ارزیابی خطر فلز جیوه ناشی از مصرف ماهی شانک زرد باله (*Acanthopagrus latus*)

آزیتا کوشافر[۱]، محمد ولایت‌زاده[۲*]

۱. استادیارگروه محیط زیست، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران
۲. باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران
*نویسنده مسئول مکاتبات: mv.5908@gmail.com

(دریافت مقاله: ۹٤/۲/۲۲ پذیرش نهایی: ۹۵/٦/۲۳)

چکیده

در پژوهش حاضر با اندازه‌گیری غلظت جیوه کل با روش اسپکتروفتومتر جذب اتمی در نمونه‌های عضله ماهی شانک زرد باله (*Acanthopagrus latus*) رودخانه بهمن‌شیر خطر ناشی از مصرف این ماهی برای انسان ارزیابی شد. بدین منظور ۳۰ عدد ماهی از بندر چوئبده به‌صورت تصادفی تهیه شد. میانگین میزان جیوه در عضله ماهی شانک در منطقه مورد مطالعه ۰/۰۸±۰/۲٤ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن تر بود. نتایج نشان می‌دهد که میانگین میزان جیوه در عضله ماهی شانک از حد آستانه استانداردهای جهانی پایین‌تر است. با توجه به میزان مصرف سرانه ماهی در ایران، میزان جیوه‌ای که از طریق مصرف ماهی شانک زرد باله جذب بدن انسان می‌شود، حدود ۰/۰۰۰۰۸۵ میلی‌گرم در کیلوگرم در روز و ۰/۰۰۰۵۹۵ میلی‌گرم در کیلوگرم در هفته برای یک فرد بالغ با وزن ۷۰ کیلوگرم است. همچنین میزان شاخص خطر ماهی شانک زرد باله ۰/۸۵ می‌باشد که کمتر از ۱ است. حداکثر مصرف روزانه ماهی شانک زرد باله با میانگین غلظت ۰/۲٤ میلی‌گرم جیوه در کیلوگرم وزن تر برای مصرف‌کننده با میانگین وزن ۷۰ کیلوگرم، ۲۹ گرم در روز و ۲۰۳ گرم در هفته می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: ارزیابی خطر، جیوه، ماهی شانک زرد باله، عضله

Archive of SID

www.SID.ir

مقدمه

در میان فلزات سنگین جیوه به‌عنوان یک آلاینده جهانی مطرح شده است و از دیگر فلزات سمی‌تر می‌باشد، به‌همین دلیل احتمالاً بیشتر مطالعات آلودگی در مورد فلزات سنگین در جهان بر روی جیوه انجام شده است. جیوه عنصری است که در درجه حرارت معمولی به‌صورت مایع نقره‌ای رنگ، روان، فرار و ناپایدار که به‌صورت گاز، مایع و جامد دیده می‌شود و به‌دلیل سمیت بالا و تجمع در موجودات آبزی، از خطرناک‌ترین آلاینده‌های زیست‌محیطی می‌باشد. آلودگی جیوه در اکوسیستم‌های آبی روبه گسترش است و پیش‌بینی می‌شود که این افزایش باز هم ادامه یابد. فلز مسمومیت با جیوه در ماهیان موجب صدمه به کبد و کلیه می‌شود. هم‌چنین موجب نکروز سلول‌های پوششی، افزایش تعداد آن‌ها و ممانعت از فعالیت آنزیم آدنوزین‌تری‌فسفاتاز سدیم و پتاسیم، کاهش قابلیتتغییر شکل غشاهای گویچه‌های سرخ و تخریب زودرس این سلول‌ها و بالاخره تغییر فشار اسمزی می‌شود. جیوه اثر سوء بر تولیدمثل ماهی و تولید تخم نیز دارد. به‌علاوه سبب کاهش قدرت حیاتی اسپرماتوزوئید، کاهش قدرت بقا در تخم‌های لقاح‌یافته و بچه‌ماهیان نورس و نیز افزایش زمان تفریخ می‌شود (Esmaeili Sary *et al*., 2007; Bellassoued *et al*., 2013). مصرف ماهی عامل اصلی جذب جیوه توسط انسان از غذا است. در صورتی‌که ماهیان دارای مقادیر بیش از حد مجاز جیوه، به‌مقدار زیاد توسط انسان مصرف شوند سبب بروز بیماری خطرناکی با عوارض سیستم عصبی مرکزی در انسان می‌شوند که به‌نام بیماری میناماتا خوانده می‌شود (Askary Sary *et al*., 2010; Askary and Sary and Velayatzadeh, 2014). جیوه به‌طور طبیعی از طریق سنگ و خاک وارد آب‌های سطحی می‌گردد. فرآیند تصفیه فاضلاب نیز ممکن است جیوه را در آب منتشر نماید. آتشفشان‌ها نیز سهم قابل‌توجهی در انتشار جیوه در محیط‌زیست دارند. سوخت زغال‌سنگ، نفت و گاز از دیگر منابع انتشار جیوه هستند. هم‌چنین از طریق فرسایش تدریجی قاره‌ها وارد محیط‌های آبی می‌شود و با فعالیت کارخانه‌های صنعتی افزایش می‌یابد (Merian, 1991; Bahnasawy *et al*., 2011).

