

ห้องสมุดงานวิจัย สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ



245571

การผลิตไบโอดีเซลจากกระบวนการทรานส์เอสเทอริฟิเคชันโดยใช้สแนมไฟฟ้า

นพพล กิริรัตน์

วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมพลังงาน

บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
กันยายน 2554

๖๐๐๒๕๒๒๐๐

ห้องสมุดงานวิจัย สำนักงานคณะกรรมการการวิจัยแห่งชาติ



245571

การผลิตไบโอดีเซลจากกระบวนการทรานซ์เอสเทอร์ฟิเคชันโดยใช้สนามไฟฟ้า



นพดล ศิริรัตน์

วิทยานิพนธ์นี้เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัยเพื่อเป็นส่วนหนึ่ง
ของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญา
วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมพลังงาน

บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
กันยายน 2554

การผลิตไบโอดีเซลจากกระบวนการทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชันโดยใช้สนามไฟฟ้า

นพดล ศิริรัตน์

วิทยานิพนธ์นี้ได้รับการพิจารณาอนุมัติให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมพลังงาน

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์


.....ประธานกรรมการ

ผศ.ดร.เดช ดำรงค์ศักดิ์


.....กรรมการ

ศ.ดร.ทงเกียรติ เกียรติศิริโรจน์


.....กรรมการ

ดร.อติพงศ์ นันทพันธุ์


.....กรรมการ

ผศ.ดร.เศรษฐ์ สัมภัตตะกุล

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์


.....

ศ.ดร.ทงเกียรติ เกียรติศิริโรจน์

8 กันยายน 2554

© ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเชียงใหม่

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จลงได้ด้วยความกรุณาจาก ศาสตราจารย์ ดร.ทงเกียรติ เกียรติศิริโรจน์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผู้ซึ่งกรุณามอบความรู้ คำปรึกษา ตลอดจนตรวจสอบแก้ไข วิทยานิพนธ์จนเสร็จสมบูรณ์ ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เศษ คำรงค์ดี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เศรษฐ์ สัมภัตตะกุล และ ดร. อติพงษ์ นันทพันธุ์ ที่ให้คำแนะนำ และให้คำปรึกษาถึงแนวทางการศึกษา และแนวทางการแก้ไขปัญหาในการศึกษาวิทยานิพนธ์ครั้งนี้ อีกทั้งที่ให้ความกรุณาเป็นกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

ขอขอบคุณ อ.อนุสาล เพิ่มสุวรรณ อ.นคร ทองเล็ก และคุณ กันยาพร ไชยวงศ์ ที่ให้ข้อเสนอแนะ และแนวทางการทำวิจัยเกี่ยวกับการศึกษาการผลิตไบโอดีเซลด้วยสแนมไฟฟ้า ตลอดจนถึงเทคนิคการวิเคราะห์ผล

ขอขอบคุณ คุณวันรบ กิติน่าน ตลอดถึง เพื่อน พี่ และน้องประจำหน่วยวิจัยระบบทางอุณหภาพ ที่ให้ความช่วยเหลือ อำนวยความสะดวก ในส่วนของการจัดทำอุปกรณ์ และเครื่องมือต่างๆ ที่ใช้ในการทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้

ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา และญาติพี่น้องทุกคน ที่คอยให้กำลังใจและสนับสนุน ผู้เขียนทั้งในด้านการเรียน และการดำเนินชีวิตมาโดยตลอด

ยิ่งไปกว่านั้น ขอขอบพระคุณ สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา (สกอ.) ภายใต้โครงการพัฒนามหาวิทยาลัยวิจัยแห่งชาติ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ที่ได้ให้การสนับสนุนงบประมาณในการดำเนินงานวิจัย อีกทั้งขอขอบพระคุณ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ และ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ รวมถึง ภาควิชาไฟฟ้ากำลัง คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ล้านนา ภาคพายัพ ที่ให้ความสนับสนุนด้านสถานที่ และอำนวยความสะดวกตลอดช่วงเวลาในการดำเนินการวิจัย

ท้ายที่สุดนี้ ผู้เขียนหวังเป็นอย่างยิ่งว่าวิทยานิพนธ์เล่มนี้จะมีประโยชน์สำหรับผู้อ่านไม่มากนักน้อย และหากมีส่วนหนึ่งส่วนใดบกพร่อง หรือผิดพลาดประการใด ผู้เขียนขออภัยเป็นอย่างสูง และขออน้อมรับคำแนะนำอันเป็นประโยชน์เหล่านั้น

