

بررسی اثر فلزات سنگین بر سلامت بالغین، زنان و کودکان مصرف‌کننده ماهی (مطالعه موردی تالاب انزلی)

چکیده

هدف از این مطالعه، توصیف اثرات فلزات سنگین بر سلامت غذاهای دریایی غالب در سبد خانوار ساکنین و تفرج‌گران در سنین مختلف (کودکان، بالغین و زنان) در حومه تالاب انزلی است. نتایج بررسی غلظت میانگین نمونه‌های ماهی صیدشده از تالاب با استفاده از روش اسپکتروفتومتر جذبی، گویای این مطلب است که بیشترین و کمترین غلظت در عضله ماهی مربوط به سرب در اردک‌ماهی (0.06 ± 0.06 میکروگرم بر گرم وزن خشک) و کادمیوم (0.09 ± 0.10 میکروگرم بر گرم وزن خشک) در شاه‌کولی بوده است و رابطه $Cd < Cr < Pb$ بین آن‌ها برقرار است. در بررسی ریسک بهداشتی ناشی از مصرف ماهی آلوده به فلزات سنگین با توجه به دستورالعمل EPA2010e، بیشترین نرخ مصرف روزانه با توجه به نرخ سرانه مصرف در استان گیلان به دو عنصر سرب و کادمیوم در پذیرنده‌ها مربوط بوده و شاخص خطر محاسبه‌شده برای تمامی گروه‌ها و سنین موردبررسی، مقداری کمتر از یک را نشان داد. می‌توان گفت، مصرف مجاز ماهی در وعده‌های غذایی به‌صورت عمومی، تفریحی و دائمی خطری را از نظر سلامتی به وجود نمی‌آورد ولی در بررسی‌ها، احتمال ایجاد خطر برای کودکان نسبت به دیگر اقشار مصرف‌کننده در استفاده‌های پایدار و دائمی مشاهده گردید که حاکی از حساس بودن این قشر و نیاز توجه بیشتر مسئولین را به سلامت و امنیت مواد غذایی و به‌مراتب حفظ سلامت اکوسیستم‌های حیاتی چون تالاب انزلی و رودخانه‌های مرتبط با آن را می‌طلبد.

واژگان کلیدی: فلزات سنگین، مصرف‌کنندگان، ماهیان بومی، تالاب انزلی.

مریم مروتی^۱

مریم پناهنده^{۲*}

۱. استادیار گروه محیط زیست، دانشکده کشاورزی

و منابع طبیعی، دانشگاه اردکان، اردکان، ایران

۲. پژوهشکده محیط زیست، جهاد دانشگاهی واحد

گیلان، رشت، ایران

*مسئول مکاتبات

Maryamp_2006@yahoo.com

کد مقاله: ۱۳۹۶-۱۰۴۶۲

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۶/۰۳

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۷/۱۹

این مقاله برگرفته از طرح پژوهشی است.

مقدمه

تالاب‌ها نخستین قربانیان اهداف ترقی و پیشرفت محلی به شمار می‌روند. هرچند که تالاب در روند تکاملی خود به بستری خشک و عاری از آب تبدیل می‌شود اما متأسفانه انسان با فعالیت‌ها و دخالت‌های نابجا و مخرب و آزمندانه خود چنان تأثیری در فرآیند تکاملی تالاب در جهان گذارده که نظام خود نظم طبیعت را به‌طور فزاینده‌ای به تخریب کشانده است (Kalay and Canli, 2000). عموماً مطالعه بر روی فلزات سنگین از دو جنبه حائز اهمیت است: اول از نقطه‌نظر سلامتی و بهداشتی و دیگر از نقطه‌نظر اکولوژیک (Dalman et al., 2006). فلزات سنگین آلاینده‌های پایداری هستند که برخلاف ترکیبات آن، از طریق فرآیندهای زیستی و یا شیمیایی در طبیعت تجزیه نمی‌شوند (Canli and Atli, 2003). میزان غلظت عناصر در بدن ماهی تحت تأثیر فاکتورهایی مثل عوامل فصلی، تفاوت‌های بیولوژیکی، منبع تغذیه‌ای، وضعیت محیطی (شامل شیمی آب، شوری، درجه حرارت و آلوده‌کننده‌ها) و درنهایت روش فرآوری غذا قرار می‌گیرد، پس از ورود به بدن انسان دیگر از بدن دفع نشده بلکه در بافت‌هایی مثل چربی، عضلات، استخوان‌ها و مفاصل رسوب کرده و انباشته می‌گردند که همین امر موجب بروز بیماری‌ها و عوارض متعددی در بدن می‌شود. حضور فلزات سنگین بیش از استانداردهای تعریف‌شده در محیط، باعث بروز مشکلات و عوارض زیست‌محیطی برای ساکنان آن

محل و اکوسیستم می‌گردد (Carvalho et al., 2005). تأثیرات فلزات سنگین روی انسان مختلف بوده و عمده‌ترین آن مربوط به بروز اختلالات عصبی (Mendil et al., 2005; Johnson and Atchison, 2009) و تخریب سیستم ایمنی بدن است (Mishra, 2009). میزان و درجه تأثیر فلزات سنگین بر سلول‌ها یا بافت یک ارگان از بدن انسان، بستگی به نوع آن فلز و همچنین میزان و شدت مواجهه با آن دارد (Begum et al., 2005). به‌طور کلی 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). معمولاً به‌منظور بررسی اثرات فلزات بر سلامتی انسان‌ها مجموعه‌ای از آن‌ها را موردسنجش قرار می‌دهند. به‌عنوان نمونه در بررسی اثرات ناشی از فلزات سنگین ناشی از شیرابه زباله، مکان‌های دفع در عربستان سعودی اثرات مس، منگنز، روی و آهن (Zabin et al., 2008) و در تایوان سرب (Hung et al., 2009) و جیوه، سرب، کادمیوم، روی و مس در غذاهای مورد مصرف در مناطق صنعتی در چین (Zheng et al., 2007) استفاده گردید. بررسی‌های مختلفی در سطح ملی و بین‌المللی در خصوص آلودگی موجودات در اکوسیستم‌های آبی به فلزات سنگین شده است (Yu-Jun et al., 2012; Alinnor and Obiji, 2010).

زینالی و همکاران (۱۳۸۷) به‌منظور مقایسه غلظت مس و روی با استانداردهای مجاز، غلظت این دو عنصر در سه گونه از ماهیان دریای خزر شامل: کپور معمولی (*Cyprinus carpio*)، سفید (*Rutilus frisii kutum*)، کفال (*Mugil auratus*) در چهار مرکز صید مختلف چالوس،

انزلی، رودسر و فریدون‌کنار بررسی کردند. میانگین مقادیر مس در عضلات ماهیان کفال، سفید و کپور، به ترتیب عبارت بود از

