تعیین میزان فلزات سنگین کادمیوم و کروم در بافت های مختلف (عضله، آبشش، کلیه و روده) عروس‌ماهی زاینده رود *Petroleuciscus esfahani*

سالار درافشان*، ندا شجاعی، نوراله میرغفاری

*sdorafshan@cc.iut.ac.ir

دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان.

تاریخ دریافت: تیر۱۳۹۲ تاریخ پذیرش: خرداد ۱۳۹٤

چکیده

هدف از این مطالعه، سنجش و مقایسه میزان فلزات سنگین کادمیوم و کروم در بافت های مختلف، عضله، آبشش، کلیه و روده عروس‌ماهی زاینده رود *Petroleuciscus esfahani* در ایستگاههای مختلف رودخانه زاینده رود بود. به این منظور ۸۰ قطعه ماهی از ۴ ایستگاه مختلف چشمه دیمه، خرسونک، چمگردان و پل صفائیه، هر ایستگاه ۲۰ قطعه ماهی در پاییز ۱۳۹۰ صید شدند. هضم شیمیایی نمونه ها به روش خشک و سنجش فلزات سنگین به روش جذب اتمی با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر صورت گرفت. نتایج نشان داد که به طور کلی میزان فلزات سنگین مورد بررسی از بالادست به سمت پایین‌دست رودخانه به نحو چشمگیری افزایش یافته به طوری که بیشترین میزان آن در ایستگاه چمگردان مشاهده می شود ($p<0.05$). بیشترین میزان کادمیوم و کروم به ترتیب معادل ۰/۵۵±۲۹/۷۰ و ۲۲/۷۸±۵۰/۶۹ میکروگرم در گرم وزن خشک در بافت کلیه ماهیان متعلق به ایستگاه پل صفائیه و چمگردان مشاهده شد ($p<0.05$). کمترین میزان کادمیوم (۰/۱۱±۰/۸) و کروم (۰/۱۹±۱/۳۰) میکروگرم در گرم وزن خشک متعلق به بافت عضله ماهیان ایستگاه چشمه دیمه در بالادست رودخانه بود. میزان این فلزات در بافت عضله از بالا دست به پایین دست رودخانه افزایش معنی داری را نشان داد ($p<0.05$). به طور کلی، در تمامی ایستگاهها، بیشترین میزان تجمع فلزات سنگین کادمیوم و کروم در بافت کلیه و کمترین میزان آن در عضله مشاهده شد. مقایسه نتایج حاصل از این تحقیق با حد استاندارد بین المللی ارایه شده از سوی سازمان بهداشت جهانی (WHO) و سازمان خواروبار و کشاورزی (FAO) نشان داد که میزان هر دو فلز سنگین در عروس ماهی زاینده رود (حتی در کمترین مقدار، بافت عضله در ایستگاه بالادست) به مراتب بیشتر از حد مجاز استانداردها است. نتایج این تحقیق می تواند تاحدودی بیانگر وضعیت نامناسب زیستی زاینده رود حتی در ایستگاه‌های بالادست رودخانه باشد.

لغات کلیدی : فلزات سنگین، کادمیوم، کروم، عروس‌ماهی، زاینده رود.

