

# NGHIÊN CỨU ỨNG DỤNG PVA-GEL TỔNG HỢP TRONG XỬ LÝ NƯỚC THẢI CHẾ BIẾN THỦY SẢN

Phan Thế Anh, Nguyễn Thị Đông Phương, Nguyễn Hoàng Trung Hiếu\*

Khoa Hóa, Trường Đại học Bách khoa, Đại học Đà Nẵng

## TÓM TẮT

Nước thải chế biến thủy sản các là hệ nước thải đặc trưng với hàm lượng chất hữu cơ và chất dinh dưỡng cao có khả năng phân hủy sinh học. Hiện nay, công nghệ sinh hóa hiếu khí bùn hoạt tính (aerotank) đang được nhiều đơn vị chế biến thủy sản áp dụng rộng rãi tại Việt Nam. Để tăng hiệu quả xử lý cho bể aerotank, các giá thể thường được sử dụng bổ sung vào bể aerotank nhằm gia tăng hàm lượng sinh khối. Trong các loại giá thể thì PVA gel được đánh giá cao trong xử lý nước thải vì có khả năng tương thích sinh học cao, có diện tích bề mặt riêng lớn nên có khả năng mang vi sinh vật giúp tăng hiệu quả xử lý nước thải. Trong nghiên cứu này, hiệu quả xử lý nước thải của vật liệu PVA gel tổng hợp (S-PVA gel) đã được đánh giá qua quá trình sinh hóa hiếu khí bùn hoạt tính thực hiện theo nguyên tắc SBR (Sequencing Bath Reactor) với sự thay đổi tăng dần nồng độ chất hữu cơ đầu vào. Vật liệu PVA gel thương mại (C-PVA gel) của hãng Kuraray, Nhật Bản cũng được sử dụng để làm vật liệu đối chứng. Khi sử dụng 20% thể tích vật liệu chỉ làm tăng thể tích chiếm dụng trong bể phản ứng lên 7 – 9% nhưng có thể tăng hiệu suất xử lý COD lên 7 – 20%, tăng hiệu suất xử lý BOD<sub>5</sub> lên 3-11%, tăng hiệu suất xử lý chất dinh dưỡng (N-T và P-T) lên 5-23% và tăng tải nạp hữu cơ lên 1,65 ÷ 1,76 lần. Với cùng hiệu suất xử lý COD đạt khoảng 85-87%, tải trọng hữu cơ đầu vào có thể đạt 3,48 kgBOD<sub>5</sub>/m<sup>3</sup>/ngày (tương ứng 5,48 kgCOD/m<sup>3</sup>/ngày) khi sử dụng vật liệu S-PVA gel, giá trị này xấp xỉ với giá trị 3,73 kgBO<sub>5</sub>/m<sup>3</sup>/ngày (tương ứng 5,87 kgCOD/m<sup>3</sup>/ngày) khi sử dụng vật liệu C-PVA gel của Nhật. Kết quả nghiên cứu mở ra tiềm năng ứng dụng rộng rãi của loại vật liệu PVA gel tại Việt Nam.

*Từ khóa:* Aerotank, bùn hoạt tính, nước thải chế biến thủy sản, PVA gel, Sequencing Bath Reactor (SBR), xử lý nước thải.

## MỞ ĐẦU

Ngành thủy sản đã phát triển mạnh mẽ trong những thập kỷ gần đây nhằm đáp ứng nhu cầu tiêu thụ ngày càng tăng, đặc biệt là hải sản. Ở Việt Nam, lĩnh vực chế biến thủy sản (CBTS) là một lĩnh vực kinh tế quan trọng với nhiều mặt hàng đã được xuất khẩu sang nhiều quốc gia và vùng lãnh thổ khác nhau, trong đó có Hoa Kỳ, Hàn Quốc, Liên minh châu Âu... (Tseng *et al.*, 2022). Việc mở rộng sản xuất trong lĩnh vực CBTS góp phần phát triển nền kinh tế Việt Nam bằng cách tăng lực lượng lao động, tuy nhiên cũng gây áp lực lên hệ thống xử lý tại các công ty. Nước thải từ quá trình CBTS là một hệ nước thải đặc trưng với hàm lượng chất hữu cơ và chất dinh dưỡng cao có khả năng phân hủy sinh học. Những chất này nếu không được xử lý triệt để sẽ gây ra hiện tượng tảo nở hoa có hại và phá hủy hệ sinh thái thủy sinh tự nhiên (Ngoc *et al.*, 2022).