در مطالعه میزان جیوه را در بافت عضله دو گونه ماهی گل‌خورک (*Periophthalmus waltoni*) و ماهی کفشک زبان‌گاوی (*Cynoglossus arel*) صید شده از مناطق صیادی بندر امام‌خمینی و بندرعباس مطالعه نمودند (Askary Sary *et al*., 2010). از ماهی گل‌خورک و کفشک زبان‌گاوی به‌عنوان شاخص زیستی برای نشان دادن تأثیر جیوه سواحل بندر امام‌خمینی بر آبزیان این منطقه و مقایسه آن با سواحل بندرعباس استفاده شد. در بررسی دیگری میزان جیوه را در عضله و کبد دو گونه کفشک گرد (*Euryglossa orientalis*) و کفشک تیزدندان (*Psettodes erumei*) در دو منطقه صیادی بندرعباس و بندرلنگه تعیین نمود که غلظت جیوه در عضله هر دو گونه مذکور در دو منطقه صیادی بالاتر از استاندارد سازمان بهداشت جهانی (۰/۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم) بود که نشان از آلودگی مناطق

www.SID.ir

مورد مطالعه در خلیج‌فارس داشت (Khoshnod *et al*., 2010). در برخی مطالعات میزان شاخص خطر فلز جیوه در مصرف ماهیان نظیر ماهی شوریده (*Otolithes ruber*) و ماهی بیاح (*Liza abu*) بیشتر از ۱ گزارش شده است (Cheraghi *et al*., 2013; Mardokhi *et al*., 2013)، اما در مورد ماهی حلوا سیاه (*Parastromateus niger*) و ماهی سفید (*Rutilus frisii kutum*) شاخص خطر کمتر از ۱ تعیین گردیده است (Hosseini *et al*., 2011; Ahmadi Kordestani *et al*., 2013). در بررسی میزان جیوه بر روی ۲۱ گونه ماهی خلیج‌فارس، دریای‌خزر و تالاب انزلی مشخص شد که آلودگی ماهیان تالاب انزلی به جیوه بالاتر بود. هم‌چنین در بین ۲۱ گونه، ماهی کفشک گرد (*Euryglossa orientalis*) خلیج‌فارس بالاترین میزان جیوه (۵/۶۱ میلی‌گرم در کیلوگرم) را داشت که محدودیت مصرف را برای کودکان، زنان باردار و گروه‌های حساس ایجاد کرده است (Esmaeili Sary *et al*., 2011).

تفاوت در محتوای جیوه کل بین گونه‌های مختلف را می‌توان به سه عامل تفاوت‌های فیزیولوژیکی، مهاجرت و تفاوت در نوع و مقدار غذای مورد مصرف توسط جمعیت‌های یک گونه نسبت داد. تجمع جیوه در اندام‌های ماهیان نظیر عضله، آبشش، کلیه، استخوان‌ها، پوست، کبد و اندام‌های تناسلی به شکل شیمیایی جیوه در آب، رسوبات بستر و غذای ماهی، خصوصیات ساختاری و عملکردی ماهی، رژیم غذایی ماهی، خصوصیات فیزیکوشیمیایی زیستگاه، طول و وزن بدن ماهی، دما و کیفیت آب بستگی دارد (Dogan-Saglamtimur and Kumbur, 2010; Coulibaly *et al*., 2012).

هدف این تحقیق اندازه‌گیری غلظت جیوه عضله ماهی شانک زرد باله و مقایسه آن با حد آستانه برخی از استانداردهای جهانی و برآورد خطر ناشی از مصرف ماهیان آلوده بود.

مواد و روش‌ها

- نمونه‌برداری

در این تحقیق در تابستان سال ۱۳۹۳، ۳۰ نمونه ماهی شانک زرد باله به‌صورت کاملاً تصادفی از بندر چوئبده به‌وسیله تورهای گوشگیر رودخانه‌ای و توسط صیادان بومی منطقه صید 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.

- آماده‌سازی نمونه‌ها

ماهیان به‌وسیله جعبه‌های یونولیتی حاوی پودر یخ به آزمایشگاه انتقال داده شدند و در آزمایشگاه بافت عضله نمونه‌ها جدا گردید (ROPME, 1999). نمونه‌های به‌دست آمده دت ۱۲۰ تا ۱۵۰ دقیقه در آون با دمای ۶۵ درجه سلسیوس قرار گرفتند 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 اسید سولفوریک 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 به آرامی ۲۰ میلی‌لیتر مخلوط اسید نیتریک غلیظ و اسید پرکلریک غلیظ به نسبت ۱:۱ به نمونه اضافه شد، سپس مخلوط

Archive of SID
www.SID.ir

حرارت داده شد تا بخارات سفید رنگ اسید به‌طور کامل محو شد، مخلوط سرد شده و در حالی که بالن چرخانده می‌شد ۱۰ میلی‌لیتر آب مقطر از بالای مبرد به آرامی به آن اضافه شد. با حرارت دادن حدود ۱۰۰ دقیقه محلول کاملا شفافی به‌دست 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).

