مجله سلامت و محیط زیست، فصلنامه‌ی علمی پژوهشی
انجمن علمی بهداشت محیط ایران
دوره هفدهم ، شماره دوم، تابستان ۱۴۰۳، صفحات ۲۰۵ تا ۲۲۰

Available online: https://ijhe.tums.ac.ir

مقاله پژوهشی

میزان آلودگی و ارزیابی خطر سلامت انسان از جیوه در برخی گونه‌های ماهی از تالاب بین المللی انزلی، ایران

حسن ملوندی[۱،۲،۳*]

۱- گروه علوم و مهندسی محیط زیست، دانشکده جغرافیا و علوم محیطی، دانشگاه حکیم سبزواری، سبزوار، ایران
۲- هسته زیست قوم شناسی، دانشگاه حکیم سبزواری، سبزوار، خراسان رضوی، ایران
۳- عضو موسس سازمان مردم نهاد مرکز همیاری، تحقیقاتی و بازپروری حیات وحش حکیم، سبزوار، خراسان رضوی، ایران

اطلاعات مقاله:

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۲/۰۸
تاریخ ویرایش: ۱۴۰۳/۰۲/۱۹
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۲/۲۴
تاریخ انتشار: ۱۴۰۳/۰۶/۲۶

واژگان کلیدی: تالاب، آلاینده، ماهی، شاخص سلامت، فلزات سمی

چکیده

زمینه و هدف: عنصر سمی جیوه در ماهی ها سبب ایجاد نگرانی های جهانی شده است، زیرا که یکی از راه های اصلی مواجهه انسان با آن، مصرف ماهی است. بنابراین هدف اصلی در مطالعه حاضر، تعیین غلظت جیوه در ماهی و ارزیابی خطر سلامت مصرف کنندگان بود.

روش بررسی: گونه های اردک ماهی، سوف معمولی، سوف حاجی طرخان، کپور معمولی و کاراس از تالاب انزلی نمونه برداری شدند. غلظت جیوه با استفاده از جذب اتمی کوره گرافیتی اندازه گیری شد. اختلاف غلظت جیوه در بین گونه ها و مقایسه غلظت جیوه با استانداردها به ترتیب با آزمون‌های تحلیل واریانس یک طرفه و تی تک نمونه تحلیل شد.

یافته‌ها: میانگین غلظت های جیوه برای اردک ماهی، سوف معمولی، سوف حاجی طرخان، کپور معمولی و کاراس به ترتیب ۵۹/۵۹، ۶۷/۵۵، ۳۰/۴۵، ۹/۸۴ و ۱۰/۴۴ µg/kg ww به دست آمدند و نتایج نشان داد، اختلاف معنی داری بین غلظت های جیوه در گونه های مختلف وجود داشت. غلظت های جیوه در تمام نمونه ها کمتر از حد مجاز استانداردهای بین المللی بودند (۳۰۰ و ۵۰۰ µg/kg) و همچنین مقادیر شاخص HQ کمتر از ۱ بودند، بنابراین نتایج نشان داد که خطر بالقوه برای سلامتی مصرف کنندگان وجود نداشت. به علاوه نتایج نشان داد که مصرف سوف حاجی طرخان، کپور معمولی و کاراس برای افراد حساس (کودکان و زنان بارداری) بدون محدودیت است.

نتیجه‌گیری: نتایج نشان داد که نگرانی بالقوه ای به واسطه مواجهه با جیوه از طریق مصرف گونه‌های ماهی مورد مطالعه در مصرف کنندگان وجود نداشت.

پست الکترونیکی نویسنده مسئول:
h.malvandi@hsu.ac.ir

Please cite this article as: Malvandi H. Contamination levels and human health risk assessment of mercury in some fish species from the Anzali International Wetland, Iran. Iranian Journal of Health and Environment. 2024;17(2):205-20.

Copyright © 2024 Iranian Association of Environmental Health, and Tehran University of Medical Sciences. Published by Tehran University of Medical Sciences. This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International license (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/). Noncommercial uses of the work are permitted, provided the original work is properly cited.

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-12-25]

مقدمه

در دهه های اخیر مصرف ماهی در سراسر جهان به دلیل مزایای تغذیه ای، پروتئین‌هایی با کیفیت بالا، ویتامین ها، مواد معدنی و اسیدهای چرب امگا ۳ به سرعت در حال رشد بوده است. ماهی ها و غذاهای دریایی منابع غذایی منحصر به فردی از اسیدهای چرب دوکوزاهگزانوئیک (DHA) و ایکوزاپنتانوئیک (EPA) هستند. بنابراین، مسئولان بهداشت عمومی مصرف منظم ماهی معادل حداقل ۱ تا ۲ وعده در هفته را برای جلوگیری از بیماری‌های مزمن مرتبط با رژیم غذایی توصیه می کنند. با این وجود، آلودگی فلزات سنگین در بسترهای آبی و در ماهی‌ها باعث نگرانی های جدی در سطح جهانی شده است، زیرا این آلاینده‌ها دارای خصوصیاتی از قبیل سمیت، بزرگ نمایی زیستی (Biomagnification) و تجمع زیستی بوده و بعلاوه تهدید کننده سلامت گونه های آبزی و انسان ها هستند (۱-۴).

متأسفانه، در اثر فعالیت‌های انسانی از جمله فعالیت‌های صنعتی، کشاورزی و معدن کاوی، مقادیر قابل توجهی از فلزات سنگین به محیط های آبی، از جمله اکوسیستم‌های دریایی وارد می شوند. ماهی‌ها می توانند فلزات سنگین را از آب، رسوبات و رژیم غذایی خود جذب کنند و در پی آن، مصرف زیاد یا نادرست آنها می‌تواند سبب ایجاد اثرات نامطلوبی بر انسان از قبیل اختلال در عملکرد کلیه و کبد، کاهش عملکرد شناختی، اختلال در ظرفیت تولید مثل، مشکلات گردش خون و سیستم عصبی، فشار خون بالا، اختلالات عصبی، اثرات تراتوژنیک، سرطان ها و آسیب مغزی جنین شود. ماهی و سایر غذاهای دریایی یکی از منابع اصلی مواجهه با فلزات در جمعیت های انسانی هستند. بنابراین تعیین تجمع فلزات سنگین در گونه های ماهی از جمله گونه های پرمصرف اقتصادی ماهیان، بسیار مهم و ضروری به نظر می رسد (۳، ۵-۱۰).

در میان انواع مختلف آلاینده ها، جیوه به عنوان یک آلاینده سمی مضر برای سلامت انسان و محیط زیست در نظر گرفته می‌شود چرا که جیوه بسیار پایدار، فرار و دارای خصوصیاتی مانند تجمع زیستی و بزرگنمایی زیستی است و زمانیکه وارد زنجیره غذایی می شود می تواند سبب برهم خوردن توازن حاکم بر اکوسیستم و حتی از بین رفتن آن شود. سطوح جیوه در بدنه های آبی و همچنین در جو، تحت تأثیر فعالیت های انسانی و طبیعی قرار دارد، با این وجود مطالعات نشان داده که عمده آلودگی محیط زیست با جیوه در نتیجه فعالیت های انسانی است. به عنوان مثال، میزان جیوه آب های سطحی از زمان انقلاب صنعتی سه برابر شده و همچنین غلظت جیوه در جانوران دریایی قطب شمال که از سکونتگاه های انسان نیز بسیار دور هستند، به حدود ۱۰ تا ۱۲ برابر دوران پیش از صنعتی شدن رسیده است. اهمیت این آلاینده به حدی است که سازمان جهانی بهداشت، جیوه را به عنوان یکی از ده ماده شیمیایی مهم مورد توجه قرار داده است (۱۱، ۱۲).

