

เอกสารอ้างอิง

- 1) สุริยา อยชานนท์, 2545 ศักยภาพปาล์มน้ำมันกับการผลิตเชื้อเพลิงชีวภาพ, จดหมายข่าวปาล์ม น้ำมัน มี.ค.-พ.ค. 3(1) หน้า 10-12
- 2) ศิริพร ค่านคร. 2544. ไบโอดีเซล พลังงานเพื่อทางเลือกของชาติ, วิศวกรรมสาร ปีที่ 54 เล่มที่ 06 มิถุนายน. 110-116
- 3) สำนักงานนโยบายและวางแผนพลังงาน. 2548. Petroleum Database (ออนไลน์). สืบค้นจาก : <http://www.eppo.go.th>
- 4) ชาคริต ทองอุไร ธเนศ ้วยสุวรรณ และรวมพร นิคม, 2555. เอกสารประกอบการอบรมเชิงปฏิบัติการ เทคโนโลยีไบโอดีเซล ฉบับปฏิบัติการจริง สถานวิจัยและพัฒนาพลังงานทดแทนจาก น้ำมันปาล์มและพืชน้ำมัน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
- 5) R. Fillieres, B. Benjelloun-Mlayah and M. Delmas. Ethanolysis of rapeseed oil: quantitation of ethyl esters, mono-, di-, and triglycerides and glycerol by high-performance size-exclusion chromatography. (RSC Publishing) [Internet]. [cited 2012 Feb 18]. Available from: <http://pubs.rsc.org/en/Content/Database/AWB5711H00251>
- 6) Y. Zhang, M. A. Dubé, D.D. McLean, and M. Kates. Biodiesel production from waste cooking oil: 2. Economic assessment and sensitivity analysis 10.1016/S0960-8524(03)00150-0: Bioresource Technology | ScienceDirect.com [Internet]. [cited 2012 Feb 18]. Available from: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960852403001500>
- 7) H.J.Wright, J.B. Segur, H.V. Clark, S.K. Coburn, E.E. Langdon and R.N. Dupuis. A report on ester interchange | DeepDyve [Internet]. [cited 2012 Feb 18]. Available from: <http://www.deepdyve.com/lp/springer-journals/a-report-on-ester-interchange-OnBmRHV1RD>
- 8) E. F. Caldin and G. Long. The equilibrium between ethoxide and hydroxide ions in ethanol and in ethanol–water mixtures - Journal of the Chemical Society (Resumed) (RSC Publishing) [Internet]. [cited 2012 Feb 18]. Available from: <http://pubs.rsc.org/en/Content/ArticleLanding/1954/JR/JR9540003737>
- 9) M. Ruwwe. Metal alkoxide as catalysts for the biodiesel production. Chemistry today. 2008 Feb; 26 n 1:26–8.

- 10) F. Ma, and M.A. Hanna. 1999. Biodiesel production: a review, *Bioresource Technology*. 70: 1-15.
- 11) W. Zhou and D.G.B. Boocock. Phase Distributions of Alcohol, Glycerol, and Catalyst in the Transesterification of Soybean Oil. *JAACS*, Vol. 83, no. 12 (2006)
- 12) ชาศริต ทองอุไร สันหทัย กลิ่นพิบูล จรรย์ บุญกาญจน์ และ พิมพรรณ เกียรติชิมกุล 2545 Biodiesel production from palm oil. *Songklanakarin J Sci Technol*. 23(Suppl.1)(Oil Palm): 643-841.
- 13) โชคดี มณีรัตน์ 2552 การประยุกต์ใช้ดินฟอกในกระบวนการล้างไบโอดีเซล วิทยานิพนธ์ วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
- 14) ชาศริต ทองอุไร ทรงธรรม โพธิ์ถาวร ธเนศ วยสุวรรณ และจุฬาลักษณ์ โรจนานุกุล 2554 รายงานวิจัยกระบวนการล้างไบโอดีเซลโดยกระบวนการล้างด้วยน้ำร่วมกับสารดูดซับระบบต่อเนื่อง. สำนักงานคณะกรรมการอุดมศึกษา.



ภาคผนวก

ภาคผนวก ก.
การหาปริมาณกรดไขมันอิสระ (FFA, %)

ภาคผนวก ก. การหาปริมาณกรดไขมันอิสระ (FFA, %)

เป็นการวิเคราะห์ปริมาณกรดไขมันอิสระที่มีอยู่ในน้ำมันทำได้โดยการไทเทรต

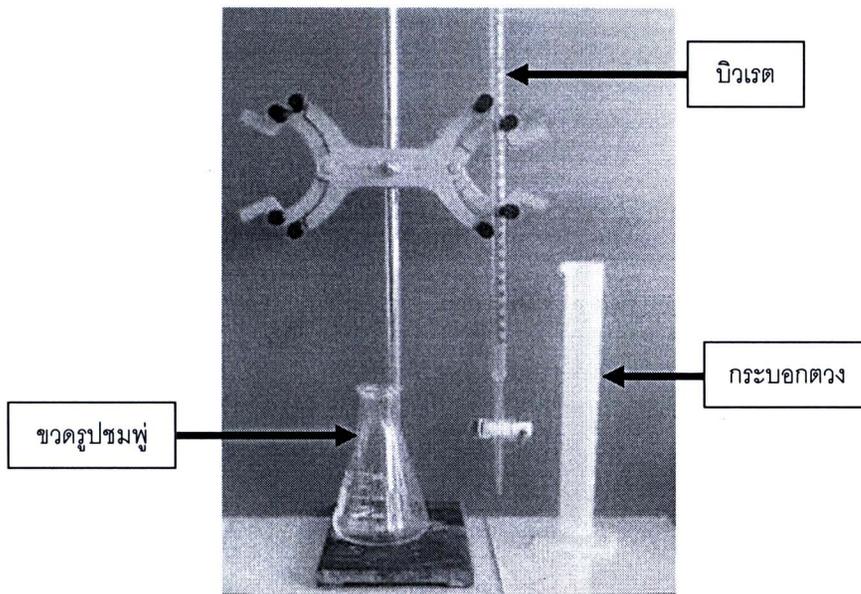
1. อุปกรณ์และสารเคมี

1. ขวดรูปชมพู่ ขนาด 250 มิลลิลิตร
2. กระจกตวง ขนาด 50 มิลลิลิตร
3. บิวเรต ขนาด 50 มิลลิลิตร
4. แอลกอฮอล์ 95 % (สามารถใช้เมทานอลได้)
5. สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ เข้มข้น 0.100 นอร์มัล
- เตรียมโดยชั่งโซเดียมไฮดรอกไซด์ ปริมาณ 4 กรัมละลายในน้ำกลั่นปรับปริมาตร

ให้ได้ 1 ลิตร ในขวดวัดปริมาตร และเก็บสารละลายต่างในขวดแก้ว

6. ฟีนอล์ฟทาลีนเข้มข้น 1% โดยน้ำหนัก(ละลายในเมทานอล)
7. สารละลายแอลกอฮอล์ (ปรับสภาพให้เป็นกลาง)
- โดยเติมฟีนอล์ฟทาลีน 5 หยด ลงในเมทานอล จำนวน 200 มิลลิลิตร
- หยดสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 0.100 นอร์มัล ที่ละหยดพร้อมทั้งเขย่าจน

ได้สีชมพูถาวร



ภาพประกอบที่ ก.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการไทเทรตกรดไขมันอิสระ

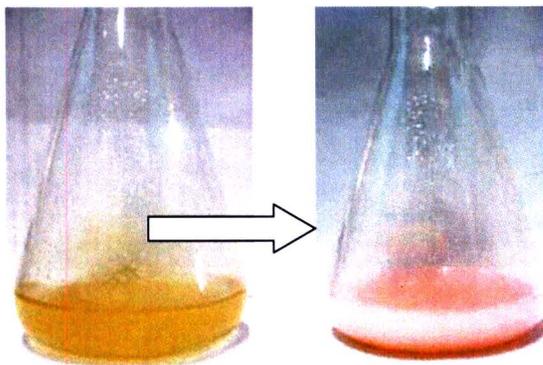
2. วิธีวิเคราะห์

1. ชั่งตัวอย่างน้ำมันให้ได้น้ำหนักแน่นอน 1-10 กรัม ทศนิยมอย่างน้อย 2 ตำแหน่งในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร
 2. เติมสารละลายแอลกอฮอล์ที่มีสภาพเป็นกลาง จำนวน 50 มิลลิลิตร และเติมฟีนอล์ฟทาลีน 5 หยด ลงในตัวอย่าง เขย่าอย่างแรงให้ ตัวอย่างน้ำมันละลายในสารละลายแอลกอฮอล์
 3. ไทเทรตสารละลายตัวอย่างด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 0.100 N จนกระทั่งได้ สีชมพูถาวร
- คำนวณปริมาณกรดไขมันอิสระจากสูตร

$$FFA(\%) = \frac{\text{ปริมาตร } NaOH(ml) \times 0.1 \times 25.6}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง}(g)}$$



ภาพประกอบที่ ก. 2 การไทเทรตหากรดไขมันอิสระ



ภาพประกอบที่ ก. 3 การเปลี่ยนสีของน้ำมันหลังการไทเทรต

ภาคผนวก ข.
การหาปริมาณสบู่

ภาคผนวก ข. การหาปริมาณสบู่

การวิเคราะห์หาปริมาณสบู่มีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจสอบสิ่งปนเปื้อนที่หลงเหลืออยู่ในไบโอดีเซล ซึ่งมีวิธีการวิเคราะห์ดังนี้

วิธีวิเคราะห์

1. ชั่งตัวอย่างไบโอดีเซลประมาณ 10 – 20 กรัม ในขวดรูปชมพู่
2. ตวงแอสिटอน (ความบริสุทธิ์ 98 %) จำนวน 100 มิลลิลิตร แล้วเทลงในขวดรูปชมพู่ที่มีตัวอย่างอยู่ เขย่าขวดให้สารตัวอย่างละลายเข้าเป็นเนื้อเดียวกันกับแอสिटอน
3. เติมสารละลายโบรมิโนฟีนอลบลู จำนวน 1 มิลลิลิตร ลงในขวดรูปชมพู่ สารละลายจะเปลี่ยนสีเป็นสีน้ำเงิน
4. ไทเทรตสารตัวอย่างด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริก เข้มข้น 0.1 โมลาร์ โดยค่อยๆ เติมสารละลายกรดไฮโดรคลอริกจากบิวเรตลงในขวดรูปชมพู่ พร้อมกับเขย่า จนกระทั่งสารละลายเปลี่ยนสีจากน้ำเงินเป็นเหลือง จึงหยุดการไทเทรต
5. บันทึกปริมาตรของสารละลายกรดไฮโดรคลอริกที่ใช้ไป
6. คำนวณหาปริมาณสบู่ จากสมการ

$$\text{soap}(ppm) = \frac{\text{ปริมาตรกรดไฮโดรคลอริกที่ใช้}(ml) \times 0.1 \times 320.56 \times 1000}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง}(g)}$$

การเตรียมสารเคมี

1. สารละลายโบรมิโนฟีนอลบลู
 - ชั่งโบรมิโนฟีนอลบลู จำนวน 0.4 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 100 กรัม
 - เก็บสารละลายในขวดสีชา เพื่อป้องกันการเสื่อมสภาพ
2. สารละลายกรดไฮโดรคลอริก เข้มข้น 0.1 โมลาร์ จำนวน 1 ลิตร
 - ชั่งสารละลายกรดไฮโดรคลอริก เข้มข้น 35 % โดยน้ำหนัก จำนวน 10.44 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 1 ลิตร
 - เก็บสารละลายในขวดแก้ว

ภาคผนวก ค.
การวิเคราะห์ปริมาณกลีเซอไรด์ที่เหลือในไบโอดีเซลด้วยวิธีการกะประมาณ
(อนุสิทธิบัตรเลขที่ 5060)

ภาคผนวก ค. การวิเคราะห์ปริมาณกลีเซอรอลที่เหลือในไบโอดีเซลด้วยวิธีการกะประมาณ (อนุสิทธิบัตรเลขที่ 5060)

