مجله علمی دانشگاه علوم پزشکی کردستان / دوره بیست و یکم / خرداد و تیر ۱۳۹۵ /۱۲۱-۱۱۲

برآورد جذب روزانه و پتانسیل خطر فلزات سنگین در بافت های مختلف ماهیان رودخانه گاماسیاب

برهان منصوری[۱]، افشین ملکی[۲]، بهروز داوری[۳]، جمال کریمی[۴]، وحید مومنه [۵]

۱. دانشجوی دکترای سم شناسی محیط، کمیته تحقیقات دانشجویی، دانشگاه علوم پزشکی کردستان، سنندج، ایران

۲. استاد بهداشت محیط، مرکز تحقیقات بهداشت محیط، دانشگاه علوم پزشکی کردستان، سنندج، ایران ، (مولف مسوول)، تلفن ثابت: ۳۳۶۲۶۹۶۹-۰۸۷، maleki43@yahoo.com

۳. دانشیار دانشکده پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی همدان، همدان، ایران

۴. کارشناس زیست شناسی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران

۵. شرکت آب منطقه ای کرمانشاه، کرمانشاه، ایران

چکیده

زمینه و هدف: ماهی یکی از مهمترین موجودات آبزی در زنجیره غذایی انسان می‌باشد که قابلیت تجمع فلزات سنگین در بافت های مختلف خود را دارد. در این راستا، هدف این مطالعه بررسی غلظت پنج فلز سنگین (کادمیوم، سرب، کروم، مس و روی) در بافت‌های آبشش، کبد و ماهیچه ماهیان کپور معمولی، شیرماهی و آمور در رودخانه گاماسیاب در سال ۱۳۹۳ به همراه تجمع زیستی و برآورد میزان پتانسیل خطر مصرف این آبزیان می‌باشد.

روش بررسی: این مطالعه مقطعی بوده و سه گونه ماهی در رودخانه گاماسیاب در فصول پاییز و زمستان ۱۳۹۳ صید شدند. روش آماده سازی بافت ها بصورت هضم تر بوده و قرائت فلزات توسط دستگاه ICP انجام شده است. اطلاعات به دست آمده توسط نرم افزار SPSS نسخه ۱۶ مورد آنالیز قرار گرفتند.

یافته‌ها: حد مجاز مصرف روزانه ماهی برای فلزات کادمیوم، سرب، کروم، مس و روی در سه ماهی مورد مطالعه در این تحقیق به ترتیب ۰/۰۲۱، ۰/۱۸، ۳/۵، ۱۳/۳ و ۲۰/۴ میکروگرم در روز برای یک فرد بالغ با وزن ۷۰ کیلوگرم بدست آمد. شاخص HQ در این مطالعه برای تمامی فلزات سنگین کمتر از ۱ بود.

نتیجه‌گیری: شاخص‌های ریسک مصرف ماهیان (HQ) ماهیان این مطالعه کمتر از ۱ بدست آمد و نشان دهنده سالم بودن مصرف این ماهیان می باشد. اما از آنجاییکه فلزات سنگین خاصیت تجمع زیستی دارند پایش فصلی این منطقه از نظر فلزات سنگین امری مهم به نظر می رسد.

کلید واژه ها: ماهی، سمیت، فلز سنگین، رودخانه گاماسیاب

وصول مقاله:۹۴/۱۰/۱۹ اصلاحیه نهایی:۹۴/۱۲/۲ پذیرش:۹۴/۱۲/۱۰

[Downloaded from sjku.muk.ac.ir on 2026-11-25]

[DOI: 10.22102/21.2.112]

مقدمه

آلودگی محیط‌زیست به آلاینده‌های محیطی نظیر فلزات سنگین به یک نگرانی جهانی تبدیل شده است، بطوریکه امروزه فلزات سنگین به دلیل سمی بودن، زمان ماندگاری بالا، تجمع آن‌ها در بافت جانداران و بزرگنمایی زیستی در طول زنجیره غذایی، از اهمیت اکولوژیک و بیولوژیکی زیادی برخوردارند (۴-۱). اکوسیستم‌های آبی طبیعی ممکن است بوسیله فلزات سنگین رهاسازی شده از منابع طبیعی نظیر فرسایش پوسته زمین و آتش سوزی، و فعالیت‌های انسان ساخت نظیر سوخت های فسیلی، معدن کاوی، خروجی صنایع، آلوده گردند. این وضعیت، علاوه بر ایجاد سمیت بر روی آبزیان، بطور غیرمستقیم موجبات نگرانی‌های بهداشتی برای مصرف‌کنندگان خواهد شد (۵). از اینرو جهت حفظ محیط زیست و کنترل آلودگیهای منتج از انواع فعالیتها لزوم اطلاع دقیق از میزان آلاینده‌ها به خصوص فلزات سنگین و پراکنش آن‌ها در محیط‌های آبی همچون رودخانه‌ها ضروریست.

