

PHƯƠNG PHÁP TỔNG HỢP LIÊN TỤC BIODIESEL BẰNG HỆ THỐNG STATIC MIXER

TS. Nguyễn Văn Phúc, TS. Nguyễn Đình Việt
 TS. Nguyễn Hữu Lương, TS. Nguyễn Anh Đức
 Viện Dầu khí Việt Nam
 Email: phucnv@pvpro.com.vn

Tóm tắt

Nhiên liệu sinh học trong những năm gần đây được chú ý như một loại nhiên liệu dùng để thay thế một phần nhiên liệu truyền thống. Tuy nhiên, một số hạn chế về nguyên liệu và công nghệ sản xuất đã làm tăng giá thành sản phẩm cũng như chưa đạt được chất lượng yêu cầu. Biodiesel tạo thành từ dầu thực vật (dầu thực phẩm, dầu phi thực phẩm, dầu ăn thải), mỡ động vật (mỡ cá tra, ba sa...) là hướng phát triển tiềm năng ở Việt Nam. Bài báo giới thiệu phương pháp tổng hợp liên tục biodiesel bằng thiết bị phản ứng static mixer. Công nghệ static mixer cho phép sản xuất biodiesel ở quy mô lớn với cách vận hành đơn giản, nhanh chóng so với phương pháp dạng mẻ truyền thống. Nhóm tác giả cũng phân tích đặc điểm kỹ thuật, sơ đồ thiết kế và các yếu tố ảnh hưởng (nhiệt độ, hàm lượng xúc tác, thời gian lưu, tỷ lệ phối trộn methanol/dầu) đến tính chất biodiesel tổng hợp (độ nhớt, hiệu suất thu hồi, hàm lượng methyl esters) qua hệ thống static mixer.

Từ khóa: Sản xuất biodiesel, dầu thực vật, phương pháp static mixer, yếu tố ảnh hưởng, hiệu suất thu hồi biodiesel, hàm lượng methyl ester.

1. Giới thiệu

Biodiesel là hỗn hợp các ester của acid béo (fatty acids methyl esters - FAME), thu được qua phản ứng transester hóa của dầu thực vật hoặc mỡ động vật và methanol với sự có mặt của xúc tác (NaOH, KOH, alkoxides hoặc enzyme) (Hình 1) [1 - 9].

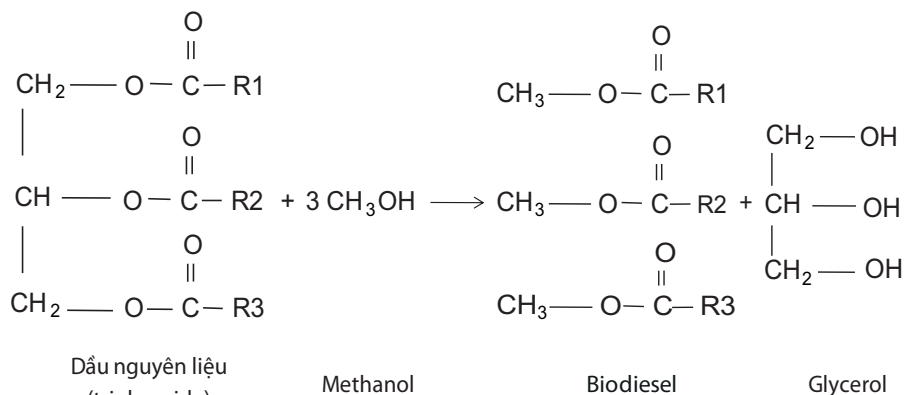
Biodiesel được dùng làm nhiên liệu cho động cơ diesel bằng cách trộn lẫn với nhiên liệu diesel truyền thống [1]. Năm 2013, sản lượng nhiên liệu sinh học trên thế giới tăng 6,1% đạt 65,3 triệu tấn dầu quy đổi, trong đó sản xuất biodiesel đạt 6,2% [10]. Tại Việt Nam, lượng diesel có nguồn gốc khoáng sử dụng luôn đạt mức cao: chiếm 40% trong tổng số nhiên liệu (6,51 nghìn tấn diesel/16,48 nghìn tấn nhiên liệu) trong năm 2013; đạt khoảng 44% trong năm 2014 và dự báo đạt trên 42% trong những năm

tiếp theo [11]. Năm 2009, Việt Nam đã có các tiêu chuẩn kỹ thuật và chất lượng (TCVN 7717-2009) về B5 và B100 nhưng việc sử dụng biodiesel làm nhiên liệu hoặc pha trộn với biodiesel khoáng chỉ tồn tại dưới dạng khuyến khích, chưa bắt buộc (theo Quyết định 177/2012/QĐ-TTg và 53/2012/QĐ-TTg) và sản xuất biodiesel mới ở quy mô phòng thí nghiệm [12 - 18].

Biodiesel đang trở thành dạng năng lượng thu hút sự quan tâm trong quá trình đa dạng hóa nguồn nhiên liệu hoặc thay thế một phần việc sử dụng nguồn hóa thạch, đồng thời giảm lượng khí thải độc hại như CO, hydrocarbon... [19, 20]. Nguồn nguyên liệu đóng vai trò quan trọng trong giá thành sản xuất biodiesel (chiếm đến 75% chi phí) [21 - 25], do đó việc tìm và áp dụng công nghệ sản xuất thích hợp với nguồn nguyên liệu là yêu cầu hàng đầu. Tại Việt Nam, nguồn dầu ăn thải và mỡ động vật

(mỡ cá tra, cá ba sa) có tiềm năng rất lớn về số lượng [13, 15], nếu quản lý và thu gom tốt các nguồn này, quá trình sản xuất biodiesel sẽ thực hiện được ở quy mô công nghiệp.

Ngoài ra, giá sản xuất biodiesel vẫn cao hơn diesel từ dầu mỏ, do đó việc tìm kiếm, cải thiện công nghệ để nâng cao hiệu quả phản ứng và giảm giá thành sản phẩm vẫn đang là nhu cầu cấp thiết.



Hình 1. Phản ứng transester hóa tổng hợp biodiesel

Trên thế giới, các thiết bị phản ứng sản xuất biodiesel có thể thuộc các dạng sau: thiết bị thùng khuấy trộn, thiết bị phản ứng static mixer (static mixer reactor), thiết bị phản ứng vi sóng (microwave reactor), thiết bị vi phản ứng (micro reactor), thiết bị phản ứng thùng quay (rotational packed-bed reactor), thiết bị phản ứng dòng xung (oscillatory flow reactor)...

Bài báo giới thiệu công nghệ tổng hợp biodiesel liên tục, hệ thống thiết bị phản ứng static mixer với nguyên liệu dầu thực vật hiện có tại Việt Nam và methanol dưới tác dụng của xúc tác NaOH. Công nghệ static mixer có ưu điểm về chi phí sản xuất như chế độ hoạt động liên tục, thiết bị đơn giản, dễ lắp đặt và bảo trì. Bên cạnh đó, nhóm tác giả cũng đề cập, phân tích các yếu tố ảnh hưởng đến hiệu suất thu hồi và chất lượng biodiesel như nhiệt độ, xúc tác, tỷ lệ phối trộn và chiều dài của mixer.

