

Nghiên cứu phân lập chủng vi khuẩn biển có khả năng phân hủy polyvinyl chloride

Kiều Thị Quỳnh Hoa¹, Trần Hữu Trung², Mai Đức Huỳnh², Nguyễn Hữu Đạt², Nguyễn Vũ Giang^{2*}

¹Viện Công nghệ Sinh học, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam, 18 Hoàng Quốc Việt, phường Nghĩa Đô, quận Cầu Giấy, Hà Nội, Việt Nam

²Viện Kỹ thuật Nhiệt đới, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam, 18 Hoàng Quốc Việt, phường Nghĩa Đô, quận Cầu Giấy, Hà Nội, Việt Nam

Ngày nhận bài 12/1/2022; ngày gửi phản biện 18/1/2022; ngày nhận phản biện 16/2/2022; ngày chấp nhận đăng 22/2/2022

Tóm tắt:

Do có tính bền nhiệt và cơ học, nhựa polyvinyl chloride (PVC) được ứng dụng rộng rãi trong đời sống của con người. Tuy nhiên, bên cạnh lợi ích mang lại, nhựa PVC phế thải cũng gây ảnh hưởng đến sức khỏe của con người và môi trường sống. Những nghiên cứu gần đây cho thấy, vi sinh vật biển như vi nấm, vi khuẩn, xạ khuẩn có tiềm năng phân hủy rác thải nhựa và sử dụng chúng như nguồn carbon duy nhất. Trong nghiên cứu này, vi khuẩn phân hủy nhựa PVC được làm giàu và phân lập từ các vùng ô nhiễm rác thải nhựa ven biển Việt Nam. Từ 18 chủng vi khuẩn phân lập, các tác giả đã lựa chọn được chủng vi khuẩn VK3 có khả năng phân hủy nhựa PVC và sử dụng vật liệu này như nguồn carbon duy nhất sau 8 tuần thử nghiệm. Kết quả phân tích trình tự gen 16S rRNA cho thấy, chủng vi khuẩn này có độ tương đồng 99% với *Alcanivorax* sp. Sự biến đổi cấu trúc bề mặt và nhóm chức của nhựa PVC bởi chủng vi khuẩn VK3 cũng được minh chứng bằng phương pháp phân tích hình ảnh kính hiển vi điện tử quét (SEM) và phổ hồng ngoại (FTIR). Nghiên cứu này cho thấy tiềm năng ứng dụng xử lý nhựa PVC phế thải của vi khuẩn biển.

Từ khóa: làm giàu, phân hủy PVC, phân lập, PVC, vi khuẩn biển.

Chỉ số phân loại: 1.6

1. Đặt vấn đề

Theo số liệu thống kê, 4 loại nhựa là polyethylene (PE), polypropylene (PP), PVC và polystyrene (PS) chiếm tới 68% lượng nhựa sản xuất trên thế giới hàng năm. Với đặc tính bền, dễ chế tạo, các loại nhựa này được ứng dụng rộng rãi để sản xuất các mặt hàng tiêu dùng như đóng gói, đồ chơi, đồ nội thất, ống nước, ván sàn và vật liệu xây dựng... Trong các loại nhựa nêu trên, PVC được sản xuất với số lượng tương đối lớn (đứng thứ 3). Do nhu cầu sử dụng các sản phẩm làm từ nhựa ngày càng gia tăng nên rác thải nhựa nói chung, rác thải PVC nói riêng đang là mối lo ngại, gây ảnh hưởng tiêu cực đến môi trường sống và sức khỏe con người [1, 2].

Mặc dù, các nhà quản lý và sản xuất đã cố gắng tăng khả năng tái chế rác thải nhựa, tuy nhiên phương pháp xử lý phổ biến hiện nay vẫn là thiêu đốt và chôn lấp. Nhược điểm của 2 phương pháp này là tốn kém do tiêu tốn năng lượng và gây ô nhiễm thứ cấp tới môi trường. Các khí độc thải ra trong quá trình thiêu đốt rác thải nhựa phải kể đến là CO₂, CFC (chlorofluorocarbon), vinyl monome và dioxin làm ô nhiễm khí quyển và môi trường. Dioxin không chỉ ảnh hưởng đến hệ thống miễn dịch và nội tiết mà còn gây ra các bệnh ung thư ở người. Phương pháp chôn lấp cũng ảnh hưởng không nhỏ tới môi trường, đặc biệt là môi trường nước. Nhựa sau thời gian dài chôn lấp có thể bị phân hủy một phần, tạo

thành các mảnh nhựa có kích thước vừa và nhỏ (vi nhựa). Vi nhựa có thể ngấm từ bãi chôn lấp xuống nước ngầm gây ô nhiễm nguồn nước và môi trường biển. Ngoài ra, chôn lấp lâu ngày cũng tạo ra khí độc làm ô nhiễm môi trường [3, 4].

