

ارزیابی ریسک کادمیوم ناشی از مصرف ماهی شیربت (*Barbus grypus*) رودخانه اروند

چکیده

کادمیوم یکی از سمی ترین عناصر سنگین است که عمدتاً از طریق مصرف غذاهای دریایی آلوده به کادمیوم وارد بدن انسان می‌شود. در پژوهش حاضر، ضمن اندازه گیری غلظت کادمیوم با دستگاه جذب اتمی در نمونه های عضله ماهی شیربت (*Barbus grypus*) رودخانه اروند، ریسک ناشی از مصرف این ماهی برای انسان نیز مورد ارزیابی قرار گرفت. ۳۰ عدد ماهی از ۶ ایستگاه در اوزان بازاری از رودخانه اروند در استان خوزستان بصورت تصادفی انتخاب و غلظت کادمیوم در آنها اندازه گیری شد. میانگین غلظت کادمیوم در عضله ی ماهی شیربت ۰/۸۵ میکروگرم بر گرم وزن تر (۲/۹۴ میکروگرم بر گرم وزن خشک) بود که این میزان پایینتر از حد استاندارد تعیین شده توسط سازمانهای معتبر جهانی مانند WHO و FAO می‌باشد. نتایج نشان داد شاخص ریسک (HQ) کمتر از ۱ (۰/۳۶) بود که بر این اساس مصرف ماهی شیربت این منطقه خطر حادی برای مصرف کنندگان از نظر میزان کادمیوم در پی نخواهد داشت و برای حفظ سلامتی، میزان مجاز مصرف آن ۸۲ گرم در روز توصیه می‌شود.

واژگان کلیدی: ارزیابی ریسک، کادمیوم، ماهی شیربت (*Barbus grypus*)، اروند رود.

مقدمه

با توجه به نقش مهم محصولات دریایی در تأمین غذای مردم جهان و شناسایی مطلوبیت و برتری غذایی این فرآورده ها بر دیگر مواد پروتئینی، روز به روز بر مصرف آنها افزوده می‌شود (FAO, 2009). ماهی دارای فواید زیادی است و بسیاری از عناصر مورد نیاز بدن از جمله فسفر، کلسیم، انواع مواد معدنی و ویتامین ها را تأمین و همچنین منبع غنی از گروه ویژه ای از اسیدهای چرب غیر اشباع بنام امگا ۳ است که برای سلامت بیماران قلبی-عروقی بسیار مفید می‌باشد از مهمترین اسیدهای چرب امگا ۳، ایکوزاپنتانویک اسید (EPA) و داکوزاهگزانویک اسید (DHA) را می‌توانم برد که در درمان بسیاری از بیماری ها مانند تصلب شرایین، سرطان، التهاب مفاصل و بیماری های مربوط به سنین بالا مثل آلزایمر بسیار مهم هستند (Kojadinovic et al., 2006).

همگام با افزایش تقاضا برای محصولات دریایی، افزایش روند آلودگی محیط های دریایی به شکل جدی، احتمال بروز مشکلات کیفی را در این منابع غذایی ارزشمند تشدید کرده است (Kojadinovic et al., 2006). توسعه ی صنایع و افزایش بی رویه ی جمعیت شهرها و روستاها و در پی آن توسعه ی مناطق کشاورزی و استفاده از کودها و سموم دفع آفات موجب گردیده تا میزان زیادی فاضلاب های صنعتی و شهری و همچنین پساب های کشاورزی که دارای ترکیبات شیمیایی مختلف خصوصاً فلزات سنگین هستند، وارد اکوسیستم های آبی شوند (Sabaghe Kashani, 2001).

