

การผลิตไบโอดีเซลด้วยปฏิกรณ์แบบต่อเนื่องและให้น้ำทิ้งน้อย Continuous production of biodiesel in a continuous reactor with minimal waste water

บดีนทร วัฒนวิสัย^{1*} คณิต กฤษณังกูร² และ กรณ์กนก อายุสุข³

¹ นักศึกษา ^{2,3} รองศาสตราจารย์ สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวเคมี คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี กรุงเทพฯ 10150

บทคัดย่อ

กระบวนการผลิตไบโอดีเซลโดยใช้ต่างเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ในระบบกะ (Batch system) จะทำให้เกิดการผันกลับของปฏิกิริยา ซึ่งเป็นสาเหตุที่ทำให้ไบโอดีเซลที่ได้ลดลง และเกิดน้ำทิ้งจากการล้างปฏิกิริยา เพื่อเป็นการลดปัญหาดังกล่าวงานวิจัยนี้จึงศึกษาระบบการผลิตไบโอดีเซลแบบต่อเนื่อง (Continuous system) และศึกษาการลดน้ำทิ้งโดยใช้สารส้มในการหยุดปฏิกิริยา เพื่อให้เกิดตะกอนแล้วจึงกรองแยกออกจากไบโอดีเซล ซึ่งจากการศึกษาพบว่า การผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์ม ด้วยอัตราการไหล 280 มิลลิลิตรต่อนาที ในปฏิกรณ์ขนาด 2.8 ลิตร ที่ภายในบรรจุด้วยตัวช่วยผสมแบบคงที่ (Static mixer) ตัวเร่งปฏิกิริยาโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ 0.75% อัตราส่วนเอทานอลต่อน้ำมัน 9:1 โดยโมล ใช้สารส้มในการหยุดปฏิกิริยา 350 กรัมต่อไบโอดีเซลหนึ่งลิตร ได้ผลิตภัณฑ์ไบโอดีเซลความบริสุทธิ์ 99.6% ภายในเวลา 10 นาที

Abstract

The yield of biodiesel from a base catalyzed transesterification in a batch system is generally low due to the reversed reaction. In addition, the process tends to generate high amount of waste water in the washing step.

In order to overcome the above problems, a continuous process was adopted in this study. Solid alum was used to stop the reaction and filtered off from the biodiesel products. The results showed that, biodiesel production from palm oil in a 2.8 liter continuous reactor filled with stainless steel wool acted as a static mixer gave biodiesel of 99.6% purity in 10 minutes, at the flow rate of 280 milliliter per minutes. KOH was used as the reaction catalyst at a concentration of 0.75%, based on ethanol. The molar ratio of ethanol to oil was 9:1. Three hundred and fifty gram of alum could satisfactorily neutralize one liter of biodiesel.

คำสำคัญ : ไบโอดีเซล ปฏิกิริยาทรานเอสเทอร์ริฟิเคชัน กระบวนการผลิตแบบต่อเนื่อง สารส้ม

Keywords : Biodiesel, Transesterification, Continuous flow processing, alum

*ผู้นิพนธ์ประสานงานไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ pongnavoy_7@hotmail.com โทร. 08 3248 6687

