



ارزیابی خطر جیوه ناشی از مصرف ماهی شوریده (*Otolithes ruber*) در خلیج فارس: مطالعه موردی بندر ماهشهر

سحر مردوخ^۱، سید ولی حسینی^۲ و سید مهدی حسینی^{۳*}

۱- دانش‌آموخته کارشناسی، گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج

۲- استادیار، گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج

۳- دانشجوی دکتری، گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی دانشگاه تربیت مدرس، نور

پذیرش: ۱۳۹۲/۰۸/۲۷

دریافت: ۱۳۹۲/۰۵/۱۱

* نویسنده مسئول مقاله: hosseini.sayedmehdi@gmail.com

چکیده:

در پژوهش حاضر با اندازه‌گیری غلظت جیوه کل با روش اسپکتروفتومتر جذب اتمی و بخار سرد، در نمونه‌های عضله ماهی شوریده (*Otolithes ruber*)، خطر ناشی از مصرف این ماهی برای انسان ارزیابی شد. بدین منظور، ۳۰ عدد ماهی شوریده در اوزان بازاری از صید روزانه آبزبان مذکور در بندر ماهشهر، به‌طور تصادفی انتخاب و مورد تجزیه قرار گرفتند. نتایج به‌دست آمده نشان داد که میانگین غلظت جیوه در عضله ماهی شوریده 0.354 ± 0.09 میکروگرم بر گرم وزن تر است که این میزان کمتر از حد استاندارد اعلام شده از سوی WHO و USFDA، اما بیش‌تر از حد استاندارد اعلام شده از سوی MAFF و USEPA است. شاخص خطر (HQ) بیش‌تر از ۱ محاسبه گردید. همچنین، محاسبات نشان داد که جذب روزانه و هفتگی جیوه با توجه به میزان سرانه مصرف هر ایرانی، کم‌تر از مقادیر راهنمای ارائه شده (PTDI و PTWI) از سوی WHO و USFDA و بیش‌تر از مقادیر ارائه شده از سوی USEPA است. بنابراین از منظر میزان جیوه، مصرف ماهی شوریده صید شده از منطقه مورد مطالعه ممکن است خطرهایی برای سلامتی مصرف‌کنندگان آسیب‌پذیرتر مانند زنان باردار، جنین و کودکان به همراه داشته باشد، ولی سایر افراد جامعه می‌توانند حدود ۲۰ گرم در روز و ۱۳۸ گرم در هفته مصرف کنند.

کلید واژگان: بندر ماهشهر، جیوه، ماهی شوریده (*Otolithes ruber*)، ارزیابی خطر.

مقدمه

همگام با افزایش تقاضا برای محصولات دریایی، افزایش روند آلودگی محیط های دریایی به شکلی جدی، احتمال بروز مشکلات کیفی را در این منابع غذایی ارزشمند تشدید کرده است (Kojadinovic et al., 2006). در واقع از زمان وقوع حادثه میناماتا در سال ۱۹۵۶، که منجر به شیوع گسترده بیماری و مرگ و میر ناشی از سمیت متیل جیوه^۱ بر اهالی منطقه شد، بررسی مقادیر جیوه در ماهیان از دیدگاه مصرف انسانی در سراسر جهان مورد توجه قرار گرفته است (Kojadinovic et al., 2006). در این میان خلیج فارس که یکی از مهم ترین اکوسیستم های آبی بسته جهان محسوب می شود، تحت تأثیر افزایش جمعیت و صنعتی شدن کشورهای حاشیه خود قرار گرفته و موقعیت نگران کننده ای پیدا کرده است، زیرا به علت بسته بودن حوزه آبی خلیج فارس، آلودگی های وارد شده در آن زمان ماند بالایی دارند و وارد بدن آبزیان می شوند (Pourang et al., 2005). در واقع حضور و تردد شناورهای مختلف تجاری، سیاحتی و نظامی و همچنین وجود آلاینده های صنعتی و کشاورزی در نوار ساحلی، آب های خلیج فارس و دریای عمان حاوی مقادیر زیادی از آلاینده ها به خصوص فلزهای سنگین شده اند. آلاینده های راه یافته سرانجام به رسوبات بستر وارد می شوند و پیچیدگی این زیستگاه را دستخوش تغییراتی می کنند (Agah et al., 2010).

اما در میان دو دسته کلی منشأ آلاینده ها در خلیج فارس (منشأ خشکی و آبی)، فاضلاب های حاصل از پتروشیمی، که حاوی فلزهای سنگین به ویژه جیوه است، از همه خطرناک ترند و خطر آن برای عموم مردمی است که ماهی یا غذای دریایی مصرف می کنند. پتروشیمی های منطقه ویژه اقتصادی ماهشهر تصفیه خانه فاضلاب دارند، اما متأسفانه

سیستم آنان کارایی لازم را ندارد و در نتیجه آلودگی های گوناگونی وارد خور موسی می شود. مجتمع پتروشیمی بندر امام بعنوان بزرگ ترین پتروشیمی ایران در منطقه ویژه اقتصادی ماهشهر و در کنار خور موسی در حال فعالیت است. این مجتمع دارای بخش ها و واحدهای مختلفی از قبیل خط واحد کلرآلکالی، که از جیوه بعنوان کاتالیزور استفاده می شود، است و طی فرایندهای گوناگون شیمیایی، مواد آلاینده مختلفی را وارد محیط زیست پیرامون خود کرده و تأثیرهای متفاوتی را برجا می گذارد (Jafarzadeh et al., 2007). جیوه از خطرناک ترین فلزهای سنگین محسوب می شود که در اشکال آلی و غیر آلی در محیط زیست وجود دارد. مطالعات نشان داده است که نوع آلی جیوه (متیل جیوه) به مراتب از سمیت و خصوصیت تجمع پذیری زیستی^۲ بالایی در طول زنجیره غذایی برخوردار است (Esmaeili-Sari, 2008; Porcella, 1994). اصولاً جیوه غیر آلی طی فرایند متیلاسیون^۳ از طریق فرایندهای آنزیمی و به وسیله باکتری ها و دیگر میکروارگانیسم های موجود در آب و رسوبات به شکل آلی یعنی متیل جیوه تبدیل می شود. متیل جیوه می تواند از راه جذب شدن به وسیله گیاهان آبی، جلبک ها، موجودات ابتدای زنجیره غذایی وارد شبکه غذایی ماهی شده و در آن تجمع یابد (Esmaeili-Sari, 2008).

