

Determination of Mercury Concentration in Liza abu from Karoon River

Mitra Cheraghi¹,
Hamidreza Pourkhabbaz²,
Saeideh Javanmardi³

¹ MSc in Marine Biology, Faculty of Marine Sciences and Oceanography, Khorramshahr University of Marine Sciences and Technology, Khorramshahr, Iran

² Assistant Professor, Department of Environment, Faculty of Natural Resources, Behbahan Khatam Alanbia University of Technology, Behbahan, Iran

³ MSc in Environmental Planning and Management, Faculty of Environment, Tehran University, Tehran, Iran

(Received February 4, 2013 ; Accepted June 26, 2013)

Abstract

Background and purpose: Mercury is one of the most toxic heavy metals that is neurotoxic and can enter the human body mainly through consumption of contaminated seafood and get accumulated in tissues. In this study, the human health risk due to consumption of Mullet fish (*Liza abu*) in Karoon river, was investigated by measuring the concentration of mercury in muscle samples.

Materials and methods: A total of 30 fresh fish was collected from six stations in Karoon River (located in Khuzestan province, Iran). Concentration of mercury was measured using atomic absorption spectrophotometer and cold vapor technique.

Results: The average concentration of mercury in muscle of *Liza abu* was 0.26 µg/g of fresh weight (0.75 µg/g dry weight) which was less than the allowable amount for human consumption determined by the international organizations such as USEPA, WHO, FAO and the FDA.

Conclusion: HQ Index exceeded 1 (1.11), therefore, the consumption of the *Liza abu* is a threat to the consumers' health and a consumption permitted rate of 27 g/day is recommended.

Keywords: Mercury, *Liza abu*, Hazard Quotient, Karoon River

تعیین غلظت جیوه در ماهی خوراکی بیاچ [*Liza abu*] رودخانه کارون

میترا چراغی^۱

حمیدرضا پورخباز^۲

سعیده جوانمردی^۳

چکیده

سابقه و هدف: جیوه یکی از عناصر مهم زیست محیطی است که به شدت نوروکسیک بوده و عمدتاً از طریق مصرف غذاهای دریایی آلوده به این عنصر وارد بدن انسان شده و در اندامها تجمع می یابد. در پژوهش حاضر، ضمن اندازه گیری غلظت جیوه کل با دستگاه اسپکتروفتومتر جذب اتمی و تکنیک بخار سرد در نمونه های عضله ماهی بیاچ (*Liza abu*) رودخانه کارون، حد مجاز مصرف این ماهی برای انسان نیز مورد ارزیابی قرار گرفت.

مواد و روش ها: ۳۰ قطعه ماهی از ۶ ایستگاه در اوزان بازاری از رودخانه کارون در استان خوزستان به صورت تصادفی انتخاب و غلظت جیوه در آنها با استفاده از دستگاه جذب اتمی و تکنیک بخار سرد اندازه گیری شد.

یافته ها: میانگین غلظت جیوه در عضله ماهی بیاچ ۰/۲۶ میکروگرم بر گرم وزن تر (۰/۷۵ میکروگرم بر گرم وزن خشک) بود که این میزان پایین تر از حد استاندارد تعیین شده توسط سازمان های معتبر جهانی مانند WHO، FAO، USEPA و FDA می باشد.

استنتاج: نتایج نشان داد شاخص ریسک (HQ) بیش تر از ۱ (۱/۱۱) بود که بر این اساس مصرف ماهی بیاچ این منطقه خطراتی برای مصرف کنندگان از نظر میزان جیوه در پی خواهد داشت و برای حفظ سلامتی، میزان مجاز مصرف آن ۲۷ گرم در روز و یک وعده در هفته توصیه می شود.

