ارزیابی ریسک جیوه‌ی ناشی از مصرف گونه‌های آبزی خوراکی، ماهی حلوای سیاه (*Parastromateus niger*)، میگوی سفید هندی (*Fenneropenaeus indicus*)، میگوی پا سفید (*Lithopenaeus vannamei*) و خرچنگ دراز (*Astacus leptodactylus*)

زهره احمدی کردستانی[۱]
امیرحسین حمیدیان[۲]*
سید ولی حسینی[۳]
سهراب اشرفی[٤]

۱. دانشگاه تهران، دانشکده منابع طبیعی، دانشجوی کارشناسی ارشد محیط زیست، تهران، ایران
۲، ۴. دانشگاه تهران، دانشکده منابع طبیعی، استادیار گروه محیط زیست، تهران، ایران
۳. دانشگاه تهران، دانشکده منابع طبیعی، استادیار گروه شیلات، تهران، ایران

***مسئول مکاتبات:**
a.hamidian@ut.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۱۰/۰۱
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۱۲/۱۴

این مقاله برگرفته از پایان‌نامه دانشجویی است.

چکیده

در بین آلاینده‌هایی که وارد اکوسیستم‌های آبی می‌شوند، فلزات سنگین به علت اثرات سمی و ایجاد تجمع زیستی از خطرناک‌ترین آلاینده‌ها محسوب می‌شوند. این آلاینده‌ها قادرند مسمویت‌های مزمن و بعضاً حاد خطرناکی را در انسان ایجاد نمایند. جیوه یکی از سمی‌ترین فلزات سنگین است که می‌تواند در طول زنجیره‌ی غذایی افزایش یافته و در نهایت وارد بدن انسان شود. در این مطالعه به اندازه‌گیری غلظت جیوه در چهار گونه‌ی آبزی به نام‌های ماهی حلوا سیاه (*Parastromateus niger*)، میگوی پاسفید (*Lithopenaeus vannamei*)، میگوی سفید هندی (*Fenneropenaeus indicus*) و خرچنگ دراز آب شیرین (*Astacus Leptodactylus*) پرداخته شد و ریسک مصرف هر یک از این خوراک‌های دریایی ارزیابی شد. نمونه‌ها از بازار تهران تهیه شد و از روش هضم تر جهت آماده‌سازی نمونه‌های عضله استفاده گشت. غلظت جیوه‌ی موجود در هر نمونه از طریق تکنیک بخار سرد و دستگاه جذب اتمی تعیین گردید. میانگین غلظت جیوه در عضله‌ی گونه‌ها به ترتیب ۰/۳۳۱، ۰/۳۲۳، ۰/۳۴۶ و ۰/۱۱۳ میکروگرم بر گرم وزن تر محاسبه شد که در حدود مقادیر استانداردهای اعلام شده توسط سازمان‌های جهانی نظیر WHO، FAO و FDA بود. شاخص HQ برای همه‌ی گونه‌ها کمتر از ۱ به دست آمد. بنابراین مصرف این غذاهای دریایی خطر جدی برای سلامت مصرف‌کنندگان از نظر میزان جیوه محسوب نمی‌شود.

واژگان کلیدی: آبزیان، فلزات سنگین، جیوه، ارزیابی ریسک.

مقدمه

غذاهای دریایی یک منبع مهم پروتئین با کلسترول پایین، مواد معدنی، ویتامین‌های محلول در چربی و چربی‌های با ارزش زیستی بالا و اسیدهای چرب غیراشباع چندتایی (Poly Unsaturated Fatty Acids: $PUFA_s$) مانند اسید دوکوزاهگزانوییک و ایکوزاپنتانوئیک اسید و به ویژه امگا۳ می‌باشند. سرانه‌ی مصرف انواع آبزیان در ایران از ۱ کیلوگرم در سال ۱۳۵۷ به ۹/۱ کیلوگرم در سال ۱۳۹۰ افزایش یافته است (سازمان شیلات ایران، ۱۳۹۱)، اما غذاهای دریایی هم‌زمان یک مسیر مهم مواجهه انسان با انواع آلاینده‌های شیمیایی از جمله فلزات سنگین گزارش شده‌اند و آبزیان می‌توانند شامل سطوح سمی برخی از فلزات از جمله جیوه باشند.

