دوماهنامه طبّ جنوب
پژوهشکده زیست-پزشکی خلیج فارس
دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی بوشهر
سال هفدهم، شماره ۴، صفحه ۷۰۵ – ۶۹۵ (مهر و آبان ۱۳۹۳)

ISMJ 2014; 17(4): 695-705

# مقایسه ضریب انباشتگی زیستی فلزات سنگین کروم و کادمیوم در ماهیان فلس‌دار کپور معمولی و بدون فلس گربه‌ماهی راه‌راه

سیده زینب عابدی [۱*]، محمد کاظم خالصی [۱]، سهراب کوهستان اسکندری [۱]

[۱] گروه شیلات، دانشکده علوم دامی و شیلات، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

(دریافت مقاله: ۹۱/۱۱/۱۷- پذیرش مقاله: ۹۲/۲/۳)

## چکیده

**زمینه:** فلزات سنگین غیرقابل تجزیه موجود در آب‌ها، در ماهی به‌عنوان یکی از زنجیره‌های غذایی انسان تجمع می‌یابند. در این مطالعه، ضریب انباشتگی زیستی (BCF) فلزات سنگین کروم و کادمیوم در ماهی فلس‌دار کپور معمولی (*C. carpio*) و بدون فلس گربه‌ماهی راه‌راه (*P. hypophthalmus*) در بافت‌های کبد، پوست، آبشش، عضله و فلس تعیین و با هم مقایسه شدند.

**مواد و روش‌ها:** ابتدا غلظت کشنده کروم و کادمیوم طی زمان ۹۶ ساعت (LC50-96 h) برای هر گونه ماهی تعیین و سپس ماهیان به‌مدت ۱۵ روز در معرض ۰/۱ غلظت‌های کشنده قرار گرفتند. پس از آماده‌سازی و هضم شیمیایی نمونه‌های بافت‌ها، مقادیر فلزات توسط دستگاه جذب اتمی اندازه‌گیری گردید.

**یافته‌ها:** انباشتگی کل کروم و کادمیوم در بافت‌های گربه‌ماهی به‌ترتیب ۶/ ۱۵±۲۲۸۶/۱۱ و ۳۶۰/۷۳±۹/۳۹ و در کپور ۷۳۴/۷۱±۲۴/۱۵ و ۷۲۵/۶۷±۱۳/۶۶ میکروگرم در گرم وزن خشک برآورد شد. باقیمانده فلزات در آب تیمارهای گربه‌ماهی به‌ترتیب ۰/۰۵۹±۰/۰۲ و ۰/۰۰۳۶±۰/۰۰۱۷ و کپور ۰/۰۳±۰/۱ و ۰/۰۴۱۲±۰/۰۲۳ میلی‌گرم بر لیتر بود. در گربه‌ماهی راه‌راه، بیشترین BCF کادمیوم در کبد و بعد در عضله > آبشش > پوست یافت شد. BCF کادمیوم در کپور به‌صورت کبد > پوست > آبشش > فلس > عضله، و BCF کروم به‌صورت آبشش > کبد > پوست > فلس > عضله، و در گربه‌ماهی با ترتیب کبد > عضله > پوست > آبشش برآورد گردید.

**نتیجه‌گیری:** مقادیر کم کادمیوم و کروم با BCF بالا به‌ویژه در عضله ماهیان بدون فلس (گربه ماهی) سلامتی مصرف کننده را تهدید می‌کنند.

**واژگان کلیدی:** ضریب انباشتگی زیستی، کروم، کادمیوم، ماهی، کپور معمولی، گربه‌ماهی راه‌راه

* ساری، کیلومتر ۹ جاده دریا، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، دانشکده علوم دامی و شیلات، گروه شیلات

**E-mail: z.abedi@sanru.ac.ir**

[ Downloaded from ismj.bpums.ac.ir on 2026-11-12 ]

## مقدمه

ضریب انباشتگی زیستی (BCF)[1] برای سنجش میزان انباشتگی زیستی فلزات با آب در آزمایشگاه بکار می‌رود. شاخص ضریب انباشتگی زیستی ویژگی درونی یک ماده است که چگونگی انباشته شدن آلاینده‌ها را در بدن آبزیان منعکس می‌کند (۱).

معیار ضریب انباشتگی زیستی ضمن اینکه به عنوان جایگزینی برای مسمومیت مزمن و یا بزرگ‌نمایی زیستی مواد آلی انسانی گسترش یافته است، برای همه مواد از جمله فلزات نیز به‌کار برده می‌شود (۲). محاسبه ضریب انباشتگی زیستی برای ارزیابی تهدید اکولوژیک هر نوع ماده شیمیایی اهمیت زیادی دارد (۳).

از آنجا که فلزات سنگین در بافت‌های حیوانی تجمع می‌یابند و فرآیند تجمع در همه حیوانات از جمله ماهی رخ می‌دهد، از این رو پایش سطح این فلزات سمی در مواد غذایی جهت نگاهداشت سلامت انسان لازم است (۴۱). مصرف مواد غذایی حاوی فلزات، منبع اصلی قرار گرفتن در معرض آن‌ها برای عموم است و منابع غذایی عمده تماس با فلزات، آن مواد غذایی است که در آن‌ها، به دلایل ویژه‌ای، سطوح بالایی از هر فلز ممکن است موجود باشد (۴). تعیین کیفیت شیمیایی موجودات آبزی، به‌ویژه محتویات فلزات سنگین در ماهی برای سلامت انسان بسیار مهم است (۵) با این آگاهی که ماهی بخش مهمی از یک رژیم غذایی متعادل می‌باشد.

