Journal of Animal Biology, Spring 2024; 16(3):97-109

Research Article

The Study of Native Fish of *Mesopotamichthys Sharpeyi* and *Barbus Grypus* in Khuzestan Province Warm Water Fish Farms with the Perspective of Contamination by Heavy Metals and Risk Evaluation for Consumers

Mohammad Hamzehpour[1], Reza Salighehzadeh[2*], Behnam Pedram[1]. Marjan Mosafer[2]

1- Department of Veterinary, Shoushtar Branch, Islamic Azad University, Shoushtar, Iran
2- Department of Marine Biology, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran
*Corresponding author: rezasalighehzadeh@yahoo.com

Received: 21 September 2023 Accepted: 19 October 2023

DOI: 10.22034/ascij.2023.1996999.1542

Abstract

Heavy metals, due to their indestructible nature, pose a serious threat to the health of aquatic animals as well as humans if a high concentration of them accumulates in the tissues of aquatic organisms. For this purpose, the present study was done with the aim of investigating native Bunni and Shabout fishes in tropical fish breeding farms of Khuzestan province with the perspective of contamination by heavy metals and risk assessment for consumers. In present study, the concentration level of thirteen heavy metals (arsenic, cadmium, cobalt, chromium, copper, iron, mercury, manganese, molybdenum, nickel, lead, tin and zinc), in the muscle tissue of (*Mesopotamichthyssharpeyi*) and (*Barbus gryous*) was measured. The results of this study showed that there were no significant difference between the concentration of heavy metals measured in Bunni and Shabout fishes. The findings of the research indicated that iron and arsenic had the highest and lowest concentrations in the muscle tissue of Bunni and Shabout fishes, respectively. Comparison of measured heavy metals with international health standards showed that the concentration of all metals except lead were significantly lower than the permissible limit ($p < 0.05$). The concentration of lead was significantly higher than the permissible limit ($p < 0.05$). The assessment of health risk showed that daily and continuous consumption of these products by consumers is completely safe, except for cadmium and lead and there is no risk for them. The average concentration of all measured metals except lead were lower than international standards. The estimation of daily intake of all measured heavy metals except cadmium and lead were less than global standards. The estimation of daily intake in all metals except cadmium and lead showed that the consumption of Shabout and Bunni fish currently does not pose a risk to human health, however, in order to prevent possible contamination in the future, management should pay more attention to these pollutants and their possible sources.

Keywords: Heavy metals, Bunni *Mesopotamichthys sharpeyi*, Shabout *Barbus grypus*, Risk assessment, Khuzestan

زیست‌شناسی جانوری، سال شانزدهم، شماره سوم، بهار ۱۴۰۳، صفحات ۱۰۹-۹۷

مقاله پژوهشی

مطالعه ماهیان بومی بنی و شیربت در مزارع پرورش ماهیان گرمابی استان خوزستان از نظر آلودگی به فلزات سنگین و ارزیابی خطر برای مصرف‌کنندگان

محمد حمزه‌پور[۱]، رضا سلیقه‌زاده[۱*]، بهنام پدرام[۱]، مرجان مسافر[۲]

۱- گروه دامپزشکی، واحد شوشتر، دانشگاه آزاد اسلامی، شوشتر، ایران

۲-گروه بیولوژی دریا، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

*مسئول مکاتبات: rezasalighehzadeh@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۶/۳۰ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۷/۲۷

DOI: 10.22034/ascij.2023.1996999.1542

چکیده

فلزات سنگین به دلیل برخورداری از ماهیتی تخریب ناپذیر، زمینه ساز تهدیدی جدی برای سلامت آبزیان و همچنین انسان‌ها در صورت تجمع یافتن سطح غلظت بالایی از آنها در بافت موجودات آبزی هستند. به همین منظور مطالعه حاضر با هدف بررسی ماهیان بومی بنی و شیربت در مزارع پرورش ماهیان گرمابی استان خوزستان از نظر آلودگی به فلزات سنگین و ارزیابی خطر برای مصرف کنندگان انجام پذیرفت. در مطالعه کنونی، سنجش غلظت سیزده عنصر (آرسنیک، کادمیوم، کبالت، کروم، مس، آهن، جیوه، منگنز، مولیبدن، نیکل، سرب، قلع و روی) در بافت عضله ماهیان بنی (*Mesopotamichthys sharpeyi*) و شیربت (*Barbus grypus*) صورت گرفت. نتایج مطالعه حاضر نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین غلظت فلزات اندازه گیری شده در ماهیان بنی و شیربت وجود نداشت (p >۰/۰۵). یافته‌های تحقیق نشانگر این بودند که فلزات آهن و آرسنیک به ترتیب دارای بیشترین و کمترین غلظت در بافت عضله ماهیان بنی و شیربت بودند. مقایسه مقادیر فلزات سنگین اندازه گیری شده با استانداردهای بهداشتی بین‌المللی نشان داد که غلظت تمامی عناصر به جز سرب به طور معنی‌داری کمتر از حد مجاز بودند (p >۰/۰۵). غلظت سرب به طور معنی‌داریبیشتر از حد مجاز بود (p >۰/۰۵). ارزیابی خطر بهداشتی نشان داد که مصرف روزانه و مداوم این محصولات توسط مصرف‌کنندگان به جز کادمیوم و سرب کاملا ایمن بوده و مخاطره‌ای از این نظر برای آنها وجود ندارد. میانگین غلظت تمام فلزات اندازه‌گیری شده به جز سرب از استانداردهای جهانی کمتر بودند. برآورد دریافت روزانه در همه فلزات به جز کادمیوم و سرب نشان داد که مصرف ماهیان شیربت و بنی در حال حاضر خطری را برای سلامتی انسان ایجاد نمی‌کنند، با این وجود برای پیشگیری از رخداد آلودگی احتمالی در آینده از نظر مدیریتی باید توجه بیشتری به این آلاینده‌ها و منابع احتمالی آنها شود.

کلمات کلیدی: فلزات سنگین، بنی، شیربت، ارزیابی خطر، خوزستان.