جیوه پس از رها شدن در اشکال مختلف، از منابع متفاوت، نهایتاً وارد اکوسیستم‌های آبی شده و در آن‌جا از طریق متابولیسم باکتری‌ها و قارچ‌های متیله کننده جیوه، به متیل جیوه که ترکیبی بسیار سمی و خطرناک است تغییر حالت می‌دهد. متیل جیوه سپس توسط

فیتوپلانکتون‌ها یا سایر باکتری‌ها وارد زنجیره غذایی شده و در زنجیره غذایی از موجودات کوچک‌تر به موجودات بزرگ‌تر (انتهای هرم غذایی) و نهایتاً به انسان انتقال می‌یابد.

به طور معمول عضله آبزیان از مهم‌ترین بافت‌هایی است که در آن غلظت جیوه اندازه‌گیری می‌شود، زیرا این بخش خوراکی بوده و سلامت انسان را تحت تأثیر خود قرار می‌دهد. اغلب انسان‌ها تقریباً به وسیله خوردن ماهی آلوده، در معرض متیل جیوه قرار می‌گیرند (Burger and Gochfeld, 2007). یکی از اولین مثال‌های عمده در این زمینه فاجعه میناماتا در ژاپن است که به مرگ بیش از هزار نفر و برجای ماندن بیش از ۲۰۰۰ بیمار جدی از غذای دریایی آلوده منجر شد (Morkazavi and Sharifian, 2011). جیوه می‌تواند سبب اختلال در عملکرد طبیعی سیستم تنفسی، سیستم عصبی، گردش خون، تولید مثل و اختلالات بافتی، اختلالات رفتاری و نقص در سیستم ایمنی و رشد در موجودات زنده گردد (Canli and Atli, 2003).

تحقیقات در خصوص جذب جیوه در آبزیان به علت افزایش روز افزون آن در اثر فعالیت‌های انسانی و سرازیر شدن به محیط‌های آبی و هم‌چنین سمیت و اثرات سوء جیوه بر روی آبزیان و انسان امری مهم بوده و سنجش غلظت آن در محیط‌های آبی مختلف دنیا همواره مورد توجه محققین بوده است. اما آن‌چه ضرورت این پژوهش را آشکار می‌سازد این است که بیش‌تر مطالعات انجام شده (به خصوص در ایران) تا مرحله سنجش غلظت جیوه در آب، رسوب و یا بافت‌های گونه‌های مختلف آبزیان پیش رفته و به ارزیابی ریسک مصرف فرآورده‌های دریایی با توجه به غلظت‌های موجود جیوه در آن‌ها کم‌تر پرداخته شده است. اندک مطالعات صورت گرفته در این زمینه نیز بیش‌تر بر روی ماهی‌ها متمرکز بوده و گونه‌های سخت‌پوستان خوراکی مانند میگوها نادیده گرفته شده‌اند. بنابراین نیاز به ارزیابی ریسک مصرف غذاهای دریایی احساس می‌شود.

به همین دلیل در این مطالعه به اندازه‌گیری غلظت جیوه، در چهار گونه‌ی آبزی که بخشی از رژیم غذایی جامعه ایران را تشکیل می‌دهند، پرداخته و از این طریق ریسک مصرف این غذاها برآورد شد تا ضمن اطمینان از رعایت سطوح مجاز فلزات سنگین در محصولات غذایی از بروز خطرات سلامت انسانی پیش‌گیری گردد. این چهار گونه عبارت بودند از: یک گونه ماهی به نام ماهی حلواسیاه (*Parastromateus niger*)، دو گونه میگو به نام‌های میگوی پاسفید (*Litopenaeus vannamei*) و میگوی سفیدهندی (*Fenneropenaeus indicus*) و یک گونه خرچنگ دراز آب شیرین (*Astacus leptodactylus*). گونه‌های مورد بررسی در این پژوهش به دلایلی از جمله گوشت‌خوار (گونه ماهی و هر دو گونه میگو) و یا همه‌چیزخوار بودن، زندگی در بستر محیط آبی، حکت در طول ساحل (ماهی) و یا حرکت کند و توانایی تجمع آلاینده‌های محیط اطراف در بدن خود (میگو و خرچنگ) انتخاب شدند.

