

NGHIÊN CỨU XỬ LÝ AMONI VÀ COD trong nước thải bằng QUÁ TRÌNH FEAMMOX

 HƯƠNG GIANG



Thưa PGS.TS Đinh Thúy Hằng, xuất phát từ thực tế nào mà nhóm nghiên cứu Sinh thái Vi sinh vật ứng dụng quyết định thực hiện nghiên cứu về xử lý nước thải - một trong những vấn đề được coi là thách thức lớn hiện nay?

Nước thải có hàm lượng NH_4^+ và COD cao là loại nước thải phổ biến, cần được xử lý và kiểm soát chặt chẽ. Hàm lượng các chất ô nhiễm này trong nước thải cao sẽ gây ra nhiều vấn đề cho hệ sinh thái nước, ví dụ như kích thích tảo phát triển mạnh, sản sinh ra nhiều chất độc hại, giảm oxy hòa tan trong nước, làm chết cá và các động vật khác, nếu không xử lý triệt để sẽ gây ra những vấn đề ô nhiễm nghiêm trọng cho các nguồn nước mặt và nước ngầm. Các công nghệ nitrate hóa - khử nitrate và nitrite hóa bán phần - anammox hiện hành



XUẤT PHÁT TỪ MONG MUỐN XỬ LÝ NƯỚC THẢI CÓ HÀM LƯỢNG CARBON VÀ NITƠ CAO MỘT CÁCH HIỆU QUẢ VỚI CHI PHÍ VẬN HÀNH THẤP, NHÓM NGHIÊN CỨU SINH THÁI VI SINH VẬT ỨNG DỤNG, THUỘC VIỆN VI SINH VẬT VÀ CÔNG NGHỆ SINH HỌC ĐÃ THỰC HIỆN CÔNG TRÌNH “NGHIÊN CỨU XỬ LÝ ĐỒNG THỜI AMONI VÀ COD TRONG NƯỚC THẢI BẰNG QUÁ TRÌNH FEAMMOX”. CÔNG TRÌNH VỪA ĐƯỢC LỰA CHỌN ĐỂ TRAO TẶNG GIẢI THƯỞNG ĐHQGHN VỀ KHOA HỌC VÀ CÔNG NGHỆ (KH&CN) NĂM 2024.

ĐẠI DIỆN NHÓM NGHIÊN CỨU, PGS.TS ĐINH THÚY HẰNG ĐÃ CÓ NHỮNG CHIA SẺ VỀ TÍNH ỨNG DỤNG CỦA NGHIÊN CỨU NÀY TRONG BỐI CẢNH TÌNH TRẠNG Ô NHIỄM MÔI TRƯỜNG ĐANG DIỄN BIẾN PHỨC TẠP VÀ NGÀY Càng NGHIÊM TRỌNG.

đều có chi phí cao và bất cập trong vận hành do có sự tham gia đồng thời của các nhóm vi sinh vật hiếu khí và kỵ khí. Vì vậy, trong nhiều thập kỷ qua, một công nghệ xử lý hiệu quả đối với loại nước thải này với chi phí vận hành thấp và quy trình đơn giản luôn là mối quan tâm, trăn trở và được các nhà khoa học nỗ lực tìm kiếm.

Phát hiện về quá trình oxy hóa amoni kết hợp với khử sắt ở điều kiện kỵ khí hoàn toàn (gọi tắt là Feammox) được nhóm nghiên cứu của GS. Jaffe tại Đại học Princeton công bố lần đầu tiên vào năm 2015. Trong thập kỷ vừa



qua, các nghiên cứu từ nhóm này và một số nhóm khác trên thế giới đã cho thấy Feammox có thể là con đường chuyển hóa sinh học tiềm năng để phát triển công nghệ mới xử lý ô nhiễm nitơ mà không cần đến oxy. Bắt đầu từ năm 2015, nhóm nghiên cứu Sinh thái Vi sinh vật ứng dụng tại Viện Vi sinh vật và Công nghệ sinh học đã theo đuổi hướng nghiên cứu về khả năng ứng dụng quá trình feammox trong xử lý nước thải và được ĐHQGHN hỗ trợ thông qua hai đề tài QG.18.42 và QG.20.76.