*نویسنده مسئول

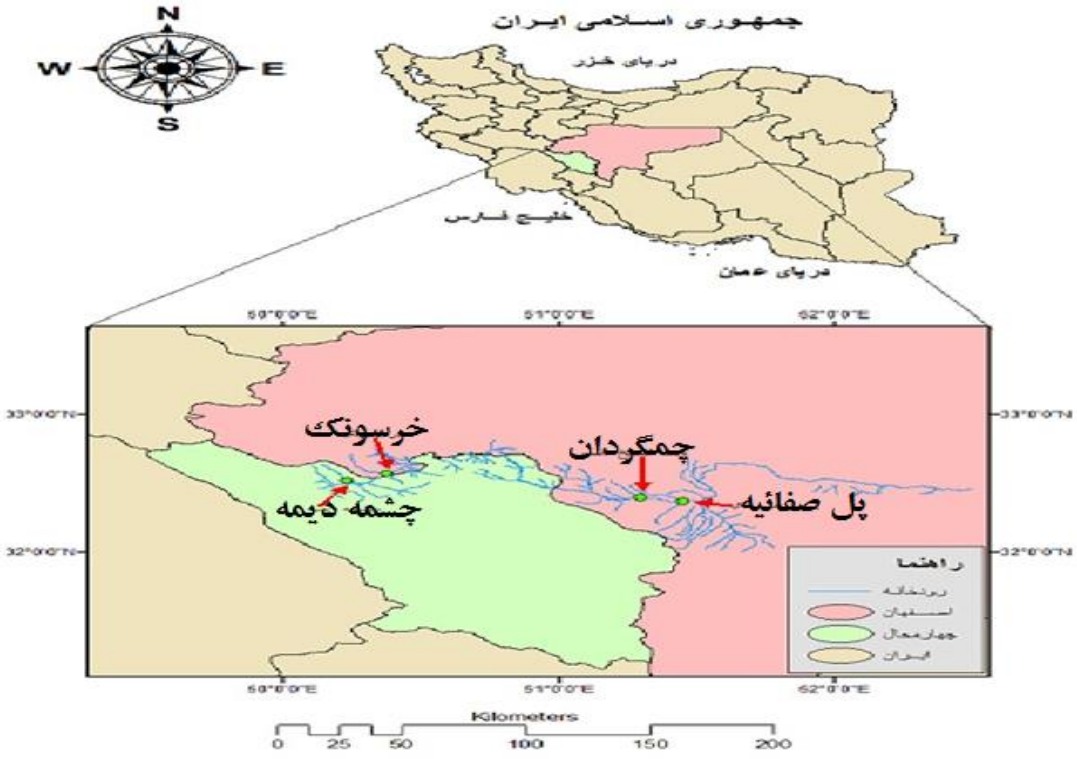
مقدمه

امروزه آلودگی اکوسیست‌های آبی ناشی از عوامل مختلفی از جمله ورود عوامل بیماری‌زا (عوامل میکروبی و باکتریایی)، مواد آلی، مواد معدنی (از جمله فلزات سنگین)، ورود نفت و مشتقات آن (آلودگی نفتی) می‌باشد که به هم خوردن تعادل حرارتی (آلودگی حرارتی) یکی از نتایج آن خواهد بود. در این میان، آلودگی به فلزات سنگین به دلیل غیرقابل تجزیه بودن این مواد و پایداری آنها در محیط‌زیست، از اهمیت ویژه ای برخوردار است (Rana, 2006). تحقیقاتی که در زمینه آلودگی فلزات سنگین در اکوسیستم‌های آبی انجام می شوند از دیدگاه سلامت و بهداشت عمومی، حفظ تعادل اکوسیستم های آبی و جلوگیری از زوال زیستی آن ها به واسطه تأثیرات سوء آلاینده ها حایز اهمیت است (اسماعیلی ساری، ۱۳۸۱). در این راستا محققین توجه خود را به انجام تحقیقاتی در زمینه تعیین میزان آلودگی منابع مختلف آب، نحوه‌ی جذب فلزات توسط آبزیان، تجمع زیستی فلزات سنگین در بافت‌های مختلف آبزیان و امکان استفاده از برخی آبزیان به عنوان شاخص‌های زیستی برپایه پایش آلاینده ها معطوف ساخته اند. در بین فلزات سنگین مختلف، کادمیوم به لحاظ اثرات زیستی مشخص، همواره در کانون توجه قرار داشته است. با این وجود، توجه کمتری به کروم به عنوان یک آلاینده در محیط زیست آبی شده است. در ایران نیز تحقیقات متعددی در زمینه تعیین غلظت فلزات سنگین در آبزیان خصوصا ماهیان منتشر شده است که از آن جمله می توان به مطالعات ابطحی و همکاران (۱۳۸۴)، شهریاری (۱۳۸۴)، شهاب مقدم و همکاران (۱۳۸۹)، عسکری ساری و همکاران (۱۳۸۹)، پروانه و همکاران (۱۳۹۰)، صدوق نیری و همکاران (۱۳۹۱)، عسکری ساری و همکاران (۱۳۹۱) و ولایت‌زاده و عسکری ساری (۱۳۹۱) اشاره کرد. اغلب مطالعات صورت گرفته در داخل کشور مربوط به آبزیان دریایی، دریای خزر یا خلیج فارس بوده و خصوصا در بین فلزات سنگین، توجه اندکی به سنجش میزان کروم به عنوان یکی از آلاینده های مهم زیست محیطی شده است. رودخانه زاینده‌رود از کوه‌های زاگرس در استان چهارمحال و بختیاری سرچشمه گرفته و پس از طی ۳۵۰ کیلومتر به تالاب گاوخونی در استان اصفهان می‌ریزد. با توجه به پراکنش بسیاری از صنایع و زمین های کشاورزی و همچنین ورود پساب کارخانجات متعدد صنعتی، این رودخانه که از نظر اهمیت، شاهرگ حیاتی منطقه مرکزی ایران محسوب می شود در مخاطره جدی قرار دارد. رودخانه زاینده رود، میزبان جوامع آبزی متنوعی است. در این بین عروس‌ماهی زاینده‌رود *Petroleuciscus esfahani* از جمله ماهیان متعلق به خانواده کپورماهیان Cyprinidae است. این گونه که پیش از این با نامهایی هم چون *Leuciscus lepidus* (Heckel, 1843) یا کاوار *Squaluis lepidus* نامیده می شد، پراکنش وسیعی در تمامی طول رودخانه داشته و به وفور یافت می شود. همچنین در برخی مناطق ارزش صید تفریحی دارد (Coad & Bogutskaya, 2010). با توجه به تسلسل زنجیره‌های غذایی در محیط زیست، ثبات و پایداری فلزات سنگین در پیکر آبزیان و انتقال آن به حلقه های بعدی زنجیره های غذایی، بررسی فلزات سنگین در موجودات آبزی بسیار حائز اهمیت بوده و از سابقه نسبتا قابل توجهی نیز برخوردار است (Agemian *et al.*, 1980). هدف از این مطالعه، سنجش برخی فلزات سنگین نظیر کادمیوم و کروم در چهار بافت مختلف عضله، آبشش، کلیه و روده عروس ماهی زاینده رود در چهار ایستگاه مختلف در امتداد این رودخانه مهم و حیاتی کشور است. این مطالعه برای اولین بار میزان فلزات سنگین را از این گونه در رودخانه زاینده رود گزارش می کند.

