ส า ร บั ญ

		หน้า
สารบัญ		(8)
รายการตาราง		(9)
รายการภาพประกอบ		(11)
บทที่		
1.	บทนำ	1
	บทนำต้นเรื่อง	1
	ตรวจเอกสาร	14
	วัตถุประสงค์	40
	ขอบเขตการวิจัย	41
	ประโยชน์ที่ได้รับจากงานวิจัย	41
2.	วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการ	42
	วัสดุ	42
	อุปกรณ์	45
	วิธีการศึกษา	47
3.	ผลการทดลองและวิจารณ์	55
4.	สรุป	86
เอกสารอ้างอิง		88
ภาคผนวก		91
ก. ตัวอย่างการคำนวณ		92
ข. วิธีการวิเคราะห์ Gas Chromatography และ Thin Layer Chromatography		97
ค. วิธีวิเคราะห์คุณสมบัติด้านเชื้อเพลิงของน้ำมัน		100
ง. ผล TLC แสดงองค์ประกอบใน เมทิลเอสเตอร์ที่ผลิตได้จากกระบวนการ		110
จ. แสดงลักษณะทางกายภาพของเมทิลเอสเตอร์ที่ผลิตได้จากกระบวนการ		115
ประวัติผู้เขียน		118

รายการตาราง

ตารางที่		หน้า
1	คุณสมบัติของ Fatty acids alkyl ester ที่ได้จากน้ำมันพืชต่างชนิดกันเปรียบเทียบกับน้ำมันดีเซล	7
2	คุณสมบัติของเอสเตอร์ที่ได้จากกรดไขมันอิ่มตัวและไม่อิ่มตัว	8
3	น้ำมันพืชที่ใช้ผลิตไบโอดีเซลในต่างประเทศ	9
4	การผลิตไบโอดีเซลในยุโรปในปี 2543	9
5	ปริมาณผลผลิต นำเข้า ส่งออก และการใช้ในประเทศของกลุ่มพืชน้ำมันที่สำคัญของไทย ปี พ.ศ. 2546	11
6	ราคาน้ำมันพืช ขายส่งที่ตลาดกรุงเทพ (บาท/ลิตร)	12
7	การคาดคะเนน้ำมันพืชเพื่อผลิตไบโอดีเซล ปี พ.ศ. 2548	13
8	คุณสมบัติทางเคมี และฟิสิกส์ของน้ำมันปาล์ม	15
9	คุณลักษณะของน้ำทิ้งจากขั้นตอนต่างๆ ในการสกัดน้ำมันปาล์ม และน้ำทิ้งรวมของโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม	19
10	คุณลักษณะน้ำทิ้งโดยเฉลี่ยจากโรงงานน้ำมันปาล์ม 4 โรงงาน	20
11	บทบาทของกรดไขมันจากพืชในอุตสาหกรรม	22
12	รายละเอียดข้อกำหนดทางคุณภาพไบโอดีเซลตามมาตรฐาน DIN V51606	35
13	รายละเอียดข้อกำหนดทางคุณภาพไบโอดีเซลตามมาตรฐาน ASTM D6751	36
14	ข้อกำหนดลักษณะ และคุณภาพของไบโอดีเซลประเภทเมทิลเอสเตอร์ของกรดไขมัน พ.ศ. 2548	37
15	แสดงผลการวิเคราะห์ TLC องค์ประกอบของ ไขน้ำมันเสียก่อนกลั่น	43
16	แสดงผลการวิเคราะห์ TLC องค์ประกอบของ ไขน้ำมันเสียกลั่นแล้ว	44
17	การเตรียมสัดส่วนโดยโมลของไขน้ำมันเสียก่อนกลั่น:เมทานอล และปริมาณกรดซัลฟิวริก	52
18	วิธีวิเคราะห์สมบัติทางเชื้อเพลิงของเมทิลเอสเตอร์	54
19	แสดงอุณหภูมิจุดกลั่นตามมาตรฐาน ASTM D 86 ทุกๆ 10% หยดกลั่น	68
20	แสดงองค์ประกอบของแต่ละเปอร์เซนต์ปริมาตรจุดกลั่น	69
21	แสดงองค์ประกอบน้ำมันกลั่นได้ทั้งส่วนใส และไขสีขาว	70

รายการตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
22	การเปรียบเทียบกระบวนการผลิตเมทิลเอสเตอร์เมื่อใช้ไขน้ำมันเสียก่อนกลั่นเป็นสารตั้งต้น กับใช้ไขน้ำมันเสียกลั่นแล้วเป็นสารตั้งต้นที่สภาวะการทดลองที่ดีที่สุด เมื่อใช้สัดส่วนเชิงโมลของไขน้ำมันเสียต่อเมทานอล 1:8 และปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยากรด 1% v/w of reactant	79
23	แสดงผลการวิเคราะห์สมบัติทางเชื้อเพลิงของเมทิลเอสเตอร์ที่ผลิตได้ กับมาตรฐานเมทิลเอสเตอร์	84
24	ผลการทำStardardization of 0.2 M NaOH	93
25	ผลการวิเคราะห์หาค่าเปอร์เซนต์ FFA as Palmitic	95
26	ค่าคงที่การคำนวณความหนืด	104
27	คุณสมบัติของ$\Upsilon\oplus\neg\backslash\Im$สารตัวอย่าง	106
28	ข้อมูลการควบคุมการทดสอบ	107

รายการภาพประกอบ

ภาพประกอบที่		หน้า
1	แผนภูมิแสดงการผลิตน้ำมันปาล์มดิบผสมแบบไม่ใช้น้ำ	15
2	แผนภูมิการผลิตน้ำมันปาล์มดิบแบบใช้น้ำที่มีการใช้เครื่องสกัดแยกน้ำมันแบบดีเคนเตอร์	16
3	แผนภูมิการผลิตน้ำมันปาล์มดิบแบบใช้น้ำที่ใช้เครื่องสกัดน้ำมันแบบเซพาเรเตอร์	17
4	ปฏิกิริยาเอสเตอริฟิเคชัน	23
5	ปฏิกิริยาทรานส์เอสเตอริฟิเคชัน	24
6	กระบวนการผลิตเมทิลเอสเตอร์ด้วยปฏิกิริยาทรานส์เอสเตอริฟิเคชัน	29
7	Manufacture of fatty acid methyl esters by esterification	32
8	ลักษณะทางกายภาพของ ไขน้ำมันเสียกลั่นแล้ว กับไขน้ำมันเสียก่อนกลั่น	42
9	ตัวอย่างผลการวิเคราะห์ TLC (Thin Layer Chromatograph) ของไขน้ำมันเสียก่อนกลั่น	43
10	ตัวอย่างผลการวิเคราะห์ TLC (Thin Layer Chromatograph) ของไขน้ำมันเสียกลั่นแล้ว	44
11	ชุดสาธิตการผลิตเมทิลเอสเตอร์แบบต่อเนื่อง (Continuous process)	46
12	ชุดกลั่นไขน้ำมันเสีย	47
13	ชุดการทดลองแบบมีรีฟลักซ์ ในการทำปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสน้ำมัน	49
14	ชุดทำการทดลองปฏิกิริยาเอสเตอริฟิเคชัน	50
15	ลักษณะทางกายภาพของน้ำมันปาล์มดิบ	55
16	ผลการวิเคราะห์ TLC องค์ประกอบน้ำมันปาล์มดิบ	56
17	ผลของเวลากับเปอร์เซนต์กรดไขมันอิสระของผลิตภัณฑ์หลังจากทำปฏิกิริยาที่อุณหภูมิต่างๆ ใช้สัดส่วนโดยน้ำหนักของน้ำมันปาล์มดิบต่อน้ำกลั่น (2:1) และ H_2SO_4 1% v/w of reactant	57
18	ปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส	57
19	ผลของปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยา ที่อุณหภูมิ 160 องศาเซลเซียส ใช้สัดส่วนโดยน้ำหนักของน้ำมันปาล์มดิบต่อน้ำกลั่น (2:1)	58

รายการภาพประกอบ (ต่อ)

