مجله بهداشت و توسعه
سال نهم/شماره ۲/ تابستان ۱۳۹۹

مقاله پژوهشی
تاریخ دریافت: ۹۸/۹/۱۶ **تاریخ پذیرش:** ۹۸/۱۱/۲

سنجش غلظت جیوه در ماهی کپور معمولی و کاراس ساکن در تالاب انزلی و ارزیابی خطر سلامت انسان

حسن ملوندی[۱]، مینا سروری کروژده[۲]، سمیه عظیمی[۲]

چکیده

مقدمه: ارزیابی مخاطره سلامتی در انسان به واسطه مصرف ماهی‌ها به دلیل افزایش غلظت آلاینده‌ها ضروری است. هدف از تحقیق حاضر تعیین غلظت جیوه در بافت خوراکی ماهیان کپور معمولی و کاراس ساکن در تالاب انزلی و ارزیابی خطر سلامتی بود.

روش‌ها: این تحقیق مقطعی در سال ۱۳۹۷ انجام شد. ۱۰ نمونه از هر گونه از صیادان محلی خریداری شد. بافت عضله جدا و پس از هضم اسیدی، غلظت جیوه با استفاده از دستگاه کوره گرافیتی اندازه‌گیری شد. تعیین اختلاف غلظت جیوه بین گونه‌ها، مقایسه مقادیر جیوه با استانداردهای ملی و بین‌المللی و همبستگی بین غلظت جیوه با خصوصیات ریخت‌شناسی به ترتیب با استفاده از آزمون‌های t مستقل، t تک نمونه و همبستگی پیرسون با نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۱ انجام شد.

نتایج: میانگین و انحراف‌معیار غلظت‌های جیوه در عضله ماهی کپور معمولی و کاراس به ترتیب ۱۶± ۲۶ و ۱۸± ۳۲ میکروگرم بر کیلوگرم وزن خشک به دست آمد. غلظت جیوه دو گونه اختلاف معنی‌داری نداشت. همبستگی معنی‌داری بین غلظت جیوه با وزن و طول بدن ماهی مشاهده نشد. مقادیر جیوه کمتر از حدود مجاز ارائه شده توسط سازمان‌های ملی و بین‌المللی بودند. مقادیر شاخص خطر (HQ) برای کودکان و بزرگسالان در محدوده امن (HQ<۱) بودند.

بحث و نتیجه‌گیری: خطری بالقوه برای سلامتی کودکان و بزرگسالان به واسطه مصرف این گونه‌ها وجود ندارد. به دلیل حضور انواع مختلف آلاینده‌ها در تالاب انزلی، پایش غلظت آن‌ها در انواع مختلف گونه‌های آبزی توصیه می‌شود.

واژگان کلیدی: خطر سلامتی، کپور معمولی، جیوه، امنیت غذایی، تالاب

مقدمه

امروزه به دلایل روند رو به رشد جمعیت و نیاز انسان به غذای سالم و همچنین توصیه علم پزشکی به استفاده از منابع خوراکی دریایی به ویژه ماهیان که دارای بیشترین میزان تنوع در بین مهره‌داران هستند، در حال افزایش است (۱،۲). ماهی‌ها از نظر ارزش غذایی، به دلایلی از قبیل میزان بالای اسیدهای چرب امگا ۳، ویتامین‌ها، چربی‌ها و اسیدهای آمینه دارای اهمیت بالایی بوده و همچنین دارای مواد معدنی از جمله Fe، Ca، Cu و Zn هستند (۳،٤).

اما متأسفانه امروزه به دلایل افزایش آلودگی‌ها در اکوسیستم دریایی، مقدار بسیار زیادی از فلزات سنگین در اندام‌های مختلف آبزیان تجمع می‌یابند. نکته قابل‌توجه در مورد این آلاینده‌ها، خاصیت تجمع زیستی آن‌ها است که از این طریق در طول زنجیره غذایی بر مقدارشان افزوده شده و می‌تواند بهداشت و

۱- استادیار، گروه علوم و مهندسی محیط زیست، دانشکده جغرافیا و علوم محیطی، دانشگاه حکیم سبزواری، سبزوار، ایران
۲- دانشجوی کارشناسی، گروه علوم و مهندسی محیط زیست، دانشکده جغرافیا و علوم محیطی، دانشگاه حکیم سبزواری، سبزوار، ایران
نویسنده‌ی مسئول: حسن ملوندی **Email:** h.malvandi@hsu.ac.ir
آدرس: خراسان رضوی، سبزوار، توحید شهر، دانشگاه حکیم سبزواری، دانشکده جغرافیا و علوم محیطی، گروه علوم و مهندسی محیط زیست
تلفن: ۰۵۱۴۴۰۱۳۲۳۰ **فاکس:** ۰۵۱۴۴۰۱۲۶۰۷

سلامت مصرف‌کنندگان را به خطر اندازد و در نتیجه باعث بروز انواع بیماری‌های عصبی، خونی و ژنتیکی گردد. در اغلب موارد فلزات سنگین از طریق دفع فاضلاب‌های صنعتی و کشاورزی، استفاده بیش‌ازحد استاندارد از کودها در کشت محصولات کشاورزی و شیرابه محل‌های دفن زباله به محیط‌زیست وارد می‌شوند (۸–۵).

جیوه از جمله این فلزات با نیمه عمر بالا است و به دلیل سمّیت بالا و سرطان‌زا بودن، نیاز به پایش و سنجش پیوسته به طرق مختلف دارد. این فلز دارای خاصیت تجمع زیستی است و در بافت‌های مختلف از جمله عضلات، استخوان‌ها، کلیه و کبد انباشته می‌شود و غلظت آن در طول زنجیره غذایی افزایش می‌یابد. امروزه این موضوع به عنوان یک تهدید جدی و خطری پنهان برای سلامت آبزیان و انسان‌ها مطرح است. از جمله اثرات مخرب آن، می‌توان به بیماری‌های مختلف عصبی، خونی و حتی ژنتیکی اشاره کرد (۱۲–۹). جیوه عنصری فاقد نقش مثبت و مفید در بدن است و به هر شکلی که در بدن موجود زنده حضور داشته باشد، اثر مخرب و نامطلوبی روی سلامت آن موجود دارد (۱۳). جذب جیوه در بدن انسان می‌تواند از طریق راه‌های مختلف از جمله تنفس، تزریق، تغذیه، گوارش، جفت و جنین صورت گیرد که در آن‌ها تغذیه مهم‌ترین نقش را دارا است (۱٤).

گونه‌های متعددی از ماهیان در سواحل شمالی ایران در سبد غذایی مردم قرار دارند. همچنین ماهی‌ها در سبد غذایی افراد ساکن استان‌های غیر شمالی به صورت کنسرو شده نیز قرار دارند (۱۵). از جمله ماهی‌های مصرف شده در شمال، می‌توان به ماهی کپور معمولی اشاره کرد. ماهی کپور معمولی یا *Cyprinus caprio* متعلق به خانواده *Cyprinidea* است. این ماهی یکی از گونه‌های کپور ماهی است که بومی مناطق معتدله آسیا و اروپا است که طی قرن‌های متمادی در اکثر نواحی جهان گسترش پیدا کرده است و از نظر اقتصادی و غذایی از گونه‌های مهم به شمار می‌رود (۲،۱٦). کپور به دلیل عواملی همچون پراکنش وسیع و گسترده در نواحی مختلف و توانایی مقاومت در برابر عوامل نامساعد محیطی، یکی از گونه‌های مورد مطالعه محققین بوده است (۱۷). این گونه در ایران دارای سه جمعیت متمایز تالابی، پرورشی و مصبی است که از این سه جمعیت، به جزء جمعیت پرورشی آن که در اغلب مناطق کشور یافت می‌شود، جمعیت وحشی آن فقط در حوضه دریای خزر زندگی می‌کند (۱۸). این گونه در فصل تولیدمثل به نواحی جنوبی دریای خزر مهاجرت می‌کند و برای تخم‌ریزی وارد مصب رودخانه‌ها می‌شود. ماهی کپور به دلیل سبک تغذیه‌ای همه چیزخواری خود، توانایی مقاومت در برابر آلاینده‌های زیادی را دارد و می‌تواند در معرض طیف گسترده‌ای از آلاینده‌های محیط باشد، ولی در سال‌های اخیر این ماهی به دلیل تخریب محل‌های تولیدمثل و صید بیش‌ازحد متعارف در زمره گونه‌های نیازمند به حفاظت قرار گرفته است (۲،۱۹).

