

ردیابی زیستی فلزات سنگین در بافت‌های ماهیان شورت و زمین کن در ذخیره‌گاه زیست‌کوره حرا

سحر محمدنبی‌زاده^۱ و علی‌رضا پورخباز^۲

تاریخ دریافت: ۹۰/۱۱/۹

تاریخ پذیرش: ۹۱/۴/۵

خلاصه

مواد شیمیایی مانند فلزات ناشی از فعالیت‌های کشاورزی و صنعتی در نهایت مسیرشان را به سوی اکوسیستم‌های آبی پیدا نموده و می‌توانند اثرات سمی وسیعی روی موجودات آبی داشته باشند. هدف از این مطالعه تعیین میزان سمیت عناصر در نمونه‌های ماهیان شورت و زمین کن از منطقه حفاظت شده حرا می‌باشد. نمونه‌های ماهیان شورت و زمین کن به منظور تعیین غلظت فلزات سنگین (Cd, Ni, Pb, Cr) در بافت‌های عضله، کبد و آبشش، از منطقه حفاظت شده حرا واقع در استان هرمزگان، جمع‌آوری و میزان فلزات توسط دستگاه جذب اتمی اندازه‌گیری گردید. این مطالعه نشان می‌دهد که در مقایسه با آبشش و عضلات، کبد بالاترین غلظت فلزات کادمیوم، کروم، سرب و نیکل را، به ترتیب با میانگین ۰/۹۱، ۱/۲۶، ۰/۹۹ و ۳/۱۲ میکروگرم در گرم در ماهی شورت و ۱/۴۳، ۱/۴۹، ۰/۹۱ و ۳/۰۳ میکروگرم در گرم در ماهی زمین کن دارا است. روند نزولی میزان تجمع فلزات در بافت‌های ماهیان به صورت کبد < آبشش < ماهیچه بود. محاسبات شاخص تجمع زیستی فلزات در هر دو گونه ماهی مورد مطالعه نشان داد که کبد بالاترین و عضله کمترین را دارا می‌باشد. نتایج آزمون همبستگی پیرسون در بافت‌های مورد مطالعه با عوامل طول کل، وزن و سن نشان داد که ارتباط منفی معنی‌داری بین غلظت فلزات سرب، کادمیوم، کروم و نیکل در تمامی بافت‌ها با فاکتورهای زیستی مذکور وجود دارد. همچنین نتایج حاصل از بررسی‌های آماری، حاکی از بالاتر بودن میزان سرب در بافت عضله ماهیان شورت و زمین کن نسبت به استانداردهای جهانی بود. مقادیر کادمیوم نیز در هر دو گونه پایین‌تر از استانداردهای WHO و FAO می‌باشد.

کلمات کلیدی: فلزات سنگین، ماهی شورت، ماهی زمین کن، بندر خمیر، بندر لافت

مقدمه

می‌گردند. از آنجایی که ماهی‌ها بخش عمده‌ای از رژیم غذایی انسان را تشکیل می‌دهند، فلزات سنگین می‌توانند از طریق تغذیه از ماهیان آلوده وارد بدن انسان گردند. بنابراین تأثیر تجمع فلزات سنگین بر زنجیره‌های غذایی ارگانسیم‌های آبریان، با به همراه داشتن آسیب‌های اکولوژیکی، رفتاری، فیزیولوژیکی، متابولیکی ماهیان و در معرض خطر انداختن سلامت انسان‌ها، در سال‌های اخیر بیشترین توجه را به دنبال داشته است (۳۱). فلزات سنگین به دلیل برخورداری از خاصیت تجمع‌پذیری در بافت‌های مختلف و عدم تجزیه‌پذیری و

امروزه به دلیل افزایش استقرار صنایع مختلف در سواحل و رشد و توسعه شهرهای ساحلی، اکوسیستم‌های آبی و آبریان موجود در آن از فاضلاب‌ها و آلاینده‌های فلزی تخلیه شده به آب‌ها ناشی از صنایع و کشتی‌ها تأثیر می‌پذیرند. این تأثیرات از بدو ورود آلودگی به اکوسیستم به صورت کاهش فعالیت زیستی موجودات و در برخی موارد تلفات شدید آبریان، ظاهر می‌شود (۱۰). یکی از مهمترین آلاینده‌ها فلزات سنگین بوده که پس از ورود به اکوسیستم‌های آبی در بافت‌ها و اندام‌های آبریان و از جمله ماهیان تجمع یافته و نهایتاً وارد زنجیره غذایی

^۱ دانشجوی کارشناسی ارشد گروه محیط زیست، دانشکده محیط زیست، دانشگاه بیرجند

^۲ استادیار گروه محیط زیست، دانشکده محیط زیست، دانشگاه بیرجند

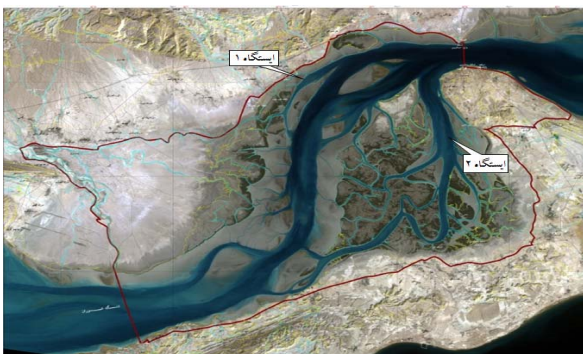
(نویسنده مسئول)

E-mail: apourkhabbaz@yahoo.com

سبب آلودگی و آسیب رساندن به ذخایر و منابع آبی موجود شده است. همچنین به دلیل رژیم هیدرولیکی و جریان آب خلیج فارس که در جهت مخالف حرکت عقربه‌های ساعت چرخش دارد، بخش عمده‌ای از آلاینده‌های بندرعباس و جزیره قشم پس از عبور از تنگ خوران و خورخوران وارد منطقه حفاظت شده جنگل‌های حرا می‌شود. از این رو نیازمند پایش‌های مداوم و دقیق‌تر در رابطه با آلاینده‌ها به ویژه فلزات سنگین با استفاده از ماهیان به عنوان شاخص زیستی می‌باشند. هدف از این تحقیق، تعیین تجمع فلزات سنگین سرب، کادمیوم، نیکل و کروم در بافت‌های عضله، آبشش و کبد دو گونه ماهی شورت (*Sillago sihama*) و زمین کن (*Platycephalus indicus*) که از گونه‌های خوراکی-تجاری منطقه حرا هستند، می‌باشد. همچنین مقایسه غلظت فلزات در بافت‌های ماهیان زمین کن و شورت با مطالعات مشابه و استانداردهای جهانی از اهداف دیگر این تحقیق می‌باشد.

