Original Article

تعیین حد مجاز مصرف ماهی از نظر ترکیبات جیوه

عباس اسماعیلی ساری [۱]،اسماعیل عبداله زاده [۲]،شریف جورابیان شوشتری [۳]، سید محمود قاسمپوری [۴*]

۱ ـ استاد، گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس، مازندران، ایران
۲ ـ دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس، مازندران، ایران
۳ ـ دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس، مازندران، ایران
۴ ـ مربی گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس، مازندران، ایران

چکیده

زمینه و هدف: متیل جیوه اثرات زیان باری بر روی سیستم تولیدمثل، تنفس و عصبی انسان دارد. یکی از راه‌های عمده در معرض قرارگیری انسان در برابر متیل جیوه، مصرف ماهی و غذاهای دریایی است. این مقاله سعی دارد مطالعاتی را که در طی ۶ سال اخیر بر روی سطح جیوه در ۲۱ گونه از ماهیان خلیج فارس، دریای خزر و تالاب انزلی صورت پذیرفته، پوشش دهد و ضمن بیان سطح جیوه، پیشنهاداتی را در مورد تعداد وعده‌های مجاز مصرف ماهی در هر ماه به تفکیک گونه ارائه نماید.

مواد و روش‌ها: نمونه‌های ماهی به آزمایشگاه منتقل شده و تا فرا رسیدن زمان کالبد شکافی در فریزر$-۲۰^{o}C$ نگهداری شدند. سپس بافت عضله آن‌ها جدا و خشک گردید. نمونه‌های خشک شده به شکل پودر همگن در آمده و میزان غلظت جیوه توسط دستگاه پیشرفته آنالیز جیوه مدل ۲۵۴ تعیین شد.

نتایج: به طور کلی آلودگی جیوه در ماهیان تالاب انزلی بیشتر از ماهیان صید شده از دریای خزر بود. همچنین در بین تمامی ماهیان مورد مطالعه کفشک ماهی صید شده از خلیج فارس با ۵/۶۱ میلی گرم بر کیلوگرم بیشترین میزان جیوه را به خود اختصاص می‌داد که محدودیت شدید مصرف برای خانم‌های باردار و گروه‌های حساس ایجاد می‌کرد.

بحث: با توجه به محاسبات صورت گرفته حدود ۵۰٪ ماهیان که اکثراً از ماهیان با زنجیره غذایی کوتاه هستند را به راحتی می‌توان در طول سال مصرف نمود. اما در مورد کفشک ماهی (Euryglossa orientalis) و کوسه ماهی (Carcharhinus dussumieri) صید شده از خلیج فارس بایستی ملاحظات ویژه‌ای در مصرف لحاظ گردد. از سوی دیگر در مورد میزان مصرف زیاد ماهی در جامعه صیادی بایستی برنامه ریزی دقیقی صورت گیرد.

کلمات کلیدی: متیل جیوه، حد مجاز مصرف ماهی، دریای خزر، خلیج فارس

مقدمه

در حال حاضر محصولات دریایی نقش قابل توجهی در تأمین غذای مردم جهان دارند و با شناسایی مطلوبیت و برتری ارزش غذایی این فـرآورده‌هـا بر دیگر مـواد پروتئینی روز به روز بر مصرف آن‌ها افـزوده می‌شود. افزایش تقاضا برای محصولات دریایی به عنوان یک منبع ارزشمند غذایی به ویژه در سالیان اخیر موجب رشد و توسعه همه جانبه صنعت ماهیگیری، عمل آوری و استحصال محصولات دریایی کشورهای واقـع در حـاشیه دریـاها، خلیج‌ها و آب‌های آزاد شده است (۱). در سال‌های اخیر با رشد و توسعه صنعت شیلات و به خصوص بخش آبزی پروری ایران توجه دولت به افزایش میزان مصرف سرانه ماهی معطوف شده است.

از سوی دیگر با افزایش روند آلودگی محیط‌های دریایی، احتمال بروز مشکلات کیفی در این منبع ارزشمند غذایی تشدید شده است. همواره توسعه فعالیت‌های صنعتی و کشاورزی (استفاده از کودها و سموم دفع آفات) موجب شده است تا حجم بالایی از فاضلاب‌های صنعتی، شهری و همچنین پساب‌های کشاورزی دارای ترکیبات شیمیایی مختلف مخصوصاً عناصر سنگین، وارد اکوسیستم‌های آبی گردد (۱)؛ به طوری که آلودگی جیوه در اکوسیستم‌های دریایی از دیرباز به عنوان یک نگرانی جدی محیط زیست شناخته شده است (۲،۴،۳). احتراق زغال سنگ، معادن فلزی، صنایع کلرآلکالی و سوزاندن زباله در حال حاضر از عمده‌ترین منابع انسانی ورود جیوه به طبیعت هستند (۵).

