

## TỔNG HỢP DẦU DIESEL SINH HỌC TỪ DẦU MÙ U

Nguyễn Văn Đạt<sup>1</sup>, Lưu Cẩm Lộc<sup>2</sup>, Bùi Thị Bửu Huệ<sup>1</sup>, Dương Kim Hoàng Yến<sup>1</sup>,  
Trần Phát Đạt<sup>1</sup>, Phạm Văn Thanh<sup>1</sup>, Nguyễn Văn Nhã<sup>1</sup> và Lê Văn Thức<sup>3</sup>

### ABSTRACT

*In this study, a three-step process was developed to produce biodiesel from Calophyllum inophyllum oil. The first step, pre-treatment of feedstock with methanol was done. The second step, acid catalyzed esterification reduces the FFA (Free Fatty Acid) content of the oil to less than 2%. The final step, alkaline catalyzed transesterification process converts the products of the second step to its mono-esters and glycerol. The major factors affect the conversion efficiency of the process such as molar ratio (methanol/oil), amount of catalyst, reaction temperature and reaction duration are analyzed. It has been found that the conversion was over 90% under temperature condition of 60°C, methanol/oil mole ration of 6:1, catalyst amount (catalyst/oil) of 1%, reaction time of 2 hours and agitation speed of 600 rpm (revolutions per minute). Gas Chromatography Mass Spectrometry (GC-MS) analytical result showed that methyl oleate (C<sub>18:1</sub>) and methyl linoleate (C<sub>18:2</sub>) were the two major components of Calophyllum inophyllum oil-biodiesel (CaloBDF). The important properties of biodiesel such as gross heat combustion, flash point and kinematic viscosity at 40°C are found out and compared with that of diesel.*

**Keywords:** Biodiesel, Calophyllum inophyllum oil

**Title:** Biodiesel production from calophyllum inophyllum oil

### TÓM TẮT

*Một quy trình tổng hợp dầu diesel sinh học từ dầu mù u gồm ba giai đoạn đã được thực hiện trong nghiên cứu này. Dầu mù u thô được xử lý sơ bộ với methanol được thực hiện trong giai đoạn đầu tiên. Trong giai đoạn hai, quá trình ester hóa xúc tác acid nhằm để làm giảm chỉ số acid của dầu mù u về giá trị thấp hơn 2% đã được tiến hành. Giai đoạn cuối cùng là quá trình transester hóa xúc tác base nhằm chuyển sản phẩm của giai đoạn hai thành mono-ester (biodiesel) và glycerol. Những yếu tố quan trọng ảnh hưởng đến hiệu suất của quá trình tổng hợp như tỉ lệ mol (methanol/oil), hàm lượng xúc tác, nhiệt độ và thời gian phản ứng đã được nghiên cứu. Từ kết quả nghiên cứu, hiệu suất tổng hợp đạt được trên 90% dưới điều kiện nhiệt độ 60°C, tỉ lệ mol 6:1 (methanol/oil), hàm lượng xúc tác 1% (catalyst/oil), thời gian phản ứng là 2 giờ và tốc độ khuấy 600rpm. Kết quả phân tích GC-MS cho thấy, methyl oleate (C<sub>18:1</sub>) và methyl linoleate (C<sub>18:2</sub>) là hai thành phần chính của dầu diesel sinh học tổng hợp từ dầu mù u (CaloBDF). Những tính chất quan trọng của biodiesel như nhiệt lượng tổng, điểm chớp cháy và độ nhớt động học ở 40°C đã được phân tích và so sánh với giá trị của những đại lượng tương ứng của dầu diesel.*

**Từ khóa:** Diesel sinh học, thành phần acid béo

### 1 ĐẶT VẤN ĐỀ

Biến đổi khí hậu toàn cầu là một nguy cơ, có thể trở thành thảm họa cho nhân loại do sự tác động của nó tới những yếu tố cơ bản của cuộc sống con người trên toàn

<sup>1</sup> Khoa Khoa học Tự nhiên, Trường Đại học Cần Thơ

<sup>2</sup> Viện Công nghệ Hóa học tại Tp. Hồ Chí Minh

<sup>3</sup> Nevorie Crescent Maroubra, Australia

thế giới. Hàng trăm triệu người có thể lâm vào cảnh đói nghèo, thiếu nước, lũ lụt, hạn hán,... Vì vậy, có những giải pháp ứng phó là điều cần thiết.