2. Công nghệ sản xuất biodiesel bằng thiết bị static mixer

2.1. Giới thiệu về thiết bị static mixer

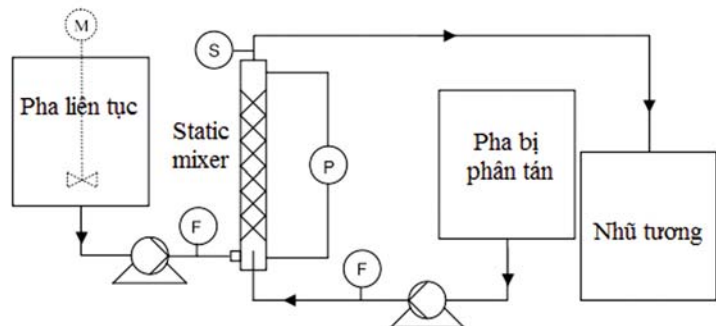
Một số nghiên cứu về phương hướng sản xuất và ứng dụng biodiesel đã được tiến hành ở Việt Nam [12 - 18]. Hiện nay, công nghệ sản xuất biodiesel tại Việt Nam vẫn đang sử dụng phổ biến thiết bị phản ứng dạng thùng khuấy trộn, với ưu điểm là cấu tạo đơn giản, dễ kiểm soát trong quá trình vận hành. Tuy nhiên, thiết bị này có một số hạn chế như: thời gian phản ứng kéo dài, công suất thấp và chất lượng sản phẩm không đồng nhất...

Trong khi đó, thiết bị static mixer hay còn được gọi là thiết bị khuấy trộn tĩnh đã được nghiên cứu và phát triển trong các ngành công nghiệp trên thế giới trong hơn 40 năm qua. Đây là một thiết kế có hiệu quả cao với hiệu suất trộn trung bình, rất thích hợp để sử dụng trong các thiết bị có kích thước nhỏ, lưu chất chảy thành dòng và cách phối trộn đơn giản [26].

Static mixer có nhiều hình dạng (trụ, cầu, ống...) được ứng dụng trong nhiều lĩnh vực khác nhau như thực phẩm, dược phẩm, hóa chất, nhựa, lọc hóa dầu và sản xuất giấy... [27, 28]. Tuy nhiên, static mixer dạng ống được ứng dụng phổ biến trong công nghiệp phối trộn nhiên liệu và có thể đi kèm đồng thời với các phản ứng hóa học [28, 29].

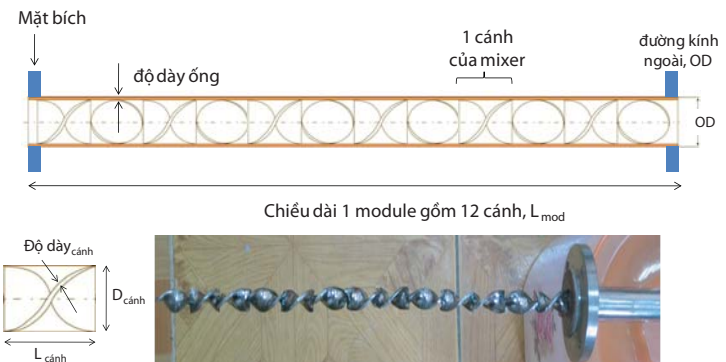


Hình 2. Chuyển hướng của dòng chảy khí qua thiết bị static mixer với vật chêm dạng cánh xoắn



F: Đồng hồ đo lưu lượng, P: Đầu dò đo áp suất chênh lệch, S: Van lấy mẫu

Hình 3. Hệ thống cơ bản của máy khuấy trộn tĩnh (static mixer)



Hình 4. Cấu tạo của 1 module trong thiết bị static mixer với các cánh chêm

Bảng 1. Đặc điểm kỹ thuật của thiết bị static mixer tổng hợp biodiesel

Thông số kỹ thuật	Đơn vị	Giá trị
Kích thước chuẩn hóa	inch	3/8
Đường kính ngoài ống	mm	17,3
Độ dày ống	mm	2,3
Đường kính trong ống	mm	12,7
Đường kính cánh ($D_{cánh}$)	mm	12
Chiều dài 1 cánh ($L_{cánh}$)	mm	19,05
Độ dày cánh	mm	1,5
Số cánh trong 1 module	cánh	12
Chiều dài phần cánh trong 1 module	mm	228,6
Chiều dài module (tính cả mặt bích)	mm	240



Hình 5. Thiết bị static mixer gồm các module nối tiếp nhau

Thiết bị phản ứng kiểu static mixer thường được sử dụng để trộn lẫn các chất lỏng không hòa tan và công nghệ này đã được sử dụng trong sản xuất biodiesel tại một số quốc gia [30 - 40]. Về cấu tạo, thiết bị phản ứng static mixer có dạng ống, bên trong có các tấm chặn hoặc vật chêm với các kiểu thiết kế khác nhau nhằm gia tăng tối đa đặc tính chảy rối của các dòng lưu chất nguyên liệu (dòng dầu thực vật và dòng methanol đã được hòa tan với xúc tác) đi qua thiết bị với tốc độ cao (Hình 2) [29, 41].

Khác với các thiết bị khuấy trộn thông thường, thiết bị khuấy trộn tĩnh static mixer được lắp đặt cố định và không di chuyển trong suốt quá trình phối trộn. Dòng lưu chất sẽ được bơm và chảy xuyên qua ống (Hình 3). Khi đó, hiệu quả phối trộn của thiết bị sẽ phụ thuộc vào loại vật chêm được sử dụng, cách bố trí, sắp xếp các tấm chặn và số lượng tấm chặn được sử dụng.

2.2. Thiết kế và chế tạo static mixer

Trong phần nghiên cứu này, thiết bị static mixer được sử dụng để tổng hợp biodiesel có dạng ống, cấu tạo bộ phận chêm có dạng hình cánh xoắn. Cấu hình mixer trên được chọn do có thiết kế đơn giản, thông dụng, được thương mại hóa rộng rãi trên thị trường. Đặc điểm kỹ thuật của thiết bị static mixer được thể hiện trong Hình 4 và Bảng 1.

Thiết bị static mixer được đặt trên một giá đỡ và mắc nối tiếp nhau qua các module nhỏ. Tại đầu vào thiết bị có các dòng nguyên liệu, hỗn hợp methanol - xúc tác và dầu, đầu ra có bộ phận van để thu hồi sản phẩm. Ở đây, với thiết kế dạng module, hệ thống mixer này cho phép có thể lắp nối dài hoặc tháo ra dễ dàng, do đó thuận lợi cho việc nghiên cứu ảnh hưởng của chiều dài mixer lên hiệu suất chuyển hóa thành biodiesel, đồng thời với việc bảo dưỡng định kỳ cho mixer (Hình 5).

2.3. Mô phỏng quá trình phối trộn trong static mixer

Nhằm hiểu rõ hơn về quá trình trộn lẫn giữa các dòng vật chất, một mô hình 3 chiều của static mixer được vẽ bằng phần mềm Solid Works [42] với kích thước như Bảng 1.