Tại Việt Nam công nghệ sinh hóa hiếu khí bùn hoạt tính (aerotank) đang được các công ty CBTS áp dụng rộng rãi. Trong công nghệ này hệ vi sinh vật tồn tại trong bùn hoạt tính là nhân tố đóng vai trò quyết định. Thông thường để xử lý nước thải đầu vào có nồng độ chất hữu cơ cao cần phải tăng kích thước của hệ thống xử lý. Ngoài ra, một số nhà máy chọn giải pháp là tăng hàm lượng bùn để có được mật độ vi sinh vật cao phục vụ cho quá trình phân giải chất hữu cơ. Tuy nhiên, việc làm này sẽ gây ảnh hưởng đến khả năng lắng bùn của bể lắng thứ cấp làm giảm chất lượng nước đầu ra, không đảm bảo quy chuẩn cho phép. Bên cạnh đó, việc tăng hàm lượng bùn có thể dẫn đến hiện tượng tắc nghẽn hệ thống phân phối khí, ảnh hưởng đến quá trình xử lý. Để tăng hiệu quả xử lý cho bể aerotank, hạn chế mở rộng khu vực xử lý khi quỹ đất không còn, người ta thường sử dụng các giá thể bổ sung vào bể aerotank nhằm gia tăng hàm lượng sinh khối. Trong số các vật liệu làm giá thể, PVA gel được đánh giá là có hiệu quả vượt trội bởi loại giá thể này có những tính năng ưu việt sau: (1) PVA là loại nhựa có khả năng tương thích sinh học cao nên thuận lợi cho quá trình phát triển bám dính của vi sinh vật, (2) giá thể PVA-gel có cấu trúc mao quản liên thông nên sở hữu một diện tích bề mặt riêng hiệu dụng lớn khoảng 2500 m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup> (Levstek & Rouse, 2010) làm tăng mật độ vi khuẩn cố định trên bề mặt đó. Cấu trúc liên thông còn tạo điều kiện thuận lợi cho quá trình khuếch tán hay vận chuyển oxy cũng như các chất hữu cơ cần phân hủy đến vị trí tập trung vi sinh vật bên trong cấu trúc vật liệu, (3) nhựa PVA có khả năng phân hủy sinh học khi được chôn trong môi trường đất nên được đánh giá là loại nhựa thân thiện với môi trường, (4) giá thể PVA-gel có khối lượng riêng ( $d = 1,025 \text{ g/cm}^3$ ) gần bằng nước nên thuận lợi cho quá trình đối lưu, (5) đường kính của các lỗ xốp mao quản dao động trong khoảng 4-20  $\mu\text{m}$  nên cho phép các vi sinh vật (có kích thước 0,3 - 5  $\mu\text{m}$ ) chui vào bên trong cấu trúc để phát triển (Lương Đức Phẩm, 2002).

Trong nghiên cứu này, hiệu quả xử lý nước thải của vật liệu PVA gel tổng hợp (S-PVA gel) đã được đánh giá qua quá trình sinh hóa hiếu khí bùn hoạt tính thực hiện theo nguyên tắc SBR (Sequencing Bath Reactor) với sự thay

đổi tăng dần nồng độ chất hữu cơ đầu vào. Vật liệu PVA gel thương mại (C-PVA gel) của hãng Kuraray, Nhật Bản cũng được sử dụng để làm vật liệu đối chứng. Kết quả cho thấy vật liệu S-PVA gel có hiệu quả hỗ trợ cho quá trình sinh hóa hiếu khí bùn hoạt tính, đặc biệt là ở nồng độ chất hữu cơ đầu vào cao.

## NGUYÊN VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP

### Hóa chất

Nguyên liệu PVA 217 dùng để tổng hợp vật liệu PVA gel được mua từ hãng Kuraray (Nhật Bản) có các thông số như sau: độ trùng hợp trung bình (DP) 1725, độ thủy phân 87-89%, hàm lượng tro khoảng 0,4%, hàm lượng sodium acetate khoảng 1,04%. NaOH và HNO<sub>3</sub> dùng để biến tính PVA được mua từ hãng Xilong (Trung Quốc).

### Tổng hợp vật liệu S-PVA gel

Vật liệu S-PVA gel được tổng hợp theo phương pháp lạnh đông – rã đông với các điều kiện đã được mô tả cụ thể trong nghiên cứu trước đây của chúng tôi (Anh & Lâm, 2020).

### Đánh giá hiệu quả xử lý nước thải của vật liệu S-PVA gel

#### Vật liệu làm giá thể

Vật liệu S-PVA gel tổng hợp được cấu thành các hạt hình khối có kích thước 2x2x2 mm và được sử dụng như là giá thể cho mô hình xử lý nước thải theo mẻ (SBR). Vật liệu PVA gel thương mại (C-PVA gel) của hãng Kuraray (Nhật Bản) được sử dụng làm vật liệu đối chứng. Các thông số kỹ thuật của 2 loại vật liệu này được tổng hợp trong Bảng 1.

**Bảng 1. Thông số kỹ thuật của vật liệu làm giá thể**

Thông số	Đơn vị	S-PVA gel	C-PVA gel
Hàm lượng rắn	%	10	10
Kích thước hạt	mm	2	4
Đường kính lỗ xốp	µm	4-20	4-20
Khối lượng riêng	g/cm <sup>3</sup>	1.021	1.025
Số hạt trong 100 mL gel	hạt	1982	2000
Diện tích bề mặt riêng bao quanh	m <sup>2</sup> /m <sup>3</sup>	480	1000

### Nguồn nước thải chế biến thủy sản

Nước thải sử dụng cho quá trình nghiên cứu được lấy từ bể điều hòa của hệ thống xử lý nước thải Công ty TNHH Đồ hộp Hạ Long – Đà Nẵng. Nước thải lấy về được để lắng 2 giờ rồi gạn lấy phần nước trong, pha loãng để đạt được giá trị COD đầu vào mong muốn và sử dụng trực tiếp mà không cần bổ sung thêm bất kỳ thành phần nào.

### Mô hình xử lý nước thải

Quá trình thử nghiệm hiệu quả xử lý nước thải của vật liệu S-PVA gel được tiến hành trong phòng thí nghiệm với hệ thống mô phỏng lại quá trình sinh học hiếu khí bùn hoạt tính theo nguyên tắc SBR gián đoạn (Phụ lục S1). Thí nghiệm được thực hiện trên 3 bình phản ứng có dung tích chứa 8 lít: 1 bình không chứa vật liệu, 1 bình có chứa vật liệu S-PVA gel và 1 bình chứa C-PVA gel. Thời gian khảo sát liên tục trong 12 giờ ở các mốc 1 giờ, 2 giờ, 4 giờ, 6 giờ, 8 giờ, 10 giờ và 12 giờ. Khí được cung cấp liên tục để duy trì nồng độ oxy hòa tan dao động 3 – 4 mg/L. Bùn hoạt tính được lấy từ bể aerotank của Công ty TNHH Đồ hộp Hạ Long. Nồng độ bùn duy trì trong 3 bình phản ứng ở mức 2500 mg/L (Thủy & Quang, 2020). Lượng vật liệu sử dụng bằng 20% thể tích nước xử lý.

