Journal of Animal Biology, Autumn 2024; 17(1):1-14

Research Article

Investigation of Heavy Metals in *Carasobarbus Luteus*, *Barbus Grypus* and Tilapia sp. and Risk Assessment for Consumers in Shavour River of Shush County

Saad Bayat[1], Reza Salighehzadeh[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: 27 November 2023 Accepted: 2 January 2024

DOI: 10.22034/ascij.2024.2002502.1565

Abstract

The aim of this study was to investigate the heavy metal contamination of native fish such as red mullet, Shabout and tilapia in the Khaneh Shavour River of Shush County and to assess the risk to consumers. To investigate the amount of heavy metals remaining in fish meat, samples were collected from several parts of the Shavour River of Shush County. The results of descriptive statistics showed that there was no significant relationship between the amount of residual elements in fish of the species of red mullet, red mullet and tilapia ($p < 0.05$). There was a significant difference between the concentration of heavy metals in summer and winter ($p < 0.05$). The comparison of the amount of heavy metals remaining in the meat of himri, shabout and tilapila with international standards showed that the concentration of all elements except lead and nickel were significantly lower than the permissible limit ($p < 0.05$), and the concentration of nickel was higher than the international standards, but there was no significant difference ($p > 0.05$). The concentration of lead was significantly higher than the permissible limit ($p < 0.05$). The health risk assessment showed that according to the maximum tolerable daily intake (MTDI) of heavy metals, the daily and continuous consumption of these products by different age groups (children and adults) of consumers is completely safe, except for lead, and there is no risk for them in this regard. Also, the estimation of daily intake and according to the MTDI values of all metals except lead showed that the consumption of himri, shabout and tilapila fish currently does not pose a risk to human health, however, to prevent possible contamination in the future in terms of management, more attention should be paid to these pollutants and their possible sources from a management perspective.

Keywords: Himri, Shabout, Tilapila, Shavor River, Shush City.

زیست‌شناسی جانوری، سال هفدهم، شماره اول، پاییز ۱۴۰۳، صفحات ۱۴-۱

مقاله پژوهشی

بررسی میزان فلزات سنگین در ماهیان حمری، شیربت و تیلاپیا و ارزیابی ریسک برای مصرف‌کنندگان در رودخانه شاوور شهرستان شوش

سعد بیات[۱]، رضا سلیقه‌زاده[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: ۱۴۰۲/۰۹/۰۶ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۰/۱۲

DOI: 10.22034/ascij.2024.2002502.1565

چکیده

هدف از این مطالعه بررسی ماهیان بومی حمری و شیربت و تیلاپیا در رود خانه شاوور شهرستان شوش از نظر آلودگی به فلزات سنگین و ارزیابی خطر برای مصرف‌کنندگان است. برای بررسی میزان فلزات سنگین باقیمانده در گوشت ماهیان از چند قسمت رودخانه شاوور شهرستان شوش نمونه ها جمع‌آوری شد. نتایج حاصل از آمار توصیفی نشان داد که بین مقدار باقیمانده عناصر در ماهیان گونه‌های شیربت و حمری و تیلاپیا ارتباط معناداری وجود نداشت ($p > ۰/۰۵$). بین غلظت فلزات سنگین در فصل تابستان و زمستان نیز اختلاف معنی‌دار بود ($p < ۰/۰۵$). مقایسه مقادیر فلزات سنگین باقیمانده در گوشت ماهیان حمری و شیربت و تیلاپیا با استانداردهای بین المللی نشان داد که غلظت تمامی عناصر به جز سرب و نیکل به طور معنی داری کمتر از حد مجاز بودند ($p < ۰/۰۵$)، همچنین غلظت نیکل بالاتر از استاندارد های جهانی بود اما اختلاف معناداری نداشتند ($p > ۰/۰۵$). غلظت سرب به طور معنی داری بیشتر از حد مجاز بود ($p < ۰/۰۵$). ارزیابی خطر بهداشتی نشان داد 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 سرب کاملا ایمن بوده و مخاطره‌ای از این نظر برای آنها وجود ندارد. همچنین برآورد دریافت روزانه و با توجه به مقادیر MTDI در همه فلزات به جز سرب نشان داد که مصرف ماهیان شیربت و حمری و تیلاپیا 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.

کلمات کلیدی: حمری، شیربت، تیلاپیا، رودخانه شاوور، شهرستان شوش.

مقدمه

امروزه افزایش جمعیت، از سویی سبب افزایش نیاز به غذا و از سوی دیگر سبب افزایش توسعه صنایع و افزایش آلودگی و ورود آلاینده‌ها به بطن زندگی مردم شده است (۳۵). از اینرو طی چند دهه اخیر یکی از نگرانی‌های اساسی جامعه بشری ورود آلاینده‌های مختلف به زنجیره غذایی اکوسیستم های آبی و خشکی بوده که به نوبه خود سبب برهم‌خوردن تعادل اکولوژیک محیط زیست خواهد شد (۷، ۴۰). فلزات

