บทที่ 5

วิจารณ์ และสรุปผล

การเลือกน้ำมันปาล์มดิบมาใช้เป็นวัตถุดิบ เพราะน้ำมันปาล์มดิบมีราคาถูกกว่าน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ เพื่อลดต้นทุนการผลิตเมทิลเอสเตอร์ แต่เนื่องจากน้ำมันปาล์มดิบชนิดหีบรวมที่ใช้มีค่าความเป็นกรดไขมันอิสระที่สูงกว่า 1% เป็นการยากสำหรับการผลิตเมทิลเอสเตอร์ด้วยปฏิกิริยา Transesterification โดยตรง เนื่องจากกระบวนการผลิตแบบ Transesterification เป็นการผลิตแบบเคลื่อนย้ายหมู่เอสเตอร์หรือโดยทั่วไปเรียกว่า การส่งผ่านกล่าวคือหลักการพื้นฐานของกระบวนการผลิตแบบ Transesterification เป็นการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของน้ำมันคือน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์มีโครงสร้างโมเลกุลอยู่ในรูปของไตรกลีเซอไรด์ (triglycerides) ปฏิกิริยาของกระบวนการ Transesterification ทำหน้าที่แบ่งไตรกลีเซอไรด์ ออกเป็นไดกลีเซอไรด์ (diglycerides) และโมโนกลีเซอไรด์ (monoglycerides) โดยนิยมใช้ด่างเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาในที่นี้ใช้โซเดียมไฮดร็อกไซด์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาและใช้เมทานอลเป็นตัวทำปฏิกิริยา ผลผลิตที่ได้จะอยู่ในรูปของเมทิลเอสเตอร์และกลีเซอรอล แต่ถ้าน้ำมันปาล์มมีค่าของกรดไขมันที่สูงกว่า 1% จะส่งผลให้เกิดสภาวะการขัดขวางของปฏิกิริยาที่ทำให้เกิดเมทิลเอสเตอร์ เนื่องจากในงานวิจัยนี้ใช้น้ำมันปาล์มดิบเป็นวัตถุดิบ ผลการตรวจสอบพบว่า น้ำมันปาล์มดิบมีค่าความเป็นกรดไขมันอิสระที่สูงกว่า 1 % จากอุปสรรค ดังกล่าวจำเป็นต้องหาวิธีเปลี่ยนกรดไขมันอิสระเป็นเอสเตอร์ โดยใช้กระบวนการ Esterification มาทำหน้าที่ลดกรดไขมันอิสระ ในการทดลองจะใช้กระบวนการผลิตแบบ 2 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนแรกใช้กระบวนการผลิตแบบ Esterification เพื่อทำหน้าที่ลดกรดไขมันอิสระ ขั้นตอนที่สองใช้กระบวนการผลิตแบบ Transesterification โดยมีตัวแปรของการผลิตดังนี้ ตัวแปรคงที่ได้แก่คือ อุณหภูมิคงที่ 60^{o}C , ความเร็วรอบของการผสมคงที่ และ เวลาของการทำปฏิกิริยาเท่ากันทุกชุดการทดลอง ตัวแปรผันแปรได้แก่ อัตราส่วนเมทานอลโดยรวมที่ 20, 30 และ36% ต่อปริมาตรของน้ำมันที่ใช้ ,กรดซัลฟิวริกที่ 1, 3 และ5% ต่อน้ำหนักของน้ำมันและโซเดียมไฮดร็อกไซด์ที่ 2, 3 และ4% ต่อน้ำหนักของน้ำมัน จากที่กล่าวมาข้างต้นในงานวิจัยนี้ต้องการหากระบวนการผลิตที่มีความสามารถในการผลิตเมทิลเอสเตอร์ที่มีความบริสุทธิ์ไม่น้อยกว่า 97% หรือเปอร์เซ็นต์การเป็นเมทิลเอสเตอร์ไม่น้อยกว่า 97% จากการศึกษาพบว่ามีชุดการทดลองที่ผ่านค่าเกณฑ์ที่กำหนดหลายชุดการทดลอง ดังนั้นต้องมีการเทียบปริมาณการเกิดเมทิลเอสเตอร์ เพื่อหากระบวนการที่มีแนวโน้มในการผลิตที่ดีที่สุด