جیوه در طبیعت به سه شکل عنصری (فلزی)، آلی و معدنی وجود دارد. جیوه معدنی پس از فرود آمدن از اتمسفر توسط نزولات، در آب‌های سطحی (نهرها، رودخانه‌ها و دریاچه‌ها) جاری شده و یا در خاک تجمع می‌یابد. پس از ورود جیوه به آب‌های سطحی، برخی میکروارگانیسم هـای احیـاکننده سولفـات نظیر بـاکتری‌ها و قارچ‌هـا می‌توانند آن را در ستون آب و رسوبات کف به شکل آلی (متیل جیوه)

نویسنده مسئول: ایران، مازندران، نور، دانشگاه تربیت مدرس، دانشکده منابع طبیعی علوم دریایی، گروه محیط زیست تلفن: ۰۱۲۲ـ۶۲۵۳۱۰۱
Email:ghasempm@modares.ac.ir

احیا نمایند. ترکیب متیل جیوه که فرم بسیار سمی جیوه آلی است، در آب تجمع یافته و بر اساس پدیده تغلیظ زیستی از آب به پلانکتون‌های گیاهی (اولین سطح غذایی) منتقل می‌شود. متیل جیوه سپس به بی مهرگان آبزی نظیر زئوپلانکتون ها و حشرات آبزی که از اولین حلقه زنجیره غذایی تغذیه می‌نمایند، انتقال یافته و از طریق پیوندهای سولفیدی به آمینواسیدهای بافت پروتئینی آن‌ها متصل شده و تجمع می‌یابد. سپس متیل جیوه به ماهیان کوچکی که از بی مهرگان آبزی آلوده تغذیه می‌نمایند، منتقل شده و در نهایت این ماهیان کوچک نیز توسط ماهیان شکارچی و دیگر پستانداران از جمله انسان در سطوح بالای شبکه غذایی خورده شده و به این ترتیب متیل جیوه در زنجیره‌های غذایی یک اکوسیستم آبی به حرکت در آمده و در حلقه‌های بالاتر تجمع یافته و بزرگنمایی زیستی[1] ایجاد می‌نماید (۶،۷،۸،۹،۱۰). پس از انتقال جیوه به بدن انسان، عمده‌ترین عوارض ناشی از مسمومیت با جیوه بروز اختلالات عصبی و کلیوی می‌باشد که در اثر ترکیبات آلی و معدنی جیوه ظاهر می‌شود (۶،۱۱).

جذب جیوه در انسان از راه‌های جفت و جنین (مصرف ماهیان آلوده به جیوه در زمان بارداری توسط مادر و ورود جیوه به بدن نوزاد)، تنفس (جیوه فلزی موجود در هوای محیط کار و منزل که ناشی از ضایعات لامپ، دماسنج، آمالگام دندانی و غیره است و از طریق استنشاق وارد بدن انسان می‌شود)، تزریق (واکسن‌های حاوی تیمروزال به ویژه در اطفال و کودکان) و گوارش (از طریق مصرف ماهی و فرآورده‌های دریایی) می‌باشد (۶،۱۲). مهم‌ترین منبع در معرض قرار گیری انسان در برابر متیل جیوه مصرف ماهی است (۱۳،۱۴،۱۵).

جیوه در ماهی و دیگر گونه‌های دریایی به درجات مختلف به ویژه در شکارچیان با عمر طولانی و بالای زنجیره غذایی، تجمع می‌یابد. افرادی که میزان زیادی غذای دریایی آلوده از نواحی آلوده خلیج فارس یا دریای خزر مصرف می‌کنند ممکن است غلظت فلزات سنگین در آن‌ها در مقایسه با افراد عادی بیشتر باشد (۱۶،۱۷).

بنابراین به دلیل اهمیت موضوع، هدف این مطالعه که به صورت مروری تدوین شده است بیان سطح جیوه و خطرات احتمالی ناشی از مصرف گونه‌های مختلف ماهیان صید شده از اکوسیستم‌های آبی ایران و پیشنهاد حد مجاز مصرف ماهی برای بزرگسالان است.

مواد و روش‌ها

اطلاعات مورد نیاز در این تحقیق از یک رشته مطالعات مستمر انجام شده در طی ۶ سال اخیر توسط همین تیم و دیگر همکاران تهیه گردید. برخی از نتایج حاصل از این تحقیقات در کنفرانس جهانی آلودگی جیوه آمریکا و همچنین مجلات علمی ـ پژوهشی داخلی منتشر شده است. به طور کلی مراحل انجام این آزمایشات به شرح ذیل بوده است.