با توجه به اهمیت اثرات آلاینده ها بر سلامت، علاوه بر تعیین مقادیر فلزت سمی در ماهی ها، روش های مختلفی برای تخمین خطرات بالقوه فلزات سمی برای سلامتی انسان پیشنهاد شده است. برای نمونه می توان به محاسبه مقدار جذب روزانه (EDI)، شاخص خطر (HQ) و تعیین میزان مجاز مصرف ماهی (CR) اشاره نمود (۱، ۱۳). در مطالعات مختلف در سراسر جهان تعیین غلظت و ارزیابی خطر سلامت مصرف کنندگان مورد بررسی قرار گرفته است؛ برای مثال می توان به مطالعه Malvandi و همکار (۱)، Nejatkhah Manavi و همکاران (۱۴) در دریای خزر، Köker و همکاران (۴) در دریای Marmara ترکیه، Li و همکاران (۱۵) در رودخانه Yangtze چین و Norouzi و همکاران (۱۶) در خلیج فارس اشاره کرد. این چنین مطالعاتی علاوه بر اینکه اطلاعات با ارزشی را در مورد مقادیر فلزات سمی به دست می آورد، می تواند همچنین به ارتقای سلامت جوامع انسانی نیز کمک شایانی نماید (۱۷-۱۹).

در ایران تالاب های متعددی وجود دارد. در این میان، تالاب انزلی جزء تالاب های حفاظت شده بین المللی است که در حال حاضر با معضل آلودگی های مختلف مواجه است. به نظر می رسد به دلیل فعالیت های انسانی از جمله کشتیرانی، کشاورزی، صنعتی، گردشگری و عملیات استخراج نفت، سطوح آلودگی ها بیش از گذشته در این بدنه آبی افزایش پیدا کرده است. از جمله آلودگی های مهم در اکوسیستم‌های

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-12-25]

آبی می‌توان به آلودگی فلزات سنگین اشاره کرد. این فلزات تمایل به تجمع در رسوبات دارند و با توجه به اینکه تالاب انزلی مانند یک تله رسوبی عمل می کند، این امر منجر به افزایش آلودگی فلزات سنگین در این تالاب شده و می تواند آثار نامطلوبی را به این اکوسیستم تحمیل نماید (۲۰). با توجه به منابع طبیعی منحصر به فرد و موقعیت مکانی این تالاب، گونه های مختلفی از ماهی ها از جمله اردک ماهی *(Esox lucius)*، سوف معمولی *(Sander lucioperca)*، سوف حاجی طرخان *(Perca fluviatilis)*، کپور معمولی *(Cyprinus caprio)* و کاراس *(Carassius auratus)* در این اکوسیستم زیست می‌کنند.

بنابراین با توجه به نقش ماهی ها در اکوسیستم های آبی و همچنین نقش آنها در سبد غذایی مردم به خصوص ساکنان اطراف این بستر آبی و به علاوه تاثیر فلزات سنگین به خصوص عنصر سمی جیوه بر سلامت انسان ها و اهمیت پایش آلاینده ها در مطالعه حاضر این اهداف دنبال شد: ۱) تعیین غلظت عنصر سمی جیوه در بافت خوراکی پنج گونه ماهی شامل اردک ماهی، سوف معمولی، سوف حاجی طرخان، کپور معمولی و کاراس، ۲) تعیین حدود مجاز مصرف این گونه ها، ۳) ارزیابی خطر سلامت برای این گونه ها و مصرف کنندگان به واسطه مواجهه با جیوه، ۴) مقایسه مقادیرجیوه سمی با استانداردهای بین المللی.

مواد و روش‌ها

مناطق مورد مطالعه و جمع آوری نمونه

تالاب انزلی در استان گیلان واقع شده است که رودخانه های متعددی از جمله هندخاله، پیر بازار، نوخاله و سیاه درویشان و... به آن می‌ریزند. مساحت این بستر آبی بین ۱۸۰ تا km^2 ۲۰۰ بوده و به دلیل اهمیت آن، در لیست کنوانسیون بین المللی رامسر نیز ثبت شده است. این تالاب به لحاظ اقلیمی مرطوب و دارای هوای معتدل با بارندگی فراوان بوده و به عنوان پر باران ترین حوزه آبریز ایران محسوب می شود (۲۱، ۲۲). در مطالعه حاضر، در مجموع از پنج گونه ماهی شامل اردک ماهی، سوف معمولی، سوف حاجی طرخان، کپور معمولی و کاراس، ۷۲ نمونه (از هر گونه ۱۴ تا ۱۵ نمونه) بر مبنای معادله ۱، در پاییز ۱۴۰۱ نمونه برداری شد. گونه‌های ماهی ذکر شده توسط ماهی‌گیران بومی به وسیله تور صید شدند و بعد از ثبت مشخصات آنها، توسط محققین از بافت عضله گونه‌ها نمونه‌برداری صورت گرفت. در بین گونه‌های ذکر شده، سه گونه اول شکارگر و دو گونه بعدی همه چیز خوار هستند. نمونه ها با یونولیت حاوی یخ به آزمایشگاه منتقل شده و در دمای ۲۴- $^{\circ}C$ تا زمان انجام آزمایش نگهداری شدند.

$$n \cong \frac{2(Z_{\alpha}\times Z_{\beta})^2 \times S^2}{d^2} \quad (1)$$

در این معادله؛ n تعداد نمونه مورد نیاز، Z_{α} انحراف نرمال استاندارد برای سطح α، Z_{β} انحراف نرمال استاندارد برای احتمال وقوع اشتباه نوع دوم، S^2 واریانس اندازه گیری ها، d کوچکترین تفاوت بین میانگین ها با احتمال β-۱ است.

آماده سازی نمونه ها

برای تعیین میزان جیوه، بافت عضله جدا شده از هر نمونه، به مدت ۴۸ h با دمای ۱۰۵ $^{\circ}C$ در آون خشک شد و سپس کاملا پودر گردید. در مرحله بعدی، ۱ g از هر نمونه با استفاده از مخلوط اسید نیتریک و اسید پرکلریدریک، ابتدا در دمای ۴۰ $^{\circ}C$ به مدت ۱ h و سپس در دمای ۱۴۰ $^{\circ}C$ به مدت ۳ h هضم شدند و سپس با آب دی یونیزه تا حجم ۱۰ mL رقیق شدند (۲۳) و در نهایت غلظت عنصر جیوه با استفاده از طیف سنج جذب اتمی کوره گرافیتی (3030 GFAAS Perkin Elmer Zeeman) مورد سنجش قرار گرفت. برای بررسی دقت و صحت روش های تحلیلی از مواد مرجع استاندارد (SRM) b ۱۶۳۳ و ۲۷۰۹ و همچنین نمونه های شاهد استفاده شد. علاوه بر این، قبل از شروع آزمایشات، تمام ظروف مورد آزمایش به مدت ۴۸ h در اسید نیتریک ۱۰ درصد قرار داده شد. نتایج نشان داد که میزان بازیابی بین ۹۳ تا ۱۰۹ درصد و حد تشخیص نیز ۰/۰۰۴ $\mu g/kg\ dw$ بود.

تجزیه و تحلیل آماری

ابتدا تابعیت داده ها از توزیع نرمال با استفاده از آزمون کولموگروف-اسمیرنوف (Kolmogorov-Smirnov)

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-12-25]

بررسی شد. توزیع داده ها با استفاده از تبدیل داده نرمال شد، بنابراین از آزمون های پارامتریک برای تجزیه و تحلیل داده ها استفاده شد. برای تعیین اختلاف غلظت جیوه در بافت عضله گونه های مختلف ماهی از تحلیل واریانس یک طرفه (one-way ANOVA) و توکی (Tukey) استفاده شد. برای تعیین اختلاف آماری احتمالی بین مقادیر به دست آمده با استانداردهای ملی و بین المللی نیز از آزمون تی تک نمونه ای (One sample t-test) استفاده شد. تمام آزمون های آماری با استفاده از نرم افزار SPSS ۲۶ تحلیل شدند.