در میان گونه‌های جانوری، ماهیان به طور معمول توانایی گریز از مضرات مخرب آلاینده‌ها را در زیستگاههای خود نداشته و با توجه به ارزش غذایی آنها سبب ورود انواع آلاینده‌ها به زنجیره غذایی انسان می‌گردند (۶). به همین دلیل تأثیر تجمع فلزات سنگین بر زنجیره‌های غذایی ارگانیسم‌های آبزیان، با به همراه داشتن آسیب‌های اکولوژیکی، رفتاری، فیزیولوژیکی، متابولیکی ماهیان و در معرض خطر انداختن سلامت انسان‌ها، در سال‌های اخیر بیشترین توجه را به دنبال داشته است (۹-۷). از اینرو از ماهی‌ها به عنوان یک نشانگر زیستی تأثیر آلودگی فلزات در اکوسیستم‌های آبی استفاده می‌شود چرا که در بالای زنجیره غذایی و به عنوان یک منبع غذایی منعکس‌کننده تأثیرات بهداشتی برای انسان می‌باشد (۱۱و۱۰و۷). همچنین از گونه-های ماهی برای ارزیابی بهداشت اکوسیستم‌های آبی نیز استفاده می‌شود. لذا تعیین میزان باقیمانده‌های فلزات سنگین و سایر آلاینده‌های محیطی در مواد غذایی مختلف و بدست آوردن اطلاعات کافی از وضعیت آلودگی در جهت بکارگیری روش‌های پیشگیرانه و ارائه استانداردها و قوانین مناسب ضروری می‌باشد (۱۲).

بافت‌های کبد، آبشش و ماهیچه از مهمترین بافت‌هایی هستند که در مطالعات سنجش فلزات سنگین در ماهیان مورد بررسی قرار می‌گیرند. بافت کبد از بافت‌های متابولیکی مهمی می‌باشد که در فعل و انفعالات بدن و در دفع مواد زائد نقش بسزایی دارد (۱۳). بافت آبشش ماهی نقش تنفسی و غذایی در بدن داشته و چون مستقیماً با محیط اطراف ماهی در تماس است، قابلیت ذخیره عناصر آلاینده همچون فلزات سمی را دارد، از اینرو می‌تواند به عنوان شاخص زیستی برای تعیین میزان آلودگی محیط به کار رود. همچنین بافت ماهیچه مهمترین بخش خوراکی در آبزیانی نظیر ماهی بوده، که از نظر مصرف کنندگان حائز اهمیت می‌باشد (۱۴). تحقیقات زیادی در رابطه با تجمع زیستی فلزات سنگین در بافت‌های مختلف ماهیان در اکوسیستم - های آبی انجام گرفته است، بطوریکه یافته‌های حسن پور و همکارن (۱۵) بر روی ارزیابی خطر غذایی فلزات سرب، کادمیوم، مس و روی ناشی از مصرف ماهی سفید نشان داد که به دلیل ورود منابع آلاینده به تالاب انزلی، مصرف بافت خوراکی ماهی سفید از نظر فلزات کادمیوم و سرب به دلیل بالاتر بودن از استاندارد سازمان جهانی بهداشت، مشکل بهداشتی برای مصرف‌کنندگان به همراه خواهد داشت. همچنین در تحقیق مشابه دیگری، ملکی و همکاران (۱۱) با بررسی ارزیابی ریسک مصرف بافت خوراکی دو گونه ماهی کپور معمولی و کپور نقره‌ای صید شده در رودخانه سد قشلاق شهر سنندج نشان دادند که مصرف بافت خوراکی این دو گونه مشکل بهداشتی برای مصرف - کنندگان به همراه نخواهد داشت. از آنجاییکه سیستم بهداشتی و نظارتی پایشی در رابطه با میزان تجمع فلزات سنگین در بافت ماهیان و همچنین ارزیابی ریسک مصرف

[Downloaded from sjku.muk.ac.ir on 2026-11-25]

[DOI: 10.22102/21.2.112]

بافت خوراکی آنان به عمل نمی آورند، از اینرو، جهت پایش رودخانه های استان کرمانشاه، در تحقیق حاضر به بررسی میزان تجمع زیستی فلزات سنگین کادمیوم، سرب، کروم، مس و روی در بافت‌های آبشش، کبد و ماهیچه ماهیان کپور معمولی، شیرماهی و آمور در رودخانه گاماسیاب واقع در استان کرمانشاه پرداخته شده است.

روش بررسی

این مطالعه از نوع مقطعی (توصیفی- تحلیل) بوده که طی آن تعداد ۴۵ نمونه از سه گونه ماهی کپور معمولی، شیرماهی و آمور (گونه‌های غالب با کاربری غذایی در منطقه) در فصول پاییز و زمستان ۱۳۹۳ در طول مسیر رودخانه گاماسیاب (رودخانه گاماسیاب رودی پرآب با طول ۲۳۰ کیلومتر و میانگین دبی سالیانه ۵/۲ مترمکعب در ثانیه واقع در غرب ایران است. رودخانه گاماسیاب یکی از سرشاخه‌های بزرگ رودخانه کرخه می‌باشد. این حوضه آبریز با مساحت ۱۱۴۵۹ کیلومتر مربع در دو استان همدان و کرمانشاه واقع شده است (۱۶). در طول مسیر این رودخانه وجود مناطق روستایی و شهری و همچنین مناطق کشاورزی قابلیت ایجاد آلودگی در این رودخانه را می‌تواند به همراه داشته باشد) به وسیله تورهای گوشگیر رودخانه‌ای صید گردید. نمونه‌ها پس از صید در داخل کیسه‌های پلاستیکی تمیز در داخل فلاسک های مجهز به پودر یخ جاسازی شدند. پس از انتقال نمونه‌های ماهی به آزمایشگاه، تمامی نمونه‌ها با آب کاملا شستشو گردید. سپس نمونه‌ها کدگذاری شده و بیومتری آن‌ها انجام شد. بافت‌های مورد مطالعه در این پژوهش شامل آبشش، کبد و عضله بودند. اندام‌های فوق پس از انتقال به آزمایشگاه توسط تیغ اسکالپر بدون آلودگی جدا شدند. برداشت بافت عضله از قسمتی از عضله در بخش بالایی بدن (زیر باله پشتی) صورت گرفت و براساس وزن تر ماهی توزین گردید (۱۳). جهت هضم شیمیایی نمونه‌ها مخلوطی از اسید نیتریک (HNO_3) و اسید پرکلریک($HCLO_4$) استفاده شد. برای هضم هر نمونه، به یک گرم از بافت تر ۱۰ میلی‌لیتر اسید نیتریک (۶۵ درصد) اضافه گردید و بدون حرارت دادن عمل هضم به آهستگی انجام شد (۱۴و ۱۳). سپس ۵ میلی‌لیتر اسید پر کلریک (۷۰ درصد) به نمونه‌ها اضافه گردید و نمونه‌ها در دمای ۸۰ درجه سلسیوس به مدت ۵ ساعت در حمام بن ماری قرار گرفتند تا کاملاً هضم گردند. پس از تا سرد شدن نمونه‌ها در دمای محیط با کمک آب مقطر به حجم ۵۰ میلی‌لیتر رسانده و فیلتر شدند (فیلتر ۰/۴۵ میکرومتر). در نهایت پس از آماده سازی، میزان فلزات سنگین با استفاده از دستگاه ICP اندازه‌گیری گردید.

