

تجمع زیستی کادمیوم محلول در آب و تأثیر آن بر کیفیت لاشه‌ی تاس‌ماهی (*Acipenser ruthenus*) استرلیاد

مرضیه عروجعلی^۱، فاطمه پیکان‌حیرتی^۲، سالار درافشان^{۲*} و نصراله محبوبی‌صوفیانی^۳

تاریخ دریافت: ۹۲/۷/۳

تاریخ پذیرش: ۹۳/۲/۳

چکیده

در این تحقیق اثرات غلظت‌های تحت‌کشنده کادمیوم محلول در آب بر کیفیت لاشه (میزان رطوبت، پروتئین، چربی و خاکستر) و میزان تجمع آن در بافت‌های مختلف آبشش، کلیه، کبد و عضله‌ی ماهی استرلیاد مورد سنجش قرار گرفت. به این منظور ۶۰ قطعه بچه ماهی استرلیاد با میانگین وزن اولیه $39/98 \pm 0/45$ گرم و طول $22/45 \pm 0/65$ سانتی‌متر در ۴ گروه، هر گروه شامل ۳ تکرار با ۵ قطعه ماهی تقسیم شدند. ماهیان در گروه‌های صفر (شاهد)، ۱۶، ۳۲ و ۶۴ میکروگرم در لیتر کادمیوم به مدت ۲۱ روز در وضعیت آزمایشگاهی نیمه ثابت قرار گرفتند. در پایان دوره، کیفیت لاشه کامل (بدون سر و امعا و احشا) و میزان تجمع کادمیوم در بافت‌های آبشش، کلیه، کبد و عضله به روش هضم مرطوب با نمونه‌برداری از حداقل ۳ قطعه ماهی از هر تکرار ارزیابی شد. نتایج نشان داد که میزان رطوبت، پروتئین، چربی و خاکستر به ترتیب در گستره‌ی ۸۱-۷۸، ۱۴-۱۲/۶، ۴/۵-۳/۵ و ۲/۹-۲/۸ درصد وزن خشک و بدون تفاوت معنی‌دار بین گروه‌های مختلف آزمایشی بود ($P > 0/05$). با افزایش غلظت کادمیوم، میزان تجمع آن در تمامی بافت‌های مورد بررسی به جز عضله به طور معنی‌داری افزایش یافت ($P < 0/05$). در تمامی گروه‌های آزمایشی، بیش‌ترین میزان تجمع در بافت کلیه و پس از آن آبشش مشاهده شد. با وجود این در هر گروه آزمایشی تفاوت معنی‌داری در میزان تجمع در سه بافت مختلف آبشش، کبد و کلیه مشاهده نشد ($P > 0/05$). در مقایسه بین دو گروه شاهد و تیمار مجاورسازی با غلظت ۱۶ میکروگرم در لیتر کادمیوم، تنها افزایش معنی‌دار در غلظت کادمیوم در آبشش مشاهده شد ($P < 0/05$). بر اساس نتایج می‌توان بیان کرد که مجاورسازی بچه ماهیان جوان تاس‌ماهی استرلیاد با غلظت‌های تحت‌کشنده کادمیوم اگرچه منجر به تغییر معنی‌دار در کیفیت لاشه نمی‌شود، اما افزایش تجمع آن در بافت‌های مختلف (به جز عضله) متناسب با افزایش غلظت کاملاً محسوس است.

کلمات کلیدی: کادمیوم، تجمع، کیفیت لاشه، استرلیاد، *Acipenser ruthenus*

مقدمه

استفاده می‌شود. با وجود این، برخی از عناصر سنگین غیرضروری نظیر جیوه، کادمیوم و سرب در مقادیر بسیار پایین برای آبزیان سمی هستند و بدون استفاده در بافت‌های مختلف بدن تجمع می‌یابند (Burger 2008). در بین انواع مختلف فلزات سنگین، کادمیوم به عنوان یکی از مهم‌ترین عناصر با درجه‌ی سمیت بالا دسته‌بندی می‌شود (Suresh 2009, McGeer et al. 2012). تجمع فلزات در بافت‌های مختلف آبزیان به عوامل مختلفی هم چون