هدف از این پژوهش در درجه اول ارزیابی ریسک مصرف گونه‌های آبزی ذکر شده با توجه به متوسط غلظت جیوه در بافت عضله آن‌ها با انجام محاسبات جذب روزانه و مقایسه با دوز مرجع (Refrence dose) بود. هدف دیگر مقایسه غلظت جیوه در بافت عضله هر کدام از گونه‌های مورد مطالعه با برخی از استانداردهای جهانی بود.

در این زمینه Saei-Dehkordi و همکاران در (۲۰۱۰) درباره آرسنیک و جیوه در گونه‌های ماهی با ارزش تجاری در خلیج فارس، با توجه به اثر فصل و زیستگاه تحقیق کردند. Sharifian, Mortazavi (۲۰۱۱) تجمع زیستی جیوه در برخی از موجودات دریایی با ارزش تجاری از خلیج موسی، خلیج فارس را بررسی کردند. موحد و همکاران در سال ۱۳۹۲ غلظت فلزات سنگین (سرب، کادمیوم، روی، مس و جیوه) را در بافت خوراکی میگوهای دریایی و پرورشی نمونه‌برداری شده از آب‌های سواحل استان بوشهر (خلیج فارس) تعیین نمودند. به بررسی سطوح جیوه در غذاهای دریایی که معمولاً در تایوان مصرف می‌شود پرداختند. Hajeb و همکاران (۲۰۰۹) سطوح جیوه در ماهی‌های دریایی که به طور معمول در مالزی مصرف می‌شوند ارزیابی نمودند.

مواد و روش‌ها

به منظور ارزیابی ریسک مصرف آبزیان حاوی جیوه، مراحل زیر طی شد:

ارزیابی تماس (Exposure assessment)، مسیرهای تماس (Exposure pathways) و غلظت تماس (Exposure concentration) ارزیابی سمیت (Toxiciy assessment)، بررسی آثار سرطان زایی جیوه (Quantitative cancer endpoint) و بررسی آثار غیر سرطان زایی جیوه (Quantitative non-cancer endpoint)

توصیف ریسک (Risk characterization): از آن‌جا که مهم‌ترین و عمده‌ترین مسیر ورود جیوه به بدن انسان مصرف آبزیان آلوده به جیوه است، بنابراین در گام اول اقدام به تهیه نمونه‌ها و آماده‌سازی آن‌ها جهت تعیین میزان جیوه شد و میانگین غلظت جیوه در بافت ماهیان به عنوان غلظت تماس انتخاب گردید.

نمونه‌برداری در پاییز سال ۱۳۹۰، به صورت تصادفی و از فروشندگان مرکز پخش محصولات شیلاتی شهر تهران، واقع در میدان بعثت صورت پذیرفت و ۲۵ قطعه از هر یک از چهار گونه آبزی ذکر شده خریداری گردید. نمونه‌ها پس از تهیه از بازار، در داخل چندین کیسه فریزری کاملاً تمیز قرار گرفتند. سپس در جعبه‌های یونولیت حاوی پودر یخ به صورت ترکیبی از لایه‌های پودر یخ و نمونه‌های ماهی، میگو و خرچنگ گذاشته شدند و طی مدت حدوداً دو ساعت به آزمایشگاه انتقال یافتند. پس از آن کلیه نمونه‌ها در فریزر در دمای ۱۸- درجه‌ی سانتی‌گراد تا زمان انجام آزمایشات منجمد گردیدند. ۱۲ ساعت قبل از شروع آزمایش‌ها، نمونه‌ها از فریزر به یخچال انتقال یافت تا فرآیند انجمادزدایی صورت پذیرد. بعد از آن تمامی نمونه‌ها به خوبی با آب مقطر شستشو داده شدند تا پوشش لزج و ذرات خارجی جذب کننده فلزات از سطح بدن دفع شود. بعد از آبچک شدن مقدار ۴ تا ۵ گرم از بافت عضله (به طور معمول بافت‌های عضله به دلیل خوراکی بودن و تأثیر بر سلامت مصرف کنندگان، مهم‌ترین بافت زنده هر آبزی خوراکی برای سنجش غلظت آلاینده‌های تجمع یافته محسوب می‌شود در هر نمونه، توسط چاقوی پلاستیکی جدا شد (برای نمونه‌های ماهی نمونه‌برداری از سمت چپ بدن و زیر بخش جلویی باله‌ی پشتی و برای میگو و خرچنگ از قسمت وسط بدن انجام شد) و وزن دقیق هر یک به دقت محاسبه گردید. سپس قطعه جدا شده درون بطری‌های پلی اتیلنی ۵۰ میلی‌لیتری قرار داده شد و به هر یک حدود ۳۰ میلی‌لیتر اسید نیتریک غلیظ اضافه شد. در بطری‌ها به خوبی بسته شد و نمونه‌ها جهت هضم سریع‌تر به مدت ۱ ساعت داخل آون در دمای ۱۰۵ درجه‌ی سانتی‌گراد قرار گرفتند. پس از خروج نمونه‌ها از آون اجازه داده شد تا نمونه‌ها در دمای اتاق سرد شوند. در مرحله بعد سوسپانسیون‌های ایجاد شده با استفاده از کاغذ صافی واتمن شماره‌ی ۴۲ (Whatman, England) صاف گردید و حجم محلول با افزودن آب دو بار تقطیر به ۴۰ میلی‌لیتر رسانده شد و تا زمان اندازه‌گیری در بطری‌ها نگه‌داری شدند. (AOAC, 2000)

