تخمین مواجهه و خطر بالقوه ناشی از مصرف اردک ماهی (*Esox lucius*)، شاه کولی(*Chaleaiburnus chaleoide*) و کپور محلی(*Cyprinus carpio*) حاوی سه فلز سرب، کادمیوم و کروم در بومیان حاشیه تالاب انزلی

مریم پناهنده[1*]
نبی‌اله منصوری[2]
نعمت‌اله خراسانی[3]
عبدالرضا کرباسی[4]
برهان ریاضی[5]

۱. دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم تحقیقات تهران، دانشجوی دکتری علوم محیط زیست، تهران، ایران
۲. دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران، دانشکده محیط زیست انرژی، تهران، ایران
۳. دانشگاه تهران، دانشکده منابع طبیعی، کرج، ایران
۴.دانشگاه تهران، دانشکده محیط زیست، تهران، ایران
۵. دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران، دانشکده محیط زیست انرژی، تهران، ایران

*** نویسنده مسئول مکاتبات**
Maryamp_2006@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۰۳/۱۸
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۰۹/۲۵

کد مقاله: ۱۳۹۲۲۱۰۸۱
این مقاله برگرفته از پایان‌نامه دکتری است.

چکیده

در این بررسی غلظت سه فلز سمی غیر ضروری سرب، کادمیوم و کروم در بافت عضله سه گونه پرمصرف ماهی در حاشه تالاب انزلی (اردک ماهی، کپور محلی، شاه کولی) با استفاده از روش اسپکتروفتومتری جذب اتمی سنجش شد. بیشترین غلظت فلزات در بافت عضله اردک ماهی و کمترین در شاه کولی مشاهده گردید میانگین غلظت سرب، کادمیوم و کروم در بافت عضله اردک ماهی به ترتیب ۲/۵۶±۰/۰۶، ۰/۲۳±۰/۰۴ و ۱/۲۴± ۰/۱۱، کپور محلی ۱/۵۶ ±۰/۴۴، ۰/۱۶±۰/۰۴ و ۰/۸۲±۰/۱۱ و شاه کولی ۱/۲۸± ۰/۳۰، ۰/۱۰±۰/۰۹ و ۰/۵۲±۰/۲۰ میکروگرم بر گرم وزن خشک بوده است و رابطه Pb>Cr>Cd در مورد همه گونه‌ها برقرار بود. میزان مواجهه و خطر بالقوه ناشی از مواجهه با مصرف ماهیان مورد مطالعه با استناد به دستورالعمل سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا تخمین زده شد. غلظت فلزات بدست آمده در مقایسه با استانداردهای جهانی در دو گونه اردک ماهی و کپور محلی مقدار سرب (به ترتیب ۰/۵۱، ۰/۳۱ میکروگرم بر گرم وزن تر) از استاندارد سازمان بهداشت جهانی (۲۰۰۷) (۰/۳ میکروگرم بر گرم وزن تر) کمی بیشتر بدست آمد و این در حالیست که محتوای دو عنصر کادمیوم و کروم در بافت عضله مقادیری پایین‌تر از حد استاندارد را نشان داد، همچنین بر طبق نتایج بدست آمده بیشترین میانگین دوز مصرف روزانه به عنصر سرب اختصاص داشت که در گونه اردک ماهی تالاب انزلی مشاهده گردید. با این وجود برآورد خطر بالقوه در بومیان در مورد همه گونه‌های مورد بررسی مقداری کمتر از ۱ را نشان داد که بیانگر این نکته است که مصرف ماهی خطر بالقوه‌ای را برای مصرف‌کنندگان به دنبال نخواهد داشت.

واژگان کلیدی: ماهی، تالاب انزلی، غلظت فلزات سنگین، سازمان بهداشت جهانی، خطر بالقوه.

مقدمه

انسان غالباً در حال تغییر چشم اندازهاست که می‌تواند یک اثر دراماتیک بر روی جامعه گیاهی و جانوری و در نتیجه سلامت اکوسیستم داشته باشد. تحقیقات اساسی بر روی توسعه مدل‌های مختلف در جهان که می‌تواند در ارزیابی ریسک اکولوژیک مورد استفاده قرار گیرد

صورت گرفته و تمام تلاش آن‌ها متمرکز برای ارزیابی احتمال یک نتیجه نامطلوب مشخص ناشی از عوامل آلاینده است. انواع بسیاری از ارزیابی‌های زیست محیطی وجود دارد؛ هر کدام از نظر اهداف، رشته‌ها و مخاطبین متفاوت می‌باشند (Suter *et al*., 1994). تاکید فعالیت‌های ارزیابی ریسک عمدتاً متمرکز بر شناسایی و بررسی آلاینده‌ها، اثراتشان بر جوامع گیاهی و جانوری و الگوهای زیستی و فرآیندهاست (EPA, 2007).