سنگین یکی از اصلی ترین معضلات زیست محیطی و بهداشتی جوامع امروزی می‌باشند که در پی رشد و توسعه صنایع در تمام نقاط جوامع صنعتی یافت می‌شوند (۳)، این فلزات پس از ورود به بوم سامانه-های آبی در بافت‌ها و اندام‌های آبزیان و از جمله ماهیان تجمع یافته و سرانجام وارد زنجیره‌های غذایی می‌شوند (۱۶). از آنجایی که ماهی‌ها بخشی از رژیم غذایی انسان را تشکیل می‌دهند، این فلزات سنگین می‌توانند به وسیله تغذیه از ماهیان آلوده وارد بدن انسان گردند. حضور برخی از این عناصر در حد جزئی در زنجیره غذایی انسان و موجودات زنده ضروری می‌باشد، اما در غلظت‌های بیش از حد مجاز عوارض سوء گوناگونی را ایجاد می‌نمایند (۳۳). تجمع فلزات سنگین در بافت بدن حیوانات باعث ایجاد اختلال در زادآوری، طول عمر و سلامت آن‌ها می‌شود که در نهایت می‌تواند به افزایش میزان مرگ و میر و کاهش زادآوری آن‌ها منجر شود. نیکل، کادمیوم، جیوه و سرب از جمله فلزات غیر ضروری محسوب می‌شوند که مصرف آنها سبب بیماری‌های متعددی خواهد شد. چنانچه مطالعات متعدد نشان می‌دهند مرگ سلولی، ناهنجاری‌های فکری در کودکان، مرگ نورون‌ها و آسیب به کلیه‌ها تنها بخش بسیار کوچکی از آسیب‌های وارده به بدن انسان می‌باشند که از طریق مصرف فلزات مذکور رخ خواهند داد (۱، ۲۷، ۴۰). فلز کروم از دیگر فلزات غیر ضروری می‌باشد که قرار گرفتن طولانی مدت در معرض آن می‌تواند سبب آسیب به کبدو همچنین مشکلات مرتبط باضعیف سیستم ایمنی شود (۶، ۳۶). مصرف آرسنیک و کبالت طیف وسیعی از آسیب به سلامت را در بر می‌گیرد که از آنجمله می‌توان به آسیب به کبد نام برد که به نوبه خود سبب آسیب رساندن به ماکرومولکول‌های مختلف سلول، از جمله DNA، لیپیدها، و پروتئین‌ها و همچنین تغییرات چشمگیر در انتقال سیناپسی و تنظیم انتقال‌دهنده‌های عصبی می‌شود (۱۷). علاوه بر این مطالعات نشان می‌دهد تجمع بی رویه کبالت افسردگی سیستولیک برگشت پذیر قلبی را در پی خواهد داشت (۱۷، ۲۷، ۳۱، ۳۶، ۳۷). کمبود آهن مهم‌ترین و شایع‌ترین بیماری ناشی از کمبود مواد غذایی در سراسر جهان می‌باشد (۳۹، ۴۷). مطابق با گزارش جهانی بار بیماری‌ها (Global Burden of Disease) فقر آهن یکی از پنج ناتوانی‌های جسمی بلند مدت می‌باشد (۲۴، ۴۳). منگنز، روی، مولیبدن و مس از اجزای ضروری بدن در انسان می‌باشند که چنانچه مطالعات نشان می‌دهند کمبود آنها، آسیب جبران ناپذیری بر عملکرد مغز، کبد و کلیه به همراه خواهد داشت (۲).

Zhongو همکاران (۲۰۲۰) اظهار داشتند که با توجه به نقش مهم روی در تنظیم فعالیت بسیاری از ژن‌ها و آنزیم‌ها در بدن انسان، اصلی ترین فلز در بدن محسوب می‌شود. منگنز از جمله عناصر ضروری است که انسان جهت انجام وظایف بیولوژیکی خود به آن نیاز دارد. منگنز به طور بالقوه مانند سایر فلزات سنگین سمی نیست با این حال، قرار گرفتن بیش از حد در معرض منگنز می‌تواند سبب بیماری های مرتبط با قلب، مغز، کلیه و کبد شود (۱۹، ۲۰). از این رو با توجه به اهمیت تجمع فلزات سنگین از ابعاد گوناگون بهداشت و سلامت جامعه و همچنین مباحث مرتبط با مدیریت سلامت اکوسیستم، انجام مطالعات پایشی در این زمینه بسیار ضروری است. از اینرو تحقیقی حاضر با هدف پایش آلودگی ماهیان حمری، شیربت و تیلاپیا در رودخانه شاوور شهرستان شوش انجام پذیرفت.

مواد و روش‌ها

برای بررسی میزان فلزات سنگین باقی مانده در گوشت ماهیان، از زمستان تاتابستان ۱۴۰۲ تعداد ۳۰

قطعه ماهی از گونه های ماهیان حمری، شیربت و تیلاپیا (هر گونه ۱۰ قطعه ماهی) از رودخانه شاوور شهرستان شوش جمع آوری گردید. پس از اندازه گیری طول و وزن نمونه‌های ماهی سپس نمونه‌ها بسته بندی و نشانه گذاری شدند و پس از انجماد تحت دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد در میان کیسه‌های حاوی یخ به آزمایشگاه ارسال شدند. قبل از کالبدگشایی و آماده‌سازی، نمونه‌های ماهی با آب مقطر شستو شدند تا پوشش لزج و ذرات خارجی جذب‌کننده فلزات از سطح بدن دفع گردد. به منظور اندازه‌گیری 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 سانتی‌گراد خشک شدند و سپس در هاون چینی به شکل پودر در آمدند و از طریق هضم شیمیایی نمونه‌ها با ترکیب اسید نیتریک و اسید پرکلریک (نسبت ۱:۷) 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) و روی (Zn) با به کارگیری دستگاه طیف بینی 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. در این پژوهش برای دستیابی به غلظت مورد نظر فلز از استاندارد مرجع (SRM muscle tissue ۲۹۷۷) استفاده شد. به منظور ترسیم منحنی کالیبراسیون عناصر، طیفی از رقت‌های مختلف به دستگاه تزریق شدند. خطای نسبی، راندمان (R) و حد تشخیص (LOD) دستگاه به ترتیب برابر با ٤/٨، ۹۵/۲ درصد و ۰/۰۰۳ قسمت در میلیون محاسبه شدند (روابط ۱-۳).

رابطه ۱:

$$\mathrm{RE\%} = \frac{\text{MEASURED VALUE}*\text{NOMINALVALUE}}{\text{MEASURED VALUE}} \times 100$$

رابطه ۲: $R\% = (100 - RE\%)$

رابطه ۳: $\mathrm{RE\%} = \frac{SD\ INTERCEPT}{\text{X-VAREABLE}} \times 3$

در معادله SD انحراف معیار، intersept عرض از مبدا و x-variation(a) شیب خط هستند. به منظور ارزیابی خطر مصرف این آبزیان شاخص دریافت روزانه (DI) به کار گرفته شد. رابطه ٤: $\mathrm{DI} = \frac{(CM*IR)}{\mathrm{BW}}$ در این معادله CM غلظت اندازه‌گیری شده در بافت خوراکی (ماهیچه) ماهی بر حسب میکروگرم بر گرم وزن تر و از آنجایی که این محصولات به شکل تازه (بدون فرایند خشک کردن) توسط مصرف کنندگان مورد تغذیه قرار می گیرند، غلظت‌های سنجیده شده برحسب وزن خشک نمونه از طریق معادله ۵ به وزن تر تبدیل شدند (۱۱).

