

NGHIÊN CỨU ỨNG DỤNG CÔNG NGHỆ XỬ LÝ NƯỚC THẢI BẰNG PHƯƠNG PHÁP SINH HỌC SỬ DỤNG HỆ VI SINH VẬT CỘNG HỢP

Hoàng Quang Huy¹, Trần Phạm Yến Nhi², Lê Phan Quang Huy³, Nguyễn Thành Luân³, Trần Thanh Đại³, Võ Thị Kim Quyên⁴, Bùi Xuân Thành^{2*}

¹Trường Đại học Sài Gòn

²Trường Đại học Bách Khoa

³Trường Đại học Công nghệ Đồng Nai

⁴Trường Đại học Công Thương Tp. Hồ Chí Minh

*Tác giả liên hệ: Bùi Xuân Thành, email: bxthanh@hcmut.edu.vn

THÔNG TIN CHUNG

Ngày nhận bài: 15/08/2023

Ngày nhận bài sửa: 13/09/2023

Ngày duyệt đăng: 20/09/2023

TỪ KHOÁ

Bể phản ứng quang hóa;

Chlorella;

Hệ vi sinh vật hỗn hợp;

Vi khuẩn;

Xử lý nước thải.

TÓM TẮT

Hệ hỗn hợp vi tảo và vi khuẩn trong bể phản ứng quang hóa đã được khảo sát ở hai điều kiện khuấy trộn khác nhau (80 vòng/phút và 200 vòng/phút). Nghiên cứu này xác định điều kiện khuấy trộn thích hợp để đạt hiệu suất xử lý và tiềm năng thu hồi sinh khối cao trong nước thải với nồng độ chất hữu cơ (COD), tổng Nitơ (TN) và tổng Phốt pho (TP) lần lượt là 400 mg/L, 40 mg/L, và 4 mg/L. Kết quả cho thấy ở điều kiện khuấy trộn 200 vòng/phút, nồng độ sinh khối thu được 0,35 g/L chỉ sau 15 ngày vận hành và đạt được 1,993 g/L sau 42 ngày vận hành. Không có sự khác biệt đáng kể trong loại bỏ COD và TP ($p > 0,05$) ở hai điều kiện khuấy trộn cũng như đều đạt hiệu suất xử lý trên 90%. Tuy nhiên, hiệu suất loại bỏ TN ở điều kiện 200 vòng/phút cao hơn 80 vòng/phút ($p < 0,05$). Do đó, điều kiện khuấy trộn 200 vòng/phút thích hợp cho việc vận hành hệ hỗn hợp vi tảo và vi khuẩn trong xử lý nước thải.

1. GIỚI THIỆU

Hoạt động của con người đã có tác động đáng kể đến các chu trình sinh địa hóa toàn cầu. Việc xả nước thải chưa qua xử lý bao gồm các chất hữu cơ, nitơ (N) và phốt pho (P) vào các nguồn nước gây ra hiện tượng phú dưỡng do các hoạt động của con người như hoạt động nông nghiệp, đô thị hóa, công nghiệp hóa và các thay đổi khác. Vấn đề nghiêm trọng của hiện tượng phú dưỡng là sự suy giảm chất lượng nước. Hiện tượng phú dưỡng trong môi trường sống dưới nước biểu hiện bằng sự gia tăng của một loài vi sinh vật đơn bào - tảo. Hiện tượng này được gọi là "tảo nở hoa".

Sự phát triển của tảo, đôi khi xảy ra trong quá trình xử lý nước thải, có khả năng hấp thụ

chất dinh dưỡng mạnh cũng như tạo ra oxy cho môi trường nước xung quanh (Abdelfattah và cộng sự, 2023). Hiện nay, vi tảo đang được sử dụng trên quy mô lớn để làm sạch nước thải nông nghiệp và nước thải đô thị. Tuy nhiên, trong khi đã đạt được những kết quả đáng khích lệ, những cách sử dụng độc đáo đối với một số loại nước thải, chẳng hạn như những loại nước thải có nguồn gốc từ các nguồn hóa dầu, vẫn đang ở giai đoạn đầu. Do đó, cần nỗ lực hơn nữa để cải thiện công nghệ vi tảo cho các ứng dụng công nghiệp (Đặng và cộng sự, 2022; Kartik và cộng sự, 2021).

Hệ hỗn hợp vi tảo và vi khuẩn có nhiều ưu điểm trong xử lý nước thải như nâng cao hiệu quả xử lý chất hữu cơ và chất dinh dưỡng, đồng thời tiết kiệm chi phí cho quá trình vận hành

(không cần bố trí hệ thống thổi khí), tiết kiệm diện tích, và hạn chế các vấn đề xử lý bùn (Ji và cộng sự, 2022; Nguyễn và cộng sự, 2022). Tuy nhiên, các nghiên cứu trước đây về hệ hỗn hợp chủ yếu tập trung vào khảo sát tỷ lệ nuôi cấy của tảo và vi khuẩn, ảnh hưởng của điều kiện chiếu sáng và các thông số vận hành (thời gian lưu nước và lưu sinh khối) (Nguyễn và cộng sự, 2022; Võ và cộng sự, 2023). Trong khi đó, các nghiên cứu khảo sát ảnh hưởng của tốc độ khuấy trộn đến hiệu quả xử lý của hệ hỗn hợp hiện nay rất ít. Cho nên, nghiên cứu này góp phần làm rõ ảnh hưởng của chế độ vận hành (cụ thể là điều kiện khuấy trộn) đến hiệu quả xử lý nước thải của hệ hỗn hợp, từ đó giúp cho việc ứng dụng hệ hỗn hợp vi tảo và vi khuẩn vào thực tế thuận lợi hơn.