5.1 สรุปผลการทดลองการลดกรดไขมันอิสระ

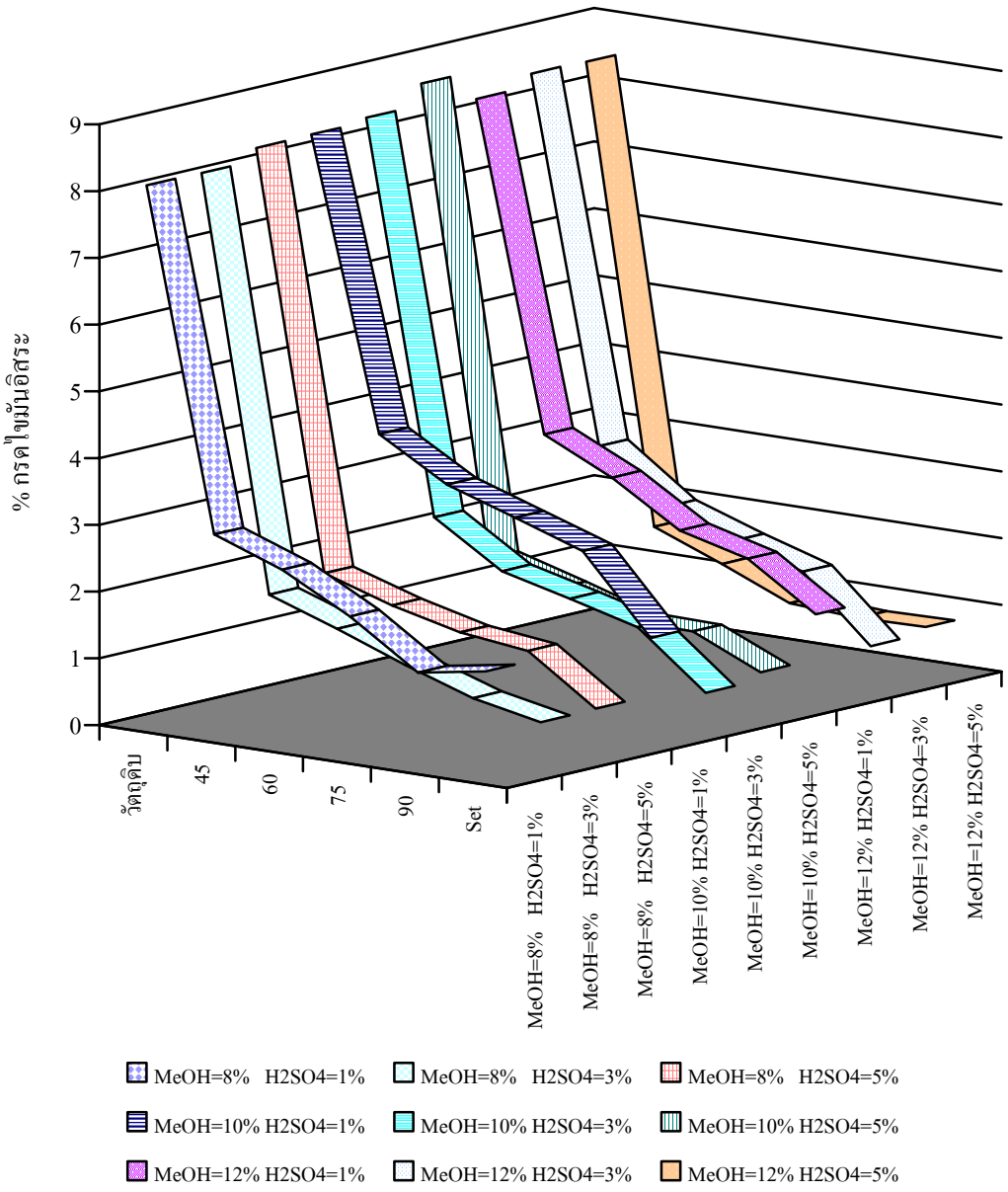
การลดกรดไขมันอิสระของกระบวนการ Esterification ที่ใช้อัตราส่วนเมทานอล 8 , 10 และ 12 % โดยปริมาตรของน้ำมัน ใช้ตัวเร่งปฏิกิริยากรดซัลฟิวริก (H_2SO_4) 1 , 3 และ 5% โดยน้ำหนักของน้ำมัน ปรากฏว่ามีแนวโน้มสามารถลดกรดไขมันอิสระได้ ดังตารางที่ 5.1