محاسبه شاخص ها

شاخص مقدار جذب روزانه (EDI) و شاخص مقدار جذب هفتگی (EWI)

مقادیر شاخص‌های EDI (mg/kg day) و EWI (mg/kg week) بر اساس معادلات ۲ و ۳ محاسبه شد (۲۳، ۲۴). توضیح پارامترها در جدول ۱ بیان شده است.

$$EDI = \frac{(C \times IR_d)}{Bw} \quad (۲)$$

$$EWI = \frac{(C \times IR_w)}{Bw} \quad (۳)$$

جدول ۱- پارامترهای مورد استفاده برای تخمین محاسبات ارزیابی خطر سلامتی بر مبنای شاخص ها

پارامتر	علامت	واحد	مقدار
غلظت عنصر جیوه در نمونه	C	µg/g	-
نرخ مصرف روزانه ماهی	IRd	g/day	-
نرخ مصرف هفتگی ماهی	IRw	g/week	-
وزن انسان	Bw	kg	۷۰
فراوانی مواجهه	EF	day/year	۳۶۵
مدت مواجهه	ED	years	۷۰
میزان مصرف مواد غذایی	FIR	g/person/day	۳۸
دوز رفرنس USEPA	RFD	µg Hg/kg bw/day	۰/۱
جذب قابل قبول روزانه WHO	RFD	µg Hg/kg bw/day	۰/۲۳
میانگین زمان مواجهه	AT	day	ED × 365 years
دوز مرجع خوراکی	RfD	mg/kg/day	۰/۰۰۰۱
تعداد روزهای هر ماه	T	day per month	۳۰/۴۴
میزان مصرف ماهی در هر وعده	MS	kg	۰/۲۲۷

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-12-25]

شاخص خطر (HQ)

برای تعیین میزان خطر بهداشتی عنصر جیوه از شاخص HQ استفاده شد. این شاخص بر اساس معادله ۴ محاسبه گردید (۲۵، ۲۶) و توضیح پارامترها در جدول ۱ بیان شده است.

$$HQ = \left(\frac{EF \times ED \times FIR \times C}{RFD \times Bw \times AT}\right) \times 10^{-3} \quad (۴)$$

میزان مجاز مصرف ماهی (CR)

بر اساس معادله ۵، نرخ حداکثر میزان مجاز مصرف ماهی برای اثرات غیرسرطان زایی به دست آمد (۲۷).

$$CR_{lim} = (RfD \times Bw)/C \quad (۵)$$

برای تبدیل حداکثر وعده های مجاز مصرف روزانه به تعداد وعده های مجاز مصرف ماهی در ماه (CR mm) از معادله ۶ استفاده شد (۲۳، ۲۸). توضیح پارامترها در جدول ۱ بیان شده است.

$$CR_{mm} = CR_{lim} \times T/MS \quad (۶)$$

لازم به ذکر است که با توجه به بیان غلظت جیوه بر حسب وزن تر و همچنین وزن خشک در مطالعات مختلف، برای انجام مقایسه صحیح مقادیر جیوه به دست آمده در مطالعه حاضر، از معادله ۷ جهت تبدیل غلظت وزن خشک به غلظت وزن تر در هر نمونه استفاده شد. که در این معادله؛ WWC غلظت بر حسب وزن تر و DWC غلظت بر حسب وزن خشک و PM درصد رطوبت هر نمونه است (۲).

$$WWC = DWC\left[1 - \left(PM/_{100}\right)\right] \quad (۷)$$

یافته‌ها

غظت جیوه در گونه های مورد مطالعه

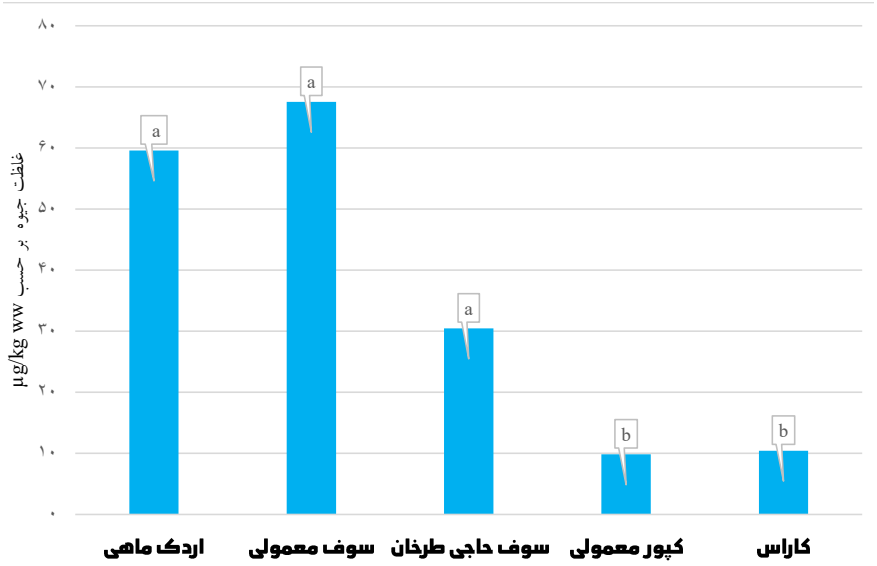
میانگین غلظت جیوه برای گونه اردک ماهی، سوف معمولی، سوف حاجی طرخان، کپور معمولی و کاراس به ترتیب ۵۹/۵۹، ۶۷/۵۵، ۳۰/۴۵، ۹/۸۴ و ۱۰/۴۴ µg/kg ww به دست آمد (جدول ۲). نتایج تجزیه و تحلیل های آماری نشان داد که غلظت‌های جیوه در بافت پنج گونه به لحاظ آماری اختلاف معنی داری با یکدیگر داشتند (نمودار ۱).

جدول ۲- مقادیر غلظت جیوه (µg/kg ww) در گونه های مورد مطالعه

گونه	پارامتر			
	حداقل	حداکثر	میانگین	خطای استاندارد
اردک ماهی (n =۱۵)	۵/۶۰	۴۲۰/۰	۵۹/۵۹	۲۸/۳۴
سوف معمولی (n =۱۴)	۱۸/۲۰	۱۳۸/۰	۶۷/۵۵	۹/۴۵
سوف حاجی طرخان (n =۱۴)	۹/۰	۷۸/۸	۳۰/۴۵	۵/۱۰۴
کپور معمولی (n =۱۴)	۳/۰	۳۱/۸	۹/۸۴	۲/۶۵
کاراس (n =۱۵)	۳/۴	۲۹/۴	۱۰/۴۴	۲/۵۱

n : تعداد نمونه

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-12-25]



نمودار ۱- غلظت جیوه بر حسب µg/kg ww در گونه های ماهی مورد مطالعه

جدول ۳- مقادیر جذب روزانه (EDI)، هفتگی(EWI) و مقادیر شاخص HQ برای گونه های ماهی مورد مطالعه

شاخص		گونه				
		اردک ماهی	سوف معمولی	سوف حاجی طرخان	کپور معمولی	کاراس
EDI	EDI_F [a]	۰/۰۳۰۹	۰/۰۳۰۵	۰/۰۱۵٤	۰/۰۰۵۱	۰/۰۰۵۱
	EDI_{Im} [b]	۰/۰۱۷٦	۰/۰۱۹۹	۰/۰۰۸۸	۰/۰۰۲۹	۰/۰۰۲۹
	EDI_{In} [c]	۰/۰۳۲٦	۰/۰۳٦۹	۰/۰۱٦۳	۰/۰۰٥٤	۰/۰۰٥٤
EWI	EWI_F [a]	۰/۲۱٦۰	۰/۲٤٤۸	۰/۱۰۸۰	۰/۰۳٦۰	۰/۰۳٦۰
	EWI_{Im} [b]	۰/۱۲۳۰	۰/۱۳۹٤	۰/۰٦۱٥	۰/۰۲۰٥	۰/۰۲۰٥
	EWI_{In} [c]	۰/۲۲۸۰	۰/۲٥۸٤	۰/۱۱٤۰	۰/۰۳۸۰	۰/۰۳۸۰
HQ	HQ_{FE} [d]	۰/۰۰۰۳۰۹	۰/۰۰۰۳٥۰	۰/۰۰۰۱٥٤	۰/۰۰۰۰٥۱	۰/۰۰۰۰٥۱
	HQ_{FW} [e]	۰/۰۰۰۱۳٤	۰/۰۰۰۱٥۲	۰/۰۰۰۰٦۷	۰/۰۰۰۰۲۲	۰/۰۰۰۰۲۲
	HQ_{ImE} [f]	۰/۰۰۰۱۷٦	۰/۰۰۰۱۹۹	۰/۰۰۰۰۸۸	۰/۰۰۰۰۲۹	۰/۰۰۰۰۲۹
	HQ_{ImW} [j]	۰/۰۰۰۰۷٦	۰/۰۰۰۰۸۷	۰/۰۰۰۰۳۸	۰/۰۰۰۰۱۳	۰/۰۰۰۰۱۳
	HQ_{InE} [h]	۰/۰۰۰۳۲٦	۰/۰۰۰۳٦۹	۰/۰۰۰۱٦۳	۰/۰۰۰۰٥٤	۰/۰۰۰۰٥٤
	HQ_{Inwk} [k]	۰/۰۰۰۱٤۲	۰/۰۰۰۱٦۰	۰/۰۰۰۰۷۱	۰/۰۰۰۰۲٤	۰/۰۰۰۰۲٤

