

STUDY ON THE TREATMENT OF DIRECT BLUE 86 IN WATER BY MEMBRANE BIOREACTOR

Luu Tuan Duong

TNU - University of Sciences

ARTICLE INFO		ABSTRACT
Received:	19/4/2024	The membrane bioreactor (MBR) technology has been widely applied to treat various industrial wastewater and has significant advantages over conventional activated sludge biological processes. In this study, the membrane bioreactor (MBR) is applied to treat Direct Blue 86 (DB86) dye. The reaction tank is designed with a useful volume of 36 liters ($L*W*H = 30*30*50$ cm) and utilizes submerged membrane modules with pore sizes equivalent to $0.3 \mu\text{m}$. The experimental model of the MBR process is designed to include the decomposition of organic matter and biomass separation processes using membranes. Under the conditions of a temperature of $25 \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$, pH conditions ranging from $6.5 \div 7.5$, dissolved oxygen (DO) concentration ranging from $4.0 \div 5.0$ mg/L, and influent COD concentration of 375 ± 8 mg/L, the evaluation conditions include a sludge retention time of approximately 30 days, aeration/non-aeration cycle of 60 minutes/60 minutes, MLSS concentration of $6,000 - 7,000$ mg/L, the COD removal efficiency exceeding 95%. Therefore, the membrane bioreactor (MBR) biological process technology can be applied in the research about the treatment of textile dyeing wastewater.
Revised:	07/10/2024	
Published:	08/10/2024	
KEYWORDS		
Membrane bioreactor		
Wastewater treatment		
Chemical Oxygen Demand		
Direct Blue 86		
Mixed liquor suspended solids		

NGHIÊN CỨU KHẢ NĂNG XỬ LÝ DIRECT BLUE 86 TRONG NƯỚC BẰNG QUÁ TRÌNH SINH HỌC Màng (MBR)

Luu Tuấn Dương

Trường Đại học Khoa học – ĐH Thái Nguyên

THÔNG TIN BÀI BÁO	TÓM TẮT
Ngày nhận bài: 19/4/2024	Công nghệ sinh học – màng (MBR) đã được ứng dụng rộng rãi để xử lý nước thải công nghiệp khác nhau và đã có những ưu điểm vượt trội so với quá trình sinh học bùn hoạt tính thông thường. Trong nghiên cứu này, ứng dụng quá trình sinh học - màng MBR để xử lý thuốc nhuộm Direct blue 86 (DB86). Bể phản ứng được thiết kế với dung tích hữu ích 36 lít ($L*W*H = 30*30*50$ cm) và sử dụng modul màng nhúng chìm có kích thước lỗ lọc tương đương $0,3 \mu\text{m}$. Mô hình thí nghiệm quá trình MBR được thiết kế gồm quá trình phân hủy các chất hữu cơ và quá trình tách sinh khối bằng màng. Tại điều kiện nhiệt độ $25 \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$, điều kiện pH tại $6,5 \div 7,5$; lượng oxy hòa tan DO từ $4,0 \div 5,0$ mg/L, nồng độ COD trong nước đầu vào lần lượt tại 375 ± 8 mg/L, các điều kiện đánh giá về thời gian lưu bùn khoảng 30 ngày, quá trình sục khí/ngưng sục khí 60 phút/60 phút, nồng độ sinh khối MLSS: $6.000 - 7.000$ mg/L, kết quả hiệu suất xử lý COD đạt trên 95%. Qua đó, công nghệ quá trình sinh học - màng MBR có thể áp dụng trong nghiên cứu xử lý nước thải dệt nhuộm.
Ngày hoàn thiện: 07/10/2024	
Ngày đăng: 08/10/2024	
TỪ KHÓA	
Quá trình sinh học - màng MBR	
Xử lý nước thải	
COD	
Thuốc nhuộm DB86	
Nồng độ chất rắn lơ lửng	

