

NGHIÊN CỨU KHẢ NĂNG XỬ LÝ PHOSPHATE CỦA VI KHUẨN *Bacillus subtilis* PHÂN LẬP TỪ NGUỒN NƯỚC THẢI CHẾ BIẾN THỦY SẢN

Nguyễn Khánh Hoàng*, Nguyễn Hoàng Mỹ, Lê Hùng Anh

Trường Đại học Công nghiệp Thành phố Hồ Chí Minh

*Email: nguyengkhanhhoang@iuh.edu.vn

Ngày nhận bài: 15/01/2020; Ngày chấp nhận đăng: 06/3/2020

TÓM TẮT

Với mục đích đánh giá khả năng xử lý phosphate của vi khuẩn *Bacillus subtilis* phân lập từ nước thải chế biến thủy sản nhiễm mặn, 5 chủng *Bacillus subtilis* phân lập từ nước thải chế biến thủy sản được chọn lọc để tiến hành thí nghiệm nhằm xác định mật độ vi sinh vật; nồng độ phosphate phù hợp; hiệu quả xử lý phosphate so sánh với các chế phẩm trên thị trường trong điều kiện hiếu khí. Kết quả cho thấy khả năng xử lý phosphate của các chủng vi khuẩn chịu mặn đạt hiệu quả trên 50% phù hợp trong điều kiện hiếu khí với mật độ 10^3 vi sinh vật/mL và nồng độ phosphate trong khoảng 10-100 ppm. Khả năng xử lý phosphate của hỗn hợp các chủng vi khuẩn chịu mặn tương đương với 3 chế phẩm trên thị trường (Bio-Em, EcocleanTM, Jumbo A[®]) đạt hiệu quả xử lý trên 50% sau 48 giờ.

Từ khóa: *Bacillus subtilis*, phosphate, nước thải chế biến thủy sản.

1. GIỚI THIỆU

Việt Nam là một trong những nước có thế mạnh về xuất khẩu và nuôi trồng thủy sản. Vì thế, lượng nước thải ra trong quá trình sản xuất và nuôi trồng rất lớn [1]. Thế nhưng, một lượng không nhỏ nước thải nuôi trồng thủy sản không được xử lý hoặc chủ yếu được xử lý cơ học và sau đó được xả thải vào môi trường. Một trong những tính chất đặc trưng ô nhiễm của nước thải nuôi trồng thủy sản là các chỉ tiêu chất hữu cơ, BOD, COD, N, P, H₂S, NH₃ và coliform. Mặc dù các chất hữu cơ có trong nước thải nuôi trồng thủy sản chủ yếu dễ bị phân hủy, nhưng khi xả vào nguồn tiếp nhận mà không được xử lý thì có thể dẫn đến hiện tượng giảm nồng độ oxy hòa tan trong nước do vi sinh vật sử dụng oxy hòa tan để phân hủy các chất hữu cơ. Oxy hòa tan giảm không chỉ gây suy thoái tài nguyên thủy sinh mà còn làm ảnh hưởng tới khả năng tự làm sạch của nguồn nước, dẫn đến giảm chất lượng nước cấp cho sinh hoạt và công nghiệp [2]. Nhận biết được tầm quan trọng của việc xử lý nước thải nói chung, nước thải nhiễm mặn nói riêng và những lợi ích của việc áp dụng vi sinh vật trong xử lý nước, các nhà khoa học trong nước và quốc tế đã có những nghiên cứu với mục đích ứng dụng nhóm vi khuẩn chịu mặn xử lý nguồn nước thải nhiễm mặn. Vi khuẩn ưa mặn có khả năng biến đổi đặc tính của chúng nhằm thích nghi với điều kiện môi trường có độ mặn dao động cao. Cân bằng này được thiết lập nhờ sự tích tụ muối và chất hữu cơ hòa tan, ngoài ra tế bào còn có khả năng kiểm soát sự dịch chuyển của nước từ trong ra ngoài, từ ngoài vào trong để giữ trạng thái thẩm thấu trong không gian nội bào [3].