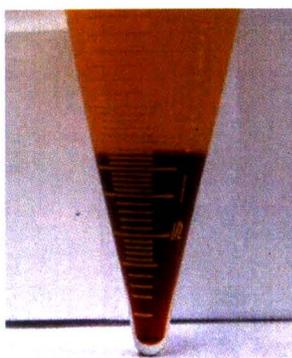
เป็นการตรวจสอบคุณภาพโดยการทำปฏิกิริยาทรานส์เอสเตอริฟิเคชันซ้ำอีกครั้งของไบโอดีเซลในไมโครเวฟ โดยอาศัยหลักการที่ว่าหากในไบโอดีเซลยังมี โมโน- ได- และไตร-กลีเซอรอลเหลืออยู่ เมื่อทำปฏิกิริยาทรานส์เอสเตอริฟิเคชันกับเมทานอลและโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ ในสัดส่วนที่เหมาะสม ย่อมเกิดกลีเซอรอลขึ้นอีก ซึ่งปริมาณกลีเซอรอลที่เกิดขึ้นนี้จะบ่งบอกถึงคุณภาพของไบโอดีเซลได้

อุปกรณ์ และสารเคมีที่ใช้

1. หลอดรูปกรวย ซึ่งมีสเกลละเอียด 0.01 mL
2. เต้าไมโครเวฟ
3. สารละลายเมทานอล- KOH
 - ละลาย KOH 3 กรัม ในเมทานอล 100 กรัม ใส่ขวดแก้วปิดฝาให้สนิท

วิธีวิเคราะห์

1. ชั่งไบโอดีเซลใส่หลอดรูปกรวย 20 กรัม หรือประมาณ 24 mL
2. เติมสารละลายเมทานอล-KOH 3 กรัม หรือประมาณ 4 mL เขย่าให้เข้ากัน
3. นำเข้าทำปฏิกิริยาทรานส์เอสเตอริฟิเคชันในไมโครเวฟ โดยใช้ความร้อนต่ำที่สุด (90 วัตต์) เวลาประมาณ 1.5 นาที
4. ดูระดับเฟสกลีเซอรอลที่เกิดขึ้นโดยการตั้งไว้ให้แยกชั้น หากมีกลีเซอรอลเกิดขึ้นมากกว่า 0.05 mL (ขีดล่างสุดของหลอด) หมายถึงไบโอดีเซลมีความบริสุทธิ์ต่ำ



ภาพประกอบที่ ค.1 ลักษณะไบโอดีเซลที่มีความบริสุทธิ์ต่ำเมื่อวิเคราะห์ด้วยวิธีการกะประมาณ



ภาพประกอบที่ ค.2 ลักษณะไบโอดีเซลที่มีความบริสุทธิ์สูงเมื่อวิเคราะห์ด้วยวิธีการกะประมาณ

ภาคผนวก ง.
มาตรฐานของไบโอดีเซล
ประเภทเมทิลเอสเทอร์ของกรดไขมัน

รายละเอียดแบบท้ายประกาศกรมธุรกิจพลังงาน
เรื่อง กำหนดลักษณะและคุณภาพของไบโอดีเซลประเภทเมทิลเอสเตอร์ของกรดไขมัน

พ.ศ. ๒๕๕๒

รายการ	ข้อกำหนด	อัตราสูงต่ำ	วิธีทดสอบ ^๒
1	เมทิลเอสเตอร์ (Methyl Ester, ร้อยละโดยน้ำหนัก % wt.)	ไม่ต่ำกว่า 96.5	EN 14103
2	ความหนาแน่น ณ อุณหภูมิ 15 °ซ (Density at 15 °C, กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร kg/m ³)	ไม่ต่ำกว่า และ ไม่สูงกว่า 860 900	ASTM D 1298
3	ความหนืด ณ อุณหภูมิ 40 °ซ (Viscosity at 40 °C, เซนติสโตกส์ cSt)	ไม่ต่ำกว่า และ ไม่สูงกว่า 3.5 5.0	ASTM D 445
4	จุดวาบไฟ (Flash Point, °C)	ไม่ต่ำกว่า 120	ASTM D 93
5	กำมะถัน (Sulphur, ร้อยละโดยน้ำหนัก %wt.)	ไม่สูงกว่า 0.0010	ASTM D 2622
6	กากถ่าน (ร้อยละ 10 ของกากที่เหลือจากการกลั่น) (Carbon Residue .on 10 % distillation residue, %wt)	ไม่สูงกว่า 0.30	ASTM D 4530
7	จำนวนซีเทน (Cetane Number)	ไม่ต่ำกว่า 51	ASTM D 613
8	เถ้าซัลเฟต (Sulphated Ash, ร้อยละโดยน้ำหนัก %wt.)	ไม่สูงกว่า 0.02	ASTM D 874
9	น้ำ (Water, wt.)	ไม่สูงกว่า 0.050	EN ISO 12937
10	สิ่งปนเปื้อนทั้งหมด (Total Contaminate, ร้อยละโดยน้ำหนัก %wt.)	ไม่สูงกว่า 0.0024	EN 12662
11	การกัดกร่อนแผ่นทองแดง (Copper Strip Corrosion)	ไม่สูงกว่า หมายเลข 1	ASTM D 130
12	เสถียรภาพต่อการเกิดปฏิกิริยา ออกซิเดชัน ณ อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส (Oxidation Stability at 110 °C, ชั่วโมง ho)	ไม่ต่ำกว่า 10	EN 14112

(ต่อ-2-)

-2-

รายการ	ข้อกำหนด	อัตราสูงสุด	วิธีทดสอบ
13	ค่าความเป็นกรด (Acid Value . มิลลิกรัมโพตัสเซียมไฮดรอกไซด์/กรัม mg KOH/g)	ไม่สูงกว่า	0.50 ASTM D 664
14	ค่าไอโอดีน (Iodine Value . กรัมไอโอดีน/ 100 กรัม g Iodine / 100 g)	ไม่สูงกว่า	120 EN 14111
15	กรดลิโนเลนิกเมทิลเอสเทอร์ (Linolenic Acid Methyl Ester . ร้อยละโดยน้ำหนัก %wt.)	ไม่สูงกว่า	12.0 EN 14103
16	เมทานอล (Methanol. ร้อยละโดยน้ำหนัก %wt.)	ไม่สูงกว่า	0.20 EN 14110
17	โมโนกลีเซอไรด์ (Monoglyceride ร้อยละโดยน้ำหนัก %wt.)	ไม่สูงกว่า	0.80 EN 14105
18	ไดกลีเซอไรด์ (Diglyceride . ร้อยละโดยน้ำหนัก %wt)	ไม่สูงกว่า	0.20 EN 14105
19	ไตรกลีเซอไรด์ (Triglyceride . ร้อยละโดยน้ำหนัก %wt)	ไม่สูงกว่า	0.20 EN 14105
20	กลีเซอรินอิสระ (Free glycerin . ร้อยละโดยน้ำหนัก %wt.)	ไม่สูงกว่า	0.02 EN 14105
21	กลีเซอรินทั้งหมด (Total glycerin, ร้อยละโดยน้ำหนัก %wt.)	ไม่สูงกว่า	0.25 EN 14105
22	โลหะกลุ่ม 1 (โซเดียมและโพแทสเซียม) (Group I metals (Na+K). มิลลิกรัม/กิโลกรัม mg/kg)	ไม่สูงกว่า	5.0 EN 14108 และ EN 14109
	โลหะกลุ่ม 2 (แคลเซียมและแมกนีเซียม) (Group II metals (Ca+Mg). มิลลิกรัม/กิโลกรัม mg/kg)	ไม่สูงกว่า	5.0 pr EN 14538
23	ฟอสฟอรัส (Phosphorus. ร้อยละโดยน้ำหนัก %wt.)	ไม่สูงกว่า	0.0010 ASTM D 4951
24	สารเติมแต่ง (ถ้ามี) (Additive)	ให้เป็นไปตามที่ได้รับความเห็นชอบจากอธิบดี กรมธุรกิจพลังงาน	

หมายเหตุ 1/ วิธีทดสอบอาจใช้วิธีอื่นที่เทียบเท่าก็ได้ แต่ในกรณีที่มีข้อโต้แย้งให้ใช้วิธีที่กำหนดในรายละเอียดแนบท้ายนี้



ภาคผนวก จ.
รายงานผลการวิเคราะห์/ทดสอบ



ศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ชั้น 1 อาคารบริหารวิชาการรวม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ อําเภอบางใหญ่ จังหวัดสงขลา 90110

Scientific Equipment Center, Prince of Songkla University

Central Academic Administrator Bld. Hat-Yai Campus, Songkhla 90110 Tel.0 7428 6904-7 Fax.0 7421 2813

F-RES-003T ฉบับที่ 6 บังคับใช้ 20/10/53

เลขที่ 0534/55 หน้า 1/1

รายงานผลการทดสอบ

ชื่อและที่อยู่ลูกค้า: สถาบันวิจัยและพัฒนาพลังงานทดแทนจํานํ้ามันปาล์มและพืชจํานํ้ามัน
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

เลขที่ใบขอใช้บริการฯ: 0396/55

วันที่รับตัวอย่าง: 2 กุมภาพันธ์ 2555

วันที่ขอให้บริการฯ: 2 กุมภาพันธ์ 2555

ผู้ทดสอบ: นางสาวสาวิดา นະสี

วันที่ทำการทดสอบ: 10-11 กุมภาพันธ์ 2555

วิธีการทดสอบ: อ้างอิง WI-RES- GC-001 และ REF-RES-BSEN 14103:2003

เครื่องมือทดสอบ: Gas Chromatograph, 6850, Hewlett Packard, USA

เทคนิคการทดสอบ: Gas Chromatography with Flame Ionization Detector (GC-FID)

สภาวะการทดสอบ: Inlet temp: 290°C, split mode @ 50:1 split ratio Detector temperature: 300°C
Carrier gas flow (He): 1 ml/min, constant flow H₂ flow: 30 ml/min
Oven temp: 210°C, hold 12 min Air flow: 300 ml/min
Ramp rate: 20°C /min Make up flow (N₂): 25 ml/min
Final temp: 250°C, hold 8 min
Column: Select Biodiesel for Flame, 30 m. length, 320 µm I.D., 0.25 µm film thickness

รายละเอียดตัวอย่าง: นํ้ามันไบโอดีเซล จํานวน: 1 ตัวอย่าง

ผลการทดสอบ:

ที่	ตัวอย่าง	% Ester(%RSD)	% Linolenic acid methyl ester (%RSD)
1	180 EE	99.65 (0.02)	0.06 (2.67)
เกณฑ์มาตรฐาน		> 96.5	≤ 12

อ้างอิงข้อมูลคํ้าที่โฟลเดอร์ 0396-55

%RSD = %Relative Standard Deviation

(นางรุชนี กุลวิจิตร)

หัวหน้าฝ่ายบริการเครื่องมือวิจัยทางวิทยาศาสตร์

14 กุมภาพันธ์ 2555



ศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
 ชั้น 1 อาคารบริหารวิชาการรวม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา 90110
 Scientific Equipment Center, Prince of Songkla University
 Central Academic Administrator Bld. Hat-Yai Campus, Songkhla 90110 Tel.0 7428 6904-7 Fax.0 7421 2813

F-RES-003T ฉบับที่ 6 บังคับใช้ 20/10/53

เลขที่ 1784/55 หน้า 1/1

รายงานผลการทดสอบ

ชื่อและที่อยู่ลูกค้า: นายทรงธรรม โพธิ์ถาวร
 สถานวิจัยและพัฒนาพลังงานทดแทนจากน้ำมันปาล์มและพืชไขมัน คณะวิศวกรรมศาสตร์
 มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

เลขที่ใบขอใช้บริการฯ: 1875/55 (อ้างอิงบันทึกงานบริการศึกษาวิธีการทดสอบเลขที่ 046/55 ลงวันที่ 1 มิถุนายน 2555)

วันที่รับตัวอย่าง: 1 มิถุนายน 2555

วันที่ขอใช้บริการฯ: 12 มิถุนายน 2555

ผู้ทดสอบ: นางสาวพิมพ์พิมพ์ เพ็ญจรัส

วันที่ทำการทดสอบ: 7-8 มิถุนายน 2555

วิธีการทดสอบ: Refer to WI-RES-GC-001 and REF-RES-BSEN 14103:2003

เครื่องมือทดสอบ: Gas Chromatograph, 6890, Hewlett Packard, USA

เทคนิคการทดสอบ: Gas Chromatography with Flame Ionization Detector

สภาวะการทดสอบ: Gas Chromatograph

Inlet temperature: 290 °C, Carrier flow (He) 1.0 ml/min, Split ratio 50:1 Detector temperature: 300 °C

