

HOẠT HÓA BÙN HẠT POLYVINYL ALCOHOL (PVA) TRONG THIẾT BỊ UASB XỬ LÝ NƯỚC THẢI SƠ CHẾ CAO SU THIÊN NHIÊN

Nguyễn Hoàng Dung¹, Phạm Thị Quỳnh¹, Nguyễn Lan Hương^{1*}

TÓM TẮT

Trong nghiên cứu này, hạt gel polyvinyl alcohol (PVA) được cố định vi sinh vật bằng cách trộn lẫn với bùn phân tán kỵ khí theo tỉ lệ 1/1 và hoạt hóa trong thiết bị xử lý kỵ khí với dòng chảy ngược qua lớp bùn hoạt tính (UASB - Upflow anaerobic sludge blanket). Ở giai đoạn 1 (giai đoạn hoạt hóa) thiết bị khởi động với nước thải sơ chế cao su thiên nhiên (NR) có nhu cầu oxy hóa hóa học (COD) tăng dần từ 448 - 916 mg/L, tải trọng hữu cơ (OLR) trung bình là $1,39 \pm 0,81$ kg COD/m³. ngày, pH duy trì 6,8 - 7,2, thời gian lưu 16,3 ± 5,7 giờ, tại 35°C. Sau 100 ngày hoạt hóa, bùn hạt PVA có màu vàng nâu, tỷ lệ gVSS/gPVA đạt 0,934 và hoạt tính sinh metan riêng (SMA) đạt 0,217 g COD/g VSS. ngày. Trong giai đoạn 2, bùn hạt PVA sau hoạt hóa được tách riêng và tiếp tục đánh giá với điều kiện vận hành thay đổi: COD dòng vào thay đổi từ 345 - 4410 mg/L, OLR từ 2,13 - 15,97 kg COD/m³. ngày, pH trong khoảng 6,0 - 7,5, thời gian lưu 9,4 ± 2,5 giờ. Sau 288 ngày vận hành của giai đoạn 2, bùn hạt PVA cho thấy hiệu quả rõ rệt trong việc xử lý ô nhiễm hữu cơ trong nước thải NR, COD dòng ra đạt 34 - 88 mg/L, hiệu quả xử lý tương đương 81,4 - 98,9%. Tại ngày 281 của giai đoạn 2, hiệu suất sinh khí metan đạt cao nhất là 0,33 m³ CH₄/kg COD_{chuyển hóa}.

Từ khóa: Hoạt hóa, bùn hạt PVA, UASB, nước thải sơ chế cao su thiên nhiên.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Việt Nam là một trong những nước dẫn đầu thế giới về sản lượng và xuất khẩu cao su. Năm 2019 diện tích thu hoạch cao su trên cả nước là 698,1 nghìn hecta, sản lượng cao su ước đạt 1.167,3 nghìn tấn [1]. Theo ước tính, 6 tháng đầu năm 2021, xuất khẩu cao su đạt khoảng 681 nghìn tấn, trị giá 1,15 tỷ USD, tăng 41,3% về lượng và tăng 79,9% về trị giá so với cùng kỳ năm 2020 [2]. Bên cạnh những triển vọng, ngành công nghiệp này cũng đang phải đối mặt với những vấn đề đáng lo ngại về chất lượng môi trường, đặc biệt là ô nhiễm nước thải đối với nguồn nước ngầm và nước mặt. Nước thải sơ chế cao su thiên nhiên (NR) có nhu cầu oxy hóa hóa học (COD), nhu cầu oxy hóa sinh học (BOD) và tỷ lệ BOD/COD lớn hơn 0,5 thường được xử lý bằng phương pháp sinh học kỵ khí.

Một trong những thiết bị kỵ khí điển hình được sử dụng trong xử lý nước thải NR hiện nay là xử lý kỵ khí với dòng chảy ngược qua lớp bùn hoạt tính (UASB - Upflow anaerobic sludge blanket). Đây là thiết bị có ưu điểm chịu được tải trọng hữu cơ cao, vận hành đơn giản, tiêu thụ năng lượng ít và sinh khí

sinh học có thể thu hồi và sử dụng như một loại nhiên liệu. Tuy nhiên, hiệu quả xử lý và độ ổn định của UASB phụ thuộc rất nhiều vào bùn hoạt tính của thiết bị. Trong khi việc tạo lập bùn hoạt tính kỵ khí đòi hỏi thời gian khá dài (1-2 năm) và phụ thuộc vào điều kiện vận hành cũng như đặc tính nước thải. Mặc dù UASB có thể hoạt động hiệu quả với bùn hoạt tính dạng phân tán cũng như bùn hoạt tính dạng hạt, nhưng việc sử dụng bùn hoạt tính dạng hạt có lợi thế tăng tải trọng hữu cơ (ORL) xử lý của thiết bị mà không làm cho bùn bị rửa trôi khỏi thiết bị [3]. Vì vậy ngày càng nhiều nghiên cứu về lý thuyết và cơ chế liên quan của quá trình tạo bùn hạt kỵ khí đã được phát triển [4, 5].