در نهایت غلظت جیوه هر یک از نمونه‌ها با استفاده از دستگاه جذب اتمی شعله‌ای (مدل Perkin Elmer, USA) و تکنیک بخار سرد (Cold vapor) اندازه‌گیری شد. قابل ذکر است که هم‌زمان با نمونه‌های اصلی، چهار نمونه‌ی شاهد یا کنترل (به منظور ارزیابی خطا) آماده شد. همچنین کلیه وسایل و ظروف ۴۸ ساعت قبل از انجام آزمایشات در حمام اسیدی اسید نیتریک غلیظ (۱۰درصد) قرار گرفتند و پیش از شروع کار به خوبی با آب مقطر شستشو داده شدند (Sohbanardakani *et al.*, 2012).

در گام دوم ارزیابی سمیت جیوه صورت گرفت به این معنی که در ابتدا باید مشخص شود نسبت متیل جیوه به جیوه‌ی کل چه مقدار در نظر گرفته شود (زیرا این ترکیب در مقایسه با سایر اشکال جیوه به مراتب سمی‌تر است و به همین جهت آگاهی از میزان متیل جیوه در رژیم غذایی اهمیت دارد) و هم‌چنین باید مشخص شود که جیوه به عنوان ماده‌ی سرطان‌زا در نظر گرفته شود یا غیرسرطان‌زا.

تقریباً تمام جیوه‌ی موجود در ماهی‌ها (بیش از ۹۰ درصد) به شکل متیل جیوه است. در آبزیان غیر از ماهی ها مانند دوکفه‌ای‌ها، ده‌پایان و میگوها کم‌تر از ۱۰ درصد جیوه به صورت متیل جیوه است. در ارزیابی ریسک، میزان کل جیوه موجود در بافت آبزی را ۱۰۰ درصد متیل جیوه فرض می‌کنند، زیرا از دیدگاه سلامت بشر، متیل جیوه نسبت به سایر اشکال شیمیایی جیوه از اهمیت زیادتری برخوردار است. در مورد ارتباط متیل جیوه با سرطان در انسان، اطلاعات کافی موجود نیست و تنها شواهد محدودی در حیوانات وجود دارد (اسماعیلی ساری،

۱۳۸۱). بنابراین در این‌جا ترکیب متیل جیوه را به عنوان یک ترکیب غیر سرطان‌زا در نظر گرفته و از روش‌های ارزیابی ریسک مصرف مواد غیر سرطان‌زا (Non-cancer) استفاده شد.

در گام سوم و آخر با توجه به غلظت جیوه اندازه‌گیری شده و هم‌چنین در نظر گرفتن سمیت جیوه، میزان مجاز مصرف آبزی بررسی و شاخص خطر (Hazard quotient یا HQ) محاسبه شد.