مقدمه

طی بیست سال گذشته در مقایسه با سایر مواد غذایی آبزی‌پروری رشد بسیار سریعی در صنعت غذا داشته است (۲۶). ارتقاء سطح زندگی بشر و تحولات ایجاد شده در بخش‌های صنعتی و کشاورزی در دهه‌های اخیر، کاربرد فلزات سنگین را در زمینه‌های مختلف اجتناب ناپذیر نموده است (۱۷). فلزات سنگین که به

روش‌های مختلف نظیراستخراج و احتراق مواد سوختی و فرایند ذوب به محیط زیست راه یافته‌اند، از مسیرهای گوناگون مانند تخلیه مواد زائد، نزولات جوی، نشت اتفاقی، تخلیه فاضلاب‌های کشاورزی، خانگی و صنعتی و فرسایش خاک به محیط‌های آبی منتقل می‌شوند (۴۰). علیرغم پیشرفت‌های زیادی که در زمینه مدیریت تصفیه و پالایش مواد زائد در محیط زیست صورت گرفته، فلزات سنگین هنوز بعنوان یک خطر جدی برای انسان‌ها و سایر موجودات زنده محسوب می شوند. زیرا این مواد بر خلاف سایر آلاینده‌ها که می‌توانند بطور کامل بواسطه باکتری‌ها و میکروارگانیسم‌ها تجزیه شده و از بین برود، قابلیت تجزیه زیستی ندارند و به نوعی غیر قابل تجزیه هستند (۱۴). بنابراین می‌توان گفت وجود برخی از این فلزات در محیط، حتی در غلظت پایین می‌تواند خطر جدی برای زیستمندان آن منطقه محسوب شود (۲۴). غلظت نیکل، جیوه، آهن، سرب، روی، کروم، کادمیوم، منگنز، ژرمانیوم و سایر یون‌های فلزی دارای استاندارد خاصی در آب بوده و بسیاری از فلزات سنگین ارتباط نسبتاً قوی با زمین دارند، آنها در میان آب، رسوب و خاک مهاجرت می‌کنند و تجمع آن ها از طریق انتقال در زنجیره غذایی نه تنها باعث آسیب جدی به گیاهان و حیوانات می‌شود، بلکه تهدیدی برای سلامت انسان است. لذا با مصرف آبزیانی که در معرض این فلزات زندگی می‌کنند، انسان مبتلا به انواع بیماری‌های شناخته و یا ناشناخته شده و همچنین طیف گسترده‌ای از عوارض و اختلالات در تمامی ارگان‌ها دیده می‌شود (۳۲). با توجه به اهمیت اکوسیستم‌های ساحلی و خطرات ناشی از ورود آلاینده های معدنی و آلی به این محیط‌ها، نظارت و ارزیابی پیوسته جهت تعیین وضعیت زیست‌محیطی و انجام اقدامات احتمالی، امری ضروری به نظر می‌رسد (۱۵، ۳۵). مقادیر برخی از این فلزات مانند مس، روی، آهن و ... در غلظت های پایین برای متابولیسم آبزیان ضروری هستند. به طور مثال فلزات روی و مس بر اساس مقادیرشان در فرآیندهای زیستی نقش محرک و یا بازدارنده را ایفا می‌کنند. این فلزات از جمله عناصر ضروری در واکنش‌های زیستی می‌باشند و بصورت هموستاتیک تنظیم می‌شوند. غلظت‌های این عناصر در بافت‌های یکسان از گونه‌های متفاوت می‌توانند تغییرات زیادی داشته باشند (۳۲). ماهی و غذاهای دریایی از منابع مهم و غنی پروتئین و ویتامین هستند. گوشت ماهی حاوی مواد معدنی و ویتامین و درصد بالایی آب (۸۰-۶۰ درصد) است که مصرف آن می‌تواند نقش به سزایی در سلامت جامعه داشته باشد. مصرف ماهی به پیش گیری و درمان برخی از بیماری‌های شایع مانند بیماری‌های قلبی عروقی، آسم، آلزایمر، انواع سرطان، حمله و سکته مغزی و دیابت کمک کند (۳۹). با این وجود مصرف ماهی خطرات و مضراتی نیز دارد که باید در مصرف آن احتیاط کرد و اعتدال را رعایت نمود. از جمله این خطرات وجود فلزات سنگین و سموم حاصل از محیط آلوده و آبی است که ماهی در آن جا تغذیه کرده است (۱). از این رو با توجه به نقش ارزش غذایی آبزیان در بهبود سلامتی جامعه و پیشگیری از بیماری‌های رایج بررسی سلامت آبزیان بعنوان منبع غذایی با ارزش بسیار مهم و اساسی است. مطالعه حاضر با هدف بررسی گونه‌های بنی و شیربت در شهرستان‌های استان خوزستان از نظر آلودگی به فلزات سنگین و ارزیابی خطر برای مصرف‌کنندگان انجام پذیرفت. انباشت و ارزیابی خطر بهداشتی فلزات سنگین در ماهیان پرورشی با سنجش غلظت ۱۳ عنصر (آرسنیک، کادمیوم، کبالت، کروم، مس، آهن، جیوه، منگنز، مولیبدن، نیکل، سرب، قلع و روی) در بافت عضله ماهیان صورت گرفت.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه و جمع آوری نمونه‌ها: نمونه‌های ماهی مورد مطالعه در این تحقیق از مزارع پرورش ماهی واقع در شهرستان‌های شوشتر، دزفول و اهواز در شمال غرب استان خوزستان در دی ماه ۱۴۰۰ جمع آوری شدند. زیرا چنانچه آمارها نشان می‌دهند در میان استان‌های فعال در زمینه تکثیر و پرورش آبزیان در ایران، استان خوزستان در جایگاه اول قرار دارد. برای بررسی میزان فلزات سنگین باقی مانده در گوشت ماهیان، تعداد ۴۰ قطعه ماهی از گونه‌های شیربت و بنی (هر گونه ۲۰ قطعه ماهی) جمع‌آوری گردید. پس از صید نمونه‌ها شسته و بر اساس ویژگی‌های مریستیک و مورفومتریک شناسایی شدند (۱۱). سپس نمونه‌ها بسته‌بندی و نشانه‌گذاری شدند و پس از انجماد تحت دمای ۲۰- درجه سانتیگراد در میان کیسه‌های حاوی یخ به آزمایشگاه ارسال شدند.

