

# Sự tích lũy thủy ngân trong cơ cá Dìa nâu (*Siganus guttatus* Bloch, 1787) theo tuổi và mùa ở vùng ven biển tỉnh Quảng Bình

Võ Văn Thiệp\*, Lê Thị Thu Phương, Nguyễn Thị Hương Bình

Trường Đại học Quảng Bình, 312 Lý Thường Kiệt, phường Đồng Phú, TP Đồng Hới, tỉnh Quảng Bình, Việt Nam

Ngày nhận bài 18/7/2022; ngày chuyển phản biện 21/7/2022; ngày nhận phản biện 12/8/2022; ngày chấp nhận đăng 16/8/2022

## Tóm tắt:

Cá Dìa nâu (*Siganus guttatus* Bloch, 1787) là loài cá có giá trị kinh tế cao, giàu hàm lượng dinh dưỡng, được người tiêu dùng ưa thích. Nghiên cứu này được thực hiện từ tháng 11/2021 đến tháng 5/2022 tại vùng ven biển, cửa sông tỉnh Quảng Bình. Tổng cộng 60 mẫu cá Dìa nâu đã được thu thập theo nhóm tuổi, mùa mưa và mùa khô để phân tích sự tích lũy thủy ngân (Hg) trong cơ của chúng. Nồng độ Hg được phân tích bằng phương pháp quang phổ hấp thụ nguyên tử hóa hơi lạnh. Kết quả nghiên cứu cho thấy mối tương quan chặt chẽ giữa chiều dài và trọng lượng của cá cả trong mùa mưa và mùa khô. Nhóm tuổi có ảnh hưởng đáng kể đến sự tích lũy Hg trong cơ của cá, nhóm cá có độ tuổi lớn tích lũy Hg cao hơn nhóm cá có độ tuổi nhỏ. Mặc dù giá trị trung bình nồng độ Hg trong cơ cá Dìa nâu vào mùa khô lớn hơn mùa mưa, nhưng kết quả phân tích “Tukey’s HSD test” cho thấy không có sự khác biệt đáng kể.

**Từ khóa:** cá Dìa nâu, ô nhiễm môi trường, thủy ngân, tích lũy theo tuổi và theo mùa.

**Chỉ số phân loại:** 1.9

## 1. Đặt vấn đề

Độc tính của Hg đã được thể hiện trong thảm họa xảy ra tại vịnh Minamata, tỉnh Kumamoto, Nhật Bản [1]. R. Dixon và cs (1994) [2] đã chứng minh, tác động chính của Hg khi xâm nhập vào cơ thể người là ảnh hưởng trực tiếp đến hệ thần kinh trung ương, việc tiếp xúc với Hg có thể gây tổn thương não, bao gồm rối loạn tâm lý, suy giảm thính lực, mất thị lực, mất kiểm soát vận động và suy nhược cơ thể, trong trường hợp nặng hơn có thể dẫn đến tử vong.

Hg có thể phát thải ra môi trường thông qua nguồn tự nhiên (hoạt động núi lửa, xói mòn, quá trình phong hóa đá...), tuy nhiên phần lớn chúng được tạo ra từ các hoạt động của con người, như quá trình hoạt động của các nhà máy nhiệt điện, luyện kim, khai thác than, chất thải công nghiệp, nông nghiệp và chất thải sinh hoạt [3, 4]. Theo nghiên cứu của C.R. Hammerschmidt và cs (2004) [5], vùng cửa sông, ven biển là nơi có hàm lượng Hg cao (cả do tự nhiên và hoạt động của con người tạo ra), chúng có xu hướng tích tụ và khuếch đại sinh học trong các chuỗi thức ăn, do đó dễ dàng xâm nhập vào cơ thể sinh vật dưới nước, nhất là các loài cá [6]. Trong hệ sinh thái dưới nước, cá là đối tượng được các nhà khoa học quan tâm hàng đầu vì chúng đóng một vai trò quan trọng trong khẩu phần ăn của con người, không chỉ cung cấp protein, các yếu tố vi lượng thiết yếu mà còn cung cấp vitamin D, canxi và đặc biệt các axit béo omega-3

[7, 8]. Tuy nhiên, ăn cá cũng có thể ảnh hưởng xấu đến sức khỏe, vì cá có xu hướng tích lũy cao các chất ô nhiễm từ môi trường nước và trong chuỗi thức ăn [9, 10].