ماهی کپورمعمولی[2] یکی از مهم‌ترین گونه‌های پرورشی به حساب می‌آید که با ایجاد شرایط مطلوب یا بهینه پرورش و آگاهی از پیامدهای شدید زیست محیطی فلزات سنگینی مثل کروم و کادمیوم می‌توان به بهبود پرورش این گونه ارزشمند کمک کرد. گربه‌ماهی بدون فلس پنگوسی راه‌راه[3] بومی رودخانه مکونگ (جنوب شرقی آسیا) و به‌عنوان گونه اصلی برای اهداف تحقیقاتی آبزی‌پروری در خارج از مناطق گرمسیری جنوب شرق آسیا می‌باشد که قابلیت موفقیت‌آمیز پرورش آن در مناطق گرمسیری غرب مورد توجه قرارگرفته است؛ با این وجود، دانش اندکی درباره زیست‌شناسی، بوم‌شناسی و فیزیولوژی این گونه موجود است (۶ و ۷). هر دو گونه این ماهیان در آبزی‌پروری مورد توجه هستند و در بازارهای غذای دریایی جهان جایگاه تجاری دارند. با اینکه پژوهش‌های زیادی بر روی آلودگی آبزیان به فلزات سنگین انجام شده است اما به نظر می‌رسد در مورد مقایسه ضریب انباشتگی زیستی عناصر سنگین در ماهی فلس‌دار کپور معمولی و بدون فلس گربه‌ماهی راه‌راه در شرایط آزمایشگاهی مطالعاتی صورت نگرفته است.

در این بررسی سعی شد با قراردادن هر دو نوع ماهی در تماس با فلزات سنگین کروم و کادمیوم، نخست غلظت کشنده ($LC_{50}$) برای هر ماهی تعیین شود. سپس غلظت این فلز در بافت‌های کبد، عضله، آبشش، پوست و فلس (ماهی کپور) و نمونه‌های آب حاوی تیمارها در روز پانزدهم نمونه‌برداری تعیین و در نهایت ضریب انباشتگی زیستی اندازه‌گیری شد.

## مواد و روش‌ها

۱۵۰ ماهی کپور معمولی با میانگین وزنی ۶/۳±۲۵/۹۲ گرم و ۱۵۰ گربه‌ماهی راه‌راه با میانگین وزنی ۳/۲±۱۸/۶۲ گرم از منابع فروش معتبر خریداری و به سالن آکواریوم گروه شیلات دانشگاه علوم

[1] Bioconcentration Factor
[2] C.carpio
[3] P.hypophthalmus



[ Downloaded from ismj.bpums.ac.ir on 2026-11-12 ]

کشاورزی و منابع طبیعی ساری انتقال داده شدند. پس از اضافه کردن ماهی‌ها به تانک و سازگار شدن آن‌ها به محیط جدید (یک هفته)، نمونه‌ها از مخزن نگهداری ماهی توسط تور دستی با احتیاط شکار و پس از توزین، به‌صورت تصادفی به هر تانک ۱۵ عدد ماهی در سه تکرار افزوده شد. هر تانک یا آکواریوم به هواده مجهز بود، و در هنگام آزمایش، تعویض آب و سیفون انجام نگرفت. میزان سختی کل (TDS: Total Dissolved Solids)، شوری (EC: Electerical conductivity)، pH، اکسیژن محلول و درجه حرارت روزانه اندازه‌گیری و ثبت گردیدند (جدول ۱).

**جدول ۱) ویژگی‌های کیفی آب در آکواریوم‌های ماهیان مورد آزمایش**

| پارامتر | مقدار |
|---|---|
| سختی کل | ۶۰۰ میلی گرم در لیتر |
| اکسیژن محلول | ۶-۵ میلی گرم در لیتر |
| pH | ۶/۷۵ |
| هدایت الکتریکی | ۱دسی زیمنس بر متر |
| دما | ۱ ± ۲۵ درجه سانتی گراد |
| تناوب نوری | ۱۲ساعت روشنایی: ۱۲ساعت تاریکی |

کلریدکادمیوم و کلریدکروم به‌ترتیب از شرکت‌های British Drug House و AppliChem GmbH Germany تهیه شدند و به‌عنوان ترکیبات فلزات سمی در این آزمایش مورد استفاده قرار گرفتند. نخست غلظت‌های کشنده فلزات کروم و کادمیوم در ماهیان کپور معمولی و گربه‌ماهی راه‌راه با استفاده از برنامه پروبیت[4] و نرم‌افزار آماری SPSS (USA،Il،Chicago،SPSS Inc) ویرایش ۱۶ محاسبه شدند. میانگین غلظت‌های کشنده فلز کروم و کادمیوم برای ماهی کپور به‌ترتیب ۲۰ و ۸۴/۸ میلی‌گرم بر لیتر و برای گربه‌ماهی ۷/۴۶ و ۶۴/۸۹ میلی‌گرم بر لیتر محاسبه شدند (۸). با توجه به اینکه مقایسه می‌بایست 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 یادآوری است که حداکثر غلظت مجاز سمیت (MATC)[5] از تقسیم $LC_{50}$ بر عدد ۱۰ حاصل می‌گردد (۹). با توجه به اینکه ۱۰ درصد غلظت کشنده به‌عنوان دوز تحت کشنده در نظر گرفته می‌شود (۱۰)، در ابتدای آزمایش، میزان ۰/۱ غلظت کشنده فلزات به تیمارهای مربوطه (هر یک با سه تکرار) اضافه شد. ماهیان در طول آزمایش گرسنه نگه داشته شدند. در ماهیان هر تیمار، اندام‌های جداگانه (کبد، عضله، آبشش، پوست و فلس) بر اساس روش تهیه و آماده‌سازی نمونه‌های بافتی آبزیان جهت فراکاوی فلزات تشریح شدند (۱۱). نمونه‌برداری از ماهی‌های تحت تیمار و شاهد در روز ۱۵ انجام شد. پس از اندازه‌گیری طول و وزن، جداسازی بافت‌ها از نمونه‌های هر گروه انجام، و هر یک از بافت‌ها شامل: کبد، عضله، آبشش، پوست و فلس جهت تعیین وزن خشک (DW)[6] در آون با دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد برای مدت ۴۸ ساعت قرار گرفتند. برای هضم شیمیایی نمونه‌ها، یک گرم از نمونه‌های خشک و هموژنیزه شده کبد، عضله، آبشش، پوست و فلس جداگانه توزین و به هر یک ۵ میلی‌لیتر اسیدنیتریک و ۱ میلی‌لیتر اسیدپرکلریدریک اضافه گردید. سپس نمونه‌ها در حمام آب گرم ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد برای مدت ۷۵ دقیقه قرار گرفتند (۱۲). پس از آن، همه نمونه‌ها با آب مقطر به حجم ۲۰ میلی‌لیتر رسید و با عبور از کاغذ صافی واتمن ۴۲ در ظروف مخصوص

