

กระบวนการและต้นทุนในการผลิตส่วนผสมดีเซลจาก น้ำมันปาล์มดิบหีบรวม

Procedure and Cost Diesel Extender Production from Mixed Crude Palm Oil

กฤตพันธ์ เทพษร¹, อธิระยุทธ หลีวีจิตร² และ กำพล ประทีปชัยกูร³

^{1,2,3} ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อ.หาดใหญ่
จ.สงขลา 90112
E-mail : pk_jesususes@hotmail.com

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของบทความนี้ คือ พัฒนาการกระบวนการผลิตส่วนผสมดีเซลต้นทุนต่ำจาก MCPO ที่สามารถผสมในน้ำมันดีเซลได้สูงสุดโดยไม่เกิดไขที่อุณหภูมิห้อง

ในงานวิจัยนี้จะแบ่งออกเป็น 2 การทดลอง การทดลองที่ 1 การผลิตส่วนผสมดีเซลด้วยปฏิกิริยาเอสเตอริฟิเคชันเป็นการนำ MCPO ไปทำปฏิกิริยาเอสเตอริฟิเคชันกับเมทานอลที่สัดส่วนต่างๆ เพื่อให้ได้ EMCPO ไปผสมกับน้ำมันดีเซล ส่วนการทดลองที่ 2 เป็นการผลิตส่วนผสมดีเซลด้วยปฏิกิริยา 2 ขั้นตอน จะทำเหมือนการผลิตส่วนผสมดีเซลด้วยวิธีเอสเตอริฟิเคชัน แต่ EMCPO ที่ได้จะถูกแยกออกเป็น EMCPO ส่วนที่เป็นของเหลวและส่วนที่เป็นไข โดยส่วนที่เป็นไขจะถูกนำไปทำปฏิกิริยาทรานส์เอสเตอริฟิเคชัน จะได้ ME เป็นผลิตภัณฑ์ จากนั้นนำไปผสมกับ EMCPO ส่วนที่เป็นของเหลวและน้ำมันดีเซล โดยที่ทั้ง 2 การทดลองทำเพื่อศึกษาคุณลักษณะการเกิดไขไปพร้อมกับการวิเคราะห์ต้นทุน ซึ่งจะได้ผลิตภัณฑ์สุดท้ายเป็นเชื้อเพลิงทดแทนดีเซลจากน้ำมันปาล์มดิบหีบรวมที่มีต้นทุนต่ำ ผลการทดลองที่ได้จากงานวิจัยนี้พบว่า 1. EMCPO และ EMCPO ที่ผสมกับ ME โดยใช้สัดส่วนเมทานอล 5 และ 15 vol.% มีต้นทุนราคาต่ำที่สุด 2. EMCPO และ EMCPO ที่ผสมกับ ME สามารถผสมในน้ำมันดีเซลได้สูงสุด 30 และ 50 vol.% โดยไม่เกิดไข

คำหลัก: ไบโอดีเซล น้ำมันปาล์มดิบหีบรวม เอสเตอริฟิเคชัน

Abstract

The objective of this research were to develop the procedure for production of the admixture low cost replacing diesel alternative fuel from MCPO which is able to add in diesel and do not become waxing in the room temperature.

This research can be separated into 2 experiments. First, the production of the admixture diesel with esterification is to use MCPO esterification with methanol in the suitable blending portions to get EMCPO to add with diesel. The second experiment is to produce the admixture diesel with interaction of 2 steps which is similar as the first experiment but EMCPO that we got will be separated to EMCPO in a part of fluid and in a part of waxing. The waxing part will be used to trans-esterification to get ME production. After that mixing with EMCPO in a part of fluid and diesel. As both experiments have been made for researching the characteristic of waxing and in the same time with cost analysis which the last production is the low cost of diesel alternative fuel of various fuels derived from Mixed Crude Palm Oil. The result of this research found that 1. EMCPO and EMCPO which is mixed up with ME by using methanol 5 and 15 vol.% would have the lowest cost. 2. EMCPO and EMCPO which is mixed up with ME can be added in diesel 30 and 50 vol.% without waxing.

Keywords: Biodiesel, Mixed Crude Palm Oil, Esterification

1. บทนำ

เป็นที่ทราบกันดีแล้วว่าน้ำมันพืชเป็นแหล่งวัตถุดิบที่มีศักยภาพเหมาะสมสำหรับการผลิตเชื้อเพลิงทดแทนชนิดต่างๆ [11,13-15] เชื้อเพลิงทดแทนดีเซลที่ผลิตจากน้ำมันปาล์มดิบที่บวม (Mixed Crude Palm Oil: MCPO) แบ่งได้เป็น 4 ชนิด คือ ชนิดลดยางเหนียว (D₉MCPO) ชนิดลดยางเหนียวและลดกรด (D_{9-a}MCPO) ชนิดเอสเทอร์ไฟน์ (Esterifine Mixed Crude Palm Oil: EMCPO) และชนิดเมทิลเอสเทอร์ (ME)