- سنجش جیوه

سنجش جیوه به روش جذب اتمی و سیستم هیبرید با کمک دستگاه Perkin Elmer 4100 انجام شد. حد تشخیص جیوه توسط این دستگاه جذب اتمی در حد ppb بود که دارای دقت حدود ۱۰۰۰ برابر سیستم شعله و کوره می‌باشد. صحت داده‌های به‌دست آمده با استفاده از روش Standard Addition بررسی گردید. در این روش ابتدا ماده مجهول آنالیز شد، سپس به چند ظرف که حاوی مقدار یکسانی از نمونه است، حجم‌های مشخصی از استاندارد اضافه شده و کروماتوگرام مربوط به هر مرحله را آنالیز و در نهایت ارتفاع یا سطح زیر پیک نمونه‌ها بر اساس حجم استاندارد اضافه شده رسم گردید. در نهایت با استفاده از روابط موجود می‌توان غلظت نمونه را محاسبه کرد. استفاده از این روش سبب حفظ بافت و ماتریس نمونه‌ها گردید که در نتیجه با این روش احتمال مزاحمت بافت (Matrix Interference) نمونه از بین برده شد (Rouessac and Rouessac, 2007). پس از تنظیم سیستم EDL (منبع تولید اشعه کاتدی) دستگاه و بهینه کردن دستگاه جذب اتمی منحنی کالیبراسیون جیوه به کمک استانداردهای این عنصر و ماتریکس مدیفایر پالادیم توسط نرم‌افزار WinLab32 رسم و مقدار جیوه در محلول‌های آماده‌شده اندازه‌گیری گردید (Ahmad and Shuhaimi-Othman, 2010; Olowu *et al*., 2010).

- محاسبه شاخص خطر

برای محاسبه شاخص خطر (Hazard quotient) ابتدا باید جذب روزانه فلز (Daily intake) را از طریق معادله (۱) محاسبه نمود (Kojadinovic *et al*., 2006; Zhanga *et al*., 2012).

معادله (۱):

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

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

C_m (Measured consumption): میانگین میزان جیوه در ماهی (میکروگرم در گرم)

IR (Ingestion rate): میزان مصرف ماهی (۲۵ گرم در روز) در منطقه مورد مطالعه (Iranian Fisheries Organization; 2014)

BW (Body weight): وزن بدن (۷۰ کیلوگرم برای یک فرد بالغ) (Hosseini *et al*., 2011)

پس از محاسبه جذب روزانه فلزات از طریق معادله (۲) شاخص خطر محاسبه گردید (Castilhos *et al*., 2006; Goldblum *et al*., 2006). شاخص خطر عبارت است از نسبت بین تماس یک آلاینده به دوز مرجع آن است که اگر کمتر از ۱ باشد، بیانگر آن است که مصرف ماهی اثر مضری بر سلامتی انسان ندارد (Ikemoto *et al*., 2008).

www.SID.ir

معادله (۲): $HQ = DI / RfD$

HQ: نسبت خطر

RFD (Reference dose): دوز مرجع جیوه (۰/۰۰۰۱ میلی‌گرم در کیلوگرم در روز) (Esmaeili Sary, 2002).

مقدار مجاز مصرف روزانه ماهی با توجه به میزان جیوه اندازه‌گیری شده در بخش خوراکی آن یعنی عضله از طریق معادله (۳) محاسبه گردید (Esmaili-Sari, 2011؛ USEPA, 2000):

معادله (۳): $CR_{lim}=(RFD \times BW)/ Cm$

CR_{lim}: حداکثر میزان مجاز مصرف در روز (کیلوگرم یا گرم در روز)

RFD: دوز مرجع یا مجموع جذب مجاز روزانه آلاینده (۰/۰۰۰۱ میلی گرم در کیلوگرم در روز)

BW: وزن بدن (۷۰ کیلوگرم برای یک فرد بالغ) (Hosseini *et al.*, 2011)

C_m: میانگین میزان جیوه در ماهی (میکروگرم در گرم)

- روش آزمون آماری

نتایج حاصل از این تحقیق با استفاده از نرم‌افزار آماری SPSS18 مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. ابتدا نرمال بودن داده‌ها با استفاده از آزمون کلموگروف ـ اسمیرنوف بررسی شد. سپس میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون t با یک نمونه با حد آستانه استانداردهای جهانی در سطح اطمینان ۹۵ مقایسه شد. همچنین جهت رسم جداول و نمودارها از نرم‌افزار Excel 2007 استفاده گردید.

یافته‌ها

میانگین و انحراف معیار میزان جیوه در عضله ماهی شانک در منطقه موردمطالعه ۰/۰۸±۰/۲٤ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن تر بود که در جدول (۱) با استانداردهای جهانی مقایسه شده است. نتایج نشان می‌دهد که میانگین و انحراف معیار میزان جیوه در عضله ماهی شانک زرد باله از حد آستانه استانداردهای جهانی پایین‌تر بود.

باتوجه به میزان مصرف سرانه ماهی در ایران (میزان مصرف ماهی در منطقه موردمطالعه ۲۵ گرم در روز) (سالنامه آماری شیلات ایران، ۱۳۹۳)، میزان جیوه‌ای که از طریق مصرف ماهی شانک زرد باله جذب بدن انسان می‌شود، حدود ۰/۰۰۰۰۸۵ میلی‌گرم در کیلوگرم در روز و ۰/۰۰۰۵۹۵ میلی‌گرم در کیلوگرم در هفته برای یک فرد بالغ با وزن ۷۰ کیلوگرم است. میزان شاخص خطر ماهی شانک زرد باله ۰/۸۵ می‌باشد که کمتر از یک است. باتوجه به معادله (۳)، تعیین حداکثر مصرف روزانه ماهی و با در نظرگرفتن میانگین وزن ۷۰ کیلوگرم برای مصرف‌کننده، مقدار مجاز مصرف ماهی شانک زرد باله با میانگین غلظت ۰/۲٤ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن تر، ۲۹ گرم در روز و ۲۰۳ گرم در هفته بود.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول (۱)- مقایسه غلظت جیوه در عضله ماهی شانک زرد باله با حد آستانه استانداردهای موجود در دنیا (میلی‌گرم بر کیلوگرم)