از دیگر ماهی‌های مقاوم در حوضه دریای خزر می‌توان به کاراس (*Carassius auratus*) اشاره کرد. ماهی کاراس گونه‌ای غیربومی در ایران است و از نظر تغذیه، این ماهی از موجودات ریز آبزی و بقایای گیاهان تغذیه می‌کند. از نظر ویژگی محل زیست این گونه، هر چه محل زندگی این ماهی دارای رسوبات و لجن بیشتری باشد، شرایط برای حیات و تولیدمثل این ماهی مطلوب‌تر است. این

گونه به دلیل تغذیه متنوع و تراکم بسیار بالا، با گونه‌های مهم و ارزشمند اقتصادی همچون کپور و سیم رقابت داشته و شرایط را برای رشد و زندگی این ماهیان سخت می‌کند. جمعیت ماهی کاراس در محیط‌های طبیعی به خاطر عواملی همچون بلوغ زودرس و تولیدمثل سریع، مقاومت بیش‌ازحد در برابر کاهش غذا و اکسیژن به سرعت افزایش می‌یابد؛ اما این ماهی فقط در بعضی کشورها به عنوان منبع غذایی استفاده می‌شود و به دلیل مزه و بوی نامناسب و اندازه کوچک از نظر تجاری دارای ارزش کمتری می‌باشد (۲۰،۲۱).

تالاب انزلی از تالاب‌های بین‌المللی و با اهمیت کشور از لحاظ اقتصادی، زیست‌محیطی و اجتماعی بوده که خدمات زیادی را برای انسان‌ها به خصوص افراد بومی فراهم می‌کند؛ اما این اکوسیستم با ارزش به واسطه ورود آلاینده‌ها به خصوص فلزات سنگین از طریق رواناب‌ها، فاضلاب‌های شهری، خانگی و صنعتی، قایق‌رانی، فعالیت‌های کشاورزی، شیرابه‌های محل دفن زباله، زائدات فرآورده‌های نفتی و ... دچار آلودگی شده است (۲۴-۱۱،۲۲) که این آلودگی‌ها می‌تواند بر سلامت و زندگی موجودات آبزی و انسان‌ها تأثیرات منفی و مخرب داشته باشد (۳).

مزایا و فواید استفاده از ماهی می‌تواند به واسطه حضور آلاینده‌ها به ویژه فلزات سنگین تحت تأثیر قرار گیرد؛ بنابراین در مطالعات مشابه صورت گرفته، ارزیابی مخاطرات آن‌ها انجام شده است. ارزیابی مخاطره فرآیندی است که به برآورد احتمال آسیب یا اختلال عملکرد در انسان به واسطه در معرض بودن با مواد شیمیایی یا سمی در زمان حال یا آینده می‌پردازد (۲۷–۲۵).

با توجه به اهمیت ارزیابی مخاطرات سلامتی فلزات سنگین، مطالعات مشابهی در سراسر ایران و جهان در انواع گونه‌های مختلف ماهی انجام شده است. برای نمونه می‌توان به مطالعات انجام شده توسط ملوندی و همکاران (۲۸) بر روی گونه سیاه ماهی، ملوندی و الهآبادی (۳) بر روی گونه‌های سگ ماهی، Çulha و همکاران (۲۹) بر روی عقرب ماهی، Yoon و همکاران (۳۰) بر روی گونه دندان ماهی جنوبگان و مطالعات انجام شده در ماهی‌های کنسرو شده توسط حسینی و همکاران (٤،۳۱) اشاره کرد. همچنین می‌توان به مطالعات انجام شده بر روی گونه کپور معمولی توسط سبحان اردکانی و جعفری (۳۲،۳۳) از تالاب شیرین سو، طباطبائی و همکاران (۳٤) از تالاب انزلی، آستانی و همکاران (۳۵)، نصرالله‌زاده و همکاران (۳٦) و الصاق (۳۷) از دریای خزر اشاره کرد. به علاوه تحقیقاتی نیز بر روی گونه کاراس توسط صادقی‌راد (۳۸)، ساکی‌زاده و همکاران (۳۹)، برقی و همکاران (٤۰) و آستانی و همکاران (۳۵) در تالاب انزلی انجام شده است.

تحقیق حاضر با توجه به اهمیت ماهی‌ها در رژیم غذایی و نقش مفید آن‌ها در سلامت و از طرفی دیگر امکان حضور آلاینده‌ها در گونه‌های مختلف و تأثیر منفی بر سلامت مصرف‌کنندگان، انجام شد. هدف اصلی از مطالعه حاضر تعیین غلظت عنصر سمّی جیوه در بافت خوراکی دو گونه ماهی صید شده کپور معمولی و کاراس از تالاب انزلی بود. از دیگر اهداف این تحقیق می‌توان به تعیین حد جذب روزانه، هفتگی، تعیین میزان مجاز مصرف روزانه، هفتگی و ماهانه، مقایسه غلظت عنصر جیوه در بافت خوراکی دو گونه ماهی مورد بررسی با استانداردهای جهانی، ارزیابی مخاطره سلامتی انسان‌ها ناشی از مصرف

خود گونه و گونه‌های شکارگر مصرف کننده این دو گونه اشاره کرد.

مواد و روش‌ها

تالاب انزلی واقع در سواحل جنوبی دریای خزر و از زیر مجموعه تالاب های کنوانسیون رامسر است. این تالاب به لحاظ ارزش اقتصادی (گردشگری، تکثیر و پرورش آبزیان و افزایش تولیدات گیاهی) نقش کلیدی و مهمی دارد. تالاب انزلی از نظر فراهم کردن یک بستر مطالعاتی رایگان و طبیعی در زمینه‌های علمی، آموزشی و فرهنگی برای محققین و فراهم نمودن امکانات ارتباط آبی حائز اهمیت است (۱۱،۲۲). از طرف دیگر، این تالاب به لحاظ ورود فلزات سنگین و سایر آلاینده‌ها از طریق رودهای ورودی به درون خود، دچار آلودگی شده است. اصلی‌ترین عامل آلودگی رودهای ورودی به تالاب، فاضلاب‌های شهری و صنعتی است (۲۳).

گونه‌های ماهی کپور معمولی و کاراس در زمستان ۱۳۹۷ از بازار محلی ماهی‌فروشی واقع در تالاب انزلی جمع‌آوری شد. از هر نمونه به طور پایلوت ۱۰ عدد خریداری و پس از ثبت اطلاعات، در پلاستیک قرار داده شد و توسط یونولیت حاوی یخ به آزمایشگاه منتقل شدند. وزن کل بدن ماهی با استفاده از ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۱ گرم و خصوصیات ریخت‌شناسی شامل طول کل بدن، طول استاندارد و طول چنگالی با استفاده تخته بیومتری با دقت ۰/۱ میلی‌متر اندازه‌گیری شد. نمونه‌ها تا زمان انجام آزمایش در دمای ۲٤- درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند.

برای تعیین غلظت عنصر سمّی جیوه، ابتدا نمونه‌های بافت عضله در آون در دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ٤٨ ساعت کاملاً خشک شدند. بعد از پودر شدن نمونه، ۱ گرم از هر نمونه با استفاده

مقدار جذب روزانه (Estimated Daily Intake) EDI بر اساس فرمول ۱ محاسبه شد (٤١). مقادیر EDI در بدن انسان بستگی به غلظت عنصر مورد مطالعه در ماهی و هم مقدار مصرف ماهی دارد. لازم به ذکر است که برای محاسبات شاخص زیر و سایر شاخص‌ها از میزان نرخ مصرف ماهی برای شمال ایران (۳۸ گرم در روز)، میانگین مصرف در ایران (۲۰/۵ گرم در روز) و (Food and Agriculture Organization) FAO (۳٦ گرم در روز) استفاده شد (۳).