۱/۱۷ ± ۳/۱۴، ۲/۲۴ ± ۳/۶۹، ۱/۲۴ ± ۳/۳۹ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن خشک. میانگین مقادیر روی در عضلات همین ماهی‌ها به ترتیب عبارت بود از ۱۴/۰۱ ± ۱۵/۴۳، ۳۷/۹۹ ± ۲۱/۱۴، ۷۳/۸۱ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن خشک. غلظت روی به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر محل نمونه‌برداری و گونه‌های ماهی قرار گرفت ($P < 0.05$)، به‌طوری‌که غلظت آن در ماهی کپور انزلی به‌طور معنی‌داری از بقیه ماهی‌ها و صیدگاه‌های دیگر بیشتر بود در عضلات ماهیان مورد مطالعه در حد قابل قبول و مجاز برای مصارف انسانی قرار داشت. همچنین شهریار (۱۳۸۴)، مقادیر فلزات سنگین کادمیوم، کروم، سرب و نیکل در بافت خوراکی ماهیان شوریده و سرخو خلیج فارس را موردسنجش قرارداد که بعد از بررسی مشخص گردید، میانگین غلظت فلزات سنگین در ماهیان شوریده و سرخو از حد مجاز سازمان بهداشت جهانی کمتر بود ولی مقدار سرب، کادمیوم، کروم و نیکل به ترتیب در ۲۷، ۸، ۳، ۲۵ درصد از نمونه‌های مورد مطالعه، از حداکثر مجاز سازمان بهداشت جهانی بیشتر بود. برامکی یزدی (۱۳۸۸)، غلظت سرب، مس، روی و کادمیوم در عضله دو گونه ماهی سوف و اردک‌ماهی به‌منظور بررسی امکان انتقال فلزات فوق در جمعت انسانی از طریق مصرف ماهی در تالاب انزلی موردبررسی قراردادند. نتایج نشان داد غلظت فلزات فوق در ماهی سوف به‌طور نسبی بیشتر از اردک‌ماهی بوده است ($P < 0.05$). همچنین در بین فلزات، تجمع فلز روی در عضله هر دو گونه ماهی بیشتر از سایر فلزات بوده است. تجمع فلزات فوق در عضله این دو گونه ماهی در تالاب انزلی به ترتیب کلی غلظت سرب، روی، مس و کادمیوم کمتر از میزان موردنظر سازمان بهداشت جهانی، سازمان خواربار کشاورزی و انجمن تحقیقات دارویی و بهداشت ملی استرالیا برای مصرف انسان می‌باشد. مشروفه و همکاران (۱۳۹۱) میزان فلزات کادمیوم، نیکل، وانادیوم و روی را در بافت‌های مختلف فیل‌ماهی و ازون برون و ریسک ناشی از آن را بررسی کردند. بالاترین غلظت فلزات کادمیوم، وانادیوم و نیکل در بافت کبد ماهی ازون برون و بیشترین غلظت فلز روی در قلب فیل‌ماهی و کمترین غلظت فلزات روی و کادمیوم در عضله ازون برون و کمترین غلظت فلزات نیکل و وانادیوم به ترتیب در قلب ازون برون و قلب فیل‌ماهی مشاهده گردید. همچنین میانگین غلظت کادمیوم، وانادیوم و روی از حد استاندارد تعیین‌شده توسط سازمان کشاورزی، ماهیگیری پایین‌تر بود. بنابراین به دلیل پایین بودن غلظت‌های به‌دست‌آمده وانادیوم و روی از حد مجاز، مصرف عضله این ماهیان خطری جدی برای سلامتی مصرف‌کنندگان نخواهد داشت. با توجه به ارزش غذایی ماهی و اینکه یکی از مهم‌ترین اقلام را در سبد غذایی بومیان استان گیلان به خود اختصاص داده است در پژوهش حاضر با توجه ورود خیل عظیمی از فاضلاب‌ها و پساب‌های آلوده به تالاب انزلی به‌عنوان یکی از مهم‌ترین منابع تأمین ماهی بومیان منطقه، بر آن شدیم که به بررسی اثرات بهداشتی ناشی از فلزات سنگین در مصرف‌کنندگان ماهی در تیپ‌های مختلف بپردازیم.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی غلظت فلزات سنگین در گونه‌های ماهی (کپور، شاه کولی، اردک‌ماهی، کاراس و سیم) صیدشده تالاب انزلی به‌وسیله تور ماهیگیری مقداری از بافت عضلانی را جدا نموده و به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۸۰-۱۰۰ درجه سانتی‌گراد کاملاً خشک نموده و سپس به‌وسیله هاون نمونه‌ها را کاملاً پودر نموده و پس‌از آن ۰/۵ گرم از بافت عضلانی پودر شده به‌وسیله ترازو با دقت ۰/۰۰۰۰۱ توزین نموده و به آن ۴ سی‌سی اسید نیتریک غلیظ و ۱ سی‌سی اسید پرکلریک به آن اضافه نموده و به‌وسیله هیتردایجست در دمای ۱۲۰ درجه سانتی‌گراد، هضم شیمیایی نمونه صورت می‌گیرد 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 و بدین‌صورت نمونه‌ها آماده تزریق به دستگاه جذب اتمی می‌باشد (Watling, 1981). کلیه نمونه‌های آماده‌شده به وسیله دستگاه جذب اتمی شعله مدل Shimadzu AA/680 دارای لامپ دوتریم برای تصحیح زمینه و از شعله هوا-استیلن تعیین مقدار می‌گردد. برای تهیه محلول‌های استاندارد جهت کالیبراسیون دستگاه، از محلول‌های ذخیره ۱۰۰۰ قسمت در میلیون فلزات استفاده شد. به‌منظور بررسی ریسک ناشی از مصرف ماهیان آلوده به فلزات سنگین با استناد به دستورالعمل EPA, 2010e از روابط زیر استفاده گردید:

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

رابطه ۱:

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

ADD: میانگین دوز روزانه (میلی گرم بر کیلوگرم -روز) (سرانه مصرف ماهی در دوره موردبررسی در استان گیلان ۱۳/۸ کیلوگرم)

Oral RfD: مقدار مبنا ماده شیمیایی با مصرف دهانی (میلی گرم بر کیلوگرم -روز)

به‌منظور تخمین میانگین دوز مصرف روزانه برحسب میلی گرم بر کیلوگرم در روز با توجه میزان مصرف سرانه ماهی در استان از رابطه ۱ استفاده گردید:

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

رابطه ۲:

C: غلظت فلز در عضله ماهی مورد مصرف

IR: میانگین نرخ مصرف ماهی بر اساس سرانه مصرف در استان گیلان (۰/۰۳ کیلوگرم) گرم بر روز

EF: فرکانس مواجهه ۳۶۵ روز بر سال

ED: مدت مواجهه ۷۰ سال

BW: وزن بدن ۷۰ کیلوگرم

AT: میانگین روزها برای مواد سرطان‌زا و غیر سرطان‌زا روز بر سال $ED \times 365$

به‌منظور محاسبه خطر بر اساس دستورالعمل آژانس حفاظت محیط‌زیست آمریکا (EPA 2010a) از روابط زیر استفاده خواهیم کرد:

$$HI = (HQ \text{ Lead} + HQ \text{ Cadmium} + HQ \text{ Chromium} + \dots)$$

رابطه ۳:

مقدار مبنا برای فلزات سنگین از EPA IRIS و ATSDR MRL قابل‌دسترس است. در بررسی حاضر این مقدار برای عناصر سمی موردبررسی به‌قرار زیر بوده است:

Cadmium 1.0E-03, Chromium (VI) 3.0E-03 and lead 3.0E-02 (EPA, 2000b)

به‌منظور بررسی میزان مواجهه پذیرنده‌های هدف؛ بالغین ۴۴ ساله به بالا، زنان باردار ۴۴-۱۴ و کودکان زیر ۱۴ سال برای بررسی انتخاب شدند. در این مطالعه، میزان نرخ مصرف روزانه برای پذیرنده‌ها بر اساس مصرف سرانه در استان موردبررسی قرار گرفت و با استانداردهایی که در آژانس

