Archive of SID

نشریه دامپزشکی
در
پژوهش و سازندگی شماره ۱۰۶ بهار ۱۳۹۴

تعیین غلظت جیوه در گونه سیاه‌ماهی *(Capoeta capoeta)* در رودخانه زرین‌گل، استان گلستان

• **حسن ملوندی (نویسنده مسئول)**
دانشجوی دکتری محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس مازندران، نور
دانشگاه آزاد اسلامی، واحد سبزوار، باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان، سبزوار
• **عباس اسماعیلی ساری**
استاد گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس، مازندران، نور
• **منصور علی آبادیان**
دانشیار گروه پژوهشی نوآوری‌های زیستی جانورشناسی، مرکز جانورشناسی کاربردی، دانشکده علوم، دانشگاه فردوسی مشهد

تاریخ دریافت: دی ماه ۱۳۹۲ تاریخ پذیرش: شهریور ماه ۱۳۹۳
Email: hmalvandi@gmail.com

چکیده

در این مطالعه غلظت جیوه گونه سیاه‌ماهی (*Capoeta capoeta*) در رودخانه زرین گل واقع در استان گلستان از سه ایستگاه ارائه شده است. میانگین غلظت جیوه در بافت عضله از ایستگاه‌های شماره ۱، ۲ و ۳ به ترتیب برابر با ۱۹/۳۲ ± ۱۷۳/۷۹، ۷/۶۱ ± ۱۵۳/۱۱ و ۱۲/۶۹ ± ۱۷۲/۲۵ نانو گرم بر گرم وزن خشک بود. هیچ اختلافی معنی‌داری بین ایستگاه‌ها مشاهده نشد و همچنین هیچ همبستگی معنی‌داری بین وزن بدن، طول کل و طول استاندارد با مقادیر جیوه بدست نیامد ($p>0/05$). همه نمونه‌ها میانگین کمتر از حداکثر حد توصیه شده جیوه برای مصرف انسان توسط سازمان بهداشت جهانی (WHO)، آژانس حفاظت محیط زیست (EPA)، کمیته کارشناسی مواد افزودنی غذا (JECFA)، سازمان خواروبار و کشاورزی (FAO) و اداره استاندارد چین (SAC) داشتند. در ضمن، به نظر می رسد این مطالعه، اولین تحقیق انجام شده روی گونه سیاه‌ماهی با این اهداف باشد.

کلمات کلیدی: آلودگی، جیوه، سیاه ماهی، زرین گل، گلستان، فلزات سنگین

www.SID.ir

Archive of SID

Veterinary Journal (Pajouhesh & Sazandegi) No 106 pp: 50-57

The Determination of Khramulia *Capoeta capoeta* Mercury Concentration in Zarrin Gol River, Golestan Province

By: Malvandi, H., (Corresponding Author), Department of Environment, Faculty of Natural Resources and Marine Science, Tarbiat Modares University, Noor, Mazandaran, Iran. Young Researchers and Elite Club, Sabzevar Branch, Islamic Azad University. Sabzevar, Iran. Esmaili Sari, A. Department of Environment, Faculty of Natural Resources and Marine Science, Tarbiat Modares University, Noor, Mazandaran, Iran. Aliabadian, M. Research Department of Zoological Innovations, Institute of Applied Zoology, Faculty of Science, Ferdowsi University of Mashhad (FUM), Mashhad, Khorasan Razavi, Iran.

Email: hmalvandi@gmail.com

Received: January 2013 **Accepted: July 2013**

In this paper, the concentrations of mercury in the khramulia (*Capoeta capoeta*) from three stations of the Zarrin Gol River of the province of Golestan are presented. The average of mercury levels in muscle tissue from the stations of 1, 2 and 3 were 173.79 ± 19.32, 153.11± 7.61 and 172.25± 12.69 ng/g dry weight, respectively. No Significant difference was observed in the mean concentrations of Hg among the stations and also no correlations among body weight total length and standard length and Hg were detected in this study ($p > 0.05$). All samples had mean mercury concentration less than recommended maximum Hg limit for human consumption set by World Health Organization (WHO), Environmental Protection Agency (EPA), Expert Committee on Food Additives (JECFA), Food and Agriculture Organization (FAO) and the Standardization Administration of China (SAC). It seems this is first study on Capoeta capoeta species with this point of view.

Key words: Pollution, Mercury, *Capoeta capoeta*, Zarrin Gol, Golestan

مقدمه

آلودگی جیوه هنوز هم به عنوان یکی از عوامل نگرانی سلامت عمومی و زیست محیطی در کشورهای توسعه یافته و هم در حال توسعه محسوب می شود. نگرانی بین المللی در مورد این ماده شیمیایی به واسطه تصمیم گرفته شده توسط برنامه محیط زیست سازمان ملل (UNEP) در سال ۲۰۰۹ برای مذاکره درباره یک ابزار قانونی بین المللی برای کنترل جهانی آلودگی جیوه برجسته شده است. چارچوب قانونی اتحادیه اروپا روی دو جنبه کلیدی حفاظت از محیط زیست و سلامت انسان متمرکز است. جیوه و ترکیبات آن به عنوان مواد خطرناک طبقه بندی شده اند که باید از تمام خروجی ها و انتشارات حذف شده و برای حفاظت از بدنه های آبی مقادیر آن کاهش یافته و یا به صفر برسد (Miniero و همکاران، ۲۰۱۳).