1. บทนำ

ไบโอดีเซลเป็นพลังงานทางเลือกที่มาจากธรรมชาติ สามารถใช้ทดแทนน้ำมันดีเซล ผลิตจากน้ำมันพืชหรือไขมันสัตว์ ปฏิกริยาที่ใช้ในการผลิตไบโอดีเซลคือ ปฏิกริยาทรานเอสเทอร์ิฟิเคชัน โดยใช้กรดหรือด่างเป็นตัวเร่ง ปฏิกริยา การผลิตไบโอดีเซลโดยทั่วไปผลิตในระบบกะ (Batch system) ใช้ตัวเร่งปฏิกริยาต่าง ซึ่งปฏิกริยา ทรานเอสเทอร์ิฟิเคชันเป็นปฏิกริยาที่ผันกลับได้เมื่อมีผลิตภัณฑ์ที่มากขึ้นจึงเกิดการย้อนกลับของปฏิกริยา การใช้ระบบ กะจึงมีขีดจำกัดของจำนวนผลิตภัณฑ์สูงสุด เพื่อหลีกเลี่ยงปัญหาดังกล่าวจึงมีการผลิตไบโอดีเซลในระบบต่อเนื่อง การผลิตในระบบนี้สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตไบโอดีเซลและ อัตราการเกิดปฏิกริยาให้สูงขึ้น นอกจากนี้การ ผลิตไบโอดีเซลโดยใช้ด่างเป็นตัวเร่งปฏิกริยา เมื่อทำปฏิกริยาสมบูรณ์ต้องทำการหยุดปฏิกริยาโดยการเติมกรดหลังจาก นั้นล้างด้วยน้ำ เพื่อล้างปฏิกริยาและสิ่งปนเปื้อนต่างๆออกจากผลิตภัณฑ์ไบโอดีเซล ปัจจุบันพบว่า ประเทศไทยมี โรงงาน 43 โรงงาน สามารถผลิตไบโอดีเซลได้ 1.5 ล้านลิตรต่อวัน มีน้ำเสียที่เกิดจากการกำจัดตัวเร่งปฏิกริยาเกิดขึ้น ประมาณ 20 ถึง 120 ลิตร ต่อไบโอดีเซล 100 ลิตร งานวิจัยนี้จึงมีแนวทางการลดปริมาณน้ำเสียโดยใช้ตัวหยุด ปฏิกริยาแบบของแข็งคือ สารส้ม โดยสารส้มจะไปทำปฏิกริยากับตัวเร่งปฏิกริยาต่างเกิดตะกอนหลังจากนั้นจึงกรอง แยกจากผลิตภัณฑ์ไบโอดีเซล และจากงานวิจัยของ ณัฐพงศ์ แป้นทอง และคณะ ในห้องปฏิบัติการเทคโนโลยีไขมัน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ได้ศึกษาการผลิตไบโอดีเซลในระบบต่อเนื่องด้วยปฏิกริยาแบบท่อ จาก น้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ สภาวะที่เหมาะสมที่สุดคือ อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส อัตราส่วนโมลเอทานอลต่อน้ำมันปาล์ม 9 : 1 และร้อยละความเข้มข้นโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ 0.75 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร ได้ไบโอดีเซลที่มีความบริสุทธิ์ 99.1 % ภายในเวลา 11 นาที อัตราการไหลรวม 0.5 มิลลิลิตรต่อวินาที งานวิจัยนี้จึงศึกษาต่อข้อมูลของ ณัฐพงศ์ แป้นทอง และคณะ โดยมีวัตถุประสงค์คือ ศึกษาการขยายกำลังในการผลิตไบโอดีเซลแบบต่อเนื่องจากน้ำมันปาล์มในปฏิกริยาที่ภายใน บรรจุด้วยตัวช่วยผสมแบบคงที่โดยไม่ใช้ความร้อน (อุณหภูมิประมาณ 30 °C) และเพื่อศึกษาผลกระทบและปริมาณ สารส้มที่เหมาะสมต่อการหยุดปฏิกริยาทรานเอสเทอร์ิฟิเคชันของการผลิตไบโอดีเซล

2. วิธีการทดลอง

น้ำมันปาล์ม มาทำปฏิกริยากับ สารละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ที่ความเข้มข้น 0.75 ในเอทานอลโดย ใช้อัตราส่วน เอทานอลต่อน้ำมัน 9:1 โดยโมล ผ่านปฏิกริยาที่บรรจุด้วยตัวช่วยผสมแบบคงที่ (Static mixers) ด้วย เครื่องปั๊ม Pump High Performance Liquid Chromatography ยี่ห้อ New style รุ่น NP 7300C โดยใช้อัตราการ ไหลรวม 280 มิลลิลิตรต่อวินาทีหรือมากกว่า หลังจากนั้นนำสารละลายที่ออกจากปฏิกริยาด้วยสารส้ม นำตัวอย่างมาวิเคราะห์ % Yield ของไบโอดีเซลได้ด้วยเครื่อง HPLC ฉีดเข้าเครื่องปริมาตร 20 ไมโครลิตร ใช้คอลัมน์ phenogel ที่ต่อกับเครื่องตรวจวัดชนิด Evaporative Light Scattering Detector (ELSD) โดยใช้ ไอโซออกเทน: โทลูอิน: กรดอะซิติก เท่ากับ 65: 35: 0.15 (v/v/v) เป็นวัฏภาคเคลื่อนที่ อัตราการไหล 1 มิลลิลิตรต่อวินาที อุณหภูมิคอลัมน์ และ Detector เท่ากับ 65 และ 30 °C ความดัน 2 bar