آماده سازی نمونه‌ها و استخراج فلزات سنگین: قبل از کالبد شکافی و آماده‌سازی، نمونه‌های ماهی با آب مقطر شستو شدند تا پوشش لزج و ذرات خارجی جذب کننده فلزات از سطح بدن دفع گردد. به منظور اندازه گیری میزان غلظت فلزات سنگین، بافت عضله آنها جداسازی گردید. به منظور تعیین غلظت به ازای وزن خشک نمونه، نمونه‌ها در آون با دمای ۱۱۰ درجه سلسیوس خشک شدند و سپس در هاون چینی به شکل پودر در آمدند. آماده‌سازی نمونه‌ها از طریق هضم شیمیایی نمونه‌ها با ترکیب اسید نیتریک و اسید پرکلریک (نسبت ۷:۱) انجام شد. سنجش غلظت فلزات سنگین باقیمانده در عضله ماهی‌ها، شامل آرسنیک (As)، کادمیوم (Cd)، کبالت (Co)، کروم (Cr)، مس (Cu)، آهن (Fe)، جیوه (Hg)، منگنز (Mn)، مولیبدن (Mo)، نیکل (Ni)، سرب (Pb)، قلع (Sn) و روی (Zn) با به کارگیری دستگاه طیف‌بینی جذب اتمی (ICP-OES مدل SPECTRO GENESIS FES) سنجیده شدند و با استفاده از منحنی کالیبراسیون مقادیر جذب به غلظت تبدیل و مقدار نهایی گزارش شد. غلظت واقعی عناصر کمیاب در نمونه جامد (بر حسب میکروگرم/کیلوگرم) توسط معادله پیشنهادی سازمان منطقه‌ای حفاظت محیط زیست دریایی (۲۰۰۵) بر اساس وزن خشک نمونه و حجم رقت به صورت زیر محاسبه گردید. (فرمول ۱):

$$C = \frac{Gs \times V}{W}$$

Gs: غلظت عنصر در محلول نمونه (خوانده شده توسط دستگاه)، V: حجم رقت (در این مطالعه ۲۵ میلی‌لیتر بود)، W: وزن خشک نمونه (۱ گرم).

ارزیابی ریسک سلامت: ضریب خطر هدف (THQ) به عنوان شاخص برای ارزیابی خطر سلامت این محصولات دریایی در نظر گرفته شد، که می‌توان با توجه به معادله زیر محاسبه کرد (۶) (فرمول ۲):

$$THQ = \frac{EFr \times ED \times FIR \times C}{RfDo \times BW \times ATn} \times 10^{-3}$$

EFr (exposure frequency): مقدار مواجهه، که در این مطالعه ۳۶۵ روز (یک سال) بود. ED: معادل مدت زمان مواجهه زندگی مصرف‌کنندگان ایرانی که به طور مثال ۷۵ سال و میزان مصرف غذا (FIR)، در منطقه مورد مطالعه (ایران) بر حسب گرم در روز نشان داده شده است. سرانه مصرف غذاهای دریایی ۸/۵ کیلوگرم (به ازای هرسال) می‌باشد و ماهی حدود ۸۰ درصد سرانه مصرفی را تشکیل می‌دهد (۲۲). C: بیشترین غلظت مقدار کم باقی مانده فلز در بافت ماهی خوراکی (بر حسب میکروگرم/گرم مرطوب) و سپس غلظت در وزن خشک، که با معادله ۱ محاسبه شد به وزن خیس تبدیل شد.

WW ((٪۱۰۰–٪۷۰ of water)/۱۰۰) × Con in DW)

RfDo: مقدار آن برای عناصر مختلف متفاوت است (جدول ۱). BW: متوسط وزن بدن برای جامعه ایرانی ۶۰ کیلوگرم در نظر گرفته شد. ATn: میانگین مدت زمان قرار گرفتن در معرض مواد غیر سرطان زا که

برابر با ۳۶۵ (روز) است، ۷۳/۵ (سال) در نظر گرفته شد. THQ کل برابر با جمع تمام THQ های تمام عناصر بطور جداگانه بود. دریافت روزانه (DI) فلزات کمیاب بر اساس ماهیچه ماهی و غلظت مصرف روزانه ماهی برآورد شد. این عامل از طریق معادله تصحیح شده زیر محاسبه شد (فرمول ۳): $EDI = FIR \times C$ که C: بالاترین غلظت اندازه-گیری شده عناصر در بافت خوراکی ماهی (میکروگرم/گرم مرطوب)، FIR: همانطور که گفته شد، مصرف روزانه ماهی در ایران معادل ۱۸/۶ گرم برای هر نفر در روز (جامعه هدف مصرف‌کنندگان ایرانی بودند).

آنالیز آماری: برای تجزیه و تحلیل داده‌های بدست آمده، ابتدا نرمال بودن آنها با آزمون کولموگروف-اسمیرنوف (KS) بررسی گردید. سپس مقادیر حاصله از طریق آنالیز واریانس یک‌طرفه (One-way ANOVA) و آزمون تعقیبی دانکن در سطح اطمینان ۵ درصد با یکدیگر مقایسه شدند، جهت مقایسه غلظت عناصر سنگین با استانداردهای سازمان بهداشت جهانی (WHO) و سازمان خواربار و کشاورزی ملل متحد (FAO) از آزمون تی تک نمونه‌ای بهره گرفته شد. همچنین، کلیه عملیات محاسبات آمار توصیفی و استنباطی در محیط نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۲ صورت گرفت.

جدول ۱- مقدار دوز استاندارد در میلی‌گرم بر کیلوگرم در روز برای فلزات سنگین گوناگون (۱۳، ۲۳)

Table 1. The amount of standard dosage in mg/kg per day for various heavy metals (13, 23)

Elements	Cd	Cr	Cu	Fe	Ni	Pb	Zn
RfDo	0.0005	1.5	0.04	15	0.02	0.0035	0.03

نتایج

نتایج حاصل از آمار توصیفی مقدار باقیمانده عناصر آرسنیک، کادمیوم، کبالت، کروم، مس، آهن، جیوه، منگنز، مولیبدن، نیکل، سرب، قلع و روی در ماهیان شیربت و بنی در جدول ۲ نشان داده شده است. در شکل ۱ به مقایسه میانگین غلظت فلزات سنگین در ماهیان شیربت و بنی پرداخته شده است. میانگین غلظت آرسنیک ماهیان بنی و شیربت ۰/۰۲ میلی‌گرم/کیلوگرم بود و اختلاف معنی‌داری وجود نداشت ($p >$ ۰/۰۵). میانگین غلظت کادمیوم ماهیان بنی و شیربت ۰/۰۳ میلی‌گرم/کیلوگرم بود و اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. بیشترین غلظت کبالت در ماهی شیربت با میانگین ۰/۳۳ میلی‌گرم/کیلوگرم بود و اختلاف معنی‌داری بین گونه‌های مختلف وجود نداشت. میانگین غلظت کروم ماهیان بنی و شیربت ۰/۰۷ میلی‌گرم/کیلوگرم بود و اختلاف معنی‌داری بین گونه‌های مختلف وجود نداشت. بیشترین غلظت مس در ماهی کپور بنی با میانگین ۰/۱۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود و اختلاف معنی‌داری بین گونه‌های مختلف وجود نداشت. بیشترین غلظت آهن در ماهی بنی با میانگین ۲۵/۵۷ میلی‌گرم/کیلوگرم بود و اختلاف معنی‌داری بین گونه‌های مختلف وجود نداشت. بیشترین غلظت جیوه در ماهی بنی با میانگین ۰/۱۶ میلی‌گرم/کیلوگرم بود و اختلاف معنی‌داری بین گونه‌های مختلف وجود نداشت ($p >$ ۰/۰۵). بیشترین غلظت منگنز در ماهی شیربت با میانگین ۱.۹۰ میلی‌گرم/کیلوگرم بود و اختلاف معنی‌داری بین گونه‌های مختلف وجود نداشت. بیشترین غلظت مولیبدن در ماهی شیربت با میانگین ۳/۷۵

