

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	(6)
รายการตาราง	(8)
รายการภาพ	(11)
สัญลักษณ์คำย่อและตัวย่อ	(15)
บทที่	
1 บทนำ	1
1.1 บทนำตั้งเรื่อง	1
1.2 การตรวจเอกสาร	3
1.2 วัตถุประสงค์	7
1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	7
1.4 ขอบเขตของการวิจัย	7
2 ทฤษฎี	9
2.1 โครงสร้างโมเลกุลของน้ำมันปาล์ม	9
2.2 องค์ประกอบน้ำมันปาล์ม	11
2.3 น้ำมันปาล์มที่ใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตเมทิลเอสเทอร์	12
2.4 การผลิตเมทิลเอสเทอร์	13
2.5 ผลกระทบของตัวแปรในกระบวนการผลิต	15
2.6 คุณสมบัติในการเป็นเชื้อเพลิงของไบโอดีเซล	18
3 อุปกรณ์และวิธีดำเนินการวิจัย	21
3.1 เครื่องมืออุปกรณ์ที่ใช้ในการศึกษา	21
3.2 วัตถุดิบและสารเคมี	24
3.3 วิธีการผลิตเมทิลเอสเทอร์	24
3.4 วิธีการตรวจสอบหาความบริสุทธิ์	28
4 ผลการทดลอง	29
4.1 ผลการทดลองการผลิตเมทิลเอสเทอร์ที่ผ่านกระบวนการ Esterification	29
4.2 ผลการทดลองการผลิตเมทิลเอสเทอร์ที่ผ่านกระบวนการ Transesterification	37

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
5 วิจัยณ์และสรุป	52
5.1 สรุปผลการทดลองการลดกรดไขมันอิสระ	53
5.2 สรุปผลการทดลองการผลิตเมทิลเอสเทอร์	55
5.3 สรุป	59
บรรณานุกรม	61
ภาคผนวก	
ก	65
ข	84
ประวัติผู้เขียน	89

รายการตาราง

ตารางที่		หน้า
1.1	ปริมาณการนำเข้าน้ำมันเชื้อเพลิง ปี 2546	1
1.2	ปริมาณการผลิตพืชน้ำมันของประเทศไทย	3
1.3	อัตราส่วนโดยปริมาตรของเมทานอล	8
2.1	แสดงปริมาณกรดไขมันในน้ำมันปาล์ม	12
2.2	แสดงคุณลักษณะและคุณภาพไบโอดีเซลประเภทเมทิลเอสเทอร์ของกรดไขมัน 2548	19
4.1	สรุปผลการลดกรดไขมันอิสระของตัวแปรต่างๆ ของที่ผ่านกระบวนการผลิต Esterification	36
4.2	สรุปผลผลิตเมทิลเอสเทอร์ของตัวแปรต่างๆ ของที่ผ่านกระบวนการ Transesterification	50
5.1	แสดงค่าประสิทธิภาพการลดกรดไขมันอิสระ	53
5.2	ผลผลิตเมทิลเอสเทอร์ของตัวแปรต่างๆ ของที่ผ่านกระบวนการ Transesterification	55
5.3	ผลผลิตเมทิลเอสเทอร์ที่มีค่าความบริสุทธิ์ไม่น้อยกว่า 97%	56
5.4	แสดงชุดการทดลองที่ใช้กรดซัลฟิวริก 3 % โซเดียมไฮดรอกไซด์ 2%	57
5.5	แสดงเปอร์เซ็นต์ความบริสุทธิ์ของเมทิลเอสเทอร์และปริมาณของเมทิลเอสเทอร์ที่ได้	57
5.6	เปรียบเทียบคุณสมบัติของเชื้อเพลิง	60
5.7	แสดงอัตราส่วนโมลของเมทานอลต่อน้ำมัน	60
ก.1	ผลการหากรดไขมันอิสระของน้ำมันปาล์มหีบรวม	66
ก.2	ผลการทดลอง : MCPO 500 cm ³ เมทานอล 8%, กรดซัลฟิวริกที่ 1%	67
ก.3	ผลการทดลอง : MCPO 500 cm ³ เมทานอล 8%, กรดซัลฟิวริกที่ 3%	67
ก.4	ผลการทดลอง : MCPO 500 cm ³ เมทานอล 8%, กรดซัลฟิวริกที่ 5%	68
ก.5	ผลการทดลอง : MCPO 500 cm ³ เมทานอล 10%, กรดซัลฟิวริกที่ 1%	68
ก.6	ผลการทดลอง : MCPO 500 cm ³ เมทานอล 10%, กรดซัลฟิวริกที่ 3%	68
ก.7	ผลการทดลอง : MCPO 500 cm ³ เมทานอล 10%, กรดซัลฟิวริกที่ 5%	69
ก.8	ผลการทดลอง : MCPO 500 cm ³ เมทานอล 12%, กรดซัลฟิวริกที่ 1%	69
ก.9	ผลการทดลอง : MCPO 500 cm ³ เมทานอล 12%, กรดซัลฟิวริกที่ 3%	69
ก.10	ผลการทดลอง : MCPO 500 cm ³ เมทานอล 12%, กรดซัลฟิวริกที่ 5%	70

รายการตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
ก.11 ผลการลดกรดไขมันอิสระของตัวแปรต่างๆ ของที่ผ่านกระบวนการผลิต Esterification	70
ก.12 ผลการทดลอง Transesterification : เมทานอล 16%, โซเดียมไฮดรอกไซด์ 2% โดยผ่าน Esterification : เมทานอล 8% , กรดซัลฟิวริกที่ 1%	71
ก.13 ผลการทดลอง Transesterification : เมทานอล 16%, โซเดียมไฮดรอกไซด์ 3% โดยผ่าน Esterification : เมทานอล 8% , กรดซัลฟิวริกที่ 1%	71
ก.14 ผลการทดลอง Transesterification : เมทานอล 16%, โซเดียมไฮดรอกไซด์ 2% โดยผ่าน Esterification : เมทานอล 8% , กรดซัลฟิวริกที่ 3%	72
ก.15 ผลการทดลอง Transesterification : เมทานอล 16%, โซเดียมไฮดรอกไซด์ 3% โดยผ่าน Esterification : เมทานอล 8% , กรดซัลฟิวริกที่ 3%	72
ก.16 ผลการทดลอง Transesterification : เมทานอล 16%, โซเดียมไฮดรอกไซด์ 2% โดยผ่าน Esterification : เมทานอล 8% , กรดซัลฟิวริกที่ 5%	73
ก.17 ผลการทดลอง Transesterification : เมทานอล 16%, โซเดียมไฮดรอกไซด์ 3% โดยผ่าน Esterification : เมทานอล 8% , กรดซัลฟิวริกที่ 5%	73
ก.18 ผลการทดลอง Transesterification : เมทานอล 20%, โซเดียมไฮดรอกไซด์ 2% โดยผ่าน Esterification : เมทานอล 10% , กรดซัลฟิวริกที่ 1%	74
ก.19 ผลการทดลอง Transesterification : เมทานอล 20%, โซเดียมไฮดรอกไซด์ 3% โดยผ่าน Esterification : เมทานอล 10% , กรดซัลฟิวริกที่ 1%	74
ก.20 ผลการทดลอง Transesterification : เมทานอล 20%, โซเดียมไฮดรอกไซด์ 4% โดยผ่าน Esterification : เมทานอล 10% , กรดซัลฟิวริกที่ 1%	75
ก.21 ผลการทดลอง Transesterification : เมทานอล 20%, โซเดียมไฮดรอกไซด์ 2% โดยผ่าน Esterification : เมทานอล 10% , กรดซัลฟิวริกที่ 3%	75
ก.22 ผลการทดลอง Transesterification : เมทานอล 20%, โซเดียมไฮดรอกไซด์ 3% โดยผ่าน Esterification : เมทานอล 10% , กรดซัลฟิวริกที่ 3%	76
ก.23 ผลการทดลอง Transesterification : เมทานอล 20%, โซเดียมไฮดรอกไซด์ 4% โดยผ่าน Esterification : เมทานอล 10% , กรดซัลฟิวริกที่ 3%	76

รายการตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
ก.24 ผลการทดลอง Transesterification : เมทานอล 20%, โซเดียมไฮดรอกไซด์ 2% โดยผ่าน Esterification : เมทานอล 10% , กรดซัลฟิวริกที่ 5%	77
ก.25 ผลการทดลอง Transesterification : เมทานอล 20%, โซเดียมไฮดรอกไซด์ 3% โดยผ่าน Esterification : เมทานอล 10% , กรดซัลฟิวริกที่ 5%	77
ก.26 ผลการทดลอง Transesterification : เมทานอล 20%, โซเดียมไฮดรอกไซด์ 4% โดยผ่าน Esterification : เมทานอล 10% , กรดซัลฟิวริกที่ 5%	78
ก.27 ผลการทดลอง Transesterification : เมทานอล 24%, โซเดียมไฮดรอกไซด์ 2% โดยผ่าน Esterification : เมทานอล 12% , กรดซัลฟิวริกที่ 1%	78
ก.28 ผลการทดลอง Transesterification : เมทานอล 24%, โซเดียมไฮดรอกไซด์ 3% โดยผ่าน Esterification : เมทานอล 12% , กรดซัลฟิวริกที่ 1%	79
ก.29 ผลการทดลอง Transesterification : เมทานอล 24%, โซเดียมไฮดรอกไซด์ 4% โดยผ่าน Esterification : เมทานอล 12% , กรดซัลฟิวริกที่ 1%	79
ก.30 ผลการทดลอง Transesterification : เมทานอล 24%, โซเดียมไฮดรอกไซด์ 2% โดยผ่าน Esterification : เมทานอล 12% , กรดซัลฟิวริกที่ 3%	80
ก.31 ผลการทดลอง Transesterification : เมทานอล 24%, โซเดียมไฮดรอกไซด์ 3% โดยผ่าน Esterification : เมทานอล 12% , กรดซัลฟิวริกที่ 3%	80
ก.32 ผลการทดลอง Transesterification : เมทานอล 24%, โซเดียมไฮดรอกไซด์ 4% โดยผ่าน Esterification : เมทานอล 12% , กรดซัลฟิวริกที่ 3%	81
ก.33 ผลการทดลอง Transesterification : เมทานอล 24%, โซเดียมไฮดรอกไซด์ 2% โดยผ่าน Esterification : เมทานอล 12% , กรดซัลฟิวริกที่ 5%	81
ก.34 ผลการทดลอง Transesterification : เมทานอล 24%, โซเดียมไฮดรอกไซด์ 3% โดยผ่าน Esterification : เมทานอล 12% , กรดซัลฟิวริกที่ 5%	82
ก.35 ผลการทดลอง Transesterification : เมทานอล 24%, โซเดียมไฮดรอกไซด์ 4% โดยผ่าน Esterification : เมทานอล 12% , กรดซัลฟิวริกที่ 5%	82
ก.36 ผลผลิตเมทิลเอสเทอร์ของตัวแปรต่างๆ ของที่ผ่านกระบวนการ Transesterification	83
ข. 1 แสดงคุณสมบัติเมทานอล	85
ข. 2 แสดงคุณสมบัติโซเดียมไฮดรอกไซด์	87

รายการภาพประกอบ

รูปที่		หน้า
2.1	แสดงแบบจำลอง โครงสร้างการจับตัวกันระหว่างกลีเซอไรด์กับกรดไขมัน ภายในโมเลกุลของน้ำมันพืช	9
2.2	สูตร โครงสร้าง Triglyceride	9
2.3	ตัวอย่างแสดงโมเลกุลของกรดไขมันอิ่มตัว และไม่อิ่มตัว	10
2.4	การเกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส	11
2.5	แสดงแบบจำลอง โครงสร้างของเมทิลเอสเทอร์เทียบกับ โครงสร้างของน้ำมันดีเซล	13
2.6	ปฏิกิริยา Esterification	14
2.7	ปฏิกิริยา Transesterification	15
3.1	ชุด Reactor ครบชุดพร้อมใบกวน	21
3.2	ชุดเครื่องถ่ายเทความร้อน โดยใช้น้ำเป็นตัวส่งผ่าน	22
3.3	ชุดเครื่องแก้วที่ใช้ในการทดลอง	22
3.4	เครื่องชั่งน้ำหนัก	23
3.5	เครื่อง Hotplate Stirrer	23
3.6	เครื่องเทอร์โมมิเตอร์	23
3.7	แสดงการออกแบบการทดลองขั้นตอนแรกๆของกระบวนการผลิตแบบ Esterification	25
3.8	แสดงการออกแบบการทดลองขั้นตอนที่สองของกระบวนการผลิตแบบ Transesterification	25
3.9	ปริมาณเมทานอลต่อน้ำมันเทียบโดยปริมาตร	27
3.10	ชุดทดสอบวิเคราะห์หาองค์ประกอบด้วยเทคนิค Thin Layer Chromatography	28
4.1	แสดงผลการทดลอง : MCPO 500 cm ³ เมทานอล 8% , กรดซัลฟิวริกที่ 1%	29
4.2	แสดงผลการทดลอง : MCPO 500 cm ³ เมทานอล 8% , กรดซัลฟิวริกที่ 3%	30
4.3	แสดงผลการทดลอง : MCPO 500 cm ³ เมทานอล 8% , กรดซัลฟิวริกที่ 5%	30
4.4	แสดงการเปรียบเทียบของตัวแปรในกระบวนการผลิตแบบ Esterificationที่ใช้ เมทานอล 8% และกรดซัลฟิวริกที่ 1 3 , และ5%	31
4.5	แสดงผลการทดลอง : MCPO 500 cm ³ เมทานอล 10% , กรดซัลฟิวริกที่ 1%	31
4.6	แสดงผลการทดลอง : MCPO 500 cm ³ เมทานอล 10% , กรดซัลฟิวริกที่ 3%	32