3. ผลการทดลองและวิจารณ์ผล

จากการทดลองทำการผลิตไบโอดีเซลแบบต่อเนื่องในปฏิกริยาขนาด 2.8 ลิตรภายในบรรจุตัวช่วยผสมแบบ คงที่ โดยใช้สภาวะ อัตราการไหลรวม 280 มิลลิลิตรต่อวินาที อัตราส่วนเอทานอลต่อน้ำมัน 9 ต่อ 1 โดยโมล ตัวเร่ง ปฏิกริยา โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ 0.75 % ในเอทานอล เวลาในการทำปฏิกริยาในปฏิกริยาประมาณ 10 นาที และไม่ ใช้ความร้อน โดยตรวจสอบความสมบูรณ์ของปฏิกริยาด้วย HPLC ในช่วงเวลาที่ 5, 10, 15 และ 20 นาที ได้ %yield ของไบโอดีเซล 95.2, 64.2, 41.6 และ 11.5 ตามลำดับ ซึ่งเมื่อกำจัดสิ่งเจือปนต่างๆจะได้ไบโอดีเซลความบริสุทธิ์ 99.6, 87.2, 65.3 และ 14 % ตามลำดับ แสดงองค์ประกอบช่วงเวลาต่างๆ ตารางที่ 1 และแสดงโครมาโตแกรมช่วงเวลา ต่างๆ รูปที่ 1 จากผลการทดลองพบว่า การเกิดปฏิกริยาไม่สม่ำเสมอ เนื่องจากการผสมในปฏิกริยาไม่เพียงพอ เมื่อการ

ผสมไม่เพียงพอจึงทำให้เกิดการแยกชั้นระหว่างน้ำมันและเอทานอล ส่วนเอทานอลซึ่งมีความหนาแน่นน้อยกว่าจึงแยกชั้นอยู่ด้านบนและออกมาจากปฏิกรณ์ในช่วงเวลาที่ 5 ในช่วงเวลาที่ 5 จึงมีความสมบูรณ์ของปฏิกิริยามากที่สุด เนื่องจากด้านบนมีอัตราส่วนเอทานอลต่อน้ำมันมาก ซึ่งอัตราส่วนเอทานอลต่อน้ำมันเป็นปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดปฏิกิริยา ส่วนในช่วงเวลาที่ 10, 15 และ 20 นาทีนั้น เป็นส่วนของน้ำมันที่แยกชั้นลงมาด้านล่างจึงมีอัตราส่วนเอทานอลน้อยกว่าจึงมีความสมบูรณ์ของปฏิกิริยาน้อยกว่า

สำหรับการใช้สารส้มเพื่อหยุดปฏิกิริยา ใช้สารส้มผงในการหยุดปฏิกิริยา โดยการทดลองนี้จะหาปริมาณที่เหมาะสมของสารส้ม เมื่อใช้สภาวะในการผลิตไบโอดีเซล อัตราส่วนเอทานอลต่อน้ำมัน 9 ต่อ 1 โดยโมล ตัวเร่งปฏิกิริยา โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ 0.75 % ในเอทานอล พบว่าปริมาณไบโอดีเซล 5 และ 10 มิลลิลิตร ใช้ปริมาณสารส้มที่เหมาะสมในการหยุดปฏิกิริยาเท่ากับ 1.65 และ 3.47 กรัม ตามลำดับ ดังนั้นสำหรับไบโอดีเซลหนึ่งลิตรใช้สารส้มเพื่อหยุดปฏิกิริยาประมาณ 350 กรัม ซึ่งจากการที่ใช้สารส้มปริมาณมาก เนื่องจากสารส้มแตกตัวและละลายได้น้อยในน้ำมันกับแอลกอฮอล์

