

## بررسی میزان کادمیوم در ماهی کپور پرورشی، آب و رسوب‌های استخرهای پرورشی استان خوزستان

مهران جواهری‌بابلی<sup>۱</sup>، پیوند مکتبی<sup>۲</sup>، علیرضا جعفرنژادی<sup>۳</sup> و ابوالفضل عسکری‌ساری<sup>۴</sup>

تاریخ دریافت: ۹۰/۱۲/۲۲

تاریخ پذیرش: ۹۱/۸/۲۴

### خلاصه

در این پژوهش، غلظت کادمیوم (Cd) در بافت‌های عضله، کبد، آبشش ماهی کپور پرورشی (*Cyprinus carpio*)، آب و رسوب‌های استخرهای پرورشی در مسیر رودخانه کارون در سه منطقه، شمال (شوشتر)، مرکز (اهواز) و جنوب (خرمشهر) در استان خوزستان در پاییز سال ۱۳۸۹ مطالعه شد. بیشترین و کمترین غلظت کادمیوم در بافت عضله به ترتیب در منطقه شوشتر و خرمشهر به میزان ۰/۱۸ و ۰/۰۶ میلی‌گرم کادمیوم در کیلوگرم ماده خشک تعیین شد که بیشتر از حدود مجاز EU (۲۰۰۵) (۰/۰۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن خشک) بود. نتایج نشان داد غلظت کادمیوم در رسوب و آب در مناطق مورد مطالعه از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری داشت ( $p < 0.05$ ). به این ترتیب بیشترین و کمترین غلظت کادمیوم در رسوب، به ترتیب در منطقه خرمشهر به میزان ۳/۸۵ و در منطقه شوشتر به میزان ۱/۹ میلی‌گرم در کیلوگرم ماده خشک به دست آمد. در حالی که بیشترین و کمترین غلظت کادمیوم در آب به ترتیب در منطقه شوشتر به میزان ۱/۸۴ و خرمشهر به میزان ۰/۸۵ و میکروگرم بر لیتر به دست آمد. وضعیت غلظت کادمیوم در اندام‌های ماهی کپور، به ترتیب: در کبد < آبشش < عضله بود. بنابراین، افزایش غلظت بار آلودگی این عنصر در رسوب، از منطقه شوشتر به سمت خرمشهر بود.

**کلمات کلیدی:** کادمیوم، ماهی کپور پرورشی (*Cyprinus carpio*)، آب، رسوب، استخرهای پرورشی

### مقدمه

فعالیت‌های انسانی بوده که منبع عمده آنها همواره فعالیت‌های انسانی می‌باشد (Pourang et al., 2005). چنانچه غلظت این عناصر به دلایل گوناگونی از حدود معین فراتر رود، باعث تهدید حیات آبریان خواهد شد. جذب فلزات سنگین به ویژه کادمیوم (Cd) در اکوسیستم‌های آبی آلوده به وسیله آبریان به ویژه ماهی‌ها متفاوت بوده و به مکان، رفتار تغذیه‌ای، سطح غذا، سن، اندازه، زمان ماندگاری فلزات و فعالیت‌های تنظیمی هم‌مستازی بدن ماهی بستگی دارد (Burger and Gochfeld, 2005, Tuzen and Soylak, 2007). مطالعات نشان داده است که میزان جذب عناصر سنگین در

افزایش روزافزون جمعیت و توسعه بیش از حد اسکان انسان‌ها در حاشیه رودخانه‌ها، سواحل و منابع آبی منجر به افزایش ضایعات و منابع آلاینده آب‌ها شده است. به طوری که این عوامل می‌توانند تغییرات پیش‌بینی نشده‌ای را بر محیط زیست و منابع آبی ایجاد نموده و روند طبیعی زندگی آبریان را تغییر دهند (Cornelis et al., 2005, Radike et al., 2002, Reinecke et al., 2003, Swalleh and Sansur, 2006).

فلزات سنگین از مهمترین منابع آلاینده اکوسیستم‌های آبی به شمار می‌روند. وجود این آلاینده‌ها در این اکوسیستم‌ها، نتیجه دو منبع فرآیندهای طبیعی و

<sup>۱</sup> استادیار گروه شیلات، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز

<sup>۲</sup> کارشناس ارشد گروه شیلات، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز

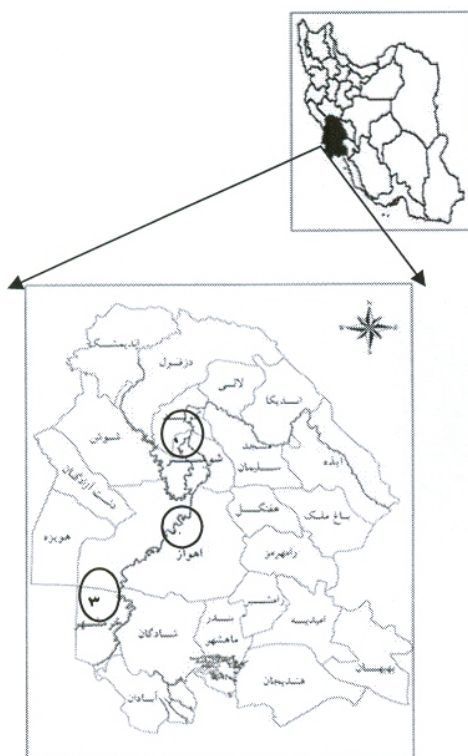
<sup>۳</sup> استادیار بخش تحقیقات خاک و آب مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

<sup>۴</sup> استادیار گروه شیلات، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز

تعیین غلظت عنصر کادمیوم در بافت‌های عضله، کبد و آبشش ماهی کپور پرورشی (*Cyprinus carpio*)، رسوب و آب استخرهای پرورشی در سه منطقه (شمال، مرکز و جنوب) مسیر رودخانه کارون در استان خوزستان اجراء گردید.

