بررسی و مقایسه‌ی تجمع فلزات سنگین جیوه، کادمیوم و سرب در عضله و کبد ماهی لوتک (*Cyprinion macrostomus*) رودخانه‌ی کارون

محمد ولایت‌زاده [1*]، میثاق طیب‌زاده [2]

[1] دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز، باشگاه پژوهشگران جوان، اهواز، ایران
[2] دانشجوی کارشناسی ارشد تکثیر و پرورش آبزیان دانشگاه آزاد اسلامی ،واحد علوم و تحقیقات خوزستان،اهواز، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۸۹/۱۰/۳ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۰/۱/۲۰

چکیده

این تحقیق در سال ۱۳۸۹ به منظور بررسی و مقایسه‌ی تجمع فلزات جیوه، کادمیوم و سرب در عضله و کبد ماهی لوتک (*Cyprinion macrostomus*) در رودخانه‌ی کارون انجام شد. ۱۸ نمونه ماهی در فصل زمستان تهیه شد. سنجش فلزات سنگین به روش جذب اتمی به کمک دستگاه Perkin Elmer 4100 صورت گرفت. بالاترین میزان تجمع فلزات جیوه، کادمیوم و سرب ۱/۶۲±۲۰/۰۶، ۳/۱۱±۱۲٤/٦۰ و ۷/٤۰±۲۳۲/۸٦ میکروگرم بر کیلوگرم وزن خشک در کبد بود. میزان فلزات سنگین در کبد بالاتر از عضله بود. تجمع عناصر مورد مطالعه در اندام‌های عضله و کبد ماهی لوتک اختلاف معنی‌داری داشت ($P<0.05$). میزان جیوه، کادمیوم و سرب در عضله ماهی لوتک پایین‌تر از آستانه‌ی استاندارد سازمان بهداشت جهانی و سازمان غذا و داروی امریکا بود.

واژه‌های کلیدی: ماهی لوتک، رودخانه‌ی کارون، فلزات سنگین، عضله، کبد.

* مسوول مکاتبه : mv.5908@gmail.com

۱- مقدمه

ماهی لوتک یکی از گونه‌های خانواده‌ی کپور ماهیان می‌باشد که در رودخانه‌ی کارون در استان خوزستان شناسایی شده است و جزء گونه‌های بومی در حوضه‌ی دجله و کارون است (۸،۹).

پراکندگی زیاد فلزات سنگین در سطح زمین، مصارف مختلف آن‌ها و به ویژه خصوصیات سمی این فلزات باعث گردیده که این گروه از فلزات مانند جیوه و ترکیبات آن از مهم‌ترین آلاینده های زیست محیطی محسوب شوند (١٤). عناصر سمی مانند فلزات سنگین از مهم‌ترین منابع آلاینده‌ی محیط زیست به حساب می‌آیند. فلزات سنگین ممکن است در بدن موجودات آبزی از جمله ماهی تجمع یابد و خطر بالقوه برای سلامتی اکوسیستم و موجودات زنده محسوب گردند. زباله‌های صنعتی، ساختار زمین شیمیایی و معدن کاوی فلزات از منابع بالقوه آلودگی فلزات سنگین در محیط آبی به شمار می‌روند(٣٦). آلودگی فلزات سنگین ممکن است اثرات مخربی بر روی تعادل اکولوژیکی و تنوع زیستی اکوسیستم‌های آبی داشته باشد(٤٠).

مقادیر برخی از این فلزات مانند مس، روی، آهن و ... در غلظت های پایین برای متابولیسم آبزیان ضروری هستند، در حالی که نقش بیولوژیک برخی از آن‌ها مانند جیوه، کادمیوم و سرب هنوز شناخته نشده است و این فلزات حتی در غلظت های پایین نیز برای موجودات زنده سمی هستند (۲۲) جیوه، فلزی خطرناک است که در دهه‌های اخیر نگرانی حاصل از آلودگی زیست محیطی آن در سراسر دنیا بحث های زیادی را موجب شده است (٤٢). سرب یکی از چهار فلزی است که بیش ترین عوارض را بر روی سلامتی انسان دارد (۲۱). همچنین اثرات سمیت کادمیوم در بدن انسان نیز باعث شده است که در سال‌های اخیر محققین در کشورهای مختلف، مطالعات بسیاری را درمورد این عنصر انجام دهند.

