Archive of SID

Journal of Research in Environmental Health

Volume 3, Issue 1, Spring 2017

Risk assessment of some heavy metals in four species of fish from Oman Sea in spring

ABSTRACT

Background & objective: The heavy metals are considered as the pollutants which create too much problems in aquatic ecosystems for aquatics, and consequently, humans. This study aims to demystify risk assessment of some heavy metals concentrations such as Nickle, Cadmium, Lead and Zinc in the muscles of Otolithes ruber, Parastromateus niger, Scomberomorus commerson and Sphyraena jello fishes in 2013.

Material & Methods: 96 samples from the aforementioned fishes were taken from both coastal and marine areas of Chabahar port (Oman sea). Wet Digestion method is applied to extract the considered metals from the tissues, and the concentrations of the heavy metals were measured by Atomic Absorption Spectrophotometer Younglin AAS8020. All statistical analyses were performed by SPSS (V. 17) using ANOVA along with Duncan test.

Results: The results showed the highest and lowest concentrations of Cd were in Sphyraena jello and Otolithes ruber, respectively. The lowest Concentration of Pb was in Sphyraena jello. The highest and lowest concentrations of Ni and Zn were observed in Sphyraena jello and Scomberomorus commerson, correspondingly. The highest concentration of adsorbed Cd, Ni and Zn metals were measured in Sphyraena jello in the coastal area samples in children.

Conclusion: Concentrations of Cd, Pb and Zn were lower than the determined proportions of FAO, WHO, UKMAFF, NHMRC and FDA. Ni concentration was higher than the Global Standards in Sphyraena jello.

Document Type: Research article

Keywords: heavy metals, risk assessment, fish, muscle, Chabahar

Elham Shahri
* MSC Environmental Pollution, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran
e_shahri59@yahoo.com

Nematollah Khorasani
Professor, Department of environmental and Energy, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

Gholamreza noori
Assistant Professor, Department of Geography, Faculty of Geography and Environmental Planning, University of Sistan and Baluchestan, Zahedan, Iran.

Ferdous Kord Mostafa Pour
Associate Professor, Department of Environmental Health, Center for Health Research, Faculty of Health, Tehran University of Medical Sciences, Zahedan, Iran.

Mohammad Velayatzadeh
Young Researchers Elite and Club, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran

Received: 1 May 2017
Accepted: 6 June 2017

▶ **Citation:** Shahri E, Khorasani N, Noori Gh, Kord Mostafa Pour F, Velayatzadeh, M. Risk assessment of some heavy metals in four species of fish from Oman Sea in spring. *Iranian Journal of Research in Environmental Health*.Spring 2017;3 (1) : 30-39.

www.SID.ir

Archive of SID

ارزیابی خطر برخی فلزات سنگین در عضله چهار گونه ماهی دریای عمان در فصل بهار

چکیده

زمینه و هدف: فلزات سنگین از آلاینده‌هایی هستند که در اکوسیستم‌های آبی مشکلات بسیاری را برای آبزیان و در نهایت برای انسان‌ها ایجاد می‌کنند. مطالعه حاضر با هدف تعیین میزان فلزات سنگین نیکل، سرب، کادمیوم و روی و ارزیابی خطر در عضله ماهیان شوریده، حلوا سیاه، شیر و کوتر دریای عمان در منطقه چابهار انجام شد.

مواد و روش‌ها: ۹۶ نمونه ماهی از صیدگاه بندر چابهار از دو منطقه ساحلی و دریایی در فصل بهار تهیه شد. جهت استخراج فلزات از بافت‌های مورد مطالعه، از روش هضم مرطوب استفاده شد و تعیین غلظت فلزات سنگین به وسیله دستگاه جذب اتمی Younglin AAS۸۰۲۰ صورت گرفت. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SPSS (نسخه ۱۷) و آزمون‌های ANOVA و Duncan test انجام شد.

یافته‌ها: بر اساس نتایج مطالعه، بالاترین و پایین‌ترین میزان کادمیوم به ترتیب در ماهی کوتر و شوریده بود. میزان سرب در ماهی کوتر پایین‌ترین میزان را داشت. بالاترین و پایین‌ترین میزان نیکل و روی نیز در ماهی کوتر و شیر به‌دست آمد. بالاترین میزان فلزات کادمیوم، نیکل و روی جذب شده در ماهی کوتر در کودکان بود.

نتیجه‌گیری: میزان فلز کادمیوم، سرب و روی در مقایسه با آستانه استانداردهای جهانی سازمان غذا و کشاورزی، سازمان بهداشت جهانی، وزارت کشاورزی - شیلات انگلستان و انجمن ملی بهداشت و سلامت استرالیا و سازمان غذا و داروی آمریکا پایین‌تر بود. غلظت نیکل در عضله ماهی کوتر در مقایسه با استانداردهای جهانی بیشتر به‌دست آمد.

نوع مقاله: مقاله پژوهشی
کلید واژه‌ها: ارزیابی خطر، دریای عمان، فلزات سنگین، عضله، ماهی

الهام شهری
* کارشناس ارشد آلودگی‌های محیط‌زیست، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.
(نویسنده و مسئول مکاتبات):
e_shahri59@yahoo.com

نعمت‌اله خراسانی
استاد، گروه محیط‌زیست و انرژی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

غلامرضا نوری
استادیار، گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان، ایران.

فردوس کرد مصطفی‌پور
دانشیار، گروه بهداشت محیط، مرکز تحقیقات سلامت، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی زاهدان، زاهدان، ایران.

محمد ولایت‌زاد
کارشناس ارشد شیلات، باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۲/۱۱
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۳/۱۶

◀ **استناد:** شهری الف، خراسانی ن، نوری غ، کرد مصطفی‌پور ف، ولایت‌زاده م. ارزیابی خطر برخی فلزات سنگین در عضله چهار گونه ماهی دریای عمان در فصل بهار. *فصلنامه پژوهش در بهداشت محیط*. بهار ۱۳۹۶؛۳ (۱): ۳۰-۳۹.

