بررسی الگوی تجمع فلزات سنگین (Ni، Pb، Cu و Zn) در بافت‌های عضله، کبد، کلیه، آبشش و فلس ماهی کپور نقره‌ای (*Hipophthalmichthys molitrix*) چاه نیمه‌های سیستان

ساحل پاکزاد توچایی

عضو هیئت علمی دانشگاه زابل، پژوهشکده تالاب بین‌المللی هامون، پست الکترونیکی: sahel.pakzad@uoz.ac.ir

تاریخ دریافت: ۹۱/۳/۶ *نویسنده مسوول* *تاریخ پذیرش: ۹۲/۱/۶*

© نشریه علمی ـ پژوهشی اقیانوس‌شناسی ۱۳۹۲، تمامی حقوق این اثر متعلق به نشریه اقیانوس‌شناسی است.

چکیده

فلزات سنگین موجود در محیط آبی پس از جذب در بافت آبزیان تجمع یافته و از طریق زنجیره غذایی وارد بدن انسان شده و متناسب با سمیت و غلظت فلزات جذب شده، آثار بالینی مشاهده می‌شود. هدف از انجام این بررسی، مطالعه الگوی تجمع فلزات شامل Ni، Pb، Cu و Zn در بافت‌های عضله، آبشش، فلس، کبد و کلیه ماهی کپور نقره‌ای چاه نیمه‌های سیستان بود. همچنین مقایسه غلظت فلزات در عضله ماهی با استانداردهای غذایی نیز صورت گرفت. پس از نمونه‌برداری، آماده‌سازی هر یک از بافت‌ها و هضم توسط اسید نیتریک غلیظ، غلظت هر یک از فلزات بر حسب میکروگرم بر گرم وزن خشک با استفاده از دستگاه جذب اتمی Konik مدل Novaa 300 اندازه‌گیری شد. روند تجمع فلزات ضروری (Zn و Cu) در کبد و آبشش و فلزات غیر ضروری مانند نیکل در کبد و کلیه مشاهده شد. بیشترین تجمع فلز مس در کبد (۶۳/۴۲ میکروگرم بر گرم)، روی در آبشش (۷۴/۴۰ میکروگرم بر گرم)، نیکل در کلیه (۰/۴۱ میکروگرم بر گرم) و سرب در کبد (۰/۱۹ میکروگرم بر گرم) به‌دست آمد. تجمع بیشتر فلزات ضروری (مس و روی) در کبد و آبشش به‌دلیل نیاز آبزی به فلزات فوق جهت انجام فعالیت‌های زیستی است. فلز نیکل، تجمع بیشتری در کلیه داشت، که می‌تواند به‌دلیل مکانیسم دفع این فلز باشد. روند تجمع فلزات غیر ضروری در بافت‌های کبد و کلیه با فلس مشابه بود. بنابراین فلس نیز می‌تواند شاخص مناسبی برای تعیین میزان آلودگی تجمع یافته در آبزیان باشد. غلظت فلزات عضله کمتر از استاندارد بوده و بنابراین نمی‌تواند برای مصرف‌کننده ماهی خطرساز باشد.

کلمات کلیدی: *فلزات سنگین، ماهی Hipophthalmichthys molitrix، آبشش، کبد، کلیه، پولک، عضله، چاه نیمه های سیستان.*

۱. مقدمه

توسعه فن‌آوری و رشد روزافزون فعالیت‌های صنعتی از یکسو و رعایت نکردن الزامات زیست‌محیطی از سوی دیگر سبب شده است تاطی چند دهه اخیر مقادیر هنگفتی از آلاینده‌ها وارد محیط زیست شوند (Sankar et al., 2006; Vutukuru, 2005). آلاینده‌ها به دو نوع آلاینده‌های قابل تجزیه و غیرقابل تجزیه تقسیم می‌شوند. آلاینده‌های غیر قابل تجزیه نظیر

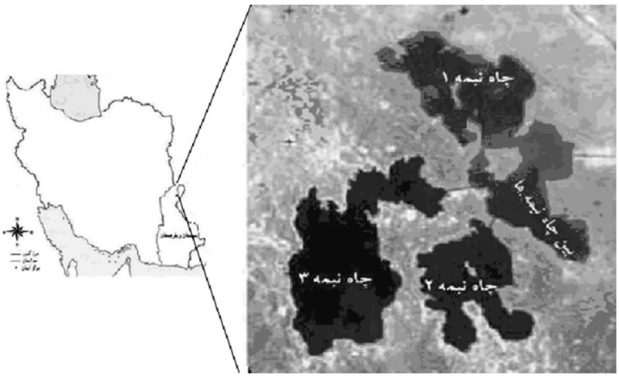
ترکیبات و نمک‌های فلزات سنگین، ترکیبات شیمیایی فنولی با زنجیره بلند، آفت‌کشها مثل DDT هستند که در محیط تجمع می‌یابند و بر زنجیره‌ی غذایی و زیست‌شناختی موجودات در آب اثر می‌گذارند (رحیمی و امین‌پور، ۱۳۸۹؛ Sericano et al., 2008؛ Guve et al., 1999). ازدیاد غلظت این مواد بر ماهی‌ها، سایر موجودات آبزی و حتی گیاهان آبزی اثرات سوء دارد (Malik et al., 2010; Zhang et al., 2007). منابع اصلی که باعث انتشار فلزات می‌شوند، شامل منابع انسانی و منابع طبیعی است. فلزات سنگین موجود در محیط‌های آبی ابتدا توسط فیتوپلانکتون، باکتری‌ها، قارچ‌ها و ارگانیسم‌های کوچک دیگر جذب می‌شوند (Farombi et al., 2007). سپس به ترتیب، توسط موجودات بزرگتر خورده شده و در نهایت وارد بدن انسان می‌شوند. فلزات سنگین جذب شده توسط انسان، اغلب اثرات زیان آوری ایجاد می‌کنند (Abou- Elnage et al., 2005؛ Farkas et al., 2002).

