مقایسه فاکتور انباشتگی زیستی فلزات سنگین در دو گونه ماهی کپورچه (*Carassius gibelio*) و اردک ماهی(*Esox lucius*) تالاب انزلی

رحیمه برامکی یزدی[۱]
محمد رضا رضایی[۲]
محمد ابراهیم‌پور کاسمانی[۳]
هادی بابایی[٤]
علیرضا پورخباز[٥]

۱. کارشناس ارشد آلودگی‌های محیطزیست، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران
۲، ۳، ۴. گروه محیطزیست، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران
۵. موسسه تحقیقات ملی آب و آبزی‌پروری، انزلی، ایران
***مسئول مکاتبات**
r_baramakiyazdi@yahoo.com
کد مقاله: ۱۳۹٤۰۱۰۰۷٤
تاریخ دریافت:۱۳۹۳/۰۳/۰۳
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۰۹/۰۳
این مقاله برگرفته از پایان‌نامه است.

چکیده

امروزه مطالعه در مورد جذب فلزات سنگین در موجودات آبزی به دلیل افزایش این فلزات در اثر فعالیت‌های انسانی و سرازیر شدن آن به محیط‌های آبی تشدید شده است. درک اثرات سمی فلزات بر ماهیان مشکل است به این دلیل که ماهیان مهاجرت طولانی دارند، بنابراین غلظت و طول دوره در معرض قرار گرفتن به فلزات، در سیکل زندگی ماهیان متفاوت می‌باشد. هدف از این تحقیق بررسی مقایسه فاکتور انباشتگی زیستی فلزات (کادمیوم، مس، روی، سرب و کروم) در بافت‌های دو گونه ماهی تالاب انزلی در دو ترازهای مختلف غذایی بوده است. بدین منظور نمونه‌برداری از تالاب انزلی در تابستان ۱۳۸۸ صورت پذیرفت. با توجه به مقایسه فاکتور تجمع زیستی کمترین BAF در کپور چه بزرگ با تراز غذای همه‌چیزخواری مربوط به بافت ماهیچه (Cr = ۲۹۱ ,Cu = ۵۵۴ , Pb=۱۹۰ ,Cd=۱۴۱) به‌استثناء فلز روی در بافت ماهیچه کپور چه (*Carassius gibelio*)کوچک با BAF =۱۰۲۲ و در اردک‌ماهی (*Esox lucius*) با تراز گوشت‌خواری کمترین BAF (Bioaccumulation factor) در بافت ماهیچه سایز بزرگ (Cr = ۳۰۵ ,Cu = ۶۸۶ , Zn=۱۰۷۰ ,Cd=۱۳۴) به‌استثناء فلز سرب با BAF= ۱۵۵ که در بافت ماهیچه سایز کوچک اردک‌ماهی مشاهده گردید. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده به‌طورکلی استنباط می‌شود که تراز غذایی گوشت‌خواری دارای BAF نسبت به تراز غذایی همه‌چیزخواری کمتر می‌باشد.

واژگان کلیدی: فاکتور انباشتگی زیستی، ترازهای غذایی، فلزات سنگین، ماهی، تالاب انزلی، اردک‌ماهی، کپور چه.

مقدمه

ترکیب اکوسیستم‌های خشکی و دریایی موجب پدیدار شدن زیستگاه‌هایی می‌شوند که به آنان تالاب یا مرداب می‌گویند (*سرتاج و همکاران*، ۱۳۸۳). تالاب‌ها و اکوسیستم‌های آبی کشور به‌مثابه سرمایه‌های گران‌قدرند که در تنظیم سطح آب‌های زیرزمینی در محیط اطراف، تعدیل اقلیم، بهره‌مندی‌های چندگانه اهالی اعم از شکار و صید پرندگان آبزی و ماهیان، استفاده از گیاهان آبزی و به‌عنوان راه‌های آبی تنها بخشی از ویژگی‌های آن‌ها است (رحیمی و رئیسی، ۱۳۸۷). ایران دارای حدود ۴۰ تالاب باارزش است که در گردهمایی سال ۱۳۴۹ کنوانسیون رامسر تالاب انزلی به‌عنوان یک تالاب بین‌المللی معرفی شد.

فلزات سنگین یکی از خطرناک‌ترین موادی هستند، که توانایی تجمع در بیوتا را دارد (Caggiano *et al*., 2005; Linde *et al*., 1998). ارگانیسم‌های آبی به‌طور طبیعی در معرض فلزات سنگین در محیط زندگی‌شان قرار می‌گیرند (Kalas *et al*., 2000). توسعه صنایع و افزایش بی‌رویه جمعیت شهرها و روستاها و در پی آن توسعه مناطق کشاورزی و استفاده از کودها و سموم دفع آفات موجب می‌گردد تا مقادیر زیادی

فاضلاب‌های صنعتی و شهری و پساب‌های کشاورزی که دارای ترکیبات شیمیایی مختلف خصوصاً عناصر سنگین هستند، وارد اکوسیستم‌های آبی شوند. این آلودگی‌ها ازجمله عناصر سنگین پس از ورود به اکوسیستم‌های آبی، در بافت‌ها و اندام‌های آبزیان تجمع یافته و نهایتاً وارد زنجیره غذایی می‌شوند، میزان تجمع عناصر سنگین در آبزیان به‌ویژه در ماهیان تابعی از شرایط اکولوژیکی، فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی آب، نوع عنصر و نوع گونه و فیزیولوژیکی بدن جاندار می‌باشند (فاضلی و همکاران، ۱۳۸۴).

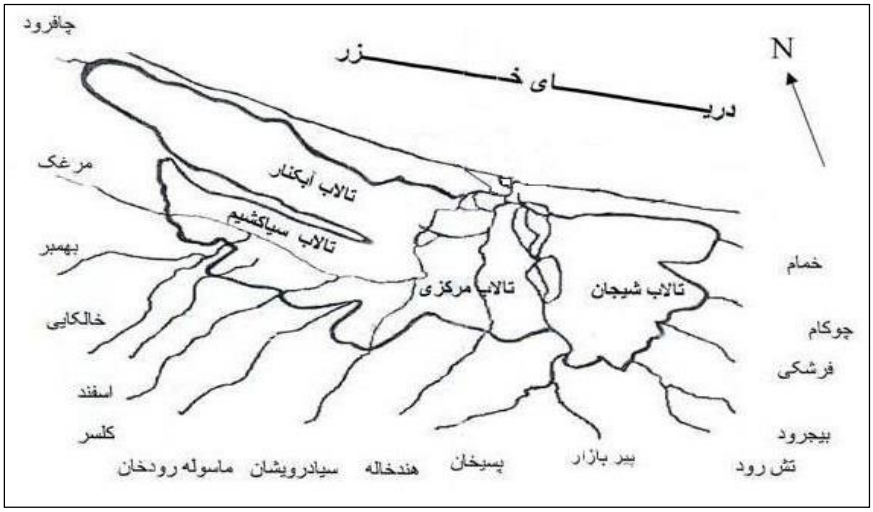
در حال حاضر محصولات دریایی نقش قابل‌توجهی در تأمین غذای مردم جهان دارند و با شناسایی مطلوبیت وبرتری غذایی این فرآورده‌ها بر دیگر مواد پروتئینی روزبه‌روز بر مصرف آن‌ها افزوده می‌شود. افزایش تقاضا برای محصولات دریایی به‌عنوان یک منبع ارزشمند غذایی به‌ویژه در سالیان اخیر موجب رشد و توسعه همه‌جانبه صنعت ماهیگیری، عمل‌آوری و استحصال محصولات دریایی کشورهای واقع در حاشیه دریاها، خلیج‌ها و آب‌های آزادشده است (ناصری و همکاران، ۱۳۸۴). عناصر سنگین تغییرات قابل‌ملاحظه‌ای در چرخه‌های بیوژئوشیمیایی ایجاد کرده و هر یک دارای آثار خاصی در بدن موجودات‌اند (صباغ کاشانی، ۱۳۸۰). این ترکیبات به علت آثار سمی و توان تجمع زیستی در گونه‌های مختلف آبزیان و نیز به دلیل وارد شدن به زنجیره غذایی از اهمیت ویژه‌ای برخوردارند. اغلب ماهی‌ها در زنجیره‌های غذایی در ترازبالا قرار می‌گیرند و غلظت بالایی از فلزات سنگین را از آب جذب می‌کنند. برای متابولیسم نرمال در ماهی ضروری است که فلزاتی شبیه مس و روی که باید از آب، غذا و رسوب باشند را جذب کنند. هدف از این تحقیق بررسی میزان تجمع فلزات سنگین (کادمیوم، مس، روی، سرب و کروم) در بافت عضله گونه‌های موردمطالعه در تراز مختلف غذایی می‌باشد.