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

دریای عمان در جنوب کشور در جنوب استان سیستان و بلوچستان به وسعت ۴۰۰۱۹ کیلومتر مربع قرار دارد. این دریا از شمال به آبریز دریاچه هامون و کوه‌های مکران، از شرق به کشور پاکستان و از غرب به استان‌های کرمان و هرمزگان محدود می‌شود. دریای عمان یکی از اکوسیستم‌های آبی مهم منطقه می‌باشد که با ذخایر گیاهی و جانوری غنی از تنوع ژنتیکی، به‌عنوان یکی از منابع مهم محیط زیست با بیشترین تنوع زیستی در حوزه قاره آسیا تلقی می‌گردد. چهار گونه ماهی شامل شیر، شوریده، کوتر و حلوا سیاه ارزش تغذیه‌ای بالایی در بین مردم سواحل استان سیستان و بلوچستان دارند و جزء پرطرفدارترین ماهیان دریای عمان می‌باشند. شهرستان چابهار با وسعت ۹۷۳۹ کیلومتر مربع در منتهی‌الیه جنوب شرقی ایران در استان سیستان و بلوچستان واقع شده است. این استان ۴۰ درصد میزان صید کشور و ۴۶ درصد از کل صید استان‌های جنوبی را به خود اختصاص داده است. چابهار با ارتفاع ۷ متر از سطح دریا و از نظر مختصات جغرافیایی در ۶۰ درجه و ۳۷ دقیقه طول شرقی و ۲۵ درجه و ۱۷ دقیقه عرض شمالی قرار گرفته و به لحاظ موقعیت جغرافیایی و امکانات، توانمندی‌های بالقوه صیادی و کشاورزی، اقتصادی، سیاسی و نظامی، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است و نزدیک به مدار رأس‌السرطان می‌باشد.

اکوسیستم‌های آبی به ویژه دریاها و خطوط ساحلی آن‌ها در معرض آلودگی‌های زیست‌محیطی مختلفی نظیر ترکیبات آلی، ترکیبات نفتی، سموم علف‌کش، آفت‌کش و فلزات سنگین هستند که در اثر فعالیت‌های طبیعی و نیز به طور عمده در اثر فعالیت‌های انسانی به محیط‌های آبی راه می‌یابند (۲، ۱). فلزات سنگین ممکن است در بدن موجودات آبزی از جمله ماهیان تجمع یابند و خطر بالقوه برای سلامتی اکوسیستم و موجودات زنده محسوب شوند. زباله‌های صنعتی، ساختار ژئوشیمیایی زمین و معدن حاوی فلزات، از منابع بالقوه آلودگی فلزات سنگین در اکوسیستم‌های آبی به شمار می‌روند (۳). عناصر سمی نظیر جیوه، آرسنیک، کادمیوم، سرب و نیکل، از مهم‌ترین منابع آلاینده محیط‌زیست محسوب می‌شوند که در بدن انسان اثرات سمی دارند و باعث بروز انواع بیماری‌ها می‌شوند (۴). برخی فلزات سنگین نظیر مس، روی، آهن و منگنز برای بدن انسان ضروری هستند، اما چنانچه مقادیر آن‌ها بیش از حد شود، سمیت آن‌ها بیشتر شده و مشکلاتی را ایجاد می‌کنند (۶، ۵). پساب واحدهای صنعتی، کشاورزی، حمل‌ونقل، مواد حاصل از سوختن سوخت‌های فسیلی، فرسایش زمین، فضولات انسانی، دامی و پساب ناشی از پرورش دام، طیور و آبزیان، زباله‌های صنعتی، ساختار ژئوشیمیایی زمین و معادن حاوی فلزات سنگین، از منابع بالقوه آلودگی این آلاینده‌ها در اکوسیستم‌های آبی به شمار می‌روند (۹-۷). برخی از مهم‌ترین تهدیدات و منابع آلودگی محیط‌زیست در بندر چابهار شامل تخلیه آب توازن کشتی‌ها، روغن موتور قایق‌ها و شناورها، آلودگی‌های ناشی از تخلیه ضایعات و آب مخازن شناورها و لنج‌های صیادی به دریا در محل اسکله‌های صیادی، پساب‌های شهری، تخلیه و بارگیری مواد نفتی، سوخت‌گیری شناورها، جابه‌جایی مواد نفتی در دریا و تصادفات کشتی‌ها می‌باشند.

به طور کلی اصطلاحات و شاخص‌های متعددی برای تعیین وضعیت تجمع فلزات سنگین در محیط‌زیست و بدن موجودات زنده نظیر غلظت زیستی[1]، تجمع زیستی[2]، بزرگ‌نمایی زیستی[3]، سیبل خطر[4] و شاخص خطر (HQ) به کار می‌رود (۱۰، ۷). شاخص خطر، فاکتوری است که میزان خطر فلزات سنگین ناشی از مصرف ماهیان را برای سلامت انسان بیان می‌کند، به عبارت دیگر به کمک این شاخص می‌توان آلودگی فلزات سنگین منطقه مورد مطالعه را ارزیابی کرد (۱۲، ۱۱).

تحقیقات محدودی در زمینه مخاطرات ریسک فلزات سنگین در آبزیان انجام شده است. مردوخی و همکاران (۲۰۱۳) خطرات فلز جیوه ناشی از مصرف ماهی شوریده در خلیج‌فارس

1. Bio-concentration
2. Bioaccumulation
3. Bio-magnification
4. Target Hazard Quotient

www.SID.ir

Archive of SID

(بندر ماهشهر) را تعیین کردند که میانگین غلظت جیوه در عضله این ماهی، ۰/۳۵۴ میکروگرم بر گرم وزن تر و کم‌تر از حد استاندارد سازمان بهداشت جهانی بود (۱۳). چراغی و همکاران (۲۰۱۳) خطر ناشی از میزان جیوه در ماهی بیاح رودخانه کارون را مطالعه کردند که شاخص خطر بیشتر از ۱ (۱/۱) بود و بر این اساس نتیجه‌گیری کردند که مصرف ماهی بیاح این منطقه برای مصرف‌کنندگان از نظر میزان جیوه خطراتی به‌دنبال خواهد داشت و برای حفظ سلامتی، میزان مجاز مصرف آن ۲۷ گرم در روز و یک وعده در هفته توصیه می‌شود (۱۴). پناهنده و همکاران (۲۰۱۳) خطر بالقوه ناشی از مصرف اردک ماهی، ماهی شاه‌کولی و کپور معمولی حاوی سه فلز سرب، کادمیوم و کروم در بومیان حاشیه تالاب انزلی را بررسی کردند که بیشترین میانگین دوز مصرف روزانه به عنصر سرب اختصاص داشت که در گونه اردک ماهی تالاب انزلی مشاهده شد (۱۵). احمدی کردستانی و همکاران (۲۰۱۳) خطر جیوه ناشی از مصرف میگوی پاسفید، میگوی سفید هندی، ماهی حلوا سیاه و خرچنگ دراز بازار تهران را تعیین نمودند که شاخص خطر برای همه گونه‌ها کمتر از ۱ به‌دست آمد، بنابراین مصرف این آبزیان خطر جدی برای سلامت مصرف‌کنندگان از نظر میزان جیوه محسوب نمی‌شود (۱۶).

