NGHIÊN CỨU XỬ LÝ NƯỚC THẢI SẢN XUẤT BÚN BẰNG GIÁ THỂ SINH HỌC DẠNG HẠT GEL

RESEARCH ON WASTEWATER TREATMENT FROM NOODLE PRODUCTION USING GEL BIOLOGICAL MATERIAL

Đỗ Thị Minh Hạnh[1], Trương Thị Thủy[1], Nguyễn Thị Thùy[2]

[1] Phòng Khoa học - Công nghệ, Trường Đại học Kinh tế - Kỹ thuật Công nghiệp
[2]Khoa Dệt may và Thời trang, Trường Đại học Kinh tế - Kỹ thuật Công nghiệp

Đến Tòa soạn ngày 12/02/2025, chấp nhận đăng ngày 21/3/2025

Tóm tắt: Trong nghiên cứu này, khả năng xử lý nước sản xuất bún bằng giá thể sinh học dạng hạt gel đã được thử nghiệm. Cụ thể, nghiên cứu đã khảo sát ảnh hưởng của thể tích hạt gel được sử dụng trong bể và thời gian lưu nước (HRT) tới hiệu quả xử lý nước thải. Giá trị BOD_5, COD, NH_4^+ - N của nước thải lần lượt là 1728-1916 mg/L, 2450-2620 mg/L, 35,8-40,2 mg/L. Với thể tích hạt gel được sử dụng bằng 30% thể tích bể xử lý và HRT bằng 48 giờ là phù hợp để vận hành quá trình xử lý nước thải có tính chất như trên bằng giá thể sinh học dạng hạt gel. Mặc dù các giá trị ô nhiễm trong nước thải có những giá trị chưa đáp ứng được yêu cầu theo quy chuẩn, công nghệ mang lại tiềm năng lớn trong xử lý nước thải sản xuất bún với chi phí đầu tư và vận hành hợp lý.

Từ khóa: Giá thể dạng hạt gel, nước thải sản xuất bún, thời gian lưu thủy lực, công nghệ xử lý theo mẻ.

Abstract: To evaluate the ability to treat vermicelli production wastewater with gel-bead biological media, a batch biological reactor was studied at a laboratory scale. Specifically, the study investigated the effects of gel bead volume used in the tank and hydraulic retention time (HRT) on wastewater treatment efficiency from vermicelli production process. The input wastewater had BOD_5, COD, NH_4^+ - N values of 2450 - 2620 mg/L, 1728 - 1916 mg/L, 35.8 - 40.2 mg/L, respectively. The results showed that the gel-bead carrier ratio of 30% and the water retention time of 48 hours were suitable for treating vermicelli production wastewater using gel-bead biological carriers. Although the pollution values in the wastewater did not meet the requirements according to the Standard, the technology brought great potential in treating vermicelli production wastewater.

Keywords: Vermicelli wastewater, gel-bead media, hydraulic retention time, batch treatment technology.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Hiện nay, nhằm đáp ứng nhu cầu của người tiêu dùng, hoạt động sản xuất bún đang ngày càng phát triển với các quy trình sản xuất được cải tiến. Tuy nhiên, nước thải của quá trình sản xuất bún phát sinh từ các nguồn như: nước rửa gạo, nước vo gạo, nước rửa bún, làm nguội bún và nước vệ sinh thiết bị, nhà xưởng. Loại nước thải này thường chứa nhiều tinh bột và các chất hữu cơ dễ phân hủy sinh học, dẫn tới hàm lượng COD và chất rắn lơ lửng tăng cao. Với đặc điểm này, nếu nước thải xả ra môi trường mà không được xử lý có thể gây ô nhiễm môi trường nghiêm trọng.

Tiền xử lý bằng keo tụ, lắng và lọc là phương pháp phù hợp để xử lý loại nước thải có hàm lượng tinh bột cao như nước thải sản xuất bún. Nếu để lắng tự nhiên có thể tách được tối thiểu 90% nước thải không chứa tinh bột lắng. 10% thể tích nước thải chứa tinh bột sẽ được mang đi lọc thu tinh bột. Một phương pháp phù hợp khác là sử dụng hệ thống vi sinh vật kỵ khí UASB, hoặc sinh học hiếu khí nhiều bậc. Thử nghiệm xử lý nước với thông số COD đầu vào là 7520 mg/L, nồng độ bùn hoạt tính lơ lửng trung bình là 25% (V/V). Sau thời gian xử lý 10 giờ, giá trị COD giảm xuống 2800 mg/L, sau đó chuyển sang xử lý hiếu khí bậc 2 với nồng độ bùn nhỏ hơn 10%. Sau thời gian xử lý 10 giờ tiếp theo, COD đầu ra chỉ còn nhỏ hơn 100 mg/L. Đặc điểm của hệ thống hiếu khí nhiều bậc này hoàn toàn không gây mùi như hệ thống yếm khí.