Nghiên cứu của Motoki Kubo khi sử dụng vi khuẩn chịu mặn xử lý nước thải nhà máy chế biến nho cho thấy khả năng giảm 70% COD sau 72 giờ và 90% sau 7 ngày [4]. Kết quả

nghiên cứu của Zang *et al.* (2014) về chủng vi khuẩn chịu mặn *Bacillus spp* phân lập từ màng sinh học xử lý nước thải nhiễm mặn trên tàu biển cho thấy có khả năng phân giải các hợp chất hữu cơ trong nước thải nhiễm mặn [5]. Tại Canada, nhóm nghiên cứu của Xiao & Roberts cho biết, một lượng lớn nguồn nước thải nhiễm mặn ở nồng độ muối >2% được xả thải chủ yếu từ các hoạt động công nghiệp như chế biến hải sản, dệt nhuộm, dầu khí, thuốc da, quy trình xử lý nước nhiễm mặn. Mặc dù phương pháp xử lý kỵ khí được xem là giải pháp công nghệ đem lại lợi nhuận và bền vững nhất đối với nguồn nước thải nhiễm mặn này nhưng độ mặn cao lại chính là tác nhân ngăn chặn làm giảm hiệu quả khả năng xử lý của các nhóm vi sinh vật kỵ khí [6]. Tác giả Kargi F. và Dinçer A.R đã có nghiên cứu bổ sung vi khuẩn cổ có khả năng chịu mặn cao *Halobacter halobium* vào bùn hoạt tính nhằm làm tăng hiệu suất loại bỏ COD trong nước thải nhiễm mặn ở nồng độ 1-5% [7].

Ở Việt Nam, công nghệ xử lý nước thải nhiễm mặn vẫn còn là lĩnh vực khá mới mẻ. Một số công trình nghiên cứu cũng đã được thực hiện nhằm tìm ra các chủng vi sinh vật có khả năng chịu mặn cao để có thể ứng dụng xử lý hiệu quả các loại nước thải này bằng phương pháp sinh học thân thiện với môi trường. Nghiên cứu của tác giả Lê Thanh Huyền và cộng sự đã thử nghiệm thành công việc sử dụng sỏi nhẹ cố định vi sinh vật ưa mặn có hoạt tính sinh học để xử lý nước thải nuôi tôm ở Đồ Sơn - Hải Phòng, với kết quả xử lý: COD giảm 1,3 lần so với ban đầu, BOD giảm khoảng 3 lần so với ban đầu, NH_4^+ giảm khoảng 3,4 lần so với ban đầu [8]. Nghiên cứu của tác giả Trần Minh Chí và Mà Song Nguyễn khi thực hiện đề tài ứng dụng vi sinh xử lý nước thải hữu cơ nhiễm mặn áp dụng xử lý nước thải chăn nuôi và các loại hình nước thải công nghiệp đặc thù bị nhiễm mặn. Kết quả nghiên cứu cho thấy khả năng ứng dụng trên các đối tượng nước thải trong điều kiện pH ổn định 7,5 - 8,0 [9].

Từ những kết quả nghiên cứu một số sản phẩm ứng dụng công nghệ vi sinh xử lý nước thải nhiễm mặn đã được lưu hành, hiện nay trên thị trường Việt Nam, nhiều chế phẩm vi sinh chịu mặn cũng được sử dụng trong xử lý nước thải có độ mặn cao. Chế phẩm chứa các chủng vi sinh được chọn lọc đặc biệt có hệ enzyme hoạt tính và chất căng bề mặt, nên có thể làm sạch nguồn nước hiệu quả, làm giảm BOD, COD, giải quyết các vấn đề khó khăn trong việc xử lý mùi, giảm sinh khối tảo và các vấn đề khó khăn có liên quan trong môi trường nước mặn từ 1-3%.

Nghiên cứu này được tiến hành nhằm mục đích ứng dụng vi khuẩn chịu mặn xử lý các chỉ tiêu ô nhiễm. Tuy nhiên, trong bài báo này chỉ trình bày kết quả xử lý PO_4^{3-} có trong nước thải nhiễm mặn. Các yếu tố kỹ thuật bao gồm: mật độ vi khuẩn, nồng độ cơ chất và thời gian lưu thích hợp trong quá trình xử lý.

2. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Vật liệu nghiên cứu

5 chủng vi khuẩn *Bacillus subtilis* phân lập từ nước thải chế biến thủy sản được cung cấp bởi nhóm nghiên cứu trong quá trình thực hiện đề tài được đặt ký hiệu theo mẫu tự A, B, C, D, E. Các chủng vi khuẩn đã được định danh bằng kỹ thuật khối phổ protein MALDI-TOF (Matrix Assisted Laser Desorption Ionization-Time of Flight) [10].