عناصر فلزی می‌توانند در محیط آب به صورت محلو ل یا معلق باقی مانده، در اعماق رسوب یابند و یا توسط موجودات زنده جذب شوند، (Turkmen *et al*., 2005)، ماهی قادر به بلع مستقیم فلزات و یا دریافت آن‌ها به طور غیرمستقیم از طریق ذرات معلق موجود در آب می‌باشد (Mendil *et al*., 2005) البته میزان غلظت عناصر در بدن ماهی تحت تاثیر فاکتورهایی مثل عوامل فصلی، تفاوت‌های بیولوژیکی، منبع تغذیه‌ای، وضعیت محیطی (شامل شیمی آب، شوری، درجه حرارت و آلوده کننده‌ها) و در نهایت روش فرآوری غذا قرار می گیرد (Carvalho *et al*., 2005).

هدف از این بررسی تخمین میزان مواجهه انسان به واسطه مصرف ماهیان آلوده در اکوسیستم تالاب انزلی است چندین سال پیش Pastorok و همکاران در سال ۲۰۰۲ رویکردی را برای مدلسازی مواجهه در قبال مواد سمی در حیات وحش معرفی کردند. نویسندگان تحقیقات اخیر به خاطر این که فرضیه‌ها بر اساس تفاوت مکانی استفاده از زیستگاه و تفاوت‌های زمانی نبود و ۱۰۰ درصد آلاینده‌ها در دسترس بودند مورد انتقاد قرار گرفتند. البته مدل این محققین از اولین رویکردها برای ارزیابی مواجهه محسوب می‌شود. بررسی مواجهه با عوامل آلاینده یکی از مهم‌ترین بخش‌های گام دوم ارزیابی ریسک است (EPA, 1989) در این مرحله: تمرکز بر استرس زاهای اصلی، جستجو بین ارتباط استرس زاها و پذیرنده‌ها و اثرات منتج شده از آن‌ها بر روی نقاط هدف بسیار حائز اهمیت است. مدل‌های مختلفی برای بررسی مواجهه در ارزیابی ریسک وجود دارد. از مهم‌ترین آن‌ها مقایسه غلظت مواد آلاینده در حدواسطهای زیست محیطی (بافت پذیرنده، آب، رسوب و ...) و مقایسه آن با ارزش مبنای سمیت است. البته این مبنا برای گونه‌ها و آلاینده‌های مختلف متفاوت است. از آنجایی که یکی از مهم‌ترین راه‌های در معرض قرار گرفتن انسان با سرب، کادمیم و کروم دریافت این عناصر از طریق منابع غذائی می‌باشد لذا ارزیابی و کنترل میزان آلودگی اقلام مختلف غذا و شناسایی منابع آلاینده، تعدیل یا حذف آن تاثیر قابل ملاحظه‌ای بر سلامت و طول عمر انسان خواهد داشت. گزارش‌های فراوانی از کشورهای مختلف و از جمله ایران در زمینه ارزیابی آلاینده‌های مختلف شامل (Dugo *et al*., 2004; Brooks *et al*., 1975; Amini Ranjbar and Shariat, 2006) وجود دارد. توجه به جایگاه ویژه ماهی به عنوان یک منبع مهم تامین پروتئین در استان‌های شمالی ایران بر آن شدیم که به بررسی میزان مواجهه و اثرات ناشی از مصرف ماهیان حاوی سه فلز غیر ضروری سرب، کادمیوم و کروم بپردازیم.