Gần đây, ứng dụng giá thể sinh học dạng hạt gel cho xử lý nước thải đã được quan tâm nhờ ưu điểm như duy trì hàm lượng vi sinh vật cao, lượng bùn thải ra thấp hơn, làm tăng khả năng xử lý của hệ thống và giảm chi phí xử lý bùn thải. Một ưu điểm nữa đó là, vi sinh vật trong giá thể sẽ ít bị ảnh hưởng bởi một số thông số pH, nhiệt độ và chất ức chế có trong nước thải [3,4]. Hiện nay, Việt Nam chưa có nhiều các ứng dụng loại giá thể dạng hạt gel này. Từ những lý do trên ***"Nghiên cứu xử lý nước thải sản xuất bún bằng giá thể sinh học dạng hạt gel***" được quan tâm thực hiện.

2. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Vật liệu nghiên cứu

- Nước thải tổng hợp: được pha từ các hóa chất có sẵn trong phòng thí nghiệm: Glucozo ($C_6H_{12}O_6$), amoni clorua (NH_4Cl), kalidihydrophophat (KH_2PO_4), $NaHCO_3$ và các hóa chất vi lượng. Công thức của các nguyên tố vi lượng. Mỗi lít nước chứa các nguyên tố vi lượng: 0,15 g axit boric (H_3BO_3); 0,18 g kali iotua (KI); 0,03 g đồng sunfat ($CuSO_4.5H_2O$); 0,12 g kẽm sunfat ($ZnSO_4.7H_2O$) và 10 g EDTA, 0,12 g magan clorua ($MnCl_2.4H_2O$); 1,5 g sắt (III) clorua ($FeCl_3.6H_2O$); 0,15 g coban clorua ($CoCl_2.6H_2O$).

- Nước thải thực tế: được lấy từ các địa điểm sản xuất bún của phường Phú Đô, quận Nam Từ Liêm, thành phố Hà Nội. Nước thải được tiền xử lý bằng lưới lọc để tách tạp chất có kích thước lớn. Qua công đoạn này, nước thải vẫn có màu trắng đục (Hình 1).



Hình 1. Nước thải sau lọc

Đặc trưng của nước thải được thể hiện trong Bảng 1. Kết quả phân tích nước thải cho thấy giá trị COD và BOD_5 cao, vượt ngưỡng so với quy định tại QCVN 40:2011/BTNMT. Đối với giá trị amoni NH_4^+ - N đo được với giá trị 35,8-40,2 mg/L cũng cao hơn so với quy định.

- Giá thể sinh học dạng hạt gel: được chế tạo trực tiếp tại phòng thí nghiệm bằng phương pháp boric axit. Hỗn hợp PVA và SA được khuấy trộn trong nước ấm, sau đó hấp ở nhiệt độ 121ºC trong hai giờ, làm nguội hỗn hợp. Sau đó trộn đều với GO (graphen oxit) rồi tới sinh khối bùn hoạt tính thành hỗn hợp gel. Nhỏ giọt vào dung dịch $B(OH)_3$ 7% và $CaCl_2$ 2%. Ngâm lần lượt trong dung dịch dung dịch $B(OH)_3$ 7% và $CaCl_2$ 2% 1 giờ, dung dịch

Na_2SO_4 0,5 M trong 2 giờ. Thu được giá thể dạng hạt gel hoàn chỉnh.

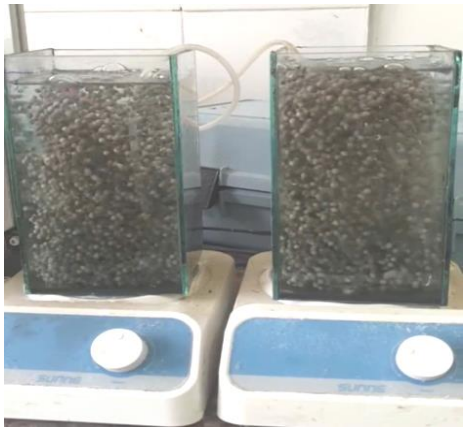
Bảng 1. Kết quả phân tích nước thải và giới hạn cho phép

STT	Chỉ tiêu	Đơn vị	Giá trị	QCVN 40:2011/ BTNMT (cột B)
1	BOD_5	mg/L	1728-1916	50
2	COD	mg/L	2450-2620	150
3	NH_4^+	mg/L	35,8 - 40,2	10

2.2. Mô hình thí nghiệm

Bể xử lý bằng giá thể sinh học dạng hạt gel được mô tả trên Hình 2.