Nghiên cứu này kết hợp tảo và vi khuẩn với bề phản ứng quang hóa để phát triển một công nghệ hỗn hợp vi tảo và vi khuẩn xử lý chất dinh dưỡng và hữu cơ trong nước thải. Mục tiêu của nghiên cứu này là xác định điều kiện khuấy trộn thích hợp để đạt hiệu quả loại bỏ chất ô nhiễm và tiềm năng thu hồi sinh khối cao của hệ hỗn hợp trong xử lý nước thải. Nghiên cứu này đóng góp vai trò không nhỏ cho hệ hỗn hợp vi sinh vi tảo và vi khuẩn ở chế độ mẻ và cung cấp một phương pháp xử lý nước thải sinh hoạt tiết kiệm năng lượng và thân thiện với môi trường.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1 Bề phản ứng quang hóa (PBR)

Trong nghiên cứu này, bề PBR được vận hành theo chế độ mẻ tương tự như bề phản ứng dạng mẻ SBR (Sequencing batch reactors) cải thiện diện tích tiếp xúc, phân bố đều ánh sáng trong bề phản ứng và khuấy trộn hoàn toàn sinh khối trong bề. Trong nghiên cứu này có 2 bề PBR được vận hành cùng lúc. Thể tích làm việc của mỗi PBR trong nghiên cứu này là 3,5 L. Cả 2 bề đều được chiếu sáng liên tục bằng đèn LED 3800-4000 lux (SMD 5050), chu kỳ sáng:tối là 12:12 (h). Nước thải tổng hợp được dùng làm nguồn cơ chất và dinh dưỡng (tỷ lệ trao đổi thể tích là 50%). Các nghiên cứu gần đây tiến hành thí nghiệm hệ hỗn hợp ở các điều kiện khuấy trộn như 80 vòng/phút (Nguyễn và cộng sự, 2021) và

100 vòng/phút (Nguyễn và cộng sự, 2020; Võ và cộng sự, 2023). Cho nên, nghiên cứu này chọn khảo sát ở 2 điều kiện khuấy trộn 80 vòng/phút (rpm) (P80) và 200 vòng/phút (rpm) (P200) để đánh giá ảnh hưởng của tốc độ khuấy trộn thấp và cao đến hiệu quả xử lý nước thải và tiềm năng thu hồi sinh khối của hệ hỗn hợp.

2.2 Đặc tính nước thải và vi sinh vật sử dụng

Các thí nghiệm được thực hiện bằng nước thải tổng hợp có giá trị COD (chemical oxygen demand) nhu cầu oxy hóa học là 400 mg/L, TN (tổng Nito) là 40 mg/L, TP (tổng photpho) là 4 mg/L và không bổ sung nitrat hoặc nitrit. Theo nghiên cứu trước đó (Tiron và cộng sự, 2015), tỷ lệ khối lượng C:N:P là 100:10:1 để cung cấp đủ dinh dưỡng và chất hữu cơ trong suốt quá trình nghiên cứu. Hàm lượng nước thải tổng hợp dựa trên nghiên cứu (Huang và cộng sự, 2015). Nguyên tố vi lượng được tổng hợp dựa trên nghiên cứu (Nguuễn và cộng sự, 2016; Võ và cộng sự, 2018).

Chlorella sp. - Chủng vi tảo sử dụng làm nguồn vi sinh trong nghiên cứu này được lấy từ Viện Nghiên cứu Nuôi trồng Thủy sản 2 - Bộ Nông nghiệp và Phát triển Nông thôn, Việt Nam. Bùn hoạt tính được lấy từ bể MBR (Membrane bioreactor) được xử lý sơ bộ bằng cách lắng trong 3 giờ để loại bỏ cặn lơ lửng, sau đó ly tâm 10 phút với tốc độ 3600 vòng/phút. Trước khi được sử dụng làm nguồn vi khuẩn, MLSS (Mixed liquor suspended solids) hỗn hợp sinh khối ban đầu của đồng nuôi cấy là 600 mg/L với tỷ lệ tảo:vi khuẩn là 5:1 (%w:%w) do hiệu suất loại bỏ chất dinh dưỡng và tốc độ tăng trưởng sinh khối cao hơn so với các tỷ lệ cấy khác (Su và cộng sự, 2012).