ตารางที่ 5.1 แสดงค่าประสิทธิภาพการลดกรดไขมันอิสระ

เมทานอล	กรดซัลฟิวริก	เวลา (นาที)					Set
		0	45	60	75	90	
MeOH=8%	H2SO4=1%	8.1175	3.049	2.676	2.133	1.448	1.625
MeOH=8%	H2SO4=3%	8.108	1.952	1.597	1.211	0.872	0.670
MeOH=8%	H2SO4=5%	8.2925	2.076	1.752	1.506	1.384	0.681
MeOH=10%	H2SO4=1%	8.2977	3.967	3.369	3.031	2.689	1.542
MeOH=10%	H2SO4=3%	8.3563	2.528	1.877	1.622	1.351	0.529
MeOH=10%	H2SO4=5%	8.6737	1.718	1.425	1.11	1.093	0.643
MeOH=12%	H2SO4=1%	8.2487	3.381	2.89	2.256	1.99	1.313
MeOH=12%	H2SO4=3%	8.433	3.011	2.261	1.91	1.602	0.642
MeOH=12%	H2SO4=5%	8.417	1.608	1.208	0.777	0.714	0.735

Set คือ ปล่อยให้ทำปฏิกิริยาต่อ 8 ชั่วโมง

จากตารางจะเห็นได้ว่าอัตราส่วนเมทานอลและตัวเร่งปฏิกิริยากรดซัลฟิวริกมีผลต่อการลดกรดไขมันอิสระในกระบวนการEsterification นอกจากนี้อัตราส่วนเมทานอลและตัวเร่งปฏิกิริยากรดซัลฟิวริกยังมีผลต่อการลดกรดไขมันอิสระ อีกครั้งเมื่อปล่อยทิ้งไว้ 8 ชั่วโมง ด้วยเหตุนี้จึงพอสรุปได้ว่า ตัวเร่งปฏิกิริยากรดซัลฟิวริกมีผลต่อการลดกรดไขมันอิสระได้มากกว่าอัตราส่วนเมทานอล เมื่อเทียบเปอร์เซ็นต์ของกรดซัลฟิวริกแต่ละเปอร์เซ็นต์จะเห็นได้ว่า ระหว่างกรด 1% กับกรด 3% นั้น กรด 3 % มีความสามารถในการลดกรดไขมันอิสระได้ดีกว่ากรด 1 % และเมื่อเทียบระหว่างกรด 3% และ 5% ความสามารถในการลดกรดไขมันอิสระใกล้เคียงกัน ดังนั้นตัวเร่งปฏิกิริยากรดซัลฟิวริก 3% ก็เพียงพอต่อการลดกรดไขมันอิสระจะแสดงให้เห็นดังรูปที่ 5.1



รูปที่ 5.1 แสดงการลดกรดไขมันอิสระ โดยอัตราส่วนของเมทานอลต่อน้ำมันที่ 8 , 10 และ 12% เทียบโดยปริมาตร โดยใช้กรดซัลฟิวริกที่ 1, 3 และ 5%

จากรูปที่5.1 จะเห็นได้ว่าตัวแปรที่ส่งผลต่อกระบวนการEsterification ในการลดกรดไขมันอิสระระหว่างกรดซัลฟิวริก (H_2SO_4) และเมทานอลปรากฏว่าตัวแปรกรดซัลฟิวริก (H_2SO_4) มีผลต่อการลดกรดไขมันอิสระมากกว่าตัวแปรเมทานอล

5.2 สรุปผลการทดลองการผลิตเมทิลเอสเตอร์

เมทิลเอสเตอร์ที่ได้จากกระบวนการผลิตแบบ Esterification จะมีปริมาณของเมทิลเอสเตอร์ที่ได้ไม่สูงมากนัก เมื่อเทียบกับกระบวนการผลิตแบบ Transesterification โดยผลผลิตเมทิลเอสเตอร์ที่ได้จะถูกตรวจสอบหาค่าบริสุทธิ์ด้วยเทคนิค TLC (Thin Layer Chromatography) เพื่อหาสูตรที่ใช้ในการผลิตเมทิลเอสเตอร์ที่มีค่าความบริสุทธิ์ไม่น้อยกว่า 97 % จากตัวแปรต่างๆ ที่ใช้ในการผลิตเมทิลเอสเตอร์ ปรากฏว่าแต่ละชุดการทดลองมีเปอร์เซ็นต์การเกิดเมทิลเอสเตอร์ที่แตก ต่างกันดังแสดงในตารางที่5.2

ตารางที่ 5.2 ผลผลิตเมทิลเอสเตอร์ของตัวแปรต่างๆ ของที่ผ่านกระบวนการ Transesterification