مواد و روش‌ها

نمونه‌های اردک ماهی، شاه کولی و کپور محلی در زمستان سال ۱۳۹۰ در تالاب انزلی به صورت تصادفی صید گردید. در مجموع ۳۰ نمونه از هر گونه ۱۰ نمونه توسط تور صیادی گرفته شد و در کلمن‌های یخ به آزمایشگاه انتقال داده شد. پس از تفکیک و شناسایی و تعیین مشخصات بیومتری مقدار از بافت عضلانی را جدا نموده و به مدت ۲۴ ساعت در فر در دمای ۸۰–۱۰۰ درجه سانتی‌گراد کاملا خشک نموده و سپس بوسیله هاون نمونه‌ها کاملا پودر نموده و پس از آن ۰/۵ گرم از بافت عضلانی پودر شده بوسیله ترازو با دقت ۰/۰۰۰۱ توزین نموده و به آن ۴ سی‌سی اسید نیتریک غلیظ و ۱ سی‌سی اسید پرکلریک به آن اضافه نموده و به وسیله هیتر دایجست در دمای ۱۲۰ درجه سانتی‌گراد هضم شیمیایی نمونه صورت گرفت و پس از پایان هضم نمونه‌ها و سرد شدن لوله‌ها نمونه‌ها را با کاغذ واتمن ۴۲ صاف نموده و سپس محلول را با آب مقطر دو بار تقطیر به حجم ۵۰ سی‌سی رسانده می‌شود و بدین صورت نمونه‌ها آماده تزریق به دستگاه جذب اتمی می‌باشد (Watling, 1981). همچنین به منظور ارزیابی خطا، نمونه شاهد نیز با هر سری از نمونه‌ها آماده‌سازی شد.کلیه نمونه‌های آماده شده به وسیلهٔ دستگاه جذب اتمی شعله مدل Shimadzu AA/680 دارای لامپ دوتریم برای تصحیح زمینه و از شعلهٔ هوا– استیلن تعیین مقدار

می‌گردد. جهت کشیدن خط کالیبراسیون، از محلول‌های استاندارد با غلظت‌های مختلف که از محلول استاندارد مادر (Stock standard) ۱۰۰۰ قسمت در میلیون تهیه شده بودند استفاده شد. برای ارزیابی صحت داده‌ها نیز از مواد مبنا استاندارد استفاده SRM (Standard Reference Material) گردید. ریکاوری فلزات سرب، کادمیوم وکروم به ترتیب ۸۹/۳، ۹۹/۳ و ۹۵ بدست آمد. به منظور بررسی‌های آماری (تعیین میانگین، محدوده تغییرات و انحراف معیار) از نرم افزار اکسل ۲۰۰۷ استفاده گردید. برای اطمینان از نرمال بودن توزیع داده‌ها آزمون نرمالیتی کلموگراف -اسمیرنوف به کار رفت. پس از انجام آزمون نرمالیتی، به منظور انجام آنالیز آماری از آزمون‌های آماری غیرپارامتریک استفاده شد.

اگر چه غذاهای شیلاتی از جمله محصولات غذایی هستند که مزایای زیادی برای مصرف‌کننده دارند اما مصرف بدون توجه به ایمنی غذایی کار صحیحی نیست. از جمله ملاحظاتی که بایستی در مصرف ماهی دخیل نمود این است که ماهی به اندازه مصرف شود که سطح فلز مورد نظر در بدن از میزان دوز مبنا فراتر نرود.

به منظور تخمین مواجهه انسان با ماهی آلوده به فلزات علاوه بر غلظت فلزات در بافت عضله ماهی فاکتور نرخ مصرف را طبق دستورالعمل USEP, 2000 محاسبه گردید.

تخمین میانگین دوز مصرف روزانه :

رابطه ۱:

$$\text{Average Daily Dose (mg/kg-day)} = (C \times IR \times EF \times ED)/ (BW \times AT)$$

C: غلظت فلز در عضله ماهی مورد مصرف

IR: میانگین نرخ مصرف ماهی ۰/۰۳۱۲ (کیلوگرم در روز) (حدودا ۳۰ گرم در روز)

EF: فرکانس مواجهه ۳۶۵ days/year، (روز و سال)

ED: مدت مواجهه ۷۰ years، (سال)

BW: وزن بدن ۷۰ kg، (کیلوگرم)

AT: میانگین روزها برای مواد سرطان زا و غیر سرطان‌زا ED x 365 days/year = 70 years x 365 days/year

بدین جهت در این مرحله برای بررسی اثر به تخمین خطر بالقوه ناشی از مصرف ماهیان حاوی فلزات سمی پرداخته شد. از نسبت میانگین دوز مصرف روزانه بر دوز مبنا (Rf) خطر بالقوه ناشی از هر فلز در ماهی محاسبه شد که در رابطه ۲ نشان داده شده است. از جمع خطرات ناشی از فلزات خطر بالقوه ناشی از مصرف هر ماهی را محاسبه خواهد شد. در نهایت خطرناک بودن آن را با مقایسه با مبنا ۱ سنجیده شد که اگر HQ<1 بدست آید مصرف آن ماهی برای انسان دارای خطرات بالقوه بسیار بالایی است.