### Các thí nghiệm đánh giá

Các thí nghiệm đánh giá khả năng xử lý nước thải được thực hiện trong điều kiện không kiểm soát các yếu tố môi trường trên mô hình thực nghiệm đã trình bày. Vật liệu làm giá thể trước khi đem đánh giá hiệu quả xử lý nước thải cần trải qua giai đoạn thích nghi tạo màng sinh học. Cách tiến hành giai đoạn thích nghi như sau: dùng ống đong có dung tích 1 lít để đong 1 lít vật liệu đệm (S-PVA gel và C-PVA gel) rồi cho vào bình phản ứng. Thêm vào đó 5 lít nước thải có nồng độ COD khoảng 500 mg/L và bùn hoạt tính. Tiến hành sục khí và theo dõi giá trị COD đầu vào và COD đầu ra đo sau 12 giờ phản ứng. Thời gian của giai đoạn thích nghi tạo màng sinh học là 15 ngày.

Sau thời gian 15 ngày tạo màng sinh học, vật liệu giá thể được tiến hành đánh giá hiệu quả trong điều kiện thay đổi nồng độ COD đầu vào của nước thải theo hướng tăng dần ở các mức 656, 992, 1286 và 1660 mg/L tương ứng với mức tải hữu cơ tính toán là: 0,5, 0,75, 1 và 1,25 g BOD<sub>5</sub>/g.bùn/ngày (với tỷ lệ BOD/COD = 0,636, thời gian lưu nước (HRT) = 8 giờ và hàm lượng chất rắn lơ lửng (MLSS) = 2500 mg/L) (Ghangrekar & Behera, 2014). Mỗi mức tải được tiến hành 3 mẻ để có giá trị trung bình. Các thông số pH, COD và TSS được đánh giá ở các

thời điểm 1, 2, 4, 6, 8, 10 và 12 giờ. Các thông số BOD<sub>5</sub>, NH<sub>4</sub>, Nitơ tổng (N-T) và Phốt pho tổng (P-T) được đánh giá ở thời điểm đầu và sau 12 giờ phản ứng.

**Các phương pháp phân tích chỉ tiêu nước thải**

Các chỉ tiêu nước thải pH, DO được các định bằng các thiết bị đo nhanh; các giá trị TSS, BOD<sub>5</sub>, COD, N-NH<sub>4</sub>, nitơ tổng (N-T) và phốt pho tổng (P-T) được lấy mẫu theo giờ và đo theo các phương pháp tiêu chuẩn của Tiêu chuẩn Việt Nam (TCVN) như Phụ lục S2.

Chất rắn lơ lửng trộn lẫn chất lỏng (MLSS) hay là bùn được xác định theo phương pháp trọng lượng (lọc bằng giấy lọc có kích thước 0,45 μm rồi sấy khô đến khối lượng không đổi ở nhiệt độ 105°C.

Đối với chỉ số thể tích bùn (SVI) xác định theo công thức:  $SVI = \frac{V \times 1000}{MLSS}$  (mL/g)

Trong đó: MLSS: là chất rắn lơ lửng trộn lẫn chất lỏng (g/L)

V: là thể tích bùn lắng trong 30 phút trong ống đong 1000mL (mL/L)

**Xử lý số liệu**

Các số liệu được xử lý bằng phần mềm Microsoft Excel, các phép đo được thể hiện bằng giá trị trung bình ± độ lệch chuẩn được tính toán từ ít nhất 3 mẫu lặp lại (n≥3). Sự khác biệt giữa các giá trị trung bình được kiểm định bằng Student's t-test với ngưỡng khác biệt có ý nghĩa được xác định khi p < 0,05 và thể hiện bằng dấu hoa thị (\*) trên các hình.

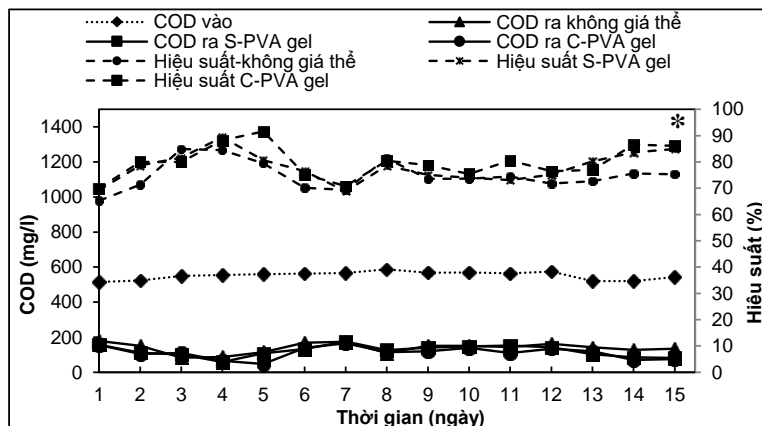
**KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN**