Oven initial temperature: 210 °C hold for 12 minutes Hydrogen flow: 30 ml/min

Ramp to 250 °C at 20 °C/minute, hold for 8 minutes Air flow: 300 ml/min

Column: Varian CP9080, 30 m., film thickness 0.25 μm, ID. 0.32 mm Makeup flow: 25 ml/min

รายละเอียดตัวอย่าง: ไบโอดีเซล จำนวน: 2 ตัวอย่าง

ผลการทดสอบ:

ชื่อตัวอย่าง	% Ester content (%RSD)	% Linolenic acid methyl ester content (%RSD)
ไบโอดีเซล 3	99.1 (0.02)	0.1 (0.2)
ไบโอดีเซล 4	96.8 (0.01)	0.1 (0.1)
เกณฑ์มาตรฐาน	ไม่ต่ำกว่า 96.5 %	ไม่สูงกว่า 12 %

อ้างอิงข้อมูลดิบที่ไฟล์เดอร์ 1875-55 , %RSD คือ % Relative standard deviation

(นายเวียงชัย จงศรีรัตนกุล)

ผู้ช่วยหัวหน้าฝ่ายบริการเครื่องมือวิจัยทางวิทยาศาสตร์

๕ มิถุนายน 2555

หมายเหตุ รายงานผลการทดสอบนี้มีผลเฉพาะกับตัวอย่างที่นำมาทดสอบเท่านั้น และรายงานผลการทดสอบนี้ต้องไม่ถูกทำสำเนาเพียงบางส่วน
 ยกเว้นที่ทั้งฉบับ โดยไม่ได้รับความยินยอมเป็นลายลักษณ์อักษรจากทางศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์



ศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
 ชั้น 1 อาคารบริหารวิชาการรวม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา 90110
 Scientific Equipment Center, Prince of Songkla University
 Central Academic Administrator Bld. Hat-Yai Campus, Songkhla 90110 Tel.0 7428 6904-7 Fax.0 7421 2813

F-RES-003T ฉบับที่ 6 มังคัมไซ้ 20/10/53

เลขที่ 1734/55 หน้า 1/1

รายงานผลการทดสอบ

ชื่อและที่อยู่ลูกค้า: สถานวิจัยและพัฒนาพลังงานทดแทนจากน้ำมันปาล์มและพืชน้ำมัน
 คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

เลขที่ใบขอใช้บริการฯ: 1768/55

วันที่รับตัวอย่าง: 1 มิถุนายน 2555

วันที่ขอใช้บริการฯ: 1 มิถุนายน 2555

ผู้ทดสอบ: นางสาวโสวาทิพย์ อุปลัมภ์

วันที่ทำการทดสอบ: 6 มิถุนายน 2555

วิธีการทดสอบ: อ้างอิง WI-RES-Hydrometer-001, REF-RES-ASTM D1298-99^{E2},
 REF-RES-ASTM D 1252-04 และ S/W-RES-Hydrometer-001

เครื่องมือทดสอบ: Hydrometer

เทคนิคการทดสอบ: -

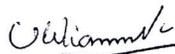
สภาวะการทดสอบ: - Objective : Density ASTM D1298

รายละเอียดตัวอย่าง: น้ำมัน ไบโอดีเซล จำนวน: 1 ตัวอย่าง

ผลการทดสอบ:

ที่	ตัวอย่าง	ความหนาแน่น ณ 15 °C (kg/m ³)	SD	เกณฑ์มาตรฐาน (kg/m ³)
1	ไบโอดีเซล	882.2	0.1	860 – 900

* SD = Standard Deviation



(นายเวียงชัย จงศรีรัตนกุล)

ผู้ช่วยหัวหน้าฝ่ายบริการเครื่องมือวิจัยทางวิทยาศาสตร์

12 มิถุนายน 2555

หมายเหตุ รายงานผลการทดสอบนี้มีผลเฉพาะกับตัวอย่างที่นำมาทดสอบเท่านั้น และรายงานผลการทดสอบนี้ต้องไม่ถูกทำสำเนาเพียงบางส่วน
 ยกเว้นทำทั้งหมด โดยไม่ได้รับความยินยอมเป็นลายลักษณ์อักษรจากทางศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์

บันทึกงานที่ Pe4 /55

ภาควิชาวิศวกรรมเคมี

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ตู้ปณ.2 คอหงส์ อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา 90112 โทร 074-287055 โทรสาร 074-558833

ผู้ขอรับบริการ : สถานวิจัยและพัฒนาพลังงานทดแทนจากน้ำมันปาล์มและพืชน้ำมัน
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

วันที่รับตัวอย่าง : 24 พฤษภาคม พ.ศ.2555

ชื่อตัวอย่าง	รายการวิเคราะห์	ผลการวิเคราะห์
1. น้ำมัน ไบโอดีเซล	ความหนืด (Viscosity, ASTM 445)	4.60 cSt
	จุดวาบไฟ (Flash point, ASTM D93)	167 °C
	การกักคร่อนแผ่นทองแดง (ASTM-D130)	No. 1a

(นายชนกร เกียรติขวัญบุตร)

ผู้วิเคราะห์

(รองศาสตราจารย์ ดร.สุภวรรณ ภูิระวิชย์กุล)

รองหัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมเคมีฝ่ายบัณฑิตศึกษาและบริการวิชาการ

ปฏิบัติราชการแทนหัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมเคมี



ศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
 ชั้น 1 อาคารบริหารวิชาการรวม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา 90110
Scientific Equipment Center, Prince of Songkla University
 Central Academic Administrator Bld. Hat-Yai Campus, Songkhla 90110 Tel.0 7428 6904-7 Fax.0 7421 2813

F-RES-003/T ฉบับที่ 6 บังคับใช้ 20/10/53

เลขที่ 1790/55 หน้า 1 / 1

รายงานผลการทดสอบ

ชื่อและที่อยู่ลูกค้า : สถานวิจัยและพัฒนาพลังงานทดแทนจากน้ำมันปาล์มและพืชน้ำมัน
 คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

เลขที่ใบขอใช้บริการฯ : 1765/55

วันที่รับตัวอย่าง : 1 มิถุนายน 2555

วันที่ขอใช้บริการฯ : 1 มิถุนายน 2555

ผู้ทดสอบ : นายศักดิ์ชัยบดี สังข์แก้ว

วันที่ทำการทดสอบ : 12 มิถุนายน 2555

วิธีการทดสอบ : อ้างอิง REF-RES-ASTM D 4530-03

เครื่องมือทดสอบ : High Temperature Furnace

เทคนิคการทดสอบ : Gravimetric method

สภาวะการทดสอบ : เตาที่อุณหภูมิ 500 ± 2 °C เป็นเวลา 15 นาที

รายละเอียดตัวอย่าง : น้ำมันไบโอดีเซล **จำนวน :** 2 ตัวอย่าง

ผลการทดสอบ :

ที่	ชื่อตัวอย่าง	Carbon residue (% wt.)	(%RSD)	เกณฑ์มาตรฐาน (% wt.)
1	ไบโอดีเซล	0.29	7.36	0.30
2	ไบโอดีเซล4	0.23	5.57	

%RSD = % Relative standard deviation
 Limit of Method = 0.1 – 30 %wt

(นายเวียงชัย จงศิริตันกุล)

ผู้ช่วยหัวหน้าฝ่ายบริการเครื่องมือวิจัยทางวิทยาศาสตร์

14 มิถุนายน 2555

หมายเหตุ รายงานผลการทดสอบนี้มีผลเฉพาะกับตัวอย่างที่นำมาทดสอบเท่านั้น และรายงานผลการทดสอบนี้ต้องไม่ถูกทำสำเนาเพื่อบางส่วน
 ยกเว้นทำทั้งฉบับ โดยไม่ได้รับความยินยอมเป็นลายลักษณ์อักษรจากทางศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์



ศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
 ชั้น 1 อาคารบริหารวิชาการรวม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา 90110
Scientific Equipment Center, Prince of Songkla University
 Central Academic Administrator Bld. Hat-Yai Campus, Songkhla 90110 Tel.0 7428 6904-7 Fax.0 7421 2813

F-RES-003T ฉบับที่ 6 นังคับใช้ 20/10/53

เลขที่ 1837/55 หน้า 1/1

รายงานผลการทดสอบ

ชื่อและที่อยู่ลูกค้า : สถานวิจัยและพัฒนาพลังงานทดแทนจากน้ำมันปาล์มและพืชน้ำมัน
 คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

เลขที่ใบขอใช้บริการฯ : 1766/55

วันที่รับตัวอย่าง : 1 มิถุนายน 2555

วันที่ขอใช้บริการฯ : 1 มิถุนายน 2555

ผู้ทดสอบ : นายศักดิ์ชัยคี สังก์แก้ว

วันที่ทำการทดสอบ : 11-15 มิถุนายน 2555

วิธีการทดสอบ : อ้างอิง REF-ASTM D 874-07

เครื่องมือทดสอบ : High Temperature Furnace

เทคนิคการทดสอบ : Gravimetric method

สภาวะการทดสอบ : เตาที่อุณหภูมิ 775 ± 25 °C

รายละเอียดตัวอย่าง : น้ำมันไบโอดีเซล จำนวน : 1 ตัวอย่าง

ผลการทดสอบ :

ลำดับที่	ชื่อตัวอย่าง	Sulfate Ash, mass % (%RSD)
1	ไบโอดีเซล	< 0.005

เกณฑ์มาตรฐาน 0.02%

%RSD = % Relative standard deviation

Limit of the method 0.005 mass %



(นายเวียงชัย อังศรีรัตนกุล)

ผู้ช่วยหัวหน้าฝ่ายบริการเครื่องมือวิจัยทางวิทยาศาสตร์

18 มิถุนายน 2555

หมายเหตุ รายงานผลการทดสอบนี้มีผลเฉพาะกับตัวอย่างที่นำมาทดสอบเท่านั้น และรายงานผลการทดสอบนี้ต้องไม่ถูกทำสำเนาเพียงบางส่วน
 ยกเว้นทำทั้งฉบับ โดยไม่ได้รับความยินยอมเป็นลายลักษณ์อักษรจากทางศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์



ศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ชั้น 1 อาคารบริหารวิชาการรวม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา 90110

Scientific Equipment Center, Prince of Songkla University

Central Academic Administrator Bld. Hat-Yai Campus, Songkhla 90110 Tel.0 7428 6904-7 Fax.0 7421 2813

F-RES-003T ฉบับที่ 6 บังคับใช้ 20/10/53

เลขที่ 1825/55 หน้า 1/1

รายงานผลการทดสอบ

ชื่อและที่อยู่ลูกค้า : สถาบันวิจัยและพัฒนาพลังงานทดแทนจมน้ำมันปาล์มและพืชน้ำมัน
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

เลขที่ใบขอใช้บริการฯ : 1769/55

วันที่รับตัวอย่าง : 1 มิถุนายน 2555

วันที่ขอใช้บริการฯ : 1 มิถุนายน 2555

ผู้ทดสอบ : นางสาวจิราภรณ์ ทองบุญ

วันที่ทำการทดสอบ : 8 มิถุนายน 2555

วิธีการทดสอบ : อ้างอิง WI-RES-831KFC-001 and REF-RES-ISO 12937:2000-001

เครื่องมือทดสอบ : Karl Fischer Coulometer, 831 KFC, Metrohm, Switzerland

เทคนิคการทดสอบ : Karl Fischer Coulometric Titration

สภาวะการทดสอบ : -

รายละเอียดตัวอย่าง : น้ำมัน ไบโอดีเซล จำนวน : 2 ตัวอย่าง

ผลการทดสอบ :

ที่	ชื่อตัวอย่าง	ปริมาณน้ำ (% w/w)	%RSD
1.	ไบโอดีเซล	0.123	1.66
2.	ไบโอดีเซล PD	0.027	7.98

- ข้อมูลดิบถูกจัดเก็บในไฟล์เตอร์ 1769-55
- % RSD = % Relative standard deviation

(นายเวียงชัย จงศรีรัตนกุล)

ผู้ช่วยหัวหน้าฝ่ายบริการเครื่องมือวิจัยทางวิทยาศาสตร์

18 มิถุนายน 2555

หมายเหตุ รายงานผลการทดสอบนี้มีผลเฉพาะกับตัวอย่างที่นำมาทดสอบเท่านั้น และรายงานผลการทดสอบนี้ต้องไม่ถูกทำสำเนาเพียงบางส่วน
ยกเว้นทำทั้งฉบับ โดยไม่ได้รับความยินยอมเป็นลายลักษณ์อักษรจากทางศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์



ศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ชั้น 1 อาคารบริหารวิชาการรวม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา 90110

