انباشتگی فلزات جیوه و روی در عضله چهار گونه ماهیان دریای خزر (مطالعه موردی: سواحل محمودآباد-نوشهر)

- **معصومه موفق‌بهنام**: گروه محیط‌زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران
- **عباس اسماعیلی‌ساری**: گروه محیط‌زیست، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس، نور، ایران
- **سیدمحمد ماجدی**: گروه محیط‌زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

تاریخ دریافت: مرداد ۱۳۹۸ تاریخ پذیرش: آبان ۱۳۹۸

چکیده

امروزه افزایش جمعیت، توسعه صنایع مختلف و گسترش مناطق کشاورزی باعث ورود حجم بالای آلاینده‌های مختلف به‌ویژه فلزات سنگین به محیط‌های آبی گردیده است. از این‌رو در این مطالعه به بررسی میزان جیوه و روی در ماهیان مصرفی *Mugil cephalous Linnaeus*، *Rutilus frisii kutum*، *Cyprinus carpio* و *Sander lucioperca* از سواحل جنوبی دریای خزر محدوده محمودآباد تا نوشهر در فصل زمستان ۱۳۹۶ پرداخته شد. از هر گونه ماهی تعداد ۱۰ نمونه به‌صورت تصادفی صید و جهت آنالیز فلزات استفاده شد. به‌منظور سنجش جیوه از دستگاه مرکوری آنالیزر پیشرفته و برای سنجش روی از دستگاه جذب اتمی شعله استفاده گردید. بیش‌ترین میزان فلز جیوه در بافت عضله ماهی سوف با ۰/۶۸ میکروگرم بر گرم وزن خشک و کم‌ترین میزان آن با ۰/۰۳ میکروگرم بر گرم وزن خشک در ماهی کفال اندازه‌گیری شد و در مورد فلز روی نیز بیش‌ترین میزان در ماهی سوف ۶۷/۶۶ میکروگرم بر گرم وزن خشک و کم‌ترین میزان در ماهی کپور ۴۸/۶۸ میکروگرم بر گرم وزن خشک اندازه‌گیری شد. هم‌چنین نتایج نشان داد که فردی با وزن بدنی معادل ۷۰ کیلوگرم، فقط ۱۰ گرم در روز یا ۱/۳ وعده در ماه می‌تواند از ماهی سوف استفاده کند. به‌طورکلی نتایج نشان داد که تجمع فلزات در سوف که گونه‌ای با رژیم غذایی گوشت‌خواری است نسبت به گونه‌های کپور که گونه‌های بنتوپلاژیک هستند به‌میزان بیش‌تری مشاهده شد و براساس میزان جیوه در بافت عضله ماهی سوف، در این گونه محدودیت مصرف مشاهده شد.

