

## *Investigation of As, Hg, Zn, Pb, Cd and Cu Concentrations in Muscle Tissue of *Cyprinus carpio**

Soheil Sobhanardakani<sup>1</sup>,  
Seyed Milad Jafari<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Assistant Professor, Department of the Environment, College of Basic Sciences, Islamic Azad University, Hamedan Branch, Hamedan, Iran

<sup>2</sup> MSc in Environmental Sciences, Young Researchers and Elite Club, Islamic Azad University, Hamedan Branch, Hamedan, Iran

(Received Jul 9 , 2014 ; Accepted August 3 , 2014)

### **Abstract**

**Background and purpose:** Presence of heavy metals in the environment could constitute a hazard to food security and public health. These can be accumulated in aquatic animals such as fish, therefore, this study was conducted to investigate the As, Hg, Zn, Pb, Cd and Cu concentrations in muscle tissue of *Cyprinus carpio* in Taham Dam Lake in 2013.

**Material and Methods:** Twenty five fish samples were randomly collected from Taham Dam Lake. After acid digestion, As, Zn, Pb, Cd and Cu concentrations were determined by ICP-OES and Hg concentration was determined by direct mercury analyzer. Data was analyzed using SPSS.

**Results:** The results showed that mean concentrations of As, Hg, Zn, Pb, Cd and Cu in muscle tissue samples were  $17.0\pm 5.0$ ,  $26.0\pm 4.0$ ,  $42.0\pm 6.0$ ,  $5.0\pm 1.0$ ,  $8.0\pm 2.0$ , and  $4.0\pm 1.0$  ng/g (wet weight), respectively. The mean concentrations of metals were significantly lower than permissible limits recommended by FAO/WHO ( $P < 0.05$ ).

**Conclusion:** Although concentrations of studied heavy metals is lower than standard levels but mismanagement of water resources of the Taham Dam Lake could pollute the environment and increase the heavy metals accumulation in fish tissue, thereby endangering the health of consumers.

**Keywords:** Common carp, heavy metal, food security

## بررسی تجمع آرسنیک، جیوه، روی، سرب، کادمیوم و مس در بافت عضله ماهی کپور معمولی

سهیل سبحان اردکانی<sup>۱</sup>  
سید میلاد جعفری<sup>۲</sup>

### چکیده

**سابقه و هدف:** فلزات سنگین به دلیل قابلیت تجمع زیستی در بدن آبزیان می‌توانند خطری جدی برای امنیت غذایی و بهداشت عمومی محسوب شوند. بنابراین در این تحقیق نسبت به بررسی غلظت آرسنیک، جیوه، روی، سرب، کادمیوم و مس در بافت عضله کپور معمولی در دریاچه سد تهم در سال ۱۳۹۲ اقدام شد.

**مواد و روش‌ها:** ۲۵ عدد ماهی کپور به طور کاملاً تصادفی از سد تهم صید و پس از هضم اسیدی نمونه‌ها نسبت به قرائت غلظت آرسنیک، روی، سرب، کادمیوم و مس توسط دستگاه نشر اتمی و غلظت جیوه توسط دستگاه آنالیز مستقیم جیوه بر حسب میکروگرم بر گرم وزن تر اقدام شد.

**یافته‌ها:** میانگین غلظت تجمع یافته عناصر آرسنیک، جیوه، روی، سرب، کادمیوم و مس بر حسب نانوگرم بر گرم وزن تر در بافت عضله ماهی کپور به ترتیب برابر با  $17/0 \pm 5/0$ ،  $26/0 \pm 4/0$ ،  $42/0 \pm 6/0$ ،  $5/0 \pm 1/0$ ،  $8/0 \pm 2/0$  و  $4/0 \pm 1/0$  می‌باشد. هم‌چنین مقایسه آماری میانگین غلظت عناصر با رهنمود سازمان‌های خواربار و کشاورزی ملل متحد/بهداشت جهانی نشان داد که میانگین غلظت همه عناصر کم‌تر از حد مجاز می‌باشد.

**استنتاج:** گرچه در حال حاضر میانگین غلظت عناصر مورد ارزیابی در بافت عضله ماهی کپور دریاچه سد تهم بیش از حد مجاز نیست، اما عدم مدیریت اصولی منابع تامین کننده آب دریاچه به ویژه رودخانه‌های بالادست، می‌تواند منجر به ورود آلاینده‌ها از جمله فلزات سنگین به دریاچه سد شده و ضمن تجمع عناصر در بافت‌های بدن آبزیان ساکن، سلامت مصرف کنندگان را با مخاطره مواجه نماید.

**واژه‌های کلیدی:** ماهی کپور، فلز سنگین، امنیت غذایی

### مقدمه

گسترش سطح زیرکشت باعث ورود حجم بالای آلاینده‌های مختلف از جمله فلزات سنگین به محیط‌های آبی گردیده است (۲). فلزات سنگین آلاینده‌های پایداری هستند که بر خلاف ترکیبات آلی از طریق

بوم سازگان‌های آبی و آبزیان نقش مهمی در تامین نیاز غذایی انسان‌ها دارند، از این رو وضعیت بهداشتی آن‌ها از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (۱). امروزه افزایش جمعیت، توسعه صنایع مختلف و

**مؤلف مسئول:** سهیل سبحان اردکانی - همدان، شهرک شهید مدنی، بلوار پروفیسور موسیوند، دانشگاه آزاد اسلامی، گروه محیط زیست E-mail: s\_sobhan@iauh.ac.ir

۱. استادیار، گروه محیط زیست، دانشکده علوم پایه، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد همدان، همدان، ایران

۲. باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد همدان، همدان، ایران

تاریخ تصویب: ۱۳۹۳/۵/۱۲

تاریخ ارجاع جهت اصلاحات: ۱۳۹۳/۴/۲۳

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۴/۱۸

فرآیندهای شیمیایی یا زیستی در طبیعت تجزیه نمی‌شوند (۳). فلزات سنگین به علت اثرات سمیت و پتانسیل بالای تجمع زیستی در بسیاری از گونه‌های آبرزی قابل توجه‌اند (۲).

در بسیاری از کشورها فرآورده‌های دریایی به ویژه ماهی بخش مهمی از رژیم غذایی انسان را تشکیل می‌دهد (۴). به همین دلیل تاکنون مطالعات زیادی در مورد ارزیابی آلودگی فلزات سنگین در بافت‌های مختلف آبزیان و فرآورده‌های دریایی انجام شده است (۳۶-۲) به دنبال انتقال آلاینده‌ها به محیط‌های آبی ممکن است برخی فلزات سنگین از طریق زنجیر غذایی توسط آبزیان و به ویژه گونه‌های ماهی ساکن جذب شوند (۳۱) میزان جذب و تجمع عناصر سنگین در آبزیان به ویژه ماهیان تابعی از شرایط بوم‌شناختی، فیزیکی، شیمیایی و زیستی آب، نوع عنصر و فیزیولوژی بدن گونه آبرزی می‌باشد (۱).

