

Sản xuất bio-oil từ rơm và bã mía trên hệ thống nhiệt phân nhanh công suất 5 kg nguyên liệu/giờ

Nguyễn Hữu Lương*, Dương Thanh Long, Đặng Ngọc Lương,
Nguyễn Huỳnh Hưng Mỹ, Huỳnh Minh Thuận, Lê Dương Hải

Viện Dầu khí Việt Nam

Ngày nhận bài 16/4/2019; ngày chuyển phản biện 18/4/2019; ngày nhận phản biện 22/5/2019; ngày chấp nhận đăng 31/5/2019

Tóm tắt:

Việt Nam có nguồn sinh khối dồi dào và ổn định. Công nghệ nhiệt phân nhanh được xem là một trong những công nghệ có khả năng chuyển hóa hiệu quả sinh khối thành sản phẩm lỏng (bio-oil). Quá trình nhiệt phân nhanh rơm và bã mía đã được thực hiện trên hệ thống pilot nhiệt phân nhanh công suất 5 kg/giờ. Ảnh hưởng của các thông số nhiệt độ, lưu lượng khí và kích thước nguyên liệu đến hiệu suất tạo bio-oil được khảo sát. Điều kiện nhiệt phân nhanh tối ưu cho hai loại nguyên liệu khảo sát đã được xác định: nhiệt độ 500°C, lưu lượng khí 66 lít/phút và kích thước nguyên liệu 0,5-1,0 mm. Hiệu suất bio-oil thu được cao nhất từ các nguyên liệu rơm và bã mía trong khoảng giá trị khảo sát lần lượt là 55,1 và 69,3% khối lượng (%kl). Chất lượng sản phẩm bio-oil thu được đáp ứng tiêu chuẩn nhiên liệu sinh học sản xuất từ quá trình nhiệt phân dùng làm nhiên liệu đốt lò của Hoa Kỳ theo tiêu chuẩn ASTM D7544-12. Tùy theo quy mô công suất triển khai, sản phẩm bio-oil có thể được sử dụng hiệu quả theo định hướng làm nhiên liệu thay thế hay nguyên liệu cho sản xuất hóa dầu.

Từ khóa: bã mía, bio-oil, nhiệt phân nhanh, rơm, sinh khối.

Chỉ số phân loại: 2.4

Đặt vấn đề

Từ năm 2011, Trung tâm Nghiên cứu và Phát triển Chế biến Dầu khí (PVPro) thuộc Viện Dầu khí Việt Nam (VPI) đã xây dựng thành công hệ thống nhiệt phân nhanh sinh khối ở quy mô phòng thí nghiệm với công suất đến 200 g nguyên liệu/giờ [1]. Kết quả nghiên cứu cho thấy, có thể sản xuất nhiên liệu lỏng bio-oil thông qua quá trình nhiệt phân nhanh sinh khối theo công nghệ tầng sôi từ các nguồn phụ phế phẩm nông nghiệp của Việt Nam, bao gồm rơm rạ, vỏ trấu, bã mía và lõi ngô. Hiệu suất thu hồi sản phẩm lỏng bio-oil tùy thuộc vào từng loại nguyên liệu, điều kiện thực hiện quá trình nhiệt phân và đều đạt trên 50%kl. Ngoài ra, sản phẩm bio-oil thu được đồng nhất, không bị tách pha và đáp ứng tiêu chuẩn nhiên liệu sinh học sản xuất từ quá trình nhiệt phân dùng làm nhiên liệu đốt lò của Hoa Kỳ theo tiêu chuẩn ASTM D7544-12 [2]. Mục đích của công trình này là tiến hành phản ứng nhiệt phân nhanh hai vật liệu phế thải nông nghiệp là rơm và bã mía ở quy mô pilot nhỏ với công suất 5 kg/ngày.

Thực nghiệm

Hai loại nguyên liệu sinh khối khảo sát trong nghiên cứu này được thu gom từ các khu vực huyện Bình Chánh, thành phố Hồ Chí Minh (rơm) và tỉnh Đồng Nai (bã mía). Thành phần của các nguyên liệu được phân tích tại Phòng thí nghiệm nhiên liệu sinh học của VPI. Quá trình nhiệt phân nhanh sinh khối được thực hiện trên hệ thống pilot tự xây dựng tại VPI với công suất 5 kg nguyên liệu/giờ. Hệ thống công nghệ bao gồm 1 thiết bị nhập liệu trực vít