بنابراین با وجود منفعت هایی که با مصرف ماهی حاصل می شود، امروزه به دلیل حضور آلاینده ها از جمله جیوه در اکوسیستم های آبی، مصرف آن با یکسری خطرهایی مواجه است و این خطر در گروه های آسیب پذیر از جمله زنان باردار و کودکان بسیار حائز اهمیت است؛ زیرا مصرف ماهی مهم ترین راه ورود جیوه به بدن انسان معرفی شده است (Human Health of Canada, 2007) که به دلیل نیمه عمر بیولوژیکی طولانی متیل جیوه، می تواند در

2. Biomagnification
3. Methylation

1. Methyl mercury

دراز مدت اثرهای نامطلوبی را بر بدن و سلامتی انسان، به ویژه بر سیستم عصبی که شامل اختلالات روانی، کم شدن شنوایی و بینایی، از دست دادن کنترل بدن و ضعف عمومی، حمله عصبی، تأثیر بر جنین و غیره است، به همراه داشته باشد (Esmaeili-Sari, 2002). بنابراین باید خطرهای مصرف آن از طریق روش‌های علمی ارزیابی شود.

در این میان ماهی شوریده (*Otolithes ruber*) که از جمله ماهیان اقتصادی و نریتیک خلیج فارس و دریای عمان با رژیم تغذیه‌ای بیش‌تر گوشتخواری است، احتمالاً در معرض انواع آلودگی‌های موجود در آب و رسوبات قرار دارد. از طرفی دیگر، نظر به این‌که بستر منابع آبی، عمده‌ترین پذیرنده آلودگی است (Hosseini et al., 2011)، می‌توان در نظر گرفت که ماهی شوریده با آلودگی قابل ملاحظه‌ای در طی حیات خود مواجه باشد (Shahriari, 2005).

با این رویکرد و همچنین به دلیل ارزش اقتصادی و غذایی ماهی شوریده و درصد بالای صید آن‌ها به عنوان مهم‌ترین ماهی مورد پذیرش ساکنان سواحل خلیج فارس و دریای عمان به ویژه شهرستان بندر ماهشهر، گونه مذکور برای بررسی‌های مربوط به سنجش جیوه به منظور مطالعه برای کاهش خطرهای ناشی از مصرف آن‌ها انتخاب شد.

یکی دیگر از مهم‌ترین کاربردهای این پژوهش، آگاهی از میزان آلودگی به جیوه به عنوان مهم‌ترین فلز سنگین در آب‌های نواحی منطقه مورد مطالعه است. با نتایج به دست آمده می‌توان تمهیداتی اندیشید تا از ورود بیش‌تر آلاینده‌ها به محیط جلوگیری شود.

بررسی‌های کتابخانه‌ای نشان می‌دهد که مطالعات اندکی با هدف ارزیابی خطر مصرف ارگانسم‌های آبی به ویژه ماهیان پرمصرف از نظر فلزهای سنگین (به خصوص جیوه) در خلیج فارس انجام شده است و بیش‌تر آن‌ها تنها به

بررسی فلزهای سنگین در بافت‌های مختلف ماهی و همچنین ارتباط تجمع فلزها با شاخصه‌های بیومتری پرداخته‌اند (Hashim et al., 1996; Shahriari, 2005; Tarasoli et al., 2012; agah et al., 2020; Pourang, et al., 2005; Dobaradaran et al., 2010)

از طرفی دیگر، از مطالعات مشابهی که در دیگر اکوسیستم‌های آبی درخصوص ارزیابی خطر مصرف ماهی ناشی از جیوه پرداختند، می‌توان به مطالعات (Castilhos et al., 2006; Kojadinovic et al., 2006; Ruels-Inzuna et al., 2008; Gochfeld, 2003; Burger et al., 2007; Agusa et al., 2005; Turkmen et al., 2009; Hosseini et al., 2011) اشاره کرد. همچنین به تازگی حد مجاز مصرف ۲۱ گونه از ماهیان خلیج فارس، دریای خزر و تالاب انزلی از منظر جیوه گزارش شده است (Esmaeili-Sari, 2011).

پژوهش حاضر علاوه بر حصول به اطلاعات پایه‌ای و ارزشمند در خصوص میزان جیوه موجود در گونه مورد مطالعه، اطمینان و اعتماد لازم برای مصرف گونه مذکور فراهم می‌کند.

مواد و روش‌ها

برای ارزیابی خطر جیوه بر سلامتی انسان^۱ در منطقه مورد مطالعه، مراحل زیر طی شد (Hosseini et al., 2011):

۱- ارزیابی تماس^۲

مسیرهای تماس^۳

غلظت تماس^۴

۲- ارزیابی سمیت^۵

بررسی آثار سرطان‌زایی جیوه^۶

1. Human health risk assessment
2. Exposure assessment
3. Exposure pathways
4. Exposure concentraion
5. Toxicity assessment
6. Quantitative cancer endpoint

بررسی آثار غیرسرطان‌زایی جیوه^۱۳- توصیف خطر^۲

از آنجا که مهم‌ترین و عمده‌ترین مسیر ورود جیوه به بدن انسان، مصرف ماهیان آلوده به جیوه است، بنابراین در گام اول در خصوص نمونه‌برداری از ماهی و تعیین میزان جیوه اقدام شد و میانگین غلظت جیوه در بافت ماهیان به‌عنوان غلظت تماس انتخاب شد.

