

بررسی غلظت سرب، نیکل و جیوه در پساب و عضله سه گونه ماهی گل خورک (*Boleophthalmu* *Dussumieri*)، ساردین (*Sardinella Melanura*) و شوریده (*Otolithes Ruber*) در خور موسی

چکیده

این پژوهش به منظور بررسی غلظت سرب، نیکل و جیوه در عضله سه گونه ماهی گل خورک (*Boleophthalmus Dussumieri*)، ساردین (*Sardinella Melanura*) و شوریده (*Otolithes Ruber*) در محل خروجی پساب کارخانه پتروشیمی بندر امام خمینی (ره) واقع در خور موسی در تابستان سال ۱۳۹۲ انجام گرفت. نمونه برداری آب از فواصل ۰، ۱۵۰، ۳۰۰، ۴۵۰ و ۶۰۰ متری از محل خروجی پساب کارخانه در سه تکرار انجام شد. صید ماهی در نزدیک ترین محل به خروجی انجام و از هر گونه ماهی ۳۰ عدد صید و نمونه مرکب تهیه شد. بافت عضله‌ی ماهی جداسازی و پس از هضم با اسید، میزان فلزات سنگین با استفاده از دستگاه جذب اتمی قرائت گردید. نتایج آزمایش میانگین غلظت سه فلز سنگین سرب، نیکل و جیوه را در آب به ترتیب ۷۶/۹۸، ۱۶۹/۷۲ و ۰/۸۷۳ میکروگرم بر لیتر نشان داد که غلظت جیوه بیش از حد مجاز استاندارد سازمان بهداشت جهانی می‌باشد. در رابطه با غلظت فلزات در بافت عضله، نتایج آزمایش میانگین غلظت سرب در عضله‌ی هر سه ماهی را به ترتیب ۴۳۲±۴۱/۳۴، ۶۳۲±۲/۵۲ و ۳۸۹±۷/۹۴ میکروگرم بر کیلوگرم و میانگین غلظت جیوه را برای این ماهیان به ترتیب ۹/۹۱±۰/۵۸، ۱۹/۵±۲/۹۳ و ۴۷/۱±۱/۴۸ میکروگرم بر کیلوگرم وزن خشک نشان داد که از حد استاندارد انجمن غذا و داروی آمریکا و سازمان بهداشت جهانی کمتر بود. همچنین نتایج آزمایش غلظت نیکل را در این ماهیان به ترتیب ۹۷۲±۸/۱۴، ۶۰۲±۴/۱۶ و ۴۹۷±۷/۲۳ میکروگرم بر کیلوگرم وزن خشک نشان داد که بیش از حد مجاز سازمان بهداشت جهانی بود.

واژگان کلیدی: خور موسی، فلزات سنگین، عضله‌ی ماهی، گل خورک، ساردین و شوریده.

حسین دانشیار^۱

ابراهیم پناه پور^{۲*}

نوید قنواتی^۳

۱. دانش آموخته رشته خاکشناسی، واحد علوم و تحقیقات خوزستان، دانشگاه آزاد اسلامی، خوزستان، ایران
۲ و ۳. گروه خاکشناسی، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران

*مسئول مکاتبات:

e.panahpour@gmail.com

کد مقاله: ۱۳۹۵۰۳۰۱۸۶

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۱۱/۱۵

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۴/۲۴

این مقاله برگرفته از پایان نامه کارشناسی ارشد است.

مقدمه

در دهه گذشته ورود آلاینده‌ها با منشاء انسانی مانند فلزات سنگین به داخل اکوسیستم‌های دریایی و آب شیرین، به مقدار زیادی افزایش یافته است که به عنوان خطر جدی برای حیات محیط‌های آبی به شمار می‌آیند، بنابراین برآورد اثرات این آلاینده‌ها بر بوم‌سازگان‌های آبی، امری کاملاً ضروری است (عسکری ساری و ولایت زاده، ۱۳۹۳).

در این میان اکوسیستم آبی خلیج فارس با دارا بودن تنوع بالایی از ماهیان خوراکی و تجاری به عنوان یکی از مهم‌ترین ذخایر شیلاتی کشور محسوب می‌گردد. با توجه به اینکه این منطقه یکی از مهم‌ترین مناطق ذخایر نفت و گاز است، موجب توسعه فعالیت‌های مربوط به نفت مانند اکتشاف، حفاری، استخراج، پالایش، خطوط انتقال نفت در بستر دریا، بارگیری و حمل و نقل در مناطق ساحلی گردیده و باعث شده تا بار آلودگی آن افزایش یابد (کردوانی، ۱۳۹۱).

خور موسی یکی از مهم‌ترین مناطق زیستی در اکوسیستم خلیج فارس بوده و تخم‌ریزی بسیاری از آبزیان مربوط به منطقه در این خور انجام می‌گیرد، بنابراین، این خور در حفظ محیط زندگی و بقا آبزیان منطقه از اهمیت زیادی برخوردار است. متأسفانه در حال حاضر به علت ورود حجم



زیادی از انواع پساب‌های صنایع پتروشیمی و تخلیه فاضلاب‌های شستشوی کشتی‌ها و نفت‌کش‌ها شامل ترکیبات مختلف جیوه، آمونیاک، انواع نمک‌های صنعتی و فلزات سنگین، محیط‌زیست خور به شدت به مخاطره افتاده است (نبوی، ۱۳۸۰).