hai tầng, 1 thiết bị phản ứng tầng sôi, 2 thiết bị cyclone tách char và cát (nếu có), 2 thiết bị ngưng tụ thu hồi phần lớn bio-oil, và 1 hệ thống lắng tĩnh điện hai giai đoạn để thu hồi phần lỏng từ aerosol. Các đặc điểm công nghệ của hệ thống gồm: vùng phản ứng tầng sôi cho phép cung cấp và truyền nhiệt đồng đều đến nguyên liệu ở 500°C, thời gian lưu pha hơi khoảng 0,5-2 giây; các hạt chất rắn tạo ra sau phản ứng như than (char), tro sẽ được loại bỏ khi qua các cyclone với hiệu suất phân tách đạt 99%; khí không ngưng được tuần hoàn trở lại hệ phản ứng; sản phẩm bio-oil thu được ở bộ phận làm lạnh từ 400-500°C xuống nhiệt độ phòng (20-30°C) và tận thu tối đa sản phẩm qua hệ thống lắng tĩnh điện. Ba thông số công nghệ có ảnh hưởng quan trọng đến hiệu suất thu bio-oil được khảo sát bao gồm: nhiệt độ, lưu lượng khí và kích thước nguyên liệu. Các nguyên liệu sinh khối được phơi hoặc sấy khô để đạt hàm lượng ẩm <2% trước khi thực hiện quá trình nhiệt phân nhanh. Nguyên liệu hỗn hợp (50% rơm và 50% bã mía) cũng được khảo sát để đánh giá khả năng sử dụng hỗn hợp nguyên liệu.

Kết quả và bàn luận

Xác định các thông số công nghệ phù hợp của quá trình nhiệt phân nhanh sinh khối

Ảnh hưởng của nhiệt độ: theo kết quả phân tích nhiệt TGA từ các nghiên cứu đã thực hiện, sự phân hủy chất của các loại sinh khối rơm và bã mía diễn ra mạnh nhất trong khoảng nhiệt độ 470-520°C và trên khoảng nhiệt độ này, sự thay đổi khối lượng vật chất của sinh khối xảy ra không đáng kể [1]. Vì vậy, ảnh hưởng của

*Tác giả liên hệ: Email: luongnh.vp@vpi.pvn.vn

Bio-oil production from rice straw and sugarcane bagasse using a fast pyrolysis system with the capacity of 5 kg/h

Huu Luong Nguyen*, Thanh Long Duong, Ngoc Luong Dang, Huynh Hung My Nguyen, Minh Thuan Huynh, Duong Hai Le

Vietnam Petroleum Institute

Received 16 April 2019; accepted 31 May 2019

Abstract:

Vietnam has abundant and stable sources of biomass. Fast pyrolysis is an effective technology that converts biomass into a liquid product, known as bio-oil. In this study, the fast pyrolysis of rice straw and sugarcane bagasse was performed by a fast pyrolysis pilot system at the capacity of 5 kg/h. Influences of various parameters, including pyrolysis temperature, nitrogen flowrate, and biomass particle size, on bio-oil yield were investigated. As results, the optimal conditions for the fast pyrolysis of both types of biomass were determined as follows: 500°C, 66 l/min, and 0.5-1.0 mm, respectively. The highest yields of bio-oil obtained from rice straw and sugarcane bagasse were 55.1 and 69.3 wt%, respectively. The bio-oil product met the US standards for biofuels obtained from fast pyrolysis and used as fuel oils (ASTM D7544-12). Bio-oil could be used wisely as an alternative type of fuel or feedstock for petrochemical production.

Keywords: biomass, bio-oil, fast pyrolysis, rice straw, sugarcane bagasse.

Classification number: 2.4

hiệu suất sản phẩm chính (bio-oil) của hai loại nguyên liệu trong khoảng giá trị này (470-520°C) được khảo sát và thể hiện ở bảng 1.

Bảng 1. Ảnh hưởng của nhiệt độ đến hiệu suất bio-oil.

Nguyên liệu	Hiệu suất bio-oil (%kl) ứng với nhiệt độ			
	470°C	490°C	500°C	520°C
Rơm	45,9	48,6	51,4	50,1
Bã mía	66,5	68,5	69,1	66,1

Có thể thấy rằng, trong khoảng nhiệt độ khảo sát, hiệu suất bio-oil tăng khi nhiệt độ tăng và đạt đến một giá trị lớn nhất, sau đó, có khuynh hướng giảm xuống. Như chúng ta đã biết, trong quá trình nhiệt phân nhanh thì nhiệt độ ảnh hưởng đến hai phản ứng

chính là phân hủy sinh khối thành hợp chất dạng hơi có thể ngưng tụ (primary pyrolysis) và quá trình cracking sản phẩm hơi để tạo sản phẩm khí (secondary cracking). Khi nhiệt độ thấp thì phản ứng phân hủy chiếm ưu thế, tuy nhiên, quá trình phân hủy này cũng xảy ra kém nếu phản ứng diễn ra ở nhiệt độ thấp. Khi nhiệt độ phản ứng tăng thì phản ứng phân hủy cũng xảy ra nhanh hơn, do đó, hiệu suất lỏng thu được cao hơn. Đồng thời, quá trình cracking hơi cũng diễn ra. Do đó, khi nhiệt độ tăng đến mức độ nào đó thì quá trình cracking hơi chiếm ưu thế và sản phẩm thu được nhiều khí, vì vậy, ảnh hưởng đến hiệu suất lỏng thu được. Kết quả thu được trên hệ thống pilot công suất 5 kg/giờ của nghiên cứu này cũng phù hợp với kết quả thử nghiệm của các nhóm nghiên cứu khác trên thế giới [1-4].