حفاظت محیط‌زیست امریکا بیان‌شده بود مورد مقایسه قرار گرفت. مدت مواجهه برای بالغین ۳۰/۷ سال، برای زنان ۳۰ سال و برای کودکان ۱۵ سال در مواجهه مزمن و ۷۰ سال به‌طور میانگین در نظر گرفته‌شده است و فرکانس مواجهه ۳۶۵ روز برای همه قشرهای بررسی بیان گردید. نرخ هضم برای مواجهه مزمن پذیرنده‌های بالغ که به‌صورت پایدار از ماهی برای تغذیه استفاده می‌کنند مثلاً صیادان و بومیان منطقه مواجهه طبق استاندارد EPA، بعد از بررسی‌های آزمایشگاهی، ۱۴۲/۴ گرم در روز بیان‌شده است همچنین برای استفاده‌کنندگان عمومی ۷/۵ گرم در روز و این در حالی است که نرخ هضم برای مصرف‌کنندگانی که به‌صورت تفریحی از ماهی تغذیه می‌کنند ۱۷/۵ گرم در روز بیان‌شده است. پس بیشترین نرخ هضم برای مصرف‌کنندگان محلی و پایدار یک منطقه عنوان‌شده است؛ و این در حالی است که این نرخ برای زنان باردار و کودکان به ترتیب برای سه قشر پذیرنده به‌صورت زیر است:

نرخ هضم برای زنان باردار: مصرف‌کننده پایدار ۱۰۹/۷۲، مصرف‌کنندگان تفریحی ۷/۸۶ و برای مصرف‌کنندگان عمومی ۵/۸۱ گرم در روز
نرخ هضم برای کودکان: مصرف‌کننده پایدار ۷۷/۹۵، مصرف‌کنندگان تفریحی ۰/۰۰ و برای مصرف‌کنندگان عمومی ۲/۸۳ گرم در روز
نرخ هضم را برای بررسی میانگین: مقدار مصرف روزانه برای هر نفر به وزن ۷۰ کیلوگرم ۳۰ گرم در روز
مصرف‌کنندگان پایدار جمعیت صیادان و بومیان حاشیه تالاب را شامل می‌شوند و این در حالی است که جمعیت مسافران و گردشگران به‌عنوان مصرف‌کنندگان تفریحی به شمار می‌آیند و غالباً بومیان استان به‌عنوان مصرف‌کنندگان عمومی در نظر گرفته می‌شوند.
به‌منظور بررسی ریسک بالقوه ناشی از مصرف ماهی در انسان به روش ارزیابی کیفی با توجه به نتایج به‌دست‌آمده در مراحل قبل از الگوی سازمان بهداشت جهانی (۲۰۰۷) استفاده خواهد شد (جدول‌های ۱، ۲، ۳).

جدول ۱: دستورالعمل راهنما برای سنجش کیفی احتمالات اثر خطرات بالقوه مصرف ماهیان آلوده به فلزات سنگین در

مصرف‌کنندگان (WHO, 2007).

سطح	توصیف گر	توضیحات
A	تقریباً قطعی	حتماً اتفاق می‌افتد
B	به‌احتمال زیاد	احتمالاً در اکثر مواقع اتفاق می‌افتد
C	ممکن	ممکن است در برخی از مواقع اتفاق افتد
D	احتمال ضعیف	در برخی از زمان‌ها با احتمال بسیار ضعیف اتفاق می‌افتد
E	نادر	ممکن است تنها در شرایط استثنائی اتفاق افتد
سطح	توصیف گر	توضیحات
A	تقریباً قطعی	حتماً اتفاق می‌افتد
B	به‌احتمال زیاد	احتمالاً در اکثر مواقع اتفاق می‌افتد
C	ممکن	ممکن است در برخی از مواقع اتفاق افتد
D	احتمال ضعیف	در برخی از زمان‌ها با احتمال بسیار ضعیف اتفاق می‌افتد
E	نادر	ممکن است تنها در شرایط استثنائی اتفاق افتد

جدول ۲: دستورالعمل راهنما سنجش کیفی نتایج و اثر مواجهه با ماهیان آلوده به فلزات سنگین در مصرف‌کنندگان (WHO, 2007).

سطح	توصیف گر	توضیحات
۱	ناچیز	اثرات ناچیز
۲	کم	اثرات کم در یک جمعیت کوچک
۳	میانه	اثرات کم در یک جمعیت میانه
۴	بالا	اثرات زیاد بر یک جمعیت کوچک

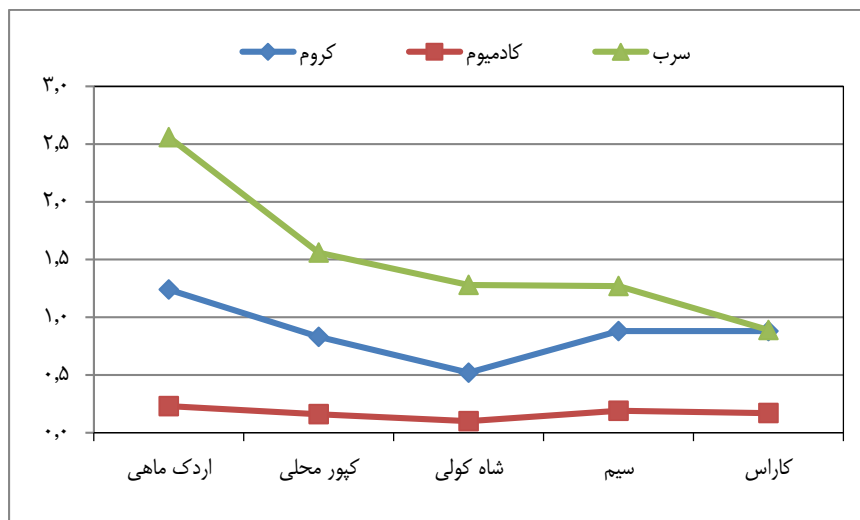
جدول ۳: ماتریس آنالیز ریسک کیفی (سطح خطر بالقوه) (WHO, 2007).

احتمال	اثر			
	ناچیز	کم	میانه	زیاد
A	میانه	بالا	بالا	بالا
B	میانه	بالا	بالا	بالا
C	کم	میانه	بالا	بالا
D	کم	کم	میانه	بالا
E	کم	کم	میانه	بالا

نتایج

بر طبق نتایج به‌دست‌آمده از سنجش غلظت فلزات در عضله ماهیان مورد مطالعه رابطه‌های زیر در مورد میزان میانگین غلظت هر فلز در بافت عضله گونه‌های مورد مطالعه به دست آمد. در بررسی حاضر بیشترین غلظت عناصر مربوط به عنصر سرب با غلظت $2/56 \pm 0/06$ میکروگرم بر گرم وزن خشک در عضله نمونه‌های اردک‌ماهی در تالاب انزلی مشاهده گردید، همچنین کمترین مقدار در شاه کولی تالاب انزلی مربوط به عنصر کادمیوم با مقدار $0/10 \pm 0/09$ میکروگرم بر گرم وزن خشک بوده است. میانگین غلظت فلزات در عضله ماهیان مورد بررسی از روابط زیر پیروی می‌کند:

فلز کروم: ماهی شاه کولی > ماهی کپور محلی > ماهی کاراس > ماهی سیم > اردک‌ماهی
 فلز کادمیوم: ماهی شاه کولی > ماهی کپور محلی > ماهی کاراس > ماهی سیم > اردک‌ماهی
 فلز سرب: ماهی کاراس > ماهی شاه کولی > ماهی سیم > ماهی کپور محلی > اردک‌ماهی



شکل ۱: میانگین غلظت عناصر در بافت عضله ماهیان در تالاب انزلی در دوره مورد مطالعه (میکروگرم بر گرم وزن خشک).

در بررسی دیگر نرخ مصرف روزانه ماهیان مورد مطالعه بر اساس میزان سرانه مصرف در استان گیلان ب برای پذیرنده‌های مختلف مورد محاسبه قرار گرفت (جدول ۴، ۵، ۶ و ۷).

