

## สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	(6)
รายการตาราง	(8)
รายการภาพประกอบ	(10)
บทที่	
1. บทนำ	1
บทนำต้นเรื่อง	1
วัตถุประสงค์	3
ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย	3
2. ตรวจสอบเอกสาร	4
ปาล์มน้ำมัน	4
ไบโอดีเซล	8
กระบวนการผลิตไบโอดีเซลระดับโรงงานนำร่อง	14
กะตะลิสต์	21
แก๊สไอโซน	24
3. วัสดุ อุปกรณ์และวิธีการ	28
วัสดุ	28
อุปกรณ์	28
วิธีการศึกษา	29
4. ผลการทดลองและวิจารณ์	35
ลักษณะและคุณสมบัติของตัวเร่งปฏิกิริยาที่สังเคราะห์	35
การผลิตเมทิลเอสเทอร์จากน้ำมันปาล์มดิบ	42
การผลิ ต ผ ลิต ภั ณ ท์ที่ มี มู ล	ค่า จ า ก
เม ทิล เอส เตอร์ ตั ว ย ป ฏิกิริ ย	า โ อ โ ซเน
ชั้น	67
5. สรุปผลการทดลอง	69
ข้อเสนอแนะ	70
บรรณานุกรม	71

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
ภาคผนวก	
ก. องค์ประกอบของน้ำมันปาล์มดิบที่ผ่านกระบวนการเอสเตอริฟิเคชัน โดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาต่างๆ	76
ข. วิธีการวิเคราะห์	81
ค. คุณสมบัติของ Fatty Acid และ Fatty Acid Methyl Ester	88
ง. ลักษณะและคุณภาพของไบโอดีเซลประเภทเมทิลเอสเทอร์ของกรดไขมัน ของผลิตภัณฑ์ที่ผลิตได้	89
ประวัติผู้เขียน	93

## รายการตาราง

ตารางที่	หน้า
1 สูตร โครงสร้างของกรดไขมัน	6
2 องค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันพืช	7
3 คุณสมบัติทางเชื้อเพลิงของน้ำมันพืช	8
4 มาตรฐานเมทิลเอสเทอร์ตามมาตรฐาน ASTM D 6751	20
5 ค่าความต่างศักย์รีดอกซ์ของตัวออกซิไดส์ต่าง ๆ	25
6 ชุดการทดลองโดยใช้โปรแกรม Respond Surface Method (RSM) ซึ่งใช้น้ำมันที่ได้จากกระบวนการเอสเทอริฟิเคชันซึ่งมี $\text{TiO}_2$ 20% $\text{V}_2\text{O}_5$ / $\text{TiO}_2$ 40% $\text{V}_2\text{O}_5$ / $\text{TiO}_2$ และ $\text{V}_2\text{O}_5$ เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา	32
7 ชุดการทดลองโดยใช้โปรแกรม Respond Surface Method (RSM) ซึ่งใช้น้ำมันที่ได้จากกระบวนการเอสเทอริฟิเคชันซึ่งมี Amberlyst-15 เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา	33
8 วิธีวิเคราะห์สมบัติทางเชื้อเพลิงของเมทิลเอสเทอร์	33
9 ค่าพื้นที่ผิว เส้นผ่านศูนย์กลางของรูพรุน และปริมาตรของรูพรุน ของตัวเร่งปฏิกิริยา 36 ที่ใช้ในการทดลอง	36
10 ช่วงสัญญาณ FT-IR ของวานาเดียมและไททานเนียมอะซีเตต	41
11 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบน้ำมันปาล์มดิบด้วย GC/MS กับรายงานวิจัยต่างๆ	44
12 ร้อยละของกรดไขมันอิสระที่มีอยู่ในผลิตภัณฑ์หลังจากทำปฏิกิริยาด้วยตัวเร่งปฏิกิริยาที่ไม่ทำการซัลโฟเนต	47
13 ร้อยละของกรดไขมันอิสระที่มีอยู่ในผลิตภัณฑ์หลังจากทำปฏิกิริยาด้วยตัวเร่งปฏิกิริยาที่ทำกรซัลโฟเนต	47
14 ชุดการทดลองการผลิตเมทิลเอสเทอร์จากสภาวะที่เหมาะสมของวานาเดียมไททานเนียมอะซีเตต ด้วยตัวเร่งปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน โดยใช้โปรแกรม RSM	59
15 ชุดการทดลองการผลิตเมทิลเอสเทอร์จากสภาวะที่เหมาะสมของ Amberlyst-15 ด้วยกระบวนการทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน โดยใช้โปรแกรม RSM	62
16 ผลการวิเคราะห์สมบัติทางเชื้อเพลิงของเมทิลเอสเทอร์กับมาตรฐานเมทิลเอสเทอร์ 65	65
17 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มดิบเทียบกับเมทิลเอสเทอร์ 66 จากรายงานวิจัยต่าง	66
18 องค์ประกอบของเมทิลเอสเทอร์ซึ่งทำปฏิกิริยาไอโซเนชัน	67

## รายการตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
19 ค่าคงที่การคำนวณความหนืด	85
20 คุณสมบัติของ Fatty Acid และ Fatty acid Methylene	88

## รายการภาพประกอบ

ภาพประกอบที่	หน้า
1 ปฏิกิริยาทรานส์เอสเตอริฟิเคชัน	10
2 กระบวนการผลิตเมทิลเอสเทอร์ด้วยปฏิกิริยาทรานส์เอสเตอริฟิเคชัน	14
3 กระบวนการผลิตในขั้นตอนปฏิกิริยาเอสเตอริฟิเคชัน	17
4 กระบวนการผลิตในส่วน Main Unit	19
5 การเกิดพันธะระหว่างพันธะคู่และโอโซน	
26	
6 ชุดการทดลองแบบรีฟลักซ์ในการผลิตเมทิลเอสเทอร์	30
7 ชุดอุปกรณ์การทดลองปฏิกิริยา โอโซน	34
8 ลักษณะภายนอกของตัวเร่งปฏิกิริยาที่ใช้ในการทดลอง	35
9 XRD ของวานาเดียม ไททานเนียมอะตอมิก	37
10 ลักษณะพื้นผิวของอะตอมิกโดยใช้เทคนิค SEM	39
11 หมู่ฟังก์ชันของ $TiO_2/V_2O_5$ โดยใช้เทคนิค FT-IR Spectroscopy	40
12 หมู่ฟังก์ชันของ $V_2O_5$ โดยใช้เทคนิค FT-IR Spectroscopy	41
13 ลักษณะทางกายภาพของน้ำมันปาล์มดิบ	42
14 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบน้ำมันปาล์มดิบด้วย TLC	43
15 ผลของน้ำหนักตัวเร่งปฏิกิริยาที่มีผลต่อการเกิดเมทิลเอสเทอร์	45
16 ผลของสัดส่วนเชิงโมลน้ำมันปาล์มต่อเมทานอลที่มีผลต่อการเกิดเมทิลเอสเทอร์	46
17 ปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส	48
18 ผลของอุณหภูมิและชนิดอะตอมิกต่อการเกิดเมทิลเอสเทอร์ที่เวลา 2 ชั่วโมง	51
19 ผลของอุณหภูมิและชนิดอะตอมิกต่อการเกิดเมทิลเอสเทอร์ที่เวลา 4 ชั่วโมง	51
20 ผลของอุณหภูมิและชนิดอะตอมิกต่อการเกิดเมทิลเอสเทอร์ที่เวลา 6 ชั่วโมง	52
21 ผลของอุณหภูมิและชนิดอะตอมิกต่อการเกิดเมทิลเอสเทอร์ที่เวลา 8 ชั่วโมง	52
22 ผลของอุณหภูมิและชนิดอะตอมิกต่อการเกิดเมทิลเอสเทอร์ที่เวลา 10 ชั่วโมง	53
23 ผลของเวลาและชนิดอะตอมิกต่อการเกิดเมทิลเอสเทอร์ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส	54
24 ผลของเวลาและชนิดอะตอมิกต่อการเกิดเมทิลเอสเทอร์ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส	54
25 ผลของเวลาและชนิดอะตอมิกต่อการเกิดเมทิลเอสเทอร์ที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส	55
26 ผลของอุณหภูมิ เวลา และชนิดอะตอมิกที่ไม่ทำการซัลโฟเนต ที่มีผลต่อ	56