### مواد و روش کار

به منظور بررسی و تعیین غلظت عنصر کادمیوم در بافت‌های عضله، کبد و آبشش ماهی کپور معمولی (*Cyprinus carpio*)، رسوب و آب استخرهای پرورشی در سه منطقه شمال (شوشتر) با طول جغرافیایی  $31^{\circ}59'$  و عرض جغرافیایی  $48^{\circ}53'$ ، مرکز (اهواز) با طول  $31^{\circ}25'$  و عرض  $48^{\circ}48'$  و جنوب (خرمشهر) با طول  $30^{\circ}33'$  و عرض  $48^{\circ}15'$  در مسیر رودخانه کارون در پاییز ۱۳۸۹ اجراء شد (شکل ۱).



شکل ۱: موقعیت مناطق نمونه‌برداری از ماهی استخرهای

پرورشی در مسیر رودخانه

○ موقعیت مناطق مورد مطالعه

بافت‌های مختلف بدن ماهی متفاوت است. کادمیوم عنصری غیرضروری برای ماهی است که در صورت ورود به بدن ماهی، به طور عمده در آبشش و کلیه و به میزان کمتری در کبد تجمع می‌یابد. مسیرهای اصلی جذب کادمیوم از طریق آبشش و عبور از موکوس روده می‌باشد (Javed, 2005).

رودخانه کارون، بزرگترین رودخانه کشور ایران و استان خوزستان با مساحت  $60500$  کیلومتر مربع و میانگین دبی سالیانه  $18700$  میلیون متر مکعب می‌باشد. بر این اساس، استان خوزستان از مناطق مهم در تولید انواع آبزیان پرورشی در ایران محسوب شده و این رودخانه نقش مهمی در تأمین آب استخرهای پرورشی استان خوزستان دارد.

تا کنون تحقیقات متعددی در مورد بررسی مقدار عناصر سنگین به ویژه کادمیوم در اکوسیستم‌های آبی صورت گرفته است. از جمله پژوهش ریاحی و همکاران (۱۳۷۸) در ارتباط با مقدار عنصر کادمیوم در آب، رسوبات و آبزیان رودخانه کارون، نشان داد غلظت این عنصر در آب و رسوب از مناطق بالا دست رودخانه (شوشتر) به مناطق پایین دست (خرمشهر) نسبت به استاندارد بالاتر بود. در مطالعه‌ای دیگر Mohammadi و همکاران (۲۰۱۱) میزان فلزات سنگین را در دو گونه *Barbus xanthopterus* و *Barbus grypus* در رودخانه‌های کارون و دز استان خوزستان بررسی نمودند. بر اساس آمار منتشر شده میزان تولید ماهیان سال ۱۳۸۸ در ایران به میزان  $599754$  تن بوده و از این مقدار حدود  $20845$  تن مربوط به تولید ماهیان گرم آبی در استان خوزستان است (سالنامه آماری سازمان شیلات ایران، ۱۳۸۹). از سوی دیگر، تا کنون پژوهشی در خصوص بررسی وضعیت غلظت عناصر سنگین به ویژه کادمیوم در استخرهای پرورشی استان خوزستان انجام نشده است. بنابراین، بررسی میزان غلظت این عنصر در ماهی پرورشی کپور معمولی در این مناطق ضرورت داشت. بر این اساس، پژوهش حاضر، به منظور بررسی و

## نحوه نمونه‌گیری

به منظور انجام بررسی‌های آماری و نمونه‌برداری، این پژوهش در قالب طرح کاملاً تصادفی ( Completely Randomized Design) اجرا شد. به این ترتیب، ابتدا در هر منطقه سه استخر پرورشی به عنوان تکرار انتخاب و در هر استخر تعداد ۵ ماهی (جمعاً ۱۵ نمونه ماهی در هر منطقه) و ۴۵ نمونه در سه منطقه در اندازه بازاری صید گردیدند. در همان زمان (پاییز ۱۳۸۹) به منظور بررسی غلظت کادمیوم، در رسوب و آب استخرهای مورد مطالعه، سه نمونه رسوب از کف هر استخر پرورشی با استفاده از دستگاه نمونه‌بردار گرب (۹ نمونه در سه منطقه) و سه نمونه آب با استفاده از بطری‌های مخصوص جمع‌آوری آب (۹ نمونه در سه منطقه) تهیه شدند.