آبزیان از جمله ماهی‌ها مهمترین منابع تأمین کننده پروتئین برای جوامع انسانی هستند. بررسی‌های مختلف نشان داده است که ماهی پس از جذب فلزات، آنها را در بافت‌های خود جمع‌آوری می‌کند. در صورتی که انسان از طریق بافت‌های غذایی این موجودات فلزات را جذب کند، فلزات جذب شده از این طریق قابل انتقال به انسان است (Staniskiene et al., 2006; Weher, 2008; Lakshamanan et al., 2009; Abdel-Baki et al., 2011). بنابراین جهت تعیین وضعیت سلامت ماهیان در مناطق مختلف لازم است غلظت فلزات سنگین بررسی شود. از جمله ماهیان مورد استفاده در مناطق مختلف، ماهی کپور نقره‌ای *Hipophthalmichthys molitrix* است. این ماهی به‌دلیل قابلیت سازگاری با محیط، رشد سریع، رژیم غذایی مناسب، یعنی تغذیه از حلقه اول زنجیره غذایی محیط‌های آبی (زی شناوران گیاهی) و کیفیت گوشت عالی، در سرتاسر جهان معرفی شده است. رژیم غذایی *H. molitrix* در ابتدای زندگی از زی شناوران جانوری کوچک مانند روتیفرها و از دومین هفته زندگی به‌تدریج رژیم غذایی آن به (فیتوپلانکتون‌خواری یعنی استفاده از زی‌شناوران گیاهی تغییر می‌یابد (Ali and Fisher, 2005). مخازن آبی چاه نیمه، در حال حاضر تنها منابع تأمین کننده آب در منطقه‌ی سیستان هستند. از طرف دیگر در اثر خشکسالی و خشک شدن تالاب بین‌المللی هامون، از آنجایی‌که دارای منشأ مشترکی از وردی افغانستان هستند، تنها ذخیره‌گاه زیستی در دوره‌ی خشک‌سالی در این منطقه محسوب می‌شوند. ماهی کپور نقره‌ای که دارای کاربرد شیلاتی است، نسبت به سایر ماهیان دارای پراکنش مناسبی در منابع آبی چاه‌نیمه‌های سیستان است. شناورهای صیادی در این منابع آبی تردد داشته و از طرف دیگر شکار پرندگان با استفاده از گلوله‌های سربی توسط شکارچیان صورت می‌گیرد، که ممکن است باعث افزایش غلظت برخی از فلزات در منابع آبی و بافت‌های آبزیان در این منطقه شود. بنابراین با بررسی غلظت فلزات سنگین در بافت‌های این ماهی می‌توان به وضعیت پاکی و سلامت این ماهی پی برد. از طرف دیگر با بررسی الگوی تجمع فلزات ضروری و غیر ضروری می‌توان بافت‌های شاخص این فلزات را مشخص کرد. بر این اساس در مطالعه اخیر الگوی تجمع فلزات سنگین Cu، Zn، Pb و Ni در بافت‌های عضله، کبد، کلیه، آبشش و فلس ماهی ماهی کپور نقره‌ای چاه نیمه‌های شهرستان زابل و نیز مقایسه غلظت‌های به‌دست آمده در بافت عضله ماهی با استانداردهای غذایی مورد بررسی قرار می‌گیرد.

۲. مواد و روش‌ها

۲-۱. تهیه و آماده‌سازی نمونه‌ها

تعداد ۲۰ عدد ماهی کپور نقره‌ای با گستره طولی ۴۰-۳۷ سانتی‌متر، از چاه‌نیمه‌های سیستان در بهار ۱۳۹۰ تهیه شد (شکل ۱). نمونه‌ها توسط یخدان حاوی یخ به آزمایشگاه منتقل گردیدند. پس از تهیه نمونه‌ها، سطح رویی ماهی‌ها به‌طور کامل توسط آب دو بار تقطیر جهت رفع انواع آلودگی‌ها شستشو داده شد. سپس نمونه‌های آماده شده در دمای ۲۰- درجه سانتی گراد نگهداری شدند (Staniskiene et al., 2006). برای جداسازی بافت‌ها، ابتدا ماهی‌ها در محیط آزمایشگاه قرار داده شدند و پس از ذوب یخ، هر یک از بافت‌های عضله، آبشش، کبد، کلیه و فلس برای هر ماهی به‌طور جداگانه جداسازی و توسط آون در دمای ۱۵۰ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۲۴ ساعت به‌طور کامل خشک گردیدند. بافت عضله ماهی قبل و بعد از خشک شدن توزین گردید و میزان رطوبت بافت اندازه‌گیری شد. نمونه‌های خشک شده توسط هاون چینی به‌طور کامل پودر گردیدند و سپس در ظروف پلی اتیلنی تا شروع مرحله هضم نگهداری شدند (Zhang et al., 2007).