نمونه‌های ماهی پس از تهیه و انجماد در فریزر به آزمایشگاه مرکزی دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی نور، دانشگاه تربیت مدرس انتقال داده شدند و در آزمایشگاه، گونه‌های ماهی کالبد شکافی و بافت عضله آن‌ها جدا گردید. سپس برای حذف رطوبت از فریز درایر در دمای ۵۴ ـ درجه سانتی‌گراد و یا آون با دمای ۶۰ درجه استفاده شد. نمونه‌های خشک شده به وسیله هاون چینی و میکسر به شکل پودر همگن در آمده و به میزان ۰/۰۳ تا ۰/۰۵ گرم از هر نمونه به وسیله ترازو توزین گردید و در ظرف نیکلی دستگاه قرار گرفت؛ سپس میزان غلظت جیوه توسط دستگاه پیشرفته آنالیز جیوه LECO AMA(Advanced Mercury Analyzer, USA) مدل ۲۵۴ به روش استاندارد ASTM به شماره ۶۷۲۲ ـ D، تعیین شد (۱۸،۱۹). دستگاه آنالیز جیوه در حقیقت یک دستگاه جذب اتمی و کوره گرافیکی تخصصی شده برای سنجش جیوه است که بعد از سال ۲۰۰۰ اختراع گردید. ساختار آن به صورت یک لوله احتراق طراحی شده است و آنالیز را در سه مرحله تجزیه، جمع آوری و آشکارسازی به انجام می‌رساند (۳). در این دستگاه نمونه توسط سیستم Combustion/catalyst tube در دمای ۷۵۰ درجه تجزیه می‌شود و آمالگاماتور طلایی آن که از کربن فعال اندود شده به طلا است؛ بخار جیوه را داخل مجرای سرامیکی به دام می‌اندازد و سرانجام میزان جیوه توسط سیستم Spectrophotometry (AAS Atomic Absorption) اندازه گیری می‌شود. حد تشخیص دستگاه ۵mg/kg تا ۵ng/kg است.

کنترل کیفیت آنالیزها: دقت اندازه گیری میزان جیوه کل با استفاده از آنالیز ماده استاندارد (Standard Reference Material) شماره 1633b کنترل گردید. درصد بازیابی دارای دامنه‌ای بین ۹۴/۸ و ۱۰۵ درصد بود که دامنه‌ای مطلوب است.

مقدار جیوه بر حسب وزن تر: از آنجایی که ماهی به صورت وزن تر مورد مصرف قرار می‌گیرد، محاسبات جیوه بایستی بر مبنای وزن تر باشد. بر طبق مطالعات سازمان FAO گفته می‌شود ۸۰ درصد از وزن ماهیان را رطوبت تشکیل می‌دهد. برای بدست آوردن فاکتور تصحیح تبدیل وزن خشک به وزن تر می‌توان از فرمول زیر بهره برد.

فرمول ۱)

CF = ۱- (۱۰۰/میزان رطوبت عضله ماهی)

که در اینجا فاکتور CF برابر با ۰/۰۲ محاسبه می‌شود. با ضرب نمودن فاکتور تصحیح در مقادیر جیوه عضله ماهیان، مقدار جیوه عضله بر حسب وزن تر حاصل می‌گردد. بر طبق مطالعات صورت پذیرفته مشخص شده که قسمت اعظم (حدود ۹۰ ٪) جیوه موجود در بدن ماهی به شکل متیل جیوه (Methylmercury) است (۴۰،۴۱). بنابراین میزان متیل جیوه که برای انسان اثرات نامطلوبی در پی دارد به راحتی قابل محاسبه است.

محاسبه حد مجاز مصرف ماهی: اگرچه غذاهای شیلاتی از جمله محصولات غذایی هستند که مزایای زیادی برای مصرف کننده دارند اما مصرف ماهی بدون توجه به ایمنی غذایی کار صحیحی نیست. از جمله ملاحظاتی که بایستی در مصرف ماهی دخیل نمود این است که ماهی به اندازه‌ای مصرف شود که سطح جیوه در بدن از میزان RFD فراتر نرود. جهت محاسبه حداکثر میزان مجاز مصرف ماهی از فرمول‌های زیر استفاده می‌شود. فرمول ۲)

$$CR = \frac{RfD \times BW}{C}$$

۱ ـ Biomagnification

که در ایـن فـرمول CR حـداکثـر حد مجـاز مصـرف مـاهـی (kg/day),RfD دز رفـرنس (0001/0 mg/kg/day),BW وزن بدن (۷۰kg برای بزرگسالان) و C غلظت متیل جیوه در عضله ماهی (mg/kg) است (۲۲).

جهت محاسبه تعداد وعده‌های مجاز مصرف ماهی در هر ماه از فرمول زیر استفاده می‌شود:

فرمول ۳)

$$CRmm = \frac{CR \times T}{MS}$$

در فرمول شماره ۳ CRmm حداکثر میزان مجاز مصرف ماهی به صورت وعده در هر ماه (meals/month), CR مقدار بدست آمده از فرمول شماره دو، T روزهای هر ماه (۳۰/۴۴ روز در ماه) و MS میزان مصرف ماهی در هر وعده غذایی (برای بزرگسالان ۰/۲۲۷ کیلوگرم) است.