از بیش‌ترین فلزات سنگین موجود در سیستم‌های آبی می‌توان به روی، کادمیوم، جیوه و سرب اشاره کرد (۳۳). برخی از فلزات سنگین مانند مس و روی در غلظت‌های پایین برای سوخت و ساز طبیعی آبزیان ضروری است و می‌تواند نقش مثبت یا منفی در زندگی انسان ایفا نمایند (۳۷، ۳۸) این فلزات از جمله عناصر ضروری در واکنش‌های زیستی می‌باشند و به صورت هموستازیک تنظیم می‌شوند (۱۸) به طوری که روی در مجموع، در بیش از ۳۰۰ فعالیت آنزیمی و هورمونی شرکت دارد اما مصرف بیش از حد آن نیز می‌تواند باعث اثرات حاد نامطلوب شود (۲۵). غذاهای دریایی منابع اصلی روی و مس هستند (۳۹) و یکی از مهمترین منابع تأمین روی انسان، ماهی می‌باشد (۲۵). در مقابل سایر فلزات همچون آرسنیک، جیوه، کادمیوم و سرب فاقد اهمیت زیستی بوده و جیوه یکی از سمی‌ترین فلزاتی است که آلودگی آن در بوم‌سازگان‌های آبی رو به گسترش است (۱۴، ۲۸). جیوه سیستم اعصاب مرکزی، سیستم غدد درون‌ریز و دهان، لثه و دندان را

تحت تأثیر قرار می‌دهد و می‌تواند اثرات مهمی را روی جنین بگذارد (۴۰). آرسنیک و به ویژه آرسنیک محلول در آب، به عنوان یک عنصر سمی و سرطان‌زا، در شمار یکی از عناصر مخاطره‌آمیز برای سلامت انسان محسوب می‌شود. ابتلا به سرطان‌های پوست، ریه، کلیه، کبد و مثانه از جمله مهمترین عوارض قرار گرفتن در معرض مقادیر بیش از حد مجاز آرسنیک محسوب می‌شود (۴۱). کادمیوم یک فلز بسیار سمی است که روی ریه‌ها، کلیه‌ها و استخوان‌ها اثرات جدی می‌گذارد (۳۳). از اثرات مخرب فلز سرب نیز می‌توان به آسیب جدی به سیستم عصبی مرکزی و محیطی اشاره نمود (۲).

علی‌رغم هشدارهای اداره غذا و داروی ایالات متحده آمریکا، سازمان بهداشت جهانی و آژانس حفاظت محیط زیست آمریکا مبنی بر عدم مصرف ماهیانی که غلظت فلزات سنگین در آن‌ها بالاتر از حد مجاز تعیین شده است، این سازمان‌ها اذعان دارند که مصرف میزان متعارفی از آبزیان به ویژه ماهی به دلیل داشتن اسیدهای چرب ضروری نظیر امگا ۳ اثر معنی‌داری بر حفظ سلامتی انسان‌ها دارند (۳۶)، بنابراین پژوهش‌هایی که در زمینه آلودگی فلزات سنگین در بوم‌سازگان‌های آبی انجام می‌شود از دیدگاه سلامت انسان و بهداشت عمومی بسیار مهم بوده و هدف اصلی این قبیل بررسی‌ها پیشگیری از ابتلای انسان به امراض و عوارض گوناگون ناشی از استفاده از آبزیان آلوده به فلزات سنگین به عنوان منبع غذایی است (۱).

ماهی کپور معمولی (*Cyprinus carpio*) یکی از عمومی‌ترین گونه‌های پرورشی تجاری در جهان است. کپور پرورشی به عنوان رژیم غذایی مصنوعی به طور عمده حاوی ۳۲ درصد پروتئین و ۳/۲ درصد چربی می‌باشد. در محیط‌های دریایی طبیعی، رسوبات منابع غذایی مهمی برای کپور وحشی محسوب می‌شود. به طور کلی گونه‌های ماهی همه چیز خوار و رسوب خوار مانند کپور به علت غلظت تجمع یافته بالاتر فلزات

و شو با آب مقطر و بسته‌بندی در کیسه‌های پلی اتیلنی، تا زمان انجام فرآیند آنالیز شیمیایی در دمای زیر ۱۸ درجه سانتی گراد نگهداری شد (۲۷). میانگین طول و وزن نمونه‌ها نیز به ترتیب برابر با  $1/07 \pm 33/45$  سانتی متر و  $522/14 \pm 57/39$  اندازه گیری شد.

ب) آماده سازی نمونه‌ها: برای هضم نمونه‌ها از روش هضم مرطوب استفاده شد. بدین ترتیب که ابتدا نمونه‌ها را توسط مخلوط کن به صورت همگن درآورده و پس از افزودن ۱۰ میلی لیتر اسید نیتریک ۱ مولار، نمونه‌ها با اعمال برنامه هضم ماکروویو شامل فشار ۲۰۰ psi، زمان شیک ۲۵ دقیقه، دمای ۲۱۰ درجه سانتی گراد، حداکثر قدرت ۳۰۰ وات و زمان ماند ۱۰ دقیقه با ظروف تفلن در آون ماکروویو (سیستم هضم ماکروویو CEM MARS-5) قرار داده شدند. سپس به منظور تجزیه آن دسته از مواد آلی که ممکن است در فرآیند هضم اسیدی، هضم نشده باشند، ۱/۵ میلی لیتر آب اکسیژنه ۳۰ درصد به محلول افزوده و مجدداً طبق همان برنامه قبل حرارت داده شد. نمونه باقی مانده از هضم پس از سرد شدن به فلاسک ۲۵ میلی لیتری منتقل و با استفاده از آب دوبار تقطیر به حجم رسانده شد. سپس محلول از کاغذ صافی واتمن شماره ۴۲ عبور داده شد (۱۶، ۲۷).