DOI: <https://doi.org/10.34238/tnu-jst.10178>

Email: luutuanduong@gmail.com; duonglt@tnus.edu.vn

<http://jst.tnu.edu.vn>

3

Email: jst@tnu.edu.vn

1. Giới thiệu

Hiện nay, với sự phát triển của xã hội, ngành dệt may ngày càng gia tăng sản lượng sản xuất. Ngành này đã thu hút sự đầu tư lớn với hơn 5.000 doanh nghiệp. Tuy nhiên, sự phát triển đó kéo theo các vấn đề ô nhiễm môi trường ngày càng nghiêm trọng do nước thải dệt nhuộm có dư lượng hóa chất lớn. Trong nước thải dệt nhuộm có những thành phần dễ hòa tan bởi vi sinh vật và khó phân hủy như polyvinyl axetat, thuốc nhuộm phân tán, thuốc nhuộm hoạt tính và các chất tẩy trắng vải. Một đặc điểm của nước thải dệt nhuộm là thường có màu gây ảnh hưởng đến cảm quan và chất lượng nguồn nước. Khi công nghiệp hóa ngày càng gia tăng sẽ dẫn đến ô nhiễm môi trường nghiêm trọng và trở thành một vấn đề toàn cầu. Hiện nay có khoảng hơn 100.000 loại thuốc nhuộm dệt may được bán trên thị trường và khoảng $700.000 \div 1.000.000$ tấn thuốc nhuộm được sản xuất trong đó có 280.000 tấn nước thải từ ngành dệt may đã thải vào môi trường toàn cầu hàng năm [1]. Theo ước tính trên thế giới có khoảng 17% – 20% ô nhiễm nước công nghiệp là do ngành công nghiệp dệt may gây ra [2]. Thành phần nước thải của các nhà máy dệt may khá phức tạp vì sự đa dạng về chủng loại thành phần hóa chất, nên nước thải có nhiều màu sắc khác nhau, độ pH cao, chất thải bền và độc. Thuốc nhuộm có độc tính cao có thể gây ung thư cho con người và gây nhiều bệnh khác: viêm da, gây ảnh hưởng đến hệ thần kinh trung ương [3].

Hiện nay, công nghệ xử lý nước thải dệt may có thể áp dụng các quá trình như oxy hóa hóa học, quá trình xử lý sinh học, quá trình lọc màng, quá trình hấp phụ [4]. Trong đó quá trình sinh học màng (MBR) cho thấy hiệu quả vượt trội trong quá trình vận hành và xử lý nước thải công nghiệp (kể cả nước thải chứa chất ô nhiễm vi mô) so với các công nghệ xử lý thông thường khác [5]. Quá trình sinh học màng MBR là quá trình kết hợp hai quy trình xử lý phụ thuộc lẫn nhau bao gồm: xử lý sinh học và lọc màng. Quá trình MBR có lợi thế khi lượng bùn tạo ra thấp hơn và có khả năng loại bỏ các chất hữu cơ khó phân hủy cao hơn so với quá trình xử lý bùn hoạt tính thông thường. Tuy nhiên, sự tắc nghẽn của màng cũng là nhược điểm của quá trình MBR [6], quá trình hoạt động làm tăng áp suất qua màng (TMP), dẫn đến chi phí vận hành màng cao hơn và làm giảm tuổi thọ của màng.

Công nghệ xử lý bằng quá trình sinh học màng MBR có tiềm năng nhiều ứng dụng, trong đó có xử lý nước thải dệt may. Một số nghiên cứu đã đánh giá hiệu quả xử lý nước thải dệt may bằng công nghệ MBR. Năm 2005, Schoeberl và cộng sự đã nghiên cứu đánh giá khả năng xử lý COD và màu trong nước thải dệt may với hiệu suất xử lý lần lượt là 89% - 94% và 65% - 91% [7]. Bên cạnh đó, nghiên cứu của Brik và cộng sự đã báo cáo rằng, khoảng 60% - 95% COD được xử lý và hiệu suất xử lý màu đạt từ 46% - 98,5% ở bước sóng 525 nm bằng quá trình MBR [8].

Nghiên cứu này, tập trung đánh giá khả năng xử lý thuốc nhuộm DB86 bằng công nghệ MBR. DB86 là một loại thuốc nhuộm thương mại, được sử dụng rộng rãi trong in ấn trên các loại vải và nhuộm lụa, len [9]. Khả năng xử lý DB86 bằng quá trình sinh học màng MBR với các điều kiện nghiên cứu về chế độ sục khí/ngừng sục khí, mật độ sinh khối MLSS, thời gian lưu bùn SRT, thời gian lưu thủy lực HRT ảnh hưởng đến hiệu suất xử lý thuốc nhuộm DB86.

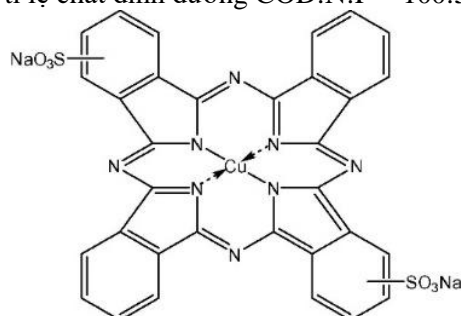
2. Phương pháp nghiên cứu

2.1. Hóa chất

Thuốc nhuộm DB86 có công thức $C_{32}H_{14}CuN_8Na_2O_6S_2$ – Merck, 99%. Cấu trúc hóa học của DB86 được thể hiện trong Hình 1. Mẫu nước đầu vào của hệ sinh học màng MBR là mẫu nước thải nhân tạo, được pha từ nước cất 2 lần và được tiền xử lý bằng quá trình fenton điện hóa và thuốc nhuộm DB86 có nồng độ 200 mg/L, pH = 6,5 - 7,5; nồng độ COD = 300 – 400 mg/L.