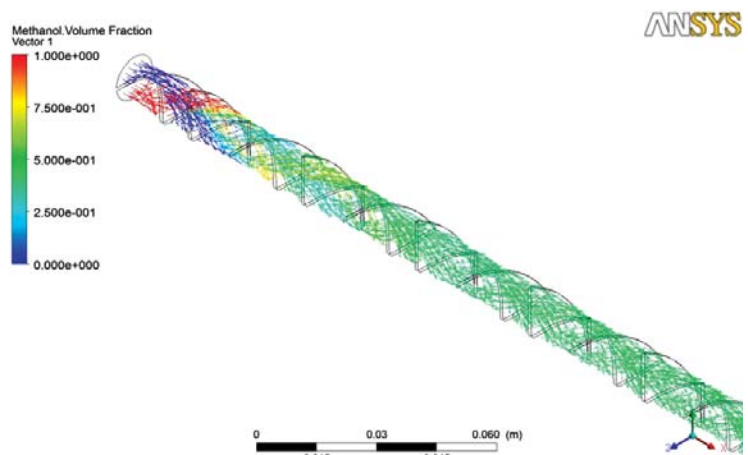
Bằng việc sử dụng chương trình mô phỏng ANSYS [43], khả năng trộn lẫn của hai dung dịch,

dầu và methanol, với giả thiết không có phản ứng hóa học nào xảy ra trong quá trình trộn lẫn, được thể hiện qua sự phân bố bằng thang bậc màu như sau:

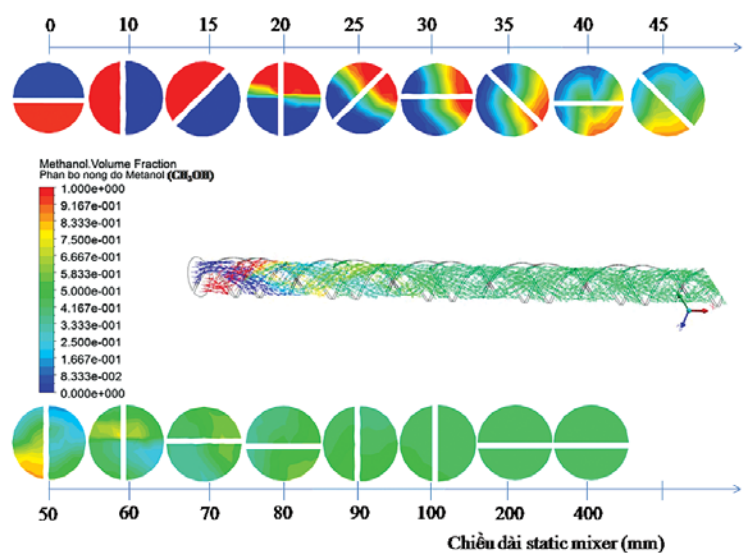
- Màu đỏ là dung dịch methanol - có tỷ lệ thể tích methanol bằng 1;
- Màu xanh tương ứng với dung dịch dầu - có tỷ lệ thể tích methanol bằng 0;
- Sự thay đổi màu từ đỏ nhạt đến màu xanh nhạt là quá trình trộn lẫn của 2 dung dịch.

Theo kết quả trong Hình 6, hai dòng chất ban đầu (methanol và dầu) ở đầu vào được tách thành 2 phần riêng biệt, sẽ dần dần được trộn lẫn vào nhau sau khi đi qua các cánh xoắn. Tại đầu ra của mixer, tỷ lệ methanol thu được dao động từ 0,4 - 0,45 theo thể tích.

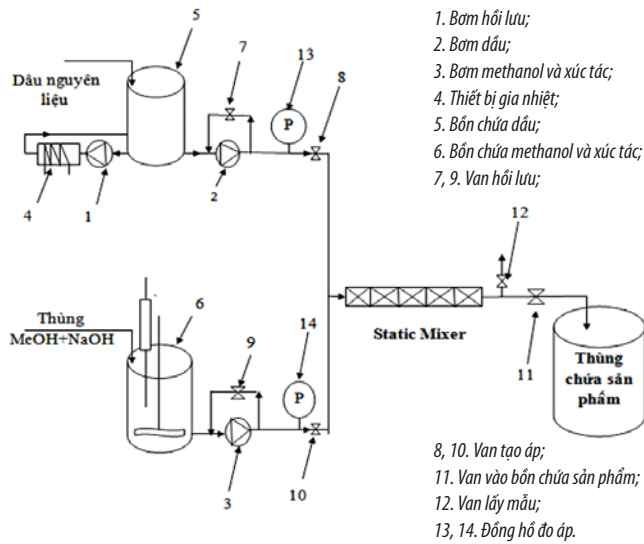
Sự phân bố các phân tử vật chất được thể hiện chi tiết hơn qua mặt cắt phẳng dọc theo chiều dài của mixer (Hình 7). Các mặt cắt



Hình 6. Sự phân bố các phân tử methanol theo tỷ lệ thể tích trong static mixer dạng cánh xoắn thu được qua mô phỏng ANSYS



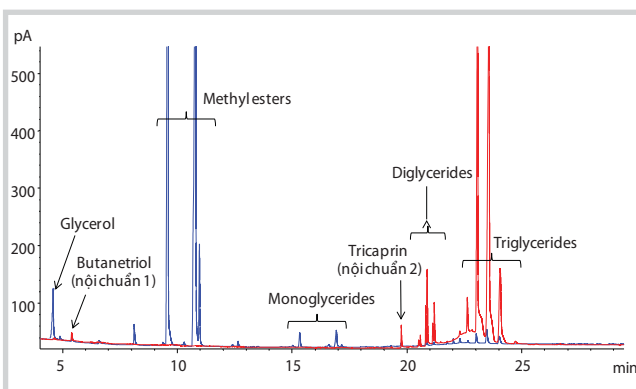
Hình 7. Sự phân bố của methanol ở các mặt cắt theo chiều dài tăng dần của static mixer (vạch trắng trong các mặt cắt là cánh xoắn)



Hình 8. Hệ thống thiết bị static mixer được thiết kế tại PVPro



Hình 9. Sản phẩm thu được sau phản ứng transester hóa có sự phân tách pha: pha ester ở trên và pha glycerol ở dưới



Hình 10. So sánh các chất thu được trong một mẫu biodiesel thu được qua hệ thống static mixer (màu xanh) và mẫu dầu nguyên liệu (màu đỏ)(GC-FID, EN14105)

được đặt tại vị trí từ 0mm, 10mm, 15mm, 200mm, 400mm của mixer và được trình bày theo các màu phân bố tương ứng. Kết quả mô phỏng thu được chỉ ra hiệu quả phối trộn đạt giá trị tối đa từ vị trí 400mm của mixer đối với hỗn hợp methanol - dầu.

2.4. Sơ đồ hệ thống thiết bị tổng hợp biodiesel bằng static mixer

Từ kết quả khảo sát thực tế tại Nhật Bản về quá trình sản xuất biodiesel bằng thiết bị phản ứng static mixer [44], Trung tâm Nghiên cứu và Phát triển Chế biến Dầu khí (PVPro) đã xây dựng sơ đồ hệ thống tổng hợp biodiesel liên tục công suất 700kg/giờ, gồm các bộ phận chính sau (Hình 8):

- 2 bể chứa nguyên liệu: dầu và hỗn hợp methanol/xúc tác NaOH, trong đó, bể dầu được trang bị hệ thống gia nhiệt phụ trợ;
- Hệ thống bơm cao áp;
- Thiết bị phản ứng static mixer;
- Thùng chứa sản phẩm và các thiết bị van, đo nhiệt độ, áp suất và điều chỉnh lưu lượng dòng nguyên liệu.

Về nguyên liệu sử dụng, dầu ăn thực vật tinh chế (hỗn hợp dầu cọ và dầu đậu nành) thu mua từ Công ty TNHH Dầu thực vật Cái Lân (Tp. Hồ Chí Minh) có trị số acid 0,62 mgKOH/g dầu (0,31% độ acid) và độ nhớt 39,47cSt; methanol công nghiệp (nguồn gốc từ Malaysia, độ tinh khiết 99%); xúc tác NaOH công nghiệp (nguồn gốc từ Trung Quốc, độ tinh khiết 99%). Điều kiện vận hành: nhiệt độ phản ứng 40 - 60°C, chiều dài static mixer 2 - 3m, hàm lượng xúc tác NaOH 0,5 - 1,0% khối lượng dầu, tỷ lệ mol phối trộn methanol/dầu = 6/1.