فلزات سنگین به دلیل پایداری در محیط زیست و تمایل به تجمع در موجودات آبی به عنوان یکی از مهم‌ترین منابع آلاینده در محیط آبی به شمار می‌آیند (Guardiola et al. 2013). آبزیان به طور مداوم در مجاورت فلزات سنگین موجود در آب‌های آلوده قرار دارند. برخی از فلزات سنگین مانند مس، آهن و روی، برای سوخت و ساز بدن ضروری هستند و مقادیر اندک آن از طریق آب، غذا و یا رسوب توسط آبی جذب و

^۱ دانش‌آموخته کارشناسی ارشد بوم‌شناسی آبزیان شیلاتی، دانشکده‌ی منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان

^{۲*} استادیار گروه شیلات، دانشکده‌ی منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان

^۳ استادیار گروه شیلات، دانشکده‌ی منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان

E-mail: sdorafshan@cc.iut.ac.ir (نویسنده‌ی مسئول)

اسمزی، تکثیر سلولی و پاسخ به استرس گزارش شده است. با وجود این، مطالعه در زمینه ماهیان خاویاری و اثرات سمی فلزات سنگین هم‌چون کادمیوم کم‌تر مورد توجه قرار گرفته است. در این خصوص می‌توان به مطالعه‌ی تعیین غلظت کشنده‌ی کادمیوم بر تاس‌ماهی شپ *Acipenser nudiventris* (محمدنژادشموشکی و همکاران ۱۳۸۴)، تعیین غلظت برخی فلزات سنگین در بافت‌های مختلف تاس‌ماهی استرلیاد (Jaric et al. 2011, Poleksic et al. 2010) و ازون برون دریای خزر *Acipenser stellatus* (ابطحی و همکاران ۱۳۸۴) و اثرات غلظت تحت کشنده کادمیوم بر تاس‌ماهی ایرانی *Acipenser persicus* (زاهدی ۱۳۸۷) اشاره کرد. دریای خزر به عنوان بزرگترین دریاچه‌ی جهان یکی از مهم‌ترین بوم‌سازگان‌های بسیار مهم نیمکره‌ی شمالی و زیستگاه گونه‌های باارزشی هم‌چون ماهیان خاویاری است. در سال‌های اخیر حجم قابل توجهی از آلاینده‌ها از طریق کشورهای مجاور به دریا وارد شده است که خود باعث افزایش شدید غلظت آلاینده‌هایی هم‌چون فلزات سنگین در پیکره‌ی آبزیان دریا شده است (Watanabe et al. 2002). با توجه به اهمیت ماهیان خاویاری از جنبه‌ی اکولوژیک و اقتصادی و نیز محدودیت این نوع مطالعات روی ماهیان غضروفی- استخوانی، استرلیاد *Acipenser ruthenus* به عنوان یکی از گونه‌های با ارزش خانواده‌ی تاس‌ماهیان برای این مطالعه انتخاب شد. در این مطالعه اثر غلظت‌های تحت کشنده‌ی کادمیوم محلول در آب بر کیفیت لاشه و میزان تجمع آن در بافت‌های مختلف آبشش، کلیه، کبد و عضله بررسی شد.

مواد و روش کار

تعداد ۶۰ قطعه ماهی استرلیاد با متوسط وزن اولیه ۳۹/۹۸±۰/۴۵ گرم و طول ۲۲/۴۵±۰/۶۵ سانتی‌متر (mean±SEM) از مرکز تکثیر و پرورش استان اصفهان به مزارع پرورش ماهی واقع در دانشگاه صنعتی اصفهان منتقل و پس از ۱۰ روز نگهداری، غذادهی به میزان ۲ درصد وزن

