

ĐÁNH GIÁ MỨC ĐỘ RỦI RO CỦA THỦY NGÂN KHI TIÊU THỤ CÁ MÒI CỜ CHẤM (*Konosirus punctatus* SCHLEGEL, 1846) Ở TỈNH QUẢNG BÌNH

Võ Văn Thiệp^{1,2*}, Nguyễn Thị Hương Bình¹, Nguyễn Thị Quỳnh Phương¹

¹Trường Đại học Quảng Bình,

²Trường Đại học Sư phạm Krakow, Ba Lan

TÓM TẮT

Thủy ngân là một nguyên tố độc hại và được biết đến như là một nguyên tố không có chức năng sinh học đối với con người cũng như các sinh vật sống khác. Mục tiêu của nghiên cứu này là xác định nồng độ thủy ngân ở trong gan, mang và cơ của 50 cá thể cá Mòi cờ chấm, được thu thập từ tháng 7 đến tháng 10 năm 2019 ở vùng ven biển tỉnh Quảng Bình, đồng thời đánh giá nguy cơ phơi nhiễm thủy ngân đối với người tiêu thụ. Hàm lượng của thủy ngân được phân tích bằng phương pháp quang phổ hấp thụ nguyên tử hóa hơi tại Viện Sinh học, Trường Đại học Sư phạm Krakow, Ba Lan. Kết quả cho thấy có sự khác biệt có ý nghĩa thống kê giữa hàm lượng thủy ngân trong gan, mang và cơ. Gan có xu hướng tích lũy nồng độ thủy ngân cao hơn là mang và cơ. Hàm lượng thủy ngân trong một số mẫu gan vượt quá ngưỡng giới hạn được quy định bởi Bộ Y tế Việt Nam. Mặc dù ước tính lượng tiêu thụ hàng ngày thấp hơn lượng ăn vào hàng ngày có thể chấp nhận được tạm thời, nhưng giá trị thương số nguy hại ở người tiêu thụ nam và nữ cao hơn 1, điều này cho thấy có nguy cơ tiềm ẩn đến sức khỏe người tiêu thụ khi ăn loài cá này ở vùng ven biển tỉnh Quảng Bình.

Từ khóa: ô nhiễm môi trường; cá Mòi cờ chấm; phơi nhiễm thủy ngân; thương số nguy hại; ước tính lượng tiêu thụ hàng ngày

Ngày nhận bài: 30/9/2020; Ngày hoàn thiện: 23/10/2020; Ngày đăng: 31/10/2020

RISK ASSESSMENT OF MERCURY INTAKE VIA DOTTED GIZZARD SHAD (*Konosirus punctatus* SCHLEGEL, 1846) CONSUMPTION IN QUANG BINH

Vo Van Thiep^{1,2,*}, Nguyen Thi Huong Binh¹, Nguyen Thi Quynh Phuong¹

¹Quang Binh University, ²Pedagogical University of Krakow, Poland

ABSTRACT

Mercury is a poisonous element and as well known has no biological functions in humans and other organisms. The aim of this research is the determination of mercury content in the liver, gills, and muscles in 50 individuals of Dotted gizzard shad which were collected from July to October 2019 in coastal Quang Binh province, as well as assessing their risk exposure for human consumption. The concentration of mercury was analyzed by the cold vapor flame atomic absorption spectrometer at the Institute Biology of University Pedagogical of Krakow, Poland. The results were shown a statistically significant difference among the content of mercury in the liver, gills, and muscles. The liver tended to accumulate highly mercury concentration rather than gills and muscles. The mercury content in some of the liver samples exceeded the threshold limit value set by the Ministry of Health, Vietnam. Although the estimated daily intake was below the provisional tolerable daily intake, the target hazard quotient value for male and female consumers was higher than 1, indicating that there was a potential human health risk in consuming this fish species from the coastal Quang Binh province.

Keywords: environmental pollution; Dotted gizzard shad; estimated daily intake; mercury exposure; target hazard quotient

Received: 30/9/2020; Revised: 23/10/2020; Published: 31/10/2020

* Corresponding author. Email: vovanthiepqbu@gmail.com

1. Đặt vấn đề

Theo ước tính của FAO, trung bình lượng cá tiêu thụ trong năm 2018 trên toàn thế giới là 20,5 kg/người [1]. Trong khi tại Việt Nam, lượng cá tiêu thụ trung bình hàng năm của cả nước là 14,6 kg/người, các tỉnh ở vùng núi Tây Bắc là nơi có lượng tiêu thụ trung bình thấp nhất (6,8 kg/người/năm), khu vực đồng bằng sông Cửu Long là nơi có lượng tiêu thụ cá lớn nhất cả nước (24,4 kg/người/năm), ở Quảng Bình và các tỉnh miền trung là 16,6 kg/người/năm [2]. Cá đóng một vai trò quan trọng trong chế độ ăn uống của con người, chúng 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 [3],[4]. Tuy nhiên, cá cũng được xem là nguy cơ ảnh hưởng đến sức khỏe của người tiêu thụ vì chúng có xu hướng tích lũy sinh học cao các chất ô nhiễm từ môi trường nước và trong chuỗi thức ăn [5], [6].