Nguyên lý vận hành của hệ thống được thực hiện theo các bước sau: i) xúc tác NaOH được pha với methanol theo hàm lượng định sẵn; ii) 2 dòng nguyên liệu methanol và dầu được điều khiển ở tỷ lệ mol xác định; iii) dầu được gia nhiệt qua hệ thống bơm tuần hoàn trong bể; iv) 2 dòng nguyên liệu cùng đưa vào hệ thống static mixer nơi xảy ra phản ứng transester hóa nhờ 2 bơm cao áp (áp suất 2 bơm duy trì ở 25 bar); v) thu hồi hỗn hợp sản phẩm tại đầu ra của static mixer.

Sản phẩm sau phản ứng là một hỗn hợp với các chất chính là methyl esters, glycerol và một phần nhỏ gồm dầu, methanol chưa phản ứng, nước, NaOH và xà phòng. Khi đó sẽ có hiện tượng tách thành 2 pha: ester và glycerol. Ở đây, lượng methanol chưa phản ứng và xúc tác NaOH phân tán ở trong cả 2 pha (Hình 9):

- Glycerol có tỷ trọng nặng hơn ($d = 1,261$) nên lắng xuống dưới và tách ra ở đáy bình chiết;

- Pha ester chứa đa phần là methyl esters (biodiesel), sau khi tách glycerol sẽ được rửa qua acid yếu H_3PO_4 để trung hòa phần NaOH dư, sau đó rửa bằng nước cất đến pH = 7 để loại bỏ các tạp chất, sấy ở nhiệt độ $105^\circ C$ để loại nước và thu được sản phẩm cuối cùng, biodiesel.

Kết quả phân tích mẫu dầu nguyên liệu và mẫu biodiesel tổng hợp qua hệ thống static mixer bằng phương pháp EN 14105 (Hình 10) cho thấy: dầu nguyên liệu chiếm đa phần là các di- và tri-glycerides, trong khi đó, methyl esters là thành phần chính tạo thành trong biodiesel (butanetriol và tricaprin là 2 chất nội chuẩn trong EN 14105).

2.5. Yếu tố ảnh hưởng đến hiệu suất tạo thành biodiesel qua hệ thống thiết bị phản ứng static mixer

Các đặc điểm về tính chất của biodiesel thu được qua hệ thống như hiệu suất tạo thành methyl esters, hàm lượng methyl esters, độ nhớt... phụ thuộc vào nhiều yếu tố chính: Tỷ lệ phối trộn methanol/dầu, nhiệt độ của phản ứng, hàm lượng xúc tác cho phản ứng, thời gian lưu.

Trong giới hạn của bài báo, nhóm tác giả phân tích 4 yếu tố ảnh hưởng đến hiệu suất tạo thành methyl esters gồm: nhiệt độ của phản ứng, hàm lượng xúc tác, thời gian

lưu và tỷ lệ phối trộn alcol/dầu. Ba yếu tố đầu tiên sẽ được nghiên cứu trong phần quy hoạch thực nghiệm, yếu tố tỷ lệ phối trộn alcol/dầu được xem xét riêng. Phần thực nghiệm, loại alcol được dùng là methanol và dầu nguyên liệu là dầu thực vật đã tinh chế, chưa qua sử dụng.

Dựa vào các nghiên cứu trên lý thuyết về tổng hợp biodiesel từ dầu thực vật [9, 45], một số vận hành thử nghiệm ban đầu trên hệ thống static mixer đã được thực hiện để khảo sát vùng điều kiện tạo thành sản phẩm biodiesel. Vùng khảo sát các yếu tố ảnh hưởng được thể hiện trong Bảng 2.

Bảng 3 tóm tắt điều kiện thực nghiệm được tiến hành trên hệ thống static mixer. Trong đó, 12 thí nghiệm đầu tiên được thực hiện tại tỷ lệ phối trộn methanol/dầu = 6/1 với 4 thí nghiệm tại tâm (thí nghiệm 9, 10, 11 và 12), các thí nghiệm còn lại, từ 13 - 16, nhằm nghiên cứu ảnh hưởng của tỷ lệ phối trộn khác, 8/1 và 10/1.

Sản phẩm biodiesel thu được trong các thí nghiệm trên sẽ được so sánh về giá trị độ nhớt, trong đó, những mẫu sản phẩm có độ nhớt thấp sẽ được chọn lọc để phân tích hàm lượng methyl esters do hàm lượng methyl esters cao sẽ làm giảm độ nhớt của biodiesel. Kết quả phân tích độ nhớt giúp đánh giá ảnh hưởng của các yếu tố ảnh hưởng lên tính chất biodiesel.

Bảng 2. Giá trị của các yếu tố ảnh hưởng tại các giới hạn thực nghiệm

Mức giới hạn	Thời gian lưu, X_1	Nhiệt độ phản ứng ($^\circ C$), X_2	Hàm lượng NaOH (%khối lượng dầu), X_3	Tỷ lệ phối trộn methanol/dầu, X_4
Mức trên (+1)	Tương ứng với 3m static mixer	60	1,0	6/1
Mức cơ sở (0)	Tương ứng với 2,5m static mixer	50	0,75	8/1
Mức dưới (-1)	Tương ứng với 2m static mixer	40	0,5	10/1

Bảng 3. Bảng mã hóa các điều kiện thực nghiệm tổng hợp biodiesel bằng hệ thống static mixer

TT	Nhiệt độ phản ứng ($^\circ C$)	Hàm lượng xúc tác (%khối lượng)	Chiều dài static mixer (m)	Tỷ lệ phối trộn methanol/dầu
1	+1	+1	+1	+1
2	-1	+1	+1	+1
3	+1	+1	-1	+1
4	-1	+1	-1	+1
5	+1	-1	+1	+1
6	-1	-1	+1	+1
7	+1	-1	-1	+1
8	-1	-1	-1	+1
9	0	0	0	+1
10	0	0	0	+1
11	0	0	0	+1
12	0	0	0	+1
13	-1	-1	+1	0
14	+1	-1	+1	0
15	-1	-1	+1	-1
16	+1	-1	+1	-1

3. Kết quả và thảo luận

Sản phẩm chính, biodiesel, được đánh giá qua hiệu suất thu hồi R(%) và tính theo công thức sau:

$$R(\%) = \frac{m(\text{biodiesel})}{m(\text{oil})} \times 100$$

Trong đó:

- m (biodiesel): Khối lượng biodiesel thu được sau khi xử lý sản phẩm (g);
- m (oil): Khối lượng dầu nguyên liệu tham gia phản ứng (g);
- R (%): Hiệu suất thu hồi biodiesel.

Các tính chất của biodiesel như độ nhớt động học ở 40°C (ASTM D445) và hàm lượng methyl esters (EN 14103) được thực hiện tại PVPro và tại Trung tâm Kỹ thuật Tiêu chuẩn Đo lường Chất lượng 3 (QUATEST 3). Bảng 4 tập hợp các kết quả đo của các mẫu sản phẩm thu được.

Kết quả từ thực nghiệm trong Bảng 4 cho phép xây dựng phương trình hồi quy chứa các yếu tố ảnh hưởng đến độ nhớt. Phương trình hồi quy bậc nhất được viết dưới dạng sau:

$$\text{Độ nhớt} = b_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + b_3X_3 + b_{12}X_1X_2 + b_{13}X_1X_3 + b_{23}X_2X_3 + b_{123}X_1X_2X_3$$

Trong đó:

- $b_0, b_1, b_2, b_3, b_{12}, b_{13}, b_{23}$ và b_{123} : Các hệ số của phương trình;
- X_1, X_2 và X_3 : Ký hiệu tương ứng với nhiệt độ, chiều dài mixer, hàm lượng xúc tác.