مواد و روش ها

در این مطالعه، تعداد چهار ایستگاه در طول رودخانه بسته به نوع و شدت آلودگی انتخاب شد (شکل ۱، جدول ۱). دو ایستگاه چشمه دیمه و خرسونک در بالادست سد زاینده رود به عنوان ایستگاه‌های پاک و دو ایستگاه چمگردان و پل صفائیه در پایین دست رودخانه به عنوان ایستگاههای آلوده در نظر گرفته شد. صید ماهیان در آبان ۱۳۹۰ با استفاده از تور پره صورت گرفت. ماهیان صید شده به صورت زنده به آزمایشگاه ژنتیک و بیوتکنولوژی واقع در دانشکده منابع طبیعی دانشگاه صنعتی اصفهان، منتقل شدند. پس از بیهوشی با MS_{222} (با غلظت (۱۰۰ ppm)، بیومتری شده و پس از شستشو با آب لوله‌کشی و سپس آب مقطر، نسبت به کالبدشکافی آنها و نمونه‌برداری از

بافت‌های مختلف اقدام شد. به منظور سنجش میزان فلزات سنگین، در ابتدا، قسمتی از بافت عضله (بدون پوست)، آبشش، کلیه و روده به مدت ۴۸-۲۴ ساعت در آون با دمای ۷۰ ^{o}C قرار داده شدند (Ugolini *et al.*, 2004).



شکل۱: موقعیت جغرافیایی ایستگاه‌های نمونه برداری.

جدول ۱: محل و موقعیت جغرافیایی جمع‌آوری عروس ماهی زاینده رود *Petroleociscus esfahani*.

نام ایستگاه	مختصات جغرافیایی		ارتفاع (متر)
چشمه دیمه	۳۲°۳۱'۰" N	۵۰°۱۳'۴۲" E	۲۱۴۳
خرسونک	۳۲°۳۴'۲" N	۵۰°۲۲'۰" E	۲۱۳۵
چمگردان	۳۲°۲۳'۹" N	۵۱°۱۷'۳۹" E	۲۱۴۶
پل صفائیه	۳۲°۲۱'۴۵" N	۵۱°۲۶'۵۵" E	۲۱۴۶

پس از خشک شدن، مقدار ۰/۱۵ گرم از هر نمونه به دقت (با دقت ۰/۰۰۱ گرم) توزین و به مدت ۸ ساعت به همراه ۳ سی سی اسید نیتریک (HNO_3)، ۱۴/۵ مولار در دمای ۱۲۰°C نگهداری شدند. در مرحله بعد مقداری آب مقطر به محلول اضافه و مجددا" در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۵ دقیقه نگهداری شد. در نهایت، محلول‌ها از کاغذ صافی واتمن ۴۲ عبور داده و با آب مقطر در حجم کلی ۱۰ میلی لیتر، تنظیم حجم نهایی صورت گرفت (Ugolini *et al.*, 2004). جهت تعیین غلظت فلزات سنگین در نمونه‌ها از دستگاه اسپکتروفتومتری جذب

اتمی مدلPerkin Elmer AAnalyst 700 و محلولهای استاندارد برای تعیین منحنی کالیبراسیون استفاده شد. میزان غلظت فلزات سنگین خوانده شده بوسیله دستگاه با استفاده از رابطه زیر به غلظت واقعی بر حسب میکرو گرم بر گرم وزن خشک (µg/gDW) محاسبه و گزارش شد (شهریاری، ۱۳۸۴):

غلظت واقعی (میکروگرم در گرم وزن خشک) = غلظت خوانده شده بوسیله دستگاه × حجم نهایی نمونه/ وزن خشک اولیه

تجزیه و تحلیل داده‌های به دست آمده از ارزیابی مقادیر فلزات سنگین در بافت‌های مختلف و بین ایستگاههای متفاوت با استفاده از نرم افزار SPSS 17 و آزمون آنالیز واریانس ANOVA و آزمون چنددامنه دانکن صورت گرفت. سطح اطمینان ۹۵٪ برای ارزیابی داده‌ها در نظر گرفته شد. داده ها به صورت میانگین±انحراف معیار گزارش شدند.

نتایج

در مجموع ۸۰ قطعه ماهی مورد بررسی قرار گرفتند. دامنه طولی و وزنی ماهیان در ۴ ایستگاه چشمه دیمه، خرسونک، چمگردان و پل صفائیه به ترتیب ۱۷/۸-۸، ۱۶-۸/۹، ۱۲/۲-۷/۴ و ۱۳/۵-۸/۹ سانتی‌متر و ۴۸/۵۵-۴/۴۳، ۴۶/۷۱-۷، ۱۸/۳۸-۳/۱۹ و ۲۴/۶۸-۶/۱۸ گرم بود (جدول ۲). مقایسه آماری تفاوت معنی داری را در اندازه وزنی و طولی ماهیان در بین ایستگاههای مختلف نشان داد (جدول ۲). بزرگترین ماهیان مربوط به ایستگاههای چشمه دیمه و خرسونک در بالادست سد زاینده رود و کوچکترین آنها متعلق به ماهیان صید شده از ایستگاه چمگردان، در پایین دست سد بودند ($p<0.05$، جدول ۲).

مقایسه میزان فلزات سنگین در بافت های مختلف ماهیان صید شده از هر ایستگاه، نشان داد که گرچه از نظر عددی، محل های اصلی تجمع کادمیوم به ترتیب بافتهای کلیه> روده> آبشش> عضله است. اما مقایسه آماری تنها بیانگر نقش اصلی کلیه به عنوان محل تجمع فلز سنگین کادمیوم در مقایسه با بافت های دیگر بود ($p<0.05$، جدول ۳) شاید دلیل اصلی آن این است که فلزات سنگین و بطور کلی هر نوع آلودگی برای مدت طولانی در بافت کلیه باقی می‌ماند و دفع نمی‌شود و حتی بعد از سال‌ها می‌توان آلودگی را در بافت کلیه میزبان اندازه گرفت. کمترین میانگین غلظت کادمیوم در عضله ماهیان ایستگاههای چشمه دیمه و خرسونک در بالادست سد زاینده رود مشاهده شد که اختلاف معنی داری را با میزان تجمع این فلز در عضله ماهیان صید شده از ایستگاه چمگردان نشان داد ($p<0.05$، جدول ۳). برای بافت آبشش و روده نیز روند مشابهی مشاهده گردید. به طوری که بیشترین میزان کادمیوم در آبشش ۰/۹۶ µg/g.dw ± ۵/۶۰ و روده ۲/۴۵ µg/g.dw ± ۱۵/۹۰ ماهیان ایستگاه چمگردان نسبت به سایر ایستگاه ها بدست آمد ($p<0.05$، جدول ۳).