جدول ۴: نرخ مصرف روزانه مژمن اردک‌ماهی در سه قشر بالغین، زنان و کودکان بر اساس سرانه مصرف در استان گیلان (میکروگرم بر کیلوگرم در روز).

آلاینده	پذیرنده	جمعیت هدف		
		مصرف‌کننده پایدار	مصرف‌کننده تفریحی	مصرف‌کننده عمومی
کادمیوم	بالغین	۰/۹۹۳۰	۱/۱۵۰	۰/۰۰۴
	زنان	۰/۰۷۵۰	۰/۰۰۵	۰/۰۰۳
	کودکان	۰/۱۱۹۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۴
کروم	بالغین	۰/۵۰۴۰	۰/۰۶۸	۰/۰۲۶
	زنان	۰/۴۰۶۰	۰/۰۲۸	۰/۰۲۱
	کودکان	۰/۶۴۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۲۳
سرب	بالغین	۱/۰۴۰۰	۰/۱۲۸	۰/۰۵۴
	زنان	۰/۸۳۸۰	۰/۰۶۰	۰/۰۴۴
	کودکان	۱/۳۳۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۴۸

جدول ۵: نرخ مصرف روزانه مزمن کپور محلی در سه قشر بالغین، زنان و کودکان بر اساس سرانه مصرف در استان

گیلان (میکروگرم بر کیلوگرم در روز).

آلاینده	پذیرنده	جمعیت هدف		
		مصرف‌کننده پایدار	مصرف‌کننده تفریحی	مصرف‌کننده عمومی
کادمیوم	بالغین	۰/۰۶۵	۰/۰۰۸	۰/۰۰۳۴
	زنان	۰/۰۵۲	۰/۰۰۳	۰/۰۲۷۰
	کودکان	۰/۰۸۳	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰۳
کروم	بالغین	۰/۳۳۰	۰/۰۴۱	۰/۰۱۷۰
	زنان	۰/۲۷۰	۰/۰۱۸	۰/۰۱۴۰
	کودکان	۰/۴۳۰	۰/۰۰۰	۰/۰۱۵۰
سرب	بالغین	۰/۶۳۰	۰/۰۷۸	۰/۰۳۰۰
	زنان	۰/۵۱۰	۰/۰۳۶	۰/۰۲۰۰
	کودکان	۰/۸۱۰	۰/۰۰۰	۰/۰۲۹۰

جدول ۶: نرخ مقدار مصرف روزانه مزمن شاه کولی در سه قشر بالغین، زنان و کودکان بر اساس سرانه مصرف در استان

گیلان (میکروگرم بر کیلوگرم در روز).

آلاینده	پذیرنده	جمعیت هدف		
		مصرف‌کننده پایدار	مصرف‌کننده تفریحی	مصرف‌کننده عمومی
کادمیوم	بالغین	۰/۰۴۰	۰/۰۰۵	۰/۰۰۲۱
	زنان	۰/۰۳۲	۰/۰۰۲	۰/۰۰۱۷
	کودکان	۰/۰۵۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۱۸
کروم	بالغین	۰/۲۱۱	۰/۰۲۶	۰/۰۱۱۰
	زنان	۰/۱۷۰	۰/۰۱۲	۰/۰۰۹۰
	کودکان	۰/۲۷۰	۰/۰۰۰	۰/۰۱۲۰
سرب	بالغین	۰/۵۲۰	۰/۰۶۴	۰/۰۲۷۰
	زنان	۰/۴۱۲	۰/۰۳۰	۰/۰۲۲۰
	کودکان	۰/۶۶۰	۰/۰۰۰	۰/۰۲۴۰

جدول ۷: نرخ مقدار مصرف روزانه مزمن ماهی سیب تالاب انزلی در سه قشر بالغین، زنان و کودکان بر اساس

استانداردهای سرانه مصرف در استان گیلان (میکروگرم بر کیلوگرم در روز).

آلاینده	پذیرنده	جمعیت هدف		
		مصرف‌کننده پایدار	مصرف‌کننده تفریحی	مصرف‌کننده عمومی
کادمیوم	بالغین	۰/۰۷۷	۰/۰۰۹	۰/۰۰۴۰
	زنان	۰/۰۶۲	۰/۰۰۴	۰/۰۰۳۲
	کودکان	۰/۰۹۸	۰/۰۰۰	۰/۰۰۳۵
کروم	بالغین	۰/۳۵۰	۰/۰۴۴	۰/۰۱۸۰
	زنان	۰/۲۸۰	۰/۲۰۰	۰/۰۱۵۰
	کودکان	۰/۴۵۰	۰/۰۰۰	۰/۰۱۶۰
سرب	بالغین	۰/۵۱۰	۰/۰۶۳	۰/۰۲۷۰
	زنان	۰/۴۱۰	۰/۰۲۹	۰/۰۲۲۰
	کودکان	۰/۶۶۰	۰/۰۰۰	۰/۰۲۵۰

جدول ۸: نرخ مصرف روزانه مزمن ماهی کاراس تالاب انزلی در سه قشر بالغین، زنان و کودکان بر اساس سرانه

مصرف در استان گیلان (میکروگرم بر کیلوگرم در روز).

آلاینده	پذیرنده	جمعیت هدف		
		مصرف‌کننده پایدار	مصرف‌کننده تفریحی	مصرف‌کننده عمومی
کادمیوم	بالغین	۰/۰۶۹	۰/۰۰۸۵	۰/۰۰۳۰
	زنان	۰/۰۵۵	۰/۰۰۳۹	۰/۰۰۲۹
	کودکان	۰/۰۸۸	۰/۰۰۰	۰/۰۰۳۹
کروم	بالغین	۰/۳۵۰	۰/۰۴۴۰	۰/۰۱۸۰
	زنان	۰/۲۸۰	۰/۰۲۰۰	۰/۰۱۵۰
	کودکان	۰/۴۵۰	۰/۰۰۰	۰/۰۱۶۰
سرب	بالغین	۰/۳۶۰	۰/۰۴۴۰	۰/۰۱۹۰
	زنان	۰/۲۹۰	۰/۰۲۰۰	۰/۰۱۵۰
	کودکان	۰/۴۷۰	۰/۰۰۰	۰/۰۱۶۰

با توجه به نتایج جداول بالا مصرف‌کنندگان پایدار به‌ویژه کودکان بیشتر در معرض خطر مواجهه با فلزات سنگین در اثر مصرف ماهیان آلوده هستند. نتایج بالانشان می‌دهد که بیشترین نرخ مصرف مربوط به عنصر سرب در اردک‌ماهی (۱/۳۳ میکروگرم بر کیلوگرم در روز) و کمترین مربوط به عنصر کادمیوم شاه کولی (۰/۰۳۲ میکروگرم بر کیلوگرم در روز) است.

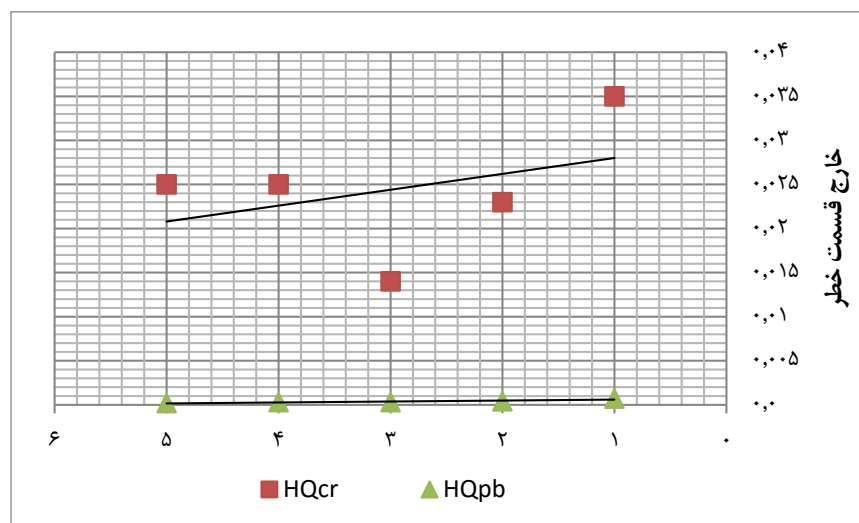
برای محاسبه شاخص خطر (HI)، با توجه به دستورالعمل آژانس حفاظت محیط‌زیست آمریکا خطرات بالقوه به‌دست‌آمده برای عناصر در هرگونه را جمع کردیم. مقادیر به‌دست‌آمده در همه گونه‌ها کمتر از یک، به دست آمدند و می‌توان نتیجه گرفت که مصرف آن برای انسان خطر بالقوهای را به همراه نخواهد داشت (جدول ۹).

