بررسی تجمع فلزات سنگین (سرب، نیکل، مس، آهن و روی) در ماهی سفیدک (*Schizothorax zarudnyi*) چاه نیمه‌های سیستان

- **مهین ریگی***: پژوهشکده تالاب بین‌المللی هامون، دانشگاه زابل، صندوق‌پستی: ۵۳۸-۹۸۶۱۵
- **ساحل پاکزادتوچایی**: پژوهشکده تالاب بین‌المللی هامون، دانشگاه زابل، صندوق‌پستی: ۵۳۸-۹۸۶۱۵

تاریخ دریافت: دی ۱۳۹۲ تاریخ پذیرش: فروردین ۱۳۹۳

چکیده

این تحقیق به‌منظور بررسی تجمع فلزات سنگین (سرب، نیکل، مس، آهن و روی) در بافت‌های عضله، آبشش، کبد و کلیه ماهی (*Schizothorax zarudnyi*) چاه نیمه‌های سیستان انجام شد. پس از نمونه‌برداری، آماده‌سازی هریک از بافت‌ها و هضم توسط اسید نیتریک، غلظت هر یک از فلزات بر حسب میکروگرم بر گرم وزن خشک با استفاده از دستگاه جذب اتمی Konic مدل NOVAA300 اندازه‌گیری شد. نتایج این مطالعه نشان داد که بین تجمع فلزات سنگین در بافت‌های مختلف ماهی سفیدک سیستان اختلاف معنی‌داری وجود دارد($p<0/05$). روند تجمع فلزات سنگین در بافت‌های مختلف این گونه به‌صورت Fe>Zn>Cu>Pb>Ni است. هم‌چنین نتایج نشان داد که میزان تجمع فلزات سرب، نیکل و مس در بافت خوراکی عضله از حد مجاز استانداردهای جهانی WHO،FDA، FEPA، EPA، UKMAF و NHMRC بالاتر است. هم‌چنین فلز روی نیز از حد مجاز استانداردهای جهانی به‌جز NHMRC بالاتر است که قطعاً غلظت بالایی از این فلزات در بافت، حیات ماهی و سلامتی انسان را با تهدید مواجه خواهد کرد.

کلمات کلیدی: فلزات سنگین، ماهی سفیدک (*Schizothorax zarudnyi*)، چاه نیمه‌های سیستان