نمونه‌های ماهی بلافاصله بعد از صید (در ظرف‌های مخصوص و در شرایط دمایی مناسب) و نمونه‌های رسوب و آب جهت انجام مراحل آماده‌سازی، تجزیه و اندازه‌گیری غلظت کادمیوم به آزمایشگاه ارسال شدند. در ابتدا زیست‌سنجی نمونه‌های ماهی شامل وزن کل ماهی با استفاده از ترازو، طول کل و طول استاندارد (با استفاده از تخته زیست‌سنجی) انجام و نمونه‌های ماهی با استفاده از وسایل مخصوص، تشریح گردیدند. پس از جداسازی بافت عضله (فاقد خار و استخوان)، کبد و آبشش هر ماهی، تمامی نمونه‌های مورد مطالعه در دمای ۴۵-۵۰ درجه سانتی‌گراد در آون به مدت ۲۴ تا ۷۲ ساعت خشک شدند. همچنین، نمونه‌های رسوب به منظور تعیین غلظت کادمیوم، کوبیده و از الک ۲ میلی‌متری عبور داده شدند. همچنین نمونه‌های آب به منظور اندازه‌گیری غلظت کادمیوم بر اساس روش‌های استاندارد آماده‌سازی شدند.

## بررسی نمونه‌ها

به منظور آماده‌سازی نمونه‌های ماهی، ابتدا مقدار ۱ گرم از پودر هر نمونه برداشت گردید. سپس، نمونه‌ها برای انجام هضم به روش تر به یک بالن ته‌گرد ۵۰ سی‌سی منتقل و به مقدار ۱۰ سی‌سی اسید نیتریک ۶۵

درصد و ۱ سی‌سی پرکلریک اسید به هر نمونه اضافه شد. سپس، محلول ایجاد شده به مدت ۴-۵ ساعت در دمای ۴۵-۵۰ درجه سانتی‌گراد ( Eboh et al., 2006, Endo et al., 2008, Kalay and Bevis, 2003).

جهت اندازه‌گیری میزان کادمیوم در رسوب، ۶۰ میلی‌لیتر اسید نیتریک (HNO<sub>3</sub>) ۴ مولار را به ۹/۶ گرم خاک خشک اضافه کرده و مخلوط برای ۱۲ ساعت در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد حرارت داده شد. مخلوط حاصل برای ۱۵ دقیقه ساتریفیوژ شده و به وسیله کاغذ صافی واتمن شماره ۴۲ صاف گردید. غلظت کادمیوم در عصاره‌های رسوب حاصل و نیز نمونه‌های آب با استفاده از دستگاه ICP-OES- ULTIMA2C آزمایشگاه شرکت صنایع فولاد خوزستان اندازه‌گیری گردید ( Sposito et al., 1982).

## بررسی و تجزیه و تحلیل آماری

در این پژوهش، تجزیه و تحلیل داده‌ها به کمک نرم افزار SPSS 14 انجام شد و میانگین تیمارها به کمک آزمون دانکن با یکدیگر مقایسه و در نهایت وجود یا عدم وجود اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد تعیین گردید. با استفاده از تجزیه واریانس یک طرفه، معنی‌داری اختلاف موجود در بین تیمارهای آزمایشی مشخص و سپس با استفاده از آزمون دانکن ( Multiple rang test Duncan) معنی‌دار بودن تفاوت بین میانگین تیمارها به تفکیک در سطح اعتماد ۹۵ درصد ارزیابی گردید.

## نتایج

نتایج، میانگین و خطای معیار ویژگی‌های زیست‌سنجی ماهی کپور در مناطق مختلف استان خوزستان شامل منطقه شمال (شوشتر)، مرکز (اهواز) و جنوب استان (خرمشهر) در مسیر رودخانه کارون در جدول ۱ نشان داده شده است.

جدول ۱: میانگین و خطای استاندارد زیست سنجی ماهی کپور معمولی پرورشی در مناطق شوشتر، اهواز و خرمشهر،

مسیر رودخانه کارون در استان خوزستان (پاییز ۱۳۸۹)

منطقه	خصوصیات	وزن (کیلوگرم)	طول کل (سانتیمتر)	طول استاندارد (سانتیمتر)	عرض بدن (سانتیمتر)
شوشتر		۱/۲۸۸±۰/۱۶۷ a*	۴۰/۲۷±۰/۱۶۷a	۳۲/۹۶±۱/۴۹a	۱۳/۴±۰/۶۶a
اهواز		۱/۲۶۵±۰/۰۵۵a	۴۰/۰۳±۰/۶۳۳a	۳۳/۸۶±۰/۴۸a	۱۴/۰۶±۰/۲۱a
خرمشهر		۱/۰۹۸±۰/۰۷۱a	۳۷/۱۶±۰/۹۳a	۳۱/۸۰±۰/۷۹a	۱۳/۸۶±۰/۴۱a

\*: حروف مشابه در هر ستون بیانگر عدم وجود تفاوت معنی دار بین تیمارها است (آزمون دانکن در سطح اطمینان ۹۵ درصد)

با توجه به اهمیت ماهی در جیره غذایی انسان از لحاظ منبع تأمین پروتئین، اندام عضله به عنوان بافت خوراکی و اندام‌های کبد و آبشش که در سوخت و ساز و تنفس نقش دارند انتخاب شدند (دادالهی سهراب و همکاران، ۱۳۸۷). نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل آماری و مقایسه میانگین غلظت کادمیوم در بافت‌های ماهی (عضله، کبد و آبشش)، رسوب و آب در جدول ۲ نشان داده شده است.