ماهیان موردبررسی در این تحقیق از منبع مهم پروتئین برای تغذیه ساکنان اطراف تالاب انزلی به شمار می‌روند ازاین‌رو فلزات سنگین موردمطالعه، تهدیدی برای سلامتی ساکنان محسوب می‌شود. گونه‌های ماهی به‌عنوان شاخص بیولوژیک جهت بررسی تغییرات زیست‌محیطی ایجادشده توسط آلاینده‌های انسانی به‌طور گسترده‌ای استفاده‌شده‌اند (Tekin -Ozan and Kir *et al*., 2008). در این تحقیق ماهیان انتخاب‌شده شامل کپور چه (کاراس) (*Carassius gibelio*)، با تراز غذای همه‌چیزخوار، اردک‌ماهی (*Esox Lucius*) با تراز غذایی گوشت‌خواری می‌باشند (عبدلی، ۱۳۷۸). دلایل انتخاب این‌گونه ماهی‌ها مقایسه ازنظر انباشتگی فلزات سنگین در ترازهای غذایی (همه‌چیزخواری و گوشت‌خواری)، وفور این ماهی‌ها در تالاب و استفاده زیاد از آن‌ها در سبد غذایی مردم می‌باشد. در این تحقیق، علت انتخاب بافت‌های ماهیچه، آب‌شش، کبد، کلیه و روده‌بر اساس تفاوتشان در فرایندهای انباشتگی زیستی در آنالیزهاست. ماهیچه بافت نهایی در ذخیره فلزات است و به‌عنوان مرجع بکار برده می‌شود با علاوه قسمت عمده‌ی خوراکی ماهی را به خود اختصاص می‌دهد و مطالعه بر روی آن می‌تواند ابزاری در سلامت عمومی باشد، آب‌شش‌ها می‌توانند فلزات سنگین را به‌طور مستقیم از آب و به‌طور غیرمستقیم از مواد غذایی جذب نمایند و محل اولیه جذب فلزات از محیط می‌باشند، چراکه در تماس مستقیم با آب می‌باشند (Ebrahimpour and Mushrifah, 2010; Catsiki and Strogyloudi, 1999). کلیه در دفع مواد زائد و کبد در فعل‌وانفعالات نقش بسزایی دارد. روده اندامی فعال در انباشتگی سنگین محسوب می‌شود، باوجوداینکه روده ماهی کمتر مورداستفاده قرار می‌گیرد ولی شاخص زیستی خوبی برای فلزات حاضر در محیط اطراف ماهی محسوب می‌گردد (Zhang *et al*., 2007).

مواد و روش‌ها

تالاب انزلی در شمال ایران واقع‌شده است، مساحت این تالاب ۲۰۰ کیلومترمربع که بین ′۲۸ °۳۷ عرض شمالی و ′۲۵ °۴۹ طول شرقی قرارگرفته است. این تالاب در جنوب شرقی ساحل دریای خزر نزدیک به شهر انزلی قرارگرفته است و تنوع بالایی از فون و فلور تالابی در آن مستقرشده است. این سیستم آبی از حوزه آب شیرین، آبگیرهای کم‌عمق، باتلاق‌ها و علف‌زارهای غوطه‌ور فصلی تشکیل‌شده است (Ramezanpour, 2004). طول متوسط این تالاب ۳۰ کیلومتر، عرض متوسط ۳ کیلومتر و عمق تالاب انزلی متغیر می‌باشد. عمق متوسط آن

حدود ۳ متر می‌باشد. این تالاب از طریق کانالی با عرض ۴۲۶ متر به دریا متصل می‌شود (Jafari, 2009; Asadullayeva and Alekperov, 2007). شکل ۱ موقعیت منطقه موردمطالعه (تالاب انزلی) را نشان می‌دهد.



شکل ۱: موقعیت منطقه موردمطالعه (تالاب انزلی).

نمونه‌گیری ازکل تالاب انزلی در سال ۱۳۸۸ از طریق تورگوش‌گیرصورت گرفت. در این تحقیق ماهیان انتخاب‌شده شامل کپور چه (کاراس) (*Carassius gibelio*)، با تراز غذای همه‌چیزخوار، اردک‌ماهی (*Esox lucius*) با تراز غذایی گوشت‌خواری می‌باشند (عبدلی، ۱۳۷۸). بعد از نمونه‌گیری زیست‌سنجی (وزن و طول استاندارد) هر نمونه و تعیین سن ماهی کپور چه با استفاده از فلس ماهی و توسط لوپ مدل SMZ2X2B ساخت شرکت نیکون با بزرگنمایی دو برابر (۲x) و گونه اردک‌ماهی توسط اندازه‌گیری طول کل و مقایسه با طبقات تعریف‌شده (عبدلی و نادری، ۱۳۸۷) به‌طور اختصاصی انجام شد. در مرحله بعدی ماهی کالبدشکافی شد و بافت‌های عضله، آب‌شش، کبد، کلیه و روده توسط چاقوی استیلی و بدون آلودگی خارج گردید.

در آزمایشگاه اندام‌های استخراج‌شده ابتدا وزن گردید، سپس در آون در دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۷۲ ساعت قرار داده شد تا کاملاً خشک گردند. بعد از خارج کردن نمونه‌ها از آون وزن شد و درصد رطوبت نسبی بافت‌های موردنظر محاسبه گردید.