* پست الکترونیکی نویسنده مسئول: Mahin.rigi2012@yahoo.com

مقدمه

توسعه صنایع و افزایش بی‌رویه جمعیت شهرها و روستاها و در پی آن توسعه مناطق کشاورزی و استفاده از کودها و سموم دفع‌آفات موجب گشته است تا مقادیر زیادی فاضلاب‌های صنعتی و شهری و هم‌چنین پساب‌های کشاورزی که دارای ترکیبات شیمیایی مختلف هستند وارد اکوسیستم‌های آبی شوند (Wicker و Gantt، ۱۹۹۴). یکی از آلاینده‌ها، فلزات سنگین بوده که پس از ورود به اکوسیستم‌های آبی در بافت‌ها و اندام‌های آبزیان از جمله ماهیان تجمع یافته و نهایتاً وارد زنجیره غذایی می‌گردند. از آن‌جایی‌که ماهی بخش عمده‌ای از رژیم غذایی انسان را تشکیل می‌دهد، فلزات سنگین می‌توانند از طریق تغذیه از ماهیان آلوده وارد بدن انسان گردند. بنابراین تاثیر تجمع فلزات سنگین بر زنجیره‌های غذایی ارگانیسم‌های آبزیان، با به‌همراه داشتن آسیب‌های اکولوژیکی، رفتاری، فیزیولوژیکی، متابولیکی ماهیان و در معرض خطر انداختن سلامت انسان‌ها در سال‌های اخیر بیش‌ترین توجه را به‌دنبال داشته‌اند (Palaniappan و Karthikeyan، ۲۰۰۹). فلزاتی مثل منگنز، مس، روی، آهن در غلظت‌های پایین برای فعالیت‌های متابولیکی و بیولوژیکی موجودات زنده مورد نیاز است و برای حفظ متابولیسم بدن انسان نیز ضروری می‌باشند اما این فلزات در غلظت‌های بالا منجر به مسمومیت می‌شوند بنابراین محدوده باریکی بین ضرورت و سمیت آن‌ها وجود دارد (Chen و همکاران، ۲۰۰۸). فلزاتی مانند سرب حتی در سطوح پایین نیز سمی می‌باشند (Tepe و همکاران، ۲۰۰۸). Karadede و همکاران (۲۰۰۴) میزان فلزات سنگین (روی، نیکل، مولیبدن، منگنز، آهن، مس و کبالت) را در ماهی کفال (*Liza abu*) و گربه ماهی (*Silurus triostegus*) در دریاچه Ataturk Dam ترکیه اندازه‌گیری کردند. مقدار فلزات در بافت ماهیچه هر دو گونه کم بود و در آبشش و کبد بیش‌تر از بافت ماهیچه بود. میزان کبالت و مولیبدن در بافت‌های تمامی ماهیان و میزان نیکل در بافت‌های ماهی کفال در حداقل بود. Cornish و همکاران (۲۰۰۷)، میزان فلزات سنگین (روی، نیکل، منگنز، سرب، مس، کروم، نقره و کادمیوم) را در بافت عضله، طحال و کبد کوسه بمبو (*Chiloscyllium plagiosum*) آب‌های جنوبی هنگ‌کنگ چین اندازه‌گیری کردند که میزان تجمع این فلزات در بافت‌های مختلف متفاوت بود به‌طوری‌که بیش‌ترین میزان فلزات نقره و کادمیوم در کبد و بیش‌ترین میزان فلزات مس و منگنز در طحال مشاهده گردید و میزان فلزات نیکل و سرب در تمام بافت‌ها در حداقل بود. مخازن آبی چاه نیمه، در حال حاضر تنها منبع تامین‌کننده آب در منطقه سیستان هستند. هم‌چنین منبع اصلی مخازن چاه‌نیمه، رود هیرمند بوده که از کشور افغانستان سرچشمه گرفته و از وضعیت سلامت این منابع و مسیر جریان رودخانه در زمینه فلزات سنگین اطلاعات دقیقی موجود نیست. ماهی سفیدک سیستان دارای پراکنش مناسبی در منابع آبی چاه نیمه‌ها می‌باشد این ماهی توسط صیادان صید می‌شود و مورد مصرف قرار می‌گیرد. بنابراین با بررسی غلظت فلزات سنگین در بافت‌های این ماهی می‌توان به وضعیت پاکی آب منطقه پی برد. بر این اساس تجمع فلزات سنگین Cu، Ni، Pb، Zn و Fe در بافت کبد، کلیه، آبشش و عضله ماهی سفیدک سیستان بررسی شد.

مواد و روش‌ها

تعداد ۲۰ قطعه ماهی سفیدک سیستان با میانگین وزنی (۲۲۵/۷±۵۲۶/۵ گرم) و میانگین طولی (۴/۴۱±۳۳/۷۸ سانتی‌متر) با کمک صیادان محلی با تور پره و گوشگیر از مخازن چاه نیمه صید شدند. سپس نمونه‌ها طبق شرایط استاندارد در کیسه‌های پلاستیکی و جعبه یخ به آزمایشگاه پژوهشکده تالاب هامون منتقل شدند. پس از اندازه‌گیری شامل وزن کل و طول کل، نمونه‌های ماهی، با آب مقطر شستشو داده شدند. تمام نمونه‌های عضله از عمق پوست و از قسمت راست بدن ماهیان تهیه گردید و بافت‌های آبشش، کبد و کلیه ماهیان نیز برای انجام عملیات هضم برداشت شد و سپس تمام نمونه‌های بافت در دمای ۶۵ درجه سانتی‌گراد تا رسیدن به وزن ثابت نگه‌داری شدند (Berman، ۱۹۹۵؛ Method، ۱۹۸۳).

