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

آزیتا کوشافر[۱]
محمد ولایت زاده[۲*]

۱. گروه محیطزیست، 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
این مقاله برگرفته از طرح پژوهشی است.

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 بیاه (*Liza abu*) و شانک زرد باله (*Acanthopagrus latus*) رودخانه بهمنشیر در فصل تابستان انجام شد. ۴۰ نمونه ماهی بیاه و شانک زرد باله به‌صورت کاملاً تصادفی از بندر چوئبده به‌وسیله 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. تجزیه‌وتحلیل داده‌ها به کمک نرم‌افزار 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 بیاه و شانک زرد باله اختلاف معنی‌داری داشت ($P<0.05$). بالاترین و پایین‌ترین میزان فلزات سنگین در عضله ماهی بیاه به ترتیب مربوط به عناصر روی (۱/۳۳۸±۱۲/۹۸۵ میلی‌گرم در کیلوگرم) و نیکل (۰/۰۰۸±۰/۰۱۱ میلی‌گرم در کیلوگرم) محاسبه شد. همچنین بالاترین و پایین‌ترین میزان فلزات سنگین در عضله ماهی شانک زرد باله به ترتیب مربوط به عناصر آهن (۰/۷۴۵±۱۹/۸۵۷ میلی‌گرم در کیلوگرم) و وانادیوم (۰/۰۰۸±۰/۱۰۲ میلی‌گرم در کیلوگرم) به دست آمد. 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 ($P<0.05$).

واژگان کلیدی: فلزات سنگین، ماهی بیاه، 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 پایین‌دست به خلیج‌فارس منتهی می‌گردد (فعال، ۱۳۸۸؛ ولایت زاده و نجفی،۱۳۹۲). با توجه به ویژگی‌های خاص رودخانه بهمنشیر که همزمان نوسانات جزر و مدی، آب شیرین، لب‌شور و شور را در درون خود دارد، تنوع گونه‌ای گسترده‌ای ازلحاظ آبزیان در آن دیده می‌شود، به‌طوری‌که ماهیان آب شیرین به‌ویژه گونه‌های وابسته به خانواده کپور ماهیان و ماهیان آنادرموس نظیر صبور و بیاه و نیز ماهیان دریایی مانند شوریده، شبه شوریده و حتی کوسه‌ها و دلفین‌ها در آن دیده می‌شوند (غفله مرمضی، ۱۳۷۳). در مطالعه اسکندری و همکاران (۱۳۷۸) نیز شناسایی

Archive of SID
www.SID.ir

گونه‌های دریایی و آب شیرین نظیر بیاه، شربت، کپور معمولی، صبور، کفشک زبان گاوی، بنی، اسبله، ساردین، گیش، شانک و راشگو گزارش‌شده است که درمجموع ۱۶ گونه آب‌شور 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 (وثوقی و مستجیر،۱۳۸۱) و در سه حوضه آب‌های ایران شامل خلیج‌فارس، دریای خزر و آب‌های داخلی (عسگری،۱۳۸۴) شش گونه از این خانواده شناسایی‌شده است (ستاری و همکاران،۱۳۸۲). ماهی بیاه یکی از گونه‌های این خانواده می‌باشد که بومی رودخانه‌های استان خوزستان است و در دو رودخانه موردمطالعه شناسایی‌شده است (اسکندری و همکاران، ۱۳۷۸) و به زیستگاه‌های آب شیرین سازگار شده است (وثوقی و مستجیر، ۱۳۸۱). ماهی شانک زرد باله از خانواده شانک ماهیان (Sparidae) است که در آب‌های کم‌عمق ساحلی تا عمق ۵۰ متری زیست می‌کنند. شانک ماهی‌ها مصرف غذایی برای انسان داشته و عمدتاً از بی‌مهرگانی نظیر خرچنگ، نرم‌تنان و حتی توتیاهای دریایی استفاده می‌کنند (صادقی، ۱۳۸۰). این ماهی در دریای عمان و خلیج‌فارس، شرق افریقا تا آب‌های اقیانوس هند و اقیانوس آرام در جنب شرق آسیا و شرق آسیا پراکنش دارد (ستاری و همکاران، ۱۳۸۲).