Nước thải chế biến thủy sản được thu nhận tại Cảng cá Vàm Láng Tiền Giang và phân tích các chỉ tiêu môi trường cho kết quả trong Bảng 1.

Bảng 1. Kết quả phân tích nước thải nhiễm mặn thu nhận tại Vàm Láng Tiền Giang

STT	Chỉ tiêu	Giá trị	Phương pháp
1	Độ mặn (‰)	7	Đo bằng thiết bị Handylab 200
2	COD (mg/L)	44	SMEWW 5220C:2012
3	P-PO ₄ ³⁻ (mg/L)	50,9	SMEWW4500-P(E):2012
4	pH	7	TCVN 6492:2011
5	NO ₂ ⁻ (mg/L)	1,44	TCVN 6178:1996
6	DO (mg/L)	3,55	SMEWW 4500.O.C:2012

2.2. Mô hình thí nghiệm

Mô hình được thiết kế gồm 10 ngăn thử nghiệm có kích thước: Dài × rộng × cao: 7 cm × 12,5 cm × 10,5 cm với thể tích nước thử nghiệm 500 mL. Nhằm duy trì điều kiện hiếu khí, các ngăn thử nghiệm được bố trí thanh phân phối khí ở đáy ngăn và được cung cấp khí qua hệ thống bơm sục khí liên tục trong quá trình thử nghiệm.



Hình 1. Mô hình thí nghiệm

2.3. Bố trí thí nghiệm

2.3.1. Thí nghiệm xác định mật độ vi khuẩn và khoảng PO₄³⁻ thích hợp

Chủng vi khuẩn *Bacillus subtilis* được tăng sinh trong môi trường cao thịt pepton sau 24 giờ nhằm thu nhận sinh canh thang vi sinh vật non (có tuổi từ 24 giờ). Mật độ vi sinh vật trong canh thang được xác định bằng phương pháp đo quang theo độ đục Mc Fraland [11].

Từ môi trường tăng sinh đã xác định mật độ, tính toán tiến hành thí nghiệm trong các ngăn mô hình có hàm lượng PO₄³⁻ 100 ppm với các mật độ 10² và 10³ vi sinh vật/mL nhằm xác định mật độ vi sinh vật thích hợp.

Từ kết quả xác định mật độ thích hợp, tiến hành thí nghiệm với mật độ vi sinh vật đã được lựa chọn nhằm xác định nồng độ chất dinh dưỡng thích hợp. Thí nghiệm được thiết kế với nước thải giả định có chứa nguồn P thay đổi từ 10 đến 100 ppm.

Mỗi mật độ và hàm lượng được lặp lại 3 lần và tiến hành trong 48 giờ dựa trên khả năng xử lý phosphate của vi sinh vật. Mẫu nước ở mỗi thử nghiệm được thu nhận và phân tích hàm lượng phosphate bằng phương pháp đo quang tại các thời điểm 0 giờ, 24 giờ và 48 giờ theo tiêu chuẩn SMEWW 4500-P (E): 2012 [12].

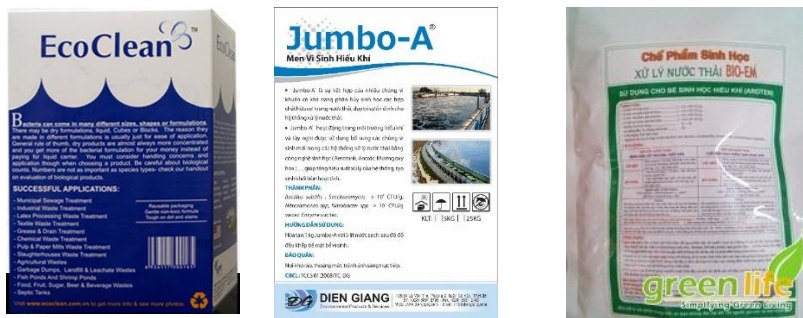
2.3.2. Thí nghiệm khảo sát khả năng xử lý chỉ tiêu môi trường

Thí nghiệm khảo sát khả năng xử lý các chỉ tiêu ô nhiễm môi trường P được tiến hành trên mô hình với nước thải nhiễm mặn giả định có chứa hàm lượng PO_4^{3-} 100 ppm; NO_3^- 100 ppm với mật độ VSV/mL đã được chọn dựa trên nghiên cứu xác định mật độ. Mẫu nước được thu nhận phân tích hàm lượng P tại các thời điểm 0 giờ, 24 giờ và 48 giờ.

