

مقایسه تجمع زیستی فلزات سنگین در عضله دو گونه ماهی بیاہ آب شیرین (*Liza abu*) و شانک زرد باله (*Acanthopagrus latus*) رودخانه بهمنشیر در فصل تابستان

چکیده

این تحقیق در سال ۱۳۹۳ باهدف تعیین و مقایسه میزان فلزات سنگین کادمیوم، سرب، آرسنیک، نیکل، روی، مس، آهن، کبالت و وانادیوم در عضله دو گونه ماهی بیاہ (*Liza abu*) و شانک زرد باله (*Acanthopagrus latus*) رودخانه بهمنشیر در فصل تابستان انجام شد. ۴۰ نمونه ماهی بیاہ و شانک زرد باله به صورت کاملاً تصادفی از بندر چوئیده به وسیله تورهای گوشگیر رودخانه‌ای توسط صیادان بومی منطقه تهیه شد. سنجش فلزات سنگین به روش جذب اتمی و با کمک دستگاه Perkin Elmer 4100 انجام شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها به کمک نرم افزار SPSS17 انجام شد و میانگین تیمارها به کمک آنالیز واریانس T-test با یکدیگر مقایسه شدند. در این تحقیق میزان فلزات سنگین سرب، کبالت، وانادیوم، کادمیوم، آهن، روی، مس، آرسنیک و نیکل در عضله دو گونه ماهی بیاہ و شانک زرد باله اختلاف معنی داری داشت ($P < 0.05$). بالاترین و پایین‌ترین میزان فلزات سنگین در عضله ماهی بیاہ به ترتیب مربوط به عناصر روی ($12/985 \pm 1/338$ میلی گرم در کیلوگرم) و نیکل ($0/011 \pm 0/008$ میلی گرم در کیلوگرم) محاسبه شد. همچنین بالاترین و پایین‌ترین میزان فلزات سنگین در عضله ماهی شانک زرد باله به ترتیب مربوط به عناصر آهن ($19/857 \pm 0/745$ میلی گرم در کیلوگرم) و وانادیوم ($0/102 \pm 0/008$ میلی گرم در کیلوگرم) به دست آمد. میزان سرب، مس و آرسنیک در عضله ماهی بیاہ بالاتر از ماهی شانک زرد باله بود ($P < 0.05$). میزان کبالت، وانادیوم، کادمیوم، آهن، روی و نیکل در عضله ماهی شانک زرد باله بالاتر از عضله ماهی بیاہ به دست آمد ($P < 0.05$).

واژگان کلیدی: فلزات سنگین، ماهی بیاہ، ماهی شانک زرد باله، رودخانه بهمنشیر، استان

خوزستان.

مقدمه

رودخانه بهمنشیر به طول ۸۰ کیلومتر، در منتهی الیه جنوب غربی ایران در استان خوزستان در حدفاصل عرض جغرافیایی ۳۰ درجه و ۲۵ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۱۳ دقیقه تا ۴۸ درجه و ۴۳ دقیقه شرقی واقع گردیده است. این رودخانه از انشعابات رودخانه کارون بوده که در حدفاصل جزیره آبادان و خرمشهر (محلی به نام حفار) منشعب شده است. رودخانه بهمنشیر در بالادست به رودخانه کارون و کانال حفار و در پایین دست به خلیج فارس منتهی می گردد (فعال، ۱۳۸۸؛ ولایت زاده و نجفی، ۱۳۹۲). با توجه به ویژگی‌های خاص رودخانه بهمنشیر که همزمان نوسانات جزر و مدی، آب شیرین، لب شور و شور را در درون خود دارد، تنوع گونه‌ای گسترده‌ای از لحاظ آبزیان در آن دیده می شود، به طوری که ماهیان آب شیرین به ویژه گونه‌های وابسته به خانواده کپور ماهیان و ماهیان آنادرموس نظیر صبور و بیاہ و نیز ماهیان دریایی مانند شوریده، شبه شوریده و حتی کوسه‌ها و دلفین‌ها در آن دیده می شوند (غفله مرمضی، ۱۳۷۳). در مطالعه اسکندری و همکاران (۱۳۷۸) نیز

آزیتا کوشاfer^۱

محمد ولایت زاده^{۲*}

۱. گروه محیط زیست، واحد اهواز، دانشگاه آزاد

اسلامی، اهواز، ایران

۲. دانشگاه آزاد اسلامی، واحد اهواز، باشگاه

پژوهشگران جوان و نخبگان، اهواز، ایران

* نویسنده مسئول مکاتبات

mv.5908@gmail.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۱۰/۱۶

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۱۲/۱۸

کد مقاله: ۱۳۹۴۰۱۰۱۶۰



شناسایی گونه‌های دریایی و آب شیرین نظیر بیاہ، شربت، کپور معمولی، صبور، کفشک زبان گاوی، بنی، اسبله، ساردین، گیش، شانک و راشگو گزارش شده است که در مجموع ۱۶ گونه آب شور متعلق به ۱۴ خانواده و ۹ گونه آب شیرین متعلق به ۴ خانواده بودند.

خانواده کفال ماهیان (*Mugilidae*) دارای ۱۰۰ گونه هستند که در آب‌های مناطق گرمسیری یافت می‌شوند (وئوقی و مستجیر، ۱۳۸۱) و در سه حوضه آب‌های ایران شامل خلیج فارس، دریای خزر و آب‌های داخلی (عسگری، ۱۳۸۴) شش گونه از این خانواده شناسایی شده است (ستاری و همکاران، ۱۳۸۲). ماهی بیاہ یکی از گونه‌های این خانواده می‌باشد که بومی رودخانه‌های استان خوزستان است و در دو رودخانه مورد مطالعه شناسایی شده است (اسکندری و همکاران، ۱۳۷۸) و به زیستگاه‌های آب شیرین سازگار شده است (وئوقی و مستجیر، ۱۳۸۱). ماهی شانک زرد باله از خانواده شانک ماهیان (*Sparidae*) است که در آب‌های کم عمق ساحلی تا عمق ۵۰ متری زیست می‌کنند. شانک ماهی‌ها مصرف غذایی برای انسان داشته و عمدتاً بی‌مهرگانی نظیر خرچنگ، نرم‌تنان و حتی توتیا‌های دریایی استفاده می‌کنند (صادقی، ۱۳۸۰). این ماهی در دریای عمان و خلیج فارس، شرق آفریقا تا آب‌های اقیانوس هند و اقیانوس آرام در جنب شرق آسیا و شرق آسیا پراکنش دارد (ستاری و همکاران، ۱۳۸۲).

فلزات سنگین به عنوان یکی از گروه‌های اصلی آلاینده‌های اکوسیستم‌های آبی در اثر فعالیت‌های طبیعی و نیز به طور عمده در اثر فعالیت‌های انسانی به محیط‌های آبی راه می‌یابند (Humtsoe et al., 2007). پساب واحدهای صنعتی، کشاورزی، حمل و نقل، مواد حاصل از سوختن سوخت‌های فسیلی، فرسایش زمین، فاضولات انسانی و دامی و پساب ناشی از پرورش دام، منابع تشکیل دهنده فلزات سنگین در پیکره آبی هستند (Sekhar et al., 2003). فلزات سنگین ممکن است در بدن موجودات آبی از جمله ماهیان تجمع یابند و خطر بالقوه برای سلامتی اکوسیستم و موجودات زنده محسوب گردند. زباله‌های صنعتی، ساختار ژئوشیمیایی زمین و معدن حاوی فلزات، از منابع بالقوه آلودگی فلزات سنگین در اکوسیستم‌های آبی به شمار می‌روند (عسکری ساری و ولایت زاده، ۱۳۹۳؛ Turkmen and Ciminli, 2007).

آرسنیک جزء عناصر سمی شناخته شده است اما میزان سمیت این عنصر به فرم شیمیایی آن بستگی دارد و دارای سمیت ملایم می‌باشد، عنصری است که در طبیعت وجود دارد و یکی از خطرناک‌ترین آلاینده‌های زیست محیطی محسوب می‌گردد. همچنین این عنصر نقشی در فعل و انفعالات زیستی در بدن انسان ندارد (جعفرزاده حقیقی و فرهنگ، ۱۳۸۵؛ ولایت زاده و عسکری ساری، ۱۳۹۱). سرب یکی از چهار فلزی است که بیشترین عوارض را بر روی سلامتی انسان دارد. اختلال بیوستز هموگلوبین و کم‌خونی، افزایش فشارخون، آسیب به کلیه، سقط جنین و نارسایی نوزاد، اختلال سیستم عصبی، آسیب به مغز، ناباروری مردان، کاهش قدرت یادگیری و اختلالات رفتاری در کودکان از عوارض منفی افزایش غلظت سرب در بدن است (جلالی جعفری و آقازاده مشگی، ۱۳۸۶؛ عسکری ساری و ولایت زاده، ۱۳۹۳).