Thủy ngân là một kim loại nặng không cần thiết đối với sinh vật sống, nó có thể gây nguy hiểm cho con người mặc dù ở nồng độ rất nhỏ [7]. Thủy ngân được phát thải ra môi trường thông qua nguồn tự nhiên như xói mòn, phong hóa đá, cháy rừng, phun trào núi lửa..., tuy nhiên phần lớn chúng được tạo ra từ các hoạt động của con người như luyện kim, khai thác than, chất thải công, nông nghiệp và chất thải sinh hoạt [8]. Một ví dụ điển hình, trong năm 2018, chỉ tính riêng lượng rác thải sinh hoạt phát sinh trên địa bàn tỉnh Quảng Bình khoảng 466 tấn/ngày, trong đó tỷ lệ thu gom, xử lý rác thải sinh hoạt bình quân chung cả tỉnh là 77,4% (gần 139 tấn rác thải đổ trực tiếp ra môi trường trong một ngày mà không qua xử lý) [9]. Thủy ngân được xem như là một kim loại phổ biến trong các chất gây nên sự ô nhiễm của vùng ven biển và cửa sông, chúng có xu hướng tích tụ và phóng đại sinh học trong các chuỗi thức ăn, do đó dễ dàng xâm nhập vào cơ thể sinh vật dưới nước (nhất là dạng Methyl thủy ngân) [10].

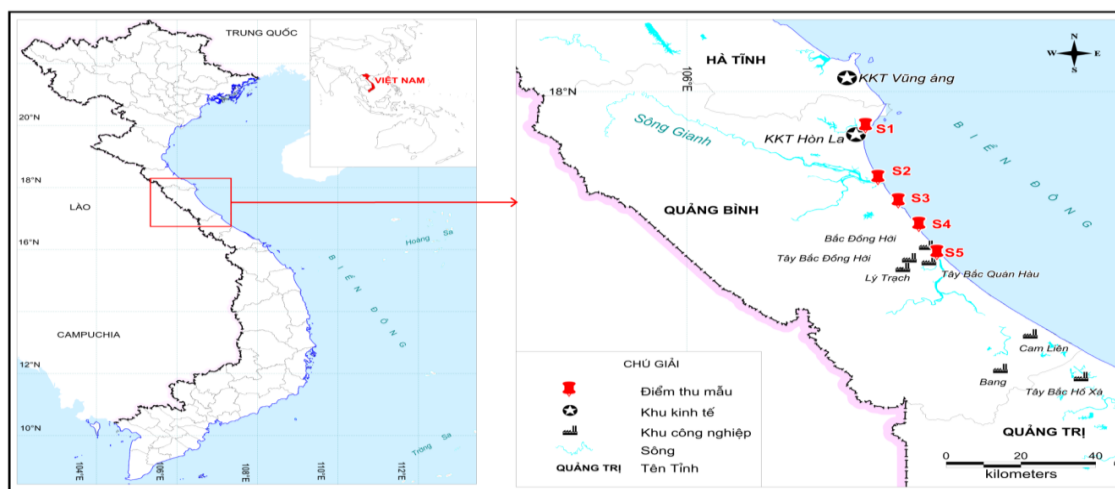
Cá Mòi cò chấm (*Konosirus punctatus* Schlegel, 1846) thuộc họ cá trích Clupeidae,

bộ cá trích Clupeiformes - là loài đang đứng trước nguy cơ bị suy giảm số lượng lớn do vấn đề khai thác bừa bãi, chúng được phân vào hạng VU A1d [11]. Đây là loài cá có kích thước nhỏ, sống thành từng đàn, thịt thơm ngon, giá trị dinh dưỡng cao, có giá trị kinh tế [12]. Trên thế giới, chúng phân bố phổ biến ở các vùng biển của Ấn Độ, Trung Quốc, Hàn Quốc, Nhật Bản, Thái Lan và Indonesia. Tại Việt Nam, cá mòi cò chấm được ghi nhận phần lớn tại vịnh Bắc bộ và ven biển miền Trung [11]. Xét thấy các nghiên cứu trước đó chỉ tập trung vào đặc điểm sinh học [12], [13], chưa có công bố liên quan đến nồng độ thủy ngân ở trong các mô cũng như đánh giá các rủi ro tiềm ẩn khi tiêu thụ cá Mòi cò chấm tại Việt Nam nói chung và Quảng Bình nói riêng. Do đó, mục đích của nghiên cứu này là đánh giá nồng độ của thủy ngân ở trong gan, mang và cơ của cá Mòi cò chấm từ vùng ven biển tỉnh Quảng Bình, đồng thời ước tính các rủi ro tiềm ẩn đến sức khỏe con người thông qua tiêu thụ loài cá này.