Thử nghiệm phối hợp các chủng vi khuẩn chịu mặn phân lập từ nguồn nước thải nhiễm mặn cũng được tiến hành theo cách thức tương tự với mật độ vi sinh vật thích hợp nhằm đánh giá khả năng xử lý các chỉ tiêu ô nhiễm của hỗn hợp vi sinh vật.

2.3.3. So sánh khả năng xử lý PO_4^{3-} với một số chế phẩm thương mại

3 chế phẩm thương mại hóa cùng mục đích được lựa chọn tiến hành thử nghiệm trên mô hình nhằm đối sánh hiệu quả. Các chế phẩm được sử dụng gồm: Eco Clean™, Jumbo-A® và Bio-EM.



Hình 2. Chế phẩm sinh học sử dụng trong thử nghiệm đối sánh

Thí nghiệm với lượng chế phẩm theo khuyến cáo của nhà cung cấp và hỗn hợp 5 chủng vi khuẩn chịu mặn với mật độ 10^3 vi sinh vật/mL được tiến hành nhằm so sánh hiệu quả xử lý. Thí nghiệm được bố trí với nước thải nhiễm mặn thu nhận tại Cảng cá Vàm Láng - Tiền Giang. Thử nghiệm bố trí với 4 ngăn có bổ sung chế phẩm và 1 ngăn mẫu trắng không bổ sung chế phẩm trong mô hình hiếu khí. Các thông số PO_4^{3-} được phân tích tại các thời điểm 0 giờ, 24 giờ và 48 giờ.

2.4. Xử lý dữ liệu thí nghiệm

Các số liệu thu thập được tập hợp và xử lý thống kê bằng phần mềm Excel và SPSS được sử dụng để xác định tính đồng nhất của phương sai, sau đó xác định sự sai khác các giá trị trung bình giữa các thí nghiệm với giá trị $p < 0,05$ bằng phân tích Tukey's khi $Sig > 0,05$ hoặc Tamhane khi $Sig < 0,05$.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Khảo sát mật độ vi sinh vật

Thí nghiệm xác định mật độ vi sinh vật thích hợp được tiến hành nhằm lựa chọn mật độ vi sinh vật phù hợp để tiến hành các thí nghiệm khảo sát tiếp theo. Chỉ tiêu độ mặn trong mẫu nước được xác định với giá trị 0,6-0,7% bằng cách bổ sung NaCl. Kết quả khảo sát sau 48 giờ cho thấy khả năng chuyển hóa P của *Bacillus subtilis* ở các mật độ khác nhau có sự khác biệt. Khi so sánh giá trị trung bình tại các thời điểm của 2 nghiệm thức, mật độ vi sinh vật đều có giá trị thống kê trong khoảng thời gian từ 0 giờ đến 24 giờ.

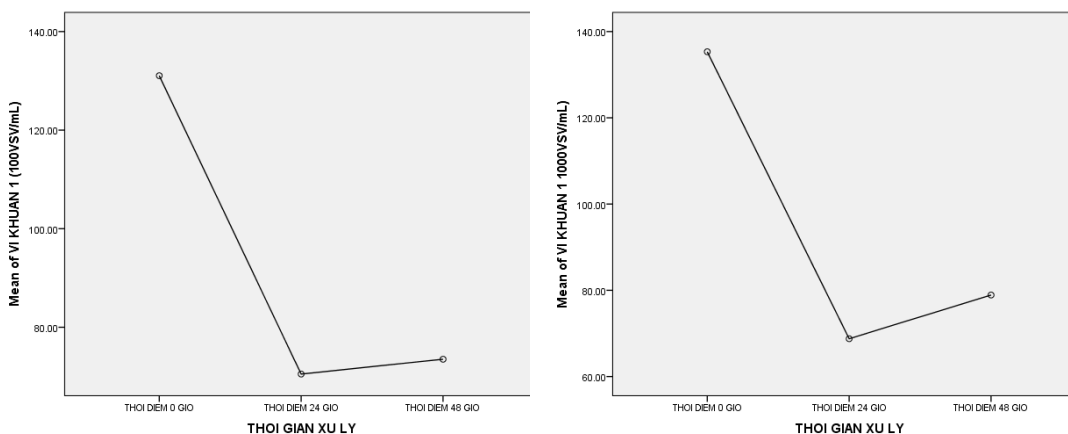
Bảng 1. Hàm lượng và hiệu quả xử lý phosphate các nghiệm thức mật độ theo thời gian