جذب روزانه‌ی جیوه از طریق رابطه‌ی زیر محاسبه شد (Koja dinovic *et al.*, 2006; Zhang and Wang, 2012):

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

که در آن

DI (Daily intake): میزان جذب جیوه در بدن در روز از طریق مصرف آبزی مورد نظر (میکروگرم به کیلوگرم وزن بدن جمعیت هدف در روز)

C_m (Measured concentration): میانگین غلظت جیوه‌ی اندازه‌گیری شده در بافت خوراکی آبزی (میکروگرم به گرم وزن تر)

IR (Ingestion rate): نرخ مصرف روزانه‌ی غذای دریایی مورد نظر در منطقه‌ی مورد مطالعه (گرم در روز)

BW (Body weight): وزن بدن (۷۰ کیلوگرم برای یک فرد بالغ

و اما شاخص خطر عبارت است از نسبت بین مواجهه‌ی آلاینده (در این‌جا جیوه) و دوز مرجع آن و از طریق رابطه‌ی زیر محاسبه شد: (Storelli, 2008; Zhang and Wang, 2012)

$$HQ = DI / RfD$$

که در آن

HQ: نسبت خطر (بدون واحد)

RfD (Reference dose): دوز مرجع یا مجموع جذب مجاز روزانه آلاینده (میکروگرم به کیلوگرم در روز (اسماعیلی ساری، ۱۳۸۱))

دوز مرجع خوراکی، ۰/۱ میکروگرم به کیلوگرم وزن بدن در روز برای متیل جیوه می‌باشد (حسینی و همکاران، ۱۳۸۹).

با به دست آوردن شاخص خطر می‌توان میزان ریسک ناشی از مصرف هر یک از گونه‌های تحت مطالعه را برای انسان بررسی کرد. اگر نتیجه حاصل از این فرمول کم‌تر از ۱ باشد (به بیان دیگر میزان جذب روزانه کم‌تر از دوز مرجع باشد) نشان دهنده آن است که مصرف آبزی اثر حاد مضری بر روی سلامتی ندارد (Phuc com Tu *et al.*, 2008; Storelli, 2008). همچنین برای مقایسه نتایج با مقادیر استاندارد و همین‌طور نتایج سایر مطالعات از آزمون تی یک نمونه‌ای در نرم‌افزار Statistica 8 استفاده شد.

نتایج

در این مطالعه میانگین غلظت جیوه در نمونه‌های مربوط به ماهی حلوا سیاه، میگوی سفید هندی، میگوی پاسفید و خرچنگ دراز آب شیرین به صورت شکل ۱ بود.

شکل ۱: میانگین غلظت جیوه در ماهی حلوا سفید (*Parastromateus niger*)، میگوی سفید هندی (*Fenneropenaeus indicus*)، میگوی پا سفید (*Lithopenaeus vannamei*) و خرچنگ دراز آب شیرین (*Astacus leptodactylus*) در پاییز ۱۳۹۰.

بر این اساس، نتایج ارزیابی ریسک مصرف این آبزیان در جدول ۱ بیان شده است.

جدول ۱: نتایج ارزیابی ریسک مصرف ماهی‌های مورد بررسی در پاییز ۱۳۹۰.

شاخص / گونه	نرخ مصرف سرانه در سال ۱۳۹۰* (گرم در سال)	DI (میکروگرم به کیلوگرم وزن بدن در روز)	HQ
ماهی	۷۲/۹۲	$۰/۹۴۵\times۱۰^{-۳}$	$۹/۴۵\times۱۰^{-۳}$
میگوی سفید هندی	۱/۱۲	$۰/۰۱۴\times۱۰^{-۳}$	$۰/۱۴\times۱۰^{-۳}$
میگوی پاسفید	۵۵/۹۴	$۰/۷۵۸\times۱۰^{-۳}$	$۷/۵۸\times۱۰^{-۳}$
خرچنگ دراز آب شیرین	۰/۱۶	$۰/۰۰۷\times۱۰^{-۴}$	$۰/۰۷\times۱۰^{-۴}$

* (سازمان شیلات ایران، ۱۳۹۱)

بحث و نتیجه‌گیری

طبق گزارشات سازمان بهداشت جهانی، هر سطح و مقداری از جیوه می‌تواند مضر باشد و هیچ سطح ویژه‌ای را برای تأثیر جیوه بر سلامتی نمی‌توان مشخص نمود (WHO, 1990). به علت افزایش نگرانی‌های مرتبط با اثرات جیوه در هنگام توسعه‌ی سیستم عصبی در جنین و نوزادان در حال رشد، غلظت‌های مجاز این عنصر مرتباً در حال کاهش است (حسینی و همکاران، ۱۳۸۹). حد مجاز جیوه در در بافت ماهیان، در کشورها و سازمان‌های مختلف بسیار متفاوت است. در جدول ۲، نتایج حاصل از تعیین غلظت جیوه در بافت عضله گونه-های مطالعه‌ی حاضر با سایر مطالعات در ایران و جهان و هم چنین با برخی از استانداردهای رایج مقایسه شده است.