استانداردهای جهانی	حداکثر میزان جیوه در ماهی	سطح معنی‌داری
سازمان بهداشت جهانی (WHO)	۰/۵	P<0.05
سازمان غذا و داروی آمریکا (FDA)	۱	P<0.05
آژانس حفاظت محیط‌زیست آمریکا (EPA)	۰/۳	P>0.05
وزارت کشاورزی و شیلات انگلستان (MAFF)	۰/۳	P>0.05
سازمان غذا و کشاورزی جهانی (FAO)	۰/۵	P<0.05
مرکز ملی بهداشت و پزشکی استرالیا (NHMRC)	۱/۵	P<0.05
موسسه استاندارد ملی ایران	۰/۵	P<0.05
شانک زرد باله	۰/۲٤	-

بحث و نتیجه‌گیری

سمیت جیوه مشکلات متعددی را در سلامتی انسان موجب می‌شود. شدت تأثیرات سیستماتیک و مزمن بر سیستم‌های مختلف بدن مانند سیستم اعصاب مرکزی، گوارش و بافت‌های پوستی و دهانی در تحقیقات مختلف گزارش شده است (Edlund and Bjorkman, 1996; Pizzichini *et al*., 2002; Agusa *et al*., 2004). در این تحقیق غلظت سنجش شده جیوه در عضله ماهی شانک زرد باله (جدول ۲) مشابه بسیاری از تحقیقات دیگر بر روی ماهیان بوده است (Askary Sary *et al*., 2010; Cheraghi *et al*., 2013; Mardokhi *et al*., 2013; Ahmadi Kordestani *et al*., 2013). معمولاً بافت عضله دارای پایین‌ترین مقادیر فلزات سنگین در ماهیان می‌باشد و این عناصر در بافت‌هایی نظیر کلیه، کبد و آبشش‌ها تجمع می‌نمایند (Al-Yousuf *et al*., 2000; Filazi *et al*., 2003). معمولاً میزان جیوه در اعضای داخلی بدن ماهی کمی بیشتر از بافت عضله است (Alonso *et al*., 2004).

در این تحقیق شاخص خطر فلزات جیوه در مورد مصرف ماهی شانک زرد باله کمتر از ۱ برآورد گردید. از آن‌جایی که میزان شاخص خطر در ارتباط مستقیم با غلظت عناصر سنگین می‌باشد دلیل متفاوت بودن شاخص خطر فلزات سمی در فصول مختلف به میزان غلظت این عناصر در عضله ماهیان در فصول مختلف برمی‌گردد. میانگین غلظت جیوه در عضله ماهی شوریده (*Otolithes ruber*) بندر ماهشهر ۰/۳٥٤ میکروگرم بر گرم گزارش شده است که این میزان کمتر از حد استاندارد اعلام شده از سوی WHO و USFDA، اما بیشتر از حد استاندارد اعلام شده از سوی MAFF و USEPA بود. شاخص خطر برای ماهی شوریده بیشتر از ۱ محاسبه شد. هم‌چنین محاسبات نشان داد که جذب روزانه و هفتگی جیوه با توجه به میزان سرانه مصرف هر ایرانی کمتر از مقادیر راهنمای ارائه شده (PTWI و PTDI) از سوی WHO و USFDA است. بنابراین مصرف ماهی شوریده صید شده از منطقه مورد مطالعه ممکن است خطراتی برای

www.SID.ir

سلامتی مصرف کنندگان آسیب‌پذیرتر مانند زنان باردار، جنین و کودکان به همراه داشته باشد (Mardokhi *et al*., 2013). در این تحقیق براساس محاسبات صورت گرفته، با در نظر گرفتن میانگین وزن ۷۰ کیلوگرم برای یک انسان بزرگسال (Adult) میزان جیوه‌ای که به‌صورت روزانه و هفتگی جذب بدن انسان می‌شود، در مقایسه با آستانه مجاز جذب روزانه قابل تحمل تعیین شده به‌وسیله استانداردهای سازمان بهداشت جهانی، نشست مشترک سازمان خواروبار و سازمان بهداشت جهانی و آژانس حفاظت محیط زیست آمریکا به‌ترتیب ۵۰، ۱۶ و ۱۰/۵ میکروگرم در روز، پایین‌تر بود. سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا به‌منظور تعیین سطوح ایمن تماس انسان با جیوه، دوز مرجع ۰/۰۰۰۱ میلی‌گرم در کیلوگرم در روز را برای متیل جیوه پیشنهاد کرده است که این میزان یک محدوده تماس روزانه با جیوه است که افراد حساس را نیز در برمی‌گیرد، بدون این‌که احتمالاً اثر مضر محسوسی بر آن‌ها در طول عمرشان به وجود آورد. بنابراین وقتی از دیدگاه غیرسرطان‌زایی به جیوه نگریسته شود، از این میزان دوز مرجع برای محاسبات مربوط به ارزیابی خطر مصرف ماهی استفاده می‌شود (Goldblum *et al*., 2006; Hosseini *et al*., 2011).