کلمات کلیدی: جیوه، روی، حد مجاز مصرف غذایی، دریای خزر

* پست الکترونیکی نویسنده مسئول: Esmaili@modares.ac.ir

(DOI): 10.22034/aej.2020.114234

مقدمه

افزایش جمعیت و توسعه صنایع مختلف و گسترش مناطق کشاورزی باعث ورود حجم بالای آلاینده‌های مختلف به محیط‌های آبی گردیده است. از میان مواد آلاینده وارد شده به اکوسیستم‌های آبی، فلزات سنگین به‌علت اثرات سمی و ظرفیت بالای انباشت زیستی در بسیاری از گونه‌های آبزی قابل توجه هستند (Adel و همکاران، ۲۰۱۶). فلزات سنگین به شکل پی‌درپی از منابع طبیعی و فعالیت‌های انسان به محیط‌های آبی وارد می‌شوند اما در این میان سهم منابع انسانی بسیار چشمگیر است به گونه‌ای که آلودگی محیط‌های آبی به فلزات سنگین در سال‌های اخیر به یک مشکل محیط‌زیستی در سراسر جهان تبدیل شده است(منصوری و عظیمی، ۱۳۹۴؛ Heba و همکاران، ۲۰۱۵).ورود آلاینده‌ها به اکوسیستم‌های طبیعی به‌عنوان فاکتور تهدید کننده سلامتی این محیط‌ها تلقی می‌شود(Sharma و Rawat، ۲۰۰۹). این درحالی است که متاسفانه تحت تأثیر توسعه شهرنشینی، گسترش صنعت و فعالیت کشاورزی و به‌دنبال آن ورود انواع کودها و سموم دفع آفات و نیز فاضلاب‌های صنعتی، کشتیرانی، کشاورزی و شهری انواع مختلفی از ترکیبات شیمیایی به‌ویژه عناصر سنگین به اکوسیستم‌های آبی وارد شده است. دریای خزر یکی از حساس‌ترین اکوسیستم‌های آبی کشور است که امروزه در حال تخریب و نابودی است. رشد صنعت، افزایش فعالیت‌های کشاورزی و دیگر فعالیت‌های انسانی منجر به افزایش رشد جمعیت انسان شده است و این خود باعث ورود سریع مواد شیمیایی انسان‌ساز زیادی به محیط‌زیست، به‌خصوص اکوسیستم‌های آبی شده است (جاودان‌خرد و همکاران، ۱۳۹۱). به‌دلیل عدم وجود سیستم تصفیه فاضلاب و پساب کارآمد،این آلاینده‌ها به‌صورت مستقیم وارد دریای خزر شده، در آن تجمع می‌یابند و سبب آلودگی و تهدید این اکوسیستم آبی می‌گردند (Malakootian و همکاران، ۲۰۱۱). ورود این آلاینده‌ها سبب به‌هم خوردن سیستم طبیعی دریای خزر شده و در دراز مدت باعث تجمع زیستی (Bioacomulation) عناصر آلاینده و فوق سمی در بافت آبزیان می‌شود (Fatollahi، ۲۰۰۳). بنابراین آلودگی به فلزات سنگین به‌دلیل سمیت، پایداری و تجمع زیستی آن‌ها یکی از مشکلات بسیار جدی برای اکوسیستم‌های آبی است(Usero و همکاران، ۲۰۰۵؛Yi و همکاران، ۲۰۱۱).فلزات سنگین از طریق آب و تغذیه توسط آبزیان جذب شده و در بافت‌های آن‌ها تجمع می‌یابند (Khosravani و همکاران، ۲۰۱۱). هم‌چنین فلزات سنگین به‌دلیل تاثیرات منفی مختلف بر آبزیان نظیر کاهش رشد، تغییرات رفتاری، تغییرات ژنتیکی و نیز مرگ و میر (امینی‌رنجبر و ستوده‌نیا، ۱۳۸۴) و هم‌چنین به سبب سمیت و تمایل به تجمع در زنجیره غذایی موجب ایجاد نگرانی گردیده است. برخی فلزات سنگین مانند روی، مس و کبالت به‌مقدار بسیار کم برای رشد و پیشرفت طبیعی ضروری به‌شمار می‌رود. با این‌حال، برخی دیگر مانند جیوه، کادمیوم و سرب هیچ‌گونه کارکرد زیستی ویژه‌ای ندارند. غلظت فلزات در اعضای بالای شبکه‌غذایی مانند ماهی می‌تواند چند برابر بیش‌تر از مقادیر آن در محیط‌های آبی و یا در رسوبات باشد (Stancheva و همکاران، ۲۰۱۳). ماهی بخش عمده‌ای از رژیم غذایی انسان است و بنابراین شگفت‌انگیز نیست که بررسی‌های بسیاری روی فلزات در گونه‌های مختلف ماهی‌های خوراکی انجام شده است و کاربرد پذیری ماهی برای ارزیابی شرایط محیطی در بوم‌سازگان‌های آبی در سال‌های اخیر بسیار مورد توجه قرار گرفته است (Leung و همکاران، ۲۰۱۶). ماهی برای سوخت و ساز طبیعی خود، فلزات ضروری مانند مس و روی را از آب، غذا و یا رسوب جذب می‌کند. با این‌حال، شبیه به مسیر فلزات ضروری، فلزات غیرضروری نیز توسط ماهی جذب شده و در بافت‌ها انباشته می‌شوند (Dhanakuma و همکاران، ۲۰۱۵؛ Yilmaz، ۲۰۰۹). از این‌رو در این تحقیق به بررسی میزان فلزات جیوه و روی در بافت خوراکی ماهیان سوف، سفید، کفال و کپور پرداخته شده است. هم‌چنین حد مصرف غذایی بافت خوراکی ماهیان مورد مطالعه مورد بررسی قرار گرفته است.

مواد و روش‌ها

نمونه‌برداری: نمونه‌برداری از سواحل جنوبی دریای خزر از محدوده محمودآباد تا نوشهر در فصل زمستان ۱۳۹۶ انجام شد. در ایستگاه‌های مورد نظر ۱۰ نمونه ماهی از هر گونه به‌صورت تصادفی نمونه‌برداری گردید. سپس نمونه‌ها در داخل یخ بلافاصله به آزمایشگاه جهت هضم شیمیایی و آنالیز فلزات انتقال داده شد. در شکل ۱، نقشه محل نمونه‌برداری آورده شد است.

آماده‌سازی و هضم نمونه‌های ماهی: جهت هضم نمونه‌ها برای سنجش فلز روی از روش هضم اسیدی با استفاده از ترکیب اسیدنیتریک و اسیدپرکلریک (نسبت ۱:۴) انجام شد. در ابتدا نمونه‌های بافت جدا شده به‌مدت ۲۴ ساعت در فریز درایر قرار داده شد تا کاملاً خشک گردیدند. مقدار ۱ گرم از پودر خشک ماهی توزین و داخل یک لوله پلی‌اتیلنی قرار داده شد و به‌میزان ۸ میلی‌لیتر اسیدنیتریک ۶۵٪ و ۲ میلی‌لیتر اسیدپرکلریک به آن اضافه گردید. سپس لوله‌های پلی‌اتیلنی را به‌مدت ۱ ساعت بر دستگاه هضم‌کننده با درجه ۸۰ درجه سانتی‌گراد و ۳ ساعت دمای ۱۴۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند تا عمل هضم انجام پذیرد (Yap و همکاران، ۲۰۰۸). پس از اتمام مراحل هضم، محلول با استفاده از کاغذ صافی واتمن ۴۲ و قیف پلی‌اتیلنی در بالن ژوژه ۲۵ میلی‌لیتری صاف گردیده و نهایتاً با استفاده از آب