جدول ۱: غلظت جیوه (بر حسب وزن خشک) در عضله ماهیان صید شده از ایستگاه‌های مختلف

خانواده	نام انگلیسی و نام علمی	نام فارسی	ایستگاه	غلظت Hg وزن خشک (mg/kg)	منبع
Soleidae	Oriental sole (Euryglossa orientalis)	کفشک ماهی	خلیج فارس	۵/۶۱	۲
Cyprinidae	Rudd (Scardinius erythrophthalmus)	ماهی سرخ باله	تالاب انزلی	۰/۲۳	۲۴
Cyprinidae	Bleak (Alburnus alburnus)	کولی ایرانی	تالاب انزلی	۰/۳۹	۲۴
Poeciliinae	Eastern mosquitofish (Gambusia holbrooki)	گامبوزیا	تالاب انزلی	۰/۳۲	۲۴
Cyprinidae	White bream (Blicca bjoerkna)	سیم نما	تالاب انزلی	۰/۳۲	۲۴
Cobitidae	Spined loach (Cobitis taenia)	رفتگر ماهی خاردار	تالاب انزلی	۰/۳۱	۲۴
Cyprinidae	Goldfish (Carassius auratus auratus)	ماهی طلایی	تالاب انزلی	۰/۲۸	۲۴
Cyprinidae	Bitterling (Rhodeus amarus)	ماهی مخرج لوله‌ای	تالاب انزلی	۰/۲۶	۲۴
Cyprinidae	Sharpbelly (Hemiculter leucisculus)	تیز کولی	تالاب انزلی	۰/۲۶	۲۴
Cyprinidae	Danube bleak (Chalcalburnus chalcoides)	سفید کولی	تالاب انزلی	۰/۲۵	۲۴
Cyprinidae	Caspian Vimba (Vimba vimba persa)	سیاه کولی	بندر انزلی و بازار ماهی	۰/۵۵	۲۵
Cyprinidae	Kura roach (Rutilus rutilus caspicus)	کولمه	بندر انزلی و بازار ماهی	۰/۷	۲۵
Clupeidae	Astrabad shad (Alosa caspia persica)	پوزانک استرآباد	دریای خزر	۰/۱۵	داده‌های منتشر نشده
Cyprinidae	Sharp belly (Hemiculter leucisculus)	تیز کولی	دریای خزر	۰/۲۷	داده‌های منتشر نشده
Cyprinidae	Crucian carp (Carassius carassius)	کاراس	دریای خزر	۰/۴۲	داده‌های منتشر نشده
Percidae	Pike-perch (Stizostedion lucioperca)	سوف	دریای خزر	۰/۴	داده‌های منتشر نشده
Esocidae	Pike (Esox lucius)	اردک ماهی	دریای خزر	۰/۹۵	داده‌های منتشر نشده
Mugilidae	Golden grey mullet (Liza aurata)	کفال طلایی	دریای خزر	۰/۳۲	۲۶
Cyprinidae	Kutum (Rutilus frisii kutum)	ماهی سفید	دریای خزر	۰/۸۴	۲۷

نتایج

میانگین غلظت جیوه در عضله بر حسب میلی گرم بر کیلوگرم (وزن خشک) تعیین شد. جدول ۱ نشان دهنده میانگین میزان جیوه در عضله ماهیان در تحقیقات مختلف می‌باشد. غلظت متیل جیوه در برخی ماهیان به اندازه‌ای بالاست که می‌تواند مشکلاتی را برای گروه‌های حساس و به خصوص خانم‌های باردار ایجاد کند.

ماهیان شکارچی بزرگ نظیر کوسه دارای جیوه بالایی در عضله خود هستند. بر طبق داده‌های موجود در جدول ۱ کفشک ماهی (Euryglossa orientalis) با ۵/۶۱ میلی گرم بر کیلوگرم بیشترین میزان جیوه را به خود اختصاص می‌داد که جزء گونه‌های با آلودگی بسیار بالا طبقه بندی می‌شود. همچنین به طور کلی میزان آلودگی جیوه در ماهیان تالاب انزلی بیشتر از ماهیان صید شده از دریای خزر بود.

علاوه بر فرمول‌های ذکر شده سازمان EPA[۲] جداولی را تهیه کرده است که با داشتن سطح متیل جیوه در عضله ماهی، می‌توان حد مجاز مصرف ماهی را تعیین نمود. در اینجا جهت طبقه بندی از جدول EPA و برای محاسبه تعداد وعده‌ها از فرمول‌های ۲ و ۳ استفاده گردید که نتایج حاصل به شرح جدول ۲ ارائه می‌شود.