Kết quả trên cũng cho thấy, hiệu suất bio-oil thu được cao nhất với các nguyên liệu rơm và bã mía tại nhiệt độ tối ưu (500°C) lần lượt là 51,4%kl và 69,1%kl. Như vậy, hiệu suất bio-oil thu được từ bã mía cao hơn so với thu được từ rơm. Điều này là do ảnh hưởng của bản chất nguyên liệu, bao gồm hàm lượng thành phần cơ bản của nguyên liệu (cellulose, hemicellulose và lignin) và một số thành phần khác như tro, Na, K [4]. Thông thường, với hàm lượng tro cao thì hiệu suất bio-oil giảm bởi vì các thành phần chứa Na, K được xem là xúc tác cho quá trình cracking thứ cấp hơi sản phẩm [1].

Ảnh hưởng của tốc độ dòng khí (N₂): dòng khí trơ (N₂) được đưa vào thiết bị phản ứng để tạo nên tầng sôi trong thiết bị và đảm bảo thời gian lưu phù hợp của hơi nhiệt phân trong thiết bị phản ứng. Do đó, lưu lượng của dòng khí là một trong những yếu tố quan trọng ảnh hưởng đến hiệu suất của quá trình nhiệt phân nhanh. Kết quả khảo sát ảnh hưởng của lưu lượng dòng khí đến hiệu suất bio-oil được trình bày ở bảng 2.

Bảng 2. Ảnh hưởng của lưu lượng dòng khí đến hiệu suất bio-oil.

Nguyên liệu	Hiệu suất bio-oil (%kl) ứng với lưu lượng			
	58 lít/phút	62 lít/phút	66 lít/phút	70 lít/phút
Rơm	48,6	51,4	55,1	50,9
Bã mía	67,5	69,1	69,3	67,1

Có thể thấy rằng, hiệu suất bio-oil thu được tăng theo lưu lượng dòng khí từ 58 đến 66 lít/phút và giảm khi lưu lượng tăng từ 66 đến 70 lít/phút. Tại giá trị lưu lượng 66 lít/phút đã diễn sự thay đổi rõ rệt về hiệu suất bio-oil, song song với đó là sự thay đổi hiệu suất char và khí. Như đã biết, lưu lượng khí tỷ lệ nghịch với thời gian lưu pha hơi. Do đó, khi lưu lượng khí càng nhỏ thì thời gian lưu của pha hơi càng lớn, và khi đó, thời gian tiếp xúc của sản phẩm hơi bio-oil tại nhiệt độ cao càng lâu thì các phản ứng phụ hoặc phản ứng cracking thứ cấp càng tăng, dẫn đến sự hình thành các sản phẩm phụ từ các phản ứng như polymer hóa, phản ứng ngưng tụ diễn ra nhanh. Kết quả là hiệu suất bio-oil giảm, trong khi hiệu suất char và khí tăng [4, 5].

Khi tiếp tục tăng lưu lượng dòng khí thì chuyển động bong bóng (bubbling motion) trở nên mãnh liệt và sự đảo trộn giữa nguyên liệu và cát nóng tăng làm gia tăng tốc độ truyền nhiệt giữa chúng, kết quả là sản phẩm hơi tăng. Ngoài ra, thời gian lưu pha

hơi ngắn dẫn đến làm giảm các phản ứng phụ cracking tar. Tuy nhiên, sau khi đạt tới lưu lượng để thu được lượng lỏng cực đại thì bong bóng tăng sôi trở nên lớn hơn, kéo theo quá trình đảo trộn nguyên liệu và cát nóng cũng như hiệu quả truyền nhiệt giảm nên hiệu suất bio-oil giảm [6]. Bên cạnh đó, khi vận tốc khí lớn, những hạt char mịn có thể bị thổi ra rất nhanh từ thiết bị phản ứng nên hiệu suất char tăng [7]. Xu hướng thay đổi hiệu suất bio-oil theo lưu lượng dòng khí khi thử nghiệm trên hệ thống nhiệt phân nhanh công suất 5 kg/giờ cũng tương tự như các kết quả đã công bố trước đây [2-4] và kết quả ở quy mô công suất 200 g/giờ [1].