Trên thực tế, vấn đề nghiên cứu mối tương quan giữa kim loại nặng với tuổi của cá hoặc so với mùa đã được các nhà khoa học quan tâm. Mặc dù trong những năm trở lại đây, vấn đề ô nhiễm Hg trong cá ở vùng ven biển Quảng Bình đã được các nhà khoa học chú ý [11-14], tuy nhiên các nghiên cứu hiện có chưa thể hiện được mối tương quan giữa sự tích lũy Hg trong cơ cá với tuổi cá cũng như với các mùa khác nhau. Đáng chú ý, đối tượng cá Dìa nâu ở vùng ven biển Quảng Bình - là loài cá có giá trị kinh tế cao, giàu hàm lượng dinh dưỡng, được người dân ưa chuộng và tiêu thụ nhiều nhưng chưa có số liệu công bố. Mục đích của nghiên cứu này là đánh giá sự tích lũy Hg (dạng Hg tổng) trong cơ cá Dìa nâu tại vùng ven biển Quảng Bình, từ đó xác định được mối tương quan giữa nồng độ Hg với tuổi của cá, các mùa trong năm.

## 2. Đối tượng và phương pháp nghiên cứu

### 2.1. Đối tượng

Tổng số 60 mẫu cá Dìa nâu tự nhiên (hình 1) được thu mua trực tiếp từ các hộ ngư dân dọc vùng ven biển, cửa sông của tỉnh Quảng Bình (từ TP Đồng Hới đến xã Cảnh

\*Tác giả liên hệ: Email: thiepvovan@qbu.edu.vn

# Accumulation of mercury in muscle of orange-spotted spinefoot (*Siganus guttatus* Bloch, 1787) by age and season in the coastal Quang Binh

Van Thiep Vo\*, Thi Thu Phuong Le, Thi Huong Binh Nguyen

Quang Binh University, 312 Ly Thuong Kiet Street, Dong Phu Ward, Dong Hoi City, Quang Binh Province, Vietnam

Received 18 July 2022; revised 12 August 2022; accepted 16 August 2022

**Abstract:**

Orange-spotted spinefoot (*Siganus guttatus*) is not only a fish with high economic value, rich in nutrients, but also popular with people for consumption. This research was carried out from November 2021 to May 2022, in the coastal and estuaries of Quang Binh province. A total of 60 samples of orange-spotted spinefoot were collected by age group, wet season, and dry season to analyse the accumulation of mercury (Hg) in their muscles. The Hg concentration was analysed by cold vapour atomic absorption spectroscopy. Research results showed a strong correlation between the length and weight of fish both in the wet and dry seasons. The age group has a strong influence on the accumulation of Hg in their muscles, the older fish group has a higher aggregation of Hg than the younger fish group. Although the average value of Hg concentration in the muscle of orange-spotted spinefoot in the dry season is higher than in the wet season, analysis results of “Tukey’s HSD test” showed that there was no significant difference.

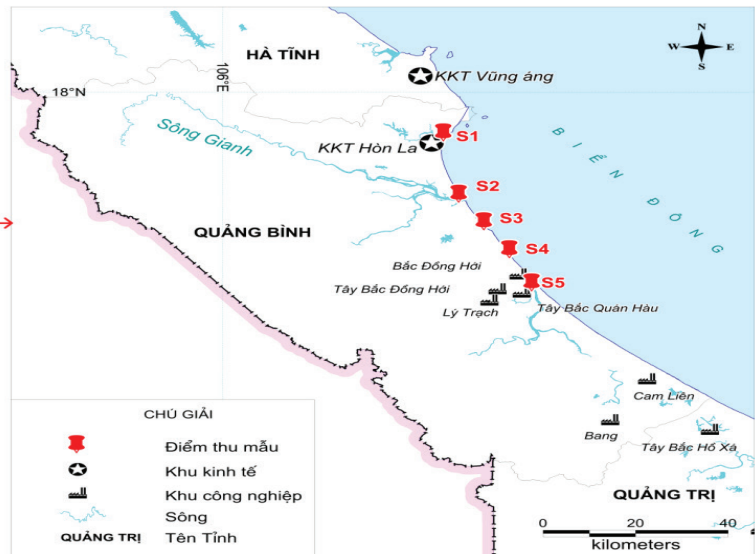
**Keywords:** accumulated by age and season, environmental pollution, mercury, orange-spotted spinefoot.

**Classification number:** 1.9



Hình 1. Cá Dia nâu tại vùng ven biển tỉnh Quảng Bình.

Dương, huyện Quảng Trạch) (hình 2). Thời gian thu mẫu được chia làm 2 đợt, đợt 1: từ tháng 10/2021 đến tháng 12/2021 (lượng mưa trung bình 716,5 mm/tháng) (30 mẫu - mùa mưa), đợt 2: từ tháng 3/2022 đến tháng 5/2022 (lượng mưa trung bình 57,66 mm/tháng) (30 mẫu - mùa khô). Các mẫu cá được cân, đo, lấy vây theo thứ tự. Phần cơ ở lưng được thu thập, bỏ trong túi nilon có dán nhãn và được bảo quản ở nhiệt độ -22 đến -18°C tại Phòng Thực hành, Viện Nông nghiệp và Môi trường, Trường Đại học Quảng Bình cho đến khi phân tích.