جدول ۹: تخمین خطر بالقوه ناشی از فلزات سمی موجود در بافت عضله ماهیان مورد مصرف بالغین در تالاب انزلی.

نام ماهی	کادمیوم	کرم	سرب	HI	توصیف خطر	سطح خطر
اردک‌ماهی	۰/۰۱۹	۰/۰۳۵	۰/۰۰۰۷	۰/۰۵۴	ناچیز	۱
کپور محلی	۰/۰۱۳	۰/۰۲۳	۰/۰۰۰۴	۰/۰۳۶	ناچیز	۱
شاه کولی	۰/۰۰۸	۰/۰۱۴	۰/۰۰۰۳	۰/۰۲۰	ناچیز	۱
سیم	۰/۰۱۶	۰/۰۲۵	۰/۰۰۰۳	۰/۰۴۱	ناچیز	۱
کاراس	۰/۰۱۴	۰/۰۲۵	۰/۰۰۰۲	۰/۰۳۹	ناچیز	۱

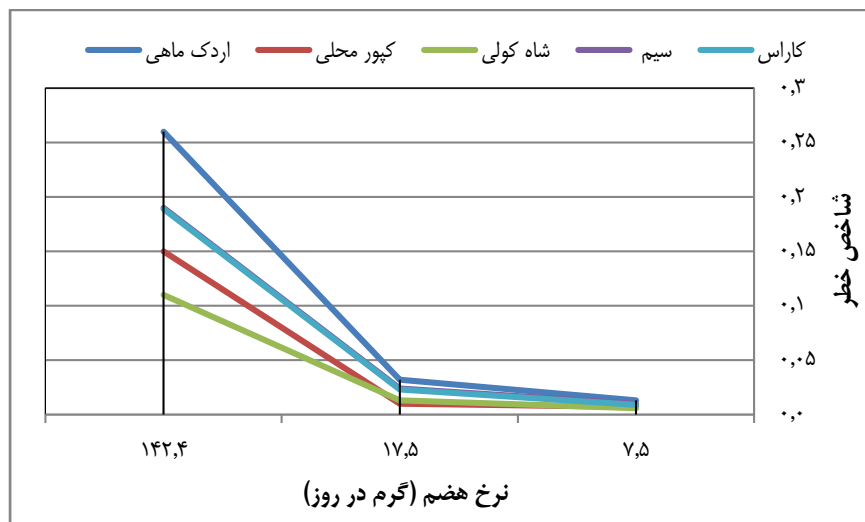
HQ: خطر بالقوه، HI: مجموع (Total) خطرات ناشی از فلزات

بیشترین مقدار خطر تخمین زده شده از فلزات سمی موجود در تالاب انزلی برای انسان ناشی از مصرف اردک‌ماهی است و مصرف ماهی شاه کولی کمترین خطر بالقوه را به خود اختصاص داده است. در کل این مقادیر کمتر از یک بوده و خطر چندانی برای انسان نداشت (شکل ۲).

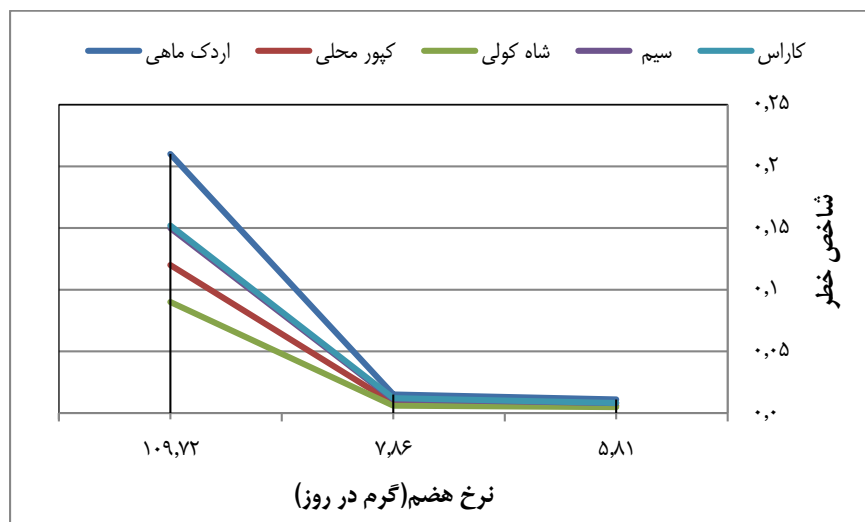


شکل ۲: مقایسه خطرات بالقوه ناشی از مصرف ماهی آلوده به سرب، کادمیوم و کرم برای بالغین در منطقه مورد بررسی.

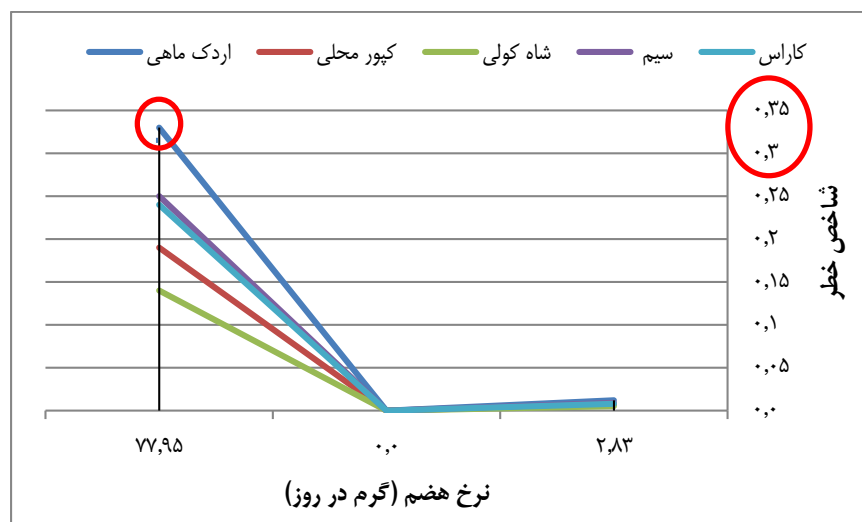
در اینجا لازم است که یادآور شویم برای یک ارزیابی صحیح باید تمام دوره‌های سنی و افراد آسیب‌پذیر بر اساس جنسیت را در نظر گرفت چراکه پتانسیل خطرزایی فلزات در ماهیان مورد مصرف انسان در افراد مختلف (از نظر جنس، سن، دوره‌های زندگی) متفاوت است. با توجه به بررسی که در این باره با استناد به معیارهایی که آژانس حفاظت محیط‌زیست آمریکا برای ارزیابی خطر بالقوه ناشی از مصرف ماهیان در سه جمعیت پذیرنده مصرف‌کننده عمومی، مصرف‌کننده تفریحی و پایدار در جمعیت زنان، بالغین و کودکان بیان کرده، شاخص خطر بالقوه مورد بررسی قرار گرفت که نتایج آن در اشکال ۳، ۴، ۵ آمده است.