ج) تعیین غلظت عناصر در نمونه‌ها: به منظور قرائت غلظت تجمع یافته عناصر آرسنیک (III)، روی (II)، سرب (II)، کادمیوم (II) و مس (II) در نمونه‌ها بر حسب نانوگرم بر گرم وزن تر در ۳ تکرار، پس از کالیبراسیون دستگاه ICP از طریق ساخت محلول استاندارد ppm ۱۰۰۰ عناصر (مرک آلمان) (آرسنیک در غلظت‌های ۷۰، ۱۵۰ و ۲۵۰ ppb، روی در غلظت‌های ۱۰، ۵۰ و ۱۵۰ ppb، سرب در غلظت‌های ۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ ppb، کادمیوم در غلظت‌های ۷۰، ۱۵۰ و ۲۵۰ ppb و مس در غلظت‌های ۱۰، ۵۰ و ۱۵۰ ppb)، از دستگاه (Optima 2100 DV, Perkin Elmer) ICP-OES استفاده شد. همچنین غلظت تجمع یافته عنصر جیوه (II)

در رسوب در مقایسه با آب، ممکن است از تجمع فلزات سنگین بالاتری نسبت به گونه‌های دریایی برخوردار باشند (۲۸). سد تهم در فاصله ۱۵ کیلومتری شمال غربی شهر زنجان و در ۸ کیلومتری پایین دست روستای تهم در ارتفاع ۱۹۰۰ متری از سطح دریای آزاد قرار دارد. محل سد روی رودخانه سارمساقلو در فاصله ۳۰۰ متری پایین دست تقاطع رودخانه تهم و گله رود بوده و در مناطقی با بستر بی کربناته در سازندهای سیلیکاته و بی کربناته و سولفات‌ها قرار دارد و دریاچه مصنوعی به وسعت ۳۱۷ هکتار را به وجود آورده است که آب شرب شهر زنجان را تامین می نماید. طول و عرض جغرافیایی منطقه به ترتیب برابر با ۴۸ درجه و ۳۶ دقیق شرقی و ۳۶ درجه و ۵۰ دقیقه شمالی است. از مهمترین گونه‌های ماهی شناسایی شده در دریاچه سد تهم می توان به گونه‌هایی از خانواده کپور ماهیان شامل شش گونه خیاطه ماهی، مروارید ماهی کورا، سیاه ماهی، عروس ماهی، ماهی حوض و قزل آلاهی رنگین کمان از خانواده آزاد ماهیان اشاره نمود (۴۲).

با توجه به اثرات مخرب تجمع بیش از حد مجاز فلزات سنگین در بدن انسان و به منظور آگاهی از وضعیت سلامت گونه‌های آبی برای مصرف کنندگان، در این پژوهش نسبت به تعیین غلظت تجمع یافته عناصر آرسنیک، جیوه، روی، سرب، کادمیوم و مس در بافت عضله ماهی کپور معمولی ساکن دریاچه سد تهم زنجان اقدام شد.

## مواد و روش‌ها

الف) نمونه گیری: به منظور بررسی غلظت فلزات سنگین در فصل بهار سال ۱۳۹۲ با توجه به امکانات آزمایشگاهی و اعتبار پژوهش تعداد ۲۵ عدد ماهی کپور معمولی به طور کاملاً تصادفی از دریاچه سد تهم صید شد. نمونه‌ها پس از کد گذاری در ظروف پلی اتیلنی قرار گرفته و در یخدان به آزمایشگاه منتقل شدند. یک گرم از بافت عضله هر نمونه را برداشت و پس از شست

که میانگین غلظت تجمع یافته همه عناصر کم تر از حد مجاز سازمان های فوق الذکر می باشد.

## بحث

تجمع فلزات سنگین در بافت های بدن گونه های آبی از جمله ماهی به عوامل متعددی مانند مدت زمان قرار گرفتن گونه در معرض آلاینده های آب، عادات غذایی، غلظت آلاینده ها در آب، شیمی آب، شیوه فرآوری، جنس، وزن و فصل وابسته است (۴۳). مطالعات بیانگر آن است که عوامل محیطی مانند چرخه های فصلی جذب/ انحلال عناصر در مناطق اقیانوسی، پارامترهای فیزیکی و شیمیایی محلی مانند دما، شوری و طبیعت رسوبات بر انباشتگی زیستی آرسنیک موثر هستند (۴۴). همچنین منشاء طبیعی آرسنیک که اکثراً به صورت آرسنوبتائین (Arsenobetaine) است، به عنوان ترکیب غیرسمی آرسنیک، به طور معمول از طریق رژیم غذایی در موجودات دریازی تجمع پیدا می کند (۱۳).

حداکثر غلظت مجاز فلز آرسنیک برای گونه های آبی مطابق رهنمود EC، ۲۰۰۰ نانوگرم بر گرم تعیین شده است (۴۵). بنابراین میانگین غلظت تجمع یافته آرسنیک در نمونه های مورد ارزیابی در پژوهش حاضر با  $17/0 \pm 5/0$  نانوگرم بر گرم کمتر از حد مجاز می باشد. در مقایسه نتایج با دستاورد پژوهش Jafari و Sobhanardakani (۲۰۱۴) که نسبت به بررسی غلظت تجمع یافته عنصر آرسنیک در بافت عضله ماهی کپور معمولی صید شده از تالاب زیروار اقدام کرده و نتیجه گرفتند که دامنه غلظت این عنصر برابر با  $4/0 - 6/0$  نانوگرم بر گرم می باشد (۳۴)، می توان به تشابه موجود بین نتایج هر دو تحقیق از نظر عدم تجاوز میانگین غلظت تجمع یافته آرسنیک در بافت عضله ماهی از رهنمود اتحادیه اروپا اشاره نمود. مقایسه نتایج پژوهش حاضر با دستاورد سایر مطالعات در جدول شماره ۲ ارائه شده است.

نمونه ها نیز توسط دستگاه آنالیز مستقیم جیوه (Direct Mercury Analyzer (DMA-80) قرائت شد (۲۷).

د) پردازش آماری داده ها: در این پژوهش به منظور پردازش آماری داده ها از ویرایش ۱۹ نرم افزار SPSS استفاده شد. به دین ترتیب که برای بررسی نرمال بودن داده ها از آزمون کولموگروف-اسمیرنوف (Kolmogorov-Smirnov Test) و برای مقایسه میانگین غلظت تجمع یافته عناصر در نمونه ها با رهنمود سازمان های خواربار و کشاورزی ملل متحد/بهداشت جهانی (FAO/WHO)، آژانس مواد سمی و ثبت بیماری های ایالات متحده آمریکا (ATSDR) و کمیسیون اتحادیه اروپا (EC) از آزمون تی تک نمونه ای (One Sample t-Test) استفاده شد.

## یافته ها

میانگین غلظت تجمع یافته عناصر مورد ارزیابی در بافت عضله ماهی کپور در جدول شماره ۱ ارائه شده است.

جدول شماره ۱: میانگین غلظت\* فلزات مورد ارزیابی در بافت عضله ماهی کپور سد تهم بر حسب نانوگرم بر گرم وزن تر

عنصر	انحراف معیار میانگین غلظت	دامنه (کمینه و بیشینه) غلظت
آرسنیک	$17/0 \pm 5/0$	۱۱/۰-۲۳/۰
جیوه	$26/0 \pm 4/0$	۱۸/۰-۳۴/۰
روی	$42/0 \pm 6/0$	۳۰/۰-۵۴/۰
سرب	$5/0 \pm 1/0$	۳/۰-۷/۰
کادمیوم	$8/0 \pm 2/0$	۳/۰-۱۳/۰
مس	$4/0 \pm 1/0$	۱/۰-۷/۰

\*مقادیر مربوط به میانگین غلظت ۳ تکرار می باشند.