شکل ۱: موقعیت جغرافیایی منطقه‌ی نمونه‌برداری ماهی در مخازن آبی چاه‌نیمه‌های سیستان

۲-۲. هضم بافت‌ها و سنجش غلظت فلزات سنگین

حدود یک گرم از نمونه‌ی بافت‌های فوق با ۱۰ سی سی اسید نیتریک خالص غلیظ (Merck) طی ۲۴ ساعت در دمای اتاق هضم شد. نمونه‌ی فوق در حمام بنماری با درجه حرارت ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد تا نزدیک خشک شدن، قرار داده شد. بعد از سرد شدن اسیدنیتریک ۱۰٪ به آن اضافه شد. سپس نمونه‌های هضم شده با استفاده از آب دو بار تقطیر به حجم ۵۰ سی سی رسانده شدند و توسط کاغذ صافی واتمن ۴۲ میکرون فیلتر شدند (خیرور و دادالهی سهراب، ۱۳۸۹). غلظت هر یک از فلزات توسط دستگاه جذب اتمی Konik مدل Novaa 300 بر حسب میکروگرم بر گرم وزن خشک اندازه‌گیری گردید. جهت بررسی صحت داده‌ها از محلول‌های استاندارد با غلظت‌های مشخص استفاده شد. از نمک نیترات نیکل ($Ni(NO_3)_2$)، مس از نیترات مس ($Cu(NO_3)_2$)، فلز سرب از نمک نیترات سرب ($Pb(No_3)_2$) و فلز روی از کلرید روی ($ZnCl_2$) با درجه خلوص بالا از محصولات کارخانه مرک آلمان برای تهیه محلول استاندارد استفاده شدند. میزان غلظت هر یک از نمونه‌های استاندارد با دستگاه جذب اتمی اندازه‌گیری شد و سپس نسبت غلظت‌های اندازه‌گیری شده به غلظت ساخته شده بررسی گردید. بر اساس نتایج حاصل از بررسی این نسبت، میزان صحت داده‌ها برای فلزات Pb، Ni، Cu و Zn به‌ترتیب ۹۸٪، ۹۶٪، ۹۷٪ و ۹۷٪ به‌دست آمد.

به‌منظور ارزیابی پتانسیل خطر مصرف این ماهی، محاسبات مربوط به میزان جذب روزانه (Daily intake) به ازای مصرف یک وعده از این ماهی در هفته برای یک انسان بالغ ۷۰ کیلوگرمی محاسبه گردید و این میزان با مقدار دوز رفرنس (RfD) سازمان EPA مقایسه شد. در واقع RfD برای یک آلاینده یک تخمین از مقدار در معرض قرار گیری روزانه آن آلاینده توسط جمعیت انسانی است، به‌طوری که در طول حیات فرد هیچ اثر سوئی برجای نگذارد. میزان دریافت فلزات سمی توسط افراد بستگی کامل به میزان مصرف مواد غذایی حاوی این فلزات دارد. بر این اساس میزان مصرف این ماهی یک بار در هفته و مقدار هر وعده نیز هشت اونس معادل ۲۲۸ گرم برای یک وعده فرد بالغ ۷۰ کیلوگرمی در نظر گرفته شد و بر این اساس میزان جذب روزانه برای هر یک از فلزات محاسبه شد. (۷۰ kg) وزن شخص بالغ / (۳۰g/day) مصرف روزانه × (µg/g) غلظت فلز مورد نظر در ماهی = (µg/kg/day) جذب روزانه (ابراهیمی سیریزی و همکاران، ۱۳۹۱).

برای مقایسه غلظت فلزات در بین بافت‌های مختلف از آزمون ANOVA و در صورت وجود اختلاف معنی‌دار، برای جداسازی گروه‌های متفاوت از پس آزمون Tukey استفاده شد. برای مقایسه غلظت آلاینده‌ها با استانداردها نیز از آزمون One Sample t-test استفاده شد.

۳. نتایج

غلظت هر یک از فلزات در نمونه‌های مختلف بررسی شد. نتایج حاصل از بررسی غلظت فلزات در بافت‌های مختلف ماهی در جدول ۱ آورده شده است. میانگین غلظت فلز Cu در بافت‌های عضله، آبشش، کبد، کلیه و فلس به‌ترتیب ۴۱/۰۱±۲/۲۳، ۵۳/۸۰±۲/۴۵، ۶۳/۴۲±۳/۴۵، ۴۴/۴۸±۱/۹۵ و ۲۳/۱۵±۳/۶۰ میکروگرم بر گرم وزن خشک به‌دست آمد. نتایج حاصل از آنالیز واریانس یک‌طرفه اختلاف معنی‌داری را برای غلظت فلز Cu در بین بافت‌های مختلف نشان داد، به‌طوری‌که بیشترین میزان فلز Cu در بافت کبد و کمترین مقدار در آبشش تجمع یافته بود. روند تجمع فلز Cu به‌صورت پولک< کلیه ≤ عضله< آبشش< کبد به‌دست آمد.

میانگین غلظت Zn در بافت‌های عضله، آبشش، کبد، کلیه و فلس ۲۰ /۷۲/۲۰±۳، ۷۴/۴۰±۳/۴۵، ۷۳/۲۳±۵/۴۰، ۴۴/۹۴±۲/۹۰ و ۴۵/۳۵±۴/۶۰ میکروگرم بر گرم وزن خشک به‌دست آمد. نتایج نشان داد که بیشترین غلظت این فلز در بافت‌های آبشش، عضله و کبد قابل مقایسه با هم بودند. کمترین غلظت این فلز در

بافت‌های فلس و کلیه با مقادیر تقریباً برابر اندازه‌گیری شدند (ANOVA, P<0.05). روند تجمع فلز Zn به‌صورت کلیه ≥ پولک > عضله ≥ کبد ≥ آبشش بود.