Việc sử dụng nguồn nguyên liệu hóa thạch thải ra môi trường một lượng lớn các khí như SO<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>,... là nguyên nhân gây ra hiệu ứng nhà kính. Chính vì vậy việc tìm ra nguồn nguyên liệu thân thiện môi trường để thay thế cho nguồn nguyên liệu truyền thống là điều hết sức cần thiết và cũng để ứng phó với biến đổi khí hậu là vấn đề đang được quan tâm nghiên cứu ở nhiều nơi trên thế giới.

Phản ứng giữa dầu thực vật hoặc mỡ động vật và một alcohol với sự có mặt của base mạnh tạo ra những hợp chất hóa học mới có tính chất tương tự như dầu diesel gọi là *biodiesel* (Demirbas, Ayhan, 2009). Biodiesel có thể dùng trực tiếp (B100) hoặc pha trộn với dầu diesel với bất kỳ tỉ lệ nào mà không cần phải thiết kế lại động cơ (đặc biệt là thùng chứa nhiên liệu).

Mù u thuộc họ Clusiaceae và có tên khoa học là *Calophyllum inophyllum* L. Loài thực vật này có nhiều nguồn gốc như Đông Phi, Ấn Độ, Đông Nam Á, Australia và Nam Thái Bình Dương. Cây cho sản lượng 100-200 quả/kg (J. Hemavathy and J. V. Prabhakar, 1990). Lượng dầu được lấy ra khoảng 2 tấn/ha trên mỗi diện tích bề mặt đất. Dầu có màu xanh, đặc, và có mùi hấp dẫn. Theo truyền thống, dầu mù u đã được sử dụng như một loại thuốc điều trị các bệnh lý về da, làm xà phòng, dầu đốt đèn và mỹ phẩm (C. Morel, 2000; S. Crane, 2005). Mới đây, mù u đã được đề xuất như là một nguồn biomass cho sản xuất nhiên liệu sinh học (B.K. Venkanna, 2009).

Đến nay đã có vài công trình nghiên cứu sản xuất dầu diesel sinh học được công bố (B.K. Venkanna, 2009; Vasanthakumar SathyaSelvabala, 2010). Indonesia cũng đã thành công trong việc sản xuất và đưa vào sử dụng dầu diesel sinh học từ dầu mù u. Tuy nhiên, hầu như chưa có thông tin về nghiên cứu tổng hợp dầu diesel sinh học từ dầu mù u tại Việt Nam. Trong nghiên cứu này, dầu mù u được sử dụng làm nguyên liệu cho tổng hợp biodiesel bằng một quá trình qua ba giai đoạn (1) tiền xử lý nguyên liệu dầu, (2) ester hóa xúc tác acid và (3) transester hóa xúc tác base. Các điều kiện phản ứng nhằm để thu được hiệu suất tối đa đã được nghiên cứu.

## 2 VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

### 2.1 Vật liệu

Dầu mù u nguyên liệu được mua tại một cơ sở sản xuất có địa chỉ tại phường Hưng Lợi, quận Ninh Kiều, thành phố Cần Thơ.

Hóa chất dùng trong tổng hợp và phân tích có xuất xứ từ Merck, Đức.

### 2.2 Phương pháp nghiên cứu

#### 2.2.1 Xử lý sơ bộ dầu mù u nguyên liệu với methanol

Dầu mù u nguyên liệu và 30% thể tích methanol (so với thể tích dầu) được chứa trong phễu chiết rồi lắc đều khoảng 1 phút, sau đó để yên phễu chiết chừng 15 phút cho tách lớp, rồi chiết lấy lớp dầu ở phía dưới, sau đó đem dầu đi đun ở 110°C để loại bỏ lượng methanol và nước còn trong dầu.