(DOI): 10.22034/aej.2020.114234

یون‌زدایی حجم محلول به ۲۵ میلی‌لیتر رسانده شد. سرانجام برای اندازه‌گیری مقدار عنصر روی از دستگاه جذب اتمی شعله شیمادزو مدل AA-670 ساخت کشور ژاپن استفاده گردید. تمام ظروف مورد استفاده، از قبل به‌مدت ۲۴ ساعت در اسیدنیتریک ۲۰٪ قرار داده شد سپس با آب مقطر شستشو و خشک گردیدند. هم‌چنین به‌منظور سنجش جیوه مطابق با دستورالعمل دستگاهی ۰/۰۳ تا ۰/۰۵ از نمونه‌های خشک به‌طور مستقیم با دستگاه مرکوری آنالیز پیشرفته LECO مدل AMA254 ساخت کشور آمریکا اندازه‌گیری شدند.

حدمجاز مصرف ماهیان مورد مطالعه: برای محاسبه حد مجاز مصرف ماهیان مورد مطالعه از روش ارایه شده توسط سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا (EPA) استفاده شد. در این روش با استفاده از دوز مرجع (RfD) فرمولی ارائه شده که با استفاده از آن‌ها می‌توان حد قابل قبول مصرف ماهی و محصولات شیلاتی را بدون عوارض سرطان‌زایی ناشی از مصرف جیوه در یک دوره زمانی خاص به‌دست آورد (EPA، ۲۰۰۰):

$$CRlim = (RfD \times BW) / Cm$$

$$CRmm = (CRlim \times 30) / MS$$

در معادلات فوق CRlim حد مجاز مصرف بر حسب کیلوگرم در روز، RfD دوز مرجع که برابر ۰/۱ میکروگرم بر کیلوگرم وزن بدن در روز برای جیوه محاسبه شده است. BW وزن بدن بر حسب کیلوگرم، Cm غلظت‌جیوه در بافت عضله ماهی بر حسب میکروگرم بر کیلوگرم، MS مقدار وزنی ماهی در هر وعده غذایی (۸ اونس یا ۲۲۷ گرم) و CRmm نرخ مجاز مصرف بر حسب تعداد وعده در ماه می‌باشد (EPA، ۲۰۰۰).

آنالیز آماری: به‌منظور تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها از نرم‌افزار SPSS ورژن ۱۶ استفاده شد. در ابتدا نرمال بودن داده‌ها با استفاده از آزمون شاپیرو ویلک (Shapiro-wilk) و آزمون همگنی واریانس‌ها با آزمون لون(Levene test) بررسی و مشخص شد که داده‌های به‌دست آمده توزیع نرمال دارند و واریانس گروه‌ها همگن می‌باشد. جهت بررسی وجود یا عدم وجود اختلاف معنی‌دار بین غلظت فلزات مورد مطالعه در بافت عضله ماهیان مختلف از آزمون آنالیز واریانس یک‌طرفه (One-Way ANOVA) و آزمون دانکن (Duncan) استفاده گردید.

شکل۱: نقشه منطقه مورد مطالعه

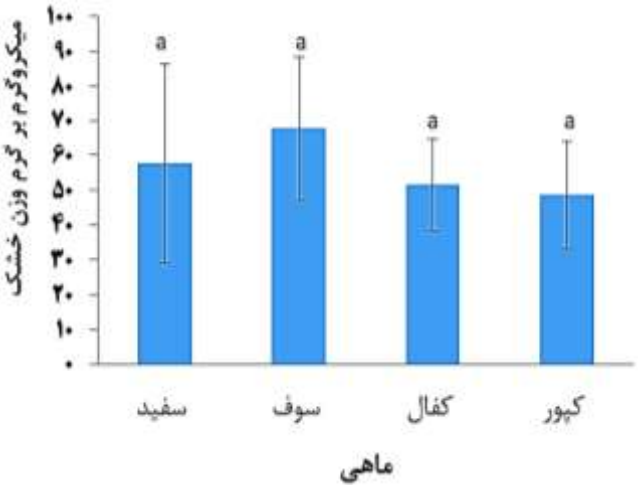
نتایج

میانگین غلظت عناصر مورد بررسی در عضله ماهیان مطالعه شده: نتایج مربوط به میانگین غلظت فلزات جیوه و روی برحسب میکروگرم بر گرم وزن خشک در بافت عضله ماهیان مورد مطالعه در جدول ۱ آمده است. همان‌طورکه نتایج نشان می‌دهد بیش‌ترین میزان جیوه و روی درماهی سوف اندازه‌گیری شد و هم‌چنین در تمام ماهیان مورد مطالعه میزان تجمع روی نسبت به جیوه در ماهیان مورد مطالعه بیش‌تر اندازه‌گیری شد.