Một số nghiên cứu cũng chỉ ra rằng các ion dương như Ca²⁺, Fe³⁺ và Al³⁺ được bổ sung vào bùn phân tán giúp thúc đẩy quá trình tạo hạt diễn ra nhanh hơn [6]. Tuy nhiên bùn hạt tự cố định dễ bị vỡ và rửa trôi ra khỏi thiết bị nếu thay đổi đột ngột điều kiện vận hành cũng như tăng tải trọng ô nhiễm [5]. Ngoài tạo bùn hạt tự cố định, kỹ thuật cố định vi sinh vật lên giá thể được nghiên cứu gần đây đã cho các kết quả đầy hứa hẹn trong việc cải thiện hiệu quả khởi động và tạo bùn hạt trong thiết bị UASB tránh được các nhược điểm của bùn hạt tự cố định. Vật liệu gel polyvinyl alcohol (PVA) có ưu điểm lớn là độ bền cơ học cao, ổn định về mặt hóa học, không độc với vi sinh vật, giá thành thấp và phổ biến trên thị trường.

¹ Viện Công nghệ Sinh học và Công nghệ Thực phẩm,

Trường Đại học Bách khoa Hà Nội

*Email: huong.nguyenlan@hust.edu.vn

Vì vậy hạt gel PVA đã được sử dụng trong thiết bị UASB làm giá thể cho vi sinh vật bám vào để tạo bùn hạt PVA [7 – 10]. Tuy nhiên cho đến nay các nghiên cứu mới chỉ dừng lại ở việc tạo bùn hạt PVA kỵ khí hoặc đánh giá bùn hạt PVA cho quá trình xử lý nước thải, mà chưa làm rõ quá trình hoạt hóa bùn hạt PVA diễn ra ra sao, khi nào thì bùn hạt PVA được xem là đã hoạt hóa thành công, cũng như minh chứng hiệu quả của việc sử dụng bùn hạt PVA sau hoạt hóa đối với nước thải NR. Do đó nghiên cứu được thực hiện nhằm mục đích hoạt hóa được bùn hạt PVA, đánh giá hiệu quả cố định vi sinh vật trên hạt và đồng thời kiểm tra tính ổn định của bùn hạt thông qua việc đánh giá hiệu quả xử lý nước thải NR.

2. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Vật liệu

2.1.1. Nguyên vật liệu

Nước thải NR được đánh đông trong phòng thí nghiệm từ mũ li tâm (Công ty Cổ phần Cao su Merufa, Việt Nam) theo quy trình của nhà máy sơ chế cao su [11] và sử dụng làm nước thải gốc. Nước thải gốc được pha loãng bằng nước máy để COD dòng vào thiết bị dao động từ 345 - 4410 mg/L.

Bùn giống được lấy từ bể kỵ khí của hệ thống xử lý nước thải, nhà máy bia thuộc Tổng công ty Cổ phần Bia - Rượu - Nước giải khát Hà Nội.

Hạt giá thể PVA có kích thước 3,5 - 5 mm được tạo từ Phòng thí nghiệm Công nghệ Sinh học, Viện Công nghệ Sinh học và Công nghệ Thực phẩm, Trường Đại học Bách khoa Hà Nội [9].

2.1.2. Hóa chất phân tích

- Hóa chất phân tích COD: bộ kit đo của Hach với hai loại đo High Range-HR ở hàm lượng 20 -1500 mg/L và Low Range-LR ở hàm lượng 3 - 150 mg/L.

- Natri hydroxit (NaOH), axit acetic (CH_3COOH) xuất xứ Trung Quốc.

2.1.3. Thiết bị

- Thiết bị UASB có thể tích 10 L (Nhật Bản) với kích thước làm việc là 1440 x 104 x 52 mm. Nhiệt độ của UASB được duy trì ở 35°C bằng tuần hoàn nước ấm trong áo nhiệt.

- pH meter cầm tay LAQUAtwin B-712 (Horiba, Nhật Bản).

- Thiết bị phân tích đa chỉ tiêu môi trường DR 2800 (Hach, Mỹ), sử dụng cho các kit đo COD.

- Máy sắc ký GC-8A (Shimazu, Nhật Bản).

- Máy ly tâm CAX-371 (Tomy, Nhật Bản).

- Tủ sấy ON-450S (Ettas, Nhật Bản).

- Lò nung Electric furnace (As one, Nhật Bản).

- Cân phân tích điện tử AUW220 (Shimazu, Nhật Bản).