### 2.2.2 Tổng hợp dầu diesel sinh học từ dầu Mù u đã qua xử lý sơ bộ

Dầu mù u sau khi xử lý sơ bộ có FFA cao (19.25) đã được tiến hành tổng hợp biodiesel qua hai giai đoạn. Giai đoạn ester hóa xúc tác acid, các điều kiện phản ứng được cố định như sau: nhiệt độ 60°C, thời gian phản ứng là 4 giờ, tốc độ khuấy là 600 vòng/phút, phần trăm khối lượng acid sulfuric so với dầu là 1%. Kết quả thu được dầu Mù u có FFA bằng 1.575 (<2%), thích hợp để tiến hành giai đoạn transester hóa xúc tác base.

Khối lượng dầu mù u sau giai đoạn ester hóa xúc tác acid ở mỗi thí nghiệm được dùng không đổi là 100 gam, khối lượng methanol lấy theo tỷ lệ mol (methanol/dầu) từ 4:1 đến 10:1, hàm lượng xúc tác thay đổi từ 0.5 đến 1.5% (tính theo khối lượng dầu). Quá trình thí nghiệm được tiến hành như sau: cân lượng methanol cần thiết cho vào bình tam giác 250 mL. Thao tác cân cần phải nhanh vì methanol dễ bay hơi. Sau đó, cân một lượng xúc tác base cần thiết. Thao tác cần phải nhanh vì KOH dễ hút ẩm. Cho lượng base trên vào bình tam giác đã chứa sẵn methanol, do KOH rất khó tan trong methanol nên cần sử dụng máy khuấy từ để khuấy. Cân chính xác lượng dầu cho vào bình phản ứng và đặt lên máy khuấy từ, điều chỉnh nhiệt độ cần thiết. Rót từ từ dung dịch KOH trong methanol vào bình phản ứng trên, tiến hành khuấy với tốc độ mạnh để tạo điều kiện cho phản ứng xảy ra nhanh hơn và theo dõi quá trình phản ứng. Sau khi phản ứng xong, hỗn hợp phản ứng được để ổn định trong phễu chiết và tách lớp. Sản phẩm biodiesel được tinh chế bằng cách rửa nhiều lần với nước ấm nhằm loại bỏ xúc tác, methanol và làm khan bằng  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  khan.

### 2.2.3 Phân tích tính chất hóa lý và thành phần methyl ester

Sản phẩm biodiesel được phân tích thành phần hóa học bằng sắc ký khí ghép khối phổ GC-MS tại phòng thí nghiệm Hóa sinh thuộc Bộ môn Hóa học, khoa Khoa học Tự nhiên – Đại học Cần Thơ.

Bên cạnh đó, một số chỉ tiêu hóa lý khác của sản phẩm như: độ nhớt động học tại 40°C, nhiệt lượng tổng, điểm chớp cháy được phân tích tại Trung tâm Phân tích thí nghiệm CASE chi nhánh tại Cần Thơ.

## 3 KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

### 3.1 Những tính chất hóa lý của dầu mù u nguyên liệu

**Bảng 1:** Tính chất hóa của dầu nguyên liệu để tổng hợp biodiesel

Thông số	Dầu Mù u	Diesel
FFA <sup>*)</sup> , %	26.25	-
Độ nhớt động học ở 40°C (mm <sup>2</sup> /s)	60.24	3.06

<sup>\*)</sup> Acid béo tự do (Free Fatty Acid hay FFA, g oleic acid/ 100 gam chất béo)

Dầu mù u sau khi trích ly được tiến hành đánh giá chất lượng thông qua một số chỉ tiêu hóa lý cơ bản. Kết quả được trình bày trong bảng 1.

Bảng 1 cho thấy việc sử dụng trực tiếp dầu mù u làm nhiên liệu cho động cơ diesel sẽ gặp khó khăn do một số lý do sau đây: Độ nhớt của dầu mỡ động thực vật cao hơn diesel 10-20 lần sẽ làm cho đầu phun dễ bị tắc nghẽn và quá trình cháy xảy ra không hoàn toàn. Để khắc phục những nhược điểm trên của dầu mỡ động thực vật,

một số phương pháp đã được áp dụng như pha loãng, nhũ tương, cracking nhiệt,... hay phương pháp hóa học như trao đổi ester thành ester của các alcohol mạch ngắn. Phương pháp hóa học được nghiên cứu và sử dụng nhiều nhất trong công nghiệp vì làm giảm đáng kể độ nhớt và cải thiện tính bay hơi của dầu mỡ (Barnwal. B. K, 2005), (Lotero. E, 2006), (Ma. F, 2009).

