



Original Article

Assessment of Heavy Metal (As, Pb, Cd, Zn) Concentrations in the Hard Clam (*Meretrix lyrata*) from Selected Coastal Areas of Quang Ninh and Hai Phong, Vietnam

Le Van Nam^{1,2,*}, Duong Thanh Nghi², Tran Van Quy³, Le Huu Tuyen³,
Pham Thi Minh Trang³, Pham Thi Tuyet Anh³, Tran Thi Bich Linh³,
Truong Thi Mai Ninh³, Nguyen Thi Mai Luu², Nguyen Thi Thu Ha²,
Do Manh Hao², Nguyen Van Bach², Nguyen Van Quan²,
Le Xuan Sinh^{1,2}, Dao Thi Anh Tuyet^{1,2}, Nguyen Hong Ngoc⁴

¹Graduate University of Science and Technology, Vietnam Academy of Science and Technology,
18 Hoang Quoc Viet, Nghia Do, Hanoi, Vietnam

²Institute of Science and Technology for Energy and Environment,
Vietnam Academy of Science and Technology 18 Hoang Quoc Viet, Nghia Do, Hanoi, Vietnam

³VNU University of Science, 334 Nguyen Trai, Thanh Xuan, Hanoi, Vietnam

⁴Center for High Technology Research and Development, Vietnam Academy of Science and Technology,
18 Hoang Quoc Viet, Nghia Do, Hanoi, Vietnam

Received 08th August 2025

Revised 15th September 2025; Accepted 30th September 2025

Abstract: The study focuses on assessing the concentrations of heavy metals (As, Pb, Cd, Zn) in hard clam (*Meretrix lyrata*) collected from five coastal areas of Quang Ninh (Mong Cai, Ha Long) and Hai Phong (Do Son, Kien Hai, Hung Thang). The results showed that concentrations of As (2.6 - 3.31 µg/L), Pb (2.3 - 5.4 µg/L), and Cd (0.59 - 1.07 µg/L) in water samples were below the limits set by QCVN 10:2023/BTNMT, whereas Zn (216.15 - 878.7 µg/L) exceeded the threshold value of 100 µg/L. In clam tissues, As (0.19 - 0.25 mg/kg wet weight), Pb (0.114 - 0.178 mg/kg wet weight), Cd (0.98 - 1.34 mg/kg wet weight), and Zn (17.37 - 21.75 mg/kg wet weight) were within the safety limits regulated by Decision No. 46/2007/QĐ-BYT, QCVN 8-2:2011/BYT, and WHO guidelines. The bioaccumulation factor (BAF) indicated that Cd had a bioaccumulation potential ranging from 915.89 to 1819.67 L/kg wet weight, whereas As, Pb, and Zn were below the threshold of 1,000 L/kg wet weight, showing no bioaccumulation. These findings suggest that hard clam (*Meretrix lyrata*) from the studied areas are safe for consumption; however, continuous monitoring of Cd levels in clam tissues and Zn pollution in water is recommended.

Keywords: Heavy Metals, Clams, Quang Ninh, Hai Phong.

* Corresponding author.

E-mail address: namlektmt@gmail.com

<https://doi.org/10.25073/2588-1094/vnuees.5421>

Đánh giá hàm lượng kim loại nặng (As, Pb, Cd, Zn) trong ngao Bến Tre (*Meretrix lyrata*) tại một số khu vực ven biển thuộc Quảng Ninh và Hải Phòng

Lê Văn Nam^{1,2,*}, Dương Thanh Nghi², Trần Văn Quy³, Lê Hữu Tuyền³,
Phạm Thị Minh Trang³, Phạm Thị Tuyết Anh³, Trần Thị Bích Linh³,
Trương Thị Mai Ninh³, Nguyễn Thị Mai Lựu², Nguyễn Thị Thu Hà²,
Đỗ Mạnh Hào², Nguyễn Văn Bách², Nguyễn Văn Quân²,
Lê Xuân Sinh^{1,2}, Đào Thị Ánh Tuyết^{1,2}, Nguyễn Hồng Ngọc⁴

¹Học viện Khoa học và Công nghệ, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam,
18 Hoàng Quốc Việt, Nghĩa Đô, Hà Nội, Việt Nam

²Viện Khoa học công nghệ Năng lượng và Môi trường, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam,
18 Hoàng Quốc Việt, Nghĩa Đô, Hà Nội, Việt Nam

³Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, Đại học Quốc gia Hà Nội,
334 Nguyễn Trãi, Thanh Xuân, Hà Nội, Việt Nam

⁴Trung tâm Nghiên cứu và Phát triển công nghệ cao, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam,
18 Hoàng Quốc Việt, Nghĩa Đô, Hà Nội, Việt Nam

Nhận ngày 08 tháng 8 năm 2025

Chỉnh sửa ngày 15 tháng 9 năm 2025; Chấp nhận đăng ngày 30 tháng 9 năm 2025

Tóm tắt: Nghiên cứu tập trung đánh giá hàm lượng kim loại nặng (As, Pb, Cd, Zn) trong loài ngao Bến Tre (*Meretrix lyrata*) tại 5 khu vực ven biển Quảng Ninh (Móng Cái, Hạ Long) và Hải Phòng (Đồ Sơn, Kiến Hải, Hùng Thắng). Kết quả phân tích cho thấy hàm lượng As trong nước dao động từ 2,6 đến 3,31 µg/L, Pb (2,3 - 5,4 µg/L) và Cd (0,59 - 1,07 µg/L), đều thấp hơn ngưỡng cho phép theo QCVN 10:2023/BTNMT; trong khi Zn (216,15 - 878,7 µg/L), vượt giới hạn cho phép (100 µg/L). Ở mẫu thịt ngao Bến Tre (*Meretrix lyrata*), hàm lượng As (0,19 - 0,25 mg/kg ướt), Pb (0,114 - 0,178 mg/kg ướt), Cd (0,98 - 1,34 mg/kg ướt) và Zn (17,37 - 21,75 mg/kg ướt), tất cả đều nằm trong giới hạn an toàn theo Quyết định số 46/2007/QĐ-BYT, QCVN 8-2:2011/BYT và khuyến cáo của WHO. Hệ số tích lũy sinh học (BAF) chỉ ra rằng Cd có khả năng tích lũy ở mức từ 915,89 đến 1819,67 L/kg ướt, trong khi As, Pb và Zn đều dưới ngưỡng 1000 L/kg, không có khả năng tích lũy sinh học. Các kết quả này cho thấy sản phẩm ngao Bến Tre (*Meretrix lyrata*) tại khu vực nghiên cứu nhìn chung an toàn cho tiêu dùng, song cần chú ý theo dõi hàm lượng Cd trong thịt ngao và ô nhiễm Zn trong môi trường nước.

Từ khóa: Kim loại nặng, Ngao, Quảng Ninh, Hải Phòng.

* Tác giả liên hệ.

Địa chỉ email: namlektmt@gmail.com

<https://doi.org/10.25073/2588-1094/vnuees.5421>

1. Mở đầu

Trong những năm gần đây, vấn đề ô nhiễm kim loại nặng trong thực phẩm đã trở thành mối quan tâm của cộng đồng khoa học và xã hội do những ảnh hưởng bất lợi đến sức khỏe con người. Các nguyên tố như chì (Pb), asen (As), đồng (Cu), sắt (Fe), cadimi (Cd), kẽm (Zn), thủy ngân (Hg), niken (Ni) và crom (Cr) có khả năng tích lũy sinh học trong nhiều loại thực phẩm, qua đó tạo ra nguy cơ phơi nhiễm cho người tiêu dùng.