مواد و روش کار

نمونه‌برداری از ماهی و آب در بندرهای خمیر و لافت در منطقه حفاظت شده حرا واقع در استان هرمزگان صورت گرفت (تصویر ۱).



تصویر ۱: نقشه منطقه مورد مطالعه ایستگاه ۱ بندر خمیر و ایستگاه ۲ بندر لافت در منطقه حفاظت شده حرا در خلیج فارس

موقعیت جغرافیایی ایستگاه‌های نمونه‌برداری که توسط GPS برداشت شده‌اند، در جدول ۱ آورده شده است.

نیز مقاومت در برابر تغییرات بیولوژیکی پس از ورود به محیط قادرند در چرخه حیات به حرکت چرخه‌ای خود ادامه داده و به تدریج در بافت‌های چرب و نیز مصرف کنندگان تکامل یافته، ذخیره گردند، و از این راه موجب بروز خطرات عدیده سمی، حاد و مزمن و حتی اثرات سوء ژنتیکی شوند (۱۸). این فلزات به صورت ترکیب با آنزیم‌ها و پروتئین‌های حامل وارد یاخته‌ها شده و به این شکل بر فعالیت سلول اثر می‌نمایند (۱). فلزات سنگین همچنین جایگزین دیگر املاح و مواد معدنی مورد نیاز در بدن می‌گردند.

ماهی‌ها یکی از مهم‌ترین و بزرگترین گروه‌های مهره‌داران در اکوسیستم‌های آبی محسوب می‌شوند. ماهی در محل زیست خود توانایی گریز از این مضرات مخرب آلودگی را نداشته و سبب آلودگی زنجیره غذایی نیز می‌شود (۳۷). همچنین از گونه‌های ماهی برای ارزیابی بهداشت اکوسیستم‌های آبی استفاده می‌شود. از این رو ماهی‌ها به عنوان یک شاخص زیستی تأثیر آلودگی فلزات، در اکوسیستم‌های آبی استفاده می‌شود، چرا که در بالای زنجیره غذایی بوده و به عنوان یک منبع غذایی منعکس کننده تأثیرات بهداشتی برای انسان می‌باشد (۳۱). لذا تعیین میزان باقیمانده‌های فلزات سنگین و سایر آلاینده‌های محیطی در مواد غذایی مختلف و به دست آوردن اطلاعات کافی از وضعیت آلودگی در جهت بکارگیری روش‌های پیشگیرانه و ارائه استانداردها و قوانین مناسب ضروری می‌باشد.

ذخیره‌گاه زیست کره یکی از زیستگاه‌های عالی و تیبیک در ایران به ویژه از نظر زیستگاه آبیان می‌باشد که در جزیره قشم مجاور بندر لافت و بندر خمیر در تنگه خوران قرار دارد. این اکوسیستم‌ها گرچه از غنای زیستی بالایی برخوردارند، اما به همان نسبت نیز در برابر آلودگی‌های آب حساس و آسیب‌پذیر هستند. اکوسیستم حرا متأسفانه تحت تأثیر مسائلی همچون روند رو به رشد صنایع بزرگ در منطقه هرمزگان و به دنبال آن ورود فاضلاب‌ها و پساب‌های صنعتی و شهری می‌باشد که

جدول ۱: مختصات جغرافیایی ایستگاه‌های نمونه‌برداری

ایستگاه	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی
بندر خمیر	۵۵°، ۳۷'، ۵۰"	۲۶°، ۵۸'، ۱۲"
بندر لافت	۵۵°، ۴۴'، ۱۴"	۲۶°، ۵۱'، ۲۳"

نمونه‌برداری و آزمایش آب

۳۰ نمونه آب از عمق ۵۰ سانتی‌متری از سطح آب توسط دستگاه نیسکین برداشت و به درون بطری‌های استریل و کدگذاری شده ۲۵۰ میلی‌لیتری انتقال یافتند. جهت جلوگیری از فعل و انفعالات و فعالیت‌های بیولوژیکی، pH نمونه‌ها با افزودن اسیدنیتریک به ۲ رسانده و در محفظه یونولیتی در مجاورت یخ به آزمایشگاه منتقل گردیدند. ۵۰ میلی‌لیتر از هر کدام از نمونه‌های آب در آزمایشگاه برداشت و توسط فیلتر ۰/۴۵ میکرومتری فیلتر شدند. سپس نمونه‌ها با اسیدنیتریک ۰/۶۵٪ هضم اسیدی شدند و جهت خواندن توسط دستگاه جذب اتمی در دمای +۴ درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند.

روش آزمایش نمونه‌های ماهی

نمونه‌های ماهی شورت (*Sillago sihama*) و زمین کن (*Platycephalus indicus*) از دو ایستگاه اشاره شده جمع‌آوری و در آزمایشگاه با آب مقطر شستشو و کدگذاری شدند. جهت زیست‌سنجی، طول کل و طول استاندارد با استفاده از تخته زیست‌سنجی (با دقت ۱ میلی‌متر) و وزن ماهی‌ها با استفاده از ترازوی دیجیتال (با دقت ۰/۰۱ گرم) اندازه‌گیری شد. همچنین تعیین سن ماهی با بررسی سنگ گوش (Otolith) در ماهیان انجام گردید (۶). بافت‌های آبشش، کبد و ماهیچه (زیر باله پشتی)، توسط چاقوی استیل و استریل شده استخراج و توسط ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۰۱ گرم توزین شدند (۸). نمونه‌ها قبل از توزین به مدت چند دقیقه در دمای اتاق گذاشته تا میزان خون مازاد روی بافت‌ها پاک گردد. حدود ۱ گرم از هر بافت به صورت تر در ارلن مایر قرار

داده شد، سپس به هر نمونه ۸ میلی‌لیتر اسید نیتریک ۰/۶۵ (HNO₃) اضافه گردید. نمونه‌ها جهت انجام عمل هضم مقدماتی در طول شب برای مدت ۱۲ ساعت در دمای اتاق در آزمایشگاه قرار داده شدند. بعد از هضم اولیه به هر یک از نمونه‌ها ۳ میلی‌لیتر اسید پرکلریک ۰/۷۰ (HClO₄) جهت هضم نهایی اضافه گردید (۳۴). جهت هضم کامل نمونه‌ها روی حمام شن در دمای ۱۶۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند تا در اثر حرارت، محلولی شفاف حاصل گردد. محلول‌های شفاف حاصل از هضم هر یک از نمونه‌ها پس از سرد شدن در دمای محیط با آب دو بار تقطیر به حجم ۲۵ میلی‌لیتر رسانده شده و با استفاده از کاغذ صافی اندازه ۰/۴۵ میکرومتری فیلتر شدند. جهت اندازه‌گیری غلظت فلزات در نمونه‌ها از دستگاه جذب اتمی کوره گرافیتی مدل PERKIN-ELMER 3030 استفاده گردیده است.