Esterification		Transesterification		เวลา (นาที)				
เมทานอล	กรดซัลฟิวริก	เมทานอล	โซเดียมไฮดร็อกไซด์	0	45	60	75	90
MeOH=8%	H_2SO_4=1%	MeOH=16%	NaOH=2%	7.816	96.709	97.007	96.452	97.532
MeOH=8%	H_2SO_4=1%	MeOH=16%	NaOH=3%	8.763	89.164	89.425	90.611	91.027
MeOH=8%	H_2SO_4=3%	MeOH=16%	NaOH =2%	14.632	91.068	89.558	90.931	92.396
MeOH=8%	H_2SO_4=3%	MeOH=16%	NaOH =3%	15.874	63.151	63.686	62.789	63.628
MeOH=8%	H_2SO_4=5%	MeOH=16%	NaOH =2%	29.118	82.807	87.713	87.369	88.443
MeOH=8%	H_2SO_4=5%	MeOH=16%	NaOH =3%	24.722	69.468	71.459	70.472	72.900
MeOH=10%	H_2SO_4=1%	MeOH=20%	NaOH =2%	8.259	98.285	97.991	98.424	98.605
MeOH=10%	H_2SO_4=1%	MeOH=20%	NaOH =3%	11.547	98.133	98.184	98.574	99.064
MeOH=10%	H_2SO_4=1%	MeOH=20%	NaOH=4%	9.180	76.024	83.232	84.715	86.857
MeOH=10%	H_2SO_4=3%	MeOH=20%	NaOH =2%	22.447	98.860	98.632	98.840	99.002
MeOH=10%	H_2SO_4=3%	MeOH=20%	NaOH =3%	11.768	98.651	98.948	98.570	98.711
MeOH=10%	H_2SO_4=3%	MeOH=20%	NaOH=4%	17.198	99.073	98.493	98.859	99.169
MeOH=10%	H_2SO_4=5%	MeOH=20%	NaOH =2%	22.232	85.960	86.009	87.822	85.099
MeOH=10%	H_2SO_4=5%	MeOH=20%	NaOH =3%	21.009	97.876	97.521	97.660	97.467
MeOH=10%	H_2SO_4=5%	MeOH=20%	NaOH=4%	23.661	96.287	97.820	98.086	98.246
MeOH=12%	H_2SO_4=1%	MeOH=24%	NaOH =2%	6.960	99.493	99.133	99.035	99.123
MeOH=12%	H_2SO_4=1%	MeOH=24%	NaOH =3%	9.258	97.003	97.648	97.727	97.752
MeOH=12%	H_2SO_4=1%	MeOH=24%	NaOH=4%	8.297	97.937	98.137	98.144	98.122
MeOH=12%	H_2SO_4=3%	MeOH=24%	NaOH =2%	13.228	98.904	98.849	98.917	99.079
MeOH=12%	H_2SO_4=3%	MeOH=24%	NaOH =3%	17.946	99.166	98.732	98.693	99.214
MeOH=12%	H_2SO_4=3%	MeOH=24%	NaOH=4%	11.369	80.819	79.931	81.252	81.795

ตารางที่ 5.2 (ต่อ)

Esterification		Transesterification		เวลา (นาที)				
เมทานอล	กรดซัลฟิวริก	เมทานอล	โซเดียมไฮดร็อกไซด์	0	45	60	75	90
MeOH=12%	H_2SO_4=5%	MeOH=24%	NaOH =2%	18.281	62.413	62.402	62.184	62.576
MeOH=12%	H_2SO_4=5%	MeOH=24%	NaOH =3%	20.399	98.590	98.384	98.297	98.791
MeOH=12%	H_2SO_4=5%	MeOH=24%	NaOH=4%	17.488	96.975	97.135	97.449	97.120

จากตารางจะเห็นได้ว่าไม่ว่าจะเป็นอัตราส่วนเมทานอล และโซเดียมไฮดรอกไซด์มีผลต่อกระบวนการผลิตเมทิลเอสเตอร์ แต่เนื่องจากงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ต้องการหากระบวนการผลิตที่มีความสามารถในการผลิตเมทิลเอสเตอร์ที่มีค่าความบริสุทธิ์ไม่น้อยกว่า 97% จากตารางที่ 5.2 แสดงพอสรุปได้ว่าผลการผลิตเมทิลเอสเตอร์ที่มีค่าความบริสุทธิ์ ตั้งแต่ 97% ขึ้นไปมีทั้งหมด 15 ชุดการทดลอง แต่ละชุดการทดลองมีตัวแปรของการผลิตที่แตกต่างกันโดยแสดงรายละเอียดดังตารางที่ 5.3