در این میان رودخانه اروند که خط مرزی کشور ایران با عراق می‌باشد، نیز تحت تاثیر افزایش جمعیت و صنعتی شدن کشورهای حاشیه خود قرار گرفته و موقعیت نگران کننده ای پیدا نموده است زیرا به دلیل وجود منابع عظیم و سرشار نفت و گاز، اراضی کشاورزی و کشت و صنعت های عظیم در منطقه، شرایطی فراهم آمده که اثرات نامساعد و مخرب متعددی از جمله آلودگی های فیزیکی - شیمیایی و بیولوژیکی با روندی افزایشی در مسیر اصلی رودخانه کارون و نهایتاً اروند و بهممنشیر وارد آید. از جمله این آلاینده‌ها فلزات سنگین هستند که به دلیل عدم تجزیه بیولوژیکی در بدن آبزیان تجمع می یابند؛ بنابراین با وجود منفعت هایی که با مصرف ماهی حصول می‌شود، امروزه

میترا چراغی^{۱*}

امید اسپرغم^۲

محمدحسین نوریائی^۳

۱. مدرس مدعو، گروه زیست شناسی، دانشگاه پیام نور، جمهوری اسلامی ایران.

۲. مربی، گروه شیمی، دانشگاه پیام نور، جمهوری اسلامی ایران.

۳. مربی، گروه مدیریت، دانشگاه پیام نور، جمهوری اسلامی ایران.

* نویسنده مسئول مکاتبات

Cheraghi.mitra@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۷/۲

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۹/۲۸

کد مقاله: ۱۳۹۱۳۱۰۵۵

این مقاله برگرفته از طرح پژوهشی می‌باشد.

ارزیابی ریسک کادمیوم ناشی از مصرف ماهی شیربت ... / چراغی و همکاران

بخاطر حضور آلاینده‌ها از جمله کادمیوم در اکوسیستم‌های آبی، مصرف آن با یکسری خطراتی مواجه است و این ریسک در گروه‌های آسیب پذیر از جمله زنان باردار و کودکان بسیار حائز اهمیت است (حسینی و همکاران، ۱۳۹۰).

با توجه به اینکه کادمیوم جز فلزات غیر ضروری برای انسان است، بنابراین باید مصرف آن از طریق روش‌های علمی مورد ارزیابی ریسک قرار گیرد. منابع عمده‌ی فلز کادمیوم شامل احتراق سوخت‌های فسیلی و خاکسترسازی زباله‌ها است (مرادی، ۱۳۸۹). همچنین این عنصر در فاضلاب‌های صنعتی، پلاستیک‌ها، کودهای شیمیایی، فضولات و لجن فعال نیز وجود دارد (Wright and Welbourn, 2002). این عنصر، فلزی غیر ضروری برای موجودات زنده می‌باشد. مطالعات نشان داده‌اند که کادمیوم در غلظت‌های کم در حد میلی مولار و در زمان‌های طولانی، اثرات سمی متنوعی در موجودات زنده از خود نشان می‌دهد که می‌توان ممانعت از سنتز DNA، RNA، پروتئین و جلوگیری از فعالیت آنزیم‌ها را نام برد (Pistocchi et al., 2000; Romero-Puetas et al., 2002). از سوی دیگر این فلز در بروز بیماری ایتای-ایتای (Itai-Itai) در انسان نقش دارد. از اثرات این بیماری، آسیب به کلیه (شامل تأثیر بر عملکرد گلوмерول)، تضعیف سیستم ایمنی، پوکی استخوان، کمردرد و بدشکلی اسکلت می‌باشد (Inaba et al., 2005). کادمیوم همچنین به اندام‌هایی چون کبد و شش‌ها (Kasuya et al., 2000) آسیب شدید می‌رساند. از سوی دیگر این فلز باعث بروز انواع سرطان‌ها چون سرطان ریه، کلیه و پروستات (Waalkes, 2003)، معده و پانکراس (Nakamura et al., 2002) نیز می‌شود.