فلزات سنگین به‌عنوان یکی از گروه‌های اصلی آلاینده‌های اکوسیستم‌های آبی در اثر فعالیت‌های طبیعی و نیز به‌طور عمده در اثر فعالیت‌های انسانی به محیط‌های آبی راه می‌یابند (Humtsoe *et al*., 2007). پساب واحدهای صنعتی، کشاورزی، حمل‌ونقل، مواد حاصل از سوختن سوخت‌های فسیلی، فرسایش زمین، فضولات انسانی و دامی و پساب ناشی از پرورش دام، منابع تشکیل‌دهنده فلزات سنگین در پیکره آبی هستند (Sekhar *et al*., 2003). فلزات سنگین ممکن است در بدن موجودات آبزی ازجمله 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 شناخته‌شده 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 (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 بیوسنتز هموگلوبین و کم‌خونی، افزایش فشارخون، آسیب به کلیه، سقط‌جنین و نارسی 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، به‌عبارت‌دیگر غلظت ماده موردنظر 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 درنهایت به‌صورت 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 ازجمله عناصر ضروری در واکنش‌های زیستی می‌باشند (پروانه و همکاران،۱۳۹۰؛ Askary Sary and Velayatzadeh, 2014). ماهی مهم‌ترین منبع آهن برای

Archive of SID
www.SID.ir

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 سیستیئن دارد (عسکری ساری و ولایت زاده،۱۳۹۳).

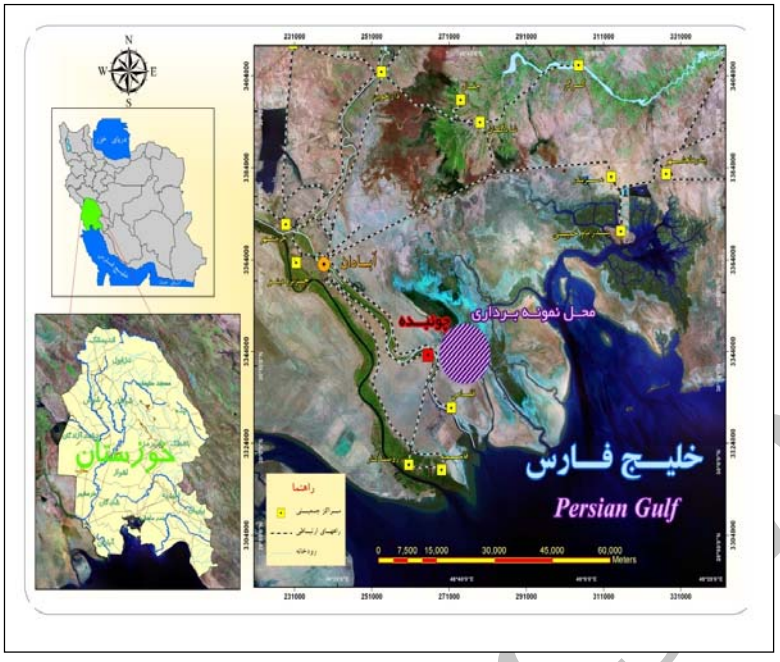
با توجه به اینکه ماهی بیاه و شانک زرد باله در منطقه مطالعاتی بخشی از رژیم غذایی مردم می‌باشد، همچنین این دو گونه در فصل تابستان در رودخانه بهمنشیر ماهیان غالب مصب این رودخانه هستند و اهمیت مدیریت و سلامت اکوسیستم‌های آبی ازنظر میزان فلزات سنگین (Jordao *et al*., 2002; Romeo *et al*., 1999)، این تحقیق باهدف سنجش و مقایسه فلزات وانادیوم، سرب و کبالت در عضله ماهی بیاه (*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 بیاه و شانک زرد باله به‌صورت کاملاً تصادفی از بندر چوئبده به‌وسیله تورهای گوشگیر رودخانه‌ای توسط صیادان بومی منطقه تهیه شد. بندر چوئبده (طول و عرض جغرافیایی $48^{\circ}38'10''E$ و $30^{\circ}4'59''N$) در فاصله ۳۰ کیلومتری جنوب شرقی شهرستان آبادان در حاشیه شمال رودخانه بهمنشیر قرار دارد (شکل ۱). به‌طورکلی از هرگونه 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 مولیبدات 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 شفافی 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).