Do đó, việc lựa chọn các phương pháp xử lý rác thải nhựa phù hợp, an toàn và thân thiện với môi trường là cần thiết. Theo các nhà khoa học, giải pháp tốt nhất để xử lý rác thải nhựa hiện nay là việc kết hợp tái chế nhựa và xử lý rác thải nhựa bằng phương pháp phân hủy sinh học (bioremediation). Phân hủy sinh học là phương pháp bổ sung vi sinh vật phân hủy rác thải nhựa và dinh dưỡng vào môi trường ô nhiễm nhằm thúc đẩy quá trình phân hủy sinh học rác thải nhựa. Trong quá trình này, các vi sinh vật sẽ đồng hóa rác thải nhựa độc hại thành sinh khối tế bào, giải phóng ra các sản phẩm không độc hại như CO₂ và H₂O [1, 3]. Với ưu điểm an toàn và thân thiện với môi trường, phương pháp này hiện đang thu hút được sự quan tâm nghiên cứu của các nhà khoa học trên thế giới. Tuy nhiên, việc lựa chọn các vi sinh vật có khả năng phân hủy rác thải nhựa, từ đó nhân giống trên quy mô lớn và ứng dụng xử lý trên quy công nghiệp là điều kiện tiên quyết.

Mục tiêu của nghiên cứu này là phân lập và lựa chọn được chủng vi khuẩn phân hủy nhựa PVC tiềm năng từ các mẫu bùn và nước ô nhiễm rác thải nhựa ở ven biển Việt Nam.

*Tác giả liên hệ: Email: vugiang.lit@gmail.com

Study on the isolation of marine bacterial strains capable of degrading polyvinyl chloride

Thi Quynh Hoa Kieu¹, Huu Trung Tran²,
Duc Huynh Mai², Huu Dat Nguyen², Vu Giang Nguyen^{2*}

¹Institute of Biotechnology, Vietnam Academy of Science and Technology,
18 Hoang Quoc Viet Street, Nghia Do Ward, Cau Giay District, Hanoi, Vietnam

²Institute of Tropical Technology, Vietnam Academy of Science and Technology,
18 Hoang Quoc Viet Street, Nghia Do Ward, Cau Giay District, Hanoi, Vietnam

Received 12 January 2022; revised 16 February 2022; accepted 22 February 2022

Abstract:

Polyvinyl chloride (PVC) is a widely used plastic due to its good mechanical properties and thermal resistance. However, despite of its advantages, the persistent nature of PVC makes it challenging to dispose when released into the environment, thereby causing harm to human health and the environment. Recent research has revealed that specialised marine microbes (such as bacteria, fungi, and actinomycetes) have the potential to biodegrade plastics and utilise many of them as the sole source of carbon. In this study, PVC degrading bacteria were enriched and isolated from plastic waste contaminated coastal areas in Vietnam. From 18 isolates of bacteria, the authors selected the VK3 strain capable of degrading PVC and used this material as the sole carbon source after 8 weeks of testing. The results of 16S rRNA gene sequence analysis showed that this bacterial strain has 99% similarity with *Alcanivorax* sp. The changes in surface structure and functional groups of PVC was also demonstrated by Scanning electron microscopy (SEM) and Fourier-transform infrared spectroscopy (FTIR). These results revealed promising evidences of PVC degradation by marine bacteria.

Keywords: enrichment, isolation, marine bacteria, PVC, PVC degradation.

Classification number: 1.6

2. Đối tượng và phương pháp nghiên cứu

2.1. Chủng vi khuẩn biển phân hủy nhựa PVC

Chủng vi khuẩn phân hủy nhựa PVC được làm giàu và phân lập từ các mẫu bùn, nước ô nhiễm rác thải nhựa ở các vùng ven biển Việt Nam. Các mẫu nước và bùn ô nhiễm được lấy bằng dụng cụ chuyên dụng được vô trùng. Mẫu được giữ lạnh và được phân tích trong vòng 24 giờ.

2.2. Môi trường nuôi cấy

Môi trường khoáng (MSM) có bổ sung nhựa PVC (g/l): NH_4NO_3 1, KH_2PO_4 0,5, K_2HPO_4 0,5, $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 0,5, NaCl 20, $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 0,002, $\text{FeSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 0,002, pH 7.

Môi trường dinh dưỡng hữu cơ (HKTS) (g/l): NH_4NO_3 2, KH_2PO_4 1, NaCl 20, KCl 0,25, MgCl_2 1,2, glucose 1, pepton 5, cao men 0,2, cao thịt 3, thạch 20, pH 7.