مطالعات اندکی با هدف ارزیابی ریسک مصرف موجودات آبی بویژه ماهیان پرمصرف از نظر فلزات سنگین (بخصوص کادمیوم) در رودخانه اروند انجام گرفته است و بیشتر آنها صرفاً به بررسی فلزات سنگین در بافت‌های مختلف ماهی و ارتباط تجمع فلزات با پارامترهای بیومتری پرداخته‌اند (خیرور و دادالهی سهراب، ۱۳۸۸). همچنین از مطالعات مشابهی که در سایر اکوسیستم‌های آبی در ارتباط با ارزیابی ریسک مصرف ماهی ناشی از فلزات سنگین پرداختند می‌توان به مطالعات (Burger and Gochfeld, 2007; Ruelas- Inzunza et al., 2008; Turkmen et al., 2009) اشاره کرد. حسینی و همکاران (۱۳۹۰) نیز با ارزیابی ریسک جیوه ناشی از مصرف ماهی سفید دریای خزر (*Rutilus frisii kutum*) در استان مازندران، میزان مجاز مصرف آن را ۶۲ گرم در روز توصیه نمودند. Turkmen و همکاران (۲۰۰۹) نیز در سال با مطالعه میزان فلزات در چند گونه از ماهیان دریای مدیترانه، حد مجاز مصرف روزانه این ماهیان را تعیین کردند.

از آنجایی که ماهی شیربت (*Barbus grypus*) از ماهیان غالب منطقه می‌باشد و در رژیم غذایی ساکنین منطقه موجود بوده و مصرف بالایی دارد، بررسی میزان کادمیوم جهت ارزیابی ریسک ناشی از مصرف این ماهی ضروری به نظر می‌رسد. ماهی شیربت از خانواده کپور ماهیان است که پراکنش زیادی در رودخانه‌های جنوب ایران دارد (عبدلی، ۱۳۸۷). این ماهی یکی از ماهیان با ارزش اقتصادی در جنوب کشور است که رشد مناسبی دارد (پذیرا و همکاران، ۱۳۸۶). به واسطه رشد مناسب این ماهی و ارزش بالای کیفیت گوشت آن، این ماهی طرفداران بسیاری دارد. با توجه به مطالب بیان شده و مصرف بالای این ماهی در منطقه، لذا هدف از این مطالعه، سنجش میزان کادمیوم در عضله ماهی مذکور و تعیین حد مجاز مصرف این ماهی بدون عوارض ناشی از کادمیوم می‌باشد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در زمستان ۱۳۹۰ انجام و از ماهیان در وزن بازاری استفاده گردید. ماهیان مورد نیاز از ۶ ایستگاه به طور تصادفی در رودخانه اروند و از هر ایستگاه ۵ عدد که بین ۲۵۰ تا ۳۵۰ گرم وزن داشتند، تهیه گردید.



شکل ۱: موقعیت منطقه مطالعاتی و نمایش ایستگاه های مورد مطالعه بر اساس راهنمای نقشه به مقیاس ۱:۲۰۰۰

نمونه های تهیه شده پس از زیست سنجی، درون جعبه های یونولیت حاوی یخ به آزمایشگاه منتقل گردیدند. در آزمایشگاه، عضله (عضله ی مابین بخش جلویی باله ی پشتی و خط جانبی) نمونه های ماهی جدا گردید. نمونه های تهیه شده پس از شستشو با آب مقطر، بوسیله ی سلفون بخوبی پیچیده شده و آنگاه تا زمان شروع آنالیز در فریزر و در دمای ۸۰- درجه ی سانتیگراد نگهداری شدند. جهت آماده سازی نمونه ها برای سنجش کادمیوم، نمونه ها از فریزر خارج شده، سپس در آن در دمای ۱۰۵ درجه سانتیگراد به مدت ۲۴ ساعت قرار داده تا خشک شوند. سپس بافت های خشک شده به کمک هاون چینی به شکل پودر همگن درآمدند. به منظور هضم نمونه ها، ۱ گرم از نمونه برداشته شده و به آن ۱۰ میلی لیتر اسید نیتریک غلیظ اضافه و بر روی حمام بن ماری با درجه حرارت ۱۰۰ درجه سانتی گراد تا نزدیک خشک شدن قرارداده شد. بعد از سرد شدن به آن اسید نیتریک ۱۰ در صد اضافه گردید و پس از عبور از کاغذ صافی واتمن ۴۲ میکرون با آب مقطر دوبار تقطیر به حجم نهایی ۵۰ میلی لیتر رسید (Al - Abdali, 1996). نمونه های هضم شده به وسیله دستگاه جذب اتمی مدل UNICAM 919 مورد آنالیز قرار گرفت.