غلظت فلز Ni در بین بافت‌های مختلف ماهی اختلاف معنی‌داری داشت و روند تجمع این فلز در بین بافت‌های مختلف به‌صورت عضله (۰/۰۲±۰/۲۴)> آبشش (۰/۰۲±۰/۲۶) > کبد (۰/۰۱±۰/۲۸) ≥ فلس (۰/۰۲±۰/۲۹) > کلیه (۰/۰۲±۰/۴۱) به‌دست آمد که غلظت این فلز در بین بافت‌های پولک و کبد اختلاف معنی‌داری نداشت.

غلظت فلز Pb به‌ترتیب در بافت‌های عضله، آبشش، کبد، کلیه و فلس به‌ترتیب ۰/۰۱±۰/۰۹، ۰/۰۰۸±۰/۰۷، ۰/۰۱±۰/۱۹، ۰/۰۰۶±۰/۱۱ و ۰/۰۱۵±۰/۱۷ میکروگرم بر گرم وزن خشک اندازه‌گیری شد. بالاترین غلظت این فلز در کبد و پولک به‌دست آمد. بافت آبشش نیز کمترین غلظت این فلز را دارا بود. روند تجمع فلز Pb در بین بافت‌های مختلف ماهی به‌صورت آبشش< بافت گوشتی< کلیه< فلس≤ کبد به‌دست آمد (ANOVA, P<0.05).

جدول ۱: مقایسه غلظت فلزات (برحسب میکروگرم بر گرم وزن خشک) در بین بافت‌های مختلف ماهی کپور نقره‌ای

	عضله	آبشش	کبد	کلیه	پولک
Ni	۰/۰۰۴±۰/۲۹^{d}	۰/۰۰۴۵±۰/۲۶^{c}	۰/۰۰۴۳±۰/۲۴^{b}	۰/۰۰۳±۰/۴۱^{a}	۰/۰۰۵۱±۰/۲۷^{b}
Pb	۰/۰۰۴±۰/۲۹^{c}	۰/۰۰۸±۰/۰۷^{d}	۰/۰۱±۰/۱۹^{a}	۰/۰۰۶±۰/۱۱^{b}	۰/۰۱۵±۰/۱۷^{a}
Cu	۲/۲۳±۴۱/۰۱^{c}	۲/۴۵±۵۳/۸^{b}	۳/۴۵±۶۳/۴۲^{a}	۱/۹۵±۴۴/۴۸^{c}	۳/۶۰±۲۳/۱۵^{d}
Zn	۳/۲۰±۷۲/۲۰^{a}	۳/۴۵±۷۴/۴۰^{a}	۵/۴۰±۷۳/۲۳^{a}	۲/۹۰±۴۴/۹۴^{b}	۴/۶۰±۴۵/۳۵^{b}

اعداد دارای حروف غیرمشابه، اختلاف معنی‌داری دارند (p< ۰/۰۵).

۴. بحث و نتیجه‌گیری

در بررسی اخیر بالاترین غلظت فلزات Cu و Zn در بافت‌های کبد و آبشش ماهی کپور نقره‌ای چاه‌نیمه‌های سیستان به‌دست آمد. عناصر روی و مس نقش مهمی در متابولیسم سلولی دارند و غلظت اندک این عناصر در بدن به‌وسیله مکانیسم‌های هموستازی کنترل می‌شود (Ashraf and Jaffar, 1988). این فلزات به‌همراه آهن برای ساخت هموگلوبین در بافت کبد و همچنین جهت ترشح صفرا نیاز است (Chen et al., 2012). به‌همین دلیل افزایش غلظت این فلزات در کبد ماهی می‌تواند ناشی از نیاز بیشتر این بافت به فلزات مس و آهن باشد (فروغی، ۱۳۸۵؛ Sankar et al., 2006; Bols et al., 2001). از طرف دیگر بافت آبشش نیز در انتقال و دریافت اکسیژن از محیط پیرامون نقش مهمی داشته و نیاز به غلظت بالایی از خون دارد، که به‌دنبال آن نیاز بالایی به فلزات ضروری است. بنابراین افزایش غلظت فلزات ضروری در این بافت‌ها می‌تواند ناشی از نیاز این بافت به این فلزات باشد. تجمع کمتر فلز مس در فلس می‌تواند ناشی از نیاز کمتر این بافت به این فلز باشد. در مطالعه Abdel-Baki و همکاران (۲۰۱۱) بیشترین غلظت فلزات Cu در بافت کبد به‌دست آمد. Jent و همکاران (۱۹۹۸) نیز در بررسی غلظت فلزات Cu و Zn در بین بافت‌های مختلف بیشترین غلظت این فلزات را در بافت کبد اندازه‌گیری کردند. همچنین Rashed و همکاران (۲۰۰۱) در بررسی غلظت Cu در بین بافت‌های مختلف Tilapia که از دریاچه Nasser صید شده بود، به نتیجه‌ی مشابهی دست یافتند. آنها نیز افزایش غلظت مس در بافت کبد را ناشی از نیاز این بافت به فلز مس عنوان کردند. از طرف دیگر بافت کبد و آبشش شاخص‌های مناسبی از لحاظ در معرض قرار گرفتن طولانی مدت با فلزات سنگین محسوب می‌شوند و به‌دلیل اینکه این بافت‌ها جایگاه متابولیسم فلزات هستند می‌توانند نشانگر خوبی برای آلودگی توسط فلزات سنگین باشند (Filazi et al., 2003).