آنالیز داده‌ها با استفاده از نرم افزار SPSS V.16 انجام شد. همچنین جهت رسم نمودارها و جداول از نرم افزار Excel استفاده گردید. برای بررسی وجود تفاوت معنی‌داری بین غلظت فلزات سنگین در بافت‌های مختلف از آزمون واریانس دو طرفه (Two-Way ANOVA) استفاده می گردد. برای بدست آوردن حجم نمونه از فرمول زیر استفاده شد(۱۷).

$$\Phi = nbD^2/2\varepsilon\sigma^2$$

که در آن a بیانگر نوع بافت، b گونه ماهی در سه سطح، D تفاوت غلظت فلزات سنگین بین بافت ها، n حجم نمونه مورد نیاز، و مقدار Φ از منحنی‌های مشخصه عملیات (Operating characteristic curves) بدست می‌آید. از آنجا که بدلیل ماهیت و کارکرد کبد در دفع سموم و آبشش در مواجهه مستقیم با محیط آبی، مطالعات نشان می‌دهند که غلظت فلزات سنگین در این بافت‌ها می‌تواند تا ۵ برابر بیشتر از بافت ماهیچه باشد. با این وجود در این تحقیق فرض می‌شود که اختلاف ۳ برابری بین میانگین غلظت فلزات سنگین در دو بافت مورد مطالعه معنی‌دار تلقی گردد و برآورد اولیه از انحراف معیار غلظت فلزات سنگین ۳ باشد. با این اطلاعات، بدست می‌آید که:

$$\Phi = 0.75\,n$$

[Downloaded from sjku.muk.ac.ir on 2026-11-25]

[DOI: 10.22102/21.2.112]

حال با فرض α=۰/۰۵ منحنی‌های مشخصه عملیات برای n=۸ تکرار مقدار خطای نوع دوم را برابر β=۰/۰۷ (توان آزمون ۹۳ درصد) برای این طرح آزمایشی بدست می دهد. بنابرین تعداد کل آزمایشات با ۸ تکرار و سه فاکتور و سه سطحی ۴۸ نمونه خواهد شد.

همچنین با به دست آوردن شاخص خطر می‌توان میزان خطر بالقوهٔ ناشی از مصرف هر یک از گونه های تحت مطالعه را برای انسان بررسی کرد. این شاخص عبارت است از نسبت تماس یک آلاینده (دوز جذب روزانهٔ آلاینده) به دوز مرجع آن، که از طریق رابطهٔ زیر محاسبه می‌گردد (۱۸):

$$HQ = [(MCC \times CR)/BW]/RFD$$

که در اینجا HQ نسبت خطر (بدون واحد)؛ MCC میانگین غلظت عنصر اندازه‌گیری شده در بافت هر گونه ماهی (میکروگرم بر گرم یا میلی‌گرم برکیلوگرم)؛ CR استاندارد مصرف روزانهٔ ماهی برای بزرگسالان (۰/۰۳ کیلوگرم در روز)؛ BW وزن بدن (۷۰ کیلوگرم برای یک فرد بالغ)؛ RFD دوز مرجع (میلی‌گرم در کیلوگرم). شایان ذکر است که اگر نتیجهٔ این فرمول کمتر از ۱ باشد، نشان-دهندهٔ آن است که مصرف ماهی اثر حاد مضری بر سلامتی مصرف کننده ندارد (۱۸).

مقدار مجاز مصرف روزانهٔ هر یک از گونه‌های ذکرشده با توجه به میزان فلزات سنگین اندازه‌گیری شده در بخش خوراکی آن (عضله) از طریق رابطهٔ زیر که توسط سازمان حفاظت محیط زیست امریکا پیشنهاد شده است، محاسبه گردید (۱۹).

$$CR_{lim} = (RFD \times BW)/C_m$$

که در اینجا Cr_{lim} حداکثر میزان مجاز مصرف در روز (گرم یا کیلوگرم در روز)؛ RFD دوز مرجع یا مجموع مجاز جذب روزانهٔ آلاینده که برای کادمیوم و سرب ۰/۰۱ میلی گرم بر کیلوگرم، برای روی ۰/۳، برای مس ۰/۰۲ و کروم ۰/۰۰۳ میلی گرم بر کیلوگرم در روز است و Cm غلظت عنصر در گونه (میکروگرم بر گرم یا میلی‌گرم بر کیلوگرم) (۱۱).