2. Phương pháp nghiên cứu

2.1. Thu mẫu

Tổng cộng 50 mẫu cá Mòi cò chấm được thu thập ngẫu nhiên trực tiếp từ ngư dân và các chợ cá tại 5 địa điểm trên toàn tỉnh Quảng Bình (S1: xã Cảnh Dương, huyện Quảng Trạch; S2: phường Quảng Phúc, thị xã Ba Đồn; S3: xã Đức Trạch và S4: xã Nhân Trạch, huyện Bố Trạch; và S5: cảng cá Nhật Lệ, thành phố Đồng Hới) từ tháng 7 đến tháng 10 năm 2019 (Hình 1). Gan, mang và cơ đã được thu thập, đặt trong túi nilon có dán nhãn và được bảo quản ở nhiệt độ -22 đến -18°C tại phòng thực hành trường Đại học Quảng Bình, sau đó các mẫu được chuyển đến phòng phân tích thủy ngân, Viện Sinh học, trường Đại học Sư phạm Kracow, Ba Lan. Trong quá trình vận chuyển bằng đường hàng không, các mẫu được bảo quản trong thùng đá ở nhiệt độ -4°C. Các số đo về chiều dài, khối lượng của mẫu cá Mòi cò chấm được thể hiện trong Bảng 1.



Hình 1. Địa điểm thu mẫu

Bảng 1. Các chỉ số sinh trắc của cá Mòi cơ chắm

Vị trí		Trung bình	Độ lệch chuẩn	Giá trị nhỏ nhất	Giá trị lớn nhất
S1	Chiều dài (cm)	14,750	1,550	12,500	18,000
(n=10)	Trọng lượng (g)	31,700	11,738	19,500	55,600
S2	Chiều dài (cm)	17,380	2,370	14,500	21,400
(n=10)	Trọng lượng (g)	44,925	18,032	28,500	80,164
S3	Chiều dài (cm)	18,020	3,164	13,600	23,000
(n=10)	Trọng lượng (g)	49,796	22,767	22,600	91,758
S4	Chiều dài (cm)	18,200	3,251	13,500	23,200
(n=10)	Trọng lượng (g)	54,701	23,245	22,816	93,210
S5	Chiều dài (cm)	18,110	3,641	12,500	23,400
(n=10)	Trọng lượng (g)	53,947	25,795	15,534	92,300

2.2. Xác định nồng độ thủy ngân

Nồng độ thủy ngân được đo bằng máy quang phổ hấp thụ nguyên tử hơi lạnh (loại máy MA-2, NIC, Japan) trong khoảng 100 mg mẫu tươi, kết quả cuối cùng được trình bày bằng $\mu\text{g/g}$ trọng lượng ướt (w.w). Tất cả các phân tích đều được lặp lại hai lần, giá trị trung bình của hai lần được xem là kết quả cuối cùng. Độ lệch chuẩn tương đối (RSD) là 2,6%, độ thu hồi (Recovery) là 97,1%, bước sóng là 253,7 nm.

2.3. Đánh giá rủi ro sức khỏe

Ước tính lượng tiêu thụ hàng ngày (Estimated daily intake - EDI). EDI của thủy ngân tính theo công thức 1:

$$EDI(\text{Hg}) = \frac{CM \times CONS}{RW} \quad (1)$$

Trong đó: EDI (Hg) là lượng tiêu thụ thủy ngân ước tính hàng ngày ($\mu\text{g/kg}$ trọng lượng cơ thể/ngày); CM là nồng độ thủy ngân trong

cơ cá ($\mu\text{g/g}$ w.w); CONS là tỉ lệ tiêu thụ cá hàng ngày (g/ngày); BW là trọng lượng trung bình của người trưởng thành (kg).