در ایران، مطالعات متعددی در زمینه‌ی تجمع فلزات سنگین در بدن آبزیان و به خصوص ماهیان خلیج فارس و دریای خزر انجام شده است، اما درمورد آب‌های داخلی تحقیقات انجام شده محدودتر می‌باشد. عسکری ساری و همکاران (۱۳۸۹) میزان فلزات سنگین آهن، روی، مس و منگنز را در اندام های ماهی بیاه رودخانه‌های کارون و بهمنشیر مطالعه نمودند (۱۱).

ولایت‌زاده و همکاران (۱۳۸۹) تجمع فلزات سنگین جیوه، کادمیوم، نیکل، روی، آهن و قلع را در نمونه های کنسرو تولید شده در شهرهای شوشتر، اصفهان و همدان را تعیین نمودند(۱۷).

فاطمی و حمیدی (۱۳۸۹) میزان فلزات سنگین کادمیوم و سرب را در عضله ی پنج گونه شیربت، بنی، گطان، حمری و شلج تالاب هورالعظیم مطالعه نمودند (۱۲).

زارع مایوان و همکاران (۱۳۸۹) میزان فلزات سنگین آهن، آلومینیوم، کبالت، کروم و کادمیوم را در رسوبات و ماهی صبور و بیاه رودخانه‌ی بهمنشیر، اروند رود و حفار مطالعه نمودند(٦).

عسکری ساری (۱۳۸۸) میزان فلزات سنگین جیوه، کادمیوم و سرب را در عضله، کبد و آبشش دو گونه شیربت و بیاه رودخانه‌های کارون و کرخه مطالعه نمود (۱۰).

بررسی فلزات سنگین در آبزیان به دلیل این که به سرعت در بدن آن‌ها جذب می‌شوند بسیار مهم و ضروری است اما به دلیل این که ماهی بخش مهمی از رژیم غذایی انسانی می‌باشد بسیاری از مطالعات آلودگی فلزات سنگین به ویژه جیوه در اندام‌های مختلف ماهی صورت گرفته است (۲۹).

با توجه به این که ماهی در منطقه‌ی مورد مطالعه، بخشی از رژیم غذایی مردم می‌باشد و اهمیت فلزات سنگین، این تحقیق با هدف سنجش و مقایسه‌ی فلزات جیوه، سرب و کادمیوم در اندام‌های کبد و عضله‌ی ماهی لوتک در رودخانه‌ی کارون انجام شد.

۲- مواد و روش‌ها

۱۸ نمونه ماهی لوتک طی زمستان ۱۳۸۹ توسط صیادان محلی از پایین دست شهر اهواز بعد از پل ششم تهیه شدند. ماهیان صید شده به وسیله‌ی جعبه‌های یونولیت حاوی یخ به آزمایشگاه کیمیا پژوه البرز در شهرکرد انتقال داده شدند. پس از زیست سنجی ماهیان، بافت عضله و کبد نمونه‌ها جدا گردید.

۱۸ نمونه‌ی عضله و کبد به دست آمده از ماهیان به مدت ۱۲۰ تا ۱۵۰ دقیقه در آون با دمای ٦٥ درجه‌ی سانتی‌گراد قرار داده تا به وزن ثابت رسیده و سپس از داخل آون خارج شدند(۲۰). برای هضم نمونه‌ها از روش مرطوب استفاده شده است که ۰/۵ گرم از عضله و کبد نمونه هایی که به وزن ثابت رسیده، در یک بالن ۲۵۰ میلی لیتری ریخته شد و به آن ۲۵ میلی لیتر اسید سولفوریک غلیظ، ۲۰ میلی لیتر اسید نیتریک ۷ مولار و ۱ میلی لیتر محلول مولیبدات سدیم ۲ درصد اضافه گردید. به منظور