برای هضم شیمیایی نمونه‌ها، مخلوطی از اسید نیتریک (HNO_3) و اسید پرکلریک ($HCLO_4$) استفاده شد. برای هضم هر نمونه، ابتدا یک گرم از هر بافت خشک به‌دقت وزن شد و در ارلن مایر ۱۰۰ میلی‌لیتر قرار داده شد و ۱۰ میلی‌لیتر اسید نیتریک به هر نمونه اضافه گردید. نمونه‌ها در طول شب در آزمایشگاه قرار گرفتند (بدون حرارت دادن) تا به آهستگی هضم گردند (Nussey *et al*., 2000; Ebrahimpour and Mushrifahet, 2010; Watanabe *et al*., 1996). روز بعد ۵ میلی‌لیتر اسید پرکلریک (۷۰ درصد) به نمونه‌ها اضافه گردید. سپس نمونه‌ها بر روی حمام شن (Sand bath) در دمای ۲۰۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۶ ساعت قرار داده شد تا کاملاً هضم گردند. پس از هضم، نمونه‌ها در هوای محیط قرار داده شدند تا سرد شوند. در پایان ۵۰ میلی‌لیتر آب مقطر به نمونه‌ها اضافه شد (Bahnasawy *et al*., 2009) و سپس نمونه‌ها فیلتر شدند (فیلتر۰/۴۵ میکرومتر). در خاتمه پس از آماده‌سازی، میزان فلزات سنگین بافت‌ها با استفاده از دستگاه جذب اتمی شعله‌ای اندازه‌گیری شدند. در پایان داده‌های به‌دست‌آمده با استفاده از نرم‌افزار (Minitab (version15 تجزیه‌وتحلیل شدند.

نمونه‌برداری از آب در تابستان ۱۳۸۸ در ۱۵ ایستگاه از کل تالاب انجام گرفت. نمونه‌برداری توسط قوطی‌های پلاستیکی استریل شده ۲۵۰ میلی‌لیتری از عمق تقریباً ۵۰ سانتی‌متری از سطح آب صورت پذیرفت. بعد از کدگذاری و اضافه نمودن ۲ سی‌سی اسید نیتریک و رساندن pH

آب به زیر ۲، نمونه‌ها به آزمایشگاه انتقال داده شدند. نمونه‌های آب توسط فیلتر ۰/۴۵ میکرومتر (Cellulose Acetate membrane filter (MCA grade)، فیلتر شدند. فلزات سنگین (کادمیوم، سرب، مس، روی و کروم) توسط دستگاه جذب اتمی گرافیتی (۳۰۳۰) تعیین شدند.

فرآیند مهمی که توسط مواد شیمیایی بر روی ارگانیسم‌های زنده اثر می‌گذارد انباشتگی زیستی می‌باشد. انباشتگی یک ماده شیمیایی به‌طور مستقیم از محیط معمولاً آب (غلظت زیستی) یا از مصرف مواد غذایی حاوی آن مواد شیمیایی(بزرگ‌نمایی زیستی) در بافت‌های ارگانیسم را انباشتگی زیستی می‌گویند (EPA, 2003). بنابراین، تجمع زیستی به معنای افزایش غلظت مواد شیمیایی باگذشت زمان در ارگانیسم‌های زنده در مقایسه با غلظت مواد شیمیایی در محیط می‌باشد. فاکتور انباشتگی زیستی ((The bioaccumulation factor (BAF) از نسبت فلزات سنگین در بافت ماهی (µg g-1) به غلظت فلزات در آب (mg L-1) تعیین می‌شود. در این مطالعه فاکتور زیستی از تقسیم میانگین فلزات سنگین در بافت‌های ماهیان به غلظت فلزات در آب تعیین‌شده است (Harrad and Smith *et al*., 1997).

ازآنجایی‌که تمام استانداردهای جهانی در تعیین حداکثر غلظت مجاز برای سلامت انسان از وزن‌تر استفاده می‌کنند لذا برای تبدیل وزن خشک به وزن‌تر (میکروگرم در گرم) از رابطه ۱ استفاده‌شده است.

رابطه ۱: (۱۰۰ / درصد رطوبت – ۱) X (غلظت برحسب وزن خشک) = وزن‌تر

نتایج

نتایج حاصل از زیست‌سنجی ماهیان صیدشده در جدول۱ ارائه‌شده است. گونه اردک‌ماهی و کپور چه در دو سایز کوچک و بزرگ تفکیک شدند که نتایج حاصل از بیومتری آن‌ها در جدول ۱ آورده شده است. بیش‌ترین طول کل مربوط به گونه اردک‌ماهی سایز بزرگ (۱۸/۳±۲۹۶/۵ میلی‌متر) و بیش‌ترین وزن مربوط به کپور چه سایز بزرگ (۱۵۰/۳±۳۱۴/۲ گرم) می‌باشد و کمترین طول و وزن مربوط به گونه کپور چه سایز کوچک با ۶/۶±۲۰۰/۸ میلی‌متر و ۱۱/۶۰±۱۳۴/۱۷ گرم بوده است. ماهیان موردمطالعه در دامنه سنی یکسانی انتخاب گردید که مدت‌زمان در معرض قرارگیری با فلزات سنگین در دامنه زمانی یکسانی باشد. تعیین سن ماهی با استفاده از فلس گونه کپور چه و برای گونه اردک‌ماهی با توجه به طول کل صورت پذیرفت.

مختصات جغرافیایی ۱۵ ایستگاه نمونه‌برداری آب در جدول ۲ ارائه گردیده است. میانگین غلظت کادمیوم در آب ۱/۴۹ میکروگرم بر لیتر ، میانگین غلظت روی در آب ۱۸/۹۶ میکروگرم بر لیتر، میانگین غلظت مس در آب ۱۳ میکروگرم بر لیتر، میانگین غلظت سرب در آب ۵/۶۸ میکروگرم بر لیتر و میانگین غلظت کروم در آب برابر۲/۲۳ میکروگرم بر لیتر بود. غلظت فلزات سنگین در ایستگاه‌های مختلف به‌صورت روی> مس> سرب> کروم> کادمیوم بود.

جدول ۱: نتایج حاصل از زیست‌سنجی ماهیان (کپورچه (*Carassius gibelio*) و اردک ماهی (*Esox lucius*)) در تالاب انزلی (۱۳۸۸).

	کپور چه		اردک‌ماهی	
مشخصات	**سایز بزرگ (n=۲۱)**	**سایز کوچک (n=۲۱)**	**سایز بزرگ (n=۱۵)**	**سایز کوچک (n=۱۵)**
وزن (گرم)	۱۵۰/۳±۳۱۴/۲	۱۱/۶۰±۱۳۴/۱۷	۳۳/۸±۲۹۰	۳۰/۷۱ ± ۱۷۶
طول استاندارد (میلی‌متر)	۳۳±۲۱۲/۳	۷/۱±۱۶۴/۲	۱/۵ ±۳۰۹/۵	۲۹/۱ ±۲۷۱/۵
طول چنگالی (میلی‌متر)	۳۴/۳±۲۴۰/۵	۶±۱۸۶/۳	۸۱±۵۳۳	۱۷/۷±۲۸۳/۵
طول کل (میلی‌متر)	۳۵/۵ ±۲۶۲/۹	۶۶ ± ۲۰۰/۸	۱۸۶ ± ۳۵۵	۳۱۸±۲۹۶/۵
سن (سال)	>۳	<۳	>۳	< ۳

جدول ۲: میانگین، انحراف معیار و دامنه غلظت فلزات سنگین (میکروگرم در لیتر) در ایستگاه‌های نمونه‌برداری آب در تالاب انزلی (۱۳۸۸) انزلی (۱۳۸۸).