غلظت و مدت زمان مواجهه با فلز، عوامل فیزیکی‌وشیمیایی آب خصوصاً درجه‌ی سختی و نیز مراحل زیستی آبزیان (لاروی، جوانی و بلوغ) دارد (Kim et al. 2004a). علاوه بر موارد فوق، منشا آلودگی نیز بر شدت تجمع فلز سنگین در بافت‌های مختلف تأثیرگذار است. به طور کلی، کلیه و کبد مهم‌ترین محل تجمع آلاینده‌هایی هم‌چون کادمیوم در آبزیان محسوب می‌شوند. با این حال، مسیرهای اصلی جذب این عنصر از طریق آبشش (در صورت وجود در آب و ورود آب از آبشش) و روده (در صورت وجود در مواد غذایی یا حضور در آب و نوشیدن آب توسط آبزی) است (شهاب مقدم و همکاران ۱۳۸۹). ماهی یک منبع مهم غذایی و از اجزای اصلی اکوسیستم آبی محسوب می‌شود. صنایع آبزی‌پروری در سراسر جهان و نیز محیط‌های آب‌های طبیعی نظیر رودخانه‌ها و دریاها به طور مداوم و طولانی مدت در مجاورت آلاینده‌های زیست محیطی خصوصاً فلزات سنگین هستند، لذا در جنبه‌های مختلف زیستی و اکولوژیک آبزیان تأثیرگذار خواهند بود (Barhoumi et al. 2009). تجمع زیستی، تأثیر بر رشد و کیفیت لاشه و هم‌چنین اثر بر سیستم ایمنی فلزات سنگین در آبزیان مختلف از جمله مهم‌ترین موارد مورد توجه از جنبه‌ی کاربردی و صنعت شیلات محسوب می‌شوند. اثرات مضر کادمیوم بر قابلیت رشد، تولیدمثل و تنظیم اسمزی ماهیان به اثبات رسیده است (Kim et al. 2004b, Witeska et al. 2006). کادمیوم به طور فعال در بافت‌های مختلف آبزیان نظیر کلیه، استخوان، مغز و سیستم عصبی مرکزی تجمع می‌یابد و به این طریق قادر به ایجاد تغییرات مخرب در عملکردهای سیستم ایمنی، تولیدمثلی، ساختار و عملکرد کبد و سیستم گردش خون است (Järup 2003, Apostoli and Catalani 2011). هم‌چنین در برخی گونه‌ها نظیر قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*) (Chowdhury et al. 2004)، سیم دریایی *Sparus aurata* (Garcia-Santos et al. 2011) و برخی انواع آمیخته‌های تیلپیا *Oreochromis* (Wu et al. 2007) اثر مخرب کادمیوم بر توانایی تنظیم

میلی‌گرم در لیتر و قلیائیت $1/72 \pm 110/36$ میلی‌گرم بر لیتر بود.

در پایان دوره‌ی آزمایش، روز ۲۱، تعداد حداقل ۳ قطعه ماهی از هر تکرار پس از ۲۴ ساعت گرسنگی صید و به صورت زنده به آزمایشگاه منتقل شدند. ماهیان پس از بیهوشی با MS_{222} با غلظت (۱۰۰ ppm)، بیومتری شدند و پس از شستشو با آب لوله‌کشی و سپس آب مقطر، نسبت به کالبدشکافی آن‌ها و نمونه‌برداری از بافت‌های مختلف اقدام شد. به منظور آنالیز ترکیب شیمیایی بدن از روش استاندارد آنالیز (Association of Official Analytical Chemists, AOAC, 2002) استفاده شد. به طور خلاصه، به منظور تعیین رطوبت لاشه (بدون سر و امعا و احشاء)، نمونه‌ها به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۱۰۵ درجه‌ی سانتی‌گراد در آن مدل Shimifan LO.141 (ایران) نگهداری شدند. تفاضل وزنی قبل و بعد از قرارگیری در آن به منظور تعیین درصد رطوبت مورد استفاده قرار گرفت. جهت تعیین خاکستر، از روش سوزاندن نمونه در دمای ۵۵۰ درجه‌ی سانتی‌گراد به مدت ۵ ساعت و توزین بعد از خنک شدن در کوره‌ی مدل Shimifan F.47 (ایران) استفاده شد. درصد پروتئین با استفاده از روش کلدال و تعیین نیتروژن کل، سپس محاسبه پروتئین با اعمال ضریب ثابت ۶/۲۵ در دستگاه کلدال مدل Bakhshi V40 (ایران) و میزان چربی با استفاده از روش سوکسله و حل کردن چربی در اتر اجاق سوکسله ساخت شرکت Bakhshi (ایران) تعیین شد.

