สารบาญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ค
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ฉ
สารบาญ	ซ
สารบาญตาราง	ฎ
สารบาญภาพ	ฐ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 สรุปสาระสำคัญจากเอกสารที่เกี่ยวข้อง	2
1.2.1 ข้อมูลทั่วไปของพืชน้ำมัน	2
1.2.1.1 กระทงลาย (มะแตก)	2
1.2.1.2 มะเยาเหลี่ยม (มะเยาหิน)	4
1.2.1.3 กระบก	6
1.3 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	8
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	8
1.5 ขอบเขตของโครงการวิจัย	8
บทที่ 2 หลักการและทฤษฎี	9
2.1 ไบโอดีเซล	9
2.2 วัตถุดิบที่ใช้เตรียมไบโอดีเซล	11
2.3 สมบัติทางกายภาพของน้ำมันเชื้อเพลิง	14
2.3.1 เมทิลเอสเตอร์ (Methyl ester)	14
2.3.2 ความหนาแน่น (Density)	14
2.3.3 ความหนืดจลน์ (Kinematic viscosity)	15
2.3.4 จุดวาบไฟ (Flash point)	15

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สารบาญ (ต่อ)

	หน้า
2.3.5 กำมะถัน (Sulfur)	15
2.3.6 กากถ่าน (Carbon residue)	16
2.3.7 จำนวนซีเทน (Cetane number)	16
2.3.8 เถ้าซัลเฟต (Sulfate ash)	16
2.3.9 น้ำ (Water)	17
2.3.10 สิ่งปนเปื้อนทั้งหมด (Total contaminate)	17
2.3.11 การกัดกร่อนแผ่นทองแดง (Copper strip corrosion)	17
2.3.12 เสถียรภาพต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Oxidation stability)	17
2.3.13 ค่าความเป็นกรด (Acid value)	18
2.3.14 ค่าไอโอดีน (Iodine value)	18
2.3.15 กรดลิโนลินิกเอสเทอร์ (Linolenic acid methyl ester contents)	18
2.3.16 เมทานอล (Methanol content)	18
2.3.17 โมโนกลีเซอไรด์ (Monoglyceride)	18
2.3.18 ไดกลีเซอไรด์ (Diglyceride)	18
2.3.19 ไตรกลีเซอไรด์ (Triglyceride)	19
2.3.20 กลีเซอรีนอิสระ (Free glycerin)	19
2.3.21 กลีเซอรีนทั้งหมด (Total glycerin)	19
2.3.22 โลหะกลุ่ม 1 (โซเดียมและโปแตสเซียม)	19
2.3.23 ฟอสฟอรัส (Phosphorus)	20
2.3.24 สารเติมแต่ง (Additive)	20
บทที่ 3 อุปกรณ์การทดลองและวิธีการทดลอง	21
3.1 วัตถุดิบ	21
3.2 อุปกรณ์	23
3.2.1 อุปกรณ์ที่ใช้ทดสอบหาคุณสมบัติน้ำมันเมล็ดพืชทั้ง 3 ชนิด	23
3.2.1.1 เครื่องวิเคราะห์ความหนืด (Viscometer)	23
3.2.1.2 เครื่องวิเคราะห์ค่าความร้อน (Bomb Calorimeter)	23

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สารบาญ (ต่อ)

	หน้า
3.2.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ปริมาณกรดไขมันอิสระ	24
3.2.3 อุปกรณ์ที่ใช้ผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันเมล็ดพืชทั้ง 3 ชนิด	24
3.2.4 อุปกรณ์ที่ใช้วิเคราะห์คุณสมบัติไบโอดีเซล	25
3.3 สารเคมี	25
3.4 วิธีการทดลอง	25
3.4.1 การหาปริมาณกรดไขมันอิสระในน้ำมัน (%FFA)	25
3.4.2 การวัดความหนืด	26
3.4.3 การหาค่าความร้อน	26
3.4.4 การหาจุดวาบไฟ	28
3.4.5 การผลิตไบโอดีเซล	28
3.4.5.1 การหาปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยาโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ที่ใช้ในกระบวนการผลิตไบโอดีเซล โดยปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชั่นโดยใช้เบสเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา	28
3.4.5.2 การผลิตไบโอดีเซลด้วยปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริ-ฟิเคชั่นโดยใช้เบส (NaOH) เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา	29
3.4.5.3 การผลิตไบโอดีเซลด้วยปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเคชั่น-ปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชั่นโดยใช้เบส (NaOH) เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา	29
3.4.5.4 ขั้นตอนการล้างไบโอดีเซล	30
3.4.6 การทดสอบไบโอดีเซลกับเครื่องยนต์ดีเซลขนาดเล็ก	30
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง	33
4.1 ส่วนห้องปฏิบัติการ	33
4.1.1 ผลการศึกษาสมบัติของน้ำมันเมล็ดพืชน้ำมัน 3 ชนิดคือ กระบก มะแตก และมะเยาหิน	33
4.1.2 ปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยาโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ที่ใช้ในกระบวนการผลิต ไบโอดีเซล โดยปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริ-ฟิเคชั่นโดยใช้เบสเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา	35