ตารางที่ 1 แสดงองค์ประกอบของไบโอดีเซลในช่วงเวลาที่ 5, 10, 15 และ 20 นาที

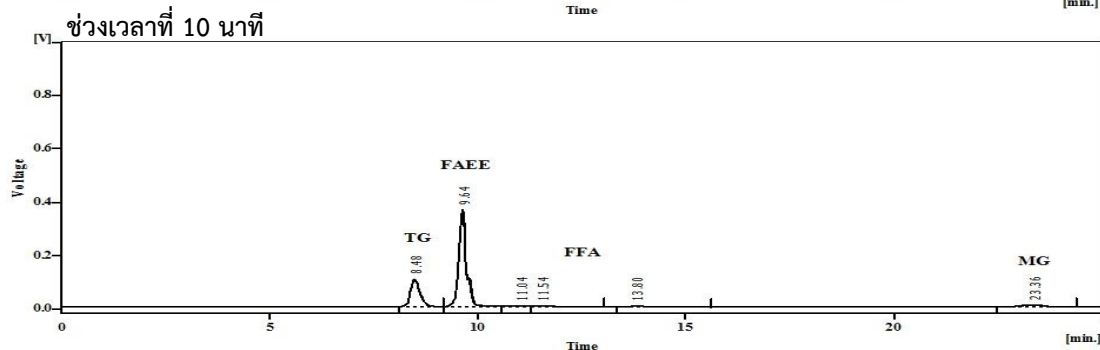
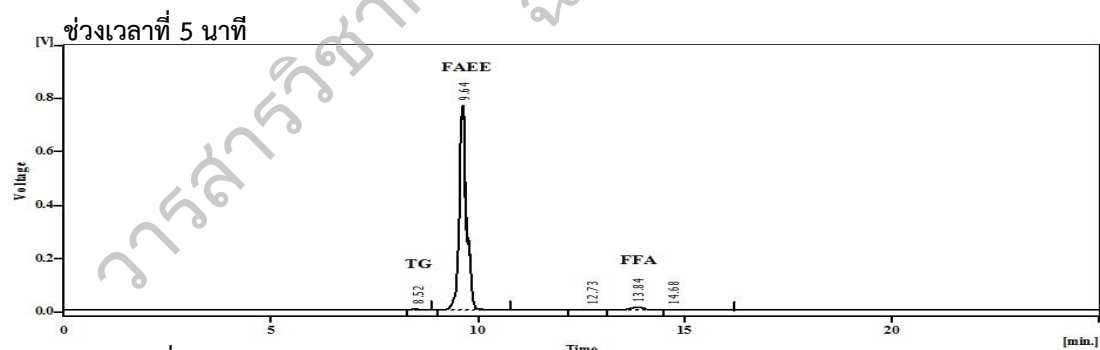
เวลาหลังจากทำปฏิกิริยาในปฏิกรณ์ (นาที)	องค์ประกอบที่พบ (%)			
	FAEE*	TG*	MG*	FFA*
5	95.2	0.4	-	4.4
10	64.2	22.8	5.6	7.4
15	41.6	44.7	3.7	10
20	11.5	86	1.2	1.2