نتایج مقایسه آماری میانگین غلظت تجمع یافته عناصر مورد ارزیابی با رهنمود سازمان بهداشت جهانی (WHO)، سازمان خواربار و کشاورزی ملل متحد (FAO)، کمیسیون اتحادیه اروپا (EC)، اداره غذا و داروی ایالات متحده آمریکا (FDA) و وزارت کشاورزی، جنگلداری و شیلات انگلستان (MAFF) بیانگر وجود اختلاف معنی دار ( $P < 0/05$ ) بود. به طوری

جیوه به عنوان یکی از فلزات بسیار سمی شناخته شده است و ماهی مهم ترین منبع ورود این عنصر به بدن انسان محسوب می شود (۲۴). حداکثر غلظت مجاز فلز جیوه مطابق رهنمود WHO، EC، FDA و MAFF به ترتیب برابر با ۵۰۰-۱۰۰، ۵۰۰، ۱۰۰۰ و ۱۰۰۰ نانوگرم بر گرم تعیین شده است (۴۸-۴۵). بنابراین میانگین غلظت تجمع یافته جیوه در نمونه های مورد ارزیابی در پژوهش حاضر با  $4/0 \pm 26/0$  نانوگرم بر گرم کمتر از حد مجاز می باشد. در مقایسه نتایج حاصل با دستاورد پژوهش Jafari و Sobhanardakani (۲۰۱۴) که نسبت به بررسی غلظت تجمع یافته عنصر جیوه در بافت عضله ماهی کپور معمولی صید شده از تالاب زریوار اقدام کرده و نتیجه گرفتند که دامنه غلظت این عنصر برابر با  $110/0 - 30/0$  نانوگرم بر گرم می باشد (۳۴)، می توان به تشابه موجود بین نتایج از نظر عدم تجاوز میانگین غلظت تجمع یافته جیوه در بافت عضله از رهنمود WHO، EC، FDA و MAFF اشاره نمود. مقایسه نتایج این پژوهش با دستاورد سایر مطالعات در جدول شماره ۲ ارائه شده است.

حداکثر غلظت مجاز فلز روی در فرآورده های دریایی که توسط WHO، FAO و MAFF اعلام شده است به ترتیب برابر با ۱۵۰۰۰۰، ۴۰۰۰۰ و ۵۰۰۰۰ نانوگرم بر گرم می باشد (۴۶، ۴۸، ۴۹). بنابراین میانگین غلظت روی در نمونه های مورد مطالعه ( $6/0 \pm 42/0$  نانوگرم بر گرم) کمتر از رهنمود سازمان های فوق الذکر می باشد. پژوهش Jafari و Sobhanardakani (۲۰۱۴) که نسبت به بررسی غلظت تجمع یافته عنصر روی در بافت عضله ماهی کپور معمولی صید شده از تالاب شیرین سو در استان همدان اقدام کردند، میانگین غلظت این عنصر برابر با  $1/0 \pm 7/0$  نانوگرم بر گرم گزارش شد (۳۵). در پژوهش Karadede و Ünlü (۲۰۰۰) میانگین غلظت تجمع یافته عنصر مس در بافت عضله گونه کپور معمولی ساکن در دریاچه سد آتاترک ترکیه  $9720/0$  نانوگرم بر گرم گزارش شد (۵۰)؛

دستاورد پژوهش Pazooki و همکاران (۲۰۱۲) که به سنجش عنصر روی در بافت عضله ماهی کپور پرورشی و وحشی در منطقه جنوب شرقی دریای خزر اقدام کرده و نتیجه گرفتند که میانگین غلظت این عنصر در عضله کپور پرورشی و وحشی به ترتیب برابر با  $790/0 \pm 2790/0$  و  $500/0 \pm 2780/0$  نانوگرم بر گرم می باشد (۲۸)، می توان به تشابه موجود بین نتایج مطالعات انجام شده از نظر عدم تجاوز میانگین غلظت تجمع یافته روی در بافت عضله از رهنمود WHO، FAO و MAFF اشاره نمود. مقایسه نتایج این پژوهش با دستاورد سایر مطالعات در جدول شماره ۲ ارائه شده است. حداکثر غلظت مجاز فلز سرب در فرآورده های دریایی که توسط WHO، FAO، EC، FDA و MAFF اعلام شده است به ترتیب برابر با ۱۵۰۰-۵۰۰، ۵۰۰، ۲۰۰ و ۵۰۰۰ نانوگرم بر گرم می باشد (۴۶-۴۵، ۴۸-۴۹، ۵۱). بنابراین میانگین غلظت سرب در نمونه های مورد مطالعه با  $1/0 \pm 5/0$  نانوگرم بر گرم کمتر از رهنمود سازمان های فوق الذکر می باشد. یعقوب زاده و همکاران (۱۳۹۲) در مطالعه خود به بررسی غلظت سرب در ماهی سفید (*Rutilus frisii kutum*) سواحل دریای خزر پرداختند و نتیجه گرفتند که میانگین غلظت تجمع یافته این عنصر در بافت عضله ماهی سفید ایستگاه های بندر انزلی و رودسر به ترتیب برابر با  $540/0 \pm 2550/0$  و  $250/0 \pm 1660/0$  نانوگرم بر گرم می باشد (۳۶)؛ در پژوهش Jafari و Sobhanardakani (۲۰۱۴) غلظت تجمع یافته عنصر سرب در بافت عضله ماهی کپور معمولی صید شده از تالاب شیرین سو در استان همدان اندازه گیری شد و میانگین غلظت این عنصر برابر با  $3/0 \pm 15/0$  نانوگرم بر گرم گزارش شد (۳۵)، می توان به تشابه موجود بین نتایج از نظر عدم تجاوز میانگین غلظت تجمع یافته سرب در بافت عضله از رهنمود سازمان های فوق الذکر اشاره نمود. هم چنین در مقایسه نتایج با دستاورد پژوهش Tabari و همکاران (۲۰۱۰) که دامنه غلظت تجمع یافته سرب در بافت عضله ۳ گونه

جدول شماره ۲: مقایسه نتایج پژوهش حاضر با دستاورد سایر مطالعات از نظر میانگین غلظت تجمع یافته عناصر مورد ارزیابی در بافت عضله ماهی بر حسب نانوگرم بر گرم