میزان تأثیر فلزات سنگین بر موجودات دریایی به میزان این فلزات در آب بستگی دارد. غلظت فلزات سنگین در طول زنجیره غذایی افزایش می‌یابد و میزان آن در بدن باسن موجود رابطه مستقیم دارد. در تحقیقات انجام‌شده بر روی آبزیان خور موسی این پدیده به خوبی مشهود است (نبوی و سواری، ۱۳۷۴). عسکری ساری و همکاران (۱۳۸۹) میزان جیوه در بافت عضله ماهی کفشک زبان گاوی صیدشده از بندر امام خمینی و بندرعباس را به ترتیب ۰/۶۸ و ۰/۱۴ میلی‌گرم بر کیلوگرم گزارش نمودند. این محققین همچنین میزان جیوه را در ماهی گل خورک صیدشده از این دو بندر به ترتیب ۰/۸۱ و ۰/۰۷ میلی‌گرم بر کیلوگرم گزارش نمودند که از نظر آماری اختلاف معنی‌داری باهم داشتند. همچنین بررسی‌های محمدنبی‌زاده و پورخباز (۱۳۹۲) میزان سرب را در بافت عضله ماهیان شورت و زمین کن بالاتر از استانداردهای جهانی و مقادیر کادمیوم را در این دو گونه کمتر از استانداردهای FAO و WHO نشان داد.

شهریاری (۱۳۸۲) میانگین غلظت سرب، کروم، کادمیوم و نیکل را در بافت خوراکی ماهی سرخو به ترتیب ۰/۴۴۲، ۰/۰۶۳/۳۳۳، ۰/۰ و ۰/۳۲۲ میلی‌گرم در کیلوگرم برحسب وزن خشک ماهی و در ماهی شوریده به ترتیب ۰/۴۸، ۰/۰۶۲، ۰/۰۶۴ و ۰/۴۸ میلی‌گرم در کیلوگرم برحسب وزن خشک ماهی گزارش نمود. نتایج بررسی غلظت فلزات سنگین در ماهی بیا به موجود در رودخانه کارون نشان داد که میانگین غلظت سرب، جیوه، کادمیم، منگنز، آهن، روی و مس در بافت عضله حداقل و در بافت آبشش حداکثر است (بهشتی و همکاران، ۱۳۹۱).

Unlu و Karadede (۲۰۰۰) در مطالعات خود بر روی نمونه‌های مختلف ماهی نشان دادند که فلزات سنگین عمدتاً در اندام‌های متابولیکی مانند کبد تجمع می‌یابند. Usero (۲۰۰۳) میزان فلزات سنگین را در سه گونه ماهی شامل *Liza aurata*, *Anguilla Anguilla* و *Solea vulgaris* موجود در مرداب‌های نمک جنوب اسپانیا بررسی و گزارش داد غلظت فلزات سنگین به ترتیب $Cu > Zn > Cr > Mn$ در بافت‌های عضله $> کبد > آبشش$ دارای اختلاف معنی‌دار می‌باشد. Rauf و همکاران (۲۰۰۹) غلظت دو فلز کادمیوم و کروم را در بافت‌های آبشش، کلیه، کبد، پوست و عضله سه گونه ماهی *Catla Catla*, *Labeto Rohita* و *Cirrhina Mrigala* را در رودخانه Ravi پاکستان اندازه‌گیری نمودند. نتایج نشان داد بافت کلیه بیشترین میزان غلظت فلزات را برابر با $1/57 \pm 4/26$ و $1/14 \pm 6/23$ میلی‌گرم بر کیلوگرم به ترتیب برای کادمیوم و کروم داشت درحالی‌که بافت آبشش کمترین غلظت را دارا بود. Abdel-Baki و همکاران (۲۰۱۱) غلظت برخی فلزات سنگین (Cr, Cu, Hg, Cd, Pb) را در آب، رسوب و بافت‌های ماهی تیلپیا بررسی و نتایج حاصل نشان داد که مس بیشترین و جیوه کمترین تجمع را در ماهی داشت. فاکتورهای انتقال تمام فلزات در ماهی از آب نسبت به رسوبات بیشتر بود این مسئله نشان می‌دهد که تجمع زیستی این فلزات بیشتر از طریق آب بوده است. در این مطالعه مشخص شد که بیشترین تجمع فلزات در کلیه و کمترین تجمع در بافت عضله بود. Agatha و همکاران (۲۰۱۱) میزان فلزات Ni, Pb, Cu, Cd, Zn را در آب، رسوب و بافت‌های ماهی گونه *Ethmallosa fimbriata* اندازه‌گیری و غلظت کادمیوم و روی را فراتر از حد مجاز WHO گزارش نمودند. Fernandes (۲۰۰۷) تجمع زیستی فلزات سنگین را در بافت‌های کبد، آبشش و عضله گونه‌ی *Liza saliens* مطالعه و دریافت که میزان مس در کبد و عضله به ترتیب ۲۵۳/۶۸ و ۲/۶۴ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود. غلظت روی در بافت آبشش ۱۱۴/۴۱ و در بافت کبد و عضله به ترتیب ۱/۳ و ۴/۴ میلی‌گرم بر کیلوگرم گزارش نمود. تحقیقات ریگی و پاکزاد توچایی (۱۳۹۴) نشان داد که میزان تجمع فلزات سرب، نیکل و مس در بافت خوراکی عضله ماهی سفیدک (*Schizothorax zarudnyi*) از حد مجاز استانداردهای جهانی WHO، FEPA، EPA، UKMAF و NHMRC بالاتر بوده و روند تجمع فلزات سنگین در بافت‌های مختلف این گونه به صورت $Fe > Zn > Cu > Pb > Ni$ به دست آمد.

هدف از انجام این پژوهش بررسی میزان سه فلز سنگین سرب، نیکل و جیوه در بافت عضله سه گونه ماهی شامل گل خورک، ساردین و شوریده بود. این هدف با توجه به ارزش اقتصادی و تغذیه‌ای ماهی‌های شوریده و ساردین انجام شد و با توجه به اینکه مطالعه در منطقه‌ی جزر و

مدی خور موسی انجام گرفت و در این گونه مناطق ماهی گل خورک به وفور یافت می شود، این ماهی نیز هرچند از نظر شیلاتی از ارزش غذایی کمی برخوردار است صید و برای مقایسه با دو ماهی دیگر مورد مطالعه قرار گرفت.