Nghiệm thức	Mật độ (VSV/mL)	Hàm lượng PO ₄ ³⁻ (ppm)			Hiệu quả xử lý H (%)		
		C ₀ giờ	C ₂₄ giờ	C ₄₈ giờ	H _(0 giờ)	H _(24 giờ)	H _(48 giờ)
Đối chứng	0	142,30 ^b	101,54 ^a	100,93 ^a	100 ^b	28,64 ^a	29,08 ^a
NT1	10 ²	135,81 ^b	71,39 ^a	72,80 ^a	100 ^b	47,43 ^a	46,39 ^a
NT2	10 ³	131,60 ^b	70,02 ^a	78,90 ^a	100 ^b	46,79 ^a	40,05 ^a

Các chữ ^{a,b} thể hiện sự khác biệt có ý nghĩa thống kê theo thời gian.

Kết quả cũng cho thấy khả năng chuyển hóa phosphate của vi khuẩn bổ sung vào thí nghiệm ở cả 2 nồng độ 10² và 10³ VSV/mL đều cao hơn so với nghiệm thức không bổ sung vi sinh vật. Quá trình chuyển hóa phosphate xảy ra chủ yếu trong khoảng thời gian 24 giờ kể từ khi tiến hành thí nghiệm; tại thời điểm 48 giờ tất cả các nghiệm thức bổ sung vi sinh vật đều có xu hướng giảm ngoại trừ nghiệm thức không bổ sung vi sinh vật.

Đường chuyển hóa phosphate của vi sinh vật ở các mật độ khác nhau thể hiện trong Hình 3 cho thấy với mật độ vi khuẩn 10³/mL đã xuất hiện điểm quay đầu rõ ràng hơn so với mật độ 10²/mL.



Hình 3. Đường chuyển hóa phosphate theo thời gian ở các mật độ vi sinh vật khác nhau

Kết quả khảo sát cho thấy rằng mật độ vi sinh vật 10³/mL và thời gian 48 giờ phù hợp để tiến hành khảo sát bởi đảm bảo các yếu tố thời gian và kinh tế.

3.2. Khảo sát nồng độ chất dinh dưỡng thích hợp

Với mục đích xác định khoảng nồng độ thích hợp nhằm nâng cao hiệu quả xử lý của vi sinh vật chịu mặn, thí nghiệm với mật độ 10³ vi sinh vật/mL được tiến hành với nước thải giả định có chứa hàm lượng PO₄³⁻ theo bố trí tiến hành thí nghiệm với 6 hàm lượng PO₄³⁻ được ký hiệu từ NT1 đến NT6, kết quả khảo sát sau 48 giờ được thể hiện trong Bảng 2.

Kết quả khảo sát cho thấy, hiệu quả xử lý PO₄³⁻ đạt trên 50% ở khoảng nồng độ từ 20 ppm trở lên. Tuy nhiên, khi khảo sát ở nồng độ trên 130 ppm hiệu suất xử lý đạt dưới 50% (Hình 4) kết quả khảo sát khá phù hợp với công bố của các nghiên cứu vì khả năng tích lũy P của vi khuẩn không cao [13]. Kết quả cũng cho thấy rằng ở hàm lượng dưới 10 ppm hiệu quả xử lý khá thấp, điều này có thể được giải thích bởi sự cạn kiệt chất dinh dưỡng cần thiết để vi sinh vật phát triển.

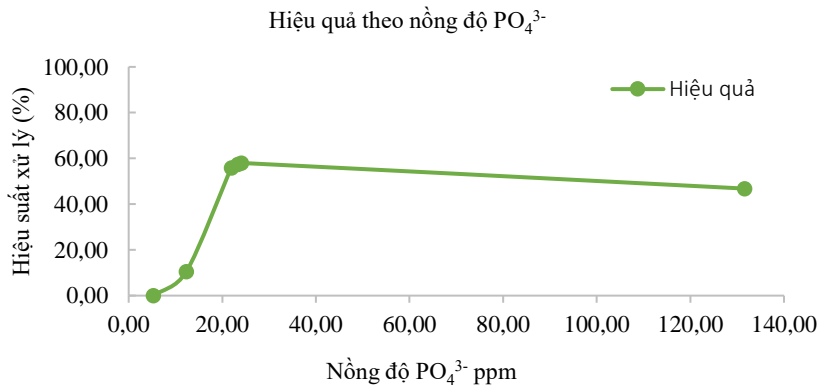
Bảng 2. Khảo nghiệm hiệu quả xử lý phosphate trong nước nhiễm mặn ở các nồng độ khác nhau