مقایسه غلظت عناصر جیوه و روی در عضله ماهیان مورد مطالعه در سواحل جنوبی دریای خزر: نتایج حاصل از آزمون آنالیز واریانس یک‌طرفه نشان‌داد که میان غلظت‌فلز روی‌درنمونه‌های عضله ماهی‌بین‌گونه‌های مختلف اختلاف معنی‌داری وجود ندارد ($P>0/05$). ولی به‌طورکلی میزان عنصر روی از زیاد به کم به‌ترتیب‌اندازه‌گیری شد: سوف> سفید> کفال > کپور (شکل ۱). نتایج حاصل از آزمون

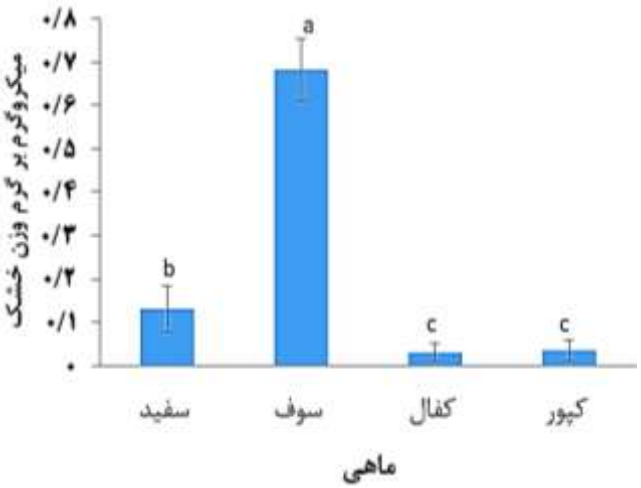
(DOI): 10.22034/aej.2020.114234

آنالیز واریانس یک‌طرفه برای عنصر جیوه نشان داد که میان غلظت این فلز در نمونه‌های عضله ماهی بین گونه‌های مختلف اختلاف معنی‌داری وجود دارد (P<۰/۰۵). که براساس نتایج حاصل از آزمون دانکن، بین ماهیان کپور و کفال (حروف مشابه a) اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد، ولی بین ماهی سوف و سفید با دیگر ماهیان (حروف متضاد a و b) اختلاف معنی‌دار بود. بیش‌ترین میزان این فلز در بافت عضله ماهی‌سوف با ۰/۶۸ میکروگرم بر گرم وزن خشک‌وکم‌ترین میزان آن با ۰/۰۳ میکروگرم بر گرم وزن خشک‌درماهی کفال اندازه‌گیری شد (شکل ۲).



شکل ۱: نمودار مقایسه غلظت عنصر روی در عضله ماهیان مورد مطالعه (برحسب میکروگرم بر گرم وزن خشک)

حروف مشابه a نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار



شکل ۲: نمودار مقایسه غلظت عنصر جیوه در عضله ماهیان مورد مطالعه (برحسب میکروگرم بر گرم وزن خشک)

حروف مشابه نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار، حروف متضاد نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار

جدول ۱: میانگین، انحراف معیار و دامنه انباشت فلزات بررسی شده در بافت عضله ماهیان سفید، سوف، کفال و کپور در محدوده سواحل محمودآباد- نوشهر (برحسب میکروگرم برگرم وزن خشک)

فلز	گونه ماهی	انحراف معیار± میانگین	حداکثر- حداقل
جیوه	سفید	۰/۱۳ ± ۰/۰۵	۰/۲۱ – ۰/۰۶
	سوف	۰/۶۸ ± ۰/۰۷	۰/۷۸ – ۰/۵۸
	کفال	۰/۰۳ ± ۰/۰۲	۰/۰۵ – ۰/۰۱
	کپور	۰/۰۳۴ ± ۰/۰۲	۰/۰۵۷ – ۰/۰۰۹
روی	سفید	۵۷/۷۴ ± ۲۸/۷۹	۱۰۸/۲۲ – ۳۷/۲۲
	سوف	۶۷/۶۶ ± ۲۰/۵۵	۱۰۳/۲۷ – ۵۰/۹۷
	کفال	۵۱/۴۹ ± ۱۳/۲۱	۷۰/۲۷ – ۳۵/۵۵
	کپور	۴۸/۶۸ ± ۱۵/۴۵	۶۷/۶ – ۳۴/۴۵