Bể có thể tích hữu dụng 2L bằng thủy tinh trong suốt với kích thước là 100×100×200 mm (chiều dài × chiều rộng × chiều cao). Trong bể, được lắp đặt thiết bị sục khí để cung cấp oxy cho vi sinh vật trong bể và thiết bị khuấy trộn nhằm đảo trộn đều các giá thể hạt gel trong bể.



Hình 2. Mô hình hệ thống thí nghiệm

Hệ thống được vận hành theo từng mẻ. Nước được bơm vào và hút ra bằng các thiết bị bơm nước. Nước được rút ra sau mỗi mẻ xử lý là 1 lít và được sử dụng cho phân tích.

Nghiên cứu giai đoạn khởi động hệ thống xử lý nước thải sản xuất bún bằng giá thể dạng hạt gel

Nước thải sản xuất bún có nồng độ ô nhiễm hữu cơ cao, vì vậy vi sinh vật trong giá thể cần thời gian để thích nghi với nước thải. Giai đoạn khởi động hệ thống được tiến hành trong 61 ngày với nước thải giả lập với nồng độ ô nhiễm từ thấp tới cao, giá trị COD tăng dần từ 350 tới khoảng 2800 mg/L, amoni từ tới 40 mg/L.

Bể vận hành theo mẻ với thời gian lưu nước được lựa chọn là 36 giờ, tỉ lệ giá thể hạt gel 30%, giá trị DO trong bể xử lý ≥ 2 mg/L. Nước thải đầu vào và nước đầu ra sau khi xử lý ở trong bể được mang đi phân tích các chỉ tiêu: COD, amoni (NH_4^+-N), nitrat (NO_3^-N), nitrit (NO_2^- - N), pH. Thông qua các kết quả phân tích, đánh giá được hoạt động của các vi sinh vật trong giá thể từ đó tiếp tục sử dụng giá thể trong nguồn nước thải sản xuất bún thực tế.

Nghiên cứu ảnh hưởng của tỉ lệ giá thể tới hiệu quả xử lý nước.

Tỉ lệ giá thể sinh học dạng hạt gel lần lượt là: 10%, 20%, 30%, 40%, tương ứng với 200 mL, 400 mL, 600 mL, 800 mL thể tích giá thể dạng hạt gel trong bể xử lý 2 lít được khảo sát. Từ đó, lựa chọn được giá trị thích hợp.

Các thông số khác như thời gian lưu thủy lực, DO, pH…tương tự như đối với thí nghiệm trên

Nghiên cứu ảnh hưởng của HRT tới hiệu quả xử lý

HRT với các giá trị: 24 giờ, 36 giờ, 48 giờ và 60 giờ đã được khảo sát.

Tỷ lệ giá thể dạng hạt gel trong thí nghiệm này là giá trị tối ưu được lựa chọn từ khảo sát trước đó. Các thông số khác tương tự như thí nghiệm đầu tiên.

2.3. Phương pháp phân tích và xử lý số liệu

Các phương pháp phân tích chỉ tiêu môi trường chính được sử dụng trong nghiên cứu là:

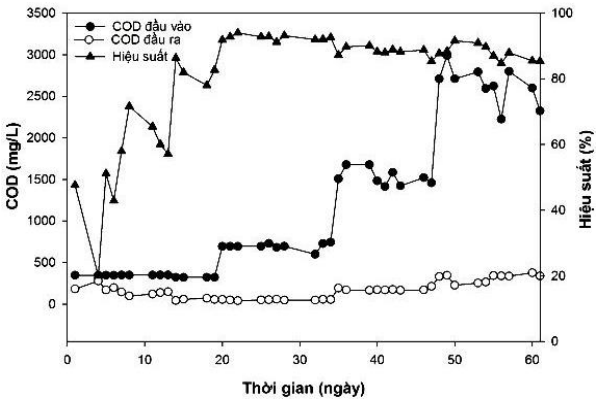
- Chỉ tiêu COD được phân tích theo APHA - 5220.
- Chỉ tiêu SS phân thích theo TCVN 6625:2000.
- Chỉ tiêu NH_4^+-N phân tích dựa theo APHA 4500-NH_3, F.
- Chỉ tiêu NO_2^- - N, NO_3^--N phân tích theo APHA 4500-NO_2^-, APHA 4500-NO_3^-.