برای ارزیابی سمیت کادمیوم، در ابتدا لازم است که میزان کادمیوم در بافت عضله ماهی اندازه گیری گردد. سپس با استفاده از فرمول های پیشنهاد شده (Goldblum et al., 2006; Castilhos et al., 2006; USEPA, 2000)، شاخص خطر و حد مجاز مصرف ماهی محاسبه می گردد. لازم به ذکر است که در بحث ارزیابی خطر، کادمیوم به عنوان ماده ی غیر سرطانزا در نظر گرفته می شود (Goldblum et al., 2006; Kojadinovic et al., 2006).

در گام آخر جهت توصیف ریسک با توجه به میزان کادمیوم اندازه گیری شده و همچنین در نظر گرفتن سمیت کادمیوم و انتخاب کادمیوم به عنوان یک ماده سمی غیرسرطانزا، شاخص خطر HQ و میزان مجاز مصرف ماهی محاسبه شد. شاخص خطر HQ یا (Hazard Quotient) عبارت است از نسبت تماس یک آلاینده (دوز جذب روزانه ی آلاینده) به دوز مرجع آن؛ که اگر از ۱ کمتر باشد، نشان دهنده ی آن است که مصرف ماهی اثر مضر بر سلامتی ندارد (Goldblum et al., 2006; Castilhos et al., 2006).

$$HQ = (MTCC \times CR / BW) / RFD$$

که در آن:

HQ = نسبت خطر (بدون واحد)

MTCC = میانگین غلظت آلاینده ی اندازه گیری شده در ماهی (میکروگرم بر گرم یا میلی گرم بر کیلوگرم)

CR = میانگین استاندارد مصرف روزانه ی ماهی (۰/۰۳ کیلوگرم در روز)

BW = وزن بدن (۷۰ کیلوگرم برای یک فرد بالغ)

RFD = دز مرجع (۰/۰۰۱ میلی گرم در کیلوگرم)

مقدار مجاز مصرف روزانه ی ماهی با حد مجاز مصرف روزانه ماهی با توجه به میزان کادمیوم اندازه گیری شده در بخش خوراکی آن (عضله) از طریق فرمول زیر که توسط آژانس حفاظت محیط زیست آمریکا (USEPA) پیشنهاد شده، محاسبه گردید (اسماعیلی ساری، ۱۳۸۱؛ USEPA, 2000):

$$CR_{lim} = (RFD \times BW) / C_m$$

که در آن:

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

RFD = دوز مرجع یا مجموع مجاز جذب روزانه ی آلاینده که برای کادمیوم برابر ۰/۰۰۱ میلی گرم بر کیلوگرم در روز می باشد.

BW = وزن بدن (۷۰ کیلوگرم برای یک فرد بالغ)

C_m = میزان کادمیوم در ماهی (میکروگرم بر گرم یا میلی گرم بر کیلوگرم)

میزان جذب روزانه و هفتگی قابل قبول کادمیوم یا میزان تماس روزانه انسان به کادمیوم از طریق مصرف ماهیان آلوده را میتوان توسط فرمول زیر محاسبه کرد (Agusa et al., 2005; Kojadinovic et al., 2006):

$$DI = C_m \times IR$$

که در آن:

DI = میزان جذب کادمیوم در بدن در روز از طریق مصرف ماهی (میکروگرم بر گرم)

C_m = میزان کادمیوم در ماهی (میکروگرم بر گرم)

IR = میزان مصرف ماهی در منطقه ی مورد مطالعه (گرم در روز)

تجزیه و تحلیل داده ها با استفاده از نرم افزار SPSS 16 انجام پذیرفت. ابتدا نرمال بودن داده های بدست آمده با آزمون کلموگرف - اسمیرنوف مورد بررسی قرار گرفت. سپس جهت بررسی وجود یا عدم وجود اختلاف معنی دار بین داده های عضله از آنالیز تجزیه واریانس یک طرفه (One way ANOVA) استفاده شد.