2.3. Vật liệu PVC

Bột nhựa PVC PM-66R là sản phẩm thương mại của Công ty TNHH hóa chất AGC Việt Nam, khối lượng riêng 1,35 g/cm³, hàm lượng PVC tối thiểu 99,7%, hàm lượng chất bay hơi tối đa là 0,3%.

2.4. Phương pháp làm giàu vi khuẩn phân hủy PVC

Mẫu nước và bùn thu được từ khu vực ô nhiễm rác thải nhựa ven biển được sử dụng để làm giàu vi khuẩn phân hủy PVC trên môi trường MSM bổ sung 0,2% (w/v) bột nhựa PVC (môi trường PVC-MSM). 1 ml mẫu nước hoặc 1 g mẫu bùn được pha loãng vào 9 ml muối sinh lý. Sau đó 3 ml dịch mẫu pha loãng được bổ sung vào 100 ml môi trường PVC-MSM, pH 7 và được nuôi lắc 180 vòng/phút ở nhiệt độ 30°C. Sau 3 tuần nuôi lắc, tiếp tục cấy chuyển vào môi trường PVC-MSM mới thêm 2 lần [5].

2.5. Phương pháp phân lập vi khuẩn phân hủy PVC

Dịch nuôi cấy sau 9 tuần làm giàu được pha loãng tới nồng độ phù hợp và gạt trên môi trường thạch HKTS và được nuôi cấy ở 30°C trong thời gian từ 1-2 ngày. Các chủng vi khuẩn thuần khiết có khuẩn lạc riêng với các hình thái khác nhau trên môi trường thạch HKTS được giữ ở nhiệt độ -80°C trong dịch glycerol cho các nghiên cứu tiếp theo.

2.6. Phương pháp sàng lọc chủng vi khuẩn phân hủy PVC

Các chủng vi khuẩn thuần khiết thu được trên môi trường thạch HKTS sau khi làm giàu tiếp tục được nuôi cấy trên môi trường thạch khoáng MSM bổ sung 0,2% (w/v) bột nhựa PVC. Các chủng có khả năng sinh trưởng và phát triển trên môi trường thạch PVC-MSM được lựa chọn cho nghiên cứu tiếp theo.

Để đánh giá khả năng sinh trưởng và phân hủy PVC của các chủng vi khuẩn sau khi sàng lọc trên môi trường thạch PVC-MSM, tiến hành nuôi lắc các chủng vi khuẩn thu được trong bình tam giác 500 ml chứa 100 ml môi trường PVC-MSM bổ sung 2% (v/v) dịch nuôi cấy (18-24 giờ) với mật độ 10^5 CFU/ml sau khi ly tâm thu hồi sinh khối và rửa 2 lần bằng môi trường MSM không bổ sung nhựa PVC. Mẫu đối chứng không nuôi cấy vi khuẩn cũng được chuẩn bị ở cùng điều kiện. Thí nghiệm sàng lọc được tiến hành ở 30°C, 180 vòng/phút trong 8 tuần. Khả năng sinh trưởng của các chủng vi khuẩn nghiên cứu được xác định hàng tuần trên môi trường thạch HKTS. Chủng vi khuẩn nào có khả năng sinh

trường và phát triển tốt nhất sẽ được lựa chọn để xác định đặc điểm phân loại và đánh giá khả năng phân hủy PVC [5].

2.7. Phân loại chủng vi khuẩn phân hủy PVC lựa chọn bằng phân tích trình tự gen 16S rRNA

Gen mã hóa 16S-rRNA của chủng vi khuẩn nghiên cứu được khuếch đại bằng phản ứng PCR từ DNA tổng số sử dụng cặp mồi 27F (5' AGA GTT TAG TCC TGG CTC AG 3') và 1492R (5' GGT TAC CTT GTT ACG ACT T 3') theo chu trình nhiệt: 94°C trong 5 phút, 30 chu trình (94°C trong 60 giây, 55°C trong 60 giây, 72°C trong 90 giây), 72°C trong 10 phút, giữ mẫu ở 4°C [6]. Sản phẩm của phản ứng PCR được phân tích trên máy đọc trình tự ABI PRISM 3100-Avant Genetic Analyzer (Applied Biosystems, Foster City, CA, USA). Kết quả giải trình tự gen hai chiều được kiểm tra bằng phần mềm phân tích DNA STAR. Mức độ tương đồng gen 16S rRNA của chủng nghiên cứu được so sánh với các trình tự gen 16S rRNA trong Genbank bằng công cụ BLAST trên NCBI.

2.8. Xác định sự biến đổi hình thái cấu trúc của vật liệu PVC bằng kính hiển vi SEM

Hình thái cấu trúc vật liệu PVC được phân tích trên thiết bị kính hiển vi SEM, JEOL JMS63660LV của Nhật Bản tại Viện Kỹ thuật Nhiệt đới, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam.