جدول ۲: میانگین پارامترهای زیستی عروس ماهی زاینده رود در چهار ایستگاه نمونه برداری.

ایستگاه	طول(سانتی متر)	وزن (گرم)
چشمه دیمه	۱۳/۵۰±۰/۱۸ [a]	۲۶±۰/۲۸ [a]
خرسونک	۱۳/۵۰±۰/۰۵ [a]	۲۷±۰/۳۴ [a]
چمگردان	۸/۷۰±۰/۲۱ [b]	۶/۶۰±۰/۴۵ [c]
پل صفائیه	۱۰/۸۰±۰/ ۱۱[ab]	۱۲/۷±۰/۲۴ [b]
میانگین	۱۱/۶۰±۰/۰۹	۱۸/۰۷±۰/۵۹
بیشترین	۱۷/۸	۴۸/۵۵
کمترین	۷/۴	۳/۱۹

مقایسه میانگین وزنی و طولی ماهیان صید شده از ایستگاه‌های مختلف (n=۸۰). برای هر ویژگی، ایستگاه‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، فاقد اختلاف معنی‌دار هستند ($p>0/05$).

با این وجود، اگرچه بالاترین غلظت کادمیوم از بافت کلیه ماهیان ایستگاه پل صفائیه (µg/g.dw) ۱۰/۰۱±۲۹/۷ گزارش شد، اما مقایسه آماری تفاوت محسوسی را در غلظت این فلز در بافت کلیه ماهیان صید شده از ایستگاههای متفاوت نشان نداد ($p>0.05$، جدول ۳). نتایج مقایسه کلی مقادیر کادمیوم در ایستگاههای مختلف، صرف نظر از نوع بافت نشان داد که میزان کادمیوم در عروس ماهی زاینده رود از بالادست به سمت پایین دست رودخانه افزایش یافته است به طوری که بیشترین میزان کادمیوم در ماهیان صید شده از ایستگاه چمگردان مشاهده می شود ($p<0.05$، شکل ۲). در یک ارزیابی کلی از میزان فلز سنگین کادمیوم در بافت‌های مختلف عروس‌ماهی زاینده رود در ایستگاههای مختلف می توان بیان داشت که به ترتیب بیشترین (µg/g.dw) ۱۰/۰۱±۲۹/۷ و کمترین (µg/g.dw) ۰/۱۱ ± ۰/۸ میزان کادمیوم در بافت کلیه ماهیان پل صفائیه و عضله ماهیان چشمه دیمه وجود داشته است که اختلافی حدود ۳۷ برابر را نشان می دهد ($p<0.05$، جدول ۳).

مقایسه کلی مقادیر کروم در ماهیان صید شده از ایستگاه‌های مختلف، صرف نظر از نوع بافت نیز نشان داد که بالاترین غلظت کروم µg/g.dw ۷/۲۴±۱۹/۵۲، در ماهیان ایستگاه چمگردان مشاهده می شود که به طور معنی داری نسبت به ماهیان صید شده از ایستگاههای دیگر بالاتر است ($p<0.05$، شکل ۲). در تمامی ایستگاهها، کلیه محل اصلی تجمع کروم بود ($p<0.05$، جدول ۳). اگرچه تفاوتی در میزان غلظت کروم در بین سه بافت عضله، آبشش و روده در ماهیان صید شده از سه ایستگاه چشمه دیمه، خرسونک و پل صفائیه مشاهده نشد ($p>0.05$، جدول۴). با این وجود، روند متفاوتی در ایستگاه چمگردان حاکم بود، به طوری که پس از کلیه، بیشترین غلظت کروم در بافت روده µg/g.dw ۴/۶۵ ± ۱۸/۲۰ مشاهده شد ($p<0.05$، جدول ۴). میزان کروم در عضله ماهیان در گستره µg/g.dw ۳/۴۳-۱/۳ قرار داشت و مقایسه آماری افزایش معنی داری را در بافت عضله ماهیان ایستگاه چمگردان در مقایسه با عروس ماهیان سایر ایستگاهها نشان داد ($p<0.05$، جدول ۴). روند مشابهی برای مقادیر کروم در بافت کلیه و روده ماهیان صید شده از ایستگاههای مختلف مشاهده شد ($p<0.05$، جدول ۴). علی‌رغم این، غلظت کروم در آبشش ماهیان صید شده از ایستگاههای مختلف بدون تفاوت معنی‌دار و در گستره µg/g.dw ۵/۷۹- ۳/۰۴ متغیر بود ($p>0.05$، جدول ۴). تقریبا متناسب با تغییر غلظت کادمیوم، بیشترین µg/g.dw ۲۲/۷۸±۵۰/۶۹ و کمترین µg/g.dw ۰/۲±۱/۳ غلظت کروم به ترتیب در بافت کلیه ماهیان ایستگاه چمگردان و بافت عضله ماهیان صید شده از ایستگاه چشمه دیمه اندازه گیری شد که تفاوتی حدود ۲۸ برابر را نشان می دهند (جدول ۴).

جدول ۳: میانگین غلظت کادمیم (µg/g.dw) در بافت‌های عضله، آبشش، روده و کلیه عروس ماهی زاینده رود در چهار ایستگاه مختلف رودخانه زاینده رود (n=۲۰).