واژه های کلیدی: جیوه، ماهی بیاچ (*Liza abu*)، شاخص ریسک، رودخانه کارون

مقدمه

ماهی به عنوان یک منبع مهم پروتئینی نقش قابل توجهی در تأمین غذای مردم جهان دارد. هم چنین به علت دارا بودن برخی مواد مغذی از جمله امگا ۳ و انواع ویتامین های گروه B و نیز بالا بودن میزان هضم و جذب پروتئین و چربی، از ارزش غذایی بالایی برخوردار است. با شناسایی مطلوبیت و برتری غذایی این فرآورده

ها بر دیگر مواد پروتئینی روز به روز بر مصرف آن ها افزوده می شود. اما متأسفانه آلودگی آن به فلزات سنگین از جمله جیوه یکی از معضلات عمده بهداشتی به شمار می آید که می تواند بر روی رشد مغز و سیستم عصبی تأثیر منفی داشته باشد (۱). جیوه از خطرناک ترین فلزات سنگین محسوب می شود. که به شدت

E-mail: Pourkhabbaz@yahoo.com

مؤلف مسئول: حمیدرضا پورخباز - بهبهان: دانشگاه صنعتی خاتم الانبیا بهبهان

۱. کارشناس ارشد زیست شناسی دریا، دانشکده علوم دریایی و اقیانوسی، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر، ایران

۲. استادیار، گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی خاتم الانبیا بهبهان، بهبهان، ایران

۳. کارشناس ارشد برنامه ریزی و مدیریت محیط زیست، دانشکده محیط زیست، دانشگاه تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۱۱/۱۶ تاریخ ارجاع جهت اصلاحات: ۱۳۹۲/۳/۱۱ تاریخ تصویب: ۱۳۹۲/۴/۵

و صنعتی باشند. از جمله این آلاینده‌ها، فلزات سنگین هستند که به دلیل عدم تجزیه بیولوژیکی، در بدن آبزیان تجمع می‌یابند. بنابراین با وجود منفعت‌هایی که با مصرف ماهی حاصل می‌شود، امروزه به خاطر حضور آلاینده‌ها از جمله جیوه در اکوسیستم‌های آبی، مصرف آن با خطراتی مواجه است. بنابراین باید مصرف آن از طریق روش‌های علمی مورد ارزیابی ریسک قرار گیرد. 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 در اهالی منطقه شد، بررسی مقادیر جیوه در ماهیان از دیدگاه مصرف انسانی در سراسر جهان مورد توجه قرار گرفته است (۱).

تاکنون مطالعات متعددی در زمینه غلظت جیوه در بافت عضله ماهیان انجام شده است. حسینی و همکاران، میانگین غلظت جیوه در عضله ماهی سفید را ۰/۳۸۲ میکرو گرم بر گرم وزن خشک گزارش نمودند. از دیگر مطالعات در این زمینه، تعیین غلظت جیوه توسط عسکری ساری در سال ۱۳۸۸ در ماهی بیاج رودخانه کارون و کرخه می‌باشد که میزان جیوه به ترتیب ۰/۲۲ و ۰/۸۱ میکرو گرم بر گرم وزن خشک بیان شده است. هم‌چنین غلظت جیوه در ماهی *Liza saliens* سواحل ایرانی دریای خزر برابر ۰/۲۶ میکرو گرم بر گرم وزن خشک، ماهی *Epinephelus arolatus* عربستان سعودی برابر ۰/۲۶۱ میکرو گرم بر گرم وزن خشک و ماهی *macrocephalus Gadus* آلاسکا برابر ۰/۴۳ میکرو گرم بر گرم وزن خشک گزارش شده است (۱۱، ۱۳، ۱۴). تعداد اندکی از این مطالعات در خصوص تعیین حد مجاز مصرف ماهی‌های خوراکی در رودخانه کارون می‌باشد و بیش‌تر آن‌ها صرفاً به بررسی فلزات سنگین در بافت‌های مختلف ماهیان و ارتباط تجمع فلزات با پارامترهای بیومتری پرداخته‌اند (۱۵). هم‌چنین از مطالعات مشابهی که در سایر اکوسیستم‌های آبی در ارتباط با ارزیابی ریسک مصرف ماهی ناشی از جیوه پرداختند می‌توان به مطالعات اشاره کرد (۱۶-۱۸).