آلودگی جیوه در موجودات آبی بدلیل فرایندهای تجمع زیستی و بزرگنمایی زیستی در طول زنجیره غذایی افزایش یافته که ممکن است غلظت آلاینده از چندین هزار برابر از آب به ماهی افزایش یابد. سمیت جیوه در ماهی ها تا حد زیادی ناشناخته است، اما مطالعات اخیر اثرات فیزیولوژی و عصب شناسی را نشان داده است. به هرحال آلودگی جیوه در جوامع انسانی مصرف کننده ماهی مشاهده شده، که این امر سبب افزایش نگرانی های جهانی شده است. (Pouilly و همکاران، ۲۰۱۲). خطرات سلامتی جیوه در حدی است که حتی در معرض بودن با مقادیر اندک آن بویژه در زنان باردار و کودکان می تواند پیامد های خطرناکی را در بر داشته باشد و می تواند حوادث ناگواری همچون حادثه میناماتا را بوجود آورد (Salar Amoli و Ali Esfahani, ۲۰۰۹). اثرات دیگری همچون ضایعات سیستم عصبی مرکزی، صدمات مغزی جنینی، اختلال در عملکرد طبیعی سیستم تنفسی، گردش خون، تولید مثل و اختلالات بافتی در موجودات زنده را نیز می‌توان بیان کرد (Salar Amoli و Ali Esfahani, ۲۰۰۹, Khoshnamvand, Kaboudvandpour, Ghiasi و Bahramnejad, ۲۰۱۱).

ماهی منبع کم چرب عالی از پروتئین برای انسان ها بوده که فواید بسیار زیادی فراهم می کند از قبیل اسید های چرب امگا-۳ که میزان کلسترول و بروز سکته مغزی، بیماری قلبی و زایمان زودرس را کاهش می دهد. به هر حال برخی از ماهی ها همچنین حاوی آلاینده هایی از قبیل جیوه بوده که می تواند به عنوان آسیبی برای سلامت انسان مطرح شوند (Burger و Gochfeld, ۲۰۰۶).

به واسطه اهمیت سلامتی و خطرات ناشی از جیوه، بسیاری از محققان و پژوهشگران در کشورهای مختلف بصورت مقطعی یا دراز مدت به سنجش و پایش این آلاینده در ماتریس های مختلف، بویژه در ماهی که راه اصلی در معرض بودن انسان با جیوه است، می پردازند (Depew, Burgess و Campbell, ۲۰۱۳؛ Neff, Robinson و Bhavsar, ۲۰۱۳).

ماهی‌ها می توانند به دلیل ذیل ابزار مناسبی برای پایش آلودگی جیوه باشند:

دسترسی نسبتاً آسان (خریداری از بازارها و بنادر یا سوپر مارکت ها)

www.SID.ir

Archive of SID

و یا صید نسبتاً آسان، تجمع زیستی و بزرگنمایی زیستی جیوه در آن ها و همچنین به عنوان مهمترین و اصلی ترین منبع در معرض بودن انسان با این آلاینده می باشند (Greenfield و Jahn, ۲۰۱۰).

گونه سیاه ماهی *Capoeta capoeta* از خانواده کپور ماهیان و همچنین از ماهیان بومی ایران محسوب شده که در تمام رودخانه های آب شیرین حوضه جنوبی دریای خزر و دریاچه ارومیه پراکنش دارد. این گونه به لحاظ ماهی گیری در آب های داخلی، صید ورزشی و مطالعات بیوسیستماتیک جانوری نیز حائز اهمیت می باشد (Anvarifar و همکاران، ۲۰۱۲). در این مطالعه گونه سیاه ماهی بنا به دلایل ذکر شده بالا و به دلیل مصرف غذایی و همچنین پراکنش وسیع انتخاب گردید.

هدف از این تحقیق اندازه گیری غلظت جیوه در بافت عضله گونه سیاه ماهی در طول رودخانه زرین گل، بررسی انطباق آنها با مقادیر نظارتی (استانداردها) بین المللی و همچنین ارزیابی خطر بالقوه فلز جیوه برای سلامتی انسان می باشد. در این تحقیق، برای اولین بار آلودگی فلز جیوه در گونه سیاه ماهی بررسی می شود.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

رودخانه زرین گل در استان گلستان قرار داد. این رودخانه به طول ۲۲ کیلومتر و با بستر سنگی- شنی به عنوان یکی از سرشاخه های رودخانه گرگان رود، در عرض شمالی ۵۷' ۳۷° و طول شرقی ۵۲' ۳۶° می باشد و پس از عبور از مناطق کوهپایه ای شرق شهرستان علی آباد کتول به سمت شمال جریان داشته و به رودخانه گرگان رود می پیوندد و در نهایت از طریق این رودخانه به دریای خزر منتهی می شود. بیشترین دبی آب رودخانه ۱۷/۹ متر مکعب در ثانیه در اردیبهشت، کمترین دبی آب ۰/۴۴ متر مکعب در ثانیه در مرداد و میانگین دبی آب رودخانه ۲/۱۷ متر مکعب در ثانیه می باشد. اسیدتیه آب رودخانه ۸-۷ و حرارت آب بین ۱۸-۱۰ درجه سانتی گراد متغیر است (Patimar و Abdoli, ۲۰۰۹).