2.3 Phương pháp phân tích

Mẫu nước đầu vào và ra được lấy sau mỗi 24 giờ vận hành, mẫu được loại bỏ chất rắn lơ lửng bằng giấy lọc có kích thước lỗ 0,45 μm (Fisher Whatman puradisc-25 mm). Mẫu được bảo quản ở nhiệt độ 4 °C (tối đa 1 giờ) trước khi phân tích. Các thông số chất lượng nước (COD, $\text{NH}_4^+\text{-N}$, $\text{NO}_2^-\text{-N}$, $\text{NO}_3^-\text{-N}$, TSS) được phân tích theo APHA (2005). Để thể hiện sự tăng trưởng sinh

khối của vi tảo, nồng độ chlorophyll-a trong hệ vi sinh đã được phân tích bằng cách sử dụng acetone làm dung dịch chiết xuất (Tang và cộng sự, 2021). Đầu tiên, 50 mL mẫu được ly tâm ở 4000 vòng/phút trong 20 phút, sau đó, phần nước bên trên được bỏ đi và phần chất rắn còn lại trong ống được cho thêm 20-40 mL acetone 90% và 0,05 g CaCO₃. Hỗn hợp trên được trộn đều và lưu ở 4 °C trong 24 h với điều kiện không có ánh sáng. Tiếp đến hỗn hợp được ly tâm ở 4000 vòng/phút trong 20 phút, phần nước bên trên được đo quang ở các bước sóng 630 – 645 – 663 – 750 – 772 – 850 nm. Nồng độ Chlorophyll được tính toán theo công thức bên dưới:

Chlorophyll – a

$$= \frac{[11.64(OD_{663} - OD_{750}) - 2.16(OD_{645} - OD_{750}) + 0.10(OD_{630} - OD_{750}) - 25.2(OD_{772} - OD_{850})] V_1}{V \cdot \sigma}$$

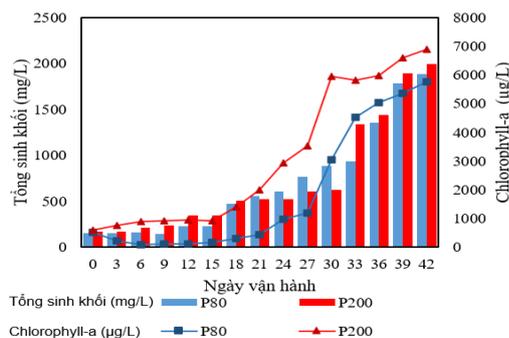
Trong đó: V là thể tích mẫu (mL), V₁ là thể tích được đo quang ở (mL), OD (Mật độ quang học) là độ hấp thụ ở các bước sóng tương ứng và σ là bề dày của cuvet (cm).

2.4 Phân tích thống kê

Hiệu suất loại bỏ ở mỗi điều kiện khuấy được phân tích bằng phần mềm SPSS 22. Sự khác biệt về hiệu suất giữa 2 tốc độ khuấy khác nhau và hiệu suất xử lý nước thải được xác định bằng cách sử dụng ANOVA một chiều với quy trình Bonferroni và Tukey. Với giá trị p < 0,05, hiệu suất được coi là một sự khác biệt đáng kể.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1 Đặc tính sinh khối



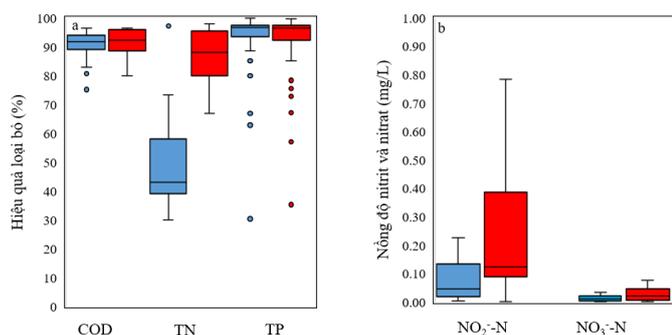
Hình 1. Sự phát triển của sinh khối tại các tốc độ khuấy trộn khác nhau

Dựa trên số liệu trong Hình 1, tổng sinh khối đạt được trên 200 mg/L sau 15 ngày vận hành ở cả 2 tốc độ khuấy trộn khác nhau. Tổng nồng độ sinh khối đạt được lần lượt là 1,88 g/L và 1,95 g/L tương ứng với P80 và P200 sau 42 ngày vận hành. Kết quả này không cho thấy sự khác biệt có ý nghĩa thống kê giữa 2 tốc độ vòng quay với nhau (p>0,05). Tuy nhiên lại cho thấy sự khác biệt có ý nghĩa p<0,05 đối với nồng độ Chlorophyll-a. Ở điều kiện P200 có hàm lượng Chlorophyll-a trong sinh khối cao hơn ở P80 với nồng độ Chlorophyll-a đạt 6882 µg/L và 5754 µg/L sau 42 ngày vận hành, và lần lượt là 1856 µg/L và 3074 µg/L tương ứng với P80 và P200 khi tính trung bình cho cả quá trình vận hành. Kết quả trên cho thấy tốc độ vòng quay cao ảnh hưởng đáng kể đến hoạt động của vi tảo trong hệ hỗn hợp vi sinh. Điều này được giải thích rằng tại điều kiện khuấy trộn cao, vi tảo trong PBR dễ tiếp xúc với ánh sáng hơn, đồng thời lượng khí CO₂ khuếch tán từ không khí vào PBR nhiều hơn, dẫn đến thúc đẩy quá trình quang hợp của vi tảo (Styliani và Ioannis, 2023). Chính vì vậy, sinh khối vi tảo tăng khi tốc độ khuấy trộn tăng lên 200 vòng/phút.