2.9. Đánh giá khả năng phân hủy của vật liệu PVC bằng phân tích quang phổ hồng ngoại (FTIR)

FTIR được phân tích bằng máy hồng ngoại biến đổi Fourier NEXUS 670 (Mỹ) tại Viện Kỹ thuật nhiệt đới, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam với các điều kiện sau: độ phân giải 4 cm⁻¹, mỗi mẫu được quét 32 lần trong dải bước sóng từ 4000 đến 400 cm⁻¹, các mẫu được đo bằng phương pháp truyền qua mẫu ép viên KBr.

3. Kết quả và bàn luận

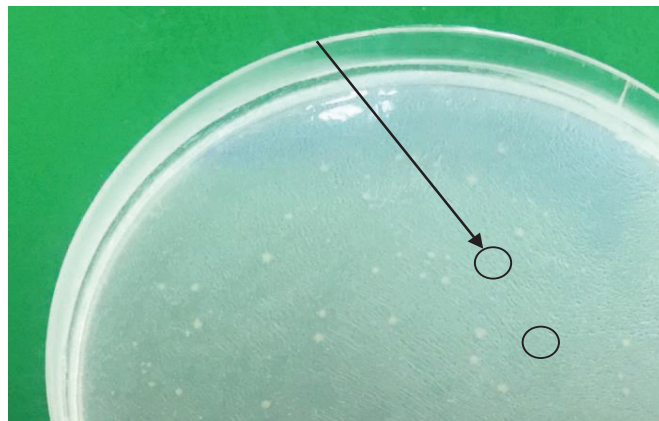
3.1. Làm giàu và phân lập vi khuẩn phân hủy PVC

Vi khuẩn phân hủy nhựa PVC được làm giàu và phân lập từ các mẫu bùn và nước ô nhiễm rác thải nhựa ở ven biển Việt Nam. Các mẫu bùn và mẫu nước được bổ sung vào MSM chứa 0,2% (w/v) bột nhựa PVC. Sau 3 tuần, 3 ml dịch làm giàu tiếp tục được cấy chuyển 2 lần vào 100 ml môi trường PVC-MSM mới. Sau 9 tuần làm giàu trên môi trường PVC-MSM, dịch nuôi cấy được pha loãng tới nồng độ phù hợp rồi gát trên môi trường thạch dinh dưỡng. Từ các mẫu làm giàu trong môi trường PVC-MSM, thu được 18 khuẩn lạc riêng rẽ có hình thái khác nhau (có thể tương ứng với 18 chủng vi khuẩn khác nhau). Các chủng vi khuẩn này được bảo quản trong dịch glycerol ở nhiệt độ -80°C.

3.2. Lựa chọn chủng vi khuẩn có khả năng phân hủy PVC

Các chủng vi khuẩn đã phân lập tiếp tục được sàng lọc trên môi trường thạch PVC-MSM. Trong 18 chủng phân lập

được, chỉ có 5 chủng có thể sinh trưởng và phát triển được trên môi trường thạch PVC-MSM được ký hiệu lần lượt là VK1, VK2, VK3, VK4 và VK5. Hình thái khuẩn lạc của cả 5 chủng trên môi trường thạch PVC-MSM đều nhỏ, tròn và có màu trắng (hình 1).



Hình 1. Hình thái của chủng vi khuẩn VK3 trên môi trường thạch PVC-MSM sau 14 ngày nuôi cấy.

Các chủng vi khuẩn VK1, VK2, VK3, VK4 và VK5 lại tiếp tục được sàng lọc dựa vào khả năng sinh trưởng và phát triển của từng chủng trong môi trường dịch MSM bổ sung 0,2% (w/v) bột nhựa PVC như nguồn carbon duy nhất sau 8 tuần nuôi cấy. Khả năng sinh trưởng của 5 chủng vi khuẩn lựa chọn sau 8 tuần nuôi cấy được xác định bằng số lượng vi khuẩn trong môi trường HKTS, kết quả được thể hiện ở bảng 1.

Bảng 1. Khả năng sinh trưởng và phát triển của 5 chủng vi khuẩn lựa chọn trên môi trường PVC-MSM sau 8 tuần nuôi cấy.

