

การเปรียบเทียบผลผลิตของไบโอดีเซลที่ได้จากปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน โดยใช้ด่างเป็น
ตัวเร่งปฏิกิริยา

บุษบงก์ พลอยเพชร

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม

คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

พฤษภาคม 2555

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยบูรพา

คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์และคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ได้พิจารณา
วิทยานิพนธ์ของ นุชบงค์ พลอยเพชร ฉบับนี้แล้ว เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตาม
หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม ของมหาวิทยาลัยบูรพาได้

คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์

.....อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก

(ดร.คชาวุธ ภาชนะ)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อุบลลักษณ์ รัตนศักดิ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธาน

(ดร.อำนวย วัฒนกรศิริ)

.....กรรมการ

(ดร.คชาวุธ ภาชนะ)

.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อุบลลักษณ์ รัตนศักดิ์)

.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุปราณี แก้วภิรมย์)

คณะวิทยาศาสตร์อนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตาม
หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม ของมหาวิทยาลัยบูรพา

.....คณบดีคณะวิทยาศาสตร์

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อุษาวดี ตันติวรานุรักษ์)

วันที่ 16 เดือน พฤษภาคม พ.ศ. 2555

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากศูนย์ความเป็นเลิศด้านอนามัยสิ่งแวดล้อม
พิษวิทยาและการบริหารจัดการสารเคมี ประจำปีการศึกษา 2552

ประกาศคุณูปการ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยดีเนื่องจากได้รับความกรุณาให้คำปรึกษา และแนะนำแนวทางที่ต้อง ตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ อย่างดียิ่งจาก ดร. คหาวุธ ภาชนะ อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อุบลลักษณ์ รัตนศักดิ์ อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ที่ทำให้วิทยานิพนธ์นี้มีความสมบูรณ์และถูกต้องยิ่งขึ้น ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งเป็นอย่างยิ่ง จึงขอกราบขอบพระคุณอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณ ดร. อำนวย วัฒนกรศิริ ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุปราณี แก้วภิรมย์ กรรมการสอบวิทยานิพนธ์

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากศูนย์ความเป็นเลิศด้านอนามัยสิ่งแวดล้อม พิชัยวิทยา และการบริหารจัดการสารเคมี จึงขอขอบพระคุณ ณ ที่นี้ด้วย

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ และโครงการบัณฑิตศึกษา สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ที่เอื้อเฟื้อสถานที่วัสดุอุปกรณ์ด้วยดีเสมอมา

ท้ายสุดขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา และสมาชิกในครอบครัวทุกท่านที่เอาใจใส่ให้กำลังใจและสนับสนุนผู้วิจัยด้วยดีเสมอมาในการทำวิทยานิพนธ์นี้ให้สำเร็จได้ด้วยดี

คุณค่าและประโยชน์ของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอบเป็นกตัญญูตเวทิตา แด่บุพการี นูรพาจารย์ และผู้มีพระคุณทุกท่านทั้งในอดีตและปัจจุบัน ที่ทำให้ข้าพเจ้าเป็นผู้มีการศึกษาและประสบความสำเร็จมาจนครบเท่าทุกวันนี้

บุษบงศ์ พลอยเพชร

51911862: สาขาวิชา: วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม; วท.ม. (วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม)

คำสำคัญ: พลังงานทางเลือก/ ทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชัน/ ตัวเร่งปฏิกิริยาค่าง

บุษบงค์ พลอยเพชร: การเปรียบเทียบผลผลิตของไบโอดีเซลที่ได้จากปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชันโดยใช้ด่างเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา (COMPARISON OF BIODIESEL YIELDS FROM TRANSESTERIFICATION REACTION BY ALKALI CATALYSTS) คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์: ศทาวุธ ภาชนะ, Ph.D., อุบลลักษณ์ รัตนศักดิ์, Ph.D. 80 หน้า. ปี พ.ศ. 2555.

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาและเปรียบเทียบร้อยละผลผลิตของไบโอดีเซลที่ได้จากปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชันโดยใช้ด่างเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา วัตถุดิบที่ใช้ผลิตไบโอดีเซล ได้แก่ น้ำมันพืชใช้แล้ว น้ำมันปาล์ม น้ำมันมะพร้าว และน้ำมันถั่วเหลือง โดยทำการสังเคราะห์ไบโอดีเซลด้วยปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชัน ที่ใช้แอลกอฮอล์ได้แก่เมทานอลและเอทานอล และตัวเร่งปฏิกิริยา ได้แก่ โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) และโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH) พบว่าปฏิกิริยาระหว่างน้ำมันพืชกับเมทานอลโดยใช้ด่าง NaOH เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาให้ผลผลิตไบโอดีเซลสูงสุด โดยให้ผลผลิตไบโอดีเซลร้อยละ 98.31 ± 0.47 97.50 ± 0.27 96.38 ± 0.44 และ 95.16 ± 0.01 สำหรับไบโอดีเซลที่เตรียมจากน้ำมันถั่วเหลือง น้ำมันมะพร้าว น้ำมันพืชใช้แล้ว และน้ำมันปาล์ม ตามลำดับ