Để đạt được tổng sinh khối cao như vậy là do đặc tính nước thải hầu như được cấu thành từ các chất dễ phân hủy sinh học cung cấp đầy đủ các hợp chất hữu cơ và dinh dưỡng cần thiết cho sự phát triển của hệ vi sinh vật hỗn hợp cho nên chúng dễ dàng được chuyển hóa tổng hợp thành sinh khối tế bào (Fan và cộng sự, 2021). Sự kết hợp của vi tảo và vi khuẩn trong hệ thống tạo nên hệ hỗn hợp vi sinh nhờ đó giúp cải thiện năng suất sinh khối (Zhang và cộng sự, 2022). Ở điều kiện của P200 có hàm lượng Chlorophyll-a trong sinh khối cao hơn ở P80 với nồng độ Chlorophyll-a đạt 6882 µg/L và 5754 µg/L sau 42 ngày vận hành. Kết quả chứng minh rằng ở điều kiện khuấy trộn 200 vòng/phút cho sự phát triển tốt nhất của vi tảo. Có nghiên cứu đã báo cáo rằng các hợp chất polyme ngoại bào đóng vai trò là chất keo tụ sinh học giúp đẩy nhanh tốc độ phát triển của vi tảo và tăng hiệu suất loại bỏ dinh dưỡng khỏi nước thải (Nuramkhaan và cộng sự, 2019).

3.2 Hiệu suất xử lý chất hữu cơ và dinh dưỡng

3.2.1 Hiệu suất loại bỏ dinh dưỡng



Hình 2. (a) Hiệu suất loại bỏ chất ô nhiễm của hệ hỗn hợp vi sinh; (b) Nồng độ nitrit và nitrat có trong hệ hỗn hợp vi sinh (Màu xanh: P80; Màu đỏ P200)

Hình 2(a) cho thấy rằng hiệu suất loại bỏ TN ở 2 tốc độ khuấy trộn khác nhau (phân tích thống kê ANOVA cho thấy $p < 0,05$). Để thấy rõ cơ chế chuyển hóa nitơ của hệ hỗn hợp vi sinh, nồng độ $\text{NH}_4^+\text{-N}$, $\text{NO}_2^-\text{-N}$, $\text{NO}_3^-\text{-N}$ đã được phân tích trong suốt quá trình nghiên cứu. Nhìn chung, $\text{NO}_3^-\text{-N}$ đều cho giá trị dưới 0,5 mg/L. Kết quả trên cho thấy tốc độ khuấy trộn cao ảnh hưởng đáng kể đến hoạt động của vi tảo trong hệ hỗn hợp vi sinh. Trong hệ hỗn hợp, các hợp chất nitơ (amoni và nitrat) được loại bỏ thông qua 2 cơ chế chính: (i) hấp thu trực tiếp vào sinh khối vi sinh, và (ii) quá trình nitrat hóa và khử nitrat bởi vi khuẩn (Amand và cộng sự 2012; Đặng và cộng sự, 2022; Nguyễn và cộng sự, 2022). Như đã đề cập ở phần sinh khối, khi tốc độ khuấy trộn tăng thì sinh khối của vi tảo tăng lên, cho nên lượng amoni và nitrat hấp thu vào vi tảo nhiều hơn. Bên cạnh đó, nồng độ oxy trong pha sáng tăng do vi tảo quang hợp, điều kiện này thích hợp cho quá trình nitrat hóa, và vào pha tối, nồng độ oxy hòa tan giảm xuống do vi tảo không thực hiện quang hợp, lúc này quá trình khử nitrat diễn ra. Cuối cùng, phần lớn các hợp chất nitơ được chuyển hóa thành khí N_2 bởi vi khuẩn và thoát ra khỏi PBR.

Bên cạnh nitơ, photpho cũng đóng vai trò quan trọng trong hệ thống vi sinh vật. Nhìn chung, hiệu suất loại bỏ TP không cho thấy sự khác biệt có ý nghĩa thống kê ($p > 0,05$) đều cho

giá trị cao hơn 95% ở 2 điều kiện có tốc độ khuấy trộn khác nhau. TP giảm được cho là sự hấp phụ và đồng hóa vào sinh khối tế bào, trong đó hấp phụ và đồng hóa là cơ chế chính loại bỏ N, P trong hệ vi sinh hỗn hợp (Đặng và cộng sự, 2023). Ngoài ra, sự tồn tại của vi khuẩn tích lũy photpho trong giai đoạn pha tối và vùng thiếu khí của bông bùn cũng gây ảnh hưởng rất lớn đến khả năng loại bỏ TP của sinh khối (Đặng và cộng sự, 2022). Một nghiên cứu khác cũng cho rằng pH và DO cũng có ảnh hưởng đến khả năng xử lý photpho của hệ vi sinh hỗn hợp.