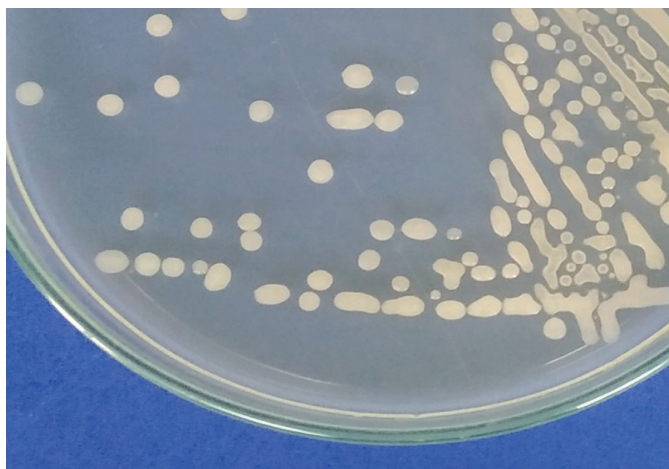
Ký hiệu chủng vi khuẩn	Số lượng vi khuẩn trong môi trường PVC-MSM (CFU/ml)							
	Tuần 1	Tuần 2	Tuần 3	Tuần 4	Tuần 5	Tuần 6	Tuần 7	Tuần 8
VK1	1,5x10 ³	9,0x10 ³	4,3x10 ⁴	3,0x10 ⁵	4,0x10 ⁵	5,2x10 ⁵	1,6x10 ⁵	7,5x10 ⁴
VK2	1,2x10 ³	8,0x10 ²	1,6x10 ²	1,1x10 ⁴	0	0	0	0
VK3	1,1x10 ³	1,5x10 ³	1,6x10 ³	2,1x10 ⁴	4,6x10 ⁴	8,2x10 ⁵	8,3x10 ⁵	9,0x10 ⁵
VK4	1,3x10 ³	1,4x10 ³	1,6x10 ³	2,3x10 ³	1,0x10 ⁴	9,6x10 ⁴	8,3x10 ⁴	9,0x10 ³
VK5	1,5x10 ³	2,0x10 ³	2,7x10 ³	4,1x10 ³	9,4x10 ³	1,18x10 ⁴	9,6x10 ⁴	5,2x10 ⁴

Kết quả ở bảng 1 cho thấy, chủng VK1 và VK3 có khả năng sinh trưởng và phát triển tốt nhất trong môi trường MSM bổ sung bột nhựa PVC như nguồn carbon duy nhất. Trong đó, chủng VK1 đạt số lượng cao nhất từ tuần thứ 4 tới tuần thứ 6 là 3,0x10⁵ đến 5,2x10⁵ CFU/ml và chủng VK3 đạt số lượng cao nhất từ tuần thứ 6 đến tuần thứ 8 là 8,2x10⁵ đến 9,0x10⁵ CFU/ml. Khả năng sinh trưởng trên môi trường PVC-MSM của các chủng VK2 (1,1x10¹-1,2x10³ CFU/ml), VK4 (1,3x10³-9,6x10⁴ CFU/ml) và VK5 (1,5x10³-9,6x10⁴ CFU/ml) đều yếu hơn so với chủng VK1 và VK3.

Số lượng của chủng VK2 giảm từ $1,2 \times 10^3$ CFU/ml tại thời điểm ban đầu xuống $1,1 \times 10^1$ CFU/ml sau 4 tuần nuôi cấy và không được phát hiện trên môi trường HKTS từ tuần thứ 5 trở đi, chủng tổ chủng này không có khả năng sinh trưởng và phát triển trên môi trường PVC-MSM (không có khả năng sử dụng PVC như nguồn carbon duy nhất). Sau 8 tuần nuôi cấy, số lượng khuẩn lạc của các chủng VK1, VK2, VK3, VK4 và VK5 lần lượt là $7,5 \times 10^4$, 0, $9,0 \times 10^5$, $9,0 \times 10^3$ và $5,2 \times 10^4$ CFU/ml, trong đó chủng VK3 có số lượng cao nhất sau 8 tuần nuôi cấy. Do đó, chủng VK3 được lựa chọn để xác định đặc điểm phân loại và đánh giá khả năng phân hủy PVC bằng phương pháp SEM và FTIR.

3.3. Đặc điểm hình thái khuẩn lạc của chủng vi khuẩn VK3

Đặc điểm hình thái khuẩn lạc của chủng vi khuẩn VK3 trên môi trường dinh dưỡng HKTS sau 24 giờ nuôi cấy được thể hiện ở hình 2. Chủng VK3 là vi khuẩn hiếu khí, gram âm, không sinh bào tử, trên môi trường HKTS, chủng VK3 có mép gọn, oval lõm, bóng, nhầy, trắng đục hơi ngả vàng, kích thước 3-4 mm.



Hình 2. Hình thái khuẩn lạc chủng VK3 trên môi trường dinh dưỡng HKTS sau 2 ngày nuôi cấy.