Hàm lượng của nước và FFA đóng vai trò quan trọng trong phản ứng trao đổi este. Khi sử dụng xúc tác base, FFA có trong dầu mỡ sẽ tham gia phản ứng xà phòng hóa với xúc tác làm hao hụt và giảm tác dụng của xúc tác, tăng độ nhớt của hỗn hợp phản ứng, gây phức tạp và tốn kém cho quá trình tách thu hồi glycerol và rửa sản phẩm. Nhiều tác giả đã đưa ra giới hạn hàm lượng FFA (%) có trong dầu mỡ nguyên liệu thích hợp cho phản ứng transester hóa như Ma và Hanna (< 0,06) (Ma. F, 2009), Ramadhas ( $\leq 2$ ) (Ramadhas. A. S, 2005). Dầu Mù u sau khi xử lý sơ bộ với methanol có FFA bằng 19.25 (>2%). Do đó, quá trình tổng hợp CaloBDF phải qua hai giai đoạn: (1) ester hóa xúc tác acid nhằm để chuyển acid béo tự do về dạng ester làm giảm chỉ số acid và (2) phản ứng transester hóa xúc tác base. Các nghiên cứu còn cho thấy ngoài dầu mỡ, các tác chất cũng cần phải được khan nước. Khi hàm lượng nước lớn hơn 0.5%, hiệu suất có thể giảm xuống dưới 90% (Canakci. M, 1999).

### 3.2 Xử lý sơ bộ dầu Mù u nguyên liệu với methanol

Dầu mù u ban đầu có màu xanh sau khi xử lý ngâm với 30% thể tích methanol thì thu được dầu có màu vàng FFA giảm khoảng 25%, màu dầu sáng hơn, thuận lợi cho các bước tiếp theo trong quá trình tổng hợp thành biodiesel. Tuy nhiên, FFA của dầu mù u vẫn còn khá cao, nên phải tiến hành ester hóa xúc tác acid để FFA giảm đến một giá trị thích hợp ( $\leq 2\%$ ) (Ramadhas. A. S, 2005).



Hình 1: Dầu mù u ban đầu FFA = 26.25



Hình 2: Dầu mù u sau khi xử lý methanol FFA = 19.25

### 3.3 Ester hóa xúc tác acid

Các điều kiện ở giai đoạn ester hóa xúc tác acid được cố định như sau: nhiệt độ phản ứng 60°C, tốc độ khuấy là 600 vòng/phút, thời gian phản ứng là 4 giờ, phần trăm thể tích methanol so với dầu là 35%, xúc tác acid H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 1%. Kết quả sau giai đoạn này, FFA của dầu mù u đạt 1.575, thích hợp để tiến hành giai đoạn transester hóa.

### 3.4 Các yếu tố ảnh hưởng đến phản ứng transester hóa xúc tác base

Biodiesel là các mono anky ester dẫn xuất từ acid béo mạch dài của dầu mỡ động thực vật được sử dụng cho động cơ diesel. Biodiesel tinh khiết gọi là B 100 được

dùng trộn với nhiên liệu diesel theo các tỷ lệ khác nhau. Biodiesel chủ yếu được điều chế từ dầu mỡ bằng phản ứng transester hóa (tranesterification) còn gọi là phản ứng alcohol giải, hay chuyển vị ester. Phản ứng transester hóa là phản ứng thuận nghịch. Xúc tác thường được sử dụng để làm tăng vận tốc của phản ứng. Alcohol được dùng dư để cân bằng lệch về phía tạo ra nhiều sản phẩm biodiesel.