نمونه برداری

نمونه برداری از گونه سیاه ماهی در بهار ۱۳۹۲ از رودخانه زرین گل انجام شد. مشخصات و موقعیت ایستگاه های نمونه برداری به ترتیب با طول و عرض جغرافیایی برای ایستگاه های ۱، ۲ و ۳ برابر با "۵۲/۳۴۸۲ ´ ۰۱ °۵۵، "۵۱/۰۱۵۶ ´ ۴۸ °۳۶ ، " ۴۱/۱۵۴۶ ´ ۰۰ °۵۵، "۳۳/۲۷۶۰ ´ ۴۹ °۳۶ و "۱۸/۱۱۱۶ ´ ۵۴ °۵۴، " ۰۸/۵۲۰۶ ´ ۰۰ °۳۷ بودند. تعداد ۲۵، ۱۲ و ۲۵ قطعه ماهی به ترتیب از ایستگاه های شماره ۱، ۲ و ۳ صید شده و سپس به دانشکده منتقل و تا زمان آماده سازی در سردخانه در دمای ۲۰- درجه سانتیگراد نگه داری شدند.

آماده سازی نمونه ها

برای آنالیز جیوه در بافت عضله، ۴ تا ۵ گرم از بافت مورد نظر جدا شده و در ظروف پتری دیش قرار داده شدند. سپس آن ها را برای مدت ۲۴ ساعت دردستگاه منجمد-خشک کننده (Freeze-dried) قرار داده تا کاملاً خشک شوند. نمونه بعد از آسیاب شدن، آماده تزریق به دستگاه خواهند شد (Haynes, Carter, Gaus, Müller و Dennison, ۲۰۰۵). برای اندازه گیری میزان جیوه از دستگاه LECO، Advanced254d Mercury Analyzer روش استاندارد شماره 6722-ASTM D استفاده شد.

شاخص خطر

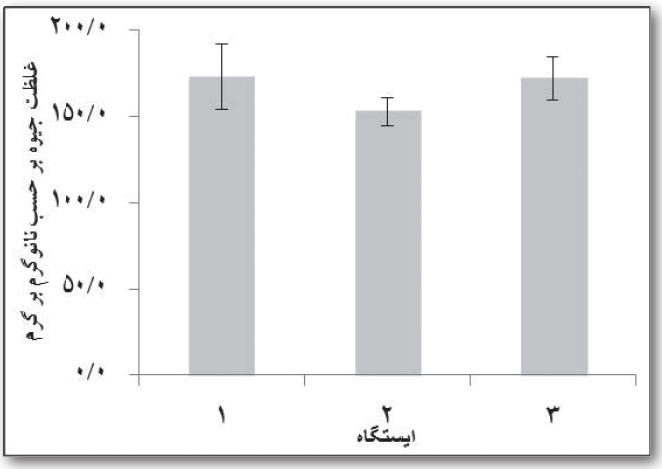
خطرات سلامتی مرتبط با مصرف فلزات بوسیله مقدار شاخص خطر (HQ) برای آن عنصر محاسبه می شود. اگر میزان HQ کمتر از ۱ باشد بدان معنی است که جمعیت در معرض بعید است اثرات مخرب مشهودی را تجربه کند. شاخص خطر بر اساس معادله زیر محاسبه گردید:

$$HQ = \left(\frac{EF \times ED \times FIR \times C}{RFD \times WAB \times TA}\right) \times 10^{-3}$$

EF یعنی فراوانی در معرض بودن (۳۶۵ روز/ سال)، ED مدت در معرض بودن (۷۰ سال) معادل میانگین طول عمر، FIR میزان مصرف مواد غذایی (۳۶ گرم/شخص/روز)، C غلظت فلز در گونه (میکروگرم بر گرم)، RFD دوز رفرنس USEPA ($\mu g\ Hg\ kg\ bw^{-1}\ d^{-1}$ ۰/۱) یا جذب قابل قبول روزانه WHO ($\mu g\ Hg\ kg\ bw^{-1}\ d^{-1}$ ۰/۱)، WAB میانگین وزن بدن (Kg ۶۰) و TA میانگین زمان در معرض بودن برای غیرسرطان زاها (۳۶۵ days/ year × ED) (Liu و همکاران.، ۲۰۰۹؛ Bonsignore و همکاران، ۲۰۱۳).