Hình 2. Vị trí thu mẫu.

## 2.2. Mối tương quan giữa chiều dài và trọng lượng

Để phân tích mối quan hệ giữa chiều dài và trọng lượng của cá, chúng tôi áp dụng công thức của E.D.L. Cren (1951) [15]:

$$W = a \times L^b \quad (1)$$

trong đó W là trọng lượng (g); L là chiều dài (cm); hệ số a mô tả tốc độ thay đổi của trọng lượng theo chiều dài (điểm chặn); hệ số b thể hiện trọng lượng ở đơn vị chiều dài (hệ số góc của đường hồi quy).

## 2.3. Phân tích Hg

Nồng độ Hg được đo bằng phương pháp quang phổ hấp thụ nguyên tử hoá hơi lạnh (VGA-77AA) sau khi thủy phân áp lực bằng máy phân tích AAS - Agilen 240FS. Dung dịch thử là HNO<sub>3</sub> (1:9); chất chuẩn gốc Hg 1000 mg/l; nước cất sử dụng cho pha chế dung dịch đáp ứng yêu cầu của TCVN 4851:1989. Để kiểm soát chất lượng, đường chuẩn được xây dựng có hệ số tuyến tính R<sub>2</sub> ≥ 0,995, sai lệch của các điểm nồng độ dùng xây dựng đường chuẩn khi tính từ đường chuẩn không vượt quá 20% với nồng độ ≤ 0,1 mg/l và 5% ứng với mức nồng độ > 0,1 mg/l, kết quả mẫu trắng kiểm soát (QC Blank) ≤ LOD, sai lệch chuẩn của kiểm soát (QC Standard) ≤ ±10%. Tất cả các phân tích đều được lặp lại 2 lần, giá trị trung bình của 2 lần được xem là kết quả cuối cùng, giá trị được hiển thị với đơn vị µg/g trọng lượng ướt (w.w). Độ lệch chuẩn tương đối (RSD) là 2,6%, bước sóng là 253,7 nm, khe đo là 0,5 nm.

## 2.4. Phân tích thống kê

Các số liệu được thu thập trên phần mềm Excel, sau đó xử lý phân tích thống kê được thực hiện với phần mềm Statistica 13.3 (StatSoft, Ba Lan). Thử nghiệm “Shapiro-Wilk test” được dùng để kiểm tra sự phân bố của nồng độ Hg trong các mẫu. Do các mẫu có sự phân bố chuẩn và số mẫu không bằng nhau ở các nhóm tuổi nên chúng tôi tiếp tục sử dụng “Tukey Unequal N HSD test” để xác định khác biệt đáng kể về các chỉ số sinh trắc cũng như nồng độ Hg trong cơ giữa các nhóm tuổi, trong khi đó “Tukey N HSD test” được sử dụng để kiểm tra sự khác nhau về nồng độ Hg giữa mùa mưa và mùa khô (số lượng mẫu bằng nhau). Kết quả thống kê có ý nghĩa khi giá trị p < 0,05.

## 3. Kết quả và bàn luận

### 3.1. Mối tương quan giữa chiều dài, trọng lượng và tuổi

Qua quá trình phân tích, kết quả sinh trắc học của cá Địa nâu được thể hiện ở bảng 1. Trong đợt thu mẫu mùa mưa, có 2 nhóm tuổi đã được thu thập, cụ thể: 21 cá thể có độ tuổi 0<sup>+</sup>

(nhóm cá chưa đến 1 năm tuổi), 9 cá thể có độ tuổi 1<sup>+</sup> (nhóm cá từ 1 năm đến gần 2 năm tuổi). Trong khi đó, có 3 nhóm tuổi đã được ghi nhận khi thu mẫu vào mùa khô, cụ thể: 16 cá thể có nhóm tuổi 0<sup>+</sup>, 9 cá thể ở độ tuổi 1<sup>+</sup> và 5 cá thể ở độ tuổi 2<sup>+</sup> (nhóm cá từ 2 năm đến gần 3 năm tuổi). Kết quả phép kiểm tra “Tukey Unequal N HSD test” cho thấy, không có sự khác biệt đáng kể về chiều dài cũng như trọng lượng giữa nhóm 0<sup>+</sup>, 1<sup>+</sup> giữa mùa mưa và mùa khô (p > 0,05), nhưng lại cho thấy sự khác biệt có ý nghĩa thống kê giữa nhóm 0<sup>+</sup> và 1<sup>+</sup> trong cùng một mùa (p < 0,05).