معرفی منطقه مورد مطالعه

بندر ماهشهر با طول جغرافیایی ۴۹ درجه و ۱۳ دقیقه و عرض جغرافیایی ۳۰ درجه و ۳۳ دقیقه، در جنوب غربی ایران و جنوب استان خوزستان واقع است. از شمال به شهرستان‌های رامهرمز و اهواز، از مشرق به شهرستان بهبهان، از مغرب به شهرستان شادگان و از جنوب به خلیج فارس و خور موسی محدود است. این شهر به دلیل وضع طبیعی مناسب بندرگاهی و اجرای طرح‌های صدور فراورده‌های نفتی پالایشگاه آبادان و همچنین نزدیکی به بندرامام خمینی و مجتمع‌های پتروشیمی مجاور آن، به‌طور فزاینده‌ای به وسیله آلاینده‌هایی که از منابع مختلف انسانی (شامل پساب‌های صنعتی، پساب‌های کشاورزی و فاضلاب‌های شهری و روستایی) به آن وارد می‌شود، آلوده شده است.

نمونه‌برداری

به دلیل آن‌که در این پژوهش هدف تعیین خطر ناشی از مصرف ماهی شوریده برای مصرف‌کنندگان (افراد جامعه) بود، بنابراین تهیه نمونه‌ها از همان طریقی انجام گرفت که عموم مردم اقلام مورد نظر را تهیه می‌کنند. در واقع با توجه به این‌که عمده صید و عرضه ماهیان مذکور به

بازارهای محلی و کشوری در اوزان بازاری صورت می‌گیرد (Fisheries Statistical Yearbook, 2009)، بنابراین در این تحقیق از ماهیان در وزن بازاری استفاده شد و تعداد ۳۰ عدد ماهی شوریده با وزن تقریبی 380 ± 18 گرم از بین ماهیان صید شده (صید روزانه) و آماده عرضه به بازار بندر ماهشهر واقع در استان خوزستان تهیه گردید. انتخاب ماهیان به صورت تصادفی و از بین ماهیان سالم صید شده در زمان اجرای تحقیق انجام پذیرفت. نمونه‌های تهیه شده پس از شستشو در داخل جعبه‌های یونولیت حاوی یخ پودر شده (به صورت لایه‌های متناوبی از یخ و نمونه) نگهداری و در کم‌ترین زمان ممکن به آزمایشگاه محیط زیست دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران منتقل شدند.

در آزمایشگاه، عضله (عضله مابین بخش جلویی باله‌ی پشتی و خط جانبی) نمونه‌های ماهی جدا گردید. نمونه‌های تهیه شده پس از شستشو با آب مقطر و حذف آبچک، به وسیله سلفون به خوبی پیچیده شده و آنگاه تا زمان شروع آنالیز در فریزر و در دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند.

اندازه‌گیری جیوه

تعداد کل سنجش‌های انجام شده برابر ۳۰ عدد بوده است. برای سنجش میزان جیوه از روش هضم اسیدی (هضم نمونه‌ها به کمک اسیدنیتریک غلیظ) و از روش بخار سرد دستگاه اسپکتروفتومتر جذب اتمی^۳ (Perkin Elmer, USA) استفاده شد (Türkmen, 2009). طبق روش، برای هضم شیمیایی نمونه مقدار ۰/۵ گرم از نمونه هموژن شده در داخل ارلن قرار داده شد و مقدار ۱۰ میلی‌لیتر اسید نیتریک غلیظ اضافه شد. برای تکمیل عمل هضم محلول بر روی حمام آبی با درجه حرارت ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد تا نزدیک

1. Quantitative non-cancer endpoint
2. Risk characterization

3. Cold vapor-Atomic absorption spectrophotometry; CV-AAS

ماده غیر سرطانزا انتخاب شد (Kojadinovic et al., 2006; Goldblum et al., 2006).

توصیف خطر^۷

در گام آخر با توجه به میزان جیوه اندازه‌گیری شده و همچنین در نظر گرفتن سمیت جیوه و انتخاب جیوه به عنوان یک ماده سمی غیرسرطانزا، شاخص خطر HQ^8 و میزان مجاز مصرف ماهی محاسبه شد.

میزان جذب روزانه^۹ و هفتگی^{۱۰} قابل قبول جیوه

میزان تماس روزانه انسان به جیوه از طریق مصرف ماهیان آلوده را می‌توان با فرمول زیر محاسبه کرد (Agusa et al., 2005; Kojadinovic et al., 2006)

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

DI^{11} = میزان جذب جیوه در بدن در روز از طریق مصرف ماهی (میکروگرم بر گرم)؛

C_m = میزان جیوه در ماهی (میکروگرم بر گرم)؛

IR^{12} = میزان مصرف ماهی در منطقه مورد مطالعه (گرم در روز)؛

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

بررسی شاخص خطر HQ

شاخص خطر HQ شامل نسبت تماس یک آلاینده^{۱۳} (دوز جذب روزانه آلاینده) به دوز مرجع آن است که اگر از ۱ کم‌تر باشد، بیانگر آن است که مصرف ماهی اثر مضر بر سلامتی ندارد (Castilhos et al., 2006; Goldblum et al., 2006)

خشک‌شدن قرار داده شد. پس از سرد شدن به آن ۵ میلی‌لیتر اسید نیتریک ۱۰ درصد اضافه شد و پس از عبور از کاغذ صافی (Watman 42)، به تمام نمونه‌ها، ۰/۵ میلی‌لیتر $SnCl_2$ ۰/۱ مولار (محلول احیاکننده) و آب مقطر دوبار تقطیر شده اضافه شد تا به حجم نهایی ۲۵ میلی‌لیتر برسد. نمونه‌های شاهد طبق مراحل شرح داده شده تهیه شدند. نمونه‌ها پس از آماده‌سازی، در طول موج ۲۵۳/۷ نانومتر قرائت گردیدند. همچنین از محلول‌های استاندارد ۱ تا ۱۰ میکروگرم در لیتر جیوه برای تنظیم و کالیبره کردن دستگاه استفاده شد. حد تشخیص^۲ روش اندازه‌گیری جیوه برابر با ۰.۰۰۵ میکروگرم بر گرم جیوه بود. مواد مرجع استاندارد^۳ مورد استفاده NRC-DORM-2^۴ بوده است و میزان رکاویری برای تمامی نمونه‌ها در حدود ۱۰۲-۹۳ درصد بود.