www.SID.ir



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

سنجش فلزات سنگین موردمطالعه 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 می‌باشد. صحت داده‌های به‌دست‌آمده با استفاده از روش Standard Addition بررسی گردید. در این روش ابتدا ماده مجهول، آنالیز می‌شود، سپس به چند ظرف که حاوی مقدار یکسانی از نمونه است، حجم‌های مشخصی از استاندارد اضافه می‌شود و کروماتوگرام مربوط به هر مرحله را آنالیز و درنهایت ارتفاع یا سطح زیر پیک نمونه‌ها را بر اساس حجم استاندارد اضافه‌شده رسم می‌کنند. درنهایت با استفاده از روابط موجود می‌توان غلظت نمونه را محاسبه کرد. استفاده از این روش سبب حفظ بافت و ماتریس نمونه‌ها می‌شود درنتیجه با این روش احتمال مزاحمت بافت (Matrix Interference) نمونه از بین برده می‌شود (Rouessac and Rouessac,2007). جهت اندازه‌گیری کادمیوم، مس، آهن، روی، سرب، وانادیوم و کبالت ابتدا به ۱۰ میلی‌لیتر محلول هضم شده نمونه‌ها، ۵ میلی‌لیتر محلول آمونیم پیرولیدین کاربامات ۵ درصد اضافه‌شده و به مدت ۲۰ دقیقه نمونه‌ها به هم زده شدند تا عناصر به‌صورت فرم آلی‌فلزی در محلول کمپلکس شوند و سپس به نمونه‌ها ۲ میلی‌لیتر متیل ایزوبوتیل کتون اضافه شد و به مدت ۳۰ دقیقه نمونه‌ها به هم زده شدند و پس از ۱۰ دقیقه نمونه‌ها در دور ۲۵۰۰ دور در دقیقه سانتریفوژ شدند و عناصر موردنظر به فاز آلی منتقل شدند. پس از تنظیم کوره و سیستم EDL (منبع تولید اشعه کاتدی) دستگاه و اپتیمم کردن دستگاه جذب اتمی منحنی کالیبراسیون این عناصر به کمک استانداردهای این عناصر و ماتریکس مدیفایر پالادیم توسط نرم‌افزار WinLab 32 رسم گردید و مقدار این عناصر در محلول‌های آماده‌شده اندازه‌گیری گردید (Ahmad and Shuhaimi-Othman, 2010; Olowu *et al*., 2010).

تجزیه‌وتحلیل داده‌ها به کمک نرم‌افزار SPSS17 انجام شد و میانگین تیمارها به کمک آنالیز واریانس T-test با یکدیگر مقایسه شدند که وجود یا عدم وجود اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد (P=0.05) تعیین گردید. همچنین در رسم نمودارها و جداول از نرم‌افزار Excel 2007 استفاده گردید.

www.SID.ir

نتایج

میانگین پارامترهای زیست‌سنجی شامل طول کل، طول استاندارد و وزن ماهی بیاه 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 بیاه و شانک زرد باله اختلاف معنی‌داری داشت ($P<0.05$). بالاترین و پایین‌ترین میزان فلزات سنگین در عضله ماهی بیاه به ترتیب مربوط به عناصر روی (۱۲/۹۸۵±۱/۳۳۸ میلی‌گرم در کیلوگرم) و نیکل (۰/۰۱۱±۰/۰۰۸ میلی‌گرم در کیلوگرم) محاسبه شد. همچنین بالاترین و پایین‌ترین میزان فلزات سنگین در عضله ماهی شانک زرد باله به ترتیب مربوط به عناصر آهن (۱۹/۸۵۷±۰/۷۴۵ میلی‌گرم در کیلوگرم) و وانادیوم (۰/۰۰۸±۰/۱۰۲ میلی‌گرم در کیلوگرم) به دست آمد (جدول ۲).