فرمول ۱

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

که در این رابطه، C غلظت عنصر جیوه در بافت ماهی مورد مطالعه (میکروگرم بر گرم بر حسب وزن تر)، IR نرخ مصرف روزانه ماهی (گرم در روز) و Bw وزن انسان (۷۰ کیلوگرم برای انسان بالغ) بود.

مقدار جذب هفتگی (Estimated Weekly Intake) EWI بر اساس فرمول ۲ به دست آمد (٤٢):

فرمول ۲

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

که در این رابطه، C غلظت عنصر جیوه در بافت ماهی مورد مطالعه (میکروگرم بر گرم بر حسب وزن تر)، IRw نرخ مصرف هفتگی ماهی (گرم در هفته) و Bw وزن انسان (۷۰ کیلوگرم برای انسان بالغ) بود.

خطرات سلامتی مرتبط با مصرف عنصر جیوه به وسیله مقدار شاخص خطر (Hazard quotients) HQ برای آن عنصر محاسبه می‌شود. اگر میزان HQ کمتر از ۱ باشد بدان معنی است که جمعیت در معرض بعید است اثرات مخرب مشهودی را تجربه کند. شاخص خطر بر اساس معادله ۳ محاسبه گردید:

فرمول ۳

$$HQ = \left(\frac{EF \times ED \times FIR \times C}{RFD \times WAB \times TA}\right) \times 10^{-3}$$

EF یعنی فراوانی در معرض بودن (۳٦۵ روز/ سال)، ED مدت در معرض بودن (۷۰ سال) معادل میانگین طول عمر، FIR میزان مصرف مواد غذایی (گرم/شخص/روز)، C غلظت فلز در گونه (میکروگرم بر گرم)، RFD (Reference Dose) دوز مرجع (United States Environmental Protection Agency) USEPA ($\mu g\ kg^{-1}\ day^{-1}$) (۰/۱) یا جذب قابل‌قبول روزانه (World Health Organization) WHO ($\mu g\ kg^{-1}\ day^{-1}$) (۰/۲۳)، WAB (Body Weight) میانگین وزن بدن (برای کودکان و بزرگسالان به ترتیب ۱٤/۵ Kg و ۷۰) و TA میانگین زمان در معرض بودن برای غیرسرطان‌زاها (۳٦۵ days/year×ED) است (۲۸،٤۳،٤٤).

نرخ حداکثر میزان مجاز مصرف ماهی (Maximum allowable consumption rate) CR برای اثرات غیرسرطان‌زایی از طریق معادله ٤ محاسبه گردید:

فرمول ٤

$$CR_{lim} = (RfD \times Bw)/MC$$

که در این رابطه CR_{lim} حداکثر حد مجاز مصرف ماهی (کیلوگرم/روز)، دوز مرجع دهانی (میلی گرم/کیلوگرم /روز)، Bw: وزن انسان (۷۰ کیلوگرم برای انسان بالغ) و غلظت عنصر در بافت ماهی (میلی‌گرم/ کیلوگرم وزن تر) بود (٤۵).

میزان محدودیت مصرف روزانه ماهی ممکن است در طی یک دوره زمانی بیشتر مورد استفاده قرار گیرد؛ بنابراین برای تبدیل حداکثر وعده‌های مجاز مصرف روزانه به تعداد وعده‌های مجاز مصرف ماهی در ماه از رابطه زیر استفاده شد:

$$CR_{mm} = CR_{lim} \times T/MS$$

که در این رابطه CR_{mm} حداکثر میزان مجاز ماهی در ماه (وعده/ماه)، CR_{lim} حداکثر حد مجاز مصرف ماهی (کیلوگرم/روز)، T تعداد روزهای هر ماه (۳۰/٤۲ روز در ماه)، میزان مصرف ماهی در هر وعده (۰/۲۲۷ کیلوگرم) بود (٤۵،٤٦).

ابتدا نرمال بودن داده‌ها با آزمون کولموگروف–اسمیرنوف بررسی شد. با توجه به نرمال بودن داده‌ها، از آزمون‌های پارامتریک برای تجزیه‌وتحلیل داده‌ها استفاده شد. برای تعیین اختلاف بین گونه‌ها از آزمون t مستقل استفاده شد. از آزمون t تک نمونه‌ای نیز برای مقایسه مقادیر به دست آمده با استانداردهای ملی و بین‌المللی استفاده شد. همچنین برای تعیین همبستگی بین غلظت جیوه با مشخصات ریخت‌شناسی شامل وزن کل بدن، طول کل بدن، طول استاندارد و طول چنگالی از آزمون پیرسون استفاده شد. تمام آزمون‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۱ و در سطح اطمینان ۹۵ درصد انجام شد.

نتایج

اطلاعات ریخت‌سنجی یعنی طول کل، طول استاندارد، طول چنگالی و وزن کل ماهی‌ها و همچنین غلظت‌های جیوه به دست آمده در دو گونه کپور معمولی و کاراس در جدول ۱ نشان داده شده است.

نتایج آزمون t مستقل نشان دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در غلظت عنصر مورد مطالعه بین دو گونه بود (P=۰/۷۸). همچنین بر اساس آزمون پیرسون بین غلظت‌های جیوه در بافت عضله و خصوصیات ریخت‌شناسی شامل وزن کل بدن (r=۰/۵۳ و P=۰/۱۲)، طول کل (r=۰/۵٤ و P=۰/۱۱)، طول استاندارد (r=۰/۵۲ و P=۰/۱۲) و طول چنگالی (r=۰/٦۰ و P=۰/۰۷) در گونه کپور معمولی و بین غلظت‌های جیوه در بافت عضله و خصوصیات ریخت‌شناسی وزن کل بدن (r=۰/۵۸ و P=۰/۲۷)، طول کل (r=۰/٦۲ و P=۰/۲۰)، طول استاندارد (r=۰/٦۰ و P=۰/۲۱) و طول چنگالی (r=۰/۵۰ و P=۰/۳۱) در گونه کاراس همبستگی معنی‌داری مشاهده نشد.

جدول ۱: مشخصات ریخت‌شناسی و مقادیر عنصر جیوه در گونه کپور معمولی و کاراس

پارامتر	گونه							
	کپور معمولی				کاراس			
	میانگین	انحراف معیار	حداقل	حداکثر	میانگین	انحراف معیار	حداقل	حداکثر
طول کل (cm)	۳۷/۱۱	۶/۵۲	۲۷/۱	۵۰	۲۵/۳۳	۴/۲۱	۱۸/۱	۳۰/۱
طول استاندارد (cm)	۳۰/۷	۶/۴۳	۲۱/۸	۴۲/۵	۲۰/۵۲	۴/۰۲	۱۶/۲	۲۴/۸
طول چنگالی (cm)	۳۳/۸۶	۵/۹۲	۲۳/۲	۴۶/۴	۲۳/۳۹	۳/۳۳	۱۶/۷	۲۸/۳
وزن کل (gr)	۹۱۱/۲	۴۴۲/۹	۲۶۳	۱۷۶۳	۳۱۳/۸۶	۱۵۵/۵۲	۸۵	۵۵۶
غلظت جیوه $\mu g\ kg^{-1}$ وزن خشک	۲۶/۴	۱۶/۱۷	۱۰/۰	۱۲۵/۰	۳۲/۱۷	۱۷/۹۴	۱۰/۰	۱۲۱/۰

برای محاسبه مقادیر جذب روزانه (EDI) و هفتگی (EWI) از مقدار سرانه مصرف ماهی بیان شده FAO و همچنین مقادیر میانگین سرانه مصرف ماهی در کشور ایران و سواحل شمالی ایران، استفاده شد. مقادیر جذب روزانه و هفتگی عنصر جیوه در دو گونه مورد مطالعه در جدول ۲ نشان داده شد. بر اساس مقادیر سرانه مصرف ماهی، میزان جذب جیوه‌ای که از طریق مصرف کپور معمولی جذب بدن می‌شود، در محدوده ۰/۰۰۱۷ تا ۰/۰۰۳۲ میکروگرم بر گرم در روز و در محدوده ۰/۰۱۱۹ تا ۰/۰۲۲۱ میکروگرم بر گرم در هفته است. میزان جذب جیوه‌ای برای ماهی کاراس نیز در محدوده ۰/۰۰۲۰ تا ۰/۰۰۳۷ میکروگرم بر گرم در روز و در محدوده ۰/۰۱٤۰ تا ۰/۰۲۵۹ میکروگرم بر گرم در هفته است.