Ước tính thương số nguy hại (Target hazard quotients - THQ)

THQ đã được sử dụng để ước tính nguy cơ không gây ung thư của thủy ngân tích lũy trong cơ của cá Mòi cơ chắm. Đó là tỉ lệ của EDI và tỉ lệ tham chiếu (reference dose (RfD) - được đặt ra bởi Cơ quan bảo vệ Môi trường Hoa Kỳ). Nếu giá trị THQ nhỏ hơn một (1) cho thấy người tiêu dùng không có khả năng gặp bất kỳ tác dụng phụ nào đối với sức khỏe, nếu bằng hoặc lớn hơn một thì có thể có những rủi ro về sức khỏe.

$$THQ = \frac{EDI}{RfD} \times 10^{-3} \quad (2)$$

2.4. Phân tích thống kê

Thử nghiệm “Shapiro-Wilk test” được dùng để kiểm tra sự phân bố của hàm lượng thủy

ngân trong các mẫu. Do các mẫu có sự phân bố không chuẩn nên “Post hoc” của “Kruskal-Wallis test” được thực hiện để xác định khác biệt đáng kể sự tích lũy thủy ngân trong các mô cá và giữa các vùng nghiên cứu. Tất cả các tính toán thống kê được thực hiện với phần mềm thống kê Statistica 13.3 (StatSoft, Ba Lan). Kết quả thống kê có ý nghĩa khi giá trị p bằng hoặc nhỏ hơn 0,05.

3. Kết quả và thảo luận

3.1. Nồng độ thủy ngân trong cá Mòi cơ chắm

Nồng độ thủy ngân ở trong gan dao động từ 0,046 – 1,164, ở trong mang từ 0,023 – 0,449, ở trong cơ từ 0,032 – 0,428 $\mu\text{g/g w.w}$. Giá trị trung bình cao nhất được tìm thấy ở trong gan tại vùng S1 (Cánh Dương), còn giá trị trung bình thấp nhất ghi nhận được ở trong cơ tại vùng S4 (Nhân Trạch). Nồng độ thủy ngân trong gan và cơ ở giữa các vùng nghiên cứu không có sự khác biệt đáng kể (kết quả phân tích Kruskal-Wallis ANOVA trong gan và cơ lần lượt là $H = 3,476$, $p = 0,481$; $H = 10,534$, $p = 0,051$), trong khi nồng độ thủy ngân ở trong mang cá tại vùng S1 lại cho thấy cao hơn nhiều so với tại S4 và S5 ($H = 6,073$, $p = 0,481$), được trình bày trong Bảng 2. Tại mỗi địa điểm nghiên cứu, kết quả phân tích thống kê cho thấy có sự khác biệt đáng kể về nồng độ thủy ngân ở trong gan, mang và cơ (Hình 2). Theo đó, tại vùng S1 – S3 cho thấy sự tích lũy thủy ngân ở trong gan cao hơn so với ở trong cơ ($p = 0,05$; $p = 0,017$ và $p = 0,031$); Tại vùng S4, giá trị thủy ngân ở trong gan khác biệt có ý nghĩa thống kê so với ở trong mang và cơ ($p = 0,001$ và $p < 0,001$); ngoại trừ ở vùng S5, không cho thấy sự khác biệt đáng kể về hàm lượng thủy ngân ở trong gan, mang và cơ ($H = 5,757$, $p = 0,056$).

Bảng 2. Giá trị trung bình (Mean), độ lệch chuẩn (SD), nhỏ nhất (Min) và lớn nhất (Max) của nồng độ thủy ngân ở trong các mô của cá Mòi cơ chắm ($\mu\text{g/g w.w}$)

	Gan		Mang		Cơ	
	Mean $\pm$ SD	Min $\pm$ Max	Mean $\pm$ SD	Min $\pm$ Max	Mean $\pm$ SD	Min $\pm$ Max
S1	0,586 $\pm$ 0,470	0,046 $\pm$ 1,164	0,273 $\pm$ 0,135 ^{a,b}	0,087 $\pm$ 0,449	0,132 $\pm$ 0,047	0,081 $\pm$ 0,219
S2	0,298 $\pm$ 0,156	0,139 $\pm$ 0,543	0,201 $\pm$ 0,099	0,028 $\pm$ 0,393	0,151 $\pm$ 0,050	0,092 $\pm$ 0,243
S3	0,249 $\pm$ 0,082	0,118 $\pm$ 0,386	0,218 $\pm$ 0,108	0,061 $\pm$ 0,363	0,112 $\pm$ 0,119	0,034 $\pm$ 0,330
S4	0,286 $\pm$ 0,081	0,170 $\pm$ 0,434	0,094 $\pm$ 0,073 ^a	0,023 $\pm$ 0,220	0,082 $\pm$ 0,040	0,049 $\pm$ 0,182
S5	0,221 $\pm$ 0,107	0,087 $\pm$ 0,393	0,111 $\pm$ 0,099 ^b	0,028 $\pm$ 0,324	0,191 $\pm$ 0,131	0,032 $\pm$ 0,428

Giới hạn Bộ Y tế đặt ra cho nồng độ thủy ngân trong cơ cá là: 0,5 $\mu\text{g/g w.w}$

^{a, b} các ký tự giống nhau thể hiện sự khác biệt có ý nghĩa thống kê giữa các vùng nghiên cứu.