Ảnh hưởng của kích thước nguyên liệu: kích thước nguyên liệu thường ảnh hưởng đến hiệu quả truyền nhiệt trong quá trình nhiệt phân nhanh. Ở đây, nhóm tác giả khảo sát ảnh hưởng của kích thước nguyên liệu khác nhau (0,18-0,5 mm, 0,5-1 mm, 1-2 mm) đến hiệu suất lỏng và tính chất của bio-oil thu được. Kích thước hạt càng lớn thì hiệu quả truyền nhiệt càng thấp, dẫn đến giảm hiệu suất phân hủy lignin và các phản ứng diễn ra không hoàn toàn, kết quả là hiệu suất lỏng giảm và hiệu suất char tăng lên. Tuy nhiên, với kích thước hạt quá nhỏ thì cũng gây ra hiện tượng quá nhiệt, làm cho phản ứng cracking thứ cấp tăng lên và khi đó hiệu suất lỏng cũng giảm và hiệu suất khí tăng lên. Kết quả thử nghiệm với hai loại nguyên liệu khảo sát (bảng 3) cho thấy, kích thước hạt có ảnh hưởng không nhiều đến hiệu suất lỏng trong khoảng kích thước nguyên liệu khảo sát. Nhìn chung, kích thước hạt ở vùng 0,5-1,0 mm cho kết quả hiệu suất lỏng cao nhất đối với các nguyên liệu. Đây được xem là kích thước phù hợp cho quá trình nhiệt phân nhanh hai loại sinh khối khảo sát.

Bảng 3. Ảnh hưởng của kích thước nguyên liệu đến hiệu suất bio-oil.

Nguyên liệu	Hiệu suất bio-oil (%kl) ứng với kích thước nguyên liệu		
	0,18-0,5 mm	0,5-1,0 mm	1,0-2,0 mm
Rơm	52,5	55,1	53,9
Bã mía	69,3	69,3	69,1

Kết quả phân tích cũng cho thấy kích thước hạt có ảnh hưởng đến hiệu suất các hydrocarbon trong khí (bao gồm methane, ethylene), CO, CO₂, hàm lượng nước và các tính chất vật lý (độ nhớt, nhiệt trị, pH). Về cơ bản, kích thước nguyên liệu tăng thì hàm lượng nước và pH tăng. Ngược lại, độ nhớt, nhiệt trị, hàm lượng rắn và tỷ trọng có xu hướng giảm nhẹ. Hiệu suất các sản phẩm thu được từ quá trình nhiệt phân nhanh hai nguồn nguyên liệu sinh khối khác nhau được trình bày ở bảng 4.

Bảng 4. Hiệu suất sản phẩm từ hai nguồn nguyên liệu sinh khối.

STT	Hiệu suất	Hiệu suất sản phẩm (%kl) từ nguyên liệu	
		Rơm	Bã mía
1	Bio-oil	55,1	69,3
1.1	Pha hữu cơ	29,2	48,9
1.2	Nước	25,9	20,4
2	Khí	14,4	15,6
3	Char	30,5	15,1

Kết quả cho thấy hiệu suất bio-oil đều cao hơn 55%kl, trong đó, pha hữu cơ trên 29%kl.

Thành phần và chất lượng sản phẩm bio-oil

Các chỉ tiêu chất lượng sản phẩm bio-oil thu được từ hệ thống nhiệt phân sinh khối 5 kg/giờ được trình bày ở bảng 5.

Bảng 5. So sánh chỉ tiêu chất lượng bio-oil với tiêu chuẩn ASTM D7544-12.

STT	Chỉ tiêu	ASTM D7544-12	Rơm	Bã mía	Phương pháp thử
1	Nhiệt trị tổng, MJ/kg	≥15	17,2	19,7	ASTM D240
2	Hàm lượng nước, %kl	≤30	25,1	19,2	ASTM E203
3	Hàm lượng rắn, %kl	≤2,5	1,19	0,68	ASTM D7579
4	Độ nhớt ở 40°C, cSt	≤125	35	110	ASTM D445
5	Tỷ trọng tại 20°C	1,1-1,3	1,21	1,22	ASTM D4052
6	Hàm lượng lưu huỳnh, %kl	≤0,05	Không có	Không có	ASTM D4294
7	Hàm lượng tro, %kl	≤0,25	0,22	0,11	ASTM D482
8	pH	Báo cáo	2,9	3,1	ASTM E70
9	Nhiệt độ chớp cháy, °C	≥45	-	-	ASTM D93
10	Điểm cháy, °C	≤-9	-24	-26	ASTM D97