- Máy bơm hút chân không A-1000S (Eyela, Nhật Bản).

- Máy lắc ổn nhiệt BioShaker BR – 43 FL (Taitec, Nhật Bản).

- Thiết bị phá mẫu DRB 200 (Hach, Mỹ).

2.2. Phương pháp nghiên cứu

2.2.1. Phương pháp phân tích

- Xác định pH theo TCVN 6492-2011 (ISO 10523:2008) [12].

- Tốc độ dòng của nước thải được xác định bằng cách đo thể tích nước dòng ra bằng ống đong trong 5 phút. Tốc độ dòng được tính theo công thức sau:

$$\text{Tốc độ dòng (L/ngày)} = \frac{\text{Thể tích (mL)} \times 60 \times 24}{5 \times 1000}$$

- Thời gian lưu (HRT) của nước được tính theo công thức [13]:

$$\text{HRT (h)} = \frac{\text{Thể tích thiết bị (L)} \times 24}{\text{Tốc độ dòng (L/ngày)}}$$

- Tải trọng hữu cơ được tính theo công thức [13]:

$$\text{OLR (kgCOD/(m}^3\text{.ngày))} = \frac{(\text{COD}_{\text{dòng vào}} \times 24)}{\text{HRT} \times 1000}$$

- Xác định COD bằng cách sử dụng bộ kit đo COD chuẩn của Hãng HACH [14]. Quy trình phân tích dựa theo quy trình chuẩn kèm theo máy phân tích chất lượng nước HACH DR-2800. Hiệu quả xử lý COD được tính bằng công thức:

$$\text{Hiệu quả xử lý COD (\%)} = \frac{(\text{COD}_{\text{dòng vào}} - \text{COD}_{\text{dòng ra}}) \times 100}{\text{COD}_{\text{dòng vào}}}$$

- Tổng lượng khí được đo bằng đồng hồ đo khí kiểu ướt (WS-1A, Shinagawa). Thành phần khí được xác định trên máy sắc ký GC-8A (SHIMADZU) với khí mang là argon, detector TCD, cột thép ($\Phi 3$ mm, dài 2 m, nhồi vật liệu Unibeads C có kích thước hạt 60/80 mesh) [15].

- Hoạt tính sinh metan tan riêng của bùn hạt PVA (SMA) xác định theo Tài và cộng sự (2016) [9].

- Hiệu suất sinh khí metan được xác định theo Filer và cộng sự (2019) [16].

- Các chỉ số đánh giá bùn hạt như hàm lượng chất rắn (SS), hàm lượng chất rắn lơ lửng bay hơi (VSS), được xác định theo tiêu chuẩn APHA [17].

- Màu sắc của bùn hạt PVA được quan sát bằng mắt thường.

- Khối lượng bùn hạt PVA khô được xác định bằng việc sấy bùn hạt PVA ở 50°C đến khối lượng không đổi, cân khối lượng (g).

2.2.2. Thiết kế thí nghiệm

Với mục tiêu hoạt hóa được bùn hạt PVA và đánh giá được hiệu quả xử lý nước thải NR sử dụng bùn hạt PVA, đã tiến hành thiết kế thí nghiệm thành 2 giai đoạn. Giai đoạn 1 hoạt hóa bùn hạt PVA trong thời gian 100 ngày, giai đoạn 2 thiết bị chỉ vận hành với bùn hạt PVA đã được hoạt hóa ở giai đoạn 1 và vận hành trong 288 ngày tiếp theo (tức là đến ngày thứ 388 kể từ bắt đầu giai đoạn 1).

2.2.2.1. Hoạt hóa bùn hạt PVA (giai đoạn 1)

Thiết bị UASB khởi động ở 35°C, bùn giống được trộn với giá thể PVA theo tỷ lệ 1:1 và vận hành trong 100 ngày với nước thải NR có tải trọng ô nhiễm nâng dần từ 0,61 đến 2,56 kg COD/m³. ngày, thời gian lưu trung bình của nước thải là 16,3 ± 5,7 giờ. Sau 100 ngày, bùn hạt PVA được lấy mẫu và đánh giá một số thông số của bùn như: VSS/g PVA, SMA, màu sắc đồng thời so sánh với các nghiên cứu trước nhằm đánh giá khả năng cố định vi sinh vật lên hạt PVA.

2.2.2.2. Đánh giá khả năng xử lý nước thải NR trong thời gian 100 ngày

Trong quá trình hoạt hóa từ ngày 0 đến ngày 100, nước thải dòng vào và dòng ra của thiết bị UASB được phân tích các thông số đặc trưng, nhằm xác

định được thời điểm hoạt hóa thành công dựa vào hiệu quả xử lý COD và hiệu suất sinh khí metan. Các chỉ số pH, tổng khí sinh ra được xác định hàng ngày, COD và thành phần khí được xác định 1 tuần/lần. Hiệu quả xử lý COD và hiệu suất sinh khí metan được tính toán dựa trên các thông số đã phân tích.