[a]: بر اساس سرانه مصرف ماهی FAO

[b]: بر اساس سرانه مصرف ماهی میانگین در ایران

[c]: بر اساس سرانه مصرف ماهی در سواحل شمال ایران

[d]: شاخص HQ، بر اساس میزان مصرف FAO و دوز رفرنس EPA

[e]: شاخص HQ، بر اساس میزان مصرف FAO و دوز رفرنس WHO

[f]: شاخص HQ، بر اساس میزان مصرف میانگین در ایران و دوز رفرنس EPA

[j]: شاخص HQ، بر اساس میزان مصرف میانگین در ایران و دوز رفرنس WHO

[h]: شاخص HQ، بر اساس میزان مصرف میانگین در سواحل شمال ایران و دوز رفرنس EPA

[k]: شاخص HQ، بر اساس میزان مصرف میانگین در سواحل شمال ایران و دوز رفرنس WHO

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-12-25]

مقادیر شاخص ها

مقادیر جذب روزانه (EDI) و هفتگی (EWI) عنصر جیوه در گونه های مورد مطالعه در جدول ۳ نشان داده شده است. میزان جذب جیوه برای اردک ماهی در محدوده ۰/۰۱۷۶ تا ۰/۰۳۲۶ mg/kg day، برای سوف معمولی در محدوده ۰/۰۱۹۹ تا ۰/۰۳۶۹ mg/kg day، برای سوف حاجی طرخان در محدوده ۰/۰۰۸۸ تا ۰/۰۱۶۳ mg/kg day، برای کپور معمولی و کاراس نیز هر کدام در محدوده ۰/۰۰۲۹ تا ۰/۰۰۵۱ mg/kg day بود.

در جدول ۳ نیز بر اساس میزان مصرف های مختلف و دوز رفرنس های مختلف، شاخص خطر (HQ) به دست آمد. مقادیر این شاخص برای گونه اردک ماهی در محدوده ۰/۰۰۰۰۷۶ تا ۰/۰۰۰۳۲۶، برای گونه سوف معمولی در محدوده ۰/۰۰۰۰۸۷ تا ۰/۰۰۰۳۶۹، برای گونه سوف حاجی طرخان در محدوده ۰/۰۰۰۰۳۸ تا ۰/۰۰۰۱۶۳، برای گونه کپور معمولی در محدوده ۰/۰۰۰۰۱۳ تا ۰/۰۰۰۰۵۴ و برای گونه کاراس در محدوده ۰/۰۰۰۰۱۳ تا ۰/۰۰۰۰۵۴ به دست آمد.

جدول ۴- میزان مجاز مصرف ماهی (CR) روزانه، هفتگی و ماهانه مصرف ماهی های مورد مطالعه در مصرف کنندگان بزرگسال و کودکان

انسان	گونه	CR		
		CR lim (g/day)	CR lim (g/week)	CR mm
بالغ	اردک ماهی	۱۱۶/۶۷	۸۱۶/۶۸	۱۵/۶۴
	سوف معمولی	۱۰۲/۹۴	۷۲۰/۵۹	۱۳/۸۰
	سوف حاجی طرخان	۲۳۳/۳۳	۱۶۳۳/۳۳	۳۱/۲۹
	کپور معمولی	۷۰۰/۰۰	۴۹۰۰/۰۰	۹۳/۸۷
	کاراس	۷۰۰/۰۰	۴۹۰۰/۰۰	۹۳/۸۷
کودک	اردک ماهی	۲۴/۱۷	۱۶۹/۱۷	۳/۲۴
	سوف معمولی	۲۱/۳۲	۱۴۹/۲۶	۲/۸۶
	سوف حاجی طرخان	۴۸/۳۳	۳۳۸/۳۳	۶/۴۸
	کپور معمولی	۱۴۵/۰۰	۱۰۱۵/۰۰	۱۹/۴۴
	کاراس	۱۴۵/۰۰	۱۰۱۵/۰۰	۱۹/۴۴

برای یک انسان بالغ و یک کودک، بیشترین مقدار مجاز برای مصرف ماهی در روز، هفته و ماه نیز محاسبه شد (جدول ۴). برای یک انسان بالغ، میزان مجاز مصرف ماهی روزانه از g ۱۰۲/۹۴ تا g ۷۰۰/۰ و برای یک کودک از g ۲۱/۳۲ تا g ۱۴۵/۰ بسته به گونه ماهی مصرف شده متغیر بود.

بحث

غلظت جیوه به دست آمده برای گونه های مورد مطالعه در جدول ۲ نشان داده شده است. با توجه به نتایج به دست آمده، بیشترین غلظت جیوه در گونه سوف معمولی (۱۳۸/۰ µg/kg) و کمترین غلظت در گونه کپور معمولی (۳/۰ µg/kg) به دست آمد. همچنین بیشترین میانگین جیوه به دست آمده در گونه سوف معمولی (۶۷/۵۵ µg/kg) و کمترین در گونه کپور معمولی (۹/۸۴ µg/kg) مشاهده شد. نتایج تجزیه و تحلیل آماری نیز نشان داد که غلظت جیوه در بین گونه های مورد مطالعه اختلاف معنی داری داشت، بدین صورت که غلظت جیوه در گونه های اردک ماهی، سوف معمولی و سوف حاجی طرخان اختلاف معنی داری با گونه های کپور معمولی و کاراس

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-12-25]

داشتند ($p > ۰/۰۵$)، این در حالی است که در میان گونه هایی با رژیم غذایی مشابه یعنی گونه های گوشتخوار شامل اردک ماهی، سوف معمولی و سوف حاجی طرخان و همچنین در بین گونه های همه چیز خوار شامل گونه کپور معمولی و کاراس اختلاف معنی داری در غلظت‌های جیوه مشاهده نشد ($p > ۰/۰۵$). با توجه به نتایج می توان بیان کرد که میزان جیوه در گونه های گوشتخوار به طور معنی داری بیشتر از گونه های غیر گوشتخوار بود و این امر با توجه به خصوصیات عنصر جیوه از جمله خصوصیت تجمع زیستی و بزرگ نمایی زیستی قابل توجیه است؛ بدین صورت که غلظت این عنصر در گونه های موجود در سطوح بالاتر زنجیره غذایی به طور قابل توجهی بیشتر از گونه های سطوح پایین تر زنجیره است.