Kết quả cho thấy, các chỉ tiêu của dầu bio-oil từ nguồn nguyên liệu sinh khối đều đáp ứng tiêu chuẩn ASTM D7544-12. Một điểm quan trọng cần đề cập đến là hàm lượng tro trong sản phẩm bio-oil thu được từ hệ thống nhiệt phân nhanh với quy mô 5 kg nguyên liệu/giờ nhỏ hơn nhiều so với hàm lượng tro trong bio-oil thu được từ hệ thống ở quy mô 200 g/giờ. Tro là các hợp chất vô cơ còn lại khi đốt cháy bio-oil trong môi trường không khí. Thông thường thì các hợp chất vô cơ sẽ nằm lại trong sản phẩm char trong quá trình nhiệt phân nhanh. Ở quy mô 200 g/giờ thì hàm lượng tro thu được từ nguyên liệu rơm là 0,9%kl [1]. Trong quá trình triển khai nâng công suất lên 5 kg nguyên liệu/giờ, hệ thống cyclone và lọc đã được cải thiện [8]. Do đó, hàm lượng chất rắn và tro của sản phẩm bio-oil đã được giảm đáng kể (<0,3%kl).

Các kết quả phân tích thành phần hóa học các mẫu bio-oil thu được từ hai loại nguyên liệu được trình bày ở bảng 6.

Bảng 6. Nồng độ (%) các nhóm hợp chất có trong bio-oil.

STT	Nhóm	Bio-oil	
		Rơm	Bã mía
1	Acids	12,0	15,3
2	Alcohols	2,1	2,2
3	Aldehydes	3,4	1,8
4	Aromatics	1,4	2,9
5	Esters	3,0	2,0
6	Ketones	2,2	2,1
7	Oxygenates khác	42,5	34,2
8	Furans	10,2	14,0
9	Guaiacols	4,3	3,1
10	Phenols	8,1	12,1
11	Sugars	5,2	6,2
12	Hợp chất nitơ	0,5	0,2
13	Khác	5,0	3,9

Có thể thấy rằng, các hợp chất oxygenate chiếm tỷ lệ lớn trong bio-oil (34,2-42,5%), tiếp theo là các nhóm acid (12-15,3%), furan (10,2-14,0%) và phenol (8,1-12,1%). Mặt khác, thành phần hydrocarbon (chủ yếu là aromatic) lại chiếm tỷ lệ rất nhỏ (<3%). Trong tự, các nhóm chức aldehyde và ketone cũng chiếm tỷ lệ nhỏ trong bio-oil. Nồng độ nhóm chứa acid chiếm tỷ lệ cao, do đó, ảnh hưởng đến pH của dầu bio-oil thu được. Các hợp chất chứa oxy có trong bio-oil là nguyên nhân gây mất ổn định về chất lượng trong quá trình tồn trữ và sử dụng bio-oil theo mục đích làm nhiên liệu thay thế. Vì vậy, nhiều nghiên cứu với mục đích giảm hàm lượng oxy có trong bio-oil đã được thực hiện [9, 10]. Tuy nhiên, với mục đích sử dụng phi nhiên liệu, các hợp chất này có thể được chiết tách để làm nguyên liệu cho sản xuất hóa dầu.

Đánh giá khả năng nhiệt phân nhanh nguyên liệu hỗn hợp

Để xây dựng nhà máy sản xuất nhiên liệu sinh học từ sinh khối thì cần lượng lớn nguyên liệu. Vì vậy, nhóm tác giả đã tiến hành thử nghiệm nguyên liệu hỗn hợp để xem xét sự ảnh hưởng của nó đến hiệu suất và chất lượng sản phẩm thu được. Để thực hiện, nhóm tác giả tiến hành sử dụng nguồn nguyên liệu bao gồm 50%kl rơm và 50%kl bã mía. Nguyên liệu được nghiền đến kích thước 0,5-1,0 mm, sau đó được hòa trộn và đưa vào bể chứa nguyên liệu. Kết quả cho thấy, hiệu suất bio-oil và thành phần pha hữu cơ trong bio-oil đạt khá cao, tương ứng với 60,9%kl và 38,4%kl. Có thể thấy rằng, các giá trị này nằm trong khoảng giữa hiệu suất bio-oil thu được từ quá trình nhiệt phân nhanh từng nguyên liệu đơn lẻ. Như vậy, nhìn chung, không có sự tương tác cộng hưởng giữa các thành phần của hỗn hợp nguyên liệu trong quá trình nhiệt phân sinh khối, và do đó, có thể thực hiện việc phối trộn các nguyên liệu sinh khối khác nhau. Điều này có ý nghĩa thực tiễn vì trong thực tế, khi thực hiện quá trình nhiệt phân nhanh sinh khối ở quy mô công suất lớn, lượng nguyên liệu sinh khối yêu cầu luôn ở mức cao và việc sử dụng hỗn hợp các loại sinh khối là cần thiết.