منبع	عناصر مورد ارزیابی					منطقه جغرافیایی	گونه/های مورد مطالعه
	مس	کادمیوم	سرب	روی	جیوه		
پژوهش حاضر	۴/۰±۱/۰	۸/۰±۲/۰	۵/۰±۱/۰	۴۲/۰±۶/۰	۲۶/۰±۴/۰	۱۷/۰±۵/۰	ایران <i>Cyprinus carpio</i>
۵۳	۱۹۰۰/۰-۲۴۰۰۰۰/۰	۲۰۰/۰-۹۰۰/۰	<۵۰/۰-۶۸۰۰/۰	۱۲۰۰/۰-۶۵۰۰۰/۰		<۱۰۰۰/۰-۸۵۰۰/۰	آمریکا <i>F. parvipinnis, A. affinis, G. mirabilis, L. armatus, M. galloprovincialis, T. californianus</i>
۵۴		۴۰۰-۲۹/۰	۴۹/۰-۱۵۸/۰				کرواسی <i>Merluccius merluccius, Mullus barbatus</i>
۵۵						۱۶/۰-۴۲/۰	کرواسی <i>Cyprinus carpio, Tinea tinca, Leuciscus squalis, Mugil cephalus, Anguilla anguilla</i>
۵۶			۱/۰-۲/۰				نیجریه <i>Chrysichthys nigrodigitatus, Oreochromis niloticus, Ilisha Africana, Ethmalosa fimbriata</i>
۵۷		۰/۴-۲۲/۰	۲/۰-۲۵/۰		۱/۰-۲۲۰۰/۰	۹۹/۰-۱۷۷۰/۰	اسپانیا swordfish, salmon, hake, red mullet, sole, cuttlefish, squid, clam, mussel, and shrimp
۵۸					۱/۰-۲۳/۰	۵۲/۰-۳۹۶/۰	اسکانلند <i>Solea vulgaris, Anguilla Anguilla, Liza aurata</i>
۵۹	۱۲۰/۰-۲۹۰/۰	<۲/۰-۳۴/۰	<۲/۰-۹/۰	۳۷۰/۰-۳۰۹۰۰/۰	۲۱۲۰/۰-۳۹۰۰/۰	۱۲۵۰/۰-۸۶۳۰/۰	اسکانلند <i>Lophius piscatorius, Aphanopus carbo, Molva dyp terygia, Micromesistius poulassou, Merluccius merluccius</i>
۲۲	۱/۰-۵۷۳۰۰/۰	۱/۰-۱۰۰/۰	۱/۰-۴۶/۰		۱/۰-۲۰۷۰/۰	۱/۰-۷۰۹۰۰/۰	کرواسی <i>Mullus surmuletus, Scomber japonicas, Spicara smar, Engraulis encrasicolus</i>
۶۰	۷۹/۰±۸۷۳/۰	۱۲/۰±۴/۰	۲۳/۰±۲۵/۰	۱۱۰۶۰/۰±۱۲۶۱۰/۰			کرواسی <i>Leuciscus cephalus</i>
۷	۲۶/۰-۸۲۰/۰	۲۰/۰±۷۰/۰	۴۰/۰-۲۴۴۰/۰	۸۲۷۰/۰±۹۹۸۰۰/۰			کرواسی <i>Dicentrarchus labrax, Sparus aurata, Mugil cephalus</i>
۲۱		۱/۰-۴/۰				۹۸۰/۰-۱۷۴۰/۰	کرواسی <i>Trigla lucerna, lophius budegassa, Solea lascaris</i>
۳۷		۳۷۰/۰-۷۹۰/۰	۴۲۷/۰-۶۱۲۰/۰				کرواسی <i>Sparus auratus, Atherina hepsetus, Mugil cephalus, Trigla cuculus, Sardina pilchardus, Scomberosax saurus</i>
۶۱	۴۰/۰-۵۴۳۰/۰	۱/۰-۴۱۶/۰	۹۰/۰-۶۹۵/۰	۶۰۰/۰-۱۱۵۷۰/۰			ترکیه <i>Saurida undosquamis, Sparus aurata, Mullus barbatus</i>
۱۲	۱۹۳/۰-۲۶۱۰/۰	۱/۰-۸۴/۰	۶۸/۰-۸۷۴/۰	۶۳۵/۰-۲۸۵۵/۰			ترکیه <i>Leuciscus cephalus</i>
	۶۵/۰-۴۳۶۰/۰	۸/۰-۸۲/۰	۷۰/۰-۹۲۰/۰	۶۵۴/۰-۱۶۰۶۴/۰			ترکیه <i>Lepomis gibbosus</i>
۶۲	۱۲۹/۰-۱۴۵۰/۰		۱۰۳۰/۰-۷۴۵۰/۰	۱۹۵۵۰/۰-۳۸۲۳۰/۰			ترکیه <i>Mugil cephalus, Trachurus mediterraneus</i>
۲۳					۱۴/۰-۵۰۰۰/۰		ترکیه <i>Mullus barbatus</i>
۹		۲/۰-۱۳۲۰/۰		۶۶۰/۰-۳۹۲۰/۰	۲۸۰/۰-۲۳۱۰/۰		هندوستان <i>Scomberomorus guttatus, Etroplus suratensis, Euthynnus affinis</i>
۶۳	۱۵۷/۰-۱۲۰۶/۰	۳۹/۰-۱۵۳/۰	۳۵/۰-۵۸/۰	۲۳۳/۰-۳۲۴/۰			هندوستان <i>Chanos chanos</i>
۶۴	۷۰/۰-۲۷۰۰۰/۰						شیلی <i>Micropogonias manni</i>
۲۷, ۲۶	۷/۰-۲۳۰/۰	۱/۰-۴۵/۰	۷/۰-۹/۰	۵۰-۴۰/۰	۱/۰-۲۶۰/۰	۷/۰-۴۰/۰	شیلی <i>Otolithes rubber, Pampus argenteus, Parastromateus niger, Scomberomorus commerson, Onchorynchus mykiss</i>
۳۳		۱۱۱/۰±۶/۰	۲۳۶/۰±۵/۰				ایران <i>Barbus grypus</i>
۳۱	۹۲/۰	۱/۰		۱۴۶/۰	۱۲/۰		ایران <i>Cyprinus carpio</i>
۲۵		۴۶/۰±۲/۰		۱۸۹۲/۰±۴۴۶۰/۰			ایران <i>Huso huso</i>
		۶/۰±۲/۰		۱۶۸۲/۰±۴۹۰۰/۰			ایران <i>Acipenser stellatus</i>
۱۸	۳۳/۰			۱۰۵۴/۰			ایران <i>Liza abu</i>
۲	۵۶۸۰/۰±۳۱۰/۰	۸۲۰/۰±۶۰/۰	۲۲۰/۰±۲/۰	۵۴۲۶/۰±۸۷۰/۰			ایران <i>Esox luciusn</i>
۱		۱۰۹۹/۷	۱۲۹۴/۴				ایران <i>Barbus grypus</i>