بوده و باعث ایجاد عوارض و ناهنجاری‌های مختلف در نورو توکسیک انسان می‌گردد. هم‌چنین جیوه به سیستم اعصاب مرکزی و سیستم غدد درون ریز حمله ور شده و به طور زیان‌باری دهان، لثه و دندان‌ها را تحت تأثیر قرار می‌دهد و می‌تواند اثرات مهمی را بر روی جنین نیز بر جای بگذارد (۲). سه عامل مهم مواجه انسان با جیوه، مصرف ماهی‌های حاوی متیل جیوه، بخار جیوه ناشی از آمالگام مورد استفاده در پر کردن دندان‌ها، و اتیل جیوه (به شکل تیمروسال Thimerosal) که در بسیاری از واکسن‌ها استفاده می‌شود، می‌باشد (۳). در این میان، مصرف غذاهای دریایی به ویژه ماهی به عنوان مسیر اصلی مواجه انسان با این آلاینده خطرناک معرفی شده است (۳-۶). از آنجایی که متیل جیوه اصولاً در بافت عضله ماهی و به صورت متصل به پروتئین‌ها یافت می‌شود بخش اعظم جیوه موجود در ماهی به انسان منتقل می‌گردد (۹-۶). فرآیندهای حرارتی نیز منجر به حذف جیوه نمی‌گردند و بالعکس، حرارت منجر به علت از دست دادن آب بافت شده و غلظت جیوه در ماهیان پخت شده بیش‌تر از ماهی خام می‌شود (۱۰، ۱۱). توسعه صنایع و افزایش بی‌رویه جمعیت شهرها و روستاها و در پی آن توسعه مناطق کشاورزی (استفاده از کودها و سموم دفع آفات) موجب شده تا حجم بالایی از فاضلاب این کاربری‌ها با ترکیبات شیمیایی مختلف به ویژه عناصر سنگین، وارد اکوسیستم‌های آبی گردد، به طوری که در این ارتباط آلودگی جیوه در اکوسیستم‌های آبی از دیرباز به عنوان یک نگرانی جدی محیط زیست شناخته شده است (۱۲). در این میان رودخانه کارون به عنوان یکی از بزرگ‌ترین رودخانه‌های ایران و شریان حیاتی استان خوزستان در حاشیه خود اراضی مزروعی و زراعی متعددی را جای داده و سالانه آلاینده‌های مختلف فیزیکی، شیمیایی و زیستی از این طریق وارد این رودخانه می‌شوند. رسوبات رودخانه‌ها می‌توانند محل مناسبی جهت ذخیره‌سازی مواد آلوده کننده حاصل از تخلیه فاضلاب‌های شهری

دمای ۸۰- درجه سانتی گراد نگهداری گردیدند. به منظور هضم نمونه‌ها، ۱ گرم از نمونه هموژن شده از ایستگاه‌های مختلف به همراه ۴۵ میلی گرم وانادیوم پنتا اکسید و ۵ میلی لیتر نیتریک اسید غلیظ درون لوله‌های هضم ریخته شد. پس از پوشاندن درب لوله‌ها، نمونه‌ها یک ساعت در دمای اتاق و ۳ ساعت در دمای ۹۰°C بر روی دستگاه هضم (Hot plate digester) قرار گرفت. پس از سرد شدن نمونه‌های هضم شده، ۵/۰ میلی لیتر محلول ۱۰ درصد پتاسیم دی کرومات به آن‌ها افزوده گردید. سپس نمونه‌ها از کاغذ صافی واتمن ۴۲ میکرون عبور داده شد و پس از شست و شوی کاغذ صافی با آب دو بار تقطیر، نمونه‌ها در بالن ژوژه به حجم ۲۵ میلی لیتر رسانده شدند (۱۹). در پایان میزان جیوه نمونه‌ها با استفاده از دستگاه جذب اتمی (Unicam مدل ۹۱۹) و تکنیک بخار سرد (Cold vapor technique) تعیین شد. نمونه‌ها پس از آماده‌سازی، در طول موج ۲۵۳/۷ نانومتر قرائت گردیدند.

ارزیابی سمیت جیوه

برای ارزیابی سمیت جیوه، در ابتدا لازم است که نسبت متیل جیوه به کل جیوه در گونه مورد مطالعه را تعیین نمود. نسبت متیل جیوه به کل جیوه در گونه‌های مختلف ماهی‌ها و حتی در یک گونه نیز متفاوت است و از طرفی دیگر بررسی اشکال شیمیایی مختلف جیوه در ماهی نیز بسیار پر هزینه است. هم‌چنین مطالعات نشان داده است که یک فاکتور تبدیل ثابت 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 و به عنوان ماده غیر سرطان‌زا در نظر گرفته می‌شود (۲۰، ۱).