น้ำมันไบโอดีเซลหรือเมทิลเอสเทอร์ (Methyl Ester: ME) [12] สามารถผลิตได้จากการทำปฏิกิริยา 2 ขั้นตอน คือ ปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเคชันเป็นการทำปฏิกิริยาระหว่างกรดไขมันอิสระ (Free Fatty Acids: FFA) กับเมทานอล โดยมีกรดซัลฟิวริกเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา เพื่อให้ได้ EMCPO ที่สามารถผสมในดีเซลสูงสุด ≤30 vol.% สำหรับใช้ในเครื่องยนต์การเกษตร และตามด้วยปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน เป็นการทำปฏิกิริยาระหว่าง ไตรกลีเซอไรด์กับเมทานอล โดยมีโซเดียมไฮดรอกไซด์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา เพื่อให้ได้ ME ที่สามารถใช้งานได้โดยตรงในเครื่องยนต์การเกษตรและผสมในดีเซล ≤65 vol.% สำหรับการใช้งานในเครื่องยนต์ยานพาหนะ [2]

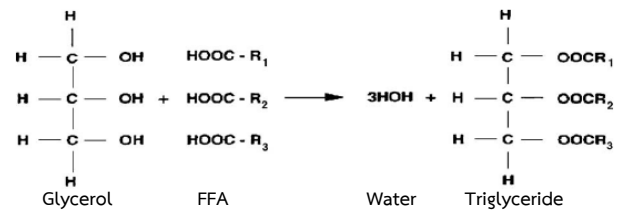
แต่ในการผลิตส่วนผสมดีเซลยังมีข้อด้อยที่ต้องปรับปรุงคือ มีกรดไขมันอิสระสูงซึ่งมีผลต่อการผลิตเมทิลเอสเทอร์ (ทำให้ปริมาณการได้คืนของเชื้อเพลิงลดลง เนื่องจากการสูญเสียกรดไขมันในรูปของสบู่) มียางเหนียวทำให้เกิดการอุดตันในไส้กรองน้ำมันและหัวฉีด มีความหนืดสูงที่ก่อให้เกิดการตกค้างหลังการเผาไหม้ [10] และการเป็นไขจะทำให้ระบบจ่ายเชื้อเพลิงอุดตัน

และในการผลิต ME ยังใช้ต้นทุนในการผลิตค่อนข้างสูง เมื่อเปรียบเทียบกับเชื้อเพลิงทดแทนดีเซลชนิดต่างๆ ดังนั้น เมื่อพิจารณาราคาน้ำมันดีเซล และผลผลิตจากปาล์มน้ำมันเฉลี่ย ตั้งแต่ ปี 2549-2554 จะพบว่า ส่วนต่างราคาขายปลีกของน้ำมันดีเซลหน้าปั๊ม กับราคาน้ำมันปาล์มดิบที่บวมเฉลี่ยอยู่ที่ 6.32-6.35 บาทต่อลิตร คิดเป็น 22.43-22.52% ของราคาขายปลีกน้ำมันดีเซลหน้าปั๊ม [1,5] จากข้อมูลดังกล่าวแสดงให้เห็นว่า การผลิตเชื้อเพลิงทดแทนดีเซลต้นทุนต่ำ มีความจำเป็นที่ต้องปรับปรุงและพัฒนา ซึ่งถือว่าเป็นโอกาสทางธุรกิจช่องทางหนึ่งที่จะช่วยลดการนำเข้าน้ำมันดีเซลจากต่างประเทศ อีกทั้งยังเป็นการเพิ่มรายได้ให้กับกลุ่มเกษตรกรผู้ปลูกปาล์มในไทยอีกด้วย

วัตถุประสงค์ของบทความนี้ คือ พัฒนาระบบการผลิตส่วนผสมดีเซลต้นทุนต่ำจาก MCPO ที่สามารถผสมในน้ำมันดีเซลได้สูงสุดโดยไม่เกิดไขที่อุณหภูมิห้อง สำหรับการนำไปใช้งานในเครื่องยนต์การเกษตร

2. ทฤษฎีและหลักการ

น้ำมันพืชประกอบด้วยไตรกลีเซอไรด์ (TG) 90-98 wt.% ไดกลีเซอไรด์ (DG) โมโนกลีเซอไรด์ (MG) และกรดไขมันอิสระ (Free Fatty Acids: FFA) อีกเล็กน้อย [13] ไตรกลีเซอไรด์เป็นเอสเทอร์ของกรดไขมัน 3 โมเลกุล ซึ่งเป็นโครงสร้างโมเลกุลที่มีพันธะยาว จับอยู่กับแกนของกลีเซอรอล 1 โมเลกุล ทำให้มีโอกาสเกิดไขสูง ดังรูปที่ 1 [8]