รายการภาพประกอบ (ต่อ)

รูปที่		หน้า
4.7	แสดงผลการทดลอง : MCPO 500 cm ³ เมทานอล 10% , กรดซัลฟิวริกที่ 5%	32
4.8	ผลการเปรียบเทียบของตัวแปรในกระบวนการผลิตแบบ Esterification ที่ใช้ เมทานอล 10% และกรดซัลฟิวริกที่ 1 3 , และ 5%	33
4.9	แสดงผลการทดลอง : MCPO 500 cm ³ เมทานอล 12% , กรดซัลฟิวริกที่ 1%	33
4.10	แสดงผลการทดลอง : MCPO 500 cm ³ เมทานอล 12% , กรดซัลฟิวริกที่ 3%	34
4.11	แสดงผลการทดลอง : MCPO 500 cm ³ เมทานอล 12% , กรดซัลฟิวริกที่ 5%	34
4.12	ผลการเปรียบเทียบของตัวแปรในกระบวนการผลิตแบบ Esterification ที่ใช้ เมทานอล 12% และกรดซัลฟิวริกที่ 1 3 , และ 5%	35
4.13	แสดงผลการลดกรดไขมันอิสระของตัวแปรต่างๆ ของที่ผ่านกระบวนการผลิต Esterification	36
4.14	ผลการทดลอง Transesterification : เมทานอล 16%, โซเดียมไฮดรอกไซด์ 2% โดยผ่าน Esterification : เมทานอล 8% , กรดซัลฟิวริกที่ 1%	37
4.15	ผลการทดลอง Transesterification : เมทานอล 16%, โซเดียมไฮดรอกไซด์ 3% โดยผ่าน Esterification : เมทานอล 8% , กรดซัลฟิวริกที่ 1%	38
4.16	ผลการทดลอง Transesterification : เมทานอล 16%, โซเดียมไฮดรอกไซด์ 2% โดยผ่าน Esterification : เมทานอล 8% , กรดซัลฟิวริกที่ 3%	38
4.17	ผลการทดลอง Transesterification : เมทานอล 16%, โซเดียมไฮดรอกไซด์ 3% โดยผ่าน Esterification : เมทานอล 8% , กรดซัลฟิวริกที่ 3%	39
4.18	ผลการทดลอง Transesterification : เมทานอล 16%, โซเดียมไฮดรอกไซด์ 2% โดยผ่าน Esterification : เมทานอล 8% , กรดซัลฟิวริกที่ 5%	39
4.19	ผลการทดลอง Transesterification : เมทานอล 16%, โซเดียมไฮดรอกไซด์ 3% โดยผ่าน Esterification : เมทานอล 8% , กรดซัลฟิวริกที่ 5%	40
4.20	ผลการทดลอง Transesterification : เมทานอล 20%, โซเดียมไฮดรอกไซด์ 2% โดยผ่าน Esterification : เมทานอล 10% , กรดซัลฟิวริกที่ 1%	40
4.21	ผลการทดลอง Transesterification : เมทานอล 20%, โซเดียมไฮดรอกไซด์ 3% โดยผ่าน Esterification : เมทานอล 10% , กรดซัลฟิวริกที่ 1%	41

รายการภาพประกอบ (ต่อ)