مواد و روش ها

این پژوهش به منظور بررسی غلظت سه فلز سنگین سرب، نیکل و جیوه در عضله سه گونه ماهی گل خورک، ساردین و شوریده در محل خروجی پساب کارخانه پتروشیمی بندر امام خمینی (ره) واقع درخور موسی از سواحل خلیج فارس در مردادماه سال ۱۳۹۲ انجام شد. نمونه برداری آب و صید ماهی از بخشی بود که پساب خروجی کارخانه پتروشیمی بندر امام خمینی (ره) به آن وارد می گردد. انتخاب گونه های ماهی با توجه به مطابقت فصل صید با زمان نمونه برداری، نوع رژیم غذایی، مکان زندگی و اهمیت اقتصادی آنها انجام گردید.

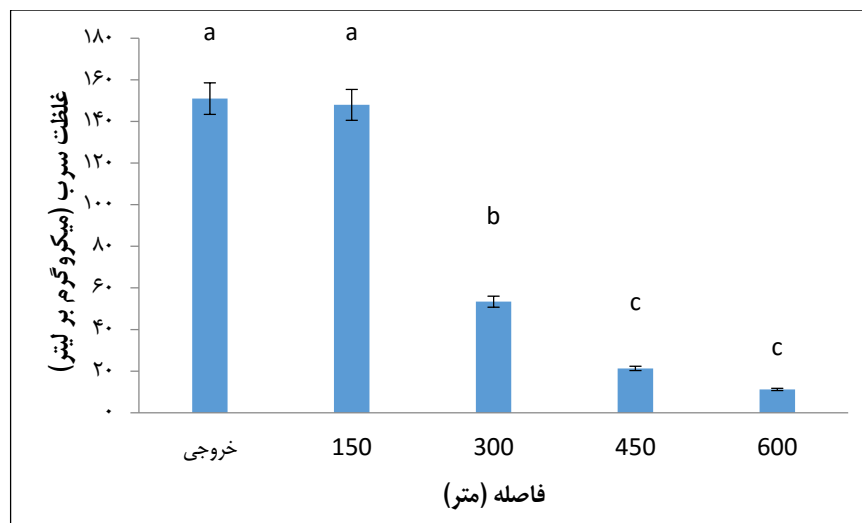
نمونه برداری آب از فواصل ۰، ۱۵۰، ۳۰۰، ۴۵۰ و ۶۰۰ متری محل خروجی پساب کارخانه در سه تکرار توسط ظروف تمیز با حجم ۱/۵ لیتر انجام گرفت. صید ماهی با توجه به تحرک و جابجایی آنها سعی شد در نزدیک ترین محل به خروجی انجام گیرد. نمونه های ماهی بلافاصله بعد از صید در ظرف های مخصوص و در شرایط دمایی مناسب جهت انجام مراحل آماده سازی، تجزیه و اندازه گیری غلظت عناصر سرب، نیکل و جیوه به آزمایشگاه ارسال شدند. در ابتدا زیست سنجی نمونه های ماهی شامل وزن کل ماهی با استفاده از ترازو، طول کل و طول استاندارد با استفاده از تخته زیست سنجی انجام و نمونه های ماهی با استفاده از وسایل مخصوص، تشریح گردیدند. سپس از قسمت عضله هر ماهی به طور عرضی و به اندازه کافی نمونه تهیه شده و با استفاده از ترازوی مخصوص توزین گردید. تمامی نمونه های مورد مطالعه در دمای ۴۵-۵۰ درجه سانتی گراد در آون به مدت ۲۴ تا ۷۲ ساعت خشک شدند. به منظور آماده سازی نمونه های بافت عضله جهت اندازه گیری غلظت فلزات سنگین در آن، ابتدا مقدار ۱ گرم از پودر هر نمونه برداشت گردید. سپس نمونه ها برای انجام عمل هضم به روش تر به یک بالن ته گرد ۵۰ میلی لیتری منتقل و به مقدار ۱۰ میلی لیتر اسید نیتریک ۶۵ درصد و ۱ میلی لیتر پرکلریک اسید به هر نمونه اضافه گردید. سپس مخلوط تهیه شده به مدت ۵ ساعت در دمای ۴۵-۵۰ درجه سانتی گراد رفلاکس گردیدند. در مرحله بعد، پس از ایجاد محلول زرد و شفاف، حرارت دادن محلول متوقف گردید. بعد از سرد شدن نمونه ها، سوسپانسیون های حاصل با استفاده از کاغذ صافی واتمن ۴۲ در بالن ژوژه ۵۰ میلی لیتری صاف و در مرحله آخر عصاره های حاصل با استفاده از آب دیونیزه به حجم رسانده شد (Endo et al., 2008). غلظت فلزات سنگین نمونه های آماده شده با استفاده از دستگاه جذب اتمی (مدل PERKINELMER 4100) مورد سنجش قرار گرفت، برای اندازه گیری غلظت فلزات سرب و نیکل از دستگاه طیف سنجی جذب اتمی شعله ای و برای سنجش میزان جیوه از دستگاه طیف سنجی جذب اتمی با روش تولید بخار سرد اقدام شد (Moopan, 1999).



شکل ۱. محل انجام نمونه برداری از آب و صید ماهی در خور موسی.