รูปที่ 1 โครงสร้างทางเคมีของน้ำมันพืช

ดังนั้นในการผลิตส่วนผสมดีเซลจาก MCPO จึงต้องใช้การทำปฏิกิริยา 2 ขั้นตอน เพื่อให้โครงสร้างโมเลกุลของน้ำมันสั้นลงเป็นการลดการเกิดไข สามารถอธิบายได้ดังปฏิกิริยา ต่อไปนี้

2.1 ปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเคชัน

ปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเคชัน เป็นการทำปฏิกิริยาระหว่างกรดไขมันอิสระ 1 โมเลกุล กับเมทานอล 1 โมเลกุล เปลี่ยนเป็นเมทิลเอสเทอร์ 1 โมเลกุล กับน้ำ 1 โมเลกุล โดยมีกรดซัลฟิวริกเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา และแยกยางเหนียวออกจากรูปที่ 2 [9]



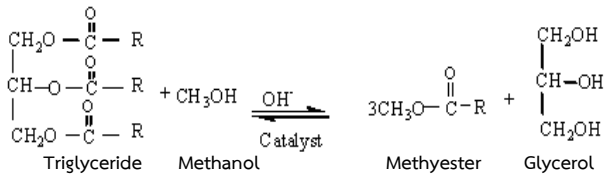
รูปที่ 2 ปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเคชัน

แต่ในขั้นตอนต่อไปจะนำเฉพาะ Ester ไปทำปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน ในขั้นตอนถัดไป

2.2 ปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน

ปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน เป็นการทำปฏิกิริยาระหว่างไตรกลีเซอไรด์ 1 โมเลกุล กับเมทานอล 3 โมเลกุล เปลี่ยนเป็นเมทิลเอสเทอร์ 3 โมเลกุล กับกลี

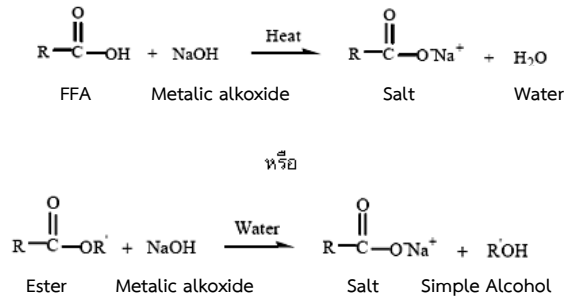
เซอร์อล 1 โมเลกุล กระบวนการนี้ใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ดังรูปที่ 3 [4]



รูปที่ 3 ปฏิกิริยาทรานส์เอสเตอริฟิเคชัน

หาก Ester ที่นำมาทำปฏิกิริยาทรานส์เอสเตอริฟิเคชัน มีกรดไขมันอิสระอยู่สูง (โดยประมาณ 4 wt.%) ปฏิกิริยาสะปอนนิฟิเคชันก็อาจเกิดขึ้นได้

2.3 ปฏิกิริยาสะปอนนิฟิเคชัน



รูปที่ 4 ปฏิกิริยาสะปอนนิฟิเคชัน

3. วัตถุดิบและขั้นตอนการทดลอง

3.1 วัตถุดิบ

MCPO ที่มีกรดไขมันอิสระระหว่าง 8-14 wt.% และสารเคมีเกรดการค้า (Commercial Grade) ได้แก่ กรดซัลฟิวริกเกรด (98 wt.%) เมทิลแอลกอฮอล์ (98 wt.%) และโซเดียมไฮดรอกไซด์ 99 (wt.%)

3.2 การเตรียมเชื้อเพลิง

การเตรียมเชื้อเพลิงจะแบ่งออกเป็น 2 วิธี โดยวิธีการผลิตส่วนผสมดีเซลด้วยปฏิกิริยาเอสเตอริฟิเคชัน จะเริ่มต้นจากการนำ MCPO ไปทำปฏิกิริยาเอสเตอริฟิเคชันกับเมทานอลที่สัดส่วน 5, 10, 15 และ 20 vol.% โดยใช้กรดซัลฟิวริกเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ปล่อยให้เย็นตัวลงเป็นเวลา 120 นาที ผลิตภัณฑ์ที่ได้ในขั้นตอนนี้จะแยกชั้นออกเป็น 2 ส่วน คือ EMCPO และกลีเซอรอลกับยางเหนียว ให้กรองด้วยตะแกรงเพื่อแยกกลีเซอรอลกับยางเหนียวทิ้ง นำ EMCPO ที่ได้ไปล้างน้ำ อุ่นน้ำ ไตรเตทและนำไปผสมกับน้ำมันดีเซล เพื่อศึกษาคุณลักษณะการเกิดไข ดังตารางที่ 1 (ขั้นตอนการผลิต 1-6) ส่วนวิธีการผลิตส่วนผสมดีเซลด้วยปฏิกิริยา 2 ขั้นตอน จะทำเหมือนการผลิตส่วนผสมดีเซลด้วยปฏิกิริยาเอสเตอริฟิเคชัน