نتایج

در این مطالعه از ماهیان در اندازه ی بازاری استفاده گردید که نتایج حاصل از زیست سنجی آنها در جدول ۱ بیان گردیده است. نتایج نشان داد میانگین کل همراه با انحراف معیار در وزن ماهیان برابر ۱۹ ± ۲۹۷/۲۵ گرم و طول آن ها برابر ۱/۹ ± ۲۶/۳۲ می باشد. مقایسه ی میانگین ها با آزمون چند دامنه ای دانکن (در سطح احتمال ۵ درصد) بیانگر عدم وجود تفاوت معنی دار در وزن ماهیان شیربت مورد استفاده بوده است (P>۰/۰۵).

نتایج حاصل از آنالیز کادمیوم در نمونه های عضله ی ماهیان شیربت در ۶ ایستگاه نمونه برداری در جدول ۲ نشان داده شده است. میانگین میزان کادمیوم در عضله ی ماهی مذکور ۰/۸۵ میکروگرم بر گرم وزن تر (یا ۲/۹۴ میکروگرم بر گرم وزن خشک) بود. نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل آماری تفاوت معنی دار در میزان کادمیوم عضلات ماهیان ایستگاه های مورد بررسی را منتفی دانست (P>۰/۰۵).

میزان HQ حدود ۰/۳۶ بدست آمد. با توجه به فرمول تعیین حداکثر مجاز مصرف روزانه ی ماهی و با در نظر گرفتن میانگین وزن ۷۰ کیلوگرم برای مصرف کننده، مقدار مجاز مصرف ماهی شیربت با میانگین غلظت کادمیوم ۰/۸۵ میکروگرم بر گرم وزن تر، ۸۲ گرم (۰/۰۸۲ کیلوگرم) در روز و ۵۷۴ گرم (۰/۵۷۴ کیلوگرم) در هفته بدست آمد (جدول ۳).

جدول ۱: میانگین وزن و طول ماهی شیربیت (*Barbus grypus*) ارون درود

ایستگاه	وزن ماهی شیربیت (گرم)	طول ماهی شیربیت (سانتی متر)
۱	۲۹۷/۳۸ ± ۲۱	۲۶/۳۱ ± ۲/۲۱
۲	۳۰۷/۳۷ ± ۱۸	۳۱/۲ ± ۲/۸۱
۳	۲۹۶/۴۳ ± ۲۳	۲۵/۴ ± ۲/۱۸
۴	۲۹۴/۵ ± ۱۹	۲۳/۱۲ ± ۱/۲۹
۵	۳۰۲/۸۶ ± ۱۲	۲۷/۶۲ ± ۱/۱۲
۶	۲۸۴/۹۷ ± ۲۱	۲۴/۳ ± ۱/۸
میانگین کل	۲۹۷/۲۵ ± ۱۹	۲۶/۳۲ ± ۱/۹

جدول ۲: میانگین غلظت کادمیوم در عضله ماهی شیربیت (*Barbus grypus*) ارون درود (میکروگرم بر گرم وزن تر و خشک)

ایستگاه	عضله (وزن تر)	عضله (وزن خشک)
۱	۰/۸۶	۲/۹۵
۲	۰/۸۵	۲/۹۶
۳	۰/۸۴	۲/۹۳
۴	۰/۸۶	۲/۹۷
۵	۰/۸۵	۲/۹۲
۶	۰/۸۷	۲/۹۵
میانگین کل	۰/۸۵	۲/۹۴

جدول ۳: نتایج ارزیابی ریسک مصرف ماهی شیربیت رودخانه ارون

ماهی شیربیت	CR (گرم)	تعداد وعده های مجاز مصرف ^۱ در هفته (هر وعده ۲۳۰ گرم)	DI بر اساس نرخ مصرف محاسبه شده (میکروگرم)	HQ
ماهی شیربیت	۸۲	۳	۱۴/۸۷	۰/۳۶

۱: بر اساس استاندارد JECFA

بحث و نتیجه گیری

مقایسه میانگین غلظت کادمیوم در عضله ماهی شیربیت نشان می دهد که به رغم آنکه این ماهی همه چیزخوار است و از گروه های وسیعی از آبزیان تغذیه می کند اما میزان انباشت کادمیوم در آن نسبتاً پایین بوده و از مقادیر اعلام شده توسط سازمان های مرجع نظیر سازمان بهداشت جهانی و سازمان خواربار و کشاورزی، پایین تر است. مقادیر مشخص شده توسط سازمان های مذکور مقادیری هستند که در حد بالاتر از آنها اثر ناشی از ورود کادمیوم به بدن انسان ها مشخص خواهد شد. اگرچه ممکن است در مقادیر پایین تر از این حدود نیز کادمیوم اثرات نامشخصی بر سلامتی داشته باشد (Shi et al., 2005; Ruelas-Inzunza et al., 2008).