**Bảng 1. Giá trị trung bình, độ lệch chuẩn, nhỏ nhất và lớn nhất của cá Địa nâu.**

Tuổi	Chỉ số	Giá trị trung bình	Giá trị nhỏ nhất	Giá trị lớn nhất	Độ lệch chuẩn
0 <sup>+</sup> (n=21)	L	15,27	8,00	20,30	3,67
	P	97,72	33,20	158,30	38,66
Mùa mưa 1 <sup>+</sup> (n=9)	L	22,30	21,40	23,90	0,82
	P	209,54	167,30	255,20	27,16
Tổng (n=30)	L	17,38	8,00	23,90	4,49
	P	131,26	33,20	255,20	62,86
0 <sup>+</sup> (n=16)	L	15,37	8,06	20,33	3,95
	P	99,48	33,20	158,39	43,18
Mùa khô 1 <sup>+</sup> (n=9)	L	22,59	21,40	24,20	0,87
	P	215,54	188,57	242,33	15,58
2 <sup>+</sup> (n=5)	L	20,62	17,90	25,30	2,88
	P	203,06	165,70	271,40	40,10
Tổng (n=30)	L	18,41	8,06	25,30	4,56
	P	151,56	33,20	271,40	66,91

L: chiều dài (cm); P: trọng lượng (g).

Mối tương quan giữa tuổi cá, chiều dài, trọng lượng được thể hiện ở bảng 2. Kết quả cho thấy, cả mùa mưa và mùa khô, hệ số tương quan giữa tuổi với chiều dài, trọng lượng đều lớn hơn 0, điều này giải thích rằng giữa nhóm tuổi với chiều dài, trọng lượng có mối tương quan dương nhưng không quá mạnh (cụ thể ở mùa khô, hệ số tương quan giữa tuổi và chiều dài chỉ ở mức 0,59). Điều đáng chú ý ở hệ số tương quan giữa chiều dài và trọng lượng khi tiệm cận đến 1 (lần lượt 0,953 và 0,965 ở mùa mưa và mùa khô) cho thấy mối quan hệ rất mạnh giữa 2 biến này.

**Bảng 2. Mối tương quan giữa tuổi, chiều dài, trọng lượng.**

	Mùa mưa			Mùa khô		
	Tuổi	Chiều dài	Trọng lượng	Tuổi	Chiều dài	Trọng lượng
Tuổi	1			1		
Chiều dài	0,729	1		0,590	1	
Trọng lượng	0,829	0,953	1	0,735	0,965	1

Mối quan hệ giữa chiều dài và trọng lượng của cá Dìa nâu được thể hiện ở công thức 2 (mùa mưa) và công thức 3 (mùa khô). Mối quan hệ này khác nhau giữa các loài cá, chúng cũng có thể thay đổi theo mùa, theo các giai đoạn phát triển khác nhau trong đời sống cá thể [16, 17].

Mối tương quan giữa chiều dài và trọng lượng cá Dìa nâu trong mùa mưa:

$$W = 0,0237 \times L^{2,935} \quad (2)$$

Mối tương quan giữa chiều dài và trọng lượng cá Dìa nâu trong mùa khô:

$$W = 0,0167 \times L^{3,074} \quad (3)$$

Ở công thức (2), mối tương quan giữa chiều dài và trọng lượng cá Dìa nâu trong mùa mưa có giá trị  $b=2,935 (<3)$ , hằng số 3 là giá trị được xem như có sự tăng trưởng đẳng áp) cho thấy rằng, cá Dìa nâu có tốc độ tăng trưởng tương đối chậm và có xu hướng gầy hơn trong mùa mưa, điều này trùng với một số nghiên cứu trước đó ở một số loài cá khác [18-20]. Khi vào mùa mưa, nhiệt độ môi trường thấp hơn đã ảnh hưởng đến sự phát triển của cơ thể cá cũng như nguồn thức ăn khan hiếm hơn. Trong khi đó, ở công thức (3), mối tương quan giữa chiều dài và trọng lượng cá Dìa nâu trong mùa khô có giá trị  $b=3,074 (>3)$ , điều này cho thấy trong điều kiện môi trường có nhiệt độ ấm hơn (thời gian từ tháng 3 đến tháng 5) đã có những tác động dương tính đến sự sinh trưởng của các loài cá nói chung và cá Dìa nâu nói riêng [21].