ตารางที่ 5.3 ผลผลิตเมทิลเอสเตอร์ที่มีค่าความบริสุทธิ์ไม่น้อยกว่า 97%

Esterification		Transesterification		เวลา (นาที)				
เมทานอล	กรดซัลฟิวริก	เมทานอล	โซเดียมไฮดร็อกไซด์	0	45	60	75	90
MeOH=8%	H_2SO_4=1%	MeOH=16%	NaOH=2%	7.816	96.709	97.007	96.452	97.532
MeOH=10%	H_2SO_4=1%	MeOH=20%	NaOH =2%	8.259	98.285	97.991	98.424	98.605
MeOH=10%	H_2SO_4=1%	MeOH=20%	NaOH =3%	11.547	98.133	98.184	98.574	99.064
MeOH=10%	H_2SO_4=3%	MeOH=20%	NaOH =2%	22.447	98.860	98.632	98.840	99.002
MeOH=10%	H_2SO_4=3%	MeOH=20%	NaOH =3%	11.768	98.651	98.948	98.570	98.711
MeOH=10%	H_2SO_4=3%	MeOH=20%	NaOH=4%	17.198	99.073	98.493	98.859	99.169
MeOH=10%	H_2SO_4=5%	MeOH=20%	NaOH =3%	21.009	97.876	97.521	97.660	97.467
MeOH=10%	H_2SO_4=5%	MeOH=20%	NaOH=4%	23.661	96.287	97.820	98.086	98.246
MeOH=12%	H_2SO_4=1%	MeOH=24%	NaOH =2%	6.960	99.493	99.133	99.035	99.123
MeOH=12%	H_2SO_4=1%	MeOH=24%	NaOH =3%	9.258	97.003	97.648	97.727	97.752
MeOH=12%	H_2SO_4=1%	MeOH=24%	NaOH=4%	8.297	97.937	98.137	98.144	98.122
MeOH=12%	H_2SO_4=3%	MeOH=24%	NaOH =2%	13.228	98.904	98.849	98.917	99.079
MeOH=12%	H_2SO_4=3%	MeOH=24%	NaOH =3%	17.946	99.166	98.732	98.693	99.214
MeOH=12%	H_2SO_4=5%	MeOH=24%	NaOH =3%	20.399	98.590	98.384	98.297	98.791
MeOH=12%	H_2SO_4=5%	MeOH=24%	NaOH=4%	17.488	96.975	97.135	97.449	97.120

จากตารางที่5.3 แสดงความบริสุทธิ์ของเมทิลเอสเตอร์ที่มีค่าไม่น้อยกว่า 97% แต่เมื่อเทียบกับตารางที่ 5.1 แสดงประสิทธิภาพการลดกรดไขมันอิสระปรากฏว่าตัวเร่งปฏิกิริยากรดซัลฟิวริกที่ 3% เพียงพอต่อการลดกรดไขมันอิสระ และเมื่อนำข้อมูลดังกล่าวข้างต้นไปเลือกชุดข้อมูลในตารางที่ 5.2 โดยเลือกชุดการทดลองที่ใช้กรดซัลฟิวริกที่ 3% โซเดียมไฮดร็อกไซด์ที่น้อยที่สุดคือ 2 % ทุกอัตราส่วนเมทานอล จะได้ผลการทดลองดังตารางที่ 5.4