ชื่อเรื่องวิทยานิพนธ์	การผลิต ไบโอดีเซลจากกระบวนการทรานส์เอสเทอริฟิเคชันโดยใช้สแนมไฟฟ้า
ผู้เขียน	นายนพดล ศิริรัตน์
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมพลังงาน)
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	ศาสตราจารย์ ดร. ทนงเกียรติ เกียรติศิริโรจน์

บทคัดย่อ

245571

งานวิจัยนี้ เป็นการศึกษาการผลิตน้ำมันไบโอดีเซลจากกระบวนการทรานส์เอสเทอริฟิเคชันจากน้ำมันพืชใช้แล้ว ภายใต้สแนมไฟฟ้า โดยศึกษาผลของ ลักษณะ ขนาด ระยะห่างของ อิเล็กโทรด และปริมาณแรงดันไฟฟ้าที่ป้อนเข้าสู่ขั้วอิเล็กโทรด ที่ส่งผลต่อปริมาณน้ำมันไบโอดีเซลที่ผลิตได้

อิเล็กโทรดที่ใช้จะมีลักษณะเป็นแบบแท่งคู่ และแบบแท่งกับวงแหวน โดยมีระยะห่าง 2.5, 3, และ 3.5 เซนติเมตร ซึ่งพบว่า เปรอร์เซ็นต์ของน้ำมันไบโอดีเซลที่ได้เป็น 89.9%, 76.9% และ 67.5%; 98.7%, 97.5% และ 95.4% ตามลำดับ ที่แรงดันไฟฟ้า 5 กิโลโวลต์ และจากการทดลองการเปลี่ยนปริมาณแรงดันที่ขั้วอิเล็กโทรด เป็น 1, 5, และ 10 กิโลโวลต์ โดยอิเล็กโทรดแบบแท่งคู่ กำหนดระยะห่าง 2.5 เซนติเมตร จะได้เปอร์เซ็นต์น้ำมันไบโอดีเซลที่ 77.2% 89.9% และ 98.6% ตามลำดับ และสำหรับอิเล็กโทรดแบบทรงกระบอกกับวงแหวน กำหนดระยะห่างของอิเล็กโทรด 2.5 เซนติเมตร เปรอร์เซ็นต์ของน้ำมันไบโอดีเซลที่ได้เป็น 87.6% 98.7% และ 99.8% ตามลำดับ สำหรับน้ำมันที่ผลิตได้ พบว่ามีสมบัติใกล้เคียงกับน้ำมันไบโอดีเซลมาตรฐาน

นอกจากนี้ยังได้ศึกษาในด้านจลศาสตร์เคมีที่เกี่ยวข้อง สามารถสร้างสมการอัตราการเกิดปฏิกิริยาของการผลิตไบโอดีเซลโดยใช้สแนมไฟฟ้า ที่มีการใช้อิเล็กโทรดแบบแท่งคู่ และแบบแท่งกับวงแหวน ได้ในรูปแบบความสัมพันธ์ ในรูป $r = 34.81C_{TG} e^{-16.59/RT}$ และ $r = 1.12 \times 10^4 C_{TG} e^{-30.48/RT}$ ตามลำดับ สำหรับระยะห่างของอิเล็กโทรด 2.5 เซนติเมตร และแรงดันไฟฟ้า 10 กิโลโวลต์

คำสำคัญ(Keyword) : น้ำมันไบโอดีเซล/ น้ำมันพืชใช้แล้ว/ กลีเซอริน/ สแนมไฟฟ้า/ อิเล็กโทรด

Thesis Title Biodiesel Production from Transesterification Process Using
Electric Field

Author Mr. Noppadol Sirirat

Degree Master of Engineering (Energy Engineering)

Thesis Advisor Prof. Dr. Tanongkiat Kiatsiriroat

ABSTRACT

245571

In this study, use of electric field to produce biodiesel from used vegetable oil was carried out. The effects on the biodiesel yield such as electrode shapes, sizes, electrode spacings and supplied voltages were studied.

Two electrode shapes, parallel cylinders and coaxial cylinders, were considered. The electrode spacings were taken at 2.5, 3 and 3.5 cm. It could be found that the percentages of biodiesel in the yields were 89.9%, 76.9% and 67.5%; 98.7 %, 97.5% and 95.4% by weight, respectively at 5 kV of power supply. When the supply voltages were controlled at 1, 5, and 10 kV with 2.5 cm electrode spacing, the percentages of biodiesel in the output were 77.2% 89.9% and 98.6%; 87.6%, 98.7% and 99.8% by weight, respectively. The produced biodiesel properties were very close to those of standard biodiesel.