به منظور ارزیابی خطر بالقوهٔ آبزیان آلوده به فلزات سنگین در این مطالعه برای سلامتی انسان‌ها که مصرف-کنندگان و پذیرندگان نهایی به حساب می‌آیند، میزان فلزاتی که به طور روزانه از طریق مصرف گونه‌های مورد بررسی در استان کرمانشاه جذب بدن می‌شود (تماس روزانهٔ انسان با فلزات سنگین) از طریق رابطهٔ زیر محاسبه شد (۱۸).

$$DI = C_m \times IR$$

که در اینجا DI میزان جذب فلز در بدن در روز از طریق مصرف آبزی (میکروگرم بر گرم) و IR میزان مصرف ماهی در منطقه مورد مطالعه بر حسب گرم در روز است.

یافته ها

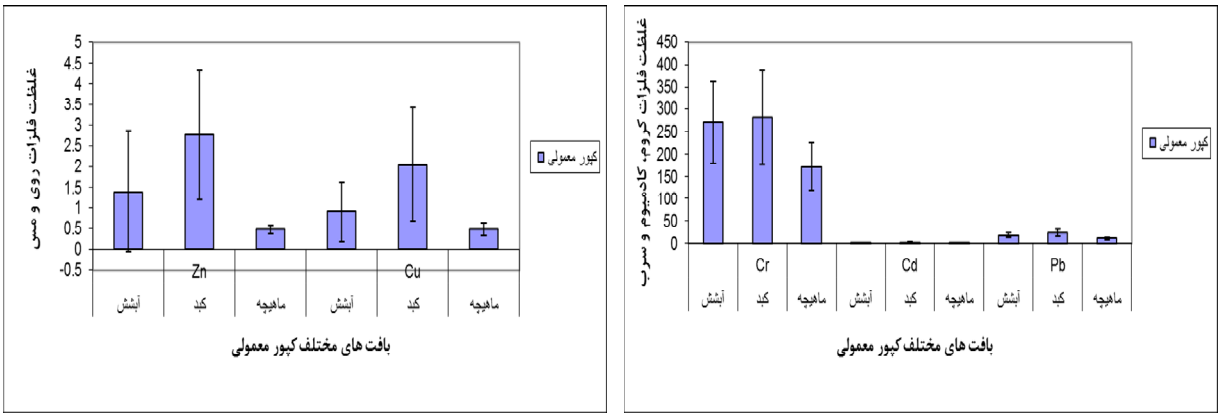
نمودارهای ۱ الی ۳ میانگین غلظت فلزات سنگین کادمیم، سرب، کروم، روی و مس را در بافت‌های مختلف (ماهیچه، آبشش و کبد) ماهیان کپور معمولی، شیرماهی و آمور رودخانه گاماسیاب نمایش می‌دهد. نتایج ارزیابی ریسک مصرف ماهیان کپور معمولی، شیرماهی، و آمور رودخانه گاماسیاب در جداول ۱ ارائه شده است. این نتایج نشان داد که شاخص خطر برای فلزات سنگین دامنه‌ایی از ۰/۰۰۰۴ تا ۰/۰۱ برای انواع ماهیان مورد بررسی در رودخانه گاماسیاب دارد. بر اساس یافته‌های این مطالعه کمترین حد مجاز مصرف روزانه در ماهی کپور برای فلز کروم با مقدار ۱/۲۲ گرم و بیشترین حد مجاز مصرف روزانه در شیر ماهی برای فلز کادمیم با مقدار ۱۷۵ گرم بدست آمد (جدول ۱). همچنین شاخص خطر (HQ) برای ماهیان رودخانه گاماسیاب کمتر از ۱ بدست آمد.

نتایج تجزیه واریانس یک طرفه بر روی غلظت متوسط فلزات اندازه گیری در بافت‌های مختلف این ماهیان در جدول ۲ ارائه شده است. این نتایج نشان داد که اختلاف معنی داری ($p < ۰/۰۵$) در میزان تجمع فلزات سنگین در

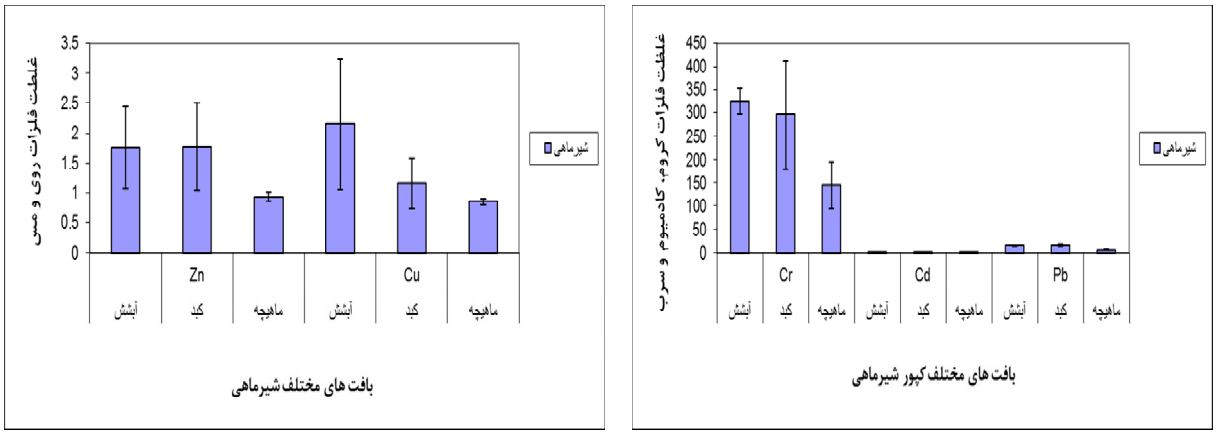
[Downloaded from sjku.muk.ac.ir on 2026-11-25]