DB86 có khối lượng phân tử 780,17 g/mol, bước sóng hấp thụ tối đa ở $\lambda = 594$ nm. Các hoá chất khác được sử dụng trong nghiên cứu gồm: Glucozơ (Merck, 99,7%), $NaHCO_3$ (Merck, 99,7%), NH_4Cl (Merck, 99,8%), K_2HPO_4 (Merck, 99%), $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ (Merck, 99,5%), $MgSO_4 \cdot 4H_2O$ (Merck, 99%), $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ (Merck, 99%). Các hóa chất này được cung cấp trong

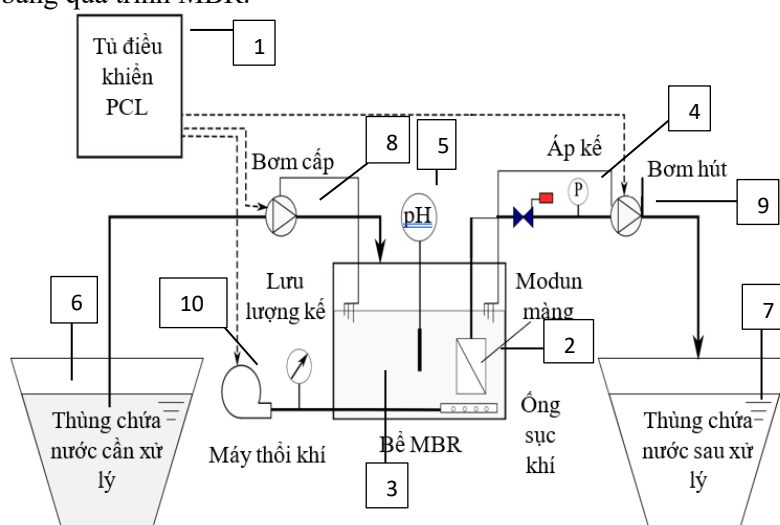
dung dịch đầu theo tỷ lệ như trong Bảng 1 mô tả nguồn dinh dưỡng cần cung cấp để duy trì sự phát triển của vi sinh vật với tỉ lệ chất dinh dưỡng COD:N:P = 100:5:1.



Hình 1. Cấu trúc hóa học của thuốc nhuộm DB86

2.2. Quá trình thực nghiệm

Hệ thí nghiệm trong quá trình sinh học màng MBR được thiết kế gồm một bể phản ứng sinh học hiếu khí với dung tích hữu ích là 36 lít (kích thước bể là: 30 cm* 30 cm* 50 cm), bể chứa bùn hoạt tính được nuôi trong phòng thí nghiệm trong khoảng 4 tháng bằng các hóa chất theo tỉ lệ chất dinh dưỡng như ở Bảng 1 đến khi nồng độ sinh khối MLSS đạt khoảng 4000 ÷ 7000 mg/L thì bắt đầu tiến hành thí nghiệm. Mô đun màng lọc là màng sợi rỗng làm từ vật liệu PE (polyetylen), kích thước lỗ lọc tương đương 0,3 μm , chịu áp lực từ 10 ÷ 30 kPa, màng lọc có diện tích bề mặt là 0,4 m², mô đun màng lọc được nhúng ngập chìm trong bể phản ứng sinh học. Máy thổi khí dùng để cung cấp không khí cho vi sinh vật hoạt động trong bể phản ứng với lưu lượng không khí thổi vào từ 6,0 ÷ 8,0 lít không khí/phút đảm bảo duy trì DO trong bể đạt mức từ 4,0 ÷ 5,0 mg/L. Ngoài việc cung cấp không khí cho vi sinh vật, quá trình sục khí giúp làm giảm bít tắc màng và làm tách các mảng bám cặn trên sợi màng. Sau thời gian xử lý trong hệ MBR, bơm hút có vai trò hút nước sạch khỏi mô đun màng lọc, được vận hành luân phiên 8 phút hút nước sau xử lý (nước sạch) và 2 phút ngừng hút. Khi độ chênh lệch áp suất qua màng cao hơn 35 kPa sẽ gây ra tắc nghẽn màng, khi đó bơm sẽ tự động ngừng hoạt động và bơm rửa ngược được hoạt động để làm sạch màng. Hệ thống các máy bơm, máy cảm biến (cảm biến mực nước, đo lưu lượng nước, nhiệt độ, pH) được điều khiển bởi hệ thống điều khiển logic (PLC). Sau thời gian xử lý mẫu nước sạch được hút qua màng được đem phân tích COD để đánh giá khả năng xử lý của hệ thí nghiệm bằng quá trình MBR.