Sự tích lũy thủy ngân cao ở trong gan là vì gan đóng vai trò quan trọng trong quá trình trao đổi chất, tham gia trực tiếp vào quá trình lưu trữ và đào thải các độc tố, mặc dù gan có khả năng kiểm soát độc tính thủy ngân, nhưng ở mức độ nhất định [14], [15]. Trong khi mang là nơi trao đổi trực tiếp của các ion kim loại ở trong nước với cơ thể của cá, do đó dấu vết thủy ngân ở trong mang cũng thường cao hơn trong cơ [16], đây cũng là lí do mang cá thường được xem xét như là một tiêu chí để phản ánh chất lượng môi trường nước, nơi chúng sống [17].

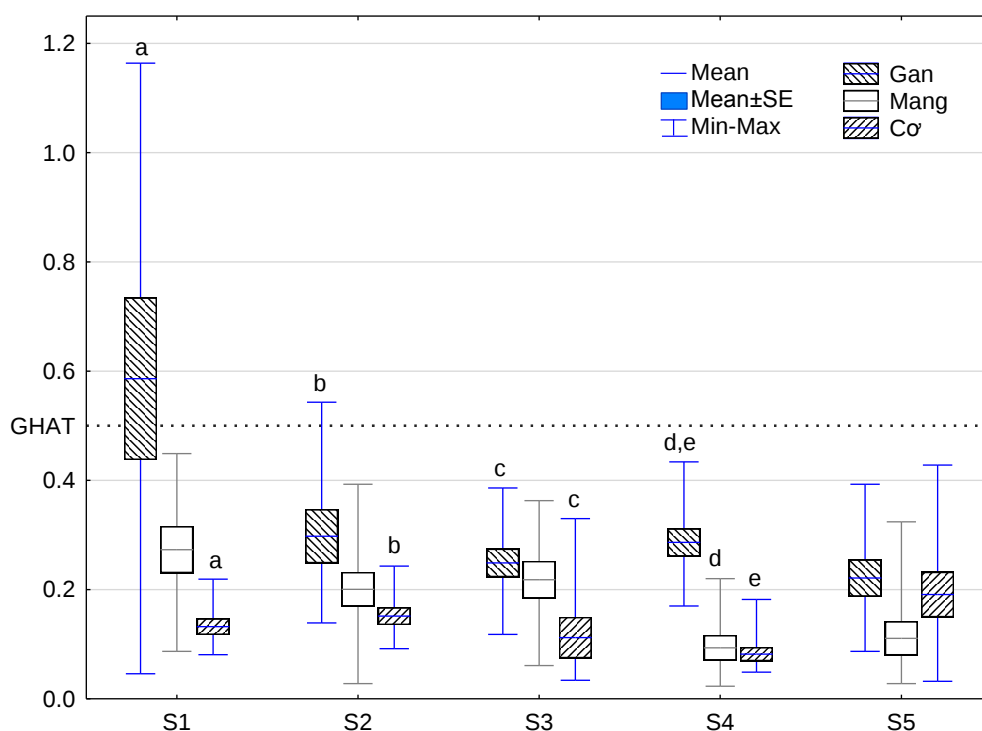
So với Quy chuẩn kỹ thuật Quốc gia về giới hạn ô nhiễm kim loại nặng trong thực phẩm (Hg-0,5 $\mu\text{g/g w.w}$) [18], kết quả nghiên cứu này cho thấy, mặc dù sự tích lũy của thủy ngân trong các mô của cá Mòi cơ chắm ở vùng ven biển Quảng Bình hầu hết dưới ngưỡng an toàn, nhưng riêng tại vùng S1 và S2 một số mẫu ở trong gan vượt quá ngưỡng quy định. Trước đó, nồng độ thủy ngân ở trong cơ của cá Mòi cơ chắm được [19]–[22] công bố tại các vùng biển của Hàn Quốc là khá thấp – thấp hơn nhiều lần so với báo cáo này; [23], [24] nghiên cứu tại các vùng biển của Trung Quốc cũng cho thấy sự tích lũy thấp của thủy ngân ở trong cơ; trong khi đó, [25] có kết quả xấp xỉ với báo cáo của chúng tôi. Có sự khác nhau này là vì sự tích lũy thủy ngân chịu ảnh hưởng bởi các yếu tố sinh học và phi sinh học bao gồm môi trường sống của cá, nhiệt độ nước, giá trị pH, nồng độ oxy hòa tan, dạng hóa học của các kim loại trong nước, ngoài ra các yếu tố như tuổi, giới tính, trọng lượng cơ thể cũng ảnh hưởng đến sự tích lũy các kim loại [26].

