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

چکیده

کادمیوم یکی از سمی ترین عناصر سنگین است که عمدتا از طریق مصرف غذاهای دریـایی آلوده به کادمیوم وارد بدن انسان می‌شود. در پژوهش حاضر، ضمن اندازه گیری غلظت کادمیوم بـا دستگاه جذب اتمی در نمونه های عضـله مـاهی شـیربت (*Barbus grypus*) رود خانـه اروونـد، ریسک ناشی از مصرف این ماهی برای انسان نیز مورد ارزیـابی قـرار گرفـت. ۳۰ عـدد مـاهی از ۶ ایستگاه در اوزان بازاری از رودخانه اروند در استان خوزستان بصـورت تصـادفی انتخـاب و غلظـت کادمیوم در آنها اندازه گیـری شـد. میـانگین غلظـت کـادمیوم در عضـله ی مـاهی شـیربت ۰/۸۵ میکروگرم بر گرم وزن تر (۲/۹۴ میکروگرم بر گرم وزن خشک) بود که این میـزان پـایینتر از حـد استاندارد تعیین شده توسط سازمانهای معتبر جهانی مانند FAO و WHO می‌باشد. نتایج نشان داد شاخص ریسک (HQ) کمتر از ۱ (۰/۳۶) بودکه بر این اساس مصرف مـاهی شـیربت ایـن منطقـه خطر حادی برای مصرف کنندگان از نظر میـزان کـادمیوم در پـی نخواهـد داشـت و بـرای حفـظ سلامتی، میزان مجاز مصرف آن ۸۲ گرم در روز توصیه می‌شود.

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

میترا چراغی[1*]
امید اسپرغم[2]
محمدحسین نوریائی[3]
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.

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 تامین و همچنین منبع غنی از گروه ویژه ای از اسیدهای چرب غیر اشباع بنام اُمگا ۳ است که برای سلامت بیماران قلبی–عروقی بسیار مفید ممی‌باشد از مهمترین اسیدهای چرب اُمگا ۳، ایکوزاپنتانوئیک اسید (EPA) و داکوزاهگزانوئیک اسید (DHA) را میمی‌توانام برد که در درمان بسیاری از بیماری ها مانند تصلب شرائین، 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 خصوصا 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 نا مساعد و مخرب متعددی از جمله آلودگی های فیزیکی - شیمیایی و بیولوژیکی با روندی افزایشی در مسیر اصلی رودخانه کارون و نهایتاً اروند و بهمنشیر 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

Archive of SID

www.SID.ir

بخاطر حضور آلاینده‌ها از جمله کادمیوم دراکوسیستم های 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 روش های علمی مورد ارزیابی ریسک قرار گیرد. منابع عمده‌ی فلزکادمیوم 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 گلومرول)، تضعیف سیستم ایمنی، پوکی استخوان، کمردرد و بدشکلی اسکلت می‌باشد (Inaba *et al*., 2005). کادمیوم همچنین به اندام‌هایی چون کبد و شش ها (Kasuya *et al*., 2000) آسیب شدید می رساند. از سوی دیگر این فلز باعث بروز انواع سرطان ها 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 آبزی بویژه ماهیان پرمصرف از نظر فلزات سنگین (بخصوص کادمیوم) در رودخانه اروند انجام گرفته است و بیشتر آنها صرفا به بررسی فلزات سنگین در بافت های مختلف ماهی و ارتباط تجمع فلزات با پارامترهای بیومتری پرداخته اند (خیرور و دادالهی سهراب، ۱۳۸۸). همچنین از مطالعات مشابهی که در سایر اکوسیستم های 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 می رسد. ماهی شیربت از خانواده کپور ماهیان است که پراکنش زیادی در رودخانه های 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 روش ها

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.