رابطه ۵:

$$\text{Con. In WW} = [(100 - 70\% \text{ of water})/100] \times \text{Con in DW}$$

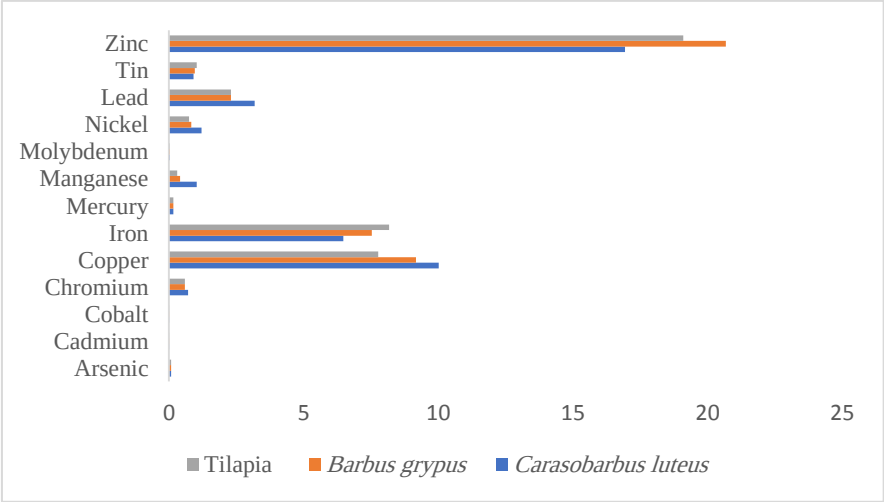
BW وزن بدن مصرف‌کنندگان که در این تحقیق به تفکیک بزرگسالان و کودکان (زیر ۱۱ سال) به ترتیب معادل ۷۱ و ٤۰ کیلوگرم، و IR میزان مصرف روزانه در جامعه مصرف کنندگان برابر با ۵/٦ گرم در روز در نظر گرفته شد. طبق آخرین گزارش رسمی فائو (FAO)، میانگین سرانه مصرف آبزیان در دنیا معادل ۲۰/۵ کیلوگرم در سال می‌باشد (۵). برای تجزیه و تحلیل داده های بدست آمده، ابتدا نرمال بودن آنها با آزمون کولموگروف-اسمیرنوف (KS) بررسی گردید. سپس مقادیر حاصله از طریق آنالیز واریانس یک طرفه 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.

نتایج

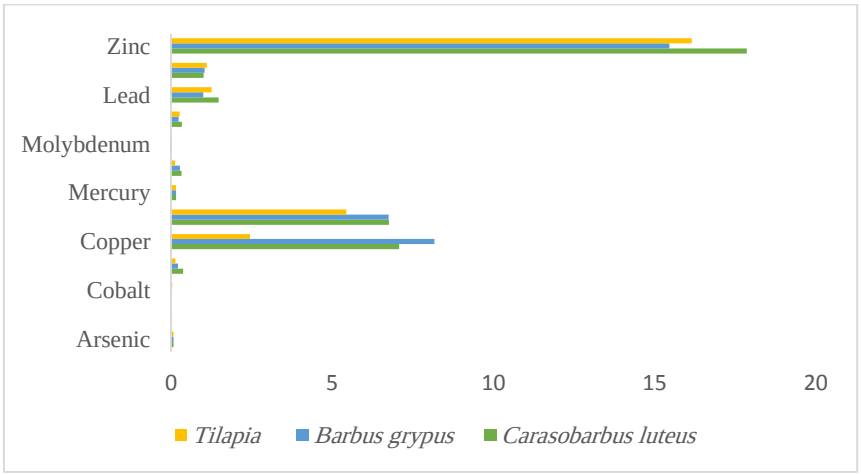
نتایج حاصل از آمار توصیفی مقدار باقیمانده عناصر آرسنیک، کادمیوم، کبالت، کروم، مس، آهن، جیوه، منگنز، مولیبدن، نیکل، سرب، قلع و روی در ماهیان حمری، شیربت و تیلاپیا در فصل‌های مختلف در جدول ۱ نشان داده شده است. بررسی‌ها نشان داد بین غلظت فلزات سنگین در فصل تابستان و زمستان اختلاف معنی دار بود (p <۰/۰۵). همچنین به ترتیب بیشترین و کمترین میزان تجمع فلزات سنگین در گونه حمری در فصل زمستان و گونه تیلاپیا در فصل تابستان مشاهده شد. در شکل‌های ۱ و ۲ به مقایسه میانگین غلظت فلزات سنگین در ماهیان حمری، شیربت و تیلاپیا در فصل‌های زمستان و تابستان پرداخته شده است. در جدول ۲ میانگین فلزات سنگین سنجیده شده آرسنیک، کادمیوم، کبالت، کروم، مس، آهن، جیوه، منگنز، مولیبدون، نیکل، سرب، قلع و روی در ماهیان مطالعه (شیربت، حمری و تیلاپیا) بر برحسب میلی‌گرم وزن خشک مورد نشان داده شده است. میانگین غلظت آرسنیک ماهیان حمری و شیربت و تیلاپیا ۰/۰۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود و اختلاف معنی داری وجود نداشت (p <۰/۰۵). میانگین غلظت کادمیوم ماهیان حمری و شیربت و تیلاپیا ۰/۰۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود و اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (p <۰/۰۵). بیشترین غلظت کبالت در ماهی حمری و شیربت و تیلاپیا با میانگین ۰/۰۱ و ۰/۰۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود و اختلاف معنی داری بین گونه های مختلف وجود داشت (p <۰/۰۵). میانگین غلظت کروم ماهیان حمری و شیربت و تیلاپیا ۰/۵، ۰/۳ و ۰/٤ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود و اختلاف معنی‌داری بین گونه های مختلف وجود نداشت (p <۰/۰۵). بیشترین غلظت مس در ماهی حمری و شیربت و تیلاپیا با میانگین ۸/۵۵، ۸/٦۸ و ۵/۱۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود و اختلاف معنی‌داری بین گونه‌های مختلف وجود داشت (p <۰/۰۵). بیشترین غلظت آهن در ماهی حمری و شیربت و تیلاپیا با میانگین ٦/۲، ۷/۱ و ۸/٦ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود و اختلاف معنی‌داری بین گونه‌های مختلف وجود نداشت (p <۰/۰۵). بیشترین غلظت جیوه در ماهی حمری و شیربت و تیلاپیا با میانگین ۰/۰۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود و اختلاف معنی داری بین گونه‌های مختلف وجود نداشت (p <۰/۰۵). بیشترین غلظت منگنز در ماهی حمری و شیربت و تیلاپیا با میانگین ۰/٦، ۰/۳ و ۰/۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود و اختلاف معنی‌داری بین گونه‌های مختلف وجود نداشت (p <۰/۰۵). بیشترین غلظت مولیبدن در ماهی حمری و شیربت و تیلاپیا با میانگین ۰/۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود و اختلاف معنی‌داری بین گونه‌های مختلف وجود نداشت (p <۰/۰۵). میانگین غلظت نیکل در میان ماهیان حمری، شیربت و تیلاپیا ۰/۷، ۰/۵۱ و ۵/۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود و اختلاف معنی‌داری بین گونه‌های مختلف وجود داشت (p <۰/۰۵). بیشترین غلظت سرب در ماهی حمری و شیربت و تیلاپیا با میانگین ۲/۳، ۱/٦ و ۱/۷ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود و اختلاف معنی داری بین گونه‌های مختلف وجود نداشت (p <۰/۰۵). میانگین غلظت قلع در میان ماهیان حمری و شیربت و تیلاپیا ۰/۹، ۱ و ۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود و اختلاف معنی‌داری بین گونه‌های مختلف وجود نداشت (p <۰/۰۵). بیشترین غلظت روی در ماهی حمری و شیربت و تیلاپیا با میانگین ۱۷ و ۱۸ و ۱۷ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود و اختلاف معنی داری وجود داشت (p <۰/۰۵). در شکل ۳ به مقایسه میانگین غلظت فلزات سنگین در ماهیان حمری، شیربت و تیلاپیا پرداخته شده است. مقایسه