تاکنون مطالعات اندکی با هدف ارزیابی خطر مصرف ماهیان از نظر فلزات سنگین در دریای عمان و منطقه چابهار انجام شده است. لذا مطالعه حاضر با هدف مقایسه غلظت فلزات سنگین با استانداردهای جهانی و تعیین ارزیابی خطر جذب میزان فلزات سنگین نیکل، روی، کادمیوم و سرب در بزرگسالان و کودکان از عضله ماهیان شوریده[1]، حلوا سیاه[2]، شیر[3] و کوتر[4] منطقه چابهار انجام شد.

روش کار

به منظور بررسی غلظت فلزات سنگین سرب، نیکل، کادمیوم و روی، نمونه‌برداری از بافت‌های عضله نمونه ماهیان شوریده، حلوا سیاه، شیر و کوتر در فصل تابستان در دو منطقه ساحلی و دریایی بندر چابهار صورت گرفت. از هر گونه ماهی در هر منطقه ۳۲ نمونه تهیه شد. تهیه نمونه‌های ساحلی با خریداری از صیادان ساحلی و کار تهیه نمونه‌های دریایی توسط لنج‌های مشخص و با حضور محققان صورت گرفت. انتقال نمونه‌ها از چابهار به مرکز استان سیستان و بلوچستان (زاهدان) توسط ماشین‌های مخصوص شیلاتی که دارای سردخانه و یخچال می‌باشند، انجام گرفت که دمای نگهداری ماهیان ۱۰- درجه سلسیوس بود.

با توجه به اینکه عضله نقش مهمی در تغذیه انسان دارد و لزوم اطمینان از سلامت آن جهت مصرف و احتمال ایجاد اثرات جبران‌ناپذیر در بدن انسان‌ها و همچنین بروز مسمومیت‌های حاد و مزمن، به همین دلیل عضله به عنوان بافت هدف انتخاب گردید. غلظت فلزات سنگین موجود در عضله ماهی کمتر از اندام‌های دیگر نظیر کلیه، آبشش و کبد می‌باشد و به دلیل اینکه عضله مکان اولیه ذخیره این فلزات نمی‌باشد، فلزات سنگین ابتدا در کبد ذخیره شده و سپس به عضله منتقل می‌شوند. همچنین استانداردهای موجود بر اساس غلظت فلزات سنگین در عضله ماهیان ارائه شده‌اند (۱۷). پس از انتقال نمونه‌های ماهی به آزمایشگاه، ابتدا ۵ گرم از بافت عضله ماهی توسط ترازوی آنالیتیکال Acculabalt۲۲۴ با دقت ۰/۰۰۱ گرم توزین گردید و بعد از انجام خاکسترسازی مقدماتی جهت سفید شدن خاکستر نمونه، نمونه در کوره الکتریکی FG Muff Furnace مدل FMB با دمای ۵۵۰ درجه سلسیوس قرار گرفت تا خاکستر سفید ماهی حاصل شود (۱۸). سپس نمونه به صورت انحلال در اسیدنیتریک ۱ درصد با درجه خلوص ۶۵ درصد آماده و همراه با بلانک و استانداردهای کاری به دستگاه جذب اتمی مدل Younglin AAS8020 ساخت کشور کره جنوبی داده شد و میزان جذب آن اندازه‌گیری گردید. با استفاده از منحنی کالیبراسیون مقادیر جذب به غلظت تبدیل و مقدار نهایی گزارش شد. حد تشخیص فلزات سرب، کادمیوم، نیکل توسط این دستگاه جذب اتمی به روش کوره در حد ppb و برای فلز

1. Otolithes ruber
2. Parastromateus niger
3. Scomberomorus commerson
4. Sphyraena jello

www.SID.ir

Archive of SID

روی به روش شعله در حد ppm بود.

میزان دریافت روزانه از طریق فرمول زیر محاسبه گردید و سپس با استاندارد آژانس حفاظت محیط‌زیست آمریکا مورد مقایسه قرار گرفت (۱۰، ۷).

$$DI = (Cm \times IR) / BW$$

DI: میزان جذب فلز در بدن در روز از طریق مصرف ماهی (میکروگرم در گرم وزن بدن در روز)

Cm: میانگین میزان فلز در ماهی (میکروگرم در گرم)

IR (Ingestion rate): میزان مصرف ماهی در منطقه مورد مطالعه

BW (Body weight): وزن بدن (۷۰ کیلوگرم برای بزرگسالان و ۱۰ کیلوگرم برای کودکان)

در این پژوهش آزمایش‌ها در قالب طرح کاملاً تصادفی انجام گرفت. نتایج حاصل از این تحقیق با استفاده از نرم‌افزار آماری SPSS (نسخه ۱۷) و آزمون‌های ANOVA و آزمون Duncan test مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. ضریب اطمینان مورد مطالعه در این تحقیق ۹۵ درصد تعیین شد. همچنین جهت رسم جداول و نمودارها از نرم‌افزار Excel 2007 استفاده شد.

یافته‌ها

میانگین میزان فلزات سنگین کادمیوم، سرب، نیکل و روی در چهار گونه مورد مطالعه در منطقه ساحلی و دریایی در جدول ۱ آمده است. میانگین میزان کادمیوم، سرب، روی و نیکل در ماهیان مورد مطالعه در مناطق ساحلی و دریایی اختلاف معنی داری داشت ($p<۰/۰۵$).

کادمیوم در ماهی کوتر نسبت به گونه‌های دیگر بالاتر بود.