ภาพประกอบที่		หน้า
20	ลักษณะทางกายภาพของไขน้ำมันปาล์มเสียในบ่อน้ำทิ้ง	59
21	ผลของปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยาที่มีต่อการเกิดเมทิลเอสเตอร์ เมื่อใช้สัดส่วนเชิงมวลไขน้ำมันเสียก่อนกลั่นต่อเมทานอล เท่ากับ 40:60 (g/g) ที่อุณหภูมิ 98 องศาเซลเซียส ทำปฏิกิริยา 3 ชั่วโมง	60
22	ลักษณะทางกายภาพของเมทิลเอสเตอร์ที่ได้ ที่ 0.1% H_2SO_4	61
23	ผลของสัดส่วนเชิงโมลของไขน้ำมันเสียต่อเมทานอล ที่มีผลต่อการเกิดเมทิลเอสเตอร์ เมื่อใช้กรด 20% v/w of reactant	62
24	ลักษณะการแยกชั้นของผลิตภัณฑ์ ที่ได้จากการทดลอง ที่สัดส่วนเชิงโมลไขน้ำมันเสียต่อเมทานอล 1:1	63
25	ผลของอุณหภูมิที่มีต่อการเกิดเมทิลเอสเตอร์ เมื่อใช้สัดส่วนเชิงโมลไขน้ำมันเสียต่อเมทานอล 1:8 และปริมาณกรด 1% v/w of reactant	64
26	ผลของเวลาที่มีผลต่อการเกิดเมทิลเอสเตอร์ เมื่อใช้สัดส่วนเชิงโมลไขน้ำมันเสียต่อเมทานอล 1:8 และปริมาณกรด 1% v/w of reactant ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส	66
27	ผลของเวลาที่มีผลต่อการเกิดเมทิลเอสเตอร์ เมื่อใช้สัดส่วนเชิงโมลไขน้ำมันเสียต่อเมทานอล 1:8 ปริมาณกรด 1% v/w of reactant ที่อุณหภูมิ 60, 70 และ80 องศาเซลเซียส	66
28	ลักษณะทางกายภาพทุกๆ 10% ของไขน้ำมันเสียกลั่นได้ เมื่อเก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง	67
29	อุณหภูมิจุดกลั่นไขน้ำมันเสีย จากการกลั่น D 86	68
30	ผลการวิเคราะห์ TLC (Thin Layer Chromatography) ไขน้ำมันเสียก่อนกลั่น	71
31	ผลการวิเคราะห์ TLC (Thin Layer Chromatography) ไขน้ำมันกลั่นแล้ว	71
32	ผลของเวลาที่มีต่อการเกิดเมทิลเอสเตอร์ สัดส่วนเชิงโมลของไขน้ำมันเสียกลั่นแล้วต่อเมทานอล 1:8 ปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยากรดซัลฟิวริก 1% v/w of reactant ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส	73

รายการภาพประกอบ (ต่อ)