Theo đó, khi các kim loại đi vào môi trường, chúng có thể tích lũy trong chuỗi thức ăn. Theo thời gian, quá trình khuếch đại sinh học này có thể gây ra những tổn hại nghiêm trọng đối với hệ sinh thái và đe dọa sức khỏe con người với nguy cơ gây ung thư và nhiều tác hại nghiêm trọng khác [1].

Trong hệ sinh thái biển ven bờ, các loài nhuyễn thể đáy thường được lựa chọn làm đối tượng nghiên cứu bởi chúng có đặc điểm ít di chuyển, sống định cư và dinh dưỡng chủ yếu thông qua cơ chế lọc mùn bã hữu cơ. Đặc tính này khiến chúng có khả năng tích lũy sinh học cao đối với các chất ô nhiễm trong môi trường nước [2].

Khu vực ven biển Quảng Ninh và Hải Phòng, chịu tác động mạnh từ nguồn thải lục địa qua các cửa sông lớn như Bạch Đằng, Văn Úc và Cửa Lục. Các kết quả quan trắc cho thấy dải ven bờ khu vực này, hằng năm tiếp nhận một lượng lớn chất ô nhiễm có độc tính cao. Sự tích tụ của các chất này gây nguy cơ đáng kể đối với hệ sinh vật thủy sinh, làm gia tăng mức độ độc hại trong môi trường biển ven bờ [3].

Ngao Bến Tre (*Meretrix lyrata*) là loài nhuyễn thể hai mảnh vỏ có giá trị kinh tế cao, được nuôi phổ biến tại các tỉnh Đồng bằng Sông Cửu Long. Từ năm 2004 - 2006, loài này được di giống và phát triển tại nhiều tỉnh ven biển miền Bắc như Ninh Bình, Hưng Yên, Hải Phòng, Thanh Hóa [4].

Trong quá trình sinh trưởng và phát triển, Ngao Bến Tre có khả năng lọc nước, nhờ đó dễ dàng tích lũy các chất ô nhiễm, đặc biệt là kim loại nặng. Vì vậy, việc đánh giá mối liên hệ giữa hàm lượng kim loại nặng trong nước và mức độ tích lũy trong cơ thể Ngao Bến Tre có ý nghĩa

quan trọng, giúp xác định khả năng tích lũy sinh học của loài này tại khu vực nghiên cứu. Các nguyên tố kim loại nặng như As, Pb, Cd và Zn được xem là thông số đáng chú ý do tính độc hại cũng như khả năng tích lũy trong cơ thể ngao. Kết quả đánh giá này không chỉ hỗ trợ công tác giám sát chất lượng thực phẩm thủy sản (ngao) ở vùng ven biển Quảng Ninh - Hải Phòng, mà còn góp phần định hướng quy hoạch vùng nuôi an toàn, đảm bảo nguồn cung thực phẩm sạch cho cộng đồng.

Nghiên cứu tập trung đánh giá hàm lượng các kim loại nặng (As, Pb, Cd, Zn) tích lũy trong ngao Bến Tre (*Meretrix lyrata*) tại một số vùng nuôi ven biển thuộc tỉnh Quảng Ninh và thành phố Hải Phòng.

2. Phương pháp nghiên cứu

2.1. Đối tượng và phạm vi nghiên cứu

2.1.1. Đối tượng nghiên cứu

Đối tượng nghiên cứu là ngao Bến Tre *Meretrix lyrata* (Sowerby, 1851).

Ngành: Mollusca.

Lớp: Hai mảnh vỏ (Bivalvia).

Bộ: Heterodonta.

Họ: Veneridae.

Giống: *Meretrix*.

Loài: *Meretrix lyrata*.



Hình 1. Loài ngao Bến Tre.

2.1.2. Phạm vi nghiên cứu

Các mẫu ngao và mẫu nước phục vụ nghiên cứu được thu thập tại các khu vực ven biển gồm Móng Cái (phường Móng Cái 1 - tỉnh Quảng Ninh); Hạ Long (phường Hạ Long - tỉnh Quảng Ninh); Đồ Sơn (phường Đồ Sơn - thành phố Hải Phòng); Kiến Hải (xã Kiến Hải - thành phố Hải Phòng); Hùng Thắng (xã Hùng Thắng - thành phố Hải Phòng). Vị trí lấy mẫu được minh họa trong Hình 2. Hoạt động lấy mẫu ngao và mẫu nước được thực hiện vào tháng 02 năm 2025.

2.2. Phương pháp lấy và bảo quản mẫu

2.2.1. Phương pháp lấy mẫu

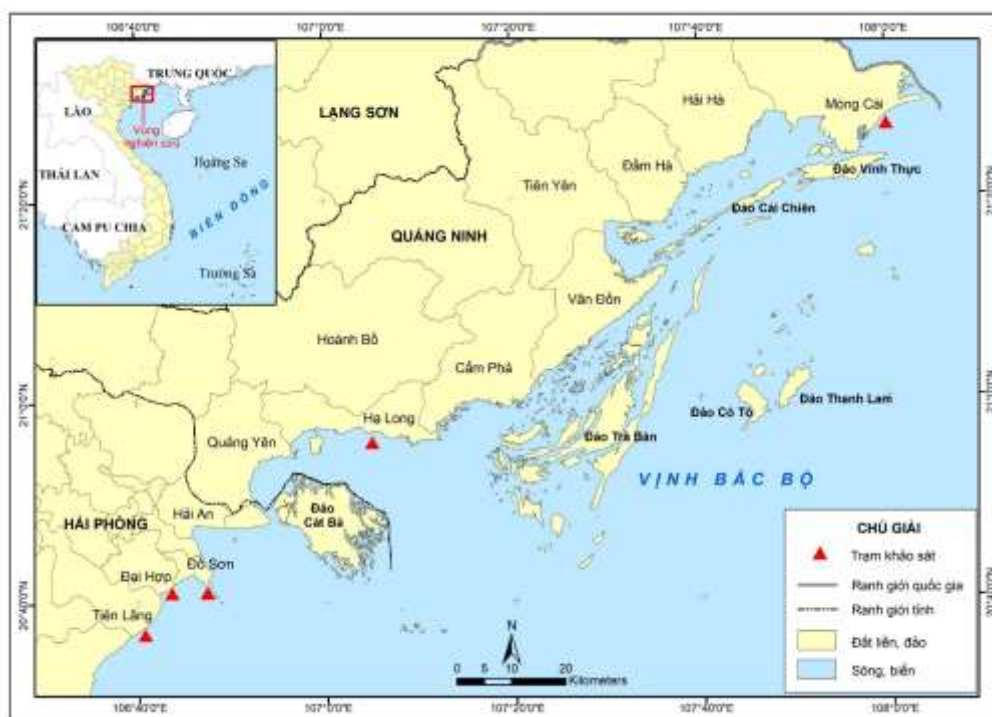
Mẫu ngao được mua lại từ các ngư dân đánh bắt trực tiếp trên bãi triều tại vùng ven biển khu vực nghiên cứu. Mỗi mẫu gồm từ 15-30 cá thể, số lượng cụ thể được điều chỉnh theo kích thước của ngao tại thời điểm lấy mẫu nhằm đảm bảo

khối lượng mẫu đại diện. Phương pháp lấy mẫu ngao được thực hiện theo Thông tư 14/2011/TT-BYT của Bộ Y tế năm 2011: Hướng dẫn chung về lấy mẫu thực phẩm phục vụ thanh tra, kiểm tra chất lượng, vệ sinh an toàn thực phẩm [5].