هضم بافت‌ها و سنجش غلظت فلزات سنگین: برای عمل هضم، از هرکدام از بافت‌ها حدود یک گرم توسط ترازوی دیجیتال وزن گردید و به هر یک از نمونه‌ها ۱۰ میلی‌لیتر اسیدنیتریک خالص غلیظ مارک Merk آلمان اضافه شد سپس در دمای اتاق به‌مدت ۲۴ ساعت قرار داده شد. پس از هضم اولیه بر روی حمام بن‌ماری با درجه‌حرارت ۱۰۰ درجه‌سانتی‌گراد تا نزدیک خشک شدن قرار داده شد و بعد از سرد شدن به آن اسیدنیتریک ۱۰٪ اضافه شد، نمونه‌های هضم شده با استفاده از آب دو بار تقطیر و رساندن به حجم ۵۰ میلی‌لیتر توسط کاغذ صافی واتمن ۴۲ میکرون فیلتر شدند (۸). سپس غلظت هر یک از فلزات توسط دستگاه جذب اتمی Konic مدل NOVAA300 بر حسب میکروگرم بر گرم وزن خشک اندازه‌گیری گردیدند.

تجزیه و تحلیل آماری: برای مقایسه غلظت فلزات سنگین در بین بافت‌های مختلف از آزمون ANOVA One way استفاده و در صورت وجود اختلاف معنی‌دار گروه‌های متفاوت توسط پس از آزمون Tukey مشخص گردیدند.

نتایج

میانگین غلظت فلزات سنگین Zn، Fe، Cu، Pb و Ni در بافت‌های کبد، کلیه، آبشش و عضله ماهی سفیدک در جدول ۱ آورده شده است. نتایج حاصل از آنالیز واریانس نشان داد که غلظت فلزات سنگین در بین بافت‌های مختلف اختلاف معنی‌داری دارد ($p<0/05$). بالاترین غلظت فلز Cu در بافت کبد و کم‌ترین مقدار آن در آبشش مشاهده شد. روند تجمع فلز Cu به‌صورت آبشش< کلیه<عضله<کبد به‌دست آمد. میانگین غلظت فلز Zn در بافت‌های عضله، آبشش، کبد و کلیه به‌ترتیب ۱/۱۳± ۱۳۹/۷، ۲/۰۰±۲۳۹/۵، ۱/۸۳±۳۵۹/۱ و ۱/۲۵±۱۸۳/۷ میکروگرم بر گرم وزن خشک به‌دست آمد. هم‌چنین روند تجمع فلز Zn به‌صورت عضله<کلیه<آبشش<کبد بود. روند تجمع فلز Ni در بین بافت‌های مختلف به‌صورت کلیه (۰/۰۷±۰/۰۵)<کبد (۰/۰۵ ± ۰/۱۶۳)<عضله (۰/۲۲±۲/۳۳)<آبشش (۰/۰۶±۳/۳۵) به‌دست آمد. غلظت فلز Pb در بافت‌های عضله، کلیه، آبشش و کبد به‌ترتیب ۰/۲۴±۶/۴۵، ۰/۲۷±۶/۱۹، ۰/۱۸±۵/۷۰ و۰/۱۸± ۵/۶۶ میکروگرم بر گرم وزن خشک به‌دست آمد و روند تجمع این فلز در بین بافت‌های مختلف ماهی به‌صورت کبد<آبشش<کلیه<عضله به‌دست آمد. میانگین غلظت فلز Fe و روند تجمع آن به‌صورت عضله (۱/۲۰±۲۱۹/۴۳)<آبشش(۱/۶۳±۲۵۳/۳)<کلیه(۳/۴۳±۵۹۷/۰۹) <کبد(۲/۴۲±۷۴۸/۳) به‌دست آمد.