شکل ۳: مقایسه شاخص خطر در بالغین با توجه به نرخ هضم در پذیرنده‌های مختلف.



شکل ۴: مقایسه شاخص خطر در زنان با توجه به نرخ هضم در پذیرنده‌های مختلف.



شکل ۵: مقایسه شاخص خطر در کودکان با توجه به نرخ هضم در پذیرنده‌های مختلف.

بر طبق نتایج به‌دست‌آمده از ارزیابی خطر بالقوه ناشی از مصرف ماهیان تالاب انزلی با توجه به نرخ مصرف و مدت مواجهه و این‌که ماهیان تالاب‌انزلی از لحاظ میزان خطر بالقوه، اثرات ناچیزی بر مصرف‌کنندگان بالغ دارند نتایج زیر را می‌توان انتظار داشت (جدول ۱۰).

جدول ۱۰: ماتریس آنالیز ریسک (سطح خطر بالقوه) ناشی از مصرف ماهی در انسان.

ریسک	اثر ناچیز	
	احتمال	
میان	A	با دو احتمال قطعی و زیاد مواجهه (مصرف ماهیان آلوده)
میان	B	
کم	C	
کم	D	
کم	E	

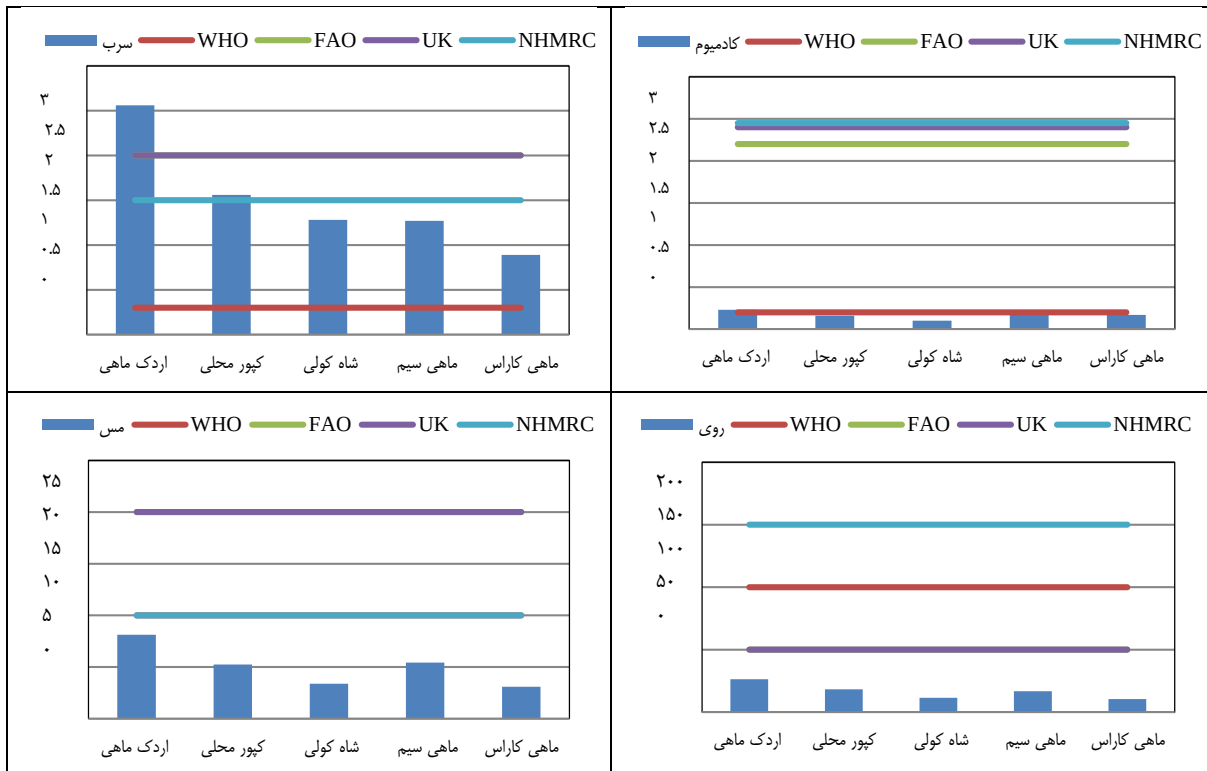
با توجه به رابطه ۴ در بخش مواد و روش‌ها مقدار مجاز وعده ماهی‌های موردبررسی در بالغین با مصرف عمومی موردسنجش قرار گرفت که نتایج در جدول ۱۱ نمایش داده شده است.

جدول ۱۱: تخمین حداکثر وعده مجاز مصرف ماهی در ماه در بالغین مصرف‌کننده ماهی در تالاب انزلی.

گونه ماهی	فلزات سنگین	میانگین غلظت برحسب میلی‌گرم بر کیلوگرم	حداکثر وعده مجاز مصرف ماهی در ماه
اردک‌ماهی	کادمیوم	۲/۵۶	۲۱
	کروم	۰/۲۳	محدودیت ندارد
	سرب	۱/۲۴	محدودیت ندارد
کپور محلی	کادمیوم	۱/۵۶	۳۵
	کروم	۰/۱۶	محدودیت ندارد
	سرب	۰/۸۳	محدودیت ندارد
شاه کولی	کادمیوم	۱/۲۸	۴۲
	کروم	۰/۱۰	محدودیت ندارد
	سرب	۰/۵۲	محدودیت ندارد
ماهی سیم	کادمیوم	۱/۲۷	۴۲
	کروم	۰/۱۹	محدودیت ندارد
	سرب	۰/۸۸	محدودیت ندارد
ماهی کاراس	کادمیوم	۰/۸۹	۷۰
	کروم	۰/۱۷	محدودیت ندارد
	سرب	۰/۸۸	محدودیت ندارد

بحث و نتیجه‌گیری

سنجش غلظت فلزات سنگین در عضله خوراکی ماهی بسیار مهم می‌باشد؛ زیرا توده بزرگی از ماهی را تشکیل می‌دهد که توسط انسان مصرف می‌شود، امروزه به دلیل پیشرفت تکنولوژی و ورود بیش‌ازحد آلاینده‌ها به مکان‌های زیست ماهیان، نه تنها مصرف ماهیان ارزشمند کاهش یافته بلکه در برخی از مواقع از نظر سلامتی خطرات جبران‌ناپذیری را به دنبال دارد (SACN, 2004). بررسی‌های قبلی حاکی از آن دارد که تخلیه فاضلاب‌های خانگی و صنعتی منبع اصلی آلودگی آب تالاب انزلی است. البته نوع منابع آلاینده در تالاب انزلی در نواحی مختلف آن متفاوت است به‌عنوان نمونه در بررسی‌ها، مشخص گردید که قلم گوده و پیر بازار بیشترین و سلکه و آکنار کمترین تخلیه فاضلاب‌ها را دارد (Vesali Naseh et al., 2012; Pouraghniaei et al., 2012). بر طبق بررسی‌های Briggs و همکاران (۱۹۹۶) جذب فلزات در موجودات در قدرت زادآوری و همچنین در سلامت عمومی آن‌ها تأثیرگذار است. 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 به همین خاطر به‌منظور بررسی اثر غلظت فلزات در بافت عضله ماهیان پرمصرف در تالاب سنجش شد و نتایج به‌دست‌آمده از پژوهش حاضر با استانداردهایی چون سازمان بهداشت جهانی (WHO)، شیلات و غذای انگلستان UK (MAFF)، سازمان جهانی غذا و کشاورزی (FAO) مورد مقایسه قرار گرفت (شکل ۶).