در ابتدا به منظور سنجش میزان کادمیوم، قسمت یا تمامی بافت آبشش، کلیه، کبد و عضله (بدون پوست)، به مدت ۴۸-۲۴ ساعت در آن با دمای $70^{\circ}C$ قرار داده شدند. پس از خشک شدن، مقدار $0/15$ گرم از هر نمونه (با دقت $0/001$ گرم) توزین شد و به مدت ۸ ساعت به همراه ۳ میلی‌لیتر اسید نیتریک (HNO_3)، $14/5$ مولار در دمای $120^{\circ}C$ به مدت ۸ ساعت نگهداری شدند. در مرحله بعد مقداری آب مقطر به محلول اضافه شد و مجدداً به مدت ۱۵ دقیقه در دمای ۷۰ درجه‌ی سانتی‌گراد

بدن دو نوبت در روز (در ساعت ۹ صبح و ۴ بعدازظهر) با غذای پلت تجاری GFT1 مخصوص قزل‌آلای رنگین-کمان ساخت شرکت فرادانه (شهرکرد) انجام گرفت. ماهیان طی این مدت در وضعیت روشنایی طبیعی و آب جاری نگهداری شدند. ماهیان برای سازگاری به مدت ۱۰ روز قبل از شروع آزمایش در وضعیت روشنایی طبیعی و آب جاری نگهداری شدند. جهت ایجاد مسمومیت تجربی، از کلرید کادمیوم منوهیدراته ($CdCl_2 \cdot H_2O$ مرک آلمان، خلوص ۹۹/۹۹ درصد) مطابق دستورالعمل Alvarado و همکاران در سال ۲۰۰۶ و OECD, 1992 با کمی تغییرات استفاده شد. چهار تیمار آزمایشی شامل تیمار شاهد (صفر)، ۱۶، ۳۲ و ۶۴ میکروگرم بر لیتر کادمیوم در نظر گرفته شد که به ترتیب با کدهای $0Cd$ ، $16Cd$ ، $32Cd$ و $64Cd$ مشخص شدند. هر تیمار شامل ۱۵ قطعه ماهی در سه تکرار (هر تکرار شامل ۵ قطعه ماهی) بود. آزمایش در وضعیت آزمایشگاهی نیمه ثابت اجرا شد. در هر دقیقه حدود ۲۰۰ میلی‌لیتر از آب مخازن نگهداری ماهی تعویض و با آب حاوی غلظت معین بر اساس گروه آزمایشی جایگزین شد، به این ترتیب آب هر مخزن هر ۷/۵ ساعت یک بار به طور کامل تعویض شد (Alvarado et al. 2006). غلظت‌های مورد بررسی از کادمیوم بر اساس میزان مجاز کادمیوم محلول در آب برای ماهیان آب شیرین (Raad 1995) و میزان سمیت آن برای بچه‌ماهی شپ *Acipenser nudiventris* در آب شیرین به عنوان یک گونه مشابه به استرلیاد (محمدنژادشوموشکی و همکاران ۱۳۸۳) تعیین شد. شاخص‌های کیفی آب نظیر اکسیژن محلول، درجه حرارت، pH و EC به طور روزانه و میزان نترات، فسفات، قلیائیت و سختی (Radojevic and Bashkin 1998) به صورت هفتگی سنجش شد. طی مدت آزمایش، اکسیژن محلول $0/07-0/07$ تا $6/5$ میلی‌گرم در لیتر، درجه‌ی حرارت آب $1/1$ تا $13/25$ درجه‌ی سانتی‌گراد، pH $0/02-0/43$ تا $0/98$ تا 455 میکروزیمنس بر سانتی‌متر، سختی آب $1/29$ تا 175 میلی‌گرم در لیتر کربنات کلسیم، نترات $0/35$ تا $2/16$ و فسفات $0/03$ تا $0/16$ بر حسب

۳۲ و ۶۴ میکروگرم در لیتر کادمیوم به ترتیب معادل $44/70 \pm 2/63$ ، $49/29 \pm 1/77$ ، $46/14 \pm 2/16$ و $43/59 \pm 4/34$ گرم و بدون تفاوت معنی‌دار بود ($P > 0/05$). هم‌چنین میزان افزایش وزن در طول دوره‌ی آزمایش در گروه‌های مختلف آزمایشی به شرح فوق به ترتیب معادل $4/41 \pm 0/82$ ، $4/82 \pm 0/57$ ، $4/44 \pm 1/13$ و $3/27 \pm 0/76$ گرم اندازه‌گیری شد. با وجود این تفاوت معنی‌داری در میزان این شاخص نیز در بین گروه‌های مختلف آزمایشی وجود نداشت ($P > 0/05$).