میلی‌گرم/کیلوگرم بود و اختلاف معنی‌داری بین گونه‌های مختلف وجود نداشت. میانگین غلظت نیکل در میان ماهیان بنی و شیربت ۰/۰۳ میلی‌گرم/کیلوگرم بود و اختلاف معنی‌داری بین گونه‌های مختلف وجود نداشت. بیشترین غلظت سرب در ماهی بنی با میانگین ۱/۲۷ میلی‌گرم/کیلوگرم بود و اختلاف معنی‌داری بین گونه‌های مختلف وجود نداشت. میانگین غلظت قلع در میان ماهیان بنی و شیربت ۰/۲۷ میلی‌گرم/کیلوگرم بود و اختلاف معنی‌داری بین گونه‌های مختلف وجود نداشت. بیشترین غلظت روی در ماهی بنی با میانگین ۲۱/٤٤ میلی‌گرم/کیلوگرم بود و اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. مقایسه مقادیر فلزات سنگین باقیمانده در گوشت ماهیان بنی و شیربت با استانداردهای بهداشتی بین‌المللی نشان داد که غلظت تمامی عناصر به جز سرب به طور معنی‌داری کمتر از حد مجاز بودند (p <۰/۰۵). غلظت سرب به طور معنی‌داری (p <۰/۰۵) بیشتر از حد مجاز بود (جدول ۳). ارزیابی خطر بهداشتی نشان داد که با توجه به حداکثر مصرف روزانه قابل تحمل (MTDI) فلزات سنگین، مصرف روزانه و مداوم این محصولات توسط گروه‌های سنی مختلف (کودکان و بزرگسالان) مصرف‌کنندگان به جز کادمیوم و سرب، کاملا ایمن بوده و مخاطره‌ای از این نظر برای آنها وجود ندارد (جدول ٤).

جدول ۲- آمار توصیفی میزان فلزات سنگین سنجیده شده در ماهیان مورد مطالعه (برحسب میلی‌گرم/کیلوگرم وزن خشک بدن)

Table 2. Descriptive statistics of heavy metals (mg/kg of dry body weight) in the studied fish

Heavy metals	*Mesopotamichthys sharpeyi*	*Barbus grypus*
Arsenic (As)	0.02 ± 0.01	0.02 ± 0.01
Cadmium (Cd)	0.03 ± 0.03	0.03 ± 0.03
Cobalt (Cb)	0.32 ± 0.02	0.33 ± 0.01
Chromium (Cr)	0.07 ± 0.01	0.07 ± 0.01
Copper (Cu)	0.15 ± 0.15	0.06 ± 0.01
Iron (Fe)	25.57 ± 6.34	17.84 ± 3.93
Mercury (Hg)	0.16 ± 0.01	0.10 ± 0.06
Manganese (Mn)	1.09 ± 0.11	1.90 ± 0.52
Molybdenum (Mo)	3.51 ± 0.14	3.75 ± 0.21
Nickel (Ni)	0.03 ± 0.01	0.03 ± 0.01
Lead (Pb)	1.27 ± 0.13	1.14 ± 0.37
Tin (Sn)	0.27 ± 0.01	0.27 ± 0.01
Zinc (Zn)	21.44 ± 5.97	16.77 ± 1.64

جدول ۳- نتایج مقایسه میزان فلزات سنگین ماهیان مورد مطالعه با استانداردهای جهانی (FAO/WHO)

Table 3. The comparison of the amount of heavy metals in studied fishes with international standards (FAO/WHO)

Heavy metals	Standard value (PPM)	Difference between the mean and the standard	t statistic	Df	P-Value
Arsenic (As)	0.5	-0.4791	-1.638	5	0.000
Cadmium (Cd)	0.2	-0.16842	-16.382	5	0.000
Cobalt (Cb)	50	-49.6722	-7.217	5	0.000
Chromium (Cr)	30	-29.92911	-3.456	5	0.000
Copper (Cu)	100	-99.895	-2.22	5	0.000
Iron (Fe)	100	-78.295	-30.234	5	0.000
Mercury (Hg)	0.2	-0.06475	-3.134	5	0.026
Manganese (Mn)	50	-48.505	-212.128	5	0.000
Molybdenum (Mo)	150	-146.36588	726	5	0.000
Nickel (Ni)	0.5	-0.463	-1.318	5	0.000
Lead (Pb)	0.4	0.80841	7.519	5	0.001

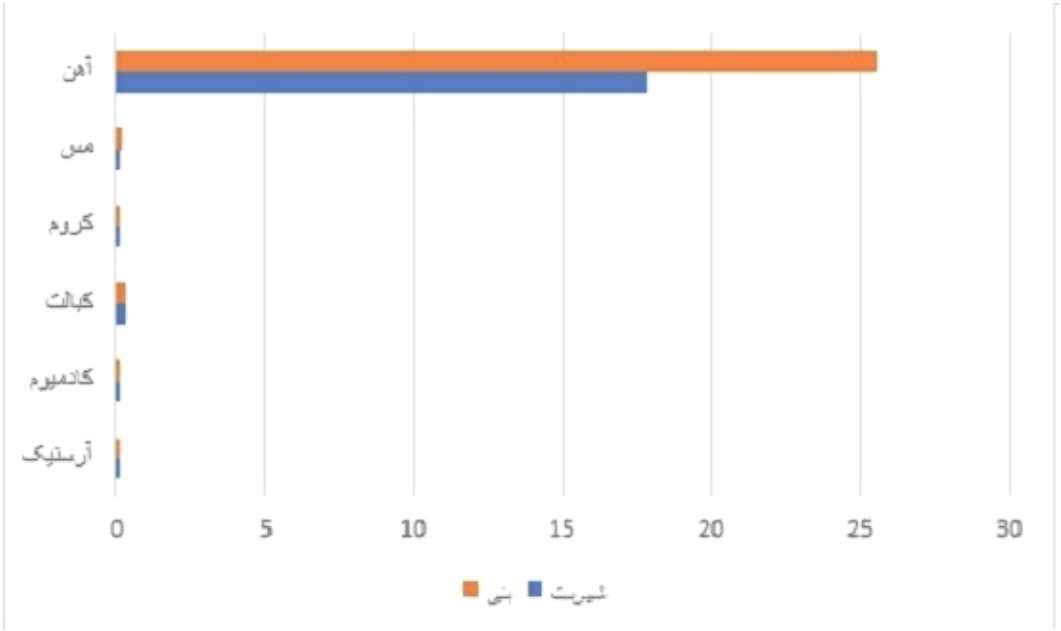
Tin (Sn)	250	-249.72391	-7.209	5	0.000
Zinc (Zn)	150	-130.895	-68.538	5	0.000

