

A Comparative Study on Chromium Absorption between Scaled and Scaleless Fish Species: Common Carp (*Cyprinus carpio*) and Sutchi (striped) Catfish (*Pangasius hypophthalmus*)

Z. Abedi^{1*}, M. K. Khalesi², S. K. Eskandari³

1. Graduated of M.Sc in Fishery, Faculty of Animal Sciences and Fisheries, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University (SANRU), Sari
 2. Department of Fisheries, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University (SANRU), Sari
 3. Instructor in Fishery, Faculty of Animal Sciences and Fisheries, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University (SANRU), Sari
- (Received: Jan. 4, 2014; Accepted: Dec. 1, 2013)

Abstract

This research aimed at comparison of chromium bioaccumulation patterns in skin, gills, scales, liver and muscle of two widely-consumed fishes: scaled common carp *Cyprinus carpio* and scaleless catfish *Pangasius hypophthalmus*. First, lethal concentration (96 h LC₅₀) of chromium as well as its toxicity factor (TF) was determined for each species. For bioaccumulation trial, the two species exposed to sublethal concentrations (10% of LC₅₀ values) of Cr at separate triplicate treatments for 15 days. The examined tissues from each species were sampled at days 7 and 15 of the experiment. Following chemical digestion, each tissue was analyzed by atomic absorption unit (Model Thermo) to measure chromium concentration. According to the results, Almost all differences in bioaccumulations between the two species and the controls were significant ($p < 0.05$). Concentration of chromium in common carp was in the form of gills > liver > skin > scales > muscle, and accumulation in catfish was in the form of liver > muscle > skin > gills. Final entire contents of Cr in the catfish's tissues were 3.65 times, than in the carp's (excluding the scales). In addition, the catfish's muscle amassed 16.15 times greater amounts of Cr. The results of this investigation indicate that the carp's scaled armature, compared to the scaleless skin of the catfish, adsorbs metal toxicants leading to much lesser metals content in the muscle rendering this tissue rather safer for comestible consumption.

Keywords: Chromium, Common carp, Catfish, Scales

بررسی مقایسه‌ای میزان جذب فلز سنگین کروم در ماهی فلس دار کپور معمولی (*Cyprinus carpio*) و بدون فلس گربه‌ماهی راه‌راه (*Pangasius hypophthalmus*)

سیده زینب عابدی^{۱*}، محمد کاظم خالصی^۲،

سهراب کوهستان اسکندری^۳

۱. دانش آموخته کارشناسی ارشد، دانشکده علوم دامی و شیلات، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ۲. استادیار و عضو هیئت علمی گروه شیلات، دانشکده علوم دامی و شیلات، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ۳. مربی و عضو هیئت علمی گروه شیلات، دانشکده علوم دامی و شیلات، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
- (تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۱۰/۱۴، تاریخ تصویب: ۱۳۹۲/۹/۱۰)

چکیده

این مطالعه با هدف بررسی مقایسه‌ای میزان جذب فلز سنگین کروم در ماهی فلس‌دار کپور معمولی (*Cyprinus carpio*) و بدون فلس گربه‌ماهی راه‌راه (*Pangasius hypophthalmus*) در بافت‌های کبد، پوست، آبشش، عضله و فلس انجام شد. ابتدا غلظت کشنده (LC₅₀-96 h) و ضریب سمیت برای هر گونه ماهی تعیین گردید. سپس ماهیان در تیمارهای جداگانه برای هر فلز (با سه تکرار) در معرض ۱۰٪ غلظت کشنده فلزات سنگین به مدت ۱۵ روز قرار گرفتند. از بافت‌های مورد آزمایش نمونه‌های ماهیان در روزهای ۷ و ۱۵ نمونه‌برداری شد و پس از آماده‌سازی و هضم شیمیایی، مقدار کروم در هر بافت به وسیله دستگاه جذب اتمی (مدل ترمو) مورد بررسی و سنجش قرار گرفت. نتایج بدست آمده برای انباشتگی هر سه فلز سنگین در بافت‌ها، اختلافات معنی‌داری ($P < 0.05$) را بین گروه‌های شاهد و تیمارها و نیز میان کپور معمولی و گربه‌ماهی راه‌راه نشان داد. در ماهی کپور معمولی تجمع کروم به شکل آبشش < کبد < پوست < فلس < عضله، و در گربه‌ماهی به شکل کبد < عضله < پوست < آبشش بود. موجودی نهایی کل کروم در بافت‌های گربه‌ماهی ۳/۶۵ برابر کپور (بدون احتساب فلس)، و انباشتگی نهایی کروم در عضله گربه‌ماهی ۱۶/۱۵ برابر عضله کپور بود. نتایج این پژوهش نشان می‌دهند که پوست فلس‌دار ماهی کپور معمولی با جذب قابل ملاحظه فلزات سنگین و کمترین انباشتگی آنها در عضلات نسبت به پوست بدون فلس گربه‌ماهی راه‌راه، لایه حفاظتی مؤثری را در برابر مواد شیمیایی زیست‌محیطی فراهم می‌کند و می‌تواند مصرف ماهی فلس‌دار را از این جنبه توجیه نماید.