2.2.2.3. Đánh giá khả năng xử lý nước thải NR với bùn hạt PVA sau hoạt hóa (giai đoạn 2)

Sau 100 ngày hoạt hóa trong thiết bị UASB, bùn hạt PVA được tách ra khỏi bùn giống. Thiết bị UASB vận hành 288 ngày tiếp theo ở 35°C với chỉ duy nhất bùn hạt PVA đã được hoạt hóa (mục 2.2.2.1) với OLR nâng dần từ 2,13 đến 15,97 kg COD/m³. ngày, thời gian lưu của nước thải là 9,4 ± 2,5 giờ. Quá trình vận hành này gọi là giai đoạn 2. Nước thải dòng vào và dòng ra của thiết bị UASB được phân tích các thông số pH hàng ngày, COD được phân tích 1 tuần/lần. Bên cạnh đó tổng khí sinh ra được xác định hàng ngày và thành phần khí trong thiết bị được phân tích 1 tuần/lần. Hiệu quả xử lý COD và hiệu suất sinh khí metan được tính toán dựa trên các thông số đã phân tích.

2.2.3. Phương pháp xử lý số liệu

Các thí nghiệm COD và thành phần khí được lặp lại 2 lần với mỗi phân tích. Số liệu thí nghiệm được xử lý và biểu diễn dưới dạng bảng hoặc đồ thị với phần mềm Excel for Office 365.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Đặc tính bùn hạt PVA sau hoạt hóa

Để đánh giá hiệu quả của việc cố định vi sinh vật lên giá thể PVA, các thông số đặc trưng của bùn hạt PVA sau 100 ngày hoạt hóa đã được phân tích, đồng thời so sánh với các kết quả công bố của các tác giả trước (Bảng 1).

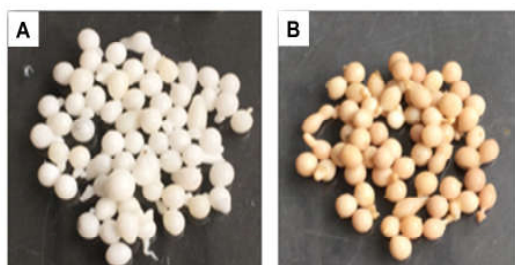
Bảng 1. Các thông số của bùn hạt PVA sau 100 ngày hoạt hóa

Thông số	Đơn vị	Kết quả của nghiên cứu	Kết quả của các tác giả trước	Tài liệu tham khảo
Khả năng cố định vi sinh vật lên hạt PVA	gVSS/gPVA	0,934	0,936 0,930 0,900 – 1,020	Tài và cộng sự (2016) [9] Wenjie và cộng sự (2008) [7] Liu và cộng sự (2015) [8]
SMA	gCOD/gVSS.ngày	0,217	0,133	Tài và cộng sự (2016) [9]
Màu sắc		Vàng nâu	Vàng nâu Vàng nâu, đen	Tài và cộng sự (2016) [9] Liu và cộng sự (2015) [8]

Kết quả ở bảng 1 cho thấy, khả năng vi sinh vật cố định trên hạt giá thể PVA được đánh giá bằng tỷ lệ gVSS/gPVA trong nghiên cứu này đạt 0,934 gVSS/gPVA. Wenjie và cộng sự (2008) khi cố định vi sinh vật lên hạt giá thể PVA xử lý nước thải tổng hợp trong thiết bị UASB, sau 120 ngày vận hành mật độ vi sinh vật đạt 0,930 gVSS/gPVA [7]. Liu và cộng sự (2015) sử dụng hạt giá thể PVA trong thiết bị kỵ khí với thời gian hoạt hóa từ 40 - 52 ngày, khi xử lý nước thải ép hoa quả cho giá trị 1,020 gVSS/g PVA, khi xử lý nước thải đô thị cho giá trị 0,920 gVSS/gPVA và khi xử lý nước thải dệt nhuộm có giá trị 0,900 gVSS/gPVA [8]. Tài và cộng sự (2016) cố định vi sinh vật lên hạt giá thể PVA cho giá trị 0,936 gVSS/gPVA sau 90 ngày [9]. Như vậy có thể thấy tỷ lệ gVSS/gPVA trong nghiên cứu này tương đương với các kết quả nghiên cứu trước trong và ngoài nước.

