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

مهران جواهری‌بابلی[۱]، پیوند مکتبی[۲]، علیرضا جعفرنژادی[۳] و ابوالفضل عسکری‌ساری[۴]

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 غظت 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

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 آبزیان 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 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 آبزیان خواهد شد. جذب فلزات سنگین به ویژه کادمیوم (Cd) در اکوسیستم‌های آبی آلوده به وسیله آبزیان به ویژه ماهی‌ها متفاوت بوده و به مکان، رفتار تغذیه‌ای، سطح غذا، سن، اندازه، زمان ماندگاری فلزات و فعالیت‌های تنظیمی همئوستازی بدن ماهی بستگی دارد (Burger and Gochfeld, 2005, Tuzen and Soylak, 2007). مطالعات نشان داده است که میزان جذب عناصر سنگین در

[۱] استادیار گروه شیلات، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز

[۲] کارشناس ارشد گروه شیلات، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز pamaktabi@gmail.com (نویسنده مسئول)

[۳] استادیار بخش تحقیقات خاک و آب مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

[۴] استادیار گروه شیلات، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز

Archive of SID
www.SID.ir

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).

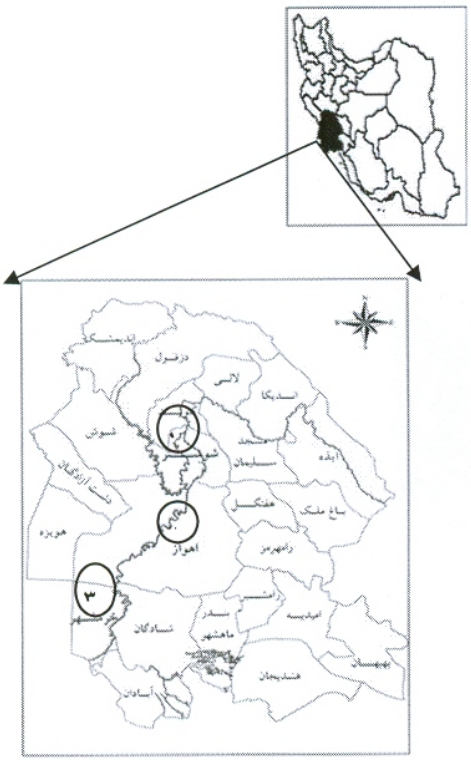
رودخانه کارون، بزرگترین رودخانه کشور ایران و استان خوزستان با مساحت ۶۰۵۰۰ کیلومتر مربع و میانگین دبی سالیانه ۱۸۷۰۰ میلیون متر مکعب می‌باشد. بر این اساس، استان خوزستان از مناطق مهم در تولید انواع آبزیان پرورشی در ایران محسوب شده و این رودخانه نقش مهمی در تأمین آب استخرهای پرورشی استان خوزستان دارد.

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 grypus* و *Barbus xanthopterus* در رودخانه‌های کارون و دز استان خوزستان بررسی نمودند.

بر اساس آمار منتشر شده میزان تولید ماهیان سال ۱۳۸۸ در ایران به میزان ۵۹۹۷۵۴ تن بوده و از این مقدار حدود ۲۰۸۴۵ 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 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 ´۵۹ °۳۱ و عرض جغرافیایی ´۵۳ °۴۸، مرکز (اهواز) با طول ´۲۵ °۳۱ و عرض ´۴۸ °۴۸ و جنوب (خرمشهر) با طول ´۳۳ °۳۰ و عرض ´۱۵ °۴۸ در مسیر رودخانه کارون در پاییز ۱۳۸۹ اجرا شد (شکل ۱).