แต่ EMCPO ที่ได้จากการไตรเตทแล้วจะตั้งทิ้งไว้ 2 วัน เพื่อให้ EMCPO ดังกล่าวแยกออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่เป็นของเหลวและส่วนที่เป็นไข ดังตารางที่ 1 (ขั้นตอนการผลิต 1-7) จากนั้นนำเฉพาะส่วนที่เป็นไขไปทำปฏิกิริยาทรานส์เอสเตอริฟิเคชันโดยใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา จะได้ ME เป็นผลิตภัณฑ์แล้วนำไปล้างทำความสะอาด อุ่นน้ำอีกครั้ง ดังตารางที่ 2 จากนั้นนำ EMCPO ส่วนที่เป็นของเหลวและ ME ที่ผลิตได้จากไขมันรวมกับน้ำมันดีเซลจะได้เชื้อเพลิงทดแทนดีเซลจากน้ำมันปาล์มดิบที่บวมเป็นผลิตภัณฑ์สุดท้าย

ตารางที่ 1 กระบวนการเอสเตอริฟิเคชัน

ขั้นตอนการผลิต (Esterification)	CH ₃ OH (vol.% of MCPO)			
	5 vol.%	10 vol.%	15 vol.%	20 vol.%
1.กวนทำปฏิกิริยานาน 90 นาที				
• วัตถุดิบ				
- MCPO (ml)	1000	1000	1000	1000
- H ₂ SO ₄ (vol.% of MCPO)	2	2	2	2
• อุณหภูมิ (°C)	60	60	60	60
2.ปล่อยให้เย็นตัวและแยกชั้น เป็นเวลา 120 นาที				
- ชั้นบน:EMCPO(ml)	918	935	955	967
- ชั้นล่าง:กลีเซอรอลและยางเหนียว(ml)	82	65	45	33
3.กรองด้วยตะแกรง	-	-	-	-
4.นำไปล้างน้ำ	-	-	-	-
5.อุ่นน้ำที่ 100 °C	-	-	-	-
6.ไตรเตท FFA(wt.%)	6.77	4.17	2.3	1.21
7.ตั้ง EMCPO เป็นเวลา 2 วัน เพื่อให้เกิดการแยกชั้น				
- ชั้นบน:EMCPOของเหลว (ml)	528	585	629	635
- ชั้นล่าง:EMCPOไข(ml)	390	350	326	332

ตารางที่ 2 กระบวนการทรานส์เอสเตอริฟิเคชัน

ขั้นตอนการผลิต (Transesterification)	CH ₃ OH (vol.% of MCPO)			
	5 vol.%	10 vol.%	15 vol.%	20 vol.%
1.กวนทำปฏิกิริยานาน 90 นาที				
• วัตถุดิบ				
- EMCPOส่วนไข(ml) (จากตารางที่ 1 ขั้นตอนที่ 7)	390	350	326	332
- NaOH(g of NaOH/l of EMCPO)	14.97	12.26	8.58	5.9
- CH ₃ OH (vol.% of EMCPOไข)	23	23	23	23
• อุณหภูมิ (°C)	60	60	60	60
2.ตั้ง EMCPO ให้แยกชั้น				
- ชั้นบน: ME(ml)	0	90	291	316
- ชั้นล่าง:กลีเซอรอล(ml)	0	260	35	16
3.กรองด้วยตะแกรง	-	-	-	-
4.นำไปล้างน้ำ	-	-	-	-
5.อุ่นน้ำที่ 100 °C	-	-	-	-
6.ไตรเตท FFA(wt.%)	-	0.1	0.1	0.1

3.3 การวัดการเกิดไข

นำเชื้อเพลิงทดแทนดีเซลผสมกับน้ำมันดีเซลที่ สัดส่วนต่างๆ บรรจุในกระบอกตวงปริมาตร 100 ml มี สเกลอ่านค่าทั้งหมด 100 สเกล ค่าความละเอียดในการ อ่าน ± 0.5 ml ซึ่งการเกิดไขจะคิดเป็น vol.% โดยการ ทดลองนี้จะตั้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 14 วัน

4. ผลและวิจารณ์

4.1 ปริมาณการได้คืน

จากการผลิตส่วนผสมดีเซลทั้ง 2 วิธี พบว่า ใน ขั้นตอนปฏิกิริยาเอสเตอริฟิเคชัน ที่เกิดจากการนำ MCPO มาทำปฏิกิริยากับเมทานอลที่ปริมาตรต่างๆ กัน 5,10,15 และ 20 vol.% จะได้ EMCPO ที่มีปริมาณการ ได้คืน(%yield) คิดเป็น 91.8, 93.5, 95.5 และ 96.7% ตามลำดับ