SMA là chỉ số đánh giá hoạt tính sinh metan riêng của vi sinh vật trong bùn. Sau 100 ngày cố định, SMA của bùn hạt PVA đạt 0,217 gCOD/gVSS ngày. Kết quả này cao gần gấp đôi so với nghiên cứu của Tài và cộng sự (2016) (SMA đạt 0,133 g COD/gVSS. ngày sau 90 ngày cố định). Kết quả này gợi ý rằng SMA của bùn hạt PVA có thể phụ thuộc vào điều kiện vận hành và bùn giống ban đầu.

Quá trình cố định vi sinh vật lên trên hạt giá thể PVA trong thiết bị UASB tạo ra các hạt có màu sắc thay đổi theo thời gian. Sau 100 ngày hạt giá thể PVA chuyển từ màu trắng sang màu vàng nâu (Hình 1). Kết quả này giống với các nghiên cứu trước đó về sự thay đổi màu sắc của bùn hạt trong quá trình hoạt hóa [8, 9]. Các kết quả trên đã chứng minh rằng, bùn hạt PVA đã được hoạt hóa thành công sau 100 ngày khởi động thiết bị.

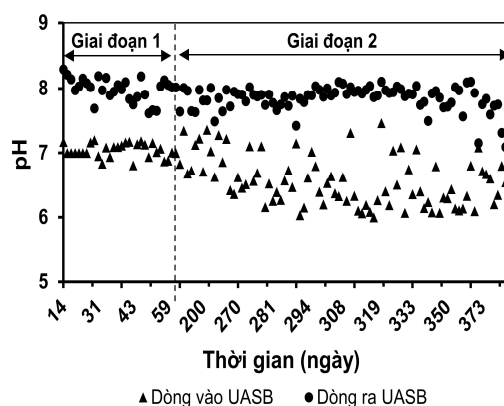


Hình 1. Màu sắc hạt PVA trước hoạt hóa (A, ngày 0) sau quá trình hoạt hóa (B, ngày 100)

3.2. Đánh giá khả năng xử lý nước thải sơ chế cao su

3.2.1. Sự biến động của pH

pH là một thông số ảnh hưởng đến khả năng phát triển của vi sinh vật. Kết quả về sự biến động pH trong quá trình vận hành thiết bị UASB ở hai giai đoạn được trình bày trong hình 2.



Hình 2. Sự biến động pH nước thải dòng vào và dòng ra thiết bị UASB trong giai đoạn hoạt hóa bùn hạt PVA (giai đoạn 1) và sau quá trình hoạt hóa bùn hạt PVA (giai đoạn 2)

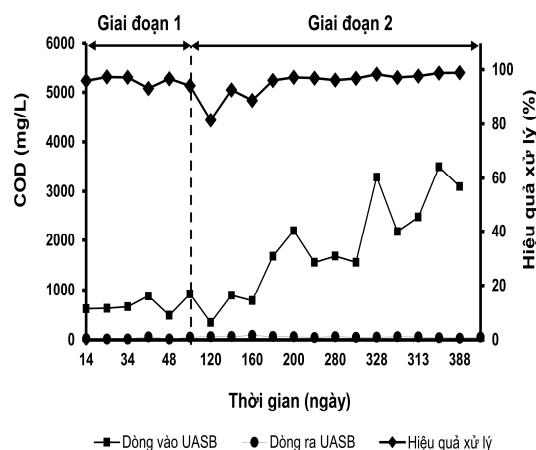
Ở giai đoạn 1, pH dòng vào được điều chỉnh từ 6,8 - 7,2 bằng dung dịch NaOH 10M, giá trị pH dòng ra UASB đạt trong khoảng 7,6 - 8,3 đây là khoảng pH phù hợp cho sự phát triển của cổ khuẩn sinh metan [18]. Trong giai đoạn 2, khi bùn hạt đã được hoạt hóa, không tiến hành điều chỉnh pH dòng vào (pH dòng vào đạt ngưỡng tương đương với nước thải thực tế tại nhà máy), pH dòng ra đạt 7,1 - 8,1. Như vậy có thể thấy rằng pH giữa dòng vào và dòng ra của thiết bị UASB có sự biến động nhỏ, chỉ số pH dòng ra của UASB trong cả hai giai đoạn đều đạt QCVN:01-2015/BTNMT. Ở giai đoạn 2 mặc dù không điều chỉnh pH dòng vào (6 - 7), tuy nhiên bùn hạt PVA vẫn cho thấy làm việc tốt và duy trì pH dòng ra đạt quy chuẩn.

3.2.2. Hiệu quả xử lý COD

Hiệu quả xử lý ô nhiễm hữu cơ là một trong các tiêu chí quan trọng đánh giá hiệu quả làm việc của thiết bị xử lý nước thải. Sự biến động của COD dòng vào và dòng ra của thiết bị được biểu diễn trong hình 3.