شکل ۱: موقعیت مناطق نمونه‌برداری از ماهی استخرهای پرورشی در مسیر رودخانه

○ *موقعیت مناطق مورد مطالعه*

نحوه نمونه‌گیری

به منظور انجام بررسی‌های آماری و نمونه‌برداری، این پژوهش در قالب طرح کاملاً تصادفی (Completely Randomized Design) اجراء 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 ۵۰-۴۵ 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 ته گرد 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 ۵-۴ ساعت در دمای ۵۰-۴۵ رفلاکس شد (Eboh et al., 2006, Endo et al., 2008, Kalay and Bevis, 2003).

جهت اندازه‌گیری میزان کادمیوم در رسوب، ۶۰ میلی‌لیتر اسید نیتریک (HNO_3) 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 سانتریفوژ 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.

Archive of SID

www.SID.ir

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)

خصوصیات / منطقه	وزن (کیلوگرم)	طول کل (سانتیمتر)	طول استاندارد (سانتیمتر)	عرض بدن (سانتیمتر)
شوشتر	۱/۲۸۸±۰/۱۶۷ a*	۴۰/۲۷±۰/۱۶۷a	۳۲/۹۶۶±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 معنی‌دار بین تیمارها است (آزمون دانکن در سطح اطمینان ۹۵ درصد)

بر این اساس، بین ویژگی‌های زیست سنجی ماهی کپور معمولی در مناطق مورد مطالعه تفاوت آماری معنی‌داری وجود نداشت (p>۰/۰۵). 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.

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.

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)				(میکروگرم بر لیتر)
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 معنی‌دار بین تیمارها می‌باشد (آزمون دانکن در سطح اطمینان ۹۵ درصد)

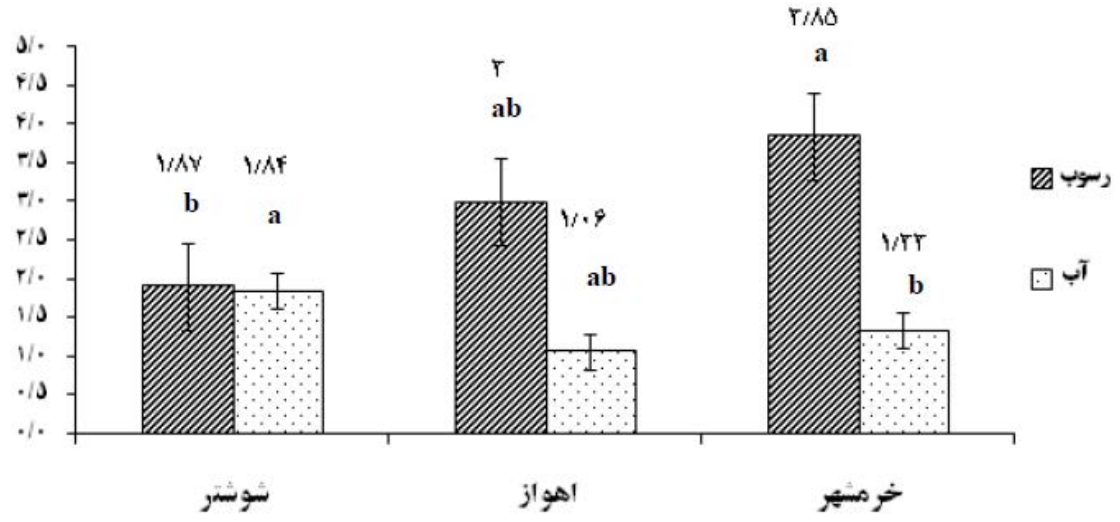
بر این اساس، مقایسه میانگین غلظت کادمیوم در بافت عضله در مناطق مختلف دارای تفاوت معنی‌داری بود (p<۰/۰۵). بیشترین غلظت کادمیوم در بافت عضله در منطقه شوشتر به میزان ۰/۱۸±۰/۰۴۷ و کمترین آن در منطقه خرمشهر به میزان ۰/۰۶±۰/۰۰۶میلی‌گرم در کیلوگرم ماده خشک تعیین شد.