ส่วนการผลิตส่วนผสมดีเซลด้วยปฏิกิริยาแบบ 2 ขั้นตอน ซึ่ง EMCPO ที่ได้จะแยกชั้นออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่เป็นของเหลวและส่วนที่เป็นไข เมื่อนำส่วนที่เป็นไข จากตารางที่ 1 (ขั้นตอนที่7) มาทำปฏิกิริยากับเมทานอล ที่ 23 vol.% ในขั้นตอนปฏิกิริยาทรานส์เอสเตอริฟิเคชัน จะได้ ME เป็นผลิตภัณฑ์ โดยพบว่า เมทานอลที่ 5vol.% ของ MCPO จะให้ค่า FFA 6.77 wt.% จึงทำให้เกิดปฏิกิริยาสะปอนนิฟิเคชันที่ได้สูงเป็นผลิตภัณฑ์ ส่วน เมทานอลที่ 10,15 และ 20 vol.% จะให้ปริมาณการได้ คืนที่ 25.71, 89.26 และ 95.18% ตามลำดับ ดังตารางที่ 2 ดังนั้นปริมาณการได้คืนทั้ง 2 วิธีนี้ จึงมีผลต่อต้นทุน ราคาเชื้อเพลิง ดังจะวิเคราะห์ในหัวข้อถัดไป

4.2 ต้นทุนเชื้อเพลิง

ต้นทุนราคาเชื้อเพลิงในการผลิตส่วนผสมดีเซลด้วย ปฏิกิริยาเอสเตอริฟิเคชัน จะคิดเฉพาะกระบวนการ เอสเตอริฟิเคชัน ดังตารางที่ 3 ส่วนการผลิตส่วนผสม ดีเซลด้วยปฏิกิริยาแบบ 2 ขั้นตอน จะคิดทั้งกระบวนการ เอสเตอริฟิเคชันและทรานส์เอสเตอริฟิเคชัน ดังตารางที่ 3 และ 4

ตารางที่ 3 ต้นทุนราคาเชื้อเพลิงทดแทนดีเซลจากกระบวนการเอสเตอริฟิเคชัน

วัตถุดิบ (unit)	ราคา/หน่วย (baht)	CH ₃ OH (vol.% of MCPO)				ต้นทุนในการผลิตเชื้อเพลิงแต่ละชนิดของ CH ₃ OH (vol.% of MCPO) (baht)			
		5vol.%	10vol.%	15vol.%	20vol.%	5vol.%	10vol.%	15vol.%	20vol.%
MCPO (L)	21.86	1	1	1	1	21.86	21.86	21.86	21.86
H ₂ SO ₄ (kg)	15.29	0.0368	0.0368	0.0368	0.0368	0.5627	0.5627	0.5627	0.5627
CH ₃ OH (L)	30.31	0.05	0.10	0.15	0.20	1.5155	3.031	4.5465	6.062
NaOH (kg)	38.40	-	-	-	-	-	-	-	-
น้ำประปา (L)	0.013	2	2	2	2	0.026	0.026	0.026	0.026
ไฟฟ้า (kWh)	2.76	0.0719	0.0723	0.0728	0.0732	0.1984	0.1996	0.2009	0.2020
ต้นทุนรวม (baht)						24.1626	25.6793	27.1961	28.7127
ปริมาณการได้คืน (%yield)						91.8	93.5	95.5	96.7
ราคาต้นทุน (baht/L)						26.32	27.47	28.63	29.69

ตารางที่ 4 ต้นทุนราคาเชื้อเพลิงทดแทนดีเซลจากกระบวนการทรานส์เอสเตอริฟิเคชัน

วัตถุดิบ (unit)	ราคา/หน่วย (baht)	CH ₃ OH (vol.% of MCPO)				ต้นทุนในการผลิตเชื้อเพลิงแต่ละชนิดของ CH ₃ OH (vol.% of MCPO) (baht)			
		5vol.%	10vol.%	15vol.%	20vol.%	5vol.%	10vol.%	15vol.%	20vol.%
MCPO (L)	21.86	-	0.350	0.326	0.332	-	-	-	-
H ₂ SO ₄ (kg)	15.29	-	-	-	-	-	-	-	-
CH ₃ OH (L)	30.31	-	0.0805	0.0713	0.07636	-	2.43996	2.1611	2.3145
NaOH (kg)	38.40	-	0.004025	0.00279708	0.0022244	-	0.15456	0.1074	0.0854
น้ำประปา (L)	0.013	-	2	2	2	-	0.026	0.026	0.026
ไฟฟ้า (kWh)	2.76	-	0.1102	0.1396	0.14398	-	0.3042	0.3853	0.3974
ต้นทุนรวม (baht)						0	2.9247	2.6798	2.8233
ปริมาณการได้คืน (%yield)						0	25.71	89.26	95.18
ราคาต้นทุน (baht/L)						0	11.39	3.00	2.97