مقادیر فلزات سنگین باقیمانده در گوشت ماهیان حمری و شیربت و تیلاپیا با استانداردهای بین‌المللی FAO/WHO نشان داد که غلظت تمامی عناصر به جز سرب، نیکل به طور معنی‌داری (p <۰/۰۵) کمتر از حد مجاز بودند، همچنین غلظت نیکل بالاتر از استانداردهای جهانی بود اما اختلاف معناداری نداشتند، غلظت سرب به طور معنی داری بیشتر از حد مجاز بود (p <۰/۰۵)، (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 بزرگ سالان) مصرف کنندگان به جز سرب، کاملا ایمن بوده و مخاطره‌ای از این نظر برای آنها وجود ندارد، (جدول ٤).



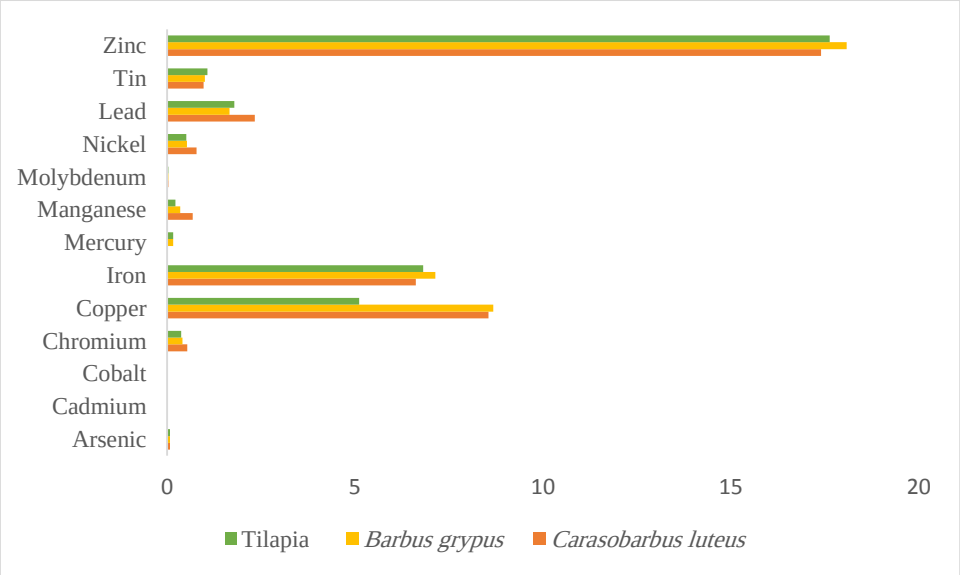
شکل ۱- مقایسه میانگین غلظت فلزات سنگین در ماهیان حمری، شیربت و تیلاپیا (برحسب میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن خشک بدن) در فصل زمستان

Fig 1. Comparison of the average concentration of heavy metals in himri, shabout and Tilapia sp. (mg/kg of dry body weight) in the winter season



شکل ۲- مقایسه میانگین غلظت فلزات سنگین در ماهیان حمری، شیربت و تیلاپیا (برحسب میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن خشک بدن) در فصل تابستان

Fig 2. Comparison of the average concentration of heavy metals in himri, shabout and Tilapia sp. (mg/kg of dry body weight) in the summer season



شکل ۳- مقایسه میانگین غلظت فلزات سنگین در ماهیان حمری، شیربت و تیلاپیا (برحسب میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن خشک بدن)

Fig 3. Comparison of the average concentration of heavy metals in himri, shabout and Tilapia sp. (mg/kg of dry body weight)

جدول ۱- آمار توصیفی میزان فلزات سنگین سنجیده شده در ماهیان مورد مطالعه در فصل‌های مختلف (برحسب میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن خشک)

Table 1. Descriptive statistics of heavy metals in the studied fish (mg/kg of dry body weight) in different seasons