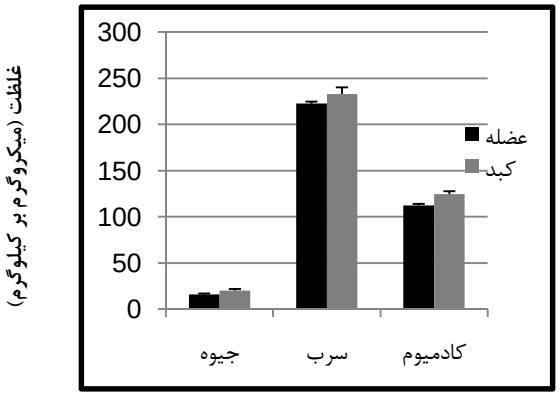
یکنواخت شدن جوشش محلول چند عدد سنگ جوش در آن انداخته شد، سپس نمونه ی سرد و از بالای مبرد به آرامی ۲۰ میلی لیتر مخلوط اسید نیتریک غلیظ و اسید پرکلریک غلیظ به نسبت ۱:۱ به نمونه اضافه گردید. مخلوط را حرارت داده تا بخار سفید رنگ اسید به طور کامل محو شود، مخلوط را سرد نموده و در حالی که بالن را تکان داده ۱۰ میلی لیتر آب مقطر از بالای مبرد به آرامی به آن اضافه گردید. با حرارت دادن (حدود ۱۰۰ دقیقه) محلول کاملاً شفافی به دست آمد. این محلول، پس از سرد شدن به داخل بالن ژوژه‌ی ۱۰۰ میلی لیتری انتقال و به حجم رسانده شد (۲۳ ، ۲۸ ، ۳٤).

سنجش جیوه، سرب و کادمیوم به روش جذب اتمی با کمک دستگاه Perkin Elmer 4100 صورت پذیرفت (۱۸ و۳۳). جیوه با سیستم هیدرید و سرب و کادمیوم با سیستم کوره اندازه گیری شدند. جهت اندازه گیری عناصر مورد نظر ابتدا به ۱۰ میلی لیتر محلول هضم شده‌ی نمونه‌ها، ۵ میلی لیتر محلول آمونیم پیرولیدین کاربامات ۵٪ اضافه و به مدت ۲۰ دقیقه نمونه‌ها را بهم زده تا عناصر به صورت فرم آلی فلزی در محلول کمپلکس تبدیل گردد. سپس به نمونه‌ها ۲ میلی لیتر متیل ایزوبوتیل کتون اضافه و به مدت ۳۰ دقیقه نمونه‌ها را به هم زده و پس از ۱۰ دقیقه نمونه‌ها در دور ۲۵۰۰ دور در دقیقه سانتریفوژ و عناصر مورد نظر به فاز آلی منتقل شدند. پس از تنظیم کوره و سیستم EDL (منبع تولید اشعه کاتدی) دستگاه و اپتیمم کردن دستگاه جذب اتمی منحنی کالیبراسیون این عناصر به کمک استاندارد های این عناصر و ماتریکس مدیفایر پالادیم توسط نرم‌افزار32 WinLab رسم گردید و مقدار این عناصر در محلول‌های آماده شده اندازه‌گیری گردید.

در این تحقیق، تجزیه و تحلیل داده‌ها به کمک نرم‌افزارSPSS17 انجام شد و میانگین داده ها به کمک آنالیز واریانس یک طرفه (ANOVA) با یکدیگر مقایسه شدند که وجود یا عدم وجود اختلاف معنی دار در سطح اطمینان ۹۵ (P=0.05) تعیین گردید. در رسم نمودارها و جداول از نرم‌افزار2007 Excel استفاده گردید.

۳- نتایج و بحث

بر اساس نتایج به دست آمده به کمک آنالیز واریانس یک طرفه غلظت فلزات جیوه، سرب و کادمیوم در کبد و عضله‌ی ماهی لوتک، اختلاف معنی داری داشت (P<۰/۰۵) و مقادیر این فلزات در کبد بالاتر از عضله بود. بالاترین غلظت تجمع مربوط به عنصر سرب در کبد ماهی به میزان ۷/٤۰±۲۳۲/۸٦ میکروگرم بر کیلوگرم وزن خشک بود. همچنین پایین ترین غلظت مربوط به عنصر جیوه در عضله ماهی مورد مطالعه به میزان ۰/۹۵±۱٦/۰۳ بود (شکل ۱).