Kết quả xác định các tính chất lý - hóa và so sánh với tiêu chuẩn ASTM D7544-12 (bảng 7) cho thấy, sản phẩm bio-oil thỏa mãn hoàn toàn các chỉ tiêu chất lượng của tiêu chuẩn này.

Bảng 7. So sánh chỉ tiêu chất lượng bio-oil với tiêu chuẩn ASTM D7544-12.

STT	Chỉ tiêu	ASTM D7544-12	Rơm + Bã mía	Phương pháp thử
1	Nhiệt trị tổng, MJ/kg	≥15	18,6	ASTM D240
2	Hàm lượng nước, %kl	≤30	22,5	ASTM E203
3	Hàm lượng rắn, %kl	≤2,5	1,01	ASTM D7579
4	Độ nhớt ở 40°C, cSt	≤125	60	ASTM D445
5	Tỷ trọng tại 20°C	1,1-1,3	1,20	ASTM D4052
6	Hàm lượng lưu huỳnh, %kl	≤0,05	Không có	ASTM D4294
7	Hàm lượng tro, %kl	≤0,25	0,15	ASTM D482
8	pH	Báo cáo	3,0	ASTM E70
9	Nhiệt độ chớp cháy, °C	≥45	-	ASTM D93
10	Điểm cháy, °C	≤-9	-24	ASTM D97

Với kết quả trên có thể thấy rằng, tính chất nguyên liệu ảnh hưởng không đáng kể đến hiệu suất và chất lượng sản phẩm bio-oil thu được. Như vậy, có thể sử dụng hỗn hợp nguyên liệu cho

quá trình nhiệt phân nhanh tại điều kiện tối ưu chung đã thu được cho các loại nguyên liệu khảo sát. Điều này có ý nghĩa quan trọng khi triển khai quá trình nhiệt phân nhanh sinh khối ở quy mô công nghiệp trong nhà máy lọc dầu sinh học (biorefinery). Trong điều kiện thực tế, việc đảm bảo đủ lượng nguyên liệu sinh khối để đáp ứng được công suất vận hành của nhà máy lọc dầu sinh học thường được thực hiện thông qua việc sử dụng hỗn hợp các loại sinh khối khác nhau.

Tính toán sơ bộ chi phí sản xuất và giá thành sản phẩm bio-oil từ quá trình nhiệt phân nhanh sinh khối ở quy mô công suất 5 kg/giờ

Trong nghiên cứu này, quá trình nhiệt phân nhanh được vận hành ở quy mô pilot nhỏ với công suất 5 kg nguyên liệu/giờ (tương đương khoảng 40 tấn/năm) và trong khoảng thời gian giới hạn khảo sát nên chưa đủ dữ liệu về chi phí tiêu hao năng lượng cho quá trình nhiệt phân nhanh sinh khối. Cấu hình thiết kế của hệ thống pilot nhiệt phân nhanh phát triển trong nghiên cứu này được tham khảo và có cấu hình tương tự như các hệ thống nhiệt phân nhanh của tác giả Bridgwater (Anh). Vì vậy, thông tin liên quan đến chi phí sản xuất bio-oil, bao gồm tiêu hao năng lượng và các nguyên liệu khác (khí trợ, cát), được tham khảo từ số liệu của tác giả Bridgwater [2], theo đó, được ước tính ở mức 10% chi phí sản xuất bio-oil.

Việc tính toán sơ bộ giá thành sản phẩm bio-oil được ước tính bao gồm chi phí nguyên liệu, chi phí khấu hao thiết bị và chi phí sản xuất được thực hiện cho hai trường hợp: (1) Áp dụng cho nguyên liệu rơm rạ với hiệu suất thu bio-oil đạt 50%kl (làm tròn); và (2) Áp dụng cho nguyên liệu bã mía với hiệu suất thu bio-oil đạt 70%kl (làm tròn). Để ước tính hiệu quả kinh tế, chi phí sản xuất bio-oil được so sánh với giá bán của hai loại nhiên liệu truyền thống là diesel và FO tại thời điểm tháng 10/2018. Đây là hai loại nhiên liệu được sử dụng phổ biến trong hoạt động nông nghiệp.

Hệ thống pilot quy mô công suất 5 kg/giờ được phát triển định hướng ứng dụng tại chỗ cho trạm hoặc cụm sản xuất nông nghiệp gồm khoảng 20 hộ gia đình nông thôn. Vì vậy, việc đảm bảo nguyên liệu sinh khối tương đối thuận lợi do số lượng thu gom nhỏ, chủ yếu là tại chỗ, không phát sinh chi phí tồn trữ và vận chuyển nguyên liệu. Trong thực tế, có thể xem chi phí nguyên liệu (sinh khối) để sản xuất bio-oil trong trường hợp này là không đáng kể. Chi phí sản xuất bio-oil ở quy mô pilot 5 kg/giờ được trình bày ở bảng 8.