3.4. Phân loại chủng vi khuẩn VK3 bằng phân tích trình tự gen 16S rRNA

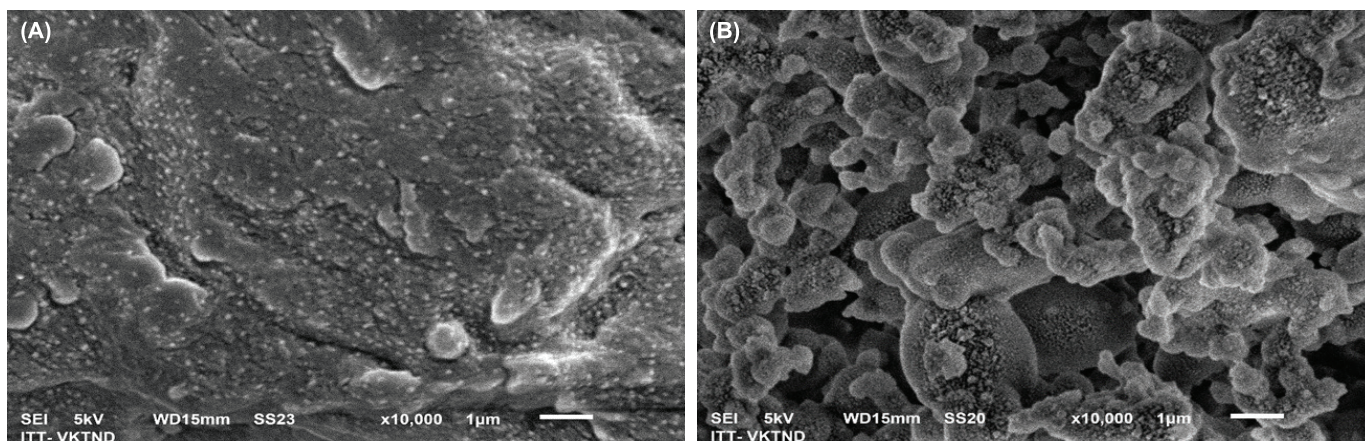
Trong số 18 chủng vi khuẩn phân lập được ban đầu, chủng VK3 được lựa chọn để phân loại và đánh giá khả năng phân hủy nhựa PVC do có khả năng sinh trưởng và phát triển tốt nhất trong môi trường PVC-MSM. Kết quả phân tích trình tự gen 16S rRNA cho thấy, chủng VK3 tương đồng 99% với loài *Alcanivorax* sp. Vì vậy trong nghiên cứu này, chủng VK3 được ký hiệu là *Alcanivorax* sp. VK3.

3.5. Đánh giá khả năng phân hủy nhựa PVC của chủng *Alcanivorax* sp. VK3

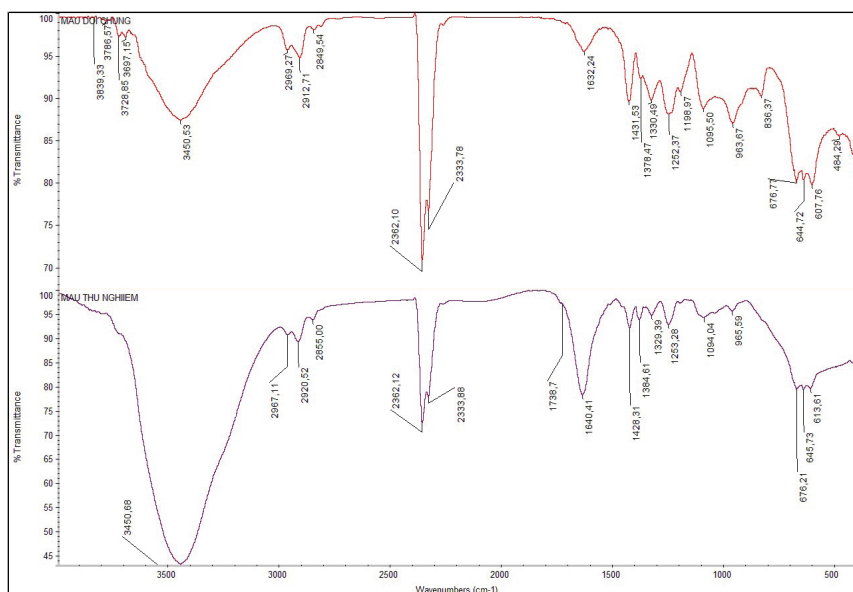
Hình thái cấu trúc của nhựa PVC dưới kính hiển vi SEM: khả năng phân hủy PVC của chủng *Alcanivorax* sp. VK3 đã được nghiên cứu sau 8 tuần nuôi cấy trên môi trường PVC-MSM được thể hiện ở hình 3. Kết quả cho thấy, ở độ phóng đại 10.000 lần, bề mặt vật liệu PVC của mẫu đối chứng (không xử lý với chủng VK3) gần như còn nguyên vẹn, hình thái học bề mặt của mẫu khá phẳng (hình 3A). Trong khi đó, mẫu thử nghiệm xử lý bởi chủng VK3 có sự biến đổi rõ rệt, trên bề mặt mẫu xuất hiện rất nhiều các hốc rỗ và xốp vật liệu như thể hiện ở hình 3B sau 8 tuần thử nghiệm. Kết quả này chứng tỏ chủng vi khuẩn *Alcanivorax* sp. VK3 có khả năng phân hủy nhựa PVC.