Archive of SID

www.SID.ir

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 آون در دمای ۱۰۵ درجه سانتیگراد به مدت ۲۴ ساعت قرار داده تا خشک شوند. سپس بافت‌های خشک شده به کمک هاون چینی به شکل پودر همگن درآمدند. به منظور هضم نمونه‌ها، 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 می‌شود (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 روزانه‌ی آلاینده) به دوز مرجع آن؛ که اگر از ۱ کمتر باشد، نشان دهنده ی آن است که مصرف ماهی اثر مضری 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)

Archive of SID

www.SID.ir

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

CR = میانگین استاندارد مصرف روزانه‌ی 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 روزانه‌ی ماهییا 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 محیطزیست 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 روزانه‌ی آلاینده که برای کادمیوم برابر ۰/۰۰۱ میلی گرم برکیلوگرم در روز می‌باشد.

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):

$$DI = Cm \times IR$$

که در آن:

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

Cm = 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 می‌باشد. مقایسه‌ی 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 روزانه‌ی 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).

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۱: **میانگین وزن و طول ماهی شیربت (*Barbus grypus*) اروندرود**

ایستگاه	وزن ماهی شیربت (گرم)	طول ماهی شیربت (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 شیربت (*Barbus grypus*) اروندرود (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 شیربت رودخانه اروند

	CR (گرم)	تعداد وعده های مجاز مصرف[1] در هفته (هر وعده ۲۳۰ گرم)	DI بر اساس نرخ مصرف محاسبه شده (میکروگرم)	HQ
ماهی شیربت	۸۲	۳	۱۴/۸۷	۰/۳۶

۱: بر اساس استاندارد JECFA

بحث و نتیجه گیری

مقایسه‌ی میانگین غلظت کادمیوم در عضله ماهی شیربت نشان می‌دهد که به رغم آنکه این ماهی همه چیزخوار است و از گروه‌های وسیعی از آبزیان تغذیه می‌کند اما میزان انباشت کادمیوم در آن نسبتاً پایین بوده و از مقادیر اعلام شده توسط سازمان‌های مرجع نظیر سازمان بهداشت جهانی و سازمان خواربار و کشاورزی، پایین‌تر است. مقادیر مشخص شده توسط سازمان‌های 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 پایین‌تر از این حدود نیز کادمیوم اثرات نامشخصی بر سلامتی داشته باشد (Shi *et al*., 2005; Ruelas-Inzunza *et al*., 2008).

اگرچه غذا یکی از روش‌های بسیار مهم و عمده در جذب آلودگی در انسان می‌باشد، ولی از آنجا که بر خلاف هوا و یا آب در جوامع مختلف و یا حتی شهرها یکسان نیست (به علت سلیقه‌ی متفاوت در افراد)، بنابراین میزان جذب آن تابعی از نحوه تغذیه می‌باشد (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 امکان‌پذیر نبوده و اصولا نمی‌تواند از اعتبار لازم برخوردار باشد. به

Archive of SID

www.SID.ir

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 شیربت 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 FAO و WHO تعیین شده است، می‌توان تا ۹۶/۵ گرم در روز نیز ماهی شیربت 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 شیربت این منطقه استفاده کرد (جدول ۳).

از آنجایی که میزان HQ برای ماهی شیربت کمتر از ۱ محاسبه شد، مصرف ماهیان مذکور خطر (حاد) برای سلامتی مصرف کنندگان در پی نخواهد داشت؛ اما به دلیل خاصیت تجمع پذیری کادمیوم در بدن، مصرف مطلوب آن باید محاسبه شود. همانطوری که بیان شد میزان مصرف مطلوب برای ماهی شیربت 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 فراورده‌های 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 مصرف کنندگان در پی نخواهد داشت؛ اما به دلیل خاصیت تجمع پذیری 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 شیربت 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 شیربت می‌تواند در تعیین حد مجاز مصرف این گونه مورد استفاده قرار گیرد.

Archive of SID

www.SID.ir

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 اروندرود (*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، ۲ 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. Ponnapalli, 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-Lópeza, 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.

Archive of SID

www.SID.ir

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.

Archive of SID

www.SID.ir