Bảng 8. Chi phí sản xuất 1 kg bio-oil từ rơm và bã mía ở quy mô pilot 5 kg/giờ.

	Chi phí (VNĐ/kg)	
	Rơm	Bã mía
Nguyên liệu sinh khối	-	-
Thiết bị (khấu hao) ^a	16.100	11.550
Năng lượng, cát và khí mang ^b	1.610	1.155
Tổng cộng	17.710	12.705

^aChi phí thiết bị được tính trên cơ sở khấu hao hệ thống pilot trị giá 3,5 tỷ VND trong 10 năm; ^bChi phí năng lượng, cát và khí mang tạo tầng sôi được ước tính khoảng 10% chi phí sản xuất bio-oil theo tham khảo từ tác giả Bridgwater [2].

Với giá bán trên thị trường của sản phẩm dầu diesel khoảng 19.000 VNĐ/kg và dầu FO khoảng 16.000 VNĐ/kg (thời điểm tháng 10/2018) có thể thấy rằng, chi phí sản xuất bio-oil từ hệ thống pilot công suất 5 kg/giờ khoảng 12.700-17.700 VNĐ/kg là có thể chấp nhận được với mục đích làm nhiên liệu thay thế cho nhiên liệu diesel hoặc FO truyền thống để sử dụng cho hoạt động nông nghiệp phục vụ nhu cầu tại chỗ. Ngoài ra, sản phẩm phụ rắn từ quá trình nhiệt phân nhanh sinh khối (char) cũng có thể được xem xét sử dụng như là một nguồn phân bón hữu cơ dùng cho hoạt động nông nghiệp tại địa phương. Như vậy, bên cạnh yếu tố về hiệu quả kinh tế, khi xét đến các yếu tố về môi trường và lợi ích của việc tận dụng các nguồn phụ phẩm sinh khối tại chỗ thì việc sử dụng bio-oil như là một nguồn nhiên liệu thay thế cho nhiên liệu hóa thạch để sử dụng cho các máy móc nông nghiệp là một phương án đáng được quan tâm.

Đánh giá định hướng sử dụng bio-oil làm nhiên liệu thay thế và sản xuất hóa chất

Khi sử dụng bio-oil làm nhiên liệu thay thế nhiên liệu diesel hoặc FO truyền thống, chi phí sản xuất bio-oil tùy thuộc vào sự sẵn có về lượng và loại sinh khối, dẫn tới ảnh hưởng đến hiệu quả kinh tế của việc thay thế nhiên liệu. Trong thực tế, khi áp dụng quá trình nhiệt phân nhanh ở quy mô công suất nhỏ theo định hướng sử dụng nguồn nguyên liệu sinh khối tại chỗ để sản xuất nhiên liệu thay thế phục vụ nhu cầu tại chỗ, nhu cầu về nguyên liệu dễ dàng được đáp ứng, đồng thời có thể xem chi phí nguyên liệu bằng không. Trong trường hợp này, bên cạnh yếu tố mang ý nghĩa tích cực về môi trường, việc sử dụng nhiên liệu thay thế từ bio-oil có thể mang lại hiệu quả kinh tế trong một số trường hợp (ví dụ như khi sử dụng nguyên liệu là bã mía). Tuy nhiên, khi áp dụng quá trình nhiệt phân nhanh ở quy mô công suất lớn (ví dụ như trong nhà máy lọc dầu sinh học) cần quan tâm đến việc thu gom nguyên liệu, đồng thời phải tính đến chi phí nguyên liệu trong giá thành sản xuất bio-oil [2]. Trong trường hợp này, việc sử dụng bio-oil làm nhiên liệu thay thế có thể chưa thật sự mang lại hiệu quả kinh tế. Vì vậy, nên xem xét phương án sử dụng bio-oil để sản xuất hóa chất và các sản phẩm mang lại giá trị gia tăng cao.

Với định hướng sản xuất hoặc sử dụng bio-oil làm nguyên liệu cho công nghiệp hóa dầu, có thể xem xét tích hợp loại xúc tác phù hợp vào quá trình nhiệt phân nhanh sinh khối để thu được bio-oil giàu aromatic hoặc giàu dẫn xuất phenol để làm nguyên liệu cho sản xuất hóa dầu. Kết quả nghiên cứu sơ bộ của PVPro (VPI) cho thấy khi tích hợp xúc tác trên cơ sở zeolite ZSM-5 vào quá trình nhiệt phân nhanh thì sản phẩm bio-oil thu được giàu aromatic, trong khi nếu sử dụng xúc tác $\text{Na}_2\text{CO}_3/\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ thì sản phẩm bio-oil thu được giàu dẫn xuất phenol [11]. Mặt khác, sản phẩm bio-oil chứa thành phần furfural có thể được chiết tách để làm nguyên liệu cơ sở cho quá trình tổng hợp hóa dầu. Bên cạnh đó, việc phân tách sản phẩm bio-oil thành các phân đoạn monomer phù hợp và tích hợp chúng vào quá trình polymer hóa truyền thống để sản xuất sản phẩm nhựa có khả năng phân hủy sinh học thân thiện môi trường cũng cần được quan tâm. Đây là định hướng đầy tiềm năng và phù

hợp với chính sách thúc đẩy sử dụng các loại vật liệu thân thiện với môi trường, có khả năng phân hủy sinh học của Chính phủ.