بحث

نتایج مربوط به میانگین غلظت فلزات جیوه و روی برحسب میکروگرم بر گرم وزن خشک در بافت عضله ماهیان مورد مطالعه در جدول ۱ آمده است. همان‌طورکه نتایج نشان می‌دهد بیش‌ترین میزان جیوه و روی در ماهی‌سوف اندازه‌گیری شد و هم‌چنین در تمام ماهیان مورد مطالعه میزان تجمع روی نسبت به جیوه در ماهیان مورد مطالعه بیش‌تر اندازه‌گیری شد. ازجمله بررسی سطوح فلزات سنگین (سرب، کادمیوم و روی) در بافت خوراکی عضله ماهی کاراس تالاب انزلی توسط خانی‌پور و همکاران (۱۳۹۵) نشان داد که فلز روی بالاترین سطح را در بافت عضله ماهی دارد و میزان سرب، کادمیوم به‌ترتیب در مراحل بعدی قرار داشتند. احمدی و همکاران (۱۳۹۴) نیز غلظت فلزات سنگین در بافت خوراکی عضله اردک ماهی تالاب انزلی را مورد بررسی قرار دادند، نتایج آن‌ها نشان داد که فراوانی فلزات برمبنای غلظت به‌صورت کادمیوم< نیکل< روی تعیین شد. انباشتگی بالای فلز روی را می‌توان به نقش مهم آن در فرایندهای آنزیمی، تنفسی و فرآیندهای متابولیسمی آبزیان و هم‌چنین منشأ زمین‌شناسی و حضور طبیعی این عنصر ارتباط داد. از طرفی میزان دفع فلز روی نسبت به میزان تجمع زیستی آن، بسیار آهسته می‌باشد پس تجمع بالای آن نسبت به سایر فلزات قابل توجیه می‌باشد (Canli و Alti، ۲۰۰۳). هم‌چنین بالا بودن فلز روی می‌تواند نشان‌دهنده آلودگی آب دریای خزر به فلز روی از طریق ورود فاضلاب‌ها باشد. این فلز هر چند جزء ریزمغذی‌ها محسوب شده و برای متابولیسم بدن نیاز می‌باشد ولی افزایش آن در بدن انسان می‌تواند برای سلامت انسان تهدید جدی باشد. پس تجمع این فلزات در بافت خوراکی ماهی نشانگر تجمع بیش از حد و زیاد این فلزات در دریای خزر و آلودگی دریای خزر به

(DOI): 10.22034/aej.2020.114234

فاضلاب‌های حاوی فلزات فوق می‌باشد (سیف‌زاده و همکاران، ۱۳۹۵). میزان عنصر روی از زیاد به کم به‌ترتیب سوف> سفید> کفال > کپور اندازه‌گیری شد بیش‌ترین میزان جیوه در بافت عضله ماهی سوف با ۰/۶۸ میکروگرم بر گرم وزن خشک و کم‌ترین میزان آن با ۰/۰۳ میکروگرم برگرم وزن خشک در ماهی کفال اندازه‌گیری شد در بررسی و مقایسه میزان فلزات جیوه و روی بین گونه‌های ماهی مورد مطالعه نتایج به‌دست آمده نشان داد که فلزهای مورد مطالعه بیش‌ترین میزان را در ماهی سوف و کم‌ترین مقدار را در ماهی کپور داشته است. دلیل این امر می‌تواند به جایگاه گونه در زنجیره غذایی یا نوع تغذیه مربوط باشد. ماهی سوف هم گونه‌ای گوشت‌خوار است که البته از طعمه‌های کوچک‌تری نسبت به اردک ماهی برای تغذیه استفاده می‌کند. ولی رژیم غذایی ماهی کپور بیش‌تر اوقات گیاه‌خواری می‌باشد، هم‌چنین این گونه از کرم‌ها و موجودات کف بستر هم تغذیه می‌کند (عبدلی، ۱۳۷۸). Mirlean و همکاران (۲۰۰۵) مقدار جیوه را در سه دریاچه در برزیل اندازه‌گیری کرده و رابطه بین جیوه آب دریاچه و بافت ماهی را مورد مطالعه قرار دادند. در این تحقیق مشخص شد که متوسط غلظت‌جیوه درماهیان علف‌خوار ۵۲ نانوگرم برگرم، در همه‌چیزخواران و دیتریت‌خواران ۹۱ نانوگرم بر گرم و در ماهیان گوشت‌خوار ۳۷۰ نانوگرم بر گرم بود.

حد مجاز مصرف ماهیان مورد مطالعه: نتایج حد مجاز مصرف ماهیان سفید، سوف، کفال و کپور در سواحل جنوبی دریای خزر بر اساس میزان جیوه در بافت عضله در جدول ۲ آورده شده است. در واقع حد مجاز مصرف ماهی به‌منظور ایجاد تعادل بین فواید و حفظ سلامت عمومی ناشی از مصرف آن تعریف شده است (EPA، ۲۰۰۰). همان‌طورکه در جدول ۲ مشخص شده است، بیش‌ترین محدودیت مصرف مربوط به سوف می‌باشد که بالاترین غلظت جیوه را نیز دارا می‌باشد. کپور معمولی و کفال نیز کم‌ترین نگرانی و محدودیت مصرف را به خود اختصاص داده‌اند. با توجه به جدول ۲ می‌توان نتیجه گرفت که به‌طور مثال فردی با وزن بدنی معادل ۷۰ کیلوگرم، فقط ۱۰ گرم در روز یا ۱/۳ وعده در ماه می‌تواند از ماهی سوف استفاده کند، ولی همین فرد می‌تواند تا ۲۰۰ تا ۲۳۰ گرم به‌ترتیب از ماهی کپور و کفال در روز یا ۲۶ تا ۳۰ وعده در ماه به‌ترتیب از ماهی کپور و کفال بدون نگرانی از خطرات جیوه از کپورمعمولی برای تغذیه استفاده کند. عمارلو و همکاران (۱۳۹۰) به بررسی حد مصرف غذایی در ماهیان تالاب انزلی پرداختند نتایج آن‌ها نشان داد که فردی با وزن بدنی معادل ۷۰ کیلوگرم، فقط ۲۰ گرم در روز یا ۲/۷ وعده در ماه می‌تواند از اردک ماهی استفاده کند، ولی همین فرد می‌تواند تا ۵۵ گرم در روز یا ۷ وعده در ماه بدون نگرانی از خطرات جیوه از کپور معمولی برای تغذیه استفاده کند.