[4] Finney's Probit Analysis

[5] Maximum Acceptable Toxicant Concentration
[6] Dry Weight



[ Downloaded from ismj.bpums.ac.ir on 2026-11-12 ]

جهت اندازه‌گیری با دستگاه جذب اتمی نگهداری شدند. جهت سنجش میزان عناصر سنگین در کلیه نمونه‌ها از دستگاه جذب اتمی مدل M5 (Thermo Co.) استفاده شد (۱۳). سپس مقادیر جذبی دستگاه در فرمول زیر قرار داده شدند تا میزان تجمع بر اساس میکروگرم در هر گرم وزن خشک بافت (میلی گرم بر کیلوگرم) محاسبه شود:

$$V = \frac{A \times B}{N}$$

A: مقدار جذب خوانده شده با دستگاه، B: حجم نهایی نمونه، N: وزن خشک انتخاب شده، V: غلظت فلز مورد نظر

**سنجش غلظت فلزات کادمیوم و کروم در نمونه آب**

جهت سنجش میزان فلز در نمونه آب ابتدا ۵۰۰ سی‌سی از آب آکواریوم را گرفته و به آن ۵ میلی‌لیتر اسیدنیتریک غلیظ اضافه گردید. سپس نمونه‌ها در حمام آب گرم ۷۵-۹۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند تا اینکه ۵۰ سی‌سی از آن در ظرف باقی بماند و بقیه تبخیر گردد. پس از آن، همه نمونه‌ها با آب مقطر به حجم ۱۰۰ میلی‌لیتر رسیدند.

شایان به یادآوری است که چنانچه نمونه اولیه کدر باشد باید ابتدا از صافی عبور داده شود و بعد اسید نیتریک اضافه گردد.

$$V = \frac{A \times B}{N}$$

V: غلظت فلز مورد نظر، A: غلظت خوانده شده توسط دستگاه، B: حجم نهایی نمونه، N: ۵۰۰ سی‌سی آب آکواریوم.

**اندازه‌گیری BCF**

BCF با فرمول زیر محاسبه گردید (۱):

$$BCF = \frac{Cwf}{Cw}$$

که در آن CWF غلظت ماده در ماهی وCW غلظت ماده در آب می‌باشند.

**تجزیه و تحلیل آماری**

این پژوهش در قچارچوب طرح کاملاً تصادفی اجرا گردید. تجزیه و تحلیل داده‌ها در نرم‌افزار SPSS (SPSS Inc، Chicago، Il، USA) ویرایش ۱۶، با استفاده از آنالیز واریانس یکطرفه (One-way ANOVA)، مقایسه میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح معنی‌داری ۰/۰۵ صورت گرفت. یافته‌ها به‌صورت میانگین± انحراف معیار بیان شد.

**یافته‌ها**

میزان تجمع فلزات سنگین کروم و کادمیوم در اندام‌های کبد، آبشش، پوست، عضله و فلس در گروه شاهد و تیمارهای هر یک از ماهی‌ها در روز پانزدهم اندازه‌گیری شد (جدول ۲).

در ماهی کپور معمولی، بیشترین میزان کادمیم در کبد و پس از آن به‌ترتیب در پوست>آبشش> فلس> عضله یافت گردید. در گربه‌ماهی راه‌راه نیز بیشترین میزان کادمیم در کبد و پس از آن به‌ترتیب در عضله>آبشش>پوست تجمع یافت. فلز کروم در کپور معمولی به‌ترتیب در آبشش > کبد > پوست > فلس> عضله انباشته شد، و تجمع کروم در گربه ماهی راه‌راه به‌ترتیب کبد>عضله>پوست>آبشش بود (جدول ۲).

**سنجش غلظت فلزات سنگین کروم و کادمیوم در آب**

مقایسه فلزات سنگین انباشته شده در نمونه‌های آب تیمارهای تحت کشنده فلزات برای هر گونه ماهی نشان داد که در آکواریوم‌های حاوی ماهی کپور، میزان غلظت فلزات بیشتر بود. در نتیجه، جذب فلزات در بافت‌های ماهی کپور می‌بایست کمتر از بافت‌های



[ Downloaded from ismj.bpums.ac.ir on 2026-11-12 ]

گربه‌ماهی راه‌راه باشد. غلظت نهایی کروم، کادمیوم در آکواریوم حاوی تیمار کپور به‌ترتیب ۱/۶۹ و ۱۱/۴ برابر آکواریوم حاوی تیمار گربه ماهی بود (جدول ۳).