Trong giai đoạn 1 thiết bị khởi động với COD tăng dần trong khoảng 448 - 916 mg/L, tương ứng với OLR đạt 0,61 - 2,56 kg COD/m³. ngày, COD dòng ra của UASB đạt 16 - 60 mg/L, hiệu quả xử lý COD trung bình là 94,7 ± 2,8%.

Trong giai đoạn 2 COD dòng vào duy trì trong khoảng 345 - 4410 mg/L, tương ứng với OLR đạt 2,13 - 15,97 kg COD/m³. ngày, COD dòng ra đạt 34 - 88 mg/L với hiệu quả xử lý tương đương là $94,5 \pm 5,3\%$. Các kết quả đã chứng minh rằng, bùn hạt PVA đã được hoạt hóa thành công trong giai đoạn 1 và hoạt động hiệu quả ổn định trong giai đoạn 2, kể cả trong điều kiện vận hành với tải trọng ô nhiễm cao và phù hợp với xử lý nước thải NR.

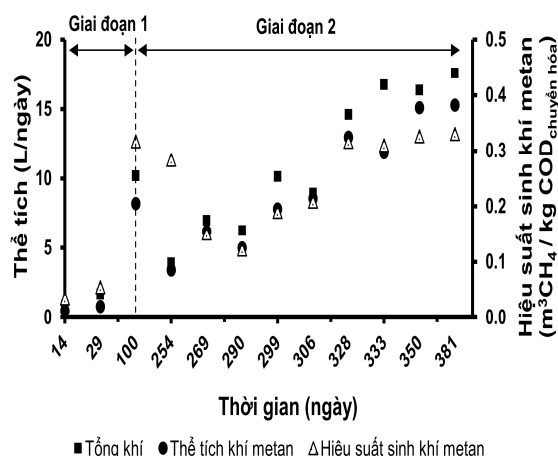


Hình 3. Sự biến động COD và hiệu quả xử lý COD của thiết bị UASB trong giai đoạn hoạt hóa bùn hạt PVA (giai đoạn 1) và sau quá trình hoạt hóa bùn hạt PVA (giai đoạn 2)

Watari và cộng sự (2016) nghiên cứu xử lý nước thải NR trong thiết bị UASB vận hành với bùn phân tán trong 125 ngày, OLR trung bình là $12,2 \pm 6,6$ kg COD/m³. ngày, kết quả hiệu quả xử lý COD đạt $92,7 \pm 2,3\%$ [15]. Thanh và cộng sự (2016) đã sử dụng bùn hạt tự cố định trong thiết bị UASB xử lý nước thải NR với OLR là 5,32 kg COD/m³ ngày, hiệu quả xử lý COD đạt $96,5 \pm 2,6\%$ [6]. Thanh và cộng sự (2019) đã đánh giá hiệu quả xử lý của bùn hạt PVA trong hệ thống UASB khi vận hành với nước thải NR, kết quả chỉ ra rằng thiết bị UASB hoạt động tốt với hiệu suất loại bỏ COD là 93,8% ở OLR 15,5 kg COD/m³. ngày [10]. Như vậy, có thể thấy rằng bùn hạt PVA trong nghiên cứu này sau hoạt hóa đã cho hiệu quả xử lý nước thải NR tương đương các nghiên cứu trước.

3.3. Khả năng sinh khí metan

Khả năng sinh khí metan là một trong những thông số được sử dụng để đánh giá hiệu quả của quá trình xử lý nước thải của các thiết bị kỵ khí. Tổng thể tích, thể tích khí metan và hiệu suất sinh metan được thể hiện trên hình 4.



Hình 4. Tổng lượng khí và hiệu suất sinh khí metan trong trong giai đoạn hoạt hóa bùn hạt PVA (giai đoạn 1) và sau quá trình hoạt hóa bùn hạt PVA (giai đoạn 2)

Kết quả chỉ ra rằng trong giai đoạn 1, tổng thể tích khí sinh học và thể tích khí metan trong thiết bị lần lượt trong các khoảng 0,7 - 10,2 L/ngày và 0,2 - 8,2 L/ngày. Hiệu suất sinh khí metan tăng dần và đạt 0,32 m³ CH₄/kg COD_{chuyển hóa} tại ngày 100 với OLR là 2,19 kg COD/m³. ngày. Trong giai đoạn 2, khi tăng dần OLR, tổng thể tích khí sinh học và thể tích khí metan sinh ra tăng dần và đạt lần lượt trong các khoảng 3,9 - 17,6 L/ngày và 3,4 - 15,3 L/ngày. Tại ngày 381 (tức là ngày 281 của giai đoạn 2) lượng khí metan sinh ra 15,3 L/ngày (đạt 86,8% so với tổng lượng khí sinh ra), hiệu suất sinh khí metan đạt cao nhất là 0,33 m³ CH₄/kg COD_{chuyển hóa}, bằng 95% hiệu suất tính theo lý thuyết (0,35 m³ CH₄/kg COD_{chuyển hóa}). Như vậy, hiệu suất sinh khí metan của bùn hạt PVA trong giai đoạn 2 cao hơn so giai đoạn 1 mặc dù OLR trong giai đoạn 2 tăng hơn 7 lần so với giai đoạn 1.