Các phép đo sẽ được tiến hành đo lặp lại 3 lần và lấy giá trị trung bình.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

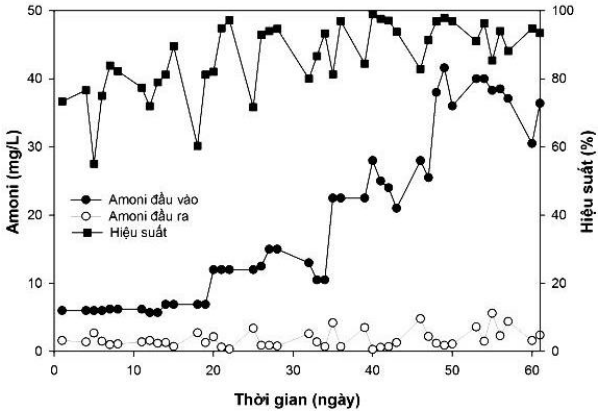
3.1. Kết quả giai đoạn khởi động hệ thống xử lý bằng giá thể dạng hạt gel

Giá trị COD đầu vào tăng dần từ 320 lên 2800 mg/L.



Hình 3. Hiệu suất xử lý COD

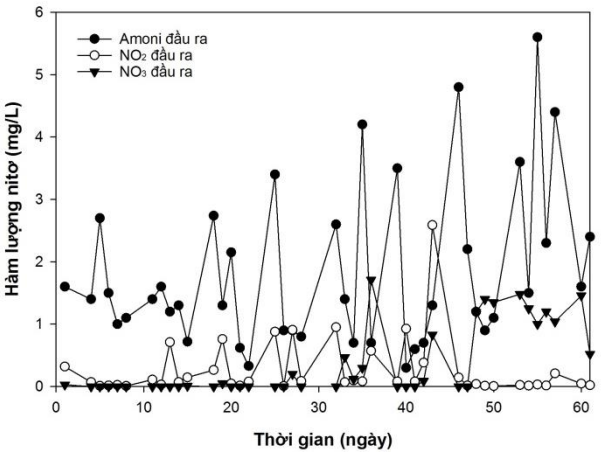
Tại thời gian đầu của giai đoạn khởi động hệ thống, COD đầu vào có giá trị là 320 mg/L. Tỉ lệ giảm của COD thấp, chỉ dao động trong khoảng từ 20 tới 51,2% trong 6 ngày đầu. Trong những ngày tiếp theo, hiệu suất xử lý tăng dần lên tới ngày thứ 19, hiệu quả đã tăng lên 82,7%, COD đầu ra 55,8 mg/L. Khi tăng COD đầu vào lên 700 mg/L, hiệu suất xử lý duy trì ở mức cao từ 92-94%, giá trị COD đầu ra 42-58 mg/L. Tuy nhiên, khi tiếp tục tăng giá trị COD lên 1500 và 2800 mg/L, hiệu suất xử lý COD giảm rõ rệt, xuống mức 85-90%, giá trị COD đầu ra cao 167-214 mg/L (tương ứng COD đầu vào 1500 mg/L), và 228-378 mg/L (tương ứng với COD đầu vào 2800 mg/L). Với mức độ ô nhiễm đầu vào cao, vi sinh vật chưa đạt được khả năng xử lý hiệu quả.



Hình 4. Hiệu suất xử lý amoni

Giá trị amoni đầu vào tăng dần từ 6 tới 42 mg/L. Tại giá trị 6 mg/L, hiệu suất xử lý amoni tăng dần từ 73,33% lên 89,57% và ngày thứ 15, giá trị amoni đầu ra còn 0,72 mg/L. Khi tăng giá trị amoni đầu vào lên 12 mg/L, hiệu suất xử lý giảm xuống trong một số ngày đầu, sau đó hiệu suất đạt mức 90%, giá trị amoni đầu ra 0,7 mg/L. Khi tiếp tục tăng giá trị amoni đầu vào lên 22 và 42 mg/L, hiệu suất xử lý amoni có sự dao động nhưng vẫn đạt xấp xỉ 90%. Nguyên nhân dẫn tới những ngày đầu khi tăng lên một nồng độ amoni mới, vi sinh vật cần phải có một khoảng thời gian để có thể thích nghi với môi trường mới [5], nên hiệu suất xử lý sẽ giảm

xuống và tăng dần sau khi vi sinh vật đã thích nghi.