Kết luận

Quá trình nhiệt phân nhanh các loại sinh khối, bao gồm rơm, bã mía và hỗn hợp 50% rơm và 50% bã mía, đã được thực hiện trên hệ thống pilot nhiệt phân nhanh công suất 5 kg/giờ. Ảnh hưởng của các thông số nhiệt độ, lưu lượng khí và kích thước nguyên liệu đến hiệu suất tạo bio-oil được khảo sát, trong đó, thông số kích thước nguyên liệu có ảnh hưởng không nhiều đến hiệu suất tạo bio-oil. Điều kiện nhiệt phân nhanh tối ưu cho hai loại nguyên liệu khảo sát đã được xác định: nhiệt độ 500°C, lưu lượng khí 66 lít/phút và kích thước nguyên liệu 0,5-1,0 mm. Hiệu suất bio-oil thu được cao nhất từ các nguyên liệu rơm và bã mía trong khoảng giá trị khảo sát lần lượt là 55,1 và 69,3%kl. Chất lượng sản phẩm bio-oil thu được đáp ứng tiêu chuẩn nhiên liệu sinh học sản xuất từ quá trình nhiệt phân dùng làm nhiên liệu đốt lò của Hoa Kỳ theo tiêu chuẩn ASTM D7544-12. Với định hướng sử dụng bio-oil làm nhiên liệu thay thế, quá trình nhiệt phân nhanh sinh khối nên được thực hiện ở quy mô nhỏ theo mô hình thu gom nguyên liệu sinh khối và sản xuất bio-oil để phục vụ nhu cầu tại chỗ cho các hoạt động nông nghiệp tại địa phương.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] T.M. Huynh, L.T. Duong, N.H. Le, B.M.Q. Phan, H.C.T. Phan, M.M.D. Vo, L.D. Nguyen (2011), "Biomass - the second generation feedstock for bioethanol production", *Petrovietnam Journal*, **6**, pp.67-73.
- [2] A.V. Bridgwater (2012), "Review of fast pyrolysis of biomass and product upgrading", *Biomass and Bioenergy*, **38**, pp.68-94.
- [3] A.V. Bridgwater, G.V.C. Peacocke (2000), "Fast pyrolysis processes for biomass", *Renewable & Sustainable Energy Reviews*, **4**, pp.1-73.
- [4] A.S. Kagol (2011), *The Development and Optimisation of a Fast Pyrolysis Process for Bio-oil Production*, Aston University.
- [5] J.-l. Zheng, W.-m. Yi, and N.-n. Wang (2008), "Bio-oil production from cotton stalk", *Energy Conversion and Management*, **49**(6), pp.1724-1730.
- [6] W.C. Yang (2003), *Handbook of Fluidization and Fluid-Particle Systems*, Taylor & Francis.
- [7] T.B. Reed, J.P. Diebold, R. Desrosiers (1980), *Perspectives in heat transfer requirements and mechanisms for fast pyrolysis*, Specialists' Workshop on Fast Pyrolysis, Copper Mountain, pp.7-19.
- [8] T. Chen, et al. (2011), "Effect of hot vapor filtration on the characterization of bio-oil from rice husks with fast pyrolysis in a fluidized-bed reactor", *Bioresource Technology*, **102**(10), pp.6178-6185.
- [9] G.W. Huber, J.A. Dumesic (2006), "An Overview of Aqueous-Phase Catalytic Processes for Production of Hydrogen and Alkanes in a Biorefiner", *Catalysis Today*, **111**, pp.119-132.
- [10] T.M. Huynh, U. Armbruster, A. Martin (2016), *Deoxygenation of Liquefied Biomass, Chemicals and Fuels from Bio-Based Building Blocks*, Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, pp.403-430.
- [11] T.S. Nguyen, T.L. Duong, T.T.T. Pham, D.T. Nguyen, P.N. Le, H.L. Nguyen, T.M. Huynh (2017), "Online catalytic deoxygenation of vapour from fast pyrolysis of Vietnamese sugarcane bagasse over sodium-based catalysts", *Journal Analytical and Applied Pyrolysis*, **127**, pp.436-443.