Nghiệm thức	C ₀ (ppm)	C ₂₄ (ppm)	%H _{test 24}	%H _{BL 24}	C ₄₈ (ppm)	%H _{test 48}	%H _{BL 48}
NT1	5,29 ^b	7,06 ^a	0,00	0,00	7,85 ^a	0,00	0,00
NT2	12,31 ^b	11,02 ^a	10,46	2,24	12,18 ^a	1,07	-3,85
NT3	21,94 ^b	9,70 ^a	55,81	51,52	9,66 ^a	56,00	59,17
NT4	23,32 ^b	9,94 ^a	57,39	55,85	9,55 ^a	59,05	78,66
NT5	24,07 ^b	10,11 ^a	58,00	57,33	10,22 ^a	57,54	58,44
NT6	131,6 ^b	70,02 ^a	46,79	36,61	78,91 ^a	40,04	32,82

Các chữ ^{a,b} thể hiện sự khác biệt có ý nghĩa thống kê theo thời gian.

NT: Nghiệm thức; C₀, C₂₄, C₄₈: Hàm lượng PO₄³⁻ tại các thời điểm 0 giờ, 24 giờ và 48 giờ;

%H_{test}: Hiệu suất xử lý (%) thử nghiệm của vi khuẩn chịu mặn; %H_{BL}: Hiệu suất xử lý (%) của mẫu đối chứng không có vi khuẩn chịu mặn.



Hình 4. Tương quan hiệu quả chuyển hóa PO₄³⁻ của vi khuẩn phân lập từ nước thải nhiễm mặn ở các nồng độ khác nhau

Hiệu quả xử lý hầu hết phosphate chỉ có thể đạt được trong điều kiện hàm lượng từ 6-18 ppm với một số chủng vi khuẩn thuộc nhóm *Bacillus* [14]. Kết quả khảo sát cho thấy, khả năng xử lý phosphate đạt hiệu quả trên 50% phù hợp ở nồng độ từ 20 đến 100 ppm trong điều kiện hiếu khí và thời gian xử lý 48 giờ. Vì thế, nếu nguồn thải có hàm lượng phosphate cao cần phải có giải pháp pha loãng phù hợp nhằm nâng cao hiệu quả xử lý.

3.3. Khảo sát khả năng xử lý PO₄³⁻ của vi khuẩn chịu mặn

Các chủng vi khuẩn chịu mặn được khảo sát khả năng xử lý PO₄³⁻ trong điều kiện hiếu khí và theo dõi trong khoảng thời gian 48 giờ nhằm đánh giá khả năng của từng chủng vi khuẩn. Kết quả khảo sát (Bảng 3) cho thấy khả năng xử lý PO₄³⁻ của tất cả các chủng vi khuẩn đều cao hơn so với nghiệm thức đối chứng và sự khác biệt giá trị trung bình đều mang ý nghĩa thống kê trong khoảng thời gian 24 giờ khi phân tích Tukey.

Bảng 3. Khả năng xử lý PO₄³⁻ của các vi sinh vật chịu mặn

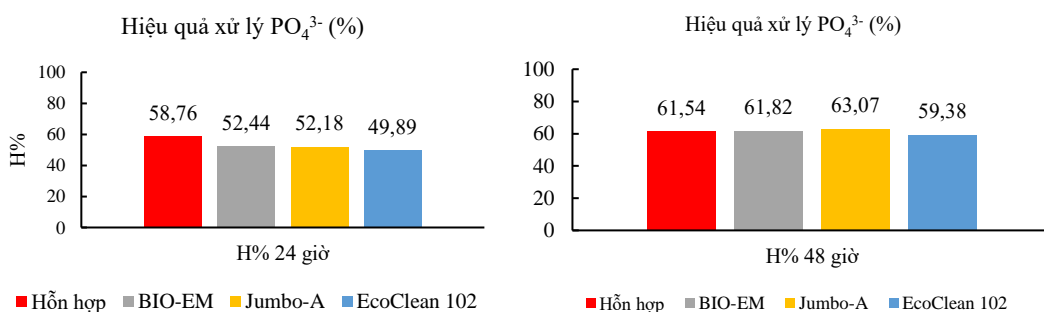
Mẫu	Hàm lượng PO ₄ ³⁻ (ppm)		
	0 giờ	24 giờ	48 giờ
Đối chứng	136,96 ^b	97,47 ^a	100,22 ^a
A	131,60 ^b	70,02 ^a	78,91 ^a
B	134,23 ^b	90,79 ^a	91,30 ^a
C	133,50 ^b	92,09 ^a	102,69 ^a
D	132,25 ^b	84,58 ^a	81,64 ^a
E	134,75 ^b	76,44 ^a	79,03 ^a