Phương pháp lấy mẫu nước tại các khu vực nuôi ngao được thực hiện theo Thông tư số 10/2021/TT-BTNMT của Bộ Tài nguyên và Môi trường, quy định kỹ thuật quan trắc môi trường và quản lý thông tin, dữ liệu quan trắc chất lượng môi trường [6]. Mỗi khu vực nuôi ngao được lấy một mẫu nước đại diện để phân tích.

2.2.2. Phương pháp bảo quản mẫu

Mẫu nước phục vụ phân tích kim loại nặng được chứa trong chai thủy tinh, bảo quản lạnh ở nhiệt độ $\leq 6^{\circ}\text{C}$ và được cô định bằng axit HNO_3 . Đối với mẫu ngao, sau khi lấy mẫu, mẫu được bảo quản ở trạng thái đông đá và giữ nguyên trong suốt quá trình vận chuyển cho đến khi tiến hành phân tích.



Hình 2. Phạm vi nghiên cứu.

Ghi chú: Điểm thu mẫu Móng Cái (nay thuộc phường Móng Cái 1 - tỉnh Quảng Ninh); Hạ Long (nay thuộc phường Hạ Long - tỉnh Quảng Ninh); Đồ Sơn (nay thuộc phường Đồ Sơn - thành phố Hải Phòng); Đại Hợp (nay thuộc xã Kiến Hải - thành phố Hải Phòng); Tiên Lãng (nay thuộc xã Hùng Thắng - thành phố Hải Phòng).

2.3. Phương pháp phân tích mẫu trong phòng thí nghiệm

2.3.1. Phương pháp xác định hàm lượng kim loại nặng (As, Pb, Cd, Zn) trong nước

Mẫu nước sau khi được lấy, mang về phòng thí nghiệm, để ổn định tại nhiệt độ phòng trước khi lọc qua dụng cụ lọc (đường kính lỗ 0,45 μm).

Hàm lượng As trong mẫu nước được phân tích bằng hệ thống AAS AA - 7000 của hãng Shimadzu, Nhật Bản với 02 kỹ thuật GF - AAS và HVG-AAS, theo phương pháp SMEWW 3114.C: 2017 [7].

Hàm lượng Pb và Cd trong mẫu nước được phân tích bằng kỹ thuật quang phổ hấp thụ nguyên tử không ngọn lửa (GF-AAS), trên thiết bị AA-7000 của hãng Shimadzu (Nhật Bản), theo phương pháp SMEWW 3113.B: 2017 [7].

Hàm lượng kẽm (Zn) trong mẫu nước được phân tích bằng hệ thống AAS AA - 7000 của hãng Shimadzu, Nhật Bản theo phương pháp quang phổ hấp thụ nguyên tử ngọn lửa (F-AAS), SMEWW 3111.B: 2017 [7].

2.3.2. Phương pháp xác định hàm lượng kim loại nặng (As, Pb, Cd, Zn) trong thịt ngao

Mẫu ngao sau khi lấy được rửa sạch bằng nước máy và nước cất. Các kích thước hình thái gồm chiều dài (cm), chiều rộng (cm) và chiều cao (cm) được xác định bằng thước kẹp. Phần thịt ngao sau đó được tách riêng và cân khối lượng.

Sau đó, cân 0,5 g mẫu mô thịt ngao cho vào bình bomb Teflon. Thêm 5 mL HNO_3 đậm đặc và 2 mL H_2O_2 lắc đều. Đem mẫu vào lò sấy ở 140°C trong 3 giờ bằng lò vi sóng Qlab Pro (hãng Questron - Canada). Đợi nguội rồi mở nắp bomb Teflon lọc mẫu bằng dụng cụ lọc (có đường kính lỗ 0,45 μm) chuyển vào bình định mức 25 mL, định mức đến vạch bằng nước deion, lắc đều mẫu. Chuyển sang ống falcon (định mức đến 50 mL) để lưu mẫu trước khi tiến hành đo bằng thiết bị AAS.

Sau đó, hàm lượng các kim loại nặng (As, Pb, Cd, Zn) trong mẫu thịt ngao được xác định bằng hệ thống quang phổ hấp thụ nguyên tử AA-7000 (Shimadzu, Nhật Bản). Trong đó, As được phân tích theo SMEWW 3114.C:2017 bằng kỹ thuật hydride hóa (HVG-AAS); Pb và Cd được

xác định theo SMEWW 3113.B:2017 bằng quang phổ hấp thụ nguyên tử lò graphit (GF-AAS); còn Zn được phân tích theo SMEWW 3111.B:2017 bằng quang phổ hấp thụ nguyên tử ngọn lửa (F-AAS).

2.4. Phương pháp đánh giá mức độ tích lũy kim loại nặng (As, Pb, Cd, Zn) trong thịt ngao

Hệ số tích lũy sinh học (Bio Accumulation Factor - BAF) được sử dụng để đánh giá tích tụ kim loại nặng (As, Pb, Cd, Zn) trong thịt ngao, được xác định theo công thức [8]:

$$\text{BAF} = \frac{C_t}{C_w},$$

Trong đó:

BAF - Hệ số tích lũy sinh học (L/kg ướt);

C_t - Hàm lượng kim loại nặng (As, Pb, Cd, Zn) trong thịt ngao (mg/kg ướt);

C_w - Hàm lượng kim loại nặng (As, Pb, Cd, Zn) trong nước khu vực nuôi ngao (mg/L).

Hệ số BAF được phân loại như sau [10]:

BAF < 1000: không có khả năng tích lũy sinh học.

1000 < BAF < 5000: có khả năng tích lũy sinh học.

BAF > 5000: tích lũy sinh học ở mức độ rất cao.

2.5. Phương pháp xử lý số liệu

Dữ liệu phân tích thu được trong quá trình nghiên cứu sẽ được tổng hợp và xử lý bằng phần mềm Microsoft Excel: Sắp xếp dữ liệu, tính toán thống kê mô tả như giá trị trung bình, độ lệch chuẩn, giá trị lớn nhất - nhỏ nhất và biểu diễn kết quả dưới dạng bảng, đồ thị trực quan.