Bảng 5 trình bày các giá trị cận dưới, tâm và cận trên của các yếu tố ảnh hưởng sẽ được xét đến trong phần quy hoạch thực nghiệm.

Qua việc xây dựng ma trận và bằng phương pháp quy hoạch trực giao cấp 1 đối với 12 thí nghiệm đầu của Bảng 4 [46], phương trình hồi quy của độ nhớt biodiesel được viết dưới dạng sau:

$$\text{Độ nhớt} = 4,7704 - 0,1529.X_2 - 0,2476.X_3 + 0,1584.X_2X_3$$

Trong đó:

X_2 và X_3 : Mã hóa của các yếu tố chiều dài mixer và hàm lượng xúc tác NaOH, ($-1 \leq X_2, X_3 \leq 1$).

$X_2 = (L_{\text{mixer}} - 2,5)/0,5$ (L_{mixer} : Chiều dài của mixer trong thí nghiệm, $2m \leq L_{\text{mixer}} \leq 3m$)

$$X_3 = (\%NaOH - 0,75)/0,25$$

(%NaOH: Hàm lượng xúc tác NaOH sử dụng, $0,5\% \leq \%NaOH \leq 1\%$).

Bảng 4. Đặc điểm tính chất của sản phẩm biodiesel thu được qua hệ thống static mixer

TT	Nhiệt độ phản ứng (°C)	Hàm lượng xúc tác (% khối lượng)	Chiều dài static mixer (m)	Tỷ lệ mol phối trộn methanol/dầu	Hiệu suất thu hồi biodiesel (%)	Độ nhớt ở 40°C (cSt) (ASTM D 445)	Hàm lượng ester (% khối lượng)
1	60	1	3	6/1	93,72	4,471	95,4
2	40	1	3	6/1	90,50	4,612	-
3	60	1	2	6/1	89,61	4,492	97,1
4	40	1	2	6/1	88,51	4,569	-
5	60	0,5	3	6/1	91,61	4,730	-
6	40	0,5	3	6/1	91,63	4,710	90,9
7	60	0,5	2	6/1	94,35	5,395	-
8	40	0,5	2	6/1	91,61	5,290	-
9	50	0,75	2,5	6/1	92,70	4,665	-
10	50	0,75	2,5	6/1	92,51	4,668	-
11	50	0,75	2,5	6/1	92,03	4,771	-
12	50	0,75	2,5	6/1	93,07	4,773	-
13	40	0,5	3	8/1	92,10	4,790	-
14	60	0,5	3	8/1	91,80	4,840	-
15	40	0,5	3	10/1	94,90	4,860	91,9
16	60	0,5	3	10/1	94,83	4,960	-

Bảng 5. Giá trị của các yếu tố ảnh hưởng tại các giới hạn thực nghiệm

Mức giới hạn	Nhiệt độ phản ứng (°C), X_1	Thời gian lưu, X_2	Hàm lượng NaOH (% khối lượng dầu), X_3
Mức trên (+1)	60	Tương ứng với 3m static mixer	1,0
Mức cơ sở (0)	50	Tương ứng với 2,5m static mixer	0,75
Mức dưới (-1)	40	Tương ứng với 2m static mixer	0,5

3.1. Ảnh hưởng của nhiệt độ

Các kết quả thực nghiệm trong cùng điều kiện chỉ thay đổi về nhiệt độ cho thấy ảnh hưởng của nhiệt độ trong khoảng 40 - 60°C qua hệ thống static mixer đến tính chất của biodiesel không lớn. Điều này cũng được thấy rõ khi phương trình hồi quy về độ nhớt không chứa biến số của nhiệt độ.

3.2. Ảnh hưởng của chiều dài mixer (thời gian lưu)

Mối liên hệ giữa chiều dài mixer và thời gian lưu được đánh giá qua biểu thức sau:

$$\tau = \frac{L}{v}$$

Trong đó:

L: Chiều dài mixer (m);

v: Vận tốc dòng trong mixer (m.s⁻¹).

Vận tốc dòng trong thiết bị được tính bởi:

$$v = \frac{4.Q}{\rho . \pi . D^2}$$

Trong đó:

Q: Lưu lượng dòng của hệ thống thiết bị, Q = 0,194 kg.s⁻¹ (tương đương 700kg.giờ⁻¹);

ρ : Khối lượng riêng của dầu, $\rho = 892\text{kg.m}^{-3}$;

D: Đường kính trong của static mixer, D = 12,7 x 10⁻³m.

Thiết bị phản ứng static mixer được nghiên cứu ở các độ dài 2; 2,5 và 3m, tương ứng với thời gian lưu lần lượt bằng 1,2; 1,5 và 1,8 giây. Các phản ứng tổng hợp biodiesel có thời gian dưới 2 giây và hiệu suất của sản phẩm tạo thành tăng khi thời gian lưu tăng (trong phương trình hồi quy, biến số X₂ tăng thì độ nhớt giảm).

3.3. Ảnh hưởng của xúc tác

Xúc tác NaOH dạng đồng nhất (hòa tan hoàn toàn trong methanol) trong nghiên cứu này cho phép đạt hiệu suất tạo thành biodiesel cao (đạt trên 88%), thời gian phản ứng nhanh, hiệu quả kinh tế về chi phí do giá thành NaOH thấp.

Qua phương trình hồi quy của độ nhớt, việc tăng hàm lượng xúc tác (biến số X₃) sẽ giúp độ nhớt giảm, do đó chất lượng biodiesel cải thiện. Hiện tượng này lý giải bởi tăng lượng xúc tác sẽ giúp phản ứng transester hóa xảy ra tốt hơn. Tuy nhiên, sử dụng xúc tác dạng kiềm có hạn chế sau: quá trình phân tách hỗn hợp sản phẩm đòi hỏi nhiều giai đoạn, sử dụng nhiều nước rửa; khi lượng xúc tác quá cao tạo thành sản phẩm phụ như xà phòng và

nước do phản ứng giữa xúc tác và acid béo tự do có trong dầu nguyên liệu, gây khó khăn khi tách biodiesel [47, 48].

Mặt khác, sự tương tác giữa hai yếu tố - xúc tác và chiều dài mixer (X₂X₃) - cũng gây ảnh hưởng nhất định đến độ nhớt khi đồng thời tăng hoặc giảm giá trị của chúng. Trong trường hợp đó, với độ nhớt biodiesel tăng, hiện tượng này được giải thích như sau:

- Khi 2 yếu tố cùng giảm, phản ứng transester hóa xảy ra chưa hoàn toàn, lượng dầu chưa phản ứng sẽ hòa lẫn cùng với biodiesel và độ nhớt hỗn hợp này tăng do độ nhớt của dầu cao (độ nhớt dầu nguyên liệu bằng 39,75cSt);

- Khi 2 yếu tố đều tăng, phản ứng transesters hóa xảy ra hoàn toàn, tuy nhiên cũng sẽ xảy ra các phản ứng phụ khác như phản ứng xà phòng hóa, phản ứng thủy phân... Sự xuất hiện của xà phòng qua các phản ứng phụ tạo ra hiện tượng đông đặc sản phẩm thu được và làm tăng độ nhớt.