จากตารางที่ 3 แสดงให้เห็นว่า ปริมาณเมทานอลที่มากขึ้นจะให้ปริมาณการได้คีนที่สูงขึ้นตาม แต่ราคาต้นทุนก็จะสูงขึ้นตามด้วย ตามปริมาณเมทานอลที่ต้องใช้เพิ่มขึ้นซึ่งมีราคาแพง ดังนั้นเมทานอลที่ 5 vol.% จึงมีความเป็นไปได้ที่จะสามารถนำมาผลิตเป็นเชื้อเพลิงทดแทนดีเซลต้นทุนต่ำสำหรับใช้ในเครื่องยนต์การเกษตร

จากตารางที่ 4 แสดงให้เห็นว่า ปริมาณการได้คีนของ ME ยิ่งสูง ราคาต้นทุนยิ่งต่ำลง เพราะเมทานอลที่ใช้ในขั้นตอนนี้มีปริมาณเท่ากัน ดังนั้นต้นทุนในขั้นตอนนี้จึงขึ้นอยู่กับปริมาณการได้คีนของ ME เป็นปัจจัยหลัก

และการผลิตส่วนผสมดีเซลด้วยปฏิกิริยาแบบ 2 ขั้นตอน เมื่อนำราคาต้นทุนรวมมาคิดจะเห็นว่า ที่สัดส่วนของเมทานอล 10, 15 และ 20 vol.% ได้ราคาต้นทุนรวมเป็น 38.86, 31.63 และ 32.66 บาท แต่ที่สัดส่วนเมทานอล 5 vol.% ไม่สามารถนำมาคิดราคาต้นทุนได้ เนื่องจากในขั้นตอนทรานส์เอสเตอริฟิเคชันผลิตภัณฑ์ที่ได้เกิดเป็นสบู่ ดังนั้นที่สัดส่วนเมทานอล 15 vol.% จึงมีความเป็นไปได้ที่จะนำมาผลิตเป็นเชื้อเพลิงทดแทนดีเซลต้นทุนต่ำสำหรับใช้ในเครื่องยนต์การเกษตร

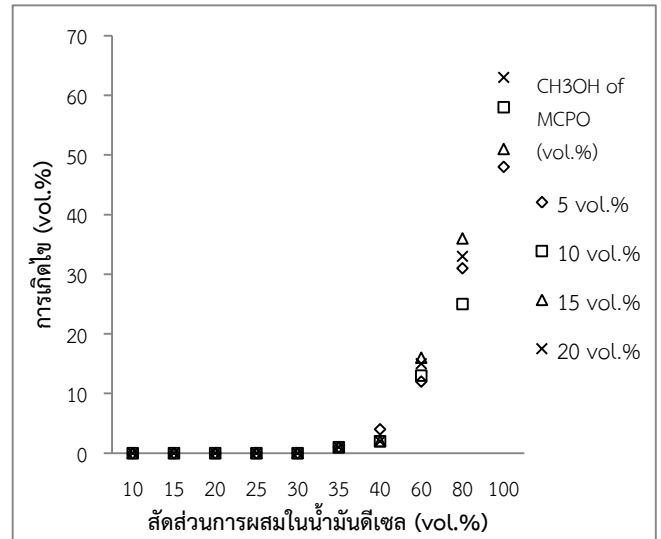
- หมายเหตุ
1. ME ผลิตจาก EMCPO (ส่วนไซ) จึงไม่ต้องคิดต้นทุนของน้ำมันปาล์มดิบ
 2. ปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ทำปฏิกิริยาขึ้นอยู่กับค่ากรดไขมันอิสระที่ไตเตรทได้ของน้ำมันตั้งต้น
 3. ต้นทุนในที่นี้ไม่รวมค่าแรงงานในการผลิต
 4. ต้นทุนค่าน้ำประปา [6]
 5. ต้นทุนค่าไฟฟ้า [7]

4.3 การเกิดไข

กระบวนการเอสเตอริฟิเคชันและทรานส์เอสเตอริฟิเคชัน ถูกนำมาใช้ในการผลิตส่วนผสมดีเซลจาก MCPO หลักการคือ ทำให้โครงสร้างโมเลกุลของน้ำมันที่มีพันธะยาวให้มีโครงสร้างโมเลกุลสั้นลง เพื่อลดการเกิดไข ผลที่ได้จากการทดลอง เป็นดังนี้