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

پارامترهای زیستی	بیاه	شانک زرد باله
طول کل (سانتی‌متر)	۱۶/۸۸±۰/۳۵	۱۰±۰/۷۶
طول استاندارد (سانتی‌متر)	۱۳/۹۹±۰/۲۲	۸/۵±۰/۸۷
وزن (گرم)	۵۵/۱۶±۲/۹۸	۲۴±۱/۶۸

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

فلزات سنگین	بیاه	شانک زرد باله
سرب	۱/۹۰۹±۰/۱۸۵^{a}	۰/۴۷۲±۰/۰۹۵^{b}
کبالت	۰/۰۶۶±۰/۰۰۹^{a}	۰/۵۶۵±۰/۰۰۲^{b}
وانادیوم	۰/۰۱۴±۰/۰۰۶^{a}	۰/۱۰۲±۰/۰۰۸^{b}
کادمیوم	۰/۰۱۷±۰/۰۰۶^{a}	۰/۱۶۳±۰/۰۲۶^{b}
آهن	۱۰/۵۰۵±۰/۹۸۷^{a}	۱۹/۸۵۷±۰/۷۴۵^{b}
روی	۱۲/۹۸۵±۱/۳۳۸^{a}	۱۷/۵۶۷±۱/۱۲۱^{b}
مس	۶/۸۷۶±۰/۴۵۲^{a}	۳/۴۱۸±۰/۳۷۸^{b}
آرسنیک	۰/۲۹۵±۰/۰۴۸^{a}	۰/۱۲۸±۰/۰۷۱^{b}
نیکل	۰/۰۱۱±۰/۰۰۸^{a}	۰/۳۷۸±۰/۰۵۵^{b}

حروف متفاوت (a, b) در هر ردیف اختلاف معنی دار را نشان می‌دهد (P<۰/۰ ۵).

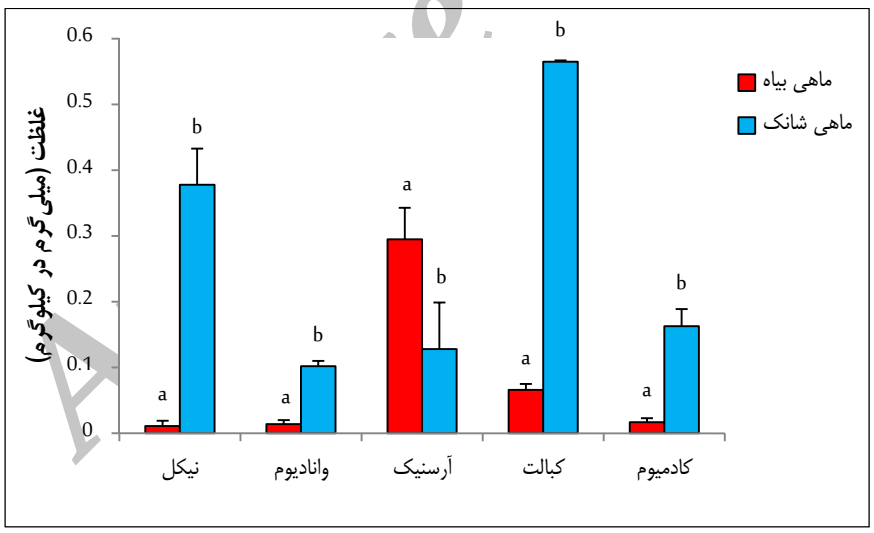
میزان سرب، مس و آرسنیک در عضله ماهی بیاه بالاتر از ماهی شانک زرد باله بود (P< ۰/۰۵). میزان کبالت، وانادیوم، کادمیوم، آهن، روی و نیکل در عضله ماهی شانک زرد باله بالاتر از عضله ماهی بیاه به دست آمد (P< ۰/۰۵) (شکل های ۱ و ۲). مقایسه میزان نیکل، وانادیوم، روی، مس و آرسنیک در عضله ماهی بیاه و شانک زرد باله 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 (Word Health Organization) ، وزارت کشاورزی ـ شیلات انگلستان و انجمن ملی بهداشت و سلامت استرالیا (NHMRC (National Health & Medical Research Council (Australia) 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 ـ شیلات