3.4. Ảnh hưởng của tỷ lệ phối trộn methanol/dầu

Phản ứng transester hóa là phản ứng thuận nghịch, sử dụng lượng methanol ở nồng độ cao sẽ thúc đẩy phản ứng tạo thành nhiều biodiesel hơn. Tuy nhiên, nếu lượng methanol quá cao có thể gây ra các hiện tượng khác như phản ứng trùng ngưng, kết quả sẽ làm giảm hiệu quả của methanol và gây khó khăn cho việc tách biodiesel. Hơn nữa, nhiều methanol hơn sẽ làm chi phí sản xuất cao hơn. Trong quá trình tổng hợp biodiesel, tỷ lệ phối trộn mol methanol/dầu = 6/1 được sử dụng rộng rãi [49, 50].

Kết quả thực nghiệm cho thấy với tỷ lệ methanol/dầu tăng từ 6/1 đến 10/1 với cùng điều kiện vận hành (hàm lượng xúc tác 0,5% khối lượng, chiều dài mixer 3m, nhiệt độ 40°C và 60°C), hiệu suất tạo thành biodiesel đều đạt mức cao, trên 91%, và tăng dần theo tỷ lệ phối trộn. Tuy nhiên, độ nhớt của biodiesel cũng tăng nhẹ theo tỷ lệ trộn

Kết quả thu được từ thực nghiệm cho phép rút ra các kết luận sau:

- Tỷ lệ phối trộn methanol/dầu tăng từ 6/1 đến 10/1, chất lượng biodiesel giảm do độ nhớt tăng từ 4,71 lên 4,86cSt ở 40°C và từ 4,73 lên 4,96cSt ở nhiệt độ 60°C;

- Tuy nhiên, hiệu suất thu hồi biodiesel tăng khi tỷ lệ phối trộn methanol/dầu tăng, đạt đến gần 95% về hiệu suất khi hệ thống vận hành tại tỷ lệ phối trộn 10/1.

Đối với các kết quả trên có thể giải thích như sau:

- Khi tỷ lệ phối trộn methanol/dầu tăng, lượng methanol cần cho phản ứng transester hóa để tổng hợp

biodiesel ở trạng thái dư, phản ứng sẽ thuận lợi theo chiều tạo ra sản phẩm biodiesel. Tuy nhiên, ở cùng điều kiện hàm lượng xúc tác tại 0,5% khối lượng dầu, do lưu lượng dầu giữ nguyên trong các thí nghiệm thì lượng xúc tác là không đổi và nồng độ thể tích của xúc tác sẽ giảm khi lượng methanol tăng. Điều này làm cho độ hoạt tính

của xúc tác lên phản ứng transester hóa giảm khi tỷ lệ phối trộn tăng, dẫn đến phản ứng xảy ra không hoàn toàn và độ nhớt tăng;

- Hiện tượng trên cũng làm giảm tốc độ các phản ứng phụ có sự tham gia của xúc tác như phản ứng xà phòng hóa giữa xúc tác và dầu nguyên liệu... Khi xà phòng ít được tạo thành thì khả năng thu hồi sản phẩm biodiesel sẽ được cải thiện và hiệu suất tăng lên.

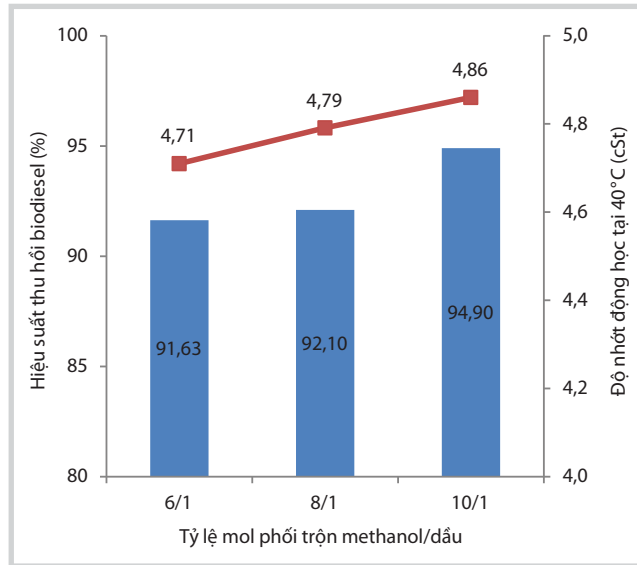
Kết quả thu được từ quy hoạch thực nghiệm cho thấy đối với hàm mục tiêu là độ nhớt biodiesel, điều kiện vận hành tối ưu để đạt độ nhớt thấp nhất gồm: chiều dài mixer 3m, hàm lượng xúc tác 1% khối lượng, tỷ lệ phối trộn methanol/dầu = 6/1 và nhiệt độ 60°C. Ngoài ra, việc chọn hàm mục tiêu là giá trị của độ nhớt thay vì hiệu suất thu hồi sản phẩm, vì đối với biodiesel, tiêu chí về chất lượng (độ nhớt, hàm lượng methyl ester...) có vai trò quyết định trong việc được sử dụng loại sản phẩm này pha trộn với diesel khoáng.

3.5. Một số tính chất hóa lý của mẫu biodiesel - So sánh với tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 7717:2009 về B100

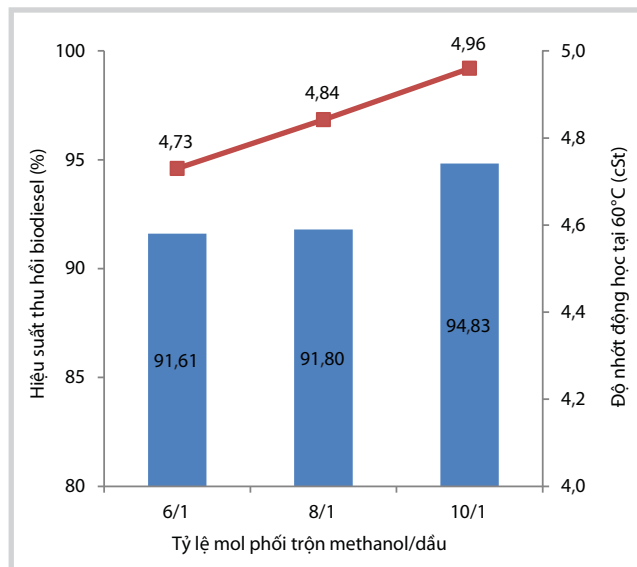
Bảng 6 trình bày một số tính chất của mẫu biodiesel có hàm lượng methyl esters đạt giá trị cao nhất tổng hợp được qua hệ thống. Tại điều kiện chiều dài mixer 2m, hàm lượng xúc tác 1% khối lượng, tỷ lệ phối trộn methanol/dầu = 6/1 và nhiệt độ 60°C, sản phẩm biodiesel tổng hợp đáp ứng được các chỉ tiêu quan trọng trong TCVN 7717:2009 về B100 như hàm lượng ester, độ nhớt động học, trị số acid, hàm lượng lưu huỳnh và độ bền oxy hóa.

Từ phương trình hồi quy về độ nhớt kết hợp với tiêu chuẩn đặt ra về hàm lượng ester, điều kiện vận hành tối ưu cho hệ thống static mixer được xác định như sau: chiều dài mixer 2m, hàm lượng xúc tác 1% khối lượng, tỷ lệ phối trộn methanol/dầu = 6/1, nhiệt độ 60°C.

Do đó, qua quá trình xác định được điều kiện vận hành đối với loại dầu nguyên liệu sử dụng, việc nâng cấp hệ thống static mixer về công suất và các thiết bị phụ trợ như phân tách glycerol, biodiesel mở ra khả năng sản xuất biodiesel ở quy mô lớn.