اگرچه غذا یکی از روش های بسیار مهم و عمده در جذب آلودگی در انسان می باشد، ولی از آنجا که بر خلاف هوا و یا آب در جوامع مختلف و یا حتی شهرها یکسان نیست (به علت سلیقه های متفاوت در افراد)، بنابراین میزان جذب آن تابعی از نحوه تغذیه می باشد (حسینی و همکاران، ۱۳۹۰). از آنجا که فرهنگ غذایی در ایران که از نظر وسعت بسیار گسترده و از نظر عادات غذایی بسیار متفاوت است، طبیعی است ارائه یک الگوی مشخص برای میزان استاندارد در مواد غذایی امکان پذیر نبوده و اصولاً نمی تواند از اعتبار لازم برخوردار باشد. به

همین جهت در اغلب کشورهای جهان تفاوت‌هایی در تعیین میزان استاندارد آلاینده‌ها در مواد غذایی وجود دارد که عمدتاً ناشی از عادات غذایی و همچنین ویژگی‌های خاص مرتبط با اقلیم، صنعت و کشاورزی است. این پارامترها الزاماً منجر به تفاوت‌هایی در تعیین استاندارد شده است که حتی با استانداردهای سازمان بهداشت جهانی نیز متفاوت است. در رابطه با فرآورده‌های دریایی و آبزیان این تفاوت چشمگیرتر است؛ زیرا میزان مصرف ماهی در استان‌های مختلف بسیار متفاوت می‌باشد و به همین جهت نمی‌توان یک الگوی واحد برای کل جامعه در نظر گرفت؛ بنابراین معیار استاندارد با توجه به پارامترهایی نظیر مصرف سرانه، سمیت مواد، ویژگی‌های مصرف‌کننده (زن، مرد، کودک) و پتانسیل جذب باید تعیین گردد. سرانه مصرف ماهی در ایران علی‌رغم پایین بودن نسبی آن در مقایسه با میانگین جهانی از دامنه‌ی نوسان زیادی در سطح کشور برخوردار است. بطوریکه در استان‌های ساحلی شمال و جنوب کشور در خانواده‌هایی که شغل آنان ماهیگیری است، مصرف بالاتر از سرانه‌ی جهانی و در برخی از استان‌ها و یا شهرها به یک بار مصرف و یا حتی کمتر از آن در سال نیز ممکن است برسد (FAO, 2009).

سازمان خوار و بار جهانی اعلام داشته است که سرانه‌ی مصرف ماهی در ایران حدود ۶۴۰۰ گرم است (FAO, 2009)، در این صورت مصرف روزانه‌ی ماهی برای هر ایرانی ۱۷/۵ گرم (۰/۰۱۸ کیلوگرم) می‌باشد. به این ترتیب میزان کادمیوم که از طریق مصرف ماهی شیریت جذب بدن می‌شود، حدود ۱۴/۸۷ میکروگرم بر گرم در روز و ۱۰۴/۱۲ میکروگرم بر گرم در هفته برای یک فرد بالغ با وزن ۷۰ کیلوگرم می‌باشد. ولی قاعدتاً میزان مصرف ماهی در ساکنین جنوبی ایران بالاتر از میزان اعلام شده توسط FAO می‌باشد. برای رسیدن به حداقل میزان مجاز جذب روزانه‌ی کادمیوم (۱ میکروگرم بر گرم) که توسط WHO و FAO تعیین شده است، می‌توان تا ۹۶/۵ گرم در روز نیز ماهی شیریت مصرف کرد. از طرفی دیگر چنانچه در محدوده میزان مجاز محاسبه شده مصرف شود، میزان کادمیوم ورودی به بدن حدود ۶۹/۷ میکروگرم در روز یا ۴۸۷/۹ میکروگرم بر گرم در هفته می‌باشد. همچنین، اگر هر وعده‌ی مصرف ماهی ۲۳۰ گرم (بر اساس وزن خام) محسوب شود (Kojadinovic et al., 2006)، بر اساس استاندارد مشترک سازمان خواربار و سازمان بهداشت جهانی حداکثر تا ۳ وعده در هفته می‌توان از ماهی شیریت این منطقه استفاده کرد (جدول ۳).