Heavy metal	*Carasobarbus luteus*		*Barbus grypus*		Tilapia sp	
	winter	summer	winter	summer	winter	summer
Arsenic (As)	0.08±0.01	0.08±0.01	0.08±0.01	0.08±0.01	0.08±0.01	0.08±0.01
Cadmium (Cd)	0.01±0.01	0.01±0.01	0.01±0.01	0.01±0.01	0.01±0.01	0.01±0.01
Cobalt (Cb)	0.01 ± 0.01^{b}	0.01 ± 0.01^{b}	0.01 ± 0.01^{b}	0.01 ± 0.01^{b}	0.01 ± 0.01^{b}	0.04 ± 0.01^{a}
Chromium (Cr)	0.71±0.35	0.38±0.01	0.59±0.17	0.22±0.05	0.59±0.23	0.14±0.12
Copper (Cu)	10.02 ± 2.60^{a}	7.08 ± 0.30^{a}	9.18 ± 0.18^{a}	8.17 ± 2.66^{a}	7.77 ± 0.01^{a}	2.45 ± 0.30^{b}
Iron (Fe)	6.48±1.57	6.76±1.05	7.54±0.69	6.75±0.17	8.18±1.11	5.44±0.18
Mercury (Hg)	0.16±0.01	0.16±0.01	0.16±0.01	0.16±0.01	0.16±0.01	0.16±0.01
Manganese (Mn)	1.03±0.53	0.33±0.06	0.42±0.13	0.28±0.17	0.31±0.21	0.13±0.05
Molybdenum (Mo)	0.03±0.01	0.03±0.01	0.03±0.01	0.03±0.01	0.03±0.01	0.03±0.01
Nickel (Ni)	1.21 ± 0.01^{c}	0.34 ± 0.08^{ab}	0.83 ± 0.33^{bc}	0.24 ± 0.02^{a}	0.75 ± 0.34^{abc}	0.27 ± 0.02^{a}
Lead (Pb)	3.18±1.69	1.48±0.23	2.31±0.73	1.00±0.12	2.31±0.74	1.26±0.58
Tin (Sn)	0.92±0.15	1.01±0.03	0.96±0.01	1.04±0.02	1.03±0.01	1.11±0.16
Zinc (Zn)	16.94 ± 1.22^{ab}	17.86 ± 0.38^{ab}	20.69 ± 1.81^{c}	15.46 ± 0.44^{a}	19.11 ± 0.08^{bc}	16.16 ± 1.22^{a}

❋ حروف متفاوت نشانه وجود اختلاف معنی‌دار بین گروه های آزمایشی است. (p <۰/۰۵) (Mean±S.D)

❋Different letters indicate a significant difference between experimental groups. (Mean±S.D) (P<0/05)

جدول۲- میانگین فلزات سنگین سنجیده شده در ماهیان مورد مطالعه (برحسب میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن خشک)

Table 2. The average of heavy metals measured in the studied fish (mg/kg of dry body weight)

Heavy metal	*Carasobarbus luteus*	*Barbus grypus*	Tilapia sp
Arsenic (As)	0.08±0.01	0.08±0.01	0.08±0.01
Cadmium (Cd)	0.01±0.01	0.01±0.01	0.01±0.01
Cobalt (Cb)	0.01±0.01	0.01±0.01	0.02±0.01

Chromium (Cr)	0.54±0.28	0.41±0.24	0.37±0.30
Copper (Cu)	8.55±2.28	8.68±1.64	5.11±3.07
Iron (Fe)	6.62±1.10	7.14±0.61	6.81±1.70
Mercury (Hg)	0.0±0.16	0.16±0.01	0.16±0.01
Manganese (Mn)	0.68±0.51	0.35±0.14	0.22±0.16
Molybdenum (Mo)	0.03±0.01	0.03±0.01	0.03±0.01
Nickel (Ni)	0.78±0.50	0.53±0.39	0.51±0.34
Lead (Pb)	2.33±1.39	1.66±0.87	1.79±0.81
Tin (Sn)	0.97±0.10	1.00±0.05	1.07±0.10
Zinc (Zn)	17.40±0.90	18.08±3.20	17.63±1.84

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 global standards (FAO/WHO)

Heavy metal	Standard value (PPM)	Difference between the mean and the standard	t statistic	Df	P-Value
Arsenic (As)	0.5	-0.41576	-5.852	29	0.000
Cadmium (Cd)	0.2	-0.1873	-6.479	29	0.000
Cobalt (Cb)	50	-49.96697	-1.515	29	0.000
Chromium (Cr)	30	-29.55629	-389.144	29	0.000
Copper (Cu)	100	-92.55033	-115.338	29	0.000
Iron (Fe)	100	-93.8570	-284.881	29	0.000
Mercury (Hg)	0.2	-0.035550	-1.236	29	0.000
Manganese (Mn)	50	-49.8016	-484.964	29	0.000
Molybdenum (Mo)	150	-149.96590	-2.088	29	0.000
Nickel (Ni)	0.5	0.11241	.979	29	0.349
Lead (Pb)	0.4	1.52912	5.264	29	0.000
Tin (Sn)	250	-248.98385	-9.184	29	0.000
Zinc (Zn)	150	-132.29338	-27.961	29	0.000

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

Table 4. The results of health risk assessment of studied fishes with respect to heavy metals

Heavy metal	Daily intake (mg/g of body weight per day)		MTDI*
	children	Adults	(mg.g-1 BW/day)
Arsenic (As)	3.89×10^{-2}	2.22×10^{-2}	5×10^{-2}
Cadmium (Cd)	5.87×10^{-3}	3.35×10^{-3}	6×10^{-3}
Cobalt (Cb)	9.4×10^{-3}	5.37×10^{-3}	-
Chromium (Cr)	2.05×10^{-1}	1.17×10^{-2}	2
Copper (Cu)	3.44	1.96	3×10^{1}
Iron (Fe)	3.174	1.813	1×10^{2}
Mercury (Hg)	7.6×10^{-2}	4.34×10^{-2}	3×10^{-2}
Manganese (Mn)	1.95×10^{-1}	1.11×10^{-1}	-
Molybdenum (Mo)	1.57×10^{-2}	9.01×10^{-3}	-
Nickel (Ni)	2.83×10^{-1}	1.61×10^{-1}	3×10^{-1}
Lead (Pb)	8.92×10^{-1}	5.09×10^{-1}	2.1×10^{-1}
Tin (Sn)	4.69×10^{-1}	2.68×10^{-2}	-
Zinc (Zn)	8.19	4.679	6×10^{1}

* MTDI: حداکثر مصرف روزانه قابل تحمل (NRC, 1989; JECFA, 2000)