Archive of SID
www.SID.ir

انگلستان، سازمان غذا و کشاورزی و سازمان غذا و داروی امریکا پایین‌تر بود. میزان کادمیوم نیز در مقایسه با استانداردهای وزارت کشاورزی ـ 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 پایین‌تر بود. میزان آهن در عضله دو گونه موردمطالعه در مقایسه با استاندارد سازمان غذا و داروی امریکا بالاتر گزارش‌شده است (جدول ۳).

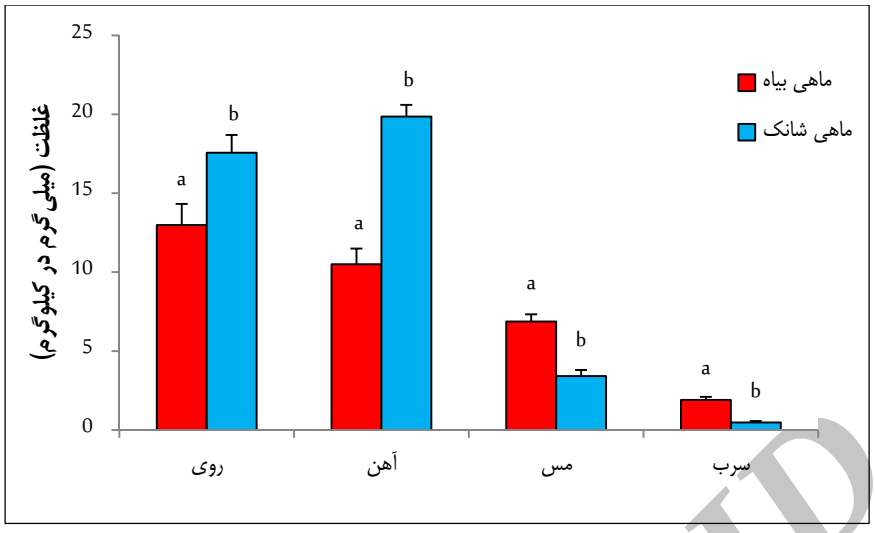
جدول ۳: مقایسه حد مجاز و استانداردهای بین‌المللی فلزات سنگین در عضله ماهیان (میلی‌گرم در کیلوگرم).

فلزات / استانداردها	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 بیاه	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 (میلی‌گرم 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<۰/۰ ۵)).

www.SID.ir



شکل ۲: مقایسه میزان سرب، روی، آهن و مس (میلی‌گرم 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 (۰/۰۵ >P)).

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 درنتیجه 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 گزارش‌شده 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 درنتیجه عدم انحلال فلز کادمیوم در ستون آب می‌باشد. از طرف دیگر در فصل تابستان با توجه به اینکه سرعت تجزیه بسیار بالاست، معمولاً موجودات آبزی پس از مرگ در کف تجزیه‌شده 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 بیاه بالاتر از ماهی شانک به دست آمد. احتمالاً دلیل تجمع بالاتر این فلز در ماهی بیاه این است که این‌گونه 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 بیاه بالاتر به‌دست‌آمده است. میانگین فلز سرب در بافت عضله ماهی شوریده (*Otolithes ruber*) در بنادر صیادی

Archive of SID
www.SID.ir

آبادان و بندرعباس به ترتیب ۰/۶۳۸ و ۰/۶۶۸ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن‌تر گزارش‌شده 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*) خلیج‌فارس به ترتیب ۰/۷۳–۰/۵۸ و ۰/۷۶–۰/۶۹ میکروگرم بر گرم وزن‌تر گزارش‌شده 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 ۰/۴۷، ۰/۴۰ و ۰/۵۲ میلی‌گرم در کیلوگرم گزارش‌شده 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 Alti, 2003).