از آنجایی که میزان HQ برای ماهی شیریت کمتر از ۱ محاسبه شد، مصرف ماهیان مذکور خطر (حاد) برای سلامتی مصرف‌کنندگان در پی نخواهد داشت؛ اما به دلیل خاصیت تجمع‌پذیری کادمیوم در بدن، مصرف مطلوب آن باید محاسبه شود. همانطوری که بیان شد میزان مصرف مطلوب برای ماهی شیریت ۸۲ گرم در روز بدست آمد. بدیهی است این میزان مصرف مطلوب، برای افراد با وزن بیشتر و کمتر از ۷۰ کیلوگرم نیز به ترتیب بیشتر و کمتر می‌شود. فرمول پیشنهادی این امکان را به ما می‌دهد تا در هر منطقه با توجه به غلظت آلاینده در ماهی و فرآورده‌های دریایی با کاهش میزان مصرف آن، میزان ورود و جذب ماده‌ی آلاینده به بدن را تا حد استاندارد کاهش داد. از مزیت دیگر این روش، عدم تأثیر فرهنگ و عادات غذایی در تعیین استاندارد می‌باشد.

نتایج مطالعه‌ی حاضر نشان داد که میزان کادمیوم در عضله‌ی همه‌ی ماهیان مورد مطالعه کمتر از حد استاندارد بین‌المللی است و همچنین میزان HQ کمتر از ۱ بود؛ لذا مصرف ماهیان مذکور خطر (حاد) را برای سلامتی مصرف‌کنندگان در پی نخواهد داشت؛ اما به دلیل خاصیت تجمع‌پذیری کادمیوم در بدن، مصرف تعداد وعده‌های یاد شده، به ویژه در خصوص زنان باردار و کودکان که حساسیت بیشتری دارند، باید پاره‌ای از ملاحظات را رعایت نمود. با توجه به محاسبات صورت گرفته در خصوص حد مجاز مصرف ماهیان مورد مطالعه با توجه به غلظت کادمیوم، مصرف ماهی شیریت به ۳ وعده در هفته توصیه می‌شود. لازم به ذکر است ارزیابی ریسک ناشی از حضور سایر عناصر سنگین و همچنین آلاینده‌های آلی در ماهی شیریت می‌تواند در تعیین حد مجاز مصرف این گونه مورد استفاده قرار گیرد.

منابع

- اسماعیلی ساری، ع.، ۱۳۸۱. آلاینده‌ها، بهداشت و استاندارد محیط‌زیست. انتشارات نقش مهر، ۷۶۷ صفحه.
- پذیرا، ع.، وثوقی، غ. و عبدلی، الف.، ۱۳۸۶. شناسایی ایکتیوفون و بررسی تغذیه و اثر دما، شوری و هدایت الکتریکی بر روی پویایی جمعیت ماهی شیربت (*Barbus grypus*) در رودخانه دالکی و حله بوشهر، رساله دکتری واحد علوم و تحقیقات تهران. صفحات ۴۲-۶۸.
- عبدلی، ا.، ۱۳۸۷. ماهیان آب‌های داخلی ایران، انتشارات موزه طبیعت و حیات وحش ایران. صفحه ۶۸.
- حسینی، س.م.، میرغفاری، ن.ا.، محبوبی صوفیانی، ن.ا. و حسینی، س.و.، ۱۳۹۰. ارزیابی ریسک جیوه ناشی از مصرف ماهی سفید دریای خزر در استان مازندران. منابع طبیعی ایران.
- خیرور، ن. و دادالهی سهراب، ع.، ۱۳۸۸. در اردنرود (*Barbus grypus*) غلظت فلزات سنگین در رسوبات و ماهی شیربت. علوم و تکنولوژی محیط‌زیست.
- مرادی، ر.، ۱۳۸۹. شناخت فلزات (کادمیوم). اطلاعات علمی، سال بیست و چهارم، شماره ۳۲، ص.