جدول ۱. غلظت فلزات سنگین (کادمیوم، سرب، نیکل و روی) در عضله ماهیان دریای عمان در خلیج چابهار در سال ۱۳۹۲ (میلی‌گرم در کیلوگرم)

فصل	منطقه	کادمیوم	سرب	نیکل	روی
شوریده	ساحلی	۰/۰۱۵۰±۰/۰۰ ^{a}	۰/۰۳۲۵±۰/۰۰ ^{a}	۰/۱۸۰۰±۰/۱۸ ^{a}	۰/۲۰۰±۰/۰۸ ^{a}
	دریایی	۰/۰۱۲۵±۰/۰۰ ^{a}	۰/۰۱۲۵±۰/۰۰ ^{b}	۰/۱۸۲۵±۰/۱۴ ^{a}	۰/۱۴۰±۰/۰۵ ^{b}
حلوا سیاه	ساحلی	۰/۰۲۵۰±۰/۰۱ ^{b}	۰/۰۳۲۵±۰/۰۲ ^{a}	۰/۰۲۰۰±۰/۰۱ ^{b}	۰/۱۳۲۵±۰/۰۵ ^{c}
	دریایی	۰/۰۲۵۰±۰/۰۱ ^{b}	۰/۰۲۰۰±۰/۰۱ ^{c}	۰/۰۲۰۰±۰/۰۰ ^{b}	۰/۰۹۲۵±۰/۰۴ ^{d}
شیر	ساحلی	۰/۰۱۵۰±۰/۰۰ ^{a}	۰/۰۳۲۵±۰/۰۱ ^{a}	۰/۰۱۲۵±۰/۰۰ ^{c}	۰/۱۹۷۵±۰/۱۲ ^{a}
	دریایی	۰/۰۱۵۰±۰/۰۰ ^{a}	۰/۰۱۷۵±۰/۰۱ ^{c}	۰/۰۱۲۵±۰/۰۰ ^{c}	۰/۱۴۲۵±۰/۰۹ ^{b}
کوتر	ساحلی	۰/۰۴۰۰±۰/۰۳ ^{c}	۰/۰۱۳۳±۰/۰۰ ^{b}	۰/۲۰۰۰±۰/۲۶ ^{d}	۰/۲۶۰۰±۰/۰۵ ^{e}
	دریایی	۰/۰۴۰۰±۰/۰۲ ^{c}	۰/۰۱۲۵±۰/۰۰ ^{b}	۰/۱۰۰۰±۰/۱۳ ^{e}	۰/۲۱۲۵±۰/۰۶ ^{f}

حروف غیرهمنام اختلاف معنی‌دار را نشان می‌دهد ($p<۰/۰۵$)

همچنین پایین‌ترین میزان کادمیوم در ماهی شوریده در نمونه‌های دریایی مشاهده شد. غلظت کادمیوم در ماهی شیر، شوریده و حلوا سیاه نسبت به گونه‌های دیگر بالاتر بود. فلز سرب در ماهی کوتر در نمونه‌های دریایی پایین‌ترین میزان را داشت. غلظت این عنصر در ماهی کوتر در نمونه‌های ساحلی نسبت به گونه‌های دیگر بالاتر بود. پایین‌ترین میزان فلز نیکل در ماهی شیر در نمونه‌های دریایی و ساحلی بود. غلظت این عنصر در ماهی کوتر در نمونه‌های ساحلی نسبت به گونه‌های دیگر بالاتر بود. همچنین غلظت فلز روی در ماهی شیر در نمونه‌های دریایی و ساحلی پایین‌ترین میزان را داشت.

بر اساس نتایج جدول ۲، مقدار فلز کادمیوم در ماهی صید شده در ساحل، در ماهی کوتر در بزرگسالان بیشتر بود. همچنین میزان جذب فلز سرب برای ماهی کوتر کمترین و در ماهی حلوا سیاه بیشترین میزان جذب را شامل می‌شد. در مورد فلز نیکل بیشترین میزان جذب برای ماهی کوتر و کمترین میزان جذب برای ماهی شیر بود. بر اساس نتایج، در ماهی شوریده و شیر به ترتیب کمترین

www.SID.ir

Archive of SID

میزان جذب و برای ماهی کوتر بیشترین جذب برای فلز سنگین روی وجود داشت. در کودکان بیشترین جذب باز هم برای فلز کادمیوم، در ماهی کوتر بود. فلز سرب در ماهی کوتر کمترین میزان را شامل می‌شد. فلز روی نیز در ماهی حلوا سیاه کمترین میزان جذب و برای ماهی کوتر بیشترین جذب را شامل می‌شد.

بر اساس جدول ۳، کمترین میزان جذب برای فلز کادمیوم

جدول ۲. مقدار جذب روزانه فلز کادمیوم، سرب، نیکل و روی در عضله ماهیان دریای عمان در خلیج چابهار (مناطق ساحلی) در سال ۱۳۹۲ در بزرگسالان و کودکان (بر حسب mg/kg/day)

گروه هدف	گونه ماهی	کادمیوم	سرب	نیکل	روی
بزرگسالان	شوریده	$۴/۸\times۱۰^{-۶}$	$۷/۲\times۱۰^{-۶}$	$۳/۸\times۱۰^{-۵}$	$۴/۸\times۱۰^{-۶}$
	حلوا سیاه	$۷/۲\times۱۰^{-۶}$	$۷/۲\times۱۰^{-۶}$	$۴/۸\times۱۰^{-۶}$	$۳/۱\times۱۰^{-۵}$
	شیر	$۴/۸\times۱۰^{-۶}$	$۷/۲\times۱۰^{-۶}$	$۲/۴\times۱۰^{-۶}$	$۴/۶\times۱۰^{-۵}$
	کوتر	$۱/۲\times۱۰^{-۵}$	$۲/۴\times۱۰^{-۶}$	$۴/۸\times۱۰^{-۵}$	$۶/۰۷\times۱۰^{-۵}$
کودکان	شوریده	$۳/۴\times۱۰^{-۵}$	$۵/۱\times۱۰^{-۵}$	$۲/۷۲\times۱۰^{-۴}$	$۳/۴\times۱۰^{-۴}$
	حلوا سیاه	$۵/۱\times۱۰^{-۵}$	$۵/۱\times۱۰^{-۵}$	$۳/۴\times۱۰^{-۵}$	$۲/۲۱\times۱۰^{-۴}$
	شیر	$۳/۴\times۱۰^{-۵}$	$۵/۱\times۱۰^{-۵}$	$۱/۷\times۱۰^{-۵}$	$۳/۲۳\times۱۰^{-۴}$
	کوتر	$۸/۵\times۱۰^{-۵}$	$۱/۷\times۱۰^{-۵}$	$۳/۴\times۱۰^{-۴}$	$۴/۲۵\times۱۰^{-۴}$