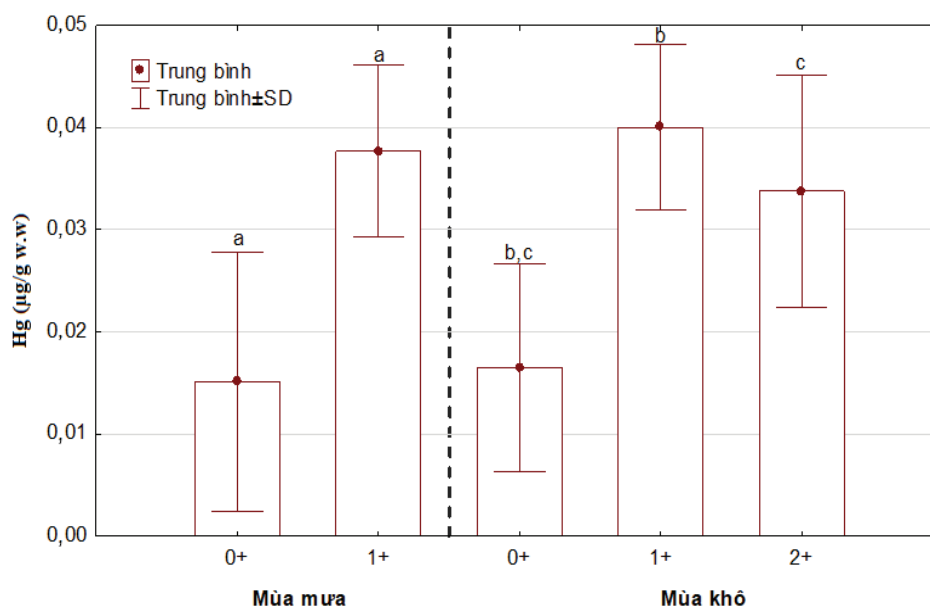
### 3.2. Mối tương quan giữa nồng độ Hg với tuổi cá và mùa

Nồng độ Hg trong cơ cá Dìa nâu theo nhóm tuổi và mùa tại vùng ven biển Quảng Bình được thể hiện ở bảng 3 và hình 3. Ở cả mùa mưa và mùa khô, sự tích lũy Hg trong cơ cá Dìa nâu ở nhóm tuổi 0+ đều thấp hơn đáng kể so với nhóm 1+ và 2+ ( $p<0,05$ ).

**Bảng 3. Giá trị nồng độ Hg trong cơ cá Dìa nâu ( $\mu\text{g/g w.w}$ ).**

	Tuổi	Giá trị trung bình	Giá trị nhỏ nhất	Giá trị lớn nhất	Độ lệch chuẩn
Mùa mưa	0+ (n=21)	0,015	0,004	0,045	0,013
	1+ (n=9)	0,038	0,031	0,056	0,008
	Tổng (n=30)	0,022	0,004	0,056	0,016
Mùa khô	0+ (n=16)	0,017	0,004	0,034	0,010
	1+ (n=9)	0,040	0,031	0,056	0,008
	2+ (n=5)	0,034	0,021	0,045	0,011
	Tổng (n=30)	0,026	0,004	0,056	0,015

Nghiên cứu của M. Ptashynski và cs (2002) [22] đã cho thấy, sự tích lũy Hg trong các cơ quan của cá phụ thuộc vào nhiều yếu tố khác nhau, như: nồng độ Hg trong môi trường nước, thời gian tiếp xúc, con đường Hg xâm nhập vào cơ thể cá, điều kiện môi trường (nhiệt độ nước, pH, độ cứng, độ mặn), ngoài ra còn yếu tố rất quan trọng khác như tập tính săn mồi và nhóm tuổi của chúng. Trong nghiên cứu của chúng tôi, kết quả phân tích cho thấy ảnh hưởng của nhóm tuổi đến sự tích lũy Hg là rất đáng kể, nhóm cá một năm tuổi trở lại có sự tích lũy Hg thấp hơn so với nhóm cá từ một năm trở lên, hay nói cách khác sự tích lũy Hg tỷ lệ thuận với tuổi của cá Dìa nâu. Vấn đề này cũng đã được nhiều nhà khoa học khẳng định trước đó trên các loài cá khác nhau. Cụ thể, trong nghiên cứu trên đối tượng cá chub châu Âu (*Leuciscus cephalus*) tại sông Sava (Croatia), Z. Dragun và cs (2007) [23] đã chỉ ra rằng, các yếu tố sinh học (tuổi và khối lượng của mang) có tỷ lệ thuận với nồng độ Hg trong các cơ quan của cá. Một nghiên cứu khác trên đối tượng



**Hình 3. Nồng độ Hg trong cơ cá Dìa nâu theo nhóm tuổi, mùa mưa và mùa khô. a, b, c: các chữ cái giống nhau thể hiện có sự sai khác về mặt thống kê ( $p<0,05$ ). Cụ thể:  $p(a)=0,004$ ,  $p(b)=0,002$ ,  $p(c)=0,025$ .**

cá chép (*Cyprinus carpio*) và cá da trơn châu Âu (*Sylurus glanis*) ở hồ chứa Buško Blato (Croatia) của E.H. Schön và cs (2015) [24] cũng đã đưa ra các bằng chứng cho thấy nồng độ Hg trong cơ thể cá tăng dần lên theo thời gian sinh sống của chúng. Điều này được giải thích rằng, một khi Hg xâm nhập vào cơ thể cá, chúng không tự đào thải ra được, mà có xu hướng tích lũy sinh học ở trong các mô của cơ thể cá, trải qua thời gian dài, nồng độ Hg trong các mô càng tăng lên.