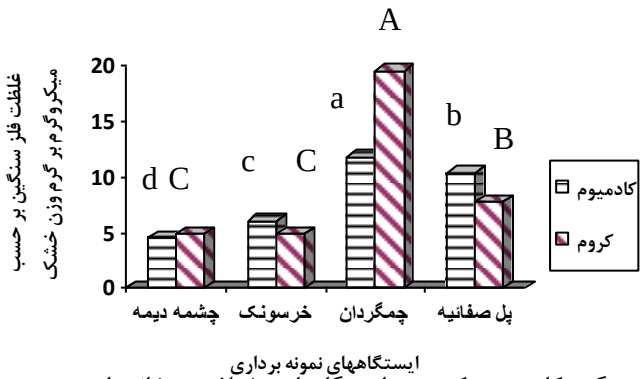
	غلظت کادمیم موجود در بافت (µg/g)			
ایستگاه	عضله	آبشش	کلیه	روده
چشمه دیمه	۰/۸۰±۰/۱۱^{b}	۱/۶۰±۰/۲۲^{b}	*۱۱/۹۰±۲/۳۶^{a}	۳/۸۰±۱/۶۳^{b}
خرسونک	۰/۹۶±۰/۱۴^{b}	۲/۲۴±۰/۲۹^{b}	*۱۶/۴±۵/۳۳^{a}	۴/۷۰±۲/۰۴^{b}
چمگردان	۲/۱۲±۰/۴۷^{a}	۵/۰۶±۰/۶۹^{a}	*۲۴/۱۰±۳/۲۶^{a}	۱۵/۹۰±۲/۴۵^{a}
پل صفائیه	۱/۴۱±۰/۲۳^{ab}	۲/۵۰±۰/۳۱^{b}	*۲۹/۷±۱۰/۰۱^{a}	۷/۶۰±۰/۹۸^{b}

حروف، مقایسه آماری غلظت کادمیوم در بافت یکسان در ایستگاههای مختلف را نشان می دهد. برای هر بافت (ستون)، ردیف های دارای یک حرف مشابه فاقد اختلاف معنی دار هستند ($p>0/05$). *- مقادیر بالاتر کادمیوم در کلیه را در مقایسه با سایر بافتها در یک ایستگاه نشان می دهد ($p<0.05$)

جدول ۴: جدول ۳: میانگین غلظت کروم (µg/g.dw) در بافت‌های عضله، آبشش، روده و کلیه عروس ماهی زاینده رود در چهار ایستگاه مختلف رودخانه زاینده رود (n=۲۰).

ایستگاه	غلظت کروم موجود در بافت (µg/g)			
	عضله	آبشش	کلیه	روده
چشمه دیمه	۱/۳۰ ± ۰/۲۰ ^{b}	۵/۲۷ ± ۲/۴۳ ^{a}	*۱۰/۹۰ ± ۱/۶۷ ^{b}	۲/۰۱ ±۰/۳۲ ^{b}
خرسونک	۱/۵۳ ± ۰/۲۳ ^{b}	۳/۵۷ ± ۰/۴۸^{a}	*۱۰/۶۷ ± ۲/۳۲ ^{b}	۳/۶۷ ±۱/۳۹^{b}
چمگردان	۳/۴۳ ± ۰/۶۶^{a}	۵/۷۹ ± ۰/۸۹ ^{a}	*۵۰/۶۹ ± ۲۲/۷۸ ^{a}	۱۸/۲۰ ±۴/۶۵^{a}
پل صفائیه	۱/۶۵ ± ۰/۲۳^{b}	۳/۰۴ ± ۰/۴۶ ^{a}	*۱۹/۷۳ ±۳/۱۰ ^{ab}	۶/۵۳ ± ۰/۸۰ ^{b}

حروف، مقایسه آماری غلظت کروم در بافت یکسان در ایستگاههای مختلف را نشان می دهد. برای هر بافت (ستون)، ردیف های دارای یک حرف مشابه فاقد اختلاف معنی دار هستند ($p>0/05$). *- مقادیر بالاتر کروم در کلیه را در مقایسه با سایر بافت‌ها در یک ایستگاه نشان می دهد ($p<0.05$).



شکل ۲: مقایسه غلظت فلزات سنگین کادمیوم و کروم در ایستگاه‌های مختلف رودخانه زاینده‌رود، صرف نظر از نوع بافت مورد بررسی. حروف کوچک و بزرگ به ترتیب برای مقایسه آماری مقادیر کادمیوم و کروم بین ایستگاه‌های مختلف استفاده شده است. برای هر فلز سنگین، ایستگاه‌های دارای حداقل یک حرف مشابه فاقد اختلاف معنی‌دار هستند ($p>0.05$).