جدول ۲: حد مجاز مصرف ماهیان سفید، سوف، کفال و کپور محدوده سواحل محمودآباد- نوشهر براساس میزان جیوه در بافت عضله

وزن بدن	سفید		سوف		کفال		کپور	
	مجاز مصرف (کیلوگرم در روز)	حد مجاز مصرف (وعده در ماه)	حد مجاز مصرف (کیلوگرم در روز)	حد مجاز مصرف (وعده در ماه)	مجاز مصرف (کیلوگرم در روز)	حد مجاز مصرف (وعده در ماه)	مجاز مصرف (کیلوگرم در روز)	حد مجاز مصرف (وعده در ماه)
۱۵	۰/۰۱	۱/۵	۰/۰۰۲	۰/۲۹	۰/۰۴	۶/۵۹	۰/۰۴	۵/۷
۷۰	۰/۰۵	۷/۱	۰/۰۱	۱/۳	۰/۲۳	۳۰/۷	۰/۲۰	۲۶/۶

در جدول ۳ میزان فلز سنگین جیوه در ماهیان مختلف در سواحل جنوبی دریای خزر آورده شده است. همان‌طورکه مقایسه میزن فلز سنگین جیوه این مطالعه با سایر مطالعات نشان می‌دهد میزان جیوه در مطالعه حاضر بیش‌تر از سایر مطالعات می‌باشد.

جدول ۳: میزان فلز سنگین جیوه در ماهیان مختلف در سواحل جنوبی دریای خزر

نوع ماهی	میزان جیوه	منبع
Cyprinus carpio	۰/۲ میکروگرم بر گرم وزن تر	Tabatabaie و همکاران، ۲۰۱۱
Sander lucioperca	۰/۰۶ میکروگرم بر گرم وزن تر	Tabatabaie و همکاران، ۲۰۱۱
Esox lucius	۰/۰۰۵ میکروگرم بر گرم وزن تر	Adel و همکاران، ۲۰۱۶
Phalacrocorax Carbo	۲/۰۶ میکروگرم بر گرم	Mollazadeh و همکاران، ۲۰۱۱
Sander lucioperca	۶۷۵-۱۰۴ نانوگرم بر گرم	Manavi و Mazumder ، ۲۰۱۸
Liza aurata	۱۷۵-۶۶ نانوگرم بر گرم	Manavi و Mazumder، ۲۰۱۸
Rutilus frisii kutum	۱۷۰-۱۲۳ نانوگرم بر گرم	Manavi و Mazumder، ۲۰۱۸
سفید	۰/۱۳ میکروگرم بر گرم وزن خشک	مطالعه حاضر
سوف	۰/۶۸ میکروگرم بر گرم وزن خشک	مطالعه حاضر
کفال	۰/۰۳ میکروگرم بر گرم وزن خشک	مطالعه حاضر
کپور	۰/۰۳۴ میکروگرم بر گرم وزن خشک	مطالعه حاضر

(DOI): 10.22034/aej.2020.114234

در این مطالعه، توزیع تجمع فلزات جیوه و روی در چهار گونه ماهی سفید، سوف، کفال و کپور در سواحل جنوبی دریای خزر مورد بررسی قرار گرفت. براساس نتایج میزان انباشتگی فلزات در گونه‌ها متفاوت بود و ماهیان با رژیم غذایی مختلف، تفاوت آشکاری را در میزان تجمع عناصر سنگین نشان دادند. به‌طوری که تجمع فلزات در سوف که گونه‌ای با رژیم غذایی گوشت‌خواری است نسبت به گونه‌های کپور که گونه‌های بنتوپلاژیک هستند به‌میزان بیش‌تری مشاهده شد. حد مصرف ماهیان مورد مطالعه نشان داد که براساس میزان جیوه در بافت ماهیان مورد مطالعه محدودیت مصرف در ماهی سوف مشاهده می‌شود. هم‌چنین پیشنهاد می‌گردد در پایش‌های مداوم تمامی آلاینده‌های محیطی در آب، رسوب و آبزیان دریای خزر صورت گرفته و با شناخت دقیق منابع آلاینده اقدام به کنترل این منابع گردد تا لزوم اطمینان از سلامت جهت مصرف سایر آبزیان ایجاد گردد.

منابع

۱. **امینی‌رنجبر، غ.ر. و ستوده‌نیا، ف.، ۱۳۸۴.** تجمع فلزات سنگین در بافت عضله ماهی کفال طلایی (*Mugil auratus*) دریای خزر در ارتباط با برخی مشخصات بیومتریک (طول استاندارد، وزن، سن و جنسیت). مجله علمی شیلات ایران. سال ۱۴ ، شماره ۳، صفحات ۱ تا ۱۸.