جدول ۱: میانگین و انحراف معیار غلظت فلزات سنگین در بافت‌های مختلف ماهی سفیدک سیستان

فلزات سنگین	کلیه	کبد	آبشش	عضله
Ni	۰/۰۵ ± ۰/۰۷^{d}	۰/۱۶ ± ۰/۰۵^{c}	۳/۳۵ ± ۰/۰۶^{a}	۲/۳۳ ± ۰/۲۲^{b}
Pb	۶/۱۹ ± ۰/۲۷^{b}	۰/۶۶ ± ۰/۱۸^{c}	۵/۷۰ ± ۰/۱۸^{c}	۶/۴۵ ± ۰/۲۴^{a}
Cu	۳۱/۸۵ ± ۰/۴۸^{c}	۴۹/۴۰ ± ۰/۲۴^{a}	۲۷/۶۳ ± ۱/۲۱^{d}	۴۰/۸۸ ± ۰/۴۴^{b}
Fe	۵۹۷/۰۹ ± ۳/۴۳^{b}	۷۴۸/۳ ± ۲/۴۲^{a}	۲۵۳/۳ ± ۱/۶۳^{c}	۲۱۹/۴ ± ۱/۲۰^{d}
Zn	۱۸۳/۷ ± ۱/۲۵^{c}	۳۵۹/۱۶ ± ۱/۸۳^{a}	۲۳۹/۵ ± ۲/۰۰^{b}	۱۳۹/۷ ± ۱/۱۳^{d}

حروف انگلیسی مختلف نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌داری در سطح ۵٪ می‌باشد.

بحث

نتایج حاصل از این مطالعه (جدول ۱) نشان داد که بالاترین غلظت نیکل در آبشش وجود دارد. براساس مطالعه‌ای که بر روی گربه‌ماهی *Clarris batrachus* انجام گرفت، مشخص گردید که فلز نیکل تمایل به تجمع در بافت آبشش دارد و چنین تمایلی برای تجمع فلز نیکل در بافت آبشش گربه‌ماهی نسبت به بافت کبدی آن نیز گزارش شده است (Ray و همکاران، ۱۹۹۰) که با مطالعه حاضر هم‌خوانی دارد. آبشش‌ها می‌توانند فلزات سنگین را در تماس مستقیم از آب و غیرمستقیم از مواد غذایی جذب نمایند و محل‌هایی برای جذب یون‌های موجود در آب بوده و این می‌تواند بر سطوح فلزات تاثیر بگذارد. سلول‌های اپیتلیال آبشش سبب مبادلات فلزات با محیط خارج گردیده (Ay و همکاران، ۱۹۹۹) بدین ترتیب فلزات با موکوس آبشش‌ها تشکیل کمپلکس داده و این خروج فلزات از بافت را تقریباً غیرممکن ساخته و باعث تجمع فلزات در آبشش می‌شود (Bahnasawy و همکاران، ۲۰۰۹). در تحقیق حاضر بالاترین غلظت روی در بافت کبد مشاهده گردید و در مطالعه‌ای که روی قزل‌آلا انجام شده بود میزان روی در کبد بیش‌تر از عضله بوده و میزان سرب در عضله بالاتر بود ($p<0/05$) (عسکری‌ساری و ولایت‌زاده، ۱۳۹۰) که با نتایج این تحقیق هم‌خوانی دارد. هم‌چنین میزان روی در عضله و کبد ماهی هامور معمولی به‌ترتیب ۱/۹۳±۲۶/۰۱ و ۷/۰۵±۴۴/۷۶ میلی‌گرم در کیلوگرم بود که بین میزان روی در عضله و کبد اختلاف معنی‌داری وجود داشت ($p<0/05$) (عسکری‌ساری و همکاران، ۱۳۸۸) که با نتایج این تحقیق هم‌خوانی دارد. در این

مطالعه بالاترین غلظت روی در بافت کبد و کم‌ترین غلظت آن در عضله مشاهده شد. که این نتیجه با نتایج Cogun و همکاران (۲۰۰۶) و Ashraf (۲۰۰۵) مبنی بر نقش مهم فلز روی به‌عنوان فعال‌کننده آنزیم‌های متعدد در کبد و این‌که روی یک عنصر ضروری بوده و بنابراین بافت ماهی غلظت این فلز را با هموستازی، در یک محدوده خاص نگه می‌دارد، مطابقت دارد.