روش آماری

آنالیز داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS (نسخه ۱۶) و Excel صورت گرفت. بررسی تبعیت داده‌ها از توزیع نرمال با آزمون Kolmogrov-Smirnov انجام شد. برای مقایسه میانگین غلظت‌های عناصر در بافت‌های مختلف هر یک از گونه‌ها از آزمون آنالیز واریانس ANOVA استفاده گردید. آزمون T به منظور مقایسه میانگین در دو گروه مستقل از یکدیگر و ارزیابی تفاوت انباشتگی فلزات سنگین در بافت‌های گونه‌های شورت و زمین کن استفاده شد. همچنین از آزمون One Sample T-Test جهت مقایسه داده‌ها با مقادیر استاندارد استفاده گردید. بررسی ارتباط بین غلظت عناصر در بافت‌های مختلف در هر گونه با فاکتورهای زیستی طول، وزن و سن با آزمون Pearson صورت گرفت.

شاخص تجمع زیستی (Bioaccumulation factor) همچنین به عنوان ثبت غلظت فلز در اندام‌های ماهی به غلظت عنصر در آب محاسبه شد (۳۰).

نتایج

(۳۴/۲۵-۱۵/۰۸) و بزرگ اندازه (۴۸/۳۳-۲۱/۱) طبقه‌بندی شدند. از نظر سن، ماهی شورت به دو زیر گروه کوچکتر و بزرگتر از ۳ سال و ماهی زمین کن به زیر گروه کوچکتر و بزرگتر از ۴ سال تقسیم‌بندی گشتند. نمونه‌ها در هر گروه از نظر طول و وزن با هم اختلاف معنی‌داری در سطح ۹۹٪ داشتند.

خلاصه نتایج آماری حاصل از زیست‌سنجی ماهیان شورت (*Sillago sihama*) و زمین کن (*Platycephalus indicus*) در دو اندازه کوچک و بزرگ در جدول ۲ آورده شده است. اندازه طول کل بدن نمونه‌های ماهی شورت و ماهی زمین کن به ترتیب به دو زیر گروه کوچک اندازه

جدول ۲: مشخصات آماری زیست‌سنجی ماهیان شورت و زمین کن

گونه	طول کل (سانتیمتر)	طول استاندارد (سانتیمتر)	وزن (گرم)	سن (سال)
ماهی شورت سایز کوچک (n=۲۴)	۱۵/۰۸±۰/۷۵ (۱۴-۱۶)	۱۳/۴۲±۰/۶۹ (۱۲-۱۴)	۲۶/۲۶±۳/۰۸ (۲۲/۰۵-۳۰/۰۵)	<۳
ماهی شورت سایز بزرگ (n=۵۶)	۲۱/۱۸±۲/۹۳ (۱۷-۲۵)	۱۹/۲۱±۲/۹۴ (۱۵-۲۳)	۴۷/۱۸±۱۰/۱۱ (۳۵/۱۵-۶۵/۳۸)	>۳
زمین کن سایز کوچک (n=۱۸)	۳۴/۲۵±۳/۴۷ (۲۹/۵-۳۸/۵)	۳۰/۴۲±۳/۴۸ (۲۵/۵-۳۴/۵)	۲۸۵/۹۲±۷۸/۷۲ (۱۸۰-۳۸۰)	<۴
زمین کن سایز بزرگ (n=۳۶)	۴۸/۳۳±۶/۲۲ (۴۰/۵-۵۷)	۴۴/۰۸±۶/۲۲ (۳۶-۵۳)	۵۱۳/۳۷±۸۶/۳ (۳۹۰-۶۱۸/۵)	>۴

کوچک و کبد و آبشش برای نیکل در زمین کن کوچک و بزرگ، اختلاف آماری معنی‌داری بین بافت‌های دیگر در اندازه‌های کوچک و بزرگ هر یک از گونه‌ها وجود دارد (جدول ۳ و ۴).

الگوی انباشتگی فلزات سنگین در بافت کبد هر دو گونه ماهی انتخابی و نیز در آبشش گونه شورت به ترتیب نزولی به صورت نیکل < کروم < سرب < کادمیوم و در بافت عضله هر دو گونه و آبشش زمین کن به صورت نیکل < سرب < کروم < کادمیوم می‌باشد. آنالیز آماری داده‌ها با فاصله اطمینان ۹۵٪، تفاوت معنی‌داری مقادیر سرب، کروم و کادمیوم در بافت آبشش، سرب در بافت کبد و سرب، کروم و کادمیوم و نیکل در ماهیچه، در بین دو گونه شورت و زمین کن را نشان داد.

نتایج شاخص انباشتگی زیستی در بافت‌های مختلف نشان می‌دهد که نیکل در حدود ۲۸-۳۱، کروم ۲/۵-۵، کادمیوم ۱۱-۲۳ و سرب ۵-۱۱ مرتبه در ماهی شورت و

نتایج مربوط به میانگین غلظت فلزات سنگین (Cd, Pb, Ni, Cr) در بافت‌های عضله، آبشش و کبد ماهیان مورد مطالعه، بر حسب میکروگرم در گرم وزن تر، میانگین غلظت فلزات مذکور در آب بر حسب میکروگرم بر لیتر و مقادیر محاسبه شده شاخص تجمع زیستی (BAF) در جداول ۳ و ۴ درج گردیده است. کبد به عنوان اندام هدف، بالاترین غلظت فلزات کادمیوم، کروم، سرب و نیکل را به ترتیب با میانگین ۰/۹۱، ۱/۲۶، ۰/۹۹ و ۳/۱۲ میکروگرم بر گرم در ماهی شورت و ۰/۹۱، ۱/۴۹، ۱/۴۳ و ۳/۰۳ میکروگرم بر گرم در ماهی زمین کن، نسبت به بافت‌های آبشش و عضله داراست. با توجه به نتایج روند نزولی میزان تجمع فلزات در بافت‌های ماهیان به صورت کبد < آبشش < ماهیچه بود. آزمون آنالیز واریانس برای مقایسه انباشتگی فلزات سنگین در بافت‌های مختلف هر گونه از ماهیان نشان داد که به استثنای ماهیچه و آبشش برای فلز کروم در زمین کن

بررسی شاخص انباشتگی زیستی همچنین ثابت می کند که هر دو گونه *S. sihama* و *P. indicus* بیشترین میزان شاخص مربوط به نیکل در بافت کبد (۳۱) و کمترین آن مربوط به کروم در بافت ماهیچه (۱/۵) بود (جداول ۳ و ۴).