کادمیوم نیز جزء فلزات سمی می‌باشد که اثرات سمیت کادمیوم در بدن انسان نیز باعث شده است که در سال‌های اخیر محققین در کشورهای مختلف، مطالعات بسیاری را در مورد این عنصر انجام دهند (امینی رنجبر و ستوده نیا، ۱۳۸۴؛ دادالهی سهراب و همکاران، ۱۳۸۷؛ عسکری ساری و همکاران، ۱۳۹۱). وانادیوم در جلبک‌ها، گیاهان، بی‌مهرگان، ماهیان و بسیاری از گونه‌ها یافت می‌شود. در صدف دوکفه‌ای و خرچنگ‌ها نیز وانادیوم تجمع زیستی و بزرگنمایی زیستی دارد، به عبارت دیگر غلظت ماده مورد نظر در بدن موجود زنده ۱۰۵ تا ۱۰۶ برابر بیشتر از غلظت همان ماده در آب دریا باشد. وانادیوم از ترشح آنزیم بسیاری از جانوران جلوگیری به عمل می‌آورد. همچنین وانادیوم بر سیستم عصبی تأثیر می‌گذارد. وانادیوم ناهنجاری‌های تنفسی، فلج را سبب شده و اثرات منفی بر کبد و کلیه‌ها می‌گذارد (اسماعیلی ساری، ۱۳۸۱؛ عسکری ساری و ولایت زاده، ۱۳۹۳). نیکل جزء فلزات سنگینی است که می‌تواند تأثیرات جبران‌ناپذیری بر موجودات زنده داشته باشد (اسماعیلی ساری، ۱۳۸۱). بخش اعظم ترکیبات نیکل در طبیعت جذب ذرات خاک و رسوبات شده و در نهایت به صورت غیر متحرک درمی‌آیند. وجود نیکل در آب‌های سطحی سبب کاهش رشد جلبک‌ها می‌شود (عسکری ساری و ولایت زاده، ۱۳۹۳). مقادیر برخی از این فلزات مانند مس، روی، آهن و کبالت در غلظت‌های پایین برای متابولیسم آبزیان ضروری هستند (Canli and Atli, 2003) و نقش مثبت و منفی مهمی را در زندگی انسان دارند (Rashed, 2001; Karadede et al., 2003). فلزات روی و مس بر اساس مقادیرشان در فرآیندهای زیستی

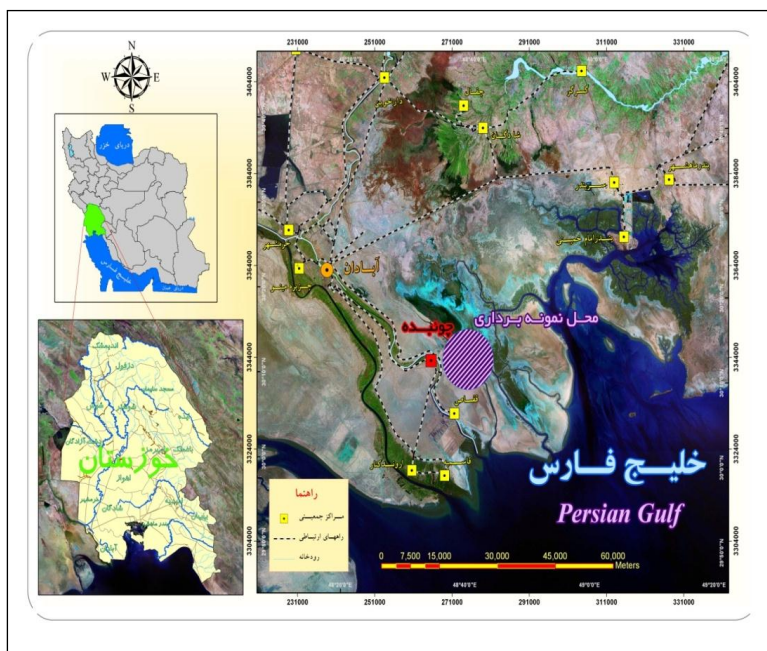
ایفای نقش می‌کنند و از جمله عناصر ضروری در واکنش‌های زیستی می‌باشند (پروانه و همکاران، ۱۳۹۰؛ Askary Sary and Velayatzadeh, 2014). ماهی مهم‌ترین منبع آهن برای کودکان و بزرگسالان می‌باشد که کمبود این عنصر سبب کم‌خونی می‌گردد و کاربرد بیشتر آن در فعالیتهای بیوشیمیایی بدن نظیر هموگلوبین و سیتوکروم ها می‌باشد (عسکری ساری و همکاران، ۱۳۸۹). کبالت یکی از عناصر ضروری در بدن موجودات زنده می‌باشد. این عنصر در بدن موجودات زنده نقش‌های متعددی نظیر رفع کم‌خونی، بیوسنتز اسیدهای چرب، بیوسنتز هموگلوبین و تولید گلبول قرمز، کوآنزیم بنیان‌های تک کربن، ویتامین کوبال آمین، کربوکسیلاسیون پیروات و متابولیسم سیستمین دارد (عسکری ساری و ولایت زاده، ۱۳۹۳).

با توجه به اینکه ماهی بیا و شانک زرد باله در منطقه مطالعاتی بخشی از رژیم غذایی مردم می‌باشد، همچنین این دو گونه در فصل تابستان در رودخانه بهمنشیر ماهیان غالب مصب این رودخانه هستند و اهمیت مدیریت و سلامت اکوسیستم‌های آبی از نظر میزان فلزات سنگین (Jordao et al., 2002; Romeo et al., 1999)، این تحقیق باهدف سنجش و مقایسه فلزات و انادایوم، سرب و کبالت در عضله ماهی بیا (Liza abu) و شانک زرد باله (*Acanthopagrus latus*) در رودخانه بهمنشیر در استان خوزستان انجام شد.

مواد و روش‌ها

در این تحقیق در تابستان سال ۱۳۹۳، ۴۰ نمونه ماهی بیا و شانک زرد باله به‌صورت کاملاً تصادفی از بندر چوبیده به‌وسیله تورهای گوشگیر رودخانه‌ای توسط صیادان بومی منطقه تهیه شد. بندر چوبیده (طول و عرض جغرافیایی $30^{\circ}45'59''N$ و $48^{\circ}38'10''E$) در فاصله ۳۰ کیلومتری جنوب شرقی شهرستان آبادان در حاشیه شمال رودخانه بهمنشیر قرار دارد (شکل ۱). به‌طور کلی از هر گونه ۲۰ نمونه تهیه شد که در این تحقیق جهت نمونه‌برداری ماهیان اندازه، وزن، سن و جنسیت ماهیان در نظر گرفته نشد و بیشتر غالبیت دو گونه در فصل تابستان در رودخانه بهمنشیر و روش و نوع زیست‌شناسی و اکولوژیک این دو گونه جهت مطالعه مدنظر بود.

ماهیان به‌وسیله جعبه‌های یونولیتی حاوی پودر یخ به آزمایشگاه انتقال داده شدند و در آزمایشگاه بافت عضله نمونه‌ها جدا گردید. سپس نمونه‌های عضله ماهی را با یکدیگر مخلوط نموده و ۳ نمونه مرکب به دست آمد (ROPME, 1999). نمونه‌های به‌دست‌آمده را به مدت ۱۲۰ تا ۱۵۰ دقیقه در آون با دمای ۶۵ درجه سلسیوس قرار داده تا به وزن ثابت رسیدند و سپس از داخل آون خارج شدند. برای هضم نمونه‌ها از روش مرطوب استفاده شد که ۰/۵ گرم از نمونه در یک بالن ۲۵۰ میلی‌لیتر ریخته شد و به آن ۲۵ میلی‌لیتر اسیدسولفوریک غلیظ، ۲۰ میلی‌لیتر اسید نیتریک ۷ مولار و ۱ میلی‌لیتر محلول مولبیدات سدیم ۲ درصد اضافه شد و از سنگ جوش برای یکنواختی جوشیدن استفاده شد، سپس نمونه سرد شده و از بالای مبرد به‌آرامی ۲۰ میلی‌لیتر مخلوط اسید نیتریک غلیظ و اسید پرکلریک غلیظ به نسبت ۱:۱ به نمونه اضافه شد، سپس مخلوط حرارت داده شد تا بخارات سفیدرنگ اسید به‌طور کامل محو شد، مخلوط سرد شده و درحالی‌که بالن چرخانده می‌شد ۱۰ میلی‌لیتر آب مقطر از بالای مبرد به‌آرامی به آن اضافه شد. با حرارت دادن حدود ۱۰۰ دقیقه محلول کاملاً شفاف به دست آمد، این محلول پس از سرد شدن به داخل بالن ژوژه ۱۰۰ میلی‌لیتر انتقال داده شد و به حجم رسانده شد (Eboh et al., 2006; Kalay et al., 2003).