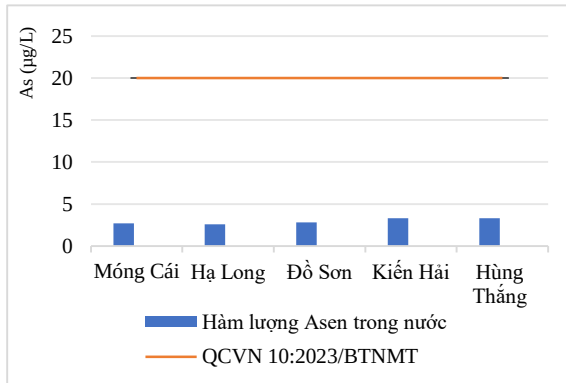
3. Kết quả nghiên cứu

3.1. Hàm lượng kim loại nặng (As, Pb, Cd, Zn) trong nước khu vực nuôi ngao

3.1.1. Hàm lượng As trong nước

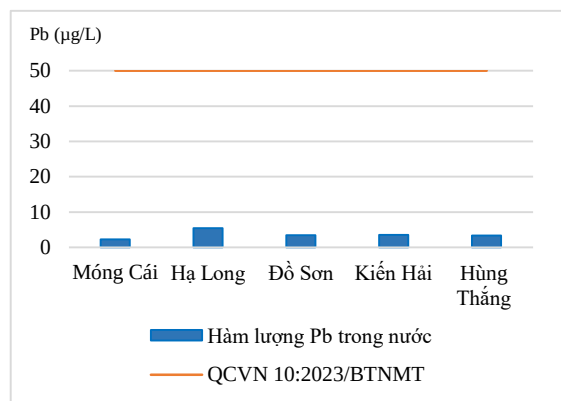
Kết quả phân tích cho thấy hàm lượng As trong nước tại các khu vực nuôi ngao có xu hướng giảm dần theo thứ tự: Kiến Hải, Hùng Thắng, Đồ Sơn, Móng Cái 1 và Hạ Long, với giá

trị dao động từ 2,60 đến 3,31 $\mu\text{g/L}$. Các giá trị này đều thấp hơn giới hạn cho phép theo QCVN 10:2023/BTNMT - Quy chuẩn Kỹ thuật Quốc gia về chất lượng nước biển (20 $\mu\text{g/L}$) [12]. Do đó, tại thời điểm nghiên cứu, môi trường nước tại các khu vực nuôi ngao chưa có dấu hiệu ô nhiễm As (Hình 3).



Hình 3. Hàm lượng As trong mẫu nước.

3.1.2. Hàm lượng Pb trong nước



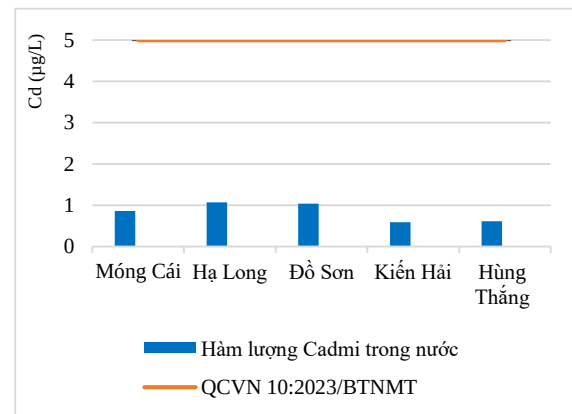
Hình 4. Hàm lượng Pb trong mẫu nước.

Kết quả phân tích cho thấy hàm lượng Pb trong nước tại các khu vực nuôi ngao giảm dần theo thứ tự: Hạ Long > Kiến Hải > Đồ Sơn > Hùng Thắng > Móng Cái, với giá trị dao động từ 2,30 đến 5,40 $\mu\text{g/L}$. Tất cả các giá trị này đều thấp hơn giới hạn cho phép theo QCVN 10:2023/BTNMT (50 $\mu\text{g/L}$) [12], cho thấy chất lượng nước tại khu vực nghiên cứu chưa có dấu hiệu ô nhiễm Pb. Tuy nhiên, sự khác biệt về hàm lượng Pb giữa các địa điểm, đặc biệt là giá trị cao

hơn tại Hạ Long, có thể phản ánh ảnh hưởng từ các hoạt động công nghiệp hoặc giao thông đường thủy trong khu vực (Hình 4).

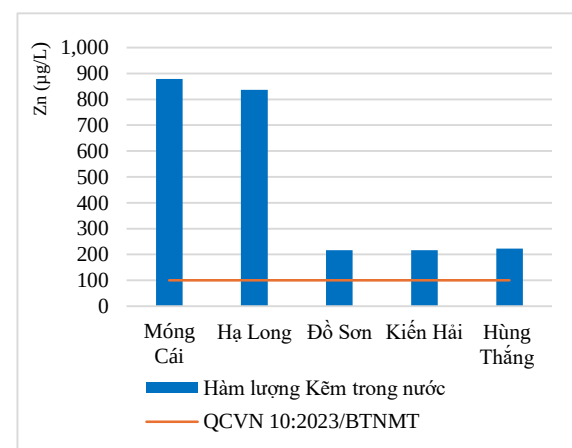
3.1.3. Hàm lượng Cd trong nước

Kết quả phân tích cho thấy hàm lượng Cd trong nước tại các khu vực nuôi ngao giảm dần theo thứ tự: Hạ Long > Đồ Sơn > Móng Cái > Hùng Thắng > Kiến Hải, với giá trị dao động từ 0,59 đến 1,07 $\mu\text{g/L}$. Các giá trị này đều thấp hơn giới hạn cho phép theo QCVN 10:2023/BTNMT (5 $\mu\text{g/L}$) [12], cho thấy tại thời điểm nghiên cứu, môi trường nước tại các vùng nuôi ngao trong khu vực khảo sát chưa có dấu hiệu ô nhiễm Cd (Hình 5).



Hình 5. Hàm lượng Cd trong mẫu nước.

3.1.4. Hàm lượng Zn trong nước



Hình 6. Hàm lượng Zn trong mẫu nước.

Hàm lượng Zn trong nước tại các khu vực nuôi ngao dao động từ 216,15 $\mu\text{g/L}$ (Kiến Hải) đến 878,70 $\mu\text{g/L}$ (Móng Cái), đều vượt quá giới hạn cho phép theo QCVN 10:2023/BTNMT (100 $\mu\text{g/L}$) [12]. Điều này cho thấy nguy cơ ô nhiễm Zn tại khu vực lấy mẫu, có thể gây tác động bất lợi đến sức khỏe con người và hệ sinh thái. Do đó, cần triển khai các giải pháp quản lý và kiểm soát nguồn thải, đặc biệt là nước thải từ hoạt động sản xuất, khai thác và chăn nuôi, nhằm hạn chế sự gia tăng hàm lượng Zn trong môi trường nước (Hình 6).

3.2. Kích thước và khối lượng của mẫu ngao

Từ kết quả đo và phân tích mẫu ngao cho thấy, kích thước trung bình của ngao thu thập tại 5 khu vực có sự dao động đáng kể. Cụ thể, chiều dài vỏ dao động từ 26,90 đến 39,24 mm; chiều rộng vỏ từ 22,00 đến 32,24 mm; chiều cao vỏ từ 13,90 đến 21,29 mm. Khối lượng thịt ngao dao động trong khoảng từ 2,86 đến 8,57 g/con. Như vậy, mẫu ngao tại Móng Cái có kích thước lớn nhất và khối lượng thịt trung bình cao nhất, Hùng Thắng là khu vực có kích thước ngao nhỏ nhất và khối lượng thịt thấp nhất (Bảng 1).