تعیین شده است به ترتیب برابر با ۵۰، ۵۰۰، ۵۰، ۲۰۰ و ۲۰۰ نانوگرم بر گرم می‌باشد (۴۵، ۴۶، ۴۸، ۴۹، ۵۱). بنابراین میانگین غلظت کادمیوم در نمونه های مورد مطالعه با ۸/۰±۲/۰ نانوگرم بر گرم کمتر از رهنمود سازمان های فوق الذکر می باشد. در مقایسه نتایج با دستاورد پژوهش Sobhanardakani و Jafari (۲۰۱۴) که نسبت به بررسی غلظت تجمع یافته عنصر کادمیوم در بافت عضله ماهی کپور معمولی صید شده از تالاب

ماهی *Mugila auratus*، *Cyprinus carpio* و *Rutilus frisikutum* در جنوب دریای خزر را ۱۶۸۹۰۰/۰-۵۳۷۰۰/۰ نانوگرم بر گرم گزارش کردند (۲۰)، می توان به تجاوز میانگین غلظت تجمع یافته سرب در بافت عضله از رهنمود سازمان های فوق الذکر و عدم تشابه موجود بین نتایج دو پژوهش اشاره نمود (جدول شماره ۲). حداکثر غلظت مجاز فلز کادمیوم در فرآورده های دریایی که توسط WHO، FAO، EC، FDA و MAFF

میانگین غلظت این عنصر برابر با  $10/0 \pm 2/0$  نانوگرم بر گرم گزارش شد (Karadede و Ünlü (۲۰۰۰) که غلظت تجمع یافته عنصر مس را در بافت عضله گونه کپور معمولی ساکن در دریاچه سد آتاترک ترکیه  $2230/0$  نانوگرم بر گرم گزارش کردند (۵۰)، که می‌توان به تشابه موجود بین نتایج مطالعات فوق از نظر عدم تجاوز میانگین غلظت تجمع یافته مس در بافت عضله از رهنمود FAO، WHO و MAFF اشاره نمود.

در نهایت با توجه به نتایج حاصل می‌توان اذعان نمود گرچه در حال حاضر میانگین غلظت عناصر آرسنیک، جیوه، روی، سرب، کادمیوم و مس در بافت عضله ماهی کپور دریاچه سد تهم بیش از حد مجاز نیست، اما عدم مدیریت اصولی منابع تامین کننده آب دریاچه به ویژه رودخانه‌های بالادست، می‌تواند منجر به ورود آلاینده‌ها از جمله فلزات سنگین به دریاچه سد شده و ضمن تجمع عناصر در بافت‌های بدن آبزیان ساکن، سلامت مصرف کنندگان را با مخاطره مواجه نماید.

زریوار اقدام کرده و نتیجه گرفتند که دامنه غلظت این عنصر برابر با  $93/0 - 44/0$  نانوگرم بر گرم می‌باشد (۳۴)، می‌توان به تشابه موجود بین نتایج از نظر عدم تجاوز میانگین غلظت تجمع یافته کادمیوم در بافت عضله از رهنمود FAO و MAFF اشاره نمود. (جدول شماره ۲).

غذاهای دریایی منبع قابل توجه فلز مس که عنصری ضروری برای انسان است، محسوب می‌شوند. اما جذب بیش از حد این عنصر (بیش‌تر از  $120000$  نانوگرم بر گرم) می‌تواند منجر به بروز مشکلاتی برای سلامتی از جمله آسیب به کلیه و کبد شود (۶، ۳۹، ۵۲). حداکثر غلظت مجاز فلز مس در فرآورده‌های دریایی که توسط FAO، WHO و MAFF تعیین شده است به ترتیب برابر با ۳۰، ۲۰ و ۳۰ میکروگرم بر گرم می‌باشد (۴۶، ۴۸، ۴۹). بنابراین میانگین غلظت مس در نمونه‌های مورد مطالعه با  $4/0 \pm 1/0$  نانوگرم بر گرم کم‌تر از رهنمود سازمان‌های فوق‌الذکر می‌باشد. در پژوهش Jafari و Sobhanardakani (۲۰۱۴) که

## References

- Mohammadi M, Askary sary A, Khodadadi M. Cd and Pb Concentration in muscle and liver Tissues of *Barbus grypus* in Dez River. J Wetland Ecobiol 2010; 1(4): 91-96. (Persian).
- Ebrahimi Sirizi Z, Sakizadeh M, Esmaili Sari A, Bahramifar N, Ghasempouri SM, Abbasi K. Survey of Heavy Metals (Cd, Pb, Cu and Zn) Contamination in muscle tissue of *Esox luciusn* from Anzali International Wetland: Accumulation and risk assessment. J Mazandaran Univ Med Sci 2012; 22(87): 57-63. (Persian).
- Ghorbani ranjbary A, Ghorbani ranjbary N, Ghorbani ranjbary Z, Marhamatizadeh MH, Cheraghi P. Determination of lead, mercury and cadmium concentrations in different organs of *Barbus grypus* and *Liza abu* of Karoon River in 2011. J Food Hyg 2013; 2(8): 53-60. (Persian).
- Hosseini SV, Aflaki F, Sobhanardakani S, Tayebi L, Babakhani Lashkan A, Regenstein JM. Analysis of mercury, selenium and tin concentrations in canned fish marketed in Iran. Environ Monit Assess 2013; 185(8): 6407-6412.
- Burger J, Gochfeld M. Heavy metals in commercial fish in New Jersey. Environ Res 2005; 99(3): 403-412
- Ikem A, Egeibor N. Assessment of trace elements in canned fishes (mackerel, tuna, salmon, sardines and herrings) marketed in