شکل۱- مقایسه‌ی تجمع فلزات سنگین در عضله و کبد ماهی لوتک رودخانه‌ی کارون

۳-۱- سرب

سرب از نظر انتشار گسترده ترین عنصر سنگین و سمی در محیط زیست است (۱). در این تحقیق، میزان سرب در ماهی لوتک صید شده از رودخانه‌ی کارون، پایین تر از حد آستانه‌ی استاندارد سازمان بهداشت جهانی (۰/۵ ppm) بود (جدول۱). همچنین میزان سرب در کبد بالاتر از عضله بود. جلالی جعفری و آقازاده (۱۳۸٦) بیان می‌کنند که گلبول‌های قرمز خون سرب وارد شده به بدن را در تمام اندام‌ها پخش می‌کنند و در کبد، کلیه و پوست تجمع می‌یابد و سپس به استخوان‌ها، دندان‌ها و مغز انتشار پیدا می‌کند (۳). به طور کلی، آبشش‌ها، کلیه و کبد، عمده‌ترین راه‌های جذب این فلزات به بدن ماهیان می‌باشند (۳۲). مطالعات فاضلی و همکاران (۱۳۸٤) بر روی ماهی کفال طلایی (Liza auratus) (۱۳)، عسکری ساری (۱۳۸۸) در دو گونه‌ی شیربت و بیاه رودخانه‌های کارون و کرخه (۱۰)،

جدول ۱- مقایسه‌ی نتایج این تحقیق با حد آستانه‌ی استانداردهای بین المللی بر حسب میلی گرم بر کیلوگرم وزن خشک

استانداردها	فلزات سنگین		
	جیوه	کادمیوم	سرب
سازمان بهداشت جهانی (WHO)	۰/۱	۰/۲	۰/۵
سازمان غذا و داروی آمریکا (FDA)	۰/۱ -۰/۵	۱	۵
انجمن بهداشت ملی و تحقیقات پزشکی استرالیا (NHMRC)	-	۰/۰۵	۱/۵
وزارت کشاورزی، شیلات و غذای انگلستان (UKMAFF)	-	۰/۰۲	۲
تحقیق حاضر	۰/۰۱۶	۰/۱۱۱	۰/۲۲۲

جدول ۲- مقایسه‌ی میزان تجمع فلزات سنگین در اندام‌های ماهی لوتک با نتایج تحقیقات سایر محققان (میلی گرم در کیلوگرم وزن خشک)

گونه	اندام	جیوه	کادمیوم	سرب	منبع
Mugil cephalus	عضله	_	۰/٦٦	۵/۳۲	۲۲
Mugil cephalus	عضله	۰/۰۱	_	۰/۰۱	۳۸
Liza auratus	عضله	_	۰/۰۳-۰/۰۲۱	۰/۰۳-۰/۰۳	۳۹
Mugil auratus	عضله	_	۰/۱۰-۰/٤	۰/۵۷-۱/۱۲	٤۰
Abramis brama	عضله	_	۰/۵۱۵	۱/۰۳۵	۲٤
Barbus grypus	عضله	_	۲/۸۳	۱٦/۲٤	٤
	آبشش		۲/۷۹	۹/۰۳	
Barbus grypus	عضله	۰/۷۳	۰/۸۵	۱/۷	۱۵
	کبد	۰/۷۹	۱/۱	۲/۱	
Liza auratus	عضله	_	۰/۳۲	۲/۳۳	۲
Barbus xanthopterus	عضله	۱/۳	۱/۷	۲/٤	۱۵
	کبد	۱/٤	۱/۹	۲/۸	

عسکری ساری و همکاران (۱۳۸۹) بر روی ماهی بیاه رودخانه‌ی بهمنشیر (۱۱)، رضایی و همکاران (۱۳۸٤) بر روی ماهی کفال پشت سبز (۵) و تورکمن و همکاران (۲۰۰۹) بر روی ماهی Sciaena umbra (۳۷) نشان داد که میزان سرب در کبد ماهیان مورد مطالعه، بالاتر از عضله بود که با نتایج به دست آمده در تحقیق حاضر همخوانی دارد.