میانگین میزان نیکل و وانادیوم در عضله ماهی شانک نسبت به عضله ماهی بیاه بالاتر بود که با توجه به اینکه ماهی شانک گونه در یازی می‌باشد و به رودخانه بهمنشیر مهاجرت می‌کند، می‌توان بیان نمود که آلودگی‌های حاصل از نفت و مشتقات نفتی نظیر سوخت لنج ها و شناورها سبب افزایش وانادیوم می‌گردد. میزان وانادیوم در عضله سه گونه ماهی شوریده (*Otolithes ruber*)، هامور معمولی (*Epinephelus coioides*) و حلوا سفید (*Pampus argenteus*) خلیج‌فارس (بندرلنگه) به ترتیب ۱۳/۲۲، ۳۲/۸۳ و ۲۶/۴۹ میلی‌گرم در کیلوگرم گزارش‌شده 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 میلی‌گرم در کیلوگرم و در سواحل بندرلنگه ۱/۴۱ و ۱/۲۲ میلی‌گرم در کیلوگرم تعیین‌شده 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 موردمطالعه میزان وانادیوم در دو گونه ماهی سفید و کپور اختلاف معنی‌داری داشت ($P<0/05$) (الصاق،۱۳۹۱). میانگین غلظت نیکل در بافت خوراکی ماهی سرخو و شوریده به ترتیب ۰/۳۲۲ و ۰/۴۸ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن خشک (شهریاری، ۱۳۸۴)، در عضله ماهی شیربت (*Barbus grypus*) به ترتیب ۰/۷۷ میکروگرم برگرم وزن خشک (دادالهی سهراب و همکاران، ۱۳۸۷)، در عضله ماهی هامور معمولی (*Epinephelus coiodes*) ۰/۹۴ میکروگرم بر گرم وزن خشک (گرجی 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 میلی‌گرم در کیلوگرم (پورمقدس و شهریاری، ۱۳۸۹) گزارش‌شده است. فلزات سنگین پس از ورود به گردش خون درنهایت در اندام‌های بدن توزیع می‌شوند. میزان این انتشار در اندام‌ها به عواملی مانند نیاز غذایی بدن ماهی به عنصر موردنظر (مس و روی)، تمایل سیستم دفاعی به دفع فلز (کادمیوم) و تغییراتی که بر فلز واردشده در سلول‌ها رخ می‌دهد بستگی دارد (جلالی جعفری و آقازاده مشگی، ۱۳۸۶). غلظت بالای نیکل در رسوبات، اصولاً ناشی از منابع انسانی مثل تردد کشتی‌ها، قایق‌ها و نفت‌کش‌ها، 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، زغال‌سنگ، 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 بیاه بالاتر بود. در بسیاری از مطالعات تجمع مقادیر بالای آهن و روی در عضله ماهیان دریایی گزارش‌شده 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