فلزات	میانگین	انحراف معیار	حداقل	حداکثر
کادمیوم	۱/۴۹	۱/۳۶	۰/۳	۴/۴
مس	۱۳	۹/۰۸	۶	۴۲
روی	۱۸/۹۶	۱۲/۵۶	۵/۷	۴۵/۷۲
سرب	۵/۶۸	۵/۵۹	۰/۶۷	۱۸/۴۵
کروم	۲/۲۳	۱/۴۳	۰/۸	۵/۷

میانگین میزان کادمیوم در بافت‌های مختلف ماهیان تالاب انزلی در جدول ۳ و ۴ نشان داده‌شده است. نتایج حاصله مبین حداکثر میزان جذب و انباشتگی کادمیوم در کبد اردک‌ماهی با میانگین ۱/۹۶ میکروگرم در گرم و حداقل میزان جذب و انباشتگی آن در عضله اردک‌ماهی بزرگ (۰/۲۰ میکروگرم در گرم) بوده است و روند تغییرات به‌صورت کبد> روده>کلیه> آب‌شش> ماهیچه به‌جز در کپور چه کوچک کبد>کلیه>روده > آب‌شش>ماهیچه می‌باشد.

میانگین میزان مس در بافت‌های مختلف ماهیان تالاب انزلی در جدول ۳ و ۴ نشان داده‌شده است. نتایج حاصله مبین حداکثر میزان جذب و انباشتگی مس در کبد در گونه اردک‌ماهی کوچک و کپور چه بزرگ ترتیب میانگین ۲۴/۲ میکروگرم در گرم و حداقل میزان جذب و انباشتگی آن در عضله کپور چه بزرگ (۷/۲ میکروگرم بر گرم) ماهیان بوده است و روند تغییرات در گونه‌های کپور چه بزرگ و اردک‌ماهی کوچک به‌صورت کبد>روده >کلیه >آب‌شش>عضله می‌باشد و این روند در گونه کپور چه کوچک و اردک‌ماهی بزرگ به‌صورت کبد>کلیه>روده >آب‌شش>عضله می‌باشد.

میانگین میزان روی در بافت‌های مختلف ماهیان تالاب انزلی در جدول ۳ و ۴ نشان داده‌شده است. نتایج حاصله مبین حداکثر میزان جذب و تجمع مس در کبد اردک‌ماهی سایز بزرگ با میانگین ۴۹/۶۴ میکروگرم در گرم و حداقل میزان جذب و تجمع آن در عضله گونه کپور چه کوچک با میانگین ۱۹/۳۷ میکروگرم در گرم بوده است و روند تغییرات در چهار گونه متفاوت و به‌صورت ذیل می‌باشد: کپور چه بزرگ آب‌شش> کبد>کلیه>روده>ماهیچه و در گونه کپور چه کوچک به‌صورت آب‌شش>کلیه>کبد>روده>ماهیچه و در گونه اردک‌ماهی بزرگ و کوچک به‌صورت کبد>کلیه>روده>آب‌شش>ماهیچه می‌باشد

میانگین میزان سرب در بافت‌های مختلف ماهیان تالاب انزلی در ۳ و ۴ نشان داده‌شده است. حداکثر میزان جذب و انباشتگی سرب در کلیه و کبد اردک‌ماهی بزرگ (۵/۴ میکروگرم در گرم) و حداقل میزان جذب و انباشتگی آن در ماهیچه کپور چه بزرگ با میانگین ۱/۰۸ میکروگرم در گرم ماهیان بوده است و روند تغییرات در چهار گونه متفاوت بود، کپور چه بزرگ کلیه>آب‌شش>روده>کبد>ماهیچه و در گونه کپور چه کوچک به‌صورت آب‌شش>کبد>روده> کلیه>ماهیچه و در اردک‌ماهی سایز بزرگ و کوچک کلیه>کبد>آب‌شش>روده >ماهیچه مشاهده شد

میانگین میزان کروم در بافت‌های مختلف ماهیان تالاب انزلی در ۳ و ۴ نشان داده‌شده است. حداکثر میزان جذب و تجمع کروم در کبد اردک‌ماهی سایز بزرگ با میانگین ۴/۶۸ میکروگرم در گرم و حداقل میزان جذب و انباشتگی آن در ماهیچه اردک‌ماهی بزرگ ۰/۶۱ میکروگرم در گرم وزن خشک ماهیان بوده است و روند تغییرات این فلز در گونه کپور چه بزرگ و اردک‌ماهی بزرگ به‌صورت کبد> کلیه> آب‌شش> روده>ماهیچه می‌باشد و در گونه کپور چه کوچک و اردک‌ماهی کوچک به‌صورت کبد >کلیه >روده>آب‌شش > ماهیچه مشاهده گردید

فاکتور انباشتگی زیستی در ترازهای غذای مختلف در جدول ۳ و ۴ نشان داده‌شده است . بالاترین فاکتور انباشتگی زیستی برای فلز کادمیوم در کبد گوشت‌خوار باارزش ۱۳۵۰ و کمترین ارزش متعلق به ماهیچه گوشت‌خوار سایز بزرگ ۱۳۴ تعیین شد. بالاترین فاکتور انباشتگی زیستی

برای فلز مس در کبد (۱۸۶۳) گوشت‌خوار سایز بزرگ و همچنین کمترین فاکتور انباشتگی زیستی مس در ماهیچه همه‌چیزخوار سایز بزرگ (۵۵۴) مشاهده گردید. بالاترین فاکتور انباشتگی زیستی روی در کبد (۲۵۳۰) گوشت‌خوار سایز بزرگ و کمترین انباشتگی در ماهیچه (۱۰۲۲) همه‌چیزخوار سایز کوچک و همچنین بالاترین انباشتگی زیستی سرب در کلیه (۹۵۱) گوشت‌خوار سایز بزرگ و کمترین در ماهیچه گوشت‌خوار سایز کوچک (۱۷۵) و بیشترین فاکتور انباشتگی فلز کروم در کبد گوشت‌خوار سایز بزرگ (۲۳۴۰) و کمترین انباشتگی در ماهیچه گوشت‌خوار سایز بزرگ (۳۰۵) مشاهده گردید.

جدول ۳ : میانگین فلزات سنگین (میکروگرم بر گرم وزن خشک) و فاکتور تجمع زیستی (BAF) کادمیوم، روی، سرب، مس و کروم در بافت‌های مختلف ماهی کپور چه(*Carassius gibelio*) (با تراز غذایی همه‌چیزخواری) در تالاب انزلی (۱۳۸۸).