جدول ۲ : حد مجاز مصرف ماهی برای بزرگسالان

گونه ماهی	غلظت متیل جیوه بافت (mg/kg wetWeight)	حداکثر وعده های مجاز مصرف ماهی در هر ماه
پوزانک استرآباد، سفید کولی،	۰/۰۳-۰/۰۶>	۱۶
ماهی سرخ باله، ماهی مخرج لوله‌ای،	۰/۰۳ ۰/۰۶>	۱۶
تیز کولی، ماهی طلایی، گامبوزیا، سیم نما،	۰/۰۲-۰/۰۶>	۱۶
رفتگر ماهی خاردار، کفال طلایی	۰/۰۲-۰/۰۶>	۱۶
کولی ایرانی، سوف، کاراس	۰/۰۶ -۰/۰۸	۱۲
سیاه کولی	۰/۰۸-۰/۱۲	۸
کولمه، ماهی سفید، اردک ماهی	۰/۱۳ -۰/۲۴	۴
کوسه گونه سفید	۰/۲۴-۰/۴۲	۳
کفشک ماهی	۰/۹۷ ۱۰۴	کمتر از یک بار

۲ ـ United States Environmental Protection Agency

بحث

تحقیقات مختلف نشان می‌دهد که قسمت اعظم جیوه در بافت ماهی به شکل آلی (متیل جیوه) وجود دارد (۱۳). در رابطه با میزان جیوه عضله ماهی می‌توان چندین بحث را مطرح ساخت. اول اینکه میزان جیوه در ماهیان بزرگ‌تر و مسن‌تر بیشتر از میزان جیوه در ماهیان جوان تر است. به این موضوع در تحقیقات زیادی اشاره شده است (۴،۸، ۱۲،۲۰،۲۱،۲۲)؛ و دوم اینکه میزان جیوه در عضله ماهیان گوشت‌خوار نظیر کوسه و اردک ماهی بیشتر از ماهیان گیاه‌خوار است (۴،۸،۱۲،۱۴،۲۰). به طور کلی آلودگی جیوه در ماهیان تالاب انزلی بیشتر از ماهیان صید شده از دریای خزر بود که احتمالاً به دلیل نیمه بسته بودن تالاب انزلی و ورود آلاینده‌های با منشأ انسانی به این حوزه آبی است.

کفشک ماهی (Euryglossa orientalis) با ۵/۶۱ میلی گرم بر کیلوگرم بیشترین میزان جیوه را به خود اختصاص می‌داد. دو علت احتمالی که برای توجیه این پدیده می‌توان ذکر نمود عبارتند از: ۱- نزدیکی محل نمونه برداری این ماهی به صنایع پتروشیمی بندر ماهشهر و آلودگی بالای منطقه ۲- کفزی بودن کفشک ماهی و انتقالات جیوه متیله در سطح بینابینی رسوب و آب.

توکسیکوکنیتیک[۳] و اثرات سمی جیوه. توکسیکوکنیتیک جیوه (جذب، انتشار، متابولیسم و دفع) به میزان زیادی بستگی به شکل جیوه‌ای دارد که فرد در معرض آن قرار گرفته است (۲۸). به عنوان مثال جیوه عنصری قادر نیست به میزان زیادی توسط سیستم گوارشی انسان جذب شود و تقریباً به طور کامل دفع می‌گردد. بنابراین اثرات سمی کمی در پی دارد. با این وجود، جیوه عنصری از طریق سیستم تنفسی به راحتی و به سرعت جذب شش‌ها می‌شود. تقریباً ۸۰ درصد بخارات تنفس شده توسط بافت‌های شش جذب می‌شود (۲۹).

نزدیک به ۹۵٪ فرم متیل جیوه از طریق سیستم گوارشی جذب می‌گردد. متیل جیوه نیمه عمر بیولوژیکی نسبتاً طولانی (۴۴ تا ۸۰ روز) در بدن انسان دارد. همچنین قابل ذکر است که متیل جیوه می‌تواند از طریق شیر انسان دفع و به نوزادان منتقل شود (۳۰) فاکتورهای زیادی بر روی اثرات نامطلوب جیوه بر سلامتی دخیل هستند نظیر: دوره در معرض قرارگیری، روش در معرض قرارگیری با جیوه (تنفسی، بلع و یا تماس پوستی)، غلظت، فرم شیمیایی جیوه، سن شخص در معرض قرار گرفته (به طور کلی سیستم‌های در حال تکامل حساس‌تر هستند) و الگوی مصرف ماهی و غذاهای دریایی.

متیل جیوه در بزرگسالان مشکلات عصبی و قلبی عروقی را به دنبال دارد (۳۱،۳۲،۳۳). متیل جیوه‌ای که در بدن ماهیان تجمع یافته، به راحتی می‌تواند با مصرف ماهی جذب بدن خانم‌های باردار شود (۳۴) و منجر به مشکلاتی در توسعه سیستم عصبی جنین گردد. این علائم عصبی شامل عقب‌ماندگی ذهنی، مشکلات بینایی و شنوایی، عقب افتادگی رشد و تکامل، اختلالات تکلمی و حافظه‌ای است (۳۵،۳۶،۳۷،۳۸،۳۹).

به دنبال این مشکلات سازمان EPA یک دوز رفرنس (RFD) به عنوان

۳ ـ toxicokinetics

تخمینی از میزان جذب روزانه جیوه که خطراتی برای جوامع انسانی در طول دوره زندگی ایجاد نمی‌کند، پیشنهاد داد. در حال حاضر RFD متیل جیوه در حد۰/۱µg/kg-day (۰/۰۰۰۱mg/kg-day) است. که از این ابزار مهم می‌توان برای اندازه گیری «قابل قبول بودن» سطح جیوه‌ای که جوامع انسانی در معرض آن قرار می‌گیرند، بهره برد (۲۸).