ارزیابی سمیت جیوه^۵

برای ارزیابی سمیت جیوه، در ابتدا لازم است نسبت متیل جیوه به کل جیوه در گونه مورد مطالعه تعیین شود (گام دوم). نسبت متیل جیوه به کل جیوه در گونه‌های مختلف ماهیان و حتی در یک گونه نیز متفاوت است و از طرفی دیگر بررسی اشکال شیمیایی مختلف جیوه در ماهی نیز بسیار پرهزینه است. همچنین مطالعات نشان داده است که یک عامل تبدیل ثابت^۶ برای تخمین درست سطوح متیل جیوه نسبت به کل جیوه موجود در ماهی نمی‌توان یافت. بنابراین در بحث ارزیابی خطر میزان کل جیوه موجود در بافت ماهی، ۱۰۰ درصد متیل جیوه فرض می‌شود (Goldblum et al., 2006). همچنین جیوه به عنوان

7 Risk characterization

8. Hazard quotient

9. PTDI (Provisional permissible tolerable daily intake in $\mu g/Day/kg$ body weight) or ADI

10. PTWI (Provisional permissible tolerable weekly intake in $\mu g/week/kg$ body weight)

11. Daily Intake (Dietary mercury exposure)

12. Ingestion rate

13. Exposure level

1. Tin(II) chloride

2. Detection limit

3. Standard reference material

4. Dogfish muscle; national Research council, Canada

5. Mercury toxicity assessment

6. Fixed conversion factor

کمک آزمون One Sample T Test با معیارهای استاندارد که از سوی سازمان‌های معتبر جهانی نظیر WHO پیشنهاد شده، مقایسه شدند. سطح معنادار بودن نیز $p < 0.05$ در نظر گرفته شد.

نتایج

نتایج حاصل از تجزیه جیوه در نمونه‌های عضله ماهی شوریده در منطقه مورد مطالعه نشان داد که میانگین میزان جیوه در عضله ماهی مذکور 0.09 ± 0.354 میکروگرم بر گرم وزن تر است که قابل مقایسه با مقادیر حد مجاز جیوه در عضله ماهیان است (جدول ۱).

سالنامه آماری شیلات ایران اعلام داشته است که سرانه مصرف ماهی در ایران حدود ۸۵۰۰ گرم در سال است (Fisheries Statistical Yearbook, 2009)، در این صورت مصرف روزانه ماهی برای هر ایرانی حدود ۲۳/۲۹ گرم است. به این ترتیب میزان جیوه‌ای که از طریق مصرف ماهی شوریده جذب بدن می‌شود، حدود 0.000118 میکروگرم بر گرم در روز و 0.000826 میکروگرم بر گرم در هفته، برای یک فرد بالغ با وزن ۷۰ کیلوگرم است. ولی طبق معمول میزان مصرف ماهی در ساکنان جنوبی ایران بالاتر از میزان اعلام شده به وسیله سالنامه آماری شیلات ایران است. همچنین میزان HQ حدود ۱/۱۸ به دست آمد.

با توجه به فرمول تعیین حداکثر مجاز مصرف روزانه ماهی و با در نظر گرفتن میانگین وزن ۷۰ کیلوگرم برای مصرف کننده، مقدار مجاز مصرف ماهی شوریده با میانگین غلظت جیوه 0.354 میکروگرم بر گرم وزن تر، 19.77 گرم در روز و 138.41 گرم در هفته به دست آمد.

$$HQ = DI / RfD$$

HQ = نسبت خطر (بدون واحد)^۱؛

DI = میزان جذب جیوه در بدن در روز از طریق

مصرف ماهی (میکروگرم بر گرم)؛

RfD = دوز مرجع (0.0001 میلی گرم در کیلوگرم).

حد مجاز مصرف روزانه ماهی^۲

مقدار مجاز مصرف روزانه ماهی با توجه به میزان جیوه اندازه گیری شده در بخش خوراکی آن (عضله) از طریق فرمول زیر که از سوی USEPA پیشنهاد شده است، محاسبه گردید (Esmacili-Sari, 2008; 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

آلاینده که برای متیل جیوه برابر 1×10^{-4} میلی گرم بر کیلوگرم در روز است.

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

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

تجزیه آماری

تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم افزار SPSS نسخه شماره ۱۶ با استفاده از برنامه Excel انجام پذیرفت. ابتدا طبیعی بودن داده‌های به دست آمده با آزمون کلموگروف-اسمیرنوف بررسی شد. پس از آن نتایج به دست آمده به

1. Unitless
2. Fish safety limits
3. Consumption rate limite (Maximum allowable fish consumption: consumption: kg or gr / day)
4. Reference dose
5. Body weight
6. Measured concentration

جدول ۱ مقادیر حد مجاز جیوه در عضله ماهیان در استانداردهای مختلف بر حسب میکروگرم بر گرم وزن تر

استانداردها	WHO ¹	MAFF ²	USEPA ³	FDA ⁴
جیوه	۰/۵	۰/۳	۰/۳	۱

1. World Health Organization; 2. Ministry of Agriculture, Fisheries and Food (UK); 3. United States Environmental Protection Agency; 4. Food and Drug Administration (FDA)

نظر، نیمه عمر فلزها و دسترسی به فلز در زیستگاه بستگی دارد (Langston et al., 1995). در پژوهش حاضر از ماهیان با اندازه های به نسبت یکسان که مصرف خوراکی دارند (اوزان بازاری) و بیش تر در بازارهای خطه جنوب ایران (به ویژه ماهشهر) یافت می شوند، استفاده شده و ارتباط بین عوامل رشد با تجمع جیوه در ماهی شوریده مورد توجه قرار نگرفت.