در مطالعه‌ای دامنه میزان جیوه در ماهی شیر (*Scomberomorus commerson*)، کوتر (*Sphyraena jello*)، سوکلا (*Rachycentron conadum*)، خارو (*Chirocentrus dorab*)، هوور دم‌دراز (*Thunnus tonggol*)، حلوا سفید (*Pampus argenteus*)، حلوا سیاه (*Parastromateus niger*)، یال‌اسبی (*Trichiurus lepturus*)، گیش دم‌سیاه (*Caranx sem*)، هامور معمولی (*Epinephelus coioides*)، شانک زردباله (*Acanthopagrus latus*)، زمین‌کن‌دم‌نواری (*Platycephalus indicus*)، گوازیم دم‌رشته‌ای (*Nemipterus japonicas*)، کفشک تیزدندان (*Psettodes erumei*) و سنگسر نقره‌ای (*Pomadasys argenteus*) بین ۰/۱۲ تا ۰/۵۲۷ میکروگرم بر گرم گزارش شده است که بالاترین میزان این عنصر در ماهی هامور معمولی تعیین شد (Saei-Dehkordi *et al*., 2010). هم‌چنین میزان جیوه در ماهی شانک زرد باله و صبیتی خور موسی به‌ترتیب ۰/٤٤٥ و ۱/۱۷۲ میکروگرم بر گرم گزارش شده است (Mortazavi and Sharifian, 2011) (جدول ۲).

Archive of SID
www.SID.ir

جدول (۲)- مقایسه میزان فلز جیوه عضله ماهی شانک زرد باله با نتایج سایر تحقیقات انجام شده در ایران (میلی‌گرم در کیلوگرم)

گونه ماهی	نام علمی	منطقه مطالعه	جیوه	منابع
کفشک زبان‌گاوی	*Cynoglossus arel*	بندرعباس	۰/٦٨	Askary Sary *et al*., 2010
گل‌خورک	*Periophthalmus waltoni*	بندر عباس	۰/۸۱	Askary Sary *et al*., 2010
سپرماهی چهارگوش	*Himantura gerradi*	بندرعباس	۰/۷۷	Shahab Moghadam *et al*., 2010
گیش چشم‌درشت	*Selar crumenophthalmus*	بندرعباس	۰/۲۰	Shahab Moghadam *et al*., 2010
شوریده	*Otolithes rubber*	بندر آبادان	۰/۰٥٦	Askary Sary *et al*., 2012
شوریده	*Otolithes rubber*	بندرعباس	۰/۰٥۸	Askary Sary *et al*., 2012
لوتک	*Cyprinion macrostomus*	رودخانه کارون	۰/۰۱٦	Velayatzadeh and Tabibzadeh, 2011
شلج	*Aspius vorax*	رودخانه کارون	۰/۰۱۷	Velayatzadeh and Abdollahi, 2010
شوریده	*Otolithes rubber*	بندر ماهشهر	۰/۳٥	Mardokhi *et al*., 2013
کفال پشت‌سبز	*Liza dussumieri*	بندر بوشهر	۰/۰۷۲	Velayatzadeh *et al*., 2014
کفال پشت‌سبز	*Liza dussumieri*	بندر دیلم	۰/۰٦۲	Velayatzadeh *et al*., 2014
بیاح	*Liza abu*	رودخانه کارون	۰/۲٦	Cheraghi *et al*., 2013
حلوا سیاه	*Parastromateus niger*	بندر ماهشهر	۰/۳۳۱	Ahmadi Kordestani *et al*., 2013
بیاح	*Liza persicus*	بندر ماهشهر	۲/۷۸	Fatahi Pour *et al*., 2014
کفشک گرد	*Euryglossa orientalis*	بندرعباس	۸/٤۷	Khoshnod *et al*., 2010
کفشک گرد	*Euryglossa orientalis*	بندر لنگه	۳/۲	Khoshnod *et al*., 2010
کفشک تیزدندان	*Psettodes erumei*	بندرعباس	۱۸/۹۲	Khoshnod *et al*., 2010
کفشک تیزدندان	*Psettodes erumei*	بندر لنگه	۱۰/۱۹	Khoshnod *et al*., 2010
هامور پنج‌نواری	*Epinephelus diacanthus*	اروند رود	۰/۱۲	Parsa *et al*., 2014
منقارماهی دم‌خالدار	*Strongylura strongylura*	اروند رود	۰/۳۲	Parsa *et al*., 2014
صبیتی	*Sparidentex hasta*	خور موسی	۱/۱۷۲	Mortazavi and Sharifian, 2011
شانک زردباله	*Acanthopagruslatus*	خور موسی	۰/٤٤٥	Mortazavi and Sharifian, 2011
بیاح	*Liza abu*	خور موسی	۰/۳۷۳	Mortazavi and Sharifian, 2011
هوور دم‌دراز	*Thunnus tonggol*	خور موسی	۰/۳۹۰	Mortazavi and Sharifian, 2011
کفشک گرد	*Euryglossa orientalis*	سواحل خوزستان	۰/۰۷۷	Rezayi *et al*., 2011
شوریده	*Otolithes rubber*	سواحل خوزستان	۰/۳٤۸	Rezayi *et al*., 2011
شوریده	*Otolithes rubber*	استان خوزستان	۰/۰۸۹	Rahimi and Behzadnia, 2011
شانک زردباله	*Acanthopagruslatus*	رودخانه بهمن‌شیر	۰/۲٤	تحقیق حاضر