نتایج

در شکل ۱ میانگین مقادیر جیوه در بافت عضله سیاه ماهی از ایستگاه های رودخانه زرین گل نشان داده شده است. میانگین غلظت جیوه در ایستگاه شماره ۱، ۲ و ۳ به تر تیب برابر با ۱۹/۳۲ ± ۱۷۳/۷۹، ۷/۶۱ ± ۱۵۳/۱۱ و ۱۲/۶۹ ± ۱۷۲/۲۵ نانوگرم برگرم وزن خشک بود. نتایج نشان داده که غلظت جیوه در ایستگاه شماره ۱ ، ۲ و ۳ به ترتیب در دامنه ی ۱۲۲/۵۵ تا ۲۱۸/۸۷، ۱۰۸/۹۹ تا ۲۴۳/۰۹ و ۸۴/۷۱ تا ۳۲۱/۸۶ نانوگرم بر گرم وزن خشک می باشد. نتایج حاصل از آنالیز واریانس یک طرفه داده ها نشان داد که میانگین غلظت جیوه در ایستگاه های مختلف اختلاف



شکل ۱- غلظت جیوه در بافت عضله سیاه ماهی از ایستگاه‌های رودخانه زرین گل

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱- نتایج تجزیه و تحلیل واریانس یک طرفه میزان جیوه در سیاه ماهی از ایستگاه های مختلف

منابع تغییرات	مجموع مربعات	درجه ی آزادی	میانگین مربعات	مقدار آماره ی F	سطح معنی داری
بین گروه ها	۴۶۹۵/۱۳۳	۲	۲۳۴۷/۵۶۷	۰/۹۹۳	۰/۳۷۸
داخل گروه ها	۱۱۱۱۳۴/۰۴۵	۴۷	۲۳۶۴/۵۵۴	۵/۳±۱/۸ b	
مجموع	۱۱۵۸۲۹/۱۷۸	۴۹			

جدول۲- مشخصه های زیست سنجی سیاه ماهی از رودخانه زرین گل

ایستگاه	متغییر	میانگین	انحراف معیار	حداقل	حداکثر
۱	طول کل (cm)	۴/۹	۷/۲	۱/۶	۱۸/۲
	طول استاندارد (cm)	۶/۶	۱۲/۱	۱/۴	۱۶/۹
	وزن (gr)	۱۴/۶۷	۲۵/۳۷	۴/۲۲	۷۰/۵۱
۲	طول کل (cm)	۱۵/۰	۱/۷	۱۳/۱	۱۷/۱
	طول استاندارد (cm)	۱۲/۴	۱/۷	۱۰/۸	۱۴/۲
	وزن (gr)	۱۷/۰۴	۱۶/۵۴	۴/۱۰	۶۲/۲۷
۳	طول کل (cm)	۱۴/۹	۱/۵	۱۲/۴	۱۷/۶
	طول استاندارد (cm)	۱۲/۳	۱/۲	۱۰/۵	۱۴/۹
	وزن (gr)	۴۰/۰۲	۱۲/۶۲	۲۲/۴۷	۶۸/۴۴

معنی داری ندارند (جدول ۱).

مشخصات زیست سنجی سیاه ماهی در ایستگاه های مختلف در جدول ۲ بیان شده است. غلظت جیوه در بافت عضله با متغییر های زیستی وزن کل، طول کل و طول استاندارد همبستگی معنی داری نشان نداد ($p>0/05$).

شاخص خطر (HQ) نیز برای ایستگاه های ۱، ۲ و ۳ به ترتیب برابر با $2/27\times10^{-4}$، $1/84\times10^{-4}$ و $2/24\times10^{-4}$ بر اساس دوز رفرنس EPA و $9/88\times10^{-5}$، $8/01\times10^{-5}$ و $9/74\times10^{-5}$ بر اساس جذب قابل قبول روزانه WHO بود.

بحث

هر چند مقادیر غلظت جیوه در ایستگاه های ۱ و ۳ بیشتر از ایستگاه ۲ بود، اما تجزیه و تحلیل آماری تفاوت معنی داری را در بین ایستگاه های نشان نداد. عدم وجود اختلاف در بین ایستگاه های مورد مطالعه می تواند ناشی از یک نواخت بودن دینامیک آب در رودخانه مورد مطالعه باشد (Cheraghi, Pourkhabbaz و Javanmardi, ۲۰۱۳).