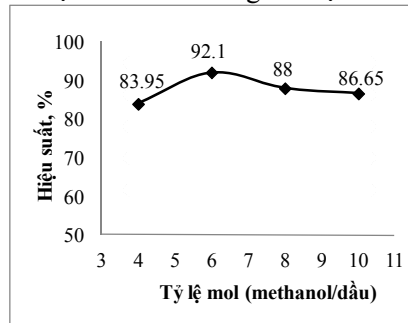
Nhiều công trình nghiên cứu cho thấy rằng phản ứng transester hóa phụ thuộc vào các thông số (1) loại và hàm lượng xúc tác, (2) loại alcohol sử dụng và tỷ lệ mol alcohol/dầu, (3) nhiệt độ phản ứng, (4) thời gian phản ứng, (5) mức độ khuấy trộn, (6) hàm lượng FFA và nước có trong nguyên liệu dầu mỡ (Sharma. Y. C, 2008),

3.4.1 Ảnh hưởng của tỉ lệ mol methanol/dầu

Alcohol bậc nhất như methanol, ethanol, propanol, butanol đều có thể sử dụng để tổng hợp biodiesel. Các biodiesel này không khác nhau nhiều về tính chất hóa học và đều thể đáp ứng được yêu cầu của các tiêu chuẩn nhiên liệu. Bản chất hóa học của alcohol ảnh hưởng đáng kể đến phản ứng tổng hợp biodiesel. Alcohol có kích thước phân tử càng lớn thì phản ứng càng khó xảy ra do đó phản ứng thường được tiến hành ở nhiệt độ khá cao. Alcohol phân nhánh phản ứng kém hơn so với mạch thẳng tương ứng. So với methanol, ethanol có thể tạo hỗn hợp đẳng phí với nước nên khó thu hồi hơn và nước làm cho hiệu suất phản ứng thấp. Nhũ tương được tạo thành trong quá trình phản ứng của methanol không bền, dễ bị phá vỡ hơn của ethanol nên thời gian để tách pha ngắn hơn (Zhou. W, 2003). Do đó, mặc dù độ hòa tan ethanol, người ta vẫn thường sử dụng methanol làm nguyên liệu cho sản xuất biodiesel.

Một trong những thông số quan trọng của phản ứng tổng hợp biodiesel là tỷ lệ mol giữa alcohol và dầu. Tỷ lệ này phụ thuộc vào bản chất nguyên liệu và tính chất acid, base đồng thể hay dị thể của xúc tác. Hiệu suất phản ứng tăng khi tỷ lệ alcohol/dầu. Tuy nhiên nếu sử dụng quá nhiều alcohol, độ hòa tan glycerol trong alcohol dư tăng dẫn đến việc tách rửa khó khăn làm giảm hiệu suất phản ứng.

Tỷ lệ mol methanol/dầu là một trong những yếu tố quan trọng nhất ảnh hưởng đến hiệu suất phản ứng. Trong nghiên cứu này một loạt các thí nghiệm đã được thực hiện với tỉ lệ mol methanol/dầu thay đổi từ 3:1 đến 10:1 và cố định các yếu tố còn lại như sau: nhiệt độ là 60°C, tốc độ khuấy 600 vòng/phút. Yếu tố thời gian được cố định là 2 giờ. Kết quả được biểu diễn bằng đồ thị hình 3.



Hình 3: Ảnh hưởng của tỷ lệ mol methanol/dầu đến hiệu suất tổng hợp CaloBDF

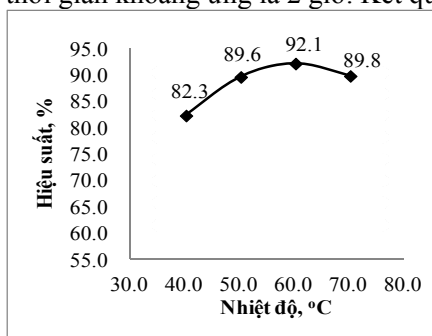
Theo đồ thị hình 3, theo hướng tăng tỷ lệ mol methanol/dầu thì hiệu suất cũng tăng. Khi tỷ lệ mol (6:1) thì hiệu suất đạt cao nhất, tuy nhiên, nếu tỷ lệ mol cao