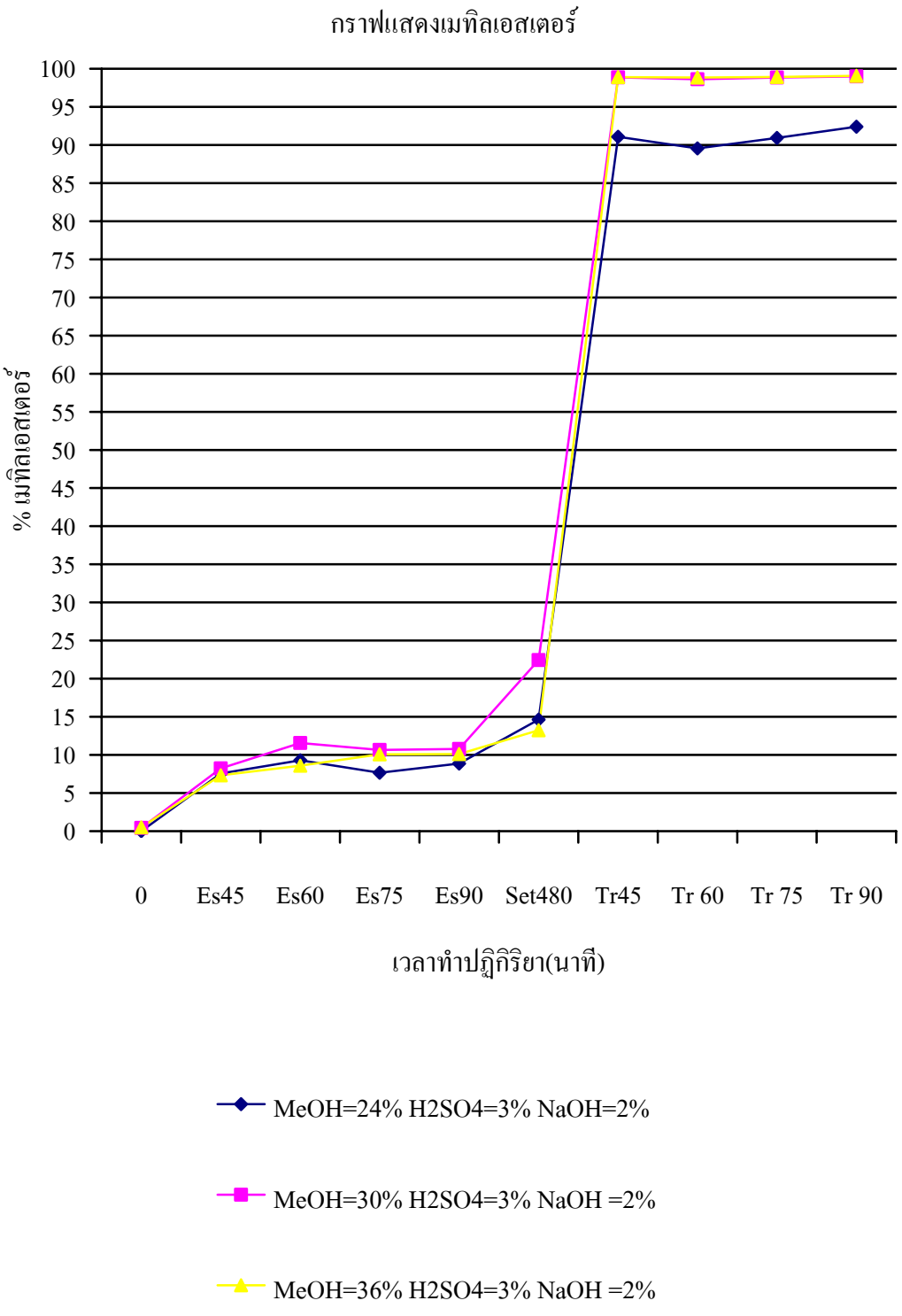
ตารางที่ 5.4 แสดงชุดการทดลองที่ใช้กรดซัลฟิวริก3 %โซเดียมไฮดร็อกไซด์ 2%

Esterification		Transesterification		เมทิลเอสเตอร์	เวลา (นาที)				
เมทานอล	กรดซัลฟิวริก	เมทานอล	โซเดียมไฮดร็อกไซด์		0	45	60	75	90
MeOH=8%	H_2SO_4=3%	MeOH=16%	NaOH =2%	ME	14.632	91.068	89.558	90.931	92.396
MeOH=10%	H_2SO_4=3%	MeOH=20%	NaOH =2%	ME	22.447	98.860	98.632	98.840	99.002
MeOH=12%	H_2SO_4=3%	MeOH=24%	NaOH =2%	ME	13.228	98.904	98.849	98.917	99.079

จากตารางที่5.4 แสดงให้เห็นว่าชุดการทดลองที่ใช้กรดซัลฟิวริก3 % และโซเดียม-ไฮดร็อกไซด์ 2% ทุกอัตราส่วนเมทานอล และเมื่อมาตรวจสอบผลผลิตที่ได้ พอสรุปได้ว่าชุดที่ดีที่สุดของแต่ละอัตราส่วนเมทานอลโดยรวม ซึ่งแสดงรายละเอียดไว้ในตารางที่ 5.5

ตารางที่ 5.5 แสดงเปอร์เซ็นต์ความบริสุทธิ์ของเมทิลเอสเตอร์และปริมาณของเมทิลเอสเตอร์ที่ได้