بحث

در سالیان اخیر توجه به آلاینده های زیست محیطی به شدت افزایش یافته است. در این بین، تحقیقات گسترده-ای به منظور تعیین مقدار و نوع فلزات سنگین در آبزیان مختلف در اکوسیستم های گوناگون صورت گرفته است. همچنین استانداردهای متنوعی برای آب آشامیدنی، محصولات کشاورزی و شیلاتی برای فلزات مختلف در کشورهای گوناگون تعیین شده است (اسماعیلی ساری، ۱۳۸۱). با این وجود تاکنون مطالعه‌ای در زمینه تعیین غلظت فلزات سنگین کادمیوم و کروم در عروس ماهی زاینده رود منتشر نشده است. به طور کلی، نتایج این تحقیق نشان داد که مقادیر کلی هر دو عنصر آلاینده از بالادست به سمت پایین دست رودخانه زاینده‌رود به طرز چشمگیری افزایش می یابد. هر دو فلز سنگین کادمیوم و کروم، اگرچه می توانند منشاء طبیعی داشته باشند، اما غلظت‌های بالای آنها، همواره نشان‌دهنده وجود منابع آلوده کننده نظیر فعالیت های صنعتی، کشاورزی و نیز فاضلاب های شهری است. رودخانه زاینده‌رود تنها رودخانه دائمی فلات مرکزی ایران، فشار فزاینده‌ای را از بابت استقرار جمعیت میلیونی و نیز حضور صنایع مادر و آلاینده ای همچون ذوب آهن اصفهان، کارخانه فولاد مبارکه و سیمان سپاهان و همچنین توسعه بی رویه کشاورزی در حاشیه خود تحمل می نماید. تجمع این مراکز در پایین دست رودخانه بسیار بیشتر از مناطق بالادست، پیش از سد زاینده رود است و لذا افزایش تجمع فلزات سنگین از بالادست به پایین دست رودخانه با حضور صنایع و توسعه کشاورزی در ایستگاه‌های چمگردان و پل صفائیه، هم‌خوانی دارد. پیش از این نیز روند افزایشی برخی فلزات سنگین نظیر سرب و کادمیوم در آب و رسوب رودخانه زاینده رود از بالادست به پایین‌دست گزارش شده است (محبتی و همکاران، ۱۳۸۹، شجاعی، ۱۳۹۱).

در مقایسه غلظت فلزات سنگین در بین بافت های مختلف در هر ایستگاه، همواره کمترین غلظت عناصر

آلاینده مورد بررسی در بافت عضله و بیشترین آن در بافت کلیه و بعضا روده (در ایستگاه چمگردان) مشاهده شد. غلظت پایین‌تر فلزات سنگین در بافت عضله در مقایسه با سایر بافت های هدف نظیر کبد، روده، کلیه و آبشش در برخی دیگر از مطالعات نیز گزارش شده است. به عنوان مثال، مقادیر بالاتر کادمیوم، جیوه و سرب در کبد و آبشش ماهی بیاه *Liza abu* در رودخانه های بهمنشیر و کارون (عسکری ساری و همکارن، ۱۳۹۰) و غلظت بالاتر آرسنیک در کبد ماهی مید *Liza klunzingeri* در مقایسه با بافت عضله (ولایت‌زاده و عسکری ساری، ۱۳۹۱) گزارش شده است. نتایج مشابهی در خصوص دو گونه ماهی *Liza abu* و *Silurus triostegus* در ترکیه نیز منتشر شده است (Karadede *et al*., 2004). با این وجود، خیرور و دادالهی (۱۳۸۸)، غلظت بالاتر فلز سنگین سرب و کادمیوم را در بافت عضله در مقایسه با بافت آبشش ماهی شیربت *Barbus grypus* در اروندرود گزارش کردند. چنین تفاوت‌هایی می تواند بنا به دلایل مختلف نظیر رفتار فلز در مسیر متابولیسم موجود هدف، نوع زیستگاه، نیازهای اکولوژیک ماهی نظیر نوع تغذیه و جایگاه اکولوژیک آن در اکوسیستم آبی باشد. به طور کلی، فلزات سنگین از دو مسیر آبشش (از طریق آب عبوری از روی رشته های آبششی) یا روده (تغذیه) جذب بدن آبزیان می شوند. مسیر اصلی جذب به منشاء آلاینده در دو محیط آب و رسوب و نیز نحوه تغذیه ماهی بستگی دارد. به طوری که معمولا ماهیان کفزی و گوشتخوار، غلظت های بالاتری از فلزات سنگین را در بافت روده در مقایسه با بافت آبشش نشان می دهند. در حالی که ماهیان پلاژیک عموما غلظت های بالاتری از فلز سنگین را در بافت آبشش نشان می دهند (شهاب مقدم و همکاران، ۱۳۸۹). لذا با توجه به غلظت تقریبا مشابه فلزات سنگین در دو بافت روده و آبشش در اغلب ایستگاهها، به نظر می رسد عروس ماهی زاینده رود از هر دو مسیر آبشش و نیز تغذیه (روده) در معرض این آلاینده ها قرار دارد. اگرچه شاید ماهیان در ایستگاه چمگردان، شرایط متفاوتی را داشته باشند و عمده مسیر جذب فلزات سنگین در آنها از طریق خوراکی، روده باشد. این فرضیه نیازمند بررسی بیشتر است. به طور کلی، برخی بافت‌ها نظیر کلیه مستعد تجمع فعال فلزات سنگین همچون کادمیوم هستند. کلیه از جمله بافت‌های هدف برای تجمع فلزات سنگین است و لذا دور از انتظار نیست که غلظت آلاینده هایی هم چون فلزات سنگین در بافت کلیه در تمامی ایستگاهها نسبت به دیگر بافت های مورد بررسی در این تحقیق به طور معنی-داری بیشتر باشد. به بیان دیگر، اگرچه بافت هایی نظیر عضله، آبشش و روده، به مرور قادر به دفع و کاهش غلظت فلزات سنگین هستند، اما این آلاینده ها در کلیه تجمع یافته و تاریخچه مناسبی را در خصوص در معرض قرار گیری با فلزات سنگین نمایش می دهد (Goulet *et al*., 2011).

جدول ۵: مقایسه نتایج این تحقیق با حد آستانه استانداردهای بین المللی تعریف شده برای دو فلز سنگین کادمیوم و کروم بر حسب میکروگرم بر گرم وزن خشک.