شکل ۱: موقعیت جغرافیایی محل نمونه برداری (بندر چوبده) ماهیان بیاہ (*Liza abu*) و شانک زرد باله (*Acanthopagrus latus*) رودخانه بهمنشیر.

سنگش فلزات سنگین مورد مطالعه به روش جذب اتمی و سیستم کوره گرافیتی با کمک دستگاه Perkin Elmer 4100 انجام شد. حد تشخیص فلزات توسط این دستگاه جذب اتمی به روش کوره در حد ppb بود که دارای دقت حدود ۱۰۰۰ برابر سیستم شعله می باشد. صحت داده های به دست آمده با استفاده از روش Standard Addition بررسی گردید. در این روش ابتدا ماده مجهول، آنالیز می شود، سپس به چند ظرف که حاوی مقدار یکسانی از نمونه است، حجم های مشخصی از استاندارد اضافه می شود و کروماتوگرام مربوط به هر مرحله را آنالیز و در نهایت ارتفاع یا سطح زیر پیک نمونه ها را بر اساس حجم استاندارد اضافه شده رسم می کنند. در نهایت با استفاده از روابط موجود می توان غلظت نمونه را محاسبه کرد. استفاده از این روش سبب حفظ بافت و ماتریس نمونه ها می شود در نتیجه با این روش احتمال مزاحمت بافت (Matrix Interference) نمونه از بین برده می شود (Rouessac and Rouessac, 2007). جهت اندازه گیری کادمیوم، مس، آهن، روی، سرب، وانادیوم و کبالت ابتدا به ۱۰ میلی لیتر محلول هضم شده نمونه ها، ۵ میلی لیتر محلول آمونیم پیرولیدین کاربامات ۵ درصد اضافه شده و به مدت ۲۰ دقیقه نمونه ها به هم زده شدند تا عناصر به صورت فرم آلی فلزی در محلول کمپلکس شوند و سپس به نمونه ها ۲ میلی لیتر متیل ایزوبوتیل کتون اضافه شد و به مدت ۳۰ دقیقه نمونه ها به هم زده شدند و پس از ۱۰ دقیقه نمونه ها در دور ۲۵۰۰ دور در دقیقه سانتریفوژ شدند و عناصر مورد نظر به فاز آلی منتقل شدند. پس از تنظیم کوره و سیستم EDL (منبع تولید اشعه کاتدی) دستگاه و اپتیم کردن دستگاه جذب اتمی منحنی کالیبراسیون این عناصر به کمک استانداردهای این عناصر و ماتریکس مدیفایر پالادیم توسط نرم افزار WinLab 32 رسم گردید و مقدار این عناصر در محلول های آماده شده اندازه گیری گردید (Ahmad and Shuhaimi-Othman, 2010; Olowu et al., 2010). تجزیه و تحلیل داده ها به کمک نرم افزار SPSS17 انجام شد و میانگین تیمارها به کمک آنالیز واریانس T-test با یکدیگر مقایسه شدند که وجود یا عدم وجود اختلاف معنی دار در سطح ۵ درصد ($P=0.05$) تعیین گردید. همچنین در رسم نمودارها و جداول از نرم افزار Excel 2007 استفاده گردید.

نتایج

میانگین پارامترهای زیست‌سنجی شامل طول کل، طول استاندارد و وزن ماهی بیا و شانک زرد باله در جدول ۱ آمده است. در این تحقیق میزان فلزات سنگین سرب، کبالت، وانادیوم، جیوه، کادمیوم، آهن، روی، مس، آرسنیک و نیکل در عضله دو گونه ماهی بیا و شانک زرد باله اختلاف معنی‌داری داشت ($P < 0.05$). بالاترین و پایین‌ترین میزان فلزات سنگین در عضله ماهی بیا به ترتیب مربوط به عناصر روی ($12/985 \pm 1/338$ میلی‌گرم در کیلوگرم) و نیکل ($0/11 \pm 0/008$ میلی‌گرم در کیلوگرم) محاسبه شد. همچنین بالاترین و پایین‌ترین میزان فلزات سنگین در عضله ماهی شانک زرد باله به ترتیب مربوط به عناصر آهن ($19/857 \pm 0/745$ میلی‌گرم در کیلوگرم) و وانادیوم ($0/102 \pm 0/008$ میلی‌گرم در کیلوگرم) به دست آمد (جدول ۲).

جدول ۱: بیومتری ماهی بیا (*Liza abu*) و شانک زرد باله (*Acanthopagrus latus*) رودخانه بهمنشیر.

پارامترهای زیستی	بیا	شانک زرد باله
طول کل (سانتی‌متر)	$16/88 \pm 0/35$	$10 \pm 0/76$
طول استاندارد (سانتی‌متر)	$13/99 \pm 0/22$	$8/5 \pm 0/87$
وزن (گرم)	$55/16 \pm 2/98$	$24 \pm 1/68$

جدول ۲: میانگین میزان فلزات سنگین (میلی‌گرم در کیلوگرم) در عضله ماهی بیا (*Liza abu*) و شانک زرد باله (*Acanthopagrus latus*) رودخانه بهمنشیر.

فلزات سنگین	بیا	شانک زرد باله
سرب	$1/909 \pm 0/185^a$	$0/472 \pm 0/095^b$
کبالت	$0/066 \pm 0/009^a$	$0/565 \pm 0/003^b$
وانادیوم	$0/014 \pm 0/006^a$	$0/102 \pm 0/008^b$
کادمیوم	$0/017 \pm 0/006^a$	$0/163 \pm 0/026^b$
آهن	$10/505 \pm 0/987^a$	$19/857 \pm 0/745^b$
روی	$12/985 \pm 1/338^a$	$17/567 \pm 1/121^b$
مس	$6/876 \pm 0/452^a$	$3/418 \pm 0/378^b$
آرسنیک	$0/295 \pm 0/048^a$	$0/128 \pm 0/071^b$
نیکل	$0/11 \pm 0/008^a$	$0/378 \pm 0/055^b$

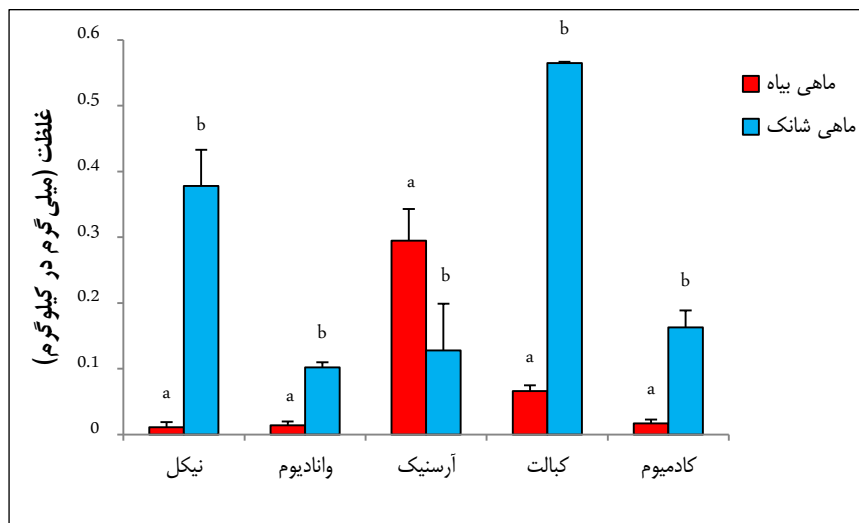
حروف متفاوت (a, b) در هر ردیف اختلاف معنی دار را نشان می‌دهد ($P < 0/05$).

میزان سرب، مس و آرسنیک در عضله ماهی بیا بالاتر از ماهی شانک زرد باله بود ($P < 0/05$). میزان کبالت، وانادیوم، کادمیوم، آهن، روی و نیکل در عضله ماهی شانک زرد باله بالاتر از عضله ماهی بیا به دست آمد ($P < 0/05$) (شکل های ۱ و ۲). مقایسه میزان نیکل، وانادیوم، روی، مس و آرسنیک در عضله ماهی بیا و شانک زرد باله سواحل استان خوزستان با استانداردهای جهانی حاکی از پایین بودن غلظت این فلزات سنگین در مقایسه با آستانه استانداردهای جهانی سازمان غذا و داروی امریکا، سازمان غذا و کشاورزی (FAO (Food and Agriculture Organization)، سازمان بهداشت جهانی (WHO (World Health Organization)، وزارت کشاورزی - شیلات انگلستان و انجمن ملی بهداشت و سلامت استرالیا (NHMRC (National Health & Medical Research Council (Australia)) است.