ภาพประกอบที่		หน้า
33	ผลของเวลา และอุณหภูมิ ที่มีต่อการเกิดเมทิลเอสเตอร์ สัดส่วนเชิงโมลของไขน้ำมันเสียกลั่นแล้วต่อเมทานอล 1:8 ปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยากรดซัลฟิวริก 1% v/w of reactant	74
34	เปรียบเทียบผลของเวลา ที่มีต่อการเกิดเมทิลเอสเตอร์ เมื่อใช้ไขน้ำมันเสียไม่กลั่น เทียบกับไขน้ำมันเสียกลั่นแล้ว ที่สัดส่วนเชิงโมลไขน้ำมันเสียต่อเมทานอล 1:8 และปริมาณกรด 1% v/w of reactant	75
35	เปรียบเทียบผลของอุณหภูมิ ที่มีต่อการเกิดเมทิลเอสเตอร์ เมื่อใช้ไขน้ำมันเสียไม่กลั่น เทียบกับไขน้ำมันเสียกลั่นแล้ว ที่สัดส่วนเชิงโมลไขน้ำมันเสียต่อเมทานอล 1:8 และปริมาณกรด 1% v/w of reactant	76
36	ลักษณะน้ำล้างของเมทิลเอสเตอร์ เมื่อใช้ไขน้ำมันเสียไม่กลั่นเป็นสารตั้งต้น เทียบกับ ใช้ไขน้ำมันเสียกลั่นแล้วเป็นสารตั้งต้น	77
37	ลักษณะทางกายภาพของเมทิลเอสเตอร์ ที่ได้จากการใช้ไขน้ำมันเสียไม่กลั่น และไขน้ำมันเสียกลั่นแล้วเป็นสารตั้งต้น	78
38	ตะกอนก้นขวด เมื่อตั้งเมทิลเอสเตอร์ที่ได้จากการทำปฏิกิริยา เมื่อใช้ไขน้ำมันเสียไม่กลั่นเป็นสารตั้งต้น ตั้งทิ้งไว้ 7 วัน	79
39	ลักษณะทางกายภาพของเมทิลเอสเตอร์ ที่ได้จากการทำปฏิกิริยา เมื่อใช้ไขน้ำมันเสียกลั่นปืนสารตั้งต้น ตั้งทิ้งไว้ 7 วัน	80
40	การผลิตเมทิลเอสเตอร์ด้วยชุดสาธิตแบบต่อเนื่อง	81
41	องค์ประกอบของเมทิลเอสเตอร์ ที่ผลิตได้จากกระบวนการผลิตแบบต่อเนื่อง โดยใช้ PFAD เป็นสารตั้งต้น	82
42	องค์ประกอบของเมทิลเอสเตอร์ ที่ผลิตได้จากกระบวนการผลิตแบบต่อเนื่อง โดยใช้ไขน้ำมันเสียกลั่นแล้ว เป็นสารตั้งต้น	83
43	อุปกรณ์ วิเคราะห์จุดขุ่น	102
44	อุปกรณ์ วิเคราะห์จุดไหลเท	103
45	เครื่องวัดความหนืด	105
46	ตำแหน่งของเทอร์โมมิเตอร์ในขวดกลั่น	108

รายการภาพประกอบ (ต่อ)

ภาพประกอบที่		หน้า
47	TLC แสดงองค์ประกอบในเมทิลเอสเตอร์ที่ผลิตได้ จากกระบวนการแบบแบทช์ โดยใช้ไขน้ำมันเสียไม่กลั่นเป็นสารตั้งต้น สัดส่วนเชิงมวลเมทานอลต่อน้ำมัน 50:50 g ทำปฏิกิริยา 1 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส	111
48	TLC แสดงองค์ประกอบในเมทิลเอสเตอร์ที่ผลิตได้ จากกระบวนการแบบแบทช์ โดยใช้ไขน้ำมันเสียกลั่นเป็นสารตั้งต้น สัดส่วนเชิงมวลเมทานอลต่อน้ำมัน 50:50 g ทำปฏิกิริยา 1 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส	112
49	TLC แสดงองค์ประกอบในเมทิลเอสเตอร์ที่ผลิตได้ จากกระบวนการแบบต่อเนื่องโดยใช้ PFAD (Palm Fatty Acid Distillated) เป็นสารตั้งต้น สัดส่วนเชิงมวลเมทานอลต่อน้ำมัน 50:50 g ทำปฏิกิริยา 1 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส	113
50	TLC แสดงองค์ประกอบในเมทิลเอสเตอร์ที่ผลิตได้ จากกระบวนการแบบต่อเนื่องโดยใช้ ไขน้ำมันเสียกลั่น เป็นสารตั้งต้น สัดส่วนเชิงมวล เมทานอลต่อน้ำมัน 50:50 g ทำปฏิกิริยา 1 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส	114
51	ลักษณะทางกายภาพของเมทิลเอสเตอร์ ที่ได้จากกระบวนการผลิตแบบแบทช์ เมื่อใช้ไขน้ำมันเสียไม่กลั่น เป็นสารตั้งต้น	116
52	ลักษณะทางกายภาพของเมทิลเอสเตอร์ ที่ได้จากกระบวนการผลิตแบบแบทช์ เมื่อใช้ไขน้ำมันเสียกลั่น เป็นสารตั้งต้น	116
53	ลักษณะทางกายภาพของเมทิลเอสเตอร์ ที่ได้จากกระบวนการผลิตแบบต่อเนื่อง เมื่อใช้ไขน้ำมันเสียกลั่น เป็นสารตั้งต้น	117