Scientific Equipment Center, Prince of Songkla University

Central Academic Administrator Bld. Hat-Yai Campus, Songkhla 90110 Tel.0 7428 6904-7 Fax.0 7421 2813

F-RES-0031/T ฉบับที่ 5 บังคับใช้ 29/05/52

เลขที่ 1859/55 หน้า 1/1

รายงานผลการทดสอบ

ชื่อและที่อยู่ลูกค้า : สถานวิจัยและพัฒนาพลังงานทดแทนจากน้ำมันปาล์มและพืชน้ำมัน
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

เลขที่ใบขอใช้บริการฯ : 1773/55

วันที่รับตัวอย่าง : 1 มิถุนายน 2555

วันที่ขอใช้บริการฯ : 1 มิถุนายน 2555

ผู้ทดสอบ : นางสาวณิชนันท์ นันทกกุล

วันที่ทำการทดสอบ : 15 มิถุนายน 2555

วิธีการทดสอบ : อ้างอิง REF-RES-ASTM D 5452

เครื่องมือทดสอบ : -

เทคนิคการทดสอบ : Gravimetric method

สภาวะการทดสอบ : กรองด้วย 0.8 μm filter membrane และอบที่อุณหภูมิ 90 ± 5 °C เป็นเวลา 30 นาที

รายละเอียดตัวอย่าง : น้ำมัน ไบโอดีเซล จำนวน : 1 ตัวอย่าง

ผลการทดสอบ :

ที่	ชื่อตัวอย่าง	สิ่งปนเปื้อนทั้งหมด (% wt.)	(%RSD)	เกณฑ์มาตรฐาน (% wt.)
1	ไบโอดีเซล	0.0020	2.07	≤ 0.0024

* % RSD = Relative Standard Deviation



(นายเวียงชัย จงศิริคนกุล)

ผู้ช่วยหัวหน้าฝ่ายบริการเครื่องมือวิจัยทางวิทยาศาสตร์

18 มิถุนายน 2555

หมายเหตุ รายงานผลการทดสอบนี้มีผลเฉพาะกับตัวอย่างที่นำมาทดสอบเท่านั้น และรายงานผลการทดสอบนี้ต้องไม่ถูกทำซ้ำมาเพียงบางส่วน
ยกเว้นถ้าทั้งฉบับ โดยไม่ได้รับความยินยอมเป็นลายลักษณ์อักษรจากทางศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์



ศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
 ชั้น 1 อาคารบริหารวิชาการรวม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ อ่าเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา 90110
 Scientific Equipment Center, Prince of Songkla University
 Central Academic Administrator Bld. Hat-Yai Campus, Songkhla 90110 Tel.0 7428 6904-7 Fax.0 7421 2813

F-RES-003T ฉบับที่ 6 บังคับใช้ 20/10/53

เลขที่ 1855/55 หน้า 1/1

รายงานผลการทดสอบ

ชื่อและที่อยู่ลูกค้า : สถานวิจัยและพัฒนาพลังงานทดแทนจากน้ำมันปาล์มและพืชน้ำมัน
 คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

เลขที่ใบขอใช้บริการฯ : 1770/55

วันที่รับตัวอย่าง : 1 มิถุนายน 2555

วันที่ขอใช้บริการฯ : 1 มิถุนายน 2555

ผู้ทดสอบ : นางสาวชัชราภรณ์ ทองบุญ

วันที่ทำการทดสอบ : 11-16 มิถุนายน 2555

วิธีการทดสอบ : อ้างอิง WI-RES-EC Meter-001 และ REF-RES-EN 14112:2003-001

เครื่องมือทดสอบ : EC Meter, EC-450L, Istek inc., Korea

เทคนิคการทดสอบ : Oxidation Stability (Accelerated Oxidation Test)

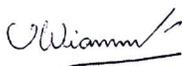
สภาวะการทดสอบ : อุณหภูมิ 110 °C

รายละเอียดตัวอย่าง : น้ำมันไบโอดีเซล จำนวน : 2 ตัวอย่าง

ผลการทดสอบ :

ที่	ชื่อตัวอย่าง	ค่าเสถียรภาพต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน (ชั่วโมง)
1.	ไบโอดีเซล	3:23 นาที
2.	ไบโอดีเซล Kerobit	23:24 ชั่วโมง

- ข้อมูลดิบถูกจัดเก็บในไฟล์คอร์ 1770-55



(นายเวียงชัย จงศรีรัตนกุล)

ผู้ช่วยหัวหน้าฝ่ายบริการเครื่องมือวิจัยทางวิทยาศาสตร์

๙ มิถุนายน 2555

หมายเหตุ รายงานผลการทดสอบนี้มีผลเฉพาะกับตัวอย่างที่นำมาทดสอบเท่านั้น และรายงานผลการทดสอบนี้ต้องไม่ถูกทำสำเนาเพียงบางส่วน
 ยกเว้นทำทั้งฉบับ โดยไม่ได้รับความยินยอมเป็นลายลักษณ์อักษรจากทางศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์



ศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ชั้น 1 อาคารบริหารวิชาการรวม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา 90110

Scientific Equipment Center, Prince of Songkla University

Central Academic Administrator Bld. Hat-Yai Campus, Songkhla 90110 Tel.0 7428 6904-7 Fax.0 7421 2813

E-RES-003T ฉบับที่ 6 นังคับใช้ 20/10/53

เลขที่ 0461/55 หน้า 1/1

รายงานผลการทดสอบ

ชื่อและที่อยู่ลูกค้า: สถานีวิจัยและพัฒนาพลังงานทดแทนจากน้ำมันปาล์มและพืชน้ำหนึบ
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

เลขที่ใบขอใช้บริการฯ: 0397/55

วันที่รับตัวอย่าง: 2 กุมภาพันธ์ 2555

วันที่ขอใช้บริการฯ: 2 กุมภาพันธ์ 2555

ผู้ทดสอบ: น.ร.สาวทรงสุดา พรหมทอง

วันที่ทำการทดสอบ: 6 กุมภาพันธ์ 2555

วิธีการทดสอบ: อ้างอิง WI-RES-Titrate-001 และ REF-RES-ASTM D664-09-001

เครื่องมือที่ทดสอบ: Potentiometric Autotitrator, 794 Basic Titrino, Metrohm, Switzerland

เทคนิคการทดสอบ: Potentiometric Titration

ผลการทดสอบ: -

รายละเอียดตัวอย่าง: น้ำมัน ใบ โอดีเซล จำนวน: 1 ตัวอย่าง

ผลการทดสอบ:

ลำดับที่	ชื่อตัวอย่าง	ค่าความเป็นกรด (mg KOH/g)	%RSD	เกณฑ์มาตรฐาน (mg KOH/g)
1	180 EE	0.56	1.29	≤ 0.50



(นางรุสนี กูวจิตร)

หัวหน้าฝ่ายบริการเครื่องมือวิจัยทางวิทยาศาสตร์

๒ กุมภาพันธ์ ๒๕๕๕



ศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
 ชั้น 1 อาคารบริหารวิชาการรวม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา 90110
 Scientific Equipment Center, Prince of Songkla University
 Central Academic Administrator Bld. Hat-Yai Campus, Songkhla 90110 Tel.0 7428 6904-7 Fax.0 7421 2813

F-RES-003T ฉบับที่ 6 บังคับใช้ 20/10/53

เลขที่ 1690/55 หน้า 1/1

รายงานผลการทดสอบ

ชื่อและที่อยู่ลูกค้า: สถาบันวิจัยและพัฒนาพลังงานทดแทนจมน้ำมันปาล์มและพืชน้ำมัน
 คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

เลขที่ใบขอใช้บริการฯ: 1772/55

วันที่รับตัวอย่าง: 1 มิถุนายน 2555

วันที่ขอใช้บริการฯ: 1 มิถุนายน 2555

ผู้ทดสอบ: นางสาวทรงสุดา พรหมทอง

วันที่ทำการทดสอบ: 5 มิถุนายน 2555

วิธีการทดสอบ: อ้างอิง WI-RES-Wet lab-001

เครื่องมือทดสอบ: -

เทคนิคการทดสอบ: Wijs Method

สถานะการทดสอบ: -

รายละเอียดตัวอย่าง: น้ำมันไบโอดีเซล จำนวน: 1 ตัวอย่าง

ผลการทดสอบ:

ลำดับที่	ชื่อตัวอย่าง	ค่าไอโอดีน (กรัมไอโอดีนต่อน้ำหนักตัวอย่าง 100 กรัม)	%RSD	เกณฑ์มาตรฐาน
1	ไบโอดีเซล	51.31	0.58	≤ 120



(นางรุสณี กูอิจิตร)

หัวหน้าฝ่ายบริการเครื่องมือวิจัยทางวิทยาศาสตร์

๕ มิถุนายน 2555

หมายเหตุ รายงานผลการทดสอบนี้มีผลเฉพาะกับตัวอย่างที่นำมาทดสอบเท่านั้น และรายงานผลการทดสอบนี้ต้องไม่ถูกทำสำเนาเพียงบางส่วน
 ยกเว้นทำทั้งฉบับ โดยไม่ได้รับความยินยอมเป็นลายลักษณ์อักษรจากทางศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์



ศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
 ชั้น 1 อาคารบริหารวิชาการรวม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา 90110
 Scientific Equipment Center, Prince of Songkla University
 Central Academic Administrator Bld. Hat-Yai Campus, Songkhla 90110 Tel.0 7428 6904-7 Fax.0 7421 2813

F-RES-003T ฉบับที่ 6 บังคับใช้ 20/10/53

เลขที่ 1827/55 หน้า 1/1

รายงานผลการทดสอบ

ชื่อและที่อยู่ลูกค้า : สถานวิจัยและพัฒนาพลังงานทดแทนจากน้ำมันปาล์มและพืชน้ำมัน
 คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

เลขที่ใบขอใช้บริการฯ : 1767/55

วันที่รับตัวอย่าง : 1 มิถุนายน 2555

วันที่ขอใช้บริการฯ : 1 มิถุนายน 2555

ผู้ทดสอบ : นายศักดิ์ชัยดี ตั้งขันธ์แก้ว

วันที่ทำการทดสอบ : 13 มิถุนายน 2555

วิธีการทดสอบ : อ้างอิง WI-RES- GC-001 และ REF-RES-BSEN 14110:2003

เครื่องมือทดสอบ : Gas Chromatograph, 6850A, Hewlette Packard, USA

เทคนิคการทดสอบ : Gas Chromatography

สภาวะการทดสอบ : Gas Chromatograph

Inlet temperature: 150 °C @ split ratio 50:1

Detector temperature: 150 °C

He carrier flow: 1 ml/ minutes

Hydrogen flow: 30.0 mL/ minutes

Oven isothermal temperature: 50 °C @ 9 minutes

Air flow: 300.0 mL/ minutes

Column: HP-Innowax, 30 m., film thickness 0.25 µm, ID. 0.32 mm.