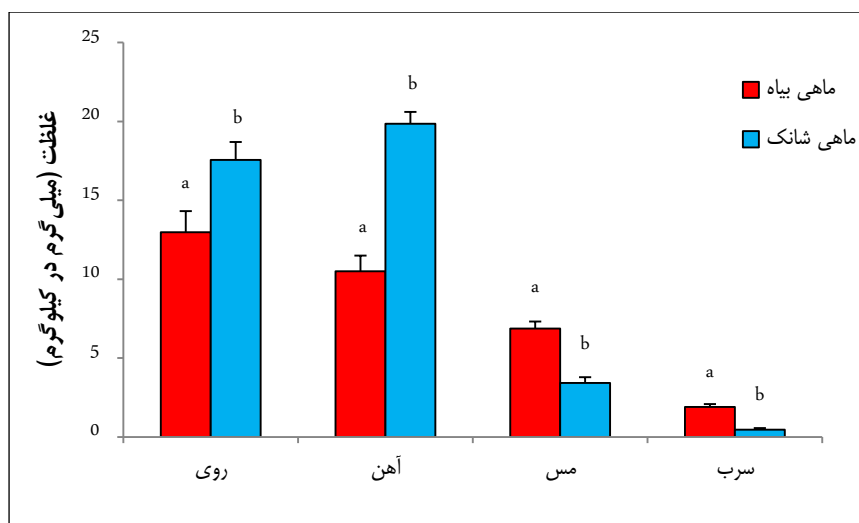
بود. میزان سرب در مقایسه با حد مجاز سازمان بهداشت جهانی و انجمن ملی بهداشت و سلامت استرالیا بالاتر بود، اما در مقایسه با وزارت کشاورزی - شیلات انگلستان، سازمان غذا و کشاورزی و سازمان غذا و داروی امریکا پایین تر بود. میزان کادمیوم نیز در مقایسه با استانداردهای وزارت کشاورزی - شیلات انگلستان و انجمن ملی بهداشت و سلامت استرالیا بالاتر بود، اما در مقایسه با استانداردهای سازمان بهداشت جهانی، سازمان غذا و کشاورزی و سازمان غذا و داروی امریکا پایین تر بود. میزان آهن در عضله دو گونه مورد مطالعه در مقایسه با استاندارد سازمان غذا و داروی امریکا بالاتر گزارش شده است (جدول ۳).

جدول ۳: مقایسه حد مجاز و استانداردهای بین المللی فلزات سنگین در عضله ماهیان (میلی گرم در کیلوگرم).

فلزات	نیکل	وانادیوم	سرب	کادمیوم	روی	مس	آرسنیک	آهن
سازمان بهداشت جهانی (WHO)	۰/۵	۰/۵	۰/۵	۰/۲	۱۰۰۰	۳۰	۲	-
سازمان غذا و داروی آمریکا (FDA)	۰/۵	-	۵	۱	-	-	-	۰/۵
وزارت شیلات و کشاورزی انگلستان (MAFF)	-	-	۲	۰/۰۲	۵۰	۲۰	-	-
مرکز ملی بهداشت و پزشکی استرالیا (NHMRC)	-	-	۱/۵	۰/۰۵	۱۵۰	۱۰	-	-
سازمان جهانی غذا و کشاورزی (FAO)	-	-	۰/۵	۰/۵	۳۰	۳۰	-	-
ماهی بیاہ	۰/۰۱۱	۰/۰۱۴	۱/۹۰۹	۰/۰۱۷	۱۲/۹۸۵	۶/۸۷۶	۰/۲۹۵	۱۰/۵۰۵
ماهی شانک	۰/۳۷۸	۰/۱۰۲	۰/۴۷۲	۰/۱۶۳	۱۷/۵۶۷	۳/۴۱۸	۰/۱۲۸	۱۹/۸۵۷



شکل ۱: مقایسه میزان نیکل، وانادیوم، کادمیوم، آرسنیک و کبالت (میلی گرم در کیلوگرم) در عضله ماهی بیاہ (*Liza abu*) و شانک زرد باله (*Acanthopagrus latus*) رودخانه بهمنشیر (حروف متفاوت در ستون‌ها اختلاف معنی دار را نشان می‌دهد ($P < 0.05$)).



شکل ۲: مقایسه میزان سرب، روی، آهن و مس (میلی گرم در کیلوگرم) در عضله ماهی بیاه (*Liza abu*) و شانک زرد باله (*Acanthopagrus latus*) رودخانه بهمنشیر (حروف متفاوت در ستون‌ها اختلاف معنی‌دار را نشان می‌دهد) ($P < 0.05$).

بحث و نتیجه گیری

در این تحقیق میزان سرب، مس و آرسنیک در عضله ماهی بیاه بالاتر از ماهی شانک زرد باله بود ($P < 0.05$). میزان کبالت، وانادیوم، کادمیوم، آهن، روی و نیکل در عضله ماهی شانک زرد باله بالاتر از عضله ماهی بیاه به دست آمد ($P < 0.05$). ماهیان شکارچی و گوشت‌خوار در انتهای زنجیره غذایی اکولوژیکی قرار دارند و بنابراین غذای آن‌ها حاوی مقادیری از فلزات سنگین در نتیجه تجمع زیستی (Bioaccumulation) و بزرگنمایی زیستی (Biomagnification) می‌باشد (جعفرزاده حقیقی و فرهنگ، ۱۳۸۵؛ عسکری ساری و ولایت زاده، ۱۳۹۳). مطالعات نشان داده است که میزان برخی فلزات سنگین مانند جیوه، کادمیوم و نیکل در ماهیان گوشت‌خوار و شکارچی در غلظت‌های بالا تجمع می‌یابد، اما مقادیر بالای فلزاتی نظیر مس و وانادیوم در ماهیان گوشت‌خوار جذب و تجمع نمی‌یابند. در مطالعه‌ای غلظت فلز وانادیوم در دو گونه گوشت‌خوار هامور معمولی و شوریده پایین‌تر از گونه‌های دیگر مانند حلوا سفید و زمین کن دم نواری گزارش شده است (Agah et al., 2009). به نظر می‌رسد به علت افزایش شدید رشد و وزن و چرب شدن کبد در پایان فصل تابستان و پاییز و با توجه به اینکه سرعت جذب سرب در عضله کاهش می‌یابد (Bahnasawy et al., 2011; Bellassoued et al., 2013). همچنین در ماهیان گوشت‌خوار یکی از مهم‌ترین راه‌های ورود عناصر سنگین تغذیه از جانداران رده‌های پایین‌تر در زنجیره غذایی می‌باشد (عسکری ساری و ولایت زاده، ۱۳۹۳). احتمالاً علت پایین بودن فلزات در فصل تابستان می‌تواند عدم دوران آب در نتیجه عدم انحلال فلز کادمیوم در ستون آب می‌باشد. از طرف دیگر در فصل تابستان با توجه به اینکه سرعت تجزیه بسیار بالاست، معمولاً موجودات آبرزی پس از مرگ در کف تجزیه شده و باعث افزایش غلظت عناصر موجود در بدن خود در حاشیه کف می‌شود و باعث افزایش عناصر سنگین در تابستان در کف زیان می‌گردد، اما به دلیل اینکه آب جابه‌جایی کمی دارد در تابستان روی موجودات سطح زی و میان زی اثر کاهشی دارد (Abdel-Baky et al., 2011; Kotze et al., 1999; Ali and Abdel-Satar, 2005).

در این تحقیق میزان تجمع سرب در عضله ماهی بیاہ بالاتر از ماهی شانک به دست آمد. احتمالاً دلیل تجمع بالاتر این فلز در ماهی بیاہ این است که این گونه بومی رودخانه بهمنشیر است و با توجه به ورود فاضلاب‌های شهری و روستایی و پساب حاصل از کشاورزی اراضی اطراف این رودخانه میزان سرب در ماهی بیاہ بالاتر به دست آمده است. میانگین فلز سرب در بافت عضله ماهی شوریده (*Otolithes ruber*) در بنادر صیادی آبادان و بندرعباس به ترتیب ۰/۶۳۸ و ۰/۶۶۸ میلی گرم در کیلوگرم وزن تر گزارش شده است (عسکری ساری و همکاران، ۱۳۹۱). فرهادی و همکاران (۱۳۹۲) نیز میزان تجمع سرب را در عضله ماهی کیجار (*Saurida tumbil*) صیدشده از سواحل بندر هندیجان غیرقابل تشخیص تعیین نمودند. میزان سرب در عضله ماهیان شورت (*Sillago sihama*) و زمین کن (*Platycephalus indicus*) خلیج فارس به ترتیب ۰/۷۳-۰/۵۸ و ۰/۷۶-۰/۶۹ میکروگرم بر گرم وزن تر گزارش شده است (محمد نبی زاده و پورخباز، ۱۳۹۲). میانگین میزان سرب در عضله ماهیان شوریده (*Otolithes ruber*)، قباد (*Scomberomorus guttatus*) و شیر (*Scomberomorus commerson*) به ترتیب ۰/۴۰ و ۰/۵۲ میلی گرم در کیلوگرم گزارش شده است (Askary Sary and Velayatzadeh, 2014). این تفاوت در مقادیر فلزات سنگین گونه‌های مختلف به رفتارهای غذایی (Amundsen et al., 1997; Romeo et al., 1999; Mormedo and Davies, 2001; Watanabe et al., 2003)، سن، اندازه و طول ماهی (Linde et al., 1998; Al-Yosuf et al., 2000) و محل زندگی بستگی دارد (Canli and Altı, 2003).