**جدول ۲) مقایسه میانگین تجمع کروم و کادمیم (میلی‌گرم بر کیلوگرم) در بافت‌های کبد، پوست، آبشش، عضله و فلس در ماهی کپور معمولی و گربه ماهی راه‌راه در روز ۱۵ نمونه‌برداری**

| فلز | بافت | کپور (شاهد) | گربه‌ماهی (شاهد) | کپور (روز ۱۵) | گربه‌ماهی (روز ۱۵) |
|---|---|---|---|---|---|
| کروم | کبد | ۱±۱۱ d* | ۵±۹۰ c | ۵/۹±۲۰۸/۷ b | ۴/۰۴±۹۰۳/۶۶ a |
| | پوست | ۱/۵۶±۳۴/۶ d | ۷/۶۵±۱۰۱/۶ c | ۲/۶۷±۱۳۰/۴۳ b | ۵/۱۹±۴۳۵/۸۱ a |
| | آبشش | ۰/۶۱±۱۸/۲۹ d | ۰/۹۶±۸۱/۰۲ c | ۳/۷۲±۲۴۰/۴۶ a | ۲/۰۸±۲۰۱/۶۶ b |
| | عضله | ۷/۵±۳۸/۴ c | ۰/۵۲±۱۱/۴۱ b | ۵/۳۶±۴۶/۱۲ c | ۴/۳±۷۴۴/۹۸ a |
| | فلس | ۹۱/۹۶±۱/۹۲ b | - | ۱۰۹±۶/۵ a | - |
| کادمیم | کبد | ۱/۱۶±۲۱/۱ c | ۱±۵ d | ۶/۳±۵۳۸/۰۴ a | ۱۹۵/۵±۴/۱۸ b |
| | پوست | ۰/۷۳±۸/۹ b | ۰/۵۱±۲/۴۳ b | ۳/۰۲±۹۸/۳۱ a | ۱/۷±۵/۹۳ b |
| | آبشش | ۰/۳۳±۱/۶ c | ۰/۱۷±۲/۹ c | ۰/۶۳±۴۷/۷۲ b | ۲/۵۱±۵۲/۳ a |
| | عضله | ۰/۲۹±۲/۰۶ d | ۰/۷۶±۴/۱ c | ۰/۶۱±۱۵/۷ b | a۱±۱۰۷ a |
| | فلس | ۰/۳۹±۱/۷۷ b | - | ۳/۱±۲۵/۹ a | - |

* حروف مشابه و متفاوت در هر سطر به‌ترتیب نشان‌گر عدم اختلاف معنی‌دار و وجود اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌ها می‌باشند.

**جدول۳) مقایسه غلظت (میلی‌گرم بر لیتر) فلزات سنگین کروم و کادمیوم در نمونه آب تیمار تحت‌کشنده فلزات (روز ۱۵)**

| نمونه آب | کادمیم | کروم |
|---|---|---|
| کپور معمولی | ۰/۰۴۱۲ | ۰/۱ |
| گربه‌ماهی راه‌راه | ۰/۰۰۳۶ | ۰/۰۵۹ |

در ماهی کپور معمولی، ترتیب BCF (میلی‌گرم بر لیتر) برای کادمیوم به‌صورت کبد>پوست>آبشش> فلس> عضله یافت گردید. در گربه‌ماهی راه‌راه، بیشترین میزان BCF برای کادمیوم در کبد و پس از آن در عضله>آبشش>پوست برآورد شد. ترتیب BCF برای فلز کروم در ماهی کپور به‌صورت آبشش> کبد>پوست>فلس>عضله و در گربه ماهی با ترتیب کبد>عضله>پوست>آبشش محاسبه گردید (جدول ۴). در بافت‌های عضله، آبشش و فلس ماهی کپور ترتیب BCF فلزات به‌صورت کروم>کادمیوم یافت شد، ولی در بافت پوست و کبد این ماهی به‌صورت کادمیم>کروم بود. مقادیر BCF در بافت‌های عضله، آبشش و کبد گربه‌ماهی راه‌راه برای فلز کادمیم بیشتر از کروم بود، ولی در پوست گربه ماهی،BCF کروم نسبت به کادمیوم بیشتر اندازه‌گیری شد (جدول ۴).

**جدول ۴) ضریب انباشتگی زیستی (BCF) بر حسب میلی‌گرم بر لیتر برای فلزات سنگین کروم و کادمیوم در بافت‌های کپور معمولی و گربه‌ماهی راه‌راه (در روز ۱۵)**

| BCF | کادمیم | | کروم | |
|---|---|---|---|---|
| ماهی | کپور معمولی | گربه ماهی | کپور معمولی | گربه ماهی |
| بافت‌عضله | ۱۴±۳۸۱/۲ | ۲۷۷±۲۹۷۲۲ | ۵۳±۴۶۱/۲ | ۷۳±۱۲۶۲۶ |
| آبشش | ۱۵±۱۱۵۸/۴ | ۶۹۹±۱۴۵۳۷ | ۶۱±۲۵۶۰/۶ | ۳۵/۲±۳۳۸۹/۸ |
| پوست | ۷۳±۲۳۸۶/۲ | ۴۹۷±۱۶۶۹ | ۲۶±۱۳۰۴/۳ | ۸۸±۷۳۸۶/۶ |
| فلس | ۳۷±۶۲۸/۶ | - | ۶۵/۵±۱۰۹۰ | - |
| کبد | ۱۵۳±۱۳۰۵۹ | ۱۱۶۳±۵۴۳۲۲ | ۵۹±۲۰۸۷/۶ | ۶۸±۱۵۳۱۶/۳ |

## بحث

هنگامی که ماهیان در معرض غلظت بالای فلزات در محیط آبی قرار می‌گیرند، جذب فلزات سنگین از آب بیشتر توسط آبشش، پوست ماهی و مصرف آب آلوده و یا همراه با غذا صورت می‌گیرد (۱۴). سپس فلزات در بدن ماهی با جریان خون به بافت‌های مختلف بدن



[ Downloaded from ismj.bpums.ac.ir on 2026-11-12 ]

انتقال می‌یابند (۱۵). همچنین پس از انباشتگی زیستی فلزات، ماهی می‌تواند غلظت فلزات را در حد خاصی تنظیم کند (۱۶). بنابراین، توانایی هر بافت جهت تنظیم مقدار کل فلزات انباشته شده به‌طور مستقیم به مقدار کل فلز انباشته شده در آن بافت خاص بستگی دارد (۱۷). همچنین، تفاوت فیزیولوژیکی و وضعیت هر بافت در ماهی می‌تواند تجمع هر فلز خاص را تحت تأثیر قرار دهد (۱۵).