(Ni) ۲۶-۳۰، (Cr) ۱/۵-۶، (Cd) ۷-۲۳ و (Pb) ۴-۱۰ مرتبه در ماهی زمین کن بالاتر از مقدار آن در آب می باشد. بدین ترتیب نتیجه می شود که هر دو ماهی قدرت تجمع بالایی از فلزات در صورت آلودگی شدید می تواند داشته باشد که هم در سلامتی ماهی و هم برای موجودات مصرف کننده به ویژه انسان خطرناک است.

جدول ۳: میانگین (دامنه)، انحراف معیار و BAF فلزات سنگین در بافت های ماهی زمین کن (میکروگرم بر گرم وزن تر) و آب

(میلی گرم بر لیتر)

BAF	آب	زمین کن بزرگ	زمین کن کوچک	بافت	فلز
۴/۲	۰/۱۵	(۰/۵۳-۰/۶۳) ۰/۵۸±۰/۰۳bA	(۰/۶۸-۰/۷۸) ۰/۷۳±۰/۰۵aA	ماهیچه	سرب
۶/۱۳		(۰/۷۳-۰/۹۴) ۰/۸۴±۰/۰۷bB	(۰/۹۸-۱/۳۶) ۱/۰۸±۰/۱۵aB	آبشش	
۹/۵۳		(۱/۱۷-۱/۴۱) ۱/۲۹±۰/۰۸ bC	(۱/۵-۲/۰۲) ۱/۷±۰/۲ aC	کبد	
۷	۰/۰۴	(۰/۱۳-۰/۳۳) ۰/۲۲±۰/۰۶ bA	(۰/۲۸-۰/۵۲) ۰/۳۹±۰/۱۱ aA	ماهیچه	کادمیوم
۱۲/۵		(۰/۳۱±۰/۵۳) ۰/۴۱±۰/۰۷ bB	(۰/۵۱-۰/۸۶) ۰/۶۶±۰/۱۵ aB	آبشش	
۲۲/۷۵		(۰/۶۴-۰/۹۱) ۰/۸۱±۰/۰۹ bC	(۰/۹۴-۱/۳۴) ۱/۱۲±۰/۱۷aC	کبد	
۱/۴۴	۰/۲۵	(۰/۱۴-۰/۳۱) ۰/۲۵±۰/۰۶ bA	(۰/۳۴-۱/۰۷) ۰/۶±۰/۳۴ aA	ماهیچه	کروم
۳/۲		(۰/۵۴-۰/۸۲) ۰/۶۶±۰/۰۸ bB	(۰/۸-۱/۴۷) ۱/۰۷±۰/۳۱ aA	آبشش	
۵/۹۶		(۰/۹۲-۱/۵) ۱/۲۱±۰/۱۷ bC	(۱/۴۲-۳/۱۵) ۲/۰۵±۰/۷۹ aB	کبد	
۲۶/۴	۰/۱	(۲/۴۳-۲/۶۶) ۲/۵۶±۰/۰۷ bA	(۲/۶۳-۳/۰۶) ۲/۸۱±۰/۲ aA	ماهیچه	نیکل
۲۹/۴		(۲/۷۹-۲/۹۳) ۲/۸۸±۰/۰۴ bB	(۲/۹۶-۳/۲۱) ۳/۰۷±۰/۱۱ aB	آبشش	
۳۰/۳		(۲/۸۴-۲/۹۷) ۲/۹۲±۰/۰۴ bB	(۳-۳/۴۸) ۳/۲۴±۰/۲۱ aB	کبد	

* حروف بزرگ بیانگر اختلاف معنی دار بر اساس ستون (نوع بافت در هر سایز) و حروف کوچک بیانگر اختلاف معنی دار در ردیف (سایزهای متفاوت) می باشد (p>۰/۰۵).

جدول ۴: میانگین (دامنه)، انحراف معیار و BAF فلزات سنگین در بافت‌های ماهی شورت (میکروگرم بر گرم وزن تر) و آب

(میلی‌گرم بر لیتر)

BAF	آب	ماهی شورت بزرگ	ماهی شورت کوچک	بافت	فلز
۴/۷۳	۰/۱۵	(۰/۶۳-۰/۷۶) ۰/۶۹±۰/۰۴ bA	(۰/۷۲-۰/۷۹) ۰/۷۶±۰/۰۳ aA	ماهیچه	سرب
۵/۵۳		(۰/۷-۰/۸۹) ۰/۸۱±۰/۰۶ bB	(۰/۸۱-۰/۹۳) ۰/۸۸±۰/۰۵ aB	آبشش	
۶/۶		(۰/۸۴-۱/۱۳) ۰/۹۷±۰/۰۹ aC	(۰/۹۳-۱/۱۷) ۱/۰۵±۰/۱ aC	کبد	
۱۱/۲۵	۰/۰۴	(۰/۲۹-۰/۵۸) ۰/۴۳±۰/۰۹ aA	(۰/۳۸-۰/۵۹) ۰/۵±۰/۰۸aA	ماهیچه	کادمیوم
۱۲/۲۵		(۰/۴۷-۰/۷۳) ۰/۶±۰/۰۸ bB	(۰/۶۸-۰/۸۵) ۰/۷۷±۰/۰۷ aB	آبشش	
۲۲/۷۵		(۰/۷۷-۱/۰۳) ۰/۸۹±۰/۰۷ bC	(۰/۸۹-۱/۰۸) ۰/۹۷±۰/۰۸ aC	کبد	
۲/۵۲	۰/۲۵	(۰/۴۲-۰/۷۶) ۰/۵۸±۰/۱۱ bA	(۰/۵۹-۰/۸۶) ۰/۷۲±۰/۱۱ aA	ماهیچه	کروم
۳/۹۶		(۰/۶۹-۱/۱۹) ۰/۹۲±۰/۱۴ bB	(۱/۰۲-۱/۳۳) ۱/۱۶±۰/۱۲ aB	آبشش	
۵/۰۴		(۰/۸۷-۱/۴) ۱/۱۴±۰/۱۶ bC	(۱/۴۴-۱/۶۲) ۱/۵۴±۰/۰۷ aC	کبد	
۲۸/۷	۰/۱	(۲/۷۴-۲/۹۸) ۲/۸۵±۰/۰۷ bA	(۲/۸۹-۲/۹۷) ۲/۹۳±۰/۰۳ aA	ماهیچه	نیکل
۲۹/۹		(۲/۸۹-۳/۰۴) ۲/۹۷±۰/۰۸ bB	(۳/۰۱-۳/۰۷) ۳/۰۴±۰/۰۲aB	آبشش	
۳۱/۱		(۳-۳/۱۶) ۳/۰۸±۰/۰۵ bC	(۳/۱۹-۳/۲۵) ۳/۲۲±۰/۰۲ aC	کبد	

*حروف بزرگ بیانگر اختلاف معنی‌دار بر اساس ستون (نوع بافت در هر سایز) و حروف کوچک بیانگر اختلاف معنی‌دار در ردیف (سایزهای متفاوت) می‌باشد (p<۰/۰۵).