- Georgia and Alabama (United States of America). J Food Compos Anal .2005; 18(8): 771-787.
7. Dural M, Lugal Goksu MZ, Akif Ozak A. Investigation of heavy metal levels in economically important fish species captured from the Tuzla lagoon. Food Chem 2007; 102(1): 415-421.
  8. Keskin Y, Baskaya R, Ozyaral O, Yurdun T, Luleci NE, Hayran O. Cadmium, lead, mercury and copper in fish from the Marmara Sea, Turkey. Bull Environ Contam Toxicol 2007; 78(3-4): 258-261.
  9. Sivaperumal P, Sankar TV, Viswanathan Nair PG. Heavy metal concentrations in fish, shellfish and fish products from internal markets of India vis-a-vis international standards. Food Chem 2007; 102(3): 612-620.
  10. Tepe Y, Turkmen M, Turkmen A. Assessment of heavy metals in two commercial fish species of four Turkish seas. Environ Monit Assess 2007; 146(1-3): 277-284.
  11. Uluozlu OD, Tuzen M, Mendil D, Soylak M. Trace metal content in nine species of fish from the Black and Aegean Seas, Turkey. Food Chem 2007; 104(2): 835-840.
  12. Yilmaz F, Ozdemir N, Demirak A, Tuna AL. Heavy metal levels in two fish species *Leuciscus cephalus* and *Lepomis gibbosus*. Food Chem 2007; 100(2): 830-835.
  13. Fattorini D, Alonso-Hernandez CM, Diaz-Asencio M, Munoz-Caravaca A, Pannacciulli FG, Tangherlini M, Regoli F. Chemical speciation of arsenic in different marine organisms: Importance in monitoring studies. Mar Environ Res 2004; 58(2-5): 845-850.
  14. Taheri Azad L, Esmaili Sari A, Rezaei Tavabe K. Determination of mercury concentration in different tissues of *Sander Lucioperca* in Caspian Sea. Iran Sci Fish J 2008; 17(2): 71-78. (Persian).
  15. Shah AQ, Kazi TG, Arain MB, Jamali MK, Afridi HI, Jalbani N, Baig JA, Kandhro GA. Accumulation of arsenic in different fresh water fish species–potential contribution to high arsenic intakes. Food Chem 2009; 112(2): 520-524.
  16. Turkmen M, Turkmen A, Tepe Y, Tore Y, Ates A. Determination of metals in fish species from Aegean and Mediterranean seas. Food Chem 2009; 113(1): 233-237.
  17. Tuzen M. Toxic and essential trace elemental contents in fish species from the Black Sea, Turkey. Food Chem Toxicol 2009; 47(8): 1785-1790.
  18. Beheshti M, Askary sary A, Khodadadi M, Velayat Zadeh M. Determining and comparison of concentration of heavy metals (Cu, Fe, Zn, Mn) in difference tissues of *Liza abu* in Dez River, Khuzestan Province. J Wetland Ecobiol 2010; 2(6): 71-79. (Persian).
  19. Mendil D, Uluozlu OD, Hasdemir E, Tuzen M, Sari H, Suicmez M. Determination of trace metal levels in seven fish species in lakes in Tokat, Turkey. Food Chem 2005; 90(1-2): 175-179.
  20. Tabari S, Saravi SS, Bandany GA, Dehghan A, Shokrzadeh M. Heavy metals (Zn, Pb, Cd and Cr) in fish, water and sediments sampled from Southern Caspian Sea, Iran. Toxicol Ind Health 2010; 26(10): 649-656.
  21. Yilmaz AB, Kemal Sangun M, Yag˘lıog˘lu D, Turan C. Metals (major, essential to non-essential) composition of the different tissues of three demersal fish species from Iskenderun Bay, Turkey. Food Chem 2010; 123(2): 410-415.

22. Bilandžić N, Dokić M, Sedak M. Metal content determination in four fish species from the Adriatic Sea. *Food Chem* 2011; 124(3): 1005-1010.
23. Kucuksezgin F, Kontas A, Uluturhan E. Evaluations of heavy metal pollution in sediment and *Mullus barbatus* from the Izmir Bay (Eastern Aegean) during 1997-2009. *Mar Pollut Bull* 2011; 62(7): 1562-1571.
24. Mol S. Levels of heavy metals in canned bonito, sardines, and mackerel Produced in Turkey. *Biol Trace Elem Res* 2011; 143(2): 974-982.
25. Mashroofeh A, Riyahi Bakhtiari A, Pourkazemi M. Evaluation of cadmium, vanadium, nickel and zink concentrations in different tissues of Beluga and Stellate sturgeon and risk assessment regarding consuming their muscle tissue in south Caspian Sea. *J Mazandaran Univ Med Sci* 2012; 22(96): 89-96. (Persian).
26. Sobhanardakani S, Tayebi L, Farmany A. Toxic metal (Pb, Hg and As) contamination of muscle, gill and liver tissues of *Otolithes ruber*, *Pampus argenteus*, *Parastromateus niger*, *Scomberomorus commerson* and *Onchorynchus mykiss*. *World Appl Sci J* 2011; 14(10): 1453-1456.
27. Sobhanardakani S, Tayebi L, Farmany A, Cheraghi M. Analysis of trace elements (Cu, Cd and Zn) in muscle, gill and liver tissues of some fish species using anodic stripping voltammetry. *Environ Monit Assess* 2012; 184(11): 6607-6611
28. Pazooki J, Ghaffar Haddadi F, Abtahi B. A Comparison of heavy metal concentrations in skin and muscle tissues of wild and cultured carp (*Cyprinus carpio*) in the southeastern Caspian Sea area of Iran. *Environ Sci* 2012; 9(1): 51-58.
29. Hosseini SM, Sobhanardakani S, Batebi Navaei M, Kariminasab M, Aghilinejad SM, Regenstein JM. Metal content in caviar of wild Persian sturgeon from the southern Caspian Sea. *Environ Sci Pollut Res* .2013; 20: 5839-5843.
30. Hosseini SV, Sobhanardakani S, Tahergorabi R, Delfieh P. Selected heavy metals analysis of Persian sturgeon's (*Acipenser persicus*) caviar from Southern Caspian Sea. *Biol Trace Elem Res* 2013; 154(3): 357-362.
31. Nasrollahzadeh Saravi H, Pourgholam R, Pourang N, Rezaei M, Makhloogh A, Unesipour H. Heavy Metal Concentrations in Edible Tissue of *Cyprinus Carpio* and Its Target Hazard Quotients in the Southern Iranian Caspian Sea Coast, (2010). *J Mazandaran Univ Med Sci* 2013; 23(103): 33-44. (Persian).
32. Rajkowska M, Protasowicki M. Distribution of metals (Fe, Mn, Zn, Cu) in fish tissues in two lakes of different trophy in Northwestern Poland. *Environ Monit Assess*. 2013; 185(4): 3493-3502.
33. Musavi-Nadushan R, Salimi L, Zaheri-Abdehvand L. Determining the concentrations of nickel, lead and cadmium in *Barbus grypus* of Dez River, Iran. *J Mazandaran Univ Med Sci* 2014; 23(110): 232-236. (Persian).
34. Sobhanardakani S, Jafari SM. Heavy metals contamination in silver, common and grass carp caught from Zarivar Lake, western Iran. *Eur Online J Nat Soc Sci* 2014a; 3(2): 344-350.
35. Sobhanardakani S, Jafari SM. Assessment of Heavy Metals (Cu, Pb and Zn) in different tissues of common carp (*Cyprinus carpio*) Caught from Shirinsu Wetland, Western Iran. *J Chem Health Risk* 2014; 4(2): 47-54.