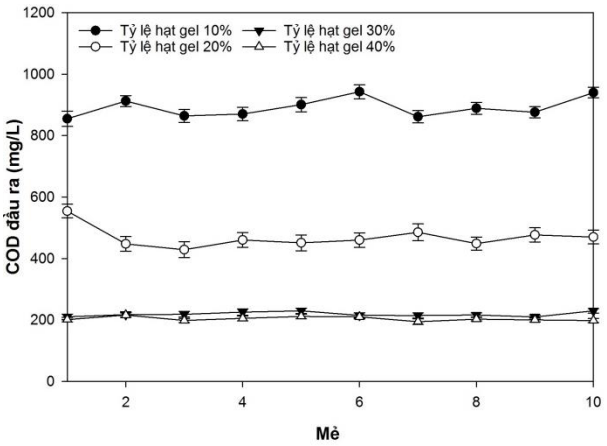
Hình 5. Biến thiên nồng độ amoni, nitrat và nitrit theo thời gian

Dựa vào đồ thị hình vẽ nhận thấy, giá trị nitrit và nitrat đầu ra tương đối thấp khi giá trị amoni đầu vào nhỏ hơn 22 mg/L. Giá trị nitrat đầu ra tăng khi giá trị amoni đầu vào là 42 mg/L. Trong giai đoạn sục khí diễn ra quá trình nitrat hóa, amoni oxy hóa thành nitrit và nitrat. Khi giá trị amoni đầu vào thấp (<22 mg/L), nitrat sinh ra trong quá trình nitrat hóa đã được xử lý tốt trong giai đoạn ngưng sục khí; nitrat bị khử tạo thành N_2, trong giai đoạn này nitrit và nitrat đầu ra tương đối thấp. Khi tăng giá trị amoni đầu vào lên, nitrit và nitrat được tạo ra nhiều hơn. Trong khoảng thời gian đầu, vi sinh vật thiếu khí chưa khử nitrat hiệu quả nên giá trị nitrat đầu ra vẫn còn cao. Sau một khoảng thời gian, giá trị nitrat và nitrit đầu ra đã giảm xuống.

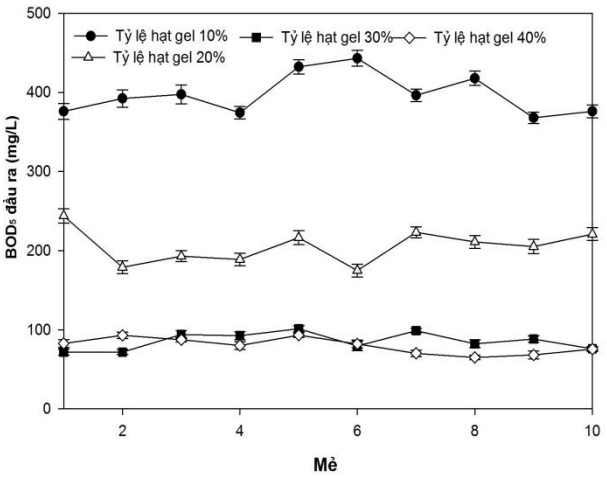
3.2. Kết quả khảo sát ảnh hưởng của tỷ lệ giá thể dạng hạt gel tới hiệu quả xử lý

Ảnh hưởng của tỉ lệ giá thể dạng hạt gel tới hiệu quả xử lý COD và BOD_5 được thể hiện trên Hình 6 và Hình 7.

Dựa vào đồ thị Hình vẽ nhận thấy, khi tỉ lệ giá thể tăng lên thì giá trị COD và BOD_5 đầu ra giảm xuống. Cụ thể, khi tỉ lệ giá thể là 10%, giá trị COD đầu ra trung bình đạt 891±32 mg/L, BOD_5 trung bình 397±26 mg/L. Khi tỉ lệ giá thể tăng lên 20%, COD và BOD_5 đầu ra chỉ còn 468±34; 205±22 mg/L, giá trị COD và BOD_5 đầu ra giảm gần 50% so với tỉ lệ 10%. Khi tiếp tục tăng tỉ lệ giá thể lên 30% giá trị COD, BOD_5 đầu ra giảm xuống lần lượt còn 219±7; 86±11 mg/L. COD, BOD_5 đầu ra giảm hơn 50% so với tỷ lệ 20%. Khi tiếp tục tăng tỉ lệ giá thể lên 40% thì giá trị COD, BOD_5 đầu ra giảm không đáng kể còn 204±7; 80±10 mg/L.



Hình 6. Kết quả giá trị COD đầu ra với các tỷ lệ giá thể dạng hạt gel khác nhau

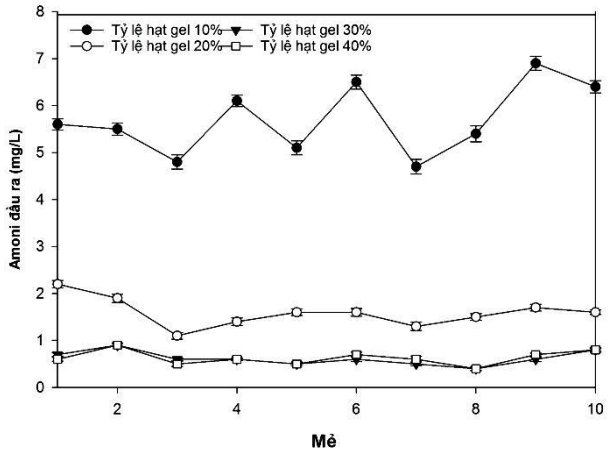


Hình 7. Kết quả giá trị BOD_5 đầu ra với các tỷ lệ giá thể dạng hạt gel khác nhau

