สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ค
กิตติกรรมประกาศ ง
สารบัญ จ
รายการตาราง ฎ
รายการรูปประกอบ ฏ
ประมวลศัพท์และคำย่อ ฑ

บทที่

1. บทนำ **1**
1.1 ที่มาและความสำคัญของงานวิจัย 1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย 3
1.3 ขอบเขตงานวิจัย 4
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 4

2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง **5**
2.1 ไบโอดีเซล 5
2.2 ปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน 5
2.2.1 ขั้นตอนย่อยการเกิดปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน 6
2.3 เทคโนโลยีและกระบวนการผลิตไบโอดีเซล 7
2.3.1 ปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชันแบบใช้ด่าง 7
2.3.2 ปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเคชันแบบใช้กรด 9
2.3.3 ปฏิกิริยาแบบใช้เอนไซม์ 9
2.3.4 ปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชันแบบไม่ใช้ตัวเร่ง 10
2.4 ปัจจัยที่มีผลต่อกระบวนการทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน 10
2.4.1 อัตราส่วนระหว่างเมทานอลต่อน้ำมัน 10
2.4.2 อุณหภูมิ 11

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.4.3	เวลา	12
2.4.4	ความเข้มข้นของตัวเร่งปฏิกิริยา	13
2.5	ตัวทำละลาย	14
2.5.1	ปัจจัยที่มีผลต่อการละลายของสารในตัวทำละลาย	14
2.6	สภาพการละลายแบบมีขั้วและไม่มีขั้ว	14
2.7	การนำตัวทำละลายมาใช้ในปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน	17
2.8	การทดสอบมาตรฐานคุณภาพน้ำมันไบโอดีเซล	20
2.8.1	เมทิลเอสเทอร์ (Methyl Ester)	20
2.8.2	ความหนาแน่น (Density)	21
2.8.3	ความหนืด (Viscosity)	21
2.8.4	จุดวาบไฟ (Flash Point)	21
2.8.5	กำมะถัน (Sulfur)	22
2.8.6	กากถ่าน (Carbon Residue)	22
2.8.7	จำนวนซีเทน (Cetane Number)	22
2.8.8	เถ้าซัลเฟต (Sulfate Ash)	23
2.8.9	น้ำ (Water)	23
2.8.10	สิ่งปนเปื้อนทั้งหมด (Total Contaminate)	24
2.8.11	การกัดกร่อนแผ่นทองแดง (Copper Strip Corrosion)	24
2.8.12	เสถียรภาพต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่น (Oxidation Stability)	25
2.8.13	ค่าความเป็นกรด (Acid Value)	25
2.8.14	ค่าไอโอดีน (Iodine Value)	26
2.8.15	กรดลิโนลินิกเอสเตอร์ (Linolenic Acid Methyl Ester Content)	26
2.8.16	เมทานอล (Methanol Content)	26
2.8.17	โมโนกลีเซอไรด์ (Monoglyceride)	26
2.8.18	ไดกลีเซอไรด์ (Diglyceride)	27
2.8.19	ไตรกลีเซอไรด์ (Triglyceride)	27
2.8.20	กลีเซอรีนอิสระ (Free Glycerin)	27
2.8.21	กลีเซอรีนทั้งหมด (Total Glycerin)	27

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.8.22	โลหะกลุ่ม 1 (Sodium and Potassium Content)	28
2.8.23	ฟอสฟอรัส (Phosphorus)	28
2.8.24	สารเติมแต่ง (Additive)	28
2.8.25	จุดขุ่นมัว (Cloud Point)	29
2.9	มาตรฐานคุณภาพไบโอดีเซลในประเทศไทย	30
2.9.1	รายละเอียดแนบท้ายประกาศกรมธุรกิจพลังงานเรื่อง กำหนดลักษณะและคุณภาพของไบโอดีเซลประเภทเมทิลเอสเตอร์ของกรดไขมัน พ.ศ. 2550	30
2.9.2	รายละเอียดแนบท้ายประกาศกรมธุรกิจพลังงานเรื่อง กำหนดลักษณะและคุณภาพของไบโอดีเซลสำหรับเครื่องยนต์การเกษตร (ไบโอดีเซลชุมชน) พ.ศ. 2549	32
2.10	เงาะ	33
2.11	แคลเซียมออกไซด์	34
2.12	เปลือกไข่	36
2.12.1	ส่วนประกอบของเปลือกไข่	36
3. วิธีการดำเนินการวิจัย		**39**
3.1	ขั้นตอนการวิจัย	39
3.2	วัสดุอุปกรณ์	40
3.3	สารเคมี	40
3.4	เครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์	41
3.5	วัตถุดิบ	41
3.5.1	การสกัดน้ำมันจากเมล็ดเงาะ	42
3.5.2	วิธีการสกัดน้ำมันจากเมล็ดเงาะ	42
3.6	การวิเคราะห์กรดไขมันอิสระน้ำมันจากเมล็ดเงาะมาตรฐาน ASTM D5555-95	43
3.6.1	ขั้นตอนการวิเคราะห์ค่ากรดไขมันอิสระในน้ำมันจากเมล็ดเงาะ	44
3.7	การผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันเมล็ดเงาะด้วยปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเคชัน	45
3.7.1	การเร่งปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเคชันน้ำมันจากเมล็ดเงาะมีขั้นตอนดังต่อไปนี้	45
3.8	การผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันเมล็ดเงาะด้วยปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชันแบบสองขั้นตอน	46