جدول ۵: ضریب همبستگی پیرسون بین غلظت فلزات و فاکتورهای زیستی طول کل (سانتی متر)، وزن (گرم) و سن (سال) در ماهیان شورت و زمین کن

بافت	فلز	ماهی شورت			ماهی زمین کن		
		طول	وزن	سن	طول	وزن	سن
ماهیچه	سرب	۰/۹۲۰*	۰/۸۶۱*	۰/۹۱۲*	۰/۸۷۴*	۰/۹۰۵*	۰/۹۳۳*
	کادمیوم	۰/۸۱۲*	۰/۷۴۳*	۰/۷۸۲*	۰/۸۶۸*	۰/۹۱۱*	۰/۹۰۹*
	کروم	۰/۸۷۸*	۰/۸۳۷*	۰/۸۷۹*	۰/۷۵۲*	۰/۸۲۶*	۰/۸۲۸*
	نیکل	۰/۸۸۹*	۰/۸۲۷*	۰/۸۶۰*	۰/۷۷۷*	۰/۸۴۵*	۰/۸۵۵*
آبشش	سرب	۰/۸۶۶*	۰/۸۵۲*	۰/۸۶۳*	۰/۸۵۶*	۰/۸۹۳*	۰/۸۹۸*
	کادمیوم	۰/۹۰۳*	۰/۸۵۳*	۰/۹۲۴*	۰/۹۰۳*	۰/۹۴۶*	۰/۹۴۶*
	کروم	۰/۸۷۹*	۰/۸۷۲*	۰/۸۸۳*	۰/۸۱۲*	۰/۸۷۳*	۰/۸۸۴*
	نیکل	۰/۹۲۳*	۰/۸۹۷*	۰/۹۱۴*	۰/۸۷۴*	۰/۹۲۴*	۰/۹۳۸*
کبد	سرب	۰/۷۵۹*	۰/۷۰۲*	۰/۷۵۳*	۰/۸۰۹*	۰/۸۵۹*	۰/۸۹۰*
	کادمیوم	۰/۸۲۰*	۰/۷۸۲*	۰/۸۲۳*	۰/۸۵۳*	۰/۹۰۲*	۰/۹۱۷*
	کروم	۰/۹۵۶*	۰/۹۲۹*	۰/۹۸۱*	۰/۷۴۹*	۰/۸۱۸*	۰/۸۲۴*
	نیکل	۰/۹۷۷*	۰/۹۴۰*	۰/۹۸۴*	۰/۸۱۸*	۰/۸۸۱*	۰/۸۹۹*

* وجود ارتباط معنی دار در سطح $\alpha=0/01$

بحث

طول، وزن و سن ماهی (۱۴)، مدت قرارگیری در معرض فلزات (۲۶)، متغیر بودن توان فلزات سنگین در زمینه غلبه بر پیوندهای فلزی پروتئینها نظیر متالوتیونینها باشد (۱۵). تفاوت نیازهای اکولوژیک و فعالیت‌های متابولیک بافت‌ها ماهیان می‌تواند به عنوان عامل مهم دیگری در دسترسی زیستی و تجمع فلزات در ماهی تلقی شود (۲۳). علاوه بر موارد بالا، بسیاری از فعل و انفعالات بالقوه میان عناصر مختلف ممکن است جذب و سمیت فلزات را تحت تاثیر قرار دهد.

مطالعه حال حاضر نشان می‌دهد کبد به عنوان اندام ذخیره کننده، بالاترین غلظت فلزات کادمیوم، کروم، سرب و نیکل را نسبت به بافت‌های آبشش و عضله دارد. کادمیوم در بافت کبد در حدود ۲ و ۳ مرتبه نسبت به بافت ماهیچه به ترتیب در گونه‌های شورت و زمین کن بالاتر است. همچنین این مقدار برای فلزات کروم و

نتایج حاصل از آزمون T نشان داد بین گونه‌های ماهی در ایستگاه‌های مختلف از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری در غلظت فلزات بافت‌های مختلف وجود ندارد. دلیل آن را می‌توان تحرک ماهی و نیز وجود غلظت آلاینده مشابه در آب هر دو ایستگاه بیان کرد.

مقایسه میانگین سطح فلزات در بافت‌های گونه زمین کن با ماهی شورت نشان از اختلاف معنی‌داری عناصر کروم، نیکل، کادمیوم و سرب برای عضله؛ $p=0/001$ ، $p=0/001$ ، $p=0/001$ ، $p=0/001$ ، $t=4/06$ ، $t=0/58$ ، $p=0/001$ ، $t=5/34$ ، $p=0/01$ ، $t=3/61$ ، $t=2/76$ ، $p=0/001$ ، (باستثنا نیکل)، $p=0/001$ ، $t=2/31$ ، $p=0/03$ ، $t=3/61$ ، $p=0/001$ ، $t=0/85$ ، $p=0/07$ کبد (باستثنا کروم، نیکل و کادمیوم) به ترتیب $p=0/12$ ، $t=1/57$ ، $t=1/06$ ، $p=0/97$ ، $t=0/96$ ، $p=0/05$ ، $t=0/01$ ، $p=0/001$ ، $t=7/55$ بین آنها داشت. تفاوت غلظت فلزات سنگین در بافت‌های گوناگون ماهیان می‌تواند ناشی از تفاوت در

فلزات در آبشش می‌شود (۱۱ و ۳۹). به عبارتی در مقایسه با کبد می‌توان بیان نمود که غلظت فلزات در آبشش‌ها انعکاس غلظت عناصر در آب می‌باشد در حالی که غلظت‌ها در کبد بیانگر ذخیره عناصر است (۳۵). در مقایسه با گزارشات ارایه شده توسط Canli و Atli (۲۰۰۳)، Begum و همکاران (۲۰۰۹) و Dural و همکاران (۲۰۰۷)، مقدار غلظت عناصر کادمیوم، سرب و کروم در بافت آبشش ماهیان شورت و زمین کن به طور معنی‌داری پایین‌تر می‌باشد (۱۳، ۱۵ و ۱۷).