3.2.2 Hiệu suất xử lý chất hữu cơ

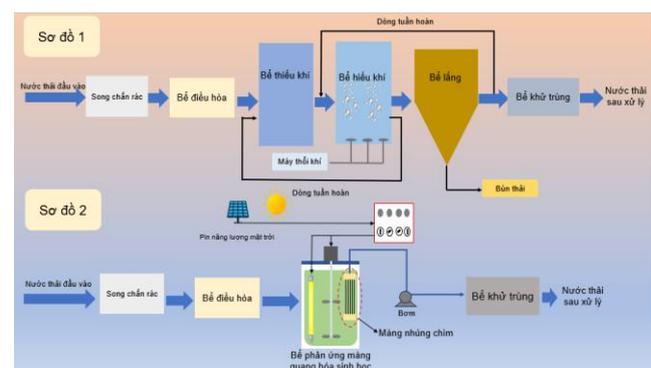
Hình 2(a) cho thấy hiệu suất xử lý của hệ hỗn hợp vi sinh ở 2 điều kiện khuấy trộn khác nhau. Trong quá trình nghiên cứu luôn có sự dao động trong phân tích số liệu. Nhìn chung, hiệu suất loại bỏ hữu cơ của cả 2 hệ thống luôn duy trì trong khoảng 90%. Cũng giống Nitơ và photpho, hữu cơ là nguồn cung cấp Cacbon để tế bào tổng hợp vật chất và dự trữ năng lượng. Điều này chứng tỏ rằng sự kết hợp giữa tảo và bùn hoạt tính gián tiếp tạo ra một hệ vi sinh vật hỗn hợp đầy tiềm năng và đồng nghĩa với việc bề phản ứng quang hóa đang hoạt động theo chế độ quang dị dưỡng tạo điều kiện cho vi tảo và vi khuẩn giảm thiểu và loại bỏ chất hữu cơ có nguồn gốc từ nước thải. Thành phần hữu cơ tổng hợp nên nước thải được sử dụng trong nghiên cứu này là hợp chất glucose $(\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5)_n$ và acetate CH_3COONa là các chất dễ dàng phân hủy dưới tác động của vi sinh. Chính vì vậy, các hợp chất này dễ dàng được chuyển hóa và tổng hợp làm nguồn Cacbon của hệ hỗn hợp vi tảo và vi khuẩn. Kết quả nghiên cứu cho thấy hiệu suất loại bỏ trung bình đạt được của 2 hệ thống với 2 tốc độ khuấy trộn khác nhau là 91% và 92% lần lượt cho 2 bề phản ứng quang hóa là P80 và P200. Dựa trên các giá trị của phương pháp thống kê ANOVA 1 chiều cho thấy tác động của 2 tốc độ khuấy trộn đến hiệu suất xử lý COD là không đáng kể ($p > 0,05$). Nguyễn và cộng sự (2022) đã báo cáo rằng hệ thống đồng nuôi cấy vi tảo và vi khuẩn để xử lý nước thải đô thị đạt được 70% loại bỏ COD. Trong khi đó, Đặng và cộng sự, (2023) đã báo cáo kết quả nghiên cứu của rằng hệ

cộng sinh vi tảo và vi khuẩn kết hợp với đánh giá việc bản màng cho hiệu suất loại bỏ COD là 73% và so với hệ thống nuôi cấy vi tảo đơn lẻ. Nguyễn và cộng sự (2020) đã báo cáo rằng hiệu suất xử lý COD đạt được chỉ 68% sau 8 ngày vận hành. Điều này được tác giả cho rằng là không đủ tảo và vi khuẩn tham gia trong quá trình loại bỏ COD. Đối với hệ thống hỗn hợp vi sinh để đạt được đồng thời loại bỏ dinh dưỡng và hữu cơ cần có sự tương tác của vi tảo và vi khuẩn. Trong trường hợp này, dinh dưỡng được chuyển hóa thành sinh khối và vi khuẩn đóng vai trò chính trong loại bỏ hữu cơ (Nguyễn và cộng sự, 2022). Tóm lại, các phát hiện như vậy đã củng cố sự cộng tác quan trọng của hệ hỗn hợp vi tảo và vi khuẩn làm gia tăng hiệu suất xử lý COD khi hệ hỗn hợp này được áp dụng.