فلزات		کپور چه کوچک					کپور چه بزرگ				
		ماهیچه	آبشش	کلیه	کبد	روده	ماهیچه	آبشش	کلیه	کبد	روده
کادمیوم	میانگین	۰/۲۹	۰/۴۲	۰/۶۵	۱/۰۵	۰/۷	۰/۲۱	۰/۴۴	۰/۶۴	۰/۹	۰/۸
	BAF	۱۹۵	۲۸۲	۴۳۶	۷۵۰	۴۷۰	۱۴۱	۲۹۵	۴۳۰	۶۰۴	۵۳۷
سرب	میانگین	۱/۳۳	۳/۱۲	۱/۹۵	۳/۱	۲/۳۳	۱/۰۸	۲/۶۷	۳/۹۲	۲/۲	۲/۸۳
	BAF	۲۳۴	۵۴۹	۳۴۳	۵۴۶	۴۱۰	۱۹۰	۴۷۰	۶۹۰	۳۸۷	۴۹۰
مس	میانگین	۷/۴۴	۱۱/۹۳	۱۷/۰۵	۲۰/۵	۱۲/۲	۷/۲	۱۴/۰۲	۱۶/۹۲	۲۴/۲	۱۷/۲
	BAF	۵۷۳	۹۱۸	۱۳۱۲	۱۵۷۷	۹۳۸	۵۵۴	۱۰۷۹	۱۳۰۲	۱۸۶۲	۱۳۲۳
روی	میانگین	۱۹/۳۷	۳۱/۰۳	۲۸	۲۷/۳۵	۲۵/۸۸	۲۲/۲۴	۲۷/۲۹	۲۳/۹۲	۲۶/۸	۲۳/۱۸
	BAF	۱۰۲۲	۱۶۳۷	۱۴۷۷	۱۴۴۳	۱۳۶۵	۱۱۷۳	۱۴۳۹	۱۲۶۲	۱۴۱۴	۱۲۲۳
کروم	میانگین	۰/۷۸	۰/۹۶	۲/۵	۲/۷	۱/۱۳	۰/۶۵	۱/۴۴	۲/۶	۴/۲	۱/۰۵
	BAF	۳۵۰	۴۳۰	۱۱۲۱	۱۲۱۱	۵۰۷	۲۹۱	۶۴۶	۱۱۶۶	۱۸۸۳	۴۷۱

در تحقیق حاضر همبستگی بین غلظت فلزات سنگین در بافت‌های مختلف و سایزهای مختلف ماهی مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج در جداول ۵ و۶ آورده شده است. بر اساس نتایج به‌دست‌آمده، تفاوت معنی‌داری ($P<۰/۰۵$) رابین میانگین غلظت فلزات سنگین و سایز ماهی در دو گونه (فقط در چند مورد استثناء) نشان نمی‌دهد.

جدول٤ : میانگین فلزات سنگین (میکروگرم بر گرم وزن خشک) و فاکتور تجمع زیستی (BAF) کادمیوم، روی، سرب، مس و کروم در بافت‌های مختلف اردک‌ماهی (*Esox lucius*) (با تراز غذایی گوشت‌خواری) در تالاب انزلی (۱۳۸۸).

فلزات		اردک‌ماهی کوچک						اردک‌ماهی بزرگ				
		ماهیچه	آب‌شش	کلیه	کبد	روده	ماهیچه	آب‌شش	کلیه	کبد	روده
کادمیوم	میانگین	۰/۲۵	۰/۶۵	۰/۹۲	۱/۹۶	۱/۲۸	۰/۲	۰/۶۳	۱	۱/۹۶	۱/۱
	BAF	۱۶۸	۴۳۶	۶۱۷	۱۳۱۵	۸۵۹	۱۳۴	۴۲۳	۶۷۱	۱۳۱۵	۷۳۸
سرب	میانگین	۰/۸۸	۳/۱	۳/۷۲	۳/۳	۲/۹۶	۱/۲۲	۳/۷۳	۵/۴	۵/۳۸	۲/۳۵
	BAF	۱۵۵	۵۴۶	۶۵۵	۵۸۱	۵۲۱	۲۱۵	۶۵۷	۹۵۱	۹۴۷	۴۱۴
مس	میانگین	۹/۳۲	۱۲/۸۹	۱۹/۸۴	۲۲/۸۸	۱۸/۴۵	۸/۹۱	۱۲/۸۹	۲۰/۸	۲۴/۲۲	۲۱/۹۵
	BAF	۷۱۷	۹۹۲	۱۵۲۶	۱۷۶۰	۱۱۰۰	۶۸۶	۹۵۸	۱۶۰۰	۱۸۶۳	۱۴۱۹
روی	میانگین	۲۸/۴	۳۳/۵۲	۴۱/۶۴	۴۶/۵	۲۱/۹۵	۲۰/۲۹	۲۹/۱۷	۳۶/۹۲	۴۹/۶۴	۲۸/۹۴
	BAF	۱۴۹۸	۱۷۹۰	۲۱۹۶	۲۴۵۳	۱۱۵۸	۱۰۷۰	۱۵۳۹	۱۹۴۷	۲۶۱۸	۱۵۲۶
کروم	میانگین	۰/۷۳	۱/۴۵	۳/۹۶	۴/۳۸	۱/۶۷	۰/۶۱	۱/۷۴	۲/۰۸	۴/۶۸	۱/۴۱
	BAF	۳۶۵	۷۲۵	۱۹۸۰	۲۱۹۰	۸۳۵	۳۰۵	۸۷۰	۱۰۴۰	۲۳۴۰	۷۰۵

جدول ۵: تفاوت‌های آماری بین فلزات کادمیوم، مس، روی، سرب و کروم در ماهیچه، آب‌شش، کلیه، کبد و روده دو سایز ماهی کپور چه (*Carassius gibelio*) در تالاب انزلی (۱۳۸۸).

	کادمیوم		مس		روی		سرب		کروم	
	T- value	P-value	T- value	P-value	T- value	P-value	T- value	P-value	T- value	P-value
ماهیچه	۳۲	ns	-۱/۵۲	ns	۱/۰۳	ns	۰/۶۹	ns	-۰/۱۸	ns
آب‌شش	-۱/۹۳	ns	-۱/۱۲	ns	۰/۷۶	ns	۰/۶۳	ns	-۱/۶۶	ns
کبد	۰/۷۹	ns	-۰/۸۷	ns	۰/۲۷	ns	۲/۴۳	ns	-۲/۰۰	ns
کلیه	۰/۰۶	ns	۰/۰۷	ns	۱/۵۹	ns	-۵/۵۷	۰/۰۱	-۰/۲۳	ns
روده	-۰/۷۳	ns	-۳/۹۴	۰/۰۵	۱/۶۸	ns	-۱/۲۶	ns	۰/۳۰	ns

جدول ۶: تفاوت‌های آماری بین فلزات کادمیوم، مس، روی، سرب و کروم در ماهیچه، آب‌شش، کلیه، کبد و روده دو سایز متفاوت اردک‌ماهی (*Esox lucius*) در تالاب انزلی (۱۳۸۸).