Tuy nhiên, có một số nhà khoa học lại chỉ ra rằng, mối quan hệ giữa sự tích lũy Hg và tuổi của cá không phải lúc nào cũng tỷ lệ thuận. Các dẫn chứng đã cho thấy, sự tích lũy kim loại nặng nói chung trong cá sẽ đạt đến một trạng thái ổn định sau một độ tuổi nhất định, tùy vào mỗi loài cá khác nhau mà có trạng thái ổn định nồng độ kim loại khác nhau [25]. Một dẫn chứng khác được đưa ra bởi nghiên cứu của Y. Yi và cs (2012) [26] cho thấy, nồng độ kim loại nặng sẽ giảm dần khi cá càng lớn, các kim loại này sẽ được pha loãng bởi lipid (chất béo). Trong khi đó, Y. Jia và cs (2017) [27] cho rằng, ở nhóm cá có tuổi nhỏ thường có tốc độ chuyển hóa và tiêu hóa cao hơn nhóm cá có tuổi lớn, nên tốc độ tiếp xúc với chất ô nhiễm ở nhóm cá có độ tuổi nhỏ nhiều hơn.

Giá trị trung bình nồng độ Hg trong cơ cá Dìa nâu vào mùa mưa (0,22 µg/g w.w) thấp hơn mùa khô (0,26 µg/g w.w), cả 2 giá trị này đều thấp hơn QCVN 8-2:2011/BYT (Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia đối với giới hạn ô nhiễm kim loại nặng trong thực phẩm, đối với cá, hàm lượng Hg không được vượt quá 0,5 mg/kg). Tuy nhiên, qua phép phân tích “Tukey N HSD test” cho thấy, không có sự khác biệt đáng kể nồng độ Hg giữa 2 mùa này. Mặc dù giả thuyết chúng tôi đặt ra ban đầu là nồng độ Hg trong cơ cá Dìa nâu dự kiến sẽ thấp vào mùa mưa, bởi vì Hg sẽ bị pha loãng trong môi trường nước lớn hơn và chúng được hấp thụ bởi các chất rắn lơ lửng trong nước nhiều hơn, đồng thời nhanh chóng bị dòng nước đẩy ra biển mà không có thời gian lắng đọng lâu ở vùng cửa sông, ven biển.

Trước đó, cũng có một số nghiên cứu chú trọng vào việc so sánh sự tích lũy Hg trong cá giữa mùa mưa và mùa khô. S.S.S. Dehkordi và cs (2010 và 2011) [28, 29] trong các nghiên cứu của mình đã cho thấy, sự tích lũy Hg trong cá ở mùa mưa cao hơn mùa khô, điều này được giải thích là do lượng Hg từ các nguồn thải khác nhau ở trên đất liền theo nước mưa đổ ra vùng cửa sông, ven biển, xâm nhập vào các chuỗi thức ăn của cá. Tuy nhiên, trong một số nghiên cứu khác lại cho thấy, nồng độ Hg tích lũy trong cá cao hơn vào mùa khô quan đến sự phát triển của cá, vào mùa khô chúng phát triển nhanh hơn, quá trình trao đổi chất diễn ra mạnh hơn [30].

#### 4. Kết luận

Kết quả nghiên cứu cho thấy, cá Dìa nâu ở vùng ven biển Quảng Bình có tốc độ tăng trưởng trong mùa mưa chậm hơn trong mùa khô. Sự tích lũy Hg trong cơ cá Dìa nâu bị ảnh hưởng bởi tuổi, nhóm có độ tuổi nhỏ có xu hướng tích lũy Hg thấp hơn những nhóm có độ tuổi lớn. Nghiên cứu cũng thể hiện không có sự khác biệt đáng kể về nồng độ Hg giữa mùa mưa và mùa khô trong cơ cá Dìa nâu. Dựa trên việc phát hiện dấu vết Hg trong cơ cá Dìa nâu, việc theo dõi, giám sát nồng độ Hg trong các loài cá nói chung và cá Dìa nâu nói riêng tại vùng ven biển Quảng Bình là cần thiết.