برای ارزیابی عواملی که می تواند میزان بار بدن جیوه را در تحت تاثیر قرار دهد، روابط بین غلظت آلاینده و مشخصه های زیست سنجی از قبیل وزن کل، طول کل و طول استاندارد مورد مطالعه قرار گرفت. در این مطالعه بین مشخصه های ذکر شده و مقادیر جیوه همبستگی معنی داری مشاهده نشد ($p>0/05$). با این حال ارتباطات فوق توسط سایر محققین نیز مورد بررسی قرار گرفته است. در مطالعه انجام شده در سواحل برزیل ارتباط مثبتی بین جیوه و اندازه ماهی Whithmouth croaker (*Micropogonias furnieri*) بدست آمده است (Kehrig, Malm و Moreira, ۱۹۹۸). در آمریکا نیز همبستگی خوبی بین اندازه و میزان جیوه در ماهی Red drum (*Sciaenops ocellatus*) مشاهده شده است (Adams و Onorato, ۲۰۰۵). Storelli و همکاران به ترتیب در سال‌های ۲۰۰۲ و ۲۰۰۷، همبستگی قوی بین اندازه ماهی و میزان آلودگی در ماهی‌های *Xiphias gladius* (swordfish) و (*Thunnus*) Bluefin tuna *thynnus* از دریای مدیترانه و در ۷ گونه از ماهیان دریای ادریاتیک بدست آورده اند. Burger و Gochfeld (۲۰۱۱) همبستگی مثبت معنی داری را در ۱۰ گونه از ماهیان مشاهده کرده‌اند (Burger ۲۰۱۱ و Gochfeld). همچنین در دو گونه ماهی کپور معمولی و نقره ای همبستگی مثبت و معنی داری با وزن و طول بدست آمده است (Khoshnamvand و همکاران ۲۰۱۱).

در مقابل در مطالعه‌ای که در فلوریدا انجام شد، هیچ ارتباط

www.SID.ir

Archive of SID

معنـی داری بیـن میـزان جیوه با طول و وزن بدن ماهی مشـاهده نشـد (Miniero و همـکاران، ۲۰۱۳). همچنیـن هیچ ارتباطـی بین طول ماهی *Oncorhynchus clarkii* Cutthroat Trout و غلظت جیوه در دریاچه What-com و Samish مشاهده نشده است (Paulson, ۲۰۰۴). در برخی مطالعات بین میزان جیوه با برخی مشخصه های زیستی همبستگی وجود داشته و با برخی دیگر همبسـتگی مشاهده نشده است (Taheriazad, Esmaile Sari, و Razaie Tavabe, ۲۰۰۵).

در کل هر چند انتظار می رود که با افزایش وزن و طول نمونه ها میزان آلاینده جیوه نیز به واسطه خاصیت تجمع زیستی آن نیز افزایش پیدا کند، امـا تحقیق حاضر و برخی از تحقیقات نشـان دادند که ارتباط مشـخصی و ثابتی بین آلاینده و مشـخصات زیسـت شـناختی در گونه های مختلف وجود ندارد و نتایج ضد و نقیضی مشـاهده می شـود. این امر بیان کننده این موضوع اسـت که ارتباط بار آلاینده و مشـخصه های زیست شناسی از قاعده و اصول مشـخصی پیروی نمی کند و برای نتیجه گیری بهتر، نیاز به مطالعات بیشتر با تعداد نمونه های زیادتر می باشد.

با توجه به اینکه میزان جیوه در گونه سـیاه ماهی *Capoeta capoeta* در ایـن مطالعـه، برای اولین بار در دنیا اسـت که اندازه گیری می شـود. بنابراین امکان مقایسـه آن با مقادیر گزارش شـده در همین گونه با سـایر مطالعات مقدور نمی باشـد، در نتیجه در جدول (۳)، غلظت جیوه در گونه سـیاه ماهی با سایر گونه ها از نقاط مختلف مقایسه شده است. نتایج نشان می دهـد که میانگین غلظت جیوه در اکثر مطالعات بیشـتر از مقادیر این مطالعه اسـت، اما به دلیل تفاوت در سـن، رژیم غذایی، تکنیک های مورد اسـتفاده، زیسـتگاه و همچنین بخاطر تفاوت خانواده هـا و متابولیک های آن ها، مقایسه بین گونه ها باید با احتیاط بیشتری صورت گیرد.

برای تعیین میزان سمیت و خطرناک بودن مقادیر جیوه در گونه مورد مطالعه، این غلظت ها با اسـتانداردهای ارائه شده توسط سازمان خوارو بار جهانی (FAO)، سـازمان بهداشت جهانی (WHO)، کمیته کارشناسی مواد افزودنی غذا (JECFA) و اداره اسـتاندارد چین (SAC) با مقدار µg/g ww ۰/۵ و مقدار تعیین شـده توسط سازمان محیط زیست آمریکا (EPA) برابر با ۰/۳ µg/g ww مقایسـه شـده اسـت. در کل غلظت جیوه در این مطالعه پایین تر از اسـتانداردها مذکور بود که این امر نشـان دهنده سالم بودن و امن بودن این منبع غذایی از جنبه آلاینده جیوه می باشـد، هر چند نتیجه گیری جامع تر نیازمند سنجش سایر آلاینده ها نیز می باشد.