میانگین میزان نیکل و وانادیوم در عضله ماهی شانک نسبت به عضله ماهی بیاہ بالاتر بود که با توجه به اینکه ماهی شانک گونه در یازی می باشد و به رودخانه بهمنشیر مهاجرت می کند، می توان بیان نمود که آلودگی‌های حاصل از نفت و مشتقات نفتی نظیر سوخت لنج ها و شناورها سبب افزایش وانادیوم می گردد. میزان وانادیوم در عضله سه گونه ماهی شوریده (*Otolithes ruber*)، هامور معمولی (*Epinephelus coioides*) و حلوا سفید (*Pampus argenteus*) خلیج فارس (بندرلنگه) به ترتیب ۱۳/۲۲، ۳۲/۸۳ و ۲۶/۴۹ میلی گرم در کیلوگرم گزارش شده است (عریان و همکاران، ۱۳۸۵). همچنین میزان این عنصر در عضله دو گونه دو گونه کفشک گرد (*Euryglossa orientalis*) و کفشک تیزدندان (*Psettodes erumei*) سواحل بندرعباس به ترتیب ۱/۸۹ و ۱/۸۴ میلی گرم در کیلوگرم و در سواحل بندرلنگه ۱/۴۱ و ۱/۲۲ میلی گرم در کیلوگرم تعیین شده است (خشنود، ۱۳۸۵). همچنین میانگین میزان وانادیوم در عضله دو گونه ماهی سفید (*Rutilus frisii kutum*) و کپور معمولی (*Cyprinus carpio*) به ترتیب ۰/۰۴ و ۰/۱ میکروگرم در گرم تعیین گردید. در تمامی ایستگاه‌های مورد مطالعه میزان وانادیوم در دو گونه ماهی سفید و کپور اختلاف معنی داری داشت ($P < 0.05$) (الصاق، ۱۳۹۱). میانگین غلظت نیکل در بافت خوراکی ماهی سرخو و شوریده به ترتیب ۰/۳۲۲ و ۰/۴۸ میلی گرم در کیلوگرم وزن خشک (شهریاری، ۱۳۸۴)، در عضله ماهی شیربت (*Barbus grypus*) به ترتیب ۰/۷۷ میکروگرم بر گرم وزن خشک (دادالهی سهراب و همکاران، ۱۳۸۷)، در عضله ماهی هامور معمولی (*Epinephelus coioides*) ۰/۹۴ میکروگرم بر گرم وزن خشک (گرچی پور و همکاران، ۱۳۸۸)، در عضله کفشک گرد (*Euryglossa orientalis*) ۱۴/۴۸ میکروگرم بر گرم وزن خشک (پروانه و همکاران، ۱۳۹۰)، ماهی سرخو و شوریده به ترتیب ۰/۳۲ و ۰/۲۸ میلی گرم در کیلوگرم (پورمقدس و شهریاری، ۱۳۸۹) گزارش شده است. فلزات سنگین پس از ورود به گردش خون در نهایت در اندام‌های بدن توزیع می شوند. میزان این انتشار در اندام‌ها به عواملی مانند نیاز غذایی بدن ماهی به عنصر مورد نظر (مس و روی)، تمایل سیستم دفاعی به دفع فلز (کادمیوم) و تغییراتی که بر فلز واردشده در سلول‌ها رخ می دهد بستگی دارد (جلالی جعفری و آقازاده مشگی، ۱۳۸۶). غلظت بالای نیکل در رسوبات، اصولاً ناشی از منابع انسانی مثل تردد کشتی‌ها، قایق‌ها و نفت کش‌ها، نفت خام، فاضلاب‌های شهری و صنعتی است (Pourang et al., 2005). تخلیه و بارگیری مواد معدنی خصوصاً آهن صورت و تردد کشتی‌ها و شناورها و پساب ناشی از آن‌ها در افزایش آلودگی نیکل نقش دارد. اگرچه بسیاری از تحقیقات گذشته، منشأ اصلی وانادیوم را نفت بیان کردند، اما منابع دیگر این فلز شامل تخلیه فاضلاب‌ها، پساب‌های خانگی و صنعتی، سوزاندن سوخت‌های فسیلی است. وانادیوم در نفت خام، زغال سنگ، سنگ نفت وجود دارد. همچنین میزان آن در خاک مناطقی که مجتمع‌های پتروشیمی و شیمیایی قرار دارد، بیشتر است (مشروفه و همکاران، ۱۳۹۱؛ عسکری ساری و ولایت زاده، ۱۳۹۳).

در این تحقیق تجمع زیستی کادمیوم، آهن، کبالت و روی در عضله ماهی شانک نسبت به عضله ماهی بیا به بالاتر بود. در بسیاری از مطالعات تجمع مقادیر بالای آهن و روی در عضله ماهیان دریایی گزارش شده است (عسکری ساری و همکاران، ۱۳۸۸؛ عسکری ساری و ولایت زاده، ۱۳۹۰). آهن و روی جزء عناصر ضروری بدن آبزیان هستند که معمولاً میزان آن‌ها در ماهیان دریایی بالاتر از ماهیان آب شیرین است (عسکری ساری و ولایت زاده، ۱۳۹۳). میزان آهن در عضله سپر ماهی چهارگوش (*Himantura gerrardi*) و گیش چشم درشت (*Selar crumenophthalmus*) آب‌های سواحل استان هرمزگان به ترتیب $74/78$ و $25/07$ میکروگرم بر گرم وزن خشک گزارش شده است (شهاب مقدم و همکاران، ۱۳۸۹). غلظت آهن در عضله و کبد ماهی بیا (*Liza abu*) $11/81$ و $12/56$ میلی‌گرم در کیلوگرم (عسکری ساری و همکاران، ۱۳۸۹)، کفال خاکستری (*Mugil cephalus*) $0/03$ میلی‌گرم در کیلوگرم (Ubalua et al., 2007)، گربه‌ماهی $8/4$ میلی‌گرم در کیلوگرم (Olowu et al., 2010) گزارش شده است. در تحقیقی دورقی و همکاران (۱۳۸۸) میزان آهن در اندام عضله ماهی شبه شوریده (*Johnius belangerii*) در سواحل بندر دیلم $17/47$ میکروگرم در گرم تعیین شد. میزان روی در عضله و کبد ماهی هامور معمولی (*Epinephelus coiodes*) خور موسی (بندر ماهشهر) به ترتیب $26/01 \pm 1/93$ و $44/76 \pm 7/05$ میلی‌گرم در کیلوگرم گزارش شده است که بین میزان روی در عضله و کبد اختلاف معنی‌داری وجود داشت ($P < 0/05$) (عسکری ساری و همکاران، ۱۳۸۸). میزان روی در عضله سپر ماهی چهارگوش (*Himantura gerrardi*) و گیش چشم درشت (*Selar crumenophthalmus*) آب‌های سواحل استان هرمزگان به ترتیب $875/99$ و $2/31$ میکروگرم بر گرم وزن خشک گزارش شده است (شهاب مقدم و همکاران، ۱۳۸۹). در مطالعه‌ای غلظت روی در عضله و کبد ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان $0/37 \pm 0/04$ و $0/67 \pm 0/08$ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن خشک و در عضله و کبد ماهی کپور پرورشی $0/15 \pm 0/02$ و $0/62 \pm 0/03$ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن خشک و میزان تجمع روی در کبد ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان بالاتر از کپور معمولی گزارش شده است (عسکری ساری و ولایت زاده، ۱۳۹۰). میانگین غلظت فلزات سنگین روی در بافت خوراکی ماهی سفید (*Rutilus frisii kutum*) $29/97$ میکروگرم بر گرم وزن خشک نمونه و در ماهی کپور معمولی (*Cyprinus carpio*) به ترتیب $30/20$ میکروگرم بر گرم وزن خشک ماهی گزارش شده است (الصاق، ۱۳۹۰). در مورد فلز آهن نیز مشابه فلز روی، در مطالعات مختلف در ماهیان غلظت در کبد بالاتر از عضله می‌باشد. فلزاتی نظیر آهن و منگنز در شرایط متفاوت محیطی از راه‌های مختلف جذب بدن ماهی می‌شوند. سطوح مختلف بدن ماهی که در تماس با محیط قرار دارند ممکن است محلی برای انتقال، رسوب و تجمع فلزات سنگین باشند، این سطوح شامل پوست، کبد، کلیه، استخوان، روده و آبشش است (عسکری ساری و ولایت زاده، ۱۳۹۳). میانگین فلز کادمیوم در بافت عضله ماهی شوریده (*Otolithes ruber*) در بندر صیادی آبادان و بندرعباس به ترتیب $0/250$ و $0/279$ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن تر گزارش شده است (عسکری ساری و همکاران، ۱۳۹۱). فرهادی و همکاران (۱۳۹۲) نیز میزان تجمع کادمیوم را در عضله ماهی کبجار (*Saurida tumbil*) صیدشده از سواحل بندر هندیجان غیرقابل تشخیص تعیین نمودند. میزان کادمیوم در عضله ماهیان شورت (*Sillago sihama*) و زمین کن (*Platycephalus indicus*) خلیج فارس به ترتیب $0/43 - 0/5$ و $0/22 - 0/39$ میکروگرم بر گرم وزن تر گزارش شده است (محمد نبی زاده و پورخباز، ۱۳۹۲). میزان کادمیوم در عضله کفال طلایی دریای خزر به ترتیب $0/321$ میلی‌گرم بر کیلوگرم (امینی رنجبر و ستوده نیا، ۱۳۸۴)، در عضله کفال خاکستری دریای مدیترانه $0/66$ میلی‌گرم بر کیلوگرم (Canli and Altı, 2003) و در پنج گونه ماهیان خلیج فارس شامل سنگسر (*Pomadasyss sp.*) شوریده (*Otolithes ruber*)، هامور معمولی (*Epinephelus coioides*)، زمین کن (*Platycephalus sp.*) و حلوا سفید (*Pampus argenteus*) $0/0469 - 0/004$ و $0/021 - 0/008$ میکروگرم بر گرم گزارش شده است (Agah et al., 2009).