شکل ۶: مقایسه میانگین غلظت‌های فلزات سنگین کادمیوم و روی، سرب و مس (میکروگرم بر گرم وزن خشک) در بافت عضله ماهی با استانداردهای جهانی.

در این پژوهش، غلظت سرب در بافت خوراکی اردک ماهی از حد مجاز استانداردهای جهانی بیشتر بوده است که با نتایج امینی رنجبر و ستوده نیا، در سال ۱۳۸۴ همخوانی دارد. ماکزیمم سطح مقدار قابل قبول برای یک فرد بالغ ۳ میلی‌گرم در هر هفته است. سازمان استاندارد غذایی چین مقدار مجاز سرب در ماهی را ۰/۱ میکروگرم بر گرم و همچنین محدوده استاندارد این فلز در ماهی را ۰/۵-۱۰ میکروگرم بر گرم عنوان کرده است. یکی از مهم‌ترین اثرات سوء این فلز، اثر بر کبد و در نهایت مرگ انسان است (Emmerson, 1973). سطح کادمیوم در عضله گونه‌های مورد بررسی در مقایسه با استانداردهای WHO, FAO, UK در سطح پایین‌تری قرار گرفته است، جامعه اروپا ارزش بردباری (قابل تحمل) کادمیوم در بافت عضله را ۰/۰۵ میکروگرم بر گرم عنوان کرده است (EC Directive, 1998). کادمیوم به دلیل سمیت و پایداری بالا یکی از عناصر خطرناک و کمیاب در محیط زیست محسوب می‌شود، عنصر مذکور می‌تواند در بافت به همراه *Metallothionein* تجمع کرده و آسیب‌های عمده‌ای را ناشی شود، همچنین بیماری ایتا ایتایی از مهم‌ترین اثرات سمیت بر انسان است. محدوده مصرف ۳-۳۳۰ میلی‌گرم در روز اثر سمی داشته و محدوده ۹-۱/۵ میلی‌گرم در روز برای بشر کشنده است. کادمیوم کلیه‌ها را زخمی کرده و نشانه‌هایی از بروز سمیت مزمن در مواجهه‌های طولانی مدت بروز می‌دهد. تخریب بافت کلیه، ضعف قدرت تولید مثلی، ایجاد تومور از عوارض مهم این فلز سمی بر بشر است (Waalkes, 2000). غلظت این عنصر در بافت عضله ماهیان از استانداردهای مورد مقایسه کمتر می‌باشد (شکل ۶).

در بررسی حاضر غلظت کادمیوم در بافت عضله ماهیان از حد استانداردها پایین‌تر بوده ولی به دلیل اهمیت سمیت این عنصر و قابلیت تجمع آن در بافت‌های بدن توجه هرچه بیشتر به بررسی مداوم این عنصر را می‌طلبد. روی یک عنصر ضروری برای انسان، حیوان و اغلب گیاهان است و معمولاً عنصر کم‌خطر است، ولی سمیت آن در مقادیر زیاد در حضور کادمیوم افزایش می‌یابد. در بررسی حاضر سطح فلز مذکور از استانداردهای

جهانی مورد مقایسه پایین است و محدودیتی را برای مصرف ماهیان ایجاد نمی‌کند. در بررسی غلظت عناصر بیشترین مقدار در اردک‌ماهی تالاب انزلی مشاهده گردید که می‌توان آن را به نوع رژیم غذایی این گونه ماهی مربوط دانست. سنجش غلظت فلزات سنگین در عضله خوراکی ماهی بسیار مهم می‌باشد؛ زیرا توده بزرگی از ماهی را تشکیل می‌دهد که توسط انسان مصرف می‌شود. در بررسی حاضر نرخ مصرف مزمن در پذیرنده‌هایی که به‌طور ثابت ماهی را یکی از غذاها در سبد مصرفی روزانه قرار داده‌اند بیشتر از پذیرنده‌های هدف دیگر بود و بیشترین مقدار مصرف فلزات به قشر کودکانی که دائم از ماهی تغذیه می‌کنند مربوط بوده است. Gorell در سال ۱۹۹۷ در تحقیقات خود بدین نتیجه رسید که مواجهه مزمن با مس، روی، سرب و کادمیوم با بروز بیماری پارکینسون در ارتباط است. در بررسی حاضر میانگین مقدار مصرف روزانه با توجه به مصرف ۳۰ گرم در روز نیز بیشترین مقدار به عنصر سمی سرب و در مراتب بعدی کروم و کادمیوم مربوط بوده است. همچنین بیشترین میانگین نرخ مصرف روزانه در اردک‌ماهی تالاب انزلی و کمترین در شاه کولی بوده است.

با این وجود با توجه به مقدار مبنا در بررسی خطر هیچ‌یک از گونه‌های شاخص خطر بالاتر از یک را نشان ندادند و می‌توان گفت که مصرف مجاز ماهیان مورد بررسی در وعده‌های غذایی خطری برای مصرف‌کنندگان به وجود نمی‌آورد. البته شدت اثر خطر ناشی از فلزات در پذیرنده‌های مختلف با توجه به میزان مصرف متفاوت است. بیشترین خطرات متوجه کودکانی بود که به‌طور ثابت از ماهی برای تغذیه استفاده می‌کردند. تفاوت در سن مصرف و مدت مواجهه می‌تواند از مهم‌ترین عوامل در بروز اثرات ناشی از فلزات بر سلامت مصرف‌کنندگان باشد. 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 (MacDonald, 2000). همچنین لازم است اطلاعات در مورد سطوح مجاز آلاینده در ماهی به‌منظور حفظ سلامت مصرف‌کنندگان در مقیاس محلی تعریف گردد (Wei et al., 2006).

با توجه به این مقوله که غالباً فلزات سنگین از طریق آب، رسوب و غذای آلوده به بدن آبزیان وارد می‌شوند و جذب آن‌ها علاوه بر شرایط فیزیولوژیکی به شرایط محیطی منطقه و متغیرهایی از محیط‌زیست مانند آب، شوری، PH وابسته است پیشنهاد می‌گردد که پایش‌های دوره‌ای توسط مسئولین مربوطه انجام گیرد. همچنین پیشنهاد می‌گردد فعالیت‌های انسانی در حاشیه تالاب انزلی که یکی از بزرگ‌ترین منابع آلاینده تالاب می‌باشد تحت کنترل قرار گیرد علاوه بر آن مدیریتی نیز بر پساب‌های خانگی و کشاورزی ورودی به تالاب توسط مسئولین ذی‌ربط صورت پذیرد. بازدید مستمر از مراکز صنعتی و سنجش و ارزیابی مواد آلاینده در پساب و همچنین در پذیرنده‌ها می‌تواند از مهم‌ترین اقدامات در کاهش اثرات بهداشتی مصرف‌کنندگان از منابع بارزش تالاب باشد. توجه به پایش و ارزیابی مستمر محتوای فلزات سنگین در منابع غذایی دریایی کمک شایان توجهی را به حفظ سلامت مصرف‌کنندگان پایدار در منطقه خواهد کرد.