(a)



(b)

Hình 11. Ảnh hưởng của tỷ lệ phối trộn methanol/dầu lên hiệu suất thu hồi và độ nhớt của sản phẩm biodiesel tổng hợp qua hệ thống static mixer tại hàm lượng xúc tác 0,5%kl, chiều dài mixer 3m, ở 40°C (a) và 60°C (b)

Bảng 6. Một số tính chất hóa lý của mẫu biodiesel so sánh với tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 7717:2009 về B100

Tính chất	Phương pháp xác định	TCVN 7717:2009	Biodiesel tổng hợp
Hàm lượng ester (% khối lượng)	EN 14103	≥ 96,5	97,1
Độ nhớt động học tại 40°C (cSt)	ASTM D445	1,9 - 6,0	4,492
Điểm sương (°C)	ASTM D2500	-	13
Trị số acid (mg KOH/g)	ASTM D664	≤ 0,50	0,422
Hàm lượng lưu huỳnh (% khối lượng)	ASTM D4294	≤ 0,05	0,0267
Độ bền oxy hóa ở 110°C (giờ)	EN 14112	≥ 6	15

4. Kết luận

Hệ thống phản ứng static mixer cho phép tổng hợp biodiesel ở chế độ liên tục, thời gian phản ứng nhanh (dưới 2 giây) tại khoảng nhiệt độ thấp 40 - 60°C. Hiệu suất tạo thành sản phẩm biodiesel đạt mức cao, dao động từ 88 - 94% trong các điều kiện nghiên cứu. Tại điều kiện tối ưu của hệ thống với chiều dài mixer 2m, hàm lượng xúc tác NaOH 1% khối lượng, tỷ lệ phối trộn methanol/dầu = 6/1 và nhiệt độ 60°C, hiệu suất thu hồi biodiesel đạt 89,6% và hàm lượng methyl esters trong biodiesel đạt 97,1% khối lượng, đáp ứng tiêu chuẩn sử dụng để pha trộn với diesel khoáng. Một số hướng nghiên cứu có thể mở rộng trong tương lai như thử nghiệm các loại dầu nguyên liệu có độ acid tự do khác nhau (dầu ăn qua sử dụng, mỡ cá...), thay thế xúc tác NaOH bằng xúc tác khác như KOH, kéo dài thời gian phản ứng bằng cách tăng chiều dài của static mixer...

Qua nghiên cứu trên, phương pháp static mixer đã chứng tỏ là một bước đi mới và tiềm năng về công nghệ trong việc tổng hợp biodiesel ở quy mô lớn, chi phí thấp, tạo tiền đề cho việc sản xuất biodiesel làm nhiên liệu thay thế trong thời gian tới.

Tài liệu tham khảo

- Hideki Fukuda, Akihiko Kondo, Hideo Noda. *Biodiesel fuel production by transesterification of oils*. Journal of Bioscience and Bioengineering. 2001; 92(5): p. 405 - 416.
- E.F.Aransiola, T.V.Ojumu, O.O.Oyekola, T.F.Madzimbamuto, D.I.O.Ikhu-Omoregbe. *A review of current technology for biodiesel production: State of the art*. Biomass and Bioenergy. 2014; 61: p. 276 - 297.
- Jinjin Huang, Ji Xia, Wei Jiang, Ying Li, Jilun Li. *Biodiesel production from microalgae oil catalyzed by a recombinant lipase*. Bioresource Technology. 2015; 180: p. 47 - 53.
- Seik Lih Lee, Yong Chen Wong, Yen Ping Tan, Sook Yan Yew. *Transesterification of palm oil to biodiesel by using waste obtuse horn shell-derived CaO catalyst*. Energy Conversion and Management. 2015; 93: p. 282 - 288.
- Abhishek Guldhe, Bhaskar Singh, Isamail Rawat, Kugen Permaul, Faizal Bux. *Biocatalytic conversion of lipids from microalgae Scenedesmus obliquus to biodiesel using Pseudomonas fluorescens lipase*. Fuel. 2015; 147: p. 117 - 124.
- Nawshad Muhammad, Yasir A. Elsheikh, Muhammad Ibrahim Abdul Mutalib, Aqeel Ahmed Bazmi,

Rahmat Ali Khan, Hidayatullah Khan, Sikander Rafiq, Zakaria Man, Ihsnullah khan. *An overview of the role of ionic liquids in biodiesel reactions*. Journal of Industrial and Engineering Chemistry. 2015. 21: p. 1 - 10.

- Abhishek Guldhe, Bhaskar Singh, Taurai Mutanda, Kugen Permaul, Faizal Bux. *Advances in synthesis of biodiesel via enzyme catalysis: Novel and sustainable approaches*. Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2015; 41: p. 1447 - 1464.
- Xuebing Zhao, Feng Qi, Chongli Yuan, Wei Du, Dehua Liu. *Lipase-catalyzed process for biodiesel production: Enzyme immobilization, process simulation and optimization*. Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2015. 44: p. 182 - 197.
- E.Santacesaria, G.Martinez Vicent, M.Di Serio, R.Tesser. *Main technologies in biodiesel production: State of the art and future challenges*. Catalysis Today. 2012; 195(1): p. 2 - 13.
- BP. *BP statistical review of world energy*. 2014.
- Trung tâm Nghiên cứu và Phát triển Chế biến Dầu khí (PVPro). *Cơ sở dữ liệu thị trường Việt Nam - Lọc dầu*. 9/2014.
- Nguyễn Hữu Lương, Triệu Quang Tiến. *Sản xuất biodiesel trên cơ sở phản ứng HDO*. Đại học Bách khoa Tp. Hồ Chí Minh. 2011.
- Đặng Ngọc Lương. *Nghiên cứu khả năng sử dụng dầu thải thực vật làm nhiên liệu biodiesel*. Luận văn tốt nghiệp, Đại học Bách khoa Tp. Hồ Chí Minh. 2006.
- Nguyễn Thị Hồng Nơ. *Nghiên cứu tổng hợp biodiesel từ dầu thực vật với xúc tác rắn*. Luận văn tốt nghiệp, Đại học Bách khoa Tp. Hồ Chí Minh. 2005.
- Nguyễn Hữu Lương. *Tổng quan tài liệu về các nghiên cứu sản xuất biodiesel*. Đại học Bách Khoa Tp. Hồ Chí Minh. 2010.
- Phan Ngọc Anh. *Nghiên cứu công nghệ sản xuất biodiesel từ dầu ăn phế thải*. Luận văn thạc sĩ, Đại học Bách khoa Tp. Hồ Chí Minh. 2002.
- Nguyễn Thị Phương Thoa. *Điều chế nhiên liệu diesel sinh học (biodiesel) từ dầu thực vật phế thải theo công nghệ hóa siêu âm*. Trường Đại học Khoa học Tự nhiên - Đại học Quốc gia Tp. Hồ Chí Minh. 2005
- Đào Đức Phú. *Nghiên cứu tổng hợp biodiesel từ dầu thực vật với xúc tác rắn*. Luận văn tốt nghiệp, Đại học Bách khoa Tp. Hồ Chí Minh. 2006.