Bảng 1. Kích thước và khối lượng thịt ngao trung bình tại các địa điểm lấy mẫu

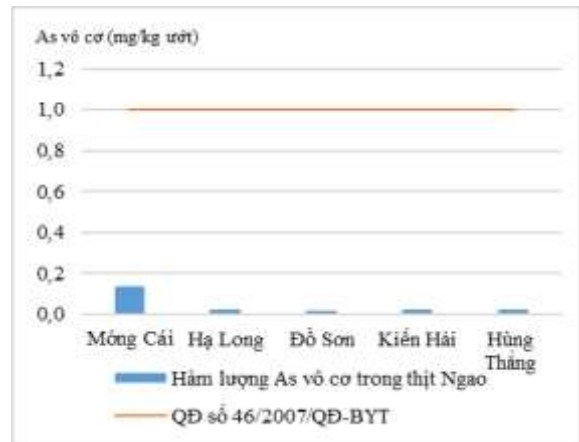
TT	Địa điểm	Số lượng ngao (con)	Chiều dài vỏ (mm)	Chiều rộng vỏ (mm)	Chiều cao vỏ (mm)	Khối lượng thịt ngao (g)
1	Móng Cái	21	39,24 $\pm$ 2,70	32,24 $\pm$ 2,61	21,29 $\pm$ 2,12	8,57 $\pm$ 1,97
2	Hạ Long	30	32,83 $\pm$ 2,15	26,67 $\pm$ 1,58	17,57 $\pm$ 1,70	5,47 $\pm$ 0,90
3	Đồ Sơn	15	37,40 $\pm$ 1,45	30,93 $\pm$ 2,31	20,40 $\pm$ 0,91	7,13 $\pm$ 0,94
4	Kiến Hải	25	36,04 $\pm$ 2,32	30,28 $\pm$ 1,88	18,64 $\pm$ 1,87	6,68 $\pm$ 1,03
5	Hùng Thắng	30	26,90 $\pm$ 1,56	22,00 $\pm$ 1,17	13,90 $\pm$ 1,06	2,86 $\pm$ 0,52

3.3. Hàm lượng kim loại nặng (As, Pb, Cd, Zn) trong thịt ngao

3.3.1. Hàm lượng As trong thịt ngao

Hàm lượng As trung bình trong thịt ngao tại các khu vực lấy mẫu được xác định giảm dần theo thứ tự: Móng Cái, Hạ Long = Kiến Hải, Hùng Thắng, Đồ Sơn, với giá trị dao động từ 0,19 đến 1,34 mg/kg ướt (Bảng 2).

Theo một số nghiên cứu, khoảng 90% Asen trong mô nhuyễn thể tồn tại dưới dạng hợp chất hữu cơ, vốn có độc tính thấp đối với con người, trong khi chỉ khoảng 10% tồn tại ở dạng vô cơ - dạng có độc tính cao [13]. Như vậy, hàm lượng As vô cơ trong thịt ngao tại 5 điểm lấy mẫu đều thấp hơn giới hạn cho phép theo Quyết định số 46/2007/QĐ-BYT về quy định giới hạn tối đa ô nhiễm sinh học và hóa học trong thực phẩm [16] (1 mg/kg ướt). Điều này cho thấy, tại thời điểm nghiên cứu, hàm lượng As vô cơ trong thịt ngao không vượt ngưỡng quy định đối với As vô cơ, sản phẩm bảo đảm an toàn thực phẩm (Hình 7).

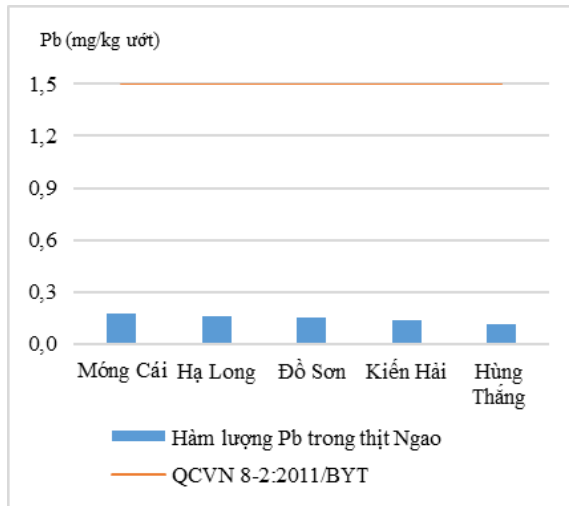


Hình 7. Hàm lượng As vô cơ trung bình trong thịt ngao.

3.3.2. Hàm lượng Pb trong thịt ngao

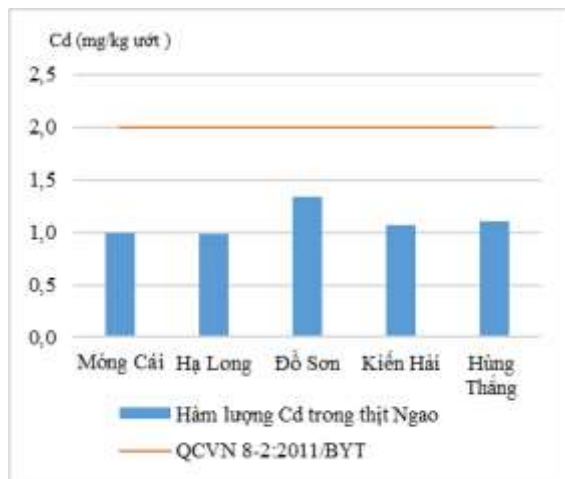
Hàm lượng Pb trung bình trong thịt ngao cao nhất được ghi nhận tại Móng Cái, tiếp đến là Hạ Long, Đồ Sơn, Kiến Hải và thấp nhất tại Hùng Thắng, với giá trị dao động từ 0,114 đến 0,178 mg/kg ướt (Bảng 2). Tất cả các giá trị này đều

thấp hơn giới hạn cho phép theo QCVN 8-2:2011/BYT - Quy chuẩn Kỹ thuật Quốc gia đối với giới hạn ô nhiễm kim loại nặng trong thực phẩm (1,5 mg/kg) [17]. Như vậy, tại thời điểm nghiên cứu, mẫu ngao thu thập tại các khu vực nuôi đều đáp ứng yêu cầu an toàn thực phẩm về hàm lượng Pb (Hình 8).



Hình 8. Hàm lượng Pb trung bình trong thịt ngao.

3.3.3. Hàm lượng Cd trong thịt ngao



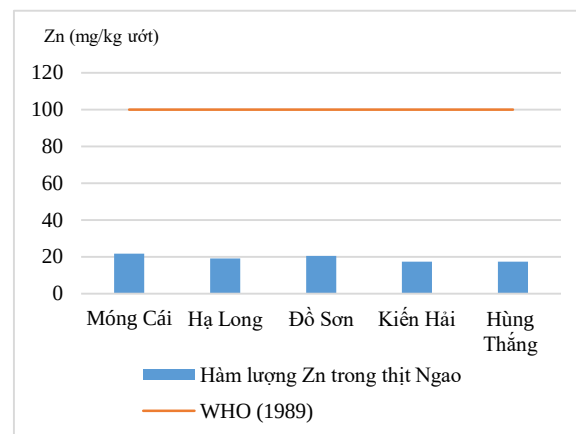
Hình 9. Hàm lượng Cd trung bình trong thịt ngao.

Hàm lượng Cd trung bình trong thịt ngao giảm dần theo thứ tự: Đồ Sơn > Hùng Thắng > Kiến Hải > Móng Cái > Hạ Long, với giá trị dao động từ 0,98 đến 1,34 mg/kg ướt (Bảng 2). Tất

cả các giá trị này đều thấp hơn giới hạn cho phép theo QCVN 8-2:2011/BYT (2 mg/kg ướt) [17]. Như vậy, tại thời điểm nghiên cứu, mẫu ngao tại các khu vực khảo sát không có dấu hiệu ô nhiễm Cd và đáp ứng yêu cầu an toàn thực phẩm (Hình 9).