بر این اساس، بین ویژگی‌های زیست سنجی ماهی کپور معمولی در مناطق مورد مطالعه تفاوت آماری معنی داری وجود نداشت ( $p > 0/05$ ). به طور کلی بیشترین میانگین ویژگی‌های زیست‌سنجی در منطقه شوشتر و کمترین آن در منطقه خرمشهر تعیین گردید. در این پژوهش اندازه‌گیری غلظت کادمیوم در بافت‌های عضله، کبد و آبشش ماهی کپور معمولی (*Cyprinus carpio*)، رسوب و آب استخرهای پرورشی در مناطق مختلف (شوشتر، اهواز و خرمشهر) صورت گرفت.

جدول ۲: مقایسه میانگین و خطای استاندارد کادمیوم در اندام‌های مختلف ماهی کپور معمولی (بر حسب ماده خشک)، رسوب و

آب استخرهای پرورشی در مناطق مختلف (پاییز ۱۳۸۹)

محل	عضله	کبد	آبشش	رسوب	آب
	(میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن خشک)				
شوشتر	۰/۱۸±۰/۰۴۷ a*	۰/۱۸±۰/۰۲ a	۰/۱۶±۰/۰۱۳ b	۱/۸۷±۰/۱۶ b	۱/۸۴±۰/۲۸a
اهواز	۰/۱۱±۰/۰۱۶ ab	۰/۲۶±۰/۰۳۴ a	۰/۲۲±۰/۰۲۷ a	۳/۰۰±۰/۲ ab	۱/۰۶±۰/۰۱۱ ab
خرمشهر	۰/۰۶±۰/۰۰۶b	۰/۲۳±۰/۰۲۵ a	۰/۱۹±۰/۰۱۶ ab	۳/۸۵±۰/۶۶a	۱/۳۳±۰/۱۷ b
میانگین	۰/۱۲±۰/۰۲	۰/۲۲±۰/۰۱۷	۰/۱۹±۰/۰۱۳	۲/۹±۰/۳۵	۱/۴۱±۰/۱۵

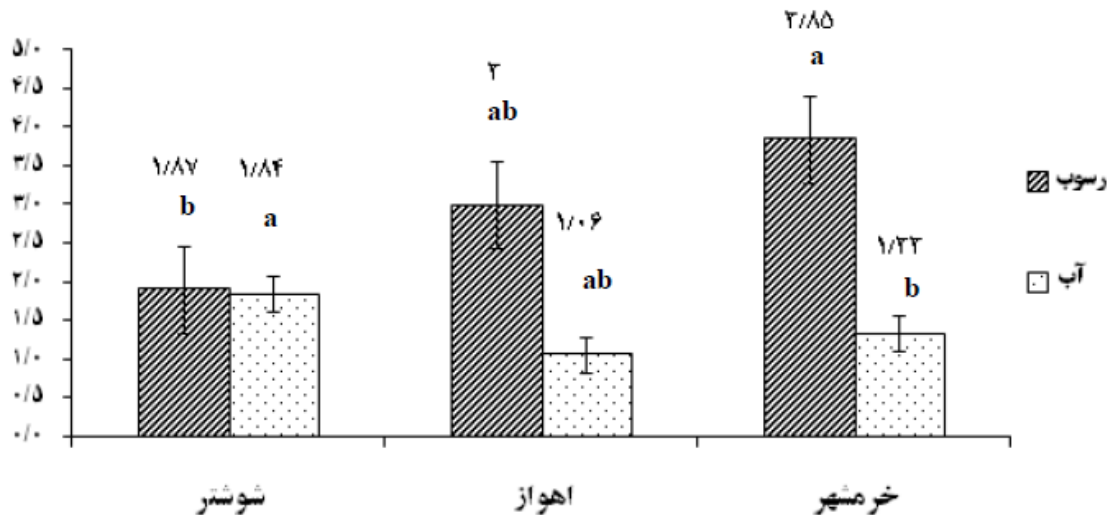
\*: حروف مشابه در هر ستون بیانگر عدم وجود تفاوت معنی دار بین تیمارها می‌باشد (آزمون دانکن در سطح اطمینان ۹۵ درصد)

منطقه خرمشهر به میزان  $0/06 \pm 0/006$  میلی‌گرم در کیلوگرم ماده خشک تعیین شد. همچنین، مقایسه میانگین غلظت کادمیوم در بافت آبشش تفاوت معنی داری را بین مناطق مختلف نشان داد

بر این اساس، مقایسه میانگین غلظت کادمیوم در بافت عضله در مناطق مختلف دارای تفاوت معنی داری بود ( $p < 0/05$ ). بیشترین غلظت کادمیوم در بافت عضله در منطقه شوشتر به میزان  $0/18 \pm 0/047$  و کمترین آن در

کمترین غلظت در منطقه شوشتر ( $0/18 \pm 0/02$  میلی گرم در کیلوگرم ماده خشک) اندازه گیری شد. بررسی میزان کادمیوم در رسوب و آب استخرهای پرورشی نشان داد، بین غلظت کادمیوم رسوب و آب در مناطق مختلف اختلاف معنی داری ( $p < 0/05$ ) وجود داشت (نمودار ۱).