۳-۲- کادمیوم

میزان کادمیوم در عضله‌ی ماهی لوتک نمونه برداری شده در مقایسه با استاندارد غذا و داروی آمریکا (ppm ۱) پایین تر بود (جدول ۱). غلظت کادمیوم نیز در کبد بالاتر از عضله ماهی مورد مطالعه بود. جذب فلز کادمیوم از طریق آبشش ها بسیار بیش تر از جذب از طریق لوله‌ی گوارشی صورت می‌گیرد و در کبد و کلیه تجمع می‌یابد. معمولاً بافت عضله، دارای پایین‌ترین مقادیر کادمیوم در ماهیان می‌باشد(۱۹، ۲۵).

در تحقیقات بر روی میزان کادمیوم در ماهیان گتان و شیربت رودخانه دز (۱۵)، ماهی بیاه رودخانه‌ی بهمنشیر و کارون (۱۱)، شش گونه ماهیان دریای مدیترانه (۲۲)، ماهی کفال طلایی دریای خزر (۲) و کفال خاکستری (۳۸)، نتایج نشان داد که میزان این عنصر در کبد بالاتر از عضله بود که بررسی‌های ذکر شده با نتایج این تحقیق هماهنگی دارند.

۳-۳- جیوه

در میان فلزات سنگین، جیوه به عنوان یک آلاینده‌ی جهانی مطرح شده است و از دیگر فلزات سمی تر است (۲٦، ۳۰) و احتمالاً بیش تر مطالعات آلودگی در مورد فلزات سنگین در جهان بر روی جیوه انجام شده است(۲۷). در این تحقیق، میزان جیوه در مقایسه با حد آستانه‌ی استاندارد سازمان بهداشت جهانی (ppm ۰/۱) و سازمان غذا و داروی امریکا پایین‌تر بود (جدول ۱). میزان جیوه در ماهی لوتک در کبد بالاتر از عضله بود. صادقی راد (۱۳۷۵) بیان می‌کند میزان جیوه در اعضای داخلی بدن ماهی کمی بیش تر از بافت عضله است که با نتایج این تحقیق هماهنگی دارد.نتایج مطالعات بر روی ماهی کپور معمولی و.Copoeta spp رودخانه کر استان فارس (۳۵)، ماهی سیم، ماش ماهی و کپور معمولی سد ارس (۱٦)، ماهی گتان و شیربت رودخانه‌ی کارون (۱۵) و کفال خاکستری (۳۸) در مقایسه با مقادیر جیوه در این تحقیق متفاوت بود و همخوانی نداشت (جدول ۲). این تفاوت در مقادیر فلزات سنگین گونه های مختلف به رفتارهای غذایی (۳۱، ٤۱)، سن، اندازه و طول ماهی (۱۹) و محل زندگی، شرایط اکولوژیک و زیستی و فعالیت‌های متابولیکی بستگی دارد (۲۲).

٤- نتیجه گیری

در این تحقیق، میزان سرب در اندام‌های ماهی لوتک نسبت به کادمیوم و جیوه بالاتر بود. بنابراین، با توجه به نتایج این تحقیق و بالا بودن میزان تجمع سرب در ماهی شلج صید شده از رودخانه‌ی کارون، وجود منابع آلاینده حاصل از فعالیت‌های انسانی و صنایع مختلف موجود و تخلیه‌ی پساب‌های صنعتی که حاوی فلز سرب نظیر صنایع فولاد و آهن و لوله سازی و فاضلاب‌های شهری مانند شهر اهواز در این رودخانه بالا می‌باشد. به طور کلی، ماهی لوتک رودخانه‌ی کارون، جهت تغذیه انسانی مشکل خاصی ندارند، لذا با توجه به این که سرب، جیوه و کادمیوم فلزات بسیار سمی هستند که هیچ گونه عملکرد زیستی در بدن موجودات زنده اعم از ماهیان و انسان ندارند، باید گونه‌های دیگر و فلزات سنگین این رودخانه، جهت تغذیه‌ی انسانی، مورد مطالعه قرار گیرند.