3.2. Đánh giá nguy cơ phơi nhiễm thủy ngân khi tiêu thụ cá Mòi cở chấm

Cơ cá là phần chính trong việc tiêu thụ, do đó nồng độ thủy ngân trong cơ được xem xét để đánh giá rủi ro ảnh hưởng đến sức khỏe của người tiêu thụ. Theo [2], lượng tiêu thụ cá trung bình ở khu vực miền Trung là 45,21 g/ngày, trọng lượng trung bình người trưởng thành nam và nữ của Việt Nam lần lượt là 58,4 và 50,8 kg [27]; giá trị RfD của thủy ngân là 0,0001 $\mu\text{g/g/ngày}$ [28]. Sau khi tính toán, giá trị EDI và THQ đối với việc tiêu thụ

cá Mòi cở chấm ở nam giới và nữ giới tại Quảng Bình được trình bày ở Bảng 3.

Giá trị EDI của thủy ngân cao nhất được tìm tại vùng S5 ở người tiêu thụ nữ (0,170 $\mu\text{g/kg}$ trọng lượng cơ thể/ngày), trong khi giá trị thấp nhất được phát hiện tại S4 ở người tiêu thụ nam (0,036 $\mu\text{g/kg}$ trọng lượng cơ thể/ngày). Giá trị THQ ở người tiêu thụ nam và nữ đều theo thứ tự giảm dần như sau: S5 > S2 > S1 > S3 > S4. Trong đó, các giá trị THQ ở nữ giới đều cao hơn so với nam giới.



Hình 2. Giá trị trung bình, sai số chuẩn, giá trị nhỏ nhất, lớn nhất của thủy ngân ở trong các mô cá Mòi cở chấm (^{a-e} các ký tự giống nhau thể hiện sự khác biệt có ý nghĩa thống kê giữa các mô trong một vùng nghiên cứu ($p \leq 0,05$); GHAT: giới hạn an toàn)

Bảng 3. Giá trị EDI và THQ của thủy ngân trong cá Mòi cở chấm tại Quảng Bình

	EDI ($\mu\text{g/kg}$ trọng lượng cơ thể/ngày)		THQ ($\mu\text{g/g}$)	
	Người tiêu thụ nam	Người tiêu thụ nữ	Người tiêu thụ nam	Người tiêu thụ nữ
S1	0,102	0,118	1,023	1,177
S2	0,117	0,135	1,172	1,347
S3	0,087	0,100	0,869	0,999
S4	0,063	0,073	0,634	0,729
S5	0,148	0,170	1,479	1,701
PTDI	0,714 $\mu\text{g/kg}$ trọng lượng cơ thể/ngày			

PTDI: lượng kim loại ăn vào hàng ngày có thể chấp nhận được tạm thời (Provisional Tolerable Daily Intake)

Tổ chức Lương thực và Nông nghiệp Liên Hiệp Quốc, tổ chức Y tế Thế giới [29] và Bộ Y tế Việt Nam [18] đã thiết lập lượng ăn vào hàng ngày có thể chấp nhận được tạm thời (Provisional Tolerable Daily Intake - PTDI) của thủy ngân 0,714 $\mu\text{g/kg}$ trọng lượng cơ thể/ngày. Trong báo cáo này, mặc dù tất cả các giá trị EDI của kim loại ở người tiêu thụ nam và nữ giới đều nằm dưới ngưỡng PTDI, tuy nhiên, các giá trị THQ của thủy ngân ở cả người tiêu thụ nam và nữ tại vùng S1, S2 và S5 lớn hơn 1, điều này cho thấy người tiêu thụ tại vùng Quảng Bình sẽ gặp phải những rủi ro ảnh hưởng đến sức khỏe khi tiêu thụ loài cá này. Trước đó, tại vùng ven biển Quảng Bình, [30], [31] cũng đã có những đánh giá liên quan đến rủi ro tiềm ẩn khi tiêu thụ các loài cá Đồi mược, cá Móm gai dài và cá Đục bạc, tuy nhiên các giá trị EDI và THQ đều ở dưới ngưỡng an toàn.