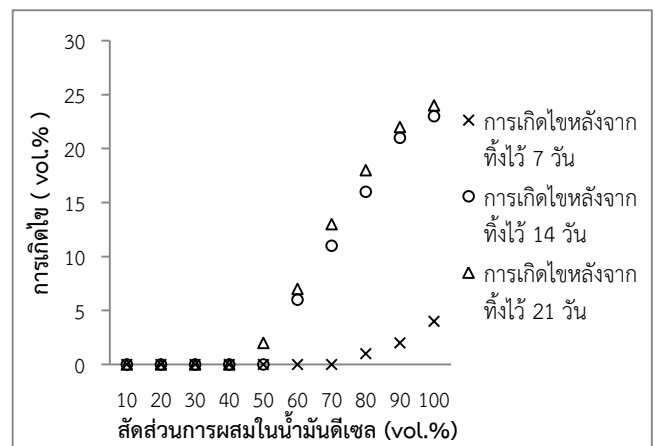
การผลิตส่วนผสมดีเซลด้วยปฏิกิริยาเอสเตอริฟิเคชัน เมื่อพิจารณาพฤติกรรมของการเกิดไขของ EMCPO ที่ผสมในน้ำมันดีเซล เป็นเวลา 14 วัน ซึ่งเป็นระยะเวลาที่การเกิดไขจะเริ่มคงตัว [3] จะเห็นได้ว่า สัดส่วนการผสมของ EMCPO ในน้ำมันดีเซลที่เหมาะสม กล่าวคือ ไม่ทำให้เกิดไข จะอยู่ที่ 30 vol.% ที่ทุกสัดส่วนของเมทานอลที่ใช้ทำปฏิกิริยาเอสเตอริฟิเคชัน และปริมาณการเกิดไขมี

แนวโน้มเพิ่มขึ้น เมื่อสัดส่วนการผสมของ EMCPO ในน้ำมันดีเซลเพิ่มขึ้น ดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 อัตราส่วนการผสมเชื้อเพลิงทดแทนดีเซลกับน้ำมันดีเซลที่สัดส่วนต่างๆ เมื่อตั้งทิ้งไว้ 14 วัน

และการผลิตส่วนผสมดีเซลด้วยปฏิกิริยาแบบ 2 ขั้นตอน เมื่อพิจารณาพฤติกรรมของการเกิดไขของ EMCPO (เกิดจากการทำปฏิกิริยาเอสเตอริฟิเคชันและทรานส์เอสเตอริฟิเคชันที่เมทานอล 15 vol.% ของ MCPO) ส่วนที่เป็นของเหลวผสมกับ ME และน้ำมันดีเซลที่ปริมาตรต่างๆ จะเห็นได้ว่า สัดส่วนการผสมในน้ำมันดีเซลที่เหมาะสม คือ 50 vol.% พิจารณาจากการเกิดไขจะเริ่มคงตัวเมื่อเวลาผ่านไป 14 วัน ดังรูปที่ 6



รูปที่ 6 อัตราส่วนการผสมเชื้อเพลิงทดแทนดีเซลกับน้ำมันดีเซลที่สัดส่วนต่างๆ

5. สรุปผล

5.1 พัฒนาระบบการผลิตส่วนผสมดีเซลต้นทุนต่ำจาก MCPO 2 วิธี คือ วิธีการผลิตส่วนผสมดีเซลด้วยปฏิกิริยาเอสเตอริฟิเคชันและการผลิตส่วนผสมดีเซลด้วยปฏิกิริยาแบบ 2 ขั้นตอน (ปฏิกิริยาเอสเตอริฟิเคชันและปฏิกิริยาทรานส์เอสเตอริฟิเคชันของส่วนไข)

5.2 การผลิตส่วนผสมดีเซลด้วยปฏิกิริยาเอสเตอริฟิเคชันที่เมื่อเปรียบเทียบกับต้นทุนราคาที่สุดส่วนเมทานอล 5 vol.% ของ MCPO ใช้ต้นทุนในการผลิตต่ำสุดคือ 26.32 บาทต่อการผลิตส่วนผสมดีเซล 1 ลิตร ซึ่งสามารถผสมในน้ำมันดีเซลได้สูงสุดโดยไม่เป็นไขที่ 30 vol.% ส่วนการผลิตส่วนผสมดีเซลด้วยปฏิกิริยาแบบ 2 ขั้นตอน (ปฏิกิริยาเอสเตอริฟิเคชันและปฏิกิริยาทรานส์เอสเตอริฟิเคชันของส่วนไข) ที่สัดส่วนเมทานอล 15 vol.% ของ MCPO ใช้ต้นทุนในการผลิตต่ำสุดคือ 31.63 บาทต่อการผลิตส่วนผสมดีเซล 1 ลิตร (นำราคาต้นทุนรวมของทั้ง 2 กระบวนการมาคิดรวมกัน) และสามารถผสมในน้ำมันดีเซลได้สูงสุดโดยไม่เกิดไขที่ 50 vol.%