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

بحث

برای بررسی تجمع فلزات سنگین در اکوسیستم‌های آبی پیشنهاد می‌شود که از ماهی استفاده شود زیرا ماهی‌ها به عنوان یک بیو شناساگر زیستی نسبت به تغییرات محیطی آبی از خود واکنش نشان می‌دهد (۳۸). سنجش غلظت فلزات سنگین در عضله خوراکی ماهی بسیار مهم می‌باشد، از این رو مطالعات

بسیاری به بررسی میزان تجمع فلزات سنگین بویژه در ماهیان پرداخته‌اند (٤، ١٠، ٢٢، ٣٠). بررسی نتایج حاصل از مطالعات پیشین نشان می‌دهد که میزان تجمع فلزات سنگین در آبزیان با هم اختلاف بسیاری دارد و این عدم مشابهت، وابستگی زیادی به عوامل زیست محیطی، بیولوژیکی و فیزیولوژی گونه آبزی شامل جغرافیا، pH، دمای محیط، جنس، سن، طول، وضعیت سلامت ماهیان، چرخه زندگی، زیستگاه، مدت قرارگیری در معرض فلزات سنگین و ....دارد (٩، ١٣، ٢٥، ٢٦، ٢٩، ٣٢). بر اساس نتایج حاصل از پژوهش حاضر میان تجمع فلزات سنگین در دو فصل تابستان و زمستان اختلاف معنی‌داری مشاهده شده و میزان تجمع فلزات سنگین در فصل زمستان بیشتر از فصل تابستان بود. نتایج حاصل از بررسی ارزیابی خطر فلزات سنگین در بافت عضله ماهی زمین کن دم نواری در بندر بوشهر نشان داد میزان تجمع فلزات سنگین در تابستان بیشترین میزان را به خود اختصاص داد (١٨). بر اساس نتایج حاصل از مطالعه مذکور سرعت بالای تجزیه پس از مرگ در آبزیان مستقر در کف و کاهش جابه جایی توده آب در فصل تابستان اصلی‌ترین عامل تاثیرگذار بیان شد. نتایج حاصل از مطالعه Koshafer و همکاران (٢٠٢١) با عنوان میزان تجمع زیستی فلزات سنگین ماهی بیاح و شانک زرد باله رودخانه بهمنشیر در فصول تابستان و زمستان نشان داد به طور کلی میزان جیوه، سرب، کبالت و کادمیوم در دو گونه مورد مطالعه در فصال تابستان بالاتر از زمستان به دست آمد، اما غلظت وانادیوم در فصل زمستان بالاتر از تابستان بود(٢٣). همسو با نتایج حاصل از مطالعه پیشین اختلاف در میزان جابه جایی آب، سرعت تجزیه آبزیان و میزان رشد، از جمله عوامل دخیل در ایجاد اختلاف میان میزان تجمع فلزات سنگین در فصول مختلف بیان شد. نتایج حاصل از پژوهش حاضر نشان داد فلز روی بیشترین و فلز کادمیوم کمترین میزان را به خود اختصاص داد. در تطابق با مطالعه حاضر مطالعات Biswas و همکاران (٢٠٢٣) با عنوان غلظت فلزات سنگین در ماهیان آب شیرین، دریایی و ساحلی و Zareh Reshquoeeieh و همکاران (٢٠١٥) با عنوان غلظت فلزات مس، کادمیوم و آرسنیک بر روی آبزیان سد خدا آفرین کمترین میزان فلزات سنگین مربوط به فلز کادمیوم بود (٤٥). در مطالعه بر روی اردک‌ماهی در رودخانه سیاه درویشان توسط Etefagh Dost و همکاران در سال ٢٠١٩ بیان گردید که فلزات جیوه و روی به ترتیب بیشترین و کمترین میزان تجمع را شامل می شدند. در این مطالعه میزان تجمع فلزات سنگین در ماهیان مورد بررسی از الگوی تیلاپیا < شیربت < حمری پیروی می‌کرد (١٤). Mumtazan و همکاران (٢٠١٥) در مطالعه‌ای با عنوان مقایسه همبستگی سن، طول و وزن با تراکم جیوه در عضله دو گونه ماهی؛ شیربت و حمری از ماهیان رودخانه مارون بهبهان بیان نمودند که بررسی داده‌های مربوط به سن و وزن با غلظت جیوه در بافت عضله هر دو گونه نشان داد که داده‌ها از توزیع نرمال برخوردار نبوده و تفاوت معنی‌دار آماری وجود دارد (٢٨). در مطالعه‌ای با عنوان ارزیابی خطر فلزات سنگین جیوه، کادمیوم، سرب و آرسنیک در دو گونه ماهی شیربت و سیاه ماهی در رودخانه حله بوشهر توسط Rumiani و همکاران (٢٠١٥) نتیجه‌گیری شد که میزان فلزات سنگین کادمیوم، سارب، آرسنیک و جیوه در عضله ماهی شیربت نسبت به عضله سیاه ماهی بالاتر بود (٣٨). در مطالعه Velayatzadeh (٢٠١٩) با هدف بررسی میزان غلظت فلزات سنگین آهن، روی و مس در عضله ٨ گونه از ماهیان نشان دادند که به جز فلز روی غلظت ٢ فلز آهن و مس‌در ماهی بنی بیشتر از ماهی شیربت بود (٤٢). با توجه به اینکه عوامل متعددی در میزان و نوع فلزات سنگین تجمع یافته