3.2.3 Đề xuất quy trình công nghệ xử lý ứng dụng công nghệ vi tảo-vi khuẩn trong xử lý nước thải

Nhìn chung, hiện nay việc xử lý nước thải thường được thực hiện bằng công nghệ hiếu khí thiếu khí tuần tự truyền thống. Tuy nhiên, quy trình này cho hiệu suất không cao và hàm lượng dinh dưỡng sau xử lý còn nhiều nếu như không trang bị các công nghệ xử lý phía sau sẽ gây phú dưỡng hóa nguồn nước tiếp nhận (Fan và cộng sự, 2020). Hiện nay, xu hướng thay thế công nghệ dựa trên bùn hoạt tính thông thường bằng công nghệ dựa trên hệ vi sinh vật hỗn hợp vi tảo và vi khuẩn để xử lý nước thải bắt đầu phát triển. Trong các năm gần đây, đã có một số các nghiên cứu ứng dụng công nghệ này để xử lý các loại nước thải khác nhau như như các nguồn nước từ các khu đô thị (Barreiro-Vescovo và cộng sự, 2021), công nghiệp (Huo và cộng sự, 2020), nông nghiệp (Makut và cộng sự, 2019), chế biến thủy sản (García và cộng sự, 2019) và các loại nước thải có độ mặn cao (Meng và cộng sự, 2019). Các nghiên cứu này đã chứng minh tiềm năng phát triển của hệ hỗn hợp vi tảo và vi khuẩn để xử lý đa dạng các loại nước thải và mang lại hiệu suất xử lý tương đối cao. Hiệu suất xử lý của hệ thống phụ thuộc rất nhiều vào loại tảo được lựa chọn. Chọn lựa giống tảo phù hợp giúp việc kết hợp giữa hai chủng vi sinh vật khác nhau thúc đẩy gia

tăng tốc độ xử lý nước thải và hàm lượng các hợp chất có giá trị gia tăng để sản xuất các sản phẩm sinh học thân thiện với môi trường như nhiên liệu sinh học, nhựa sinh học, phân bón sinh học (Đặng và cộng sự, 2022). Thêm vào đó việc kết hợp vi tảo và vi khuẩn với nhau mang lại tương tác có lợi cho cả hai loài. Vi tảo đồng hóa Ni-tơ và photpho trong khi đó vi khuẩn xử lý hữu cơ. Ngoài ra, quá trình quang hợp của vi tảo sản xuất ô xy cho vi khuẩn hô hấp và cung cấp nguồn cacbon vô cơ dưới dạng CO_2 cho vi tảo. Điều này chứng tỏ sự hợp tác chặt chẽ của hai loại vi sinh vật này với nhau mang lại lợi ích và tiềm năng ứng dụng trong xử lý nước thải. Nhờ có tương tác có lợi này có thể kết hợp quy trình thiếu khí/hiếu khí thành một quy trình đơn nhất là sử dụng PBR từ đó cắt giảm chi phí cho các thiết bị thổi khí cung cấp ô xy cho vi khuẩn và giảm tối đa diện tích. Bề phản ứng quang hóa với loại sinh khối này không cần yêu cầu thổi khí chỉ cần chiếu sáng từ các nguồn tự nhiên hoặc nhân tạo và chỉ dùng cánh khuấy. Để tối ưu hóa cho hiệu suất xử lý tỷ lệ phối trộn hai loài này là yếu tố quan trọng. Trong trường hợp nồng độ bùn hoạt tính lớn hơn vi tảo gây nên hiện tượng tự chắn sáng làm hạn chế quá trình quang hợp từ đó hiệu suất xử lý nước thải và và nồng độ vi tảo giảm. Vì vậy (Nguyễn và cộng sự, 2020) đã khảo sát các tỷ lệ phối trộn vi tảo và vi khuẩn khác nhau và đã đưa ra kết quả với tỷ lệ 3:1 cho hiệu suất loại bỏ TN, TP và hữu cơ lần lượt là 86%, 79% và 99%. Trong đó nồng độ sinh khối đạt được khoảng 400 mg/L.



Hình 3. Quy trình cải tiến ứng dụng hệ vi sinh hỗn hợp và quy trình bùn hoạt tính truyền thống

4. KẾT LUẬN

Nghiên cứu này khảo sát tác động của hai điều kiện khuấy trộn khác nhau đến khả năng loại bỏ chất thải và nồng độ sinh khối. Tốc độ vòng quay ảnh hưởng nhất định đến hệ hỗn hợp vi sinh vật vi tảo và vi khuẩn. Tuy nhiên trong điều kiện 200 vòng/phút, PBR cho hiệu suất xử lý nước thải và sản xuất sinh khối tốt hơn. Hiệu suất xử lý COD, TN, TP lần lượt là 92%, 86%, 91% và tổng nồng độ sinh khối đạt được 1,993 g/L. Cho thấy hiệu suất xử lý và nồng độ sinh khối được cải thiện khi tốc độ vòng quay tăng từ 80 vòng/phút lên 200 vòng/phút. Nhìn chung, nghiên cứu này cung cấp một cái nhìn tổng quát để cải thiện tính ổn định của hệ hỗn hợp vi sinh bằng chế độ khuấy trộn. Kết quả cho thấy nghiên cứu xử lý nước thải sử dụng cộng hợp vi khuẩn-vi tảo có thể là công nghệ tiềm năng trong tương lai.