5.3 การผลิตส่วนผสมดีเซลด้วยปฏิกิริยาเอสเตอริฟิเคชันที่สัดส่วนเมทานอล 5 vol.% ของ MCPO และการผลิตส่วนผสมดีเซลด้วยปฏิกิริยาแบบ 2 ขั้นตอน (ปฏิกิริยาเอสเตอริฟิเคชันและปฏิกิริยาทรานส์เอสเตอริฟิเคชันของส่วนไข) ที่สัดส่วนเมทานอล 15 vol.% ของ MCPO จึงมีแนวโน้มที่น่าสนใจในการผลิตส่วนผสมดีเซลต้นทุนต่ำที่สามารถใช้ในเครื่องยนต์การเกษตรได้ จึงจำเป็นต้องส่งไปวิเคราะห์คุณสมบัติเชื้อเพลิงและทดสอบในเครื่องยนต์การเกษตรต่อไป

6. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

7. เอกสารอ้างอิง

[1] การปิโตรเลียมแห่งประเทศไทย. สืบค้นจาก : <http://www.pttplc.com/en/news-energy-fact-oil-price-bangkok.aspx> [9 มกราคม 2555]
[2] ปริญา หม่อมพิบูลย์, อีระยุทธ หลีวีจิตร, กำพล ประทีปชัยกุล และ จีระศักดิ์ เพียรเจริญ (2553). ความหนืดของเชื้อเพลิงชนิดต่างๆ ที่ผลิตจากน้ำมันปาล์มดิบหีบรวม, การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, 8, 21 – 22 เมษายน 2553, หน้า 791 – 796.

[3] ปริญา หม่อมพิบูลย์ อีระยุทธ หลีวีจิตร กำพล ประทีปชัยกุล และ นรัฐ สินอุดม. 2554. การเกิดไขของเชื้อเพลิงชนิดต่างๆ ที่ผลิตจากน้ำมันปาล์มดิบหีบรวม. การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ครั้งที่ 9. ภูเก็ต. ประเทศไทย. 2-3 พฤษภาคม 2554.

[4] มณีชนก สุวรรณวงศ์, ตัวเร่งปฏิกิริยาน้ำส้มควันไม้และเฟอร์ริกซัลเฟตบนผงถ่านกัมมันต์ สำหรับการผลิตไบโอดีเซล, 2552, วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิตภาควิชาวิศวกรรมเคมี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

[5] สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน. 2551. วารสารนโยบายพลังงาน. ฉบับที่ 81. กรกฎาคม-กันยายน. หน้า 36.

[6] อัตราค่าน้ำธุรกิจขนาดเล็ก. อัตราค่าน้ำประปาพื้นที่ กปภ. สาขาอื่น (ทั่วประเทศ). การประปาส่วนภูมิภาค. สืบค้นจาก : <http://www.pwa.co.th/service/tariff rate.html> [9 มกราคม 2555]

[7] อัตราค่าไฟฟ้ากิจการขนาดเล็ก. การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค. สืบค้นจาก: <http://www.eppo.go.th/power/pw-Rate-PEA.html> [9 มกราคม 2555]

[8] Ali, Y., Hanna, M.A. 1994. Alternative Diesel Fuels from Vegetable Oils . Bioresources Technology, 50: 153-163.

[9] Jansri, S. 2007. Kinetics of Methyl Ester Production from Crude Palm Oil by Using Acid-Alkali Catalyst. A Thesis for the Degree of Master of Engineering in Mechanical Engineering. Prince of Songkla University.

[10] Kratzeisen, M. Muller, J. 2009. Influence of free fatty acid content of coconut oil on deposit and performance of plant oil pressure stoves. Fuel, doi:10.1016/j.fuel.2009.08.038.

[11] Murugesan, A., Umarani, C., Subramanian, R., Nedunchezian, N. 2008. Bio-diesel as an alternative fuel for diesel engines-A review. Renew Sustain Energy Rev;doi:10.1016/j.rser.2007.10.007.

[12] Prateepchaikul, G., Allen, M.L., Leevijit, T., Thaveesinsopha, K. 2007. Methyl ester production from high free fatty acid mixed



crude palm oil. Songklanakarin J Sci Technol, 29: 1551-1561.

[13] Srivastava, A., Prasad, R. 2000. Triglycerides-based diesel fuels. Renew Sustain Energy Rev, 4: 111-33.

[14] Shahid, E.M. and Jamal, Y. 2007. A review of biodiesel as vehicular fuel. Renewable and Sustainable Energy Review, doi:10.1016/j.rser.2007.06.001

[15] Ramadhas, A.S., Jayaraj, S., Muraleedharan, C. 2004. Use of vegetable oils as I.C. engine fuels-A review. Renewable Energy, 29: 727-742.