( $p < 0/05$ ). اما بافت کبد از این نظر متفاوت بود. بر این اساس بین میانگین غلظت کادمیوم در کبد مناطق مختلف تفاوت معنی دار وجود نداشت ( $p > 0/05$ ). بیشترین غلظت کادمیوم کبد در منطقه اهواز ( $0/26 \pm 0/034$  میلی گرم در کیلوگرم ماده خشک) و



نمودار ۱: مقادیر غلظت کادمیوم در رسوب (میلی گرم بر کیلوگرم) و آب (میکروگرم بر لیتر) در مناطق مورد مطالعه (پاییز ۱۳۸۹). حروف مشابه در هر ستون بیانگر عدم وجود تفاوت معنی دار بین تیمارها می باشد (سطح اطمینان ۹۵ درصد) و میله ستونها بیانگر خطای استاندارد می باشد.

فعالیت های متابولیکی اندام بستگی دارد (Canli and Atli, 2003). به منظور بررسی نتایج حاصل از این پژوهش با نتایج حاصل از تحقیقات انجام شده در این ارتباط، میانگین غلظت عنصر کادمیوم در هر بافت در سه منطقه مورد مطالعه به میزان  $0/12$  (عضله)،  $0/22$  (کبد) و  $0/19$  (آبشش) میلی گرم بر کیلوگرم محاسبه گردید. نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد، بیشترین میزان تجمع کادمیوم در ماهی کپور معمولی پرورشی مربوط به بافت کبد تعیین شد و اندام های آبشش و عضله از این نظر به ترتیب دارای غلظت کمتری بودند (جدول ۲). نتایج حاصل از این پژوهش در مقایسه با استاندارد اروپایی (EU, 2005) ( $0/05$  میلی گرم بر کیلوگرم وزن خشک) بالاتر بود.

مقایسه میانگین نتایج (جدول ۲) در این پژوهش بر اساس آزمون دانکن نشان داد، میانگین غلظت کادمیوم در بافت کبد ماهی کپور (*Cyprinus carpio*) در بین مناطق مختلف اختلاف معنی داری نداشت ( $p > 0/05$ ). در حالی که در سایر اندام های مورد بررسی اختلاف معنی داری وجود داشت ( $p < 0/05$ ). همچنین، نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد، در بین بافت های مورد مطالعه بیشترین میزان تجمع کادمیوم در بافت کبد اندازه گیری گردید (جدول ۲).

#### بحث

مهمترین علل وجود اختلاف تجمع کادمیوم در اندام های مختلف به عوامل محیطی، شرایط اکولوژیک و

بود که این مقدار بالاتر از حد مجاز استاندارد اروپایی (۰/۰۵ میلی گرم بر کیلوگرم وزن خشک) (EU, 2005) بوده و با نتایج مطالعه حاضر از نظر بالا بودن غلظت این عنصر در عضله هماهنگی دارد. عسگری و همکاران (۱۳۸۶) در مطالعه دیگری مقدار فلزات سنگین کادمیوم، سرب و نیکل در ماهیان پرورشی خرم‌آباد را بررسی نمودند. میانگین غلظت کادمیوم در بافت ماهیان مورد مطالعه برای مناطق مورد مطالعه ۰/۰۵۳ میلی گرم بر کیلوگرم بر حسب وزن خشک ماهی بود. نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد، مقدار کادمیوم، در نمونه‌های مورد مطالعه در بافت ماهیان پرورشی شهرستان خرم‌آباد، نسبت به میزان کادمیوم در ماهی کپور معمولی ( *Cyprinus carpio* ) در پژوهش حاضر پایین تر بود که این موضوع ممکن است به دلایل مختلفی از جمله، آلودگی بیشتر آب رودخانه کارون و ورود پساب‌های شهری و صنعتی به این رودخانه باشد. علاوه بر آن، استفاده از کودهای شیمیایی در استخر و سن استخرها هم می‌تواند در ایجاد آلودگی مؤثر باشد (محمدی و همکاران، ۱۳۸۹).

بر اساس نتایج (جدول ۲)، روند تغییرات عنصر کادمیوم نشان داد که با حرکت از سمت شمال به جنوب استان، غلظت این عنصر در بافت عضله و آب روندی کاهشی، در آبشش و کبد روندی نوسانی و در رسوب روندی افزایشی دارد. پژوهش‌ها در این زمینه نشان داده است که میزان غلظت آلاینده‌ها همبستگی مثبتی با غلظت آلاینده‌ها در بافت‌های ماهی داشته و میزان تجمع عناصر سنگین در بافت‌ها به عواملی نظیر شکل و غلظت عنصر سنگین در آب، پ‌هاش آب، درجه حرارت آب، وجود اکسیژن محلول، ضریب نفوذپذیری آب، سن ماهی و شرایط محلی بستگی دارد (Plackova et al., 2003, Zlabek et al., 2002). همچنین، تأثیر عوامل ناشناخته از جمله تغذیه استخرهای پرورشی، نوع مواد مصرفی و مدیریت استخرها بیانگر وضعیت متغیر آلودگی این آلاینده در مناطق مختلف می‌باشد. علت کاهش میزان کادمیوم در آب موجود از شمال به جنوب احتمالاً ناشی