جدول ۲: مقایسه متوسط غلظت جیوه در بافت عضله گونه‌های مورد مطالعه (میکروگرم در گرم وزن تر) **با سایر مطالعات و مقادیر استاندارد.**

منبع	**غلظت جیوه** (میکروگرم در گرم وزن تر)
Saei-Dehkordi *et al.*, 2010 (ماهی حلوا سیاه)	۰/۱۸۱
Mortazavi and Sharifian, 2011 (میگوی سفید هندی)	۰/۰۹۱
موحد و همکاران، ۱۳۹۲ (میگوی سفید هندی)	۰/۰۰۳
موحد و همکاران، ۱۳۹۲ (میگوی پا سفید)	۰/۰۰۲
Chen and Chen, 2006 (میگوی پا سفید)	۰/۰۲۵
Hajeb *et al.*, 2009 (ماهی حلوا سیاه)	۰/۰۴۰
مطالعه‌ی حاضر (ماهی حلوا سیاه)	۰/۳۳۱
مطالعه‌ی حاضر (میگوی سفید هندی)	۰/۳۲۳
مطالعه‌ی حاضر (میگوی پاسفید)	۰/۳۴۶
مطالعه‌ی حاضر (خرچنگ دراز آب شیرین)	۰/۱۱۳
WHO (Kojadinovic *et al.*, 2006)	۰/۵
FAO (Kojadinovic *et al.*, 2006)	۰/۵
MAFF (Agusa *et al.*, 2004)	۰/۳
FDA (Kojadinovic *et al.*, 2006)	۱/۰
EPA (Kojadinovic *et al.*, 2006)	۰/۳
EC* (Storelli *et al.*, 2005)	۰/۳*

* کمیسیون اروپا برای قسمت‌های خوراکی آن دسته از ماهیانی که به دلایل فیزیولوژیکی مقادیر بالایی از جیوه را در خود ذخیره می‌کنند مثل تون ماهیان و ماهیان شکارچی، مقدار حداکثر مجاز را ۰/۵ تا ۱ میکروگرم بر گرم وزن تر تعیین کرده است.

نتایج حاصل از مقایسه غلظت جیوه در نمونه‌های ماهی، میگو و خرچنگ با استانداردهای ذکر شده در جدول ۲ نشان داد که غلظت جیوه در این گونه‌ها پایین‌تر از مقادیر استانداردهای WHO، FAO و FDA ($P<۰/۰۵$) و در حدود استانداردهای MAFF، EPA و EC ($P>۰/۰۵$) می‌باشد.

همین‌طور مقایسه غلظت جیوه موجود در گونه‌های حاضر در این مطالعه با سایر پژوهش‌ها نشان داد که غلظت در مطالعه حاضر بالاتر از پژوهش‌های پیشین بود ($P<۰/۰۵$). این امر می‌توان به دلایلی از جمله غلظت و زمان ماندگاری جیوه در آب و رسوب، وضعیت فیزیولوژیکی آبزی، متابولیسم و فعالیت‌های تنظیمی هوموستازی بدن، روند رشد، طول، وزن و جنس آبزی، فصل صید و شرایط آب مانند شوری، سختی، دما، آلودگی‌های محیطی و pH باشد (سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، ۱۳۸۵؛ زینالی و همکاران، ۱۳۸۷؛ فصل بهار و امتیاز جو، ۱۳۸۹؛ Sobhanar dakani *et al.*, 2012).

از دیدگاه سلامت بشر ارزیابی این که آیا جیوه یک خطر سلامتی را باعث می‌شود به خصوص در مناطقی که ماهی یک منبع پروتئین ارزان و قابل دسترس را فراهم می‌کند، مهم است (Hajeb *et al.*, 2009). انتخاب مصرف ماهی ممکن است از فردی به فرد دیگر به طور قابل ملاحظه‌ای تفاوت داشته باشد. جذب روزانه یک عنصر از طریق مصرف مواد غذایی به غلظت عنصر در غذا و مقدار غذای مصرفی بستگی دارد (Hajeb *et al.*, 2009; Mortazavi and Sharifian, 2011).