توصیف ریسک

در گام آخر با توجه به میزان جیوه اندازه‌گیری شده و هم‌چنین در نظر گرفتن سمیت جیوه و

حسینی و همکاران 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 (۱۸). Turkmen و همکاران نیز در سال ۲۰۰۹ با مطالعه میزان فلزات در چند گونه از ماهیان دریای مدیترانه، حد مجاز مصرف روزانه این ماهیان را تعیین کردند. لذا با توجه به مطالب یاد شده و نیز از آن جایی که ماهی بیاخ (*Liza abu*) از ماهی‌های غالب منطقه می‌باشد و در رژیم غذایی ساکنین منطقه موجود بوده و مصرف بالایی دارد، بررسی میزان جیوه جهت تعیین حد مجاز مصرف این ماهی ضروری به نظر می‌رسد. لذا هدف از مطالعه حاضر، سنجش میزان جیوه، تعیین شاخص ریسک و تعداد وعده‌های مجاز مصرف این ماهی بدون عوارض ناشی از جیوه می‌باشد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در زمستان ۱۳۹۰ انجام و بر روی ماهی‌های در وزن بازاری انجام گردید. ماهی‌های مورد نیاز از ۶ ایستگاه در رودخانه کارون (تصویر شماره ۱) و از هر ایستگاه ۵ قطعه که بین ۴۰ تا ۵۰ گرم وزن داشتند، تهیه گردید.

جدول شماره ۱: موقعیت جغرافیایی ایستگاه‌های نمونه برداری

ایستگاه	محدوده عرض جغرافیایی	محدوده طول جغرافیایی
۱	"۲۹° ۱۳' ۳۱"	"۴۸° ۳۹' ۲۹"
۲	"۲۷° ۵۳' ۱۶"	"۴۶° ۴۷' ۱۸"
۳	"۳۱° ۱۴' ۳۷"	"۴۶° ۱۹' ۲۳"
۴	"۳۱° ۱۴' ۱۲"	"۴۳° ۴۰' ۳۳"
۵	"۲۷° ۱۵' ۵۱"	"۴۲° ۵۷' ۲۱"
۶	"۲۵° ۴۷' ۳۱"	"۴۳° ۳۲' ۰۵"

نمونه‌های تهیه شده پس از زیست‌سنجی، درون جعبه‌های یونولیت حاوی یخ به آزمایشگاه دانشگاه صنعتی خاتم الانبیاء بهبهان منتقل گردیدند. در آزمایشگاه، عضله مابین بخش جلویی باله پشتی و خط جانبی نمونه‌های ماهی جدا شد. نمونه‌های تهیه شده پس از شست و شو با آب مقطر، به وسیله سلفون به خوبی پیچیده شد و آن‌گاه تا زمان شروع آنالیز در فریزر و در

انتخاب جیوه به عنوان یک ماده سمی غیر سرطان‌زا، شاخص خطر HQ^1 و میزان مجاز مصرف ماهی محاسبه شد.

بررسی شاخص خطر HQ

شاخص خطر HQ عبارت است از نسبت تماس یک آلاینده (دز جذب روزانه آلاینده) به دوز مرجع آن، که اگر از ۱ کم تر باشد، نشان دهنده آن است که مصرف ماهی اثر مضر بر سلامتی ندارد (۲۱،۲۰).

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

HQ = نسبت خطر (بدون واحد)

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

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

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

RFD = دز مرجع (۰/۰۰۰۱ میلی گرم در کیلوگرم)

حد مجاز مصرف روزانه ماهی

مقدار مجاز مصرف روزانه ماهی با توجه به میزان جیوه اندازه گیری شده در بخش خوراکی آن (عضله) از طریق فرمول زیر که توسط آژانس حفاظت محیط زیست آمریکا پیشنهاد شده، محاسبه گردید (۲۴،۱۶):

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

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 ۰/۰۰۰۱ میلی گرم بر کیلوگرم در روز می باشد.