PGS có thể chia sẻ rõ hơn về kết quả bước đầu của đề tài này?

Khi triển khai nghiên cứu, chúng tôi nhận thấy đây là hướng nghiên cứu rất mới, hiểu biết về quá trình feammox còn chưa nhiều, đặc biệt là về vi sinh vật có khả năng thực hiện quá trình

feammox. Tại thời điểm bắt đầu nghiên cứu và cho đến nay mới chỉ có 01 chủng vi khuẩn Feammox được phân lập thuần khiết và tạm đặt tên là *Acidimicrobiaceae bacterium A6* trong khi chưa xác định được chính xác vị trí phân loại. Công bố từ các nhóm nghiên cứu trên thế giới đều chỉ đề cập đến Feammox trong điều kiện tự dưỡng (tức là không có carbon hữu cơ), trong khi nước thải thực tế thường có cả hai thành phần nitơ (chủ yếu là amoni) và carbon hữu cơ.

Vì vậy, chúng tôi đã nghiên cứu quá trình Feammox trên nền nước thải nhân tạo có hàm lượng amoni cao và carbon hữu cơ ở các mức độ khác nhau để so sánh với quá trình Feammox

tự dưỡng, phân tích và xác định được amoni và carbon hữu cơ có thể được loại bỏ đồng thời. Trên cơ sở đó đề xuất giải pháp đồng thời xử lý hiệu quả NH_4^+ và COD trong nước thải nhờ quá trình Feammox diễn ra ở pH trung tính trong điều kiện phòng thí nghiệm, kết quả được công bố trên tạp chí *Scientific Reports* (Q1).

Hướng tới mục tiêu ứng dụng quy trình Feammox để xử lý các loại nước thải thực tế, nhóm nghiên cứu tiếp tục đề xuất mô hình Feammox nhiều bậc và ứng dụng xử lý thành công nước thải sau biogas là loại nước thải có hàm lượng COD và NH_4^+ rất cao, hiện đang chưa có biện pháp xử lý hiệu quả với giá thành hợp lý trong

thực tế. Hệ vi khuẩn thực hiện quá trình Feammox trong mô hình cũng được xác định nhờ sử dụng công cụ metagenomic, cung cấp thông tin hữu ích cho việc phát triển công nghệ xử lý mặc dù chủng vi khuẩn Feammox vẫn chưa được nuôi cấy thuần khiết. Kết quả nghiên cứu đã được công bố trên tạp chí Bioresource Technology (Q1) và quy trình xử lý theo mô hình Feammox nhiều bậc đã được cấp bằng sáng chế (Số 34961).

Các kết quả đạt được cho thấy tiềm năng phát triển công nghệ mới dựa trên nguyên lý Feammox đạt hiệu quả cao với chi phí vận hành thấp. Tuy nhiên, để có thể đưa công nghệ ra ứng dụng thực tế sau khi đề tài QG.20.76 kết thúc, nhóm nghiên cứu tiếp tục thực hiện các thử nghiệm xử lý các loại nước thải có hàm lượng carbon hữu cơ và amoni cao khác, như: nước rỉ rác, nước thải chế biến thủy sản... và tiến hành nghiên cứu thay thế nguồn sắt trong quy trình Feammox bằng một số nguồn thải có hàm lượng Fe_3^+ cao như bùn đỏ từ quy trình khai thác quặng bauxit hay bùn cặn lắng của nhà máy cấp nước.

Trong quá trình thực hiện nghiên cứu, nhóm tác giả đã gặp phải những khó khăn và thuận lợi như thế nào, thưa PGS?