از آنجایی که ماهی به صورت وزن‌تر مورد مصرف قرار می‌گیرد ۸۰ درصد از وزن ماهیان را رطوبت تشکیل می‌دهد، بدین منظور برای محاسبه فاکتور تصحیح وزن خشک به وزن تر از رابطه زیر استفاده می‌گردد با ضرب فاکتور تصحیح (۰/۲) در غلظت فلز در ماهی، مقدار فلز بر حسب وزن‌تر محاسبه می‌گردد (UNEP, 1984).

خطر بالقوه بر اساس دستورالعمل EPA:

رابطه ۲:

$$\text{Hazard Qouitent} = \text{ADD} / \text{Oral RfD}$$

Hazard Qouitent: خطر بالقوه حاصل از مواد غیر سرطانزا در انسان

ADD: میانگین دوز روزانه (mg/kg-day)،

Oral RfD: دوز مبنا ماده شیمیایی با مصرف دهانی (mg/kg-day)

به منظور بررسی های آماری در این پژوهش برای تعیین میانگین داده ها و محدوده تغییرات و انحراف معیار از نرم افزار EXCEL 2007 استفاده گردید و نمودارهای مربوطه رسم گردید. همچنین به منظور بررسی نرمال بودن داده‌ها از آزمون کلموگروف- اسمیرنوف از تحلیل واریانس و آزمون دامنه چندگانه دانکن به منظور مقایسه میانگین غلظت فلزات سنگین گونه‌های مختلف استفاده شد.

نتایج

با توجه به نتایج بدست آمده از جدول ۱ محدوده تغییرات طول کل بدن اردک ماهیان، کپور محلی، شاه کولی به ترتیب عبارتند از ۴۶۶-۳۶۲، ۳۰۵-۱۴۵، ۱۶۸-۱۴۳ میلی‌متر و حداکثر طول کل بدن در این نمونه‌ها در اردک ماهیان تالاب انزلی با میانگین۳۰/۸۶ ± ۴۱۶/۱۰ و کم‌ترین در شاه کولی تالاب انزلی با میانگین۷/۳۰ ± ۱۵۴/۶ میلی‌متر دیده شد. همانطور که از نتایج بر می‌آید بیشترین وزن نیز مربوط به اردک‌ماهی تالاب انزلی و کم‌ترین مربوط به شاه کولی است.

همچنین بر طبق نتایج بدست آمده از جدول ۲ بیش‌ترین غلظت عناصر در بافت عضله اردک ماهی و کم‌ترین در بافت شاه کولی تالاب انزلی مشاهده شد. بنابر نتایج بدست آمده از تحلیل واریانس یک طرفه، بین گونه‌های مختلف از نظر غلظت تمام فلزات سنگین مورد مطالعه، تفاوت معنادار وجود دارد. برای مقایسه دو به دو گونه‌ها نتیجه آزمون دانکن در جدول ۳ آورده شده است. در هر ستون، گونه‌هایی که با یک حرف انگلیسی مشخص شده‌اند، تفاوت معناداری در سطح خطای ۰/۰۵ وجود ندارند. بر اساس نتایج آزمون دامنه چندگانه دانکن، غلظت تمام فلزات سنگین با اختلاف معناداری از سایر گونه‌ها در اردک ماهی بیشتر است.

غلظت فلزات بدست آمده در مقایسه با استانداردهای جهانی در دو گونه اردک ماهی و کپور محلی مقدار سرب (۰/۵۱، ۰/۳۱ میکروگرم بر گرم وزن‌تر) از استاندارد سازمان جهانی (۰/۳ میکروگرم بر گرم وزن‌تر) کمی بیشتر است. اما مقدار کادمیوم در هر دو گونه از استاندارد سازمان بهداشت جهانی (۰/۲ میکروگرم بر گرم وزن‌تر) مقداری کمتر را نشان داده است. با توجه به بررسی نتایج بدست آمده از جدول ۴ بیش‌ترین و کم‌ترین دوز مصرف روزانه در مورد مصرف ماهیان تالاب انزلی با استناد به فرضیات موجود در رابطه ۱ به ترتیب مربوط به عنصر سرب و کادمیوم برای پذیرنده‌های مورد مطالعه است. نتایج تخمین خطر ناشی از مصرف ماهیان مورد مطالعه در یک فرد بالغ در جدول ۵ آورده شده است. مقادیر بدست آمده در همه گونه‌ها مقداری کمتر از یک را نشان داد که می‌توان نتیجه گرفت که مصرف ماهیان مورد نظر برای انسان خطر بالقوه‌ای را به همراه نخواهد داشت. بیشترین مقدار خطر تخمین زده شده از فلزات سمی موجود در تالاب انزلی برای انسان ناشی از مصرف اردک ماهی است و مصرف ماهی شاه کولی کم‌ترین خطر بالقوه را به خود اختصاص داده است ولی در کل این مقادیر کمتر از یک بوده و خطر چندانی برای انسان ندارد.