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

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

میزان جذب روزانه و هفتگی قابل قبول جیوه

میزان تماس روزانه انسان به جیوه از طریق مصرف

ماهی های آلوده را می توان توسط فرمول زیر محاسبه کرد (۲۵،۱):

$$DI = Cm \times IR$$

DI = میزان جذب جیوه در بدن در روز از طریق مصرف

ماهی (میکروگرم بر گرم)

Cm = میزان جیوه در ماهی (میکروگرم بر گرم)

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

تجزیه و تحلیل داده ها با استفاده از نرم افزار SPSS انجام پذیرفت. ابتدا نرمال بودن داده های به دست 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.

یافته ها

در این مطالعه از ماهیان در اندازه بازاری استفاده گردید که نتایج حاصل از زیست سنجی آن ها در جدول شماره ۲ نشان داده شده است. میانگین کل همراه با انحراف معیار در وزن $8/2 \pm 45/51$ گرم و طول $16/25 \pm 0/88$ سانتی متر بوده و مقایسه میانگین ها با آزمون چند دامنه ای دانکن (در سطح احتمال ۵ درصد) بیان گر عدم وجود تفاوت معنی دار در وزن ماهیان بیاج مورد استفاده بوده است.

نتایج حاصل از آنالیز جیوه در نمونه های عضله ماهی های بیاج در ۶ ایستگاه نمونه برداری نیز در جدول شماره ۲ نشان داده شده است. میانگین میزان جیوه در عضله ماهی مذکور $0/26$ میکروگرم بر گرم وزن تر (یا $0/75$ میکروگرم بر گرم وزن خشک) بود. نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل آماری تفاوت معنی دار در میزان جیوه عضلات ماهی های ایستگاه های مورد بررسی را منتفی دانست ($p > 0/05$). با توجه به فرمول تعیین حداکثر مجاز مصرف روزانه ماهی و با در نظر گرفتن میانگین وزن ۷۰

جدول شماره ۲: میانگین وزن، طول و غلظت جیوه در عضله ماهی بیاخ رودخانه کارون (میکروگرم بر گرم وزن تر و خشک) (Liza abu)

ایستگاه	وزن ماهی بیاخ (گرم)	طول ماهی بیاخ (سانتی متر)	عضله (وزن تر)	عضله (وزن خشک)
۱	۴۶/۳۲ ± ۸/۳	۱۶/۳۴ ± ۰/۸	۰/۲۶	۰/۷۲
۲	۴۵/۷۲ ± ۹/۱	۱۶/۱۷ ± ۱/۱	۰/۲۷	۰/۷۶
۳	۴۸/۵۱ ± ۷/۵	۱۷/۷۵ ± ۱/۳	۰/۲۸	۰/۷۸
۴	۴۳/۶۷ ± ۹/۴	۱۵/۳۶ ± ۰/۹	۰/۲۵	۰/۷۳
۵	۴۱/۸۷ ± ۶/۷	۱۵/۱۲ ± ۰/۵	۰/۲۴	۰/۷۱
۶	۴۶/۹۷ ± ۸/۲	۱۶/۷۶ ± ۰/۷	۰/۲۶	۰/۷۶
میانگین کل	۴۵/۵۱ ± ۸/۲	۱۶/۲۵ ± ۰/۸۸	۰/۲۶	۰/۷۵
حداقل	۴۱/۸۷ ± ۶/۷	۱۵/۱۲ ± ۰/۵	۰/۲۴	۰/۷۱
حداکثر	۴۸/۵۱ ± ۷/۵	۱۷/۷۵ ± ۱/۳	۰/۲۸	۰/۷۸

