 37 : 65-71.
- Zullaikah, S., Chin-Lai, C., Vali, S.R., and Ju, Y.H. 2005. A two-step acid-catalyzed process for the production of biodiesel from rice bran oil. *Bioresource Technology.* 96: 1889-1896.
- Zhang, Y., Dube, M.A, Mclean, D.D. and Kates, M., 2003. Biodiesel production from waste cooking oil: 1 Process design and technological assessment. *Bioresource Technology.* 89: 1-16.
- Zhang, Y., Dube, M.A, Mclean, D.D. and Kates, M., 2003. Biodiesel production from waste cooking oil: 2 Economics assessment and sensitivity analysis. *Bioresource Technology.* 90: 299-240.