مقادیر ارائه شده در جدول ۲ حداکثر وعده‌های مجاز مصرف ماهی را در طول یک ماه نشان می‌دهد. با توجه به محاسبات صورت گرفته حدود ۵۰ ٪ ماهیان که اکثراً از ماهیان با زنجیره غذایی کوتاه هستند را به راحتی می‌توان در طول سال مصرف نمود. اما در مورد کفشک ماهی (Euryglossa orientalis) و کوسه ماهی (Carcharhinus dussumieri) صید شده از خلیج فارس بایستی ملاحظات ویژه‌ای در مصرف لحاظ گردد. بنابراین توصیه می‌شود خانم‌های باردار مخصوصاً در نواحی ماهشهر از خوردن کفشک ماهی مذکور اجتناب کنند. از سوی دیگر الگوی مصرف ماهی در ایران به صورت ناهمگنی توزیع شده است، به طوری که جامعه صیادی ممکن است در طول یک ماه به وفور از غذاهای دریایی استفاده کنند. بنابراین توصیه می‌شود ارگان های ذیربط اطلاعات پایه‌ای را در اختیار این گروه مصرف کننده قرار دهند.

نتیجه‌گیری

در حال حاضر متخصصان تغذیه برای بهره مندی از مزایای سلامتی توصیه می‌کنند که مردم ماهی را در جیره غذایی خود بگنجانند، اما با توجه به مطالعه حاضر مشخص گردید که بایستی ملاحظات ویژه‌ای را در مصرف برخی از ماهیان نظیر کفشک و کوسه ماهی لحاظ کرد. به طوری که در مورد برخی ماهیان محدودیت و در مورد برخی دیگر از ماهیان حتی ممنوعیت مصرف را اعلام نمود. برخی از ارگان‌های متولی سلامت در کشورهایی نظیر آمریکا (نظیر سازمان Food and Drug Administration (FDA)) با قرار دادن الگوی صحیح مصرف ماهی از بسیاری از مشکلات ناشی از وجود آلاینده‌ها در غذاهای دریایی پیشگیری می‌کنند. بنابراین بجاست در ایران نیز علاوه بر تلاش برای افزایش سهم سرانه مصرف ماهی و جا انداختن فرهنگ مصرف، توجه ویژه‌ای به ایمنی غذاهای دریایی شود.

تشکر و قدردانی

بدین وسیله نویسندگان از تمامی اساتید و دانشجویان محترم رشته محیط زیست دانشگاه تربیت مدرس که در زمینه آلودگی جیوه در ماهیان مطالعات پایه‌ای را به انجام رسانده‌اند، تشکر و قدردانی به عمل می‌آورند.

References

1. Naseri M, Rezaei M, Abedi O, Afshar Naderi. The measured values of some heavy metals (Fe, Cu, Zn, Mg, Mn, Hg, Pb and Cd) in edible and non-edible tissues of Liza dussumieri, Bushehr Coast. T.M.U.Marine Science. 2005;4(3-4):59-67 [Article in Persian].
2. Voegborlo RB, Akagi H. Determination of mercury in fish by cold vapor atomic absorption spectrometry using an automatic mercury analyzer. Food Chem. 2007;100:853-858.
3. Zolfaghari G, Esmaili-Sari A, Ghasempouri SM, Rajabi Baydokhti R, Hassanzade Kiabi B. A multispecies-monitoring study about bioaccumulation of mercury in Iranian birds (Khuzestan to Persian Gulf): Effect of taxonomic affiliation and trophic level. Environ Res. 2009;109:830-836.
4. Davis JA, Greenfield BK, Ichikawa G, Stephenson M. Mercury in sport fish from the Sacramento-San Joaquin Delta region, California, USA. Sci Total Environ. 2008;391:66-75.
5. Li P, Feng XB, Qiu GB, Shang LH, Li ZG. Mercury pollution in Asia: A review of the contaminated sites. J Hazard Mater. 2009;168:591-601.
6. Mobarhan Fard AR, Esmaili-Sari A, Nezami ShA, Qaemi N. The relation between Human fish consumption Province. IFRO. 2008;2(2):29-38 [Article in Persian].
7. Wang W, Wong R. Bioaccumulation kinetics and exposure pathways of inorganic mercury and methylmercury in a marine fish, the sweetlips Plectorhinchus gibbosus. Marine Ecology Progress Series. 2003;261:257-268.
8. Weech SA, Scheuhammer AM, Elliott JE, Cheng KM. Mercury in fish from the Pinchi Lake Region, British Columbia, Canada. Environ Pollut. 2004;131:275-286.
9. Clarkson T. The toxicology of mercury. Crit Rev Clin Lab Sci. 1997;34:369-403.
10. Wolfe M, Schwarzbach S, Sulaiman R. Effects of mercury on wildlife: A comprehensive review. Environ Toxicol Chem. 1998;17:146-160.
11. Harris H, Pickering I, George G. The chemical form of mercury in fish. Science. 2003;301:1203.
12. Joanna B, Gochfeld M. Risk to consumers from mercury in Pacific cod (Gadus macrocephalus) from the Aleutians: Fish age and size effects. Environ Res. 2007;105:276-284.
13. Santos LSN, Muller RCS, Sarkis JES, Alves CN, Brabo ES, Santos EO, et al. Evaluation of total mercury concentrations in fish consumed in the municipality of Itaituba, Tapajos River Basin, Para, Brazil. Sci Total Environ. 2000;261:1-8.