برای ارزیابی خطر سـمیت جیوه، علاوه بر مقایسـه با اسـتانداردهای موجود، میزان شـاخص خطر (HQ) نیز محاسـبه شد. شاخص خطر (HQ) روشـی اسـت که اطلاعات اولیه در مورد میزان خطر سلامتی در نتیجه در معرض بودن با آلاینده را بیان می کند. شاخص خطر بیشتر ازمقدار ۱ نشان دهنده خطر بالقوه برای سـلامتی است (Bonsignore و همکاران، ۲۰۱۳). با توجه به مقادیر پایین شـاخص خطر به دسـت آمده در این مطالعه هیچ محدودیت و خطری برای مصرف این گونه مشاهده نمی شود.

در نهایـت می تـوان چنین بیان کرد که مطالعـه حاضر اولین تحقیق صورت گرفته در مورد آلودگی جیوه در گونه سیاه ماهی می باشد که نتایج نشـان دهنده این بود که مقادیر جیوه پایین تر از استاندارد های ارائه شده برای این آلاینده اسـت و در نتیجه از این جنبه منبعی امن و سـالم برای مصرف انسانی می باشد. هر چند که نتیجه گیری جامع تر نیازمند سنجش سـایر آلاینده ها در این گونه می باشـد. همچنین با توجه به مقادیر پایین جیوه، می توان گفت که احتمالاً بیشـتر مقادیر جیوه از منابع طبیعی وارد رودخانه می شود و از منابع انسانی احتمالی می توان به رواناب های حاوی جیوه از سکونت گاه های انسانی و فعالیت های مرتبط با این آلاینده اشاره کرد.

تشکر و قدردانی

از جنـاب مهندس جابر اعظمی، مجتبی هادویفر، رضا قوسـی، محمد آخونـدی، طوبی محمدیان، شـهره علی دوسـت و خانـم کاظمی به دلیل کمک‌های صمیمانه و بی دریغشان کمال تشکر را دارم.

منابع مورد استفاده

1- Adams, D. H., & Onorato, G. V. (2005). Mercury concentrations in red drum, *Sciaenops ocellatus*, from estuarine and offshore waters of Florida. Marine pollution bulletin, 50(3), 291-300.

2 - Agarwal, R., Kumar, R., & Behari, J. (2007). Mercury and lead content in fish species from the river Gomti, Lucknow, India, as biomarkers of contamination. Bulletin of environmental contamination and toxicology, 78(2), 118-122.

3 - Anvarifar, H., Farahmand, H., Nematollahi, M.A., Rahmani, H., Karami, M., Khalili, B. (2012). Association analysis between morphometric and RAPD markers in siah mahi, *Capoeta capoeta gracilis*, within tajan river. New genetics, 7(2), 165-173.

4 - Ashja Ardalan, A., Sohrabi, M. R., Mirheydari, S. M., & Abdollah Beigi, H. (2009). Determination of Hg, Pb, Zn, Cu in muscle and liver of tissue of European perch (*Perca fluviatilis*) in areas of Abkenar and Sheyjan of Anzali Lagoon in spring. Journal of Marine Science and Technology Research, 4(2), 47-60.

5 - Askary Sary, A., Javahery Baboli, M., Mahjob, S., & Velayatzadeh, M. (2012). The comparison of heavy metals (Hg, Cd, Pb) in the muscle of Otolithes ruber in Abadan and Bandar Abbas Ports, the Persian Gulf. Iranian Scientific Fisheries Journal, 21(3), 99-106.

6 - Bonsignore, M., Salvagio Manta, D., Oliveri, E., Sprovieri, M., Basilone, G., Bonanno, A., et al. (2013). Mercury in fishes from Augusta Bay (southern Italy): risk assessment and health implication. Food and Chemical Toxicology.

www.SID.ir

Archive of SID

7 - Burger, J., & Gochfeld, M. (2006). Mercury in fish available in supermarkets in Illinois: are there regional differences. Science of the total environment, 367(2), 1010-1016.

8 - Burger, J., & Gochfeld, M. (2007). Risk to consumers from mercury in Pacific cod (*Gadus macrocephalus*) from the Aleutians: Fish age and size effects. Environmental Research, 105(2), 276-284.

9 - Burger, J., & Gochfeld, M. (2011). Mercury and selenium levels in 19 species of saltwater fish from New Jersey as a function of species, size, and season. Science of the Total Environment, 409(8), 1418-1429.

10 - Cheraghi, M., Pourkhabbaz, H., & Javanmardi, S. (2013). Determination of Mercury Concentration in Liza abu from Karoon River. Journal of Mazandaran University of Medical Sciences (JMUMS),19(4), 97-106.

11- Depew, D. C., Burgess, N. M., & Campbell, L. M. (2013). Modelling mercury concentrations in prey fish: Derivation of a national-scale common indicator of dietary mercury exposure for piscivorous fish and wildlife. Environmental Pollution, 176, 234-243.

12 - Greenfield, B. K., & Jahn, A. (2010). Mercury in San Francisco Bay forage fish. Environmental Pollution, 158(8), 2716-2724.