#### LỜI CẢM ƠN

Nghiên cứu được hỗ trợ bởi đề tài CS.08.2022, Trường Đại học Quảng Bình. Các tác giả xin chân thành cảm ơn.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] F.M. D'Itri (1991), “Mercury contamination - What we have learned since Minamata”, *Fourth Symposium on Our Environment*, **19**, pp.165-182, DOI: 10.1007/BF00401309.
- [2] R. Dixon, B. Jones (1994), “Mercury concentrations in stomach contents and muscle of five fish species from the north east coast of England”, *Marine Pollution Bulletin*, **28(12)**, pp.741-745, DOI: 10.1016/0025-326X(94)90333-6.
- [3] F. Costa, J.P. Coelho, J. Baptista, et al. (2020), “Mercury accumulation in fish species along the Portuguese coast: Are there potential risks to human health?”, *Marine Pollution Bulletin*, **150**, DOI: 10.1016/j.marpolbul.2019.110740.
- [4] J. Burger, M. Gochfeld (2009), “Perceptions of the risks and benefits of fish consumption: Individual choices to reduce risk and increase health benefits”, *Environmental Research*, **109(3)**, pp.343-349, DOI: 10.1016/j.envres.2008.12.002.
- [5] C.R. Hammerschmidt, W.F. Fitzgerald (2004), “Geochemical controls on the production and distribution of methylmercury in near-shore marine sediments”, *Environmental Science and Technology*, **38(5)**, pp.1487-1495, DOI: 10.1021/es034528q.
- [6] M.S. Rahman, N. Saha, A.H. Molla, et al. (2014), “Assessment of anthropogenic influence on heavy metals contamination in the aquatic ecosystem components: Water, sediment, and fish”, *Soil and Sediment Contamination: An International Journal*, **23(4)**, pp.353-373, DOI: 10.1080/15320383.2014.829025.
- [7] J.R. Inzunza, C.K.K. Sandoval, M.A.R. Osuna, et al. (2017), “Total mercury concentrations in white and striped mullet (*Mugil curema* and *M. cephalus*) from a coastal lagoon in the SE Gulf of California”, *J. Environ. Sci. Health A Tox. Hazard Subst. Environ. Eng.*, **52(5)**, pp.459-465, DOI: 10.1080/10934529.2016.1271670.
- [8] P.M.K. Etherton, W.S. Harris, L.J. Appel (2002), “Fish consumption, fish oil, omega-3 fatty acids, and cardiovascular disease”, *Circulation*, **106(21)**, pp.2747-2757, DOI: 10.1161/01.cir.0000038493.65177.94.