جدول ۲: مقادیر جذب روزانه (EDI) و هفتگی (EWI) برای دو گونه کپور معمولی و کاراس

شاخص / گونه	EDI_F [a]	EDI_{Im} [b]	EDI_{In} [c]	EWI_F [a]	EWI_{Im} [b]	EWI_{In} [c]
کپور معمولی	۰/۰۰۳۰	۰/۰۰۱۷	۰/۰۰۳۲	۰/۰۲۰۹	۰/۰۱۱۹	۰/۰۲۲۱
کاراس	۰/۰۰۳۵	۰/۰۰۲۰	۰/۰۰۳۷	۰/۰۲۴۶	۰/۰۱۴۰	۰/۰۲۵۹

[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

شاخص خطر (HQ) نیز برای دو گونه بر اساس میزان مصرف‌های مختلف و دوز رفرنس‌های مختلف محاسبه شد. مقادیر این شاخص برای گونه کپور معمولی در محدوده $۳/٦ \times ۱۰^{-۵}$ تا $۱۵/۲ \times ۱۰^{-۵}$ و برای کاراس در محدوده $٤/۲ \times ۱۰^{-۵}$ تا $۱۷/۹ \times ۱۰^{-۵}$ برای کودکان و برای گونه کپور معمولی در محدوده $۰/۷ \times ۱۰^{-۵}$ تا $۳/۲ \times ۱۰^{-۵}$ و برای کاراس در محدوده $۰/۹ \times ۱۰^{-۵}$ تا $۳/۷ \times ۱۰^{-۵}$ برای بزرگسالان بود (جدول ۳).

جدول ۳: مقادیر شاخص HQ برای دو گونه کپور معمولی و کاراس

شاخص / گونه		HQ_{FE} [a]	HQ_{FW} [b]	HQ_{ImE} [c]	HQ_{ImW} [d]	HQ_{InE} [e]	HQ_{Inw} [f]
کپور معمولی	کودکان	$۱۴/۴ \times ۱۰^{-۵}$	$۶/۳ \times ۱۰^{-۵}$	$۸/۲ \times ۱۰^{-۵}$	$۳/۶ \times ۱۰^{-۵}$	$۱۵/۲ \times ۱۰^{-۵}$	$۶/۶ \times ۱۰^{-۵}$
	بزرگسالان	$۳/۰ \times ۱۰^{-۵}$	$۱/۳ \times ۱۰^{-۵}$	$۱/۷ \times ۱۰^{-۵}$	$۰/۷ \times ۱۰^{-۵}$	$۳/۲ \times ۱۰^{-۵}$	$۱/۴ \times ۱۰^{-۵}$
کاراس	کودکان	$۱۶/۹ \times ۱۰^{-۵}$	$۷/۴ \times ۱۰^{-۵}$	$۹/۶ \times ۱۰^{-۵}$	$۴/۲ \times ۱۰^{-۵}$	$۱۷/۹ \times ۱۰^{-۵}$	$۷/۸ \times ۱۰^{-۵}$
	بزرگسالان	$۳/۵ \times ۱۰^{-۵}$	$۱/۵ \times ۱۰^{-۵}$	$۲/۰ \times ۱۰^{-۵}$	$۰/۹ \times ۱۰^{-۵}$	$۳/۷ \times ۱۰^{-۵}$	$۱/۶ \times ۱۰^{-۵}$

[a] شاخص HQ، بر اساس میزان مصرف FAO و دوز رفرنس EPA
[b] شاخص HQ، بر اساس میزان مصرف FAO و دوز رفرنس WHO
[c] شاخص HQ، بر اساس میزان مصرف میانگین در ایران و دوز رفرنس EPA
[d] شاخص HQ، بر اساس میزان مصرف میانگین در ایران و دوز رفرنس WHO
[e] شاخص HQ، بر اساس میزان مصرف میانگین در سواحل شمال ایران و دوز رفرنس EPA
[f] شاخص HQ، بر اساس میزان مصرف میانگین در سواحل شمال ایران و دوز رفرنس WHO

حداکثر میزان مجاز مصرف ماهی روزانه، هفتگی و ماهانه برای یک انسان بالغ در جدول ٤ نشان داده شده است. برای ماهی کپور معمولی میزان مجاز مصرف ماهی روزانه برابر با ۱/۲۰ کیلوگرم، هفتگی برابر با ۸/٤۳ کیلوگرم و تعداد وعده‌های مجاز مصرف این گونه در ماه برابر با ١٦١/٥٦ وعده بود. برای ماهی کاراس میزان مجاز مصرف ماهی روزانه برابر با ۱/۰۳ کیلوگرم، هفتگی برابر با ۷/۱۸ کیلوگرم و تعداد وعده‌های مجاز مصرف این گونه در ماه برابر با ١٣٧/٦٤ وعده به دست آمد.

جدول ٤: میزان مجاز مصرف ماهی (CR lim) روزانه، هفتگی و ماهانه مصرف ماهی کپور معمولی و کاراس در مصرف‌کنندگان بزرگسال

شاخص / گونه	CR lim (kg/day)	CR lim (kg/week)	CR mm (meals/month)
کپور معمولی	۱/۲۰	۸/۴۳	۱۶۱/۵۶
کاراس	۱/۰۳	۷/۱۸	۱۳۷/۶۴

بحث

میانگین غلظت جیوه در کپور معمولی در این تحقیق ۲٦ µg kg^{-1} وزن خشک به دست آمد. در تحقیقات دیگر نیز غلظت این عنصر در این گونه سنجش شده است. برای نمونه در تحقیق انجام شده صادقی‌راد در کپور معمولی صید شده از تالاب انزلی غلظت جیوه ۱۹۰µg kg^{-1} وزن خشک به دست آمده است (۳۸). در تحقیق طباطبائی و همکاران در تالاب انزلی میزان جیوه سنجش شده ۹۹۰ µg kg^{-1} وزن خشک اعلام شده است که این مقادیر بیشتر از متوسط جیوه در تحقیق حاضر بود (۳٤). در جدول ۵، غلظت‌های جیوه در گونه کپور معمولی با سایر مطالعات انجام شده، مقایسه شده است. نتایج نشان داد که مقادیر به دست آمده در مطالعه حاضر کمتر از مقادیر گزارش شده از همین گونه از تالاب انزلی، دریای خزر، تالاب شادگان، تالاب هامون، سد تهم و رودخانه‌های Jinsha و Tuo بود (٤۹-۳۸،٤۷-۳۵،۹)؛ بنابراین با توجه به نتایج به دست آمده از مقایسه بالا، در کل می‌توان گفت که غلظت این فلز در بافت عضله کپور معمولی تالاب انزلی نسبت به گذشته کاهش داشته است و احتمالاً از نظر آلودگی به این فلز نسبت به سایر مناطق مقایسه شده در جدول ۵ در وضعیت بهتری قرار دارد. لازم به ذکر است که در مورد این نتیجه‌گیری باید محتاط بود و برای نتیجه‌گیری مؤثق‌تر و قابل‌اعتمادتر، تحقیقات بیشتر و جامع‌تری انجام داد.

همچنین غلظت جیوه در بافت گونه کاراس بندرانزلی در مطالعه حاضر، در مقایسه با سایر مطالعات صورت گرفته بر همین‌گونه از تالاب انزلی مقدار بسیار کمتری را نشان داد (۳۵،۳۸،۳۹). به علاوه میزان جیوه بر حسب وزن تر در ماهی کاراس در این مطالعه ۷ µg kg^{-1} به دست آمد که از مقادیر به دست آمده جیوه از همین گونه از رودخانه‌های Jinsha و Tuo نیز کمتر بود (٤۹) (جدول ۵).

جدول ۵: مقایسه میانگین غلظت جیوه در کپور معمولی و کاراس با سایر مطالعات انجام شده

گونه	نام علمی	مکان مورد مطالعه	غلظت	منبع
کپور معمولی	*Cyprinus caprio*	تالاب انزلی	۲۶ [a]	مطالعه حاضر
کپور معمولی	*Cyprinus caprio*	تالاب انزلی	۱۷۹ [a]	(۳۵)
کپور معمولی	*Cyprinus caprio*	تالاب انزلی	۱۹۰ [a]	(۳۸)
کپور معمولی	*Cyprinus caprio*	دریای خزر	۵۰۰ [a]	(۳۶)
کپور معمولی	*Cyprinus caprio*	دریای خزر	۳۰۲ [a]	(۳۷)
کپور معمولی	*Cyprinus caprio*	تالاب شادگان	۵۶۳ [a]	(۹)
کپور معمولی	*Cyprinus caprio*	تالاب هامون	۲۸۰ [a]	(۴۷)
کپور معمولی	*Cyprinus caprio*	دریاچه سد تهم	۲۶ [b]	(۴۸)
کپور معمولی	*Cyprinus caprio*	رودخانه‌های Jinsha و Tuo	۳۹ [b]	(۴۹)
کاراس	*Carassius auratus*	تالاب انزلی	۳۲ [a]	مطالعه حاضر
کاراس	*Carassius auratus*	تالاب انزلی	۱۱۵ [a]	(۳۵)
کاراس	*Carassius auratus*	تالاب انزلی	۷۵ [a]	(۳۹)
کاراس	*Carassius auratus*	تالاب انزلی	۳۱۰ [a]	(۳۸)
کاراس	*Carassius auratus*	رودخانه‌های Jinsha و Tuo	۴۲ [b]	(۴۹)

a: میکروگرم بر کیلوگرم وزن خشک

b: میکروگرم بر کیلوگرم وزن تر

با توجه به جدول ٦، مقدار جیوه به دست آمده از دو گونه مورد مطالعه در تحقیق حاضر، کمتر از مقادیر گزارش شده از سایر گونه‌های ساکن در تالاب انزلی و سایر بدنه‌های آبی بود. در این جدول بیشترین مقدار جیوه به دست آمده مربوط به تحقیق دهمرده بهروز و همکاران در منطقه چاه نیمه زابل- خلیج عمان است (۵۰) و کمترین مقدار ثبت شده مربوط به مطالعه صورت گرفته Li و همکاران در دو رودخانه Tuo و Jinsha بر روی گونه کاراس می‌باشد (٤٩).

جدول ٦: میانگین غلظت جیوه در سایر گونه‌های صید شده از تالاب انزلی و چند بستر آبی دیگر

گونه	نام علمی	مکان مورد مطالعه	غلظت	منبع
کپور نقره‌ای	*Hypophthalmichthys molitrix*	دریاچه سد قشلاق سنندج	۳۳۹[a]	(۱۰)
کپور نقره‌ای	*Hypophthalmichthys molitrix*	تالاب انزلی	۲۰۰[a]	(۳۸)
کپور نقره‌ای	*Hypophthalmichthys molitrix*	تالاب هامون	۱۵۰[a]	(۴۷)
کپور نقره‌ای	*Hypophthalmichthys molitrix*	چاه نیمه زابل- خلیج عمان	۹۵۰[a]	(۵۰)
کپور علف خوار-ماهی آمور	*Ctenopharyngodon idella*	چاه نیمه زابل- خلیج عمان	۱۱۸۰[a]	(۵۰)
کاراس	*Carassius auratus aurathus*	رودخانه Tuo (چین)	۴۲[b]	(۴۹)
کاراس	*Carassius auratus aurathus*	رودخانه Jinsha (چین)	۴۲[b]	(۴۹)
اردک ماهی	*Esox lucius*	تالاب انزلی	۳۸۰[a]	(۳۸)
کفال طلایی	*Liza auratus*	تالاب انزلی	۵۷[b]	(۵۱)
اردک ماهی	*Esox lucius*	تالاب انزلی	۳۲۲[c]	(۴۰)
مروارید ماهی-کولی ایرانی	*Alburnus alburnus*	تالاب انزلی	۲۳۷[c]	(۴۰)
ماهی سیم نما- سیم پرک	*Bilcca bjoerkna*	تالاب انزلی	۳۹۸[c]	(۴۰)
گامبوزیا	*Gambusia holbrooki*	تالاب انزلی	۳۲۴[c]	(۴۰)
ماهی رشدگر-لوچ	*Cobitis taenia*	تالاب انزلی	۳۲۸[c]	(۴۰)
گرچاک اروپایی	*Rhodeus sericeus amarus*	تالاب انزلی	۲۸۲[c]	(۴۰)
اردک ماهی	*Esox lucius*	تالاب انزلی	۱۸۲[a]	(۳۹)

a: میکروگرم بر کیلوگرم وزن خشک
b: میکروگرم بر کیلوگرم وزن تر
c: میکروگرم بر کیلوگرم

بر اساس نتایج آزمون t تک نمونه‌ای، میزان جیوه در ماهی کاراس و کپور معمولی به طور معنی‌داری کمتر از استانداردهای پیشنهاد شده توسط سازمان استاندارد ملی ایران، WHO، FAO، EC، US EPA، US FDA بود (جدول ۷). این نتایج می‌تواند نشان دهنده عدم خطر بالقوه برای سلامتی مصرف‌کنندگان باشد.

جدول ۷: مقادیر استانداردهای ارائه شده توسط سازمان‌های مختلف برای عنصر سمی جیوه

استانداردها	جیوه ($\mu g\ kg^{-1}$)	منبع
سازمان استاندارد ملی ایران	۵۰۰	(۵۲)
سازمان جهانی بهداشت (WHO)	۵۰۰	(۵۳)
سازمان خواروبار و کشاورزی ملل متحد (FAO)	۵۰۰	(۵۳)
سازمان حفاظت محیط‌زیست آمریکا (US EPA)	۳۰۰	(۵۳)
کمیسیون اروپا (EC)	۱۰۰۰-۵۰۰	(۵۳)
سازمان غذا و دارو آمریکا (US FDA)	۱۰۰۰	(۵۳)

برای تعیین میزان ریسک بهداشتی عنصر جیوه، میزان شاخص HQ محاسبه شد. مقدار HQ برای دو گونه کپور و کاراس در جدول ۳ نشان داده شد. میانگین این شاخص برای کودکان برابر با $۹/۱ \times ۱۰^{-۵}$ و $۱۰/٦ \times ۱۰^{-۵}$ به ترتیب برای کپور معمولی و کاراس بود و برای بزرگسالان برابر با $۱/۹ \times ۱۰^{-۵}$ و $۲/۲ \times ۱۰^{-۵}$ به ترتیب برای کپور معمولی و کاراس بود. از آنجایی که مقادیر HQ برای هر دو گونه و برای کودکان و بزرگسالان کمتر از ۱ بود، در نتیجه افراد مصرف کننده این دو گونه در معرض مخاطره سلامتی قرار ندارند. در سایر تحقیقات نیز از این شاخص برای ارزیابی مخاطرات سلامتی استفاده شده است. برای نمونه ذوالفقاری در تحقیق خود نتیجه‌ای مشابه برای ماهیان کپور معمولی و نقره‌ای به دست آورده است (٤٧). همچنین در تحقیقات انجام شده بر روی ماهی کپور (٥٤) و روی دو گونه کپور و کاراس (٥٥) و برای ماهی کاراس (٥٦) نیز نتایج مشابهی به دست آمده است.

نتایج مربوط به میزان مجاز مصرف ماهی در مصرف‌کنندگان بزرگسال در این تحقیق در جدول ٤ آورده شد. نتایج نشان دهنده این است که میزان مجاز مصرف ماهی کپور ۱/۲۰ کیلوگرم در روز، ۸/٤۳ کیلوگرم در هفته و ١٦١/٥٦ وعده در ماه است. همچنین میزان مجاز مصرف ماهی کاراس در روز برای این تحقیق ۱/۰۳ کیلوگرم، در هفته و ۷/۱۸ کیلوگرم و ۱۳۷/٦٤ وعده در ماه به دست آمد. ذوالفقاری در تحقیق خود حد مجاز مصرف را برای ماهی کپور تالاب هامون ۰/۰۲۵ کیلوگرم در روز و ۳/۳۵ وعده در ماه به دست آورده است (٤٧). همچنین تحقیق Zhu و همکاران حد مجاز مصرف برای ماهی کپور دریاچه چاگان را ۰/۰۳ کیلوگرم در هفته و برای ماهی کاراس ۰/۱ کیلوگرم در هفته بیان نموده‌اند (٥٦) که در مقایسه با نتیجه تحقیق حاضر، مقادیری کمتر است. از این نتایج می‌توان این چنین استنباط کرد که احتمالاً این مناطق در مقایسه با تالاب انزلی با میزان آلودگی بیشتری به عنصر سمّی جیوه مواجه هستند.

تعیین همبستگی بین غلظت جیوه موجود در بافت عضله هر دو گونه کپور معمولی و کاراس، با خصوصیات ریخت‌شناسی وزن کل، طول کل، طول استاندارد و طول چنگالی نشان داد که با افزایش طول و وزن، غلظت جیوه در بافت عضله گونه‌ها افزایش یافته است؛ ولی همبستگی معنی‌داری وجود ندارد. نصرالله‌زاده ساروی و همکاران در مورد ماهی کپور به نتیجه‌ای مشابه دست یافتند (٣٦). در حالی که نتایج حاصل از پژوهش آستانی و همکاران بر روی ٤ گونه از ماهیان تالاب انزلی به ویژه کپور معمولی و کاراس نشان داد که ضریب همبستگی غلظت جیوه در بافت ماهیچه به طور معنی‌داری با طول و وزن ماهی رابطه دارد (۳٥). همچنین خوشناموند و همکاران در بررسی ماهی کپور تالاب شادگان به این نتیجه دست یافتند که همبستگی مثبت و معنی‌داری در سطح آماری ۰/۰۱ بین غلظت جیوه موجود در بافت عضله ماهی با پارامترهای طول استاندارد، طول کل و وزن کل وجود دارد (۹). هرچند در این تحقیق همبستگی بین غلظت جیوه و فاکتورهای ریخت‌شناسی مشاهده نشد؛ اما در کل می‌توان این‌چنین بیان کرد که مصرف ماهیان کوچک جثه خطر کمتری برای سلامت مصرف‌کنندگان دارند.

با توجه به عوارض و خطرات عنصر سمّی جیوه، ارزیابی ریسک بالقوه این عنصر بر روی سلامتی خود گونه‌های کپور و کاراس نیز مورد ارزیابی قرار گرفت.

معیارهای مرتبط با اثرات سلامتی مشاهده شده در چندین گونه ماهی نشان داده است که اگر غلظت جیوه در کل بدن ماهی کمتر از ppm ۰/۲ باشد اثر آن بر روی سلامتی ماهی اندک بوده یا فاقد اثر است؛ در حالی که غلظت‌های بیش از ppm ۰/۳ به طور بالقوه دارای اثراتی بر روی بافت‌ها، رفتار و تولیدمثل گونه می‌باشد و مقادیر جیوه بیش از ppm ۰/۱ بر روی رشد به طور بالقوه اثرگذار خواهد بود و نیز سبب دیگر اثرات زیان‌آور می‌شود (۵۷). نتایج این تحقیق نشان داد که غلظت جیوه در گونه‌های کپور و کاراس کمتر از ppm ۰/۲ است که نشان دهنده عدم خطر بالقوه بر روی سلامتی خود گونه است. به علاوه به دلیل خاصیت تجمع زیستی این عنصر سمّی، میزان ریسک بالقوه آن برای شکارگرانی که از این گونه‌ها استفاده می‌کنند نیز مورد ارزیابی قرار گرفت. اگر مقدار جیوه کل بدن ماهی طعمه کمتر از ppm ۰/۰۵ باشد، بدون اثر بهداشتی یا اثرات بهداشتی اندک؛ بیشتر از ppm ۰/۰۵ اثر بالقوه بر کارکردهای بیوشیمیایی و تولیدمثلی، مقادیر بیشتر از ppm ۰/۵ نشان دهنده اثر بر روی رفتار و مقادیر بیشتر از ppm ۱/٤٤ دارای اثر روی رشد و دیگر اثرات زیان‌بار بر گونه شکارگر می‌باشد (۵۷). با توجه به نتایج این تحقیق می‌توان گفت که مصرف هیچ‌کدام از دو گونه مورد مطالعه اثر مخربی بر طعمه‌خوران و گونه‌های بالاتر زنجیره غذایی که از این گونه‌ها تغذیه می‌کنند، نخواهد داشت.

نتیجه‌گیری

نتایج به دست آمده نشان داد که غلظت جیوه موجود در بافت عضله در این دو گونه ماهی کمتر از حدود مجاز ارائه شده توسط سازمان استاندارد ملی ایران، FAO، WHO، US EPA، EC و US FDA بود. مقدار HQ ثبت شده کمتر از یک بود؛ بنابراین مصرف این گونه‌ها خوشبختانه برای سلامت مصرف‌کنندگان، فاقد خطر بهداشتی می‌باشد. به علاوه نتایج بررسی تأثیرات عنصر سمّی جیوه برای خود دو گونه کپور معمولی و کاراس و همچنین نتایج مربوط به بررسی میزان ریسک بالقوه برای شکارگرانی که از این گونه‌ها استفاده می‌کنند، نشان داد که مقادیر جیوه موجود در این گونه‌ها نه برای خود آن‌ها و نه برای شکارگران آن‌ها اثر مضر سلامتی به همراه ندارد؛ بنابراین در این پژوهش هشدار جدی و ممنوعیتی مبنی بر عدم مصرف این ماهیان وجود ندارد. هرچند با توجه به عدم نمونه‌برداری از ایستگاه‌های مختلف تالاب و مشخص نبودن مکان صید نمونه‌های ماهی بررسی شده و همچنین سنجش فقط یک عنصر، ضروری است در مورد عدم مخاطره سلامتی مصرف این گونه‌ها با احتیاط بیشتری صحبت کرد.

تشکر و قدردانی

نویسندگان این مقاله از آقایان علی محمدی و مصطفی تقوی که در انجام این پژوهش همکاری کردند، تشکر می‌نمایند. این مقاله حاصل بخشی از طرح تحقیقاتی مورد حمایت «صندوق حمایت از پژوهشگران و فناوران کشور» معاونت علمی و فناوری ریاست جمهوری با کد ۹٦۰۰۸۲۵٦ است.

تعارض منافع

نویسندگان اعلام می‌نمایند که تضاد منافعی در این تحقیق وجود ندارد.

References

1. Asiabar ZM, Taghavi L, Valinassab T, Pourgholam R. Measuring concentration of heavy

metals (Pb, Cd, Hg) in tissue of *Liza Saliens* and risk sssessment associated with its use (Case study : coastal w of the Caspian Sea). J Env Sci Tech 2016;18(2): 225-39. [In Persian]

2. Amirjanati A, Norouzi M, Nazemi A. Population genetic structure of common carp (*Cyprinus Carpio* Linnaeus 1758) in Anzali Wetland and gorganrud estuary using microsatellite markers. Journal of Aquaculture Development 2013;7(3):1–10. [In Persian]

3. 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. Mar Pollut Bull 2019;143:66–71. doi: 10.1016/j.marpolbul.2019.04.042

4. Hosseini SV, Aflaki F, Sobhanardakani S, Tayebi L, Lashkan AB, Regenstein JM. Analysis of mercury, selenium, and tin concentrations in canned fish marketed in Iran. Environ Monit Assess 2013;185(8):6407-12. doi: 10.1007/s10661-012-3033-y.

5. Banagar G, Alipour H, Hassanpour M, Golmohammadi S. Estimation of daily intake and potential risk of chromium, lead and cadmium in consumers of common carp and zander from Gorgan Gulf. Zanko Journal of Medical Sciences 2015;19(49):22–31. [In Persian]

6. Ahmadi M, Khanipour AA, Abolghasemi SJ. Heavy metals (Cd, Ni and Zn) concentrations in the edible muscle tissue of Pike perch (*Esox lucius*) from Anzali Wetland. Iranian Scientific Fisheries Journal 2015;24(1):75–82. [In Persian]

7. Hosseini SM, Sobhanardakani S, Navaei MB, Kariminasab M, Aghilinejad SM. Regenstein JM., Regenstein JM. Metal content in caviar of wild Persian sturgeon from the southern Caspian Sea. Environ Sci Pollut Res Int 2013;20(8):5839-43. doi: 10.1007/s11356-013-1598-9.

8. Jafari SM, Sobhanardakani S. Determination of heavy metal (Cu, Pb and Zn) concentrations in muscle tissue of Hypophthalmichthys molitrix, Cyprinus carpio and Ctenopharyngodon idella caught from Zarivar wetland, western Iran. Current World Environment 2014;9(3):923-31. doi: 10.12944/CWE.9.3.44

9. Khoshnamvand M, Mojodi F, Khosravi R. Measurement and comparison of mercury concentration in different length groups of Common carp muscle tissue from the Shadegan wetland. Health Develop J 2016;5(1):45–57. [In Persian]

10. Khoshnamvand M, Kaboudvandpour S, Ghiasi F. A survey on accumulated mercury in different tissues of Silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*) from Sanandaj Gheshlagh dam. Iranian Journal of Health and Environment 2010;3(3):291–8. [In Persian]

11. Khani Pour AA, Ahmadi M, Zare Gashti G, Zolfi Nejad K. Evaluation of bioaccumulation of heavy metals (cadmium, lead and zinc) in edible muscle tissue of crucian carp (*Carassiu sauratus*) from international wetland of Anzali. Food Science and Technology 2015;13(54):155–63. [In Persian]

12. Salahi S. Mercury toxicity. Journal of Kerman University of Medical Sciences 2010;17(1):98–106. [In Persian]

13. Aazami J, Esmaeili Sari A, Bahramifar N, Majidi Y. Polyhydroxyalkanoates important effects of mercury on water birds. Journal of Biosafety 2010;2(3):23–34. [In Persian]

14. Esmaili-Sari A, Esmail A, Joorabian Shoostari S, Ghasempouri SM. Fish consumption limit for mercury compounds. Journal of Fasa University of Medical Sciences 2011;2(1):82–9. [In Persian]

15. Hosseini SV, Sobhanardakani S, Miandare HK, Harsij M, Regenstein JM. Determination of toxic (Pb, Cd) and essential (Zn, Mn) metals in canned tuna fish produced in Iran. J Environ Health Sci Eng 2015;13:59. doi: 10.1186/s40201-015-0215-x.

16. Fazli H, Kor D, Tavakoli M, Daryanabard G, Taghavi H. Spatial-temporal distribution of common carp (*Cyprinus carpio*) in Iranian waters of the Caspian Sea. Renewable Natural Resources Research 2013;3(4):29–37. [In Persian]

17. Farhangi M, Hajimoradloo AM, Rostami Charati F. Determination of lethal concentration 50, 96h of Zinc (LC5096h, $ZnSO_4$) on Common carp (*Cyprinus carpi*o) under experimental condition. Journal of Animanl Research 2014;27(1):119–25. [In Persian]

18. Seifi T, Rimanpoor M, Makhdomi C. The investigation of semen spermatological and biochemical parameters in wild and cultured common carp (*Cyprinus carpio* Linnaeus, 1758). Journal of Animanl Research 2015;27(4):535–42. [In Persian]

19. Hedayati SA, Shahbazi Naserabad S, Ghafari Farsani H. A study on mortality of Common carp (*Cyprinus carpio*) and Caspian kutum (*Rutilus frisii kutum*) exposed to chlorinated disinfectant soloution (Sodium Hypochlorite). Journal of Environmental Sciences and Technology 2017;19(4):607–16. [In Persian]

20. Hajiradkouchak E, Patimar R, Harsij M, Bahalkeh A. Comparative study on Reproductive characteristics of Carassius gibelio (Bloch, 1782) in Golestan and Voshmgir dam lake. Journal of Applied Ichthyological Research 2020; 8 (1):20-9. [In Persian]

21. Mehregan Nikoo, A Sadeghi Mahoonak A, Ghorbani M, Taheri A, Aalami M, Kamali F. Effect of hydrolysing condition on antioxidant activity of protein hydrolysate from Crucian carp (*Carassius carassius*). Journal of Research and Innovation in Food Science and Technology 2013;2(4):351–64. [In Persian] doi: 10.22101/jrifst.2014.03.01.245

22. Molaei Hashjin N, Dadras H. An analysis of

social and economic significance of villages around Anzali Lagoon. Journal of The Studies of Human Settlements Planning 2014;8(25):1–16. [In Persian]
23. Darabi F, Hezarhkani A, Zare M. Identification of the U-235 anomaly range using fractal geometry on the estimated kriging grid in the range of Bandar Anzali wetland. Journal of Advanced Applied Geology 2014;3(10):64–72. [In Persian]
24. Ganjali S, Ghasemi A. Heavy metal contamination in the sediments of Anzali international wetland, northern Iran based on type regional development. Iranian Journal of Toxicology 2016;10(5):1–6. doi: 10.29252/arakmu.10.5.1
25. Sobhanardakani S. Potential health risk assessment of heavy metals via consumption of caviar of Persian sturgeon. Mar Pollut Bull 2017;123(1-2):34-38. doi: 10.1016/j.marpolbul.2017.09.033.
26. Sobhanardakani S. Tuna fish and common kilka: health risk assessment of metal pollution through consumption of canned fish in Iran. Journal of Consumer Protection and Food Safety 2017;12(2):157–63.
https://doi.org/10.1007/s00003-017-1107-z
27. Sobhanardakani S, Tayebi L, Hosseini SV. Health risk assessment of arsenic and heavy metals (Cd, Cu, Co, Pb, and Sn) through consumption of caviar of Acipenser persicus from Southern Caspian Sea. Environ Sci Pollut Res Int 2018;25(3):2664-71. doi: 10.1007/s11356-017-0705-8.
28. Malvandi H, Esmaili-Sari A, Aliabadian M. Mercury contamination in Khramulia (*Capoeta capoeta*) from the Cheshme Kile and Zarrin Gol Rivers in Iran and human health risk assessment. Bull Environ Contam Toxicol 2014;93(4):472-7. doi: 10.1007/s00128-014-1335-1.
29. Çulha ST, Yabanlı M, Baki B, Yozukmaz A. Heavy metals in tissues of scorpionfish (*Scorpaena porcus*) caught from Black Sea (Turkey) and potential risks to human health. Environ Sci Pollut Res Int 2016;23(20):20882-92. doi: 10.1007/s11356-016-7337-2
30. Yoon M, Jo MR, Kim PH, Choi WS, Kang SI, Choi SG, et al. Total and methyl mercury concentrations in antarctic toothfish (*dissostichus mawsoni)*: health risk assessment. Bull Environ Contam Toxicol 2018;100(6):748-53. doi: 10.1007/s00128-018-2326-4.
31. Hosseini SV, Aflaki F, Sobhanardakani S, Bandehkhoda Langaroudi S. Selected metals in canned fish consumed in Iran. Iranian Journal of Toxicology 2015;8(27):1182–7.
32. Sobhan Ardakani S, Jafari SM. Assessment of Heavy Metals (Cu, Pb and Zn) in Different Tissues of Common Carp (*Cyprinus carpio*) Caught from Shirinsu Wetland, Western Iran. Journal of Chemical Health Risks 2014;4(2):47–54. doi:10.22034/JCHR.2018.544066
33. Sobhan Ardakani S, Jafari SM. Metals Analysis in common carp (*Cyprinus carpio*) from Shirinsu Wetland, Hamedan province, Iran. Archives of Hygiene Sciences 2015;4(4):172–8.
34. 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.. Bull Environ Contam Toxicol 2011;87(6):674-7. doi: 10.1007/s00128-011-0413-x.
35. Astani E, Vahedpour M, Babaei H. Organic and total mercury concentration in fish muscle and thermodynamic study of organic mercury extraction in fish protein. Ecopersia 2016;4(3):1517–26. [In Persian]
36. 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). J Mazandaran Univ Med Sci 2013;23(103):33–44. [In Persian]
37. Elsagh A. Determination of some heavy metals in Rutilus frisii kutum and *Cyprinus carpio* fillet from south Caspian Sea. Veterinary Journal 2011;4(89):33–44. [In Persian]
38. Sadeghi Rad M. Heavy metal determination in fish species of Anzali lagoon. Iranian Scientific Fisheries Journal 1997;5(4):1–16. [In Persian]
39. Sakizadeh M, Esmaili-Sari A, Abdoli A, Bahramifar N, Hashemi SH, Sari AE, et al. Determination of polychlorinated biphenyls and total mercury in two fish species (*Esox lucius* and *Carassius auratus*) in Anzali Wetland, Iran. Environ Monit Assess 2012;184(5):3231-7. doi: 10.1007/s10661-011-2184-6.
40. Barghi M, Behrooz RD, Esmaili Sari A, Ghasempouri SM. Mercury exposure assessment in iranian pregnant women's hair with respect to diet, amalgam filling, and lactation. Biol Trace Elem Res 2012;148(3):292-301. doi: 10.1007/s12011-012-9384-y.
41. Giri S, Singh AK. Assessment of human health risk for heavy metals in fish and shrimp collected from Subarnarekha river, India. Int J Environ Health Res 2014;24(5):429-49. doi: 10.1080/09603123.2013.857391.
42. Barone G, Storelli A, Garofalo R, Busco V Pietro, Quaglia NC, Centrone G, et al. Assessment of mercury and cadmium via seafood consumption in Italy: estimated dietary intake (EWI) and target hazard quotient (THQ). Food Addit Contam Part A Chem Anal Control Expo Risk Assess 2015;32(8):1277-86. doi: 10.1080/19440049.2015.1055594.
43. Bonsignore M, Manta DS, Oliveri E, Sprovieri M, Basilone G, Bonanno A, et al. Mercury in fishes

from Augusta Bay (southern Italy): Risk assessment and health implication. Food and Chemical Toxicology 2013;56:184–94. doi.org/10.1016/j.fct.2013.02.025
44. Liu F, Ge J, Hu X, Fei T, Li Y, Jiang Y, et al. Risk to humans of consuming metals in anchovy (Coilia sp.) from the Yangtze River Delta. Environ Geochem Health 2009;31(6):727-40. doi: 10.1007/s10653-009-9258-1.
45. 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. Sci Total Environ 2017;599-600:1288-96. doi: 10.1016/j.scitotenv.2017.05.052.
46. Sinka Karimi MH, Donyavi R, Sadeghi-Bajgiran S. Consumption limit for Caspian with fish in stand of cadmium and lead from Southeastern coast of Caspian Sea. Zanco J Med Sci 2015;16(49):32–43. [In Persian]
47. Zolfaghari G. Risk assessment of mercury and lead in fish species from Iranian international wetlands. MethodsX 2018;5:438–47. doi.org/10.1016/j.mex.2018.05.002
48. Sobhanardakani S, Jafari SM. Investigation of As, Hg, Zn, Pb, Cd and Cu Concentrations in Muscle Tissue of Cyprinus carpio. J Maz Univ Med Sci 2014;24(116):184–95. [In Persian]
49. 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. Bull Environ Contam Toxicol 2018;101(1):26-32. doi: 10.1007/s00128-018-2375-8.
50. Dahmardeh Behrooz R, Sahebi S, Majnoni F, Ahmadpour M, Hoseini SH. Mercury contamination in commercial fresh and salt water fish of the Zabol Chahnimeh reservoirs and the Gulf of Oman (Iran). Food Addit Contam Part B. 2013;6(3):175–80. doi.org/10.1080/19393210.2013.779322
51. Janatmakan S, Askary Sary A, Javaheri Baboli M, 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]
52. Koshafar A, Velayatzadeh M. Risk assessment to consumers from mercury in Acanthopagrus latus. Journal of Food Hygiene 2016;6(3):21–33. [In Persian]
53. Gheytasi A, Hosseini S, Ahmadi Kordestani Z, Aghilinejhad S, Shoghali F. Determination of allowable levels of mercury in canned Yellowfin tuna (Thunnus albacares). Journal of Fisheries 2014;67(2):287–96. [In Persian] doi.org/10.22059/JFISHERIES.2014.51654
54. Texas Department of State Health Services (TDSHS). Characterization of potential adverse health effects associated with consuming Fish from the San Jacinto River–Houston Ship Channel Harris County, Texas: Seafood and Aquatic Life Group Austin; 2013.
55. Jiang H, Qin D, Chen Z, Tang S, Bai S, Mou Z. Heavy metal levels in fish from Heilongjiang River and potential health risk assessment. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology 2016;97(4):536–42. doi:10.1007/s00128-016-1894-4
56. Zhu L, Yan B, Wang L, Pan X. Mercury concentration in the muscle of seven fish species from Chagan Lake, Northeast China. Environ Monit Assess 2012;184(3):1299-310. doi: 10.1007/s10661-011-2041-7.
57. Lepak JM, Hooten MB, Eagles-Smith CA, Tate MT, Lutz MA, Ackerman JT, et al. Assessing potential health risks to fish and humans using mercury concentrations in inland fish from across western Canada and the United States. Sci Total Environ 2016;571:342-54. doi: 10.1016/j.scitotenv.2016.03.031.

Health & Development Journal Original Article

Vol. 9, No. 2, Summer 2020 Received: 07.12.2019 Accepted: 22.01.2020

Measurement of Mercury Concentration in Common Carp and Goldfish Living in Anzali Wetland, Iran, and Human Health Risk Assessment

Hassan Malvandi[1], Mina Sarvary Korojdeh[2], Somaye Azimi[2]

Abstract

Background: It is essential to assess human health risk through fish consumption due to increased concentrations of pollutants. The aim of the present study was to determine the mercury concentration in the edible tissue of common carp and goldfish living in Anzali wetland, Iran, and to assess human health risk.

Methods: This cross-sectional study was conducted in 2018. 10 samples of each species were purchased from local fishermen**.** Muscle tissue was isolated and after acid digestion, the mercury concentration was measured using a graphite furnace. Comparison of mercury concentration between species, and with national and international standards, and the correlation between mercury concentration and morphological characteristics were respectively performed using independent t-test, one-sample t-test and Pearson test by SPSS software version 21.

Results: The mean and standard deviation of mercury concentration in the muscles of common carp and goldfish were 26±16 and 32±18 µg/kg dry weight, respectively. The results showed no significant differences in the mercury concentration in two species. Also, no significant correlation was observed between mercury concentration with fish body weight and length. Mercury levels were below the permissible limits provided by national and international organizations. Hazard Quotient (HQ) values as a risk index were also within the safe limits (HQ<1) for both children and adults.

Conclusion: In general, there is no potential health risk to children and adults through consumption of these species. However, due to the presence of different types of pollutants in the anzali wetland, monitoring their concentrations is recommended in different aquatic species.

Keywords: Health risk, Common carp, Mercury, Food safety, Wetland

Citation: Malvandi H, Sarvary Korojdeh M, Azimi S. Measurement of Mercury Concentration in Common Carp and Goldfish Living in Anzali Wetland, Iran, and Human Health Risk Assessment. Health and Development Journal 2020; 9(2): 137-51. [In Persian] doi: 10.22034/9.2.137

© 2020 The Author(s). This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

1- Assistant Professor, Department of Environmental Sciences and Engineering, Faculty of Geography and Environmental Sciences, Hakim Sabzevari University, Sabzevar, Iran
2- BSc Student, Department of Environmental Sciences and Engineering, Faculty of Geography and Environmental Sciences, Hakim Sabzevari University, Sabzevar, Iran
Corresponding Author: Hassan Malvandi **Email:** h.malvandi@hsu.ac.ir
Address: Department of Environmental Sciences and Engineering, Faculty of Geography and Environmental Sciences, Hakim Sabzevari University, Tohidshahr, Sabzevar, Iran
Tel: 05144013230 **Fax:** 05144012607