همان طور که از جدول ۲ پیدا است، میزان HQ برای گونه‌های مورد نظر در این بررسی کم‌تر از ۱ به دست آمد. این نشان می‌دهد که مصرف این آبزیان خطر حادی برای سلامتی مصرف‌کنندگان در پی نخواهد داشت هرچند نقش مصرف کم آبزیان در ایران را نباید نادیده گرفت. با افزایش روز افزون نرخ مصرف این مقدار نیز بیش‌تر خواهد شد. همین طور به علت خاصیت تجمع‌پذیری متیل جیوه در بدن،

مصرف مطلوب آن باید در نظر گرفته شود. هم چنین از آن جا که الگوی مصرف زیاد ممکن است به خطرات سلامتی منجر شود مصرف ماهی برای هر دو گروه کم خطر (نوجوانان و بزرگسالان) و پر خطر (کودکان و مادران باردار) باید با اعتدال همراه باشد (Hajeb *et al.*, 2009, Saei-Dehkordi *et al.*, 2010; Mortazavi and Sharifian, 2011). بنابراین، هر چند مصرف ماهی مخاطراتی از لحاظ سلامتی برای مصرف‌کننده به دنبال نخواهد داشت اما در مورد میزان مصرف آن‌ها توسط زنان باردار و کودکان باید پاره‌ای از ملاحظات را رعایت نمود زیرا جنین، نوزادان شیرخوار و کودکان زیر ۱۰ سال به سمیت جیوه حساس‌ترند. نکته دیگر آن است که شاخص خطر در این جا برای افرادی با وزن ۷۰ کیلوگرم محاسبه شد. بدیهی است که میزان مصرف مطلوب، برای افراد با وزن بیش‌تر و کم‌تر از ۷۰ کیلوگرم نیز به ترتیب بیش‌تر و کم‌تر می‌شود.

منابع

اسماعیلی ساری، ع.، ۱۳۸۱. آلاینده‌ها، بهداشت و استاندارد در محیط زیست. انتشارات نقش مهر، ۷۶۷ ص.

حسینی، م.، میرغفاری، ن.، محبوبی صوفیانی، ن. و حسینی، و.، ۱۳۸۹. بررسی میزان جیوه در سواحل جنوبی دریای خزر (استان مازندران) با استفاده از ۲ شاخص زیستی ماهی کفال طلایی (*Liza aurata*) و ماهی سفید دریای خزر (*Rutilus frisii kutum*). پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه صنعتی اصفهان، دانشکده منابع طبیعی، ۷۹ ص.

زینالی، ف.، تاجیک، ح. و عصری رضایی، س.، ۱۳۸۷. ارزیابی میزان مس و روی در عضلات برخی از گونه‌های ماهیان دریای خزر. مجله دامپزشکی ایران، دوره چهارم، شماره ۴، صفحات ۸۹-۸۴.

سازمان شیلات ایران، ۱۳۹۱. دفتر برنامه و بودجه، واحد آمار.

سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، ۱۳۸۵. آیین‌نامه‌ی بنادر و سازه‌های دریایی ایران. نشریه شماره ۳۰۰-۱۰ (ملاحظات زیست‌محیطی بنادر).

شهاب مقدم، ف.، اسماعیلی ساری، ع.، ولی‌نسب، ت. و کریم آبادی، م.، ۱۳۸۹. مقایسه تجمع فلزات سنگین در عضله سپرماهی چهارگوش (*Himantura gerrardi*) و گیش چشم‌درشت (*Selar crumenophthalmus*) خلیج فارس. مجله علمی شیلات ایران، سال نوزدهم، شماره ۲، صفحات ۹۵-۸۵.

فصل بهار، ش. و امتیازجو، م.، ۱۳۸۹. فلزات سنگین و اختلالات ناشی از آن‌ها در آبزیان. مجله‌ی علوم و فناوری دریا، شماره‌ی ۵۰، سال شانزدهم، صفحات ۹۰-۸۴.