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.8.1 การเร่งปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชันแบบสองขั้นตอนแบบไม่ใช้ตัวทำละลายมีขั้นตอนดังต่อไปนี้ 46

3.8.2 การเร่งปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชันแบบสองขั้นตอนแบบใช้ตัวทำละลายมีขั้นตอนดังต่อไปนี้ 47

3.9 ศึกษาสมบัติทางเคมีและกายภาพน้ำมันไบโอดีเซลจากเมล็ดเงาะ 48

3.10 การวิเคราะห์ค่าความหนาแน่นของน้ำมันไบโอดีเซลจากเมล็ดเงาะ 48

3.11 การวิเคราะห์ค่าความหนืดของน้ำมันไบโอดีเซลจากเมล็ดเงาะ 49

3.12 การวิเคราะห์ร้อยละผลผลิตของเมทิลเอสเทอร์ 51

3.13 การวิเคราะห์หาค่าความร้อนของน้ำมันไบโอดีเซลจากน้ำมันเมล็ดเงาะ 52

3.14 การคำนวณสัดส่วนร้อยละองค์ประกอบของกรดไขมันเมทิลเอสเทอร์ 52

4. ผลการทดลองและวิจารณ์ผล 55

4.1 ศึกษาสมบัติทางกายภาพของเมล็ดเงาะ 55

4.2 การสกัดน้ำมันจากเมล็ดเงาะ 55

4.3 ศึกษาสมบัติทางเคมีและกายภาพของน้ำมันจากเมล็ดเงาะ 55

4.3.1 การวิเคราะห์องค์ประกอบของกรดไขมันในน้ำมันจากน้ำมันเมล็ดเงาะ 57

4.3.2 การคำนวณค่าสปอนิฟิเคชั่น (Sponification Number) 58

4.3.3 คำนวณน้ำหนักโมเลกุลของน้ำมันเมล็ดเงาะ 59

4.3.4 การหาค่าไอโอดีนของน้ำมันเมล็ดเงาะ (Iodine Value, IV) 59

4.3.5 การหาค่าดัชนีซีเทน 59

4.3.6 การหาค่าความร้อนจากการเผาไหม้ของน้ำมันเมล็ดเงาะ 59

4.4 การผลิตไบโอดีเซลจากเมล็ดเงาะ 60

4.4.1 อิทธิพลของสัดส่วนโมลของเมทานอลในปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเคชั่น 60

4.4.2 อิทธิพลของเวลาในการทำปฏิกิริยาในปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเคชั่น 61

4.4.3 อิทธิพลของสัดส่วนโมลของเมทานอลในปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชั่น 62

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.4.4	อิทธิพลของสัดส่วนโมลของเมทานอลในปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชั่นร่วมกับตัวทำละลายร่วม	63
4.4.5	อิทธิพลของชนิดตัวทำละลายร่วมในการทำปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชั่น	64
4.4.6	อิทธิพลของการใช้แคลเซียมออกไซด์เปลือกไข่เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา	65
4.5	สมบัติทางเชื้อเพลิงไบโอดีเซลจากน้ำมันเมล็ดเงาะ	66
4.5.1	การวิเคราะห์ค่าความหนาแน่นของน้ำมันไบโอดีเซลจากเมล็ดเงาะ	67
4.5.2	การวิเคราะห์ค่าความหนืดของน้ำมันไบโอดีเซลจากเมล็ดเงาะ	68
4.5.3	การวิเคราะห์หาค่าความร้อนของน้ำมันไบโอดีเซลจากเมล็ดเงาะ	69
4.5.4	การวิเคราะห์ความบริสุทธิ์ของไบโอดีเซล	70
4.6	การวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์	72
4.6.1	การคำนวณต้นทุนในการผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันเมล็ดเงาะ (เฉพาะวัตุดิบ)	72
5. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ		**74**
5.1	สรุปผลการทดลอง	74
5.1.1	สมบัติทางเคมีและกายภาพของน้ำมันจากน้ำมันเมล็ดเงาะ	74
5.1.2	ปริมาณกรดไขมันอิสระที่เกิดขึ้น	74
5.1.3	การผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันเมล็ดเงาะโดยใช้ปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเคชัน	74
5.1.4	การผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันเมล็ดเงาะด้วยปฏิกิริยาแบบสองขั้นตอนโดยไม่ใช้ตัวทำละลายร่วม	75
5.1.5	การผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันเมล็ดเงาะด้วยปฏิกิริยาแบบสองขั้นตอนโดยใช้ตัวทำละลายร่วม	75
5.1.6	การใช้แคลเซียมออกไซด์จากเปลือกไข่เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา	75
5.1.7	การวิเคราะห์สมบัติเชื้อเพลิงไบโอดีเซลจากน้ำมันเมล็ดเงาะ	75
5.1.7	ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์	76
5.2	ข้อเสนอแนะ	77

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
เอกสารอ้างอิง	**78**
ภาคผนวก	**84**
ผลงานที่ตีพิมพ์เผยแพร่	**85**
ประวัติผู้วิจัย	**89**