Chemical kinetics of biodiesel production was also studied. The rates of chemical reactions for the parallel electrodes and the coaxial electrodes could be in the forms of $r = 34.81C_{TG}e^{-16.56/RT}$ and $r = 1.12 \times 10^4 C_{TG}e^{-30.48/RT}$, respectively, for the electrode spacing of 2.5 cm and 10 kV supply voltage.

Keyword : Biodiesel/ Used Oil/ Glycerin/ Electric Field/ Electrode

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ค
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
สารบัญ	ฉ
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญภาพ	ฉ
อักษรย่อ และสัญลักษณ์	ฉ
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	3
1.3 ขอบเขตการวิจัย	4
1.4 ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย	4
1.5 สรุปสาระสำคัญจากเอกสารที่เกี่ยวข้อง	4
บทที่ 2 หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	
2.1 น้ำมันดีเซล	8
2.2 น้ำมันไบโอดีเซล	9
2.3 การนำน้ำมันไบโอดีเซลมาใช้งาน	9
2.4 บัจจัยที่มีผลต่อกระบวนการทรานซ์เอสเทอร์ฟิเคชัน	13
2.5 กลีเซอรินที่ได้จากปฏิกิริยาทรานซ์เอสเทอร์ฟิเคชัน	14
2.6 การผลิตน้ำมันไบโอดีเซลด้วยกระบวนการทรานซ์เอสเทอร์ฟิเคชัน	15
2.7 สมบัติไดอิเล็กตริก (Dielectric properties)	16
2.8 ค่าคงที่ไดอิเล็กตริก (Dielectric constant)	16
2.9 สนามไฟฟ้าในวงจรไดอิเล็กตริก	18
2.10 การศึกษาด้านจลนศาสตร์ทางเคมี (Chemical kinetics)	20
2.11 การคำนวณต้นทุนการผลิต	23

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.12 การทดสอบสมบัติน้ำมันไบโอดีเซล	25
บทที่ 3 การดำเนินการทดลอง	
3.1 การเตรียมอุปกรณ์ เครื่องมือ สำหรับการทดสอบ	27
3.2 ชุดทดสอบการผลิตไบโอดีเซลจากกระบวนการทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชัน ด้วยสนามไฟฟ้า	27
3.3 ขั้นตอนการหาปริมาณกรดไขมันอิสระ	28
3.4 ขั้นตอนการทำปฏิกิริยาเอสเทอร์ฟิเคชัน	29
3.5 วิธีการทดสอบ และการผลิตไบโอดีเซลด้วยปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิ เคชัน	30
3.6 การวิเคราะห์สมมูลโมล	31
3.7 การวิเคราะห์ด้วยวิธีแก๊สโครมาโตกราฟี (GC)	32
3.8 การทดสอบสมบัติน้ำมันไบโอดีเซล	33
บทที่ 4 ผลการดำเนินงานวิจัย	
4.1 ผลของสัดส่วนของสารตั้งต้นที่ใช้ในการทำปฏิกิริยา	37
4.2 ผลของลักษณะและระยะห่างของอิเล็กโทรด	39
4.3 ผลของค่าแรงดันไฟฟ้าที่ขั้วอิเล็กโทรด	42
4.4 ผลของการเปลี่ยนปริมาณน้ำมันที่ใช้ในการทำปฏิกิริยา	43
4.5 สมบัติของน้ำมันไบโอดีเซลที่ผลิตได้	43
4.6 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีด้วยวิธีแก๊สโครมาโตกราฟี(GC)	44
4.7 ผลการศึกษาด้านจลนศาสตร์เคมีของอัตราการเกิดปฏิกิริยา Transesterification	47
บทที่ 5 ผลการศึกษาต้นทุนการผลิต	
5.1 การคำนวณค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจากต้นทุนการผลิต	54
บทที่ 6 สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ	
6.1 ผลของสัดส่วนของสารตั้งต้นที่ใช้ในการทำปฏิกิริยา	59
6.2 ผลของลักษณะอิเล็กโทรด	59