جدول ٤- نتایج ارزیابی ریسک سلامت ماهیان مورد مطالعه استان خوزستان نسبت به فلزات سنگین

Table 4.The results of health risk assessment of studied fishes in Khuzestan province regarding heavy metals

	Daily intake (mg/g of body weight per day)		MTDI*
Heavy metals	children	Adults	($mg.g^{-1}$ BW/day)
Arsenic (As)	9.68×10^{-3}	5.53×10^{-3}	5×10^{-2}
Cadmium (Cd)	1.46×10^{-2}	8.35×10^{-3}	6×10^{-2}
Cobalt (Cb)	1.51×10^{-1}	8.66×10^{-2}	-
Chromium (Cr)	3.28×10^{-2}	1.87×10^{-2}	2
Copper (Cu)	4.85×10^{-2}	2.77×10^{-2}	3×10^{-1}
Iron (Fe)	1.003×10^{-1}	5.736	1×10^{-2}
Mercury (Hg)	6.25×10^{-2}	3.57×10^{-2}	3×10^{-2}
Manganese (Mn)	6.91×10^{-1}	3.95×10^{-1}	-
Molybdenum (Mo)	1.68	9.6×10^{-1}	-
Nickel (Ni)	1.71×10^{-2}	9.78×10^{-3}	3×10^{-1}
Lead (Pb)	5.58×10^{-1}	3.19×10^{-1}	2.1×10^{-1}
Tin (Sn)	1.28×10^{-1}	7.29×10^{-2}	-
Zinc (Zn)	8.83	5.049	6×10^{1}

* MTDI: Maximum Tolerable Daily Intake (NRC, 1989; JECFA, 2000)



شکل۱- مقایسه میانگین غلظت فلزات سنگین (mg/kg وزن خشک بدن) در *Mesopotamichthys sharpeyi* و *Barbus grypus*

Fig 1. Comparison of the average concentration of heavy metals (mg/kg of dry body weight) in *Mesopotamichthys sharpeyi* and *Barbus grypus*

بحث

امروزه به دلیل پیشرفت تکنولوژی و ورود بیش از حد آلاینده ها به زیستگاه ماهیان، نه تنها مصرف ماهیان ارزشمند کاهش یافته بلکه در برخی از مواقع از نظر سلامتی خطرات جبران ناپذیری را به دنبال دارد (۲۲، ۳۱، ٤١). این فلزات می‌توانند از طریق زباله های صنعتی و مصرفی و یا حتی در اثر باران اسیدی

و تجزیه خاک، آزادسازی فلزات سنگین به جویبارها، دریاچه‌ها، رودخانه‌ها و آب‌های زیرزمینی وارد منابع آب شوند (۸). برای بررسی تجمع فلزات سنگین در اکوسیستم‌های آبی پیشنهاد می‌شود که از ماهی استفاده شود زیرا ماهی‌ها به عنوان یک بیو اندیکاتور زیستی نسبت به تغییرات محیطی آبی از خود واکنش نشان می‌دهد (۵،۹،۲۹). رودخانه‌ها به عنوان مهمترین منابع تأمین کننده آب شرب و مصرفی شهرها و روستاهای کشور نقش مهمی در تأمین سلامت انسان و محیط زیست دارند، حوزه رودخانه کارون دارای وسعتی قریب ٤٥٢٢١ کیلومترمربع می‌باشد (۲۱). وجود صنایع و زهکش‌های کشاورزی مختلف در مسیر رودخانه در شمال استان خوزستان، شهرستان دزفول تا بخش مرکزی این استان (شهرستان اهواز) دو عامل عمده آلودگی در این حوضه آبی می‌باشند (۳٤). در نمای کلی عوامل بسیار زیادی در میزان تجمع فلزات سنگین در آبزیان دخیل هستند، جغرافیا، pH، دمای محیط، نحوه فعل و انفعالات بین فلزات کربن محلول و الی، سختی، جنس، سن، طول، وضعیت سلامت ماهیان، چرخه زندگی، زیستگاه، مدت قرارگیری در معرض فلزات سنگین از جمله موارد تعیین کننده از جمله عوامل تاثیر گذار می‌باشند (٤، ۷، ۱۹، ۲۰، ۲۵، ۳۰). در این مطالعه ۲ فلز آهن و آرسنیک به ترتیب بیشترین و کمترین میزان غلظت فلزات سنگین را به خود اختصاص دادند. Fernandes و همکاران (۲۰۰۷) بیان کردند که رسوبات مکان اصلی تجمع فلزات سنگین در مقایسه با ستون آب می‌باشند. برهم خوردن رسوبات سبب انتقال فلزات سنگین به ستون آب و موجودات آبزی می‌شود از اینرو آلودگی فلزات سنگین در رسوب به دلیل رابطه مستقیم و آشکار رسوبات و ستون آب، می‌تواند بر کیفیت آب اثر بگذارد (۲۹). طبق آنچه گفته شد نتایج بدست آمده با نتایج حاصل از مطالعاتRastmanesh و همکاران (۲۰۱٦) مطابقت دارد، ایشان حداکثر و حداقل میزان تجمع فلزات سنگین در رسوبات رودخانه کارون را آهن و آرسنیک بیان می‌کنند که می‌تواند سبب تجمع این فلزات در بدن آبزیان شود (۳۳). Biswas و همکاران (۲۰۲۳) با مطالعه غلظت فلزات سنگین در ماهیان آب شیرین، دریایی و ساحلی بیان داشتند که در ماهیان آب شیرین آهن بیشترین و کادمیوم کمترین میزان تجمع را به خود اختصاص دادند (۳). Zareh Reshquoeeieh و همکاران (۲۰۱۵) در بررسی غلظت فلزات مس، کادمیوم و آرسنیک بر روی آبزیان سد خدا آفرین چنین گزارش نمودند که بیشترین غلظت فلزات سنگین مربوط به مس و آرسنیک بود (٤۱). بر اساس یافته‌های Selgi و همکاران (۲۰۱۸) در بررسی سطوح فلزات سنگین مس، روی و آهن بر روی گونه ماهی کاراس طلائی، زرد پر و سیاه کولی در سد منجیل، چنین نتیجه گیری شد که بالاترین غلظت فلز سنگین مربوط به آهن بود (۳٦). نتایج حاصل از مطالعه حاضر نشان داد که غلظت فلزات سنگین در ماهی بنی بیشتر از ماهی شیربت بود. در بررسی allhashemi Hosseini و همکاران (۲۰۱۱) با عنوان میزان تجمع زیستی عناصر کمیاب و ارتباط آن با جنسیت و شاخص گنادوسوماتیک در بافت های مختلف از سه گونه ماهی بنی، شیربت و کپور معمولی بیان داشتند میزان فلزات سنگین در ماهیان ماده بنی و شیربت بیشتر از نرها بود (۱٦). در بررسی انجام شده توسط Mohammad Salehi و همکاران در سال ۲۰۱٤ بر روی ماهیان بومی تالاب هورالعظیم، میزان فلزات سنگین در ماهی بنی بیشتر از ماهی شیربت بود که با نتایج این مطالعه همخوانی دارد (۲۳). در بررسی Taravati در سال ۲۰۱۲ میزان سرب در ماهی بنی بیشتر از میزان کادمیوم و جیوه بود (۳۷). Velayatzadeh (۲۰۱۹) در مطالعه انجام شده با هدف بررسی میزان غلظت فلزات سنگین آهن، روی و مس