انسان ها مشخص خواهد شد. اگرچه ممکن است در مقادیر پایین تر از این حدود نیز جیوه اثرات نامشخصی بر سلامتی داشته باشد (۲۵، ۱۸). به طور کلی مقادیر جیوه اندازه گیری شده در نمونه های مورد بررسی قابل مقایسه با سایر مطالعات می باشد. Froghi و همکاران میانگین غلظت جیوه در عضله ماهی سفید دریای خزر را ۰/۸۹۴ میکروگرم بر گرم وزن خشک نمونه اندازه گیری کردند که تقریباً مشابه نتایج حاصل از این مطالعه می باشد (۲۵). هم چنین Anan و همکاران با بررسی گونه های متعددی از ماهی های دریای خزر از جمله ماهی سفید دریای خزر، میزان جیوه در عضله آن ها را به طور میانگین ۰/۱۹۰ میکروگرم بر گرم وزن خشک بیان کرده است. تفاوت در میزان مقادیر مشاهده شده ممکن است به اندازه، جنسیت، سن ماهی، فصل و مکان نمونه برداری و روش آنالیز مربوط باشد (۲۶). اگر چه غذا یکی از روش های بسیار مهم و عمده در جذب آلودگی در انسان می باشد، ولی از آن جا که 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 می باشد (۱۸). از آن جا که فرهنگ غذایی در ایران که از نظر وسعت بسیار گسترده و از نظر عادات غذایی بسیار متفاوت است، طبیعی است ارائه یک الگوی مشخص برای میزان استاندارد در مواد غذایی امکان پذیر نبوده و اصولاً نمی تواند از اعتبار لازم برخوردار باشد. به همین جهت در اغلب کشورهای جهان تفاوت هایی در تعیین میزان استاندارد آلاینده ها در مواد غذایی وجود دارد که عمدتاً ناشی از عادات غذایی و هم چنین ویژگی های خاص مرتبط با اقلیم، صنعت و کشاورزی است. این پارامترها الزاماً منجر به

کیلوگرم برای مصرف کننده، مقدار مجاز مصرف ماهی بیاخ با میانگین غلظت جیوه ۰/۲۶ میکروگرم بر گرم وزن تر، ۲۷ گرم (۰/۲۷ کیلوگرم) در روز و ۱۸۹ گرم (۰/۱۸۹ کیلوگرم) در هفته به دست آمد (جدول شماره ۳).

بحث

مقایسه غلظت جیوه در عضله ماهی بین ایستگاه های مختلف تفاوت معنی داری را نشان نداد. عدم وجود اختلاف در بین ایستگاه های مختلف احتمالاً ناشی از یک نواخت بودن دینامیک آب در این منطقه می باشد. مقایسه میانگین غلظت جیوه در عضله ماهی بیاخ نشان می دهد که میزان انباشت این عنصر در آن نسبتاً پایین بوده و از مقادیر اعلام شده توسط سازمان های مرجع نظیر آژانس حفاظت محیط زیست، سازمان بهداشت جهانی، سازمان خواربار و کشاورزی و اداره دارو و غذای آمریکا که به ترتیب ۰/۳، ۰/۵، ۰/۵ و ۱ میکروگرم بر گرم وزن تر می باشد، پایین تر است. مقادیر مشخص شده توسط سازمان های مذکور مقادیری هستند که در حد بالاتر از آن ها اثر ناشی از ورود جیوه به بدن

جدول شماره ۳: نتایج ارزیابی ریسک مصرف ماهی بیاخ رودخانه کارون

ماهی	CR (هر وعده ۲۳۰ گرم)	تعداد وعده های مجاز مصرف ^۱ در هفته	تعداد وعده های مجاز مصرف ^۲ در هفته	DI بر اساس نرخ مصرف محاسبه شده (میکروگرم)	DI بر اساس نرخ مصرف اعلام شده (میکروگرم)	HQ
ماهی بیاخ	۲۷	۱	۰/۸	۶/۹۱	۴/۵۵	۱/۱۱

۱- بر اساس استاندارد JECFA

۲- بر اساس استاندارد USEPA

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 دامنه نوسان زیادی در سطح کشور برخوردار است. به طوری که 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. سازمان خوار و بار جهانی اعلام داشته است که سرانه مصرف ماهی در ایران حدود ۶۴۰۰ گرم است، در این صورت مصرف روزانه ماهی برای هر ایرانی ۱۷/۵ گرم (۰/۱۸ کیلوگرم) می‌باشد (۲۸). به این ترتیب میزان جیوه‌ای که از طریق مصرف ماهی بیاج جذب بدن می‌شود، حدود ۴/۵۵ میکروگرم بر گرم در روز و ۳۱/۸۵ 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 است. برای رسیدن به حداقل میزان مجاز جذب روزانه جیوه (۱۰/۵ میکروگرم بر گرم) که توسط USEPA تعیین شده است، می‌توان تا ۴۱ گرم در روز نیز ماهی بیاج مصرف کرد. از طرفی دیگر چنانچه در محدوده میزان مجاز محاسبه شده مصرف شود، میزان جیوه ورودی به بدن حدود ۶/۹۱ میکروگرم در روز یا ۴۸/۳۷ میکروگرم بر گرم در هفته می‌باشد. هم‌چنین، اگر هر وعده مصرف ماهی ۲۳۰ گرم (براساس وزن خام) محسوب شود (۱)، براساس استاندارد مشترک سازمان