موحد، ع.، دهقان، ع.، حاجی حسینی، ر.، اکبرزاده، ص.، زنده بودی، ع. علی.، نفیسی بهابادی، م.، حاجیان، ن.، پاکدل، ف. و ایران پور، د.، ۱۳۹۲. بررسی غلظت فلزات سنگین در بافت خوراکی میگوهای نمونه برداری شده از آب های سواحل استان بوشهر. فصلنامه طب جنوب، پژوهشکده زیست-پزشکی خلیج فارس، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی بوشهر، سال شانزدهم، شماره ۲، صفحات ۱۰۹-۱۰۰.

Agusa, T., Kunito, T., Tanabe, S., Pourkazemi, M. and Aubrey, D. G., 2004. Concentrations of trace elements in muscle of sturgeons in the Caspian Sea. Marine Pollution Bulletin, 49: 789-800.

AOAC, **2000**. Official methods of analysis, 16th ed. Arlington, VA, USA: Association of Official Analytical Chemists

Burger, J. and Gochfeld., M., 2007. Risk to consumers from mercury in Pacific cod (*Gadus macrocephalus*) from the Aleuticans: Age and size effects. Enviromental Research, 105:276-284.

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. Journal of Environmental Pollution, 12: 129-136.

Chen, Y. C. and Chen, M. H., 2006. Mercury Levels of Seafood Commonly Consumed in Taiwan. Journal of Food and Drug Analysis, Vol. 14, No. 4, 2006, pp. 373-378.

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 Hazardous Materials, 136: 406-417.

Hajeb, P., Jinap, S., Ismail, A., Fatimah, A. B., Jamilah, B. and Abdul Rahim, M., 2009. Assessment of mercury level in commonly consumed marine fishes in Malaysia. Food Control, 20: 79-84.

Kojadinovic, J., Potier, M., Corre, M. L., Cosson, R. P. and Bustamante, P., 2006. Mercury content in commercial pelagic fish and its risk assessment in the Western Indian Ocean. Science of the Total Environment, 366: 688-700.

Mortazavi, M. S. and Sharifian, S., 2011. Mercury Bioaccumulation in Some Commercially Valuable Marine Organisms from Mosa Bay, Persian Gulf. International Journal Environmental Research, 5(3): 757-762.

Phuc Cam Tu, N., Ha, N. N., Ikemoto, T., Tanabe, BCST. and Takeuchi, I., 2008. Regional variations in trace element concentrations in tissues of black tiger shrimp *Penaeus monodon* (Decapoda: Penaeidae) from South Vietnam. Marine Pollution Bulletin, 57: 858-866.

Saei-Dehkordi, S. S., Fallah, A. and Nematollahi, A., 2010. Arsenic and mercury in commercially valuable fish species from the Persian Gulf: Influence of season and habitat. Food and Chemical Toxicology, no. 48, pp. 2945-2950.

Sobhanardakani, S., Tayebi, L., Farmany, A. and Cheraghi, M., 2012. Analysis of trace elements (Cu, Cd, and Zn) in the muscle, gill, and liver tissues of some fish species using anodic stripping voltammetry. Environmental monitoring and assessment, 184: 6607-6611.

Storelli, M. M., 2008. Potential human health risks from metals (Hg, Cd, and Pb) and polychlorinated biphenyls (PCBs) via seafood consumption: Estimation of target hazard quotients (THQ. s) and toxic equivalents (TEQs). Food and Chemical Toxicology, 46: 2782-2788

Storelli, M. M., Giacominelli-Stuffler, R., Storelli, A. and Marcotrigiano, G. O., 2005. Accumulation of mercury, cadmium, lead and arsenic in swordfish and bluefin tuna from the Mediterranean Sea: A comparative study. Marine Pollution Bulletin, 50: 993-1018.

US.EPA (United States Environmental Protection Agency), 2000. Guidance for assessing chemical contaminant data for use in fish advisories. Vol. 2. Risk assessment and fish consumption limits; 3rd ed. Washington. Publication No. EPA 823-B-00-008.

WHO (World health organization), 1990. Methylmercury in environmental health criteria 101. Genive.

Zhang, W. and Wang, W. X., 2012. Large-scale spatial and interspecies differences in trace elements and stable isotopes in marine wild fish from Chinese waters. Journal of Hazardous Materials, 215-216: 65-74.