واژه‌های کلیدی: کروم، کپور معمولی، گربه‌ماهی راه‌راه (پنگوسی)،

فلس

مقدمه

ماهی یکی از منابع تأمین پروتئین در تغذیه انسان به شمار می‌رود که به دلیل تقاضای بالا به لحاظ بهداشتی و سلامت از نظر عاری بودن از آلاینده‌های مختلف بویژه فلزات سنگین مورد توجه قرار گرفته است. فلزات سنگین در ماهی به عنوان یکی از حلقه‌های زنجیره‌های غذایی انسان تجمع می‌یابند (Olaifa et al., 2004; Clarkson, 1998; Dickman and Leung, 1998). تجمع این عناصر در بافت بدن موجودات زنده و بالا رفتن غلظت آنها از حد مجاز باعث بروز اثرات زیستی مزمن و حاد در بدن موجود می‌شود (Kimmo et al., 2004). میزان جذب و تجمع عناصر سنگین در آبزیان به ویژه در ماهیان تابعی از شرایط اکولوژیک، فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیک آب، نوع عنصر و جاندار آبزی و فیزیولوژی بدن جاندار می‌باشد (Jaffar et al., 1998; Wicker & Gantt 1994; Forstner & Wittman, 1979; Plaskett & Potter, 1979). از میان فلزات سنگینی که در آب‌های طبیعی یافت می‌شوند، فلز سنگین کروم از جمله آلاینده‌های مهم در پساب‌های صنعتی می‌باشد که باعث اثرات مضر بر موجودات آبزی و در نتیجه عدم تعادل زیست محیطی می‌شود. (Arunkuma et al., 2000).

کروم همچنین به عنوان یک ماده مغذی ضروری است، که احتمالاً در متابولیسم گلوکز و چربی نقش دارد (Langard and Norseth, 1979). کروم ۳ یکی از مهمترین اشکال کروم به حساب می‌آید، اما اگر میزان غلظت کروم ۳ از حد مجاز تجاوز کند، اثرات منفی به دنبال دارد (Khodabandeh, 2000). تفاوت غلظت فلزات سنگین در بافت‌های مختلف ماهیان می‌تواند ناشی از متغیر بودن توان فلزات سنگین در زمینه غلبه بر پیوندهای فلزی پروتئین‌ها نظیر متالوتیونین‌ها باشد. همچنین تفاوت نیازهای اکولوژیک، فعالیت‌های متابولیک ماهیان و نوسانات در آلودگی آب، غذا و رسوبات می‌تواند از دیگر عوامل مهم تلقی شوند (Amini Ranjbar et al., 2006; Du-Preez & Steyn, 1992). آبشش به دلیل نقش آن در تنفس و تعادل اسمزی، کبد به دلیل اینکه عضو اصلی در سوخت و ساز بدن و عضله با توجه به نقش مهمی که در تغذیه انسان دارد و لزوم اطمینان از سلامت آن جهت مصرف، از اهمیت خاصی برخوردار می‌باشند، پوست ماهی به لحاظ اینکه رابطی بین محیط خارجی و داخلی حیوان است اهمیت دارد (Kaiser & Tolg, 1980).

ماهی کپور معمولی (*Cyprinus carpio*) یکی از

مهمترین گونه‌های پرورشی به حساب می‌آید که با ایجاد شرایط مطلوب یا بهینه پرورش و آگاهی از عواقب شدید زیست‌محیطی فلز سنگینی مثل کروم می‌توان به بهبود پرورش این گونه ارزشمند کمک کرد. گربه‌ماهی بدون فلس پنگوسی راه‌راه (*Pangasius hypophthalmus*) بومی رودخانه مکنونگ (جنوب شرقی آسیا) و به عنوان گونه اصلی برای اهداف تحقیقاتی آبی‌پروری در خارج از مناطق گرمسیری جنوب شرق آسیا می‌باشد، و قابلیت موفقیت‌آمیز پرورش آن در مناطق گرمسیری غرب مورد توجه قرار گرفته است؛ با این وجود، دانش کمی درباره زیست‌شناسی، بوم‌شناسی و فیزیولوژی این گونه موجود است (Hung et al., 2003; INCO, 2008). هر دو گونه این ماهیان در آبی‌پروری مورد توجه هستند و در بازارهای غذای دریایی جهان جایگاه تجاری دارند.

به جهت اینکه فلزات سنگین قابلیت تجمع در بافت‌های جانوران را دارا می‌باشند و تجمع زیستی در ماهیان و نرم‌تنان (صدف‌ها) نیز صورت می‌گیرد، تعیین کیفیت شیمیایی موجودات آبی، خصوصاً تجمع فلزات در ماهیان، که بخش مهمی از جیره غذایی متعادل را تشکیل می‌دهند، و پایش سطوح این سموم فلزی در غذاها بمنظور حفظ سلامت انسان بسیار حائز اهمیت می‌باشد (Dural et al., 2007).

با اینکه تحقیقات زیادی بر روی آلودگی آبزیان به فلزات سنگین انجام شده است اما به نظر می‌رسد در مورد بررسی مقایسه میزان جذب عناصر سنگین در ماهی فلس‌دار کپور معمولی و بدون فلس گربه‌ماهی راه‌راه در شرایط آزمایشگاهی مطالعاتی صورت نگرفته است. بنابراین، هدف از این مطالعه، بررسی مقایسه‌ای میزان جذب فلز سنگین کروم در ماهی فلس‌دار کپور معمولی (*C. carpio*) و بدون فلس گربه‌ماهی پنگوسی راه‌راه (*P. hypophthalmus*) می‌باشد. در این بررسی سعی شد با قرار دادن هر دو نوع ماهی در تماس با فلز سنگین کروم، ابتدا غلظت کشنده (LC_{50}) برای هر ماهی تعیین و سپس غلظت این فلز در بافت‌های کبد، عضله، آبشش، پوست و فلس (ماهی کپور) اندازه‌گیری و مقایسه شوند.

مواد و روش‌ها

تعداد ۱۰۰ ماهی کپور معمولی با وزن ۲۰ تا ۴۰ گرم و ۱۰۰ گربه‌ماهی پنگوسی راه‌راه ۲۰ تا ۴۰ گرمی از منابع فروش خریداری شدند. سپس ماهیان به سالن آکواریوم گروه شیلات دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری انتقال داده شدند. پس از اضافه کردن ماهی‌ها به تانک و سازگار شدن

نمونه‌ها از دستگاه جذب اتمی مدل ترمو استفاده شد (AOAC, 1995; Darvishi, 2010).