**Chất lượng của nước thải đầu vào**

Về cảm quan, nước thải lấy từ bể điều hòa của Công ty TNHH Đồ hộp Hạ Long có mùi tanh, màu đỏ của máu cá, hàm lượng cặn lơ lửng rất cao và có nồng độ dao động trong khoảng rộng. Nồng độ TSS của nước thải lấy về có giá trị 1125 ± 10,55 mg/L, cao hơn mức phù hợp để đưa vào hệ thống xử lý sinh học là < 125 mg/L theo đề xuất của Eckenfelder và đồng tác giả (2009). Do đó, cần được để lắng 2 giờ rồi gạn lấy phần nước trong trước khi đưa vào mô hình thí nghiệm. Phần nước thải sau khi gạn được đánh giá thường xuyên trong suốt giai đoạn thí nghiệm (Phụ lục S3). Nước thải chế biến cá đóng hộp của Công ty TNHH Đồ hộp Hạ Long có những đặc điểm sau: mức ô nhiễm cao và không ổn định trong từng ngày; pH dao động trong khoảng 7,16 đến 7,86 (n=10) thích hợp cho sự phát triển của vi sinh vật nên không cần phải điều chỉnh pH của nước thải đầu vào; tỷ lệ BOD<sub>5</sub>/COD khoảng 0,636 và tỷ lệ BOD<sub>5</sub> : N : P = 100 : 39,2 : 3,1 là thích hợp cho quá trình xử lý sinh học, không cần bổ sung thêm dưỡng chất (Việt & Ngân, 2014).

**Diễn biến nồng độ COD trong giai đoạn tạo màng sinh học**

Các nghiên cứu trước đây trên các giá thể khác nhau cho thấy thời gian để tạo màng sinh học trên vật liệu giá thể cần phải kéo dài ít nhất 7-30 ngày (Hoa et al. , 2017). Mục đích của giai đoạn này là để tạo một môi trường sống và phát triển ổn định của vi khuẩn trong mao quản của giá thể. Trong nghiên cứu này thời gian của giai đoạn thích nghi được kéo dài 15 ngày. Quá trình bám dính và tăng sinh của vi khuẩn trên vật liệu giá thể được đánh giá thông qua sự giảm nồng độ COD khi so sánh với mẫu đối chứng (bình không chứa vật liệu giá thể). Sự khác nhau về giá trị COD đầu vào, đầu ra và hiệu suất xử lý trong 3 bình phản ứng ở giai đoạn tạo màng sinh học được thể hiện trên Hình 1.



Hình 1. Diễn biến nồng độ COD trong giai đoạn tạo màng sinh học

Trong giai đoạn chạy thích nghi tạo màng sinh học, sự khác biệt giá trị COD đầu ra ở 3 bình phản ứng là không thực sự rõ ràng ở 8 ngày đầu tiên. Tuy nhiên, đến ngày thứ 9 trở đi đã có sự ổn định về chênh lệch giá trị COD ở bình không chứa vật liệu và 2 bình có chứa vật liệu PVA gel. 2 bình phản ứng chứa PVA gel luôn có giá trị COD đầu ra nhỏ hơn bình không chứa vật liệu. Hiệu suất xử lý của 2 bình chứa PVA gel (S-PVA và C-PVA) cao hơn bình không chứa PVA khoảng 6-10% trong những ngày cuối của giai đoạn thích nghi và số liệu so sánh thể hiện sự khác biệt có ý nghĩa thống kê ( $p < 0,05$ ) vào ngày thứ 15. Tuy nhiên, so sánh giữa 2 bình có chứa PVA thì không cho thấy sự khác biệt. Khoảng chênh lệch này là chưa thực sự lớn, nguyên nhân có thể là do lượng chất hữu cơ đưa vào đã được vi khuẩn tiêu thụ gần như hoàn toàn sau 12 giờ phản ứng trong cả 3 bình. Tuy nhiên, đây cũng là tín hiệu cho thấy vi khuẩn đã bắt đầu bám dính vào vật liệu. Điều này được củng cố khi quan sát thấy hạt PVA gel đã chuyển từ màu trắng ban đầu sang màu vàng sẫm sau 15 ngày chạy thích nghi (Phụ lục S4). Hạt PVA gel cũng trở nên trơn và nhẵn hơn so với ban đầu khi cảm quan bằng tay.

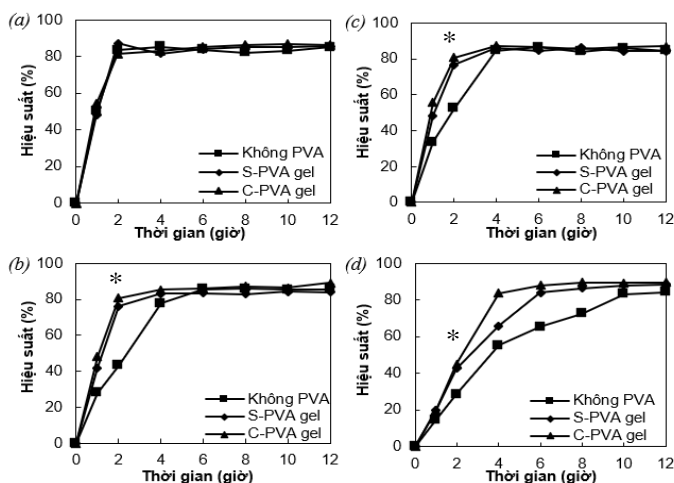
### Sự thay đổi chất lượng nước thải theo thời gian phản ứng