	کادمیوم		مس		روی		سرب		کروم	
	T- value	P-value	T- value	P-value	T- value	P-value	T- value	P-value	T- value	P-value
ماهیچ	/۹۵	n s	/۱۹	n s	/۹۶	ns	/۸۵	ns	/۷۹	ns
ه	۰	۰	۰	۲	۰	-۰	۰			ns

آب‌ش	/۱۶	n	/۴۳	n	/۴۷	ns	/۰۶	ns	/۵۱						
ش	۰	s	۰	s	۱		-۱		-۱						
کبد	/۰۰	n	/۴۴	n	/۵۰	ns	/۸۱	ns	/۳۸	/۰۱	ns				
	۰	s	-۰	s	-۰		-۳		-۰	۰					
کلیه	/۴۶	n	/۳۹	n	/۸۹	ns	/۶۳	ns	/۹۷	/۰۱	/۰۵				
	-۰	s	-۰	s	۰		-۳		۲	۰	۰				
روده	/۰۰	n	/۴۴	n	/۵۰	ns	/۸۱	ns	/۳۸	/۰۱	ns				
	۰	s	-۰	s	-۰		-۳		-۰	۰					

جدول ۷: مقایسه حداکثر غلظت مجاز (میکروگرم در گرم وزن‌تر) فلزات سنگین کادمیوم، مس، روی و سرب و کروم در غذاهای دریایی جهت مصرف انسان.

منبع	کروم	مس	کادمیوم	سرب	روی	استاندارد/ گونه ماهی
Ikem *et al.*, 2003	-	۳۰	۰/۵	۰/۵	۳۰	FAO
Pourang *et al*,. 2005A. 2005.B	-	۱۰	۰/۲	–	۱۰۰۰	WHO
Pourang *et al.*, 2005	-		۰/۲	۲		Germany
Pourang et al., 2005	-		۰/۱	۱		Switzerland
Viana *et al.*, 2005	-	۳۰				BMH
Al-Yousuf *et al.*, 2000	-	۱۰	۰/۲			ANHMC
Alam *et al.*, 2002	-	۱۰		۱		AFSC
Roméo *et al*,. 1999	-		۰/۵			CSHPF
Pourang *et al.*, 2005.B	–	۲۰	۰/۲		۵۰	U.K (MAFF)
Pourang *et al.*, 2005.B	–		۱-۰/۰۵			Nertherlands
Pourang *et al.*, 2005.B	–	۳۰	۱		۴۰	Newzeoland
Pourang *et al.*, 2005.B	–	۱۰-۷۰	۵/۵-۰/۲		-۱۰۰۰	Australia
Pourang *et al.*, 2005.B	–		۰/۲		۴۰	Hong Kong
در مطالعه حاضر	۰/۱۷	۱/۷۴	۰/۰۷	۰/۳۱	۴/۵۴	کپور چه کوچک
در مطالعه حاضر	۰/۱۵	۱/۶۹	۰/۰۵	۰/۲۵	۵/۲۱	کپور چه بزرگ
در مطالعه حاضر	۰/۱۴	۱/۸۶	۰/۰۴	۰/۱۸	۵/۸۴	اردک‌ماهی کوچک
در مطالعه حاضر	۰/۱۲	۱/۷۷	۰/۰۴	۰/۲۳	۴/۳۴	اردک‌ماهی بزرگ

بحث و نتیجه‌گیری

فلزات سنگین در محیط‌های آبی به‌صورت محلول باقی می‌مانند یا متوقف‌شده، و به‌سرعت توسط ارگانیسم جذب می‌شوند.آنالیز غلظت فلزات سنگین در نمونه‌های بیوتا در مکان‌های یکسان نشان داده است که انتقال فلزات را در ترازهای مختلف غذایی صورت می‌گیرد (*Turkmen et al.*, 2005). در بین ارگانیسم‌های مختلف آبزی، ماهیان دارای بیشترین تحرک هستند و توانایی مهاجرت به مسافت‌های طولانی رادارند. بااین‌حال ماهیان انتخابی در این مطالعه عمدتاً در مناطق تالابی می‌باشند و کمتر به مسافت‌های طولانی مهاجرت می‌کنند. مطالعات فلزات سنگین در ماهی می‌تواند مدرکی دال بر آلودگی در محیط‌های آبی باشد. در بررسی حاضر میزان کادمیوم، روی، مس، سرب و کروم در بافت‌های اردک‌ماهی و کپور چه از تالاب انزلی برآورد شده است.

الگوی تجمع فلزات سنگین در بافت‌های هر دو گونه ماهی انتخابی از تالاب انزلی به ترتیب نزولی صورت ذیل می‌باشد: روی> مس> سرب> کروم> کادمیوم . یک مورد استثناء الگوی پراکنش فلزات در کبد کپور چه سایز بزرگ و اردک‌ماهی سایز کوچک به‌صورت ذیل بوده است: روی> مس> کروم> سرب> کادمیوم که میزان جذب و انباشتگی فلزات با توجه به الگوی ارائه‌شده توسط دیگر محققین ازجمله *Yilmaz* و همکاران (۲۰۰۹)، و *Dalma* (۲۰۰۶) و *Turan* و همکاران (۲۰۰۹) منطبق می‌باشد.

میزان فاکتور انباشتگی زیستی توصیفی از میزان غلظت شیمیایی در داخل بدن ارگانیسم به غلظت در محیط اطراف دربرگیرنده آن می‌باشد. میزان فاکتور تجمع زیستی در بافت‌های مختلف دو گونه در دو سایز مختلف گویای این است که کبد در تراز غذایی گوشت‌خواری در سایز بزرگ توانایی بیشتری در تجمع نسبت به سایر بافت‌های ماهیان موردمطالعه دارد و ماهیچه کمترین توان انباشتگی زیستی را دارد.

توان انباشتگی زیستی کادمیوم، مس، روی و کروم به ترتیب گوشت‌خوار سایز کوچک > گوشت‌خوار سایز بزرگ > همه‌چیزخوار سایز کوچک > همه‌چیزخوار سایز بزرگ و توان انباشتگی فلز سرب به‌صورت گوشت‌خوار سایز بزرگ > گوشت‌خوار سایز کوچک > همه‌چیزخوار سایز بزرگ > همه‌چیزخوار سایز کوچک. نتیجه تحقیق نشان‌دهنده این است که سایز کوچک توان انباشتگی بیشتری فلزات سنگین نسبت به سایز کوچک دارند. اما در مطالعه حاضر تفاوت معنی‌داری ($p>۰/۰۵$) بین میانگین غلظت فلزات سنگین و سایز ماهی بین دو گونه فقط در چند مورد استثناء مشاهده نشد، تفاوت معنی‌داری بین غلظت سرب و سایز ماهی در کلیه($p<۰/۰۱$) و بین غلظت مس و سایز ماهی در روده ($p<۰/۰۵$) گونه کپور چه مشاهده گردید. همچنین نتایج نشان می‌دهد که تفاوت معنی‌داری بین غلظت روی و سایز ماهی در ماهیچه ($p<۰/۰۵$)، بین غلظت سرب و سایز ماهی در کلیه ($p<۰/۰۱$)، بین غلظت کروم و سایز ماهی در کلیه ($p<۰/۰۵$) و بین غلظت سرب و سایز ماهی در کبد ($p<۰/۰۱$) در گونه اردک‌ماهی مشاهده گردید. نتایج این مطالعه برخلاف نتایج به‌دست‌آمده با Klavins و همکاران (۲۰۰۹) و *Kojadinovic* و همکاران (۲۰۰۷) بوده است. از دلایل نتایج به‌دست‌آمده نقص فرضیه و نتیجه بعضی از محققین می‌توان به دلیل تأثیرگذاری عواملی چون نوع گونه، خصوصیات فیزیولوژیکی و اکولوژیکی، الگوهای تغذیه‌ای متفاوت و زمان رشد ماهی اشاره نمود.