غلظت فلز Ni در بین بافت‌های مختلف ماهی اختلاف معنی‌داری داشت. غلظت این فلز در بین بافت‌های پولک و کبد اختلاف معنی‌داری نداشت. در بررسی الگوی تجمع فلز Ni در بین بافت‌های مختلف مشخص گردید که بافت کلیه دارای بالاترین میزان غلظت این فلز بوده است. کلیه اندامی است که در سمزدایی و دفع فلزات از بدن نقش دارد (Vindohini and Narayanan, 2008). Vindohini و Narayanan (۲۰۰۸) در مقایسه غلظت فلز Ni در بین بافت‌های آبشش، کلیه، کبد و عضله بیشترین غلظت این فلز را در کلیه اندازه‌گیری کرده و عامل افزایش دهنده غلظت فلز Ni در کلیه را ناشی از دفع فلز Ni از بدن از طریق کلیه دانستند. بررسی‌ها همچنین نشان می‌دهد که هر تغییری که در میزان تجمع فلز در بافت‌های ماهی اتفاق می‌افتد می‌تواند از عوامل مختلفی مثل ویژگی خود فلز، بافت و اندام هدف، جنسیت، وزن و سن ماهی، عادات غذایی، مدت زمان در معرض فلز بودن، خصوصیات بوم‌شناختی و شرایط محیطی و همچنین ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی محیط تأثیر ببیند (Dalman et al., 2006; Chi et al, 2007; Agah et al., 2007). در بررسی حاضر غلظت Ni در بافت عضله کمتر از آبشش بود. بنابراین می‌توان گفت عوامل مختلفی می‌توانند در میزان تجمع فلزات در بین بافت‌های مختلف دست داشته باشند.

مطالعه خیرور و دادالهی سهراب (۱۳۸۹) نیز که در ارتباط با مقایسه تجمع فلز نیکل در بین بافت‌های آبشش و بافت عضله بود، بالاترین غلظت این فلز را در آبشش نشان داد. آن‌ها نیز عامل افزایش دهنده‌ی غلظت این فلز را ناشی از تأثیر عوامل فوق دانستند. Ray و همکاران (۱۹۹۰) نیز در بررسی غلظت Ni در *Clarris batrachus* (گربه‌ماهی) به نتایج مشابهی دست یافتند.

بالاترین فلز سرب در بافت‌های کبد و پولک تجمع یافته بودند. مطالعه تحقیقات در گونه‌های متفاوت ماهی نشان می‌دهد که غلظت عناصر در آبشش و در برخی از شرایط در کبد حداکثر غلظت را دارند. البته تقریباً در تمامی تحقیقات غلظت عناصر سنگین به‌صورت معنی‌داری در کبد و آبشش بیشتر از عضله است. مطالعات انجام شده نشان می‌دهد که میزان دریافت فلزات سنگین در آب، غذا و رسوبات توسط ماهیان به غلظت فلزات در آب، مدت ماندگاری و در معرض بودن تغییرات شوری و pH آب بستگی دارد. همچنین میزان تجمع در بافت‌های مختلف ماهی به نوع شنا، گونه ماهی میزان بافت چربی و دوره زندگی ماهی بستگی دارد (Dalman et al., 2006; Chi et al., 2007; Agah et al., 2009; Yilmaz, 2003). Vinodhini و Narayanan (۲۰۰۸) نیز ماهی *Cyprinus carpio* را در معرض فلزات سنگین قرار داده و دریافتند که بیشترین تجمع فلز سرب در کبد اتفاق افتاده است. کبد از جمله بافت‌های هدف جهت سم‌زدایی و به این جهت تجمع بیشتر فلزات سمی در کبد مشاهده می‌شود (Staniskiene et al., 2006). نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که میزان تجمع فلزات سمی در فلس ماهی میزان تجمع آنها در کبد و یا سایر بافت‌ها قابل مقایسه است. در نتیجه بافت فلس مناسب‌ترین بافت جهت بررسی میزان آلودگی سرب در ماهی کپور نقره‌ای می‌باشد. عسکری ساری (۱۳۸۸)، در بررسی غلظت فلز سرب در بافت ماهی شیربت رودخانه کارون نشان داد که کبد دارای بالاترین غلظت این فلز بود.

در بررسی اخیر مشخص گردید که فلزات غیر ضروری همزمان با کبد و کلیه دارای غلظت بالایی در پولک هستند و از طرف دیگر فلزات ضروری مثل مس و روی که بدن برای انجام فرایندهای فیزیولوژیکی به آن‌ها نیاز دارد، دارای کمترین غلظت در پولک یا فلس ماهی هستند. بر این اساس می‌توان گفت پولک ماهی کپور نقره‌ای می‌تواند مشابه بافت‌هایی مثل کبد و کلیه که در بسیاری از بررسی‌ها به‌عنوان شاخص مناسبی برای فلزات سنگین غیر ضروی به‌کار می‌رود، این بافت نیز می‌تواند شاخص مناسبی در بررسی‌های آینده باشد. در بررسی انجام شده، امکان استفاده از فلس ماهی *Cyprinus carpio* برای پایش زیستی فلزات سرب و روی در سواحل جنوبی دریای خزر غلظت فلزات در گنادها، کبد و فلس ماهی بررسی شد. در این بررسی فلس ماهی به‌عنوان شاخص مناسب تری برای فلزات در مقایسه با کبد شناخته شد (Darafsh et al., 2008).

الگوی تجمع فلزات سنگین مس، سرب، نیکل و روی در بافت‌های ماهی کپور نقره‌ای با مطالعات انجام شده بر روی سایر گونه‌های ماهی در منابع آبی دیگر در جدول ۲ مقایسه شده است که در تعدادی از آن‌ها روند تجمع هر فلز در بین بافت‌های مختلف با مطالعه اخیر هماهنگی دارد (Staniskiene et al., 2006; Abdel-Baki et al., 2001; Chi et al., 2007).