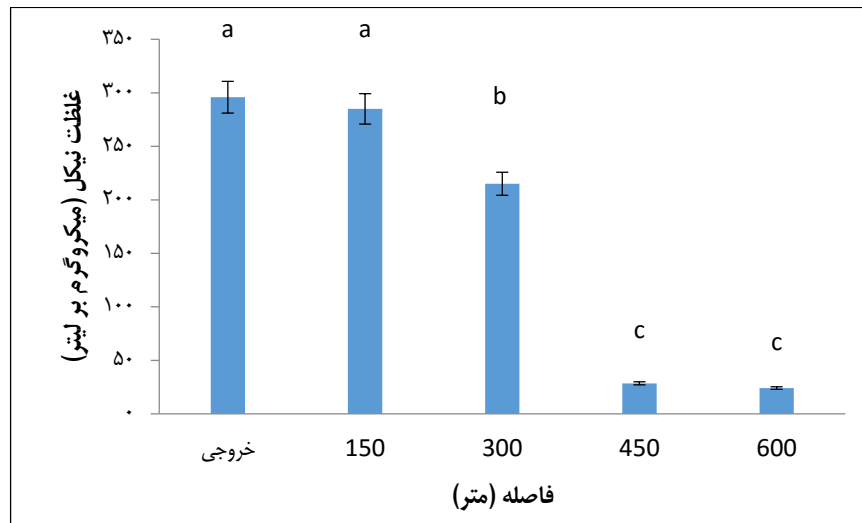
نتایج

غلظت سرب اندازه گیری شده در محل خروجی پساب کارخانه پتروشیمی بندر امام خمینی (ره) و فواصل مختلف آن در شکل ۲ آورده شده است. چنانچه نشان داده شده غلظت آن در محل خروجی پساب کارخانه ۱۵۱ میکروگرم بر لیتر اندازه گیری گردید. همچنین نتایج نشان داد که میزان سرب در فواصل ۱۵۰، ۳۰۰، ۴۵۰ و ۶۰۰ متری خروجی به ترتیب با ۱/۲، ۶۴/۶، ۸۵/۹ و ۹۲/۶ درصد کاهش به $۵۳/۴ \pm ۶/۷۷$ ، $۱۴۸ \pm ۷/۲۳$ رسید.



شکل ۲: غلظت سرب موجود در آب در فواصل مختلف (میکروگرم بر لیتر).

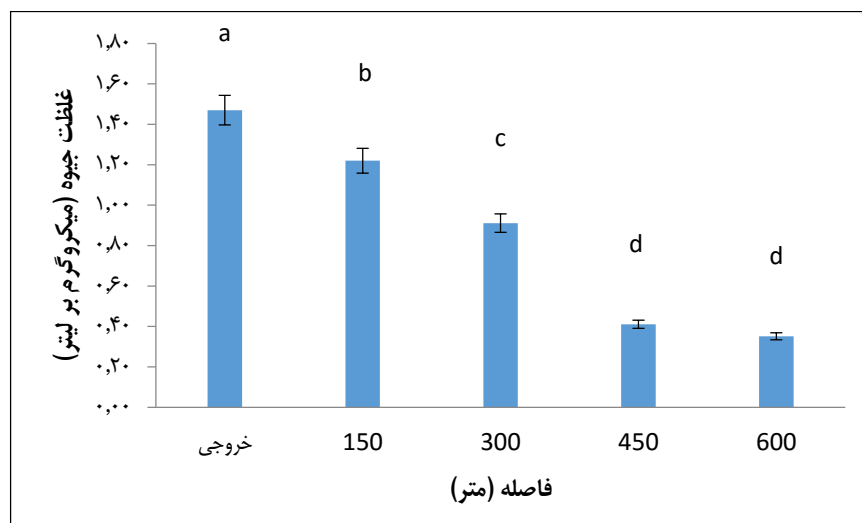
اندازه گیری غلظت نیکل در محل خروجی پساب کارخانه میزان آن را ۲۹۶ میکروگرم بر لیتر نشان داد. میزان نیکل در فواصل ۱۵۰، ۳۰۰، ۴۵۰ و ۶۰۰ متری خروجی به ترتیب با ۳/۷، ۲۷، ۹۰/۴ و ۹۱/۹ درصد کاهش به $۲۸۵ \pm ۱۰/۴۱$ ، $۲۱۵ \pm ۹/۶۴$ ، $۲۸ \pm ۵/۰/۷۶$ و $۲۴/۱ \pm ۲/۰۳$ میکروگرم بر لیتر به دست آمد (شکل ۳).



شکل ۳: غلظت نیکل موجود در آب در فواصل مختلف (میکروگرم بر لیتر).

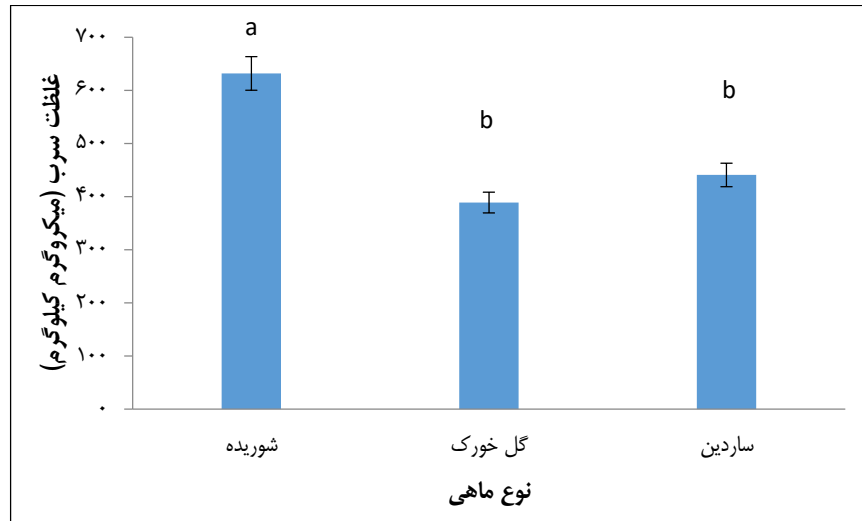
با توجه به اهمیت ماهی در جیره غذایی انسان از لحاظ منبع تأمین پروتئین، اندام عضله به عنوان بافت مورد مطالعه انتخاب شد (داد الهی سهراب و همکاران، ۱۳۸۷).