جدول ۱: مقایسه خصوصیات فیزیولوژیکی گونه های مورد بررسی (اردک‌ماهی، کپورمحلی، شاه‌کولی) در تالاب انزلی.

مقادیر ارائه شده میانگین به همراه انحراف معیار و محدوده تغییرات

نام ماهی	تعداد	تغییرات طول کل بدن(میلی‌متر)			تغییرات وزن بدن (گرم)		
		محدوده تغییرات	انحراف معیار	میانگین	محدوده تغییرات	انحراف معیار	میانگین
اردک ماهی	۱۰	۴۶۶-۳۶۲	۳۰/۸۶	۴۱۶/۱۰	۸۸۹-۳۷۷	۱۹۰/۴۴	۵۵۷/۹۰
کپور محلی	۱۰	۳۰۵-۱۴۵	۵۶/۹۵	۲۴۰/۳۰	۳۳۶-۴۵	۱۱۸/۹۰	۲۱۴/۹
شاه کولی	۱۰	۱۶۸-۱۴۳	۷/۳۰	۱۵۴/۶۰	۳۹-۲۶	۴/۵۵	۳۲/۴

جدول ۲: میانگین غلظت فلزات سنگین سرب، کروم و کادمیوم در سه گونه اردک‌ماهی، کپورمحلی و شاه‌کولی.

بر حسب میکروگرم بر گرم وزن خشک به همراه انحراف معیار

نام ماهی	تعداد	سرب	کادمیوم	کروم
اردک ماهی	۱۰	۰/۰۶±۲/۵۶	۰/۰۴±۰/۲۳	۰/۱۱±۱/۲۴
کپور محلی	۱۰	۰/۴۴±۱/۵۶	۰/۰۴±۰/۱۶	۰/۱۱±۰/۸۳
شاه کولی	۱۰	۰/۳۰±۱/۲۸	۰/۰۹±۰/۱۰	۰/۲۰±۰/۵۲

جدول ۳: نتایج مقایسه دو به دو گونه‌ها با استفاده آزمون چندگانه دانکن.

ردیف	گونه	کروم	کادمیوم	سرب
۱	اردک ماهی	۱/۲۵c	۰/۲۴c	۲/۵۶c
۲	ماهی کپور	۰/۸۱b	۰/۱۶b	۱/۶۰b
۳	شاه کولی	۰/۵۱a	۰/۱۰a	۱/۲۸a,b

جدول ٤: میانگین دوز مصرف روزانه (ADD) فلزات (میکروگرم بر کیلوگرم در روز).

بالغین (۷۰ کیلوگرم) با مدت مواجهه ۷۰ سال برای مصرف کنندگانی که میانگین دوره زندگی خود را در منطقه مذکور هستند

نام گونه	کادمیوم	کروم	سرب
اردک ماهی	۰/۰۱۹	۰/۱۰۶	۰/۲۱۹
کپور محلی	۰/۰۳۶	۰/۰۷۱	۰/۱۳۳
شاه کولی	۰/۰۰۸	۰/۰۴۴	۰/۱۰۹

جدول ٥: تخمین خطر بالقوه ناشی از فلزات سمی موجود در بافت عضله ماهیان (مورد مصرف بالغین)

نام ماهی	HQ			HI	توصیف خطر
	کرم	سرب	کادمیوم		
اردک‌ماهی	۰/۰۳۵	۰/۰۰۰۷	۰/۰۱۹	۰/۰۵۴	اثرات ناچیز
کپور محلی	۰/۰۲۳	۰/۰۰۰۴	۰/۰۳۶	۰/۰۳۶	اثرات ناچیز
شاه‌کولی	۰/۰۱۴	۰/۰۰۰۳	۰/۰۰۸	۰/۰۲۰	اثرات ناچیز