تجزیه و تحلیل آماری: طرح کلی این تحقیق در قالب طرح کاملاً تصادفی اجرا گردید. تجزیه و تحلیل داده‌ها در نرم‌افزار SPSS (V.16)، با استفاده از آنالیز واریانس یکطرفه (One-way ANOVA)، رسم نمودارها در نرم‌افزار Excel و مقایسه میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح معنی‌داری ۰/۰۵ صورت گرفت. نتایج به صورت میانگین \pm انحراف معیار بیان شده‌اند.

نتایج

میزان تجمع فلز سنگین کروم ($\mu\text{g/g.dw}$) در اندام‌های کبد، آبشش، پوست، عضله و فلس در گروه شاهد و تیمارهای هر یک از ماهی‌ها در وسط (روز ۷) و انتهای دوره (روز ۱۵) اندازه‌گیری شد (جدول ۲). مقایسه سنجش کروم در روز ۱۵ نمونه‌برداری در بافت‌ها به ترتیب زیر بود: در ماهی کپور به صورت آبشش < کبد < پوست < فلس < عضله، و در گربه‌ماهی با ترتیب کبد < عضله < پوست < آبشش. در روز ۷ نمونه‌برداری، تجمع کروم در بافت‌ها به ترتیب در ماهی کپور با آرایش آبشش < عضله < کبد < فلس < پوست، و در روز ۷ در گربه‌ماهی راه‌راه با ترتیب کبد < عضله < پوست < آبشش بود که ترتیب تجمع در روز ۱۵ مشابه روز ۷ تعیین شد. (جدول ۲).

کبد: مقایسه میانگین‌های غلظت فلز کروم در بافت کبد در روزهای ۷ و ۱۵ نمونه‌برداری اختلاف معنی‌داری را بین تیمارها (شاهد کپور، شاهد گربه‌ماهی، ماهی کپور و گربه‌ماهی راه‌راه در تیمار تحت کشنده فلز کروم) نشان داد ($P < 0.05$). همچنین مشاهده شد که فلز کروم در کبد گربه‌ماهی بیشتر از کبد ماهی کپور انباشته شد و میزان تجمع به ترتیب زیر بود: کبد گربه‌ماهی در تیمار تحت کشنده کروم < کبد گربه‌ماهی (شاهد) < کبد کپور در تیمار تحت کشنده کروم < کبد کپور (شاهد). (جدول ۲).

پوست: مقایسه میانگین‌های مقدار فلز سنگین کروم در بافت کبد در روزهای ۷ و ۱۵ نمونه‌برداری اختلاف معنی‌داری را بین تیمارها نشان داد ($P < 0.05$). همچنین مشاهده شد تجمع فلز کروم در پوست گربه‌ماهی بیشتر از پوست ماهی کپور بود که میزان تجمع در روز ۱۵ به ترتیب زیر می‌باشد: پوست گربه‌ماهی در تیمار تحت کشنده کروم < پوست کپور در تیمار تحت کشنده کروم < پوست گربه‌ماهی (شاهد) < پوست کپور (شاهد). میزان تجمع در روز ۷ نمونه‌برداری به

آنها به محیط جدید (یک هفته)، نمونه‌ها از مخزن نگهداری ماهی توسط تور دستی با احتیاط صید و پس از توزین، به هر تانک ۱۵ عدد ماهی در سه تکرار افزوده شد. هر تانک یا آکواریوم به هواده مجهز، و در طول آزمایش، تعویض آب و سیفون انجام نگرفت. میزان سختی کل (TDS) و شوری (EC)، pH، اکسیژن محلول و درجه حرارت نیز بطور روزانه اندازه‌گیری و ثبت گردید (جدول ۱). کلرید کروم از شرکت APLICAM تهیه شده و به عنوان سم فلزی در این آزمایش مورد استفاده قرار گرفت. ابتدا غلظت‌های کشنده فلز کروم در ماهیان کپور معمولی و گربه‌ماهی راه‌راه با استفاده از برنامه پروبیت (Finney's Probit Analysis, SPSS, 16) محاسبه شدند. میانگین غلظت‌های کشنده برای ماهی کپور 20 mg L^{-1} و برای گربه‌ماهی $7/46 \text{ mg L}^{-1}$ محاسبه شدند (Abedi et al., 2012). با توجه به اینکه مقایسه باید در شرایط یکسان صورت می‌گرفت و هدف، بررسی تأثیر غلظت تحت کشنده (۰/۱ غلظت کشنده) بود، مقدار بیشتر عدد غلظت کشنده مربوط به ماهی کپور در نظر گرفته شد. لازم به ذکر است که حداکثر غلظت مجاز سمیت (MATC: Maximum Acceptable Toxicant Concentration) از تقسیم LC_{50} بر عدد ۱۰ حاصل می‌گردد (Finney, 1971). با توجه به Bhamre (2010)، ۱۰٪ غلظت کشنده به عنوان دوز تحت کشنده در نظر گرفته می‌شود. در ابتدای آزمایش، میزان ۰/۱ غلظت کشنده فلز کروم به تیمارهای مربوطه اضافه شد. ماهیان در طول آزمایش گرسنه نگه داشته شدند. در ماهیان هر تیمار، اندام‌های جداگانه (کبد، عضله، آبشش، پوست و فلس) با استفاده از روش FAO تشریح شدند (Dybem, 1983). نمونه برداری از نمونه‌ها و شاهد در روزهای ۷ و ۱۵ انجام شد. پس از زیست‌سنجی (اندازه‌گیری طول و وزن)، جداسازی بافت‌ها از نمونه‌های هر گروه انجام، و هر یک از بافت‌ها شامل: کبد، عضله، آبشش، پوست و فلس در آون با دمای ۱۰۵ درجه سانتیگراد برای مدت ۴۸ ساعت خشک شدند. برای هضم شیمیایی نمونه‌ها، یک گرم از نمونه‌های خشک و هموژنیزه شده کبد، عضله، آبشش، پوست و فلس به طور جداگانه توزین و به هر یک ۵ میلی‌لیتر اسیدنیتریک و ۱ میلی‌لیتر اسید پرکلریدریک اضافه گردید. سپس نمونه‌ها در حمام آب گرم ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد برای مدت ۷۵ دقیقه قرار گرفتند (Roger, 1994). پس از آن، کلیه نمونه‌ها با آب مقطر به حجم ۲۰ میلی‌لیتر رسیدند و با عبور از کاغذ صافی واتمن ۴۲ در ظروف مخصوص جهت اندازه‌گیری با دستگاه جذب اتمی نگهداری شدند. جهت سنجش میزان عناصر سنگین در کلیه