Về mặt lý thuyết, khi tỉ lệ giá thể tăng (tương ứng với lượng vi sinh vật tăng lên) dẫn tới việc tiêu thụ cơ chất cũng tăng theo tương ứng với hiệu quả xử lý tăng. Tỉ lệ giá thể càng lớn

tương ứng với lượng vi sinh càng cao, nhu cầu sử dụng oxy của vi sinh vật càng lớn, tuy nhiên, lượng không khí cung cấp cho hệ thống thường được duy trì ở một giá trị không đổi trong quá trình vận hành, như vậy, sẽ dẫn tới lượng oxy cung cấp không đáp ứng nhu cầu của vi sinh vật, gây ảnh hưởng đến quá trình xử lý các chất ô nhiễm. Vì vậy, lựa chọn tỉ lệ giá thể gel phù hợp là rất quan trọng. Dựa vào các kết quả thu được, có thể thấy rằng, với tỉ lệ giá thể thích hợp để sử dụng trong xử lý nước thải sản xuất bún là 30%.

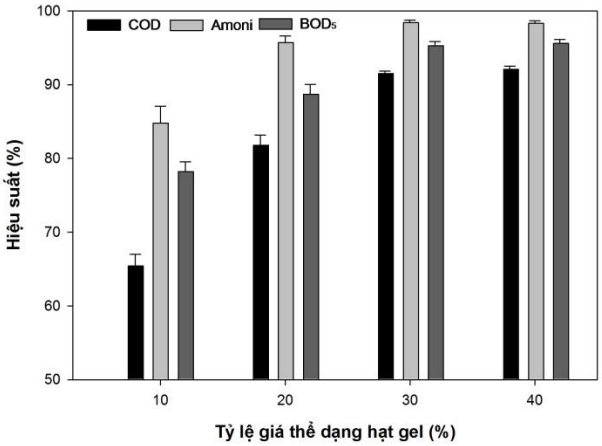
Giá trị NH_4^+ - N đầu ra tương ứng với sự thay đổi tỉ lệ giá thể được thể hiện trên Hình 8.



Hình 8. Kết quả giá trị amoni đầu ra với các tỷ lệ giá thể dạng hạt gel khác nhau

Dựa vào đồ thị hình vẽ nhận thấy, hiệu quả xử lý amoni tương tự như COD và BOD_5. Theo lý thuyết, lượng vi sinh vật càng lớn thì quá trình nitrat hóa trong giai đoạn sục khí càng lớn [6]. Khi tăng tỉ lệ giá thể dạng hạt gel từ 10% lên 20%, 30%, 40% thì giá trị amoni đầu ra giảm xuống lần lượt còn 5,70±075; 1,6±0,3; 0,60±0,15; 0,6±0,15 mg/L. Như vậy có thể thấy, giá trị amoni đầu ra giảm mạnh khi tăng tỉ lệ từ 10% lên 20%, giá trị amoni đầu ra tiếp tục giảm khi tăng lên 30%. Tuy nhiên, giá trị amoni đầu ra không đổi khi tăng từ 30% lên 40%. Như vậy, tỉ lệ 30% là phù hợp cho quá trình xử lý amoni trong nghiên cứu này.

Hình 9 Thể hiện hiệu suất xử lý COD, BOD_5, amoni với tỷ lệ giá thể dạng hạt gel khác nhau: 10%, 20%, 30%, 40%.



Hình 9. Hiệu suất xử lý chất ô nhiễm với các tỷ lệ giá thể dạng hạt gel khác nhau

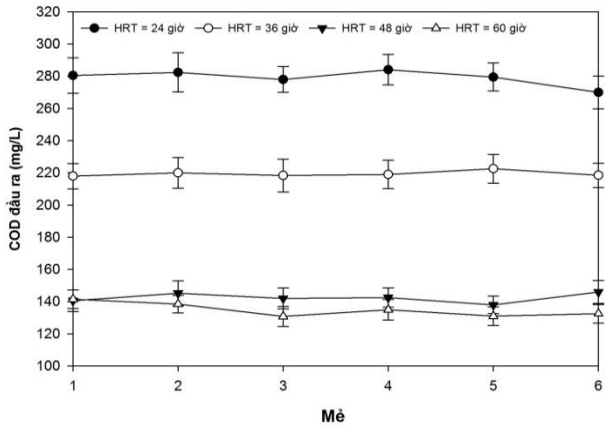
Hiệu suất xử lý tăng dần khi tăng tỉ lệ giá thể từ 10% tới 30%. Không có sự khác biệt nhiều về giá trị đầu ra và hiệu suất của các giá trị ô nhiễm khi tăng tỉ lệ giá thể từ 30% lên 40%. Giá trị tỉ lệ giá thể dạng hạt gel là 30% là thích hợp sử dụng tiến hành các nghiên cứu tiếp theo.