*HQ: خطر بالقوه، HI: مجموع خطرات ناشی از فلزات

بحث و نتیجه گیری

یکی از مهم‌ترین الزامات در دستورالعمل ارزیابی ریسک توجه به تخمین خطر ناشی از عوامل آلاینده در پذیرنده نهایی یعنی انسان است. در بررسی حاضر نیز خطر بالقوه ناشی از فلز کادمیوم و سرب در فازهای مواجهه می‌تواند اخطاری برای بروز اثرات سمیت در شرایط مزمن برای حیات موجودات آبزی باشد. مصرف ماهی فایده‌های بسیاری برای سلامتی انسان دارد (Oomen *et al*., 20002). با این وجود در آدمی اثرات سوئ کادمیوم و سرب و فلزات سنگین دیگر در مواجهه‌های مزمن بر سلامتی توسط بسیاری از محققین بررسی شده است (Burger and Gochfeld, 2005; Falcó *et al*., 1996). فلزات در محیط‌های آبی در بدن آبزیان تجمع می‌یابند و سپس از طریق

زنجیره غذایی به بدن انسان منتقل می‌شوند، به طورکلی تجمع فلزات سنگین در موجودات زنده وابسته با میزان جذب آن آلاینده و نرخ متابولیسم آن موجود نسبت به اندازه بدن کنترل می‌شود (Dugo *et al*., 2004).

توانایی موجودات برای جذب، تجمع، برداشت یا سم‌زدایی فلزات سنگین بطور اساسی با هم فرق می‌کند. گونه‌هایی که دارای مقادیر مشخصی از متالوتیونئین‌ها و لیزوزوم‌ها باشند می‌توانند سمیت این فلزا ت را از بین ببرند (Viarengo, 1989) براساس نتایج به دست آمده یکی از دلایل احتمالی نوسانات تجمع این فلز ات سمی در اگر مقادیر فلزات گونه‌های مختلف ماهی را می‌توان به این امر نسبت داد. با این حال اگر محتوای فلزات سنگین زیاد باشد، سمیت آن‌ها افزایش می‌یابد زیرا توانایی متالوتیونئین‌ها و لیزوزوم‌ها برای از بین بردن اثر سمی آن‌ها محدود است (Roesijadi, 1994). بنابراین مصرف ماهی باید قانونمند باشد، Alam و همکاران طی یک بررسی در سال ۲۰۰۲ بر روی غلظت فلزات سنگین سمی در اندام‌های ماهی کپور (wild carps) در دریاچه Lake Kasumigaura ژاپن بیان کرد که غلظت فلزات در ماهیچه کمتر از بخش‌های دیگر است ولی به دلیل مصرف زیاد عضله نسبت به اعضای دیگر توجه به غلظت عناصر در آن برای ارزیابی ریسک پررنگتر است. در بررسی Canli and Atli در سال ۲۰۰۳ بر روی چند گونه ماهی، مشاهده شد که از میان دو عنصر کادمیوم و سرب بیش‌ترین میزان تجمع در عضله مربوط به عنصر سرب می‌باشد که با بررسی حاضر هم‌خوانی دارد. بالا بودن غلظت سرب در بافت عضله می‌تواند ناشی از تمایل این فلز به تجمع در بافت‌های پرتحرک آبزیان باشد (دادالهی سهراب و همکاران، ۱۳۸۷). اولین نشانه مسمومیت با سرب، علائم عصبی، افزایش ناهنجاری‌های عصبی در کودکان و افزایش فشار خون در بزرگسالان است. از سوی دیگر عوارض مربوط به جنین خصوصاً در زمان رشد و توسعه سیستم عصبی جنین بسیار با اهمیت است (اسماعیلی ساری، ۱۳۸۱). با توجه به نتایج بدست آمده غلظت سرب در بافت خوراکی اردک‌ماهی از حد مجاز سازمان بهداشت جهانی بیشتر بوده است که با نتایج امینی رنجبر و ستوده‌نیا، در سال ۱۳۸۴ همخوانی دارد. بیش‌ترین و کم‌ترین میانگین دوز مصرف روزانه در مورد مصرف ماهیان تالاب انزلی با استناد به فرضیات سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا مربوط به عنصر سرب برای پذیرنده‌های مورد مطالعه بود. همچنین بیش‌ترین میانگین دوز مصرف روزانه در اردک‌ماهی تالاب انزلی و کم‌ترین در شاه‌کولی مشاهده شد. با این وجود با توجه به دوز مبنا در بررسی خطر بالقوه هیچ یک از گونه‌های شاخص خطر بالاتر از یک را نشان ندادند و می‌توان گفت که مصرف مجاز ماهیان مورد بررسی خطری برای مصرف‌کنندگان بوجود نمی‌آورد. البته شدت اثر خطر ناشی از فلزات در پذیرنده‌های مختلف با توجه به میزان مصرف متفاوت است. ارزش عددی بدست آمده از خطر بالقوه (HQ) نباید مستقیماً برای تخمین ریسک (Risk) مورد استفاده قرار گیرد (EPA, 1989)، به عبارت دیگر دوز مبنا یک خط شاهد تیز بین مصرف امن و ناامن نیست (Rodricks and Jackson, 1992).