میزان مس نیز در عضله ماهی شانک پایین‌تر از ماهی بیا به دست آمد. مس در کنار روی جزء عناصر ضروری بدن آبزیان هستند که معمولاً میزان آن‌ها در ماهیان دریایی بالاتر از ماهیان آب شیرین است (عسکری ساری و ولایت زاده، ۱۳۹۳)، اما احتمالاً علت تجمع بیشتر این فلز در ماهی بیا به دلیل وجود پساب‌های کشاورزی در حاشیه رودخانه بهمنشیر می‌باشد. میزان مس در تحقیقی دورقی و همکاران (۱۳۸۸)

میزان مس را در اندام عضله ماهی شبه شوریده (*Johnius belangerii*) در سواحل بندر دیلم ۶/۹۳ میکروگرم در گرم و در عضله ماهی هامور معمولی (*Epinephelus coiodes*) خور موسی (بندر ماهشهر) به ترتیب ۴/۷۱ میلی‌گرم در کیلوگرم گزارش شده است ($P < 0.05$) (عسکری ساری و همکاران، ۱۳۸۸). همچنین میزان مس در عضله ماهی هامور معمولی (*Epinephelus coiodes*) سواحل هندیجان به ترتیب ۰/۵۸ میلی‌گرم در کیلوگرم (گرچی پور و همکاران، ۱۳۸۸) و عضله کفشک گرد (*Euryglossa orientalis*) خور موسی ۵/۷۱ میکروگرم بر گرم وزن خشک تعیین گردید (پروانه و همکاران، ۱۳۹۰). میزان مس در عضله سپر ماهی چهارگوش (*Himantura gerrardi*) و گیش چشم درشت (*Selar crumenophthalmus*) آب‌های سواحل استان هرمزگان به ترتیب ۳/۵ و ۲/۳۱ میکروگرم بر گرم وزن خشک گزارش شده است (شهاب مقدم و همکاران، ۱۳۸۹). در مطالعه‌ای میزان مس در ماهی *Tilapia nilotica* در دریاچه Nasser مصر ۰/۲۶ میلی‌گرم در کیلوگرم (Rashed, 2001)، در ماهی *Mugil cephalus* شمال غربی دریای مدیترانه به ترتیب ۴/۴۱ میلی‌گرم در کیلوگرم (Canli and Alti, 2003) و در ماهی *Liza abu* در دریاچه Ataturk Dam ترکیه به ترتیب ۱/۳۶ میلی‌گرم در کیلوگرم (Karadede et al., 2003) گزارش شده است. میزان مس در عضله کفال طلایی دریای خزر ۰/۹۹۶ میلی‌گرم در کیلوگرم (امینی رنجبر و ستوده نیا، ۱۳۸۴) و در بافت عضله ماهی شیربت به ترتیب ۲/۸۹ میکروگرم بر گرم گزارش شده است (دادالهی سهراب و همکاران، ۱۳۸۷).

میزان تجمع آرسنیک در عضله ماهی بیاہ بالاتر از ماهی شانک به دست آمد. منابع اصلی آرسنیک و ترکیبات آن در ساخت شیشه، چوب، حشره کش و علف کش‌ها، اجزاء الکترونیکی و آلیاژها می‌باشند و سهم عمده آرسنیک در آب‌های طبیعی از تخلیه پساب‌ها و فاضلاب‌های انسانی می‌باشد، به همین دلیلی میزان این عنصر در رودخانه‌ها و آب‌های داخلی بیشتر است (جعفرزاده حقیقی و فرهنگ، ۱۳۸۵؛ عسکری ساری و ولایت زاده، ۱۳۹۳). این عنصر آرسنیک جزء عناصر سمی شناخته شده است اما میزان سمیت این عنصر به فرم شیمیایی آن بستگی دارد و دارای سمیت ملایم می‌باشد، عنصری است که در طبیعت وجود دارد و یکی از خطرناک‌ترین آلاینده‌های زیست‌محیطی محسوب می‌گردد. همچنین این عنصر نقشی در فعل‌وانفعالات زیستی در بدن انسان ندارد (ولایت زاده و عسکری ساری، ۱۳۹۱). در مطالعه‌ای میزان آرسنیک در عضله پنج گونه ماهی شوریده (*Otolithes ruber*)، سنگسر (*Pomadasys sp.*)، زمین کن (*Platycephalus sp.*)، هامور (*Epinephelus tauvina*) و حلوا سفید (*Pampus argenteus*) خلیج فارس به ترتیب ۰/۴، ۱، ۰/۶، ۰/۳، ۰/۹ میلی‌گرم در کیلوگرم گزارش شده است (Agah et al., 2009). همچنین میزان این عنصر در عضله ماهیان *Tilapia*، *Labeo gonitus*، *Labeo rohita*، *Cirrhinus mrigala*، *Cirrhinus reba* به ترتیب ۷/۳، ۲، ۲/۳، ۲، ۲/۶ میلی‌گرم در کیلوگرم (Shah et al., 2009) و در عضله ماهیان *Coregonus clupeaformis*، *Stizostedion vitreum*، *Catostomus commersoni*، *Catostomus*، *catostomus* ۰/۷۷، ۰/۵۷، ۰/۹۱، ۱/۱۵ میلی‌گرم در کیلوگرم تعیین شده است (De Rosemond et al., 2008). همچنین میزان آرسنیک در عضله ماهی لوتک (*Cyprinion macrostomus*)، شلج (*Aspius vorax*) و حمری (*Barbus luteus*) رودخانه کارون به ترتیب ۷۳/۹، ۷۷/۳۶ و ۷۹/۹۱ میکروگرم در کیلوگرم و در عضله دو گونه کفال خلیج فارس، مید (*Liza klunzingeri*) و بیاہ (*Liza macrolepis*) ۹۷/۶۶ و ۸۶ میکروگرم در کیلوگرم گزارش شده است (ولایت زاده و عسکری ساری، ۱۳۹۱). تفاوت در عادات غذایی آبزیان می‌تواند منجر به سطوح متفاوت فلزات سنگین در بافت‌هایشان شود (عسکری ساری و ولایت زاده، ۱۳۹۳).

با توجه به نتایج به دست آمده می‌توان بیان کرد که میزان تجمع فلزات سنگین به عوامل متعددی بستگی دارد. یکی از فاکتورهای تأثیرگذار نوع گونه ماهی و شرایط زندگی آن می‌باشد. ماهی بیاہ گونه‌ای آب شیرین است که در رودخانه زندگی می‌کند اما ماهی شانک زرد باله گونه‌ای دریازی می‌باشد که به مصب رودخانه بهمنشیر مهاجرت می‌کند. همچنین این دو گونه از نظر رژیم غذایی نیز با یکدیگر متفاوت هستند که این تفاوت‌ها می‌تواند در تجمع فلزات سنگین در عضله این دو گونه ماهی تأثیر به سزایی داشته باشد.