میزان غلظت جیوه در محل خروجی پساب و فواصل ۱۵۰، ۳۰۰، ۴۵۰ و ۶۰۰ متری به ترتیب $۰/۹۱۱ \pm ۰/۰۱$ ، $۱/۲۲ \pm ۰/۱۶$ ، $۱/۴۷ \pm ۰/۷۲$ و $۰/۳۵۱ \pm ۰/۰۰۶$ میکروگرم بر لیتر اندازه گیری شد، بنابراین میزان کاهش غلظت جیوه از محل خروجی تا فاصله ۶۰۰ متری به ترتیب ۲۰/۵، ۳۸، ۷۲ و ۷۶ درصد محاسبه گردید (شکل ۴).



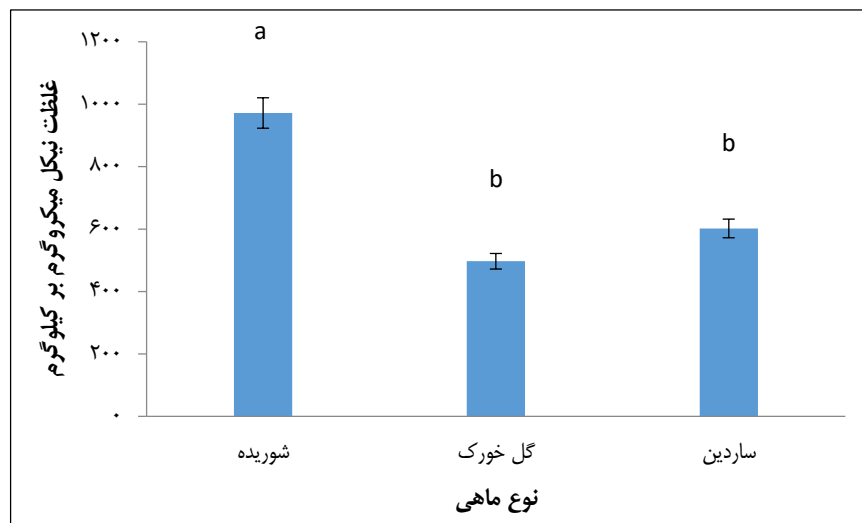
شکل ۴: غلظت جیوه موجود در آب در فواصل مختلف (میکروگرم بر لیتر).

در شکل ۵ میزان سرب در عضله سه گونه ماهی شوریده، ساردین و گل خورک نشان داده شده است. غلظت سرب در این ماهیان به ترتیب $۶۳۲ \pm ۲/۵۲$ ، $۴۴۱ \pm ۷/۳۴$ و $۳۸۹ \pm ۷/۹۴$ میکروگرم بر کیلوگرم به دست آمد.



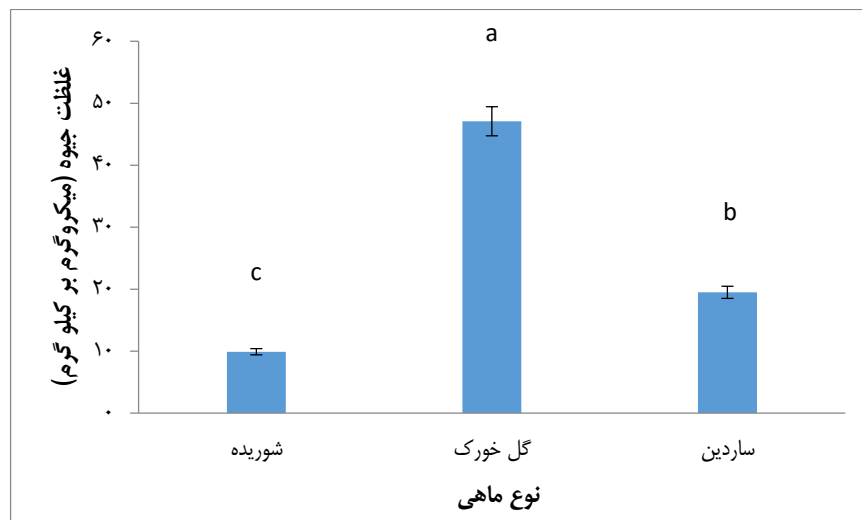
شکل ۵: میزان سرب در عضله سه گونه ماهی شوریده، ساردین و گل خورک.

در شکل ۶ میزان نیکل در عضله سه گونه ماهی شوریده، ساردین و گل خورک نشان داده شده است. غلظت نیکل در این ماهیان به ترتیب $972 \pm 8/14$ ، $602 \pm 4/16$ و $497 \pm 7/23$ میکروگرم بر کیلوگرم به دست آمد.



شکل ۶: میزان نیکل در عضله سه گونه ماهی شوریده، ساردین و گل خورک.

در شکل ۷ میزان جیوه در عضله سه گونه ماهی شوریده، ساردین و گل خورک نشان داده شده است. غلظت جیوه در این ماهیان به ترتیب $9/91 \pm 0/58$ ، $19/5 \pm 2/93$ و $47/1 \pm 1/48$ میکروگرم بر کیلوگرم به دست آمد.



شکل ۷: میزان جیوه در عضله سه گونه ماهی شوریده، ساردین و گل خورک.

بحث و نتیجه گیری

بندر امام خمینی (ره) بزرگترین بندر ایران در شمال غربی خلیج فارس است که تردد فراوان کشتی‌ها در این بندر و همچنین وجود صنایع مختلف بخصوص صنایع پتروشیمی در اطراف آن سبب تخلیه آلاینده‌های فراوان آلی و معدنی از جمله فلزات سنگین به این منطقه می‌شود. فلزات سنگین به دلیل پایداری زیاد با تجمع در بافت‌های آبزیان، قابل انتقال به سطوح مختلف غذایی و در نهایت انسان هستند و به این ترتیب باعث بروز پیامدهای خطرناک آلودگی ناشی از این آلاینده‌ها می‌شوند.