۵- سپاس گزاری

نویسندگان مقاله، مراتب تشکر و سپاسگزاری خود را از کمک‌های همکار عزیز و گرامی جناب آقای امیر نیلدار اعلام می‌نمایند.

٦- منابع

۱- اسماعیلی ساری، ع. ۱۳۸۱. آلاینده‌ها، بهداشت و استاندارد محیط زیست، انتشارات نقش مهر، تهران، ۷٦۷ صفحه.

۲- امینی رنجبر، غ. و ستوده نیا، ف. ۱۳۸٤. تجمع فلزات سنگین در بافت عضله‌ی ماهی کفال طلایی (Mugil auratus) دریای خزر در ارتباط با برخی مشخصات بیومتریک (طول استاندارد، وزن، سن و جنسیت). مجله ی علمی شیلات ایران، سال چهاردهم، شماره‌ی ۳، صفحات ۱ تا ۱۸.

۳- جلالی جعفری، ب. و آقازاده مشگی، م. ۱۳۸٦. مسمومیت ماهیان در اثر فلزات سنگین آب و اهمیت آن در بهداشت عمومی، انتشارات مان کتاب، تهران، ۱۳٤ صفحه.

٤- دادالهی سهراب، ع.، نبوی، م. و خیرور، ن. ۱۳۸۷. ارتباط برخی مشخصات زیست سنجی با تجمع فلزات سنگین در بافت عضله و آبشش ماهی شیربت (Barbus grypus) در رودخانه‌ی اروند رود. *مجله‌ی علمی شیلات ایران*، سال هفدهم، شماره‌ی ٤، صفحات ۲۷ تا ۳۳.

۵- رضایی، م.، ناصری، م.، عابدی، ع. و افشار نادری، ا. ۱۳۸٤. سنجش مقادیر برخی عناصر سنگین (آهن، مس، روی، منیزیم، منگنز، جیوه، سرب و کادمیوم) در بافت های خوراکی و غیر خوراکی ماهی کفال پشت سبز (Liza dussumieri) سواحل بوشهر. *مجله‌ی علوم دریایی ایران*، دوره‌ی ٤، شماره‌های ۳و٤، صفحات ۵۹ تا ٦۷.

٦- زارع مایوان، ح.، نبوی، س.م.ب.، کرباسی، ع.، محمدی فاضل، ا. و شیردم، ج. ۱۳۸۹. پراکنش آلودگی‌های فلزات سنگین در رسوبات و ماهیان اروند رود، بهمنشیر و حفار. دومین همایش تالاب‌های ایران، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز، ۱۱ صفحه.

۷- صادقی راد، م. ۱۳۷۵. بررسی و تعیین میزان فلزات سنگین در چند گونه ماهیان خوراکی تالاب انزلی. *مجله‌ی علمی شیلات ایران*، سال پنجم، شماره‌ی ٤، صفحات ۱ تا ۱٦.

۸- عبدلی، ا. ۱۳۷۸. ماهیان آب‌های داخلی ایران، انتشارات نقش مانا، چاپ اول، ۳۷۷ صفحه.

۹- عسگری، ر. ۱۳۸٤. مروری بر ماهی شناسی سیستماتیک، انتشارات نقش مهر، چاپ اول، ۲٦٦ صفحه.

۱۰- عسکری ساری، ا. ۱۳۸۸. بررسی عناصر سنگین سرب، جیوه و کادمیوم در ماهیان بومی شیربت و بیاه رودخانه های کارون و کرخه در فصل زمستان. *مجله ی بیولوژی دریا*، سال اول، شماره‌ی ٤، صفحات ۹۵ تا ۱۰۸.

۱۱- عسکری ساری، ا.، خدادادی، م.، کاظمیان، م.، ولایت زاده، م. و بهشتی، م. ۱۳۸۹. اندازه گیری و مقایسه‌ی میزان فلزات سنگین (آهن، روی، مس و منگنز) در ماهی بیاه رودخانه های کارون و بهمنشیر استان خوزستان. *مجله‌ی پژوهش‌های علوم و فنون دریایی*، سال پنجم، شماره‌ی ۱، صفحات ٦۱ تا ۷۰.