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
6.3 ผลการเปรียบเทียบปริมาณน้ำมันไบโอดีเซลในแต่ละระดับ แรงดันไฟฟ้า	59
6.4 ผลของการเปลี่ยนปริมาณน้ำมันที่ใช้ในการทำปฏิกิริยา	60
6.5 สมบัติของน้ำมันไบโอดีเซลที่ผลิตได้	60
6.6 ผลการศึกษาด้านจลนศาสตร์เคมีของอัตราการเกิดปฏิกิริยา Transesterification	60
6.7 ผลการศึกษาต้นทุนการผลิต	61
6.8 ข้อเสนอแนะ	61
บรรณานุกรม	62
ภาคผนวก	64
ภาคผนวก ก ตารางผลการทดลอง	65
ภาคผนวก ข ตัวอย่างการคำนวณ	74
ภาคผนวก ค สมบัติของน้ำมัน	79
ภาคผนวก ง ผลงานตีพิมพ์เผยแพร่	82
ประวัติผู้เขียน	97

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
2.1 มาตรฐานของน้ำมันดีเซลในประเทศไทย	8
2.2 สมบัติของน้ำมันไบโอดีเซลจากน้ำมันชนิดต่างๆ	10
2.3 มาตรฐานของน้ำมันไบโอดีเซล	11
2.4 การเลือกใช้วัตถุดิบในการผลิตไบโอดีเซลของประเทศต่างๆ	12
2.5 สมบัติของน้ำมันไบโอดีเซลจากพืชชนิดต่างๆเทียบกับน้ำมันดีเซล	12
2.6 มาตรฐานที่ใช้ในการทดสอบสมบัติน้ำมันไบโอดีเซล	26
3.1 สารเคมี และอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ	27
3.2 ตัวอย่างผลการวิเคราะห์ และเทียบสาร Internal Standard ด้วยวิธีการ GC ของน้ำมันไบโอดีเซลจากปาล์มดิบ (ที่มา : http://www.tistr.or.th/)	33
4.1 สัดส่วนต่างๆ ของสารตั้งต้นในการผลิตไบโอดีเซลด้วยสนามไฟฟ้าด้วยอิเล็กโทรดเป็นแบบแท่งคู่ ระยะห่างอิเล็กโทรด 2.5 เซนติเมตร แรงดันไฟฟ้า 5 กิโลโวลต์	38
4.2 สัดส่วนต่างๆของสารตั้งต้นในการผลิตไบโอดีเซลด้วยสนามไฟฟ้าด้วยอิเล็กโทรดแบบวงแหวนที่ ระยะห่างอิเล็กโทรด 2.5 เซนติเมตร แรงดันไฟฟ้า 5 กิโลโวลต์	39
4.3 ผลการทดลองการวางระยะห่างของอิเล็กโทรดแบบแท่งคู่แรงดันไฟฟ้า 5 กิโลโวลต์	40
4.4 ผลการทดลองการเปลี่ยนระยะห่างของอิเล็กโทรดแบบแท่งกับวงแหวนแรงดันไฟฟ้า 5 กิโลโวลต์	40
4.5 ผลการเปรียบเทียบปริมาณน้ำมันไบโอดีเซลในแต่ละระดับแรงดันไฟฟ้า	42
4.6 ผลของการเปลี่ยนปริมาณน้ำมันที่ใช้ในการทำปฏิกิริยา อิเล็กโทรดแบบแท่งกับวงแหวน ระยะห่างระหว่างอิเล็กโทรด 2 เซนติเมตร แรงดันไฟฟ้า 5 กิโลโวลต์	43
4.7 สมบัติของน้ำมันไบโอดีเซลที่ผลิตด้วยสนามไฟฟ้าเปรียบเทียบกับวิธีการทั่วไป	44
4.8 ผลการวิเคราะห์ ด้วยวิธีการ GC ของน้ำมันไบโอดีเซลจากการผลิตด้วยขดลวดความร้อน	46

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตาราง	หน้า
4.9 ผลการวิเคราะห์ ด้วยวิธีการ GC ของน้ำมันไบโอดีเซลจากการผลิตภายใต้ สนามไฟฟ้า	46
4.10 ผลการศึกษาค่าจากความสัมพันธ์ทางด้านจลนศาสตร์เคมีของการผลิตไบโอดีเซล	51
5.1 ค่าใช้จ่ายในส่วนต่างๆที่เกิดขึ้นของการผลิตน้ำมันไบโอดีเซลด้วยสนามไฟฟ้า	57