ماهی به عنوان یکی از مهم‌ترین مواد غذایی در جهان به ویژه برای مردمی که در حاشیه دریاها زندگی می‌کنند محسوب می‌شود، متخصصان تغذیه برای بهره‌مندی از مزایای سلامتی توصیه می‌کنند که مردم ماهی را در زنجیره غذای خود بگنجانند اما با توجه به فابلیت تجمع فلزات در بافت‌های بدن ماهیان ملاحظات ویژه‌ای در مصرف آن‌ها باید لحاظ شود. مضرات بالقوه از فلزات حاکی از آن است که مردم نه تنها باید مقادیر کوچک از مواد غذایی آلوده را مصرف کنند بلکه باید در مصرف مواد غذایی تنوع را برای جلوگیری از مقادیر مصرف ناسالم فلزات سنگین در نظر بگیرند. اطلاعات در زمینه آلاینده‌ها در طیف گسترده‌ای در مورد ماهی‌های تجاری به طور کلی در دسترس عموم مردم نیست. بنابراین، نشان می‌دهد که نیاز بیشتر وجود دارد که اطلاعات در مورد سطوح آلاینده در ماهی از مناطق خاص ارائه شود. اطلاعات در زمینه شناسایی دقیق گونه‌ها ،محل جمع‌آوری، سطوح مجاز آلاینده‌ها در ماهی‌های مناطق خاصی از جهان می‌تواند به مردم اجازه دهد که تصمیمات آگاهانه بگیرند که با مصرف ماهیان مناسب کم‌ترین مقدار فلزات را به بدن برسانند (MacDonald *et al*., 2000). در کشورهایی مانند آمریکا سازمان‌هایی نظیر سازمان دارو و غذا با قرار دادن الگوی صحیح مصرف از بسیاری از مشکلات ناشی از وجود آلاینده‌ها در غذاهای دریایی پیشگیری می‌کنند. بنابر این ضروریست در ایران نیز علاوه بر تلاش برای افزایش سهم سرانه مصرف ماهی توجه ویژه‌ای به ایمنی غذاهای دریایی شود. همچنین پیشنهاد می‌گردد مراکز تحقیقاتی مانند مرکز تحقیقات شیلات و آبزی پروری و مراکز دیگر طرح‌هایی را در مورد آلودگی انواع ماهیان انجام داده تا کیفیت بهداشتی ماهیان مورد سنجش و ارزیابی قرار گیرد.

سپاسگذاری

نتایج بدست آمده از این پژوهش با توجه به مساعدت‌های فراوان کارشناسان پژوهشکده آبزی‌پروری خزر به ویژه آقایان مهندس حجت خداپرست و هادی بابایی بوده است که نهایت تشکر را از آن‌ها داریم.

منابع

اسماعیلی ساری، ع.، ۱۳۸۱. آلاینده ها، بهداشت و استاندارد محیط زیست . انتشارات نقش مهر، صفحه ۷۶۸

امینی رنجبر، غ. و ستوده نیا، ف.، ۱۳۸٤. تجمع فلزات سنگین در بافت عضله ماهی کفال دریای خزر در ارتباط با برخی مشخصات بیومتریک. مجله علمی شیلات ایران، سال چهاردهم، شماره ۳، پاییز ۱۳۸۴، صفحات ۱ تا ۱۸.

دادالهی سهراب، ع.، نبوی، م. و خیرور، ن.، ۱۳۸۷. ارتباط برخی مشخصات زیست‌سنجی با تجمع فلزات سنگین در بافت عضله و آبشش ماهی شیربت. در رودخانه اروند رود . مجله علمی شیلات ایران، سال هفدهم، شماره ۴، زمستان ۱۳۸۷، صفحات ۲۷ تا ۲۳

Alam, M. G. M., Tanaka, A., Allinson, G., Laurenson, L. J. B., Stagnitti, F. and Snow, E. T., 2002. A comparison of trace element concentrations in cultured and wild carp (Cyprinus carpio) of Lake Kasumigaura, Japan. Ecotoxicology and Environmental Safety, 53. 348–354.

Amini Ranjbar, G. H. and Shariat, F., 2006. Trace metals (Cu, Cd, Zn, and Pb) in the liver and kidney of Acipenser persicus with relation to their concentration in the superficial sediments of the west coast of the southern Caspian Sea. Fishers Science, 5, 19-40.