Như đã đề cập ở trên, Feammox là con đường trao đổi chất mới được phát hiện ở vi sinh vật. Hiểu biết về các vi sinh vật tham gia, các enzyme xúc tác cho các phản ứng chuyển hóa hay ảnh hưởng của các điều kiện bên ngoài tới quá trình còn hạn chế, đôi khi không thống nhất giữa các công bố khoa học từ các nhóm nghiên cứu khác nhau.

Nhóm nghiên cứu đã nhận được sự hỗ trợ kinh phí từ ĐHQGHN thông qua 02 đề tài QG như là nguồn Seeding Fund.



Bên cạnh đó, nhóm có sự tham gia của 01 nghiên cứu sinh (đã bảo vệ thành công năm 2022) và 01 Postdoc theo chương trình hỗ trợ các TS trẻ của ĐHQGHN. Lãnh đạo Viện Vi sinh vật và Công nghệ sinh học cũng rất ủng hộ nhóm nghiên cứu giao nhiệm vụ định hướng lâu dài là nghiên cứu phát triển các công nghệ ứng dụng vi sinh vật trong lĩnh vực xử lý ô nhiễm môi trường.

Tính mới và tính khả thi của công trình khoa học này so với những nghiên cứu trước đó là gì, thưa PGS?

Các quá trình sinh học trong điều kiện kỵ khí được quan tâm do (i) đáp ứng yếu tố tiết kiệm năng lượng trong quá trình vận hành và (ii) ít phát sinh bùn cặn như nguồn ô nhiễm thứ cấp. Trong nghiên

cứu này, mô hình bể Feammox nhiều bậc (MSFB) đã được chứng minh là một mô hình đơn giản hoạt động theo nguyên lý Feammox, có thể được áp dụng để loại bỏ một cách hiệu quả đồng thời nitơ và carbon hữu cơ của nước thải (như nước thải sau biogas) mà không tiêu tốn năng lượng. Mô hình đạt hiệu quả xử lý cao 99% đối với amoni (từ nồng độ 100 mg/L) và 97% đối với carbon hữu cơ khi tỷ lệ C/N là 2,5, thời gian lưu 6 ngày. Phân tích quần xã vi sinh vật bằng các công cụ phân tử như lai huỳnh quang tại chỗ (FISH) và metagenome chỉ ra rằng vi khuẩn thuộc lớp γ -Proteobacteria như *Pseudomonas* (20,1%), *Acinetobacter* (5,9%) và lớp δ -Proteobacteria như *Geobacter* (6,6%) là các nhóm chính trong MSFB. Các chi vi khuẩn này có khả



năng trao đổi chất linh hoạt liên quan đến chu trình nitơ và sắt, và chịu trách nhiệm chính trong việc xử lý nitơ và carbon trong MSFB.

Mô hình MSFB thực hiện quy trình Feammox có tiềm năng ứng dụng cao nhờ nguyên lý làm việc đơn giản, chi phí vận hành thấp. Các nghiên cứu liên quan đến dạng hóa nguồn nước thải đầu vào và nguồn Fe_3^+ thay thế cho ferrihydrite hiện đang sử dụng trong mô hình MSFB hiện đang tiếp tục được triển khai để có thể đưa công nghệ vào ứng dụng thực tế.

Xin PGS chia sẻ về giá trị khoa học & công nghệ cũng như giá trị thực tiễn khi ứng dụng vào đời sống của đề tài?

Về giá trị khoa học, Feammox là quá trình hô hấp kỵ khí ở vi sinh vật mới được phát hiện vào đầu thế kỷ 21, và gần đây được các nhà khoa học quan tâm nghiên cứu để ứng dụng trong lĩnh vực xử lý nước thải. Quá trình Feammox diễn ra trong điều kiện có mặt carbon hữu cơ ở điều kiện pH trung tính do nhóm nghiên cứu công bố là phát hiện mới, khác với quá trình Feammox trong điều

kiện không có mặt carbon hữu cơ và pH thấp do nhóm nghiên cứu về Feammox đầu tiên ở trường Đại học Princeton công bố (năm 2015). Phát hiện này cũng gợi ra hướng ứng dụng trong xử lý các nguồn nước thải chứa đồng thời NH_4^+ và COD ở nồng độ cao nhưng tỷ lệ C/N thấp, thường có pH trung tính hoặc kiềm và rất phổ biến trong đời sống (như nước thải sau biogas, nước thải từ các nhà máy chế biến thủy sản, nước rỉ rác).