همچنین، مقایسه میانگین غلظت کادمیوم در بافت آبشش تفاوت معنی‌داری را بین مناطق مختلف نشان داد

Archive of SID

www.SID.ir

(p<۰/۰۵). اما بافت کبد از این نظر متفاوت بود. بر این اساس بین میانگین غلظت کادمیوم در کبد مناطق مختلف تفاوت معنی‌دار وجود نداشت (p>۰/۰۵). بیشترین غلظت کادمیوم کبد در منطقه اهواز (۰/۰۳۴±۰/۲۶میلی‌گرم در کیلوگرم ماده خشک) و کمترین غلظت در منطقه شوشتر (۰/۰۲±۰/۱۸میلی‌گرم در کیلوگرم ماده خشک) اندازه‌گیری شد. بررسی میزان کادمیوم در رسوب و آب استخرهای پرورشی نشان داد، بین غلظت کادمیوم رسوب و آب در مناطق مختلف اختلاف معنی‌داری (p<۰/۰۵) وجود داشت (نمودار ۱).



نمودار ۱: مقادیر غلظت کادمیم در رسوب (میلی‌گرم بر کیلوگرم) و آب (میکروگرم بر لیتر) در مناطق مورد مطالعه (پاییز ۱۳۸۹)

حروف مشابه در هر ستون بیانگر عدم وجود تفاوت معنی‌دار بین تیمارها می‌باشد (سطح اطمینان ۹۵ درصد) و میله ستون‌ها بیانگر خطای استاندارد می‌باشد.

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 معنی‌داری نداشت (p>۰/۰۵). در حالی که در سایر اندام‌های مورد بررسی اختلاف معنی‌داری وجود داشت (p<۰/۰۵). همچنین، نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد، در بین بافت‌های مورد مطالعه بیشترین میزان تجمع کادمیوم در بافت کبد اندازه‌گیری گردید (جدول ۲).

بحث

مهمترین علل وجود اختلاف تجمع کادمیوم در اندام‌های مختلف به عوامل محیطی، شرایط اکولوژیک و فعالیت‌های 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 ۰/۱۲ (عضله)، ۰/۲۲ (کبد) و ۰/۱۹ (آبشش) میلی‌گرم 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 اندام‌های 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) (۰/۰۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن خشک) بالاتر بود.

Archive

www.SID.ir

بر این اساس، بالاتر بودن غلظت کادمیوم در بافت‌هایی نظیر کبد و آبشش احتمالاً بـه دلیـل وجـود فعالیـت‌هـای متابولیکی نظیر سم‌زدایـی (Detoxification) و دفـع مـواد زاید (Excretion) در این اندام‌ها نسبت به سایر اندام‌هـای بدن ماهی بوده و همچنین این عنصر در کبد بـه صـورت ترکیبات پلـی‌پپتیـدی نظیـر متـالوتیونین‌هـا وجـود دارنـد (Jezierska and Witeska, 2001). نتـایج حاصـل از مطالعـه Mohammadi و همکـاران (۲۰۱۱) در بررسـی میـزان فلـزات سـنگین در دو گونـه *Barbus grypus* و *Barbus xanthopterus* در رودخانـه‌هـای کـارون و دز استان خوزستان در ایران نشان داد که در گونه *B. grypus* بالاترین میزان غلظت کادمیوم در آبشش ۰/۸۹ میلـی‌گـرم بـر کیلـوگرم وزن خـشک و در گونـه *Barbus xanthopterus* بیشترین میزان غلظت کـادمیوم در آبـشش ۲/۱۷ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن خشک بود. در پژوهـشی دیگر Taravati و همکاران (۲۰۱۲) میـزان کـادمیوم را در گونـه *Barbus sharpeyi* در تـالاب شـادگان و اسـتخر پرورشی آزادگان در استان خوزستان بررسی نمودنـد. بـر این اساس تجمع غلظت کادمیوم در بافت‌های گونـه‌هـای مـورد مطالعـه در پـژوهش Mohammadi و همکـاران (۲۰۱۱) و Taravati و همکـاران (۲۰۱۲) بـه ترتیـب در آبشش> کبد> عضله تعیین شد. این نتایج از نظـر رونـد تجمع کادمیم در بافت‌های آبشش و کبد نسبت به عـضله با یافته‌های پژوهش حاضر هماهنگی داشت.