در پایان آزمایش میانگین وزنی ماهیان در مقایسه‌ی میزان رطوبت لاشه، بیش‌ترین ($81/02$) و کم‌ترین ($78/07$) درصد رطوبت بر حسب وزن خشک به ترتیب مربوط به ماهیان گروه $32Cd$ و $16Cd$ بود. با وجود این تفاوت معنی‌داری در درصد رطوبت لاشه ماهیان گروه‌های مختلف وجود نداشت (جدول ۱، $P > 0/05$). میزان پروتئین لاشه در محدوده‌ی ۱۴-۱۲ درصد وزن خشک بود، این شاخص نیز تفاوتی را در بین گروه‌های مختلف آزمایشی نشان نداد (جدول ۱، $P > 0/05$). درصد چربی و خاکستر لاشه‌ی ماهیان نیز به ترتیب در محدوده‌ی ۴/۴۷-۳/۵۹ درصد و ۲/۹۱-۳/۸۳ درصد وزن خشک بود. با وجود این، تفاوت معنی‌داری در بین گروه‌های مختلف آزمایشی دیده نشد (جدول ۱) ($P > 0/05$).

نگهداری شد. در نهایت، محلول‌ها از کاغذ صافی واتمن ۴۲ عبور داده شد و به وسیله‌ی آب مقطر در حجم کلی ۱۰ میلی‌لیتر، تنظیم حجم نهایی صورت گرفت (Ugolini et al. 2004). جهت تعیین غلظت کادمیوم در نمونه‌ها از دستگاه جذب اتمی مدل پراکین امر AAnalyst 700 و محلول‌های استاندارد برای تعیین منحنی کالیبراسیون استفاده شد. میزان غلظت فلز سنگین خوانده شده به وسیله‌ی دستگاه با استفاده از رابطه‌ی زیر به غلظت واقعی بر حسب میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن خشک ($mg/kg DW$) محاسبه و گزارش شد (شهریاری ۱۳۸۴). غلظت واقعی بر حسب میلی‌گرم در کیلوگرم وزن خشک برابر است با غلظت خوانده شده توسط دستگاه ضربدر حجم نهایی نمونه، تقسیم بر وزن خشک اولیه. تجزیه و تحلیل داده‌های به دست آمده از ارزیابی کیفیت لاشه، میزان کادمیوم در بافت یکسان در بین گروه‌های مختلف آزمایشی و بافت‌های مختلف یک گروه آزمایشی با استفاده از نرم‌افزار SPSS 17 و آزمون آنالیز واریانس ANOVA و آزمون چنددامنه دانکن صورت گرفت. سطح اطمینان ۹۵ درصد برای ارزیابی داده‌ها در نظر گرفته شد. داده‌ها به صورت میانگین \pm خطای معیار گزارش شدند.

نتایج

در پایان آزمایش، میانگین وزن نهایی ماهیان در گروه‌های مختلف آزمایشی شامل گروه شاهد، مجاور شده با ۱۶،

جدول ۱: اثر مقادیر تحت‌کشنده‌ی کادمیوم محلول در آب بر ترکیبات شیمیایی لاشه (درصد ماده‌ی خشک)