تیمار تحت کشنده کروم < عضله کپور در تیمار تحت کشنده کروم < عضله کپور (شاهد) < عضله گربه ماهی (شاهد). (جدول ۲).

فلس: بررسی میزان تجمع فلز کروم در فلس ماهی کپور در روزهای ۷ و ۱۵ نمونه‌برداری، بیانگر اختلاف معنی‌داری بین تیمار شاهد و تیمار در معرض غلظت تحت کشنده کروم بود ($P < 0.05$) که ترتیب انباشتگی به صورت زیر بود: فلس کپور در تیمار تحت کشنده کروم < فلس کپور (شاهد) (جدول ۲).

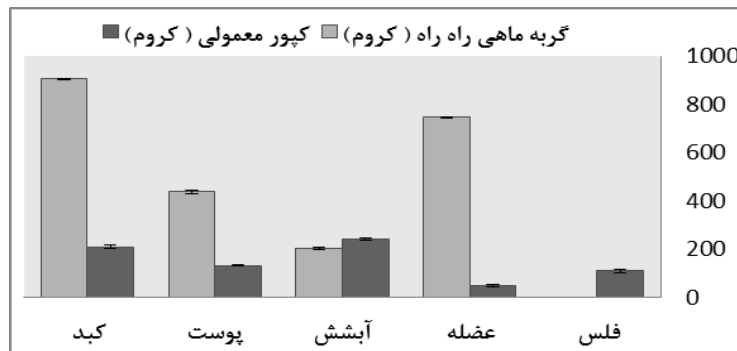
جدول ۱. ویژگی‌های کیفی آب در آکواریوم‌های ماهیان مورد آزمایش

پارامتر	مقدار
سختی کل	6.0 mg L^{-1}
اکسیژن محلول	$5-6 \text{ mg L}^{-1}$
pH	۶/۷۵
هدایت الکتریکی	۱ ds/m
دما	$25 \pm 1^\circ \text{C}$
تناوب نوری	۱۲ h light ۱۲ h dark:

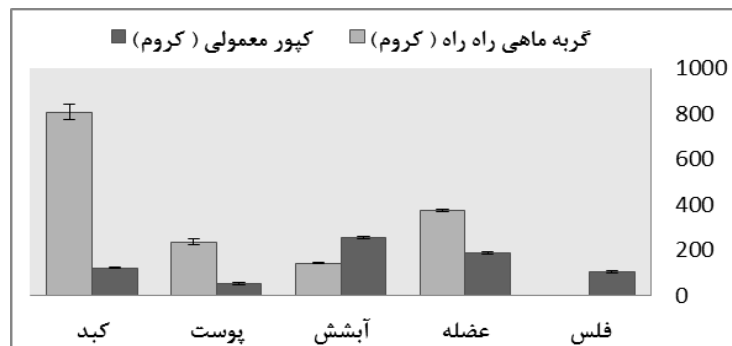
ترتیب زیر بود: پوست گربه‌ماهی در تیمار تحت کشنده کروم < پوست گربه‌ماهی (شاهد) < پوست کپور در تیمار تحت کشنده کروم < پوست کپور (شاهد) (جدول ۲).

آبشش: مقایسه میانگین‌های مقدار فلز سنگین کروم در بافت آبشش در روزهای ۷ و ۱۵ نمونه‌برداری اختلاف معنی‌داری را بین تیمارها (شاهد کپور، شاهد گربه‌ماهی، ماهی کپور و گربه‌ماهی راه‌راه در تیمار تحت کشنده فلز کروم) نشان داد ($P < 0.05$). همچنین بیشترین تجمع فلز کروم در آبشش در هر دو روز ۷ و ۱۵، در تیمار تحت کشنده کروم برای ماهی کپور مشاهده شد که میزان تراکم به این ترتیب زیر بود: آبشش کپور در تیمار تحت کشنده کروم < آبشش گربه‌ماهی در تیمار تحت کشنده کروم < آبشش گربه‌ماهی (شاهد) < آبشش کپور (شاهد) (جدول ۲).