همچنین، دادالهی سهراب و همکاران (۱۳۸۷) گـزارش نمودند که، غلظت عنصر کادمیوم در بافـت عـضله مـاهی شیربت در رودخانـه اروندرود در مقایـسه بـا اسـتاندارد اروپایی (EU, 2005) (۰/۰۵ میلـی‌گـرم بـر کیلـوگرم وزن خشک) بالاتر بود و از این نظر با نتایج حاصل از مطالعـه حاضر هماهنگی داشت. در تحقیـق دیگـری کـه توسـط محمدی و همکاران (۱۳۸۹) بر میزان غلظـت کـادمیوم در عضله و کبد ماهی شیربت (*Barbus grypus*) در رودخانه دز انجام شد، مشخص گردید، میـزان کـادمیوم در عـضله ماهی مورد مطالعه ۱/۰۹ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن خشک بود که این مقدار بالاتر از حـد مجـاز اسـتاندارد اروپـایی (۰/۰۵ میلی‌گرم بـر کیلـوگرم وزن خـشک) (EU, 2005) بوده و با نتایج مطالعه حاضر از نظر بالا بودن غلظت ایـن عنـصر در عـضله همـاهنگی دارد. عـسگری و همکـاران (۱۳۸۶) در مطالعه دیگری مقدار فلزات سـنگین کـادمیوم، سرب و نیکل در ماهیـان پرورشـی خـرم‌آبـاد را بررسـی نمودند. میانگین غلظت کادمیوم در بافـت ماهیـان مـورد مطالعه برای منـاطق مـورد مطالعـه ۰/۰۵۳ میلـی‌گـرم بـر کیلوگرم بر حسب وزن خشک ماهی بود. نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد، مقدار کادمیوم، در نمونه‌های مـورد مطالعه در بافت ماهیان پرورشی شهرستان خرم‌آباد، نسبت به میـزان کـادمیوم در مـاهی کپـور معمـولی (*Cyprinus carpio*) در پژوهش حاضر پایین‌تر بود کـه ایـن موضـوع ممکن است به دلایل مختلفی از جمله، آلودگی بیشتر آب رودخانه کارون و ورود پساب‌های شـهری و صـنعتی بـه این رودخانه باشـد. عـلاوه بـر آن، اسـتفاده از کودهـای شیمیایی در استخر و سن استخرها هم می‌تواند در ایجـاد آلودگی مؤثر باشد (محمدی و همکاران، ۱۳۸۹).

بر اسـاس نتـایج (جـدول ۲)، رونـد تغییـرات عنـصر کادمیوم نشان داد که با حرکت از سمت شمال به جنـوب استان، غلظت این عنـصر در بافـت عـضله و آب رونـدی کاهشی، در آبشش و کبـد رونـدی نوسـانی و در رسـوب روندی افزایشی دارد. پژوهش‌ها در این زمینه نـشان داده است که میزان غلظت آلاینده‌ها همبستگی مثبتی با غلظت آلاینده‌ها در بافت‌های ماهی داشته و میزان تجمع عناصـر سنگین در بافت‌ها به عواملی نظیر شکل و غلظـت عنـصر سنگین در آب، پ‌هاش آب، درجـه حـرارت آب، وجـود اکسیژن محلـول، ضـریب نفوذپـذیری آب، سـن مـاهی و شـرایط محلـی بـستگی دارد (Plackova et al., 2003, Zlabek et al., 2002). همچنین، تأثیر عوامل ناشناخته از جمله تغذیه اسـتخرهای پرورشـی، نـوع مـواد مـصرفی و مدیریت اسـتخرها بیـانگر وضـعیت متغیـر آلـودگی ایـن آلاینده در مناطق مختلف می‌باشـد. علـت کـاهش میـزان کادمیوم در آب موجود از شمال به جنوب احتمـالاً ناشـی