3.6. Đánh giá khả năng phân hủy nhựa PVC bằng phân tích FTIR

Hình 4 trình bày kết quả nghiên cứu phổ FTIR của mẫu nhựa PVC đối chứng và mẫu thử nghiệm được xử lý bởi chủng vi khuẩn *Alcanivorax* sp. VK3 sau 8 tuần. Trên phổ của mẫu đối chứng xuất hiện các pic đặc trưng của nhựa PVC như: các đỉnh ở vùng $2362-2333 \text{ cm}^{-1}$ (tương ứng với dao động của nhóm HC-Cl) [5], các pic đặc trưng của nhóm CH_2 ở 2972 cm^{-1} và 2910 cm^{-1} , nhóm $\text{CH}_2\text{-Cl}$ biến dạng ở 1431 cm^{-1} , CH-Cl biến dạng góc ở 1252 cm^{-1} , C-H ở 960 cm^{-1} và liên kết C-Cl đặc trưng bởi các đỉnh 831, 691 và 615 cm^{-1} [7-9].



Hình 3. Ảnh SEM mẫu nhựa PVC đối chứng (A) và mẫu xử lý với chủng *Alcanivorax* sp. VK3 (B) sau 8 tuần.



Hình 4. Phân tích phổ FTIR mẫu nhựa PVC đối chứng (bên trên) và mẫu xử lý với chủng vi khuẩn *Alcanivorax* sp. VK3 (bên dưới).

So sánh với phổ FTIR của mẫu thử nghiệm được xử lý bởi chủng VK3, có sự xuất hiện pic mới ở các bước sóng 1738 cm^{-1} đặc trưng cho nhóm cacbonyl ($\text{C}=\text{O}$), đồng thời, về cường độ của pic đặc trưng, xuất hiện sự suy giảm cường độ tại các pic trong vùng $2362\text{--}2333\text{ cm}^{-1}$ (tương ứng với HC-Cl), vùng $1300\text{--}1000\text{ cm}^{-1}$ của nhóm $\text{CH}_2\text{-Cl}$ đầu mạch [10-12]. Sự xuất hiện của các nhóm cacbonyl có thể làm tăng khả năng hấp thụ nước trên bề mặt mẫu. Do đó, trên phổ hồng ngoại của mẫu sau thử nghiệm vùng 3450 cm^{-1} có đỉnh rộng và cường độ mạnh hơn so với mẫu đối chứng. Các kết quả này cho thấy đã có sự biến đổi về cấu trúc của mạch PVC, đã xuất hiện quá trình khử clo từ PVC của bởi chủng vi khuẩn *Alcanivorax* sp. VK3.

Hiện chưa có công bố nào về khả năng phân hủy PVC cũng như khả năng sử dụng vật liệu này như nguồn carbon duy nhất và năng lượng của vi khuẩn *Alcanivorax*. Tuy nhiên, những công bố về khả năng phân hủy hydrocarbon dầu mỏ và nhựa LDPE (low-density polyethylene) của chủng này đã được biết đến [6, 13, 14].

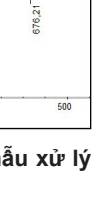
4. Kết luận

Trong số 18 chủng vi khuẩn phân lập được bằng phương pháp làm giàu từ các mẫu bùn và nước ô nhiễm rác thải nhựa ở ven biển Việt Nam đã lựa chọn được chủng *Alcanivorax* sp. VK3 có khả năng phân hủy và sử dụng nhựa PVC như nguồn carbon và năng lượng. Kết quả nghiên cứu cho thấy, chủng *Alcanivorax* sp. VK3 sinh trưởng và phát triển tốt trong MSM bổ sung PVC như nguồn carbon duy nhất sau 8 tuần thử nghiệm. Khả năng phân hủy nhựa PVC của chủng này được minh chứng thông qua sự biến đổi rõ rệt bề mặt vật liệu nhựa PVC và cấu trúc của mạch PVC giữa mẫu đối chứng và mẫu thử nghiệm sau 8 tuần.