بر این اساس، بالاتر بودن غلظت کادمیوم در بافت‌هایی نظیر کبد و آبشش احتمالاً به دلیل وجود فعالیت‌های متابولیکی نظیر سم‌زدایی (Detoxification) و دفع مواد زاید (Excretion) در این اندام‌ها نسبت به سایر اندام‌های بدن ماهی بوده و همچنین این عنصر در کبد به صورت ترکیبات پلی‌پپتیدی نظیر متالوتیونین‌ها وجود دارند (Jezierska and Witeska, 2001). نتایج حاصل از مطالعه Mohammadi و همکاران (۲۰۱۱) در بررسی میزان فلزات سنگین در دو گونه *Barbus grypus* و *Barbus xanthopterus* در رودخانه‌های کارون و دز استان خوزستان در ایران نشان داد که در گونه *B. grypus* بالاترین میزان غلظت کادمیوم در آبشش ۰/۸۹ میلی گرم بر کیلوگرم وزن خشک و در گونه *Barbus xanthopterus* بیشترین میزان غلظت کادمیوم در آبشش ۲/۱۷ میلی گرم بر کیلوگرم وزن خشک بود. در پژوهشی دیگر Taravati و همکاران (۲۰۱۲) میزان کادمیوم را در گونه *Barbus sharpeyi* در تالاب شادگان و استخر پرورشی آزادگان در استان خوزستان بررسی نمودند. بر این اساس تجمع غلظت کادمیوم در بافت‌های گونه‌های مورد مطالعه در پژوهش Mohammadi و همکاران (۲۰۱۱) و Taravati و همکاران (۲۰۱۲) به ترتیب در آبشش < کبد > عضله تعیین شد. این نتایج از نظر روند تجمع کادمیوم در بافت‌های آبشش و کبد نسبت به عضله با یافته‌های پژوهش حاضر هماهنگی داشت.

همچنین، دادااهی سهراب و همکاران (۱۳۸۷) گزارش نمودند که، غلظت عنصر کادمیوم در بافت عضله ماهی شیربت در رودخانه اروندرود در مقایسه با استاندارد اروپایی (EU, 2005) (۰/۰۵ میلی گرم بر کیلوگرم وزن خشک) بالاتر بود و از این نظر با نتایج حاصل از مطالعه حاضر هماهنگی داشت. در تحقیق دیگری که توسط محمدی و همکاران (۱۳۸۹) بر میزان غلظت کادمیوم در عضله و کبد ماهی شیربت (*Barbus grypus*) در رودخانه دز انجام شد، مشخص گردید، میزان کادمیوم در عضله ماهی مورد مطالعه ۱/۰۹ میلی گرم بر کیلوگرم وزن خشک

از افزایش میزان ترکیبات و یون‌های دیگر بوده که باعث شده کادمیوم به صورت ترکیبات مختلف رسوب نماید. باید توجه داشت که مقادیر قابل توجهی از زه‌آب شرکت‌های نیشکر به رودخانه کارون سرازیر می‌شود. این موضوع احتمالاً باعث شوری آب رودخانه شده و باعث کاهش حلالیت کادمیوم شده است.

نتایج میانگین غلظت کادمیوم در رسوب و آب استخرهای مناطق مورد مطالعه در شکل ۲ نشان داده شده است. بر این اساس، میزان این عنصر در رسوب مناطق مختلف روندی افزایشی را نشان داد. به طوری که بیشترین غلظت این عنصر در منطقه خرمشهر ۳/۸۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن خشک و کمترین میزان در منطقه شوشتر ۱/۸۷ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن خشک به دست آمد. این نتیجه بیانگر افزایش بار آلودگی از مناطق شمالی به سمت جنوب استان است. این یافته با نتایج پژوهش Jafarnejadi و همکاران (۲۰۱۱) در خصوص وضعیت عنصر کادمیوم در خاک‌های خوزستان که مشخص نمود، منطقه خرمشهر از این نظر دارای غلظتی بالاتر از حد مجاز (۱/۷ میلی‌گرم در کیلوگرم) بوده و این منطقه دارای پتانسیل آلودگی عنصر کادمیوم است همخوانی دارد. بررسی غلظت کادمیوم در آب استخرهای پرورشی نقش مهمی در مدیریت وضعیت آلودگی دارد. بر اساس نتایج حاصل، غلظت کادمیوم در آب مناطق مختلف در استخرهای پرورشی از شمال به جنوب روندی نوسانی را نشان داد (شکل ۲). نتایج حاصل از غلظت کادمیوم در آب استخرهای پرورشی نشان داد، میانگین غلظت این عنصر در آب استخرهای مورد مطالعه بیشتر از یک میکروگرم بر لیتر اندازه‌گیری گردید. این موضوع نشان دهنده وجود آلودگی استخرهای پرورشی به این عنصر می‌باشند. بر اساس استاندارد سازمان بهداشت جهانی (WHO, 1987) حد مجاز کادمیوم در آب یک میکروگرم بر لیتر تعیین شده است.