รูปที่		หน้า
4.22	ผลการทดลอง Transesterification : เมทานอล 20%, โซเดียมไฮดรอกไซด์ 4% โดยผ่าน Esterification : เมทานอล 10% , กรดซัลฟิวริกที่ 1%	41
4.23	ผลการทดลอง Transesterification : เมทานอล 20%, โซเดียมไฮดรอกไซด์ 2% โดยผ่าน Esterification : เมทานอล 10% , กรดซัลฟิวริกที่ 3%	42
4.24	ผลการทดลอง Transesterification : เมทานอล 20%, โซเดียมไฮดรอกไซด์ 3% โดยผ่าน Esterification : เมทานอล 10% , กรดซัลฟิวริกที่ 3%	42
4.25	ผลการทดลอง Transesterification : เมทานอล 20%, โซเดียมไฮดรอกไซด์ 4% โดยผ่าน Esterification : เมทานอล 10% , กรดซัลฟิวริกที่ 3%	43
4.26	ผลการทดลอง Transesterification : เมทานอล 20%, โซเดียมไฮดรอกไซด์ 2% โดยผ่าน Esterification : เมทานอล 10% , กรดซัลฟิวริกที่ 5	43
4.27	ผลการทดลอง Transesterification : เมทานอล 20%, โซเดียมไฮดรอกไซด์ 3% โดยผ่าน Esterification : เมทานอล 10% , กรดซัลฟิวริกที่ 5%	44
4.28	ผลการทดลอง Transesterification : เมทานอล 20%, โซเดียมไฮดรอกไซด์ 4% โดยผ่าน Esterification : เมทานอล 10% , กรดซัลฟิวริกที่ 5%	44
4.29	ผลการทดลอง Transesterification : เมทานอล 24%, โซเดียมไฮดรอกไซด์ 2% โดยผ่าน Esterification : เมทานอล 12% , กรดซัลฟิวริกที่ 1%	45
4.30	ผลการทดลอง Transesterification : เมทานอล 24%, โซเดียมไฮดรอกไซด์ 3% โดยผ่าน Esterification : เมทานอล 12% , กรดซัลฟิวริกที่ 1%	45
4.31	ผลการทดลอง Transesterification : เมทานอล 24%, โซเดียมไฮดรอกไซด์ 4% โดยผ่าน Esterification : เมทานอล 12% , กรดซัลฟิวริกที่ 1%	46
4.32	ผลการทดลอง Transesterification : เมทานอล 24%, โซเดียมไฮดรอกไซด์ 2% โดยผ่าน Esterification : เมทานอล 12% , กรดซัลฟิวริกที่ 3%	46
4.33	ผลการทดลอง Transesterification : เมทานอล 24%, โซเดียมไฮดรอกไซด์ 3% โดยผ่าน Esterification : เมทานอล 12% , กรดซัลฟิวริกที่ 3%	47
4.34	ผลการทดลอง Transesterification : เมทานอล 24%, โซเดียมไฮดรอกไซด์ 4% โดยผ่าน Esterification : เมทานอล 12% , กรดซัลฟิวริกที่ 3%	47

รายการภาพประกอบ (ต่อ)

รูปที่		หน้า
4.35	ผลการทดลอง Transesterification : เมทานอล 24%, โซเดียมไฮดรอกไซด์ 2% โดยผ่าน Esterification : เมทานอล 12% , กรดซัลฟิวริกที่ 5%	48
4.36	ผลการทดลอง Transesterification : เมทานอล 24%, โซเดียมไฮดรอกไซด์ 3% โดยผ่าน Esterification : เมทานอล 12% , กรดซัลฟิวริกที่ 5%	48
4.37	ผลการทดลอง Transesterification : เมทานอล 24%, โซเดียมไฮดรอกไซด์ 4% โดยผ่าน Esterification : เมทานอล 12% , กรดซัลฟิวริกที่ 5%	49
4.38	ผลผลิตเมทิลเอสเทอร์ของตัวแปรต่างๆ ของที่ผ่านกระบวนการ Transesterification	51
5.1	แสดงการลดกรดไขมันอิสระ โดยอัตราส่วนของเมทานอลต่อน้ำมันที่ 8 , 10 และ 12% เทียบโดยปริมาตร โดยใช้กรดซัลฟิวริกที่ 1, 3 และ 5%	54
5.2	แสดงผลชุดที่ดีที่สุดของแต่ละอัตราส่วนเมทานอล	58

สัญลักษณ์คำย่อและตัวย่อ

MCPO	=	น้ำมันปาล์มหีบรวม (Mixed Crude Palm Oil)
ME	=	เมทิลเอสเตอร์ (Methylester)
FFA	=	กรดไขมันอิสระ (Free Fatty Acid)
TG	=	ไตรกลีเซอไรด์ (Triglyceride)
DG	=	ไดกลีเซอไรด์ (Diglyceride)
MG	=	โมโนกลีเซอไรด์ (Monoglyceride)
G	=	กลีเซอรอล (Glycerol) , กลีเซอริน (Glycerin)
MeOH , CH ₃ OH	=	เมทานอล (Methanol) , เมทิลแอลกอฮอล์ (Methyl Alcohol)
NaOH	=	โซเดียมไฮดรอกไซด์ (Sodium Hydroxide), โซดาไฟ
KOH	=	โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (Potassium Hydroxide)
NaOMe	=	สารละลายโซเดียมเมทอกไซด์ (Sodium Methoxide)
H ₂ SO ₄	=	กรดซัลฟิวริก (Sulfuric Acid)
M	=	โมลาร์ (Molar)