در عضله ۸ گونه از ماهیان نشان دادند که به جز فلز روی غلظت دو فلز آهن و مس در ماهی بنی بیشتر از ماهی شیربت بود (۳۸). با توجه به اینکه عوامل متعددی همچون سن، جنس، فصل و مکان در تجمع و افزایش غلظت فلزات سنگین در موجودات آبزی تاثیرگذار هستند، وجود تفاوت میان گونه‌های مختلف در مناطق یکسان و یا گونه‌های مشابه در مکان‌هایی با شرایط متفاوت و بدنبال ان ویژگی‌های فیزیولوژیکی جانداران آبزی دور از انتظار نیست (٤، ۲۷). نتایج حاصل از بررسی سلامت ماهیان در مقایسه با استانداردهای ارائه شده توسط FAO/WHO نشان داد که به جز فلز سرب، سایر فلزات کمتر از سطح استانداردهای سازمان بهداشت جهانی و سازمان غذا و داروی ایالات متحده آمریکا بود. Hossain و همکاران (۲۰۲۱) در بررسی ماهی Buriganga در رودخانه توراگ کشور بنگلادش، همسو با پیوهش حاضر بیان نمود که غلظت فلز سرب بیشتر از استانداردهای FAO و WHO بود (۱۵). در بررسی عناصر کمیاب در ماهیان کفزی در بنگلادش میزان فلزات سنگین بیشتر از حد استاندارد گزارش شده بود (۲). تحقیقات Kaçar و همکاران در سال ۲۰۱۷ نشانگر کمتر بودن میزان فلزات سنگین در بافت عضلات گونه *Barbus grypus* در سد بتمن کشور ترکیه بود (۱۸). مطالعه Effah و همکاران (۲۰۲۱) نشان داد که گونه‌های ماهی جمع آوری شده (*Clarias gariepinus, Sarotherodon melanotheron, Pseudotolithus senegalensis*) در رودخانه آنکوبرا، سطوح منگنز، روی و جیوه بالاتر و کادمیوم، نیکل، کرومر، آرسنیک و کبالت کمتر از استاندارد ارائه شده توسط سازمان سلامت جهانی بود (۱۰). Farahbakhsh و همکاران (۲۰۱۸) در بررسی ارزیابی خطر فلزات نیکل، روی و مس حاصل از مصرف ماهیان سیاه کولی و سفید در تالاب انزلی عنوان نمودند که به جز فلز نیکل میزان سایر فلزات کمتر از استاندارد ارائه شده توسط بود (۱۲). استفاده از ارزیابی احتمال خطر در حال حاضر جایگاه ویژه خود را پیدا کرده و بعنوان یک روش علمی برای تهیه و توسعهٔ استانداردهای کیفی و سلامتی مواد غذایی مورد توجه قرار گفته است. ارزیابی خطر بهداشتی نشان می‌دهد که با توجه به حداکثر مصرف روزانه قابل تحمل (MTDI) فلزات سنگین، مصرف روزانه و مداوم این محصولات توسط گروه های سنی مختلف (کودکان و بزرگ سالان) مصرف‌کنندگان به جز کادمیوم و سرب، که می‌توانند کشنده باشند کاملا ایمن بوده و مخاطره ای از این نظر برای آنها وجود ندارد (جدول ٤)، اگرچه برخی از ملاحظات برای زنان باردار و نوزادان برای مصرف این ماهی باید مد نظر قرار گیرد. از آنجایی که الگوی مصرف ماهی در ایران به صورت ناهمگن و غیریکنواخت توزیع شده است، بنابراین جامعه صیادی و حتی افرادی که در این نواحی زندگی می‌کنند ممکن است در طول یک ماه به دفعات مختلف از غذاهای دریایی استفاده کنند. از این رو توصیه می‌شود سازمان‌های مربوطه (سازمان دامپزشکی، ورازت بهداشت و غیره) اطلاعات مربوط در خصوص میزان مصرف را در اختیار این گروه مصرف‌کننده قرار دهند (۳). Hossain و همکاران (۲۰۲۱) در بررسی ماهی Buriganga بیان نمودند که در هر دو رودخانه Buriganga و Turag مقدار EDI فلز کروم بیشتر از حداکثر میزان قابل تحمل رژیم غذایی روزانه بود. مقدار EDI برای فلز سرب در مصارف کم، کمتر از حداکثر میزان قابل تحمل رژیم غذایی روزانه و در مصارف متوسط و زیاد بیشتر از حداکثر میزان قابل تحمل رژیم غذایی روزانه بود همچنین مقادیر EDI برای فلز مس در هر دو رودخانه پایین تر از حداکثر میزان قابل تحمل رژیم غذایی روزانه بودند (۱۵). نتایج حاصل از پژوهش Ouattara