13 - Haynes, D., Carter, S., Gaus, C., Müller, J., & Dennison, W. (2005). Organochlorine and heavy metal concentrations in blubber and liver tissue collected from Queensland (Australia) dugong (Dugong dugon). Marine pollution bulletin, 51(1), 361-369.

14 - Kehrig, H., Malm, O., & Moreira, I. (1998). Mercury in a widely consumed fish Micropogonias furnieri (Demarest, 1823) from four main Brazilian estuaries. Science of the total environment, 213(1), 263-271.

15 - Khoshnamvand, M., Kaboudvandpour, S., Ghiasi, F., & Bahramnejad, B. (2011). Comparison of Total Mercury Accumulation in Muscle Tissues of Common Carp (*Cyprinus carpio*) and Silver Carp (*Hypophthalmichtys molitrix*) from Sanandaj Gheshlagh Dam Journal of Environmental Studies, 36(4), 74-54.

16 - Liu, F., Ge, J., Hu, X., Fei, T., Li, Y., Jiang, Y., et al. (2009). Risk to humans of consuming metals in anchovy (Coilia sp.) from the Yangtze River Delta. Environmental geochemistry and health, 31(6), 727-740.

17 - Miniero, R., Beccaloni, E., Carere, M., Ubaldi, A., Mancini, L., Marchegiani, S., et al. (2013). Mercury (Hg) and methyl mercury (MeHg) concentrations in fish from the coastal lagoon of Orbetello, central Italy. Marine pollution bulletin, 76(1), 365-369.

18 - Neff, M. R., Robinson, J. M., & Bhavsar, S. P. (2013). Assessment of fish mercury levels in the upper St. Lawrence River, Canada. Journal of Great Lakes Research, 39(2), 336-343.

19 - Parvaneh, M., Khaivar, N., Nikpour, Y., & Nabavi, S. M. (2011). Heavy metals (Hg,Cd,Pb,Ni,Cu) concentrations in *Euryglossa orientalis* and sediments from Khur-e-Musa Creek in Khuzestan Province. Iranian Scientific Fisheries Journal, 20(1), 17-26.

20 - Patimar, R., & Abdoli, A. (2009). Fish species diversity of Zarrin-Gol River (East Alborz Mountain-Golestan Province). Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources, 16(2), 72-83.

21 - Paulson, A. J. (2004). Sources of Mercury in Sediments, Water, and Fish of the Lakes of Whatcom County, Washington: US Department of the Interior, US Geological Survey.

22 - Pouilly, M., Pérez, T., Rejas, D., Guzman, F., Crespo, G., Duprey, J.-L., & Guimarães, J.-R. D. (2012). Mercury bioaccumulation patterns in fish from the Iténez river basin, Bolivian Amazon. Ecotoxicology and environmental safety, 83, 8-15.

23 - Pourmoghaddas, H., & Shahryari, A. (2010). The concentration of lead, chromium, cadmium, nickel and mercury in three species of consuming fishes of Isfahan city. Health System Reseach, 6(1), 30-35.

24 - Salar Amoli, J., & Ali Esfahani, T. (2009). Determiantion of total mercury and the effects of reducing agent and sample weight on it in canned Tuna fish by atomic absorbtion hydride generation (HG-AAS. Journal of Veterinary Research, 63(4), 331-335.

25 - Sary, A., Khodadadi, M., & Mohammadi, M. (2011). Concentration of heavy metal (Cd, Pb, Ni, Hg) in muscle, gill and liver tissues of *Barbus xanthopterus* in Karoon River. Iranian scientific fisheries journal, 19(4), 97-106.

26 - Shahab Moghadam, F., Esmaeili Sari, A., Valinassab, T., & Karimabadi, M. (2010). Comparison of muscular tissue concentration of heavy metals in Sharpnose stinger (*Himantura gerrardi*) and Bigeye scade *(Selar crumenophthalmus)* of the Persian Gulf. Iranian scientific fisheries journal, 19(2), 85-94.

27 - Sharma, C. M., Basnet, S., Kang, S., Rosseland, B. O., Zhang, Q., Pan, K., et al. (2013). Mercury concentrations in commercial fish species of Lake Phewa, Nepal. Bulletin of environmental contamination and toxicology, 91(3), 272-277.

28 - Storelli, M., Stuffler, R., & Marcotrigiano, G. (2002). Total and methylmercury residues in tuna-fish from the Mediterranean sea. Food additives and contaminants, 19(8), 715-720.

29 - Storelli, M., Barone, G., Piscitelli, G., & Marcotrigiano, G. (2007). Mercury in fish: concentrations vs fish size and estimates of mercury intake. Food additives and contaminants, 24(12), 1353-1357.