نتیجه به دست آمده از میانگین غلظت جیوه که ۰/۳۵۴ میکروگرم بر گرم وزن تر بوده به کمک آزمون One Sample T Test با استانداردهای اعلام شده به وسیله FDA، WHO، MAFF و USEPA، در خصوص حداکثر مقدار قابل پذیرش جیوه در ماهی که به ترتیب ۰/۱، ۰/۵، ۰/۳ و ۰/۳ میکروگرم بر گرم وزن تر است (Hosseini et al., 2011; MAFF, 2000)، مقایسه شدند. نتایج به دست آمده بر طبق آزمون مذکور نشان داد که میزان جیوه موجود در بافت ماهی شوریده به طور معنادار کم تر از حداکثر مقدار مجاز بر اساس استانداردهای WHO و FDA و بیش تر از حداکثر مقدار مجاز بر اساس استاندارد USEPA و MAFF است (جدول ۱). طبق نتایج حاصل از میانگین غلظت جیوه در مقایسه با استانداردهای WHO و FDA، که کم تر از حداکثر مقدار مجاز بوده است، میزان آن در محیط از لحاظ آلودگی بی خطر تلقی می شود ولی در مقایسه با استاندارد MAFF و USEPA، که بیش تر از حداکثر مقدار مجاز بوده، ممکن است خطری جدی محسوب شود. بنابراین با توجه به خطرهای احتمالی ناشی از آلودگی و سمیت فوق العاده جیوه به خصوص برای زنان باردار و کودکان که تهدید مهمی به شمار می رود، نیازمند نظارت بیش تری است. بنابراین برای ارزیابی دقیق تر باید دیگر عوامل از جمله میزان جذب روزانه جیوه و شاخص خطر را هم بررسی کرد.

بحث

به دلیل تأثیرهای متعدد و مضر جیوه بر سلامتی مصرف کننده، مطالعات متعددی در خصوص آن ها صورت گرفته است. تحقیقات نشان داده که مصرف آبزیان، یکی از عمده ترین مسیرهای ورود این عنصر خطرناک به بدن انسان ها است. همان طوری که از نتایج حاصل از پژوهش حاضر مشهود است، مقدار این عنصر در ماهی شوریده به نسبت بالاست که این وضعیت با توجه به جایگاه زیست ماهی شوریده (نزدیک بستر) و از آنجایی که رسوبات مهم ترین پذیرنده فلزهای سنگین در منابع آبی هستند، قابل توجیه است (به جز مسائل مربوط به تفاوت های فیزیولوژیک). از طرفی دیگر، تفاوت های مشاهده شده بین مقدار جیوه اندازه گیری شده در پژوهش حاضر با دیگر ماهیان مورد مطالعه در خلیج فارس می تواند به دلیل عواملی همچون گونه ماهی، مکان تغذیه، رفتار تغذیه ای و مهاجرتی آن ها، اندازه، جنسیت و سن ماهی، فصل نمونه برداری، محل نمونه برداری و یا روش تجزیه مربوط باشد (Hosseini et al., 2011).

به طور کلی ارتباط بین عوامل رشد با تجمع فلزها در ماهیان به عوامل متعددی از قبیل عملکرد ویژه فلز در بافت مورد نظر، روابط متقابل عوامل بیوشیمیایی بافت مورد نظر با عوامل زیستی، تأثیر افزایش رشد بافت (خاصیت رقیق کنندگی غلظت فلزها) و نرخ متابولیسمی گونه مورد

نتایج نشان می‌دهد که میزان جذب روزانه و هفتگی جیوه از طریق مصرف ماهی شوریده حدود ۰/۰۰۰۱۱۸ میکروگرم در گرم است که کم‌تر از جذب روزانه و هفتگی قابل تحمل (PTDI و PTWI) تعیین شده از سوی سازمان‌های WHO (۰/۰۰۰۷ میکروگرم در گرم در روز و ۰/۰۰۰۴۹ میکروگرم در گرم در هفته)، USFDA (۰/۰۰۰۴ میکروگرم در گرم در روز و ۰/۰۰۰۲۸ میکروگرم در گرم در هفته) و بیش‌تر از جذب روزانه و هفتگی قابل تحمل تعیین شده از سوی USEPA (۰/۰۰۰۱ میکروگرم در گرم در روز و ۰/۰۰۰۷ میکروگرم در گرم در هفته) است (Hosseini et al., 2011). لازم به ذکر است که در تعریف جذب روزانه و یا هفتگی قابل تحمل از سوی سازمان‌های مربوط این‌گونه بیان شد که با در نظر گرفتن میانگین وزن ۷۰ کیلوگرم برای یک انسان بزرگسال^۱، میزان جیوه کلی که می‌تواند جذب بدن انسان شود و هیچ‌گونه اثر منفی در طی دوره زندگی برای فرد ایجاد نکند (Kojadinovic et al., 2006; Goldblum et al., 2006).

از طرفی دیگر HQ در بافت عضله ماهی شوریده بندر ماهشهر ۱/۱۸ بوده و قابل ذکر است که اگر نتیجه حاصل شده بیش‌تر از ۱ باشد (به بیان دیگر میزان جذب روزانه بیش‌تر از دوز مرجع باشد)، نشان‌دهنده آن است که مصرف آبی اثر حاد مضری بر روی سلامتی انسان دارد (Hosseini et al., 2011).