مقادیر جیوه به دست آمده در گونه های مورد مطالعه با مقادیر به دست آمده از سایر مطالعات در گونه های مختلف ماهی مقایسه شد (جدول ۵). نتایج این مقایسه نشان داد که میانگین غلظت به دست آمده در تمام گونه های مورد مطالعه در تحقیق حاضر، کمتر از سایر تحقیقات مشابه بر روی همین گونه ها در بسترهای آبی مختلف بود. به طور احتمالی می توان گفت این نتایج می تواند تا حدودی کاهش ورودی آلاینده ها به این بستر آبی نسبت به سایر بدنه ها را نیز نشان دهد. با توجه به این جدول، بیشترین مقادیر میانگین جیوه گزارش شده در گونه اردک ماهی از رودخانه Yukon در آلاسکا (حدود ۸/۵ برابر میانگین به دست آمده در مطالعه حاضر) (۲۹)، در گونه سوف معمولی از رودخانه Lonesti در رومانی (حدود ۱۰۳ برابر میانگین به دست آمده در مطالعه حاضر) (۳۰)، در گونه سوف حاجی طرخان از رودخانه Babeni در رومانی (حدود ۲۰۷ برابر میانگین به دست آمده در مطالعه حاضر) (۳۱)، در کپور معمولی از تالاب انزلی (حدود ۱۱۰ برابر میانگین به دست آمده در مطالعه حاضر) (۳۲) و در گونه کاراس از تالاب انزلی (حدود ۳۲ برابر میانگین به دست آمده در مطالعه حاضر) به دست آمده است (۳۳).

جدول ۵- میانگین غلظت جیوه در گونه های مختلف ماهی صید شده از بسترهای آبی مختلف

گونه	نام علمی	مکان مورد مطالعه	غلظت	منبع
اردک ماهی	*Esox lucius*	تالاب انزلی	۶۰^{a} (۱۷۵^{b})	مطالعه حاضر
سوف معمولی	*Sander lucioperca*	تالاب انزلی	۶۸^{a} (۳۳۴^{b})	مطالعه حاضر
سوف حاجی طرخان	*Perca fluviatilis*	تالاب انزلی	۳۰^{a} (۱۵۰^{b})	مطالعه حاضر
کپور معمولی	*Cyprinus caprio*	تالاب انزلی	۹^{a} (۴۸^{b})	مطالعه حاضر
کاراس	*Carassius auratus*	تالاب انزلی	۱۰^{a} (۵۱^{b})	مطالعه حاضر
اردک ماهی	*Esox lucius*	تالاب انزلی	۳۸۰^{a}	(۳۴)
اردک ماهی	*Esox lucius*	رودخانه Yukon (آلاسکا)	۱۵۰۶^{b}	(۲۹)
اردک ماهی	*Esox lucius*	رودخانه Kuskokwim (آلاسکا)	۶۲۸^{b}	(۲۹)
اردک ماهی	*Esox lucius*	Isle Royale، آمریکا	۲۱۳^{b}	(۳۵)
اردک ماهی	*Esox Lucius*	دریاچه Pluszne (لهستان)	۱۹۷^{b}	(۳۶)
اردک ماهی	*Esox lucius*	تالاب انزلی	۱۳۶^{a}	(۳۷)
اردک ماهی	*Esox lucius*	تالاب انزلی	۱۸۲^{a}	(۳۸)
سوف معمولی	*Sander lucioperca*	بندر انزلی	۳۰۰^{a}	(۳۹)
سوف معمولی	*Sander lucioperca*	تالاب گمیشان	۶۹۲^{a}	(۳۹)
سوف معمولی	*Sander lucioperca*	رودخانه Babeni (رومانی)	۶۰۰۰^{a}	(۳۰)
سوف معمولی	*Sander lucioperca*	رودخانه Lonesti (رومانی)	۷۰۰۰^{a}	(۳۰)
سوف حاجی طرخان	*Perca fluviatilis*	تالاب انزلی	۱۱۰^{a}	(۴۰)
سوف حاجی طرخان	*Perca fluviatilis*	دریاچه Heddalsvatn (نروژ)	۵۰۰^{b}	(۴۱)
سوف حاجی طرخان	*Perca fluviatilis*	رودخانه Babeni (رومانی)	۶۲۰۰^{a}	(۳۱)
کپور معمولی	*Cyprinus caprio*	تالاب انزلی	۹۹۰^{a}	(۳۹)

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-12-25]

ادامه جدول ۵- میانگین غلظت جیوه در گونه های مختلف ماهی صید شده از بسترهای آبی مختلف

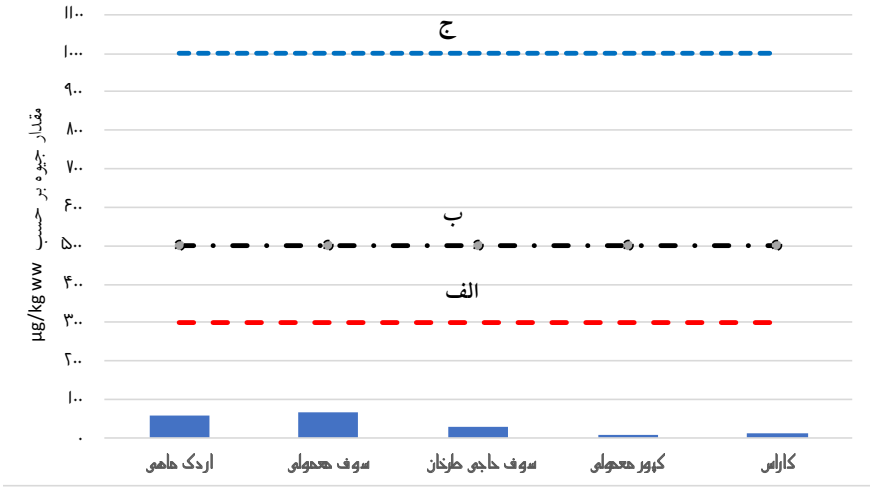
گونه	نام علمی	مکان مورد مطالعه	غلظت	منبع
کپور معمولی	*Cyprinus caprio*	دریای خزر	۵۰۰[a]	(۳۲)
کپور معمولی	*Cyprinus caprio*	تالاب شادگان	۵۶۳[a]	(۴۲)
کپور معمولی	*Cyprinus caprio*	رودخانه های Jinsha و Tuo (چین)	۳۹[a]	(۱۵)
کاراس	*Carassius auratus*	تالاب انزلی	۷۵[a]	(۳۸)
کاراس	*Carassius auratus*	تالاب انزلی	۳۱۸[a]	(۳۳)
کاراس	*Carassius auratus aurathus*	رودخانه Tuo (چین)	۴۲[b]	(۱۵)
کاراس	*Carassius auratus aurathus*	رودخانه Jinsha (چین)	۴۲[b]	(۱۵)
کفال طلایی	*Liza auratus*	تالاب انزلی	۵۷[b]	(۴۳)
کپور نقره ای	*Hypophthalmichthys molitrix*	تالاب انزلی	۲۰۰[a]	(۳۴)

a: mg/kg dw
b: mg/kg ww
c: mg/kg

در مطالعه حاضر میزان شاخص HQ برای هر پنج گونه ماهی مورد مطالعه کمتر از ۱ بدست آمد (جدول ۳). بیان شده است که اگر میزان HQ که شاخص خطر سلامتی مرتبط با مصرف عنصر مورد مطالعه است، کمتر از ۱ است نشانگر عدم اثرات مضر مشهود بر روی جمعیت مورد مواجهه است. بنابراین نتایج به دست آمده از شاخص HQ در مطالعه حاضر نشان داد که خطر مصرف این گونه‌ها برای سلامت افراد اندک و ناچیز است. نتایج مشابهی در تحقیقات انجام شده بر روی گونه های کپور معمولی، کاراس، کپور، آمور و کپور نقره ای از رودخانه Heilongjiang در چین، ماهی سفید (۱۳)، شگ ماهی (۱) و کفال طلایی، کفال پوزه باریک و قره برون از دریای خزر (۴۴، ۴۵)، ماهی گوازیم دم رشته ای از شمال خلیج فارس (۴۶)، بز ماهی قرمز *(Bearded mullet)*، آبی ماهی *(Pomatomus saltatrix)*، آنچوی اروپایی *(Engraulis encrasicolus)*، تون شرقی *(Sarda sarda)* و نرم باله اروپایی *(Merlangius merlangus)* از دریای سیاه (۱۸) و در شوریده ماهی *(Cynoscion spp)*، اسنپر اقیانوس آرام *(Lutjanus peru)*، دلفین ماهی *(Coryphaena hippurus)*، نیزه‌ماهی آبی‌رنگ اطلس *(Makaira nigricans)* و کوسه ماهی *(Mustelus mento)* از اکوادور (۴۷) به دست آمده است. درحالیکه نتایج متفاوتی در دیگر تحقیق انجام شده بر روی گونه سوف معمولی در سواحل جنوبی دریای خزر (۱۴) و ماهی شوریده از خلیج فارس و گیتار ماهی نواری *(Zapteryx exasperata)* از Baja California Sur مکزیک (۴۸) گزارش شده است که میزان HQ بیشتر از ۱ گزارش شده است.