hơn (6:1) thì hiệu suất có khuynh hướng giảm, điều này do methanol có nhóm OH phân cực đóng vai trò như một chất nhũ hóa, làm tăng khả năng hòa tan của glycerol trong dung dịch phản ứng. Glycerol còn lại trong dung dịch phản ứng sẽ làm cho cân bằng chuyển dịch theo chiều ngược với hướng tạo mono ester, hiệu suất sẽ giảm. Một nguyên nhân khác nữa là do methanol hòa tan được cả glycerol và alkyl ester, nên một lượng alkyl ester sẽ theo methanol vào trong pha của glycerol và do đó hiệu suất sẽ giảm.

### 3.4.2 Ảnh hưởng nhiệt độ

Vận tốc phản ứng chuyển hóa phụ thuộc vào nhiệt độ. Khi nhiệt độ tăng, khả năng khuếch tán vào nhau của tác chất tăng làm cho phản ứng diễn ra nhanh hơn. Khoảng nhiệt độ của phản ứng transester hóa tương đối rộng thường từ nhiệt độ phòng đến gần nhiệt độ sôi của alcohol hoặc cao hơn nữa ở áp suất khí quyển. Nhiệt độ tối ưu của phản ứng chuyển hóa phụ thuộc vào bản chất, chất lượng của nguyên liệu dầu mỡ và các điều kiện khác phản ứng (Yuan. X, 2008)

Trong nghiên cứu này alcohol được sử dụng là methanol (nhiệt độ sôi của methanol 65°C), nên các thí nghiệm được tiến hành ở năm nhiệt độ khác nhau 30, 40, 50, 60 và 70°C với việc cố định các yếu tố như: nồng độ xúc tác KOH 1% (theo khối lượng dầu), tỷ lệ mol methanol/dầu là 6:1, tốc độ khuấy 600 vòng/phút, thời gian khoảng ứng là 2 giờ. Kết quả được biểu diễn bằng đồ thị hình 4.

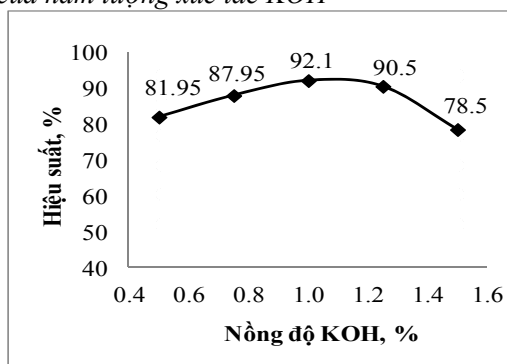


Theo đồ thị trình bày ở hình 4, cho thấy hiệu suất cao nhất đạt tại 60°C.

Khi tăng nhiệt độ hiệu suất phản ứng tạo CaloBDF tăng. Tuy nhiên, nhiệt độ tăng cao hơn 60°C, thì hiệu suất phản ứng có khuynh hướng giảm, điều này có thể do phản ứng xà phòng hóa dầu xảy ra trước khi hoàn tất phản ứng transester hóa. Mặt khác, nhiệt độ cao dẫn đến thất thoát methanol làm giảm hiệu suất.

Hình 4: Ảnh hưởng của nhiệt độ đến hiệu suất tổng hợp CaloBDF

### 3.4.3 Ảnh hưởng của hàm lượng xúc tác KOH



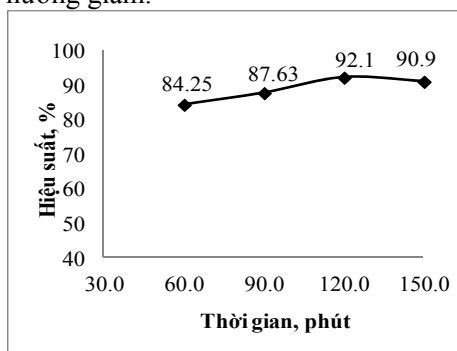
Hình 5: Ảnh hưởng của %KOH đến hiệu suất tổng hợp CaloBDF