بافت ماهیچه‌ی ماهی مهم‌ترین بخش خوراکی است که می‌تواند به‌طور مستقیم بر روی سلامتی انسان اثرگذار باشد. بنابراین بیشترین حد مجاز غلظت فلزات سنگین برای این بافت تعیین گردیده است (عسکری ساری، ۱۳۸۹). بر اساس مقایسه غلظت فلزات اندازه‌گیری شده بر حسب وزن تر با استانداردهای موجود (جدول ۳)، غلظت فلزات از حد مجاز کمتر بوده و بنابراین مصرف عضله ماهی کپور نقره‌ای چاه‌نیمه‌های سیستان نمی‌تواند خطری را از نظر این فلزات به‌همراه داشته باشد. بر اساس جدول ۴ مقادیر محاسبه شده برای میزان جذب روزانه پایین تر از دوز استاندارد سازمان EPA است که این موضوع نشان می‌دهد مصصرف یک وعده (معادل g ۲۲۸) از این ماهی در هفته از نظر بهداشتی هیچ ممنوعیتی برای یک مصرف کننده بالغ ندارد.

بر این اساس، تجمع فلزات سنگین در بین بافت‌های مختلف می‌تواند از فرایندهایی مانند سم‌زدایی و همچنین نیاز بافت‌های مختلف ماهی به فلزات سنگین تأثیر ببیند. روند تجمع فلزات غیر ضروری در بافت‌های کبد و کلیه با روند تجمع این فلزات در پولک مشابه است، بنابراین بافت پولک نیز می‌تواند شاخص مناسبی برای این فلزات باشد. فلزات سنگین اندازه‌گیری شده در عضله کمتر از حد مجاز جذب روزانه بوده و نمی‌تواند برای مصرف‌کننده خطرساز باشد.

جدول ۲: مقایسه غلظت فلزات سنگین (بر حسب میکروگرم بر گرم وزن خشک) در بافت های مختلف ماهی با سایر مطالعات انجام شده

فلز	گونه	بافت های مورد مطالعه					منبع
		عضله	کبد	کلیه	آبشش	پولک	
Ni	*Mugil cephalus*	۴/۴۱	---	---	---	---	Canli and Atli, 2003
	Cyprinus carpio	۰/۶۳	۰/۹۷	۰/۹۷	۱/۰۴	---	Vindohini and Narayanan, 2008
	Barbus grypus	۰/۷۷	---	---	۱/۵۲	---	خیرور و دادالهی سهراب، ۱۳۸۹
	Hipophthalmichthys molitrix	۰/۲۴	۰/۲۸	۰/۴۱	۰/۲۶	۰/۲۹	مطالعه اخیر
Pb	*Mugil cephalus*	۵/۳۲	۷/۶۰	---	---	---	Canli and Atli, 2003
	Tilapia	۰/۰۳۹	۰/۶۰	۰/۲۷	۰/۱۴	---	Abdel-Baki et al., 2011
	Cyprinus carpio	۱/۴۶	۲/۰۰	۱/۹۰	۱/۴۰	---	Vindohini and Narayanan, 2008
	Barbus grypus	۱۶/۴۲	---	---	۹/۰۳	---	خیرور و دادالهی سهراب، ۱۳۸۹
	Cyprinus carpio	---	۶/۰۰	---	---	۱۵/۹۰	Darafsh et al., 2008
	Silver bream	۰/۱۵	۰/۵۸	---	۰/۳۶	---	Staniskiene et al., 2006
	Hipophthalmichthys molitrix	۰/۰۹	۰/۱۹	۰/۱۱	۰/۰۷	۰/۱۷	مطالعه اخیر
Cu	Tilapia	۱/۰۸۰	۱۱/۵۳۳	۷/۹۰	۲/۰۶	---	Abdel-Baki et al., 2011
	Barbus grypus	۲/۸۳	---	---	۲/۷۹	---	خیرور و دادالهی سهراب، ۱۳۸۹
	Hipophthalmichthys molitrix	۴۱/۰۱	۶۳/۴۲	۴۴/۴۸	۵۳/۸۰	۲۳/۱۵	مطالعه اخیر
Zn	*Silver bream*	۱۴/۸۲	۱۲۰/۴۹	---	۴۷/۳۹	---	Staniskiene et al., 2006
	Fundulus heteroclitus	---	---	---	---	۱۰	Sauer and Watabe, 2002
	Hipophthalmichthys molitrix	۷۲/۲۰	۷۳/۲۳	۴۴/۹۴	۷۴/۴۰	۴۵/۳۵	مطالعه اخیر

جدول ۳: مقایسه غلظت فلزات سنگین (میکروگرم بر گرم وزن تر) در بافت عضله با استانداردهای موجود

استانداردها	Cu	Ni	Pb	Zn	منبع
WHO[1]	۱۰	۰/۳۸	۰/۴۰	۳۰	European Commission, 2000; Pourang et al., 2004
FDA[2]	–	۱	۵	۳۵	Pourang et al., 2004؛ امینی رنجبر و ستوده، ۱۳۸۴
NHMRC[3]	۱۰	–	۱/۵	۱۵۰	Pourang et al., 2004؛ امینی رنجبر و ستوده، ۱۳۸۴
UK MAFF[4]	۲۰	–	۲	۵۰	Pourang et al., 2004؛ امینی رنجبر و ستوده، ۱۳۸۴
عضله ماهی *Hipophthalmichthys molitrix*	۹/۶۰	۰/۰۵۷	۰/۰۲۱	۱۷/۳۲	مطالعه حاضر