Makeup flow: 25.0 mL/ minutes

รายละเอียดตัวอย่าง : น้ำมันไบโอดีเซล

จำนวน : 1 ตัวอย่าง

ผลการทดสอบ :

ชื่อตัวอย่าง	เอทานอล (%), %RSD	เกณฑ์มาตรฐาน
ไบโอดีเซล 3	น้อยกว่า Limit of method	ไม่สูงกว่า 0.20%

ไฟล์ข้อมูลอ้างอิงไฟล์เตอร์ 1767-55, Limit of method = 0.01 %

อ้างอิงวิธีทดสอบจาก REF-RES-BSEN 14110:2003 วิธีทดสอบเมทานอล

เกณฑ์มาตรฐาน เป็นเกณฑ์เมทานอลคก้างในไบโอดีเซล

(นายเวียงชัย จงศรีรัตนกุล)

ผู้ช่วยหัวหน้าฝ่ายบริการเครื่องมือวิจัยทางวิทยาศาสตร์

18 มิถุนายน 2555

หมายเหตุ รายงานผลการทดสอบนี้มีผลเฉพาะกับตัวอย่างที่นำมาทดสอบเท่านั้น และรายงานผลการทดสอบนี้ต้องไม่ถูกทำสำเนาเพียงบางส่วน
 เผยแพร่ทั้งฉบับ โดยไม่ได้รับความยินยอมเป็นลายลักษณ์อักษรจากทางศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์



ศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
 ชั้น 1 อาคารบริหารวิชาการรวม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา 90110
Scientific Equipment Center, Prince of Songkla University
 Central Academic Administrator Bld. Hat-Yai Campus, Songkhla 90110 Tel.0 7428 6904-7 Fax.0 7421 2813

F-RES-003T ฉบับที่ 6 บังคับใช้ 20/10/53

เลขที่ 1975/55 หน้า 1/1

รายงานผลการทดสอบ

ชื่อและที่อยู่ลูกค้า: นายทรงธรรม โพธิ์ถาวร
 สถานวิจัยและพัฒนาพลังงานทดแทนจากน้ำมันปาล์มและพืชน้ำมัน คณะวิศวกรรมศาสตร์
 มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

เลขที่ใบขอใช้บริการฯ: 1931/55

วันที่รับตัวอย่าง: 14 มิถุนายน 2555

วันที่ขอใช้บริการฯ: 14 มิถุนายน 2555

ผู้ทดสอบ: นางสาวพิมพ์พิมพ์ เพ็ญจำรัส

วันที่ทำการทดสอบ: 14-15 และ 21-22 มิถุนายน 2555

วิธีการทดสอบ: Refer to WI-RES-GC-001 and REF-RES-BSEN 14105:2003

เครื่องมือทดสอบ: Gas Chromatograph, HP 6890, Hewlett Packard, USA (GC-Lampang)

เทคนิคการทดสอบ: Gas Chromatography with Flame Ionization Detector

สภาวะการทดสอบ: Gas Chromatograph

Inlet temperature: Oven track, Carrier flow (He) 3.0 ml/min, Cool on column inlet Detector temperature: 380°C
 Oven initial temperature: 50°C, hold 1 minute Hydrogen flow: 40 ml/min
 Ramp to : 180 ° C , at 15°C / minute Air flow: 450 ml/min
 Ramp to : 230 ° C , at 7 ° C / minute Makeup flow: 40 ml/min
 Ramp to : 370 ° C , at 10 ° C / minute, hold 5 minutes

Column: Varian CP9076, Select Biodiesel for Glycerides, length 10 m., 320 µm I.D, 0.1 µm film thickness
 plus Retention gap, length 2 m., 530 µm I.D

รายละเอียดตัวอย่าง: ไบโอดีเซล **จำนวน:** 2 ตัวอย่าง

ผลการทดสอบ:

ตัวอย่าง	%Content (%RSD)				
	Free glycerol	Monoglyceride	Diglyceride	Triglyceride	Total glycerol
Biodiesel 3	0.00 (-)	0.56 (0.54)	0.18 (2.41)	0.00 (-)	0.17 (0.13)
Biodiesel 4	0.00 (-)	0.61 (1.22)	0.58 (2.72)	0.47 (4.00)	0.29 (1.11)

เกณฑ์มาตรฐาน ≤ 0.02 ≤ 0.80 ≤ 0.20 ≤ 0.20 ≤ 0.25

อ้างอิงข้อมูลคิฟโฟด์เคอร์ 1931-55, %RSD คือ % Relative standard deviation



(นางรุสนี กุลวิจิตร)

หัวหน้าฝ่ายบริการเครื่องมือวิจัยทางวิทยาศาสตร์

28 มิถุนายน 2555

หมายเหตุ รายงานผลการทดสอบนี้มีผลเฉพาะกับตัวอย่างที่นำมาทดสอบเท่านั้น และรายงานผลการทดสอบนี้ต้องไม่ถูกทำสำเนาเพียงบางส่วน
 ยกเว้นทำทั้งฉบับ โดยไม่ได้รับความยินยอมเป็นลายลักษณ์อักษรจากศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์



หน่วยเครื่องมือกลาง คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่

ตู้ ปณ.3 ดอหงส์ อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา 90112.

โทรศัพท์ (074) 288058-9 โทรสาร (074) 558850

http://ced.sci.psu.ac.th

หน้า 1 / 1

รายงานผลวิเคราะห์/ทดสอบ

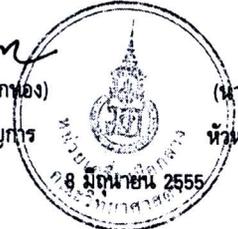
หมายเลขรายงานผล	:	0980/55
ชื่อผู้ส่งตัวอย่าง	:	สถานวิจัยและพัฒนาพลังงานทดแทนจากน้ำมันปาล์มและพีชน้ำมัน
ที่อยู่	:	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่
ผู้วิเคราะห์/ทดสอบ	:	นางสาวณัชชาดา หมวกทอง
ประเภทตัวอย่าง	:	น้ำมันไบโอดีเซล จำนวน 1 ตัวอย่าง
ชื่อตัวอย่าง	:	น้ำมันไบโอดีเซล
รายละเอียดตัวอย่าง	:	ของเหลวใส สีน้ำตาล บรรจุในขวดแก้ว
เลขที่ใบส่งตัวอย่าง	:	551195
รหัสปฏิบัติการ	:	55-4831
วันที่รับตัวอย่าง	:	1 มิถุนายน 2555
วันที่วิเคราะห์/ทดสอบ	:	1 มิถุนายน 2555 - 8 มิถุนายน 2555

รายการวิเคราะห์	วิธีทดสอบ	หน่วย	ปริมาณ
S	Photometric Method	% wt	0.000097
P	Photometric Method	% wt	0.0015
Na	ICP-OES	mg/kg	0.024
K	ICP-OES	mg/kg	ไม่พบ
Ca	ICP-OES	mg/kg	32.999
Mg	ICP-OES	mg/kg	2.434

หมายเหตุ - รับรองผลเฉพาะกับตัวอย่างที่นำมาทดสอบเท่านั้น
- รายงานผลการวิเคราะห์/ทดสอบ ต้องไม่ถูกทำสำเนาเฉพาะเพียงบางส่วน ยกเว้นทั้งฉบับ โดยไม่ได้รับความยินยอมเป็นลายลักษณ์อักษรจากหน่วยเครื่องมือกลาง


 (นางสาวณัชชาดา หมวกทอง)
 นักวิทยาศาสตร์ชำนาญการ


 (นางสาวมุสตี มุหะหมัด)
 หัวหน้าหน่วยเครื่องมือกลาง


 8 มิถุนายน 2555

F-5.10-1
(11/01/53)

แผนงานวิจัย : การผลิตเอทิลเอสเทอร์เชิงอุตสาหกรรมจากน้ำมันปาล์มดิบ

Commercial Production of Ethyl Ester from Crude Palm Oil

สถานวิจัยและพัฒนาพลังงานทดแทนจากน้ำมันปาล์มและพีชน้ำมัน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

หน้าที่ 112

ภาคผนวก จ.
ราคาอ้างอิงเอทานอลแปลงสภาพและไบโอดีเซลประเภทเมทิลเอสเทอร์
ของกรดไขมันและการคำนวณราคาไบโอดีเซล (B100)
ประกาศคณะกรรมการบริหารนโยบายพลังงาน





ประกาศคณะกรรมการบริหารนโยบายพลังงาน

ฉบับที่ 71 พ.ศ. 2555

เรื่อง ราคาอ้างอิงเอทานอลแปลงสภาพและไบโอดีเซลประเภทเมทิลเอสเทอร์ของกรดไขมัน

คณะกรรมการบริหารนโยบายพลังงาน เมื่อวันที่ 5 กุมภาพันธ์ 2555 ได้มีมติเห็นชอบหลักเกณฑ์การกำหนดราคาเอทานอลและไบโอดีเซล เพื่อใช้เป็นเกณฑ์ในการคำนวณราคา ณ โรงกลั่นของน้ำมันแก๊สโซฮอล์ น้ำมันดีเซลหมุนเร็วและน้ำมันดีเซลหมุนเร็วบี 5 เพื่อกำหนดอัตราเงินส่งเข้ากองทุนน้ำมันเชื้อเพลิง

อาศัยอำนาจตามความในข้อ 4 และข้อ 5 แห่งคำสั่งนายกรัฐมนตรีที่ 4/2547 เรื่อง กำหนดมาตรการเพื่อแก้ไขและป้องกันภาวะการขาดแคลนน้ำมันเชื้อเพลิง ลงวันที่ 23 ธันวาคม พ.ศ. 2547 ซึ่งออกตามความในมาตรา 3 แห่งพระราชกำหนดแก้ไขและป้องกันภาวะการขาดแคลนน้ำมันเชื้อเพลิง พ.ศ. 2516 คณะกรรมการบริหารนโยบายพลังงาน ประกาศราคาอ้างอิงเอทานอลแปลงสภาพและไบโอดีเซลประเภทเมทิลเอสเทอร์ของกรดไขมัน ดังต่อไปนี้

ข้อ 1 ราคาเอทานอลแปลงสภาพเดือนพฤษภาคม 2555 ลิตรละ 20.44 บาท

ข้อ 2 ราคาไบโอดีเซลประเภทเมทิลเอสเทอร์ของกรดไขมัน ตั้งแต่วันที่ 21 พฤษภาคม 2555 จนถึงวันที่ 27 พฤษภาคม 2555 ลิตรละ 36.06 บาท

ประกาศ ณ วันที่ 21 พฤษภาคม พ.ศ. 2555

นายสุเทพ เหลี่ยมศิริเจริญ

(นายสุเทพ เหลี่ยมศิริเจริญ)

ผู้อำนวยการสำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน

สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน (สนพ.)
การคำนวณราคาไบโอดีเซล (B100) เพื่อใช้ในการอ้างอิง วันที่ 21 - 27 พฤษภาคม 55

$$\text{ราคาไบโอดีเซล } B100 = \frac{(B100_{CPO} \times Q_{CPO}) + (B100_{RBD} \times Q_{RBD}) + (B100_{ST} \times Q_{ST})}{Q_{Total}}$$

$$= 36.06 \text{ บาท/ลิตร}$$

ราคาไบโอดีเซลที่ผลิตจากน้ำมันปาล์มดิบ (CPO)

$$B100_{CPO} = 0.94CPO + 0.1MtOH + 3.82$$

$$= 35.90$$

ราคาไบโอดีเซลที่ผลิตจากสเดียร์น

$$B100_{st} = 0.86ST + 0.09MtOH + 2.69$$

$$= 32.01$$

ราคาไบโอดีเซลที่ผลิตจากน้ำมันปาล์มกึ่งบริสุทธิ์ (RBD)

$$B100_{RBD} = 0.93RBD + 0.1MtOH + 2.69$$

$$= 37.23$$

ปริมาณการผลิตไบโอดีเซลจาก CPO	=	425,204	ลิตร/วัน
ปริมาณการผลิตไบโอดีเซลจากสเดียร์น	=	405,983	ลิตร/วัน
ปริมาณการผลิตไบโอดีเซลจาก RBD PO	=	1,463,969	ลิตร/วัน
ปริมาณการผลิตไบโอดีเซลรวม	=	2,295,156	ลิตร/วัน
ราคา CPO	=	32.452	บาท/กิโลกรัม
ราคา สเดียร์น	=	32.452	บาท/กิโลกรัม
ราคา RBD PO	=	35.452	บาท/กิโลกรัม

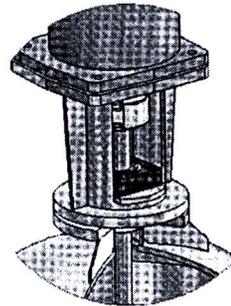
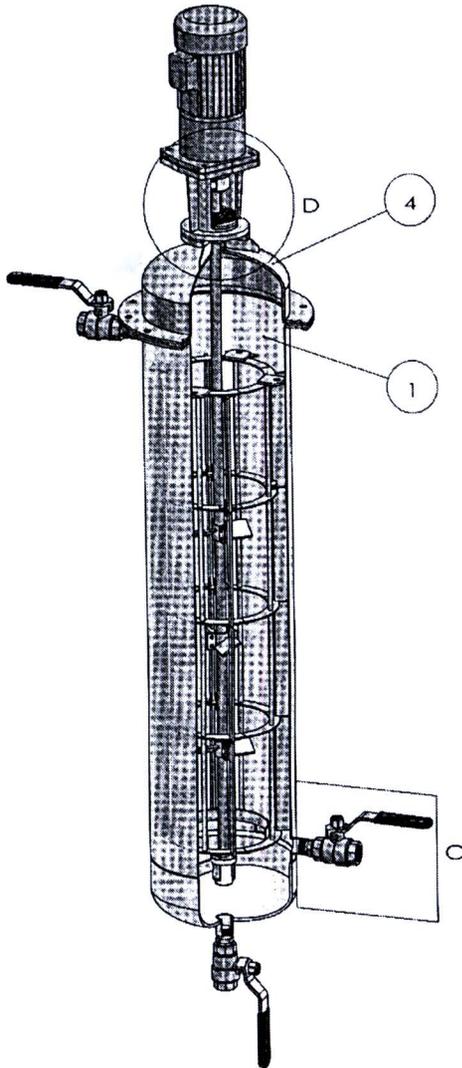
ราคาเมทานอล วันที่ 14 -18 พฤษภาคม 2555

เฉลี่ย 15.71 บาท/กก.