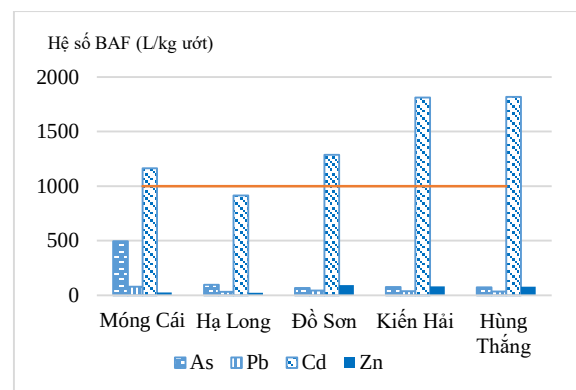
3.3.4. Hàm lượng Zn trong thịt ngao

Hàm lượng Zn trung bình trong thịt ngao dao động từ 17,37 đến 21,75 mg/kg ướt, giảm dần theo thứ tự: Móng Cái > Đồ Sơn > Hạ Long > Hùng Thắng > Kiến Hải (Bảng 2). Khi so sánh với giới hạn cho phép đối với động vật thân mềm theo khuyến cáo của WHO (100 mg/kg ướt) [19], tất cả các mẫu ngao phân tích đều có hàm lượng Zn thấp hơn ngưỡng quy định (Hình 10).



Hình 10. Hàm lượng Zn trung bình trong thịt ngao.

3.4. Mức độ tích lũy kim loại nặng (As, Pb, Cd, Zn) trong thịt ngao



Hình 11. Hệ số BAF của kim loại nặng (As, Pb, Cd, Zn) trong thịt ngao.

Giá trị hệ số tích lũy sinh học (BAF) đối với As dao động từ 67,1 đến 496,3 L/kg ứót, giảm dần theo thứ tự: Móng Cái > Hạ Long > Kiến Hải > Hùng Thắng > Đồ Sơn; tất cả các giá trị đều < 1000 L/kg ứót, cho thấy As không có khả năng tích lũy sinh học. Đối với Pb, hệ số BAF dao động từ 30,6 đến 77,4 L/kg ứót, với mức độ tích lũy giảm dần theo thứ tự: Móng Cái > Đồ Sơn > Kiến Hải > Hùng Thắng > Hạ Long; các giá trị đều < 1000 L/kg ứót, cho thấy Pb cũng không có khả năng tích lũy sinh học. Ngược lại, hệ số BAF của Cd dao động từ 915,89 L/kg ứót đến 1819,67

L/kg ứót, trong đó Kiến Hải và Hùng Thắng ghi nhận giá trị cao nhất, Hạ Long thấp nhất; ngoại trừ Hạ Long (BAF < 1000 L/kg ứót), các khu vực còn lại đều có giá trị trong khoảng 1000 - 5000 L/kg ứót, cho thấy Cd có khả năng tích lũy sinh học. Đối với Zn, hệ số BAF dao động từ 22,90 đến 94,36 L/kg ứót, giảm dần theo thứ tự: Đồ Sơn > Kiến Hải > Hùng Thắng > Móng Cái > Hạ Long; tất cả các giá trị BAF < 1000 L/kg ứót, cho thấy Zn không có khả năng tích lũy sinh học (Bảng 3, Hình 11).

Bảng 2. Hàm lượng kim loại nặng (As, Pb, Cd, Zn) trong thịt ngao *Meretrix lyrata*

TT	Địa điểm	As (mg/kg ứót)	Pb (mg/kg ứót)	Cd (mg/kg ứót)	Zn (mg/kg ứót)
1	Móng Cái (n = 3)	1,34 ± 0,055	0,178 ± 0,06	1,00 ± 0,08	21,75 ± 4,44
2	Hạ Long (n = 3)	0,25 ± 0,057	0,165 ± 0,05	0,98 ± 0,07	19,16 ± 3,08
3	Đồ Sơn (n = 3)	0,19 ± 0,015	0,151 ± 0,15	1,34 ± 0,11	20,48 ± 2,74
4	Kiến Hải (n = 3)	0,25 ± 0,018	0,137 ± 0,18	1,07 ± 0,06	17,37 ± 2,28
5	Hùng Thắng (n = 3)	0,24 ± 0,021	0,114 ± 0,12	1,11 ± 0,04	17,42 ± 2,42

Ghi chú: Giá trị biểu thị trung bình ± độ lệch chuẩn của ba mẫu phân tích song song (n = 3).

Bảng 3. Hệ số tích lũy sinh học (BAF) của kim loại nặng (As, Pb, Cd, Zn) trong thịt ngao *Meretrix lyrata*

TT	Địa điểm	Hệ số BAF (L/kg ứót)			
		As	Pb	Cd	Zn
1	Móng Cái	496,3	77,4	1162,79	24,75
2	Hạ Long	96,2	30,6	915,89	22,90
3	Đồ Sơn	67,1	43,4	1288,46	94,36
4	Kiến Hải	75,5	38,9	1813,56	80,36
5	Hùng Thắng	72,9	33,6	1819,67	78,02

4. Thảo luận

Kết quả phân tích mẫu cho thấy, sự khác biệt về hàm lượng kim loại nặng giữa các khu vực nuôi ngao có thể chịu ảnh hưởng bởi nhiều yếu tố tự nhiên và nhân sinh khác nhau. Hàm lượng Pb trong nước cao nhất tại khu vực Hạ Long có thể liên quan đến hoạt động giao thông thủy, khai thác du lịch và cảng biển - những nguồn có khả năng phát thải Pb ra môi trường nước. Tại Đồ

Sơn, hàm lượng Cd trong thịt ngao cao hơn so với các khu vực khác có thể phản ánh ảnh hưởng từ các hoạt động nuôi trồng thủy sản, xả thải sinh hoạt ven biển, cũng như mức độ tích lũy sinh học của ngao. Trong khi đó, hàm lượng Zn trong nước cao bất thường tại Móng Cái và Hạ Long có thể liên quan đến dòng chảy từ khu vực đô thị, hoạt động nông nghiệp và thương mại biên giới, do Zn thường có trong phân bón, thuốc bảo vệ thực vật và nước thải sinh hoạt. Tuy nhiên, do

phạm vi và số lượng mẫu nghiên cứu còn hạn chế, các nhận định trên chỉ mang tính định hướng và cần được kiểm chứng thêm trong các nghiên cứu tiếp theo với quy mô và tần suất quan trắc lớn hơn.