منابع

- اسکندری، غ.، صفی خانی، ح. و غفله مرمضی، ج.، ۱۳۷۸. فون ماهیان و برخی پارامترهای زیستی آن‌ها در رودخانه‌های کارون، دز و بهمنشیر، مجله علمی شیلات ایران، ۸ (۳): صفحات ۳۶-۲۳.
- اسماعیلی ساری، ع.، ۱۳۸۱. آلاینده‌ها، بهداشت و استاندارد محیط‌زیست، انتشارات نقش مهر چاپ اول، تهران، ۷۶۷ ص.
- الصاق، ا.، ۱۳۹۰. ارزیابی تراکم روی، مس، کبالت و منگنز در بافت خوراکی ماهیان سفید و کپور دریای خزر، مجله علمی دانشگاه علوم پزشکی گرگان، ۱۳ (۴): صفحات ۱۱۳-۱۰۷.
- امینی رنجبر، غ. و ستوده نیا، ف.، ۱۳۸۴. تجمع فلزات سنگین در بافت عضله ماهی کفال دریای خزر در ارتباط با برخی مشخصات بیومتریکی (طول استاندارد، وزن، سن و جنسیت)، مجله علمی شیلات ایران، ۱۴ (۳): صفحات ۱۸-۱.
- پروانه، م.، خیرور، ن.، نیک پور، ی. و نبوی، س. م. ب.، ۱۳۹۰. غلظت فلزات سنگین در ماهی کفشک گرد و رسوبات خور موسی در استان خوزستان، مجله علمی شیلات ایران، ۲۰ (۲): صفحات ۱۵۸-۱۵۳.
- پورمقدس، ح. و شهریار، ع.، ۱۳۸۹. غلظت کادمیوم، کروم، سرب، نیکل و جیوه در سه گونه از ماهیان مصرفی شهر اصفهان. مجله تحقیقات نظام سلامت، ۶ (۱): صفحات ۳۰ تا ۳۶.
- جعفرزاده حقیقی، ن. و فرهنگ، م.، ۱۳۸۵. آلودگی دریا، انتشارات آوای قلم، چاپ اول، تهران، ۳۹۳ ص.
- جلالی جعفری، ب. و آقازاده مشگی، م.، ۱۳۸۶. مسمومیت ماهیان در اثر فلزات سنگین آب و اهمیت آن در بهداشت عمومی، انتشارات مان کتاب، چاپ اول، تهران، ۱۳۴ ص.
- خشنود، ر.، ۱۳۸۵. بررسی تجمع فلزات سنگین جیوه، کادمیوم، سرب، نیکل، و وانادیوم در دو گونه کفشک ماهیان بندرعباس و بندرلنگه، پایان‌نامه کارشناسی ارشد علوم محیط‌زیست، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات خوزستان، ۱۲۷ ص.
- دادالهی سهراب، ع.، نبوی، م. و خیرور، ن.، ۱۳۸۷. ارتباط برخی مشخصات زیست‌سنجی با تجمع فلزات سنگین در بافت عضله و آب‌شش ماهی شیربت (*Barbus grypus*) در رودخانه اروندرود، مجله علمی شیلات ایران، ۱۷ (۴): ۳۳-۲۷.
- دورقی، ع.، کوچین، پ.، نیک پور، ی.، یآوری، و.، ذوالقرنین، ح.، صفاهی، ع. و سالاری علی آبادی، م. ع.، ۱۳۸۸. تجمع کادمیوم، مس و آهن در بافت‌های ماهی شبه شوریده (*Johnius belangerii*) در سواحل شمالی خلیج فارس، فصلنامه شیلات، دانشگاه آزاد اسلامی واحد آزادشهر، ۳ (۳): صفحات ۸-۱.
- ستاری، م.، شاهسونی، د. و شفیعی، ش.، ۱۳۸۲. ماهی‌شناسی ۲ (سیستماتیک)، انتشارات حق شناس، چاپ اول، تهران، صفحه ۵۰۲.
- شهاب مقدم، ف.، اسماعیلی ساری، ع.، ولی نسب، ت. و کریم آبادی، م.، ۱۳۸۹. مقایسه تجمع فلزات سنگین در عضله سپرماهی چهارگوش و گیش چشم درشت خلیج فارس، مجله علمی شیلات ایران، ۱۹ (۲): صفحات ۹۴-۸۵.
- شهریار، ع.، ۱۳۸۴. اندازه‌گیری مقادیر فلزات سنگین کادمیوم، کروم، سرب و نیکل در بافت خوراکی ماهیان شوریده و سرخو خلیج فارس در سال ۱۳۸۲، مجله علمی دانشگاه علوم پزشکی گرگان، ۷ (۲): صفحات ۶۷-۶۵.
- صادقی، س. ن.، ۱۳۸۰. ماهیان جنوب ایران (خلیج فارس و دریای عمان)، انتشارات نقش مهر، چاپ اول، تهران، ۴۳۸ ص.
- عریان، ش.، عمادی، ح. و قاسمی مجد، پ.، ۱۳۸۵. سنجش تجمع زیستی نیکل، وانادیوم، کادمیوم و سرب در بافت‌های ماهیان حلوا سفید، شوریده و هامور معمولی در خلیج فارس، مجله پژوهش‌های علوم و فنون دریایی، ۱ (۲): صفحات ۱۴-۱.
- عسکری، ر.، ۱۳۸۴. مروری بر ماهی‌شناسی سیستماتیک، انتشارات نقش مهر، چاپ اول، تهران، ۲۶۷ ص.
- عسکری ساری، ا.، فرهنگ نیا، م. و بازترابی، م.، ۱۳۸۸. اندازه‌گیری و مقایسه سرب، روی و مس در عضله و کبد هامور معمولی (*Epinephelus coioides*)، مجله اکوبیولوژی تالاب، ۱ (۲): صفحات ۱۰۶-۱۰۱.
- عسکری ساری، ا.، خدادادی، م.، کاظمیان، م.، ولایت زاده، م. و بهشتی، م.، ۱۳۸۹. اندازه‌گیری و مقایسه فلزات سنگین (Fe, Cu, Mn, Zn) در ماهی بیا (*Liza abu*) رودخانه‌های کارون و بهمنشیر استان خوزستان، مجله پژوهش‌های علوم و فنون دریایی، ۵ (۱): ۷۰-۶۱.
- عسکری ساری، ا. و ولایت زاده، م.، ۱۳۹۰. بررسی غلظت سرب و روی در بافت‌های کبد و عضله دو گونه ماهی پرورشی کپور معمولی و قزل‌آلا رنگین کمان، مجله دامپزشکی ایران، ۷ (۱): صفحات ۳۵-۳۰.