Archive of SID

www.SID.ir

در ارزیابی خطر فلز جیوه در برخی گونه‌های تجاری خلیج فارس میزان مصرف ماهیان ۹۶-۱۵ گرم در روز تعیین شد و دامنه میزان این فلز ۰/۴۰۲-۰/۰۴۹ میکروگرم در گرم و میانگین ۰/۱۳۳ میکروگرم در گرم گزارش شده است (Raissy and Ansari, 2014). میزان جیوه در عضله چهار گونه ماهی شوریده (*Otolithes rubber*)، کفشک گرد (*Euryglossa orientalis*)، کفشک تیزدندان (*Psettodes erumei*) و بیاح (*Liza abu*) در سواحل استان خوزستان (خلیج فارس) پایین‌تر از آستانه مجاز استانداردهای FAO، WHO و USFDA گزارش شده است (Hosseini *et al*., 2015). هم‌چنین میزان جیوه در عضله ماهی بیاح (*Liza Persicus*) در مقایسه‌های صورت گرفته مشخص شد، میانگین غلظت جیوه کل در بافت ماهیچه بسیار بیشتر از حد استاندارد ارائه شده توسط FAO، EPA، WHO و USFDA می‌باشد. یافته‌های این تحقیق نشان‌دهنده عدم قابلیت مصرف این ماهی در منطقه مورد مطالعه بود (Fatahi Pour *et al*., 2014).

میانگین غلظت جیوه در عضله ماهی بیاح (*Liza abu*) ۰/۲۶ میکروگرم بر گرم وزن تر (۰/۷۵ میکروگرم بر گرم وزن خشک) بود که این میزان پایین‌تر از حد استاندارد تعیین شده توسط سازمان‌های معتبر جهانی مانند FAO، EPA، WHO و USFDA گزارش شده است. همچنین شاخص ریسک بیشتر از ۱ (۱/۱) بود که بر این اساس مصرف ماهی بیاح این منطقه خطراتی برای مصرف‌کنندگان از نظر میزان جیوه در پی‌خواهد داشت و برای حفظ سلامتی، میزان مجاز مصرف آن ۲۷ گرم در روز و یک وعده در هفته توصیه می‌شود (Cheraghi *et al*., 2013). در مطالعه‌ای شاخص خطر جیوه در ماهی سفید (*Rutilus frisii kutum*) کمتر از ۱ گزارش شده است، لذا مصرف ماهی سفید دریای خزر خطری جدی برای سلامتی مصرف‌کنندگان از نظر میزان جیوه نخواهد داشت و برای حفظ سلامتی، میزان مجاز مصرف آن ۶۲ گرم در روز توصیه شده است (Hosseini *et al*., 2011). میانگین غلظت جیوه در عضله میگوی پا سفید (*Lithopenaeus vannamei*)، میگوی سفید هندی (*Fenneropenaeus indicus*)، ماهی حلوا سیاه (*Parastromateus niger*) و خرچنگ دراز (*Astacus leptodactylus*) به‌ترتیب ۰/۳۲۳، ۰/۳۴۶، ۰/۳۳۱ و ۰/۱۱۳ میکروگرم بر گرم محاسبه شد که در حدود مقادیر استانداردهای اعلام شده توسط سازمان‌های جهانی نظیر FAO، WHO و USFDA بود. شاخص خطر برای همه گونه‌ها کمتر از ۱ به‌دست آمد، بنابراین مصرف این غذاهای دریایی خطر جدی برای سلامت مصرف‌کنندگان از نظر میزان جیوه محسوب نمی‌شود (Ahmadi Kordestani *et al*., 2013). میزان اثرات مضر مصرف ماهیانی که شاخص خطر آن‌ها بیشتر از ۱ می‌باشد به میزان مصرف ماهی، غلظت و نوع جیوه در ماهی، شرایط فیزیکی و سن مصرف‌کننده بستگی دارد (Ruels-Inzuna *et al*., 2008; Hosseini *et al*., 2011).

نتایج نشان می‌دهد که میانگین میزان جیوه در عضله ماهی شانک از حد آستانه استانداردهای جهانی پایین‌تر است. همچنین میزان شاخص خطر ماهی شانک زرد باله ۰/۸۵ می باشد که کمتر از ۱ است. بنابراین مصرف این ماهی در منطقه موردمطالعه مشکلی را برای انسان

Archive of SID
www.SID.ir

ایجاد نمی‌کند. البته باید توجه داشت با تغییرات مداوم در میزان جیوه در اکوسیستم‌های آبی و افزایش این آلاینده خطرناک، توصیه می‌گردد به‌طور پیوسته و متناوب میزان جیوه پایش گردد. همچنین لازم به ذکر است ارزیابی ریسک ناشی از حضور سایر فلزات سنگین نظیر آرسنیک، کادمیوم و سرب در ماهی شانک زرد باله می‌تواند در تعیین حد مجاز مصرف این گونه مورد استفاده قرار گیرد.