Trong nghiên cứu này chất lượng nước thải theo thời gian phản ứng chỉ được xác định thông qua 3 chỉ tiêu là pH, COD và TSS. Sự thay đổi chất lượng nước thải đầu ra theo thời gian phản ứng cho phép ta xác định được khoảng thời gian lưu nước thích hợp khi tải nạp hữu cơ thay đổi. pH của nước thải đầu vào dao động trong khoảng 7,16 - 7,86 và có xu hướng tăng dần trong 1 giờ đầu với mức tăng khoảng 0,5 đến 0,8 sau đó giảm dần ở cả 3 bể phản ứng. Sau 12 giờ, giá trị pH trong 3 bình phản ứng ở các mức tải hữu cơ khác nhau dao động từ 6,9 đến 8,1. Khoảng giá trị pH này là thích hợp cho hoạt động sống của vi sinh vật trong bể aerotank và phù hợp với QCVN 11-MT:2015/ BTNMT - Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về nước thải công nghiệp chế biến thủy sản (đáp ứng tiêu chuẩn cột B, pH = 5,5-9). Giá trị TSS sau 12 giờ phản ứng trong 3 bình: bình không chứa vật liệu, bình chứa S-PVA gel và bình chứa C-PVA gel dao động tương ứng trong các khoảng 31,9 – 38,1 mg/L, 23,1 – 31,2 mg/L và 22,8 – 29,3 mg/L. Mức thay đổi nồng độ COD theo thời gian ở các tải hữu cơ đầu vào khác nhau được biểu diễn qua hiệu suất xử lý và được thể hiện trong Hình 2.

Hiệu suất xử lý chất hữu cơ ở cả 3 bình có xu hướng chung là: tăng theo thời gian phản ứng, tăng nhanh trong 2 – 4 giờ đầu tiên và sau đó thay đổi rất ít đặc biệt khi ở mức tải đầu vào thấp. Sự tăng nhanh của hiệu suất xử lý trong 2 – 4 giờ đầu tương ứng với sự giảm nhanh của nồng độ COD, điều này được cho là có liên quan đến hiện tượng hấp phụ của bùn hoạt tính và vật liệu giá thể. Đáng lưu ý, tại mốc 2h, hiệu suất xử lý của 2 bình chứa PVA gel (S-PVA và C-PVA) cho thấy sự khác biệt có ý nghĩa thống kê ( $p < 0,05$ ) so với bình không chứa PVA ở các mức tải 0,75, 1 và 1,25 gBOD<sub>5</sub>/g.bùn/ngày, trong khi mức 0,5 gBOD<sub>5</sub>/g.bùn/ngày thì không cho thấy sự khác biệt.

Ở mức tải 0,5 gBOD<sub>5</sub>/g.bùn/ngày, hiệu suất xử lý có thể đạt trên 80% chỉ sau 2 giờ phản ứng và không có sự chênh lệch đáng kể trong cả 3 bình (Hình 2a). Tuy nhiên khi ở mức tải đầu vào cao hơn, hiệu suất xử lý sau 2 giờ có sự chênh lệch đáng kể giữa bình có chứa vật liệu PVA gel và bình không chứa vật liệu, cụ thể: ở mức tải 0,75 gBOD<sub>5</sub>/g.bùn/ngày, hiệu suất xử lý có thể đạt 77% với bình chứa vật liệu S-PVA gel và 81% với bình có chứa vật liệu C-PVA gel, trong khi đó bình không chứa vật liệu chỉ đạt hiệu suất 52%. Từ 4 – 12 giờ hiệu suất ở cả 3 bình là tương đương nhau (Hình 2b).

Ở mức tải lớn hơn 0,75 gBOD<sub>5</sub>/g.bùn/ngày, sự chênh lệch hiệu suất giữa bình chứa vật liệu PVA gel và bình không chứa vật liệu vẫn dễ dàng nhận thấy trong toàn bộ thời gian khảo sát (Hình 2c-d). Sau 12 giờ phản ứng, bình chứa vật liệu có hiệu suất cao hơn bình không chứa vật liệu khoảng 4-6%, bình chứa vật liệu C-PVA gel cao hơn bình chứa vật liệu S-PVA gel khoảng 2%. Kết quả này không phản ánh được hiệu quả của vật liệu PVA gel bởi ở thời điểm 12 giờ lượng chất hữu cơ đưa vào ban đầu hầu như đã được tiêu thụ hết bởi các vi sinh vật trong cả 3 bình phản ứng.

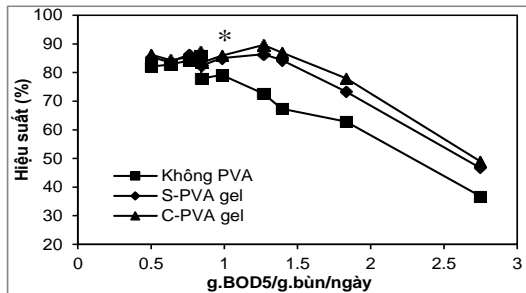


Hình 2. Sự thay đổi hiệu suất xử lý COD theo thời gian ở các mức tải đầu vào khác nhau: (a) 0,5 gBOD<sub>5</sub>/g.bùn/ngày, (b) 0,75 gBOD<sub>5</sub>/g.bùn/ngày, (c) 1 gBOD<sub>5</sub>/g.bùn/ngày và (d) 1,25 gBOD<sub>5</sub>/g.bùn/ngày.

Từ các kết quả trên có thể thấy, hiệu quả xử lý chất hữu cơ đạt giá trị ổn định trong khoảng thời gian 8-12 giờ. Như vậy thời gian lưu nước (HRT) thích hợp được lựa chọn là 8 giờ, thời điểm mà hầu hết chất hữu cơ nạp vào đã được xử lý. Mốc thời gian này cũng phù hợp trong thiết kế bể aerotank truyền thống (6 – 8 giờ khi dùng hệ thống sục khí, 9 – 12 giờ khi dùng thiết bị khuấy cơ học (Trịnh Xuân Lai, 2000)).