Hình 2. Sơ đồ hệ thí nghiệm quá trình sinh học - màng (MBR)

Sơ đồ hệ thí nghiệm để xử lý DB86 bằng quá trình sinh học – màng (MBR) sử dụng trong nghiên cứu này được minh họa trên Hình 2.

1: Tủ điều khiển PLC: điều khiển lập trình máy bơm, máy cảm biến mực nước, pH, đo lưu lượng nước

2: Modul màng lọc nhúng chìm trong bể phản ứng sinh học

3: Bể MBR: Bể phản ứng sinh học

4: Áp kế xác định độ chênh lệch áp suất qua màng

5: Máy đo pH

6: Thùng chứa nước cần xử lý

7: Thùng chứa nước sau xử lý

8: Máy bơm cấp

9: Máy bơm hút

10: Máy thổi khí cung cấp không khí cho vi sinh vật hoạt động

Bảng 1. Bảng hóa chất dinh dưỡng để nuôi bùn hoạt tính

STT	Hóa chất	Nồng độ (g/L)
1	Glucozơ	0,90
2	NaHCO ₃	0,70
3	NH ₄ Cl	0,03
4	K ₂ HPO ₄	0,01
5	FeSO ₄ .7H ₂ O	0,02
6	MgSO ₄ .7H ₂ O	0,03
7	ZnSO ₄ .7H ₂ O	0,20

2.3. Phương pháp phân tích

Trong nghiên cứu này, nồng độ COD được phân tích bằng phương pháp đicromat (TCVN 6491:1999). Nồng độ COD được tính cho các mẫu chưa xử lý và đã xử lý bằng quá trình MBR. Hiệu suất (%) loại bỏ COD được tính theo công thức (1):

$$\% \text{COD} = \frac{\text{COD}_o - \text{COD}_s}{\text{COD}_o} \cdot 100 \quad (1)$$

trong đó: COD_o là COD ban đầu của mẫu dung dịch xử lý;

COD_s là COD của mẫu dung dịch sau xử lý.

3. Kết quả và bàn luận

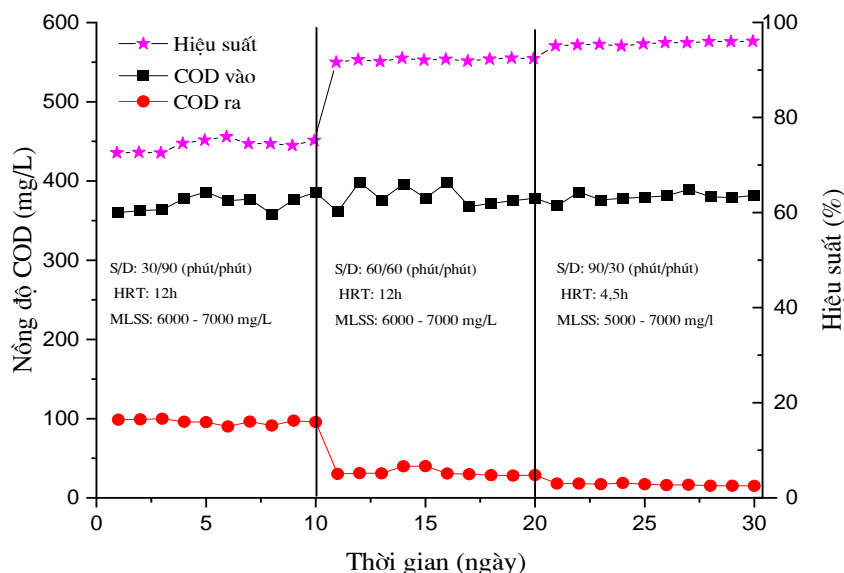
3.1. Yếu tố sục khí/ngừng sục khí ảnh hưởng đến quá trình xử lý COD

Trong quá trình xử lý sinh học, quá trình sục khí và ngừng sục khí có vai trò rất quan trọng trong việc xử lý. Việc cung cấp khí sẽ góp phần cung cấp lượng oxy hòa tan, vì vậy quá trình sục khí tăng sẽ giúp cho các vi sinh vật hiếu khí hoạt động mạnh và ngược lại nếu ngừng sục khí sẽ làm cho hệ vi sinh vật hiếu khí phát triển.