www.SID.ir

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 ۷۴/۷۸ و ۲۵/۰۷ میکروگرم بر گرم وزن خشک گزارش‌شده است (شهاب مقدم و همکاران، ۱۳۸۹). غلظت آهن در عضله و کبد ماهی بیاه (*Liza abu*) ۱۱/۸۱ و ۱۲/۵۶ میلی‌گرم در کیلوگرم (عسکری ساری و همکاران،۱۳۸۹)، کفال خاکستری (*Mugil cephalus*) ۰/۰۳ میلی‌گرم در کیلوگرم (Ubalua *et al*., 2007)، گربه‌ماهی ۸/۴ میلی‌گرم در کیلوگرم (Olowu *et al*., 2010) گزارش‌شده است. در تحقیقی دورقی و همکاران (۱۳۸۸) میزان آهن در اندام عضله ماهی شبه شوریده (*Johnius belangerii*) در سواحل بندر دیلم ۱۷/۴۷ میکروگرم در گرم تعیین شد. میزان روی در عضله و کبد ماهی هامور معمولی (*Epinephelus coiodes*) خور موسی (بندر ماهشهر) به ترتیب ۱/۹۳±۲۶/۰۱ و ۷/۰۵±۴۴/۷۶ میلی‌گرم در کیلوگرم گزارش‌شده 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 ۸۷۵/۹۹ و ۲/۳۱ میکروگرم بر گرم وزن خشک گزارش‌شده است (شهاب مقدم و همکاران،۱۳۸۹). در مطالعه‌ای غلظت روی در عضله و کبد ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان ۰/۰۴±۰/۳۷ و ۰/۰۸±۰/۶۷ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن خشک و در عضله و کبد ماهی کپور پرورشی ۰/۰۲±۰/۱۵ و ۰/۰۳±۰/۶۲ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن خشک و میزان تجمع روی در کبد ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان بالاتر از کپور معمولی گزارش‌شده است (عسکری ساری و ولایت زاده،۱۳۹۰). میانگین غلظت فلزات سنگین روی در بافت خوراکی ماهی سفید (*Rutilus frisii kutum*) ۲۹/۹۷ میکروگرم بر گرم وزن خشک نمونه و در ماهی کپور معمولی (*Cyprinus carpio*) به ترتیب ۳۰/۲۰ میکروگرم بر گرم وزن خشک ماهی گزارش‌شده 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 بنادر صیادی آبادان و بندرعباس به ترتیب ۰/۲۵۰ و ۰/۲۷۹ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن‌تر گزارش‌شده است (عسکری ساری و همکاران، ۱۳۹۱). فرهادی و همکاران (۱۳۹۲) نیز میزان تجمع کادمیوم را در عضله ماهی کیجار (*Saurida tumbil*) صیدشده از سواحل بندر هندیجان غیرقابل تشخیص تعیین نمودند. میزان کادمیوم در عضله ماهیان شورت (*Sillago sihama*) و زمین کن (*Platycephalus indicus*) خلیج‌فارس به ترتیب ۰/۵- ۰/۴۳ و ۰/۳۹-۰/۲۲ میکروگرم بر گرم وزن‌تر گزارش‌شده است (محمد نبی زاده و پورخباز، ۱۳۹۲). میزان کادمیوم در عضله کفال طلایی دریای خزر به ترتیب ۰/۳۲۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم (امینی رنجبر و ستوده نیا، ۱۳۸۴)، در عضله کفال خاکستری دریای مدیترانه ۰/۶۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم (Canli and Alti, 2003) و در پنج گونه ماهیان خلیج‌فارس شامل سنگسر (*Pomadasys sp.*) شوریده (*Otolithes ruber*)، هامور معمولی (*Epinephelus coioides*)، زمین کن (*Platycephalus* sp.) و حلوا سفید (*Pampus argenteus*) ۰/۰۴۶۹ ـ ۰/۰۰۰۴ و ۰/۰۲۱ ـ ۰/۰۰۰۸ میکروگرم بر گرم گزارش‌شده است (Agah *et al*., 2009).

میزان مس نیز در عضله ماهی شانک پایین‌تر از ماهی بیاه 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 بیاه 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 گزارش‌شده 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 (گرجی پور و همکاران، ۱۳۸۸) و عضله کفشک گرد (*Euryglossa orientalis*) خور موسی ۵/۷۱ میکروگرم بر گرم وزن خشک

www.SID.ir

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 گزارش‌شده 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) گزارش‌شده 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 گزارش‌شده است (دادالهی سهراب و همکاران، ۱۳۸۷).