۲. **احمدی، م.؛ خانی‌پور، ع.ا. و ابوالقاسمی، س.ج.، ۱۳۹۴.** اندازه گیری و مقایسه غلظت فلزات سنگین کادمیوم، نیکل و روی در بافت خوراکی عضله اردک ماهی(*Esox lucius*) تالاب انزلی. مجله علمی شیلات ایران. سال ۲۴، شماره ۱، صفحات ۷۵ تا ۸۲.

۳. **جاودان‌خرد، ا.؛ اسماعیلی‌ساری، ع. و بهرامی‌فر، ن.، ۱۳۹۱.** نقش رژیم غذایی و شرایط زیستگاهی در تجمع آلاینده‌های آلی در ماهیان تالاب بین‌المللی انزلی. مجله بهره‌برداری و پرورش آبزیان. جلد ۱، شماره ۲، صفحات ۳۱ تا ۵۰.

۴. **خانی‌پور، ع.ا.؛ احمدی، م.؛ سیف‌زاده، م.؛ زارع‌گشتی، ق. و زلفی‌نژاد، ک.، ۱۳۹۵.** بررسی میزان تجمع فلزات سنگین کادمیوم، سرب و روی در بافت خوراکی عضله ماهی کاراس (*Carassius auratus*) تالاب بین‌المللی بندر انزلی. فصلنامه علوم و صنایع غذایی. شماره ۵۴، دوره ۱۳، صفحات ۱۵۵ تا ۱۶۳.

۵. **سیف‌زاده، م.؛ احمدی، م. و زارع‌گشتی، ق.، ۱۳۹۵.** بررسی میزان تجمع کروم، روی و مس در بافت خوراکی ماهی کپور صید شده از تالاب بین‌المللی انزلی. علوم غذایی و تغذیه، سال ۱۳، شماره ۳، صفحات ۹۹ تا ۱۰۵.

۶. **عمارلو، ج.؛ اسماعیلی‌ساری، ع. و قاسمپوری، م.، ۱۳۹۰.** محاسبه نرخ مصرف اردک ماهی، کپور معمولی و ماهی سوف در محدوده تالاب انزلی براساس ترکیبات جیوه آلی و معدنی در اندام خوارکی آن. پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد. دانشگاه تربیت مدرس.

۷. **عبدلی، ع.ا.، ۱۳۷۸.** ماهیان آب‌های داخلی ایران. انتشارات موزه طبیعت و حیات وحش ایران. چاپ ششم. ۳۷۸ صفحه.

۸. **منصوری، ن. و عظیمی، ش.، ۱۳۹۴.** فلزات سنگین در محیط زیست. انتشارات حک.

۹. **Adel, M.; Dadar, M.; Fakhri, Y.; Oliveri Conti, G. and Ferrante, M., 2016.** Heavy metal concentration in muscle of pike (*Esox lucius*) from Anzali international wetland, southwest of the Caspian Sea and their consumption risk assessment. Toxin reviews. Vol. 35, No. 3-4, pp: 217-223.

۱۰. **Canli, M. and Atli, G., 2003.** The relationships between heavy metal (Cd, Cr, Cu, Fe, Pb, Zn) levels and the size of six Mediterranean fish species. Environ pollut. 121, pp: 129-136.

۱۱. **Dhanakumar, S.; Solaraj, G. and Mohanraj, R., 2015**. Heavy metal partitioning in sediments and bioaccumulation in commercial fish species of three major reservoirs of river Cauvery delta region, India. Ecotoxicol environ Saf. Vol. 113, pp: 145-151.

۱۲. **EPA. 2000.** Guidance for assessing chemical contaminant data for use in fish advisories. Volume 2: Risk Assessment and Fish Consumption Limits (U.S. EPA, Washington, DC, ed. 3, 2000).

۱۳. **Fatollahi, F., 2003.** Reviews the Anzali wetland system functioning in decreasing and eliminating pollutants urban, industrial, AgriculturalIsfahan University. Master Thesis. Environmental Engineering.

۱۴. **Heba, H.; Abu Zeid, I.; Osama, A.; Abuzinadah, F.A. and Zaki Al-Hasawi, Z., 2015;** Determination of Some Heavy Metals in Tissues and Organs of 3 Commercial Fish Species at Al-Hudaydah, Red Sea Coast of Western Yemen. World J of fish and marine sciences. Vol. 7, No. 3, pp: 198-208.

۱۵. **Leung, H., 2016.** Monitoring and assessment of heavy metal contamination in a constructed wetland in Shaoguan (Guangdong Province, China): bioaccumulation of Pb, Zn, Cu and Cd in aquatic and terrestrial components. Environmental Science and Pollution Research. pp: 1-10.

۱۶. **Malakootian, M.; Yaghmaeian, K.; Meserghani, M.; Mahvi, A.H., and Danesh Pajouh, M., 2011.** Determination of Pb, Cd, Cr and Ni concentration in imported Indian rice to Iran. Iranian Journal of health and environment. Vol, 4, No, 1. pp: 77-84.

۱۷. **Mirlean, N.; Larned, S.; Nikora, V. and Kütter, V., 2005.** Mercury in lakes and lake fishes on a conservation-industry gradient in Brazil. Chemosphere. Vol. 60, No. 2, pp: 226-236.