Tại nghiên cứu này, khi nghiên cứu ảnh hưởng của quá trình sục khí và ngừng sục khí các thí nghiệm được tiến hành trong 3 điều kiện sục khí/ngừng sục khí (S/D) tại chế độ: 30/90 (phút/phút); 60/60 (phút/phút); 90/30 (phút/phút). Điều kiện nồng độ sinh khối (MLSS) tại giá trị 6000 ÷ 7000 mg/L; thời gian lưu thủy lực (HRT): 12h. Kết quả đánh giá khả năng xử lý khi nghiên cứu ảnh hưởng của chế độ sục khí/ngừng sục khí được thể hiện trên Hình 3.

Kết quả trên Hình 3 cho thấy, khi tăng thời gian sục khí từ 30 phút lên đến 90 phút thì hiệu quả xử lý COD tăng từ 74,19% lên tới 95,58% sau 30 ngày xử lý. Cụ thể tại điều kiện S/D: 30/90 (phút/phút) hiệu suất xử lý đạt 74,19%; tại điều kiện S/D: 60/60 (phút/phút) hiệu suất xử lý đạt 92,15% và tại điều kiện S/D: 90/30 (phút/phút) hiệu suất đạt 95,58%. Điều này cho thấy khi lượng oxy hòa tan thấp các vi sinh vật kỵ khí tăng thì khả năng xử lý COD thấp, sau xử lý tại điều kiện S/D: 30/90 (phút/phút) nồng độ COD là 96,01 mg/L, nồng độ này vượt ngưỡng kết quả về

giá trị COD theo QCVN 40:2011/BTNMT cột A. Tại hai điều kiện S/D: 60/60 (phút/phút), 90/30 (phút/phút) cho thấy, khi lượng khí được cung cấp tăng lên đồng nghĩa lượng oxy hòa tan (DO) tăng sẽ tạo điều kiện tốt cho các vi sinh vật hiếu khí phát triển, đồng thời ức chế sự phát triển các vi sinh vật kỵ khí, dẫn đến hiệu quả xử lý COD tăng từ 92,15% đến 95,58% tương ứng với nồng độ COD là 31,82 mg/L và 16,79 mg/L.



Hình 3. Ảnh hưởng quá trình sục khí/ngừng sục khí đến khả năng xử lý COD

Kết quả nghiên cứu với hai điều kiện S/D trên, thì nồng độ COD đạt theo giá trị tương ứng của QCVN 40:2011/BTNMT cột A. Kết quả trên cho thấy quá trình sục khí tăng sẽ góp phần làm tăng hiệu quả xử lý COD, tuy nhiên trên thực tế nếu liên tục quá trình sục khí sẽ dẫn đến tiêu tốn năng lượng cho quá trình xử lý [10]. Vì vậy khi tiến hành quá trình xử lý cần tiến hành sục khí và ngừng sục khí theo điều kiện phù hợp nhằm tiết kiệm năng lượng. Trong công bố này, điều kiện sục khí/ngừng sục khí tại chế độ 60/60 (phút/phút) được lựa chọn để áp dụng cho các điều kiện nghiên cứu tiếp theo.

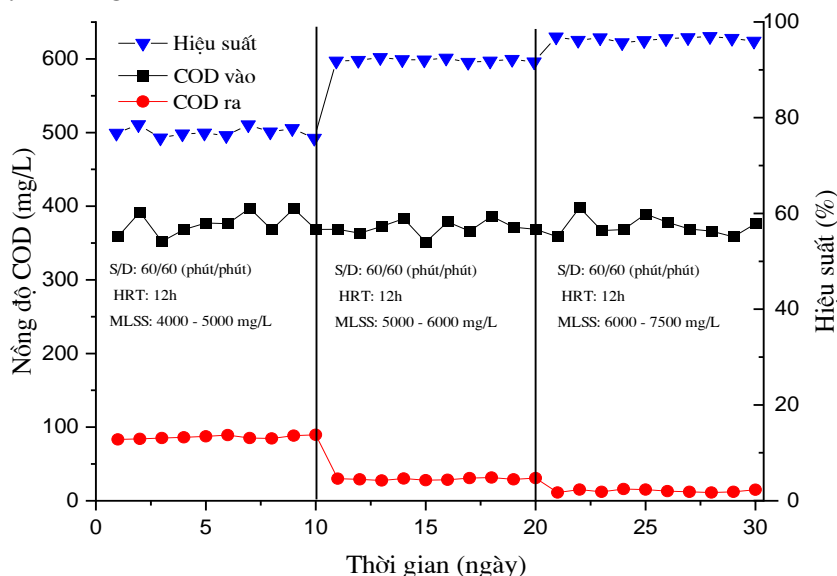
3.2. Yếu tố thời gian lưu bùn ảnh hưởng đến hiệu quả xử lý COD

Trong quá trình sinh học màng MBR, yếu tố về thời gian lưu bùn có ảnh hưởng quan trọng đến khả năng xử lý của hệ thống. Thông thường trong hệ thống MBR được thiết kế vận hành với thời gian lưu bùn kéo dài, nhằm mục đích làm giảm lượng bùn thải tạo ra. Khi nồng độ sinh khối bùn trong bể lớn sẽ làm hạn chế khả năng nổi của bùn và làm tăng hiệu quả xử lý của bùn hoạt tính.