عضله: مقایسه میانگین‌های مقدار فلز سنگین کروم در بافت عضله در روزهای ۷ و ۱۵ نمونه‌برداری اختلاف معنی‌داری را بین تیمارها (شاهد کپور، شاهد گربه‌ماهی، ماهی کپور و گربه‌ماهی راه‌راه در تیمار تحت کشنده فلز کروم) نشان داد ($P < 0.05$). همچنین تجمع فلز کروم در هر دو روز ۷ و ۱۵، در عضله گربه‌ماهی بیشتر از عضله ماهی کپور برآورد گردید که میزان تجمع به این ترتیب بود: عضله گربه‌ماهی در



شکل ۱. مقایسه میزان تجمع کروم ($\mu\text{g/g.dw}$) در ماهی کپور معمولی و گربه‌ماهی راه‌راه (روز ۱۵)



شکل ۲. مقایسه میزان تجمع کروم ($\mu\text{g/g.dw}$) در ماهی کپور معمولی و گربه‌ماهی راه‌راه (روز ۷)

جدول ۲. مقایسه مقادیر (میانگین \pm انحراف معیار) فلز سنگین کروم ($\mu\text{g/g.dw}$) در بافت‌های کبد، پوست، آبشش، عضله و فلس بین تیمارها

روز نمونه برداری	بافت	کپور (شاهد)	گره ماهی (شاهد)	کپور (کروم)	گره ماهی (کروم)
روز ۱۵	کبد	۱۱ \pm ۱ ^d	۹۰ \pm ۵ ^c	۲۰۸/۷ \pm ۵/۹ ^b	۹۰۳/۶۶ \pm ۴/۰۴ ^a
	پوست	۳۴/۶ \pm ۱/۵۶ ^d	۱۰۱/۶ \pm ۷/۶۵ ^c	۱۳۰/۴۳ \pm ۲/۶۷ ^b	۴۳۵/۸۱ \pm ۵/۱۹ ^a
	آبشش	۱۸/۲۹ \pm ۰/۶۱ ^d	۸۱/۰۲ \pm ۰/۹۶ ^c	۲۴۰/۴۶ \pm ۳/۷۲ ^a	۲۰۱/۶۶ \pm ۲/۰۸ ^b
	عضله	۳۸/۴ \pm ۷/۵ ^c	۱۱/۴۱ \pm ۰/۵۲ ^b	۴۶/۱۲ \pm ۵/۳۶ ^c	۷۴۴/۹۸ \pm ۴/۳ ^a
روز ۷	فلس	۹۱/۹۶ \pm ۱/۹۲ ^b	-	۱۰۹ \pm ۶/۵ ^a	-
	کبد	۱۱ \pm ۱ ^d	۹۰ \pm ۵ ^c	۱۲۳ \pm ۲/۶۴ ^b	۸۰۸ \pm ۳۲/۷ ^a
	پوست	۳۴/۶ \pm ۱/۵۶ ^d	۱۰۱/۶ \pm ۷/۶۵ ^b	۵۳/۹۷ \pm ۳/۵۶ ^c	۲۳۷/۱۸ \pm ۱۱/۰۹ ^a
	آبشش	۱۸/۲۹ \pm ۰/۶۱ ^d	۸۱/۰۲ \pm ۰/۹۶ ^c	۲۵۶/۰۶ \pm ۶/۱ ^a	۱۴۳/۷ \pm ۲/۵۶ ^b
	عضله	۳۸/۴ \pm ۷/۵ ^c	۱۱/۴۱ \pm ۰/۵۲ ^d	۱۸۸/۰۸ \pm ۷/۳۲ ^b	۳۷۴/۱۱ \pm ۳/۷۳ ^a
	فلس	۹۱/۹۶ \pm ۱/۹۲ ^b	-	۱۰۳/۸۶ \pm ۳/۸۰ ^a	-

حروف: مقایسه میانگین‌ها در سطر

جدول ۳. مقایسه میانگین تجمع کروم ($\mu\text{g/g.dw}$) در بافت‌های کبد، پوست، آبشش، عضله و فلس در ماهی کپور معمولی و گره ماهی راه‌راه

ماه/روز	کبد	پوست	آبشش	عضله	فلس
کپور روز ۷	۱۲۳ \pm ۲/۶۴ ^a	۵۳/۹ \pm ۳/۵۶ ^a	۲۵۶/۰۶ \pm ۶/۱ ^a	۱۸۸/۰۸ \pm ۷/۳۲ ^a	۱۰۳/۸۶ \pm ۳/۸۰ ^a
کپور روز ۱۵	۲۰۸/۷ \pm ۵/۹ ^b	۱۳۰/۴ \pm ۲/۶۷ ^b	۲۴۰/۴ \pm ۳/۷۲ ^a	۴۶/۱۲ \pm ۵/۳۶ ^b	۱۰۹ \pm ۶/۵ ^a
حروف کوچک: مقایسه میانگین‌ها در ستون (ماهی کپور معمولی)					
گره ماهی روز ۷	۸۰۸ \pm ۳۲/۷ ^A	۲۳۷/۱۱ \pm ۱۱/۰۹ ^A	۱۴۳/۷ \pm ۲/۵۶ ^A	۳۷۴/۱۱ \pm ۳/۷۳ ^A	-
گره ماهی روز ۱۵	۹۰۳/۶۶ \pm ۴/۰۴ ^B	۴۳۵/۸۱ \pm ۵/۱۹ ^B	۲۰۱/۶ \pm ۲/۰۸ ^A	۷۴۴/۹۸ \pm ۴/۳ ^B	-

حروف بزرگ: مقایسه میانگین‌ها در ستون (گره ماهی راه‌راه)

(Dural *et al.*, 2007). اگرچه به ندرت در برخی مقالات مطالعات مقایسه‌ای انجام گرفته است، این مطالعه با هدف بررسی مقایسه‌ای میزان تجمع کروم در ماهیان فلس‌دار و بدون فلس انجام شده است تا گوشه‌ای از نقش پوشش فلس در تفاوت انباشتگی فلزات سنگین بین دو نوع ماهی روشن گردد. موجودات زنده و گونه‌های مختلف در حساسیت نسبت به یک نوع ماده سمی، تفاوت زیادی دارند و حساسیت‌های متفاوتی را نشان می‌دهند. حتی در میان افراد یک گونه، حساسیت نسبت به یک ماده سمی به عواملی مانند نوع بافت و خصوصیات فیزیولوژیک آبری بستگی دارد (Dixon *et al.*, 1996). بررسی میزان تجمع غلظت فلزات سنگین در بافت ماهی به دلیل تأثیراتی که در سلامت و بهداشت انسان دارد، از اهمیت زیاد برخوردار می‌باشد. به ویژه اینکه فلزات سنگین به عنوان آلاینده‌های غیر قابل تجزیه توسط میکروارگانیسم‌ها محسوب می‌شوند و قابلیت تجمع زیستی و بزرگنمایی بیولوژیکی دارند.