مطالعه انجام شده نشان داد که در هر دو ماهی فلس دار تیلاپیا[7] (*T.zilli*) و بدون فلس گربه‌ماهی[8] تجمع فلز کروم در بافت‌های عضله و آبشش بیشتر از کادمیم بود (۱۸). در پژوهش کنونی، فقط در ماهی فلس‌دار کپورمعمولی تجمع فلز کروم در بافت‌های عضله و آبشش بیشتر از کادمیوم بود که با نتایج مطالعه بر روی تیلاپیا مطابقت دارد. در ماهی بدون فلس گربه ماهی، تجمع فلز کادمیم در بافت‌های عضله و آبشش بیشتر از کروم بود که با نتایج مطالعه قبلی (۱۸) مطابقت ندارد. همچنین در هر دو گونه گربه ماهی و تیلاپیا، میانگین انباشتگی کروم بسیار بالاتر از کادمیوم بود (۱۸) که با نتایج این پژوهش در هر دو گونه هم‌خوانی دارد. در یک زیستگاه آب شیرین، مقادیر کروم (با غلظت محیطی ۰/۰۶ میلی‌گرم در لیتر) در عضلات دو گربه‌ماهی *C.nigrodigitatus* و *C.anguillaris* کمتر از عضله تیلاپیا برآورد شد (۱۹).

در بررسی کنونی، غلظت اولیه کادمیوم (۶/۵ میلی‌گرم در لیتر) در آب تیمار گربه ماهی پس از ۱۵ روز بیش از ۱۶ برابر (۱۰۷ میلی‌گرم) در عضله این گونه ذخیره شد، همان‌طور که در عضله گربه ماهی *C.gariepinus* نیز تراکم کادمیوم پس از ۴ هفته (در محیط طبیعی) تقریباً ۱۱ برابر ثبت گردید (۲۰). از سویی دیگر، در عضله ماهی کپور میزان اولیه کادمیوم در آب (۸/۵ میلی‌گرم در لیتر) کمتر از دو برابر (۱/۹ میلی‌گرم) می‌باشد. همچنین افزایش سریع و بسیار بالای کادمیوم در کبد و غلظت بسیار کم آن در عضله کپور معمولی، با سایر یافته‌ها در این گونه ماهی مطابقت دارد (۲۱). به‌طور کلی، اختلافات سطوح انباشتگی فلزات سنگین میان ماهیان مختلف را می‌توان به تفاوت‌های نرخ‌های سوخت وساز آنها نسبت داد (۲۲).

معیار BCF ضمن اینکه به‌عنوان جایگزینی برای مسمومیت مزمن و یا بزرگ‌نمایی زیستی مواد آلی انسانی گسترش یافته است، به‌طور کلی برای همه مواد شامل فلزات و ترکیبات فلزی به‌کار برده می‌شود. مقادیر آستانه BCF که برای دسته‌بندی مواد استفاده می‌شود بین ۵۰۰ تا ۵۰۰۰ قرار دارد که به میزان نفوذ بافتی وابسته است (۲۲ و ۲۴).

مقدار BCF در ماهیان استخوانی در معرض کادمیوم کمتر از ۲۰ بود (۲۵). همچنین دامنه ۲۲ – ۲۰۰ نیز در ماهی قزل‌آلای جویباری[9] گزارش شد (۲۶ و ۲۷). شاخص BCF در ماهیان آب شور *Leiostomus zanthurus* در دامنه ۴۰–۳۰۰ برآورد گردید (۲۸).

در مطالعه‌ای دیگر بر روی ماهی سالمون اقیانوس اطلس، دامنه گسترده‌تری از شاخص BCF فلز کادمیوم از ۱۳۰ تا چندین هزار گزارش گردید (۲۹). در بررسی پیش رو نیز دامنه BCF کادمیوم در بافت‌های بررسی شده از ۳۸۱ تا ۵۴۳۲۲ برآورد گردید. دامنه BCF فلز کروم از ۱ –۳/۴ بیان شد (۳۰) در حالی که در این مطالعه ، مقادیر BCF کادمیوم بین ۳۸۱/۲ تا ۵۴۳۲۲، و مقادیر BCF کروم بین ۴۶۱/۲ تا ۱۵۳۱۶/۳ بودند که کمترین BCF فلزات کادمیم و

[7] *Tilapia zilli*
[8] *Clarias gariepinus*
[9] Brook trout



[ Downloaded from ismj.bpums.ac.ir on 2026-11-12 ]

کروم، در هر دو ماهی در عضله و بیشترین آن در کبد دیده شد.

سطوح BCF کروم (با غلظت محیطی حدود ۰/۴ میلی‌گرم در لیتر) را در تیلاپیا و گربه ماهی به‌ترتیب ۲۴۴ و ۲۳۲ گزارش نمودند (۱۸). مقادیر BCF کروم (با غلظت محیطی ۰/۰۶ میلی‌گرم در لیتر) در عضلات دو گربه‌ماهی *C.nigrodigitatus* و *C.anguillaris* و عضله تیلاپیا در یک زیستگاه آب شیرین به‌ترتیب ۵/۳۳، ۴/۶۷، و ۱۱ گزارش گردید (۱۹).

این نکته شایان یادآوری است که اختلاف بالای مقادیر BCF مشاهده شده، ناشی از اختلاف در شرایط مطالعه و غلظت فلزات در آب می‌باشد، به این معنی که مطالعات اخیر در محیط طبیعی انجام شدند (۱۸ و ۱۹) ولی مطالعه کنونی در شرایط آزمایشگاهی با غلظت خیلی بالاتر فلزات انجام شد.