[DOI: 10.22102/21.2.112]

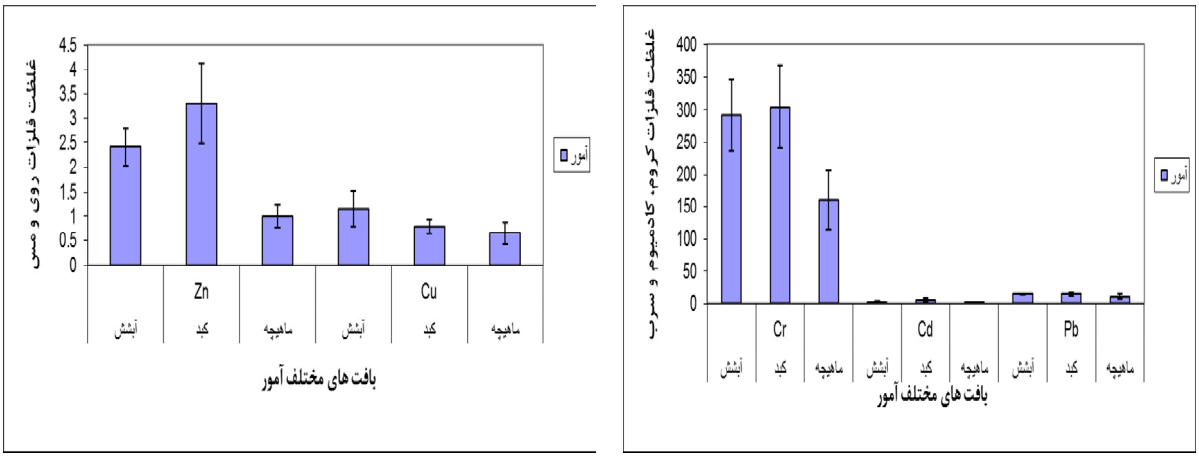
بافت های سه گونه ماهی کپور معمولی، شیرماهی و آمور وجود دارد (جدول ۲).



نمودار ۱: غلظت فلزات روی و مس (ppm) و کادمیوم، سرب و کروم (ppb) در بافت های کپور معمولی رودخانه گاماسیاب



نمودار ۲: غلظت فلزات روی و مس (ppm) و کادمیوم، سرب و کروم (ppb) در بافت های شیر ماهی رودخانه گاماسیاب



نمودار ۳: غلظت فلزات روی و مس (ppm) و کادمیوم، سرب و کروم (ppb) در بافت های آمور رودخانه گاماسیاب

[Downloaded from sjku.muk.ac.ir on 2026-11-25]

[DOI: 10.22102/21.2.112]

جدول ۱: ارزیابی ریسک مصرف ماهیان کپور معمولی، شیرماهی، و آمور رودخانه گاماسیاب استان کرمانشاه

ماهی	CR (گرم)	DI براساس نرخ مصرف محاسبه شده (میکروگرم در روز)	HQ
کپور معمولی			
روی	۴۴/۵	۹/۶	۰/۰۰۰۶
مس	۲/۸۸	۹/۸	۰/۰۱۰۳
کروم	۱/۲۲	۳/۵	۰/۰۲۴۵
کادمیوم	۱۰۰	۰/۰۱۴	۰/۰۰۰۰۳
سرب	۷۰	۰/۰۲۰	۰/۰۰۰۴
شیرماهی			
روی	۲۲/۵	۱۸/۹	۰/۰۰۱۳
مس	۱/۶	۱۷/۲	۰/۰۱۸۱
کروم	۱/۴	۲/۹	۰/۰۲۰۵
کادمیوم	۱۷۵	۰/۰۰۸	۰/۰۰۰۰۱
سرب	۱۱۶/۶	۰/۰۲۰	/۰۰۰۲
آمور			
روی	۲۰/۹	۲۰/۴	۰/۰۰۱۴
مس	۲/۱	۱۳/۳	۰/۰۱۴۰
کروم	۱/۳	۳/۲	۰/۰۲۲۸
کادمیوم	۷۰	۰/۰۲۱	۰/۰۰۰۰۴
سرب	۷۷/۷	۰/۱۸	۰/۰۰۰۴

جدول ۲: آنالیز واریانس فلزات در بافت‌های سه گونه ماهی کپور معمولی، شیرماهی و آمور در رودخانه گاماسیاب