بالا بودن میزان فلزات در کبد می‌تواند به‌دلیل تمایل بالای فلزات به واکنش با کربوکسیلات اکسیژن، گروه آمینو، نیتروژن یا سولفور موجود در متالوتیونین بافت کبد باشد (Al-Yousuf و همکاران، ۲۰۰۰). از طرفی تجمع زیستی فلز روی به‌دلیل وجود متالوآنزیم‌های روی و آنزیم‌های پروتئین Zn^{2+} که تشکیل حلقه‌های پایدار ترکیب پنج یا شش غشایی می‌دهند، باشد (Schriver و Atkins، ۱۹۹۴). در مقابل میزان دفع روی نسبت به میزان تجمع زیستی آن بسیار آهسته می‌باشد (Al-Yousuf و همکاران، ۲۰۰۰). نتایج تحقیق حاضر نشان‌دهنده بالاتر بودن غلظت فلز سرب در عضله ماهی سفیدک سیستان بوده است. بالا بودن غلظت سرب در بافت عضله می‌تواند ناشی از تمایل این فلز به تجمع در بافت‌های پر تحرک آبزیان باشد (یعقوب‌زاده، ۱۳۸۰). نتایج تحقیق حاضر نشان‌دهنده بالاتر بودن غلظت فلز سرب در عضله ماهی سفیدک سیستان بوده است. هم‌چنین نتایج تحقیقات مشابه روی میزان سرب در عضله دو گونه کفشک ماهیان سواحل هرمزگان (یعقوب‌زاده، ۱۳۸۰) کپور دریایی، کفال طلایی و ماهی سفید دریای خزر (سعیدپور و همکاران، ۱۳۷۶). سرب در عضله و کبد شوریده، هامور معمولی و حلوا سفید خلیج فارس (شهریاری و همکاران، ۱۳۸۹) نشان داده که تجمع فلزات سنگین در بافت عضله بیش‌تر است و با نتایج این تحقیق هماهنگی دارد ولی میزان سرب در عضله و کبد ماهی هامور معمولی به‌ترتیب۰/۹۶±۸/۸۵ و ۱/۵۹±۶/۰۶ میلی‌گرم در کیلوگرم بود که بین میزان سرب در عضله و کبد اختلاف معنی‌داری وجود نداشت ($p<0/05$) (عسکری‌ساری و همکاران، ۱۳۸۸) که علت اختلاف تجمع فلزات سنگین در اندام‌های مختلف ماهیان با توجه به شرایط اکولوژیکی و زیستی و فعالیت‌های متابولیکی متفاوت است (Canli و Atli، ۲۰۰۲) و به محل زندگی، رفتار تغذیه‌ای، سطوح غذایی، سن، اندازه، زمان ماندگاری فلزات سنگین و فعالیت‌های متابولیکی تنظیمی هموستازی بدن ماهی بستگی دارد (Demirezen و Uruc، ۲۰۰۶).

براساس نظریه Viarengo (۱۹۸۹) توانایی موجودات برای جذب، تجمع، برداشت یا سم‌زدایی فلزات سنگین به‌طور اساسی با هم فرق می‌کند. گونه‌هایی که دارای مقادیر مشخصی از متالوتیونین‌ها و لیزوزوم‌ها باشند می‌توانند سمیت این فلزات را از بین ببرند. بر این اساس نتایج به‌دست آمده یکی از دلایل احتمالی نوسانات تجمع این فلزات در گونه‌های مختلف ماهی را می‌توان به این امر نسبت داد. در این تحقیق بیش‌ترین غلظت فلز مس (۰/۲۴±۴۹/۴۰ میکروگرم بر گرم) در بافت کبد به‌دست آمد. هم‌چنین Rashed و همکاران (۲۰۰۱) در بررسی غلظت فلز مس در بافت‌های مختلف Tilapia که از دریاچه Nasser صید شده بود، به نتیجه مشابهی دست یافتند. آن‌ها افزایش غلظت مس در بافت کبد را ناشی از نیاز این بافت به فلز مس عنوان کردند. بالاترین غلظت فلز آهن در بافت کبد ماهی سفیدک سیستان مشاهده شد که بالا بودن فلز آهن می‌تواند به‌دلیل کاربرد بیش‌تر این فلز در فعالیت‌های بیوشیمیایی و نیز نقش مهم آن در سنتز خون باشد (Roux و Conand، ۲۰۰۰). آهن در موجودات زنده در پروتئین‌هایی از قبیل هموگلوبین، میوگلوبین و هم‌چنین در پروتئین‌هایی مانند فریتین که نقش‌های مهم فیزیولوژیکی را در بدن ایفا می‌کنند، وجود دارد (Erdogrul و Erbilir، ۲۰۰۷). بالا بودن غلظت فلزات آهن، روی و مس نسبت به فلزات سمی به‌دلیل نقش مهمی که در فرایندهای آنزیمی و تنفسی حیوانات آبزی دارند عنوان شده است (Dural و همکاران، ۲۰۰۶).