อัตราส่วนเมทานอลโดยรวม	Esterification		ransesterification		% เมทิลเอสเตอร์	ปริมาณเมทิลเอสเตอร์(CC)
	เมทานอล	กรดซัลฟิวริก	เมทานอล	โซเดียมไฮดร็อกไซด์		
MeOH=24 %	MeOH=8%	H_2SO_4=3%	MeOH=16%	NaOH=2%	92.396	440
MeOH=30 %	MeOH=10%	H_2SO_4=3%	MeOH=20%	NaOH =2%	99.002	440
MeOH=36 %	MeOH=12%	H_2SO_4=3%	MeOH=24%	NaOH =2%	99.079	440



รูปที่ 5.2 แสดงผลชุดที่ดีที่สุดของแต่ละอัตราส่วนเมทานอล

(Es=Eesterification ,Tr=Transesterification,Set=ปล่อยทิ้งไว้,MeOH=เมทานอล ,H2SO4=กรดซัลฟิวริกและ NaOH=โซเดียมไฮดร็อกไซด์)

จากรูปที่5.2 แสดงการเกิดเมทิลเอสเตอร์เมทิลเอสเตอร์ ของอัตราส่วนของเมทา-นอลต่อน้ำมันที่ 24 % ใช้กรดซัลฟิวริก (H_2SO_4) 3% โซเดียมไฮดร็อกไซด์(NaOH) 2% , อัตราส่วนของเมทานอลต่อน้ำมันที่ 30%ใช้กรดซัลฟิวริก (H_2SO_4) 3% โซเดียมไฮดร็อกไซด์(NaOH) 2% และอัตราส่วนของเมทานอลต่อน้ำมันที่ 36% ใช้กรดซัลฟิวริก (H_2SO_4) 3% โซเดียมไฮดร็อกไซด์ (NaOH) 2% จะเห็นได้ว่ากระบวนการผลิตแบบ Esterification ทำหน้าที่ลดกรดไขมันอิสระโดยเปลี่ยนกรดไขมันอิสระเป็นเมทิลเอสเตอร์ จึงทำให้ความบริสุทธิ์ของเมทิลเอสเตอร์ที่ได้ค่อนข้างต่ำมาก และเมื่อผ่านกระบวนการ Transesterification จะเห็นได้ว่าความบริสุทธิ์ของเมทิลเอสเตอร์เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว

5.3 สรุป

การผลิตเมทิลเอสเตอร์จากน้ำมันปาล์มดิบชนิดหีบรวม ที่มีค่าความเป็นกรดไขมันอิสระที่สูงเป็นการยากสำหรับใช้กระบวนการผลิตแบบ Transesterification ได้โดยตรง ดังนั้นจึงได้ออกแบบกระบวนการผลิตเป็นสองกระบวนการคือกระบวนการแรกใช้การผลิตแบบ Esterification ซึ่งเลือกใช้กรดซัลฟิวริก (H_2SO_4) เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาที่ความเข้มข้น 1,3 และ 5%โดยน้ำหนักเพื่อทำหน้าที่ลดกรดไขมันอิสระจากนั้นใช้กระบวนการผลิตการแบบ Transesterification ซึ่งเลือกใช้โซเดียมไฮดร็อกไซด์ (NaOH) เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาที่ความเข้มข้น 2, 3 และ 4% โดยน้ำหนัก เพื่อผลิตเป็นเมทิลเอสเตอร์หรือโดยทั่วไปเรียกว่าไบโอดีเซล ในการผลิตเมทิลเอสเตอร์ทั้งสองกระบวนการใช้อัตราส่วนเมทานอลโดยรวมคือ 24, 30 และ 36% โดยปริมาตร ผลผลิตเมทิลเอสเตอร์ที่ได้ เมื่อผ่านการตรวจสอบหาค่าความบริสุทธิ์ด้วยเทคนิค Thin Layer Chromatograph พบว่า ผลผลิตที่ดีที่สุดของแต่ละชุดอัตราส่วนเมทานอลมีค่าความบริสุทธ์เป็น 92.4 , 99 และ 99% ตามลำดับ หลังจากการเลือกอัตราส่วนเมทานอลที่ดีที่สุดของแต่ละอัตราส่วนเมทานอล ปรากฏว่าชุดอัตรา ส่วนเมทานอลที่ 30% เป็นชุดที่ดีที่สุดของอัตราส่วนเมทานอลทั้งหมด เนื่องจากในงานวิจัยนี้ ได้ระบุความบริสุทธิ์ของเมทิลเอสเตอร์ที่ได้ไม่น้อยกว่า 97% และสอดคล้องกับปริมาณเมทิลเอสเตอร์ที่ได้มากที่สุดประมาณ 88% เทียบโดยปริมาตร ดังนั้นจึงสมควรเลือกชุดการทดลองที่อัตราส่วนเมทานอล 30% ในงานวิจัยนี้นอกจากจะได้กระบวนการผลิตเมทิลเอสเตอร์ที่ใช้กับน้ำมันปาล์มหีบรวมแล้วยังสามารถน้ำไปใช้กับวัตถุดิบชนิดอื่นๆ ที่มีค่าความเป็นกรดไขมันที่สูงได้