30 - Taheriazad, L., Esmaile Sari, A., & Razaie Tavabe, K. (2005). Mercury content in the liver of Zander fish (*Sander lucioperca*)

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۳- مقادیر جیوه در بافت عضله گونه های ماهی از ایران و سایر نقاط جهان

گونه	میانگین	حداقل	حداکثر	منطقه مورد مطالعه	سال نمونه برداری	منبع
سرخو	۰/۲۲۴ [a]	۰/۱۳	۰/۳۲	اصفهان	-	(Pourmoghaddas & Shahryari, ۲۰۱۰)
شوریده	۰/۴۲ [a]	۰/۳۱	۰/۴۹	اصفهان	-	(Pourmoghaddas & Shahryari, ۲۰۱۰)
کپور	۰/۳۸۶ [a]	۰/۲۶	۰/۴۹	اصفهان	-	(Pourmoghaddas & Shahryari, ۲۰۱۰)
سوف حاجی طرخان	۰/۰۱۳ [b]	-	-	آبکنار	۱۳۸۷	(Ashja Ardalan, Sohrabi, Mirheydari, & Abdollah Beigi, ۲۰۰۹)
سوف حاجی طرخان	۰/۰۲۴ [b]	-	-	شیجان	۱۳۸۷	(Ashja Ardalan et al., ۲۰۰۹)
کپور معمولی	۰/۲۳۳ [a]	۰/۱۲۳	۰/۵۵۸	سد قشلاق سنندج	۱۳۸۸	(Khoshnamvand et al., ۲۰۱۱)
کپور نقره ای	۰/۳۶۷ [a]	۰/۱۴۰	۰/۷۸۰	سد قشلاق سنندج	۱۳۸۸	(Khoshnamvand et al., ۲۰۱۱)
بیاح	۰/۷۵ [a]	۰/۷۱	۰/۷۸	رودخانه کارون	۱۳۹۰	(Cheraghi et al., ۲۰۱۳)
سپرماهی چهار گوش	۰/۷۷ [a]	۰/۲۹	۱/۵۳	خلیج فارس	۱۳۸۷	(Shahab Moghadam, Esmaeili Sari, Valinassab, & Karimabadi, ۲۰۱۰)
گیش چشم درشت	۰/۲۰ [a]	۰/۱۵	۰/۵۷	خلیج فارس	۱۳۸۷	(Shahab Moghadam et al., ۲۰۱۰)
گطان	۱/۲۹ [a]	-	-	رودخانه کارون	۱۳۸۸	(Sary, Khodadadi, & Mohammadi, ۲۰۱۱)
کفشک گرد	۲/۳۵ [a]	-	-	خور موسی	۱۳۸۶	(Parvaneh, Khaivar, Nikpour, & Nabavi, ۲۰۱۱)
ماهی شوریده	۰/۰۵۶ [b]	-	-	بندر آبادان	۱۳۸۹	(Askary Sary, Javahery Baboli, Mahjob, & Velayatzadeh, ۲۰۱۲)
ماهی شوریده	۰/۰۵۸ [b]	-	-	بندر عباس	۱۳۸۹	(Askary Sary et al., ۲۰۱۲)
Pacific cod	۰/۱۷ [b]	۰/۰۰۸	۰/۸۶	Aleutians (آلاسکا)	-	(Burger & Gochfeld, ۲۰۰۷)
Shortfin mako	۱/۸۳ [b]	-	-	New Jersey	۲۰۰۳-۲۰۰۸	(Burger & Gochfeld, ۲۰۱۱)
Bluefish	۰/۳۵ [b]	-	-	New Jersey	۲۰۰۳-۲۰۰۸	(Burger & Gochfeld, ۲۰۱۱)
Atlantic Menhaden	۰/۰۱ [b]	-	-	New Jersey	۲۰۰۳-۲۰۰۸	(Burger & Gochfeld, ۲۰۱۱)
Guinean grunt	۰/۱۱۲ [b]	-	-	Ghana	۲۰۰۳-۲۰۰۴	(Voegborlo & Akagi, ۲۰۰۷)
Fieto	۰/۰۰۴ [b]	-	-	Ghana	۲۰۰۳-۲۰۰۴	(Voegborlo & Akagi, ۲۰۰۷)
Mangur	۰/۲۰۳ [b]	-	-	هند	-	(Agarwal, Kumar, & Behari, ۲۰۰۷)
Bam	۰/۲۷۷ [b]	-	-	هند	-	(Agarwal et al., ۲۰۰۷)
Tilapia	۰/۰۲ [b]	۰/۰۱	۰/۰۸	نپال	-	(Sharma et al., ۲۰۱۳)
Sahar	۰/۱۲ [b]	۰/۰۵	۰/۲۱	نپال	-	(Sharma et al., ۲۰۱۳)
سیاه ماهی	۰/۱۶۴ [a]	۰/۰۸۴	۰/۳۲۱	ایران	۱۳۹۲	مطالعه حاضر

a میکروگرم بر گرم وزن خشک

b میکروگرم بر گرم وزن تر

www.SID.ir

Archive of SID

in relation to length, weight, age and sex. Veterinary Journal, 22, 10-17.

31 - Voegborlo, R., & Akagi, H. (2007). Determination of mercury in fish by cold vapour atomic absorption spectrometry using an automatic mercury analyzer. Food Chemistry, 100(2), 853-858.

www.SID.ir