- عسکری ساری، ا. و ولایت زاده، م.، ۱۳۹۰. اندازه‌گیری و مقایسه غلظت فلزات سنگین سرب و روی در عضله و کبد سه گونه ماهی شوریده (*Otolithes ruber*) قباد (*Scomberomorus guttatus*) و شیر (*Scomberomorus commerson*) خلیج فارس. مجله شیلات، ۵ (۳): صفحات ۳۹-۴۶.
- عسکری ساری، ا.، جواهری بابلی، م.، محبوب، ث. و ولایت زاده، م.، ۱۳۹۱. میزان فلزات سنگین (جیوه، کادمیوم، سرب) در عضله ماهی شوریده در بندر صیادی آبادان و بندرعباس، مجله علمی شیلات ایران، ۲۱ (۳): صفحات ۹۹-۱۰۶.
- عسکری ساری، ا. و ولایت زاده، م.، ۱۳۹۳. فلزات سنگین در آبزیان، انتشارات دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز، چاپ اول، ۳۸۰ ص.
- غفله مرمری، ج.، ۱۳۷۳. بررسی بیولوژیک ماهی صبور (با تأکید بر خصوصیات مورفولوژیک رشد، تغذیه و مراحل تکوین گنادها در رودخانه بهمنشیر) در زمان مهاجرت، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت مدرس، ۷۸ ص.
- فرهادی، ا.، یآوری، و. و سالاری علی آبادی، م.ع.، ۱۳۹۲. غلظت برخی فلزات سنگین در بافت‌های مختلف ماهی کیجار بزرگ (*Saurida tumbil*) در بندر هندیجان، فصلنامه علوم و فنون شیلات، ۲ (۱): صفحات ۷۱-۸۰.
- فعال، ز.، ۱۳۸۸. بررسی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آب رودخانه بهمنشیر، مجله علمی شیلات ایران، ۱۸ (۱): صفحات ۱۶۷-۱۷۲.
- گرچی پور، ع.، صدوق نیری، ع.، حسینی، ا.ر. و بیتا، س.، ۱۳۸۸. بررسی تجمع برخی فلزات سنگین در بافت‌های عضله، کبد و آبشش ماهی هامور معمولی، مجله علمی شیلات ایران، ۱۸ (۱): صفحات ۱۰۸-۱۰۱.
- محمدنبی زاده، س. و پورخباز، ع.ر.، ۱۳۹۲. ردیابی زیستی فلزات سنگین در بافت های ماهیان شورت و زمین کن در ذخیره‌گاه زیست‌کره حرا، مجله دامپزشکی ایران، ۹ (۱): صفحات ۶۴-۷۵.
- مشروفه، ع.، ریاحی بختیاری، ع. و پورکاظمی، م.، ۱۳۹۱. بررسی میزان فلزات سنگین کادمیوم، نیکل، وانادیوم و روی در بافت‌های مختلف فیل‌ماهی و ازون برون و ریسک ناشی از مصرف بافت عضلانی آن‌ها مربوط به حوضه جنوبی دریای خزر، مجله دانشگاه علوم پزشکی مازندران، ۲۲ (۹۶): صفحات ۹۷-۹۰.
- وثوقی، غ. و مستجیر، ب.، ۱۳۸۱. ماهیان آب شیرین، انتشارات دانشگاه تهران، چاپ پنجم، تهران، ۳۱۷ ص.
- ولایت زاده، م. و عسکری ساری، ا.، ۱۳۹۱. بررسی و مقایسه تجمع آرسنیک در عضله و کبد پنج گونه ماهی بومی استان خوزستان، نشریه شیلات (منابع طبیعی ایران)، ۶۵ (۴): صفحات ۴۶۱-۴۵۷.
- ولایت زاده، م. و نجفی، م.، ۱۳۹۲. اکولوژی رودخانه‌ها و تالاب‌های استان خوزستان، انتشارات ترقی، چاپ اول، تهران، ۱۸۸ ص.
- Abdel-Baki, A. S., Dkhil, M. A. and 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 Biotechnology, 10(13): 2541-2547.
- Agah, H., Leermakers, M., Elskens, M., Fatemi, S. M. R. and Baeyens, W., 2009. Accumulation of trace metals in the muscle and liver tissues of five species from the Persian Gulf, Journal of Environmental Monitoring and Assessment, 157: 499-514.
- Ahmad, A.K. and Shuhaimi-Othman, M., 2010. Heavy metal concentration in sediments and fishes from Lake Chini, Pahang, Malaysia, Journal of Biological Sciences, 10 (2): 93-100.
- Ali, M. H. and Abdel-Satar, A. M., 2005. Studies of some heavy metals in water, sediment, fish and fish diets in some fish farms in El-Fayoum province, Egyptian Journal Aquatic Research, 31: 261-273.
- Al-Yousuf, M. H., El-Shahawi, M. S. and Al-Ghais, S. M., 2000. Trace metals in liver, skin and muscle of *Lethrinus lentjan* fish species in relation to body length and sex, Sciences Total Environment, 256: 87-94.
- Amundsen, P. A., Staldvik, F.J., Lukin, A. A., Kashulin, N. A., Popova, O. A. and Reshetinkov, Y. S., 1997. Heavy metal contaminaitin fresh water fish from the border region between Norway and Russia, Science Total Environment, 201 (3): 211-224.
- Askary Sary, A. and Velayatzadeh, M., 2014. Determination of lead and zinc in king mackerel (*Scomberomorus guttatus*), Spanish mackerel (*Scomberomorus commerson*) and Tiger-toothed Croaker (*Otolithes ruber*) from Persian Gulf, Iran in 2001 and 2011, Journal of Biodiversity and Environmental Sciences, 5 (1): 322-329.
- Bahnasawy, M., Khidr, A. and Dheina, N., 2011. Assessment of heavy metal concentrations in water, plankton, and fish of Lake Manzala, Egypt, Turkish Journal Zoology, 35 (2): 271-280.

Bellassoued, K., Hamza, A., Pelt, J. and Elfeki, A., 2013. Seasonal variation of *Sarpa salpa* fish toxicity, as related to phytoplankton consumption, accumulation of heavy metals, lipids peroxidation level in fish tissues and toxicity upon mice, *Environmental Monitoring and Assessment*, 185: 1137-1150.

Canli, M. and Atli, G., 2003. The relationship between heavy metal (Cd, Cr, Cu, Fe, Pb, Zn) levels and the size of six Mediterranean fish species, *Journal of Environmental Pollution*, 121: 129-136.

De Rosemond, S., Xie, Q. and Liber, K., 2008. Arsenic concentration and speciation in five freshwater fish species from Back Bay near Yellowknife, NT, Canada, *Environmental Monitoring and Assessment*, 147: 199-210.

Eboh, L., Mepba, H. D. and Ekpo, M. B., 2006. Heavy metal contaminants and processing effects on the composition, storage stability and fatty acid profiles of five common commercially available fish species in Oron Local Government, Nigeria, *Food Chemistry*, 97 (3): 490-497.

Humtsoe, N., Davoodi, R., Kulkarni, B. G. and Chavan, B., 2007. Effect of arsenic on the enzymes of the rohu carp, *Labio rohita*, *Raff. Bulltein Zoology*, 14: 17-19.

Jordao, C. P., Pereira, M.G., Bellato, C. R., Pereira, J. L. and Matos, A. T., 2002. Assessment of water systems for contaminants from domestic and industrial sewages, *Journal of Environmental Monitoring and Assessment*, 79(1): 75-100.

Kalay, G. and Bevis, M. J., 2003. Structure and physical property relationships in processed polybutene, *Journal of Applied Polymer Science*, 88: 814-824.

Karadede, H., Oymak, S. A. and Unlu, E., 2003. Heavy metals in mullet, *Liza abu*, and catfish, *Silurus triostegus*, from the Ataturk Dam Lake, *Journal of Environment International*, 30 (2): 183-188.

Kotze, P., Du Preez, H. H. and van Vuren, J. H., 1999. Bioaccumulation of copper and zinc in *Oreochromis mossambicus* and *Clarias gariepinus*, from the Olifants River, Mpumalanga, South Africa, *Water SA*, 25: 99-110.

Linde, A. R., Sanchez-Galan, S., Izquierdo, J. I., Arribas, P., Maranon, E., Garcy, A. and Vazquez, E., 1998. Brown Trout as biomonitor of heavy metal pollution: effect of age on the reliability of the assessment, *Ecotoxicology Environment*, 40: 120-125.

Mormedoe, S. and Davies, I. M., 2001. Heavy metal concentration in commercial deep-sea fish from the Rockall Trough, *Continental Shelf Research*, 21: 899-916.

Olowu, R. A., Ayejuyo, O. O., Adewuyi, G. U., Adejoro, I. A., Denloye, A. A. B., Babatunde, A.O. and Ogundajo, A.L., 2010. Determination of Heavy Metals in Fish Tissues, Water and Sediment from Epe and Badagry Lagoons, Lagos, Nigeria. *Journal of Chemistry*, 7(1): 215-221.

Pourang, N., Nikouyan, A. and Dennis, J. H., 2005. Trace element concentrations in fish, surficial sediments and water from northern part of the Persian Gulf, *Environmental Monitoring and Assessment*, 109: 293-316.

Rashed, M. N., 2001. Monitoring of environmental heavy metals in fish from Nassar Lake, *Environment International*, 27: 27-33.

Regional Organization for the Protection of the Marine Environment (ROPME), 1999. Manual of oceanographic observations and pollutant analysis methods. ROPME. Kuwait, Vo1 20.

Romeo, M., Siau, Y., Sidoumou, Z. and Gnassia-Barelli, M., 1999. Heavy metal distribution in different fish species from the Mauritania coast, *Journal of Sciences Total Environment*, 232: 169-175.

Rouessac, F. and Rouessac, A., 2007. Chemical Analysis Modern Instrumentation Methods and Techniques. 2nd Edition, England, John Wiley & Sons Ltd.

Shah, A. Q., Kazi, T. G., Muhammad Balal Arain, M. B., Jamali, M. K., Afridi, H. I., Jalbani, N., Baig, J. A. and Kandhro, Gh. A., 2009. Accumulation of arsenic in different fresh water fish species- potential contribution to high arsenic intakes, *Food Chemistry*, 112: 520-524.

Sekhar, K. C., Chary, N. S., Kamala, C. T., Raj, D. S. S. and Rao, A. S., 2003. Fractionation studies and bioaccumulation of sediment-bound Heavy Metals in Kolleru Lake by edible fish, *Environment International*, 29: 1001-1008.

Turkmen, M. and Ciminli, C., 2007. Determination of metals in fish and mussel species Byinductively coupled plasma-atomic emission spectrometry, *Food Chemistry*, 103: 670-675.

Ubalua, A. O., Chijioke, U. C. and Ezeronye, O. U., 2007. Determination and Assessment Heavy Metal Content in fish and shellfish in Aba River, Abia State, Nigeria, Sciences Technology Journal, 7 (1): 16-23.

Watanabe, K. H., Desimone, F. W., Thiyagarajah, A., Hartley, W. R. and Hindrichs, A. E., 2003. Fish tissue quality in the lower Mississippi River and health risks from fish consumption, Science Total Environment, 302 (1-3), 109-126.