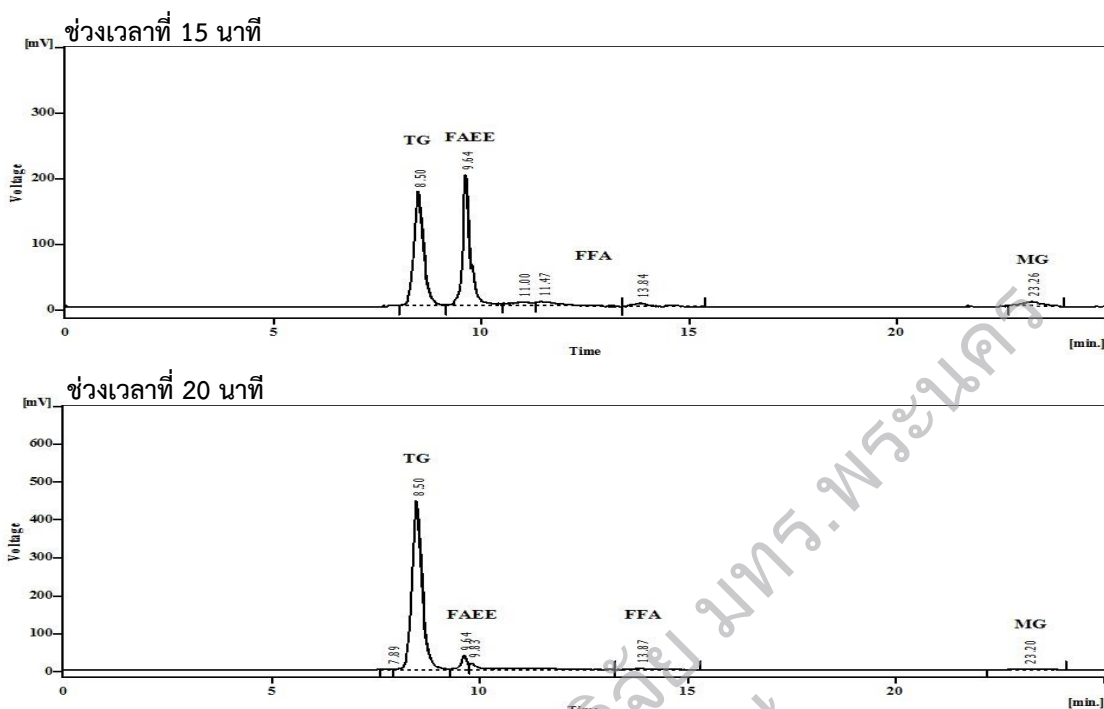
*FAEE = Fatty acid ethyl ester

TG = Triglyceride

MG = Monoglyceride

FFA = Free fatty acid





รูปที่ 1 แสดงโครมาโตแกรมของไบโอดีเซลในช่วงเวลา 5, 10, 15 และ 20 นาที

4. สรุป

การผลิตไบโอดีเซลแบบต่อเนื่องในปฏิกรณ์ขนาด 2.8 ลิตรภายในบรรจุตัวช่วยผสมแบบคงที่ โดยใช้สภาวะ อัตราการไหลรวม 280 มิลลิลิตรต่อนาที อัตราส่วนเอทานอลต่อน้ำมัน 9 ต่อ 1 โดยโมล ตัวเร่งปฏิกิริยา โพแทสเซียม ไฮดรอกไซด์ 0.75 % ในเอทานอล เวลาในการทำปฏิกิริยาในปฏิกรณ์ 10 นาที และไม่ใช่ความร้อน โดยตรวจสอบ ความสมบูรณ์ของปฏิกิริยาด้วย HPLC ในช่วงเวลา 5, 10, 15 และ 20 นาที ได้ %yield ของไบโอดีเซล 95.2, 64.2, 41.6 และ 11.5 ตามลำดับ และความบริสุทธิ์ของไบโอดีเซลที่ได้เมื่อกำจัดสิ่งเจือปนต่างๆ เท่ากับ 99.6, 87.2, 65.3 และ 14 % ตามลำดับ ซึ่งความไม่สม่ำเสมอของปฏิกิริยานั้นเกิดจากการยุบตัวของสารบรรจุแบบคงที่ ทำให้เกิดช่องว่าง ซึ่ง แก้ไขได้โดยการเพิ่มสารบรรจุแบบคงที่ให้แน่นขึ้นเพื่อการทำปฏิกิริยามีความสม่ำเสมอมากขึ้น

การใช้สารสับหยุดปฏิกิริยา สำหรับสภาวะที่ทำการทดลองข้างต้น ใช้ปริมาณสารสับที่เหมาะสมในการหยุด ปฏิกิริยาเท่ากับ 1.65 และ 3.47 กรัม ต่อปริมาณไบโอดีเซล 5 และ 10 มิลลิลิตร ดังนั้นปริมาณสารสับที่เหมาะสมต่อ ปริมาณไบโอดีเซลหนึ่งลิตรเท่ากับประมาณ 350 กรัม

5. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณมูลนิธิการศึกษาเซล 100 ปี และสำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงานที่ให้การสนับสนุนเงินทุนวิจัย

6. เอกสารอ้างอิง

Qiu, Z.; Zhao, L.; Weatherley, L.: Process intensification technologies in continuous biodiesel production, **Chemical Engineering and Processing: Process Intensification**, Vol. (2010) 49., pp.323-330.

Rattanapan, C.; Sawain, A.; Suksaroj, T.; Suksaroj, C.: Enhanced efficiency of dissolved air flotation for biodiesel wastewater treatment by acidification and coagulation processes, **Desalination**, Vol. (2011) 280., pp.370-377.

ณัฐพงศ์ แป้นทอง. 2555. จลนศาสตร์ปฏิกิริยาทรานส์เอทิลเลชันของน้ำมันปาล์มในเครื่องปฏิกรณ์แบบต่อเนื่อง. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีพลังงาน คณะพลังงาน สิ่งแวดล้อม และวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

Aryusuk, K.; Chumsantea, S.; Sombatsuwan, P.; Lilitchan, S.; Krisnangkura, K.: Separation and Determination of Wax Content Using 100-Å Phenogel Column, **Journal of the American Oil Chemists' Society**, Vol. (2011) 88., pp.1497-1501.

Leung, D. Y. C.; Wu, X.; Leung, M. K. H.: A review on biodiesel production using catalyzed transesterification, **Applied Energy**, Vol. (2010) 87., pp.1083-1095.

วารสารวิชาการและวิจัย มทร.พระนคร
ฉบับพิเศษ