4. Kết luận

Kết quả nghiên cứu cho thấy hàm lượng thủy ngân khác nhau ở trong gan, mang và cơ của cá Mòi cơ chắm tại vùng ven biển Quảng Bình. Gan là nơi có sự tích lũy cao nhất nồng độ thủy ngân. Tại vùng Cảnh Dương và Quảng Phúc, hàm lượng thủy ngân ở trong gan đã vượt quá ngưỡng an toàn được quy định bởi Bộ Y tế. Mặc dù giá trị EDI ở trong cơ ở 5 vùng nghiên cứu đều dưới ngưỡng PTDI, nhưng giá trị THQ lại lớn 1, điều này cho thấy có những rủi ro liên quan đến thủy ngân đối với sức khỏe người tiêu thụ tại khu vực Quảng Bình. Nhóm tác giả cũng đề nghị tiếp tục đánh giá, theo dõi mức độ ô nhiễm của các kim loại nặng khác trong nhiều loài cá khác, để đưa ra được những dự báo chính xác các rủi ro phơi nhiễm kim loại từ việc tiêu thụ các loài cá ở địa phương.

Lời cảm ơn

Nhóm tác giả xin chân thành cảm ơn Tiến sĩ Włodzimierz Wojtaś, Tiến sĩ Tomasz Łaciak ở Viện Sinh học, Trường Đại học Sư phạm Krakow, Ba Lan đã hỗ trợ trong việc phân tích nồng độ thủy ngân.

TÀI LIỆU THAM KHẢO/ REFERENCES

- [1]. FAO, *The State of World Fisheries and Aquaculture 2018 - Meeting the sustainable development goals*, Rome, 2018.
- [2]. FAO, *The consumption of fish and fish products in the Asia-Pacific region based on household surveys*, 2015, pp. 52-54.
- [3]. P. M. Kris-Etherton, W. S. Harris, and L. J. Appel, "Fish consumption, fish oil, omega-3 fatty acids, and cardiovascular disease," *Circulation*, vol. 106, no. 21, pp. 2747-2757, 2002.
- [4]. J. State, J. R. Medeiros, and L. Maria *et al.*, "Determination of inorganic trace elements in edible marine fish from Rio de," *Food Control*, vol. 23, no. 2, pp. 535-541, 2012.
- [5]. M. Türkmen, A. Türkmen, Y. Tepe, Y. Töre, and A. Ateş, "Determination of metals in fish species from Aegean and Mediterranean seas," *Food Chemistry*, vol. 113, no. 1, pp. 233-237, 2009.
- [6]. M. Tüzen, "Determination of heavy metals in fish samples of the middle Black Sea (Turkey) by graphite furnace atomic absorption spectrometry," *Food Chemistry*, vol. 80, no. 1, pp. 119-123, 2003.
- [7]. L. Björkman *et al.*, "Mercury in human brain, blood, muscle and toenails in relation to exposure: An autopsy study," *Environmental Health: A Global Access Science Source*, vol. 6, pp. 1-14, 2007.
- [8]. S. S. Costa, I. Viegas, E. Pereira, A. C. Duarte, C. M. Palmeira, and M. A. Pardal, "Differential sex, morphotype and tissue accumulation of mercury in the crab *Carcinus maenas*," *Water, Air, & Soil Pollution*, vol. 222, no. 1-4, pp. 65-75, 2011.
- [9]. QBPPC (Quang Binh Provincial People's Committee), *Socio-economic situation in 2019*, Report No. 267/BC-UBND dated November 28, 2019.
- [10]. M. S. Rahman, N. Saha, A. H. Molla, and S. M. Al-Reza, "Assessment of anthropogenic influence on heavy metals contamination in the aquatic ecosystem components: Water, sediment, and fish," *Soil and Sediment Contamination*, vol. 23, no. 4, pp. 353-373, 2014.
- [11]. N. T. Dang, K. Tran, H. H. Dang, C. Nguyen, N. T. Nguyen, H. Y. Nguyen, and T. D. Dang, Eds., *Vietnam Red Data Book. Part I: Animals*, Publishing of Science and Technology, Hanoi, 2007.
- [12]. P. V. Vo, Q. V. Vo, and H. T. T. Le, "Biological characteristics of *Konosirus punctatus* in Tam Giang - Cau Hai, Thua Thien Hue," *Hue University Journal of*