**Vai trò của vật liệu PVA khi xử lý nước thải có nồng độ chất hữu cơ cao**

Với nồng độ bùn được cố định là 2500 mg/L, HRT được lựa chọn là 8 giờ và tải nạp hữu cơ được tính toán theo nồng độ COD đầu vào, hiệu suất xử lý chất hữu cơ theo tải nạp đầu vào được biểu diễn trên Hình 3.



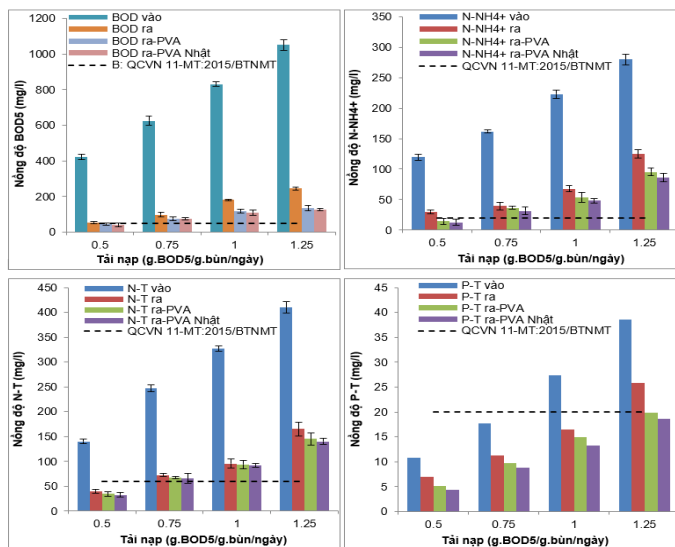
Hình 3. Hiệu suất xử lý COD theo tải nạp hữu cơ đầu vào

Có thể thấy ở tải nạp hữu cơ nhỏ hơn 0,85 gBOD<sub>5</sub>/g.bùn/ ngày, sự chênh lệch hiệu suất xử lý ở 3 bình phản ứng là không đáng kể từ 2 – 5% nhưng khi tải nạp hữu cơ lớn hơn 0,85 gBOD<sub>5</sub>/g.bùn/ ngày thì có sự khác biệt rõ rệt (với p<0,05). Bình chứa vật liệu PVA gel đạt hiệu suất xử lý COD cao hơn bình không chứa vật liệu khoảng 7 – 20%. Bình chứa vật liệu C-PVA gel có hiệu suất xử lý COD cao hơn bình chứa S-PVA gel khoảng 3%. Nếu so sánh ở cùng hiệu suất xử lý COD là khoảng 85-87%, với bình phản ứng không có vật liệu tải trọng hữu cơ cao nhất có thể vận hành là 0,85 gBOD<sub>5</sub>/g.bùn/ ngày trong khi đó bình có chứa vật liệu S-PVA gel và C-PVA gel có thể vận hành ở tải trọng tương ứng là 1,4 và 1,5 gBOD<sub>5</sub>/g.bùn/ ngày. Hay nói cách khác, việc bổ sung thêm 20% vật liệu PVA gel có thể tăng tải trọng xử lý lên gấp 1,65 ÷ 1,76 lần và vật liệu S-PVA gel đạt hiệu suất xử lý khoảng 94% so với C-PVA gel.

Trong các lần thí nghiệm chỉ số thể tích bùn (SVI<sub>30</sub>) của 3 bình phản ứng dao động 124 – 132 mL/g tương ứng thể tích bùn chiếm chỗ là 31 – 33%. Với 20% thể tích vật liệu PVA gel được sử dụng thì thể tích chiếm chỗ của bùn và vật liệu trộn chung là khoảng 40% tăng khoảng 7 – 9% so với bình chỉ chứa bùn hoạt tính. Như vậy ở tải hữu cơ lớn hơn 0,85 gBOD<sub>5</sub>/g.bùn/ ngày khi bổ sung 20% thể tích vật liệu PVA thể tích chiếm dụng trong bể phản ứng chỉ tăng 7 – 9% nhưng hiệu suất xử lý COD có thể tăng 7 – 20% và tải nạp hữu cơ có thể tăng 1,65 ÷ 1,76 lần.

**Đánh giá hiệu quả chuyển hóa chất hữu cơ và chất dinh dưỡng**

Sự thay đổi nồng độ các chỉ tiêu BOD<sub>5</sub>, N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, N-T và P-T ở đầu vào và đầu ra với các mức tải hữu cơ khác nhau trong 3 bình phản ứng được thể hiện trên Hình 4.



Hình 4. Sự thay đổi nồng độ BOD<sub>5</sub>, N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, N-T, P-T đầu vào và đầu ra ở các mức tải hữu cơ khác nhau trong 3 bình phản ứng (không có PVA, S-PVA gel và C-PVA gel)

Có thể thấy, ở các tải nạp đầu vào khác nhau hàm lượng chất hữu cơ ( $BOD_5$ ) và chất dinh dưỡng ( $N-NH_4^+$ , N-T và P-T) ở các bình phản ứng đều giảm sau 8 giờ xử lý. Bình có chứa vật liệu PVA gel luôn có nồng độ đầu ra chất hữu cơ ( $BOD_5$ ) và chất dinh dưỡng thấp hơn bình không chứa vật liệu. Kết quả này cho thấy vai trò của giá thể ứng dụng trong xử lý nước thải, nó làm tăng mật độ vi khuẩn trong bể phản ứng dẫn đến tăng hiệu quả xử lý. Đối chiếu với cột B của QCVN 11-MT:2015/BTNMT, các chỉ tiêu  $BOD_5$ ,  $N-NH_4^+$ , N-T và P-T của nước thải đầu ra trong khảo sát này chỉ đạt chuẩn khi tải nạp hữu cơ nhỏ hơn hoặc bằng  $0,5 \text{ gBOD}_5/\text{g.bùn/ngày}$ .