از طریق مصرف ماهی شوریده و بیشترین آن برای ماهی کوتر بود. برای فلز سرب، ماهی کوتر بیشترین میزان جذب و در ماهی شوریده کمترین میزان جذب را از طریق خوردن شامل می‌شد. میزان جذب نیکل برای ماهی کوتر بیشترین و برای ماهی شیر کمترین بود. همچنین بیشترین میزان جذب فلز روی از طریق مصرف در ماهی کوتر و کمترین میزان برای ماهی حلوا سیاه بود. میزان فلز کادمیوم در ماهی شوریده کمترین مقدار جذب در کودکان و برای کوتر بیشترین مقدار جذب را شامل می‌شد.

با توجه به مقادیر به دست آمده از تجمع فلزات سنگین در

جدول ۳. مقدار جذب روزانه (CDI) فلز کادمیوم، سرب، نیکل و روی در عضله ماهیان دریای عمان در خلیج چابهار (مناطق دریایی) در سال ۱۳۹۲ در بزرگسالان و کودکان (بر حسب mg/kg/day)

گروه هدف	گونه ماهی	کادمیوم	سرب	نیکل	روی
بزرگسالان	شوریده	$۲/۴۲\times۱۰^{-۶}$	$۲/۴۲\times۱۰^{-۶}$	$۲/۱۸\times۱۰^{-۵}$	$۳/۴\times۱۰^{-۵}$
	حلوا سیاه	$۷/۲۸\times۱۰^{-۶}$	$۴/۸۵\times۱۰^{-۶}$	$۴/۸۵\times۱۰^{-۶}$	$۲/۱\times۱۰^{-۵}$
	شیر	$۴/۸۵\times۱۰^{-۶}$	$۴/۸۵\times۱۰^{-۶}$	$۲/۴۲\times۱۰^{-۶}$	$۳/۴\times۱۰^{-۵}$
	کوتر	$۹/۷\times۱۰^{-۶}$	$۲/۴۲\times۱۰^{-۶}$	$۴/۳۷\times۱۰^{-۵}$	$۵/۱\times۱۰^{-۵}$
کودکان	شوریده	$۱/۷\times۱۰^{-۵}$	$۱/۷\times۱۰^{-۵}$	$۱/۵۳\times۱۰^{-۴}$	$۲/۳۸\times۱۰^{-۴}$
	حلوا سیاه	$۶/۸\times۱۰^{-۵}$	$۳/۴\times۱۰^{-۵}$	$۳/۴\times۱۰^{-۵}$	$۱/۵۳\times۱۰^{-۴}$
	شیر	$۳/۴\times۱۰^{-۵}$	$۳/۴\times۱۰^{-۵}$	$۱/۷\times۱۰^{-۵}$	$۲/۳۸\times۱۰^{-۴}$
	کوتر	$۶/۸\times۱۰^{-۵}$	$۱/۷\times۱۰^{-۵}$	$۳/۰۶\times۱۰^{-۴}$	$۳/۵۷\times۱۰^{-۴}$

گونه‌های مورد مطالعه در این تحقیق و مقایسه آن با استانداردهای جهانی، غلظت فلز سنگین نیکل در عضله ماهی کوتر که یکی از پرمصرف‌ترین ماهیان منطقه چابهار می‌باشد، نسبت به استانداردهای جهانی بیشتر بود، بنابراین این ماهی به سمیت نیکل ممکن است مشکلاتی را در مصرف کنندگان ایجاد نماید. میزان فلز کادمیوم، سرب و روی در مقایسه با آستانه استانداردهای

www.SID.ir

Archive of SID

جهانی سازمان غذا و کشاورزی، سازمان بهداشت جهانی، وزارت کشاورزی - شیلات انگلستان، انجمن ملی بهداشت و سلامت استرالیا و سازمان غذا و داروی امریکا پایین‌تر بود (جدول ۴).

جدول ۴. مقایسه میزان فلزات سنگین با حد مجاز و استانداردهای بین المللی فلزات سنگین در عضله ماهیان مورد مطالعه (بر حسب میلی‌گرم در کیلوگرم)

فلزات سنگین / استانداردها	سرب	کادمیوم	نیکل	روی
سازمان بهداشت جهانی (WHO)	۰/۵	۰/۲	۰/۳۸	۱۰۰۰
سازمان غذا و داروی آمریکا (FDA)	۵	۲	۰/۵	-
وزات شیلات و کشاورزی انگلستان (MAFF)	۲	۰/۲	-	۵۰
مرکز ملی بهداشت و پزشکی استرالیا (NHMRC)	۱/۵	۰/۰۵	-	۱۵۰
سازمان جهانی غذا و کشاورزی (FAO)	۰/۵	-	-	۳۰
ماهی شیر	۰/۰۳	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۱۹
ماهی شوریده	۰/۰۳	۰/۰۲	۰/۳۵	۰/۲۵
ماهی حلوا سیاه	۰/۰۳	۰/۰۴	۰/۰۳	۰/۲۷
ماهی کوتر	۰/۰۲	۰/۰۳	۲/۵۲	۰/۳۶

بحث

در این مطالعه میانگین کادمیوم در ماهی کوتر در فصل بهار نسبت به گونه‌های دیگر بالاتر بود. همچنین کادمیوم در ماهی شوریده در نمونه‌های دریایی پایین‌ترین میزان را داشت. احتمالاً یکی از دلایل بالا بودن این فلز در فصل بهار به دلیل گردش آب و آزادسازی و ورود عناصر سنگین از کف به داخل ستون آب و جذب آن توسط آبزیان می‌باشد. معمولاً بیشترین تجمع در آب روی سطح رسوبات می‌باشد که با دوران‌های بهاری به ستون آب آزاد می‌شود و توسط ماهی جذب در نتیجه غلظت فلز در بافت را تحت تأثیر قرار می‌دهد (۲۰، ۱۹، ۲).