منابع

- Agusa, T., Kunito, T., Tanabe, S., Pourkazemi, M., Aubrey, D.G. (2004). Concentrations of trace elements in muscle of sturgeons in the Caspian Sea. Marine Pollution Bulletin, 49: 789–800.
- 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.
- Ahmadi Kordestani, Z., Hamidian, A., Hosseini, S.V., Ashrafi, S. (2013). Risk assessment of mercury due to consumption of edible aquatic species. Journal of Marine Biology, 5 (17): 63-70. [in Persian].
- Alonso, M.L., Montana, F.P., Miranda, M., Castillo, C., Hernandez, J., Benedito, J. (2004). Interactions between toxic (As, Cd, Hg and Pb) and nutritional essential (Ca, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Mo, Ni, Se, Zn) elements in the tissues of cattle from NW Spain. Journal of Bio Metals, 17: 389-397.
- Al-Yousuf, M.H., El-Shahawi, M.S., Al-Ghais, S.M. (2000). Trace metals in liver, skin and muscle of *Lethrinus lentjan* fish species in relation to body length and sex. Science of The Total Environment, 256: 87-94.
- Askary Sary, A., Velayatzadeh, M., Mohammadi, M. (2010_. Mercury concentration in mudskipper (*Periophthalmus waltoni*) and flat fish (*Cynoglossus arel*) in Bandar-e-Emam and Bandar Abbas. Iranian Journal of Fisheries Sciences, 4(2), pp. 51-56. [In Persian].
- 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. [In Persian].
- Askary Sary, A., Velayatzadeh, M. (2014). Heavy metals in aquatics. Islamic Azad University Ahvaz Publication, 1st Edition, pp. 380. [In Persian].
- Bahnasawy, M., Khidr, A., 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., Elfeki, A. (2013). Seasonal variation of *Sarpa salpa* fish toxicity, as related to phytoplankton consumption, accumulation of heavy metals, lipids per oxidation level in fish tissues and toxicity upon mice. Environmental Monitoring and Assessment, 185:1137–1150.
- Castilhos, Z.C., Rodrigues-Filho, S., Rodrigues, A.P., Villas-Boas, R.C., Siegel, S., Veiga, M.M., Beinhoff, C. (2006). Mercury contamination in fish from gold mining areas in Indonesia and human health risk assessment. Science of The Total Environment, 368: 320–325.

Archive of SID
www.SID.ir

- Cheraghi, M., Spergham, A., Javanmardi, S. (2013). Determination of Mercury Concentration in Liza abu from Karoon River. Journal of Mazandaran University of Medical Sciences, 23 (103): 105-113. [In Persian].
- Coulibaly, S., Celestin Atse, B., Mathias Koffi, K., Sylla, S., Justin Konan, K., 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.
- Dogan-Saglamtimur, N., 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.
- Eboh, L, Mepba, H.D., Ekp, M.B. (2006). Heavy metal contaminants and processing effects on the composition, storage stability and fatty acid profiles of five common commercially available fish species in Oron Local Government, Nigeria. Food Chemistry, 97 (3): 490-497.
- Edlund, C., Bjorkman, L. (1996). Resistance of normal human microflora to Mercury and anti microbials after exposure to Mercury from dental amalgam fillings. Clinical Infectious Diseases, 22 (6): 944-50.
- Esmaili Sari, A. (2002). Pollution, Health and Environmental Standards. Naghshmehr Publisher. Tehran, pp. 767. [In Persian].
- Esmaili Sari, A., Nori Sari, H., Esmaili Sari, A. (2007). Mercury in environment. Bazargan Publisher. Rasht. pp. 226. [In Persian].
- Esmaili-Sari A., Abdollahzadeh E., Joorabian Shooshtari S., Ghasempouri S.M. (2011). Fish consumption limit for mercury compounds. Journal of Fasa University of Medical Sciences, 1 (2) :24-31. [In Persian].
- Fatahi Pour, S., Nabavi, S.M.B., Nikpour, Y., Rajabzadeh, E. (2014). Evaluation of total mercury bioaccumulation in edible and inedible fish tissue *Liza persicus* and relationship with some specifications dining in the range of Mahshahr. The National Conference of environmental and technical preceding studies. Environmental assessment environment association Hegmataneh. Hamedan. 14 P. [In Persian].
- Filazi, A., Baskaya, R., Kum, C. (2003). Metal concentration in tissues of the Black Sea fish *Mugil auratus* from Sinop-Icliman, Turkey. Journal of Human and Experimental Toxicology, 22: 85-87.
- Goldblum, D.K., Rak, A., Ponnapalli, M.D., Clayton, C.J. (2006). The Fort total mercury pollution risk assessment: A case history. Journal of Hazardous Materials, 136: 406–417.
- Hosseini, S.M., Mir Ghafari, N., Mahbobi Sophiani, N., Hosseini, S.V. (2011). Risk assessment to consumers from mercury in *Rutilus frisii kutum* from Caspian Sea in Mazandaran Province. Fisheries Journal, 64 (3): 243-257. [In Persian].
- Hosseini, M., Nabavi, S.M.B. and Nabavi, S.N., Adami Pour, N. (2015). Heavy metals (Cd, Co, Cu, Ni, Pb, Fe, and Hg) content in four fish commonly consumed in Iran: risk assessment for the consumers. Environmental Monitoring and Assessment, 187 (5): 237.
- Ikemoto, T., Tu, N.P., Okuda, N., Iwata, A., Omori, K., Tanabe, S., Tuyen, B.C., Takeuchi, I. (2008). Biomagnification of trace elements in aquatic food web in the Mekong Delta, South Vietnam using stable carbon and nitrogen isotope analysis. Archives of Environmental Contamination and Toxicology, 54 (3): 504-515.