فلز سنگین / ماهی	کادمیوم		سرب		کروم		مس		روی	
	p	F	p	F	p	F	p	F	p	F
کپور معمولی	NS	۲/۱۵	<۰/۰۵	۴/۵۵	NS	۱/۹۶	NS	۳/۱۹	NS	۳/۴۶
شیر ماهی	NS	۳/۸۱	۰/۰۱	۴۱/۳۲	<۰/۰۵	۵/۰۵	NS	۲/۹۷	NS	۲/۰۵
آمور	<۰/۰۵	۵/۵۱	NS	۲/۳۹	<۰/۰۵	۶/۱۵	NS	۲/۸۲	<۰/۰۱	۱۳/۷۶

p significance level, NS= not significant

بحث

بر اساس نتایج حاصل مشخص شد که غلظت فلزات سنگین در بافت آبشش و کبد بیشتر از بافت ماهیچه بوده است که با نتایج سایر مطالعات همخوانی دارد. به طوریکه منصوری و همکاران در طی تحقیقی میزان فلزات بافت‌های سیاه ماهی قنات‌های بیرجند را مورد بررسی قرار دادند و میزان فلزات را در بافت آبشش و کبد بیشتر از ماهیچه گزارش کردند (۲۰). در تحقیق دیگری که توسط همین محقق بر روی ماهیان سد قشلاق انجام شد و مشخص گردید که میزان تجمع زیستی فلزات سنگین در بافت‌های کبد و آبشش بیشتر از بافت ماهیچه بوده است (۲۱). تحقیقات نشان داده است که بافت آبشش و کبد از اندام‌های هدف و از فعالترین

[Downloaded from sjku.muk.ac.ir on 2026-11-25]

[DOI: 10.22102/21.2.112]

اندام‌ها در تجمع فلزات سنگین در ماهی می‌باشد (۲۰). این بافت‌ها قابلیت تولید میزان بالائی از پروتئین متالوتیونین را دارند، که این پروتئین با فلزات سنگین در این بافت‌ها پیوند برقرار می‌کند، لذا دلیل حجم بالای فلزات در این اندام‌ها به دلیل باند شدن فلزات با پروتئین متالوتیونین می‌باشد (۲۲). پروتئین متالوتیونین به دلیل دارابودن سطوح بالایی از گروه - های توئول[1] در باند شدن با فلزات سنگین بسیار توانمند می - باشد (۲۳). همچنین بافت آبشش در تماس مستقیم با محیط بیرون است و اولین اندامی می‌باشد که در معرض سموم و فلزات موجود در آب قرار می‌گیرد؛ بنابراین مکان مناسبی برای تجمع و ذخیره عناصر و ترکیبات مختلفی همچون فلزات سمی باشد (۲۴و۲۳).

نتایج مطالعه نشان داد که میانگین غلظت فلزات ضروری مس و روی در بافت ماهیان مورد بررسی بیشتر از میانگین غلظت فلزات کادمیوم، سرب و کروم می‌باشد. این نتایج با نتایج سایر تحقیقات صورت گرفته در نقاط مختلف دنیا مطابقت دارد (۱۳و۸و۶و۵). نتایج مطالعه مجنونی (۱۴) نشان داد که غلظت مس در بافت ماهی کپور دریاچه زریوار نسبت به غلظت فلزات کادمیم، نیکل، سرب و جیوه بالاتر است که می‌تواند به دلیل نقش مهم فلزات ضروری در فرآیندهای آنزیمی، تنفسی و فرآیندهای متابولیسمی موجودات آبزی باشد (۲۵). ضمنا مقایسه نتایج میانگین غلظت فلزات سرب، کادمیوم، مس و روی در بافت ماهیچه گونه‌های کپور معمولی، آمور و شیرماهی با استانداردهای سازمان جهانی بهداشت که برای فلزات سرب، کادمیوم، مس و روی به ترتیب برابر ۰/۳، ۰/۲، ۱۰ و ۱۰۰۰ پی پی ام و سازمان خواروبار جهانی که با همان ترتیب برابر ۲، ۰/۳، ۲۰ و ۵۰ پی پی ام اعلام شده است (۱۵)، نشان میدهد که یافته- های این مطالعه پایین‌تر از حد مجاز مصرف بوده است و مصرف ماهیچه این سه گونه ماهی مشکل بهداشتی به همراه نخواهد داشت. همچنین نتایج بدست آمده از این مطالعه نشان داد که میانگین غلظت کلی سرب، کروم و کادمیوم در بافت های مختلف ماهیان کمتر از یافته‌های بدست آمده از مطالعه نجم و همکاران (۲۶) در دو گونه ماهی مپاهی سه خاره و ماهی کلیکا در مناطق ساحلی بابلسر، و حسن پور و همکاران (۱۵) در ماهی سفید تالاب بین المللی میانکاله بوده است. همچنین نتایج یافته های بهشتی و همکاران (۲۷) نیز نشان داد که میزان غلظت فلزات سرب، کادمیوم و مس در ماهی بیاه صید شده در رودخانه کارون بالاتر از یافته‌های این مطالعه می باشد. بطور کلی این افزایش سطح فلزات در مناطق شمال و جنوب کشور نسبت به مناطق غربی کشور و منطقه مورد مطالعه در این پژوهش را می‌توان به ورود حجم بالایی از منابع آلاینده‌هایی نظیر پساب‌های کشاورزی، صنایع مختلف و پساب‌های شهری و روستایی اطراف منابع آبی نسبت داد، که سبب افزایش مقادیر فلزات سنگین در اکوسیستم‌های آبی می‌گردد. ولیکن به دلیل خاصیت سمی بودن و قابلیت تجمع زیستی فلزات سنگین در زنجیره غذایی، پایش‌های سالانه در اکوسیستم‌های آبی ضروری به نظر می‌رسد.