۱۲- فاطمی، س.م.ر. و حمیدی، ز. ۱۳۸۹. بررسی و سنجش فلزات سنگین کادمیوم و سرب در عضله‌ی برخی ماهیان خوراکی تالاب هورالعظیم. *مجله‌ی علمی شیلات*، سال چهارم، شماره‌ی اول، صفحات ۹۵ تا ۱۰۰.

۱۳- فاضلی، م.ش.، ابطحی، ب. و صباغ کاشانی، ا. ۱۳۸٤. سنجش تجمع فلزات سنگین سرب، نیکل و روی در اندام های ماهی کفال طلایی (Liza aurata) سواحل جنوبی دریای خزر. *مجله‌ی علمی شیلات ایران*، سال چهاردهم، شماره‌ی ۱، صفحات ٦۵ تا ۷۸.

۱٤- گلابکش، ش.، نبوی، س.م.ب.، رجب زاده قطرمی، ا.، نیک پور، ی. و راسخ، ع. ۱۳۸۹. بررسی تجمع زیستی جیوه و متیل جیوه در خرچنگ Sesarma boulengeri رودخانه‌ی اروند رود. چهارمین همایش تخصصی محیط زیست. دانشکده‌ی محیط زیست، دانشگاه تهران، ۹ صفحه.

۱۵- محمدی، م. ۱۳۸۹. بررسی تجمع فلزات سنگین (Hg, Ni, Pb, Cd) در بافت‌های کبد، آبشش و عضله‌ی باربوس ماهیان (شیربت و گتان) در رودخانه های کارون و دز. پایان نامه‌ی کارشناسی ارشد رشته‌ی شیلات، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات خوزستان، ۱۳٤ صفحه.

۱٦- نقشبندی، ن. ۱۳۸۹. سنجش فلزات سنگین کادمیوم، نیکل، روی، مس، آهن، سرب و منگنز در عضله‌ی ماهیان سیم، کپور معمولی و ماش ماهی سد ارس. شانزدهمین کنفرانس سراسری و چهارمین کنفرانس بین المللی زیست شناسی ایران، دانشگاه فردوسی مشهد، صفحه ۲۰۰۷.

۱۷- ولایت زاده، م.، عسکری ساری، ا.، بهشتی، م.، حسینی، م. و محجوب، ث. ۱۳۸۹. بررسی و مقایسه‌ی تجمع فلزات سنگین در کنسرو ماهی تون شهرهای شوشتر، اصفهان و همدان. *مجله‌ی بیولوژی دریا*، سال دوم، شماره‌ی ۱. صفحات ۷۱ تا ۷٤.

18-Ahmad, A.K. and Shuhaimi-Othman, M. 2010. Heavy metal concentration in sediments and fishes from Lake Chini, Pahang, Malaysia. *Journal of Biological Sciences*, 10(2): 93-100.

19-Al-Yousuf, M.H. El-Shahawi, M.S. and Al-Ghais, S.M. 2000. Trace metals in liver, skin and muscle of *Lethrinus lentjan* fish species in relation to body length and sex. *Sciences Total Environment*, 256: 87-94.

20-AOAC.1990; Official Method of Analysis. 15th Ed. Assos. Off. Anal. Chem. Washington ,D.C.

21-Berlin, M. 1985. Handbook of the Toxicology of Metals. *Elsevier Science Publishers*, London. Editors 2nd, 2: 376-405.