بافت عضله ماهی مهم‌ترین بخش خوراکی است که می‌تواند به‌طور مستقیم بر روی سلامتی انسان اثر بگذارد بنابراین بیش‌ترین حد مجاز غلظت فلزات سنگین برای این بافت تعیین گردیده است. براساس مقایسه غلظت فلزات اندازه‌گیری شده با استانداردهای موجود (جدول ۲) غلظت فلزات سرب، نیکل و مس و روی (به جز استاندارد NHMRC) از حد مجاز بیش‌تر است درصورتی‌که غلظت فلز آهن پایین‌تر از حد مجاز استانداردهای جهانی می‌باشد که غلظت بالایی از این فلزات در بافت‌ها، حیات ماهی و سلامتی انسان را با تهدید مواجه خواهد کرد.

جدول ۲: مقایسه غلظت فلزات سنگین (میکروگرم بر گرم وزن تر) در بافت عضله با استانداردهای موجود

استاندارد	Cu	Ni	Pb	Zn	Fe	منابع
سازمان بهداشت جهانی (WHO)	۱۰	۰/۳۸	۰/۴۰	۳۰	۳۰۰	European commission، ۲۰۰۴؛ Paurang و همکاران، ۲۰۰۰؛ WHO، ۱۹۹۴
سازمان غذا و دارو (FDA)	-	۱	۵	۳۵	-	امینی‌رنجبر و ستوده‌نیا، ۱۳۸۴؛ Paurang و همکاران، ۲۰۰۴
انجمن بهداشت ملی و تحقیقات پزشکی استرالیا (NHMRC)	۱۰	-	۱/۵	۱۵۰	-	امینی رنجبر و ستوده‌نیا، ۱۳۸۴؛ Paurang و همکاران، ۲۰۰۴
وزارت کشاورزی- شیلات و غذای انگلستان (UKMAFF)	۲۰	-	۲	۵۰	-	امینی رنجبر و ستوده‌نیا، ۱۳۸۴؛ Paurang و همکاران، ۲۰۰۴
(FEPA)Florida Emergency Preparedness Association	۳	-	۲	۷۵	۳۰۰	FEPA، ۲۰۰۳
آژانس حفاظت محیط زیست ایالات متحده EPA					۵۰۰	FEPA، ۲۰۰۵
عضله ماهی *Sizhothorax zarudnyi*	۴۰/۸۸	۲/۳۳	۶/۴۵	۱۳۹/۷	۲۱۹/۴۳	مطالعه حاضر

منابع

۱. **امینی‌رنجبر، غ. و ستوده‌نیا، ف.، ۱۳۸۴.** بررسی تجمع غلظت فلزات سنگین در بافت ماهیچه ماهی کفال در ارتباط با طول استاندارد، وزن، سن، سن و جنسیت. مجله علمی شیلات ایران. شماره ۱۴، صفحات ۲ تا ۷.

۲. **عسکری‌ساری، ا.؛ فرهنگ‌نیا، م. و بازترابی، م.، ۱۳۸۸.** اندازه‌گیری و مقایسه سرب، روی و مس در عضله و کبد هامور معمولی.مجله تالاب. سال ۱، شماره ۲، صفحات ۱۰۱ تا ۱۰۶.