14. Mirlean N, Larned ST, Nikora V, Tavares Kütter V. Mercury in lakes and lake fishes on a conservation-industry gradient in Brazil. Chemosphere. 2005;60:226-236.
15. Bidone ED, Castilhos ZC, Cid de Souza TM, Lacerda L. Fish contamination and human exposure to mercury in the Tapajós River Basin, Pará State, Amazon, Brazil: a screening approach. Bull Environ Contam Toxicol. 1997;59:194-201.
16. Fakour H, Esmaili-Sari A, Zayeri F. Mercury exposure assessment in Iranian women's hair of a port town with respect to fish consumption and amalgam fillings. Sci Total Environ. 2010;408:1538-1543.
17. Hsu CS, Liu PL, Chien LC, Chou SY, Han BC. Mercury concentration and fish consumption in Taiwanese pregnant women. BJOG. 2007;114:81-85.
18. Zolfaghari G, Esmaili-Sari A, Ghasempouri SM, Ghorbani F, Ahmadi Fard N, Shokri Z. The relationships between age, sex and weight with mercury concentrations in various organs of Chalcalburnus chalcalburnus from Anzali Wetland. T.M.U.Marine Science. 2006;5(3-4):23-31 [Article in Persian].
19. Mosavi SA, Esmaili-Sari A, Rajabi Islami H, Vatandoust S, Pazira A. Surveying mercury rate in four organs (spleen, kidney, wing and muscle) of Persian Gulf white chin shark (Carcharhinus dussumieri). Journal of Fisheries. 2010;4(2):9-18 [Article in Persian].
20. Matsunaga K. Concentration of Mercury in Marine Animals. Bulletin of the Faculty of Fisheries Hokkaido. 1978;29:70-74.
21. Giblin FJ, Massaro EJ. Pharmacodynamics of methyl mercury in the rainbow trout (Salmo gairdneri): Tissue uptake, distribution and excretion. Toxicol Appl Pharmacol. 1973;24:81-91.
22. Jewett SC, Zhang X, Sathy Naidu A, Kelley JJ, Dasher D, Duffy LK. Comparison of mercury and methylmercury in northern pike and Arctic grayling from western Alaska rivers. Chemosphere. 2003;50:383-392.
23. Esmaili-Sari A, Ghasempouri SM, Seyfabadi SJ, Rafii M. Mercury Concentrations in Flatfish (Euryglossa orientalis) to Assess the Impact Petrochemical Complex, Persian Gulf. Proceeding of the 8th National Conference of mercury as a global pollutant; 2006 August 6-11; Madison, Wisconsin.
24. Esmaili-Sari A, Ghasempouri SM, Ghasemzadeh G, Taheriazad L. Determination of Mercury Concentration in Liver, Lien and Muscle of 10 Freshwater Fishes in Anzali Wetland: A Simple Food Chain. Proceeding of the 8th National Conference of mercury as a global pollutant; 2006 August 6-11; Madison, Wisconsin.
25. Zolfaghari G, Esmaili-Sari A, Ghasempouri SM. Mercury concentration in hair of fishermen and fish in the southern coast of Caspian Sea; Values, accumulation and assessment of risks. Environmental Science and Technology. 2008;10(1):267-278 [Article in Persian].
Nasab L. Assessing of Concentration and Bioaccumulation of Mercury in Some Organs of Liza aurata in Southern Caspian Sea. Proceeding of the 8th National Conference of mercury as a global pollutant; 2006 August 6-11; Madison, Wisconsin.
27. Esmaili-Sari A, Ghasempouri SM, Foroughi S. The Study of Correlation between Weight and Length of Fish and Mercury Concentration in Different Organs of Kutum Roach (Rutilus frisii kutum) from Central South of Caspian Sea. Proceeding of the 8th National Conference of mercury as a global pollutant; 2006 August 6-11; Madison, Wisconsin.
28. EPA, U.S. Environmental Protection Agency. Mercury [cited 2011]. Available from: URL: http://www.epa.gov/mercury/effects.htm
29. Jewett SC, Duffy LK. Mercury in fishes of Alaska, with emphasis on subsistence species. Sci Total Environ. 2007;387:3-27.
30. Budtz-Jørgensen E, Grandjean P, Jørgensen PJ, Weihe P, Keiding N. Association between mercury concentrations in blood and hair in methylmercury-exposed subjects at different ages. Environ Res. 2004;95:385-393.
31. Dolbec J, Mergler D, Larribe F, Roulet M, Lebel J, Lucotte M. Sequential analysis of hair mercury levels in relation to fish diet of an Amazonian population, Brazil. Sci Total Environ. 2001;271:87-97.
32. Dórea JG, de Souza JR, Rodrigues P, Ferrari I, Barbosa AC. Hair mercury (signature of fish consumption) and cardiovascular risk in Munduruku and Kayabi Indians of Amazonia. Environ Res. 2005;97:209-219.
33. Yastake A, Matsumoto M, Yamaguchi M, Hachiya N. Current hair mercury levels in Japanese for estimation of methylmercury exposure. Journal of Health Science. 2004;50:120-125.
34. Farzin L, Amiri M, Shams H, Ahmadi Faghih MA, Moassesi ME. Blood levels of lead, cadmium, and mercury in residents of Tehran. Biol Trace Elem Res. 2008;123:14-26.
35. Counter S, Buchanan L. Mercury exposure in children: a review. Toxicol Appl Pharmacoly. 2004;198:209-230.
36. Gao Y, Yan C, Tian Y, Wang Y, Xie H, Zhou X, et al. Prenatal exposure to mercury and neurobehavioral development of neonates in Zhoushan City, China. Enviro Res. 2007;105:390-399.
37. McDowell MA, Dillon CF, Osterloh J, Bolger PM, Pellizzari E, Fernando R. Hair mercury levels in US children and women of childbearing age: reference range data from NHANES 1999–2000. Environ Health Perspect. 2004;112:1165.
38. Oken E, Kleinman KP, Berland WE, Simon SR, Rich-Edwards JW, Gillman MW. Decline in fish consumption among pregnant women after a national mercury advisory. Obstet Gynecol. 2003;102:346-351.
39. Salehi Z, Esmaili-Sari A. Hair mercury levels in pregnant women in Mahshahr, Iran: Fish consumption as a