ریاحی و همکاران (۱۳۷۸) غلظت فلزات سنگین (Ni, Zn, Cu, Pb, Co, Cd) آب، رسوبات و آبریان رودخانه

کارون (۱۳۷۳-۱۳۷۲) را مطالعه نمودند. نتایج ایشان نشان داد که غلظت متوسط سالانه کادمیوم در نمونه‌های آب معادل ۰/۰۲۸ (میلی‌گرم بر لیتر) و در نمونه‌های رسوب معادل ۱/۶۹ (میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن خشک) بود. در این پژوهش غلظت فلزات در رودخانه کارون از بالا دست رودخانه (منطقه شوشتر) به سمت پایین دست (منطقه خرمشهر) نسبت به استانداردهای موجود در حد بالاتری بود. این موضوع، آلودگی آب‌های زیرزمینی و محصولات کشاورزی و حیات وحش را نیز سبب گردیده است که در نهایت بهداشت انسان را در معرض مخاطره جدی قرار خواهد داد. این نتایج با یافته‌های حاصل از این پژوهش از نظر روند تغییرات غلظت این عنصر در آب و رسوب همخوانی داشت.

بررسی غلظت کل کادمیوم در رسوب استخرهای پرورشی نشان داد، غلظت این عنصر بیشتر از حد مجاز (۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم) است. هر چند که بیشتر بودن غلظت کل این عنصر نشان دهنده بالا بودن زیست‌فراهمی این عنصر نبوده و به ویژگی‌های خاک نظیر پ-هاش، میزان مواد آلی و ظرفیت تبادل کاتیونی و شرایط اکسید و احیایی خاک بستگی دارد (جعفرنژادی و همکاران، ۱۳۸۹). ولی باید توجه داشت، چون شرایط غرقابی در استخرهای پرورشی وجود دارد، ممکن است که بخشی از این عنصر از طریق خاک و رسوب وارد زنجیره غذایی ماهی و در نهایت انسان شود.

بر این اساس، ماهی کپور در بین ماهیان آب شیرین از جمله ماهیانی است که بیشترین میزان مصرف را در رژیم غذایی انسان دارد. در این ماهی نه تنها در بافت‌های کبد و آبشش بلکه در بافت خوراکی آن نیز میزان بالایی از کادمیوم تجمع یافته است. این موضوع با توجه به بالا بودن میزان چربی در این ماهی نیز قابل تأمل است. در نهایت به منظور پیشگیری از ورود این عنصر به استخرهای پرورشی پیشنهاد می‌گردد خاک مزارع قبل از شروع کشت و همچنین در زمان پرورش ماهی در آب، رسوب مزارع و در بافت‌های مختلف ماهی در طی یک

ضرورت دارد. همچنین تلاش بیشتر در جهت استفاده کمتر از کودهای شیمیایی و لزوم طرح جامع‌تری در شناسایی عناصر سنگین در آبزیان پرورشی پیشنهاد می‌گردد.

دوره پرورش، به منظور تعیین، میزان غلظت آلاینده کادمیوم بررسی و نسبت به کنترل ورود آن از طریق منابع مختلف اقدام لازم را انجام داد. در نهایت وجود مکانی جهت کنترل کیفی ماهی قبل از ورود به بازار مصرف

### تشکر و قدردانی

بدین وسیله نهایت تشکر و قدردانی از تمامی افرادی که در انجام این پژوهش همکاری داشته‌اند به عمل می‌آید. همچنین از همکاری صمیمانه آزمایشگاه‌های شرکت فولاد خوزستان، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان و دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات خوزستان که امکانات خود را در اختیار این پژوهش قرار دادند، قدردانی و سپاسگزاری می‌گردد.

### منابع

نیکل در ماهیان پرورشی شهرستان خرم‌آباد، دهمین همایش ملی بهداشت محیط همدان، دانشگاه علوم پزشکی همدان، صفحات ۸۴۶-۸۳۵

محمدی مریم، عسکری ساری ابوالفضل و خدادادی مژگان (۱۳۸۹). میزان کادمیوم و سرب در عضله و کبد ماهی شیربت (*Barbus grypus*) در رودخانه دز، مجله تالاب، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز، سال اول، شماره چهارم، صفحات ۹۶-۹۱.

جعفرنژادی علیرضا، همایی مهدی، صیاد غلامعباس و بای‌پوردی محمد (۱۳۸۹). مدل‌سازی روند انباشت کادمیوم در خاک مزارع گندم، رساله دکتری گروه خاکشناسی. دانشگاه تربیت مدرس، صفحات ۹۳-۸۴.

دادالهی سهراب علی، نبوی محمدباقر و خیرور ندا (۱۳۸۷). ارتباط برخی مشخصات زیست‌سنجی با تجمع فلزات سنگین در بافت عضله و آبشش ماهی شیربت (*Barbus grypus*) در رودخانه اروند رود، مجله علمی شیلات ایران، سال هفدهم، شماره ۴، صفحات ۳۳-۲۷.

Burger J. and Gochfeld M. (2005). Mercury in canned tuna white versus light and temporal variation. *Journal of Environmental Research*, 96: 239-249.