19. James P.Szybist, Juhun Song, Mahabubul Alam, Andre L.Boehman. *Biodiesel combustion, emissions and emission control: review*. Fuel Processing Technology. 2007; 88(7): p. 679 - 691.
20. Fernando A.P.Voll, Camila da Silva, Carla C.R.S.Rossi, Reginaldo Guirardello, Fernanda de Castilhos, J.Vladimir Oliveira, Lúcio Cardozo-Filho. *Thermodynamic analysis of fatty acid esterification for fatty acid alkyl esters production*. Biomass and Bioenergy. 2011; 35(2): p. 781 - 788.
21. A.L.Ahmad, N.H.Mat Yasin, C.J.C.Derek, J.K.Lim. *Microalgae as a sustainable energy source for biodiesel production: a review*. Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2011; 15(1): p. 584 - 593.
22. Steven Lim, Lee Keat Teong. *Recent trends, opportunities and challenges of biodiesel in Malaysia: An overview*. Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2010; 14(3): p. 938 - 954.
23. Lin Lin, Zhou Cunshan, Saritporn Vittayapadung, Shen Xiangqian, Dong Mingdong. *Opportunities and challenges for biodiesel fuel*. Applied Energy. 2011. 88(4): p. 1020 - 1031.
24. S.S.Ragit, S.K.Mohapatra, K.Kundu, P.Gill. *Optimization of neem methyl ester from transesterification process and fuel characterization as a diesel substitute*. Biomass and Bioenergy. 2011; 35(3): p. 1138 - 1144.
25. Dennis Y.C Leung, Xuan Wu, M.K.H.Leung. *A review on biodiesel production using catalyzed transesterification*. Applied Energy. 2010; 87(4): p. 1083 - 1095.
26. F.Theron, N.Le Sauze. *Comparison between three static mixers for emulsification in turbulent flow*. International Journal of Multiphase Flow. 2011; 37(5): p. 488 - 500.
27. J.P.Gingras, L.Fradette, P.Tanguy, J.Bousquet. *Inline bitumen emulsification using static mixers*. Industrial & Engineering Chemistry Research 2007; 46(8): p. 2618 - 2627.
28. R.K.Thakur, K.D.P.Nigam, E.B.Nauman, G.Djelveh. *Static mixer in the process industries - A review*. Chemical Engineering Research and Design. 2003; 81(7): p. 787 - 826.
29. Akram Ghanem, Thierry Lemenand, Dominique Della Valle, Hassan Peerhossaini. *Static mixers: Mechanisms, applications, and characterization methods - A review*. Chemical Engineering Research and Design. 2014; 92(2): p. 205 - 228.
30. Buddy Rahmat, Imas Siti Setiasih, Roni Kastaman. *Biodiesel reactor design with glycerol separation to increase biodiesel production yield*. Makara Seri Teknologi. 2013; 17(1): p. 11 - 16.
31. E.Santacesaria, M.Di Serio, R.Tesser, M.Tortorelli, R.Turco, V.Russo. *A simple device to test biodiesel process intensification*. Chemical Engineering and Processing: Process Intensification. 2011; 50(10): p. 1085 - 1094.
32. E.Santacesaria, M.Di Serio, R.Tesser, M.Tortorelli, R.Turco, V.Russo. *Biodiesel process intensification in a very simple microchannel device*. Chemical Engineering and Processing: Process Intensification. 2012; 52: p. 47 - 54.
33. Krit Somnuk, Pruittikorn Smithmaitrie, Gumpon Prateepchaikul. *Optimization of continuous acid-catalyzed esterification for free fatty acids reduction in mixed crude palm oil using static mixer coupled with high-intensity ultrasonic irradiation*. Energy Conversion and Management. 2013; 68: p. 193 - 199.
34. Krit Somnuk, Suhdee Niseng, Gumpon Prateepchaikul. *Optimization of high free fatty acid reduction in mixed crude palm oils using circulation process through static mixer reactor and pilot-scale of two-step process*. Energy Conversion and Management. 2014; 80: p. 374 - 381.
35. Kuo-Tung Chang, Jer-Huan Jang, Teng-Chuang Lai, Jun-Nan Chen. *Experimental and numerical study on the flow visualization in a tri-helical static mixer*. Journal of Marine Science and Technology. 2011; 19(4): p. 392 - 397.
36. Rizal Alamsyah, Armansyah H.Tambunan, Y.Aris Purwanto, Dadan Kusdiana. *Comparison of static-mixer and blade agitator reactor in biodiesel production*. Agricultural Engineering International: CIGR Journal. 2010; 12(1): p. 99 - 106.
37. J.C.Thompson, B.B.He. *Biodiesel production using static mixers*. American Society of Agricultural and Biological Engineers. 2007; 50(1): p. 161 - 165.
38. Xinhai Yu, Zhenzhong Yu, Ying Lin, Shan-Tung Tu, Zhengdong Wang, Jinyue Yan. *Intensification of biodiesel synthesis using metal foam reactors*. Fuel. 2010; 89(11): p. 3450 - 3456.
39. Jian Yang, Qiuwang Wang, Min Zeng, Akira Nakayama. *Computational study of forced convective heat transfer in structured packed beds with spherical or ellipsoidal particles*. Chemical Engineering Science. 2010; 65(2): p. 726 - 738.

40. Jian Yang, Jing Wang, Shanshan Bu, Min Zeng, Qiuwang Wang, Arika Nakayama. *Experimental analysis of forced convective heat transfer in novel structured packed beds of particles*. Chemical Engineering Science. 2012; 71: p. 126 - 137.
41. Noritake. *Noritake static mixer*. www.noritake.co.jp.
42. SolidWorks Corp. www.solidworks.com.
43. Ansys. www.ansys.com.
44. Toyota-Tsusho Corporation. *Specification of BDF test plant*.
45. Venu Babu Borugadda, Vaibhav V.Goud. *Biodiesel production from renewable feedstocks: Status and opportunities*. Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2012; 16(7): p. 4763 - 4784.
46. Trung tâm Đào tạo và Thông tin Dầu khí (CPTI). *Khóa học Quy hoạch thực nghiệm*. 2014.
47. Y.C.Sharma, B.Singh. *Development of biodiesel: Current scenario*. Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2009; 13 (6-7): p. 1646 - 1651.
48. Ejaz M.Shahid, Younis Jamal. *A review of biodiesel as vehicular fuel*. Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2008. 12(9): p. 2484 - 2494.
49. Vlada B.Veljkovic, Olivera S.Stamenkovic, Zoran B.Todorovic, Miodrag L.Lazic, Dejan U.Skala. *Kinetics of sunflower oil methanolysis catalyzed by calcium oxide*. Fuel. 2009; 88(9): p. 1554 - 1562.
50. Y.Zhang, M.A.Dube, D.D.McLean, M.Kates. *Biodiesel production from waste cooking oil: 1. Process design and technological assessment*. Bioresource Technology. 2003; 89(1): p. 1 - 16.

Continuous production of biodiesel by static mixer system

Nguyen Van Phuc, Nguyen Dinh Viet
 Nguyen Huu Luong, Nguyen Anh Duc
 Vietnam Petroleum Institute

Summary

Biofuels have drawn attention in recent years as an alternative to traditional fuels. However, a number of limitations in raw materials and production technologies have led to high product cost and unsatisfactory product quality. Biodiesel made from vegetable oil (edible and non-edible oil) and animal fats (fat of basa catfish) can be a potential development in Vietnam. The paper presents a method of synthesising biodiesel by a continuous static mixer reactor. Static mixer technology allows biodiesel production on a large scale with a simple and fast operation compared to batch reactor. The specifications, design diagrams and the factors (temperature, catalyst concentration, residence time, mixing ratio of oil / methanol) influencing synthesised biodiesel properties (viscosity, recovery efficiency and content of methyl esters) via the static mixer are surveyed and analysed in detail.

Key words: Biodiesel, vegetable oil, static mixer method, influencing factors, biodiesel production efficiency, methyl ester content.