در مقایسه بین بافت‌های مورد مطالعه، کمترین غلظت فلزات در بافت ماهیچه دو گونه ماهی مورد مطالعه مشاهده گردید. به هر حال، انباشتگی معنی‌دار پایین در بافت ماهیچه نسبت به بافت‌های کبد و آبشش به دلیل فعالیت‌های کم متابولیکی این اندام تفسیر می‌شود (۲۲ و ۳۵)، چرا که بیشتر فلزات، بر اساس میزان فعالیت‌های متابولیکی بافت در آن تجمع می‌یابند (۳۸). نتایج حاصل از غلظت عناصر در بافت ماهیچه در این مطالعه، در مقایسه با تحقیقات روی ماهیان در سواحل فرانسه، Henry و همکاران (۲۰۰۴)، اسپانیا Usero و همکاران (۲۰۰۳)، ماهی کفال دریای خزر (فاضلی و همکاران ۱۳۸۴) و ماهیان شوریده و سرخو خلیج فارس (شهریاری ۱۳۸۴) بیشتر بود (۴، ۵، ۲۰ و ۳۶). در حالی که میزان فلزات سرب، کادمیوم و کروم در بافت ماهیچه ماهیان شورت و زمین کن بنادر خمیر و لافت در مقایسه با ماهی کفال دریای خزر و ماهیان دریای مدیترانه کمتر بود (۲ و ۱۵).

به هر حال تفاوت در غلظت فلزات در ماهیان نقاط مختلف به فاکتورهای مختلفی از جمله: رفتار تغذیه ماهی (۲۷)، فاصله موجود زنده تا منبع آلودگی، توانایی بزرگنمایی زیستی یا کاهش زیستی یک فلز خاص (۱۲)، سن، طول و وزن ماهی (۱۴) و نوع زیستگاه بستگی دارد. به بیان دیگر دسترسی زیستی فلزات می‌تواند از فاکتورهای زیستی و غیر زیستی که کنترل یک فلز خاص و تجمع زیستی آن را بر عهده دارد، تاثیر بپذیرد (۳۲).

سرب در ماهی زمین کن صدق می‌کند. در ماهی زمین کن نسبت فلزات کادمیوم، سرب و کروم در بافت کبد نسبت به عضله ۳ تا ۴ مرتبه بالاتر بود. نتایج تحقیقاتی تعدادی از گونه‌های ماهی ثابت کرد که بافت ماهیچه نمی‌تواند یک بافت فعال تجمعی باشد (۸، ۲۲ و ۳۵).

نتایج بسیاری از مطالعات نیز نشان می‌دهد که بافت کبد تمایل به انباشتگی فلزات سنگین در مقادیر بالا را دارد (۲۲، ۳۵ و ۳۹). دلیل آن نقش کلیدی کبد در متابولیسم است و همچنین مکان اصلی در تجمع، انتقال زیستی، سم زدایی و دفع آلاینده‌ها در ماهی می‌باشد (۲۵). کبد به دلیل گرایش به تجمع سطوح بالای آلاینده‌های مختلف نسبت به بافت‌های دیگر، شاخص زیست محیطی مناسب‌تری جهت ارزیابی آلودگی آب نسبت به سایر بافت‌ها محسوب می‌شود (۳۹). ماهیان شورت و زمین کن مقدار بالاتری از عناصر در کبد در مقایسه با سایر مطالعات مشابه در ژاپن (*Cyprinus carpio*) (۸)، سواحل اطلس جنوبی (۳۶) و منطقه Pak Sha Wan در هنگ کنگ (۳۸) نشان دادند.

در این مطالعه نیز بعد از کبد، آبشش با میانگین غلظت ۰/۹۲، ۰/۷۹، ۰/۴۹ و ۲/۹۴ در گونه زمین کن و ۰/۸۳، ۰/۹۹، ۰/۶۵ و ۲/۹۹ میکروگرم در گرم در شورت به ترتیب بالاترین غلظت را برای فلزات سرب، کروم، کادمیوم و نیکل دارا است. آبشش‌ها جزء اولین بافت‌هایی هستند که در معرض آلاینده‌های موجود در آب قرار می‌گیرند. این بافت نیز همانند کبد شاخص زیستی مناسبی برای آلودگی آب می‌تواند باشد (۲۹). آبشش‌ها می‌توانند فلزات سنگین را در تماس مستقیم از آب و غیرمستقیم از مواد غذایی جذب نمایند. آبشش‌ها محل‌هایی برای جذب یون‌های موجود در آب بوده و این می‌تواند بر سطوح فلزات در این بافت تاثیر گذارد. سلول‌های اپیتلیال برونشیا آبشش سبب مبادلات فلزات با محیط خارج گردیده (۹) و بدین ترتیب فلزات با موکوس آبشش‌ها تشکیل کمپلکس داده و این خروج فلزات از بافت را تقریباً غیر ممکن ساخته و باعث تجمع

تمامی بافت‌ها اختلافات معنی‌دار بین غلظت فلزات سنگین در دو اندازه کوچک و بزرگ ماهی مشاهده شد ($p < 0/01$).

در مقایسه با استانداردهای جهانی (جدول ۶)، مطالعه حاضر نشان می‌دهد که سمیت فلز سرب در بافت عضله ماهیان شورت و زمین کن نسبت به استانداردهای FAO و EU بالاتر و نسبت به WHO و FEPA کمتر می‌باشد (۱۶ و ۲۱). حد مجاز عنصر کادمیوم در هر دو گونه بالاتر از استانداردهای EU (۱۵) و پایین‌تر از استانداردهای FAO (۲۱) و WHO می‌باشد. همچنین نتایج نشان داد که میزان کروم در دو گونه مورد مطالعه بالاتر از استانداردهای WHO و FEPA (۲۸) بوده ولی از استاندارد چین پایین‌تر است. مقادیر به دست آمده در این مطالعه برای فلز نیکل نیز نشان از سمیت بالای این فلز نسبت به استانداردهای WHO و FEPA (۲۸)، در هر دو گونه ماهی شورت و زمین کن می‌باشد.