استاندارد	فلز سنگین	
	کادمیوم	کروم
سازمان بهداشت جهانی (WHO)[1]	۰/۱-۰/۲	۰/۲
سازمان غذا و داروی آمریکا (FDA)[2]	۱	-
سازمان خوارو بار جهانی (FAO)[3]	۰/۵	-
عضله برای عروس‌ماهی در چشمه دیمه*	۰/۸ ± ۰/۱۱	۱/۳۰ ±۰/۲

۱-WHO, 1996 ۲-عسکری ساری و همکاران، ۱۳۹۱ ۳- Dural *et al*., 2007 *- میانگین غلظت محاسبه شده در این تحقیق.

مقایسه مقادیر فلزات سنگین کادمیوم و کروم در عروس ماهی زاینده رود با حد آستانه آن از منظر استاندارد های بین المللی نظیر سازمان بهداشت جهانی (WHO)، سازمان غذا و داروی ایالات متحده آمریکا (FDA) و سازمان خواروبار جهانی (FAO) نشان داد که در اغلب موارد میانگین میزان این آلاینده ها در عروس ماهی زاینده‌رود حتی در پایین‌ترین غلظت ها که در بافت عضله مشاهده شده است، بسیار بیشتر از مقادیر توصیه شده

بین‌المللی است (جدول ۵). اگرچه عروس‌ماهی زاینده رود به طور معمول فاقد ارزش خوراکی برای جوامع انسانی حاشیه رودخانه است، اما حضور بالای این عناصر سنگین خصوصا کروم، می تواند وضعیت نگران کننده اکوسیستم شکننده رودخانه زاینده رود را حتی در مناطق بالادست رودخانه آشکار نماید. در نهایت با توجه به نتایج این تحقیق پیشنهاد می‌شود تا پایش مداوم تمامی آلاینده های محیطی در آب، رسوب و آبزیان رودخانه زاینده رود صورت گرفته و با شناسایی دقیق منابع آلاینده بحرانی در وهله اول سعی در کنترل آنها شود و در ادامه نسبت به تهیه و اجرای طرح جامع کنترل آلودگی رودخانه زاینده رود اقدام شود.

تشکر و قدردانی

نگارندگان از مهندس اسداله کارشناس محترم گروه شیلات و مهندس تقی پور جهرمی، کارشناس محترم آزمایشگاه معتمد آلودگی محیط زیست دانشکده منابع طبیعی دانشگاه صنعتی اصفهان به سبب همکاری های ارزنده ایشان در انجام این تحقیق سپاسگزاری می نماید. هزینه های انجام این تحقیق از محل پژوهانه شماره ۵۰۲/۹۰/۵۳۹۴۹ پرداختی از سوی معاونت پژوهشی دانشگاه صنعتی اصفهان به دکتر سالار درافشان، پرداخت شده است.

منابع

اسماعیلی ساری، ع.، ۱۳۸۱. آلاینده ها، بهداشت واستاندارد در محیط زیست. انتشارات نقش مهر، تهران. ۷۶۷ صفحه.

ابطحی، ب.، قدرتی شجاعی، م.، اسماعیلی ساری، ع.، رهنما، م.، شریف پور، ع.، بهمنی، م.، کاظمی، ر. و حلاجیان، ع.، ۱۳۸۴. غلظت برخی از فلزات سنگین در بافت های ماهی اوزن برون (*Acipenser stellatus*) صید شده در خزر جنوبی. مجله علوم محیطی، ۸۴-۷۷ :۴.

پروانه، م.، خیرور، ن.، نیک پور، ی. و نبوی، س.م.ب.، ۱۳۹۰. غلظت فلزات سنگین در ماهی کفشک گرد (*Euryglossa orientalis*) و رسوبات خور موسی در استان خوزستان. مجله علمی شیلات ایران، سال بیستم، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۰، صفحات ۱۷ تا ۲۶.

خیرور، ن. و علی دادالهی، س.، ۱۳۸۸. غلظت فلزات سنگین در رسوبات و ماهی شیربت *Barbus grypus* در اروندرود. مجله علوم و تکنولوژی محیط زیست، سال دوازدهم، شماره ۲. صفحات ۱۲۳ تا ۱۳۲.

شجاعی، ن.، ۱۳۹۱. ساختار جمعیتی عروس‌ماهی زاینده‌رود (*Petroleuciscus esfahani*) در رودخانه زاینده‌رود در پاسخ به آلودگی کادمیم. پایان نامه کارشناسی ارشد رشته بوم شناسی آبزیان شیلاتی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان. ۸۲ صفحه.

شهریاری، ع.، ۱۳۸۴. اندازه‌گیری مقادیر فلزات سنگین کادمیم، کروم، سرب و نیکل در بافت خوراکی ماهیان شوریده و سرخو خلیج فارس در سال ۱۳۸۲. مجله علمی دانشگاه علوم پزشکی گرگان، ۶۷-۶۵ :۷(۲).

شهاب مقدم، ف.، اسماعیلی ساری، ع.، ولی نسب، ت. و کریم آبادی، م.، ۱۳۸۹. مقایسه تجمع فلزات سنگین در عضله سپرماهی چهارگوش (*Himantura gerrardi*) و گیش چشم درشت (*Selar crumenophthalmus*) خلیج فارس. مجله علمی شیلات ایران. ۹۴-۸۵ :۱۹(۲).

صدوق نیری، ع.، رونق، م.ت. و احمدی، ر.، ۱۳۹۱. بررسی کمی فلزات سنگین در بافت عضله، کبد و آبشش ماهی کفشک (*Euryglossa orientalis*) در آب‌های شمال خلیج فارس. مجله علمی شیلات ایران، ۱۶۰-۱۴۷ :۲۱(۱).