در ارتباط با ارزیابی ریسک مصرف سه گونه ماهی براساس نتایج بدست آمده از این مطالعه میزان HQ برای ماهیان این مطالعه کمتر از ۱ محاسبه شد، یعنی مصرف این ماده غذایی خطر حادی برای سلامتی مصرف‌کنندگان درپی نخواهد داشت، اما به دلیل خاصیت تجمع‌پذیری این فلزات خصوصا سرب و کادمیوم در بدن، مقدار مصرف مطلوب آن باید محاسبه شود. لذا طبق نتایج بدست آمده از این مطالعه میزان مصرف مطلوب ماهیان رودخانه گاماسیاب از نظر فلزات سنگین کمتر از ۱۲۰ گرم در روز خواهد بود، که برای تناسب با وزن افراد تعدیل خواهد شد. از طرفی هم سازمان جهانی خوار و بار سرانه مصرف ماهی در ایران را حدود ۶۴۰۰ گرم اعلام داشته است، در این صورت مصرف روزانه ماهی برای هر ایرانی ۱۷/۵ گرم (۰/۰۱۸ کیلوگرم) خواهد بود (۱۸). بنابر یافته‌های این مطالعه، حداکثر میزان فلزات

[1]- thiol groups

[Downloaded from sjku.muk.ac.ir on 2026-11-25]

[DOI: 10.22102/21.2.112]

کادمیوم، سرب، کروم، مس و روی در سه گونه ماهی مورد مطالعه در این تحقیق به ترتیب ۰/۰۲۱، ۰/۱۸، ۳/۵، ۱۳/۳ و ۲۰/۴ میکروگرم در روز برای یک فرد بالغ با وزن ۷۰ کیلوگرم بدست آمد. در طی تحقیق مشابهی، چراغی و همکاران میزان مصرف بافت ماهیچه ماهی شیربت برای یک فرد ۷۰ کیلوگرم را در رابطه با حداکثر میزان غلظت فلز کادمیوم در بافت ماهیچه ۱۴/۸۷ میکروگرم گزارش کردند (۲۸)، همچنین این محققین میزان HQ را کمتر از ۱ در مورد ماهی شیربت رودخانه اروند بدست آوردند و بیان داشتند که این سطح فلز سنگین در بافت خوراکی ماهی شیربت، خطر حادی برای سلامت مصرف کنندگان در برنخواهد داشت. از طرفی دیگر سازمان حفاظت محیط-زیست آمریکا (EPA) حد مجاز میزان ورود روزانه (PTDI) فلزات کادمیوم، سرب، مس و روی ناشی از مصرف ماهی را به ترتیب ۱، ۲۵، ۴۰ و ۳۰۰ میکروگرم بر کیلوگرم وزن بدن در روز اعلام کرده است (۲۹)، و در مقایسه با نتایج این مطالعه تمامی یافته‌های بدست آمده پایین‌تر از حد مجاز تعیین شده می‌باشد.

نتیجه گیری

باتوجه به یافته‌های این مطالعه و مقایسه میزان فلزات در سه گونه ماهی رودخانه گاماسیاب با استانداردهای موجود نشان داد که غلظت فلزات پایین تر از استانداردهای جهانی بوده و همچنین شاخص‌های ریسک مصرف ماهیان (HQ) بدست آمده در این مطالعه برای تمامی فلزات سنگین کمتر از ۱ بدست آمد، از اینرو به نظر می‌رسد از لحاظ بهداشتی مشکلی برای مصرف کنندگان به همراه نداشته باشد.

تشکر و قدردانی

این تحقیق با استفاده از حمایت مالی شرکت آب منطقه‌ای استان کرمانشاه با کد KRSE-92089 و کد ملی ۱۲۸۶۰۲ – ۷۵۹۷ انجام شده است. نگارندگان مراتب تقدیر و تشکر خود را از کمیته تحقیقات این شرکت اعلام می دارند.

Reference

1. Obiakor MO, Okonkwo JC, Ezeonyejiaku CD. Trace metal contamination in tropical endemic fish: factorial effect interactions and in situ quantitative risk assessment. J Environ Occup Sci 2015;4:10-21.
2. Gu YG, Lin Q, Wang XH, Du FY, Yu ZL, Huang HH. Heavy metal concentrations in wild fishes captured from the South China Sea and associated health risks. Mari Pollut Bull 2015; 96:508-512.
3. Léopold EN, Jung MC, Emmanuel EG. Accumulation of metals in three fish species from the Yaounde Municipal Lake in Cameroon. Environ Monit Assess 2015; 187:560-572.
4. Zazouli MA, Mohseni A, Maleki A, Saberian M, Izanloo H. Determination of cadmium and lead contents in black tea and tea liquor from Iran. Asian J Chem 2010; 22(2): 1387-1393.
5. Ara?jo CVM, Cede?o-Macias LA. Heavy metals in yellowfin tuna (Thunnus albacares) and common dolphinfish (Coryphaena hippurus) landed on the Ecuadorian coast. Science of the Total Environ 2016; 541:149–154.
6. Vinodhini R, Narayanan M. Bioaccumulation of heavy metals in organs of fresh water fish Cyprinus carpio (Common carp). Int J Environ Sci Tech 2008; 5:179-182.
7. Palaniappan PLRM, Karthikeyan S. Bioaccumulation and depuration of chromium in the selected organs and whole body tissues of freshwater fish Cirrhinus mrigala individually and in binary solutions with nickel. J Environ Sci 2009;21: 229–236.