میزان تجمع آرسنیک در عضله ماهی بیاه بالاتر از ماهی شانک به دست آمد. منابع اصلی آرسنیک و ترکیبات آن در ساخت شیشه، چوب، حشره‌کش و علف‌کش‌ها، اجزاء الکترونیکی و آلیاژها می‌باشند و سهم عمده آرسنیک در آب‌های طبیعی از تخلیه پساب‌ها و فاضلاب‌های انسانی می‌باشد، به همین دیلی 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 شناخته‌شده 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 rubber*)، سنگسر (*Pomadasys sp.*)، زمین کن (*Platycephalus sp.*)، هامور (*Epinephelus tauvina*) و حلوا سفید (*Pampus argenteus*) خلیج‌فارس به ترتیب ۰/۴، ۱، ۰/۶، ۰/۳، ۰/۹ میلی‌گرم در کیلوگرم گزارش‌شده است (Agah *et al*., 2009). همچنین میزان این عنصر در عضله ماهیان *Labeo rohita*، *Labeo gonitus*، *Tilapia mossambicus*، *Cirrhinus mrigala* و *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 تعیین‌شده 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 خلیج‌فارس، مید (*Liza klunzingeri*) و بیاه (*Liza macrolepis*) ۹۷/۶۶ و ۸۶ میکروگرم در کیلوگرم گزارش‌شده 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 به‌دست‌آمده 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 بیاه 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 ازنظر 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 .

Archive of SID
www.SID.ir

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.، ۱۳۸٤. تجمع فلزات سنگین در بافت عضله ماهی کفال دریای خزر در ارتباط با برخی مشخصات بیومتریک (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 شهریاری، 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.، ۱۳۸٦. 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.، کوچنین، پ.، نیک پور، ی.، یاوری، و.، ذوالقرنین، ح.، صفاهیه، ع. و سالاری علی آبادی، م.ع.، ۱۳۸۸. تجمع کادمیوم، مس و آهن در بافت‌های ماهی شبه شوریده (*Johnius belangerii*) در سواحل شمالی خلیج‌فارس، فصلنامه شیلات، دانشگاه آزاد اسلامی واحد آزادشهر، ۳ (۳): صفحات ۸-۱.

ستاری، م.، شاهسونی، د. و شفیعی، ش.، ۱۳۸۲. ماهی‌شناسی ۲ (سیستماتیک)، انتشارات حق‌شناس، 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 خلیج‌فارس، مجله علمی شیلات ایران، ۱۹ (۲): صفحات ۹۴-۸۵.

شهریاری، ع.، ۱۳۸٤. اندازه‌گیری مقادیر فلزات سنگین کادمیوم، کروم، سرب و نیکل در بافت خوراکی ماهیان شوریده و سرخو خلیج‌فارس در سال ۱۳۸۲، مجله علمی دانشگاه علوم پزشکی گرگان، ۷ (۲): صفحات ۶۷-۶۵.

صادقی، س.ن.، ۱۳۸۰. ماهیان جنوب ایران (خلیج‌فارس 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 خلیج‌فارس، مجله پژوهش‌های علوم و فنون دریایی، ۱ (۲): صفحات ۱۴-۱.

عسکری، ر.، ۱۳۸٤. 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 coiodes*)، 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 (Zn، Mn، Cu، Fe) در ماهی بیاه (*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 قزل‌آلای رنگین‌کمان، 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*) خلیج‌فارس. مجله شیلات، ۵ (۲): صفحات ۴۶-۳۹.

عسکری ساری، ا.، جواهری بابلی، م.، محجوب، ث. و ولایت زاده، م.، ۱۳۹۱. میزان فلزات سنگین (جیوه، کادمیوم، سرب) در عضله ماهی شوریده در بنادر صیادی آبادان و بندرعباس، مجله علمی شیلات ایران، ۲۱ (۳): صفحات ۱۰۶-۹۹.

عسکری ساری، ا. و ولایت زاده، م.، ۱۳۹۳. فلزات سنگین در آبزیان، انتشارات دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز، چاپ اول، ۳۸۰ ص.

Archive of SID
www.SID.ir

غفله مرمضی، 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.، یاوری، 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 ۸۰-۷۱.

فعال، ز.، ۱۳۸۸. بررسی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آب رودخانه بهمنشیر، مجله علمی شیلات ایران، ۱۸ (۱): صفحات ۱۷۲-۱۶۷.

گرجی 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 ۷۵-۶۴ .

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.

Archive of SID

www.SID.ir

Eboh, L., Mepba, H. D. and Ekpo, M. B., 2006. Heavy metal contaminats 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 acsenic on the enzymes of the robu 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-see fish from the Rockall Trough, Continental Shelf Reseach, 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.

Archive of SID

www.SID.ir