بنابراین با توجه به نتایج فوق می‌توان بیان کرد که از آنجایی که زنان باردار و جنین، نوزادان شیرخوار و کودکان زیر ۱۰ سال به دلیل شرایط حساس خود، بیش‌تر تحت تأثیر آثار حاد جیوه قرار دارند (Kojadinovic et al., 2006)، مصرف ماهیان شوریده به‌هیچ وجه به آن‌ها توصیه نمی‌شود. در واقع متیل جیوه‌هایی که در بدن ماهیان

تجمع یافته، به راحتی می‌تواند با مصرف ماهی جذب بدن خانم‌های باردار شده و منجر به مشکلاتی در توسعه سیستم عصبی جنین گردد؛ چون مقدار زیاد جیوه سبب آشفته‌گی‌های عصبی شده و اثر بازدارندگی بر رشد بدن و نیز آنزیم‌ها دارد. این علائم عصبی شامل عقب‌ماندگی ذهنی، مشکلات بینایی و شنوایی، عقب‌افتادگی رشد و تکامل، اختلالات تکلمی و حافظه‌ای است. از این‌رو، این امر می‌تواند تهدیدی جدی برای سلامت محیط زیست و موجودات منطقه محسوب شود (Esmaeili-Sari, 2011; Esmaeili-Sari, 2008).

هر چند متیل جیوه در بزرگسالان (با وزن ۷۰ کیلوگرم) نیز علاوه بر اختلالات عصبی، مشکلات قلبی عروقی را به دنبال دارد (Esmaeili-Sari, 2011)، ولی به دلیل حساسیت کم‌تر آن‌ها نسبت به زنان باردار و کودکان، می‌توانند با توجه به حد مجاز مصرف تعیین شده یعنی ۱۹/۷۷ گرم در روز و ۱۳۸/۴۱ گرم در هفته، مصرف کنند. بدیهی است که 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 ماده آلاینده به بدن را تا حد استاندارد کاهش داد. از مزیت دیگر این روش، عدم تأثیر فرهنگ و عادات‌های غذایی در تعیین استاندارد است (Esmaeili-Sari, 2002).

اگرچه غذا یکی از روش‌های بسیار مهم و عمده در جذب آلودگی در انسان است، ولی چون بر خلاف هوا و یا آب، در جوامع مختلف و یا حتی شهرها یکسان نیست (به علت سلیقه متفاوت در افراد)، بنابراین میزان جذب آن تابعی از نحوه تغذیه است. از آنجا که فرهنگ غذایی در ایران که از نظر وسعت بسیار گسترده و از نظر عادات‌های

1. Adult

غذایی بسیار متفاوت است، طبیعی است ارائه یک الگوی مشخص برای میزان استاندارد در مواد غذایی امکان‌پذیر نبوده و اصولاً نمی‌تواند از اعتبار لازم برخوردار باشد. به همین دلیل در اغلب کشورهای جهان تفاوت‌هایی در تعیین میزان استاندارد آلاینده‌ها در مواد غذایی وجود دارد که بیش‌تر ناشی از عادت‌های غذایی و همچنین ویژگی‌های خاص مرتبط با اقلیم، صنعت و کشاورزی است. این شاخصه‌ها الزاماً منجر به تفاوت‌هایی در تعیین استاندارد شده است که حتی با استانداردهای سازمان بهداشت جهانی نیز متفاوت است. در رابطه با فراورده‌های دریایی و آبزیان این تفاوت چشم‌گیرتر است. زیرا میزان مصرف ماهی در استان‌های مختلف بسیار متفاوت است و به همین دلیل نمی‌توان یک الگوی واحد برای کل جامعه در نظر گرفت. بنابراین معیار استاندارد با توجه به شاخصه‌هایی نظیر مصرف سرانه، سمیت مواد، ویژگی‌های مصرف‌کننده (زن-مرد-کودک) و پتانسیل جذب باید تعیین گردد (Esmaeili-Sari, 2002).

سرانه مصرف ماهی در ایران با وجود پایین بودن نسبی آن در مقایسه با میانگین جهانی از دامنه نوسان زیادی در سطح کشور برخوردار است. به‌طوری‌که در استان‌های ساحلی شمال و جنوب کشور در خانواده‌هایی که شغل آنان ماهی‌گیری است، مصرف بالاتر از سرانه 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).

در ارزیابی خطر، میزان کل جیوه موجود در بافت ماهی 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. متیل جیوه برخلاف اشکال عنصری و غیرآلی جیوه به‌طور

کامل از مجرای معده‌ای- روده‌ای^۱ جذب و وارد جریان خون شده و به همه بافت‌ها توزیع می‌شود. همچنین از سد خونی- مغزی عبور کرده و موجب آسیب به سیستم عصبی مرکزی و محیطی می‌شود. در زنان باردار نیز متیل جیوه با گذشتن از راه جفت به جنین می‌رسد و موجب آثار جبران‌ناپذیری به جنین در حال رشد می‌شود (Human Health of Canada, 2007).

به همین دلیل سازمان دارو و غذای ایالات متحده به مادران و زنان باردار توصیه می‌کند که در این دوران کم‌تر از ماهی استفاده کنند و آن‌ها را از خوردن ۴ گونه کوسه ماهی^۲، شمشیر ماهی^۳، ماهی تن^۴ و تایل فیش^۵ منع کرده است (Burger et al., 2007). بررسی‌ها نشان می‌دهد که اغلب آثار مزمن جیوه در مناطقی که مصرف بالای ماهی با میزان جیوه پایین دارند، مشاهده می‌شود (Gochfeld, 2003).