میانگین سرب در ماهی شیر، شوریده و حلوا سیاه در فصل بهار نسبت به ماهی کوتر بالاتر بود. به عبارت دیگر پایین‌ترین غلظت سرب در ماهی کوتر در نمونه‌های دریایی مشاهده شد. در ماهیان گوشت‌خوار یکی از مهم‌ترین راه‌های ورود عناصر سنگین، تغذیه از جانداران رده‌های پایین‌تر در زنجیره غذایی می‌باشد. با توجه به اینکه میزان تغذیه در زمستان و تا حدودی پاییز کاهش می‌یابد، در نتیجه غلظت عناصر سنگین در این فصول کاهش می‌یابد. تغذیه شدید به دلیل ذخیره چربی و انرژی در بدن معمولاً در فصل بهار اتفاق می‌افتد. از آنجایی که ماهی شیر گونه‌ای گوشت‌خوار است، تغذیه زیاد باعث ورود فلز سرب به بدن شده و غلظت این عنصر در عضله افزایش می‌یابد (۲۱).

در این مطالعه میانگین فلز نیکل در ماهی کوتر در نمونه‌های ساحلی نسبت به گونه‌های دیگر بالاتر بود و پایین غلظت در ماهی شیر در نمونه‌های دریایی و ساحلی مشاهده شد. غلظت بالای نیکل اصولاً ناشی از منابع انسانی مانند تردد کشتی‌ها، قایق‌ها، نفت‌کش‌ها و نفت خام است. از آنجایی که در بندر چابهار، تخلیه و بارگیری توسط کشتی‌ها و نفت‌کش‌ها صورت می‌گیرد، انتظار می‌رود وجود نیکل در این مکان ناشی از نفت خام باشد. مسیر جذب و مکانیسم انتقال آن‌ها به بدن ماهی به عوامل مختلف وابسته است که شکل شیمیایی فلز (یونی یا نمک‌های آن‌ها) در تعیین این مسیر بسیار مهم است. علت اختلاف تجمع فلزات سنگین در تحقیقات مختلف با توجه به شرایط اکولوژیک و زیستی و فعالیت‌های متابولیکی (۲۲) متفاوت است و به محل زندگی، رفتار تغذیه‌ای (۲۳)، سطح غذا، سن، اندازه و فصل نمونه‌برداری (۲۴)، زمان ماندگاری فلزات سنگین و فعالیت‌های متابولیسمی بدن ماهی نیز بستگی دارد. همچنین روش سنجش فلزات سنگین و دستگاه‌های جذب اتمی مختلف نیز در نتایج گزارش شده می‌تواند تأثیرگذار باشد.

در مطالعه حاضر غلظت روی در ماهی کوتر در نمونه‌های ساحلی نسبت به گونه‌های دیگر بالاتر بود. پایین‌ترین میزان این عنصر در ماهی شیر در نمونه‌های دریایی و ساحلی مشاهده شد. به طور کلی آبشش‌ها، کلیه و کبد، عمده‌ترین راه‌های جذب فلزات به بدن ماهیان می‌باشند (۲۵) و معمولاً بافت عضله دارای

www.SID.ir

Archive of SID

پایین‌ترین مقادیر فلزات سنگین در ماهیان می‌باشد (۲۴). پایین بودن تجمع زیستی فلزات سنگین در بافت عضله در نتیجه تطابق فیزیولوژیک ماهی با محیط اطراف همزمان با رشد ماهی است که این امر می‌تواند در حذف یا خنثی‌سازی عناصر سنگین در بافت عضله مؤثر باشد (۲۶).

علت اختلاف تجمع فلزات سنگین در تحقیقات مختلف با توجه به شرایط اکولوژیک و زیستی و فعالیت‌های متابولیکی متفاوت است و به محل زندگی، رفتار تغذیه‌ای، سطح غذا، سن، اندازه و فصل نمونه‌برداری، زمان ماندگاری فلزات سنگین و فعالیت‌های تنظیمی همئوستازی بدن ماهی نیز بستگی دارد (۲۸، ۲۷). روش سنجش فلزات سنگین و دستگاه‌های جذب اتمی مختلف نیز در نتایج گزارش شده می‌تواند تأثیرگذار باشد. بررسی‌ها نشان می‌دهد که هر تغییری که در میزان تجمع فلز در بافت‌های ماهی اتفاق می‌افتد، می‌تواند از عوامل مختلفی مانند ویژگی خودِ فلز، بافت 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 محیط‌زیست تأثیرپذیر باشد (۲۹، ۱۷).

در بخش دریایی به دلیل خاصیت جریان‌های دریایی، احتمالاً کاهش اثر فلزات سنگین وجود دارد، اما تشکیلات زمین‌شناسی و بافت صخره‌ای نوار ساحلی دریای عمان تا حد شیب قاره‌ای، سنگ‌های رسوبی و آذرینی است که دارای کانی‌های حاوی فلزی سنگین می‌باشد. همچنین احتمالاً علت این است که در خطوط ساحلی بندر چابهار فعالیت‌های کشتیرانی جهت صیادی و توسعه اقتصادی منطقه انجام می‌شود. همچنین فعالیت‌های صنعتی نظیر آبزی‌پروری و صنایع دیگر و ورود پساب‌های شهری و روستایی به آب‌های ساحلی می‌تواند باعث افزایش میزان کادمیوم در منطقه ساحلی شود. در سواحل چابهار نیز مانند سایر اکوسیستم‌های دریایی، تجمع فلزات سنگین در گونه‌های مختلف با توجه به زیستگاه آن‌ها و شرایط بیواکولوژی متفاوت است. مهم‌ترین منابع ورود سرب (۰/۰۳-۰/۰۲ میلی گرم در کیلوگرم) به آب‌های ساحلی در بندر چابهار، وجود لنج‌ها و کشتی‌های صیادی و تجاری فراوان و صنایع مختلف می‌باشد.