برای درک بهتر مخاطرات سلامتی مواجهه با عنصر سمی جیوه، در نمودار ۲ مقادیر جیوه به دست آمده در گونه های ماهی مورد مطالعه، با استانداردهای ارائه شده توسط سازمان های مختلف شامل سازمان استاندارد ملی ایران (NISO)، سازمان جهانی بهداشت (WHO)، سازمان خوار و بار و کشاورزی ملل متحد (FAO)، وزارت کشاورزی- شیلات و غذای انگلستان (MAFF)، سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا (US EPA) و سازمان غذا و دارو آمریکا (US FDA) مقایسه شده است. با توجه به شکل، میزان جیوه به دست آمده در تمام گونه های ماهی کمتر از میزان استانداردهای ذکر شده بود. همچنین نتایج تجزیه و تحلیل آماری نیز نشان داد که اختلاف معنی داری بین مقادیر به دست آمده در گونه های مورد مطالعه با استانداردهای پیشنهاد شده توسط سازمان های ذکر شده وجود داشت ($p< ۰/۰۵$). این نتایج بیانگر عدم وجود خطر بالقوه برای سلامتی مصرف کنندگان به واسطه مواجهه با جیوه است. نتایج مشابهی در مطالعات انجام شده بر روی ماهی کلمه (Rutilus rutilus) از بندر انزلی و بندر ترکمن (۲۳)، شگ ماهی ها (۱) و ماهی سفید (۱۳)، کفال طلایی، کفال پوزه باریک و قره برون (۴۵) از دریای خزر، نیز به دست آمده است. در آن مطالعات نیز مقادیر جیوه به دست آمده کمتر از استانداردهای ذکر شده است.

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-12-25]



نمودار ۲- مقایسه مقدار میانگین غلظت جیوه در گونه های ماهی مورد مطالعه و حدود استانداردهای بین المللی الف) استاندارد EPA و MAFF، ب) استانداردهای سازمان استاندارد ملی ایران، FAO و WHO، ج) استاندارد US FDA

نتایج به دست آمده از مقادیر مجاز روزانه و تعداد وعده های مجاز در ماه بدون اثرات سرطان زایی ناشی از جیوه برای بزرگسالان و همچنین کودکان در جدول ۴ ارائه شده است. نتایج نشان داد که کمترین حد مجاز مصرف مربوط به سوف معمولی و بیشترین حد برای گونه های کپور معمولی و کاراس است. در کل با توجه به حساسیت کودکان نسبت به بالغین، مقادیر مجاز به دست آمده در کودکان کمتر از بالغین بود. در مطالعات مشابه دیگر نیز مقادیر مجاز روزانه و تعداد وعده های مجاز در ماه محاسبه شده است. برای نمونه، میزان مجاز مصرف روزانه شگ ماهی برابر با ۱۸۳ و g/day ۳۸ و تعداد ۲۵ و ۵ وعده در ماه (۱)، در ماهی سفید ۳۱۸ و g/day ۶۶ و تعداد ۴۲ و ۹ وعده (۱۳)، در کفال پوزه باریک ۱۰۲۹ و g/day ۲۱۳ و ۱۳۸ و ۲۹ وعده و در کفال طلائی ۸۷۵ وg/day ۱۸۱ و تعداد ۱۱۷ و ۲۷ وعده (۴۵) به ترتیب برای افراد بالغ و کودکان به دست آمده است. همچنین میزان مجاز مصرف روزانه در گونه ماهی شهری دم زرد ۹۱۳۸ و g/day ۱۸۹۳، در کفشک گرد ۸۳۲۰ و g/day ۱۷۲۳ و در شوریده ۹۲۲۹ و g/day ۱۹۱۱ به ترتیب برای افراد بالغ و کودکان گزارش شده است (۱۶).

در مطالعه حاضر برای تعیین خطرات بالقوه بهداشتی برای افراد حساس (از جمله کودکان و زنان بارداری) به واسطه مصرف ماهی، مقایسه با مقادیر توصیه شده برای این گروه‌ها نیز انجام شد. طبق معیارهای بیان شده، درصورتیکه ماهی حاوی جیوه کمتر از ppm ۰/۰۵ باشد بیانگر مصرف بدون محدودیت ماهی؛ بیش از ppm ۰/۰۵ تا ppm ۰/۱۱ بیانگر دو وعده غذایی ماهی در هفته؛ بیش از ppm ۰/۱۱ تا ppm ۰/۲۲ بیانگر یک وعده غذای ماهی در هفته؛ بیشتر از ppm ۰/۲۲ تا ppm ۰/۹۵ بیانگر یک وعده غذای ماهی در هر ماه و برای بیش از ppm ۰/۹۵ بیانگر عدم مصرف ماهی است. نتایج نشان داد که میزان جیوه حدود ۱۳ درصد اردک ماهی ها و ۴۲ درصد سوف معمولی در محدوده ppm ۰/۰۵ تا ppm ۰/۱۱ و حدود ۷ درصد هر کدام از گونه های اردک ماهی و سوف معمولی در بین ppm ۰/۱۱ تا ppm ۰/۲۲ بود. سایر نمونه های گونه های اردک ماهی و سوف معمولی و همچنین گونه های سوف حاجی طرخان، کپور معمولی و کاراس حاوی میزان جیوه کمتر از ppm ۰/۰۵ یعنی در گروه بدون محدودیت توصیه شده برای مصرف قرار داشتند. بنابراین طبق معیارهای توصیه شده، افراد حساس بدون محدودیت می توانند از سه گونه اخیر یاد شده استفاده نموده و در مصرف گونه اردک ماهی و سوف معمولی توصیه می شود محدودیت دو وعده غذایی ماهی در هفته را رعایت نمایند. در مطالعه انجام شده بر روی شگ ماهی از بندر انزلی نیز بر مبنای معیار ذکر

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-12-25]

شـده، مقـادیر جیوه ۵۰ درصد نمـونـه‌هـا بین ۰/۰۵ تا ppm ۰/۱۱ و مابقی نمونه ها کمتر از ppm ۰/۰۵ گزارش شده است (۱) که نتایج نشان داده است که بدون نگرانی می‌توان از شگ ماهی حداقل هفته‌ای دو وعده استفاده نمود. در مطالعه دیگری مصرف ماهی سفید از دریای خزر بدون محدودیت گزارش شده است (۱۳).

نتیجه‌گیری

در مجموع می توان بیان نمود که خوشبختانه، با توجه به نتایج مطالعه حاضر غلظت های جیوه در بافت خوراکی گونه های مورد مطالعه از تالاب انزلی، کمتـــر از حـــد مجـــاز استانداردهای ملی، بین المللی و همچنین شاخص خطر HQ بودند؛ بنابراین مخاطرات سلامتی از نظر مواجهه با عنصر سمی جیوه برای مـصـرف کننـــدگان وجود نداشت. برای افراد حساس شامل کودکان و زنان باردار نیز محدودیتی در مصرف سه گونه سوف حاجی طرخان، کپور معمولی و کاراس وجود نداشت، در حالیکه در مصرف گونه اردک ماهی و سوف معمولی محدودیت دو وعده غذایی ماهی در هفته توصیه می شود. از محدودیت‌های مطالعه حاضر می توان به عدم امکان نمونه برداری از گونه های ماهی از بخش‌های مختلف تالاب و ارزیابی اختلاف احتمالی بین غلظت گونه ها از بخش های مختلف و همچنین عدم امکان سنجش جیوه در آب و رسوبات تالاب به دلیل عدم امکان دریافت حمایت مالی اشاره کرد. ذکر این نکته نیز حائز اهمیت است که با توجه به تاثیرات مضر آلاینده های مختلف بر سلامت موجودات و انسان ها و همچنین اثر هم افزایی آنها، انجام تحقیقات بیشتر بر روی گونه های مختلف آبزی و آلاینده‌های مختلف و همچنین پایش مداوم آلاینده‌ها ضروری است، زیرا چنین مطالعاتی می تواند اطلاعات مفید و ارزشمندی را در اختیار مدیران و مسئولان جهت پیشگیری از وقـــوع حوادث نـاگوار برای سـلامتی انسـان و موجـودات ارائه نماید.