Nước thải có hàm lượng NH_4^+ và COD cao với tỷ lệ C/N thấp là một thách thức đối với các công nghệ xử lý nước thải hiện hành là Nitrate hóa-khử nitrate và Nitrite hóa bán phần-Anammox. Các công nghệ này kết hợp nhiều bước xử lý hiếu khí và kỵ khí nên có thiết kế công nghệ và vận hành phức tạp, chi phí vận hành cao (chi phí năng lượng cho việc cấp oxy ở bước hiếu khí và bơm hồi lưu các dòng thải), và khó duy trì cân bằng ổn định hệ vi sinh vật hiếu khí và kỵ khí trong hệ thống. Đặc biệt ở điều kiện Việt Nam các nguồn nước thải thường có thành phần và lưu lượng dao động với biên độ lớn, gây khó khăn trong việc kiểm soát các bước xử lý. Quy trình

Feammox nhiều bậc để xuất trong nghiên cứu này có tiềm năng là một giải pháp mới cho các loại nước thải nói trên, chỉ dựa trên quá trình kỵ khí hoàn toàn, cho phép đồng thời xử lý cả NH_4^+ và COD trong một bước vận hành nhờ các vi sinh vật kỵ khí chuyển hóa hoàn toàn thành N_2 và CO_2 . Bên cạnh đó, công nghệ còn có một số ưu điểm khác so với các công nghệ hiện hành như: không tạo các hợp chất gây mùi, giảm phát thải khí nhà kính do không tạo CH_4 và các hợp chất bay hơi chứa sulfur.

Về giá trị thực tiễn, việc tìm kiếm công nghệ để xử lý hiệu quả nước thải có hàm lượng NH_4^+ và COD cao với chi phí vận hành thấp là mối quan tâm trong nhiều năm của các nhà khoa học. Quy trình Feammox nhiều bậc xử lý đồng thời NH_4^+ và COD có nguyên lý công nghệ đơn giản (hoàn toàn kỵ khí) và chi phí vận hành thấp (không có nhu cầu về năng lượng) có tính khả thi cao. Quy trình đã được thử nghiệm vận hành với nước thải nhân tạo và nước thải sau biogas, nước rỉ rác thực tế trong mô hình phòng thí nghiệm, cho thấy tiềm năng ứng dụng của công nghệ. Quy trình này đã được cấp bằng độc quyền sáng chế, làm cơ sở để nhóm nghiên cứu có thể triển khai hợp tác với

doanh nghiệp trong lĩnh vực xử lý nước thải để đưa vào ứng dụng.

Hiện tại, nghiên cứu mới đang được thực hiện ở quy mô phòng thí nghiệm, tuy nhiên chúng tôi sẵn sàng nâng cấp thử nghiệm ở các quy mô lớn hơn.

Dự định tiếp theo của nhóm nghiên cứu là gì, thưa PGS?

Nhóm sẽ tiếp tục triển khai nghiên cứu các vấn đề như vi sinh vật feammox, các loại nước thải đầu vào, các nguồn sắt thay thế (ưu tiên các loại nguồn thải chứa sắt) để đưa công nghệ tới gần ứng dụng hơn. Nhóm cũng sẽ tìm kiếm đơn vị doanh nghiệp để hợp tác triển khai công nghệ xử lý nước thải công nghiệp, giúp giảm chi phí và đơn giản hóa quá trình vận hành, phù hợp với điều kiện Việt Nam.

Xin cảm ơn PGS về những chia sẻ vô cùng hữu ích! Chúc chị và nhóm nghiên cứu tiếp tục thành công hơn nữa trong những nghiên cứu tiếp theo!