Với tải  $0,5 \text{ BOD}_5/\text{g.bùn/ngày}$ , (i) Hiệu suất xử lý  $BOD_5$  trung bình đạt: 87,1%, 89,3% và 90,7%; (ii) Hiệu suất xử lý  $N-NH_4^+$  trung bình đạt: 74,9%, 87,9% và 89,6%; (iii) Hiệu suất xử lý N-T trung bình đạt: 71,4%, 75,4% và 76,9%; (iv) Hiệu suất xử lý P-T trung bình đạt: 35,6%, 51,7% và 59,3% tương ứng cho các bể phản ứng lần lượt là: không bổ sung vật liệu, bổ sung S-PVA gel và bổ sung C-PVA gel.

Với tải  $0,75 \text{ BOD}_5/\text{g.bùn/ngày}$ , (i) Hiệu suất xử lý  $BOD_5$  trung bình đạt: 84,5%, 88% và 88,3%; (ii) Hiệu suất xử lý  $N-NH_4^+$  trung bình đạt: 75,7%, 77,4% và 80,5%; (iii) Hiệu suất xử lý N-T trung bình đạt: 70,6%, 72,8% và 73,5%; (iv) Hiệu suất xử lý P-T trung bình đạt: 36,7%, 45,2% và 50,5% tương ứng cho các bể phản ứng lần lượt là: không bổ sung vật liệu, bổ sung S-PVA gel và bổ sung C-PVA gel.

Với tải  $1 \text{ BOD}_5/\text{g.bùn/ngày}$ , (i) Hiệu suất xử lý  $BOD_5$  trung bình đạt: 78,3%, 85,9% và 86,7%; (ii) Hiệu suất xử lý  $N-NH_4^+$  trung bình đạt: 69,7%, 76,2% và 78,5%; (iii) Hiệu suất xử lý N-T trung bình đạt: 70,9%, 71,4% và 71,8%; (iv) Hiệu suất xử lý P-T trung bình đạt: 39,8%, 45,6% và 51,5% tương ứng cho các bể phản ứng lần lượt là: không bổ sung vật liệu, bổ sung S-PVA gel và bổ sung C-PVA gel.

Với tải  $1,25 \text{ BOD}_5/\text{g.bùn/ngày}$ , (i) Hiệu suất xử lý  $BOD_5$  trung bình đạt: 76,7%, 87,1% và 88,1%; (ii) Hiệu suất xử lý  $N-NH_4^+$  trung bình đạt: 55,4%, 65,9% và 69,4%; (iii) Hiệu suất xử lý N-T trung bình đạt: 59,8%, 64,6% và 65,9%; (iv) Hiệu suất xử lý P-T trung bình đạt: 33,1%, 48,7% và 51,8% tương ứng cho các bể phản ứng lần lượt là: không bổ sung vật liệu, bổ sung S-PVA gel và bổ sung C-PVA gel.

Như vậy, ở  $HRT = 8$  giờ việc bổ sung vật liệu giá thể PVA gel vào bể phản ứng đã làm tăng hiệu quả xử lý  $BOD_5$  lên khoảng 3-11%, tăng hiệu quả xử lý chất dinh dưỡng lên khoảng 5-23%. Kết quả này có thể so sánh với nghiên cứu của Suntud Sirianuntapiboon và Suriyakit Yommee khi sử dụng ruột xe đã qua sử dụng làm giá thể (2006) hay kết quả đạt được của nhóm Phan Thị Kim Thủy và Trần Văn Quang (Thủy & Quang, 2020) trên nước thải lấy tại trạm XLNT tập trung Sơn Trà. Khi tải nạp hữu cơ càng tăng thì hiệu suất xử lý trong mỗi bình càng giảm tuy nhiên sự chênh lệch hiệu suất giữa bình có chứa vật liệu PVA gel và bình không chứa vật liệu lại càng thể hiện rõ. Hiệu suất xử lý  $BOD_5$  của bình chứa vật liệu C-PVA gel chỉ cao hơn bình chứa vật liệu S-PVA gel khoảng 1-2%.

## KẾT LUẬN

Vật liệu PVA gel (S-PVA gel và C-PVA gel) có khả năng xử lý nước thải chứa hàm lượng chất hữu cơ cao, hiệu quả càng rõ ràng khi tải nạp đầu vào tăng lên. Khi sử dụng 20% thể tích vật liệu chỉ làm tăng thể tích chiếm dụng trong bể phản ứng lên 7 – 9% nhưng có thể tăng hiệu suất xử lý COD lên 7 – 20%, tăng hiệu suất xử lý  $BOD_5$  lên 3-11%, tăng hiệu suất xử lý chất dinh dưỡng (N-T và P-T) lên 5-23% và tăng tải nạp hữu cơ lên 1,65÷ 1,76 lần. Với cùng hiệu suất xử lý COD khoảng 85-87%, khi sử dụng vật liệu S-PVA gel tải trọng hữu cơ có thể đạt  $3,48 \text{ kgBOD}_5/\text{m}^3/\text{ngày}$  (tương ứng  $5,48 \text{ kgCOD}/\text{m}^3/\text{ngày}$ ) xấp xỉ với giá trị  $3,73 \text{ kgBOD}_5/\text{m}^3/\text{ngày}$  (tương ứng  $5,87 \text{ kgCOD}/\text{m}^3/\text{ngày}$ ) khi sử dụng vật liệu C-PVA gel của Nhật. Kết quả nghiên cứu mở ra tiềm năng ứng dụng rộng rãi của loại vật liệu PVA gel tổng hợp bằng phương pháp lạnh động-rã đông trong xử lý nước thải giàu hợp chất hữu cơ như là nước thải chế biến thủy sản.