[Downloaded from sjku.muk.ac.ir on 2026-11-25]

[DOI: 10.22102/21.2.112]

8. Jabeen F, Chaudhry AS. Monitoring trace metals in different tissues of Cyprinus carpio from the Indus River in Pakistan. Environ Monit Assess 2010;171: 645-656.
9. Shah SL, Altindau A. Effects of heavy metal accumulation on the 96-h LC50 values in Tench Tinca tinca L 1758. Turk J Vet Anim Sci 2005; 29: 139-144.
10. Agha H, Leermakers M, Elskens M, Fatemi MR, Baeyens W. Accumulation of trace metals in muscle and liver tissues of five fish species from the Persian Gulf. Environ Monit Assess 2009; 157:499-514.
11. Maleki *A* , Azadi *NA*, Mansouri B, Majnoni F, Rezaei Z, Gharibi F. Health risk assessment of trace elements in two fish species of Sanandaj Gheshlagh reservoir, Iran. Toxicol Environ Health Sci 2015; 7:43-49.
12. Raissy M, Rahimi E, Ansari M. Comparison of graphite furnace atomic absorption spectrometry and potentiometric stripping analysis method for determination of lead and cadmium concentration in fish muscle. 18th National Congress on Food Technology. 2008 Oct. 15-16, Mashhad, Iran.
13. Baramaki R, Ebrahimpour M, Mansouri B**,** Rezaei MR, Babaei H. Contamination of metals in tissues of Ctenopharyngodon idella and Perca fluviatilis, from Anzali Wetland, Iran. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology 2012;89:831-835.
14. Majnoni F, Mansouri B, Rezaei MR, Hamidian AH Contaminations of metals in tissues of Common crap, Cyprinus carpio and Silver crap, Hypophthalmichthys molitrix from Zarivar wetland, western Iran. Archives of Polish Fisheries 2013; 21: 11-18.
15. Hassanpour M, Rajaei G, SinkaKarimi M, Ferdosian F, Maghsoudloorad R. Determination of Heavy metals (Pb, Cd, Zn and Cu) in Caspian kutum (Rutilus frisii kutum) from Miankaleh international wetland and human health risk. J Mazandaran Univ Med Sci 2014; 24:163-170.
16. Keshavarz A, Dehghanisanij H, Asadi H, Oweis T, Abdelwahab AM. Policies, institutions and economies of water resources and management in the Karkheh river basin of Iran. KRB Research Report 2012; Research Report no. 10:1-103.
17. Douglas C Montgomery. Design and analysis of experiments. . 5th ed, New York: Wiley, 1997.p. 752.
18. Cheraghi M, Pourkhabbaz H, Javanmardi S. Determination of mercury concentration in Liza abu from Karoon river. J Mazand Univ Med Sci 2013; 23(103): 105-113 [In Persian].
19. Raissy M, Ansari M. Health risk assessment of mercury and arsenic associated with consumption of fish from the Persian Gulf. Environ Monit Assess 2014; 186:1235–1240.
20. Mansouri B, Majnoni F, Maleki A, Rezaei Z, Azadi N, Gharibi F. Bioaccumulation of Pb, Cd, Zn, and Cu in the muscle, gill, liver, and skin of common carp (C. carpio) and silver carp (H. molitrix) in Gheshlagh Dam in Sanandaj City. Zanko J Med Sci 2014;15:26-35.
21. Mansouri B, Baramaki R, Pourkhabbaz A, Zareh M, Hamidian AH. Bioaccumulation and depuration of copper in the kidney and liver of freshwater fish Capoeta fusca. Ir*an* J Toxicol 2013; 7: 808-814.
22. Monferr?na MV, Garnero P, Bistoni MA, Anbar AA, Gordon GW, Wunderlin DA. From water to edible fish. Transfer of metals and metalloids in the San Roque Reservoir (C?rdoba, Argentina). Implications associated with fish consumption. Ecol Indic 2016;63:48–60.
23. Wimmer U, Wang Y, Georgiev O, Schaffner W. Two major branches of anti-cadmium defense in the mouse: MTF-1/metallothionein and glutathione. Nucleic Acids Res 2005; 33:5715–5727.
24. Jaric L, Visnjic-Jeftic Z, Cvijanovic G, Zoran Gacic Z, Jovanovic L, Skoric S, et al. Determination of differential heavy metal and trace element accumulation in liver, gills,

[Downloaded from sjku.muk.ac.ir on 2026-11-25]

[DOI: 10.22102/21.2.112]

intestine and muscle of sterlet (Acipenser ruthenus) from the Danube river in Serbia by ICP-OES. Microchem J 2011; 98:77–81.
25. Messaoudi T, Deli K, Kessabi S, Barhoumi A, Kerkeni K, Saïd A. Association of spinal deformities with heavy metal bioaccumulation in natural populations of grass goby, Zosterisessor ophiocephalus Pallas, 1811 from the Gulf of Gabès (Tunisia). Environ Monit Assess 2009; 156:551–560.
26. Najm M, Shokrzadeh M, Fakhar M, Sharif M, Hosseini SM, Rahimi-Esboei B, et al. Concentration of heavy metals (Cd, Cr and Pb) in the tissues of Clupeonella Cultriventris and Gasterosteus Aculeatus from Babolsar coastal waters of Mazandaran Province, Caspian Sea. J Mazandaran Univ Med Sci 2014; 24: 185-192 [In Persian].
27. Beheshti M, Askari Sari A, Velayatzadeh M. Assessment of heavy metals concentration of fish (Liza abu) in Karoon river, Khouzestan province. Water Waste 2013; 3:125-133 [In Persian].
28. Cheraghi M, Espergham A, Nprani MH. Health risk assessment of cadmium in consumption of Barbus grypus in Arvand River. J Wetland Ecobiol 2012;13:1-8.
29. United States Environmental Protection Agency. Risk based Concentration Table. EPA, Region 3, Philadelphia, PA; Washington DC. 2005.

[Downloaded from sjku.muk.ac.ir on 2026-11-25]

[DOI: 10.22102/21.2.112]