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สารบาญ (ต่อ)

	หน้า
4.1.3 การผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันมะแตก น้ำมันมะเยาหิน น้ำมันกระบก	36
4.1.3.1 น้ำมันมะแตก	36
4.1.3.2 น้ำมันมะเยาหิน	38
4.1.3.3 น้ำมันกระบก	41
4.1.4 การศึกษาสมบัติของไบโอดีเซลที่ผลิตได้	44
4.2 ส่วนการทดสอบกับเครื่องยนต์ดีเซลขนาดเล็ก	45
บทที่ 5 สรุปผลงานวิจัยและข้อเสนอแนะ	51
5.1 การศึกษาสมบัติของน้ำมันเมล็ดพืชน้ำมัน และการผลิตไบโอดีเซลจากเมล็ดพืชน้ำมันทั้ง 3 ชนิดคือ น้ำมันเมล็ดกระบก น้ำมันเมล็ดมะแตก และน้ำมันเมล็ดมะเยาหิน	51
5.2 เปรียบเทียบสมรรถนะเครื่องยนต์ดีเซลขนาดเล็กโดยใช้เชื้อเพลิงปกติและไบโอดีเซลที่ผลิตได้จากเมล็ดพืชที่ปลูกบนพื้นที่สูง	52
5.3 ข้อเสนอแนะ	52
บรรณานุกรม	53
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก ปฏิกิริยาที่ใช้ในการผลิตไบโอดีเซล	56
ภาคผนวก ข คุณสมบัติของไบโอดีเซลและมาตรฐานไบโอดีเซล	66
ภาคผนวก ค ข้อมูลผลการทดลอง	73
ภาคผนวก ง บทความเผยแพร่ผลงานทางวิชาการ	78
ประวัติผู้เขียน	86

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สารบาญตาราง

ตาราง	หน้า
2.1 แสดงสมบัติของน้ำมันไบโอดีเซลตามมาตรฐาน (ASTM D6751, 2003)	10
2.2 แสดงองค์ประกอบของกรดไขมันในน้ำมันชนิดต่างๆ (Patzer and Norris, 2002)	12
2.3 แสดงโครงสร้างของกรดไขมันชนิดต่างๆ (อนุรักษ์ ปีติรักษ์สกุล, 2548)	13
2.4 แสดงสมบัติของกรดไขมันชนิดต่างๆ (อนุรักษ์ ปีติรักษ์สกุล, 2548)	13
3.1 เครื่องยนต์ HONMAR DH600S เครื่องยนต์ดีเซลเพลาทด 3.5 กิโลวัตต์	31
4.1 สมบัติทางกายภาพของน้ำมันเมล็ดพืชน้ำมัน 3 ชนิด เปรียบเทียบกับน้ำมันดีเซล	34
4.2 ปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยาโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ที่ใช้ในการผลิตไบโอดีเซล	35
4.3 การทดลองผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันมะแตกด้วยกระบวนการเอสเทอริฟิเคชั่น - ทรานส์เอสเทอริฟิเคชั่นโดยใช้ (NaOH) เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา	36
4.4 สมบัติทางกายภาพของไบโอดีเซลที่ผลิตได้เปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานของไบโอดีเซลสำหรับเครื่องยนต์การเกษตร (ไบโอดีเซลชุมชน) พ.ศ. 2549	44