در تاس‌ماهی استرلیاد پس از دوره‌ی ۲۱ روزه مجاورسازی*

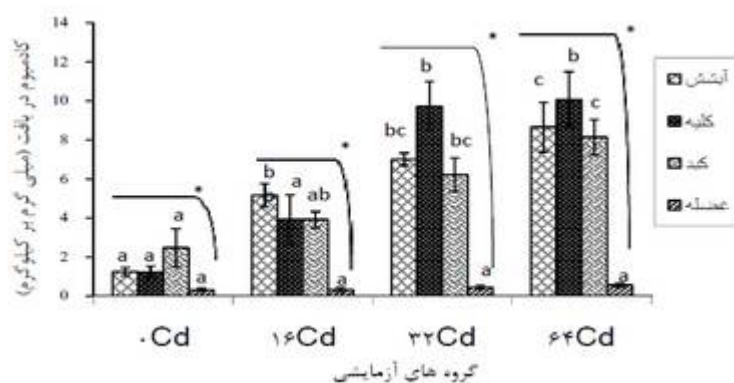
۶۴ Cd	۳۲ Cd	۱۶ Cd	شاهد	ترکیب شیمیایی لاشه
$79/85 \pm 1/76$	$81/02 \pm 0/37$	$78/07 \pm 0/91$	$78/95 \pm 0/73$	رطوبت
$14/02 \pm 0/55$	$12/60 \pm 0/85$	$13/59 \pm 0/58$	$13/11 \pm 0/53$	پروتئین خام
$3/65 \pm 0/28$	$3/59 \pm 0/22$	$4/27 \pm 0/43$	$4/47 \pm 0/35$	چربی خام
$2/91 \pm 0/39$	$3/08 \pm 0/43$	$3/83 \pm 0/28$	$3/79 \pm 0/39$	خاکستر

* میانگین \pm خطای معیار. ارقام بر اساس درصد ماده‌ی خشک محاسبه شده است. تفاوت معنی‌داری

در میزان هر ترکیب بین تیمارهای مختلف مشاهده نشد ($P > 0/05$).

همسان در گروه شاهد به طور محسوسی افزایش یافت و میزان تجمع به ترتیب در بافت‌های آبشش، کلیه، کبد و عضله به ترتیب به $۰/۳۲ \pm ۰/۰۲$ ، $۰/۲۷ \pm ۰/۰۱$ ، $۰/۹۱ \pm ۰/۰۲$ و $۰/۴۵ \pm ۰/۰۱$ میلی‌گرم بر کیلوگرم رسید ($P < ۰/۰۵$). با افزایش میزان کادمیوم محلول به ۶۴ میکروگرم در لیتر، میزان تجمع در بافت‌ها مجدداً افزایش یافت. با وجود این در مقایسه‌ی آماری تفاوتی بین میزان کادمیوم تجمع یافته در بافت‌های مختلف بین دو گروه ^{۶۴}Cd و ^{۳۲}Cd مشاهده نشد ($P < ۰/۰۵$). از نظر عددی حداکثر میزان غلظت کادمیوم تجمع یافته در گروه‌های مختلف از شاهد تا ۶۴ میکروگرم در لیتر کادمیوم به ترتیب معادل $۰/۹۵ \pm ۰/۰۴$ ، $۰/۱۷ \pm ۰/۰۵$ ، $۰/۲۷ \pm ۰/۰۱$ و $۰/۴۳ \pm ۰/۰۷$ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن خشک به ترتیب در بافت‌های کبد، آبشش و کلیه مشاهده شد، اما مقایسه‌های آماری درون گروهی نشان داد که از منظر شدت تجمع در بین سه بافت کلیه، کبد و آبشش تفاوت معنی‌داری مشاهده نمی‌شود ($P > ۰/۰۵$). به طور خلاصه نتایج این بخش از تحقیق نشان داد که با افزایش غلظت کادمیوم، میزان تجمع در بافت‌های مختلف (به جز عضله) افزایش می‌یابد (شکل ۱).

نتایج حاصل از سنجش غلظت فلز سنگین کادمیوم در بافت‌های آبشش، کبد، کلیه و عضله در شکل ۱ ارائه شده است. به طور کلی، پایین‌ترین میزان کادمیوم در بافت‌های مختلف ماهیان گروه شاهد کم‌ترین میزان تجمع کادمیوم در بافت عضله، سپس کلیه، آبشش و در نهایت کبد مشاهده شد. با وجود این تنها تفاوت معنی‌دار در میزان کادمیوم عضله در مقایسه با سایر بافت‌ها مشاهده شد ($P < ۰/۰۵$). با افزایش غلظت کادمیوم محلول در آب، میزان تجمع آن در تمامی بافت‌های مورد بررسی، به جز عضله به طور معنی‌داری افزایش یافت ($P < ۰/۰۵$). در گروه تیمار شده با کمترین غلظت کادمیوم، ^{۱۶}Cd ، بیش‌ترین درصد افزایش سطح کادمیوم حدود چهار برابر، در بافت آبشش در مقایسه با گروه شاهد مشاهده شد ($P < ۰/۰۵$). اگرچه میزان افزایش کادمیوم در بافت‌های کبد و کلیه نیز چشمگیر بود، اما تفاوت معنی‌داری در غلظت کادمیوم بین دو تیمار شاهد و ^{۱۶}Cd در دو بافت کلیه و کبد وجود نداشت ($P > ۰/۰۵$). با افزایش غلظت کادمیوم به ۳۲ میکروگرم در لیتر، تجمع میزان کادمیوم در بافت‌های مختلف، به جز عضله در مقایسه با بافت‌های