- [9] M. Türkmen, A. Türkmen, Y. Tepe, et al. (2009), “Determination of metals in fish species from Aegean and Mediterranean seas”, *Food Chemistry*, **113**(1), pp.233-237, DOI: 10.1016/j.foodchem.2008.06.071.
- [10] M. Tüzen (2003), “Determination of heavy metals in fish samples of the middle Black Sea (Turkey) by graphite furnace atomic absorption spectrometry”, *Food Chemistry*, **80**(1), pp.119-123, DOI: 10.1016/S0308-8146(02)00264-9.
- [11] V.V. Thiep, T.T. Yen, H.A. Vu (2020a), “Assessment of heavy metals content and consumer health risk to *Siganus fuscus* (Houttuyn, 1782) from Quang Binh province”, *Journal of Agriculture and Development*, **19**(5), pp.46-55, DOI: 10.52997/jad.6.05.2020.
- [12] V.V. Thiep, N.T.Q. Phuong (2021), “Mercury content in Mottled spinefoot (*Siganus fuscus* houttuyn, 1782) in Quang Binh coastal and initially estimated risks to consumers’ health”, *Journal of Agriculture and Rural Development*, **13**, pp.69-74 (in Vietnamese).
- [13] V.V. Thiep, H.N. Tam (2019), “Elimination of target hazard quotient (THQ) for heavy metal by consumption of some fish species in Quang Binh”, *Quang Binh University Journal of Science and Technology*, **19**(3), pp.22-30 (in Vietnamese).
- [14] V.V. Thiep, N.H. Binh, N.T.Q. Phuong (2020b), “Risk assessment of mercury intake via Dotted gizzard shad (*Konosirus punctatus* schlegel, 1846) consumption in Quang Binh”, *TNU Journal of Science and Technology*, **225**(11), pp.114-120 (in Vietnamese).
- [15] E.D.L. Cren (1951), “The length-weight relationship and seasonal cycle in gonad weight and condition in the perch (*Perca fluviatilis*)”, *The Journal of Animal Ecology*, **20**(2), pp.201-219, DOI: 10.2307/1540.
- [16] J.C. Schneider, P.W. Laarman, H. Gowing (2000), *Manual of Fisheries Survey Methods II: With Periodic Updates*, Michigan Department of Natural Resources, Fisheries Division, 12pp.
- [17] M.D. Giosa, P. Czerniejewski, A. Rybczyk (2014), “Seasonal changes in condition factor and weight-length relationship of invasive *Carassius gibelio* (Bloch, 1782) from Leszczynskie Lakeland, Poland”, *Advances in Zoology*, **2014**, DOI: 10.1155/2014/678763.
- [18] N. Jisr, G. Younes, C. Sukhn, et al. (2018), “Length-weight relationships and relative condition factor of fish inhabiting the marine area of the Eastern Mediterranean city, Tripoli-Lebanon”, *The Egyptian Journal of Aquatic Research*, **44**(4), pp.299-305, DOI: 10.1016/j.ejar.2018.11.004.
- [19] G. Morey, J. Moranta, E. Massutí, et al. (2003), “Weight-length relationships of littoral to lower slope fishes from the western Mediterranean”, *Fisheries Research*, **62**(1), pp.89-96, DOI: 10.1016/S0165-7836(02)00250-3.
- [20] O.S. Ogunola, O.A. Onada (2017), “Preliminary investigation of length-weight relationships and condition factors of two commercially important fish species (Mullet, *Mugil cephalus* (Linnaeus 1758) and Sardine, *Sardinella maderensis* (Lowe 1838)) in Okrika creeks (Niger-Delta) of Nigeria”, *Regional Studies in Marine Science*, **13**, pp.54-58, DOI: 10.1016/j.rsma.2017.03.009.
- [21] M. Kraljevic, S.M. Skoko, D. Jakov, et al. (2007), “Age and growth of sharpsnout seabream *Diplodus puntazzo* (Cetti, 1777) in the eastern Adriatic Sea”, *Cahiers de Biologie Marine*, **48**(2), pp.145-151.
- [22] M. Ptashynski, R. Pedlar, R. Evans, et al. (2002), “Toxicology of dietary nickel in lake whitefish (*Coregonus clupeaformis*)”, *Aquatic Toxicology*, **58**(3-4), pp.229-247, DOI: 10.1016/S0166-445X(01)00239-9.
- [23] Z. Dragun, B. Raspor, M. Podrug (2007), “The influence of the season and the biotic factors on the cytosolic metal concentrations in the gills of the European chub (*Leuciscus cephalus* L.)”, *Chemosphere*, **69**(6), pp.911-919, DOI: 10.1016/j.chemosphere.2007.05.069.
- [24] E.H. Schön, I. Bogut, R. Vuković, et al. (2015), “Distribution and age-related bioaccumulation of lead (Pb), mercury (Hg), cadmium (Cd), and arsenic (As) in tissues of common carp (*Cyprinus carpio*) and European catfish (*Solurus glanis*) from the Buško Blato reservoir (Bosnia and Herzegovina)”, *Chemosphere*, **135**, pp.289-296, DOI: 10.1016/j.chemosphere.2015.04.015.
- [25] P.E. Douben (1989), “Lead and cadmium in stone loach (*Noemacheilus barbatulus* L.) from three rivers in Derbyshire”, *Ecotoxicology and Environmental Safety*, **18**(1), pp.35-58, DOI: 10.1016/0147-6513(89)90090-0.
- [26] Y. Yi, S. Zhang (2012), “The relationships between fish heavy metal concentrations and fish size in the upper and middle reach of Yangtze River”, *Procedia Environmental Sciences*, **13**, pp.1699-1707, DOI: 10.1016/j.proenv.2012.01.163.
- [27] Y. Jia, L. Wang, Z. Qu, et al. (2017), “Effects on heavy metal accumulation in freshwater fishes: Species, tissues, and sizes”, *Environmental Science and Pollution Research*, **24**(10), pp.9379-9386, DOI: 10.1007/s11356-017-8606-4.
- [28] S.S.S. Dehkordi, A.A. Fallah, A. Nematollahi (2010), “Arsenic and mercury in commercially valuable fish species from the Persian Gulf: Influence of season and habitat”, *Food and Chemical Toxicology*, **48**(10), pp.2945-2950, DOI: 10.1016/j.fct.2010.07.031.
- [29] S.S.S. Dehkordi, A.A. Fallah (2011), “Determination of copper, lead, cadmium and zinc content in commercially valuable fish species from the Persian Gulf using derivative potentiometric stripping analysis”, *Microchemical Journal*, **98**(1), pp.156-162, DOI: 10.1016/j.microc.2011.01.001.
- [30] J.O. Verbel, K.C. Gallardo, J.N. Marrugo (2011), “Relationship between localization of gold mining areas and hair mercury levels in people from Bolivar, north of Colombia”, *Biological Trace Element Research*, **144**(1), pp.118-132, DOI: 10.1007/s12011-011-9046-5.