منابع

- امینی رنجبر، و. و ستوده نیا، ف.، ۱۳۸۴. تجمع فلزات سنگین در بافت عضله ماهی کفال دریای خزر در ارتباط با برخی مشخصات بیومتریکی. مجله علمی شیلات ایران، ۱۴(۳): صفحات ۱۸-۱.
- برامکی یزدی، ر.، ابراهیم پور، م.، بابایی، ه. و پرخباز، ع.، ۱۳۸۹. تجمع زیستی فلزات سنگین در بافت عضله ماهیان (سوف و اردک‌ماهی) تالاب انزلی. چهارمین همایش تخصصی مهندسی محیط‌زیست.
- زینالی، ف.، تاجیک، ح. و عصری، س.، ۱۳۸۷. ارزیابی میزان مس و روی در عضلات برخی از گونه‌های ماهیان دریای خزر. ۴(۴): صفحات ۸۸-۸۴.
- شهریاری، ع.، ۱۳۸۴. اندازه‌گیری cd, cr, pb, ni در بافت خوراکی ماهیان شوریده و سرخو خلیج فارس. مجله علوم پزشکی گرگان، ۷(۲): صفحات ۶۷-۶۵.
- مشوروفه، ع.، ریاحی، ع. و پور کاظمی، م.، ۱۳۹۱. بررسی میزان فلزات کادمیوم، نیکل، وانادیوم و روی در بافت‌های مختلف فیل‌ماهی و ازون برون و ریسک ناشی از مصرف بافت عضلانی آن‌ها مربوط به حوضه جنوبی دریای خزر. مجله علوم پزشکی مازندران، ۲۲(۹۶): صفحات ۹۷-۹۰.

- 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.
- Alinnor, J. and Obiji, I., 2010.** Assessment of Trace Metal Composition in Fish Samples from Nworie River. *Pakistan Journal of Nutrition*, 9(1): 81-85.
- Begum, A., Nurul Amin, M. d., Kaneco, S. and Ohta, K., 2005.** Selected elemental Composition of the muscle tissue of three species of fish, *Tilapia nilotica*, *Cirrhina mrigala* and *Clarius batrachus*, from the fresh water Dhanmondi Lake in Bangladesh. *Food Chemistry*, 93: 439-443.
- Briggs, K. T., Yoshida, S. H. and Gershwin, M. E., 1996.** The influence of petrochemicals and stress on the immune system of seabirds. *Regulatory Toxicology and Pharmacology*, 23: 145–155.
- Canli, M. and Atli, G., 2003.** The relationships between heavy metal (Cd, Cr, Cu, Fe, Pb, Zn) levels and the size of six Mediterranean fish species. *Environmental Pollution*, 121: 129-136.
- 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: 426-43.
- Dalman, O., Demirak, A. and Balci, A., 2006.** Determination of heavy metals (Cd, Pb) and trace elements (Cu, Zn) in sediments and fish of the Southeastern Aegean Sea (Turkey) by atomic absorption spectrometry. *Food Chemistry*, 95:157-162.
- DOH., 2004.** Evaluation of Contaminants in Fish from Lake Washington, King County Washington. Office of Environmental Health Assessments, Washington State Department of Health. Olympia, WA.
- EC Directive., 1998.** European commission for standardization. European standard, maximum levels for heavy metal concentration in marine fish.
- Emmerson, B. T., 1973.** Chronic lead nephropathy (editorial). *Kidney Int.*, 4, 1. Faculty of Agriculture.
- Environmental Protection Agency, 2000.** Guidance for assessing chemical contaminant data for use in fish advisories (EPA no. EPA/823/B-00/007). Washington, DC: Office of Science and Technology and Office of Water.
- EPA (Environmental Protection Agency, US), 2010.** Risk assessment guidance for superfund. Volume I Human health evaluation manual. Available at : [ragsa/pdf/rags-vol1-ptacomplet-e.pdf](http://www.epa.gov/ragsa/pdf/rags-vol1-ptacomplet-e.pdf). Cited 6 Sept 2010.
- EPA, 2010e.** Toxic pollutants. U.S. Environmental Protection Agency. Code of Federal Regulations 40 CFR 401.15. <http://www.gpo.gov/fdsys/pkg/CFR-2010-title40-vol28/pdf/CFR-2010-title40-vol28-chapI-subchapN.pdf>. November 2, 2011.
- Gorell, J. M., Johnson, C. C., Rybicki, B. A., Peterson, E. L., Kortsha, G. X., Brown, G. G. and Richardson, R. J., 1997.** Occupational exposures to metals as risk factors for Parkinson's disease. *Neurology*, 48: 650–658.
- Hung, M. L., Wu, S. Y., Chen, Y. C., Shih, H. C., Yu, Y. H. and Ma, H. W., 2009.** The Health risk assessment of Pb and Cr leached from fly ash monolith landfill *Journal of Hazardous Materials*, 17: 2316–2323.
- Johnson, F. O. and Atchison, W. D., 2009.** The role of environmental mercury, lead and pesticide exposure in development of amyotrophic lateral sclerosis. *Neurotoxicology*, 30:761–765.
- Kalay, M. and Canli, M., 2000.** Elimination of essential (Cu and Zn) and non-essential (Cd and Pb) metals from tissue of a freshwater fish, *Tilapia zilli*. *Turkish Journal of Zoology*. 24: 429– 436.
- MacDonald, D. D., Ingersoll, C. G. and Berger, T. A., 2000.** Development and evaluation of consensus-based sediment quality guidelines for freshwater ecosystems. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 39(1): 20-3.
- 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.
- Mishra, K. P., 2009.** Lead exposure and its impact on immune system: a review. *Toxicology in Vitro*, 23: 969–972.
- Moiseenko, T. L. and Kudryavtseva, L. P., 2001.** Trace metal accumulation and fish pathologies in areas affected by mining and metallurgical enterprises in the kola Region. *Russia environmental pollution*, 114(2): 285-297.
- Pourang, N., Nikouyan, A. and Dennis, J. H., 2005.** Trace element concentrations in fish, surficial sediment and water from northern part of the Persian Gulf. *Environmental Monitoring and Assessment*, 109:293–316.

- Pouraghniaei, M. J., Samiei, A. and Ashrafzadeh, M. R., 2012.** Effects of Rasht City Wastewater Discharge on Environmental Conditions of Pirbazar River. A3–Metropole/Large cities, pp 1–3.
- SACN, 2004.** Advice on fish consumption: benefits and risks. Scientific Advisory Committee on Nutrition. TSO. United Kingdom. 204 pp.
- Vesali Naseh, M. R., Karbassi, A., Ghazaban, F. and Baghvand, A., 2012.** Evaluation of heavy metal pollution in Anzali Wetland, Guilan, Iran. *Iranian Journal of Toxicology*, 5 (15): 565–576.
- Waalkes, M. P., 2000.** Cadmium carcinogenesis in review. *Journal of Inorganic Biochemistry*, 79: 241.
- Watling, R. J., 1981.** A menu of Method for use in the South Africa Marine pollution programmes. South African National Scientific programmes, Report 44, 82 pp.
- Wei, S., Lau, R. K. F., Fung, C. N., Zheng, G. J., Lam, J. C. W., Connell, D. W., Fang, Z., Richardson, B. J. and Lam, P. K. S., 2006.** Trace organic contaminant in biota collected from the Pearl River Estuary, China: A preliminary risk assessment. *Marine Pollution Bulletin*, 52:1682–1694
- 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.
- Yu-Jun, Y. and Shang-Hong Z., 2012.** Heavy metal (Cd, Cr, Cu, Hg, Pb, Zn) concentrations in seven fish species in relation to fish size and location along the Yangtze River. *Environmental Science and Pollution Research*, 19:3989–3996.
- Zabin, S. A., Foad, M. A. and Al-Ghamdi, A. Y., 2008.** Non-carcinogenic risk assessment of heavy metals and fluoride in some water wells in the Al-Baha Region, Saudi Arabia. *Human and Ecological Risk Assessment*, 14:1306–1317.
- Zheng, N., Wang, Q. C., Zhang, X. W., Zheng, D. M., Zhang, Z. S. and Zhang, S. Q., 2007.** Population health risk due to dietary intake of heavy metals in the industrial area of Huludao city China *Science of The Total Environment*, 387:96–104.