- Science*, vol. 103, no. 4, pp. 58-69, 2015.
- [13]. T. V. Vo, P. L. T. Le, and T. N. Huynh, "Some characteristics on gonad cell-tissue of Konosiro gizzard shad – *Konosirus punctatus* (Schlegel, 1846) in coastal area, Quang Binh province," In *Proc. The 7th National Conference on Ecology and Biological Resources*, 2017, pp. 1475-1483.
- [14]. S. Zhao, C. Feng, W. Quan, X. Chen, J. Niu, and Z. Shen, "Role of living environments in the accumulation characteristics of heavy metals in fishes and crabs in the Yangtze River Estuary, China," *Marine Pollution Bulletin*, vol. 64, no. 6, pp. 1163-1171, 2012.
- [15]. M. Türkmen, A. Türkmen, and Y. Tepe, "Comparison of metals in tissues of fish from Paradeniz Lagoon in the coastal area of Northern East Mediterranean," *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, vol. 87, no. 4, pp. 381-385, 2011.
- [16]. A. Qadir, and R. N. Malik, "Heavy metals in eight edible fish species from two polluted tributaries (Aik and Palkhu) of the river Chenab, Pakistan," *Biological Trace Element Research*, vol. 143, no. 3, pp. 1524-1540, 2011.
- [17]. K. M. El-Moselhy, A. I. Othman, H. Abd El-Azem, and M. E. A. El-Metwally, "Bioaccumulation of heavy metals in some tissues of fish in the Red Sea, Egypt," *Egyptian Journal of Basic and Applied Sciences*, vol. 1, no. 2, pp. 97-105, 2014.
- [18]. M. Ward, *Vietnam Technical Regulations on Mycotoxin and Heavy Metals MRLs in Foods*, United States Department of Agriculture Foreign Agricultural Service, 2013, pp. 1-7.
- [19]. H. Choi, S. K. Park, and M. Kim, "Risk assessment of mercury through food intake for Korean population," *Korean Journal of Food Science and Technology*, vol. 44, no. 1, pp. 106-113, 2012.
- [20]. H. Ham, "Distribution of hazardous heavy metals (Hg, Cd and Pb) in fishery products, sold at Garak wholesale markets in Seoul," *Journal of Food Hygiene and Safety*, vol. 17, no. 3, pp. 146-151, 2002.
- [21]. H. Kim *et al.*, "Monitoring of heavy metals in fishes in Korea: As, Cd, Cu, Pb, Mn, Zn, Total Hg," *Korean Journal of Food Science and Technology*, vol. 39, no. 4, pp. 353-359, 2007.
- [22]. D. W. Hwang, S. S. Kim, S. G. Kim, D. S. Kim, and T. H. Kim, "Erratum to: Concentrations of heavy metals in marine wild fishes captured from the southern sea of Korea and associated health risk assessments," *Ocean Science Journal*, vol. 52, no. 3, pp. 527-536, 2017.
- [23]. A. Zhu, W. Zhang, Z. Xu, L. Huang, and W. X. Wang, "Methylmercury in fish from the South China Sea: Geographical distribution and biomagnification," *Marine Pollution Bulletin*, vol. 77, no. 1-2, pp. 437-444, 2013.
- [24]. S. Wei Chen *et al.*, "Health risk assessment for local residents from the South China Sea sased on mercury concentrations in marine fish," *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, vol. 101, no. 3, pp. 398-402, 2018.
- [25]. S. Oh, M. K. Kim, S. M. Yi, and K. D. Zoh, "Distributions of total mercury and methylmercury in surface sediments and fishes in Lake Shihwa, Korea," *Science of the Total Environment*, vol. 408, no. 5, pp. 1059-1068, 2010.
- [26]. A. K. Putri, G. R. Barokah, and N. Andarwulan, "Human Health Risk Assessment of Heavy Metals Bioaccumulation In Fish and Mussels from Jakarta Bay," *Squalen Bulletin of Marine and Fisheries Postharvest and Biotechnology*, vol. 12, no. 2, pp. 75-83, 2017.
- [27]. World Data, "Average sizes of men and women," Eglitis-Media, 2018. [Online]. Available: <https://www.worlddata.info/average-bodyheight.php>. [Accessed Sept. 20, 2020].
- [28]. G. Rice, J. Swartout, K. Mahaffey, and R. Schoeny, "Issues in risk assessment of chemicals of agencies session derivation of U.S. EPA's oral reference dose (Rfd) for methylmercury," *Drug and Chemical Toxicology*, vol. 23, no. 1, pp. 41-54, 2000.
- [29]. FAO/WHO, "Evaluation of certain food additives and contaminants. Twenty-ninth Report of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives," *World Health Organization technical report series*, vol. 733, pp. 1-59, 1986.
- [30]. T. V. Vo, and T. N. Huynh, "Estimation 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*, vol. 19, no. 3, pp. 22-30, 2019.
- [31]. T. V. Vo, T. N. Huynh, and P. T. T. Le, "Determination of heavy metals levels (Fe, Cd, Pb, Zn and Cu) in *Mugil cephalus* from Quang Binh, Vietnam," *Journal of Biology*, vol. 41, no. 2se1&2se2, pp. 451-459, 2019.