นอกจากนี้ ได้ศึกษาความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ในการสังเคราะห์ไบโอดีเซล โดยเปรียบเทียบร้อยละผลผลิตน้ำมันไบโอดีเซลที่ใช้ด่าง NaOH และเมทานอลชนิดเกรดวิเคราะห์ (AR grade) กับเกรดทางการค้า (Commercial grade) พบว่าการสังเคราะห์ไบโอดีเซลโดยใช้ด่าง NaOH และเมทานอลชนิดเกรดทางการค้าใช้ต้นทุนในการผลิตต่ำกว่า ราคาต้นทุนมีค่า 41.94 68.65 79.69 และ 90.45 บาท/ลิตร สำหรับการสังเคราะห์ไบโอดีเซลจากน้ำมันพืชใช้แล้ว น้ำมันปาล์ม น้ำมันถั่วเหลือง และน้ำมันมะพร้าว ตามลำดับ

51911862: MAJOR: ENVIRONMENTAL SCIENCE; M.Sc. (ENVIRONMENTAL SCIENCE)

KEYWORDS: ALTERNATIVE FUEL/ TRANSESTERIFICATION/ ALKALI CATALYSTS

BUTSABONG PLOYPLATE: COMPARISON OF BIODIESEL YIELDS FROM TRANSESTERIFICATION REACTION BY ALKALI CATALYSTS. ADVISORY

COMMITTEE: KATAVUT PACHANA, Ph.D., UBOLLUK RATTANASAK, Ph.D. 80 P. 2012.

Comparison of the percent yield of biodiesel resulted from transesterification reaction using alkali catalysts was investigated. Raw materials used for biodiesel preparation were included of the waste cooking oil, palm oil, coconut oil and soybean oil. The biodiesel was synthesized via transesterification reaction using alcohols, i.e. methanol and ethanol, and alkaline catalysts i.e. sodium hydroxide (NaOH) and potassium hydroxide (KOH). It was found that using of methanol and NaOH as alkaline catalyst resulted in the highest percent yield of biodiesel. Percent yields of biodiesel were 98.31 ± 0.047 , 97.50 ± 0.27 , 96.38 ± 0.44 and 95.16 ± 0.01 % synthesized from the soybean oil, coconut oil, cooking oil and palm oil, respectively.

In addition, economic consideration in biodiesel synthesis was also studied. In comparison with biodiesel synthesized by the analytical reagent grade of NaOH and methanol, the commercial grade of those chemicals was used. It was revealed that the commercial grade chemicals achieved the low production cost. Production costs were 41.94, 68.65, 79.69 and 90.45 Baht/ liter, respectively for biodiesel prepared from the waste cooking oil, palm oil, soybean oil and coconut oil.

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
สารบัญ.....	ฉ
สารบัญตาราง.....	ฉ
สารบัญภาพ.....	ญ
บทที่	
1 บทนำ	
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	3
1.3 สมมติฐานของการวิจัย.....	3
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับการวิจัย.....	3
1.5 ขอบเขตของการวิจัย.....	3
1.6 นิยามศัพท์เฉพาะ.....	4
2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
2.1 ความหมายไบโอดีเซล.....	6
2.2 สถานการณ์การผลิตไบโอดีเซลของโลก.....	7
2.3 ปริมาณการใช้ไบโอดีเซลและแนวโน้มในอนาคต.....	8
2.4 การผลิตไบโอดีเซล.....	9
2.4.1 การนำมาใช้โดยตรงและเป็นน้ำมันผสม.....	9
2.4.2 กระบวนการทำเป็นไมโครอิมัลชัน.....	9
2.4.3 กระบวนการแตกสลายด้วยความร้อน.....	10
2.4.4 กระบวนการทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชัน.....	10
2.4.4.1 ปัจจัยที่มีผลต่อปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชัน.....	12
2.5 วัตถุดิบในการผลิตไบโอดีเซล.....	14
2.5.1 ไขมันและน้ำมัน.....	17
2.5.2 แอลกอฮอล์ที่ใช้ในกระบวนการทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชัน.....	19
2.5.3 ชนิดตัวเร่งปฏิกิริยาในกระบวนการทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชัน.....	20