Archive of SID

www.SID.ir

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 آبزیان 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 زیست فراهمی 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

Archive of SID

www.SID.ir

دوره پرورش، بـه منظـور تعیـین، میـزان غلظـت آلاینـده کادمیوم بررسی و نسبت به کنترل ورود آن از طریق منـابع مختلف اقدام لازم را انجام داد. در نهایت وجـود مکـانی جهت کنترل کیفی مـاهی قبـل از ورود بـه بـازار مـصرف ضرورت دارد. همچنین تلاش بیـشتر در جهـت اسـتفاده کمتر از کودهـای شـیمیایی و لـزوم طـرح جـامع‌تـری در شناسـایی عناصـر سـنگین در آبزیـان پرورشـی پیـشنهاد می‌گردد.

تشکر و قدردانی

بدین‌وسیله نهایت تشکر و قدردانی از تمامی افرادی که در انجام این پژوهش همکاری داشته‌اند به عمل می‌آید. همچنـین 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 ایـن پـژوهش قـرار دادنـد، قـدردانی و سپاسـگزاری می‌گردد.

منابع

جعفرنژادی علیرضا، همایی مهدی، صـیاد غلامعبـاس و بای‌بوردی محمد (۱۳۸۹). مدل‌سـازی رونـد انباشـت کادمیم در خـاک مـزارع گنـدم، رسـاله دکتـری گـروه خاکشناسی. دانشگاه تربیت مدرس، صفحات ۹۳-۸۴.

دادالهی‌سهراب علـی، نبـوی محمـدباقر و خیـرور نـدا (۱۳۸۷). ارتباط برخی مشخـصات زیـست سـنجی بـا تجمع فلزات سنگین در بافت عـضله و آبـشش مـاهی شـیربت (*Barbus grypus*) در رودخانـه ارونـد رود، مجله علمی شـیلات ایـران، سـال هفـدهم، شـماره ۴، صفحات ۳۳-۲۷.

ریـاحی علیرضـا، اسـماعیلی عبـاس و سـواری احمـد (۱۳۷۸). تعیین فلـزات سـنگین (Ni,Zn, Cu,Pb, Co, Cd) آب، رسوبات و آبزیان رودخانه کارون (۷۳-۷۲)، مجله منابع طبیعی ایران، جلد ۵۲، شـماره ۲، صـفحات ۴۶-۳۷.

سالنامه آمـاری سـازمان شـیلات ایـران (۱۳۸۹). معاونـت برنامه‌ریزی و توسعه مدیریت سـازمان شـیلات ایـران، ۱۳۸۸-۱۳۷۹، تهران، صفحه ۶۰.

عسگری قربان، اشـرفی داود و غلامپـور اکبـر (۱۳۸۶). بررسی مقدار فلزات سنگین کادمیوم، سـرب، کـروم و نیکل در ماهیان پرورشی شهرستان خـرم‌آبـاد، دهمـین همایش ملی بهداشت محـیط همـدان، دانـشگاه علـوم پزشکی همدان، صفحات ۸۴۶-۸۳۵.

محمدی مـریم، عـسکری‌سـاری ابوالفـضل و خـدادادی مژگان (۱۳۸۹). میزان کادمیوم و سرب در عضله و کبد ماهی شیربت (*Barbus grypus*) در رودخانه دز، مجله تالاب، دانشگاه آزاد اسـلامی واحـد اهـواز، سـال اول، شماره چهارم، صفحات ۹۶-۹۱.

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

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.

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.

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

Archive of SID

www.SID.ir

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.; Homaee, 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 plancktonic biota of the river Ravi. Journal of Biology Sciences, 1: 59-62.

Jezierska 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.

Archive of SID

www.SID.ir