LỜI CẢM ƠN

Nhóm tác giả xin chân thành cảm ơn sự hỗ trợ của KS. Nguyễn Ngọc Kim Qui đã hỗ trợ góp ý hoàn thiện.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Abdelfattah, A., Ali, S. S., Ramadan, H., El-Aswar, E. I., Eltawab, R., Ho, S. H., Elsamahy, T., Li, S., El-Sheekh, M. M., Schagerl, M., Kornaros, M., & Sun, J. (2023). Microalgae-based wastewater treatment: Mechanisms, challenges, recent advances, and future prospects. In *Environmental Science and Ecotechnology* (Vol. 13). Editorial Board, Research of Environmental Sciences. <https://doi.org/10.1016/j.esec.2022.100205>
- Åmand, L., & Carlsson, B. (2012). Optimal aeration control in a nitrifying activated sludge process. *Water Research*, 46(7), 2101–2110. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2012.01.023>
- Barreiro-Vescovo, S., González-Fernández, C., & de Godos, I. (2021). Characterization of communities in a microalgae-bacteria system treating domestic wastewater reveals dominance of phototrophic and pigmented bacteria. *Algal Research*, 59. <https://doi.org/10.1016/j.algal.2021.102447>
- Dang, B. T., Bui, X. T., Nguyen, T. T., Ngo, H. H., Nghiem, L. D., Huynh, K. P. H., Vo, T. K. Q., Vo, T. D. H., Lin, C., & Chen, S. S. (2023). Effect of biomass retention time on performance and fouling of a stirred membrane photobioreactor. *Science of the Total Environment*, 864. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.161047>
- Dang, B. T., Bui, X. T., Tran, D. P. H., Hao Ngo, H., Nghiem, L. D., Hoang, T. K. D., Nguyen, P. T., Nguyen, H. H., Vo, T. K. Q., Lin, C., Yi Andrew Lin, K., & Varjani, S. (2022). Current application of algae derivatives for bioplastic production: A review. In *Bioresource Technology* (Vol. 347). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2022.126698>
- Dang, B. T., Nguyen, T. T., Ngo, H. H., Pham, M. D. T., Le, L. T., Nguyen, N. K. Q., Vo, T. D. H., Varjani, S., You, S. J., Lin, K. A., Huynh, K. P. H., & Bui, X. T. (2022). *Science of the Total Environment*, 837. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.155832>
- Fan, J., Chen, Y., Zhang, T. C., Ji, B., & Cao, L. (2020). Performance of Chlorella sorokiniana-activated sludge consortium treating wastewater under light-limited heterotrophic condition. *Chemical Engineering Journal*, 382. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2019.122799>
- Fan, S., Ji, B., Abu Hasan, H., Fan, J., Guo, S., Wang, J., & Yuan, J. (2021). Microalgal-bacterial granular sludge process for non-aerated aquaculture wastewater treatment. *Bioprocess and Biosystems Engineering*, 44(8), 1733–1739. <https://doi.org/10.1007/s00449-021-02556-0>
- García, D., de Godos, I., Domínguez, C., Turiel, S., Bolado, S., & Muñoz, R. (2019). A systematic comparison of the potential of microalgae-bacteria and purple phototrophic bacteria consortia for the treatment of piggery wastewater. *Bioresource Technology*, 276, 18–27. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2018.12.095>