Ở đây, nghiên cứu về ảnh hưởng của thời gian lưu bùn (SRT) đến hiệu quả xử lý COD của nước chứa thành phần DB86 được tiến hành tại 3 chế độ thời gian lưu bùn là: SRT₁: 1 ÷ 10 ngày, SRT₂: 11 ÷ 20 ngày, SRT₃: 21 ÷ 30 ngày, chế độ sục khí/ngừng sục khí (S/D): 60 phút/60 phút, pH: 6,5 – 7,5. Kết quả ảnh hưởng của thời gian lưu bùn đến khả năng xử lý COD được thể hiện trên Hình 4.

Kết quả trên Hình 4 cho thấy, khi tăng thời gian lưu bùn thì khả năng xử lý COD cũng tăng lên. Cụ thể tại chế độ SRT₁ hiệu suất xử lý COD chỉ đạt 76,97%, tại SRT₂ hiệu suất xử lý COD tăng lên đạt 92,02% và tại SRT₃ hiệu suất đạt 96,42%. Đồng thời nồng độ COD đầu ra tại các chế độ SRT₁, SRT₂, SRT₃ lần lượt là: 86,34 mg/L, 29,59 mg/L; 13,37 mg/L. Như vậy tại điều kiện SRT₂, SRT₃ nồng độ COD sau xử lý đạt QCVN 40:2011/BTNMT cột A. Kết quả nghiên cứu cho thấy tại các điều kiện nồng độ sinh khối MLSS tăng, mật độ vi sinh vật trong bể sinh học bùn hoạt tính hoạt động tăng. Điều đó chứng tỏ, khi thời gian lưu bùn càng nhiều thì khả năng xử lý đạt hiệu suất tốt. Mặt khác, Hình 4 cũng cho thấy, khi tăng thời gian lưu bùn từ 1 ngày lên 20

ngày thì hiệu quả xử lý trung bình tăng 19,45%, tuy nhiên khi tăng từ 21 ngày đến 30 ngày thì hiệu suất xử lý chỉ tăng 4,4%.



Hình 4. Ảnh hưởng của thời gian lưu bùn đến khả năng xử lý COD

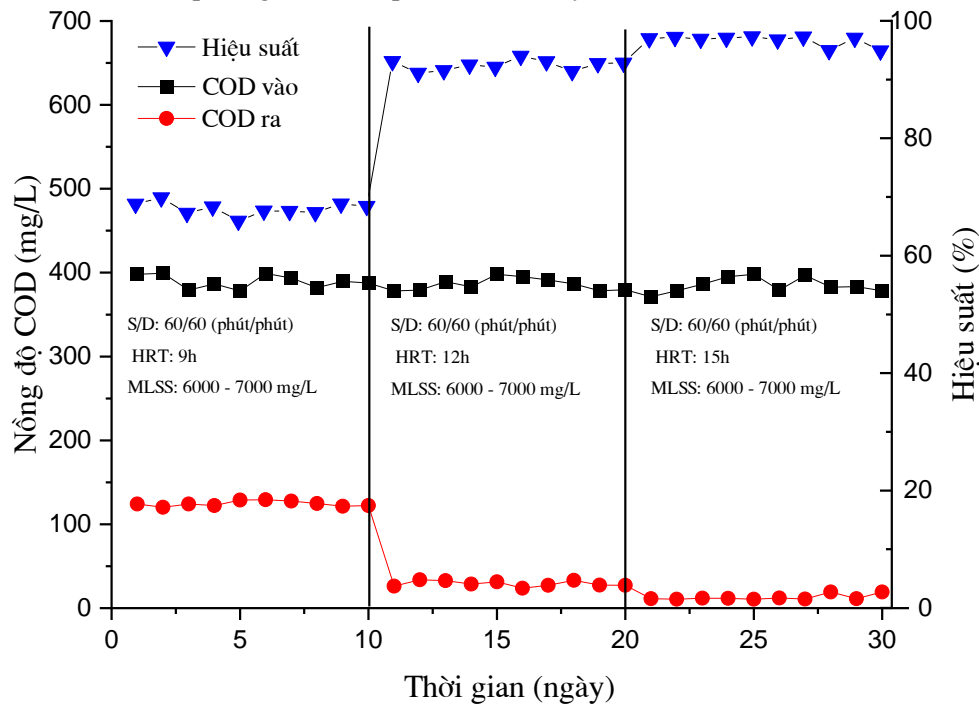
Kết quả trên có thể giải thích là do khi tăng thời gian lưu bùn quá lâu dẫn tới mật độ vi sinh vật trong bùn hoạt tính tăng lên, vì vậy cần một lượng oxy hòa tan lớn để đảm bảo quá trình sinh trưởng và phát triển hoạt động của vi sinh vật, trong khi điều kiện sục khí và thời gian sục khí ở các chế độ không đổi dẫn tới lượng oxy cung cấp cho các vi sinh vật ở điều kiện SRT_3 thấp hơn so với SRT_2 . Vì vậy, mặc dù hiệu quả xử lý COD ở điều kiện từ 21 ÷ 30 ngày có tăng so với điều kiện 11 ÷ 20 ngày nhưng sự gia tăng là không đáng kể. Theo Curko và cộng sự [11], khi nồng độ bùn quá lớn, tốc độ truyền oxy trong các bông cặn của bùn hoạt tính sẽ giảm, quá trình hô hấp của các vi sinh vật trong pha hiếu khí sẽ bị hạn chế hơn ở điều kiện SRT trung bình. Từ kết quả thí nghiệm trên cho thấy, điều kiện lưu bùn dài sẽ tốt cho hiệu quả xử lý COD, tuy nhiên cũng không nên tiến hành ở thời gian lưu bùn dài hơn 30 ngày.