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สารบาญภาพ

ภาพ	หน้า
1.1 ลำต้นกระทงลาย (มะแตก)	3
1.2 ดอกกระทงลาย (มะแตก)	3
1.3 เมล็ดกระทงลาย (มะแตก)	4
1.4 ลำต้นมะเยาหิน	5
1.5 ผลมะเยาหิน (ผลดิบ)	5
1.6 เมล็ดมะเยาหินแห้งก่อนกะเทาะ	6
1.7 ลำต้นและผลกระบก	7
1.8 เมล็ดกระบก	7
2.1 ปฏิกิริยาการเกิดไบโอดีเซล (อนุรักษ์ ปีติรักษ์สกุล, 2548)	11
2.2 แสดงปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสของไตรกลีเซอไรด์เป็นกรดไขมันอิสระ (อนุรักษ์ ปีติรักษ์สกุล, 2548)	14
3.1 น้ำมันจากเมล็ดกระทงลาย (มะแตก)	21
3.2 น้ำมันจากเมล็ดมะเยาหิน	22
3.3 น้ำมันจากเมล็ดกระบก	22
3.4 เครื่องวิเคราะห์ความหนืด (Viscometer)	23
3.5 เครื่องวิเคราะห์ค่าความร้อน (Bomb Calorimeter)	24
3.6 เครื่องยนต์ HONMAR DH600S เครื่องยนต์ดีเซลเพลาทด 4.7 HP	31
3.7 เครื่องยนต์ HONMAR DH600S พร้อมติดตั้งกับไดนาโมมิเตอร์	32
4.1 น้ำมันกระบก น้ำมันมะเยาหิน และน้ำมันมะแตกที่ใช้ในการศึกษาสมบัติ	33
4.2 การหาปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยาโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ไตรเตรตจนกว่าตัวอย่างเปลี่ยนเป็นสีชมพู นาน 30 วินาที	35
4.3 น้ำมันมะแตกทำปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเคชั่น -ทรานส์เอสเทอริฟิเคชั่นโดยใช้ (NaOH) เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา เกิดเป็นเจลข้นหนืด	37

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สารบาญภาพ (ต่อ)

ภาพ	หน้า
4.4 ขั้นตอนการผลิตไบโอดีเซลมะเยาหิน	38
4.5 น้ำมันมะเยาหินหลังจากทำปฏิกิริยา	39
(ก) น้ำมันมะเยาหินหลังจากทำปฏิกิริยา (ก่อนแยกชั้น)	
(ข) น้ำมันมะเยาหินหลังจากทำปฏิกิริยา (แยกชั้น)	
4.6 การล้างไบโอดีเซล	40
(ก) การล้างไบโอดีเซล (ขั้นตอนแรก)	
(ข) การล้างไบโอดีเซล (ล้างจนกว่าน้ำข้างล่างใส)	
4.7 ไบโอดีเซลมะเยาหิน	40
4.8 ขั้นตอนการผลิตไบโอดีเซลกระบก	41
4.9 น้ำมันกระบกด้วยกระบวนการปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชั่นโดยใช้เบส (NaOH) เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา เกิดสบู่	42
4.10 น้ำมันกระบกด้วยกระบวนการปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเคชั่น -ทรานส์เอสเทอริฟิเคชั่น โดยใช้ (NaOH) เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ได้ไบโอดีเซลกระบก	43
4.11 กลีเซอรอลจากน้ำมันเมล็ดกระบก หลังจากการทำปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเคชั่น-ทรานส์เอสเทอริฟิเคชั่น โดยใช้ (NaOH) เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา	43
4.12 ไบโอดีเซลที่ผลิตได้จากนำมันกระบก	44
4.13 ไบโอดีเซลที่ผลิตได้จากน้ำมันกระบกและน้ำมันมะเยาหินเปรียบเทียบกับน้ำมันดีเซล	45
4.14 การเปรียบเทียบแรงบิดของเครื่องยนต์โดยใช้น้ำมันดีเซล ไบโอดีเซลจากมะเยาหิน และไบโอดีเซลจากกระบกเป็นเชื้อเพลิงทดสอบ	46
4.15 การเปรียบเทียบกำลังของเครื่องยนต์โดยใช้น้ำมันดีเซล ไบโอดีเซลจากมะเยาหิน และไบโอดีเซลจากกระบกเป็นเชื้อเพลิงทดสอบ	47
4.16 การเปรียบเทียบอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะของเครื่องยนต์โดยใช้น้ำมันดีเซล ไบโอดีเซลจากมะเยาหิน และไบโอดีเซลจากกระบกเป็นเชื้อเพลิงทดสอบ	48

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved