تعیین میزان مصرف بافت عضلانی ماهی کپور دریای خزر (*Cyprinus Carpio*) براساس برآورد شاخص خطر فلزات سنگین غیرضروری

حوریه یونسی پور[1]، حسن نصراله زاده ساروی[1]*، سید محمد تقی ساداتی پور[2]، محمدعلی افرایی[1]، احد احمدنژاد[1]، غلامرضا دریانبرد[1]، فرامرز باقرزاده[1]

۱ - پژوهشکده اکولوژی دریای خزر، موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، صندوق پستی ۹۶۱، مازندران، ساری

۲- دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران شمال، گروه شیمی دریا، تهران، ایران، صندوق پستی: ۱۶۶۷۹۳۴۷۸۳

تاریخ پذیرش : ۱۳۹۸/۱۰/۲۹

*hnsaravi@gmail.com

چکیده

فلزات سنگین دارای زمان ماندگاری طولانی در محیط و توان انتقال در زنجیره غذایی می باشند. لذا افزایش میزان آنها در محیط که عمدتاً ناشی از تخلیه فاضلاب ها به اکوسیستم های آبی است مهم می‌باشد. با توجه به اهمیت آبزیان خوراکی و بخصوص ماهیان در سبد غذایی مردم شمال کشور، این تحقیق در نظر دارد که بر اساس میزان تجمع فلزات سرب، کادمیم و جیوه کل در بافت عضلانی ماهی کپور دریای خزر(*Cyprinus Carpio*) میزان مصرف این ماهی را بدون ایجاد خطر فلزات فوق برای سلامتی تعیین نماید. تعداد ۴۵ قطعه ماهی از چند صیدگاه در منطقه شرقی حوزه جنوبی دریای خزر در سال ۱۳۹۱ جمع آوری شدند. میزان فلزات سنگین سرب،کادمیم و جیوه پس از آماده سازی بافت عضلانی، با استفاده از دستگاه جذب اتمی اندازه گیری شدند. نتایج نشان داد که ترتیب تجمع فلزات در بافت عضلانی ماهی کپور دریای خزر به صورت Hg >Pb>Cd بوده است. بطوری‌که میانگین غلظت به همراه خطای استاندارد سرب (۰/۰۱± ۰/۰۸۹)،کادمیم (۰/۰۰۲± ۰/۰۱۳)، جیوه کل (۰/۰۹ ±۰/۴۱۱) میکروگرم بر گرم وزن خشک بدست آمد. تجمع سرب، کادمیم و جیوه کل در بافت عضلانی ماهی کپور دریای خزر از حد مجاز استاندارد EC، WHO، FDA و FAO پایین تر بوده‌است. برآورد سیبل خطر (THQ) بیانگر پایین بودن تمام فلزات از حد مجاز استاندارد در بافت عضلانی ماهی کپور بود و شاخص خطر (Hazard Index=HI) زیر سطح خطر ثبت گردید. به‌این‌ترتیب مصرف این ماهی برای افراد بالغ براساس مصرف سرانه ایران به مقدار۱۲۳ گرم در هفته، به خطر قابل ملاحظه در سلامت منجر نمی‌شود.

واژه‌های کلیدی: ماهی کپوردریای خزر، فلزات سنگین، تجمع زیستی، ریسک خطر

Journal of Aquatic Caspian Sea (J.A.C.S)

مقدمه

دریای خزر یک اکوسیستم محصور بوده و زمان ماندگاری آلاینده‌های مختلف از جمله فلزات سنگین حاصل از فاضلابهای کشاورزی و صنعتی در آن بسیار بالا می باشد. بنابراین از آلاینده های بسیار مهم محیط زیست در این دریا محسوب می‌شوند (Bundy , 1996). این مواد سمی بعد از ورود به دریا، وارد بدن ارگانیزم‌های ساکن در آن شده و علاوه بر ایجاد اختلال در اعمال زیستی آنها، در نهایت با توجه به انتقال در زنجیره غذایی، به بدن انسان وارد شده و سبب بیماری‌ها و نارسایی‌های خاص می‌شوند (Burrows, 1983; Yusalk *et al.* 2008). در میان فلزات سنگین که بطور معمول در آبهای طبیعی یافت می‌شوند، اهمیت سرب، کادمیوم و جیوه بدلیل غیر ضروری بودن و سمیت آنها از سایر عناصر بیشتر است (Roberts, 2001).

مطالعات و پژوهش‌های انجام شده موید آن است که عوامل آلوده کننده از طریق ایجاد شرایط نامطلوب در دریا و اثراتی که در سیستم تولید مثل آبزیان دارند باعث کاهش ذخایر آبزیان می‌گردد (قاسم اف، ۱۹۹۴). خصوصیت تجمع زیستی این مواد، افزایش مصرف ماهی به‌عنوان مهم‌ترین منابع تامین پروتئین برای انسان و اهمیت اقتصاد صنعت ماهیگیری در منطقه، موجب گردید تا تحقیقات زیادی از نظر میزان آلودگی آنها انجام گردد. حد مجاز جیوه در FDA محیط زیست آمریکا برای ماهی برابر ppm ۰/۵ بیان شده‌است. مسمومیت انسانی ناشی از مصرف ماهی آلوده به متیل جیوه با غلظت ۵ تا۲۰ ppm در سال ۱۹۵۳ در خلیج میناماتای ژاپن اتفاق افتاد که ماهیگیران و خانواده‌های آنها به یک بیماری مرموز عصبی دچار شدند و در نهایت ۴۲ نفر جان سپردند (Semionov, 2018). در مطالعه ۲۴ نمونه ماهی سفید و ماهی کپور جمع‌آوری شده از دریای خزر در سواحل بابلسر، فریدون کنار، محمود آباد، رستم رود نور، پارک جنگلی سی سنگان و نوشهر (در سال ۱۳۸۹)، میانگین غلظت عناصر کادمیم، سرب، آرسنیک و جیوه را در عضلات ماهی کپور به‌ترتیب ۱/۳۵±۰/۴۰ ،۲/۴۹±۰/۲۰، ۰/۳۰±۰/۰۳ و ۰/۳۰۲±۰/۰۱۶ میکروگرم بر گرم وزن خشک بدست‌آمد. این نتایج طبق سازمان بهداشت جهانی و سازمان کشاورزی و غذایی سازمان ملل برای ماهیان، نشانه آلوده بودن آب آن مناطق از لحاظ عناصر سنگین مورد مطالعه بوده‌است (الصاق، ۱۳۹۰). Anan و همکاران (۲۰۰۵) بافت‌های مختلف ماهیان استخوانی مناطق مختلف حاشیه دریای خزر، واردی و همکاران (۱۳۸۹) نمونه بافت عضلانی ماهیان سفید و کفال سالینس دریای خزر و نصراله زاده ساروی و همکاران (۱۳۹۲) بافت عضلانی ماهی کپور دریای خزر را از جهت آلودگی به فلزات سنگین مورد مطالعه قرار دادند. ماهی کپور دریای خزر (*Cyprinus Carpio*) بعنوان ماهی با ارزش اقتصادی بالا در سبد غذایی مردم شمال کشور جای دارد. لذا با توجه به آنکه فلزات سنگین غیرضروری (سرب، کادمیم و جیوه) بیش‌ترین غلظت را در سیستم‌های آبی دارا می‌باشند، تحقیق حاضر به منظور ارزیابی تجمع زیستی و برآورد سیبل خطر در بافت عضلانی آن صورت خواهد گرفت. ضمن آنکه مقایسه نتایج بدست آمده با سایر مطالعات و استانداردهای جهانی صورت می پذیرد.

Journal of Aquatic Caspian Sea (J.A.C.S)

مواد و روش کار

زیستگاه‌های اصلی ماهی کپور دریای خزر (*Cyprinus Carpio*) در ناحیه شرقی دریای خزر می‌باشد و بیش از ۹۵ درصد صید این ماهی در این ناحیه صورت می‌گیرد (بندانی و همکاران، ۱۳۹۵). لذا تعداد ۴۵ ماهی کپور (*Cyprinus Carpio*) از پره‌های صیادی لاریم، نوذرآباد، جهان نما ،شهید قربانی ،شهید حسین نژاد، در فصل صید این ماهی (ماه‌های مهر ، آبان و آذر) در سال ۱۳۹۱ جمع‌آوری گردید.

شکل ۱- موقعیت ایستگاه‌های نمونه‌برداری (پره‌های صیادی) در سواحل جنوبی دریای خزر

در آزمایشگاه عضلات ماهی جدا شده و پس از فریز درایر (خشک شدن کامل نمونه فریز شده در شرایط خلاء و سرما)، پودر شدند. به منظور آماده سازی نمونه برای اندازه‌گیری جیوه کل، ۰/۳گرم نمونه آماده شده را به همراه ۰/۰۴۵ گرم اکسید وانادیوم داخل ویال ریخته و سپس ۵ میلی لیتر اسید نیتریک غلیظ اضافه کرده و به مدت یک شب در دمای آزمایشگاه نگه-داری شد. برای اندازه‌گیری عناصر سرب و کادمیم، به ۰/۳ گرم از نمونه آماده شده، ۴ میلی‌لیتر اسید نیتریک غلیظ اضافه کرده و یک ساعت در دمای آزمایشگاه نگه‌داری شد. سپس برای عمل هضم اسیدی، در هات پلیت به مدت ۳ ساعت در دمای ۹۰ درجه سانتیگراد گذاشته شد. نمونه پس از عبور از کاغذ صافی، به حجم نهایی ۵۰ میلی لیتر رسانده شد. نمونه آماده سازی شده با استفاده از دستگاه جذب اتمی (مدل Thermo-M5) مجهز به سه سیستم شعله، گرافیتی و سیستم بخار با لامپ زمینه دوتریم تعیین غلظت گردید. طول موج جذب برای فلزات سرب، کادمیوم و جیوه به‌ترتیب ۲۱۷/۰، ۲۲۸/۸ و۲۵۳/۷ و حد تشخیص دستگاه (LOD) به‌ترتیب ۰/۰۱۲ ،۰/۰۰۴ و۰/۳۲۳ ppb و حد کمی (LOQ) به‌ترتیب ۰/۰۳۸ ،۰/۰۰۴ و ۰/۰۸ بوده‌است (MOOPAM, 1999). به منظور مقایسه اطلاعات با مقادیر راهنمای استاندارد در برخی از جداول، نتایج بر اساس وزن تر گزارش شد. ضریب تبدیل وزن خشک به وزن تر برای ماهی کپور دریای خزر ۰/۲۵ تعیین گردید. محاسبه تجمع زیستی (Bioaccumulation Factor) بر اساس فرمول (۱) انجام گردید (Ash *et al*., 2010):

فرمول (۱): $BAF=(Conc.\ in\ organism\ (\mu g/g.dw)/Conc.in\ water\ (\mu g/l))*100$

Journal of Aquatic Caspian Sea (J.A.C.S)

ماهی کپور در طول سواحل مهاجرت می کند، لذا برای محاسبه BAF، از غلظت متوسط سالانه در آب (نصراله زاده ساروی و همکاران، ۱۳۹۰) برای ماهی مورد مطالعه استفاده شد.

تجزیه و تحلیل آماری

در این مطالعه دو گروه از متغیرها یعنی متغیرهای مستقل (سن، وزن، طول) و متغیرهای وابسته (غلظت عناصر) در نظر گرفته شدند. داده‌ها بر اساس یکی از فرایندهای لگاریتم طبیعی/ پایه ۱۰ و رتبه‌بندی انتقال داده و سپس با رسم نمودار Q-Q نرمال بودن آن تایید گردید (Bluman, 2014). برای تجزیه و تحلیل آماری از آزمون های پارامتریک بر داده‌های نرمال‌شده، استفاده گردید. ثبت اطلاعات و کلاسه‌بندی داده ها در نرم افزار Excel, 2010 و تجزیه و تحلیل داده‌ها در برنامه‌های آماری(SPSS (Version 11.5 انجام گردید. در ضمن تمام میانگین‌ها به همراه خطای استاندارد (SE) بیان شدند.

نتایج و بحث

آمار توصیفی تغییرات تجمع زیستی فلزات سنگین به همراه طول چنگالی، وزن و سن ماهی کپور دریای خزر در جدول ۱ نشان داده شده‌است. فاکتور تجمع زیستی برای فلز جیوه کل بالاترین غلظت وکم‌ترین غلظت تجمع در فلز سرب مشاهده شد. آزمون آنالیز واریانس (ANOVA) نشان داد که میانگین غلظت فلزات سرب و جیوه کل در وزن‌ها، سنین و طول چنگالی ماهی کپور دریای خزر دارای اختلاف معنی‌دار نبود ($p>0/05$)، در صورتی که تغییرات میانگین غلظت فلز کادمیم در وزن‌ها، سنین و طول چنگالی ماهی کپور دریای خزر معنی دار بوده‌است ($p<0/05$). غلظت بالای کادمیم در ماهیان مورد نظر، احتمالاً بدلیل استفاده وسیع از کادمیم در انواع کودهای شیمیایی و سموم کشاورزی می‌باشد (الصاق، ۱۳۹۰).

جدول۱- آمار توصیفی تغییرات درصد فاکتور تجمع زیستی فلزات سنگین به همراه، طول چنگالی، وزن و سن ماهی کپور در حوزه جنوبی دریای خزر (سال ۱۳۹۱)

	میانگین	خطای استاندارد	حداقل	حداکثر
BAF (Pb)	۰/۵۴	۰/۶۰	۰/۰۰	۱/۷۵
BAF (Cd)	۰/۳۷	۰/۰۴	۰/۰۵	۱/۵۳
BAF (Hg)	۲۲۵/۵۹	۴۷/۶۰	۰/۶۷	۱۳۸۲/۸۳
FL (cm)	۲۹	۱	۲۱	۴۹
Weight (gr)	۳۹۷	۴۰	۱۴۰	۱۳۷۵
Age (year)	۳	-	۲	۵

Beckvar و همکاران (۱۹۹۶) گزارش کردند که اثرات منفی جیوه بر گونه‌های مختلف زمانی اتفاق می‌افتاد که غلظت جیوه کل به یک میکروگرم بر گرم برسد. اثرات سینرژیک (افزایش اثرات آن فلز) در غلظت های بالا و اثرات آنتاگونستیک (کاهش اثرات آن فلز) در غلظت پایین بوقوع می‌پیوندد. در تحقیق حاضر میانگین غلظت جیوه در بافت عضله ۰/۰۸±۰/۳۷ میکروگرم بر گرم وزن خشک ماهی ثبت گردید که کمتر از غلظت فوق بود. بنابراین اثرات سینرژنیک در ماهی کپور را کاهش می‌یابد.

Journal of Aquatic Caspian Sea (J.A.C.S)

نتایج مطالعات متعدد درارتباط با تجمع فلزات در ماهیان در محیط زندگی‌شان نشان داد که در بافت های مختلف درصد جذب و سرعت خروج آنها متفاوت بوده‌است که معمولاً ترتیب تجمع آن‌ها در بافت Fe>Zn>Pb>Cu>Cd>Hg می‌باشد. در اکثر ماهیان تجمع فلزات سرب(Pb) کمتر از ۱۰ µg/g dw، کادمیم (Cd) و جیوه (Hg) در غلظت کمتر از ۱ µg/g dw تجمع می‌یابند (Jezierska and Witeska, 2001). در تحقیق حاضر میانگین غلظت بدست‌آمده برای این فلزات نیز در محدوده غلظت فلزات فوق بوده است. اما ترتیب فلزات به صورت Hg> Pb>Cd بدست آمد که با نتایج بررسی فوق همخوانی ندارد. نتایج نشان داد که غلظت جیوه کل با افزایش سن افزایش داشت، به طوری که کمترین غلظت در ماهیان دو ساله و بیشترین غلظت در ماهیان پنج ساله بوده است. همچنین غلظت جیوه کل در ماهیان با طول بیشتر از ۳۰ سانتیمتر و در ماهیان با وزن بیشتر از ۷۰۰ گرم بیشترین غلظت را داشته‌است. میزان جیوه در ماهیان با طول و سن بیشتر و گوشت‌خوار و همچنین ماهیان موجود در محیط زیست نیمه بسته مانند دریای خزر و منطقه ورود آلاینده‌های صنایع پتروشیمی و سایر صنایع، بیشتر است.

در ارزیابی خطر، میزان جیوه کل موجود در بافت ماهی را ۱۰۰ درصد متیل جیوه فرض می‌کنند. زیرا از دیدگاه سلامت انسان، متیل جیوه نسبت به سایر اشکال شیمیایی جیوه از اهمیت زیادتری برخوردار است. متیل جیوه برخلاف اشکال عنصری و غیر آلی جیوه بطور کامل از مجرای معده ای، روده ای 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 جبران ناپذیری به جنین در حال رشد می‌شود. به‌طورکلی میتل جیوه در موجودات با گروه سولفیدریل پروتئین پیوند برقرار می‌کند. بافت عضله ماهی به دلیل دارا بودن درصد پروتئین بالا و گروه سولفیدریل نسبت به سایر بافت‌ها، پتانسیل بالاتری برای جذب ترکیبات الی جیوه دارد. غلظت جیوه در بافت عضله ماهی با افزایش سن ماهی، جایگاه ماهی در سطوح تروفیک و نوع غذای مورد مصرف ماهی ارتباط دارد (اسماعیلی ساری و همکاران، ۱۳۹۰). بنابراین افزایش جذب جیوه باعث افزایش تجمع آن در ماهی کپور دریای خزر می‌شود. فلز سرب و کادمیم در تحقیق کنونی در ماهیان با سن و با طول بیشتر نسبت به ماهیان جوان یا طول کمتر دارای غلظت کمتری بوده‌است. تحقیق دادالهی و همکاران (۱۳۸۷) بر عضله ماهی شیربت نشان داد که میان دو عنصر کادمیم و سرب بیشترین تجمع مربوط به سرب می‌باشد. بالا بودن غلظت سرب در بافت عضله می‌تواند ناشی از تمایل این فلز به بافت های پر تحرک آبزیان باشد. با توجه به‌اینکه ماهی کپوردریای خزر بعد از اینکه به طول ۱۸ میلیمتر رسید از آبزیان کفزی تغذیه می کند، آلودگی رسوبات می‌تواند باعث آلودگی آبزیان کفزی و به طبع انتقال آلودگی به ماهیان کفزی و بنتیک خوار شوند (محمدی، ۱۳۸۹). در تحقیق پورغلام و همکاران (۱۳۹۱) فاکتور تجمع زیستی (BAF) در فلز جیوه، بالاترین غلظت را داشته و کمترین مقدار تجمع (BAF) در فلزات سرب مشاهده شد که نشان می‌دهد غلظت در معرض گذاشته فلز جیوه در محیط نسبت به فلز جیوه بالاتر بود. Demirak و

Journal of Aquatic Caspian Sea (J.A.C.S)

همکاران (۲۰۰۶) بیان داشتند که سن، طول، وزن، جنس، عادت تغذیه‌ای، نیاز های اکولوژیک، غلظت فلزات سنگین در آب و رسوب، مدت زمان ماندگاری ماهی در محیط آبی، فصل صید و خواص شیمیایی آب (شوری، سختی، دما) عوامل موثر در تجمع فلزات سنگین در اندام‌های مختلف ماهی می‌باشند. در محیط‌های اطراف آبزیان، فلزات سنگین به شکل محلول توسط ارگانیسم‌های آبزی جذب شده و از طریق باندهای سولفیدریل پروتئینی در بافت‌های آنها تجمع می‌یابد (Deb and Fukushima, 1999). در مورد مقایسه غلظت فلزات سنگین با استانداردهای موجود هیچ منبع واحدی وجود ندارد و سازمان‌ها و دولت‌های مختلف استانداردهای متنوعی را برای غلظت این آلاینده ها در مواد غذایی تعیین کرده‌اند (ابراهیمی سیریزی و همکاران، ۱۳۹۱). از آنجائی که نتایج به‌دست آمده در هر تحقیقی در کنار استانداردها اعتبار پیدا می‌کنند، نتایج تحقیق کنونی نیز با مقادیر مجاز فلزات سنگین در بافت آبزیان مقایسه گردیدند (جدول ۲). در تحقیق حاضر میزان تجمع فلزات سرب، کادمیم و جیوه کل در عضله ماهی کپور دریای خزر در محدوده ی مجاز اتحادیه اروپایی، سازمان بهداشت جهانی، انجمن بهداشت استرالیا، وزارت کشاورزی و شیلات و مواد غذایی انگلستان، اداره غذا و دارو، FDA، WHO، EC، FAO و کشورهای نیوزیلند، هنگ کنگ، دانمارک و سوئیس، بود (جدول ۲).

جدول ۲- مقایسه میانگین غلظت فلزات سنگین ماهی کپور دریای خزر با حداکثر غلظت (میکرو گرم بر گرم وزن تر) قابل قبول فلزات سنگین بر اساس استانداردهای مختلف

استاندارد	Pb	Cd	Hg	Refrences
WHO	۰/۵-۱/۵	۰/۲	۰/۵-۰/۱	Biney & Ameyibor, 1992; Madany *et al*.,1996
FAO	۰/۵	۰/۵	-	FAO, 1983
EC	۰/۲	۰/۰۵	۰/۵	EC, 2005
FDA	۵	۱	۱	Ruelle & Henry, 1994; Chen & Chen, 2001
-	۰/۰۲۲	۰/۰۰۳	۰/۱۰۳	تحقیق حاضر (۱۳۹۱)

بررسی تجمع زیستی آلاینده ها و سنجش آن‌ها با استانداردهای مختلف برای تضمین سلامت تغذیه‌ای جامعه کافی نمی‌باشد بنابراین محققین روش‌هایی را ابداع نمودند که هر ماده خوراکی (با توجه به استاندارد) به چه مقدار درمقیاس زمان مصرف شود. با توجه به افزایش مصرف سرانه، بررسی سیبل خطر (THQ=Target Hazard Quotient) و شاخص خطر(HI=Hazard Index) اهمیت زیادی دارد. ارزیابی خطر سلامت بر اساس برآورد سیبل خطر THQ یعنی نسبت دوز تعیین شده آلاینده به سطح دوزمرجع (RfD) بیان می‌شود. اگر نسبت کمتر از ۱ باشد، خطر آشکاری وجود نخواهد داشت. در غیر این‌صورت اگر دوز مساوی یا بزرگتر از RfD باشد نگرانی خطرات سلامتی برای مردم مصرف کننده وجود دارد (USEPA, 2000). درجدول ۳ سیبل خطر برای جذب فلزات (Hg, Cd, Pb) در مصرف کنندگان ماهی (برای بزرگسالان) براساس مصراف سرانه FAO و ایران آمده است. بر اساس این جدول، THQ برای این فلزات در افراد بزرگسال کمتر از ۱ بدست آمد (THQ<1). در گزارش نصراله زاده ساروی و همکاران (۱۳۹۲) شاخص خطر (HI) این فلزات کمتر از واحد

Journal of Aquatic Caspian Sea (J.A.C.S)

(۰/۱۵۷ با سرانه ایران و ۰/۲۶۹ با سرانه FAOبه‌دست آمد و مصرف ماهی کپور دریای خزر را بدون ایجاد خطر در سلامت افراد بیان نمود. در تحقیق حاضر شاخص خطر (HI) این فلزات کمتر از واحد (۰/۰۷۹ ۰با سرانه ایران و ۰/۱۳۵ با سرانه FAO بدست‌آمد. نتایج بدست آمده ماهیان پرورشی تیانجین چین (THQ<1) مشابه با مطالعه حاضر بوده است (Wang *et al.*, 2005). واردی و همکاران (۱۳۸۹)، THQ ماهیان سفید و کفال در دریای خزر را کمتر از ۱و مصرف سرانه را ۶ کیلوگرم (سالانه)، ترکیبی از ماهی کپور و کفال دریای خزر پیشنهاد کردند. نتایج تحقیق بر روی دو گونه ماهی سفید و کفال پوزه باریک درحوزه جنوب شرقی دریای خزر بر اساس محاسبه برآورد سیبل خطر (THQ) نشان داد که نسبت دوز تعیین شده آلاینده به سطح دوز مرجع برای تمام فلزات در افراد بزرگسال و خردسال کمتر از واحد (THQ<1) بوده است. به‌این ترتیب، مصرف ماهیان سفید و کفال پوزه باریک با حداکثر سرانه ۶ کیلوگرم در سال احتمالاً خطر آشکاری برای سلامت افراد بزرگسال و خردسال بوجود نمی آورد (پورغلام و همکاران،۱۳۹۱). در تحقیق حسینی و همکاران (۱۳۹۰) مصرف ماهی سفید دریای خزر خطری جدی برای سلامتی مصرف کنندگان از نظر میزان جیوه کل نخواهد داشت و برای حفظ سلامتی، میزان مجاز مصرف آن ۴۳۴ گرم در هفته توصیه شده‌است. در مطالعه نصراله زاده ساروی و همکاران (۱۳۹۲) مصرف ۱۴۲ گرم در هفته ماهی کپور دریای خزر برای افراد بزرگسال، بدون خطر از نظر میزان روی، مس، نیکل، سرب، جیوه و کادمیوم بیان گردید. در تحقیق مشروفه و همکاران (۱۳۹۱)، طبق سرانه FAO ،۹۵٪ ماهیان برای افراد بزرگسال از سلامت برخوردار می‌باشند و ۵٪دیگر با ماکزیمم مقدار (HI) ۰/۸۹ خطر آلودگی داشته است. THQ در ماهیان با طول بیشتر برای فلز جیوه بزرگتر از ۱ یا نزدیک به یک بوده است. در تحقیق آن‌ها، طبق سرانه ایران، ۹۵ ٪ ماهیان برای افراد بزرگسال از نظر بهداشت و سلامت مشکلی نداشته و ۵٪ دیگر با ماکزیمم مقدار (HI) ۰/۵۲ خطر آلودگی داشته است، THQ در ماهیان برای فلز جیوه نزدیک به ۱ بوده است. در تحقیق حاضر، میانگین غلظت فلزات و همچنین تجمع زیستی برخی از آنها در ماهیان جوان بالاتر از ماهیان با سن بیشتر بوده است. در میان سه فلز مورد بررسی بالاترین تجمع زیستی مربوط به فلز جیوه در بافت عضلانی کپور دریای خزر ثبت گردید. با توجه به مطالب بالا و سمیت فلزاتی هم چون سرب، کادمیم و جیوه مصرف این گونه بایستی با احتیاط بیشتری صورت پذیرد. مصرف این ماهی با سرانه FAO و ایران به ترتیب برابر ۲۲۶ و ۱۲۳ گرم در هفته برای بزرگسال از نظر سلامت هیچ ممنوعیتی ندارد. که با تحقیق اخیر در دریای خزر همخوانی کامل دارد. البته برای تعیین دقیق مقدار مصرف ماهی بررسی‌های وسیع تری مورد نیاز می‌باشد که تعداد فلزات و تعداد ماهی مصرفی را افزایش داده تا نتیجه مطلوب‌تر و مطمئن‌تری حاصل شود.

جدول ۳- برآورد سیبل خطر(THQ=Target Hazard Quotient) و شاخص خطر (HI= Hazard Index) با مصرف گونه ماهی کپور(*Cyprinus carpio*) دریای خزر برای فلزات مختلف (FAO, 2005 ; سالنامه شیلات ایران، ۱۳۹۲)

	THQ_{Pb}	THQ_{Cd}	THQ_{Hg}	HI
FAO	۰/۰۰۵	۰/۰۰۱	۰/۱۲۹	۰/۱۳۵
ایران	۰/۰۰۳	۰/۰۰۱	۰/۰۷۵	۰/۰۷۹

توصیه ترویجی

فلزات سرب، کادمیم و جیوه سمیت بالایی دارند. اما بررسی میزان تجمع آن‌ها در بافت عضلانی ماهی کپور دریای خزر، سرانه مصرف این ماهی در بزرگسالان و مقایسه با مقادیر استاندارد، بیانگر سمیت فلزات سرب، کادمیم و جیوه (ناشی از مصرف ماهی فوق) و ایجاد خطر برای سلامت مصرف کننده بزرگسال در سال مورد مطالعه نبوده است. به این ترتیب مصرف ۱۲۳ گرم در هفته این ماهی برای افراد بالغ به خطر قابل ملاحظه در سلامت منجر نمی‌شود. با این حال با توجه به اینکه بالاترین تجمع زیستی فلز جیوه کل در بافت عضلانی کپور دریای خزر ثبت گردید، لذا مصرف مداوم این ماهی در این منطقه ممکن است در طولانی مدت خطری برای سلامتی ایجاد کند. بر این اساس، ضروری است که پایش این فلزات بعنوان معیار سلامت مصرف گوشت این گروه از ماهیان در دستور کار سازمانهای ذی‌ربط قرارگیرد و ازکیفیت مناسب گوشت عرضه شده به بازار اطمینان حاصل گردد تا در صورت لزوم مصرف این گونه با احتیاط بیشتری صورت پذیرد.

منابع

ابراهیمی سیریزی، ز.، ساکی زاده، م.، اسماعیلی ساری، ع.، بهرامی فر، ن.، قاسمپوری، س.ق. و عباسی،ک.، ۱۳۹۱. بررسی فلزات سنگین کادمیم، سرب، روی و مس دربافت عضله اردک ماهی تالاب بین المللی انزلی، انباشتگی و ارزیابی خطرات. مجله علوم پزشکی مازندران، ۲۲(۸۷):۶۳-۵۷.

اسماعیلی ساری، ع.، عبداله زاده، ا.، جورابیان شوشتری، ش. و قاسمپوری، س.م.، ۱۳۹۱. تعیین حد مجاز مصرف ماهی از نظر ترکیبات جیوه. مجله علوم پزشکی فسا، ۱(۲):۸۹-۸۲.

الصاق، ا.، ۱۳۹۰، ارزیابی تراکم روی، مس،کبالت و منگنز در بافت خوراکی ماهیان سفید وکپور دریای خزر، مجله علمی دانشگاه علوم پزشکی گرگان، ۸۹: ۴۴-۳۳.

بندانی، غ.، لاریجانی، م.، قاسمی، ش. و سهرابی، ت.، ۱۳۹۵. ارزیابی ذخایر ماهیان کپور و کلمه در آبهای ایرانی دریای خزر. موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور. گزارش نهایی. ۳۴ ص.

پورغلام، ر.، نصراله زاده ساروی، ح.، رضایی، م. و واردی، س.ا.، ۱۳۹۱. بررسی انباشت برخی از فلزات سنگین و ارزیابی ریسک سلامت در بافت عضله دو گونه از ماهیان تجاری سفید (*Rutilus frisii kutum*) و کفال پوزه باریک (*Liza saliens*) دریای خزر. مجله پژوهش های علوم و فنون دریایی، ۷(۴):۸۴-۶۷.

دادالهی، س.، نبوی، س.م.ب. و خیرو، ن.، ۱۳۸۷. ارتباط برخی مشخصات زیست سنجی با تجمع فلزات سنگین در بافت عضله و آبشش ماهی شیربت (*Barbus grypus*) در رودخانه اروندرود. مجله علمی شیلات ایران، ۱۷(۴): ۳۴-۲۷.

Journal of Aquatic Caspian Sea (J.A.C.S)

قاسم اف ،ا.ک.، ۱۹۹۴. اکولوژی دریای خزر، انتشارات ناوکا –باکو ،ترجمه ابوالقاسم شریعتی، ۱۳۷۸. تهران: موسسه تحقیقات شیلات ایران. ۲۷۴ص.

قربانزاده، ر.ع. و نظری، س.، ۱۳۹۲. سالنامه آماری سازمان شیلات ایران ۱۳۹۱-۱۳۸۱. ناشر: سازمان شیلات ایران/معاونت برنامه ریزی و توسعه مدیریت/دفتر برنامه و بودجه. ۶۴ ص.

مشروفه، ع.ر.، ریاحی بختیاری، ع.ر. و پور کاظمی، م.، ۱۳۹۱. بررسی میزان فلزات کادمیوم، نیکل ،وانادیوم و روی در بافت های مختلف فیل ماهی وازون برون و ریسک ناشی از مصرف بافت عضلانی آنها مربوط به حوزه جنوبی دریای خزر، مجله دانشگاه علوم پزشکی مازندران، ۲۲(۹۶):۹۷-۹۰.

محمدی، م.، ۱۳۸۹. میزان کادمیوم و سرب در عضله و کبد ماهی شیربت (*Barbus grypus*) در رودخانه دز، فصلنامه علمی پژوهشی تالاب، ۱(۴): ۹۶-۹۱.

نصراله زاده ساروی، ح.، پورغلام، ر.، پورنگ، ن.، رضایی ،م.، مخلوق، آ. و یونسی پور ، ح.، ۱۳۹۲. مطالعه تجمع برخی از فلزات سنگین در بافت خوراکی ماهی کپور(*Cyprinus carpio*) و برآورد میزان سیبل خطر در حوزه ایرانی دریای خزر، مجله دانشگاه علوم پزشکی مازندران، ۲۳(۱۰۳): ۴۵-۳۴.

واردی، ا.، نصراله زاده ساروی، ح.، نجف پور، ش.، واحدی، ف.، غلامی پور، س.، یونسی پور، ح.، علومی، ی.، طالشیان، ح. و احمد نژاد، ا.، ۱۳۸۹. پروژه بررسی آلاینده‌های زیست محیطی (فلزات سنگین، هیدرکربورهای نفتی، سورفاکتانت ها و سموم کشاورزی) در سواحل جنوبی دریای خزر، ساری. انتشارات موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور (پژوهشکده اکولوژی دریای خزر)، ۲۳۵ ص.

Anan, A., Takashi, K., Shinsuke, T., Igor, M. and David, G.A., 2005. Trace element accumulation in fishes collected from coastal waters of the Caspian Sea. Marine Pollution Bulletin, 51(8-12):882–888.

Asha, P. S., Krishnakumar, P.K., Kaladharan, P. Prema, D. Diwakar, K. Valsalaand K.K.G. and Bhat S., 2010. Heavy metal concentration in sea water, sediment and bivalves off Tuticorin, Journal of the Marine Biology Association of India, 52(1):48–54.

Beckvar, N., Field, J., Salazar, S. and Hoff, R., 1996. Contaminants in Aquatic Habitats at Hazardous Waste Sites: Mercury. NOAA publisher, Seattle, Washington, USA. 80pp.

Biney, C.A., Ameyibor, E., 1992.Trace metal concentrations in the pink shrimp Penaeusnotialis, from the coast of Ghana. Water Air Soil Pollution, 63(3-4):273-279.

Bluman, A.G., 2014. Elementary statistics: a step by step approach. USA: Tom Casson publisher, 9th edition. 733pp.

Bundy, R., 1996. Legal aspects of protecting the environment of the Caspian Sea. Review of European Community & International Environmental Law, 5:122-129.

Burrows, I.G. and Whitton, B.A., 1983. Heavy metals in water, sediments and invertebrates from a metal contaminated river free of organic pollution. Hydrobiologia, 106(3): 263-274.

Chen, Y.C. and Chen, M.H., 2001. Heavy metal concentration in nine species of fishes caught in coastal water off Ann-Ping, S.W. Taiwan. Journal of Food and Drug Analysis, 9:107-114.

Deb, S.C. and Fukushima, T., 1999. Metals in aquatic ecosystems Mechanism of uptake, accumulation and release. International Journal of Environmental Studies, 56(3): 385-417.

Demirak, A., Yilmaz, F., Tuna A.l. and Ozdemir, N., 2006. Heavy metals in water, sediment and tissue of leuciscus from astream in southwestern turkey. Chemosphere, 63(9):1451-1458.

Journal of Aquatic Caspian Sea (J.A.C.S)

Jezierska, B. and Witeska, M., 2001. Metal Toxicity to Fish, Wydawnictwo Akademii, Podlaskiej, Siedlce, 318 pp.

EC (European Commission), 2005. As regards heavy metals. Official Journal of the European Union. Commission Regulation. No 78/2005. No 466/2001.

FAO (Food and Agriculture Organization)., 1983. Compilation of legal limits for hazardous substance in fish and fishery products. FAO Fishery Circular No. 464, 5-100pp.

Madany, I.M., Wahab, A.A.A. and Al-Alawi, Z., 1996. Trace metals concentrations in marine organisms from the coastal areas of Bahrain Arabian Gulf. Water, Air, Soil Pollution, 91:233–248.

MOOPAM (Manual of oceanographic observations and pollutant analyses methods), 1999. Manual of oceanographic observations and pollutant analyses methods, Kuwait. 164pp.

Roberts, R.J., 2002. Fish Pathology (First ed.). Barry L. Munday Tasmania Australia Publishers. London, England. 125pp.

Ruelle, R. and Henry, C., 1994. Life history observation and contaminant evaluation of pallid sturgeon. Final report. U.S. Fish and Wildlife service Region 6. Contaminants program. 24pp.

Semionov, A., 2018. Minamata Disease-Review. World Journal of Neuroscience, 08(02):178-184.

USEPA (U.S. Environmental Protection Agency), 2000. Guidance manual for assessing human health risks from chemically contaminated, fish and shellfish, Washington, D.C. (EPA-503/8-89-002)

Wang, X.L., Sato, T., Xing, B., Tao, S., 2005. Health risk of heavy metals to the general public in Tianjin, China via consumption of vegetables and fish. Environmental Research, 350:28– 37.

Yusal, K., Emre, Y. and Kose, E., 2008. The determination of heavy metal accumulation ratios in muscle, skin and gills of some migratory fish species by inductively coupled plasma-optical emission spectrometry (ICP-OES) in Beymelek lagoon (Antalya/Turyey). Microchemical Journal, 90:67-70.

Journal of Aquatic Caspian Sea (J.A.C.S)

Determination of muscle tissue consumption of *Cyprinus Carpio* fish based on Hazard index of non-essential heavy metals

Unesipour H. [1], Nasrollahzadeh Saravi H.[1]*, Sadatipour S.M.T.[2], Afraei Banpei M.A.[1], Ahmadnezhad A.[1], Daryanabard Gh.R.[1], Bagherzadeh F.[1]

E-mail: hnsaravi@gmail.com

1-Caspian Sea Ecology Research Center (CSERC), Iranian Fisheries Science Research Institute (IFSRI), Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Sari, Iran.
2- Islamic Azad University- Tehran shomal, Marine chemistry dept., Tehran, Iran.

Abstract

Heavy metals have a long half-life in the environment. They have the ability to transfer into the food chain. Therefore, their increase (because of mainly discharge of wastewater to aquatic ecosystems) is important for fish and other aquatic organisms. Due to the importance of *Cyprinus Carpio* fish in food basket of the people in the north part of Iran, this study intends to determine the amount of consumption of this fish without hazards to health, based on the amounts of lead (Pb), cadmium (Cd), and total mercury (Hg) in the muscle tissue of *Cyprinus Carpio* fish. 45 fish samples were collected at several fishing seines cooperation in the eastern part of the southern Caspian Sea. After the preparation of the muscle tissue, the amounts of Pb, Cd and Hg were measured by atomic absorption instrument. The heavy metals concentration was in order of: Hg >Pb>Cd. Mean concentration (±SE) of Pb, Cd and Hg were obtained 0.089±0.01, 0.013±0.002 and 0.411±0.09 µg/g.dw, respectively. The accumulation of lead, cadmium and total mercury in the muscle tissue of *Cyprinus Carpio* were in the range of EC, WHO, FDA and FAO safety standard levels. Target Hazard Quotation (THQ) indicated that all metals were in standard threshold in muscle tissue of *Cyprinus Carpio* and Hazard Index (HI) was recorded below the hazard level. Based on this study, consuming 123 grams per week of muscle tissue of *Cyprinus Carpio* for adult person do not lead to significant health risk.

Keywords: *Cyprinus Carpio*, Heavy metals, Bioaccumulation, Risk hazard

Journal of Aquatic Caspian Sea (J.A.C.S)