ضریب انباشتگی زیستی نسبت ثابتی بین تجمع فلزات در ماهی به آب می‌باشد، به گونه‌ای که با افزایش تجمع فلز در بافت‌های ماهی، میزان این ضریب کاهش می‌یابد (۳۱). ارتباط این مطلب با جدول ۳ در این است که با بالا رفتن انباشتگی فلزات در بافت‌های هر دو ماهی، غلظت این فلزات در آب گروه‌های تیمار کاهش یافت. این کاهش در تیمار گربه ماهی کاملاً مشهود و بسیار بیشتر از تیمار کپور معمولی بود. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که بقایای بالاتر هر دو فلز در آب تیمار کپور معمولی از یک سو، و انباشتگی بسیار کمتر فلزات در بافت‌های این گونه از سویی دیگر می‌بایست بر اثر پوشش جاذب و محافظ فلس باشد.

به‌نظر می‌رسد که فقدان این پوشش در گربه ماهی سبب شد تا مقادیر بسیار کمتری از فلزات در آب تیمار مربوطه باقی بمانند و همچنین به گونه چشمگیری در بافت‌های این گونه به‌ویژه در عضله ذخیره شوند.

در مطالعه‌ی مقایسه‌ای دیگری که روی دو ماهی Torki[10] و بدون Mulee[11] انجام شد، تجمع کادمیوم در کبد در ماهی فلس‌دار Torki بیشتر از عضله بود، ولی تجمع کادمیوم در عضله ماهی بدون فلس Mulee بیشتر از کبد بود (۳۲).

همچنین مطالعه‌ی دیگری که تجمع فلزات سرب، کادمیوم، کروم و روی را در ماهیان فلس‌دار *Carassius gibelio* و *Esox lucius* بررسی نمود، ثابت شد که همه فلزات مورد بررسی روند تجمعی مشابهی را به‌ترتیب در کبد> کلیه> آبشش> روده> عضله داشتند (۳۳). در این پژوهش نیز تجمع فلزات کادمیوم و کروم در بافت کبد ماهی فلس‌دار کپور معمولی بیشتر از عضله، و تراکم در ماهی بدون فلس گربه ماهی راه‌راه نیز مشابه ماهی کپور معمولی در کبد بیشتر از عضله اندازه‌گیری گردید.

انباشتگی فلزات به‌گونه چشمگیری بر اساس نوع بافت و فلز متفاوت بود. یافته‌های حاصل از برخی پژوهش‌ها که در شرایط طبیعی بر روی دو گونه ماهی سفید رودخانه‌ای[12] و سیاه ماهی[13] انجام شد (۳۴) و بررسی‌های که در شرایط آزمایشگاهی بر روی دو ماهی فلس‌دار Torki، *L.dyocheilus* و بدون فلس Mulee، *W.attu* انجام گرفت (۳۲) این مطلب را مشخص می‌کنند که میانگین غلظت فلزات سنگین در بافت‌های مختلف ماهی با یکدیگر متفاوت می‌باشند که بررسی کنونی نیز آن را تأیید می‌نماید. تفاوت فلزات سنگین در بافت‌های گوناگون ماهیان می‌تواند ناشی از متغیر بودن توان فلزات سنگین در زمینه غلبه بر پیوندهای فلزی پروتئین‌ها نظیر متالوتیونین‌ها، و

[10] *Labeo dyocheilus*
[11] *Wallago attu*
[12] *Squalius cephalus*
[13] *Capoeta capoeta*



[ Downloaded from ismj.bpums.ac.ir on 2026-11-12 ]

همچنین نیازهای اکولوژیک و فعالیت‌های متابولیک ماهیان باشد (۳۵).

نقش پالایش‌گری فلس‌ها نیز قبلاً بررسی شده است (۳۶) و نشان داده شده که سمیت ۲۷ فلز پس از پالایش با فلس‌ها کاسته می‌شود. این ویژگی به عمل کرآتین در فلس نسبت داده شده است که به‌عنوان مهم‌ترین ترشح اکتودرمال، فلزات را جذب و پوشش محافظی در برابر سطوح سمی آن‌ها ایجاد می‌کند. سایر بررسی‌ها نیز جذب و حذف فلزات سنگین را به‌وسیله فلس‌های ماهیان و افزایش انباشتگی فلزات را در فلس طی دوره تماس بررسی و مشاهده کردند (۳۷، ۳۸ و ۴۰).

جذب فلز محلول در آب با آبشش به جریان خون، نخستین روش جذب در ماهیان آب شیرین می‌باشد (۳۹). در مطالعه کنونی نیز ضریب انباشتگی زیستی فلز کروم در ماهی کپور معمولی در اندام آبشش بیشتر از سایر اندام ها برآورد گردید.

در مطالعه انجام شده بر روی گربه‌ماهی *C.gariepinus* که ضریب انباشتگی زیستی فلز سرب در بافت‌های مختلف در شرایط آزمایشگاهی و طبیعی (Feral) مورد بررسی قرار داده است (۱۷). میزان ضریب انباشتگی زیستی در بافت‌ها با افزایش غلظت سرب کاهش یافت. همچنین مشاهده شد که کبد بعد از قلب بیشترین تجمع را داشت. در مطالعه پیش رو نیز کبد بیشترین ضریب انباشتگی را (به غیر از ضریب انباشتگی فلز کروم در ماهی کپور معمولی) به خود اختصاص داد. در ماهی کپور معمولی کمترین میزان BCF در عضله تعیین گردید که با مطالعه دیگر مطابقت دارد (۱۷).

ضریب انباشتگی زیستی خطری را برای ماهی که متحمل انباشتگی شده است نشان نمی‌دهد اما نشانگر تهدید برای جمعیت‌هایی می‌باشد که از این ماهیان به‌عنوان منبع غذا استفاده می‌کنند (۲۳، ۳۱ و ۴۲).

یافته‌های این بررسی نشان داد که غلظت‌های کم فلزات کادمیوم و کروم در محیط مسیری را برای افزایش انباشتگی زیستی مقدار استعمال شده در ماهی پیدا می‌کنند که به موجب آن، سلامت مصرف کننده را شدیدا مورد تهدید قرار می‌دهند. بنابراین، نظارت زیستی منظم آبزیان موجب سلامت جمعیت می‌گردد. به‌علاوه، این موضوع با مصرف ماهیان بدون فلس مثل گربه ماهی در پژوهش حاضر به‌علت BCF بسیار بالاتر در بافت‌ها به‌ویژه در عضله نسبت به ماهی فلس‌دار می‌تواند پیامدهای وخیم‌تری برای مصرف کننده به همراه داشته باشد.