3.3. Yếu tố thời gian lưu thủy lực ảnh hưởng đến khả năng xử lý COD

Trong nghiên cứu xử lý bằng quá trình sinh học màng MBR thì thời gian lưu thủy lực (HRT) được coi là chìa khóa để nâng cao hiệu quả xử lý của quá trình. Các nghiên cứu về ảnh hưởng thời gian lưu thủy lực thường được nghiên cứu tại các điều kiện từ 1,5 h ÷ 7,5 h trên quy mô thử nghiệm ở phòng thí nghiệm và ở điều kiện từ 2,7 h – 34 h ở các quy mô lớn hơn [12]. Khi Rosenberger và cộng sự nghiên cứu xử lý nước thải đô thị tại các điều kiện HRT khác nhau được áp dụng từ 10,5 – 15 h. Kết quả cho thấy nồng độ (MLSS) tăng dần và khả năng xử lý COD đạt hiệu quả đến 95% [13]. Năm 2001, thời gian lưu nước thấp nhất là 1,5 h được Stefan và Walter nghiên cứu để xử lý nước thải tổng hợp với tải lượng chất hữu cơ trong khoảng từ 6,0 – 13 kg/m³ ngày, kết quả nghiên cứu báo cáo hiệu suất xử lý COD đạt trên 95% [14].

Ở nghiên cứu này, ảnh hưởng của thời gian lưu thủy lực được đánh giá tại 3 chế độ: HRT_1 : 9 h, HRT_2 : 12 h; HRT_3 : 15 h. Các điều kiện về thời gian sục khí/ngừng sục khí (S/D): 60 phút/60 phút, thời gian lưu bùn trong 30 ngày (MLSS: 6.000 ÷ 7.000 mg/L). Kết quả ảnh hưởng của thời gian lưu thủy lực đến khả năng xử lý COD được thể hiện trên Hình 5. Kết quả trên Hình 5 cho thấy, khi HRT : 15 h thì hiệu quả xử lý COD đạt hiệu suất 96,65% và nồng độ COD sau xử lý đạt giá trị 12,86 mg/L. Tại điều kiện HRT : 12 h, hiệu quả xử lý COD đạt 92,44%, nồng độ COD sau xử lý tại chế độ này là 29,15 mg/L. Tại HRT : 9 h, thì hiệu quả xử lý COD chỉ đạt 68% và nồng độ COD sau xử lý đạt 124,51 mg/L. Qua kết quả trên cho thấy tại hai chế độ HRT_2 và HRT_3 thì nồng độ COD

đạt giá trị đầu ra cột A theo QCVN 40:2011/BTNMT. Như vậy tại thời gian lưu thủy lực HRT là 12 h và 15 h có thể được áp dụng để thiết lập điều kiện xử lý nước thải dệt nhuộm.