Để so sánh hàm lượng kim loại nặng (As, Pb, Cd, Zn) trong ngao *Meretrix lyrata* với các kết quả nghiên cứu ở những khu vực khác, các giá trị đã được quy đổi sang đơn vị mg/kg khô. Kết quả cho thấy, hàm lượng As dao động từ 1,12-7,05 mg/kg khô; Cd từ 4,91-7,86 mg/kg khô; Pb từ 0,671-0,937 mg/kg khô; và Zn từ 95,8-120,47 mg/kg khô. So sánh với các nghiên cứu trước đây tại Việt Nam, hàm lượng As trong nghiên cứu này thấp hơn so với các khu vực như Vịnh Vân Phong (19 mg/kg khô), Vân Đồn (18,60 mg/kg khô) và Cát Bà (9,45-10,65 mg/kg khô). Ngược lại, hàm lượng Cd lại cao hơn đáng kể so với số liệu đã công bố trước đó ở các vùng ven biển Việt

Nam (0,348-1,74 mg/kg khô) (Bảng 4). Hàm lượng Pb ở mức tương đương hoặc thấp hơn so với các báo cáo trước (0,55-2,50 mg/kg khô), trong khi Zn cao hơn hầu hết các kết quả nghiên cứu khác tại vùng ven biển phía Bắc và phía Nam (58,18-87,0 mg/kg khô), nhưng vẫn thấp hơn nhiều so với giá trị cực đại tại Vịnh Vân Phong (239 mg/kg khô). Đáng chú ý, khi so sánh với kết quả nghiên cứu tại bờ biển Đông Java (Indonesia, 2019-2020), có thể nhận thấy sự khác biệt rõ rệt: hàm lượng Cd trong nghiên cứu này (4,9-7,86 mg/kg khô) cao hơn khoảng 1,5-2,4 lần so với nghiên cứu ở Indonesia (3,34 mg/kg khô), trong khi hàm lượng Pb lại thấp hơn đáng kể (0,671-0,937 so với 4,70 mg/kg khô). Bên cạnh đó, hàm lượng Zn trong ngao ở nghiên cứu này (95,80-120,47 mg/kg khô) cao hơn so với nghiên cứu tại Indonesia (12,04 mg/kg khô) (Bảng 4).

Bảng 4. So sánh hàm lượng kim loại nặng (As, Pb, Cd, Zn) trong ngao Bến Tre (*Meretrix lyrata*) thu thập từ các khu vực khác nhau

Đơn vị: mg/kg khô

Thời gian nghiên cứu	Địa điểm	As	Cd	Pb	Zn	Tài liệu tham khảo
2025	Móng Cái	7,05	5,26	0,937	114,47	Nghiên cứu này
	Hạ Long	1,25	4,91	0,825	95,80	
	Đồ Sơn	1,12	7,86	0,888	120,47	
	Kiến Hải	1,39	5,96	0,761	96,48	
	Hùng Thắng	1,41	6,55	0,671	102,47	
2021	Vân Đồn, Quảng Ninh	18,60	0,75	0,55	-	[20]*
	Cát Bà, Hải Phòng	9,45	0,90	2,5	-	
2012	Cát Bà, Hải Phòng	10,65	0,78	1,31	60,14	[21]
	Kiến Hải, Hải Phòng	11,54	1,15	1,08	58,18	
Tháng 9/2003 - Tháng 11/2007	Cần Giờ, Thành phố Hồ Chí Minh	8,4	0,862	0,267	81,3	[22]
	Tân Thành, Bà Rịa Vũng Tàu	7,2	1,12	0,179	87,0	
	Cần Đước, Long An	6,2	0,445	0,186	59,3	
	Gò Công, Tiền Giang	4,6	1,66	0,203	113	
	Bình Đại, Bến Tre	8,8	0,965	0,223	70,6	
	Duyên Hải, Trà Vinh	8,5	1,74	0,690	84,4	
	Vĩnh Châu, Sóc Trăng	8,4	1,18	0,443	60,3	
	Nhà Mát, Bạc Liêu	5,5	1,67	0,181	103	
	Ward 7 Market, Cà Mau	5,4	1,51	0,229	98,6	
	Vịnh Nha Phu, Khánh Hòa	13	0,743	0,724	81,5	
	Vịnh Vân Phong, Khánh Hòa	19	0,348	1,32	239	
2019 - 2020	Bờ biển Đông Java, Indonesia	-	3,34	4,70	12,04	[19]*

Ghi chú: "-": không có dữ liệu; "*": được quy đổi từ khối lượng ướt (mg/kg ướt) sang khối lượng khô (mg/kg khô) dựa trên giả định độ ẩm là 80%.

So sánh hệ số tích lũy sinh học (BAF) trung bình của kim loại nặng (As, Pb, Cd, Zn) trong thịt ngao Bến Tre (*Meretrix lyrata*) tại khu vực nghiên cứu với các kết quả trước đây ở Vân Đồn (Quảng Ninh) và Cát Bà (Hải Phòng) cho thấy sự khác biệt rõ rệt giữa các kim loại nặng. Cụ thể, BAF của As tại khu vực nghiên cứu chỉ đạt 162 L/kg ướt, thấp hơn nhiều so với Vân Đồn

(1900 - 2000 L/kg ướt) và Cát Bà (xấp xỉ 1000 L/kg ướt). Ngược lại, BAF Cd lên tới 1400 L/kg ướt, cao hơn các số liệu trước đó ở Vân Đồn (250 - 500 L/kg ướt) và Cát Bà (300 - 500 L/kg ướt). Đối với Pb, BAF chỉ đạt 45, thấp hơn so với Cát Bà (500 - 1000 L/kg ướt). BAF của Zn đạt 60 L/kg ướt, thấp hơn so với các giá trị BAF của As, Cd, Pb tại Vân Đồn và Cát Bà (Bảng 5).

Bảng 5. So sánh hệ số tích lũy sinh học (BAF) của kim loại nặng (As, Pb, Cd, Zn) trong thịt ngao Bến Tre (*Meretrix lyrata*) thu thập từ các khu vực khác nhau

Địa điểm	As (L/kg ướt)	Cd (L/kg ướt)	Pb (L/kg ướt)	Zn (L/kg ướt)	Tài liệu tham khảo
Quảng Ninh - Hải Phòng	162	1400	45	60	Nghiên cứu này
Vân Đồn, Quảng Ninh	1900<BAF<2000	250<BAF<500	-	-	[20]
Cát Bà, Hải Phòng	~1000	300<BAF<500	500<BAF <1000	-	

Ghi chú: "-": không có dữ liệu.

Như vậy, những kết quả này phản ánh sự biến động của kim loại nặng (As, Pb, Cd, Zn) trong loài *Meretrix lyrata*, phụ thuộc vào vị trí địa lý, điều kiện môi trường, hoạt động nuôi ngao, cũng như tác động từ công nghiệp và giao thông hàng hải. Đặc biệt, hàm lượng Cd cao bất thường trong mẫu *Meretrix lyrata* tại khu vực nghiên cứu là vấn đề cần được quan tâm, bởi Cd có độc tính mạnh, dễ tích lũy sinh học và có nguy cơ ảnh hưởng trực tiếp đến sức khỏe con người thông qua chuỗi thức ăn.

5. Kết luận

Kết quả nghiên cứu khẳng định phần lớn mẫu ngao Bến Tre (*Meretrix lyrata*) tại các vùng ven biển Quảng Ninh - Hải Phòng đạt yêu cầu an toàn thực phẩm về hàm lượng kim loại nặng (As, Pb, Cd, Zn), ngoại trừ dấu hiệu tích lũy sinh học Cd cần được quan tâm theo dõi. So sánh với các nghiên cứu trước đây, hàm lượng Cd có xu hướng cao hơn, cho thấy nguy cơ tiềm ẩn đối với sức khỏe cộng đồng nếu không kiểm soát chặt chẽ nguồn thải. Bên cạnh đó, hàm lượng Zn trong nước tại các điểm quan trắc vượt quá giới hạn cho phép theo QCVN 10:2023/BTNMT, phản ánh nguy cơ ô nhiễm cục bộ. Vì vậy, cần tăng cường quan trắc định kỳ, quản lý nguồn ô nhiễm và quy hoạch vùng nuôi an toàn nhằm

đảm bảo chất lượng thủy sản cũng như bảo vệ sức khỏe người tiêu dùng.