دخیل می‌باشد، از اینرو وجود تفاوت میان گونه‌های مختلف در مناطق یکسان و یا گونه‌های مشابه در مکان هایی با شرایط متفاوت دور از انتظار نیست (۸، ۳۰). نتایج حاصل از بررسی سلامت ماهیان در مقایسه با استانداردهای ارائه شده توسط FAO/WHO نشان داد که به جز سرب و نیکل غلظت سایر فلزات به طور معنی‌داری (p <۰/۰۵) کمتر از سطح استانداردهای سازمان بهداشت جهانی و سازمان غذا و داروی ایالات متحده آمریکا بود. در مطالعات بسیاری بالاتر بودن میزان غلظت فلزات سنگین در مقایسه با استانداردهای بین‌المللی نتیجه‌گیری شد. Hossain و همکاران (۲۰۲۱) (۲۱)سرب، Farahbakhsh و همکاران (۲۰۱۸) نیکل(۱۵)، Momtazan و همکاران (۱۳۹۷) سرب و Ali و همکاران در سال ۲۰۲۰ میزان تجمع فلزسنگین بالاتر از استاندارهای بیان شده توسط WHO و FAO بیان شد. نتایج حاصل از این مطالعه نشان داد مصرف روزانه و مداوم این محصولات توسط گروه‌های سنی مختلف (کودکان و بزرگسالان) مصرف‌کنندگان به جز سرب، کاملا ایمن بوده و مخاطره‌ای از این نظر برای آنها وجود ندارد، اگرچه برخی از ملاحظات برای زنان باردار و نوزادان برای مصرف این ماهی باید مد نظر قرار گیرد. در مطالعه Rakib و همکاران (۲۰۲۱) نشان داده شد که کل دریافت روزانه عناصر بررسی شده کمتر ازمقدار حداکثر مصرف قابل تحمل بوده و از این رو مصرف گونه‌های مورد بررسی مخاطره آمیز نخواهد بود. در بررسی صورت گرفته توسط Resma و همکاران در سال ۲۰۲۰ مقادیر تمام فلزات مورد ارزیابی کمتر از حداکثر مصرف روزانه قابل تحمل بود(۳۷). Wahiduzzaman و همکاران (۲۰۲۲) در مطالعه تجمع زیستی و آلودگی فلزات سنگین در گونه‌های ماهی رودخانه Dhaleswari بنگلادش بیان نمود اگرچه مقادیر تخمینی مصرف روزانه (EDI) از حد مجاز عبور نکرد، اما مصرف مداوم ماهی آلوده از منطقه مورد نظر ممکن است عوارض جدی برای سلامتی ایجاد کند(۴۴).

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 حمری.شیربت و تیلاپیا از استانداردهای جهانی کمتر می‌باشد و فقط غلظت سرب در مقایسه با FAO/WHO بالاتر بودند همچنین برآورد دریافت روزانه و با توجه به مقادیر MTDI در همه فلزات به جز سرب نشان داد که مصرف‌ماهیان حمری .شیربت و تیلاپیا در حال حاضر خطری را برای سلامتی انسان ایجادنمی‌کند، 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. Al Olayan E.M., Aloufi A.S., AlAmri O.D., El-Habit O.H., Abdel Moneim A.E. 2020. Protocatechuic acid mitigates cadmium-induced neurotoxicity in rats: Role of oxidative stress, inflammation and apoptosis. *Science of the Total Environment*, 723(12):137969-13976.

2. Alengebawy A., Abdelkhalek S.T., Qureshi S.R., Wang M.Q. 2021. Heavy Metals and pesticides toxicity in agricultural soil and plants: ecological risks and human health implications. *Toxics*, 9:42.

3. Ali H., Khan E., Ilahi I. 2019. Environmental Chemistry and Ecotoxicology of Hazardous Heavy Metals: Environmental Persistence, Toxicity, and Bioaccumulation. *Journal of Chemistry*, 2019(1):6730305-6730321.

4. Ali M.M., Ali M.L., Proshad R., Islam S., Rahman Z., Kormoker T.

environment and human health. *Environmental Concerns and Sustainable Development: Volume 1: Air, Water and Energy Resources*, 235-256.

13. 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.

14. Etefagh D.M., Alaf N.H. 2019. Measurement of the concentration of heavy elements in the muscle tissue of kamel fish (*Rutilus rutilus caspicus*, Yakovlev, 1870) case study: Darvishan Black River, Gilan Province. *Environmental Science and Technology*, 22(8):236-223.

15. Farah B.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).

16. Garai P., Banerjee P., Mondal P., Saha N.C. 2021. Effect of Heavy Metals on Fishes: Toxicity and Bioaccumulation. *Journal of Clinical Toxicology*, 18:1-10.

17. Garza-Lombó C., Pappa A., Panayiotidis M.I., Gonsebatt, M.E., Franco R. 2019. Arsenic-induced neurotoxicity Packer: a mechanistic appraisal. *Journal of Biology and Inorganic Chemistry*, 24(8):1305-1316.

18. Gholizadeh M, Mohammadzadeh B, Kazemi A. 2021. Assessment of the Consumption Risk of Heavy Metals in platycephalus indicus in the Bushehr port, Persian Gulf. *Journal of Fisheries Science and Technology*, 10(2):93-104 (In Persian).

19. Ghosh G.C., Khan M.J.H., Chakraborty T.K., Zaman S., Kabir A.H.M.E., Tanaka H. 2020. Human health risk assessment of elevated and variable iron and manganese 2020. Assessment of Trace Elements in the Demersal Fishes of a Coastal River in Bangladesh: a Public Health Concern. *Thalassas*, 36:641–655.

5. Azita K. 2021. Comparison of bioaccumulation of heavy metals in Bayah fish (*Liza abu*) and yellow fin shank (*Acanthopagrus latus*) of Bahmanshir river in summer and winter seasons. *Marine Science and Technology*, 20(1):48-56.

6. Banerjee N., Wang H., Wang G., Khan M.F. 2020. Enhancing the Nrf2 antioxidant signaling provides protection against trichloroethene-mediated inflammation and autoimmune response. *Toxicological Sciences*, 175(1):64-74.

7. Bashir I., Lone F.A., Bhat R.A., Mir S.A., Dar Z.A., Dar S.A. 2020. Concerns and threats of contamination on aquatic ecosystems. *Bioremediation and Biotechnology: Sustainable Approaches to Pollution Degradation*, 1-26.

8. 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(10):e20514-e 205523.

9. 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 Sciences*, 4(1):16-27.

10. 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 Food Science and Agriculture*, 96(1):32-48.

11. Bowen H.J.M. 1979. Environmental chemistry of the elements. *Academic Press*. 333 pp.

12. Chowdhary P., Bharagava R.N., Mishra S., Khan N. 2020. Role of industries in water scarcity and its adverse effects on

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

27. Mitra S., Chakraborty A., Tareq A., Emran T., Nainu F., Khusro A., Idris A., Khandaker M., Osman H., Alhumaydhi F., Simal-Gandara J. 2022. Impact of heavy metals on the environment and human health: Novel therapeutic insights to counter the toxicity. *Journal of King Saud University – Science*, 34:101865.