Hình 5. Ảnh hưởng của thời gian lưu thủy lực đến khả năng xử lý COD

4. Kết luận

Quá trình sinh học màng MBR được áp dụng trong nghiên cứu này đã cho thấy hiệu quả xử lý tốt đối với giá trị nồng độ COD trong nước chứa thuốc nhuộm DB86. Nghiên cứu này đã đánh giá các yếu tố ảnh hưởng về nồng độ sinh khối (MLSS), thời gian lưu bùn, chế độ sục khí/ngừng sục khí, thời gian lưu thủy lực ảnh hưởng đến khả năng xử lý DB86. Kết quả thực nghiệm cho thấy, hiệu suất xử lý COD đạt trên 95% trong các điều kiện: sục khí/ngừng sục khí S/D: 60 phút/60 phút, nồng độ sinh khối MLSS: 6000 ÷ 7000 mg/L, thời gian lưu thủy lực HRT: 12 h. Các kết quả nghiên cứu đã khẳng định quá trình sinh học màng MBR có tiềm năng ứng dụng tốt để xử lý môi trường nước bị ô nhiễm thuốc nhuộm và các chất hữu cơ.

TÀI LIỆU THAM KHẢO/ REFERENCES

- [1] H. Ali, "Biodegradation of synthetic dyes - a review," *Water Air Soil Pollut.*, vol. 213, pp. 251-273, 2010, doi: 10.1007/s11270-010-0382-4.
- [2] R. Kant, "Textile dyeing industry an environmental hazard," *Natural Science*, vol. 4, pp. 22-26, 2012, doi: 10.4236/ns.2012.41004.
- [3] H. Tounsadi, Y. Metarfi, M. Taleb, K. Rhazi, and Z. Rais, "Impact of chemical substances used in textile industry on the employee's health: epidemiological study," *Ecotoxicology and Environmental Safety*, vol. 197, 2020, Art. no. 110594, doi: 10.1016/j.ecoenv.2020.110594.
- [4] E. Kural, I. Koyuncu, and D. Topack, "Pilot-scale nanofiltration membrane separation for wastewater management in the textile industry," *Water Science Technology*, vol. 43, pp. 233-240, 2001.
- [5] H. Lin, W. Gao, F. Meng, B. Q. Liao, K. T. Leung, L. Zhao, J. Chen, and H. Hong, "Membrane bioreactor for industrial wastewater treatment: a critical review," *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, vol. 42, pp. 677-740, 2012, doi: 10.1080/10643389.2010.526494.
- [6] I. S. Chang, P. C. Le, B. Jefferson, and S. Judd, "Membrane fouling in membrane bioreactors for wastewater treatment," *Journal of Environmental Engineering*, vol. 128, pp. 1018-1029, 2002, doi: 10.1061/(ASCE)0733-9372(2002)128:11(1018).

-
- [7] P. Schoeberl, M. Brik, M. Bertoni, R. Braun, and W. Fuchs, "Optimization of operational parameters for a submerged membrane bioreactor treating dyehouse wastewater," *Separation and Purification Technology*, vol. 44, no. 1, pp. 61-68, 2005, doi: 10.1016/j.seppur.2004.12.004.
- [8] M. Brik, P. Schoeberl, B. Chamam, R. Braun, and W. Fuchs, "Advanced treatment of textile wastewater towards reuse using a membrane bioreactor," *Process Biochemistry*, vol. 41, pp. 1751-1757, 2006, doi: 10.1016/j.procbio.2006.03.019.
- [9] B. Shi, G. Li, D. Wang, C. Feng, and H. Tang, "Removal of direct dyes by coagulation: the performance of preformed polymeric aluminum species," *Journal of Hazard Materials*, vol. 143, pp. 567-574, 2007, doi: 10.1016/j.jhazmat.2006.09.076.
- [10] L. Rieger, I. Takács, and H. Siegrist, "Improving Nutrient Removal While Reducing Energy Use at Three Swiss WWTPs Using Advanced Control," *Water Environment Research*, vol. 84, pp. 170-188, 2012, doi: 10.2175/106143011x13233670703684.
- [11] J. Curko, M. Matosćić, H. K. Jakopovic, and I. Mijatovic, "Nitrogen removal in submerged MBR with intermittent aeration," *Desalination and Water Treatment*, vol. 24, pp. 7-19, 2010, doi: 10.5004/dwt.2010.1118.
- [12] J. K. Shim, Y. K. Yoo, and Y. M. Lee, "Design and operation considerations for wastewater treatment using a flat submerged membrane bioreactor," *Process Biochemistry*, vol. 38, pp. 279-285, 2002, doi: 10.1016/S0032-9592(02)00077-8.
- [13] S. Rosenberger, U. Kruger, R. Witzig, W. Manz, U. Szewzyk, and M. Kraume, "Performance of a bioreactor with submerged membranes for aerobic treatment of municipal wastewater," *Water Research*, vol. 36, pp. 413-420, 2002, doi: 10.1016/S0043-1354(01)00223-8.
- [14] H. Stefan and T. Walter, "Treatment of urban wastewater in a membrane bioreactor at high organic loading rates," *Journal of Biotechnology*, vol. 92, pp. 95-101, 2001, doi: 10.1016/S0168-1656(01)00351-0.