غالب نظرات بر آن است که کبد ذخیره‌گاه عناصر بوده و بیشترین میزان عناصر سنگین در کبد انباشتگی می‌یابند (Yilmaz *et al.*, 2009) و کمترین میزان در بافت ماهیچه یافت می‌شود (فاضلی و همکاران، ۱۳۸۴؛ Ebrahimpour and Mushrifah, 2010). تفاوت غلظت فلزات سنگین در بافت‌های گوناگون ماهیان می‌تواند ناشی از متغیر بودن توان فلزات سنگین درزمینه غلبه بر پیوندهای فلزی پروتئین‌ها نظیر متالوتیونین‌ها (گروه وسیعی از پروتئین‌ها با وزن مولکولی پایین هستند که در تنظیم کاتیون‌های دو بار مثبت نقش دارند. در این راستا هرگاه موجود آبزی، مانند ماهی در معرض فلزات کمیاب ضروری و غیرضروری قرار گیرد، تولید متالوتیونین افزایش می‌یابد، که این پروتئین به‌عنوان مارکرهای زیستی محسوب می‌شوند) باشد. همچنین تفاوت نیازهای اکولوژیکی و فعالیت‌های متابولیک ماهیان می‌تواند به‌عنوان عامل‌های مهم دیگری تلقی شود (Canli and Atli, 2003؛ امینی رنجبر و ستوده نیا، ۱۳۸۴). فلزات سنگین اندام هدف خود را بر اساس میزان فعالیت متابولیک آن انتخاب

می‌کنند، علت انباشتگی بیشتر فلزات در بافت‌هایی نظیر کبد، کلیه و آبشش‌ها را در مقایسه با بافت ماهیچه (با فعالیت متابولیک کمتر) و همچنین میزان چربی بافت‌ها نیز می‌تواند عامل مهمی در انباشتگی آلاینده‌ها در اندام‌های مختلف تفسیر می‌نماید (امینی رنجبر و ستوده نیا، ۱۳۸۴).

در این مطالعه غلظت کادمیوم، مس، روی و سرب در ماهیچه دو گونه ماهی تالاب انزلی برای بررسی امکان انتقال این فلزات به جمعیت‌های انسانی از طریق مصرف انسانی موردبررسی قرار گرفت. برای هدف این مقایسه وزن‌تر محاسبه گردید. که با توجه به محاسبات انجام‌شده، انباشتگی فلزات سنگین در بافت ماهیچه دو گونه ماهیان موردمطالعه از تالاب انزلی پایین‌تر از سطح نگرانی بین‌المللی می‌باشد و ظاهراً در حدی نیست که خطرات بالقوه‌ای برای مصرف‌کنندگان داشته باشد، و یا در حدی نیست که آسیب جدی به سیستم‌های بیولوژیکی ماهیان وارد نماید. غلظت پایین و قابل‌توجه مس و روی در مقایسه با استانداردهای جهانی احتمالاً می‌تواند به سبب جذب شیمیایی فلز مس و روی با ترکیب‌های موجود در بافت عضله ماهیان در پایین‌ترین سطح باشد. کروم معمولاً به‌عنوان آلوده‌کننده در ماهی در آزمایشات معمولاً به‌عنوان هدف بررسی مورداستفاده قرار نمی‌گیرد و اطلاعات حاضر برای اهداف مقایسه‌ای برای این عنصر وجود ندارد (Storelli *et al*., 2005). نتیجه‌گیری کلی اینکه این محاسبات نشان‌دهنده عدم آلودگی شدید منطقه مذکور به عناصر و به‌تبع آن کمی انباشتگی این عنصر در عضله ماهیان موردمطالعه می‌باشد. ولی ضروری است تدبیری اندیشه گردد تا با اعمال مدیریت صحیح و قوی بتوان از ورود آلاینده‌های مختلف به این اکوسیستم باارزش جلوگیری به عمل آید و نهایتاً بر درصد اطمینان از سلامت ماهی و سلامت مصرف‌کننده انسان افزود.

با توجه به روند افزایش فعالیت‌های انسانی در سواحل تالاب انزلی و ورود آلاینده‌های مختلف به اکوسیستم تالاب و به مخاطره افتادن حیات آبزیان و همچنین نیاز روزافزون و وابستگی انسان برای تأمین مواد غذایی باید تمعیدات لازم جهت کاهش ورود آلاینده‌ها به اکوسیستم اندیشید.

منابع

امینی رنجبر، غ. ر. و ستوده نیا، ف.، ۱۳۸٤. تجمع فلزات سنگین در بافت عضله ماهی کفال طلایی (*Mugil auratus*) در ارتباط با برخی مشخصات بیومتریک (طول استاندارد، وزن، سن و جنسیت). مجله علمی شیلات. سال چهاردهم. شماره ۳. ۱۵– ۱.

رحیمی، ا. و رئیسی، م. ۱۳۸۷. تعیین میزان سرب و کادمیوم در گوشت ماهیان صیدشده از تالاب چغارخور استان چهارمحال بختیاری. مجله دامپزشکی ایران. دوره چهارم شماره ۴. صفحات۸۳ – ۷۹.

سرتاج، م.، فتح‌اللهی دهکردی، ف. و فیلی زاده، ی.، ۱۳۸۳. بررسی منابع آلاینده، توان خودپالایی و عملکرد تالاب انزلی در کاهش و حذف آلاینده‌های صنعتی،کشاورزی و شهری. اولین کنگره ملی مهندسی عمران.

شهریاری، ع.، ۱۳۸٤. اندازه‌گیری مقادیر فلزات سنگین کادمیوم،کروم،سرب ونیکل در بافت خوراکی ماهیان شوریده وسرخوخلیج فارس.. مجله علمی دانشگاه علوم پزشکی گرگان.دوره هفتم.صفحات ۶۷–۶۵.

صادقی راد، م.، امین رنجبر، غ، ر.، ارشد، ع. و جوشیده، ه.، ۱۳۸۲. بررسی میزان تجمع روی و مس در بافت عضله وخاویار تاسماهی (*A. Persicus*) وازون برون (*A. stellatus*) حوضه جنوبی دریای خزر پژوهش و سازندگی. صفحات۵۱– ۵۵ .

صباغ کاشانی، آ.، ۱۳۸۰. تعیین میزان برخی فلزات سنگین در عضله، کبد، کلیه، آبشش و تخمدان ماهی کفال (*Liza aurata*)سواحل جنوبی دریای خزر. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه تربیت مدرس.

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

عبدلی، ا.، نادری، م.، ۱۳۷۸. تنوع زیستی ماهیان حوضه جنوبی دریای خزر. انتشارات علمی آبزیان. صفحه ۲۳۷.