1- World Health Organization
2- Food and Drug Administration
3- Australian National Health and Medical research council
4- Ministry of Agriculture, fisheries and food

جدول ۴: محاسبات جذب روزانه (Daily intake) فلزات سنگین در ازای یک وعده مصرف این ماهی در هفته برای یک شخص ۷۰ کیلوگرمی

فلزات	غلظت فلزات در نمونه‌ها وزن تر (µg/g)	میزان فلزات (µg/g) در یک وعده غذایی (معادل ۲۲۸ گرم)	میزان جذب روزانه (µg/kg/day)	دوز رفرنس (RfD) سازمان EPA (µg/kg/day)
Ni	۰/۰۵۷	۱۲/۹۹	۰/۰۲۶	۲۰
Pb	۰/۰۲۱	۴/۷۸	۰/۰۰۹	۳
Cu	۹/۶۰	۲۱۸۸/۸	۴/۴۶	۴۰
Zn	۱۷/۳۲	۳۹۴۸/۹۶	۸/۰۵	۳۰۰

منابع

ابراهیمی سیریزی ز.؛ ساکی‌زاده، م.؛ اسماعیلی ساری، ع.؛ بهرامی‌فر، ن.؛ قاسمپوری، س.م.، ۱۳۹۱. بررسی فلزات سنگین کادمیوم، سرب، مس و روی در عضله اردک ماهی تالاب بین المللی انزلی، انباشتگی و ارزیابی خطرات. ۲۲(۸۷): ۵۷-۶۳.

امینی رنجبر، غ.؛ ستوده، ف.، ۱۳۸۴. بررسی تجمع غلظت فلزات سنگین در بافت ماهیچه ماهی کفال در ارتباط با طول استاندارد، وزن، سن و جنسیت. مجله علمی شیلات ایران، شماره ۱۴، صفحه ۲-۷.

خیرور، ن.؛ دادالهی سهراب، ع.، ۱۳۸۹. غلظت فلزات سنگین در رسوبات و ماهی شیربت (*Barbus grypus*) در اروند رود، علوم و تکنولوژی محیط زیست، ۱۲(۲): ۱۲۳-۱۳۱.

رحیمی، ل.؛ امین‌پور، م.ص.، ۱۳۸۹. عناصر و کانی های سمی موجود در محیط زیست و تأثیر آن بر انسان و نقش زمین شناسی پزشکی. اولین همایش کشوری دانشجویی عوامل اجتماعی موثر بر سلامت، ۲۲ مهرماه تهران. صفحه ۲.

عسکری ساری، ا.، ۱۳۸۸. بررسی عناصر سنگین (سرب، جیوه و کادمیوم) در ماهیان بومی آب شیرین شیربت (*Barbus grypus*) و بیاح (*Liza abu*) صید رودخانه های کارون و کرخه در فصل زمستان. مجله علمی و پژوهشی بیولوژی دریا-دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز، ۴: ۹۵-۱۰۷.

فروغی، ر.، ۱۳۸۵. ارزیابی مقادیر فلز سنگین مس به عنوان یک آلاینده

زیست محیطی در کبد ماهی سفید سواحل مرکزی خزر جنوبی. اولین همایش تخصصی مهندسی محیط زیست، صفحه ۱-۴.

Abdel-Baki, A.S.; Dkhil, M.A.; Al-Quraishy, S., 2011. Bioaccumulation of some heavy metals in Tilapia fish relevant to their concentration in water and sediment of Wadi Hanifah Saudi Arabia. African Journal of Biotechnology, 10 (13): 2541-2547.

Abou EL-Naga, E.H.; EL-Moselhy, K.M.; Hamed, M. A., 2005. Toxicity of cadmium and copper and their effect on some biochemical parameters of marine fish *Mugil seheli*. Egyptian. Journal of Aquatic Research, 31 (2): 60-71.

Agah, H.; Leermakarkes, M.; Elskens, M.; fatemi, S.M.; Baeyens, W., 2007. total mercury and methyl mercury concentrations in fish from (Cd, Cr, Cu, Fe, Pb, Zn) levels and the size of six Mediterranean fish species, Journal of Environmental Pollution, 121: 129-136.

Agah, H.; Leermakers, M.; Elskens, M.; Fatemi, S.M.R.; Baeyens, W., 2009. Accumulation of trace metals in the muscles and liver tissues of five fish spicies from the Persian Gulf, Environmental Monitoring and Assessment, 157: 499-514.

Ali, M.H.H.; Fisher, M.R.A., 2005. Accumulation of trace metals in some benthic invertebrate and fish species relevant to their concentration in water and sediment of lake Quran, Egypt, Journal of Aquatic Research, 31(1): 289-301.

Ashraf, M.; Jaffar, M., 1988. Correlation between some selected trace metal concentration in six species of fish from the Arabian sea. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology, 41: 86-93.

Bols, N.C.; Brubacher, J.I.; Ganassin, R.C.; Lee, L.E.J., 2001. Ecotoxicology and innate immunity in fish. Dev, Company Immunology, 25(8): 853-873.

Canli, M.; Atli, G., 2003. The relationships between heavy metal dissolved in sea water and influences of sex and size on metal accumulation and tissue distribution in the Norway lobster *Nephrops norvegicus*. Marine Environment Research, 36: 217-236.

Chen, W.Y.; Lin, C.J.; Yun, R.J.; Tsai, J.W.; Liao, C.M., 2012. Assessing the effects of pulsed waterborne copper toxicity on life-stage tilapia populations, Science of the Total Environment, xxx:xxx-xxx.