از طرفی دیگر، در مطالعه مشابهی از سوی اسماعیلی ساری و همکاران (۲۰۱۱) که سعی در پوشش دادن مطالعاتی که در طی ۶ سال اخیر روی سطح جیوه در ۲۱ گونه از ماهیان خلیج فارس، دریای خزر و تالاب انزلی صورت پذیرفته، داشته است؛ ضمن بیان سطح جیوه، پیشنهادهایی درباره تعداد وعده‌های مصرفی از میزان مجاز مصرف ماهی در هر ماه به تفکیک گونه ارائه شد. با توجه به محاسبات صورت گرفته در این پژوهش، حدود ۵۰ درصد ماهیان که بیش‌تر از ماهیان با زنجیره غذایی کوتاه هستند را به‌راحتی می‌توان در طول سال مصرف کرد. اما درباره کفشک ماهی (*Euryglossa orientalis*) و کوسه ماهی (*Carcharhinus dussumieri*) صید شده از خلیج فارس باید ملاحظات ویژه‌ای در مصرف لحاظ گردد. همچنین این پژوهش بیان داشت که درباره میزان مصرف

1. Gastrointestinal tract
2. Shark
3. Swordfish
4. Mackerel king
5. Tile fish

زیاد ماهی در جامعه صیادی باید برنامه‌ریزی دقیقی صورت گیرد (Esmaili-Sari, 2011).

در مطالعه مشابه دیگری که از سوی حسینی و همکاران درباره ارزیابی خطر مصرف ماهی سفید در سواحل جنوبی دریای خزر انجام گرفت، میانگین غلظت جیوه در عضله ماهی سفید ۰/۱۱۲ میکروگرم بر گرم وزن تر بود که این میزان پایین‌تر از حد استاندارد تعیین شده از سوی سازمان‌های معتبر جهانی مانند WHO, USEPA, FAO و FDA است. شاخص خطر (HQ) کم‌تر از ۱ (۰/۴۸) بود. همچنین، محاسبات نشان داد که جذب روزانه و هفتگی جیوه با توجه به میزان سرانه مصرف هر ایرانی که از سوی FAO اعلام شده، پایین‌تر از مقادیر راهنمای ارائه شده (PTDI و PTWI) از سوی WHO, USEPA, JECFA است. مصرف ماهی سفید دریای خزر خطری جدی برای سلامتی مصرف‌کنندگان از نظر میزان جیوه نخواهد داشت و برای حفظ سلامتی، میزان مجاز مصرف آن ۶۲ گرم در روز توصیه می‌شود (Hosseini, et al., 2011).

از طرفی دیگر در مطالعه‌ای که کاستیلوس^۱ و همکاران (۲۰۰۶) برای ارزیابی خطر جیوه از مصرف ماهیان در دو منطقه‌ای تاتلو^۲ و گالانگان^۳ که در نزدیکی معدن طلا وجود داشتند، انجام دادند، نشان داده شد که شاخص HQ در تمام ایستگاه‌های مورد مطالعه در هر دو منطقه بیش‌تر از حد مجاز (۱) بودند؛ به استثنای یک ایستگاه در منطقه‌ی گالانگان که حدود ۰/۹ بود (به‌علت فاصله داشتن از معدن) که نشان‌دهنده آلودگی بالای مناطق مذکور به‌علت کاربرد جیوه در استخراج طلاست. از این‌رو درباره مصرف ماهیان این منطقه هشدار جدی داده شد (Castilhos et al., 2006). میزان اثرهای مضر که با مصرف ماهیانی که HQ آن‌ها بالای ۱ است، به میزان مصرف ماهی، غلظت و نوع

جیوه در ماهی، شرایط فیزیکی و سن مصرف کننده و... بستگی دارد (Ruels-Inzuna et al., 2008).

جمع‌بندی

طبق داده‌های به‌دست آمده میزان فلز جیوه در ماهیان شوریده به‌نسبت بالاست که نشان‌دهنده میزان بالای جیوه در بندر ماهشهر و حضور فعال منابع ورود جیوه به این بندر مهم اقتصادی خلیج فارس است. در نتیجه لازم است با ایجاد و نظارت بر اعمال استانداردهای زیست محیطی، از ورود آلاینده‌های منتشره از نیروگاه‌ها و پساب‌های صنایع به محیط‌های آبی دریایی بدون تصفیه اولیه مناسب جلوگیری کرد.

همچنین میزان HQ بیش‌تر از ۱ بوده که بیان‌کننده این است که مصرف ماهی شوریده در بندر ماهشهر می‌تواند تهدیدی جدی برای سلامت مصرف‌کنندگان به‌ویژه زنان باردار و کودکان منطقه محسوب شود. اما با توجه فرمول‌های موجود، سایر افراد می‌توانند حدود ۱۹/۷۷ گرم در روز و ۱۳۸/۴۱ گرم در هفته مصرف کنند. بنابراین باید در دفعات مصرف این گونه آیزی ارزشمند دقت لازم مبذول گردد تا از بروز خطرهای ناشی از ورود بیش از حد چنین فلزهای سنگینی به مصرف‌کننده جلوگیری شود.

لازم به ذکر است ارزیابی خطر ناشی از حضور دیگر عناصر سنگین و همچنین آلاینده‌های آلی در ماهی شوریده می‌تواند در تعیین دقیق‌تر حد مجاز مصرف این گونه استفاده شود.

مراجع:

Agah, H., Leermakers, M., Gao, Y., Fatemi, S. M. R., MohseniKatal, M., Baeyens, W. and Elskens, M. 2010. Mercury accumulation in fish species from the Persian Gulf and in human hair from fishermen, *Environmental Monitoring and Assessment*, 169: 203-216.

1.Castilhos
2.Tatelu
3.Galangan

pollution risk assessment: A case history, *Journal of Hazardous Materials*, 136: 406–417.

Hashim A. A., Jalal, A., Ismail, M. M. and Dhabia, A. 1996. Heavy metals in the grouper fish *Epinephelus coioides* from the coast of Bahrain: an assessment of monthly and spatial trends, *International Journal of Environmental Studies*, 50: 237-246.

Hosseini, S. M., Mirghaffari, N., Mahboobi-Soofiani, N. and Hosseini, S. V. 2011. Risk assessment of mercury dye to consumption of kutum of the Caspian Sea (*Rutilus frisii kutum*) in Mazandaran Province. *Iranian Journal of Natural Resources*, 3: 243-257.

Jafarzadeh-Haghighifard, N. and Sabzaloo, S. 2007. Description of environmental framework in gas liquid separation unit, Imam Petrochemical Port, *Journal of Environment*, 44: 10-19.