و همکاران (۲۰۲۰) نشان داد مقادیر EDI فلزات کمیاب در محدوده ایمن و مصرف ماهیان *Chrysichthys nigrodigitatus* و *Sarotherodon melanotheron* در رودخانه‌های Bandama، Comoé و Bia بی‌خطر بوده و تهدیدی برای سلامت مصرف-کنندگان به همراه نخواهد داشت (۲۸). در مطالعه Ali و همکاران (۲۰۲۰) نشان داده شد که کل دریافت روزانه عناصر بررسی شده کمتر از مقدار حداکثر مصرف قابل تحمل بود (۲). با این حال نتایج حاصل از پژوهش فوق بیان نمود که مصارف طولانی مدت از ماهی آلوده در منطقه مورد مطالعه می‌تواند اثرات جدی بر سلامتی داشته باشد.

نتیجه‌گیری

نتایج این تحقیق نشان داد که میانگین غلظت فلزات آرسنیک، کادمیوم، کبالت، کروم، مس، آهن، جیوه، منگنز، مولیبدن، نیکل، قلع و روی در ماهیان شیربت و بنی از استانداردهای جهانی کمتر می‌باشد و فقط غلظت سرب در مقایسه با FAO/WHO بالاتر بود. همچنین برآورد دریافت روزانه و با توجه به مقادیر MTDI در همه فلزات به جز کادمیوم سرب نشان داد که مصرف روزانه ماهیان شیربت و بنی در حال حاضر خطری را برای سلامتی انسان ایجاد نمی‌کند، با این وجود برای پیشگیری از رخداد آلودگی احتمالی در آینده از نظر مدیریتی باید توجه بیشتری به این آلاینده‌ها و منابع احتمالی آنها شود.

منابع

1. Adeli A. 2015. Properties of fish and its nutritional value for humans. *Journal of Fisheries*, 9(3):61-68. [In Persian].

2. Ali M.M., Ali M.L., Proshad R., Islam S., Rahman Z., Kormoker T. 2020. Assessment of trace elements in the demersal fishes of a coastal river in Bangladesh: a Public Health Concern. *Thalassas*, 36:641–655

3. Biswas A., Kanon K.F., Rahman A., Shafiqul Alam M., Ghosh S., Farid F., 2023. Assessment of human health hazard associated with heavy metal accumulation in popular freshwater, coastal and marine fishes from south-west region, Bangladesh. *Heliyon*, 9:e20514

4. Biswas S., Rashid T.U., Debnath T., Haque P., Rahman M.M. 2020. Application of chitosan-clay biocomposite beads for removal of heavy metal and dye from industrial effluent. *Journal of Composites Science*, 4(1):16

5. Bosch A.C., O'Neill B., Sigge G.O., Kerwath S.E., Hoffman L.C. 2016. Heavy metals in marine fish meat and consumer health: a review. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 96(1): 32-48

6. Chien L.C., Hung T.C., Choang K.Y., Yeh C.Y., Meng P.J., Shieh M.J., Han B.C. 2002. Daily intake of TBT Cu Zn Cd and As for fishermen in Taiwan. *Science of the Total Environment*, 285:177-85.

7. Dadar M., Adel M., Ferrante M., Nasrollahzadeh Saravi H., Copat C., Oliveri Conti G. 2016. Potential risk assessment of trace metals accumulation in food, water and edible tissue of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) farmed in Haraz River, northern Iran. *Toxin Reviews*, 35(3–4):141–146.

8. Dang P., Gu X., Lin C., Xin M., Zhang, H., Ouyang W., Liu X., He M. 2021. Distribution, sources, and ecological risks of potentially toxic elements in the Laizhou Bay, Bohai Sea: Under the long-term impact of the Yellow River input. *Journal of Hazardous Material*, 413(3):125429.

9. Ebadi Fathabad A., Tajik H., Shariatifa N. 2019. Heavy metal concentration and health risk assessment of some species of fish, Rasht, Iran. *Journal of Mazandaran University of Medical Sciences*, 28(168):118-132. [In Persian].

10. Effah E., Aheto D.W., Acheampong E., Tulashie S.K., Adotey J. 2021, Human

Saqavi H., Usuli A., Menem J., Mehrjovian S. 2021. The effect of Sabiti fish ovary extract (Sparidentex hasta) containing prostaglandin (PGF2a) on testosterone hormone fluctuations, GSI index and sperm motility in males. *Iran Fisheries Scientific Journal*, 30(3):1-13.

18. Kaçar E., Karadede Akın H., Uğurlu P., 2017. Determination of Heavy Metals in Tissues of *Barbus grypus* (Heckel, 1843) from Batman Dam, Turkey. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 17:787-792.

19. Łuczyn´ska J., Paszczyk B., Łuczyn ´ski M.J. 2018. Fish as a bio indicator of heavy metals pollution in aquatic ecosystem of Pluszne Lake, Poland, and risk assessment for consumer's health. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 153:60-67.

20. Mackintosh T.J., Davis J.A., Thompson R.M. 2016. Tracing metals through urban wetland food webs. *Ecological Engineering*, 94:200-213.

21. Maddinya M., Munawwari S.M., Karbasi A., Baqarnabavi S.M., Rajabzadeh A. 2014. Water quality study of Karun river in Ahvaz area using water quality index. *Quarterly Journal of Environmental Science and Technology*, 16(1):49-60. [In Persian].

22. Malai F., Siyari N. 2018. methods of transferring pollution to rivers, the 4th International Congress on Agricultural Development, Natural Resources, Environment and Tourism of Iran, Tabriz. (In Persian)

23. Mohammad Salehi A., Askari Sari A., Velayatzadeh M. 2014. Investigating the co-breeding of *Barbus grypus* and *Barbus sharpeyi* with ducks. *Research Journal of Marine Sciences and Techniques*, 10(4):36-46. [In Persian].

24. Mukherjee I., Kumar Singh U., Pratap Singh R., Anshumali Kumari D., Kumar Jha P., Mehta P. 2020. Characterization of heavy metal pollution in health risk assessment from heavy metals in three dominant fish species of the Ankobra river, Ghana. *Toxicology Reports*, 24(8):1081-1086.

11. FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 2014. Species Fact Sheets. FAO (Fisheries and Aquaculture Department), No. 123.