Chi, Q.; Zhu, G.; Langdon, A., 2007. Bioaccumulation of heavy metals in fishes from Taihu lake, China, Journal of Environmental Science, 19: 1500-1504.

Dalman, O.; Demirak, A.; Balci, A., 2006. Determination of heavy metals (Cd, Pb) and trace elements (Cu, Zn) in sediments and fish of the southeastern Aegean sea (Turkey) by atomic absorption spectrometry, Food Chemistry, 26: 157-162.

Darafsh, F.; Mashinchian, A.; Fatemi, M.; Jamili, S., 2008. Study of the Application of Fish Scale as Bioindicator of Heavy Metal Pollution (Pb, Zn) in the *Cyprinus carpio* of the Caspian Sea, Research Journal of Environmental Sciences, 2: 438-444.

European Commission, 2000. Amending Commission Regulation (EC) NO 194/97. Brussels, 2-28 pp.

Farkas, A.; Salanki, J.; Specziar, A., 2002. Relation between growth and the heavy metal concentration in organs of bream *Abramis brama* L. populating lake Balaton. Arch. Environmental Contaminant Toxicology, 43 (2): 236-243.

Farombi, E.O.; Adelowo, O.A.; Ajimoko, Y.R., 2007. Biomarkers of oxidative stress and heavy metal levels as indicators of environmental pollution in African Cat fish (*Clarias gariepinus*) from Nigeria ogun river. International Journal of Environmental Research Public Health, 4 (2): 158-165.

Filazi, A.; Baskaya, R.; Kum, C., 2003. Metals concentration in tissues in black sea fish (*Mugil auratus*) from Sinup-Ikliman, Turkey, Human and Experimental Toxicology, 22:85-87.

Güve, K.; Özbay, C.; Ünlü, E.; Satar A., 1999. Acute

by the scales of *Fundulus heteroclitus*. Marine Science Program and Electron Microscopy Center.

Sericano, J.L.; Wade, T.L.; Jackson, T.J., 2008. Trace organic contamination in the Americas: An overview of the US national status and trends and the international mussel watch progammes. Marin Pollution Bullrtin, 31: 214-225.

Staniskiene, B.; Matusevicius, P.; Budreckiene, R.; Skibniewska, K.A., 2006. Distribution of Heavy Metals in Tissues of Freshwater Fish in Lithuania, Polish Journal of Environment Study, 15(4): 585-591.

Vinodhini, R.; Narayanan, M., 2008. Bioaccumulation of heavy metals in organs of fresh water fish *Cyprinus carpio* (Common carp). International Journal of Environmental Science and Technology, 5 (2): 179-182.

Vutukuru, S.S., 2005. Acute effects of Hexavalent chromium on survival, oxygen consumption, hematological parameters and some biochemical profiles of the Indian Major carp, *Labeo rohita*. International Journal of Environmental Research Public Health, 2 (3): 456- 462.

Weher, S.M., 2008. Levels of Heavy Metal Cd, Cu and Zn in Three Fish Species Collected from the Northern Jordan Valley, Jordan. Jordan Journal of Biological Sciences, 1(1): 41-46.

Yilmaz, A.B., 2003. Levels of heavy metals (Fe, Cu, Ni, Cr, Pb and Zn) in tissue of *Magil cephalus* and *Trachurus mediterraneus* from Iskenderun bay, Turkey, Environmentals Research, 92: 277-281.

Zhang, Z.; He, L.; Li, J.; Wu, Z., 2007. analysis of heavy metals of muscle and intestine tissue in fish in Banan section of Chongqing from three Gorges reservoir, China, Polish Journal of Environmental Study, 16: 949-958.

lethal toxicity and accumulation of copper in *Gammarus pulex* (L.) (Amphipoda). Journal of Biology, 23-51.

Jent, S.; Heing, J.S.; Ttate, C.M., 1998. Concentration distribution and composition of selected trace metals in bed sediment and fish tissue in the South Platte River basin, USA 1992-1993. National Water-Quality Assessment (NAWQA) Program Report.

Lakshmanan, R.; Kesavan, K.; Vijayanand, P.; Rajaram, V.; Rajagopal, S., 2009. Heavy Metals Accumulation in Five Commercially Important Fishes of Parangipettai, Southeast Coast of India, Advance Journal of Food Science and Technology, 1(1): 63-65.

Malik, N.; biswas, AK.; Qureshi, TA.; Borana, K.; Virha, R., 2010. Bioaccumulation of heavy metals in fish tissues of freshwater lake of Bhopal. Environmental Monitoring and Assessment, 160: 267-277.

Pourang, N.; Dennis, J.H.; Ghoorchian, H., 2004. Tissue distributions on the roles of metallothionin, Ecotoxicology, 13: 519-533.

Rashed, M.N., 2001. Monitorig of environmental heavy metals in fish from Nasser lake, Environment International, 27: 27-33.

Ray, D.; Banerjee, S.K.; Chatterjee, M., 1990. Bioaccumulation of Nickel and Vanadium in tissues of the cat fish (*Clarias batrachus*), Journal of Inorganic Biochemistry, 36: 169-173.

Sankar ,TV.; Zynudheen, A.A.; Anandan, R.; Nair, P.G.G., 2006. Distribution of organochlorine pesticides and heavy metals residues in fish and shellfish from Calicut region, Kerala, India. Chemosphere, 65: 583-590.

Sauer, G.R.; Watabe, N., 2002. Temporal and metal-specific patterns in the accumulation of heavy metals