مقدار جذب روزانه، فاکتوری است که برای بررسی میزان جذب فلزات و دیگر آلاینده‌ها با توجه به وزن بدن به کار برده می‌شود (۱۲، ۱۱). میانگین غلظت کادمیوم در عضله ماهی شیربت ۰/۸۵ میکروگرم بر گرم وزن تر (۲/۹۴ میکروگرم بر گرم وزن خشک) گزارش شده است که این میزان پایین‌تر از حد استاندارد تعیین شده توسط سازمان‌های معتبر جهانی سازمان غذا و کشاورزی و سازمان بهداشت جهانی بود و شاخص خطر کمتر از ۱ (۰/۳۶) گزارش گردید که بر این اساس مصرف ماهی شیربت این منطقه خطر حادی برای مصرف کنندگان از نظر میزان کادمیوم در پی نخواهد داشت و برای حفظ سلامتی، میزان مجاز مصرف آن ۸۲ گرم در روز توصیه شده است (۳۰). در مطالعه پناهنده و همکاران (۲۰۱۳) غلظت فلزات به‌دست آمده در مقایسه با استانداردهای جهانی در دو گونه اردک ماهی و کپور معمولی در مورد مقدار سرب (به ترتیب ۰/۵۱، ۰/۳۱ میکروگرم بر گرم) از استاندارد سازمان بهداشت جهانی بیشتر به‌دست آمد و این در حالی است که محتوای دو عنصر کادمیوم و کروم در بافت عضله مقادیری پایین‌تر از حد استاندارد را نشان دادند، همچنین بر اساس نتایج گزارش شده، بیشترین میانگین دوز مصرف روزانه به عنصر سرب اختصاص داشت که در گونه اردک ماهی تالاب انزلی مشاهده شد (۱۵). همچنین در مطالعه چراغی و همکاران (۲۰۱۳) میانگین غلظت جیوه در عضله ماهی بیاح ۰/۲۶ میکروگرم بر گرم وزن تر (۰/۷۵ میکروگرم بر گرم وزن خشک) گزارش شد که این میزان پایین‌تر از حد استاندارد تعیین شده توسط سازمان‌های معتبر جهانی مانند سازمان غذا و کشاورزی، سازمان بهداشت جهانی، آژانس حفاظت محیط زیست آمریکا و سازمان غذا و داروی آمریکا بود. در این مطالعه شاخص خطر برای مصرف ماهی بیاح بیشتر از ۱ (۱/۱) بود که بر این اساس مصرف ماهی بیاح این منطقه خطراتی برای مصرف کنندگان از نظر میزان جیوه درپی خواهد داشت و برای

www.SID.ir

Archive of SID

حفظ سلامتی، میزان مجاز مصرف آن ۲۷ گرم در روز و یک وعده در هفته توصیه شده است (۱۴). میانگین غلظت جیوه در عضله میگوی پاسفید، میگوی سفید هندی، ماهی حلوا سیاه و خرچنگ دراز بازار تهران به ترتیب ۰/۳۲۳، ۰/۳۴۶، ۰/۳۳۱ و ۰/۱۱۳ میکروگرم بر گرم اندازه‌گیری شد که در حدود مقادیر استانداردهای اعلام شده توسط سازمان‌های جهانی نظیر سازمان غذا و کشاورزی، سازمان بهداشت جهانی و سازمان غذا و داروی آمریکا گزارش شده است. شاخص خطر برای همه گونه‌ها کمتر از ۱ به دست آمد، بنابراین مصرف این آبزیان خطر جدی برای سلامت مصرف‌کنندگان از نظر میزان جیوه محسوب نمی‌شود (۱۵). میانگین غلظت جیوه در عضله ماهی شوریده بندر ماهشهر ۰/۳۵۴ میکروگرم بر گرم گزارش شد که این میزان کمتر از حد استاندارد اعلام شده از سوی سازمان بهداشت جهانی و سازمان غذا و داروی آمریکا، اما بیشتر از حد استاندارد اعلام شده از سوی آژانس حفاظت محیط زیست آمریکا و وزارت کشاورزی – شیلات انگلستان بود. شاخص خطر بیشتر از ۱ و جذب روزانه و هفتگی جیوه با توجه به میزان سرانه مصرف هر ایرانی کمتر از مقادیر راهنمای ارائه شده از سوی سازمان جهانی بهداشت و سازمان غذا و داروی آمریکا گزارش شده است. بنابراین مصرف ماهی شوریده صید شده از منطقه مورد مطالعه ممکن است خطراتی برای سلامتی مصرف‌کنندگان آسیب‌پذیرتر مانند زنان باردار، جنین و کودکان به همراه داشته باشد (۱۳).

نتیجه‌گیری: میزان جذب فلزات سنگین در عضله ماهیان ساحلی بیش از نمونه‌های دریایی بود که در ماهی کوتر بالاترین غلظت عناصر و پس از آن در ماهی حلوا سیاه، شوریده و شیر به ترتیب غلظت‌های پایین‌تر مشاهده شد. لذا ماهی شیر سالم‌ترین گونه و ماهی کوتر از نظر نیکل آلوده بود، اما از نظر دوز مصرفی برای انسان خطر بهداشتی را به دنبال نداشت. میزان فلزات سنگین موجود در عضله ماهیان مورد مطالعه هیچ‌گونه خطری برای مصرف بزرگسالان در بر ندارد، اما برای کودکان باید مراقب بود.

تشکر و قدردانی

از تمامی همکاران محترم و دوستان گرامی که در تمامی مراحل انجام این پژوهش با تیم تحقیقاتی همکاری داشتند، کمال تشکر و قدردانی را دارم.