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
2.5.3.1 ตัวเร่งปฏิกิริยาชนิดต่าง.....	20
2.5.3.2 ตัวเร่งปฏิกิริยาชนิดกรด.....	21
2.5.3.3 เอนไซม์ไลเปส.....	21
2.5.3.4 ตัวเร่งปฏิกิริยาแบบวิวิธพันธุ์.....	21
2.6 ขั้นตอนการผลิตไบโอดีเซล.....	22
2.7 สมบัติและมาตรฐานของไบโอดีเซล.....	24
3 วิธีดำเนินการวิจัย	
ตอนที่ 1 การสังเคราะห์ไบโอดีเซลในห้องปฏิบัติการ	
1. เครื่องมือและอุปกรณ์-สารเคมีที่ใช้ในการวิจัย.....	30
2. การเตรียมน้ำมันก่อนการทำปฏิกิริยา.....	31
2.1 การจัดน้ำออกจากน้ำมันพืชใช้แล้วก่อนการทำปฏิกิริยา.....	31
2.2 การวิเคราะห์หาค่าความเป็นกรด (Acid value).....	31
3. การสังเคราะห์ไบโอดีเซลด้วยปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชันโดยใช้ต่าง เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา.....	32
4. เปรียบเทียบขั้นตอนการทำปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชันโดยใช้ต่างเป็นตัวเร่ง ปฏิกิริยา.....	34
ตอนที่ 2 การทดสอบสมบัติของน้ำมันไบโอดีเซลที่สังเคราะห์ได้	
1. การวัดค่าความหนืด (Viscosity).....	34
2. การวัดค่าความหนาแน่น (Density).....	34
3. การหาคร่าวร้อยละโดยน้ำหนักของน้ำ (% Water).....	34
4. การทดสอบหาค่าของกรดในน้ำมันไบโอดีเซล (Acid value).....	34
4 ผลการวิจัย	
4.1 การสังเคราะห์ไบโอดีเซลในห้องปฏิบัติการ.....	35
4.1.1. การเตรียมสารเร่งปฏิกิริยาที่ใช้ในการสังเคราะห์ไบโอดีเซล.....	35
4.1.2 ศึกษาและเปรียบเทียบผลผลิต (Yield) ของไบโอดีเซลที่สังเคราะห์ได้จาก ปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชันโดยใช้ต่างเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา.....	36

สารบัญ (ต่อ)

บทที่

หน้า

4.1.3 เปรียบเทียบผลผลิตไบโอดีเซลที่ได้จากปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน โดยเปรียบเทียบการใช้ด่าง NaOH และ KOH เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา.....	41
4.1.4 เปรียบเทียบผลผลิตไบโอดีเซลที่ได้จากปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน โดยใช้ด่าง NaOH ชนิด Analytical reagent grade (AR grade) และ ชนิด Commercial grade เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา.....	42
4.1.5 เปรียบเทียบผลผลิตไบโอดีเซลที่ได้จากปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน โดยใช้แอลกอฮอล์เมทานอล ชนิด Analytical reagent grade (AR grade) และชนิด Commercial grade.....	43
4.1.6 เปรียบเทียบผลผลิตไบโอดีเซลที่ได้จากปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน โดยใช้ด่าง NaOH และแอลกอฮอล์เมทานอลชนิด ชนิด Analytical Reagent grade (AR grade) และชนิด Commercial grade.....	44
4.1.7 ผลผลิตไบโอดีเซลที่ได้จากการเปรียบเทียบขั้นตอนของการทำปฏิกิริยา ทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน โดยใช้ด่างเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา.....	46
4.2 การทดสอบคุณสมบัติของไบโอดีเซลที่สังเคราะห์ได้เปรียบเทียบกับ ค่ามาตรฐานของไบโอดีเซล.....	47
4.3 การคำนวณต้นทุนเบื้องต้นในการผลิตไบโอดีเซล.....	52
5 อภิปรายและสรุปผล	
5.1 อภิปรายผลการทดลอง.....	55
5.2 สรุปผลการทดลอง.....	55
5.3 ข้อเสนอแนะ.....	60
บรรณานุกรม.....	61
ภาคผนวก.....	65
ประวัติย่อของผู้วิจัย.....	80