22-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. *Journal of Environmental Pollution*, 121: 129-136.
23-Eboh, L. Mepba, H.D. and Ekp, M.B. 2006. Heavy metal contaminants and processing effects on the composition, storage stability and fatty acid profiles of five common commercially available fish species in Oron Local Government, *Nigeria*. *Journal of Food Chemistry*, 97 (3): 490-497.
24-Farkas, A. Salanki, J. and Varanka, I. 2000. Heavy metal concentrations in fish of lake Balaton, Lakes and ReserVoirs. *Journal of Research and management*, 5: 271- 279.
25-Filazi, A. Baskaya, R. and Kum, C. 2003. Metal concentration in tissues of the Black Sea fish *Mugil auratus* from Sinop-Icliman, Turkey. *Journal of Human and Experimental Toxicology*, 22: 85-87.
26-Ghaedi, M. 2006. Pyrimidine-2-thiol as selective and sensitive ligand for preconcentration and determination of Pb^{2+}. *Journal of Chemiacal Analityczna*, 51: 593–602.
27-Hylander, L.D. Sollenberg, H. and Westas H. 2003. A three-stage system to remove mercury and dioxins in flue gases. *Sciences Total Environment*, 304(1–3): 137–144.
28-Kalay, G. and Bevis, M.J. 2003. Structure and physical property relationships in processed polybutene. *Journal of Applied Polymer Science*, 88: 814-824.
29-Kucuksezgin F. Altay O. Uluturhan E. and Kontas A., 2001. Trace metal and organoclorin residue levels in red mullet (*Mullus barbatus*) from the eastern Aregean, Turkey. *Journal of Water Research*, 35:2327-2332.
30- Meucci, V. Laschi, S. Minunni, M. Pretti, C. Intorre, L. Soldani, G. and Mascini, M. 2009. An optimized digestion method coupled to electrochemical sensor for the etermination of Cd, Cu, Pb and Hg in fish by square wave anodic stripping voltammetry. *Journal of Talanta*, 77(3): 1143–1148.
31-Mormedo, S. and Davies, I.M. 2001. Heavy metal concentration in commercial deep-see fish from the Rockall Trough. *Continental Shelf Reseach*, 21: 899-916.
32-Newman, M.C. and Unger, M.A. 2003. Fundamentals of ecotoxicology. CRC Press, 458p.
33-Olowu, R.A. Ayejuyo, O.O. Adewuyi, G.U. Adejoro, I.A. Denloye, A.A.B. Babatunde, A.O. and Ogundajo, A.L. 2010. Determination of heavy metals in fish tissues, water and sediment from Epe and Badagry Lagoons, Lagos, *Nigeria. Journal of Chemistry*, 7(1): 215-221.
34-Okoye, B.C.O. 1991. Heavy metals and organisms in the Lagos Lagoon. International *Journal of Environmental Studies*, 37: 285-292.
35-Taherianfard, M. Ebrahimi, M. and Soodbakhsh, S. 2008. Bioaccumulation of mercury in fishes of Kor River. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 2(4): 904-908.
36-Turkmen, M. and Ciminli, C. 2007. Determination of metals in fish and mussel species Byinductively coupled plasma-atomic emission spectrometry. *Journal of Food Chemistry*, 103: 670–675.
37-Turkmen, M. Turkmen, A. Tepe, Y. Ates, A. and Gokkus, K. 2009. Determination of metal contaminations in sea foods from Marmara, Aegean and Mediterranean Seas: twelve fish species. *Journal of Food Chemistry*, 108:794-800.
38-Ubalua, A.O. Chijioke, U.C. and Ezeronye, O.U. 2007. Determination and Assessment Heavy Metal Content in fish and shellfish in Aba River, Abia State, *Nigeria. Sciences Technology Journal*, 7(1): 16-23.
39-Usero J. Izquierdo C. Morill J. and Gracia I. 2003. Heavy metals in fish *(Solea vulgaris, Anguilla anguilla and liza aurata)* from salt marshes on the southern Atlantic coast of Spain. Int., 29: 949-956.
40-Vinodhini, R. and Narayanan, M. 2008. Bioaccumulation of heavy metals in organs of fresh water fish *Cyprinus carpio*. *Journal of Environment Science Technology*, 5: 179-182.
41-Watanabe, K.H. Desimone, F.W. Thiyagarajah, A. Hartley, W.R. and Hindrichs, A.E. 2003. Fish tissue quality in the lower Mississippi River and health risks from fish consumption. *Science Total Environment*, 302(1–3), 109 126.
42-Xiaojie, L. Jinping, C. Yuling, S. Shunichi, H. Li, W. Zheng, L. Mineshi, S. and Yuanyuan, L. 2008. Mercury concentration in hair samples from Chinese people in Coastal cities. *Journal of Environmental Science*, 20: 1258–1262.