3.3. Kết quả khảo sát ảnh hưởng của thời gian lưu thủy lực tới hiệu quả xử lý

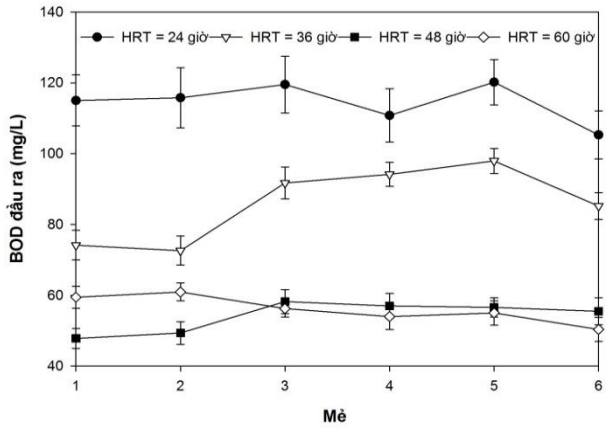
Giá trị COD và BOD_5 đầu ra được thể hiện trên Hình 10 và Hình 11.

Từ đồ thị Hình 10 và Hình 11 nhận thấy rằng, khi HRT là 24 giờ và 36 giờ giá trị COD và BOD_5 đầu ra tương đối cao. Giá trị COD tại hai thời gian lưu lần lượt là 279±5 và 220±2 mg/L, BOD_5 đầu ra lần lượt là 114±5; 86±10 mg/L. Khi thay đổi HRT lên 48 giờ, giá trị COD và BOD_5 đầu ra giảm rõ rệt, nồng độ giảm COD giảm xuống 142±3 mg/L, nồng độ BOD_5 giảm còn 54±4 mg/L. Không có sự thay đổi đáng kể khi tăng HRT từ 48 giờ lên 60 giờ, giá trị COD đầu ra giảm nhẹ xuống còn 135±4 mg/L, BOD_5 còn tăng nhẹ lên 56±3

mg/L. Nhận thấy rằng, khi thời gian lưu nhỏ hơn 48 giờ là chưa đủ dài để xảy ra hoàn toàn các quá trình oxy hóa các chất hữu cơ trong nước thải nên hiệu suất xử lý tương ứng với thời gian lưu thủy lực là 24 và 36 giờ còn thấp. Khi tăng thời gian lưu lên 48 và 60 giờ giá trị COD và BOD_5 đầu ra giảm xuống rõ rệt. Tuy nhiên không có sự khác biệt về giá trị đầu ra giữa hai khoảng thời gian này thậm chí còn tăng nhẹ, nguyên nhân có thể do lượng thức ăn (cơ chất) trong khi thời gian lưu là 48 giờ là gần như không còn, nên khi tiếp tục tăng thời gian lưu lên khiến cho hoạt động của vi sinh vật giảm, dẫn tới hiệu quả xử lý của hệ thống giảm.

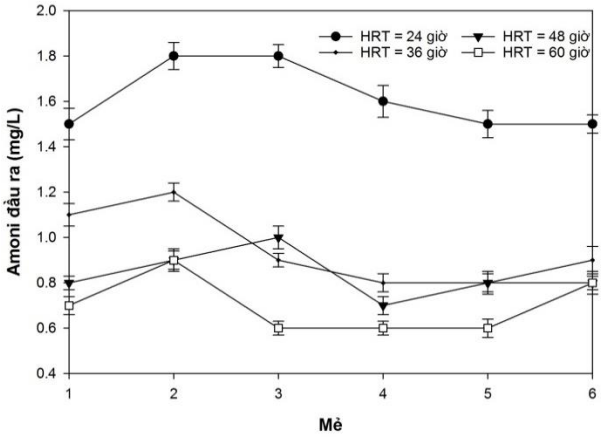


Hình 10. Kết quả giá trị COD đầu ra với các thời gian lưu nước khác nhau



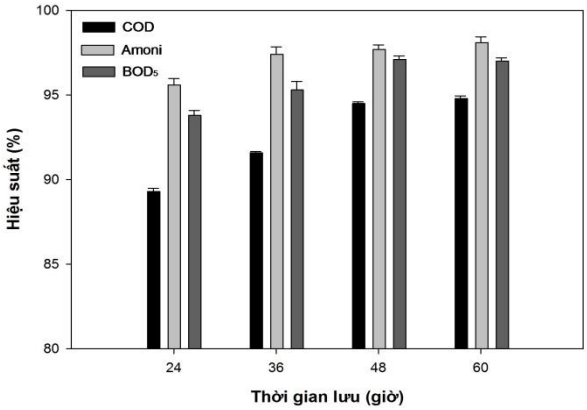
Hình 11. Kết quả giá trị BOD_5 đầu ra với giá trị HRT khác nhau