در مطالعه حاضر غلظت فلزات سنگین سرب، نیکل و جیوه از محل خروجی پساب کارخانه پتروشیمی بندر امام تا فاصله ۶۰۰ متری آن بررسی و مشاهده گردید که غلظت این فلزات در ابتدای ورود پساب کارخانه به دریا زیاد بوده و با فاصله گرفتن از محل خروجی به دلیل ایجاد رقت و مخلوط شدن با آب دریا کاهش می‌یابد. با توجه به اینکه صید ماهی از محل خروجی تا فاصله ۶۰۰ متری بود غلظت سه فلز سنگین سرب، نیکل و جیوه در این فاصله به طور متوسط و به ترتیب $۷۶/۹۸ \pm ۶/۱۸$ ، $۱۶۹/۷۲ \pm ۷/۸۵$ و $۰/۸۷۳ \pm ۰/۱۸$ میکروگرم بر لیتر به دست آمد. نتایج تجزیه و تحلیل آماری نشان داد که بین محل خروجی و فاصله ۱۵۰ متری اختلاف معنی داری وجود ندارد، هرچند که غلظت عناصر مورد مطالعه در این فاصله کمتر از محل خروجی بود، اما کاهش غلظت در فواصل ۳۰۰، ۴۵۰ و ۶۰۰ متری اختلاف معنی داری نسبت به فاصله ۱۵۰ متری و محل خروجی در سطح ۵ درصد آزمون دانکن نشان داد (اشکال ۲، ۳ و ۴). این یافته با یافته‌های (Chapman, ۱۹۹۶) و (دریواسی و همکاران، ۱۳۹۴) همخوانی دارد. از آنجایی که انجمن سلامت اروپا میزان استاندارد سرب را در آب برای ماهیان ۵ میلی گرم بر لیتر اعلام کرده است (اسماعیلی ساری، ۱۳۸۱)، با توجه به اینکه متوسط غلظت سرب در محدوده‌ی مورد مطالعه کمتر از این حد بود و با توجه به اینکه انجمن غذا و داروی آمریکا نیز میزان استاندارد سرب را در آبزیان کمتر از ۱ میلی گرم در کیلوگرم اعلام کرده است، بر این اساس غلظت سرب موجود در عضله ماهیان مورد مطالعه کمتر از حد استاندارد بوده و مشکلی از نظر آلودگی آب به سرب مشاهده نگردید. در مطالعه‌ای که توسط رومیانی و شریف‌زاده (۱۳۹۳) انجام شد غلظت سرب در بافت‌های ماهیان مورد مطالعه کمتر از حد استاندارد جهانی گزارش گردید که با نتایج این پژوهش همخوانی دارد.

نتایج آزمایشات ریاحی و همکاران (۱۳۷۸) نیز غلظت متوسط سالانه سرب را در نمونه‌های آب $۰/۶۰۵$ میلی گرم بر کیلوگرم گزارش نمودند، ایشان همچنین بیان داشتند که غلظت فلزات سنگین مورد مطالعه در رودخانه کارون از بالادست رودخانه به سمت پایین دست نسبت به استانداردهای موجود در حد بالاتری است.

نتایج تحقیق حاضر با یافته‌های جواهری بابی و همکاران (۱۳۹۱) که میزان غلظت سرب را در بافت عضله‌ی ماهی کپور بیشتر از حد استاندارد (۲۰۰۲) Codex Alimentarius Commission گزارش نمودند مطابقت نداشت.

سمیت سرب برای ماهی و سایر موجودات آبی تحت تأثیر کیفیت آب بوده و به قابلیت انحلال ترکیبات سرب و نیز غلظت‌های کلسیم و منیزیم در آب بستگی دارد. سمیت سرب با افزایش غلظت کلسیم و منیزیم در آب کاهش می‌یابد. گلبول‌های قرمز خون، سرب وارد شده به بدن را در تمام اندام‌ها پخش می‌کنند و در کلیه و پوست تجمع می‌یابد و سپس به استخوان‌ها، دندان‌ها و مغز انتشار پیدا می‌کند. مسمومیت حاد سرب ابتدا باعث آسیب به اپی‌تلیوم آب‌شش می‌شود و ماهی مبتلا، به علت خفگی تلف می‌شود (جعفر زاده حقیقی، ۱۳۸۵).

سازمان بهداشت جهانی حد مجاز نیکل را در عضله ماهیان ۰/۳۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم اعلام کرده است. با توجه به اینکه غلظت نیکل موجود در ماهیان مورد مطالعه بیشتر از حد مجاز بود، می‌بایست به‌عنوان یک خطر جدی مورد توجه قرار گیرد. این نتیجه با یافته‌های Agatha و همکاران (۲۰۱۱)؛ ریگی و پاکزاد توچایی (۱۳۹۴) مطابقت دارد.

ترکیبات نیکل دارای سمیت به نسبت زیاد هستند و این سمیت در حضور روی افزایش می‌یابد. نیکل در کبد، آب‌شش، کلیه و ماهیچه‌های ماهیان تجمع می‌یابد. پس از رخداد مسمومیت با ترکیبات نیکل، آب‌شش‌های ماهی پر از لعاب چسبناک می‌شوند و به رنگ قرمز تیره مشاهده می‌شوند.

طبق استانداردهای کشور کانادا حد مجاز جیوه در آب برای آبزیان ۰/۱ میکروگرم در لیتر می‌باشد (اسماعیلی ساری و همکاران، ۱۳۸۶)؛ بنابراین میزان غلظت جیوه در آب بیش از حد مجاز استاندارد بوده و به‌عنوان خطری جدی باید مورد توجه قرار گیرد.

سازمان بهداشت جهانی حد مجاز جیوه را در عضله ماهیان ۰/۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم اعلام کرده است. از آنجایی که حداکثر غلظت جیوه در ماهی گل‌خورک برابر با ۴۷/۱ میکروگرم بر کیلوگرم به دست آمد و این میزان کمتر از حد مجاز می‌باشد، تهدیدی از نظر جیوه مشاهده نمی‌گردد. این نتیجه با یافته‌های Abdel-Baki و همکاران (۲۰۱۱) مطابقت داشت.