جدول ۶: مقایسه میانگین غلظت فلزات در بافت عضله ماهیان شورت و زمین کن (میکروگرم در گرم وزن تر) با استانداردهای جهانی

استانداردها و ماهیان	کادمیوم	سرب	نیکل	کروم
EU	۰/۱	۰/۴	-	-
FEPA	۲	۲	۰/۵	۰/۱۵
FAO	۰/۵	۰/۵	-	-
China	۰/۱	۰/۵	-	۲
WHO	۱	۱	۰/۵-۰/۶	۰/۱۵
ماهی شورت در تحقیق حاضر	۰/۴۵	۰/۷۱	۲/۸۷	۰/۶۲
ماهی زمین کن در تحقیق حاضر	۰/۲۸	۰/۶۳	۲/۶۴	۰/۳۶

علت بالا بودن غلظت برخی از فلزات در ماهیان منطقه مورد مطالعه ممکن است به دلیل فعالیت‌های اقتصادی و صنعتی واقع در حاشیه خلیج فارس بوده که حجم عظیمی

نتایج آزمون همبستگی پیرسون در جدول ۵ در بافت‌های مورد مطالعه با عوامل طول کل، وزن و سن نشان می‌دهد که ارتباط منفی معنی‌داری بین غلظت فلزات سرب، کادمیوم، کروم و نیکل در تمامی بافت‌ها و فاکتورهای زیستی مذکور وجود دارد ($p < 0/05$) به گونه‌ای که با افزایش هر یک از فاکتورهای زیستی، غلظت فلزات در بافت‌های مختلف ماهی کاهش می‌یابد. در مطالعه‌ای توسط Agah و همکاران (۲۰۰۹)، مقایسه اندازه ماهیان با میزان تجمع ۱۶ فلز نشان داد که در بیشتر فلزات همبستگی منفی در این زمینه وجود داشت (۷). مطالعات Farkas و همکاران و (2003) Atli و Canli در بافت عضله ماهی نیز ثابت نمودند که افزایش هر کدام از فاکتورهای مذکور سبب کاهش میزان تجمع فلزات روی، کادمیوم، مس و سرب می‌شود (۱۵ و ۱۹). Shakweer و همکاران (۱۹۹۳)، در مورد گونه‌های مختلف ماهی در دریاچه Edku در مصر، همبستگی منفی بین طول ماهی و غلظت فلزات مس، روی و نیکل در بیشتر نمونه‌ها را نشان دادند (۳۳).

این همبستگی معکوس در مطالعه حاضر ممکن است به دلیل بالاتر بودن متابولیسم فعال در ماهیان جوان نسبت به ماهیان بالغ و مسن‌تر باشد. همچنین با توجه به رابطه مستقیم نرخ متابولیک در آبزیان و نرخ جذب آلودگی، انباشتگی فلزات سنگین در افراد جوان‌تر، بالاتر تفسیر می‌گردد (۱۵ و ۲۴). بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که فرضیه تجمع بالای عناصر در ماهیان بزرگتر (طول و سن)، در این مطالعه صدق نمی‌کند. در تمام بافت‌های گونه‌های شورت و زمین کن غلظت بالاتر در سایز کوچک در مقایسه با گونه‌های بزرگ سایز یافت گردید (جدول ۳ و ۴). نتایج آزمون T در زمینه مقایسه انباشتگی فلزات سنگین در دو اندازه کوچک و بزرگ ماهی شورت در هر یک از گونه‌ها، مبین وجود اختلافات معنی‌دار بین غلظت فلزات در بافت‌های کبد، ماهیچه و آبشش به استثنای کادمیوم در ماهیچه ($t=1/75, p=0/1$) و سرب در کبد ($t=1/67, p=0/11$) بود. در ماهی زمین کن نیز در

علاوه بر جذب آلودگی از آب و مواد غذایی، می‌توانند تحت تاثیر آلودگی ناشی از رسوبات کف نیز قرار گیرند.

از آلاینده‌ها را به آب‌ها وارد می‌کنند. همچنین بر اساس مطالعات انجام گرفته، گونه‌های کفزی و ماهی خوار نسبت به فلزات سنگین بیشتر آلوده هستند زیرا این ماهیان

منابع

7- Agah H., Leermakers M., Elskens M., Fatemi M.R. and Baeyens W. (2009). Accumulation of trace metals in the muscle and liver tissues of five fish species from the Persian Gulf. *Environmental Monitoring and Assessment*, 157: 499-514.

8- Alam M.G.M., Tanaka A., Allinson G., Laurenson L.J.B., Stagnitti S. and Snow ET. (2002). A comparison of trace element concentrations in cultured and wild carp (*Cyprinus carpio*) of Lake Kasumigaura, Japan. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 53:348-354.

9- Ay O., Kalay M., Tamer L. and Canli M. (1999). Copper and lead accumulation in tissues of a freshwater fish *Tilapia zillii* and its effects on the bronchial Na, K-ATPase activity. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 62:160-168.

10- Baeyens W., Leermakers M., De Gieter M., Nguyen H.L., Parmentier K., Panutrakul S., et al. (2005). Overview of trace metal contamination in the Scheldt estuary and effect of regulatory measures. *Hydrobiologia*, 540:141-154.

11- Bahnasawy M., Khidr A.A. and Dheina N. (2009). Seasonal variations of heavy metals concentrations in mullet, *Mugil Cephalus* and *Liza Ramada* (Mugilidae) from Lake Manzala, Egypt. *Journal of Applied Sciences Research*, 5(7):845-852.

12- Barlas N. (1999). A pilot study of heavy metal concentration in various environments and fishes in the Upper Sakarya River Basin, Turkey. *Environmental Toxicology*, 14: 367-373.

13- Begum A., Harikrishna S. and Khan L. (2009). Analysis of heavy metals in water, sediments and fish samples of Madivala lakes of Bangalore, Karnataka. *International Journal of Chemical Technology Research*, 1: 245-249.

14- Benson N.K., Essien J.P., Williams A.B. and Basse D.E. (2007). Mercury accumulation in fishes from tropical aquatic ecosystems in the Niger Delta, Nigeria. *Current Science*, 92(6): 781-785.

15- Canli M. and Atli G. (2003). The relationship between heavy metal (Cd, Cr, Cu, Fe, Pb, Zn) levels and the size of six Mediterranean fish species. *Environmental Pollution*, 121: 129-136.

۱- احمدی‌زاده معصومه (۱۳۷۶). سم‌شناسی صنعتی فلزات سنگین، انتشارات طلوع آزادی، چاپ اول، صفحات ۱۱۳-۶۱.

۲- امینی‌رنجبر غلامرضا و ستوده‌نیا فریبا (۱۳۸۴). تجمع فلزات سنگین در بافت عضله ماهی کفال طلایی (Mulgi auras) دریای خزر در ارتباط با برخی مشخصات بیومتریکی (طول استاندارد، وزن، سن و جنس). مجله علمی شیلات ایران، شماره ۳، صفحات ۱۸-۱.

۳- ربانی محمد، جعفرآبادی‌آشتیانی اسدالله و مهردادشریف امیرعبدالله (۱۳۸۷). اندازه‌گیری میزان آلودگی ناشی از فلزات سنگین نیکل، سرب و جیوه در رسوبات خلیج فارس منطقه عملیاتی عسلویه. اکتشاف و تولید، شماره ۵۱، صفحات ۵۷-۵۳.