terminant of exposure. Sci Total Environ. 2010;408:4848-4854.
40. Greenfield BK, Jahn A. Mercury in San Francisco Bay forage fish. Environ Pollut. 2010;158:2716-2724.
41. WHO and UNEP. Guidance for identifying populations at risk from mercury exposure. Switzerland. 2008; 176.

Original Article

Fish Consumption Limit for Mercury Compounds

Esmaili Sari Abbas [1],Abdollahzadeh Esmail [2],
Joorabian Shoostari Sharif [3], Ghasempouri Seyed Mahmood [*4]

1- Professor, Dept. of environment, Faculty of Natural Resources and Marine Sciences, Noor, Mazandaran, Iran
2- Graduate Student, Dept.of Fishery, Faculty of Natural Resources and Marine Sciences, Noor, Mazandaran, Iran
3- Graduate Student, Dept.of environment, Faculty of Natural Resources and Marine Sciences, Noor, Mazandaran, Iran
4- Instructor, Dept. of environment, Faculty of Natural Resources and Marine Sciences, Noor, Mazandaran, Iran

Abstract

Background and objectives: Methyl mercury can carry out harmful effects on the reproductive, respiratory, and nervous system of human. Moreover, mercury is known as the most toxic heavy metal in nature. Fish and seafood consumption is the major MeHg exposure route for human. The present study tries to cover researches which have been conducted on mercury levels in 21 species of fish from Persian Gulf, Caspian Sea and Anzali Wetland during the past 6 years, and in addition to stating mercury level, it provides recommendations about the restriction of monthly fish consumption for each species separately.

Material and methods: Fish samples were transferred to the laboratory and stored in refrigerator under -20oC until they were dissected. Afterwards, the muscle tissues were separated and dried. The dried samples were ground and changed into a homogenous powder and then the mercury concentration rate has been determined by advanced mercury analyzer, model 254.

Results: In general, mercury contamination in fishes caught from Anzali Wetland was much more than fishes from Caspian Sea. Also, from among all studied fishes, oriental sole (Euryglossa orientalis), caught from Persian Gulf, allocated the most mercury level to itself with the rate of 5.61ml per kg., therefore, it exercises a severe consumption restriction for pregnant women and vulnerable groups.

Conclusion: Based on the calculations, about 50% of fishes, mostly with short food chain, can be easily consumed during the year. However, with regard to Oriental sole (Euryglossa orientalis) and shark (Carcharhinus dussumieri), caught from Persian Gulf, special consideration should be taken in their consumption. On the other hand, careful planning should be made for the high rate of fish consumption among fishing community.

Keywords: Methylmercury, fish consumption limit, the Caspian Sea, the Persian Gulf

Corresponding author: Ghasempouri Seyyed Mahmood, Dept of environment, Faculty of Natural Resources and Marine Sciences, Noor, Mazandaran, Iran
Tel: + 98 122 6253101
E – mail:ghasempm@modares.ac.ir