Giá trị amoni đầu ra tương ứng với các thời gian lưu khác nhau được thể hiện trên Hình 12. Nhận thấy rằng, giá trị amoni giảm dần khi tăng thời gian lưu thủy lực. Giá trị amoni đầu ra giảm từ 1,6±0,3 m/L (khi HRT=24 giờ) xuống còn 1,0±0,15 mg/L (tại HRT=36 giờ). Khi tăng giá trị HRT lên 48 giờ, 60 giờ, amoni đầu ra lần lượt giảm xuống còn 0,8 ± 0,09 và 0,7±0,11 mg/L. Nhìn chung, giá trị amoni đầu ra tương đối thấp khi giá trị HRT là 48 giờ và 60 giờ.



Hình 12. Kết quả giá trị amoni đầu ra với giá trị HRT khác nhau

Hiệu suất xử lý COD, BOD_5 và amoni được thể hiện trên Hình 13.



Hình 13. Hiệu suất xử lý chất ô nhiễm với các giá trị HRT khác nhau

Từ đồ thị hình vẽ nhận thấy, hiệu suất xử lý COD và BOD_5 tăng rõ rệt khi tăng thời gian lưu từ 24 giờ lên 48 giờ. Khi tiếp tục tăng giá trị HRT lên 60 giờ, hiệu suất không có sự thay đổi đáng kể. Như vậy, có thể thấy với giá trị HRT=48 giờ là thích hợp để xử lý nước thải

sản xuất bún bằng giá thể dạng hạt gel.

4. KẾT LUẬN

Nước thải sản xuất bún với giá trị COD, BOD_5 cao, sau quá trình được xử lý bằng công nghệ sinh học sử dụng giá thể dạng hạt gel bước đầu đã mang lại kết quả tốt. Mặc dù, các giá trị ô nhiễm trong nước đầu ra có những giá trị chưa đáp ứng được yêu cầu theo Quy chuẩn về xử lý nước thải công nghiệp QCVN 40:2011/BTNMT (cột B). Tuy nhiên, các giá trị ô nhiễm đầu ra cũng đã gần đạt được tiêu chuẩn đề ra. Vì vậy, cần nghiên cứu và điều chỉnh lại một số thông số vận hành hoặc một số phương pháp tiền xử lý để làm tăng hiệu quả xử lý của hệ thống.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] El-Naas, M.H., A.-H.I. Mourad, and R. Surkatti, *Evaluation of the characteristics of polyvinyl alcohol (PVA) as matrices for the immobilization of Pseudomonas putida*. International Biodeterioration & Biodegradation,.85, p. 413-420 (2013)

[2] Van Pham, D. and L.T. Bach, Immobilized bacteria by using PVA (polyvinyl alcohol) crosslinked with sodium sulfate. International Journal of Science and Engineering, 7(1): p. 41-47, (2014).

[3] Wan, C., et al., Partial nitrification using aerobic granules in continuous-flow reactor: rapid startup. Bioresour. Technol., 142: p. 517-522, (2013).

[4] Le, T.T.H., J. Fettig, and G. Meon, Kinetics and simulation of nitrification at various pH values of a polluted river in the tropics. Ecohydrol. Hydrobiol., 19(1): p. 54-65,(2019).

[5] Dong, Y., Y. Zhang, and B. Tu*, Immobilization of ammonia-oxidizing bacteria by polyvinyl alcohol and sodium alginate*. Brazilian journal of microbiology, 48: p. 515-521, (2017).

[6] Yue-Mei Lin, Joo-Hwa Tay, Yu Liu, Yung-Tse Hung. *Biological nitrifi cation and denitrifi cation processes*. Hanbook of Environmental Engineering Biological treatment processes. Humana Press. 8: p. 539 - 588, (2009).

Thông tin liên hệ: **Đỗ Thị Minh Hạnh**

Điện thoại: 0936026455 - Email: dtmhanh@uneti.edu.vn

Phòng Khoa học - Công nghệ, Trường Đại học Kinh tế - Kỹ thuật Công nghiệp.