۴- شهریاری علی (۱۳۸۴). اندازه‌گیری مقادیر فلزات سنگین کادمیوم، کروم، سرب و نیکل در بافت خوراکی ماهیان شوریده و سرخو خلیج فارس. مجله علمی دانشگاه علوم پزشکی گرگان، دوره هفتم، شماره ۲، صفحات ۶۷-۶۵.

۵- فاضلی محمدشریف، ابطحی بهروز و صباغ‌کاشانی آذر (۱۳۸۴). سنجش تجمع فلزات سنگین سرب، نیکل و روی در بافت‌های ماهی کفال (*Liza aurata*) سواحل جنوبی دریای خزر. مجله علمی شیلات ایران، سال چهاردهم، شماره ۱، صفحات ۷۷-۶۵.

۶- کمالی عیسی (۱۳۸۳). بررسی برخی از ویژگی‌های زیستی سنگسر معمولی، شوریده و میش ماهی در آب‌های هرمزگان. پژوهشکده اکولوژی خلیج فارس و دریای عمان، ناشر موسسه تحقیقات شیلات ایران، صفحه ۱۰۵.

- 16- Cheung K.C., Leung H.M. and Wong M.H. (2008). Metal concentrations of common freshwater and marine fish from the Pearl River Delta, South China. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 54: 705-715.
- 17- Dural M., Lugal Goksu M.Z. and Akif ozak A. (2007). Investigation of heavy metal levels in economically important fish species captured from the Tuzla lagoon. *Food Chemistry*, 102: 415-421.
- 18- Ekpo K.E., Asia I.O., Amayo K.O. and Jegede D.A. (2008). Determination of lead, cadmium and mercury in surrounding water and organs of some species of fish from Ikpoba river in Benin city, Nigeria. *International Journal of Physical Science*, 3(11): pp.289-292.
- 19- Farkas A., Salanki J. and Specziar A. (2003). Age-and size-specific patterns of heavy metals in the organs of freshwater fish *Abramis brama* L. populating a low contaminated site. *Water Research*, 37: 959-964.
- 20- Henry F., Amara R., Courcot L., Lacouture D. and Bertho M. (2004). Heavy metals in four fish species from the French coast of the Eastern English Channel and Southern Bight of the North Sea. *Environment International*, 30: 675-683.
- 21- Ikem A., EgIebor N.O. and Nyavor K. (2003). Trace elements in water, fish and sediment from Tuskegee Lack Southeastern USA. *Water, Air and Soil Pollution*, 149: 51-75.
- 22- Karadede H., Oymak S.A. and Unlu E. (2004). Heavy metals in mullet, *Liza abu*, and catfish, *Silurus triostegus*, from the Ataturk Dam Lake (Euphrates), Turkey. *Environment International*, 30: 183-188.
- 23- Karthikeyan S., Palaniappan P.R. and Sabhanayakam S. (2007). Influence of pH and water hardness upon nickel accumulation in edible fish *Cirrhinus mirigala*. *Journal of Environmental Biology*, 28: 489-92.
- 24- Kojadinovic J., Potier M., Le Corre M., Cosson RP. and Bustamante P. (2007). Bioaccumulation of trace elements in pelagic fish from the Western Indian Ocean. *Environmental Pollution*, 146(2): 548-566.
- 25- Licata P., Trombetta D., Cristani M., Naccari C., Martino D., Calo M., et al. (2005). Heavy metals in liver and muscle of bluefin tuna (*Thunnus thynnus*) caught in the Straits of Messina (Sicily, Italy). *Environmental Monitoring and Assessment*, 107: 239-248.
- 26- Malik N., Biswas A.K., Qureshi T.A., Borana K. and Virha K. (2010). Bioaccumulation of heavy metals in fish tissues of a freshwater lake of Bhopal. *Environmental Monitorong and Assessment*, 160: 267-276.
- 27- Obasohan E.E. and Oronsaye J.A.O. (2004). Bioaccumulation of heavy metals by some cichlids from Ogba River, Benin City, Nigeria. *Nigerian Annals of Natural Sciences*, 5(2): 11-27.
- 28- Obasohan E.E. (2007). Heavy metals concentrations in the offal, gill, muscle and liver of a freshwater mudfish (*Parachanna obscura*) from Ogba River, Benin city, Nigeria. *African Journal of Biotechnology*, 6(22): 2620-27.
- 29- Oliveira-Filho E.C., Muniz D.H.F. and Ferreira M.F.N. CK2010. Grisolia Evaluation of acute toxicity, cytotoxicity and genotoxicity of a nickel mining waste to *Oreochromis niloticus*. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 85: 467-471.
- 30- Otitoloju A., Elegba O. and Osibona A. (2009). Biological responses in edible crab, *Callinectes amnicola* that could serve as markers of heavy metals pollution. *Journal of Environmental Science*, 29:37-46.
- 31- Palaniappan P.L.R.M. and Karthikeyan S. (2009). Bioaccumulation and depuration of chromium in the selected organs and whole body tissues of freshwater fish *Cirrhinus mrigala* individually and in binary solutions with nickel. *Journal Environmental Science*, 21: 229-236.
- 32- Sekhar K.C., Chary N.S., Kamala C.T., Suman Raj D.S. and Rao A.S. (2003). Fractionation studies and bioaccumulation of sediment-bound heavy metals in Kolleru Lake by edible fish. *Environmental International*, 29: 1001-08.
- 33- Shakweer L.M., Abbas M. and Al-Sayes A. (1993). Heavy metals content in some fishes in Lake Edku. *Bulletin Faculty Science*, 33: 130-64.
- 34- Storelli M.M. and Marcotrigiano G.O. (2005). Bioindicator organisms: heavy metal pollution evaluation in the Ionian Sea (Mediterranean Sea—Italy), *Environmental Monitoring and Assessment*, 102:159-166.
- 35- Tekin-Ozan S. and Kir I. (2008). Seasonal variations of heavy metals in some organs of carp (*Cyprinus carpio* L., 1758) from Beyşehir Lake (Turkey). *Environmental Monitoring and Assessment*, 138: 201-206.

36- Usero J., Izquierdo C., Morillo J. and Gracia I. (2004). Heavy metals in fish (*Solea vulgaris*, *Anguilla anguilla* and *Liza aurata*) from salt marshes on the southern Atlantic coast of Spain. *Environment International*, 29: 949-956.

37- Vinodhini R. and Narayanan M. (2008). Bioaccumulation of heavy metals in organs of fresh water fish *Cyprinus carpio* (Common carp). *International Journal of Environmental Science Technology*, 5: 179-182.

38- Wong C.K., Wong P.P.K. and Chu L.M. (2001). Heavy metal concentrations in marine fishes collected from fish culture sites in Hong Kong. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*. 40: 60-69.

39- 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*, 4: 7-15.