รายการภาพประกอบ (ต่อ)

ภาพประกอบที่	หน้า
27 ผลของอุณหภูมิ เวลา และชนิดคะตะลิสต์ที่ทำการซัลโฟเนต ที่มีผลต่อการเกิดเมทิลเอสเทอร์	56
28 ผลของสัดส่วนเชิงโมลเมทานอลต่อน้ำมัน และน้ำมันที่ได้จากคะตะลิสต์ชนิดต่างๆ 60 ที่มีผลต่อการเกิดเมทิลเอสเทอร์จากกระบวนการทรานส์เอสเตอริฟิเคชัน	60
29 ผลของเวลาในการทำปฏิกิริยา และน้ำมันที่ได้จากคะตะลิสต์ชนิดต่างๆ ที่มีผลต่อการเกิดเมทิลเอสเทอร์จากกระบวนการทรานส์เอสเตอริฟิเคชัน	61
30 ผลของสัดส่วนเชิงโมลน้ำมันต่อเมทานอล และเวลาในการทำปฏิกิริยา ที่มีผลต่อการเกิดเมทิลเอสเทอร์จากกระบวนการทรานส์เอสเตอริฟิเคชัน	63
31 ผลของสัดส่วนเชิงโมลน้ำมันต่อเมทานอล และเวลาในการทำปฏิกิริยา ที่มีผลต่อการเกิดเมทิลเอสเทอร์จากกระบวนการทรานส์เอสเตอริฟิเคชัน	76
32 องค์ประกอบของน้ำมันปาล์มดิบเมื่อใช้ $TiO_2$ เป็นคะตะลิสต์	76
33 องค์ประกอบของน้ำมันปาล์มดิบเมื่อใช้ $10\%V_2O_5/TiO_2$ เป็นคะตะลิสต์	77
34 องค์ประกอบของน้ำมันปาล์มดิบเมื่อใช้ $20\%V_2O_5/TiO_2$ เป็นคะตะลิสต์	77
35 องค์ประกอบของน้ำมันปาล์มดิบเมื่อใช้ $40\%V_2O_5/TiO_2$ เป็นคะตะลิสต์	77
36 องค์ประกอบของน้ำมันปาล์มดิบเมื่อใช้ $V_2O_5$ เป็นคะตะลิสต์	78
37 องค์ประกอบของน้ำมันปาล์มดิบเมื่อใช้ Amberlyst-15 เป็นคะตะลิสต์	78
38 องค์ประกอบของน้ำมันปาล์มดิบเมื่อใช้ sulfonated $TiO_2$ เป็นคะตะลิสต์	78
39 องค์ประกอบของน้ำมันปาล์มดิบเมื่อใช้ sulfonated $10\%V_2O_5/TiO_2$ เป็นคะตะลิสต์	79
40 องค์ประกอบของน้ำมันปาล์มดิบเมื่อใช้ sulfonated $20\%V_2O_5/TiO_2$ เป็นคะตะลิสต์	79
41 องค์ประกอบของน้ำมันปาล์มดิบเมื่อใช้ sulfonated $40\%V_2O_5/TiO_2$ เป็นคะตะลิสต์	79
42 องค์ประกอบของน้ำมันปาล์มดิบเมื่อใช้ sulfonated $V_2O_5$ เป็นคะตะลิสต์	80
43 องค์ประกอบของน้ำมันปาล์มดิบเมื่อใช้ sulfonated Amberlyst-15 เป็นคะตะลิสต์	82
44 อุปกรณ์วิเคราะห์จุดขุ่น	84
45 อุปกรณ์วิเคราะห์จุดไหลเท	85
46 เครื่องวัดความหนืด	85