12. Farah Bakhsh Z., Akbarzadeh A., Amiri P., Naji A., 2018. The risk assessment potential of heavy metals (Cu, Zn, Ni) for human health caused by consumption of muscle tissue of golden mullet (Risso, 1810) *Liza aurata* in Anzali wetland, Caspian Sea. *Health and Environment*, 12(2):193-202. [In Persian].

13. Fernandes C., Fontaínhas-Fernandes A., Cabral D., Salgado M.A. 2008. Heavy metals in water, sediment and tissues of Liza saliens from Esmoriz-Paramos lagoon, Portugal. *Environmental Monitoring and Assessment*, 136(1- 3):267-275.

14. Honarmandrad Z., Javid N., Malakootian M. 2020. Efficiency of ozonation process with calcium peroxide in removing heavy metals (Pb, Cu, Zn, Ni, Cd) from aqueous solutions. *SN Applied Sciences*, 2:703.

15. Hossain M.N., Rahaman A., Jawad Hasan M.J., Minhaz Uddin N.K., Shamsuddin S. 2021. Comparative seasonal assessment of pollution and health risks associated with heavy metals in water, sediment and Fish of Buriganga and Turag River in Dhaka City, Bangladesh. *SN Applied Sciences*, 3(4):1-16.

16. Hosseini Alhashemi A.S., Karbassi A. R., Hassanzadeh. Kiabi B., Monavari S.M., Nabavi S.M.B. 2011. Accumulation and bioaccessibility of trace elements in wetland sediment. *African Joural of Biotechnology*, 10(9):1625-1636.

17. Hosseinzadeh H., Bahmani M., Mohibi Derakhsh P., Pourkazmi M., Ghafari H., Sidmortzaei, S.R., Golshan M., Ahmadnejad M., Houshmand, H., Zabih Najafabadi M., Tarabi Mozanzadeh M.,

Accumulation of heavy metals in fish: A serious threat to food security and public health. *Journal of Marine Medicine*, 3(4):236-245.

32. Rafi U., Mazhar S., Chaudhry A., Syed A. 2021. Adverse effects of heavy metals on aquatic life. *MARKHOR (The Journal of Zoology)*, 2(2): 3-8.

33. Rastmanesh F., Zarasvandi A., Bagheri Birgani A. 2016. Investigation of the effect of Abadan Petrochemical Complex and Abadan Oil Refinery on the concentration of heavy metals and sulfur in soil. *Journal of Environmental Sciences*, 14(2):49-60.

34. Riahi, A., Ismaili, A., Savari, A., 2008. Determining the amount of heavy metals (Ni, Zn, Cu, Cd, Co, Pb) in water, sediments and aquatic species of Karun River (73-72). *Iranian Journal of Natural Resources*, 52(2):46-37. [In Persian].

35. Saadatmand M., Dadalehi Sohrab A., Ronagh M.T., Khazaei S. 2016. Investigation of 3 heavy metals (Ni, Cu, Pb) in the gills of corrugated fish (*Siganus javus*) and coastal sediments of Bushehr province. *Journal of Marine Biology*, 8(31):79-91. [In Persian].

36. Selgi A., Bigdeli H., Soleimani A. 2018. Levels of heavy metals copper, zinc and iron in the muscle and gill tissues of three species of golden carp (auratus Carassius), black carp (Vimba persa) and yellow carp (Luciobarbus capito)) in Manjil Dam. *Journal of Applied Biology*, 31(3):39-53. [In Persian].

37. Taravati S., Askary Sary A., Javaheri Baboli M. 2012. Determination of lead, mercury and cadmium in Wild and Farmed Barbus sharpeyi from Shadegan Wetland and Azadegan Aquaculture Site, South of Iran. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 89:78–81. [In Persian].

38. Velayatzadeh M., Koshafar A. 2019. Pollution assessment some of heavy metals in water and surface sediments of Nasseri Wetland (Khorramshahr). *Journal of the* an anthropogenically and geologically influenced semi-arid region of east India and assessment of ecological and human health risks. *Science of the Total Environment*, 705: 135801-135801.

25. Mziray P., Kimirei I.A. 2016. Bioaccumulation of heavy metals in marine fishes (*Siganus sutor*, *Lethrinus harak*, and *Rastrelliger kanagurta*) from Dar es Salaam Tanzania. *Regional Studies in Marine Science*, 7:72-80.

26. Naylor R.L., Hardy R.W., Buschmann A.H., Bush S., Cao L., Klinger D., Little D., Lubchenco J., Shumway S., Troell M. 2021. A 20-year retrospective review of global aquaculture. *Nature*, 591:551-563.

27. Ogan, A.C. 2023. Bioconcentration of heavy metals in fish organs of tilapia (*Sarotherodon melanotheron*) and mulet (*Mugil cephalus*) in Oginigba/Woji Creek, Port-Harcourt Nigeria. *Ignatius Ajuru University Journal of Applied and Environmental Biology*, 1(1):59-77

28. Ouattara, A. A., Yao, K. M., Kinimo, K. C., Trokourey, A., 2020. Assessment and bioaccumulation of arsenic and trace metals in two commercial fish species collected from three rivers of Côte d'Ivoire and health risks. *Microchemical Journa*l,154:104604

29. Panda B. P., Mohanta Y. K., Parida S. P., Pradhan A., Mohanta T.K., Patowary K., Wan Mahari A.W., Lam S.S., Ghfar A.A., Guerriero G., Verma M., Sarma H. 2023. Metal pollution in freshwater fish: A key indicator of contamination and carcinogenic risk to public health. *Environmental Pollution*, 330:121796-121807.

30. Panda L., Jena S.K., Rath S.S., Misra P.M. 2020. Heavy metal removal from water by adsorption using a low-cost geopolymer. *Environmental Science and Pollution Research*, 27:24284-24298.

31. Radkhah A.R., Eagderi S., Sadeghinejad Masouleh E. Eagderi S, Sadeghinejad Masouleh E. 2022.

School of Public Health and Institute of Public Health Research, 17(2):157-168.

39. WHO (World Health Organization), 1989. Heavy metals-environmental aspects. Environment Health Criteria. WHO, No. 85.

40. Yunusa M.A., Igwe E.C., Mofoluke A.O. 2023. Heavy metals contamination of water and fish-a reviwe. *Fudma Journal of Science*, 7(1):110-118.

41. Zareh Reshquoeeieh M., Hamidian A. M., Poorbagher H., Ashraf S. 2015. Investigation of heavy metals accumulation in sediment and aquatic organism in Khodaafarin Dam, Azarbaijan-Sharghi, Iran. *Veterinary Research and Biological Products*, 29(1):80-72. [In Persian].