Lời cảm ơn

Nghiên cứu này là kết quả của đề tài được thực hiện tại Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam (VAST07.05/24-25). Tập thể tác giả bày tỏ lòng biết ơn tới Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam đã hỗ trợ kinh phí để thực hiện đề tài nghiên cứu.

Tài liệu tham khảo

- [1] K. I. Jeyasanta, J. Patterson, Dietary Intake of Heavy Metals from Seafood and Human Health Risk Implications in Tuticorin, Southeast Coast of India, *Marine Pollution Bulletin*, Vol. 211, 2025, pp. 117497, <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2024.117497>.
- [2] L. X. Sinh, N. T. Huyen, Bioaccumulation Factors of Mercury at some Special Mollusca in Northeast Coastal Area of Vietnam, *Vietnam Journal of Marine Science and Technology*, Vol. 16, No. 3, 2016, pp. 315-320, <https://doi.org/10.15625/1859-3097/16/3/6807> (in Vietnamese).
- [3] L. X. Sinh, Current Status and Sources of Mercury Emissions in Bach Dang Estuary, *Journal of Toxicology* (Ministry of Natural Resources and

- Environment) No. 20, 2011, pp. 40-45 (in Vietnamese).
- [4] N. X. Thanh, D. C. Thung, The Reproductive Biology of Lyrate Asiatic Hard Clam (*Meretrix Lyrata*) in the Intertidal Zone of Nam Dinh Province, Vietnam Journal of Marine Science and Technology, Vol. 14, No. 2, 2014, pp. 163-169 (in Vietnamese).
- [5] Ministry of Health, Circular No. 14/2011/TT-BYT: General Guidelines on Food Sampling for Inspection and Examination of Food Quality and Safety, Hanoi, April 1, 2011 (in Vietnamese).
- [6] Ministry of Natural Resources and Environment, Circular No. 10/2021/TT-BTNMT: Technical Regulations on Environmental Monitoring and Management of Environmental Quality Monitoring Information and Data, Hanoi, June 30, 2021 (in Vietnamese).
- [7] American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation. Lipps WC, Braun - Howland EB, Baxter TE, eds., Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 23th ed, Washington DC: APHA Press, 2017.
- [8] S. Agarwal, M. F. Albeshr, S. Mahboob, U. Atique, P. Pramanick, A. Mitra, Bioaccumulation Factor (BAF) of Heavy Metals in Green Seaweed to Assess The Phytoremediation Potential, Journal of King Saud University-Science, Vol. 34, 2022, pp. 102078, <https://doi.org/10.1016/j.jksus.2022.102078>.
- [9] L. Zhang, Z. Shi, Z. Jiang, J. Zhang, F. Wang, X. Huang, Distribution and Bioaccumulation of Heavy Metals in Marine Organisms in East and West Guangdong Coastal Regions, South China, Marine Pollution Bulletin, Vol. 101, No. 2, 2015, pp. 930-937, <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2015.10.041>.
- [10] J. A. Arnot, F. A. Gobas, A review of Bioconcentration Factor (BCF) and Bioaccumulation factor (BAF) Assessments for Organic Chemicals in Aquatic Organisms, Environmental Reviews, Vol. 14, No. 4, 2006, pp. 257-297, <https://doi.org/10.1139/a06-005>.
- [11] A. S. S. Ahmed, S. Sultana, A. Habib, H. Ullah, N. Musa, M. B. Hossain et al., Bioaccumulation of Heavy Metals in Some Commercially Important Fishes from a Tropical River Estuary Suggests Higher Potential Health Risk in Children Than Adults, PLoS One, Vol. 14, No. 10, 2019, pp. e0219336, <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0219336>.
- [12] Ministry of Natural Resources and Environment, QCVN 10:2023/BTNMT - National Technical Regulation on Marine Water Quality (in Vietnamese).
- [13] B. C. Han, W. L. Jeng, R. Y. Chen, G. T. Fang, T. C. Hung, R. J. Tseng, Estimation of Target Hazard Quotients and Potential Health Risks for Metals by Consumption of Seafood in Taiwan, Archives of Environmental Contamination and Toxicology, Vol. 35, 1998, pp. 711-720.
- [14] B. C. Han, W. L. Jeng, T. C. Hung, G. T. Fang, M. H. Chuang, R. Y. Chen, Estimation of Metal and Organochlorine Pesticide Exposures and Potential Health Threat by Consumption of Oysters in Taiwan, Environmental Pollution, Vol. 109, 2000, pp. 147-156.
- [15] O. Munoz, V. Devesa, M. A. Suner, D. Velez, R. Montoro, I. Urieta, M. L. Macho, M. Jalon, Total and Inorganic Arsenic in Fresh and Processed Fish Products, Journal of Agricultural and Food Chemistry, Vol. 48, 2000, pp. 4369-4376.
- [16] Ministry of Health, Decision No. 46/2007/QĐ-BYT, Regulation on Maximum Limits of Biological and Chemical Contaminants in Food, Hanoi, December 19th, 2007 (in Vietnamese).
- [17] Ministry of Health, QCVN 8-2:2011/BYT, National Technical Regulation on the Limits of Heavy Metals Contamination in Food (in Vietnamese).
- [18] WHO, Heavy Metals Environmental Aspects, Environmental Health Criteria, 1989, World Health Organization.
- [19] A. Soegianto, T. W. C. Putranto, C. M. Payus et al., Metal Concentrations and Potential Health Risk in Clam (*Meretrix Lyrata* Sowerby 1851) tissues from East Java Coast, Indonesia, Environ Monit Assess, Vol. 193, No. 753, 2021, <https://doi.org/10.1007/s10661-021-09542-9>.
- [20] D. T. Thom, V. A. Thu, D. T. Manh, P. M. Tuan, N. V. Quan, N. Q. Trung, B. Q. Minh, N. N. Syrbu, D. V. Manh, Heavy Metals in Cultured Oysters (*Saccostrea Glomerata*) And Clams (*Meretrix Lyrata*) from the Northern Coastal Area of Vietnam, Marine Pollution Bulletin, Vol. 184, 2022, pp. 114140, <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2022.114140>.
- [21] L. Q. Dung, Concentration of Trace Metals in Rocky Oyster (*Saccostrea Glomerata*) and Hard Clam (*Meretrix Lyrata*) in Haiphong Coast, Vietnam Journal of Marine Science and Technology, Vol. 13, No. 3, 2013, pp. 268-275 (in Vietnamese).
- [22] N. P. C. Tu, N. N. Ha, T. Agusa, T. Ikemoto, B. C. Tuyen, S. Tanabe, I. Takeuchi, Concentrations of Trace Elements in *Meretrix* spp. (Mollusca: Bivalva) Along the Coasts of Vietnam, Fish Sci, Vol. 76, 2010, pp. 677-686, <https://doi.org/10.1007/s12562-010-0251>.