عسکری ساری، الف.، خدادادی، م. و محمدی، م.، ۱۳۸۹. میزان فلزات سنگین (Hg, Ni, Pb, Cd) در بافت های مختلف (عضله، آبشش و کبد) ماهی گطان (*Barbus xanthopterus*) رودخانه کارون. ۱۰۶-۹۷ :۱۹(۴).

عسکری ساری، الف.، ولایت زاده، م.، بهشتی، م. و خدادادی، م.، ۱۳۹۰. میزان تجمع فلزات سنگین جیوه، سرب و کادمیوم در بافت های ماهی بایه (*Liza abu*) رودخانه های کارون و بهمنشیر استان

خوزستان. مجله علمی شیلات ایران، ۱۴۰-۱۳۱ :(۲)۲۰.

عسکری ساری، الف.، جواهری بابلی، م.، محجوب، ث. و ولایتن زاده، م.، ۱۳۹۱. میزان فلزات سنگین(جیوه، کادمیوم، سرب) در عضله ماهی شوریده در بنادر صیادی آبادان و بندر عباس. مجله علمی شیلات ایران. ۱۰۶-۹۹ :(۲)۲۱.

محبتی، ر.، میرغفاری، ن. و موسوی، س.ف.، ۱۳۸۹. بررسی غلظت سرب و کادمیوم درآب رودخانه‌ی زاینده‌رود، چهارمین همایش و نمایشگاه تخصصی مهندسی محیط زیست.

ولایت‌زاده، م. و عسکری ساری، الف.، ۱۳۹۱. مقایسه تجمع ارسنیک در عضله و کبد پنج گونه ماهی بومی استان خوزستان. نشریه شیلات، مجله منابع طبیعی ایران. ۴۶۱-۴۵۷ :(۴)۶۵.

Agemian, H., Sturtvant, D.P. and Asten, K.D., 1980. Simultaneous acid extraditions of six trace metals from fish tissue by spectrometry. Analyst, 105: 125-130.

Coad, B.W. and Bogutskaya, N.G., 2010. *Petroleuciscus esfahani*, a new species of fish from central Iran (Actinopterygii: Cyprinidae). Zootaxa, 2534: 34-47.

Dural, M., Goksu, Z.L. and Ozark, A.A., 2007. Investigation of heavy metal levels in economically important fish species captured from the Tuzla Lagoon. Food Chemistry, 102: 415- 421.

Goulet, R., Fortin, C. and Spry D.J., 2011. Uranium bioavailability, bioaccumulation and toxicity to fish. Dans: Metals: Homeostasis and Toxicology, C.M. Wood, A.P. Farrell & C.J. Brauner, Eds. Volume 31b, Homeostasis and Toxicology of Non-Essential Metals; Chapter 8; Fish Physiology Series. pp. 391-428.

Karadede, H., Oymak, S.A. and Ünlü, E., 2004. Heavy metals in mullet, *Liza abu*, and catfish, *Silurus triostegus*, from the Atatürk Dam Lake (Euphrates), Turkey. Environment International, 30(2): 183-188.

Rana, S.V.S., 2006. Environmental pollution (health and toxicology). Alpha Science International Ltd Oxford, U.K: pp. 60-64.

Ugolini, A., Borghini, F., Calosi, P., Bazzicalupo, M., Chelazzi G. and Focardi S., 2004. Mediterranean *Talitrus saltator* (Crustacea, Amphipoda) as a biomonitor of heavy metals contamination. Marine Pollution Bulletin, 48: 526-532.

WHO (World Health Organization), 1996. Health criteria and other supporting information. In: Guidelines for Drinking Water Quality, 2nd ed, Geneva. 2: 31-388.

Heavy metals (Cd and Cr) concentration in different tissues (muscle, gill, kidney and intestine) of Zayandehrood chub, *Petroleuciscus esfahani*

Dorafshan S.*; Shojaee N.; Mirghaffari N.

* sdorafshan@cc.iut.ac.ir

Department of Natural Resources, Isfahan University of Technology

Keywords: Heavy metals, Cd, Cr, Zayandehrood chub, Zayandehrood River.

Abstract

The aim of this study was to evaluate two heavy metals (Cd and Cr) concentrations in different tissues including muscle, gill, kidney and intestine of Zayandehrood chub, *Petroleuciscus esfahani* in different stations along the Zayandehrood River. For this purpose, 80 specimens of the fish were collected from 4 different stations including Cheshmeh-dimeh, Khersoonak, Chamgordan and Pol-e-Safaiyeh (each 20 fish) in autumn 2011. The metals were extracted using dry digestion method and measured by Atomic Absorption.The results showed that the concentration of heavy metals increased significantly from up to downstream of the River, with the highest level was observed in Chamgordan station ($p<0.05$). The highest concentrations of Cd (22.7±0.55) and Cr (50.69±22.78) µg/g dry weight (DW) were measured in the kidney of the fish collected from Pol-e-Safaiyeh and Chamgordan stations respectively ($p<0.05$). While, the lowest level of Cd (0.8±0.11) and Cr (1.30±0.19) µg/gDW were determined in the muscle of the fish from Cheshmeh-dimeh station located at upstream. The metals concentrations in the muscle were increased significantly from upstream to the downstream ($p<0.05$). In general, in all studied stations, the highest levels of Cd and Cr were observed in the kidney while, the lowest levels were measured in the muscle. By comparison between the results obtained from this study to the international standards defined by WHO or FAO, it was cleared that the concentrations of both metals in Zayandehrood chub (even at the lowest levels in the muscle) were much higher than permitted levels. The results of this study could show inappropriate environmental conditions of the Zayandehrood River, even in the upstream stations

*Corresponding author