۱۸. **Mollazadeh, N.; Esmaili, A. and Ghasempouri, M., 2011.** Distribution of mercury in some organs of Anzali Wetland Common Cormorant. In2nd International Conference on Environmental Engineering and Applications, IPCBEE (Vol. 17, No. IACSIT Press, Singapore).

۱۹. **Manavi, P.N. and Mazumder, A., 2018.** Potential risk of mercury to human health in three species of fish from the southern Caspian Sea. Marine pollution bulletin. Vol. 130, pp: 1-5.

۲۰. **Stancheva, M. and Makedonski, P.E., 2013.** Determination of heavy metals (Pb, Cd, as and hg) in black sea grey mullet (*Mugil cephalus*). Bulgarian Journal of Agricultural Science. Vol. 19, pp: 30-34.

۲۱. **Sharma, R.C. and Rawat, J.S., 2009.** Monitoring of aquatic macroinvertebrates as bioindicator for assessing the health of wetlands: A case study in the Central Himalayas, India. Ecol Indic. Vol, 9. pp: 118-128.

۲۲. **Tabatabaie, T.; Ghomi, M.R.; Amiri, F. and Zamani ahmadmahmoodi, R., 2011.** Comparative study of mercury accumulation in two fish species (*Cyprinus carpio* & *Sander lucioperca*) from Anzali and Gomishan wetlands in the southern coast of the Caspian Sea. Bulletin of environmental contamination and toxicology. Vol. 87, No. 6, pp: 674-677.

۲۳. **Usero, J.; Morillo, J. and Gracia, I., 2005.** Heavy metal concentrations from the Atlantic coast of Southern Spain. Chemosphere. No. 59, pp: 1175-1181.

۲۴. **Yi, Y.; Yang, Z. and Zhang, S., 2011.** Ecological risk assessment of heavy metals in sediment and human health risk assessment of heavy metals in fishes in the middle and lower reaches of the Yangtze River basin. Environmental Pollution. Vol. 159, No. 10, pp: 2575-2585.

۲۵. **Yilmaz, F., 2009;** The comparison of heavy metal concentrations (Cd, Cu, Mn, Pb, and Zn) in tissues of three economically important fish (*Anguilla anguilla*, *Mugil cephalus* and *Oreochromis niloticus*) Inhabiting Köycegiz Lake-Mugla (Turkey). Turkish Journal of Science and Technology. Vol. 4, No. 1, pp: 7-15.

۲۶. **Yap, C.K.; Hatta, Y.; Edward, F.B. and Tan, S.G., 2008.** Distribution of heavy metal concentrations (Cd, Cu, Ni, Fe and Zn) in the different soft tissues and shells of wild mussels Perna viridis collected from Bagan Tiang and Kuala Kedah. Malays. Appl.Biol. Vol. 37, pp: 1-10.

(DOI): 10.22034/aej.2020.114234

Scientific Research Journal of Animal Environment Vol. 12, No. 3, Autumn 2020

Accumulation of mercury and zinc in muscle tissue of four species of fishes in Caspian Sea (Case study: coastal of Mahmoud Abad-Noshahr)

- **Masoomeh Movafagh Behnam:** Department of Environment, Faculty of Natural Resources and Environment, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran
- **Abbas Esmaili Sari*:** Department of Environment, Faculty of Natural Resources and Marine Sciences, Tarbiat Modares University, Noor, Iran
- **Seyed Mohammad Majedi:** Department of Environment, Faculty of Natural Resources and Environment, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

Received: August 2019 Accepted: November 2019

Keyword: Mercury, Zinc, *Mugil cephalous Linnaeus, Rutilus frisii kutum, Cyprinus carpio and Sander lucioperca*

Abstract

Nowadays, population growth, development of various industries and expansion of agricultural areas have led to high volume of various pollutants, especially heavy metals, into the aquatic environment. Hence, in this study investigated the amount of mercury and zink in fish consumed including *Mugil cephalous Linnaeus*, *Rutilus frisii kutum*, *Cyprinus carpio* and *Sander lucioperca* from Mahmoud Abad to Noshahr from the southern coast of the Caspian Sea in winter, 2018. 10 samples of each fish were randomly caught and analyzed for metals. Advanced mercury analyzer was used to measure mercury and flame atomic absorption was used to measure zinc. The highest amount of mercury was measured in muscle tissue of Sander lucioperca with 0.68 µg. g dry weight and its lowest with 0.33 µg. g dry weight in Mugil cephalous Linnaeus. In the case of zinc metal, the highest amount was found in 67.66 µg. g dry weight of muscle tissue of Sander lucioperca and 48.68 µg. g dry weight in muscle tissue of Cyprinus carpio. Also, the results showed that a person with weight in at 70 kilograms, only 10 grams per day, or 1.5 servings per month, could use of Sander lucioperca. In general, the results showed that the metal content in *Mugil cephalous Linnaeus*, which is a carnivorous species, was higher than that of *Cyprinus carpio*, which are bento-pelagic species. Based on the amount of mercury in muscle tissue of *Mugil cephalous Linnaeus*, this restriction was observed.

* Corresponding Author's email: Esmaili@modares.ac.ir