Lời cảm ơn: Nghiên cứu này được tài trợ bởi Quỹ nghiên cứu châu Á Kurita (23Pvn090) và Trường Đại học Bách khoa – Đại học Đà Nẵng với đề tài có mã số: T2024-02-20.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Anh PT & Lâm ND (2020). Investigating effect of synthesis conditions on the formation of PVA hydrogel. *Tạp chí Khoa học và Công nghệ-Đại học Đà Nẵng*, 14-18.
- Eckenfelder WW, Ford DL, and Englande AJ (2009). Industrial water quality (4th Ed.), McGraw-Hill Education.
- Ghangrekar MM, and Behera M (2014), Suspended growth treatment processes. Ahuja, S. (ed). Comprehensive Water Quality and Purification. Elsevier. 74–89.
- Hoa TT, Thoan NV, & Minh NT (2017). Combination between moving bed reactor and activated sludge process to remove high organic loading of seafood wastewater. *Vietnam Journal of Science and Technology*, 55(6), 734-742, doi: 10.15625/2525-2518/55/6/8316.
- Levstek M, Plazl I, & Rouse JD (2010). Estimation of the Specific Surface Area for a Porous Carrier. *Acta Chim Slov*, 57(1)
- Lê Hoàng Việt và Nguyễn Võ Châu Ngân (2014). *Giáo trình Xử lý nước thải*. Nhà xuất bản Đại học Cần Thơ.
- Lương Đức Phẩm (2002). *Công nghệ xử lý nước thải bằng biện pháp sinh học*. Nhà xuất bản Giáo dục.
- Ngoc NT, Binh NX, & Thu Ha NT (2022). Environmental issues at seafood processing villages in the north region, Vietnam: Perception and behaviour of business owners. *Asian Journal of Water, Environment and Pollution*, 19(2), 79-87.

- Sirianuntapiboon S, & Yommee S (2006). Application of a new type of moving bio-film in aerobic sequencing batch reactor (aerobic-SBR). *J Environ Manage*, 78(2), 149-156.
- Thúy PTK, & Quang TV (2020). Nghiên cứu đánh giá khả năng tăng tải trọng xử lý các chất hữu cơ của các loại vật liệu đệm cho bể Aeroten trong xử lý nước thải chế biến thủy sản. *Tạp chí Khoa học và Công nghệ-Đại học Đà Nẵng*, 18(1), 23-26.
- Trịnh Xuân Lai (2000). *Tính toán thiết kế các công trình xử lý nước thải*. Nhà Xuất bản Xây dựng Hà Nội.
- Tseng ML, Tran TPT, Ha HM, Bui TD, & Lim MK (2022). Causality of circular business strategy under uncertainty: A zero-waste practices approach in seafood processing industry in Vietnam. *Resources, Conservation and Recycling*, 181, 106263.

## APPLICATION OF SYNTHETIC PVA-GEL IN SEAFOOD PROCESSING WASTEWATER TREATMENT

Phan The Anh, Nguyen Thi Dong Phuong, Nguyen Hoang Trung Hieu\*

*Faculty of Chemical Engineering, University of Science and Technology, The University of Da Nang*

### SUMMARY

Seafood processing wastewater is a typical wastewater with high levels of organic matter and nutrients that are biodegradable. Currently, activated sludge aerobic technology (aerotank) is being widely applied by many seafood processing companies in Vietnam. To increase treatment efficiency for aerotanks, substrates are often added in aerotanks to increase the biomass content. Among all types of substrates, PVA gel is highly appreciated in wastewater treatment because of its high biocompatibility and large specific surface area, thereby increasing the ability to carry microorganisms to enhance wastewater treatment efficiency. In this study, the wastewater treatment efficiency of the synthetic PVA gel material (S-PVA gel) was evaluated through the activated sludge aerobic biochemical process following the SBR (Sequencing Bath Reactor) principle with gradual change in input organic matter concentration. Commercial PVA gel material (C-PVA gel) from Kuraray, Japan was also used as a control material. Research results show that adding 20% of the material volume only increases the occupied volume in the reaction tank by 7 - 9% but can increase COD treatment efficiency by 7 - 20%, BOD<sub>5</sub> treatment efficiency by 3-11%, nutrient processing efficiency (N-T and P-T) by 5-23% and organic loading by 1.65 - 1.76 times. At the same COD treatment efficiency of 85-87%, the input organic load can reach 3.48 kgBOD<sub>5</sub>/m<sup>3</sup>/day (corresponding to 5.48 kgCOD/m<sup>3</sup>/day) when using S-PVA gel material, which was approximately equal to the value of 3.73 kgBOD<sub>5</sub>/m<sup>3</sup>/day (corresponding to 5.87 kgCOD/m<sup>3</sup>/day) when using Japan C-PVA gel material at. The research results open up the potential for widespread application of PVA gel material in Vietnam.

*Keywords: Aerotank, activated sludge, seafood processing wastewater, PVA gel, Sequencing Bath Reactor (SBR), wastewater treatment.*

---

\* Author for correspondence: Tel: 0965253101; Email: nhtrunghieu@dut.udn.vn.