- Huang, W., Li, B., Zhang, C., Zhang, Z., Lei, Z., Lu, B., & Zhou, B. (2015). Effect of algae growth on aerobic granulation and nutrients removal from synthetic wastewater by using sequencing batch reactors. *Bioresource Technology*, 179, 187–192. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2014.12.024>
- Huo, S., Kong, M., Zhu, F., Qian, J., Huang, D., Chen, P., & Ruan, R. (2020). Co-culture of *Chlorella* and wastewater-borne bacteria in vinegar production wastewater: Enhancement of nutrients removal and influence of algal biomass generation. *Algal Research*, 45, 101744. <https://doi.org/10.1016/j.algal.2019.101744>
- Ji, B., Shi, Y., & Yilmaz, M. (2022). Microalgal-bacterial granular sludge process for sustainable municipal wastewater treatment: Simple organics versus complex organics. *Journal of Water Process Engineering*, 46. <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2022.102613>
- Kartik, A., Akhil, D., Lakshmi, D., Panchamoorthy Gopinath, K., Arun, J., Sivaramakrishnan, R., & Pugazhendhi, A. (2021). A critical review on production of biopolymers from algae biomass and their applications. In *Bioresource Technology* (Vol. 329). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2021.124868>
- Makut, B. B., Das, D., & Goswami, G. (2019). Production of microbial biomass feedstock via co-cultivation of microalgae-bacteria consortium coupled with effective wastewater treatment: A sustainable approach. *Algal Research*, 37, 228–239. <https://doi.org/10.1016/j.algal.2018.11.020>
- Meng, F., Liu, D., Huang, W., Lei, Z., & Zhang, Z. (2019). Effect of salinity on granulation, performance and lipid accumulation of algal-bacterial granular sludge. *Bioresource Technology Reports*, 7. <https://doi.org/10.1016/j.biteb.2019.100228>
- Nuramkhaan, M., Zhang, Y., Dong, X., Huang, W., Lei, Z., Shimizu, K., Zhang, Z., Utsumi, M., & Lee, D. J. (2019). Isolation of microalgal strain from algal-bacterial aerobic granular sludge and examination on its contribution to granulation process during wastewater treatment in respect of nutrients removal, auto-aggregation capability and EPS excretion. *Bioresource Technology Reports*, 8. <https://doi.org/10.1016/j.biteb.2019.100330>
- Nguyen, H. H., Luong, H. N., Nguyen, N. K. Q., Nguyen, L. P. U., Nguyen, P. T., Tran, C. S., & Bui, X. T. (2022). Effects of settling time on the flocculation progress and treatment performance in the co-culture of microalgae-activated sludge photobioreactor. *Ministry of Science and Technology, Vietnam*, 64(4), 91–95. [https://doi.org/10.31276/VJSTE.64\(4\).91-95](https://doi.org/10.31276/VJSTE.64(4).91-95)
- Nguyen, T. T. D., Bui, X. T., Nguyen, T. T., Hao Ngo, H., Yi Andrew Lin, K., Lin, C., Le, L. T., Dang, B. T., Bui, M. H., & Varjani, S. (2022). Co-culture of microalgae-activated sludge in sequencing batch photobioreactor systems: Effects of natural and artificial lighting on wastewater treatment. *Bioresource Technology*, 343. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2021.126091>
- Nguyen, T. T. D., Nguyen, T. T., An Binh, Q., Bui, X. T., Ngo, H. H., Vo, H. N. P., Andrew Lin, K. Y., Vo, T. D. H., Guo, W., Lin, C., & Breider, F. (2020). Co-culture of microalgae-activated sludge for wastewater treatment and biomass production: Exploring their role under different inoculation ratios. *Bioresource Technology*, 314. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2020.123754>
- Tang, C. C. *et al.* (2021) “Role of extracellular polymeric substances on nutrients storage and transfer in algal-bacteria symbiosis sludge system treating wastewater,” *Bioresource Technology*, 331. doi: 10.1016/J.BIORTECH.2021.125010.
- Tiron, O., Bumbac, C., Patroescu, I. V., Badescu, V. R., & Postolache, C. (2015). Granular activated algae for wastewater treatment. *Water Science and Technology*, 71(6), 832–839. <https://doi.org/10.2166/wst.2015.010>
- Zhang, X., Lei, Z., & Liu, Y. (2022). Microalgal-bacterial granular sludge for municipal wastewater treatment: From concept to practice. In

Bioresource Technology (Vol. 354). Elsevier Ltd.
<https://doi.org/10.1016/j.biortech.2022.127201>

Styliani E. B. and Ioannis D. M. (2023). Wastewater treatment by high density algal flocs for nutrient removal and biomass production. *Journal of Applied Phycology*, 35, 1237–1250.
<https://doi.org/10.1007/s10811-023-02931-2>

Vo T. K. Q., Hoang, Q. H., Ngo, H. H., Tran, C. S., Ninh, T. N., Le, S. L., Nguyen, A. T., Pham T. T., Nguyen T. B., Lin C., Bui, X. T. (2023). Influence of salinity on microalgae-bacteria symbiosis treating shrimp farming wastewater. *Science of The Total Environment*, 902, 166111.
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.166111>.

POTENTIAL APPLICATION OF WASTEWATER TREATMENT TECHNOLOGY BY BIOLOGICAL METHOD USING COMBINED MICROBIOLOGICAL SYSTEM

Hoang Quang Huy¹, Tran Pham Yen Nhi², Le Phan Quang Huy³, Nguyen Thanh Luan³, Tran Thanh Dai³, Vo Thi Kim Quyen⁴, Bui Xuan Thanh^{2*}

¹Saigon University

²Ho Chi Minh City University of Technology

³Dong Nai Technology University

⁴Ho Chi Minh City University of Industry and Trade

* Corresponding author: Bui Xuan Thanh, email: bxthanh@hcmut.edu.vn

GENERAL INFORMATION

Received date: 15/08/2023

Revised date: 13/09/2023

Published date: 20/09/2023

KEYWORD

Photochemical reactor;

Chlorella;

Mixed microflora;

Bacteria;

Wastewater treatment.

ABSTRACT

The mixed culture of microalgae and bacteria in the photobioreactor was investigated under two different stirring rates (80 rpm and 200 rpm). This study determines appropriate mixing rate to achieve better treatment efficiency and biomass production using synthetic wastewater with COD, TN and TP concentrations of 400 mg/L, 40 mg/L, and 4 mg/L, respectively. The results showed that at the stirring rate of 200 rpm, the biomass concentration reached 0.35 g/L after only 15 operational days and 1,993 g/L after 42 days. There was no significant difference in COD and TP removal in the two reactors as well as the removal efficiency was above 90%. However, the TN removal efficiency at 200 rpm was higher than that of 80 rpm ($p < 0.05$). Therefore, the stirring rate of 200 rpm was suitable for operating a mixed culture of microalgae and bacteria for wastewater treatment.