خواروبار و سازمان بهداشت جهانی حداکثر تا ۱ وعده در هفته و براساس استاندارد آژانس حفاظت محیط زیست آمریکا حداکثر ۹ روزی یک بار می‌توان از ماهی بیاج این منطقه استفاده کرد (جدول شماره ۳). علی‌رغم پایین‌تر بودن غلظت جیوه در عضله ماهی بیاج نسبت به استانداردهای مذکور در این مطالعه، از آنجایی که میزان HQ برای ماهی بیاج بیش‌تر از ۱ محاسبه شد، مصرف ماهی‌های مذکور خطراتی را برای سلامتی مصرف‌کنندگان در پی خواهد داشت. 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 غیر آلی جیوه به طور کامل از مجرای معده‌ای - روده‌ای 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. بررسی‌ها نشان می‌دهد که غالب اثرات مزمن جیوه در مناطقی که مصرف بالای ماهی با میزان جیوه پایین دارند، مشاهده می‌شود (۲۹).

در پایان می‌توان نتیجه‌گیری کرد که نتایج مطالعه حاضر نشان داد که اگرچه میزان جیوه در عضله همه ماهی‌های مورد مطالعه کم‌تر از حد استاندارد بین‌المللی است اما میزان HQ بالاتر از ۱ بود، لذا مصرف ماهی‌های مذکور خطراتی را برای سلامتی مصرف‌کنندگان در پی خواهد داشت. از این رو در مصرف تعداد وعده‌های یاد شده، به‌ویژه 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 ماهی‌های مورد مطالعه با توجه به غلظت جیوه، مصرف ماهی بیاج به ۱

آلاینده‌های آلی در ماهی بیاح می‌تواند در تعیین حد مجاز مصرف این گونه مورد استفاده قرار گیرد.

وعده در هفته توصیه می‌شود. لازم به ذکر است ارزیابی ریسک ناشی از حضور سایر عناصر سنگین و هم‌چنین

References

- Kojadinovic J, Potier M, Corre ML, Cosson RP, Bustamante P. Mercury content in commercial pelagic fish and its risk assessment in the Western Indian Ocean. *Sci Total Environ* 2006; 366(2): 688-700.
- Agusa T, Kunito T, Iwata H, Monirith I, Tana TS, Subramanian A, et al. Mercury contamination in human hair and fish from Cambodia: levels, specific accumulation and risk. *Assessmen Environl Pollut* 2005; 134(1): 79-86.
- Clarkson TW. The three modern faces of mercury. *Environ Health Perspectives* 2002; 110(Supp1): 11-23.
- Oken E, Wright RO, Kleinman KP, Bellinger D, Amarasiriwardena CJ, Hu H, et al. Maternal fish consumption, hair mercury, and infant cognition in a U.S. cohort. *Environl Health Perspect* 2005; 113(10): 1376-1380.
- Plessi M, Bertelli D, Monzani A. Mercury and selenium content in selected seafood. *J Food Compos Anal* 2001; 14(5): 461-467.
- Rice G, Swartout J, Mahaffey K, Schoeny R. Derivation of U.S. EPA's oral Reference Dose (RfD) for methylmercury. *Drug Chem Toxicol* 2000; 23(1): 41-54.
- Havelková M, Dušek L, Némethová D, Poleszczuk G, Svobodová Z. Comparison of mercury distribution between liver and muscle— a biomonitoring of fish from lightly and heavily contaminated localities. *Sensors* 2008; 8(7): 4095-4109.
- Houserova P, Kuban V, Spurny P, Habarta P. Determination of total mercury and mercury species in fish and aquatic ecosystems of Moravian rivers. *Vet Med-czech* 2006; 51(3): 101-110.
- Kovekovdova LT, Simokon MV. Heavy metals in the tissues of commercially important fish of Amurskii Bay, Sea of Japan. *Russ J Mar Biol* 2002; 28(2): 113-119.
- USEPA. Mercury update: Impact on fish advisories. United States Environmental Protection Agency, 2001. EPA: 823F01011
- Ganbi HHA. Heavy metals pollution level in marine Hammour fish and the effect of popular cooking methods and freezing process on these pollutants. *World Journal of Dairy and Food Science* 2010; 5(2): 119-126.
- Sabaghe Kashani A. Determination of some heavy metals in muscle, liver, gill and ovary golden gray mullet (*Liza aurata*) on the southern coast of Caspian Sea. 2001; M.Sc thesis in marine fish biology. University of Tarbiat Modares (Persian).
- Agah H, Leermakers M, Elskens M, Fatemi SMR, Baeyens W. Total mercury and methyl mercury concentrations in fish from the Persian Gulf and the Caspian Sea. *Water Air Soil Poll* 2007; 181(1-4): 95-106.
- Burger J, Gochfeld M. Risk to consumers from mercury in Pacific cod (*Gadus acrocephalus*) from the Aleutians: Fish age and size effects. *Environ Res* 2007; 105(2): 276-284.
- Esmaili-sari A. Pollution, health and environmental standards. Tehran: Naghsh Mehr press; 2001 (Persian).