در این تحقیق بافت‌های عضله، آبشش، کبد، پوست و فلس (کپور معمولی) از نظر میزان انباشتگی فلزات سنگین آزمایش شده مورد بررسی قرار گرفتند. عضله به علت نقش مهمی که در تغذیه انسان دارد و لزوم اطمینان از سلامت آن

در ماهی کپور، مقایسه میزان تجمع فلز کروم در بافت‌های کبد، پوست و عضله در روزهای ۷ و ۱۵ اختلاف معنی‌داری را نشان داد (آزمون T-test؛ $P < 0.05$) که میزان تجمع در پوست و کبد در روز ۱۵ بیشتر از روز ۷ بود، ولی در عضله میزان تجمع در روز ۷ بیشتر از روز ۱۵ اندازه‌گیری شد. مقایسه میزان تجمع فلز کروم در ماهی کپور در بافت آبشش و فلس، اختلاف معنی‌داری را در روزهای ۷ و ۱۵ نشان نداد ($P > 0.05$).

در گره ماهی راه‌راه، مقایسه میزان تجمع فلز کروم در بافت‌های کبد، پوست و عضله در روزهای ۷ و ۱۵ اختلاف معنی‌داری نشان داد ($P < 0.05$) که میزان تجمع در عضله و کبد در روز ۱۵ بیشتر از روز ۷ برآورد گردید. این انباشتگی در بافت پوست در روز ۱۵ نسبت به روز ۷ روند کاهشی داشت. مجموع کروم انباشته شده در کلیه بافت‌های مورد مطالعه گره ماهی راه‌راه، ۳/۶۶ برابر بیشتر از کل موجودی کروم در بافت‌های ماهی کپور (بدون احتساب فلس) بود (جدول ۳).

بحث

اهمیت اندازه‌گیری غلظت فلزات در آبزیان به دو مبحث مهم مدیریت اکوسیستم و سلامت غذایی انسان باز می‌گردد

متغیر بودن توان فلزات سنگین در زمینه غلبه بر پیوندهای فلزی پروتئین‌ها نظیر متالوتیونین‌ها، و همچنین نیازهای اکولوژیک و فعالیت‌های متابولیک ماهیان باشد (Canli and Atli, 2003).

در مطالعه حاضر، کروم در نمونه‌های کبد کپور و گربه‌ماهی بیشتر از عضله انباشته شد، ولی موجودی کروم (۴/۳ برابر) در کبد گربه‌ماهی خیلی بیشتر از عضله کپور یافت شد. تفاوت‌های موجود بین دو گونه در مطالعه Brigden et al. (2010) نشانگر درجه بالایی از تغییرپذیری در غلظت‌های سموم و فلزات برای ماهیان یک منطقه می‌باشند. مطالعات تجمعی در بافت‌ها نشان داد که انباشتگی کلی کروم در ماهی کپور کمتر از گربه‌ماهی راه‌راه بود؛ این اختلافات آشکار بین نتایج در دو گونه ماهی به خاطر تفاوت‌های گونه‌ای، غلظت‌های بکار رفته و نوع محیط می‌باشند (De Boeck et al., 2004; Mendil et al., 2010).

بر اساس مطالعه‌ای که بر روی گربه‌ماهی *Clarris batrachus* انجام گرفت مشخص گردید که فلز سنگین 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 شد (Ray, 1990). در این پژوهش نیز تمایل به تجمع فلز کروم در بافت آبشش کپور معمولی نسبت به بافت کبدی بیشتر برآورد شد. نتایج حاصل از این تحقیق مبین آن است که میزان تجمع فلز کروم در پوست ماهی فلس‌دار کپور معمولی بیشتر از میزان تجمع این فلزات در بافت عضله این ماهی بود. این نتیجه‌گیری یعنی بالا بودن میزان فلزات سنگین در بافت پوست نسبت به بافت عضله در ماهیان فلس‌دار توسط سایر محققان نیز گزارش شده است (Yilmaz, 2005).

نتایج

با تجمع آلاینده‌ها در بافت آبزیان و با مصرف آنها سلامت انسان نیز به خطر می‌افتد. به همین منظور در این پژوهش با ارزیابی کمی فلز سنگین کروم در بافت عضله ماهی فلس‌دار کپور معمولی و مقایسه آن با ماهی بدون فلس گربه‌ماهی راه‌راه، غلظت این فلز در دو ماهی مورد بررسی قرار گرفت. داده‌های اخیر به وضوح نشان می‌دهند که ماهی کپور معمولی نسبت به گربه‌ماهی راه‌راه به فلز سنگین کروم مقاوم‌تر است. همچنین نشان داده شد که مقدار معنی‌دار بیشتری از فلز سنگین کروم برای القاء مرگ‌ومیر در دوز کشندگی در کپور معمولی نسبت به گربه‌ماهی راه‌راه مورد نیاز