Các chữ ^{a,b} thể hiện sự khác biệt có ý nghĩa thống kê theo thời gian.

Kết quả thực nghiệm cho thấy khả năng xử lý của 5 chủng vi sinh vật đều cao hơn mẫu đối chứng và đạt hiệu quả trên 50% sau 48 giờ, trong khi mẫu đối chứng chỉ xử lý được 26,74%. Các kết quả trên cho thấy hầu hết các mẫu nước có bổ sung vi sinh vật chịu mặn đều có khả năng xử lý PO₄³⁻ và cho thấy khả năng ứng dụng trong xử lý nước thải nhiễm mặn chứa P với khoảng nồng độ phù hợp.

3.4. So sánh khả năng xử lý của hỗn hợp vi khuẩn với các chế phẩm có mặt trên thị trường

3 chế phẩm sinh học xử lý nước thải nhiễm mặn Bio-EM, Jumbo-A[®] và EcoClean[™] được sử dụng trong thử nghiệm đối chứng với hỗn hợp vi sinh vật chịu mặn phân lập trong nghiên cứu này nhằm đánh giá khả năng áp dụng. Kết quả khảo nghiệm sau 24 giờ và 48 giờ thể hiện trong Hình 5.



Hình 5. Hiệu quả chuyển hóa phosphate của chế phẩm và hỗn hợp vi khuẩn chịu mặn

Sau 24 giờ, mẫu hỗn hợp các chủng vi sinh vật cho kết quả xử lý nhanh hơn so với các chế phẩm có thể do nguyên nhân vi sinh vật trong các chế phẩm cần có thời gian kích hoạt và thích nghi trong khi đó nghiệm thức hỗn hợp vi sinh vật đã sẵn sàng vào giai đoạn thích nghi. Sau 48 giờ, hiệu quả xử lý của tất cả các nghiệm thức đều tương đương nhau và đạt trên 50%. Hiệu quả xử lý của các nghiệm thức cho thấy, hiện tượng giảm trong khoảng thời gian từ 24 giờ đến 48 giờ có thể được giải thích bởi sự cạn kiệt chất dinh dưỡng so với thời điểm ban đầu nên xảy ra hiện tượng cạnh tranh về nguồn thức ăn. Các chủng có sự cạnh tranh thấp sẽ làm ảnh hưởng đến sinh khối và từ đó làm giảm hiệu quả xử lý chúng.

4. KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

Ứng dụng công nghệ vi sinh vật trong quá trình sản xuất và nuôi trồng thủy sản ngày càng được quan tâm. Kết quả nghiên cứu đã tiến hành đánh giá khả năng xử lý PO_4^{3-} có trong nước thải nhiễm mặn của các chủng vi khuẩn *Bacillus* phân lập từ nước thải chế biến thủy sản nhiễm mặn sau khi khảo sát các yếu tố kỹ thuật như mật độ vi sinh vật và hàm lượng cơ chất trên mô hình hiếu khí ở quy mô phòng thí nghiệm. Nghiên cứu cũng cho thấy khả năng xử lý PO_4^{3-} của hỗn hợp vi khuẩn *Bacillus* tương đương với các chế phẩm hiện có trên thị trường. Để có thể ứng dụng kết quả nghiên cứu nhằm tạo chế phẩm vi sinh vật xử lý nước thải nuôi thủy sản nước mặn cần phải tiếp tục nghiên cứu thêm nhằm đưa ra kết quả một cách toàn diện và có nhiều sự lựa chọn chính xác và hiệu quả xử lý cao.