اگر ماهی در مجاورت با جیوه یونی قرار گیرد، غلظت این فلز در عضله افزایش می‌یابد. در ماهیان، مسمومیت با جیوه موجب صدمه به کبد و کلیه می‌شود. همچنین موجب نکروز سلول‌های پوششی، افزایش تعداد آن‌ها و ممانعت از فعالیت آنزیم آدنوزین تری فسفاتاز سدیم و پتاسیم، کاهش قابلیت تغییر شکل غشاهای گویچه‌های سرخ و تخریب زودرس این سلول‌ها و بالاخره تغییر فشار اسمزی می‌شود (عسکری ساری و ولایت زاده، ۱۳۹۳).

مطالعات (Elias et al., 2014; Kanak et al., 2014 and Meng et al., 2014) نیز نشان داد که بافت عضله نسبت به تجمع فلزات سرب و جیوه حساس می‌باشد، یافته‌های این تحقیق با این موضوع همخوانی دارد.

بر اساس مطالعات انجام شده، مقدار زیادی جیوه در ماهیان باعث می‌گردد که حتی کسانی که مقادیر کمی از ماهی مصرف کنند (۱۰ تا ۳۰ گرم در روز) به شدت در معرض جذب جیوه از طریق غذا باشند. به‌عنوان مثال مصرف هفتگی ۲۰۰ گرم ماهی که حاوی ۵۰۰ میکروگرم جیوه بر کیلوگرم وزن ماهی باشد، باعث جذب ۱۰۰ میکروگرم جیوه (غالباً متیل مرکوری) می‌گردد. این مقدار نصف مقدار پیشنهادی از سوی سازمان بهداشت جهانی در مورد جذب هفتگی ترکیبات جیوه از طریق غذا می‌باشد. تماس با جیوه، میزان تخم‌های لقاح نیافته را افزایش داده و با افزایش غلظت جیوه درصد آن زیاد شده و در غلظت ۵ میلی‌گرم بر لیتر یا بیشتر، ۱۰۰ درصد تخم‌ها لقاح نمی‌یابند (لاهیجان‌زاده، ۱۳۷۶).

به دلیل خاصیت پایداری، تجمع پذیری و تغلیظ زیستی فلزات سنگین در بافت‌های بدن آبزیان و به دلیل عدم تجزیه بیولوژیکی، غلظت آن‌ها همواره به سمت راس هرم غذایی رو به افزایش است. این فلزات در شرایط متفاوت محیطی به طرق گوناگون جذب بدن ماهیان شده و سطوح مختلف بدن ماهی که در تماس با محیط قرار دارند محلی برای انتقال، رسوب و تجمع فلزات سنگین می‌باشند.