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1.1	
วัตถุดิบต่าง ๆ ที่ใช้ในการสังเคราะห์ไบโอดีเซลด้วยปฏิกิริยา	
ทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชัน โดยใช้ด่างเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาในห้องปฏิบัติการ.....	4
2.1	
สมบัติทางกายภาพและทางเคมีของน้ำมันไบโอดีเซลเปรียบเทียบกับน้ำมันดีเซล.....	7
2.2	
ปริมาณการผลิตพืชน้ำมันของประเทศไทยปี พ.ศ. 2543-2547.....	16
2.3	
ชนิดกรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบในน้ำมันพืชชนิดต่าง ๆ.....	18
2.4	
สูตรโครงสร้าง จุดหลอมเหลว และจุดเดือดของกรดไขมันชนิดต่าง ๆ.....	19
4.1	
ผลการไทเทรตวิเคราะห์หาค่าความเป็นกรดของน้ำมันที่ใช้เป็นวัตถุดิบ.....	35
4.2	
สภาวะต่าง ๆ ที่ใช้ในการทดลองการเปรียบเทียบการสังเคราะห์	
ไบโอดีเซลในห้องปฏิบัติการด้วยปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชัน โดยใช้	
ด่างเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา.....	36
4.3	
ไบโอดีเซลที่สังเคราะห์ได้จากแอลกอฮอล์ชนิดเมทานอล โดยใช้ด่าง	
NaOH และ KOH เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา.....	37
4.4	
ไบโอดีเซลที่สังเคราะห์ได้จากแอลกอฮอล์ชนิดเอทานอล โดยใช้ด่าง	
NaOH และ KOH เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา.....	38
4.5	
สมบัติของไบโอดีเซลที่สังเคราะห์จากปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชัน	
โดยใช้ด่างเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา.....	50
4.6	
ราคาวัตถุดิบและสารเคมีที่ใช้ในการสังเคราะห์ไบโอดีเซล.....	52
4.7	
ราคาต้นทุนวัตถุดิบที่ใช้ในสังเคราะห์ไบโอดีเซล.....	54
5.1	
สมบัติของไบโอดีเซลที่สังเคราะห์จากวัตถุดิบที่ใช้เป็นสารตั้งต้นต่างชนิดกัน	
โดยการเปรียบเทียบกับลักษณะและคุณภาพของไบโอดีเซลประเภทเมทิลเอสเทอร์	
ของกรดไขมัน พ.ศ. 2552 ประกาศกรมธุรกิจพลังงาน	60

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
2.1	ปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชันระหว่างไตรกลีเซอไรด์กับแอลกอฮอล์.....	10
2.2	กลไกการปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชันระหว่างน้ำมันพืชกับแอลกอฮอล์.....	11
2.3	ปฏิกิริยาเอสเทอร์ฟิเคชัน (Esterification).....	12
2.4	วัตถุดิบในการผลิตไบโอดีเซล.....	15
2.5	โครงสร้างโมเลกุลของไตรกลีเซอไรด์.....	17
2.6	ปฏิกิริยาเคมีในการเตรียมสารอัลคอกซี.....	20
4.1	เปรียบเทียบผลผลิตไบโอดีเซลที่สังเคราะห์ได้จากปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชัน โดยใช้ด่างเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา.....	39
4.2	เปรียบเทียบผลผลิตไบโอดีเซลที่สังเคราะห์ได้จากแอลกอฮอล์ชนิด เมทานอล โดยใช้ด่าง NaOH เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา.....	40
4.3	ผลผลิตไบโอดีเซลที่ได้จากปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชัน โดยใช้ด่างเป็น ตัวเร่งปฏิกิริยา.....	41
4.4	เปรียบเทียบการใช้ด่าง NaOH และ KOH เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาในขั้นตอน การสังเคราะห์ไบโอดีเซลด้วยปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชัน.....	42
4.5	เปรียบเทียบการใช้ด่าง NaOH ชนิด AR grade และ Commercial grade ในขั้นตอนการสังเคราะห์ไบโอดีเซลด้วยปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชัน โดยใช้ด่างเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา.....	43
4.6	เปรียบเทียบการใช้แอลกอฮอล์เมทานอลชนิด AR grade และ Commercial grade ในขั้นตอนการสังเคราะห์ไบโอดีเซลด้วยปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชัน โดยใช้ ด่างเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา.....	44
4.7	เปรียบเทียบการใช้ด่าง NaOH และแอลกอฮอล์เมทานอลชนิด AR grade และ Commercial grade ในขั้นตอนการสังเคราะห์ไบโอดีเซลด้วยปฏิกิริยา ทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชัน โดยใช้ด่างเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา.....	46
4.8	เปรียบเทียบขั้นตอนการทำปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชัน โดยใช้ด่าง เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา.....	47

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
4.9 การวัดค่าความหนืดของน้ำมันไบโอดีเซลที่สังเคราะห์ได้ โดยใช้ เครื่องวิสโคมิเตอร์.....	48
4.10 สมบัติของไบโอดีเซลที่สังเคราะห์จากวัตถุดิบที่ใช้เป็นสารตั้งต้น ชนิด AR grade และชนิด Commercial grade.....	51
5.1 เปรียบเทียบผลผลิตไบโอดีเซลที่สังเคราะห์ได้จากปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน โดยใช้ต่างเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาโดยใช้วัตถุดิบชนิดกัน.....	57
5.2 เปรียบเทียบผลผลิตไบโอดีเซลที่สังเคราะห์ได้จากวัตถุดิบชนิด AR grade และ Commercial grade โดยคิดเป็นร้อยละและราคาต้นทุน (บาท/ลิตร) ที่ใช้ในการ สังเคราะห์ไบโอดีเซล.....	59