Lời cảm ơn: Nhóm tác giả chân thành cảm ơn sự hỗ trợ tích cực của Ban quản lý Cảng cá Vàm Láng - Tiền Giang đã tạo điều kiện trong quá trình thu mẫu nước.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Bộ Khoa học và Công nghệ - Khoa học và công nghệ phục vụ phát triển ngành nuôi tôm trong điều kiện xâm nhập mặn, Tài liệu Hội thảo khoa học, Hà Nội (2016).
2. Thanh Thủy - Đồng bằng sông Cửu Long (ĐBSCL): Giải pháp bảo vệ môi trường nuôi trồng thủy sản, Tổng cục Thủy sản (2018).
3. Helge Larsen - Halophilic and halotolerant microorganisms - an overview and historical perspective, FEMS Microbiology Reviews **2** (1-2) (1986) 3-7.
4. Kubo M., Hiroe J., Murakami M., Fukami H., Tachiki T. - Treatment of hypersaline-containing wastewater with salt-tolerant microorganisms, Journal of Bioscience and Bioengineering **91** (2) (2001) 222-224.
5. Zhang X., Gao J., Zhao F., Zhao Y., Li Z. Characterization of a salt-tolerant bacterium *Bacillus* sp. from a membrane bioreactor for saline wastewater treatment, Journal of Environmental Sciences **26** (6) (2014) 1369-1374.
6. Xiao Y., Roberts D.J. - A review of anaerobic treatment of saline wastewater, Environment Technology **31** (8-9) (2010) 1025-1043.
7. Kargi F., Dinçer A.R. - Use of halophilic bacteria in biological treatment of saline wastewater by fed-batch operation, Water Environment Research **72** (2) (2000) 170-174.
8. Lê Thanh Huyền, Đào Thị Ánh Tuyết, Đỗ Mạnh Hào - Một số đặc điểm sinh học của chủng vi khuẩn ôxy hoá ammonium phân lập từ vùng ven biển Hải Phòng, Tạp chí Khoa học và Công nghệ Biển **14** (3A) (2014) 152-158.
9. Trần Minh Chí, Mà Song Nguyễn - Nghiên cứu ứng dụng công nghệ vi sinh để xử lý nước thải hữu cơ nhiễm mặn, Viện Khoa học Công nghệ Quân sự (2015).
10. Hillenkamp F., Karas M., Beavis R.C., Chait B.T. - Matrix-assisted laser desorption/ionization mass spectrometry of biopolymers, Analytical Chemistry **63** (24) (1991) 1193A-1203A.
11. Clinical and Laboratory Standards Institute - Methods for dilution antimicrobial susceptibility tests for bacteria that grow aerobically; Approved Standard - 9th edition, CLSI document M07-A9 **32** (2) (2012).
12. Eaton A.D., Clesceri L.S., Greenberg A.E., Franson M.A.H. - Standard methods for examination of water and wastewater, 18th Edition, Washington, USA: American Public Health Association (1992).

13. Bao L.L., Li D., Li X.K., Huang R.X., Zhang J., LV Yang, Xia G.Q. - Phosphorus accumulation by bacteria isolated from a continuous-flow two-sludge system, *Journal of Environmental Sciences* **19** (2007) 391-395.
14. Nguyễn Quang Huy, Ngô Thị Kim Toán - Khả năng tích lũy photpho và tạo biofilm của chủng *Bacillus licheniformis* A4.2 phân lập tại Việt Nam, *Tạp chí Khoa học ĐHQGHN, Khoa học Tự nhiên và Công nghệ* **30** (1) (2014) 43-50.

ABSTRACT

STUDY ON PHOSPHATE REMOVAL ABILITY OF *Bacillus subtilis* ISOLATED FROM SEAFOOD PROCESSING WASTEWATER

Nguyen Khanh Hoang*, Nguyen Hoang My, Le Hung Anh

Industrial University of Ho Chi Minh City

*Email: nguyenkhanhhoang@iuh.edu.vn

With the purpose of investigating the phosphate removal ability of *Bacillus subtilis* isolated from fish processing wastewater, five bacterial strains were selected for experiments to determine the density of microorganisms, the suitable phosphate concentration range, and phosphate treatment efficiency comparing with products on the market under aerobic conditions. The results showed that the phosphate treatment ability of the bacteria strains was more than 50% effective with a density of 10^3 microorganisms/mL; phosphate concentration in the range of 10-100 ppm and in aerobic conditions. The processing ability of the mixture of bacteria strains has similar results compared with products on the market (Bio-Em, EcocleanTM, Jumbo A^R).

Keywords: *Bacillus subtilis*, phosphate, seafood processing wastewater.