Brooks, R. R., Lewis, J. and Reeves, R. D., 1975. Mercury and other heavy metals in trout of central north island, New Zealand. Marine and Fresh Water Research, 10. 233-244.

Burger, J. and Gochfeld, M., 2005. Heavy metals in commercial fish in New Jersey. Environmental Research, 99, 403–412.

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. Environmental Pollution, 121, pp. 129-130

Carvalho, M. L., Santiago, S. and Nunes, M. L., 2005. Assessment of the essential element and heavy metal content of edible fish muscle. Analytical and Bioanalytical Chemistry, 382, 426-428

Dugo, G., Pera, L. L., Bruzzese, A. and Maria, T., 2004. Concentration of Cd, cu, Pb, Se and Zn in cultured Sea Bass (Dicentorachus labrax) from Tyrrhenian Sea. Food Control, 6. 146-152.

EPA (Environmental Protection Agency), 2002. Risk assessment: Technical background information. RBG Table. Available from http://www.epa.gov./reg3hwmd/risk (online update: 23.03.2009).

EPA (U.S. Environmental Protection Agency), 1989. Risk Assessment Guidance for Superfund. Volume II, Environmental Evaluation Manual, EPA/540/1-89/001, Washington, D.C.

EPA. 1992. Framework for ecological risk assessment, EPA/630/R-92/001, Risk Assessment Forum, Washington, D.C.

EPA. 2007. Framework for Metals Risk Assessment, EPA 120/R-07/001.

Falco G., Llobet J. M., Bocio A. and Domingo J. L., 1996. Daily intake of arsenic, cadmium, mercury, and lead by consump tion of edible marine species. Agricultural and Food Chemistry, 54. 6106-6112.

FAO (Food and Agriculture Organization), 1983. Compilation of Legal Limits for Hazardous Substances in Fish and Fishery Products. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy pp, 5-100.

MacDonald, D. D., Ingersoll, C. G. and Berger, T. A., 2000, Development and evaluation of consensus-based sediment quality guidelines for freshwater ecosystems. Arch Environ Contam Toxicol, 39. 20-31.

Mendil, D., Uluozlu O. D., Hasdemir E., Tuzen M., Sari, H. and Suicmez, M., 2005. Determination of trace metal levels in seven fish species in lakes in Tokat. Turkey.Food Chemistry, 90.175-179.

Oomen, C. M., Feskens E. J., Räsänen L., Fidanza, F., Nissinem, A. M., Menotti, A., Kok, F. J. and Kromhout, D., 2000. Fish consumption and coronary heart disease mortality in Finland, Italy and The Netherlands. American journal Epidemiol, 151.999– 1006.

Pastorok, R. A., Bartell, S. M., Ferson, S. L. and Ginsberg, R. (eds). 2002. Ecological Modeling in Risk Assessment. Chemical Effects on Populations, Ecosystems and Landscapes. Lewis Publishers, Boca Raton, FL.

Rodricks, J. V. and Jackson B. A., 1992. Food constituents and contaminants. In Lippmann M (ed) Environmental toxicants—human exposure and their health effects. Van Nostrand Reinhold, NewYork, NY. pp. 266–298.

Roesijadi, G., 1994. Behaviour of metallothionein-bound metals in a natunal population of an estuarine mollusc, Marin Environmental Research, 38 .147.

Suter, G. W., II. Gillett, J. W., and Norton, S. B., 1994. Issue paper on characterization of exposure. In: Ecological risk assessment issue papers. Washington, DC: Risk Assessment Forum, U.S. Environmental Protection Agency, pp. 4-1 to 4-64. EPA/630/R-94/009.

Turkmen, A., Turkmen, M., Tepe Y. and Akyurt I., 2005. Heavy metals in three commercially valuable fish species from Iskenderun Bay, Northern East Mediterranean Sea, Turkey. Food chemistry, 91.167-172.

UNEP, 1984. Sampeling of selected marine organisms and sample preparation for trace metal analysis-refrence metal for marine Pollution Studies, No.7, Rev.2.

Viarengo, A., 1989. Heavy metals in marine invertebrates: mechanisms of regulation and toxicity at the cellular level, Reviewes Aquatic Science 1.

Watling, R. J., 1981. A menul of Method for use in the South Africa Marine pollution programms. South African National Scientific programs, Report 44, 82 pp

WHO/FAO., 2007. Joint FAO/WHO Food Standard Programme Codex Alimentarius Commission 13th Session Report of the Thirty Eight Session of the Codex Committee on Food Hygiene. Houston, United States of America, Alinorm 07/30/13.