ریاحی علیرضا، اسماعیلی عباس و سواری احمد (۱۳۷۸). تعیین فلزات سنگین (Ni, Zn, Cu, Pb, Co, ) آب، رسوبات و آبزیان رودخانه کارون (۷۳-۷۲)، مجله منابع طبیعی ایران، جلد ۵۲، شماره ۲، صفحات ۳۷-۴۶.

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

سالنامه آماری سازمان شیلات ایران (۱۳۸۹). معاونت برنامه‌ریزی و توسعه مدیریت سازمان شیلات ایران، ۱۳۷۹-۱۳۸۸، تهران، صفحه ۶۰.

Cornelis R., Caruso J., Crews H. and Heumann K. (2005). *Handbook of Elemental Speciation II. Species in the environment, food, medicine and occupational health*. John Wiley & Sons, Chichester England, 768 pp.

عسگری قربان، اشرفی داود و غلامپور اکبر (۱۳۸۶). بررسی مقدار فلزات سنگین کادمیوم، سرب، کروم و

Eboh L., Mepba H.D. and Ekpo M.B. (2006). Heavy metal contaminants and processing effects on the composition, storage stability and fatty acid profiles of five common commercially available fish species in Oron Local Government, Nigeria. *Food Chemistry*, 97(3): 490-497.



- Endo T., Hisamichi Y., Haraguchi K., Kato Y., Ohto C. and Kog N. (2008). Hg, Zn and Cu Levels in the muscle and liver Tiger Sharks (*Galeocerado cuvier*) from the coast of Ishigaki Island, Japan: relationship between metal concentration and body. *Journal of Marine pollution*, 56: 1774-1780.
- European Union (EU) (2005). Commission Regulation as regards heavy metals. Amending Regulation 466/2001, No: 78/2005.
- Jafarnejadi, A.R.; Homae, M.; Sayyad, Gh. and Bybordi, M. (2011). Large scale spatial variability of accumulated cadmium in wheat farm grains. *Soil and sediment contamination*: 20:98-113.
- Javed M. (2005). Comparison of selected heavy metals toxicity in the planktonic biota of the river Ravi. *Journal of Biology Sciences*, 1: 59-62.
- Jeziarska B. and Witeska M. (2001). Metal toxicity to fish. *Wydawnicko Akademii Podlaskiej, Siedlce*. 318 pp.
- Kalay G. and Bevis M.J. (2003). Structure and physical property relationships in processed polybutene. *Journal of Applied Polymer Science*, 88:814-824.
- Mohammadi M., Askary Sary A. and Khodadai M. (2011). Determination of heavy metals in two barbs, *Barbus grypus* and *Barbus xanthopterus* in Karoon and Dez River, Khoozestan, Iran. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 87(2):158-162.
- Plackova V., Randak T., Svobodova Z., Machova J. and Zlabek V. (2003). Comparison of the content of foreign substances in tissues of common carp (*Cyprinus carpio*) and bottom sediment of the dremliny pond in 1991, 1992, 1999, and 2001. *Buletin VURH Vodnany*, 39:152-164.
- Pourang N., Tanabe S., Rezvan S. and Dennis J.H. (2005). Trace elements accumulation in edible tissues of five sturgeon species from the Caspian Sea. *Journal of Environmental*, 4(1-3): 19-25.
- Radike M., Warshawsky D., Caruso J., Goth-Goldsein R., Reilman R., Collins T. et al. (2002). Distribution and accumulation of a mixture of arsenic, cadmium, nickel and vanadium in mouse small intestine, kidneys, pancreas, and femur following oral administration in water or feed. *Journal of Toxicology and Environmental Health* 65: 2029-2052.
- Reinecke A.J., Snyman R.G. and Nelja J. (2003). Uptake and distribution of lead (Pb) and cadmium (cd) in the freshwater crab, *Potamonautes perlatus (crustacea)* in the eerste river, South Africa. *Water Air and Soil Pollution*.145: 395-408.
- Sposito G., Lund L.J. and Chang A.C. (1982). Trace metal chemistry in arid-zone field soils amended with sewage sludge: I. Fractionation of Ni, Cu, Zn, Cd and Pb in soil phases. *Soil Science Society of American Journal*, 46: 260-264.
- Swalleh K.M. and Sansur R. (2006). Monitoring urban heavy metal pollution using the house sparrow (*Passer domesticus*). *Journal of Environmental Monitoring*, 8: 209-213.
- Taravati S., Askary Sary A. and Javahery Baboli M. (2012). Determination of Lead, Mercury and Cadmium in Wild and Farmed *Barbus sharpeyi* from Shadegan Wetland and Azadegan Aquaculture Site, South of Iran. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 89(1): 78-81.
- Tuzen M. and Soylak M. (2007). Determination of trace metal in canned fish marketed in Turkey. *Journal of food Chemistry*, 101: 1378-1383.
- World Health Organization (WHO). (1987). Regional office for Europ. WHO Regional Publications, European Series, No 23.
- Zlabek V., Svobodova Z. and Randak T. (2002). Comparison of the content of foreign substances in tissues of carp (*Cyprinus carpio L.*) and in bottom sediment of the Regent pond in 1992 and 2000. *Bulletin VURH Vodnany*, 38:3-15.