## References:

1.Opperhuizen A. Bioconcentration and biomagnification: is a distinction necessary? In: Nagel R, Loskill R, editors. Bioaccumulation in Aquatic Systems. Contribution to the assessment. Weinheim: VCH Publishers; 1991: p. 67-80.
2.Mcgeer JC, Brix KV, Skeaff JM, et al. Inverse relationship between bioconcentration factor and exposure concentration for metals: Implications for hazard assessment of metals in the aquatic environment. Environ Toxicol Chem 2003; 22: 1017-37.
3.Toropov AA, Toropova AP, Benfenati E. QSPR modeling bioconcentration factor (BCF) by balance of correlations. Eur J Med Chem 2009; 44: 2544-51.
4.Mercury, Lead, Cadmium, Tin and Arsenic in Food. Food safety. (Accessed in Apr 10, 2013, at www.fsai.ie/WorkArea/Download Asset.aspx ? id =8412).
5.Dural M, Ziya Lugal Goksu M, Ozak AA. Investigation of heavy metal levels in economically important fish species captured from the Tuzla Lagoon. Food Chem 2007; 102: 415–21.
6.Hung LT, Lazard J, Mariojouls C, et al. Comparison of starch utilization in fingerlings of two Asian catfishes from the Mekong River



[ Downloaded from ismj.bpums.ac.ir on 2026-11-12 ]

(Pangasius bocourti Sauvage, 1880, Pangasius hypophthalmus Sauvage, 1878). Aquacult Nutr 2003; 9: 215-22.
7.Aquaculture of Tilapia and Pangasius; A Comparative Assessment. Caribe Fisheries Inc. (Accessed in Apr 10, 2013, at http://caribefish.com/portal/index.php?temid=76).
8.Abedi Z, Khalesi MK, Eskandari SK, et al. Comparison of lethal concentrations (LC50-96 h) of CdCl2, CrCl 3, and Pb(NO3)2 in common carp (Cyprinus carpio) and sutchi catfish (Pangasius hypophthalmus). Iran J Toxicol 2012; 6: 672-80.
9.Finney D, editor. Probit analysis, 3rd ed. Cambridge, England: Cambridge University Press; 1971: p. 333.
10.Bhamre PR, Thorat AE, Desai AE, et al. Evaluation of acute toxicity of mercury, cadmium and zinc to a freshwater mussel Lamellidens consobrinus. Our Nature 2010; 8: 180-4.
11.Dybern B. Field sampling and preparation subsamples of aquatic organism for analysis metals and organochlorides. FAO Fisher Tech 1983; 212: 1-13.
12.Reeve RN, Barnes JD, editors. Environmental analysis. 5th ed. New York: John Wiley and Sons; 1994: p. 284.
13.Association of Official Analytical Chemists (AOAC). Atomic absorption method for fish. Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists. 13th ed. Washington, DC: AOAC; 1980: p. 5-8.
14.Heath AC, editor. Water pollution and fish physiology. 2nd ed. Boca Raton, Florida: CRC Press; 1995: p. 359.
15.Rodriguez Moreno PA, Medesani DA, Rodriguez EM. Inhibition of molting by cadmium in the crab Chasmagnathus granulates (Decapoda, Brachyura). AquatToxicol 2003; 64: 155-64.
16.Heath AG, editor. Water Pollution and Fish Physiology. 1st ed. Boca Raton, Florida: CRC Press; 1991: p. 1-6.
17.Olanike Kudirat A. Bioconcentration of lead in the tissues of feral and laboratory exposed Clarias gariepinus. J Med Sci 2008; 8: 281-6.
18.Eneji IS, Sha Ato R, Annune PA. Bioaccumulation of heavy metals in Fish (*Tilapia zilli* and *Clarias gariepinus*) Organs from River Benue, North-Central Nigeria. Pak J Anal Environ Chem 2011; 12: 25-31.
19.Nwani CD, Nwachi DA, Okogwu OI, et al. Heavy metals in fish species from lotic freshwater ecosystem at Afikpo, Nigeria. J Environ Biol 2010; 31: 595-601.
20.Ayandiran TA, Fawole OO, Adewoye SO, et al. Bioconcentration of metals in the body muscle and gut of Clarias gariepinus exposed to sublethal concentrations of soap and detergent effluent. J Cell Anim Biol 2009; 3: 113-8.
21.de Conto Cinier C, Petit-Ramel M, Faure R, et al. Kinetics of cadmium accumulation and elimination in carp Cyprinus carpio tissues. Comp Biochem Physiol C Pharmacol Toxicol Endocrinol 1999; 122: 345-52.
22.Ademoroti CMA, editor. Environmental Chemistry and Toxicology. 1st ed. Ibadan: Fodulex Press Ltd; 1996: p. 333.
23.Environment Canada (EC). Persistence and bioaccumulation regulations. Canada Gazette; 2000.
24.Organization for Economic Cooperation and Development (OECD). Harmonized integrated hazard classification system for human health and environmental hazards of chemical substances and mixtures. Annex 2. Guidance Document 27. Paris: ENV/JM/MONO 8. OECD; 2001.
25.Taylor D. The significance of the accumulation of cadmium by aquatic organisms. Ecotoxicol Environ Safety 1983; 7: 33-42.
26.Atchison GJ, Murphy BR, Bishop WE, et al. Tracemetal contamination of bluegill (*Lepomis macrochirus*) from two Indiana lakes. Trans Am Fish Soc 1977; 106: 637-40.
27.Sangalang GB, Freeman HC.Tissue uptake of cadmium in brook trout during chronic sublethal exposure. Arch Environ Contam Toxicol 1979; 8: 77-84.
28.Middaugh DP, Davis WR, Yoakum RL. The response of larval fish, Leiostomus zanthurus, to envronmental stress following sublethal cadmium exposure. Marine Science 1975; 19: 13-9.
29.John J, Gjessing ET, Grande M, et al. Influence of aquatic humus and pH on the uptake and depurination of cadmium by the Atlantic salmon (Salmo salar L.). Sci Total Environ 1987; 62: 253-65.
30.Hsieh DPH, McKone TE, et al, editors. Final Draft Report: Intermedia transfer factors for contaminants found at hazardous waste sites. 1st ed. California: Environmental Protection Agency; 1994: p. 2-8.
31.CSTEE. Opinion on the available scientific approaches to assess the potential effects and risk of chemicals on terrestrial ecocystems.