جهت مصرف، از اهمیت خاصی برخوردار می‌باشد. نتایج مطالعه بر روی ماهیان فلس‌دار *Tilapia zilli* (Kalay and Canli, 2000) و *Mugil auratus* (Filazi et al., 2003)، *Esox*، *Carassius gibelio*، *Lucius* (Ebrahimpour et al., 2011) و کپور ماهیان هندی *Cirrhina* و *Catla catla*، *Labeo rohita* (Javed, 2012) که تحت تأثیر غلظت تحت کشنده فلزات قرار گرفتند، کمترین انباشتگی فلزات مورد مطالعه را در عضله نشان دادند. نتایج حاضر نیز کمترین تجمع فلز سنگین کروم را در ماهی کپور در بافت عضله مشخص کرد. از تحقیقات اکثر محققین چنین نتیجه‌گیری می‌شود که بیشترین فلزات سنگین (به استثنای آرسنیک و جیوه) در مقادیر بسیار کمتری در بافت عضلانی نسبت به سایر بافت‌ها انباشته می‌شوند (Gibbs & Miskiewicz, 1995). تجمع کم فلزات در عضله ماهیان را می‌توان به فعالیت متابولیکی پایین در قیاس با بافت‌های هدف اصلی برای سموم (Filazi et al., 2003)، تولید بالای متالوتیونین‌ها (پروتئین پیوندی: Allen-Gil and Martynov, 1995) و به علاوه نقش حفاظتی پوشش فلس نسبت داد.

مطالعه Ebrahimpour et al. (2011) که تجمع فلزات سرب و کادمیم و کروم و روی را در ماهیان فلس‌دار *Esox lucius* و *Carassius gibelio* بررسی نمودند نشان داد که کلیه فلزات مورد بررسی روند تجمعی مشابهی را به ترتیب در کبد < کلیه < آبشش < روده < عضله داشتند. در این تحقیق نیز تجمع فلز کروم در بافت کبد ماهی فلس‌دار کپور معمولی بیشتر از عضله، و تراکم در ماهی بدون فلس گربه‌ماهی راه‌راه نیز مشابه ماهی کپور معمولی در کبد بیشتر از عضله اندازه‌گیری گردید. انباشتگی فلزات به طور قابل ملاحظه‌ای بر اساس نوع بافت و فلز متفاوت بود. نتایج حاصل از بعضی از تحقیقات بعمل آمده (برای مثال Golmohammadi, 2009) در شرایط طبیعی بر روی دو گونه ماهی سفید رودخانه‌ای (*Squalius cephalus*) و سیاه ماهی (*Capoeta capoeta*)، و تحقیقات Yousafzai (2010) که در شرایط آزمایشگاهی بر روی دو ماهی فلس‌دار *L. dyocheilus* Torki و بدون فلس *W. attu*، Mulee انجام گرفتند این مطلب را مشخص می‌کنند که میانگین غلظت فلزات سنگین در بافت‌های مختلف ماهی با یکدیگر متفاوت می‌باشند که نتایج تحقیق حاضر نیز آن را تأیید می‌نماید. تفاوت فلزات سنگین در بافت‌های گوناگون ماهیان می‌تواند ناشی از

بازارهای غذای دریایی جهان جایگاه تجاری دارند و عضله به علت نقش مهمی که در تغذیه انسان دارد و لزوم اطمینان از سلامت آن جهت مصرف، از اهمیت خاصی برخوردار می‌باشند. بنابراین، مصرف ماهیان بدون فلز به دلیل جذب بیشتر کروم در بافت خوراکی عضله همراه با انتقال این آلاینده‌ها به بدن مصرف‌کنندگان خواهد بود.

است که می‌تواند نشانگر نقش پوشش فلز در بالا بردن تحمل این گونه در برابر سموم فلزی باشد. در ماهی‌کپور معمولی تجمع کروم به شکل آبشش <کبد> پوست <فلز> عضله و در گربه‌ماهی تجمع کروم به شکل کبد <عضله> پوست <آبشش> بود. هر دو گونه این ماهیان در ارزی‌پروری مورد توجه هستند و در

REFERENCES

- Abedi Z, Khalesi MK, Eskandari SK, Rahmani H (2012) Comparison of lethal concentrations (LC50-96 h) of CdCl₂, CrCl₃, and Pb(NO₃)₂ in common carp (*Cyprinus carpio*) and sutchi catfish (*Pangasius hypophthalmus*). Iranian Journal of Toxicology, 6: 672-680.
- Allen-Gil SM, Martynov VG (1995) Heavy metals burdens in nine species of freshwater and Anadromous fish from the Pechora River, northern Russia. Science of the Total Environment, 160-161:653-659.
- Amini Ranjbar GhR, Adorable Nia F (2006) Accumulation of heavy metals in fish muscle tissue and golden mullet (*Mugil auratus*) Caspian Sea with some biometric characteristics (standard length, weight, age and gender.). Iranian Journal of Fisheries, 3: 1-18.
- AOAC (1980) Association of Official Analytical Chemists. Atomic absorption method for fis13th ed. Washington, USA.
- Arunkumar RI, Rajasekaran P, Dinakaran Michael R (2000) Differential effect of chromium compounds on the immune response of the African mouth breeder *Oreochromis mossambicus* (Peters). Fish & Shellfish Immunology, 10: 667-676.
- Bhamre PR, Thorat AE (2010) Evaluation of acute toxicity of mercury, cadmium and zinc to a freshwater mussel *Lamellidens consobrinus*. Our Nature, 8: 180-184.
- Brigden K, Allsop M, Santillo D. Greenpeace Research Laboratories University of Exeter, UK GRL-TN 07/2010.
- Canli M, Atli 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.
- Clarkson TW (1998) Human toxicology of mercury. Journal of Trace Elements in Experimental Medicine, 11: 303-317.
- Darvishi M (2010) The effect of a core product and Accessories Oil Mill laying on growth performance and nutrient digestibility of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). A Thesis for The Degree of Master. Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, 80.
- De Boeck G, Meeus W, De Coen W, Blust R (2004) Tissue specific Cu bioaccumulation patterns and differences in sensitivity to waterborne Cu in three freshwater fish: rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*), common carp (*Cyprinus carpio*) and gibel carp (*Carassius auratus gibelio*). Aquatic Toxicology, 70: 179-188.
- Du-Preez HH, Steyn GJ (1992) A preliminary investigation of concentration of selected metals in the tissues and organ of the tiger fish (*Hydrocynus vittatus*) from Olifant River, Kuger National park, South Africa. Water, South Africa, 18: 136.
- Dural M, Goksu MZL, Ozak AA (2007) Investigation of heavy metal levels in economically important fish species from the Tuzla lagoon. Food Chemistry 2007, 102: 415-421.
- Dickma MD, Leung, KM. Mercury and organochlorine exposure from fish consumption in Hong Kong. Chemosphere 1998 ;37:991-1015.
- Dixon H, Gill A, Gubala C, Lasorsa B, Crecelius E, Curtis LR (1996) Heavy metal accumulation in sediment and freshwater fish in U.S.Arctic Lakes. Environmental Toxicology and Chemistry, 16: 733.
- Dybem B (1983) Field sampling and preparation subsamples of aquatic organism for analysis metals and organochlorides. FAO. Fisher. Tec, 212: 1-13.
- Ebrahimpour M, Pourkhabbaz A, Baramaki