ملاحظات اخلاقی

نویسندگان کلیه نکات اخلاقی شامل عدم سرقت ادبی، انتشار دوگانه، تحریف داده‌ها و داده‌سازی را در این مقاله رعایت کرده‌اند.

تشکر و قدردانی

نویسنده این مقاله از تمام کسانی که در انجام این پژوهش همکاری داشته اند، به خصوص صیادان محلی که نقش قابل توجهی در نمونه برداری ایفا کرده اند کمال تشکر و قدردانی را می نمایم.

References

1. Malvandi H, Alahabadi A. Evaluation of potential human health risk due to the exposure to mercury via fish consumption of Alosa spp. from the southern Caspian sea. Marine Pollution Bulletin. 2019;143:66-71.

2. Malvandi H, Sari AE, Aliabadian M. Mercury contamination in Khramulia (Capoeta capoeta) from the Cheshme Kile and Zarrin Gol Rivers in Iran and human health risk assessment. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology. 2014;93:472-77.

3. Djedjibegovic J, Marjanovic A, Tahirovic D, Caklovica K, Turalic A, Lugusic A, et al. Heavy metals in commercial fish and seafood products and risk assessment in adult population in Bosnia and Herzegovina. Scientific Reports. 2020;10(1):1-8.

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-12-25]

4. Köker L, Aydın F, Gaygusuz Ö, Akçaalan R, Çamur D, İlter H, et al. Heavy metal concentrations in trachurus mediterraneus and merlangius merlangus captured from Marmara sea, turkey and associated health risks. Environmental Management. 2021;67(3):522-31.

5. Malvandi H. Preliminary evaluation of heavy metal contamination in the Zarrin-Gol river sediments, Iran. Marine Pollution Bulletin. 2017;117(1-2):547-53.

6. Malvandi H, Ghasempouri SM, Esmaili-Sari A, Bahramifar N. Evaluation of the suitability of application of golden jackal (Canis aureus) hair as a noninvasive technique for determination of body burden mercury. Ecotoxicology. 2010;19:997-1002.

7. Topal T, Onac C. Determination of heavy metals and pesticides in different types of fish samples collected from four different locations of Aegean and Marmara Sea. Journal of Food Quality. 2020;2020:1-12.

8. Aghayani E, Shekoohiyan S, Behnami A, Abdolahnejad A, Pourakbar M, Haghnazar H, et al. Health risk assessment due to the presence of heavy metals in drinking water resources of Maragheh city. Iranian Journal of Health and Environment. 2023;16(1):31-52 (in Persian).

9. Javedan G, Ghaffari HR, Heidarinejad Z, Zeraei N, Hoseinvandtabar S, Pourramezani F, et al. Concentration of potentially toxic elements in black tea imported to Iran: a potential risk assessment study. Iranian Journal of Health and Environment. 2022;15(1):153-68 (in Persian).

10. Malvandi H, Hassanzadeh N. Environmental and ecological risk evaluation of heavy metals in surface sediments of the CheshmeKile River, Mazandaran. Iranian Journal of Health and Environment. 2018;11(3):419-32 (in Persian).

11. Pavithra KG, SundarRajan P, Kumar PS, Rangasamy G. Mercury sources, contaminations, mercury cycle, detection and treatment techniques: a review. Chemosphere. 2023;312:137314.

12. Yang L, Zhang Y, Wang F, Luo Z, Guo S, Strähle U. Toxicity of mercury: molecular evidence. Chemosphere. 2020;245:125586.

13. Malvandi H. Assessing the potential health risk from mercury through consumption of the most popular and preferable fish species, Rutilus frisii kutum, on the Northern Coast of Iran. Biological Trace Element Research. 2021;199(4):1604-10.

14. Nejatkhah Manavi P, Mazumder A. Potential risk of mercury to human health in three species of fish from the southern Caspian sea. Marine Pollution Bulletin. 2018;130:1-5.

15. Li J, Yan Y, Yue N, Luo Q, Li W, Xie X. Comparative study of metal accumulation in three fish species (Silurus asotus, Cyprinus carpio, and Carassius auratus auratus) from the Jinsha and Tuo rivers located upstream of the Yangtze river, China. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology. 2018;101:26-32.

16. Norouzi M, Bagheri Tavani M. The assessment of the accumulation and consumption hazard of five heavy metals in eleven species of fish in Persian Gulf waters (Bandar Mahshahr, Khuzestan Province). Fisheries Science and Technology. 2018;7(4):263-70 (in Persian).

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-12-25]

17. Ajibare A, Loto O. Risks assessment of copper (Cu), lead (Pb), mercury (Hg) and zinc (Zn): a case study of Tilapia guineensis in Lagos lagoon. Ghana Journal of Agricultural Science. 2023;58(1):77–84.

18. Kalipci E, Cüce H, Ustaoğlu F, Dereli MA, Türkmen M. Toxicological health risk analysis of hazardous trace elements accumulation in the edible fish species of the Black sea in Türkiye using multivariate statistical and spatial assessment. Environmental Toxicology and Pharmacology. 2023;97:104028.

19. Huang H, Li Y, Zheng X, Wang Z, Wang Z, Cheng X. Nutritional value and bioaccumulation of heavy metals in nine commercial fish species from Dachen fishing ground, East China Sea. Scientific Reports. 2022;12(1):6927.

20. Ghazban F, Zare Khosh Eghbal M. Source of heavy metal pollutions in the sediments of the Anzali wetland in northern Iran. Journal of Environmental Studies. 2011;37(57):1-12 (in Persian).

21. Ghasemzadeh G. Mercury bioaccumulation in pike (Esox lucius) food chain from Anzali lagoon, Iran [dissertation]. Tehran: Islamic Azad University Science and Research Branch; 2006 (in Persian).

22. Alidoust S, Esmaeili Sari A, Bahramifar N. Bioaccumulation of total and organic mercury in goldfish (Carassius auratus gibelio) in Anzali wetland, and assessment of health risks. Journal of Mazandaran University of Medical Sciences. 2015;24(120):242-52 (in Persian).

23. Malvandi DH, Azimi S, Sarvary Korojdeh M. Mercury concentration in Rutilus rutilus from the Caspian Sea and assessment of health risks. Environmental Resources Research. 2022;10(2):153-64.

24. Okati N, Esmaili-Sari A. Hair mercury and risk assessment for consumption of contaminated seafood in residents from the coast of the Persian Gulf, Iran. Environmental Science and Pollution Research. 2018;25:639-57.

25. Mahmoud MA, Abdel-Mohsein HS. Health risk assessment of heavy metals for Egyptian population via consumption of poultry edibles. Advances in Animal and Veterinary Sciences. 2015;3(1):58-70.

26. Malvandi H, Sarvary Korojdeh M, Azimi S. Assessment of mercury contamination in Perch species in the southern Caspian Sea. Archives of Environmental Contamination and Toxicology. 2020;79:147-55.

27. Varol M, Kaya GK, Alp A. Heavy metal and arsenic concentrations in rainbow trout (Oncorhynchus mykiss) farmed in a dam reservoir on the Firat (Euphrates) river: risk-based consumption advisories. Science of the Total Environment. 2017;599:1288-96.