Wenjie và cộng sự (2008) sử dụng bùn hạt PVA cho thiết bị UASB xử lý nước thải nhân tạo, sau 140 ngày vận hành tỷ lệ khí CH₄ đạt 65% so với tổng khí sinh ra [7]. Thanh và cộng sự (2016) khi sử dụng bùn hạt tự cố định trong thiết bị UASB xử lý nước thải NR với OLR là 5,32 kg COD/m³. ngày, tỷ lệ khí metan đạt 81,9% so tổng khí [6]. Trong nghiên cứu khác của Thanh và cộng sự (2019) đã xử lý nước thải NR bằng bùn hạt PVA, tại OLR đạt 15,3 kg COD/m³. ngày, hiệu suất sinh khí CH₄ đạt 0,28 m³ CH₄/kg COD_{chuyển hóa} với tỷ lệ khí metan đạt 88,9% [10]. Như vậy, trong nghiên cứu này thiết bị UASB vận hành với bùn hạt PVA sau hoạt hóa cho hiệu suất sinh khí metan cao

hơn các nghiên cứu trước, qua đây cho thấy tiềm năng ứng dụng rất lớn của bùn hạt PVA trong hệ thống UASB để xử lý nước thải NR.

4. KẾT LUẬN

Nghiên cứu cho thấy bùn hạt PVA được hoạt hóa thành công trong thiết bị UASB bằng cách trộn hạt gel PVA với bùn phân tán kỵ khí theo tỷ lệ 1:1 và vận hành xử lý nước thải NR có COD tăng dần từ 448 - 916 mg/L, OLR trung bình là $1,39 \pm 0,81$ kg COD/m³. ngày, pH duy trì 6,8 - 7,2, thời gian lưu $16,3 \pm 5,7$ giờ, tại 35°C. Sau 100 ngày hoạt hóa, bùn hạt PVA đã được đánh giá các thông số đặc trưng của bùn hoạt tính và tiếp tục khẳng định hiệu quả xử lý COD của nước thải NR với OLR từ 2,13 - 15,97 kgCOD/m³. ngày cũng như hiệu suất sinh khí metan của của thiết bị UASB khi chỉ sử dụng bùn hạt PVA sau hoạt hóa. Kết quả này đã chứng minh tiềm năng của bùn PVA sau quá trình hoạt hóa trong việc xử lý ô nhiễm hữu cơ của nước thải NR.

LỜI CẢM ƠN

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Bộ Giáo dục và Đào tạo (MOET) trong đề tài mã số B2020-BKA-10.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Tổng cục Thống kê (2020). *Niên giám Thống kê 2019*. Nhà xuất bản Thống kê.
2. Cục Xuất nhập khẩu (2021). *Giá trị cao su Việt Nam tăng cả lượng và chất*. <https://moit.gov.vn/tin-tuc/thi-truong-trong-nuoc/gia-tri-cao-su-cua-viet-nam-tang-ca-luong-va-chat.html>
3. Chong, S., Sen, T. K., Kayaalp, A., & Ang, H. M. (2012). *The performance enhancements of upflow anaerobic sludge blanket (UASB) reactors for domestic sludge treatment—a state-of-the-art review*. Water research, 46(11), 3434-3470.
4. Hulshoff Pol, de Castro Lopes, S. I., Lettinga, G., & Lens, P. N. L. (2004). *Anaerobic sludge granulation*. Water Research, 38(6), 1376-1389.
5. Schmidt, J. E. and Ahring, B. K. (2000). *Granular sludge formation in upflow anaerobic sludge blanket (UASB) reactors*. Biotechnology and Bioengineering, 49(3), 229-246.
6. Thanh, N. T., Watari, T., Thao, T. P., Hatamoto, M., Tanikawa, D., Syutsubo, K., Fukuda M., Tan N. M., Anh T. K., Yamaguchi T., and Huong, N. L. (2016). *Impact of aluminum chloride on process performance and microbial community structure of granular sludge in an upflow anaerobic sludge blanket reactor for natural rubber processing wastewater treatment*. Water Science and Technology, 74(2), 500-507.
7. Wenjie, Z., Dunqiu, W., Yasunori, K., Taichi, Y., Li, Z., & Kenji, F. (2008). *PVA-gel beads enhance granule formation in a UASB reactor*. Bioresource technology, 99(17), 8400-8405.
8. Liu Y. H., Ting L., Chao H., Lina W. (2015). *Anaerobic granular sludge and engineering fast culture method thereof*. Patent: CN103771584B, Xian polytechnic University.
9. Tai, T. T., Thao P. T., Hang M. D., Huong N. L. (2016). *Study on polyvinyl alcohol gel beads as biocarrier applied in anaerobic sludge immobilization in the UASB reactor*. Vietnam Journal of Science and Technology, 54(4A), 197-204.
10. Thanh, N. T., Thao T. P., Hoa V. T., Quynh P. T., Watari T., Hatamoto M., Yamaguchi T., Anh K. T., Huong N. L. (2019). *Performance of a UASB reactor for natural rubber processing wastewater treatment using cultivated polyvinyl alcohol beads*. The 14th ASIAN Biohydrogen biorefinery and bioprocess symposium Innovation and Technology Towards a Sustainable Bioeconomy, 226-229.
11. Trần Thị Thúy Hoa, Trần Minh, Phan Thành Dũng (2019). *Hướng dẫn kỹ thuật sản xuất cao su bền vững*. Tập đoàn Công nghiệp Cao su Việt Nam. TP. Hồ Chí Minh.
12. Tiêu chuẩn Quốc gia TCVN 6492:2011 về chất lượng nước - Xác định pH- TCVN 6492:2011 (ISO 10523:2008).
13. Metcalf and Eddy (2003). *Wastewater engineering: treatment, disposal, and reuse*. Fourth edition, McGraw-Hill.
14. Hach company (2007). *DR 2800 Spectrophotometer: Procedures Manual: Catalog Number DOC022.53.00725*.
15. Watari, T., Thanh, N. T., Tsuruoka, N., Tanikawa, D., Kuroda, K., Huong, N. L.,... & Yamaguchi, T. (2016). *Development of a BR-UASB-DHS system for natural rubber processing wastewater treatment*. Environmental technology, 37(4), 459-465.
16. Filer J., Ding H. H., and Chang S. (2019). *Biochemical Methane Potential (BMP) Assay*