Archive of SID

www.SID.ir

- Iranian Fisheries Organization. (2014). Department of Statistics and Studies development Fisheries. Programmery office. Iranian Fisheries Organization yearly (2001-2011). Tehran. Iran 64 P. [In Persian].
- Kalay, G., Bevis, M.J. (2003). Structure and physical property relationships in processed polybutene. Journal of Applied Polymer Science, 88: 814-824.
- Khoshnod, R., Khoshnod, Z., Mokhlesi, A., Afkhami, M., Ehsan Pour, M. (2010). The study of mercury pollution in liver and muscle of two species fishes from Persian Gulf. Aquatic and Fisheries Journal, 1 (2): 33-39. [In Persian].
- Kojadinovic, J., Potier, M., Corre, M.L., Cosson, R.P., Bustamante, P. (2006). Mercury content in commercial pelagic fish and its risk assessment in the Western Indian Ocean. Science of the Total Environment, 366: 688–700.
- Mardoukhi, S., Hosseini, S.V., 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. [In Persian].
- Merian, E. (1991). Metals and their compounds in the Environment. VCH.
- Mortazavi, M.S., Sharifian, S. (2011). Mercury Bioaccumulation in Some Commercially Valuable Marine Organisms from Mosa Bay, Persian Gulf. International Journal of Environmental Research, 5 (3): 757-762.
- Olowu, R.A., Ayejuyo, O.O., Adewuyi, G.U., Adejoro, I.A., Denloye, A.A.B., Babatunde, A.O., 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.
- Parsa, Y., Hosseini, M., Nabavi, S.M.B., Nabavi, S.N. (2014). Mercury Accumulation in food chain of fish, crab and sea bird from Arvand River. Journal Marine Science Research and Development, 4 (2): 1-6.
- Pizzichini, M., Fonzi, M., Fonzi, L. and Sugherini, L. (2002). Release of Mercury from dental amalgam and its influence on salivary antioxidant activity. Sciences of The Total Environment, 4 (1-3): 19-25.
- Rahimi, E. and Behzadnia, A. (2011). Determination of Mercury in Fish (*Otollithes ruber*) and Canned Tuna Fish in Khuzestan and Shiraz, Iran. World Applied Sciences Journal, 15 (11): 1553-1556.
- Raissy, M., Ansari, M. (2014). Health risk assessment of mercury and arsenic associated with consumption of fish from the Persian Gulf. Environmental Monitoring and Assessment, 186 (2): 1235-1240.
- Rezayi, M., Esmaeli Sary, A., Valinasab, T. (2011). Mercury and Selenium Content in *Otolithes ruber* and *Psettodes erumei* from Khuzestan Shore, Iran. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology, 86 (5): 511-514.
- ROPMI. (1999). Manual of oceanographic and pollutant analysis method. Third Edition. Kuwait. 1-100.
- Rouessac, F., Rouessac, A. (2007). Chemical Analysis Modern Instrumentation Methods and Techniques. 2nd Edition, England, John Wiley & Sons Ltd.
- Ruelas-Inzunza, J., Meza-Lopeza G., Paez-Osuna, F. (2008). Mercury in fish that are of dietary importance from the coasts of Sinaloa (SE Gulf of California). Journal of Food Composition and Analysis, 21: 211–218.

Archive of SID

www.SID.ir

- Saei-Dehkordi, S.S., Fallah, A.A., Nematollahi, A. (2010). Arsenic and mercury in commercially valuable fish species from the Persian Gulf: influence of season and habitat. Food and Chemical Toxicology, 48 (10): 2945-2950.
- Shahab Moghadam, F., Esmaili Sari, A., Vali Nasab, T., Karim Abadi, M. (2010). Comparison of heavy metals accumulation in muscle of *Himantura gerrardi* and *Selar crumenophthalmus* from Persian Gulf. Iranian Science Fisheries Journal, 19 (2): 85-94. [In Persian].
- Velayatzadeh, M., Abdollahi, S. (2010). A study and comparison of acummulation Hg, Cd and Pb in the muscle and liver of *Aspius vorax* in Karoon River of winter season. Journal of Animal Environment, 2 (4): 65-72. [In Persian].
- Velayatzadeh, M., Tabibzadeh, M. (2011). A study and comparison of heavy metals acummulation Hg, Cd and Pb in the muscle and liver of *Cyprinion macrostomus* in Karoon River. Journal of Innovation in Food Science and Technology, 3 (1): 27-33. [In Persian].
- Velayatzadeh, M., Askary Sary, A., Hoseinzadeh Sahafi, H. (2014). Determination of mercury, cadmium, arsenic and lead in muscle and liver of Liza dussumieri from the Persian Gulf, Iran. Journal of Biodiversity and Environmental Sciences, 5 (3): 227-234.
- USEPA, (2000). Arsenic occurrence in public drinking water supplies, EPA-815-R-00-023, Washington DC.
- Zhang, W., Wang, W. X. (2012). Large-scale spatial and interspecies differences in trace elements and stable isotopes in marine wild fish from Chinese waters. Journal of Hazardous Materials, 215-216: 65-74.

Archive of SID

www.SID.ir