فاضلی، م. ش.، ابطحی، ب. و صباغ کاشانی، آ.، ۱۳۸٤. سنجش تجمع فلزات سرب،نیکل و روی دریافت‌های ماهی کفال(*Liza aurata*) سواحل جنوبی دریای خزر.مجله علمی پژوهشی شیلات.صفحات ۶۵–۷۸

کریمی، آ.، یزدان داد، ح. و اسماعیلی، ع.، ۱۳۸٦. بررسی تجمع فلزات سنگین کادمیوم، کروم، مس، روی و آهن در برخی اندام‌های باکلان بزرگ*Phalacrocorax carbo* در تالاب انزلی. محیط‌شناسی، سال سی و سوم، شماره ۴۳ . صفحه۹۲–۸۳

ناصری، م.، رضایی، م.، عابدی، ع. و افشار نادری، ا.، ۱۳۸٤. سنجش مقادیر برخی عناصر سنگین (آهن، مس، روی، منیزیم، منگنز، جیوه، سرب و کادمیوم) در بافت‌های خوراکی و غیرخوراکی سواحل بوشهر (*Liza dussumieri*) ماهی کفال پشت سبز. زمستان و پاییز ۳. شماره۴. صفحات ۶۷-۵۹.

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. Science of the Total Environment. 256: 87-94.

Asadullayeva, E. and Alekperov, I., 2007. Free-living ciliates of the Anzali Wetland of the Caspian Sea. Turkish Journal Zoology. 31: 143-149.

Caggiano, R., Sabia, S., D'Emilio, M., Macchiato, M., Anastasio, A., Ragosta, M. and Paino, S., 2005. Metal levels in fodder, milk, dairy products, and tissues sampled in ovine farms of Southern Italy. Environmental Research 99, 48–57.

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

Catsiki, A. V. and Strogyloudi, E., 1999. Survey of metal levels in common fish species from Greek waters. Sci .Total. Environ. 237:387–400.

Dalman, O., Demirak, A. and Balc, A., 2006. Determination of heavy metals (Cd, Pb) and trace elements (Cu, Zn) in sediments and fish of the Southeastern Aegean Sea (Turkey) by atomic absorption spectrometry. Food Chemistry. 95: 157–162.

Ebrahimpour, M. and Mushrifah, I., 2010. Seasonal Variation of Cadmium, Copper, and Lead Concentrations in Fish from a Freshwater Lake. Biological Trace Element Research. (10.1007/s12011-009-8596-2).

EPA, 2003. Methodology for deriving ambient water quality criteria for the protection of human health (2000). Technical Support Document Volume 2: Development of National Bioaccumulation Factors: EPA-822-R-03-030.

Harrad, S. J. and Smith, D. J. T., 1997. Bioaccumulation Factors (BAFs) and Biota to Sediment Accumulation Factors (BSAFs) for PCBs in pike and eels. Environmental Science and Pollution Research 4.

Ikem, A.Egiebor, N. O. and Nyavor, K., 2003. Trace elementsin water, fish and sediment from Tuskegee lake.Southern USA,Water.Air, and Soil Pollution 149: 51–75.

Jafari, N., 2009. Ecological integrity of wetland, their functions and sustainable use. Journal of Ecology and Natural Environment. 1(3): 045-054.

Kalas, J. A., Steinnes, E. and Lierhagen, S., 2000. Lead exposure of small herbivorous vertebrates from atmospheric pollution. Environmental Pollution 107, 21-2.

Klavins, M., Potapovics, O. and Rodinov, V., 2009. Heavy Metals in Fish from Lakes in Latvia: Concentrations and Trends of Changes. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology. 82: 96–100.

Kojadinovic, J., Potier, M., Le Corre, M., Cosson, M. and Bustamante, M., 2007. Bioaccumulation of trace elements in pelagic fish from the Western Indian Ocean Environmental Pollution. 146(2): 548-566.

Linde, A.R. Sanchez-Galan, S. Izquierdo, J. I. Arribas, P. Maranon, E. and Garcia–Vazquez, E., 1998. Brown trout as biomonitor of heavy metal pollution: Effect of age on the reliability of the assessment. Ecotoxicolgy and Environmental Safety 40, 120–125

Moriarty, F., 1999. Ecotoxicology, the study of pollutants in ecosystems. 3rd ed. London: Academic press.

Nussey, G.V., uren, J. H. J. And Preez, H. H., 2000. Bioaccumulation of chromium, manganese, nickel and lead inthe tissues of the moggel, Labeoumbratus (Cyprinidae), from Witbank Dam, Mpumalanga. Water SA. 26:269–284.

Pourang, N., Nikouyan, A. and Dennis, J. H., 2005. Concentration in fish surficial surficialsurficial sediments and water from northern part of the Perian gulf environmental monitoring and assessment. 109: 293–316.

Ramezanpoor, Z., 2004. Ecological study of phytoplankton of the Anzali lagoon (N Iran) and its outflow into the Caspian Sea. Czech Phycology, Olomouc. 4: 145-154.

Romeoa, M., Siaub, Y., Sidoumou, Z., and Gnassia Barelli, M., 1999. Heavy metal distributionin different fish species from the Mauritania coast. Science of the Total Environment. 232: 169-175.

Storelli, M. M., Storelli, A., D'ddabbo, R., Marano, C., Bruno R. and Marcotrigiano, G. O., 2005. Trace elements in loggerhead turtles (Caretta caretta) from the eastern Mediterranean Sea: overview and evaluation. Environmental Pollution. 135: 163–170.

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.

Turan, C., Dural, M., Oksuz, A. and Ozturk, B., 2009. Levels of heavy metals in some commercial fish species captured from the black sea and Mediterranean coast of Turkey. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology. 82: 601–604.

Turkmen, A., Turkmen, M., Tepe Y. and Akyurt, I., 2005. Heavy metals in three commercially valuable fish species from Iskenderun Bay, Northern East Mediterranean Sea, Turkey. Food Chemistry. 91: 167–172.

Uysal, K., Kose, E., Bulbul, M., Donmez, Z., Erdogan, Y., Koyun, M., Omeroglu, C. and Ozmal, F., 2009. The comparison of heavy metal accumulation ratios of some fish species in Enne Dame Lake (KUtahya/Turkey). Environmental Monitoring and Assessment. 157.

Viana, F. Huertas, R. and Danulat, E., 2005. Heavy Metal Levels in Fish from Coastal Waters of Uruguay, Arch. Environ. Contam.Toxicol. 48: 530–537

Watanabe, I., Ichihashi, H., Tanabe, S., Amano, M., Miyazaki, N., Petrovc, A. and Tatsukawaax, R., 1996. Trace element accumulation in Baikal seal (Phoca sibirica) from the Lake Bikal. Environmental Pollution. 94: 69–79.

Yilmaz, F., 2009. The Comparison of Heavy Metal Concentrations (Cd, Cu, Mn, Pb, and Zn) in Tissues of Three Economically Important Fish (Anguilla anguilla, Mugilcephalus and Oreochromisniloticus) Inhabiting Köycegiz Lake-Mugla (Turkey) Turkishjornal of science and technology. 4:7-15.

Zhang, G., He, L., Li, J. and Wu, Z., 2007. Analysis of Heavy Metals of Muscle and Intestine Tissue in Fish – in Banan Section of Chongqing from Three Gorges Reservoir, China. Polish Journal of Environmental Studies. 16: 949-958.