- R, Babaei H, Rezaei M (2011) Bioaccumulation of heavy metals in freshwater fish species, Anzali, Iran. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 87: 386-92.
- Filazi A, Baskaya R, Kum C (2003) Metal concentration in tissues of the Black Sea fish *Mugil auratus* from Sinop-Icliman, Turkey. *Human and Experimental Toxicology*, 22: 85-87.
- Finny D (1971) Probit analysis. Cambridge university Press, 1-222.
- Forstner U, Wittman GTW (1979) Metal pollution in the aquatic Environmental, Springe Verlag, N.Y, 486.
- Gibbs PJ, Miskiewicz AG (1995) Heavy metal in fish near a major primary treatment sewage plant outfall. *Marine Pollution Bulletin*, 30: 667-674.
- Golmohammadi S (2009) Assessing heavy metal content of muscle and liver tissues of *Squalius cephalus* and *Capoeta capoeta gracilis* in Tajan river in Mazandaran Province. A Thesis for the Degree of Master. Department of Environmental, 32.
- Hung LT, Lazard J, Mariojouls C, Moreau Y (2003) Comparison of starch utilization in fingerlings of two Asian catfishes from the Mekong River (*Pangasius bocourti* Sauvage, 1880, *Pangasius hypophthalmus* Sauvage, 1878; *Aquaculture Nutrition*, 9: 215-222.
- INCO:http://caribefish.com/portal/index.php?option=com_content&view=article&id=71%3Aaquaculture-of-tilapia-and-pangasius-a-comparative-assessment&catid=19%3Aaquaculture-information&Itemid=76&lang=en.
- Javed M (2012) Tissue-specific bioaccumulation of metals in fish during chronic waterborne and dietary exposures. *Pakistan Vet. J*, 2074-7764 (ONLINE). Accessible at: www.pvj.com.pk.
- Kaiser G, Tolg G (1980) MeTcury. In: *The Handbook of Environmental Chemistry*. Vol. 3, Part A (ed. by O. Hutzinger) Springer-Verlag, Berlin, 1-58.
- Kalay M, Canli M (2000) Elimination of essential (Cu, Zn) and non-essential (Cd, Pb) metals from tissues of a freshwater fish *Tilapia zilli*. *Turkish Journal of Zoology*, 24:429-436.
- Khodabandeh P (2000) Accumulation of heavy metals in sediments and fish of the Caspian Sea. *Water and Wastewater*, 39: 19-20 and 38-42.
- Kimmo AM, Pentinen OP, Jussi VK (2004) Pentachlorophenol bioaccumulation and effect on heat production on salmon eggs at different stages of development. *Aquatic Toxicology*, 68: 75-85.
- Langard S, Norseth T (1979) In: Friberg L. et al.. (Ed.) *Handbook on the toxicology of metals*, 2nd ed., Vol II. Amsterdam, Elsevier/North-Holland Biomedical.
- Mendil D, Unal OF, Tüzen M, Soylak M (2010) Determination of trace metals in different fish species and sediments from the River YeÖil2rmak in Tokat, Turkey. *Food and Chemical Toxicology*, 48: 1383-1392.
- Olaifa FG, Olaifa AK, Onwude TE (2004) Lethal and sublethal effects of copper to the African Cat fish (*Clarias gariepinus*). *African Journal of Biomedical Research*, 7: 65-70.
- Plaskett D, Potter I (1979) Heavy metal concentrations in the muscle. Tissue of 12 species of teleosts from Cockburn sound, Western Australian. *Australian journal of Marine and Freshwater Research*, 30: 607.
- Ray D, Banerjee SK, Chatterjee M (1990) Bioaccumulation of nickel and vanadium in tissues of the catfish (*Clarius batracus*). *Journal of Inorganic Biochemistry*, 36: 169-173.
- Roger NR (1994) *Environmental analysis*, John Wiley and sons, New Yourk, USA, 263.
- Wicker AM, Gantt LK (1994) Contaminant assessment of fish *Rangia* clams and sedimentsnin the lower Palmico River, North Carolina, U.S. *Fish and Wildlife Ecological services*.
- Yilmaz A (2005) Comparison of heavy metal levels of *Grey Mullet* and *Sea Bream* caught in Iskenderun Bay, Turkey. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 29: 257-262.
- Yousafzai AM, Chivers DP, Khan AR (2010) Comparison of Heavy Metals Burden in Two Freshwater Fishes *Wallago attu* and *Labeo dyocheilus* With Regard to Their Feeding Habits in Natural Ecosystem. *Pakistan Journal of Zoology*, 42: 537-544.