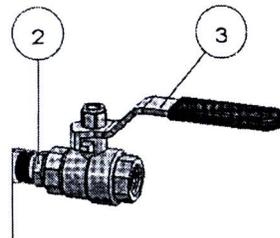
สำนักนโยบายปิโตรเลียมและปิโตรเคมี

ภาคผนวก ช.
รูปถังปฏิกรณ์ขนาด 80 ลิตร
และรูปถังปฏิกรณ์ขนาด 18 ลิตร

ITEM NO.	PART NUMBER	DESCRIPTION	Section-A/QTY.
1	P03030354	Shell	1
2	S01030354	Nipple DN25	3
3	S02030354	Ball Valve 1"	3
4	A01030354	Power Shaft Set	1



DETAIL D
SCALE 1 : 6



DETAIL C
SCALE 1 : 6

UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:
DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
SURFACE FINISH:
TOLERANCES:
LINEAR:
ANGULAR:

FINISH:



Specialized R&D Center for Alternative Energy
from Palm Oil and Oil Crops

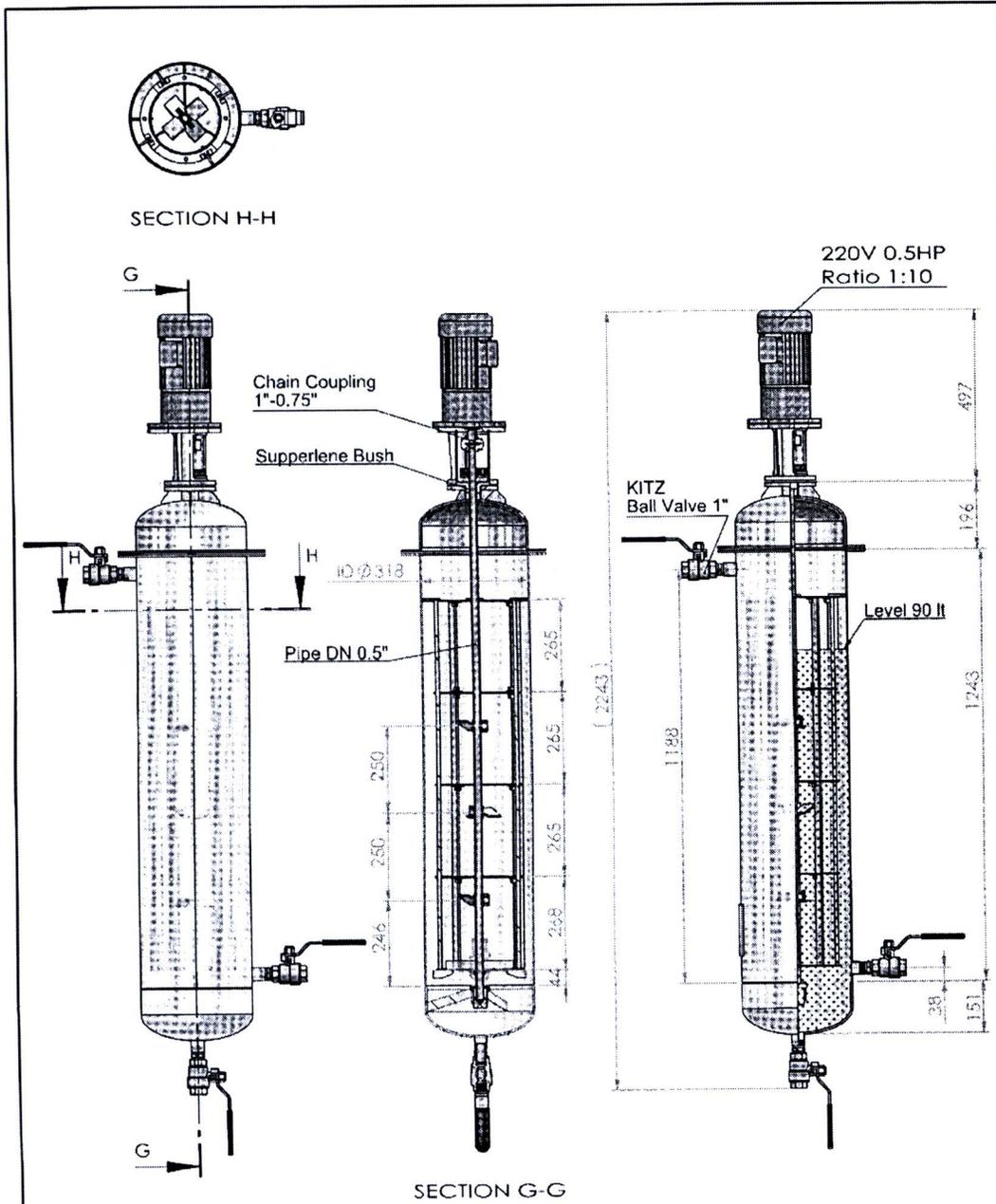
NAME	SIGNATURE	DATE			
DRAWN					
CHKD					
APPRD					
INFO					
O.A.					

TITLE:		Reactor 80 Lt per Hr	
MATERIAL:		SUS304	
DWG. NO.		A4	
WEIGHT: 84.90		SCALE: 1:2	
		SHEET 1 OF 2	
		REVISION	

แผนงานวิจัย : การผลิตเอทิลเอสเตอร์เชิงอุตสาหกรรมจากน้ำมันปาล์มดิบ

Commercial Production of Ethyl Ester from Crude Palm Oil

สถานวิจัยและพัฒนาพลังงานทดแทนจากน้ำมันปาล์มและพืชน้ำมัน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

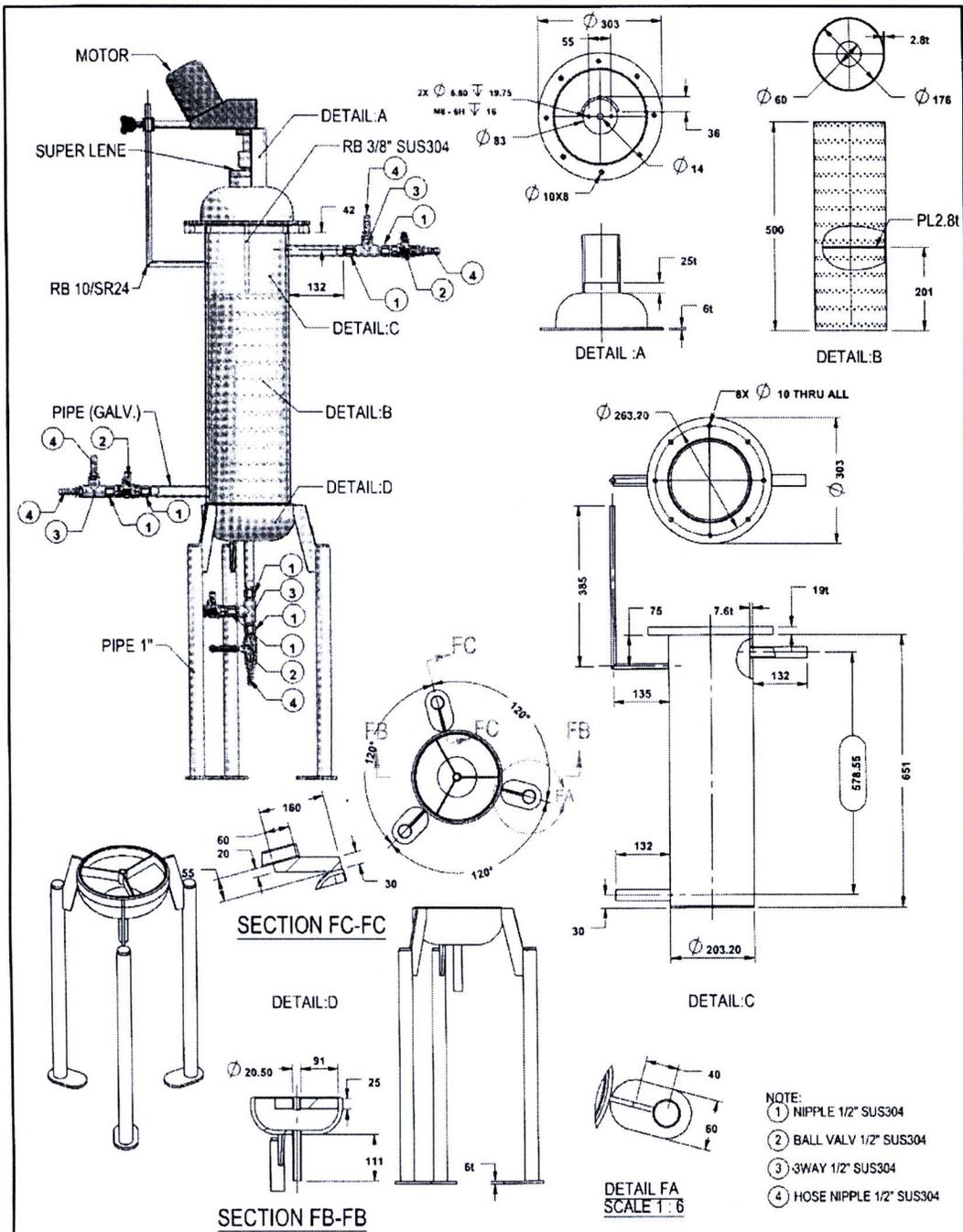


UNLESS OTHERWISE SPECIFIED, DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS				FINISH:		 Specialized R&D Center for Alternative Energy from Palm Oil and Oil Crops
SURFACE FINISH:						
TOLERANCES:						TITLE: Reactor 80 Lt per Hr
LINEAR:						
ANGULAR:						
DRAWN	NAME	SIGNATURE	DATE			
CHK'D						
APP'D						
MFG						
QA				MATERIAL:	DWG NO.	
				SUS304	A4	
				WEIGHT: 84.90	SCALE: 1:15	
					SHEET 2 OF 2	
					REVISION	

แผนงานวิจัย : การผลิตเอทิลเอสเตอร์เชิงอุตสาหกรรมจากน้ำมันปาล์มดิบ

Commercial Production of Ethyl Ester from Crude Palm Oil

สถานวิจัยและพัฒนาพลังงานทดแทนจากน้ำมันปาล์มและพืชน้ำมัน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์



NAME	SIGNATURE	DATE	TITLE
DRAWN			Reactor 18 Lt Per Hr
CHECKED			
APPROVED			
MFG			
G.A.		MATERIAL	DWG. NO.
		WEIGHT: 84.42	A4
		SCALE 1:1.2	SHEET 1 OF 2

แผนงานวิจัย : การผลิตเอทิลเอสเทอร์เชิงอุตสาหกรรมจากน้ำมันปาล์มดิบ

Commercial Production of Ethyl Ester from Crude Palm Oil

สถานวิจัยและพัฒนาพลังงานทดแทนจากน้ำมันปาล์มและพืชน้ำมัน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์



ภาคผนวก ช.
ผลงานการตีพิมพ์ระดับนานาชาติ



Characterization of Glycerol-Ester Emulsions from Transesterification with Different Alcohols Using the CLSM Technique

Ruamporn Nikhom*†, Suratsawadee Kungsanant*, Sukritthira Ratanawilai*
 Pornpot Nuthong**, Chakrit Tongurai*

*Department of Chemical Engineering, Faculty of Engineering, Prince of Songkla University, Songkhla, 90112, Thailand
 **Equipment Center, Prince of Songkla University, Hat Yai, Songkhla 90112, Thailand

† Ruamporn Nikhom; Address: Tel: +66 7428 7185, Fax: +66 7428 7185, e-mail: ooy_evol@yahoo.com

Received:04.07.2011 Accepted:09.08.2011

Abstract- Confocal laser scanning microscopy (CLSM) was applied in order to observe the apparent characteristics of glycerol-ester emulsions in transesterification with methanol, ethanol, and mixtures of methanol/ethanol in the present study. The CLSM operated with an XY mode using a laser combiner, which featured a red helium-neon (543 nm) and Nile blue A that was used as dye. The confocal images show significant differences involved in the distribution of glycerol in ester obtained from different alcohol systems. In the case of methanolysis, drops of glycerol clearly separated from fatty acid methyl ester (FAME), which made phase separation easier between glycerol and FAME. In ethanolysis, an unclear formation of glycerol drops in fatty acid ethyl ester (FAEE) was visualized. When the amount of ethanol in mixtures of methanol/ethanol increased, the shape of glycerol drops became unstable. This resulted in a flock of glycerol being dispersed in ester, which made phase separation difficult. The confocal images strongly support the notion that alcohol type is a crucial factor in the formation of glycerol drops in ester, which can affect phase separation between glycerol and ester in biodiesel production.