Method for Anaerobic Digestion Research. Water, 11, 921-949.

17. APHA (2005). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. 21st edition, American Public Health Association/American Water Works Association/Water Environment Federation, Washington, DC. USA.

18. Tanikawa, D., Watari, T., Mai, T. C., Fukuda, M., Syutsubo, K., Nguyen, N. B., & Yamaguchi, T. (2019). *Characteristics of greenhouse gas emissions from an anaerobic wastewater treatment system in a natural rubber processing factory*. Environmental technology. 40(22): 2954-2961.

IMMOBILIZATION OF ACTIVATED SLUDGE USING POLYVINYL ALCOHOL (PVA) GEL IN UASB REACTOR FOR NATURAL RUBBER PROCESSING WASTEWATER TREATMENT

Nguyen Hoang Dung¹, Pham Thi Quynh¹, Nguyen Lan Huong^{1*}

¹*School of Biotechnology and Food Technology, Hanoi University of Science and Technology*

**Email: huong.nguyenlan@hust.edu.vn*

Summary

In this study, polyvinyl alcohol gel (PVA) beads were immobilized microorganism by mixing anaerobic flocculent sludge and PVA beads at a ratio of 1/1 in an Upflow Anaerobic Sludge Blanket (UASB) reactor. In the first stage (activated sludge immobilization), the UASB reactor was started up with natural rubber (NR) processing wastewater with an influent chemical oxygen demand (COD) of 448 - 916 mg/L, organic loading rate (OLR) of 1.39 ± 0.81 kg COD/m³. day, pH of 6.8 - 7.2, the hydraulic retention time (HRT) of 16.3 ± 5.7 hours, at 35°C. After 100 days of activation, the PVA-gel granules became brown colour, the biomass attached to 0.934 g VSS/g PVA and the specific methanogenic activity (SMA) was 0.217 g COD/ g VSS. day. In the second stage, the PVA-gel granules were separated and used as the sole granular sludge in the UASB reactor which treated NR wastewater with influent COD of 345 - 4410 mg/L, an OLR of 2.13 - 15.97 kg COD/ m³. day, pH of 6.0 - 7.5, HRT of 9.4 ± 2.5 hours. After 288 days of operation, the PVA granular sludge showed high performance in organic matter removal in NR wastewater, the effluent COD reached 34 - 88 mg/L and the COD removal efficiency was 81.4- 98.9 %. The highest methane production rate was achieved 0.33 m³ CH₄/kg COD_{removal} on day 281.

Keywords: *Immobilization, PVA-gel granular sludge, UASB, natural rubber processing wastewater.*

Người phản biện: PGS.TS. Phạm Quang Hà

Ngày nhận bài: 16/8/2020

Ngày thông qua phản biện: 17/9/2021

Ngày duyệt đăng: 24/9/2021