28. Mumtazan M., Asefi M., Zamani A., Mahmoudi R. 2015. Comparing the correlation of age, length and weight with mercury concentration in the muscle of two species of fish, Shirbat and Hamri, from Maroon Behbahan river. *Water and Sewage*, 27(2):54-60 (in Persian).

29. 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.

30. 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.*Journal of Applied and Environmental Biology*, 1(1):59-77.

31. Packer M. 2016. Cobalt cardiomyopathy: a critical reappraisal in light of a recent resurgence. *Circulation: Heart Failure*, 9(12):e003604.

32. 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.

33. Rafi U., Mazhar S., Chaudhry A., Syed A.,2021. Adverse Effects of Heavy Metals on Aquatic life. *Markhor* (*The Journal of Zoology*), 2(2):03-08.

34. Rakib M.R.J., Jolly Y.N., Enyoh C.E., Khandaker M.U., Hossain M.B., Akther S., intake with arsenic-safe groundwater in Jashore, Bangladesh. *Scientific reports*, 10(1):5206.

20. Gujre N., Mitra S., Soni A., Agnihotri R., Rangan L., Rene E.R., Sharma M.P. 2021. Speciation, contamination, ecological and human health risks assessment of heavy metals in soils dumped with municipal solid wastes. *Chemosphere*, 262:128013.

21. Hossain M.N., Rahaman A., Jawad Hasan M.D., Minhaz Uddin M.D., Khatun N., Shamsuddin S.M.D. 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 Science*, 3(4):1-16.

22. 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.

23. Koshafer A., Sawari A., Sakhaei N., Archengi B., Karimi-Organi F. 2021. Comparison of bioaccumulation of heavy metals in Bayah fish (*Liza abu*) and yellow fin shank (*Acanthopagrus latus*) of Bahmanshir river. In summer and winter seasons.*Journal of Marine Science and Technology*, 20(1):48-60

24. Levi M., Simonetti M., Marconi E., Brignoli O., Cancian M., Masotti A., Pegoraro V., Heiman F., Cricelli C., Lapi F. 2019. Gender differences in determinants of iron-deficiency anemia: A population-based study conducted in four European countries. *Annals of Hematology*, 98(7):1573-1582.

25. Łuczyn ´ska J., Paszczyk B., Łuczyn ´ski M.J., 2018. Fish as a bioindicator 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.

The Toxicity of Environmental Pollutants. IntechOpen. 105075

41.Singh N., Kumar A., Gupta V.K., Sharma B. 2018. Biochemical and molecular bases of lead-induced toxicity in mammalian systems and possible mitigations. Chem. Res. *Toxicology*, 31:1009-1021.

42.Velayatzadeh M., Koshafar A.,2019. Pollution Assessment some of Heavy Metals in Water and Surface Sediments of Nasseri Wetland (Khorramshahr). *Journal of the School of Public Health and Institute of Public Health Research*, 17(2):157-168.

43.Vos T., Abajobir A.A., Abate K.H., Abbafati C., Abbas K.M., Abd-Allah F., Abdulkader R.S., Abdulle AM., Abebo T.A., Abera S.F. 2017. Global, regional, and national incidence, prevalence, and years lived with disability for 328 diseases and injuries for 195 countries, 1990–2016: A systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2016. *Lancet*, 390:1211-1259.

44.Wahiduzzaman M., Islam M.M., Sikder A.H.F., Parveen Z. 2022. Bioaccumulation and Heavy Metal Contamination in Fish Species of the Dhaleswari River of Bangladesh and Related Human Health Implications. *Biol Trace Element Research*, 200:3854-3866.

45.Zareh R.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).

46.Zhong L., Dong A., Feng Y., Wang X., Gao Y., Xiao Y., Zhang J., He D., Cao J., Zhu W., Zhang S. 2020. Alteration of metal elements in radiation injury: radiation-induced copper accumulation aggravates intestinal damage. *Dose Response*, 18(1):1559325820904547.

47.Zurawski D.V., McLendon M.K. 2020. Monoclonal Antibodies as an Antibacterial

Alsubaie S., Alsubaie A., Almalki A.S.A., Bradley A.D. 2021. Levels and health risk assessment of heavy metals in dried fish consumed in Bangladesh. *Scientific reports*, 11(1):14642.

35. Rehman A., Ma H., Ozturk I., UlucakR. 2022. Sustainable development and pollution: the effects of CO2 emission on population growth, food production, economic development, and energy consumption in Pakistan. *Environmental Science and Pollution Research*, 29:17319–17330.

36. Renu K., Chakraborty R., Myakala H., Koti R., Famurewa AC., Madhyastha H., Vellingiri B., George A., Gopalakrishnan A.V. 2021. Molecular mechanism of heavy metals (Lead, Chromium, Arsenic, Mercury, Nickel and Cadmium)-induced hepatotoxicity e A review. *Chemosphere*, 271:129735.

37. Resma N.S., Meaze A.K.M.M., Hossain S., Khandaker M.U., Kamal M., Deb N. 2020. The presence of toxic metals in popular farmed fish species and estimation of health risks through their consumption. *Physics Open*, 5:100052.

38. Rumiani L., Velayatzadeh M., Mashaikhi F. 2015. Risk assessment of heavy metals mercury, cadmium, lead and arsenic in two species of shirbet fish (*Tor grypus*) and black fish (*Capoeta capoeta*) in the Helle Bushehr river. *Evolutionary Biology*, 8(4):45-58 (in Persian).

39. Seo H., Yoon S.Y., Ul-Haq A., Jo S., Kim S., Rahim M.A., Park H.A., Ghorbanian F., Kim M.J., Lee M.Y., Kim K.H., Lee N., Won J.H., Song H.Y. 2023. The effects of iron deficiency on the gut microbiota in women of childbearing age. *Nutrients*, 15(3):691.

40. Singh A., Sharma A.K. Verma R., Rushikesh L., Chopade R.L., Pandit P.P., Nagar V., Aseri V., Choudhary S.K., Awasthi G., Awasthi K.K., Sankhla M.S. 2022. Heavy metal contamination of water and their toxic effect on living organisms.

Pathogens. *Antibiotics*, 9:155-173. Approach Against Bacterial