۳. **عسکری‌ساری، ا. و ولایت‌زاده، م.، ۱۳۹۰.** بررسی غلظت سرب و روی در بافت‌های کبد و عضله دو گونه ماهی پرورشی کپورمعمولی و قزل‌آلای رنگین‌کمان. مجله دامپزشکی ایران، دوره ۷، شماره ۱، صفحات ۳۰ تا ۳۵.

۴. **یعقوب‌زاده، ی.، ۱۳۸۰.** اندازه‌گیری و مقایسه میزان تجمع برخی از عناصر سنگین در پاره‌ای از آبزیان منطقه بوشهر. پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد، دانشکده علوم‌دریایی‌ومنابع طبیعی نور، دانشگاه تربیت مدرس. ۸۵ صفحه.

۵. **سعیدپور، ب.؛ نبوی، م.ب.؛ صدیق‌مرتضوی، م. و خشنود، ر.، ۱۳۸۶.** مقایسه غلظت فلزات سرب و کادمیوم در بافت ماهیچه دو گونه از کفشک ماهیان سواحل استان هرمزگان. مجله پژوهش‌های علوم و فنون دریایی. سال ۲، شماره ۴. صفحات ۶۱ تا ۷۱.

۶. **شهریاری، ع.؛ گل‌فیروزی، ک. و شاهین، ن.، ۱۳۸۹.** میزان تجمع کادمیوم و سرب در بافت عضلانی سه گونه از ماهیان دریایی کپور، کفال و ماهی سفید سواحل دریای خزر در حوضه خلیج گرگان در سال ۸۶-۸۵. مجله علمی شیلات ایران. سال ۱۹، شماره ۲، صفحات ۹۵ تا ۱۰۰.

۷. **عریان، ش.؛ عمادی، ح. و قاسمی‌مجد، پ.، ۱۳۸۵.** سنجش تجمع زیستی نیکل، وانادیوم، کادمیوم و سرب در بافت‌های ماهیان حلوا سفید، شوریده و هامور معمولی خلیج فارس. مجله پژوهش‌های علوم و فنون دریایی. سال ۱، شماره ۲، صفحات ۱ تا ۱۴.

8. **Al-Abdali, M., 1996.** Bottom Sediments of the Arabian Gulf- III. Trace Metal Contents as indicators of Pollution and implications for the effect and fate of the Kuwait oil slick. Environmental pollution. Vol. 93, No. 3, pp: 285-301.
9. **Al-Yousuf, M.H.; El-Shahawi, M.S. and Al-Ghais, S.M., 2000.**Trace metals in liver, skin and muscle of *Lethrimus lentjan* fish species in relation to body length and sex. Sciences. Total. Environmental. Vol. 256, pp: 87-94.
10. **Ashraf, V., 2005.** Accumulation of heavy metals in kidney and heart tissues of *Epinephelus microdon* fish from the Persian Gulf. Journal of Environmental Monitoring and Assessment. Vol. 101, pp: 311-316.
11. **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. Vol. 62, pp: 160-168.
12. **Bahnasawy, M.; Khidr, A.A. and Dheina, N., 2009.** Seasonal variations of heavy metals

23. FEPA. 2003. Guide Line and Standards For environmental pollution and Control in Nigeria. Federal Environmental Protection Agency Nigeria. 341 p.

24. 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. Environmental International. Vol. 30, pp: 183-188.

25. Method. 1983. Environmental protection Agenoy, Method for Chemical Analysis of water and westes, EPA. 350 p.

26. Palaniappan, P. 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. J Environmental Science. Vol. 21, pp: 229-236.

27. Pourang, N.; Dennis, J.H. and Ghoorchian, H., 2004. Tissue distributions on the roles of metallothionin, Ecotoxicology. Vol. 13, pp: 519-533.

28. Rashed, M.N., 2001. Monitorig of environmental heavy metals in fish from Nasser Lake, Environment International. Vol. 27, pp: 27-33.

29. Ray, D.; Banerjee, S.K. and Chatterjee, M., 1990. Bioaccumulation of Nickle and Vanadium in tissues of the cat fish (*Clarias batrachus*). J. Inorg. Biochem. Vol. 36, No. 3, pp: 169-173.