References

1. Dogan-Saglamtimur, N. and Kumbur, H. 2010. Metals (Hg, Pb, Cu and Zn) Bioaccumulation in Sediment, Fish, and Human Scalp Hair: A Case Study from the City of Mersin Along the Southern Coast of Turkey. Biological trace element research, 136 (1): 55-70.
2. Coulibaly, S., Celestin Atse, B., Mathias Koffi, K., Sylla, S., Justin Konan, K. and Joel Kouassi, N. 2012. Seasonal Accumulations of Some Heavy Metal in Water, Sediment and Tissues of Black-Chinned Tilapia Sarotherodon melanotheron from Bietri Bay in Ebrie Lagoon, Ivory Coast. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology, 88: 571–576.
3. 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.
4. Miloskovic, A. and Simic, V. 2015. Arsenic and Other Trace Elements in Five Edible Fish Species in Relation to Fish Size and Weight and Potential Health Risks for Human Consumption. Polish Journal of Environmental Studies, 24 (1): 199-206.
5. 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.
6. Qin, D., Jiang, H., Bai, S., Tang, S. and Mou, Z. 2015. Determination of 28 trace elements in three farmed cyprinid fish species from Northeast China. Food Control, 50: 1-8.
7. Asha, P. S., Krishnakumar, P. K., Kaladharan, P., Prema, D., Diwakar, K. and Valsalaand, K. K. G. 2010. Heavy metal concentration in sea water, sediment and bivalves off Tuticorin. Journal of Marin Biology Association India, 52(1): 48-54.
8. Ananth, S., Mathivanan, V., Aravinth S. and Sangeetha, V. 2014. Impact of Arsenic metal toxicant on biochemical changes in the grass carp, Ctenopharyngodon idella. International Journal of Modern Research and Reviews, 2 (2): 74-78.

www.SID.ir

Archive of SID

9. Derrag, Z., Dali, Y. and Mesli, L. 2014. Seasonal Variations Of Heavy Metals In Common Carp (CyprinusCarpio L., 1758) Collected From Sikkak Dam Of Tlemcen (Algeria) Journal of Engineering Research and Applications, 4 (1): 1-8.
10. Chien, L. C., Hung, T. C., Choang, K. Y., Yeh, C. Y., Meng, P. J., Shieh M. J., et al. 2002. Daily intake of TBT, Cu, Zn, Cd and As for fishermen in Taiwan. Journal of Science Total Environment, 285 (1-3): 177-185.
11. Storelli, M., 2008. Potential human health risks from metals (Hg, Cd, and Pb) and polychlorinated biphenyls (PCBs) via seafood consumption: Estimation of target hazard quotients (THQ. s) and toxic equivalents (TEQs). Food and Chemical Toxicology, 46: 2782-2788
12. Phuc Cam Tu, N., Ha, N. N., Ikemoto, T., Tanabe, B. C. S. T. and Takeuchi, I. 2008. Regional variations in trace element concentrations in tissues of black tiger shrimp Penaeus monodon (Decapoda: Penaeidae) from South Vietnam. Marine Pollution Bulletin, 57: 858-866.
13. Mardoukhi, S., Hosseini, S. V. and Hosseini, S. M. 2013. Risk to consumers from mercury in croaker (Otolithes ruber), from the Mahshahr port. Journal of Fisheries Science and Technology, 2 (3): 43-55. (Abstarct in English).
14. Cheraghi, M., Spergham, A. and Javanmardi, S. 2013. Determination of Mercury Concentration in Liza abu from Karoon River. Journal of Mazandaran University of Medical Sciences, 23 (103): 105-113. (Abstarct in English).
15. Panahandeh, M., Mansori, N., Khorasani, N., Karbasi, A. and Riyazi, B. 2013. Estimate of Exposure and Potential Hazard to Consumption of, Esox lucius, Cyprinus carpio, Chaleaiburnus chaleoide containing Lead, Cadmium and Chromium in the Indian borderingof Anzali Lagoon. Journal of Wetland Ecobiology, 5 (16): 83-90. (Abstarct in English).
16. Ahmadi Kordestani, Z., Hamidian, A., Hosseini, S. V. and Ashrafi, S. 2013. Risk assessment of mercury due to consumption of edible aquatic species. Journal of Marine Biology, 5 (17): 63-70. (Abstarct in English).
17. AskarySary, A. and Velayatzadeh, M. 2013. Bioaccumulation Lead and Zinc metals in the liver and muscle of Cyprinus carpio, Rutilus frisii kuttom and Liza auratus. Journal of Food Hygiene, 3 (1): 89-107. (Abstarct in English).
18. AOAC. (1995). Official methods of analysis, Association of official analytical chemists, INC., Arlington, Virginia, USA.
19. El-Safy, M. K. and Al-Ghannam, M. L. 1996. Studies on some heavy metal pollutants in fish of El-Manzala Lake. In: Proceedings of the Conference on Food Borne Contamination and Egyptians Health, Mansoura November 26-27: 151-180.
20. Nwani, C. D., Nwachi, D. A., Okogwu, O. I., Ude, E. F. and Odoh, G. E. 2010. Heavy metals in fish species from lotic freshwater ecosystem at Afikpo, Nigeria. Journal of Environmental Biology, 31 (5): 595-601.
21. 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. Journal of Environmental Monitoring and Assessment, 185:1137–1150.
22. 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.
23. Laimanso, R. Y., Cheung, R. Y. and Chan, K. W. 1999. Metal concentrations in the tissues of Rabbitfish (Siganus oramin) collected from Tolo Harbour and Victoria Harbour in Hong kong. Journal of Marine Pollution Bulletin, 39: 234.
24. 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. Journal of Sciences Total Environment, 256: 87-94.
25. Newman, M. C. and Unger, M. A. 2003. Fundamentals of ecotoxicology. CRC Press, 458 P.
26. Heath, A. G. 1987. Water pollution and fish physiology. (2nd ed.). CRC. Press. Boston, USA. 245 P.
27. Yi, Y.J. and Zhang, S.H. 2012. The relationships between fish heavy metal concentrations and fish size in the upper and middle reach of Yangtze River. Procedia Environmental Sciences, 13: 1699 –1707.
28. Razavi, N.R., Arts, M.T., Qu, M., Jin, B., Ren, W., Wang, Y. and Campbell, L.M. 2014. Effect of eutrophication on mercury, selenium, and essential fatty acids in Bighead Carp (Hypophthalmichthys nobilis) from reservoirs of eastern China. Science of the Total Environment 499: 36–46.
29. Esmaili Sari, A., Nouri Sari, H. and Esmaili Sari, A. 2007. Mercury in Environment. Bazargan Publisher. Rasht. 226P. (In Persian).
30. Cheraghi, M., Pourkhabbaz, H. and Noriaei, M. H. 2012. Risk assessment of cadmium in Barbus grypus from Arvand River. Journal of Wetland Ecobiology, 4 (13): 75-82. (Abstarct in English).

www.SID.ir