Keywords- CLSM, FAME, FAEE, Glycerol, Emulsions.

1. Introduction

Due to a shortage of global petroleum resources since 2005, the production of biodiesel has significantly increased. Biodiesel can be produced through transesterification of renewable resources, such as vegetable oils or animal fats that use alkaline, acid, or enzymes as catalyzes. Generally, the base-catalyzed transesterification of vegetable oil is the most widely used method for biodiesel production [1,2]. Today, fatty acid methyl esters (FAME) are the only types of biodiesel that are sold commercially. In order to produce FAME, vegetable/animal oil must be mixed with methanol and base-catalyst using a methanolysis reaction. The utilized methanol is a chemical derivative, and in some regions methanol is imported for FAME production. For example, in 2009 Thailand imported methanol 95.6 kton for FAME production [3]. From an economic perspective, ethanol is attractive as an alternative alcohol for

biodiesel production particularly in agricultural countries because ethanol can be produced from agricultural resources [4] such as sugars and starches. However, a limitation of using biodiesel from ethanol, the fatty acid ethyl esters (FAEE), as a commercial biodiesel is the formation of undesirable emulsions in the product after ethanolysis, which have been observed by various research groups [5-9].

Theoretically, both methanol and ethanol are immiscible with triglycerides in transesterification at ambient temperatures. Thus, to enhance mass transfer in reaction, the mechanical stirrer must be applied. Emulsions are usually formed in this step. During methanolysis, these emulsions are quickly and easily separated into a lower glycerol-rich layer and an upper methyl ester-rich layer. However, in ethanolysis, this emulsion is much more stable leading to difficulty in phase separation and purification of the FAEE product

International Journal Of Renewable Energy Research, IJRRER
R.Nikhom, S.Kungsanant, S.Ratanawilai, P.Nuthong, C.Tongurai, Vol.1, No.4, pp.245-251, 2011

[9]. Although literature has compared methanolysis and ethanolysis emulsions [5,6,8,9], their appearance characteristics are infrequently reported.

In this study, the confocal laser scanning microscopy (CLSM) technique is selected to observe FAME and FAEE emulsion characteristics. Normally, the CLSM is a high resolution fluorescence microscopy and becomes a very powerful tool that more effective than conventional microscopy. The CLSM contains special properties that make it more effective than a conventional one due to its point illumination and detection nature. In the CLSM, the point detection is usually achieved through the incorporation of a pinhole in front of the photo detector. Point illumination is achieved with a laser as a light source. The microscope is very effective at rejecting out-of-focus light with the confocal pinhole. The light from the focusing position is able to pass through the pinhole, while most of the light from the non-focusing position is blocked by the pinhole. As a result, the out-of-focus parts appear dark in color in the image making it possible to optically slice a thick tissue or drop of liquid sample without a glass cover. Light from a part other than the focusing position overlap with ordinary optical microscopes, and the overall image tends to be vague [10].

CLSM is widely used for structural analysis of microorganisms [11-14] and food material (e.g. yam, wheat dough, and bread) [15-17] In membrane technology, CLSM is utilized to visualize the fouling materials [18,19]. This technique has been applied during observations of the emulsion characteristics of lipids or proteins in the food industry [20], oil-water-modified starch granules emulsions [21], stabilization of foams and emulsions of surface active particles and proteins mixture [22], microstructure of oil-in-water emulsions containing crayfish protein as emulsifier [23] and mineral-oil-water emulsion in the petroleum industry [24]. However, characteristics of emulsions from transesterification have been rarely examined in research.

According to the aforementioned performance of CLSM, this technique is shown to be a highly efficient tool for observing characteristics of emulsions from transesterification. Therefore, the

present study focuses on utilizing the CLSM technique in order to observe different physical distributions between glycerol and ester obtained from methanolysis and ethanolysis and to examine the roles of methanol and ethanol on the formation of glycerol-ester emulsions that occur during biodiesel production.

2. Experimental

2.1. Chemicals

The chemicals, methanol (99.5 % wt), ethanol (99.5 % wt), and potassium hydroxide (KOH, 95.0% wt) were purchased from LabChem (Pittsburgh PA. USA) and were financially supported by Specialized R&D Center for Alternative Energy from Palm Oil and Oil Crops, Prince of Songkla University, Thailand. The analytical grade Nile blue A was also purchased from LabChem (Pittsburgh PA. USA).

2.2. Sample preparation

Samples were prepared from methanolysis and ethanolysis of refined palm oil containing 1% wt free fatty acid and alcohol (i.e. methanol, ethanol or methanol/ethanol mixture). The KOH was utilized as a catalyst. Normal transesterification conditions, the molar ratio of alcohol to oil of 6:1, KOH of 1 %wt, the reaction time of 30 minutes, and the temperature of 70 oC, were used for observe characterization of product mixtures with different alcohol. After the reaction, 10 mL portions of sample were kept in vials immediately and stained with Nile blue A (5 µg of dye per 1 mL of sample) to allow visualization of both glycerol and ester. In addition, the small amount of by products were neglected.

2.3. Confocal laser scanning microscopy (CLSM)

The stained samples were analyzed using a CLSM (FV300, Olympus) with a XY mode to find bright plane images. Images were taken using a 10X objective with additional zoom of 2 in 1 micrometer axial step and a laser combiner featuring a red helium-neon (543 nm). Each sample was dropped on a cover slip without covering it in order to prevent the reformation of the drop shape. To avoid glycerol-ester phase separation during analysis, it was required that the samples be shaken well to ensure homogeneity.

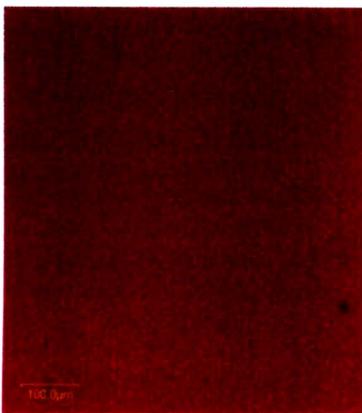
The objective lens was located below the samples, covered with immersion oil, and allowed to approach the bottom of the glass slide.

Sample element was scanned point by point with a focused laser beam during the CLSM analysis. The reflected, or emitted, fluorescence light from the sample was detected by two photomultipliers, and out-of-focus information from the image was removed with an adjustable pinhole setting. The output data was transferred to a computer, and a confocal image was generated on a computer monitor.

3. Results and Discussions

3.1. Identification of glycerol and ester using CLSM

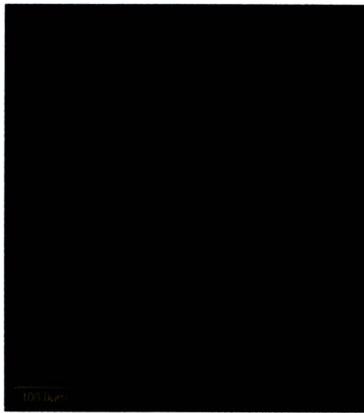
In order to characterize emulsions using the CLSM technique, all of the components had to be verified. All samples are measured at room temperature. Fig. 1 shows the confocal images of pure glycerol (95 %wt glycerol), FAME (97.5 %wt ester), and FAEE (96.5 %wt ester), respectively. Pure glycerol was visualized as a red color (Fig. 1a), and the esters FAME and FAEE were visualized as a darker color (Fig. 1b and 1c). The mass ratio of glycerol to FAME was 9:1 in the mixture of glycerol-ester.



(a)



(b)

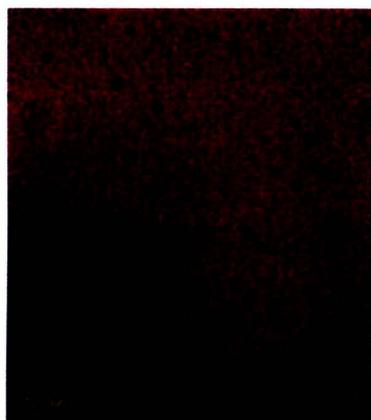


(c)

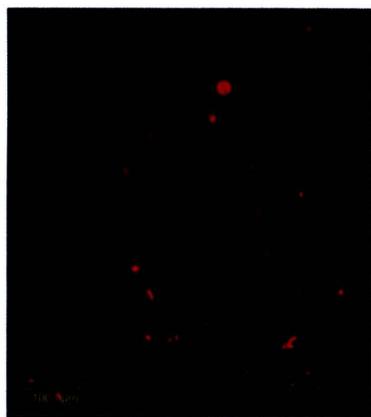
Fig. 1. Confocal images of a) 95 %wt of glycerol b) 97.5 %wt of FAME c) 96.5 %wt of FAEE

The confocal image was visualized as dark circular domains in the red area (Fig. 2a). On the other hand, the red circular domains in the dark area were visualized when the mass ratio of glycerol to FAME was 1:9 (Fig. 2b). It can be identified that the glycerol and esters, FAME and FAEE, were visualized as red and dark colors, respectively.





(a)



(b)

Fig. 2. Confocal images of mass ratio of glycerol to FAME at a) 9:1 b) 1:9

3.2. Effect of alcohol types on glycerol and ester distribution

Many studies report that the type of alcohol used in transesterification can have an effect on phase separation between glycerol and ester [5-9]. Two main types of alcohols, methanol and ethanol, are used in the transesterification reaction. During methanolysis, the emulsions are formed during the mechanical stirring step. After the reaction is complete, the emulsions are quickly and easily separated, leading to the formation of a lower glycerol-rich layer and an upper FAME-rich layer. During ethanolysis, however, the generated emulsions are much more stable leading to a complicated separation of glycerol from FAEE. The causes of this occurrence have been rarely examined in research.

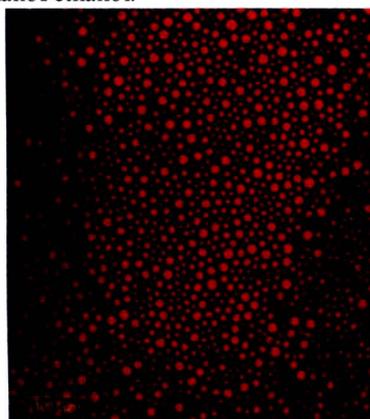
To elucidate this phenomenon, the products after methanolysis and ethanolysis were characterized by CLSM. The confocal images are shown in Fig. 3. The captured images clearly demonstrate the difference of glycerol-ester distribution in the product from methanolysis and ethanolysis. It can be seen in Fig. 3a that glycerol formed as spherical drops and plainly separated from FAME. Fig. 3b also illustrates that unclear formations of glycerol drops occurred and dispersed during the entire FAEE phase. This colloidal solution is strongly stable, which may cause drawbacks on subsequent FAEE purification processes.

Fig. 3 indicates that ethanol could be an important factor causing emulsions of glycerol in the FAEE product. To support this hypothesis, various mixtures of methanol/ethanol with molar ratios of ethanol to methanol at 1:5, 2:4, and 3:3 were used to observe the physical distribution of glycerol in ester. The total molar ratio of alcohol to oil was controlled at 6:1.