[ Downloaded from ismj.bpums.ac.ir on 2026-11-12 ]

Brussels: DG SANCO; 2000.
32.Yousafzai AM, Chivers DP, Khan AR. Comparison of heavy metals burden in two freshwater Fishes Wallago attu and Labeo dyocheilus with regard to their feeding habits in natural ecosystem. Pak J Zool 2010; 42: 537-44.
33.Ebrahimpour M, Pourkhabbaz A, Baramaki R, et al. Bioaccumulation of heavy metals in freshwater fish species, Anzali, Iran. Bull Environ Contam Toxicol 2011; 87: 386-92.
34.Golmohammadi S. Assessing heavy metal content of muscle and liver tissues of Squalius cephalus and Capoeta capoeta gracilis in Tajan River in Mazandaran Province [Dissertation]. Bojnoord Islamic Azad Univ., 2009.
35.Canli M, Atli G. The relationships between heavy metal (Cd, Cr, Cu,Fe, Pb, Zn) levels and the size of six Mediterranean fish species. Environm Pollution 2003; 121: 129-36.
36.Coello WF, Khan MAQ. Protection against heavy metal toxicity by mucus and scales in fish. Arch Environ Contam Toxicol 1996; 30: 319-26.
37.El-Sheikh AH, Sweileh JA. Sorption of trace metals on fish scales and application for lead and cadmium pre-concentration with flame atomic absorption determination. Jordan J Chem 2008; 3: 87-97.
38.Mustafiz S, Rahaman MS, Kelly D, et al. The application of fish scale in removing heavy metal from energy produced waste streams; the role of microbes. Ener Sour 2003; 25: 905-16.
39.Varanasi U, Markey D. Uptake and release of lead and cadmium in skin and mucus of coho salmon (Oncorhynchus kisutch). Comp Biochem Phys 1978; 60: 187-91.
40.Sauer GR, Watabe N. Ultrastuctural and histochemical aspects of zinc accumulation by fish scales. Tiss Cell 1989; 21: 935-43.
41.Fialkowski W, Fialkowska E, Smith BD, et al. Biomonitoring survey of trace metal pollution in streams of a catchment draining a zinc and lead mining area of upper Silesia, Poland using the amphipod Gammarus fossarum. Int Rev Hydrobiol 2003; 88: 187-200.
42.Movahed A, Dehghan A, Haji Hosseini R, et al. Evaluation of heavy metals in the tissues of different species of shrimps collected from coastal waters of Bushehr, Persian Gulf. ISMJ 2013; 16: 100-9.

[ Downloaded from ismj.bpums.ac.ir on 2026-11-12 ]

**ISMJ 2014; 17(4): 695-705**

***Original Article***

# Comparison of cadmium and chromium bioconcentration factors between scaled and scale less fish species: common carp and sutchi (striped) catfish

***Z. Abedi [1], MK. Khalesi [1*], SK. Eskandari [1]***

***[1] Department of Fishery, School of Animal Sciences and Fisheries, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, IRAN***

**(Received 5 Feb, 2013 Accepted 23 Apr, 2013)**

***Abstract***

**Background**: Water-borne, indissoluble heavy metals are bioaccumulated in fish (human food source). In this research, chromium (Cr) and cadmium (Cd) bioconcentration factors (BCFs) in the skin, gills, scales, livers and muscles of two widely-consumed fish species, scaled common carp Cyprinus carpio and scaleless catfish Pangasius hypophthalmus were compared.

**Material and Methods**: Lethal concentrations of Cd and Cr (64.89 & 7.46, and 84.8 & 17.05 mg/L for the catfish and carp, respectively) were determined during 96 hrs (96 h LC50), and the fishes were exposed for 15 days. Then the tissue samples were chemically digested and the contents of Cd and Cr were determined using atomic absorption.

**Results**: Total contents of Cr and Cd in the catfish's tissues were 2286.11 & 360.73, and those of Cr & Cd in carp were 734.71 & 725.67 µg/g.dw (excluding the scales), respectively. Metal concentrations in the water residues (day 15) revealed lower Cr and Cd (0.059 & 0.0036 mg/L) in the catfish than those in the carp media (0.1 & 0.0412 mg/L, respectively). In common carp, BCF of Cd was as liver > skin > gills > muscle > scales, and those in the catfish marked as liver>muscle >gills >skin. The BCF of Cr in common carp ranked as gills>liver>skin>scales>muscle, and the catfish showing a BCF pattern of Cr as liver> muscle>skin>gills.

**Conclusion:** This study signifies that small amounts of cadmium and chromium with high BCFs especially in the muscles of scale less fish (catfish) threat consumers' health.

**Keywords**: bioconcentration factor, chromium, cadmium, fish, *Cyprinus carpio*, *Pangasius hypophthalmus*

**Address for correspondence*: Department of Fishery, School of Animal Sciences and Fisheries, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, IRAN; E-mail: z.abedi@sanru.ac.ir

**Website: http://bpums.ac.ir**
**Journal Address: http://ismj.bpums.ac.ir**

[ Downloaded from ismj.bpums.ac.ir on 2026-11-12 ]