28. Sinka Karimi MH, Sadeghi Bajgiran S. Consumption limit for Caspian with fish in stand of cadmium and lead from southeastern coast of Caspian Sea. Zanko Journal of Medical Sciences. 2015;16(49):32-43 (in Persian).

29. Jewett SC, Zhang X, Naidu AS, Kelley JJ, Dasher D, Duffy LK. Comparison of mercury and methylmercury in northern pike and Arctic grayling from western Alaska rivers. Chemosphere. 2003;50(3):383-92.

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-12-25]

30. Bravo AG, Cosio C, Amouroux D, Zopfi J, Chevalley PA, Spangenberg JE, et al. Extremely elevated methyl mercury levels in water, sediment and organisms in a Romanian reservoir affected by release of mercury from a chlor-alkali plant. Water research. 2014;49:391-405.

31. Jirsa F, Pirker D, Krachler R, Keppler BK. Total mercury in sediments, macrophytes, and fish from a shallow steppe lake in eastern Austria. Chemistry & Biodiversity. 2014;11(8):1263-75.

32. Nasrollahzadeh Saravi H, Pourgholam R, Pourang N, Rezaei M, Makhlough A, Unesipour H. Heavy metal concentrations in edible tissue of Cyprinus carpio and its target hazard quotients in the Southern Iranian Caspian Sea Coast,(2010). Journal of Mazandaran University of Medical Sciences. 2013;23(103):33-44 (in Persian).

33. Barghi M, Dahmardeh Behrooz R, Esmaili-Sari A, Ghasempouri SM. Mercury exposure assessment in Iranian pregnant women's hair with respect to diet, amalgam filling, and lactation. Biological Trace Element Research. 2012;148:292-301.

34. Sadeghi Rad M. Heavy metal determination in fish species of Anzali Lagoon. Iranian Scientific Fisheries Journal. 1997;5(4):1-16 (in Persian).

35. Drevnick PE, Roberts AP, Otter RR, Hammerschmidt CR, Klaper R, Oris JT. Mercury toxicity in livers of northern pike (Esox lucius) from Isle Royale, USA. Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology & Pharmacology. 2008;147(3):331-38.

36. Łuczyńska J, Łuczyński MJ, Paszczyk B, Tońska E. Concentration of mercury in muscles of predatory and non-predatory fish from lake Pluszne (Poland). Journal of Veterinary Research. 2016;60(1):43-47.

37. Zamani Ahmadmahmoodi R, Bakhtiari AR, Martín JAR. Spatial relations of mercury contents in Pike (Esox lucius) and sediments concentration of the Anzali wetland, along the southern shores of the Caspian Sea, Iran. Marine Pollution Bulletin. 2014;84(1-2):97-103.

38. Sakizadeh M, Esmaeili Sari A, Abdoli A, Bahramifar N, Hashemi SH. Determination of polychlorinated biphenyls and total mercury in two fish species (Esox lucius and Carassius auratus) in Anzali Wetland, Iran. Environmental Monitoring and Assessment 2012;184(5):3231-37.

39. Tabatabaie T, Ghomi MR, Amiri F, Zamani Ahmadmahmoodi R. Comparative Study of mercury accumulation in two fish species, (Cyprinus carpio and Sander lucioperca) from Anzali and Gomishan Wetlands in the southern coast of the Caspian Sea. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology. 2011;87(6):674-77.

40. Noroozi M. Bioaccumulation study of toxic and essential metals in muscle, liver, and gills of Perca fluviatilis L. in Anzali Wetland. Journal of Wetland Ecobiology. 2017;9(1):57-68 (in Persian).

41. Moreno CE, Fjeld E, Deshar MK, Lydersen E. Seasonal variation of mercury and δ15N in fish from Lake Heddalsvatn, southern Norway. Journal of Limnology. 2014;74(1):21-30.

42. Khoshnamvand M, Mojodi F, Khosravi R. Measurement and comparison of mercury

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-12-25]

concentration in different length groups of common carp muscle tissue from the Shadegan Wetland. Health and Development Journal. 2016;5(1):45-57.

43. Janatmakan S, Askary SA, Javaheri BM, Velayatzadeh M. Association of mercury, cadmium and arsenic bioaccumulation with the chemical compositions of Liza auratus muscle in Anzali wetland. Journal of Food Hygiene. 2015;4(16):19-30 (in Persian).

44. Hosseini SM, Mirghaffari N, Mahbubi Sufiani N, Hosseini SV, Ghasemi AF. Risk assessment of the total mercury in Golden gray mullet (Liza aurata) from Caspian Sea. International Journal of Aquatic Biology. 2013;1(6):258-65.

45. Malvandi H. Metals concentration and human health risk assessment in some fish species from the southern Caspian Sea. Marine Pollution Bulletin. 2024;202:116336

46. Khandanisharahi T, Taghavi L, Valinassab T, Aienjamshid K. Determination of heavy metals (Pb, Cd & Hg) accumulation in Nemipterus japonicas in the Northern Persian Gulf and reveal health risks. Journal of Animal Environment. 2017;9(4):183-192 (in Persian).

47. Yánez-Jácome GS, Romero-Estévez D, Vélez-Terreros PY, Navarrete H. Total mercury and fatty acids content in selected fish marketed in Quito - Ecuador. A benefit-risk assessment. Toxicology Reports. 2023;10:647-58.

48. Murillo-Cisneros DA, Zenteno-Savín T, Harley J, Cyr A, Hernández-Almaraz P, Gaxiola-Robles R, et al. Mercury concentrations in Baja California Sur fish: Dietary exposure assessment. Chemosphere. 2021;267:129233.

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-12-25]

Available online: https://ijhe.tums.ac.ir

Orginal Article

Contamination levels and human health risk assessment of mercury in some fish species from the Anzali International Wetland, Iran

Hassan Malvandi[1,2,3,*]

1- Department of Environmental Sciences and Engineering, Faculty of Geography and Environmental Sciences, Hakim Sabzevari University, Sabzevar, Iran
2- EthnoBiology Core (EBC), Hakim Sabzevari University, Sabzevar, Khorasan Razavi, Iran
3- Founding Member of the NGO, Hakim Institute for Wildlife Cooperation, Research and Rehabilitation, Sabzevar, Khorasan Razavi, Iran

ARTICLE INFORMATION:

Received: 27 February 2024
Revised: 08 May 2024
Accepted: 13 May 2024
Published: 16 September 2024

Keywords: Wetland, Pollution, Fish, Health index, Toxic metals

***Corresponding Author:**
h.malvandi@hsu.ac.ir

ABSTRACT

Background and Objective: The presence of toxic mercury in fish has caused global concern, as one of the main ways of humans are exposed to it is through fish consumption. Therefore, the main goal on this research was to determine the concentration of mercury in fish and evaluate the health risk to consumers.

Materials and Methods: Samples of pike, common perch, European perch, common carp and goldfish were collected from Anzali wetland. Mercury concentration was measured using a graphite furnace atomic absorption spectrometer. Differences in mercury concentration among the species and the comparison of mercury concentration with the standards were analyzed using one-way analysis of variance and one sample t-test, respectively.

Results: The average concentrations of mercury for pike, common perch, European perch, common carp and goldfish were 59.59, 67.55, 30.45, 9.84, and 10.44 µg/kg ww, respectively. The results showed significant differences in mercury concentrations among different species. The concentrations of mercury in all samples were below the permissible limits of international standards (300 and 500 µg/kg dw), and the HQ index values were less than 1. Therefore, the results indicated no potential risk to consumer health. Additionally, the consumption of European perch, common carp and goldfish is considered safe for sensitive people (children and pregnant women).

Conclusion: In general, there was no potential concern regarding mercury exposure from consuming the studied fish species.

Please cite this article as: Malvandi H. Contamination levels and human health risk assessment of mercury in some fish species from the Anzali International Wetland, Iran. Iranian Journal of Health and Environment. 2024;17(2):205-20.

Copyright © 2024 Iranian Association of Environmental Health, and Tehran University of Medical Sciences. Published by Tehran University of Medical Sciences. This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International license (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/). Noncommercial uses of the work are permitted, provided the original work is properly cited.

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-12-25]