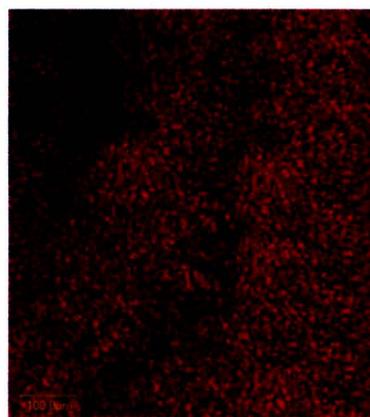
The confocal images show the effect of the molar ratio of ethanol to methanol on glycerol and ester distributions as illustrated in Fig. 4. It should be noticed that as the ethanol content increased, the flocculation of glycerol in ester also gradually promoted. Fig. 4a shows that at the molar ratio of 1:5, glycerol is generated as sharp spherical drops that are distributed in ester, and then the glycerol drops separate from the ester by gravity in a few minutes. This phenomenon is similar to the effects of methanolysis using pure methanol (Fig. 3a). However, when the molar ratio of ethanol to methanol increased from 1:5 to 3:3, the glycerol gradually formed a smaller drop size, stayed closer, and formed a flock of glycerol dispersed in ester (Fig. 4a-4c). The gravitational force rarely affected these fine droplets of glycerol. Finally, a very stable glycerol-ester emulsion was observed. The characteristics of the glycerol-ester emulsion with a high ethanol content are similar to the characteristics of the stable emulsions observed in ethanolysis using pure ethanol (Fig. 3b). Experimental results confirm that ethanol is an important factor affecting the drop size of generated glycerol resulting in suspension of glycerol in ester. This result supports findings from a study by Issariyakul et al. [6], which reports that glycerol-ester emulsions frequently occur when ethanol is used in transesterification. Besides, no

International Journal Of Renewable Energy Research, IJER
R.Nikhom, S.Kungsanant, S.Ratanawilai, P.Nuthong, C.Tongurai, Vol.1, No.4, pp.245-251, 2011

emulsification problem occurred with the use of methanol or small amounts of ethanol in mixtures of methanol/ethanol.

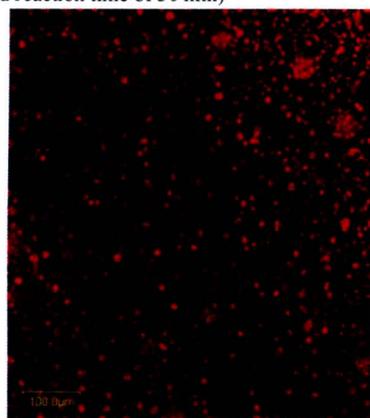


(a)

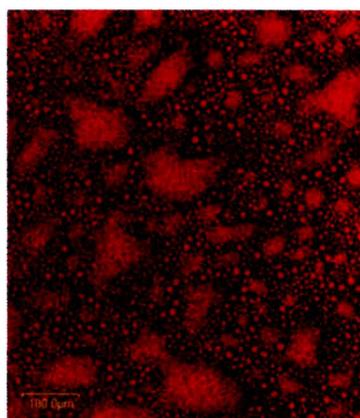


(b)

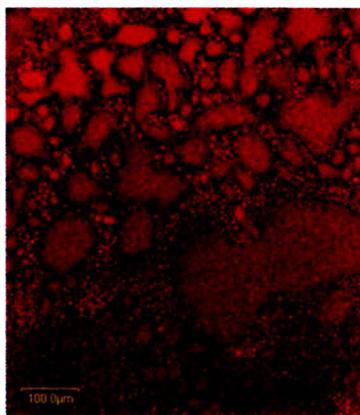
Fig. 3. Confocal images of glycerol-ester distribution after a) methanolysis b) ethanolysis (reaction conditions: molar ratio of alcohol to oil 6:1, KOH 1 %wt, reaction temperature of 70°C, and reaction time of 30 min)



(a)



(b)



(c)

Fig. 4. Confocal images showing the effect of molar ratio of ethanol to methanol on glycerol and ester distribution a) 1:5 b) 2:4 c) 3:3 (reaction conditions: molar ratio of alcohol to oil 6:1, KOH 1%, reaction temperature of 70 °C, and reaction time of 30 min)

The glycerol-ester separation process in the conventional methanolysis is generally based on the fact that by-product glycerol and esters are sparingly soluble due to significant differences in their polarities and densities [25]. However, retained alcohol in the product mixture could have an affect on these properties. In ethanolysis, it might be possible that the remaining ethanol in the product decreases differences of polarity and density between glycerol and FAEE ester because its polarity is lower than methanol. Therefore, low amounts of glycerol could be isolated from the FAEE products. It is obvious from confocal images that glycerol tends to form fine droplets and suspend in FAEE ester causing the stable glycerol-ester emulsion. CLSM images clarify

International Journal Of Renewable Energy Research, IJRE
R.Nikhom, S.Kungsanant, S.Ratanavilai, P.Nuthong, C.Tongurai, Vol.1, No.4, pp.245-251, 2011

different characteristics of glycerol in ester obtained from utilization of different alcohols in transesterification. This could serve as supportive evidence for solving the problem of emulsion in FAEE. However, other amphiphilic compounds, such as soap, mono-glyceride, and di-glyceride, are also commonly used as emulsifiers for promoting a stable glycerol-ester emulsion in FAEE [1,9,26], which is a research area that should be examined further.

4. Conclusion

CLSM appears to be an effective technique for characterizing the glycerol-ester emulsions obtained from the transesterification reaction. The Confocal images clearly show the different distribution characteristics of glycerol in ester, FAME and FAEE. With FAME, drops of glycerol were sharp and easily separated from FAME resulting in complete phase separation. On the other hand, an unclear formation of glycerol drops in FAEE was visualized, and finally, a very stable glycerol-ester emulsion was observed. This strongly supports the notion that different types of alcohol in transesterification affect phase separation between glycerol and ester.

Acknowledgements

The authors of the present study gratefully acknowledge the Thailand Research Fund through the Royal Golden Jubilee Ph.D. Program (Grant no. PHD/0161/2550) for its financial support. Acknowledgement is also extended to the Graduate School at Prince of Songkla University for partial funding of this study. The presented technical contents are supported by the Scientific Equipment Center and the Specialized R&D Center for Alternative Energy from Palm Oil and Oil Crops, Prince of Songkla University, Hat Yai, Thailand.

References

- [1] M. Černoch, M. Hajek, F. Skopal, "Ethanolysis of rapeseed oil – Distribution of ethyl esters, glycerides and glycerol between ester and glycerol phases", *Bioresource Technology*, 2010, Vol. 101, pp. 2071–2075.
- [2] L.C. Meher, D.V. Sagar, S.N. Naik, "Technical aspects of biodiesel production by transesterification-a review", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2006, Vol. 10, pp. 248–268.
- [3] Thailand energy statistics, Department of alternative energy development and efficiency, Ministry of energy, Thailand, 2009.
- [4] H. Joshi, B.R. Moser, J. Toler, T. Walker, "Preparation and fuel properties of mixtures of soybean oil methyl and ethyl esters", *Biomass and Bioenergy*, 2010, Vol 34, pp. 14-20.
- [5] J.M. Enciner, J.F. González, A.R. Reinares, "Ethanolysis of used frying oil. Biodiesel preparation and characterization", *Fuel Processing Technology*, 2007, Vol. 88., pp. 513–522.
- [6] T. Issariyakul, M.G. Kulkarni, A.K. Dalai, N.N. Bakhshi, "Production of biodiesel from waste fryer grease using mixed methanol/ethanol system", *Fuel Processing Technology*, 2007, Vol. 88, pp. 429-43.
- [7] S.M.P. Meneghetti, M.R. Meneghetti, C.R. Wolf, E.C. Silva, G.E.S. Lima, M.A. Coimbra, J.I. Soletti, S.H.V. Carvalho, "Ethanolysis of Castor and Cottonseed Oil: A Systematic Study Using Classical Catalysts", *JAOCS*, 2006, Vol. 83, No. 9, pp. 819–822.
- [8] K. Suppalakpanya, S. Ratanavilai, C. Tongurai, "Production of ethyl ester from esterified crude palm oil by microwave with dry washing by bleaching earth", *Applied Energy*, 2010, Vol. 87, pp. 2356–2359.
- [9] W. Zhou, S.K. Konar, D.G.B. Boocock, "Ethyl esters from the single-phase base-catalyzed ethanolysis of vegetable oils", *JAOCS*, 2003, Vol. 80, No. 4, pp. 367–371.
- [10] J.B. Pawley. *Handbook of biological confocal microscopy*, 3rd ed. Berlin, Springer. 2006, pp. 59-62.
- [11] S.S. Adav, D. Lee, K. Show, J. Tay, "Acrobic granular sludge: Recent advances", *Biotechnology Advances*, 2008, Vol. 26, pp. 411-423.
- [12] D.J. Jung, A. Ahmad, M. Follo, B. Spitzmüller, W. Hannig, M. Hannig, C. Hannig, "Visualization of initial bacterial colonization on dentine and enamel in situ", *Journal of Microbiology Methods*, 2010, Vol. 81, pp. 166–174.
- [13] A. Sole, J. Mas, I. Esteve, "A new method based on image analysis for determining cyanobacterial biomass by CLSM in stratified benthic sediments", *Ultramicroscopy*, 2007, Vol. 107, pp. 669–673.
- [14] K. Takuo, N. Shinya, M. Kohji, "Intracellular analysis of *Saccharomyces cerevisiae* using CLSM after ultrasonic

International Journal Of Renewable Energy Research, IJRRER
R.Nikhom, S.Kungsanant, S.Ratanawilai, P.Nuthong, C.Tongurai, Vol.1, No.4, pp.245-251, 2011

- treatments”, *Nanomedicine: Nanotechnology Biology and Medicine*, 2005, Vol. 1, pp. 159–163.
- [15] E.J. Lynch, F.D. Bello, E.M. Sheehan, K.D. Cashman, E.K. Arendt, “Fundamental studies on the reduction of salt on dough and bread characteristics”, *Food Research International*, 2009, Vol. 42, pp. 885–891.
- [16] M.B. Dürrenbergcr, S. Handschin, B.C. Petit, F. Escher, “Visualization of food structure by confocal laser scanning microscopy (CLSM)”, *Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie*, 2001, Vol. 34, pp. 11-17.
- [17] R. Lutz , A. Aserin , Y. Portnoy , M. Gottlieb , N. Garti, “On the confocal images and the rheology of whey protein isolated and modified pectins associated complex”, *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 2009, Vol. 69, pp. 43–50.
- [18] Y.C. Juang, D.J. Lee, J.Y. Lai, “Fouling layer on hollow-fibre membrane in aerobic granule membranc bioreactor”, *Journal of the Chinese Institute of Chemical Engineers*, 2008, Vol. 39, pp. 657–661.
- [19] F.Y. Sun, X.M. Wang, X.Y. Li, “Visualisation and characterisation of biopolymer clusters in a submerged membrane bioreactor”, *Journal of Membrane Science*, 2008, Vol. 325, No. 2, ppt.691–697.
- [20] V. Martinet, C. Valentini, J. Casalinho, C. Schorsch, S. Vaslin, J.L. Courthaudon, “Composition of interfacial layers in complex food emulsions before and after aeration: effect of egg to milk protein ratio”, *Journal of Dairy Science*, 2005, Vol. 88, No. 1, pp. 30–39.
- [21] A. Yusoff, B.S. Murray “Modified starch granules as particle-stabilizers of oil-in-water emulsions”, *Food Hydrocolloids*, 2011, Vol. 25, No. 1, pp. 42–55.
- [22] B.S. Murray, K. Durga, A. Yusoff, S.D. Stoyanov, “Stabilization of foams and emulsions by mixtures of surface active food-grade particles and proteins”, *Food Hydrocolloids*, 2011, Vol. 25, No.4, pp. 627-638.
- [23] A. Romero, F. Cordobés, M.C. Puppo, A. Guerrero, C. Bengoechea, “Rheology and droplet size distribution of emulsions stabilized by crayfish flour”, *Food Hydrocolloids*, 2008, Vol. 22, No. 6, pp. 1033–1043.
- [24] R.J. Mikula, V.A. Munoz, “Characterization of emulsions and suspensions in the petroleum industry using cryo-SEM and CLSM”, *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 2000, Vol. 174, pp. 23–36.
- [25] J.V. Gerpen, B. Shanks, R. Pruszko, D. Clements, G. Knothe, *Biodiesel production technology*. National Midwest Research Institute, Renewable Energy Laboratory, 1st ed., 2004, pp. 30-34.
- [26] M. Černoch, M. Hajek, F. Skopal, “Study of effects of some reaction conditions on ethanolysis of rapeseed oil with dispergation”, *Bioresour Technology*, 2010, Vol. 101, pp. 1213–1219.

ภาคผนวก ฉ.
อบรมการผลิตไบโอดีเซลขั้นพื้นฐานและขั้นสูง



แผนงานวิจัย : การผลิตเอทิลเอสเทอร์เชิงอุตสาหกรรมจากน้ำมันปาล์มดิบ

Commercial Production of Ethyl Ester from Crude Palm Oil

สถานวิจัยและพัฒนาพลังงานทดแทนจากน้ำมันปาล์มและพีชน้ำมัน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์



ดูงาน ณ โรงงานต้นแบบไบโอดีเซล และศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์