36. Yaghoobzadeh Y, Hossein-Nezhad M, Asadi-Shiran G, Pourali M. An investigation of lead concentration in *Rutilus frisii kutum* form Caspian Sea; case study of Bandar Anzali and Roodsar, Iran. J Mazandaran Univ Med Sci 2014; 23(110): 102-108. (Persian).
37. Canli M, Atli G. The relationships between heavy metal (Cd, Cr, Cu, Fe, Pb, Zn) levels and the size of six Mediterranean fish species. Environ Pollut 2003; 121(1): 129-136.
38. Ghaedi M, Shokrollahi A, Kianfar AH, Pourfarokhi A, Khanjari N, Mirsadeghi AS, et al. Preconcentration and separation of trace amount of heavy metal ions on bis (2-hydroxy acetophenone) ethylendiimine loaded on activated carbon. J Hazard Mater 2009; 162(2-3): 1408-1414.
39. World Health Organization (WHO). Guidelines for Drinking Water Quality, Health criteria and other supporting information, 2th ed Geneva, WHO.; 1996.
40. Agusa T, Kunito T, Yasunaga G, Iwata H, Subramanian A, Ismail A, Tanabe S. Concentrations of trace elements in marine fish and its risk assessment in Malaysia. Mar Pollut Bull 2005; 51(8-12): 896-911.
41. Kar S, Maity JP, Jean JS, Liu CC, Liu CW, Bundschuh J, Lu HY. Health risks for human intake of aquacultural fish: Arsenic bioaccumulation and contamination. J Environ Sci Health Part A, Tox/Hazard Subst Environ Eng., 2011; 46(11): 1266-1273.
42. Mirzajani AR, Abasi K, Sabkara J, Makaremi M, Abedini A, Sayad Borani M. Limnological study of mesotrophic lake Taham in Zanjan province. Iran J Biol 2012; 25(1): 74-89. (Persian).
43. Kagi JH, Schaffer A. Biochemistry of metallothionein. Biochem 1998; 27(23): 8509-8515.
44. Valette-Silver NJ, Riedel GF, Crecelius EA, Windom H, Smith RG, Dolvin SS. Elevated arsenic concentrations in bivalves from the southeast coasts of the USA. Mar Environ Res 1999; 48(4-5): 311-333.
45. European Commission (EC). Commission Regulation (EC) No 466/2001. Setting maximum levels for certain contaminants in foodstuffs. Official Journal of the European Communities, L77; 2001.
46. Biney CA, Ameyibor E. Trace metal concentrations in the pink shrimp *Penaeus notialis*, from the coast of Ghana. Water Air Soil Pollut 1992; 63(3-4): 273-279.
47. U.S. Food and Drug Administration. Fish and Fishery Products Hazards and Controls Guidance, 4<sup>th</sup> ed. U.S. Department of Health and Human Services .Center for Food Safety & Applied Nutrition. Chapter 9, Environmental chemical contaminants and pesticides; April 2011.
48. Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries (MAFF). Monitoring and surveillance of non-radioactive contaminants in the aquatic environment and activities regulating the disposal of wastes at sea, 1993. Aquatic Environment Monitoring Report No. 44. Directorate of Fisheries Research, Lowestoft; 1995.
49. Nauen CE, Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). Compilation of legal limits for hazardous substances in fish and fishery products. Michigan, FAO Fishery Circular; 1983.
50. Karadede H, Ünlü E. Concentrations of some heavy metals in water, sediment and fish species from the Atatürk Dam Lake

- (Euphrates), Turkey. Chemosphere. 2000; 41(9): 1371-1376.
51. Chen YC, Chen MH. Heavy metal concentration in nine species of fishes caught in coastal water off Ann- Ping, S.W. Taiwan. J Food Drug Anal 2001; 9(2): 107-114.
  52. Aucoin J, Blanchard R, Billiot C, Partridge C, Schultz D, Mandhare K, et al. Trace metals in fish and sediments from Lake Boeuf, Southeastern Louisiana. Microchem J 1999; 62(2): 299-307.
  53. Cohen T, Que Hee SS, Ambrose RF. Trace metals in fish and invertebrates of three California coastal wetlands. Mar Pollut Bull .2001; 42(3): 224-232.
  54. Gašpic Z K, Zvonaric T, Vrgoc N, Odzak N, Baric´ A. Cadmium and lead in selected tissues of two commercially important fish species from the Adriatic Sea. Water Res. 2002; 36(20): 5023-5028.
  55. Has-Schon E, Bogut I, Strelec I. Heavy metal profile in five fish species included in human diet, domiciled in the end flow of River Neretva (Croatia). Arch Environ Contam Toxicol .2006; 50(4): 545-551.
  56. Eboh L, Mepba HD, Ekpo MB. 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. Food Chem 2006; 97(3): 490-497.
  57. Falco G, Llobet JM, Bocio A, Domingo JL. Daily intake of arsenic, cadmium, mercury, and lead by consumption of edible marine species. J Agric Food Chem. 2006; 54(16): 6106-6112.
  58. Usero J, Izquierdo C, Morillo J, Gracia I. Heavy metals in fish (*Solea vulgaris*, *Anguilla anguilla* and *Liza aurata*) from salt marshes on the southern Atlantic coast of Spain. Environ Int 2004; 29(7): 949-956.
  59. Mormede S, Davies IM. Heavy metal concentrations in commercial deep-sea fish from the Rockall Trough. Cont Shelf Res. 2001. 21(8-10): 899-916.
  60. Demirak A, Yilmaz F, Tuna AL, Ozdemir N. Heavy metals in water, sediment and tissues of *Leuciscus cephalus* from a stream in southwestern Turkey. Chemosphere 2006; 63(9): 1451-1458.
  61. Turkmen A, Turkmen M, Tepe Y, Akyurt I. Heavy metals in three commercially valuable fish species from Iskenderun Bay, Northern East Mediterranean Sea, Turkey. Food Chem. 2005; 91(1): 167-172.
  62. Yilmaz AB. Levels of heavy metals (Fe, Cu, Ni, Cr, Pb, and Zn) in tissue of Mugil cephalus and Trachurus mediterraneus from Iskenderun Bay, Turkey. Environ Res 2003; 92(3): 277-281.
  63. Rajeshkumar S, Munuswamy N. Impact of metals on histopathology and expression of HSP 70 in different tissues of Milk fish (*Chanos chanos*) of Kaattuppalli Island, South East Coast, India. Chemosphere 2011; 83(4): 415-421.
  64. Tapia J, Duran E, Pena-Cortes F, Hauenstein E, Bertran C, Schlatter R, Vargas-Chacoff L, Jimenez C. Micropogonias manni as a bioindicator for copper in Lake Budi (IX Region, Chile). J Chil Chem Soc. 2006; 51(2): 901-904.