สารบัญภาพ

รูป	หน้า
1.1 ปฏิกริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชัน	1
1.2 ลักษณะก่อนและหลังการแยกชั้นของน้ำมัน	3
2.1 ลำดับชั้นของปฏิกริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชัน	11
2.2 ปฏิกริยาสะปอนิฟิเคชัน (Saponification)	13
2.3 โครงสร้างของกลีเซอริน	14
2.4 การผลิตไบโอดีเซลด้วยกระบวนการทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชันแบบกะ “Batch”	15
2.5 ไดอิเล็กทริกที่อยู่ระหว่างระนาบคู่ของตัวเก็บประจุ	17
2.6 อิเล็กโทรดแบบแบ่งวางขนานกัน	19
2.7 ลักษณะของ อิเล็กโทรดแบบแบ่งกับวงแหวน	20
2.8 Arrhenius plot of $\ln k$ and $1/T$	23
3.1 อุปกรณ์สร้างสนามไฟฟ้า และอุปกรณ์ควบคุมแรงดัน	27
3.2 ลักษณะอิเล็กโทรดแบบแบ่งคู่	28
3.3 ลักษณะอิเล็กโทรดแบบแบ่งกับวงแหวน	28
4.1 ผลการแยกชั้นระหว่างน้ำมัน ไบโอดีเซลกับกลีเซอริน	37
4.2 ลักษณะอิเล็กโทรดที่ใช้ในการทดสอบ	40
4.3 การเปรียบเทียบปริมาณน้ำมัน ไบโอดีเซลที่กำลังไฟฟ้าระดับต่างๆของการใช้ อิเล็กโทรดแบบแบ่งคู่และแบบแบ่งกับวงแหวน	41
4.4 การเปรียบเทียบปริมาณน้ำมัน ไบโอดีเซลในแต่ละระดับแรงดันไฟฟ้า	42
4.5 องค์ประกอบพื้นฐานทางเคมีของน้ำมันที่ผลิตได้ด้วยวิธีการแก๊สโครมาโทกราฟี	45
4.6 อัตราการเกิดปฏิกริยาของกระบวนการผลิตไบโอดีเซลด้วยวิธีการต่างๆ	49
4.7 ความสัมพันธ์ระหว่าง $\ln k$ กับ $1/RT$ ของการผลิตไบโอดีเซลด้วยสนามไฟฟ้าที่ใช้ อิเล็กโทรดแบบแบ่งกับวงแหวนและแบบแบ่งคู่	50
5.1 ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นในการผลิตน้ำมัน ไบโอดีเซล	53
5.2 ค่าใช้จ่ายในส่วนต่างๆที่เกิดขึ้นในการผลิตน้ำมัน ไบโอดีเซล	

อักษรย่อ และสัญลักษณ์

สัญลักษณ์	ความหมาย
wt%	อัตราส่วนร้อยละเชิงมวล
%	อัตราส่วนร้อยละ
°C	องศาเซลเซียส
w/w	สัดส่วนโดยมวล
FFA	กรดไขมันอิสระ
MHz	เมกะเฮิรตซ์
GHz	จิกะเฮิรตซ์
D	เส้นผ่านศูนย์กลาง
A	ความกว้าง
B	ความยาว
TLC	โครมาโตกราฟีแบบผิวบาง
v/v/v	สัดส่วนโดยปริมาตร
GC	ก๊าซโครมาโตกราฟี
pH	ค่าความเป็นกรดต่าง
mol/liter	โมลต่อลิตร
cc.	ลูกบาศก์เซนติเมตร
ml	มิลลิลิตร
mol	โมล
g.	กรัม
%yield	ร้อยละของผลผลิต
mm.	มิลลิเมตร
kJ	กิโลจูล
kJ/g	กิโลจูลต่อกรัม
kJ/kmol.K	กิโลจูลต่อกิโลโมลต่อเคลวิน
BT	น้ำมันพืชใช้แล้ว

BTME	เมทิลเอสเทอร์จากน้ำมันพืชใช้แล้ว
N	นอร์มอล (โมลต่อลิตร)
cal	แคลอรี
cal/g	แคลอรีต่อกรัม
cal/cm	แคลอรีต่อเซนติเมตร
cal/°C	แคลอรีต่อองศาเซลเซียส
cm	เซนติเมตร
W	วัตต์
min	นาที
MJ	เมกะจูล
cSt	เซนติสโตค
SUS	วินาทีเซโบลต์