LỜI CẢM ƠN

Công trình này được thực hiện với sự hỗ trợ kinh phí của Chương trình hỗ trợ nghiên cứu viên cao cấp của Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam (mã số: NCVCC. 13.09/21-21). Các tác giả xin chân thành cảm ơn.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- 
- FTIR spectrum of PVC film showing characteristic absorption bands at 616.21, 646.73, and 613.61 cm⁻¹. The x-axis represents wavenumber in cm⁻¹ from 1000 to 500, and the y-axis represents transmittance from 0 to 100%.
- 3) và mẫu xử lý**
- [1] A. Amobonye, P. Bhagwat, S. Singh, et al. (2020), "Plastic biodegradation: Frontline microbes and their enzymes", *Science of The Total Environment*, **759**, DOI: 10.1016/j.scitotenv.2020.143536.
 - [2] B.Y. Peng, Z. Chen, J. Chen, et al. (2020), "Biodegradation of polyvinyl chloride (PVC) in *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae) larvae", *Environment International*, **145**, DOI: 10.1016/j.envint.2020.106106.
 - [3] L. Giacomucci, N. Raddadi, M. Soccio, et al. (2019), "Polyvinyl chloride biodegradation by *Pseudomonas citronellolis* and *Bacillus flexus*", *New Biotechnology*, **52**, pp.35-41, DOI: 10.1016/j.nbt.2019.04.005.
 - [4] M.M. Aji, S. Narendren, M.K. Purkait, et al. (2020), "Biopolymer (gum arabic) incorporation in waste polyvinylchloride membrane for the enhancement of hydrophilicity and natural organic matter removal in water", *Journal of Water Process Engineering*, **38**, DOI: 10.1016/j.jwpe.2020.101569.
 - [5] M.I. Ali, S. Ahmed, G. Robson, et al. (2012), "Isolation and molecular characterization of polyvinyl chloride (PVC) plastic degrading fungal isolates", *Journal of Basic Microbiology*, **54(1)**, pp.18-27, DOI: 10.1002/jobm.201200496.
 - [6] T.N. Chernikova, R. Bargiela, S.V. Toshchakov, et al. (2020), "Hydrocarbon-degrading bacteria *alcanivorax* and *marinobacter* associated with microalgae *Pavlova lutheri* and *Nannochloropsis oculata*", *Font. Microbiol.*, **11**, pp.1-14, DOI: 10.3389/fmicb.2020.572931.
 - [7] J. Chen, X.A. Nie, J.C. Jiang, et al. (2018), "Thermal degradation and plasticizing mechanism of poly(vinyl chloride) plasticized with a novel cardanol derived plasticizer", *IOP Conference Series - Materials Science and Engineering*, **292**, DOI: 10.1088/1757-899X/292/1/012008/meta.
 - [8] M. Pandey, G.M. Joshi, A. Mukherjee, et al. (2016), "Electrical properties and thermal degradation of poly (vinyl chloride)/polyvinylidene fluoride/ZnO polymer nanocomposites", *Polymer International*, **15(9)**, pp.1098-1106, DOI: 10.1002/pi.5161.
 - [9] V.K. Plakunov, A.V. Gannesen, S.V. Mart'yanov, et al. (2020), "Biocorrosion of synthetic plastics: Degradation mechanisms and methods of protection", *Microbiology*, **89**, pp.647-659, DOI: 10.1134/S0026261720060144.
 - [10] J. Almond, P. Sugumaar, M.N. Wenzel, et al. (2020), "Determination of the carbonyl index of polyethylene and polypropylene using specified area under band methodology with ATR-FTIR spectroscopy", *E-Polymers*, **20(1)**, pp.369-381, DOI: 10.1515/epoly-2020-0041.
 - [11] Organic Chemistry at CU Boulder (2021), "IR spectroscopy tutorial: Alkyl halides", <https://orgchemboulder.com/Spectroscopy/irtutor/tutorial.shtml>, accessed 20 December 2021.
 - [12] S.D. Khandare, D.R. Chaudhary, B. Jha (2021), "Bioremediation of polyvinyl chloride (PVC) films by marine bacteria", *Marine Pollution Bulletin*, **169**, DOI: 10.1016/j.marpolbul.2021.112566.
 - [13] A. Delacuvellerie, V. Cyriaque, S. Gobert, et al. (2019), "The plastisphere in marine ecosystem hosts potential specific microbial degraders including *Alcanivorax borkumensis* as a key player for the low-density polyethylene degradation", *Journal of Hazardous Materials*, **380**, DOI: 10.1016/j.jhazmat.2019.120899.
 - [14] D.J. Lane (2021), "16S/23S rRNA sequencing", *CiNii Research*, <https://cir.nii.ac.jp/crid/1573950399022125056>, accessed 20 December 2021 (in Japanese).