16. Ruelas-Inzunza J, Meza-López G, Paez-Osuna F. Mercury in fish that are of dietary importance from the coasts of Sinaloa (SE Gulf of California). *J Food Compos Anal* 2008; 21(3): 211-218.
17. Turkmen M, Turkmen A, Tepe Y, Tore Y, Ates A. Determination of metals in fish species from Aegean and Mediterranean Seas. *Food Chem* 2009; 113(1): 233-237.
18. Hosseini SM, Mirghaffari N, Mahboobi Soofiani N, Hosseini SV, Hosseini SM, Mirghaffari N, et al. Risk assessment of mercury due to consumption of kutum of the Caspian Sea (*Rutilus frisii kutum*) in Mazandaran Province. *Iranian Journal of Natural Reso* 2011; 64(3): 243-257.
19. Regional Organization for the Protection of the Marine environment. *Manual of Oceanographic Observations and Pollutant Analyses Methods (MOOPAM)*. 3th ed. Kuwait: Regional Organization for the Protection of the Marine environment; 1999.
20. Goldblum DK, Rak A, Ponnappalli MD, Clayton CJ. The Fort Totten mercury pollution risk assessment: A case history. *J Hazard Mater* 2006; 136(3): 406-417.
21. Castilhos ZC, Rodrigues Filho S, Rodrigues AP, Villas-Bôas RC, Siegel S, Veiga MM, et al. Mercury contamination in fish from gold mining areas in Indonesia and human health risk assessment. *Sci Total Environ* 2006; 368(1): 320-325.
22. US Environmental Protection Agency (USEPA). *Guidance for Assessing Chemical Contaminant Data for Use in Fish Advisory*. Volume 2. Risk Assessment and Fish Consumption Limits; 3th ed. Washington: Publication No. EPA 823-B-00-008; 2000.
23. Saei-Dehkordi SS, Fallah AA, Nematollahi A. Arsenic and mercury in commercially valuable fish species from the Persian Gulf: Influence of season and habitat. *Food and Chem Toxicol* 2010; 48(10): 2945-2950.
24. Shi JB, Liang LN, Jiang GB, Jin XL. The speciation and bioavailability of mercury in sediments of Haihe River, China. *Environ Int* 2005; 31(3): 357-365.
25. Froghi R, Esmaili-Sari A, Ghasempouri S.M. Comparison of length and weight correlated with the density of mercury in various organs of Kutum: A case study on central coast of South Caspian Sea. *Iranian Fisheries Scientific Journal* 2007; 4: 97-102 (Persian).
26. Anan Y, Kunito T, Tanabe S, Mitrofanov I, Aubrey D. Trace element accumulation in fishes collected from coastal waters of the Caspian Sea. *Marine Pollution Bulletin* 2005; 51(8-12): 882-888.
27. Boening DW. Ecological effects, transport, and fate of mercury: A general review. *Chemosphere* 2000; 40(12): 1335-1351.
28. FAO (Food and Agriculture Organizations of United Nations). *The state of world fisheries and aquaculture*, Rome, Italy. 2009.
29. Gochfeld M. Cases of mercury exposure, bioavailability and absorption. *Ecotoxicol Environ Saf* 2003; 56(1): 174-179.