Để khảo sát ảnh hưởng của xúc tác KOH, các thí nghiệm được tiến hành với nồng độ xúc tác KOH thay đổi từ 0.5 đến 1.5% (so với khối lượng dầu) và cố định các yếu tố còn lại như sau: nhiệt độ 60°C, tốc độ khuấy là 600 vòng/phút. Yếu tố thời gian được cố định là 2 giờ, tỉ lệ mol methanol/dầu là 6:1. Kết quả được biểu diễn bằng đồ thị Hình 5. Hiệu suất phản ứng cao nhất khi hàm lượng xúc tác KOH là 1%. Ở nồng độ KOH nhỏ hơn 1%, lượng xúc tác không đủ để phản ứng hoàn tất. Ngược lại, khi nồng độ KOH lớn hơn 1%, hiệu suất phản ứng có khuynh hướng giảm bởi vì khi tăng lượng xúc tác thì làm tăng lượng xà phòng tạo thành, từ đó hiệu suất thu sản phẩm giảm.

### 3.4.4 Ảnh hưởng của thời gian

Hiệu suất phản ứng transester hóa phụ thuộc vào thời gian phản ứng. Thời gian phản ứng cần thiết phụ thuộc vào bản chất nguyên liệu và xúc tác sử dụng. Các nghiên cứu đều cho thấy, sau khi phản ứng đạt hiệu suất chuyển hóa cao nhất thì việc tiếp tục tăng thời gian sẽ không làm tăng hiệu suất.

Các thí nghiệm được tiến hành với việc cố định các yếu tố như: nồng độ xúc tác KOH 1% (theo khối lượng dầu), tỷ lệ mol methanol/dầu là 6:1, tốc độ khuấy 600 vòng/phút, nhiệt độ ở 60°C và thay đổi yếu tố thời gian từ 30 phút đến 180 phút. Kết quả được biểu thị Hình 6. Theo đồ thị Hình 6, hiệu suất đạt cao nhất ở thời gian 120 phút, nếu thời gian trước 120 phút phản ứng xảy ra không hoàn toàn màu của biodiesel thu được tối hơn so với màu của biodiesel thu được ở 120 phút. Tuy nhiên, nếu thời gian dài hơn 120 phút, lượng biodiesel thu được có khuynh hướng giảm.



### Tóm lại

Vậy điều kiện tối ưu cho phản ứng transester hóa để tổng hợp CaloBDF như sau:

- Hàm lượng xúc tác KOH: 1% (so với khối lượng dầu)
- Tỷ lệ mol methanol/dầu: 6:1
- Nhiệt độ phản ứng: 60°C
- Thời gian: 120 phút
- Hiệu suất cực đại: 92.1%

Hình 6: Ảnh hưởng của thời gian đến hiệu suất tổng hợp CaloBDF

### 3.5 Những tính chất hóa lý của CaloBDF

Bảng 2 trình bày những tính chất hóa lý của CaloBDF có so sánh với diesel. Những tính chất như: độ nhớt động học tại 40°C, điểm chớp cháy, chỉ số acid của CaloBDF đều đạt yêu cầu tiêu chuẩn JIS, EN, ASTM.

Nhiệt lượng tổng của CaloBDF thấp hơn nhiệt lượng tổng của diesel khoảng 10%, điều này do sự có mặt của nguyên tử O trong phân tử methyl ester.

Điểm chớp cháy của CaloBDF cao hơn điểm chớp cháy của diesel tương ứng, điều này sẽ an toàn cho việc tồn trữ và vận chuyển biodiesel.

**Bảng 2: Những tính chất lý hóa của CaloBDF có so sánh với diesel**

Các tính chất hóa lý	Các tiêu chuẩn			CaloBD F	Diesel
	JIS	EN	ASTM		
Chỉ số acid, mg KOH/g	≤0.5	≤0.5	≤0.5	0.310	-
Nhiệt lượng tổng, MJ/kg	-	-	-	39.690	43.80
Điểm chớp cháy, °C	130 min.	130 min.	130 min.	140	76
Độ nhớt động học ở 40°C, mm <sup>2</sup> /s	3.5–5.0	3.5-5.0	1.9-5.0	4.822	3.06