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.

Langston, W. J. and Spence, S. K. 1995. Biological factors involved in metal concentrations observed in aquatic organisms. In: (A. Tessier & D.R. Turner eds.), Metal speciation and bioavailability in aquatic systems. John Wiley, New York, USA. pp.407-478.

MAFF, 2000. Monitoring and surveillance of non-radioactive contaminants in the aquatic environment and activities regulating the disposal of wastes at sea, 1997. In: Aquatic Environment Monitoring Report No. 52. Center for Environment, Fisheries and Aquaculture Science, Lowestoft, UK, 92 p.

Porcella, D. 1994. Mercury in the environment: biogeochemistry. In: Watras, C.J., Huckabee, J.W. (Eds.), Mercury Pollution: Integration and Synthesis. CRC Press, Boca Raton, FL, pp. 3–19.

Pourang, N., Dennis, J. H. and Ghourchian, H. 2005. Distribution of heavy metals in *Penaeus semisulcatus* from Persian Gulf and possible role of metallothionein in their redistribution during storage, *Environmental Monitoring and Assessment*, 100: 71-88.

Ruelas-Inzunza, J., Meza-López G. and Pérez-Osuna F. 2008. Mercury in fish that are of dietary importance from the coasts of Sinaloa (SE Gulf of

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.

Bureau of Nutritional Sciences of Canada. 2007. Human health risk assessment of mercury in fish and health benefits of fish consumption. http://hsc-sc.gc.ca/fn-n/pubs/mercur/merc_fish_poisson_e.html

Burger, J., Gochfeld, M., Jeitner, C., Burke, S., Stamm, T., Snigaroff, S., Snigaroff, D., Patrick, R. and Weston, J. 2007. Mercury levels and potential risk from subsistence foods from the Aleutians, *Science of the Total Environment*, 384: 93–105.

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

Dobaradaran, S., Naddafi, K., Nazmara, S., Ghaedi, H. 2010. Heavy metals (Cd, Cu, Ni and Pb) content in two fish species of Persian Gulf in Bushehr Port, Iran, *African Journal of Biotechnology*, 9: 6191-6193.

Esmaili-Sari, A., 2008. Mercury in the Environment. Nashr-e Novin press, Tehran. P?

Esmaili-Sari, A. 2002. Pollution, health & environmental standards. Naghshe Mehr press, Tehran, 767 p.

Esmaili-Sari, A., Abdollahzadeh, A., Joorabian-Shooshtari, Sh. and Ghasempoori, S. M., 2011. Fish consumption limit for mercury compounds, *Journal of Fasa University of Medical Sciences* Aug 2011, 1:82-89.

FAO (Food and Agriculture Organizations of United Nations). 2009. The state of world fisheries and aquaculture, Rome, Italy, 196 p.

Fisheries Statistical Yearbook. 2009. Department of Fisheries of Iran. 60 p.

Gochfeld, M. 2003. Cases of mercury exposure, bioavailability and absorption, *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 56: 174-179.

Goldblum, D. K., Rak, A., Ponnappalli M. D. and Clayton, C. J. 2006. The Fort Totten mercury

and its relationship with selenium content of muscle tissue in Chuck shark liver lobes. *Journal of Ecology*, 3: 37-46.

United States Environmental Protection Agency (USEPA), 1997. Mercury Study Report to Congress, EPA-452/R-97-003, Office of Air Quality Planning and Standards and Office of Research and Development, 95 p.

United States Environmental Protection Agency. 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, 383 p.

California), *Journal of Food Composition and Analysis*, 21: 211-218.

Shahriari, A. 2005. Determination of cadmium, chromium, lead and nickel in edible tissues of Tiger-Toothed Croaker and Russels snapper from Persian Gulf in 1382, *Journal of Gorgan University of Medical Sciences*, 2: 65-67.

Türkmen, M., Türkmen, A., Tepe, Y., Töre Y. and Ates. A. 2009. Determination of metals in fish species from Aegean and Mediterranean Seas, *Food Chemistry*, 113: 233-237.

Tarasoli, A., Esmaili-Sari, A. and Valinasab, T. 2012. Determination of mercury bioaccumulation

Risk to consumers from mercury in croaker (*Otolithes ruber*), from the Mahshahr port

Sahar Mardoukhi¹, Seyed Vali Hosseini² and Seyed Mehdi Hosseini^{3*}

1- B.Sc Graduate, Dept. of Fisheries, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj

2- Assistant Prof., Dept. of Fisheries, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj

3- Ph.D Student, Depart. of Environmental Science, Faculty of Natural Resources, Tarbiat Modares University, Noor

Received: 02.08.2013

Accepted: 18.11.2013

*Corresponding author: hosseini.sayedmehdi@gmail.com

Abstract:

In this study, the human health risk of mercury due to consumption of croaker (*Otolithes ruber*) in Mahshahr, the Persian Gulf, , was evaluated using atomic absorption spectrophotometer and cold vapor techniques to measure the mercury concentration in muscle samples of 30 fresh croakers . A. Result showed the average concentration of mercury in croaker muscle was 0.354 ± 0.09 $\mu\text{g/g}$ of fresh wet weight, which was less than the allowable amount for human consumption determined by the international organizations such as USFDA and WHO, but more than the allowable amount for human consumption determined by MAFF and the USEPA. HQ Index was above 1 (1.18). In addition, the calculations indicated that daily and weekly mercury uptake for the Iranian consumers, according to Statistical Yearbook of Iran Fisheries organization (the amount consumed per capita), is lower than the guideline values (PTWI and PTDI) provided by WHO, USFDA and more than USEPA. Therefore, the consumption of the croaker might be associated with some threat to the consumer's health particularly pregnant women, fetuses and children from mercury but consumption permitted rate of 20g per day and 138 g per week is recommended for other people.

Keywords: Mahshahr port, Mercury, Croaker (*Otolithes ruber*), Risk assessment