Agusa, T., Kunito, T., Iwata, H., Monirith, I., Tana, T. S., Subramanian, A. and Tanabe, Sh., 2005. Mercury contamination in human hair and fish from Cambodia: levels, specific accumulation and risk assessment. *Environmental Pollution*. 134, 79–86.

Al – Abdali, M., 1996. Bottom Sediments of the Arabian Gulf – III. Trace Metal Contents as indicators of Pollution and implications for the effect and fate of the Kuwait oil slick. *Environmental Pollution*. 93(3), 285–301.

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

Castilhos, Z. C., Rodrigues Filho, S., Rodrigues, A. P. C., Villas-Bôas, R. C., Siegel, S., Veiga Marcello, M. and 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.

FAO (Food and Agriculture Organizations of United Nations), 2009. The state of world fisheries and aquaculture, Rome, Italy.

Goldblum, D. K., Rak, A. Ponnappalli, M. D. and Clayton, C. J., 2006. The Fort Totten mercury pollution risk assessment: A case history. *Journal of Hazard Material*. 136, 406–417.

Inaba, T., Kobayashi, E., Suwazono, Y., Uetani, M., Oishi, M., Nakagawa, H. and Nogawa, K., 2005. Estimation of cumulative cadmium intake causing Itai-itai disease. *Toxicology Letters*. 159, 192–201.

Kasuya, M., Teranishi, H., Aoshima, K., Katoh, T., Horiguchi, H., Morikawa, Y., Nishijo, M. and Iwata, K., 2000. Water pollution by cadmium and the onset of Itai-itai disease. *Water Science and technology*. 25, 149–156.

Kojadinovic, J., Potier, M., Corre, M. L., Cosson, R. P. and 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.

Nakamura, K., Yasunaga, Y., Ko, D., Xu, L.L., Moul, J.W., Peehl, D.M., Srivastava, S. and Rhim, J.S., 2002. Cadmium-induced neoplastic transformation of human prostate epithelial cells. *International Journal Oncology*. 20: 543–547.

Pistocchi, R., Mormile, A.M., Guerrini, F., Isani, G. and Boni, L., 2000. Increased production of extra- and intracellular metal-ligands in phytoplankton exposed to copper and cadmium. *Journal of Applied Phycology*. 12, 469–477.

Romero-Puetas, M.C., Palam, J.M., Gomez, M., Del Rio, L.A. and Sandalio, L.M., 2002. Cadmium causes the oxidative modification of proteins in pea plants. *Plant, Cell and Environment*. 25, 677–686.

Ruelas-Inzunza, J., Meza-López, G. and 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.

Sabaghe Kashani, A. 2001. Determination of some heavy metals in muscle, liver, gill and ovary golden gray mullet (*Liza aurata*) on the southern coast of Caspian Sea. M.Sc thesis in marine fish biology. University of Tarbiat Modares.

Turkmen, M., Turkmen, A., Tepe, Y., Tore Y. and Ates. A., 2009. Determination of metals in fish species from Aegean and Mediterranean Seas. *Food Chemistry*. 113, 233–237.

United States Environmental Protection Agency (USEPA), 2000. Guidance for Assessing Chemical Contaminant Data for Use in Fish Advisories. Volume 2. Risk Assessment and Fish Consumption Limits; 3rd ed. Washington. Publication No. EPA 823-B-00-008.

Shi, J. B., Liang, L. N., Jiang, G. B. and Jin, X. L., 2005. The speciation and bioavailability of mercury in sediments of Haihe River, China. *Environment International*. 31, 357– 365.

Waalkes, M.P., 2003. Cadmium carcinogenesis, *Mutation Research*. 533: 107–120.

Wright, A.L. and Welbourn, R., 2002. *Environmental toxicology*. Cambridge university press, 657 pp.