### 3.6 Thành phần methyl ester acid béo của CaloBDF

Thành phần methyl ester acid béo của CaloBDF được phân tích bằng sắc ký khí ghép khối phổ. Kết quả phân tích thành phần acid béo được tóm tắt trong bảng 3. Thành phần acid béo của CaloBDF chủ yếu là C<sub>16</sub> đến C<sub>20</sub>. Thành phần C<sub>18:1</sub> chiếm nhiều nhất (41.19%) và C<sub>20:0</sub> tồn tại lượng vết (0.45%). Hàm lượng của đa nối đôi C<sub>18:2</sub> chiếm một hàm lượng khá lớn (29.07%), nên có khả năng độ bền oxy hóa của dầu mù u sẽ kém.

**Bảng 3: Thành phần methyl ester acid béo của CaloBDF**

Tên methyl ester acid béo	CaloBDF
Acid palmitoleic(C16:1)	15.54
Acid stearic (C18:0)	13.75
Acid oleic (C18:1)	41.19
Acid linoleic (C18:2)	29.07
Acid eicosanoic (20:0)	0.45
Methyl ester acid béo bão hòa	14.20
Methyl ester acid béo chứa một nối đôi C=C	56.73
Methyl ester acid béo chứa nhiều nối đôi	29.07

## 4 KẾT LUẬN

Đã tổng hợp được CaloBDF với hiệu suất 92% ở quy mô phòng thí nghiệm theo quy trình ba giai đoạn. Nhiều đặc tính hóa lý của sản phẩm CaloBDF đạt được yêu cầu về chất lượng theo tiêu chuẩn của ASTM, EN và JIS.

### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Barnwal. B. K, Sharma. M. S, 2005. Prospects of biodiesel production from vegetable oils in India, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 9, 363–378.
- B.K. Venkanna, C. Venkataramana Reddy, 2009. Biodiesel production and optimization from *Calophyllum inophyllum* linn oil (honne oil) – A three stage method. *Bioresource Technology* 100 - 5122–5125
- Canakci. M, Knothe. G, 1999. Biodiesel production via acid catalysis. *American Society of Agricultural Engineers*, 42(5), 1203-1210.
- C. Morel, et al. New xanthenes from *Calophyllum caledonicum*, *Journal of Natural Products* 63, 1471–1474, 2000.
- Demirbas, Ayhan, 2009. *Biofuels: Securing the Planet's Future Energy Needs*. Springer
- J. Hemavathy and J. V. Prabhakar. Lipid composition of *Calophyllum inophyllum* kernel, *JAACS* 67, 955–957, 1990.
- Lotero. E, Goodwin. J. G, 2006. The catalysis of biodiesel synthesis, *Catalysis*, 19, 41-83.



- Ma. F, Hanna. A, 1999. Biodiesel production: a review, *Bioresource Technology*, 70, 1-15.
- Ramadhas. A. S, Jayaraj. S, Muraleedharan. C, 2005. Biodiesel production from high FFA rubber seed oil, *Fuel*, 84, 335–340.
- Sharma. Y. C, Singh. B, Upadhyay. S. N, 2008. Advancements in development and characterization of biodiesel: A review, *Fuel*, 87, 2355–2373.
- Vasanthakumar SathyaSelvabala, Dinesh Kirupha Selvaraj, Jalagandeeswaran Kalimuthu, Premkumar Manickam Periyaraman, Sivanesan Subramanian, 2010. Two-step biodiesel production from *Calophyllum inophyllum* oil: Optimization of modified b-zeolite catalyzed pre-treatment. *Bioresource Technology*. *Article in Press*
- Yuan. X, Liu. J, Zeng. G, Shi. J, Tong. J, Huang. G, 2008. Optimization of conversion of waste rapeseed oil with high FFA to biodiesel using response surface methodology, *Renew Energy*, 33,1678–1684.
- Zhou. W, Konar. S. K, Boocock. D. G. V, 2003. Ethyl esters from the single-phase base-catalyzed ethanolysis of vegetable oils, *Journal of the American Oil Chemists' Society (JAOCS)*, 80, 367-371.