30. Roux, O. and Conand, F., 2000. Feeding habits of the Bigeye scad, *Selar crumenophthalmus* (Carangidae) in La Reunion Island waters (South-Western Idian Ocean). Journal of Cybium. Vol. 24, No. 2, pp: 173-179.

31. Schriver, D.F. and Atkins, P.W., 1994. Longford CH. Inorganic chemistry, 2nd ed. Oxford University Press. 437 p.

32. Tepe, Y.; Turkmen, M. and Turkmen, A., 2008. Assessment of heavy metals in two commercial fish species of four Turkish seas. Journal of Environmental Monitoring and Assessment. Vol. 146, pp: 277- 284.

33. Wicker, A. and Gantt, L., 1994. Contaminant assessment of fish Rangia clams and sediments in the lower Pamlico River, North Carolina, U.S Fish and Wildlife service Ecological services. 216 p.

34. WHO. 1994. Guidelines for drinking water quality recommendation. World Health Organization Geneva. 398 p.

35. Viarengo, A., 1989. Heavy metals in marine invertebrates: mechanisms of regulation and toxicity at the cellular level. Rev. Aquat. Sci. Vol. 1, pp: 295-317.

concentrations in mullet, *Mugil Cephalus* and *Liza Ramada* (Mugilidae) from Lake Manzala, Egypt. Journal of Applied Sciences Research. Vol. 5, No. 7, pp: 845-852.

13. Berman, S., 1995. Fourth Round Intercom Parison for trace Metal in Marin sediments and Biological tissues NOVAL BTA. National Research council Canada. Ottawa. 234 p.

14. Canli, M. and Atli, G., 2002. The relationship between heavy metal (Cd, Cr, Cu, Fe, Pb, Zn) levels and the size of six Mediterranean fish species. Journal of Environmental Pollution. Vol. 121, pp: 129-136.

15. Chen, Z.; Zhang, N.; Zhuo, L. and Tang, B., 2008. Catalytic kinetic methods for photometric or fluorometric determination of heavy metal ions. Journal of Microchim Acta. Vol. 164, No. 4, pp: 311-336.

16. Cogun, H.Y.; Yuzereroglu, T.A.; Firat, O.; Gok, G. and Kargin, F., 2006. Metal concentrations in fish species from the Northeast Mediterranean Sea. Journal of Environmental Monitoring and Assessment. Vol. 121, pp: 431-438.

17. Cornish, A.S., Ng, W.C., Valerie, C.M.H., Wong, H.L., James, C.W., Lam, P.K.S., Lam, K. and Leung, M.Y., 2007**.** Trace metals and organochlorines in the bamboo shark *Chiloscyllium plagiosum* from the southern waters of Hong Kong, China. Science of the Total Environment. Vol. 376, No. 3, pp: 335-345.

18. Demirezen, D. and Uruc, K., 2006. Comparative study trace elements in certain fish meat and meat products. Journal of Meat Science. Vol. 74, pp: 255-260.

19. Dural, M.; Goksu, M.Z.L.; Ozak, A.A. and Derisi, B., 2006. Bioaccumulation of some heavy metals in different tissues of *Labrax dicentrarchus* L., 1758, *Sparus aurata* L., 1758, and *Mugil cephalus* L., 1758, from the Camlic Lagoon of the eastern cost of Mediterranian (Turkey). Journal of Environmental Monitoring and Assessment. Vol. 118, pp: 65-74.

20. EPA. 2005. Risk-Based Concentration Table. U.S. EPA, Region 3, Philadelphia. PA. 287 p.

21. Erdogrul, O. and Erbilir, F., 2007. Heavy metal and trace elements in various fish samples from Sir Dam Lake, Kahramanmaras, Turkey. Journal of Environmental Monitoring and Assessment. Vol. 130, pp: 373-379.

22. FAO. 1983. Compilation of legal limits for hazardous substances in fish and fishery products. FAO Fish Circ. Vol. 464, pp: 5-100.