منابع

- اسماعیلی ساری، ع.، ۱۳۸۱. آلاینده‌ها، بهداشت و استاندارد محیط زیست. انتشارات نقش مهر، چاپ اول، تهران. ۷۶۷ ص.
- اسماعیلی ساری، ع.، نوری ساری، ح. و اسماعیلی ساری، ا.، ۱۳۸۶. جیوه در محیط زیست. انتشارات بازرگان، چاپ اول، رشت. ۲۲۶ ص.
- بهشتی، م.، عسکری ساری، ا. و ولایت زاده، م.، ۱۳۹۱. بررسی غلظت فلزات سنگین در ماهی بیه در رودخانه کارون، استان خوزستان، مجله آب و فاضلاب، شماره ۳، صفحات ۱۳۳-۱۲۵.
- جعفر زاده حقیقی، ن. و فرهنگ، م.، ۱۳۸۵. آلودگی دریا (ترجمه). انتشارات آوای قلم. چاپ اول. تهران. ۳۹۳ ص.
- جواهری بابلی، م.، مکتبی، پ.، جعفر نژادی، ع. و عسکری ساری، ا.، ۱۳۹۱. بررسی میزان عنصر سرب در بافت‌های ماهی کپور پرورشی (*Cyprinus carpio*)، رسوب و آب برخی استخرهای پرورش ماهیان گرم آبی استان خوزستان، مجله توسعه آبی‌پروری، سال ششم، شماره دوم، صفحات ۲۲-۱۱.
- داد الهی سهراب، ع.، نبوی، م. و خیرور، ن.، ۱۳۸۷. ارتباط برخی مشخصات زیست‌سنجی با تجمع فلزات سنگین در بافت عضله و آبشش ماهی شیریت (*Barbus grypus*) در رودخانه اروندرود. مجله علمی شیلات ایران، سال هفدهم، شماره ۴، زمستان ۱۳۸۷، صفحات ۳۳-۲۷.
- دریواسی، س.، صائب، ک. و ملاشاهی، م.، ۱۳۹۴. بررسی تأثیر میزان فاصله از منبع آلودگی بر غلظت فلزات سنگین در خاک اطراف کارخانه سیمان شهرستان نکا. فصلنامه علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره ۱۷، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۴، صفحات ۴۴-۳۳.
- رومیانی، ل. و شریف‌زاده، ع.، ۱۳۹۳. بررسی غلظت فلزات سنگین جیوه (Hg)، سرب (Pb)، آرسنیک (As) و کادمیوم (Cd) در بافت آبشش و عظمه طوطی ماهی زرد پولک (*Scarus Ghobban*) در شمال خلیج فارس. آبیان زینتی، سال اول، شماره ۳، صفحات ۸-۱.
- ریاحی، ع.، اسماعیلی، ع. و سواری، ا.، ۱۳۷۸. تعیین فلزات سنگین (Ni، Zn، Cu، Pb، Co، Cd) آب، رسوبات و آبیان رودخانه کارون (۷۲-۷۳)، مجله منابع طبیعی ایران، جلد ۵۲، شماره ۲، صفحات ۴۶-۳۷.
- ریگی، م. و پاکزاد توچایی، س.، ۱۳۹۴. بررسی تجمع فلزات سنگین (سرب، نیکل، مس، آهن و روی) در ماهی سفیدک (*Schizothorax zarudnyi*) چاه نیمه‌های سیستم، فصلنامه علمی پژوهشی محیط زیست جانوری، دوره ۷، شماره ۱، صفحات ۱۵۷-۱۶۲.
- شهریاری، ع.، ۱۳۸۴. اندازه‌گیری مقادیر فلزات سنگین کادمیوم، کروم، سرب و نیکل در بافت خوراکی ماهیان شوریده و سرخو خلیج فارس در سال ۱۳۸۲، مجله علمی دانشگاه علوم پزشکی گرگان، ۷ (۲)، صفحات ۶۷-۶۵.
- عسکری ساری، ا.، ولایت زاده، م. و محمدی، م.، ۱۳۸۹. میزان عنصر جیوه در دو گونه ماهی کفشک زبان گاوی (*Cynoglossus arel*) و گل خورک (*Periophthalmus waltoni*) در دو منطقه صیادی بندر امام خمینی و بندرعباس. مجله شیلات، دانشگاه آزاد اسلامی واحد آزادشهر، شماره ۲، صفحات ۵۷-۵۱.
- عسکری ساری، ا. و ولایت زاده، م.، ۱۳۹۳. فلزات سنگین در آبیان. چاپ اول، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز، ۳۸۰ ص.
- کردوانی، پ.، ۱۳۹۱. اکوسیستم‌های طبیعی (اکوسیستم آبی). انتشارات علمی، چاپ اول، ۲۰۰ ص.
- لاهیجان‌زاده، ا.، ۱۳۷۶. اندازه‌گیری و تعیین میزان فلزات سنگین (جیوه، کادمیوم و سرب) در آب، رسوب و ماهیان کارون- دز. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات اهواز.
- محمدنبی‌زاده، س. و پورخیز، ع.، ۱۳۹۲. ردیابی زیستی فلزات سنگین در بافت‌های ماهیان شورت و زمین کن در ذخیره‌گاه زیست‌کره حراء. مجله دامپزشکی ایران، دوره نهم، شماره ۱، صفحات ۷۵-۶۴.
- نبوی، م. سواری، ا.، ۱۳۷۴. گزارش پروژه لیمولوژی و حفظ تعادل اکولوژیک آب‌های خور موسی. مرکز تحقیقات آبی‌پروری.
- نبوی، م.، ۱۳۸۰. شاخص‌های زیست‌محیطی بحران درخور موسی و رهیافت‌های بهبود آن‌ها. اولین همایش بحران‌های زیست‌محیطی، اهواز. صفحه ۱۴۵.
- Abdel-Baki, A. S., Dkhil, M., A. and Al-Quraishy, S., 2011. Bioaccumulation of some heavy metals in Tilapia Fish revelant to their concentration in water and sediment of wadi Hanifah, Saudi Arabia, African Journal of Biology, 10(13): 2541-2447.
- Agatha, A., 2011. Levels of some Heavy Metals in Tissues of Bonga Fish, *Ethmallosa fimbriata* (Bowdich, 1825) from Forcados River. Journal of applied environmental and biological sciences, 1(3): 44-47.
- Chapman, D., 1996. Water quality assessments: a guide to the use of biota, sediments and water in environmental monitoring.
- Codex Alimentarius Commission, 2002. Codex committee on food additives and contaminants: maximum level for lead in fish. Joint FAO/WHO Food Standards Programme. Document CL- 2001 10- FAC, United Nations, Rome.

- Elias, S. M., Marzuki, A. M., Mokhtar, H., George, C. H., Zakaria, N. A. and Aris, A. Z., 2014.** Heavy metals (As, Cd, Cr and Pb) concentration in selected freshwater fishes and health risk assessment among adults in Kluang, Johor. From Sources to solution. Publication of Springer. pp. 573- 578.
- Endo, T., Hisamichi, Y., Haraguchi, K., Kato, Y., Ohto, C. and Kog, N., 2008.** Hg, Zn and Cu Levels in the muscle and liver Tiger Sharks (*Galeocerado cuvier*) from the coast of Ishigaki Island, Japan: relationship between metal concentration and body. JOURNAL OF Marine pollution, Vol. 56, pp. 1774-1780.
- Fernandes, C., Fontainhas, A., Peixoto, F. and Salgado, M., 2007.** Bioaccumulation of heavy metals in *Liza salien* from the Esmoriz-paramos coastal lagoon, Portugal. Ecotoxicology and Environment safety, 66: 426-431.
- Karadede, H. and Unlu, E., 2000.** Concentration of some heavy metals in water, sediment and fish species from the Ataturk dam lake (Euphrates), Turkey. Chemosphere, 41: 371-375.
- Kanak, E. G., Dogan, Z., Eroglu, A., Atli, G. and Canli, M., 2014.** Effects of fish size on the antioxidant systems of *Oreochromis niloticus* following metal exposure. Journal of fish physiology biochemistry, 40, 1083- 1091.
- Meng, Z., Li, L. and Wu, Y., 2014.** Evaluate of heavy metal content of some edible fish and bivalve in markets of Dandong, China. Journal of applied mechanics and materials. 522, 92-95.
- MOOPAM (Manual of Oceanographic Observation and Pollution Analysis), 1999.** Regional organization for the protection of marine environmental (ROPME, Kuwait). 220P.
- Rauf, A., Javed, M. and Ubaidullah, M., 2009.** Heavy metals levels in three major carps (*Catla catla*, *Labeo rohita*, *Cirrhina mrigala*) from the river Ravi, Pakistan. Pakistan Veterinary Journal, 29(1): 24-26.
- Usero, J., 2003.** Heavy metals in fishes (*Solea vulgaris*, *Anguilla Anguilla*, *Liza aurata*) from salt marshes on the southern Atlantic coast of Spain. Environment International, 29: 949-956.