เมื่อนำเมทิลเอสเตอร์ของชุดการทดลองที่อัตราส่วนเมทานอล 30% มาตรวจสอบคุณสมบัติต่างๆ และเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐาน ผลที่ได้แสดงไว้ในตารางที่ 5.6

ตารางที่ 5.6 เปรียบเทียบคุณสมบัติของเชื้อเพลิง

สมบัติของเชื้อเพลิง	น้ำมันดีเซล	เมทิลเอสเตอร์ (ME-MCPO-2stage)	คุณภาพของไบโอดีเซล 2548
เมทิลเอสเตอร์ %wt	-	99	96.5 min
ค่าความร้อน, MJ/kg	-	39.81	-
ค่าความหนืดไคเนเมติก, cst @ 40oC	1.8 - 4.1	3.21	3.5 min
ปริมาณน้ำ, by wt	0.05 % max	0.03	0.05% max
คาร์บอน, wt%	0.05% max	0.2	0.3% max
จุดวาบไฟ, °C	52 min	162	120 min
จุดขุ่น, °C	-	12	-
จุดไหลเท,°C	10 max	9	-
เถ้า %wt	0.01 max	0.02	0.02 max
การกลั่น (90% recovered)	357 max	331.6	-

ข้อเสนอแนะ

1. เนื่องจากใจงานวิจัยนี้มีชุดการทดลองทั้งหมด 27 ชุดการทดลองปรากฏว่า จะมีชุดการทดลองอยู่ 3 ชุดการทดลองที่ไม่สามารถผลิตเมทิลเอสเตอร์ได้ เนื่องจากไม่สามารถละลายส่วนผสมระหว่างเมทานอลกับโซเดียมไฮดร็อกไซด์ ที่อัตราส่วนเมทานอล 16% โดยปริมาตร และโซเดียมไฮดร็อกไซด์ 4%โดยน้ำหนัก

2. ระยะเวลาในการผลิตของทั้ง Esterification และ Transesterification ของแต่ขั้นตอนอยู่ที่ 1 ชั่วโมง 30 นาที ส่วนกรณีที่ปล่อยให้ทำปฏิกิริยาต่ออีก 8 ชั่วโมงหลังขั้นตอน Esterification นั้นน่าจะไปศึกษาดูเวลาที่เหมาะสม

3. ในงานวิจัยนี้ใช้อัตราส่วนเมทานอลต่อน้ำมัน โดยปริมาตร และได้แสดงเป็นอัตราส่วนโมลของเมทานอลต่อน้ำมัน โดยใช้สูตร= $\frac{\text{โมลเมทานอล=[มวล(g)/มวลโมเลกุล(g/mol)]}}{\text{โมลน้ำมัน=[มวล(g)/มวลโมเลกุล(g/mol)]}}$ ดังแสดงอัตราส่วนโมลของเมทานอลต่อน้ำมันในตารางที่ 5.7

ตารางที่ 5.7แสดงอัตราส่วนโมลของเมทานอลต่อน้ำมัน

เมทานอล ค่อ น้ำมัน	โมลเมทานอล	โมลน้ำมัน	อัตราส่วนโมลเมทานอล ค่อน้ำมัน
24% by vol = 240 cc หรือ 190.032 g	5.931086	1.06215101	5.58 : 1
30% by vol =300 cc หรือ 237.54 g	7.413858		6.98 : 1
36% by vol =360 cc หรือ 285.048g	8.896629		8.38 :1

MCPO= (มวล = 910g , มวลโมเลกุล= 856.752 g/mol) และ CH_3OH = (มวล =0.7918g , มวลโมเลกุล= 32.04 g/mol)