شکل ۱: میزان تجمع کادمیوم (میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن خشک، میانگین \pm خطای معیار) در بافت آبشش، کلیه، کبد و عضله‌ی تاس‌ماهی استرلیاد *Acipenser ruthenus*. * نشان دهنده‌ی تفاوت معنی‌دار در بین بافت‌های مختلف یک گروه آزمایشی ($P < ۰/۰۵$). حروف برای نمایش تفاوت معنی‌دار در بافت یکسان در بین تیمارهای مختلف آزمایشی ($P < ۰/۰۵$).

بحث

مناطق آلوده ممکن است در نتیجه‌ی کاهش سطح انسولین سرم خون در اثر مسمومیت با فلزات سنگین باشد. کاهش میزان هورمون انسولین ممکن است منجر به تجمع اسید آمینه درون سلولی و در نتیجه کاهش فرایند پروتئین‌سازی شود. از سوی دیگر، کاهش محتوای چربی کل عضله ممکن است متأثر از افزایش ترشح کاتکولامین‌ها و کورتیکواستروئیدها به جریان خون بعد از مواجهه با تنش آلودگی باشد. این فرایند منجر به افزایش سوخت و ساز و در نتیجه کاهش ذخایر (پروتئین و چربی) می‌شود (Amal et al. 2012). در تیلاپای موزامبیک، *Oreochromis mossambicus*، با افزایش غلظت‌های تحت‌کشنده‌ی کادمیوم، میانگین مصرف غذا، رشد، سوخت و ساز و بازدهی جذب غذا کاهش یافته است. همچنین کاهش معنی‌دار در میزان پروتئین، کربوهیدرات و لیپید آبشش، عضله، کبد، روده و کلیه با افزایش غلظت کادمیوم محلول در آب مشاهده شده است (Sheela et al. 1995). در مواجهه‌سازی کپور هندی *Catla catla* تحت غلظت‌های کشنده (۹۶ ساعت) و تحت کشنده (۷ روز) کلرید کادمیوم کاهش معنی‌داری در میزان پروتئین، لیپید و گلیکوژن آبشش، عضله، کبد، قلب و کلیه مشاهده شده است (Sobha et al. 2007). در ماهی زیتتی گوپی *Poecilia reticulata* نتایج تا حدودی متفاوت بوده است، به طوری که Miliou و همکاران در سال ۱۹۹۸ بیان داشتند که مجاورسازی کوتاه مدت ماهی با غلظت ۱/۵ میلی‌گرم بر لیتر کادمیوم منجر به کاهش معنی‌دار چربی کل و پروتئین نمی‌شود. با وجود این، افزایش مدت زمان مجاورسازی تا ۴۰ روز منجر به افزایش میزان چربی و نیز عدم تغییر معنی‌دار در محتوای پروتئین لاشه شده است. در آزادماهی اطلس *Salmo salar* نیز مجاورسازی با آلومینیوم با غلظت ۰/۲۶ میلی‌گرم بر لیتر به مدت ۶۰ روز تأثیر معنی‌داری بر میزان چربی و پروتئین کل نداشته است (McKee et al. 1989)، علی‌رغم تأثیر اثبات شده کادمیوم

در سال‌های اخیر توجه به آلاینده‌های زیست محیطی به شدت افزایش یافته است. در این بین، تحقیقات گسترده‌ای به منظور تعیین شدت جذب و تجمع زیستی فلزات سنگین در آبزیان مختلف نمونه‌برداری شده از زیست‌بوم‌های گوناگون یا تحت شرایط آزمایشگاهی صورت گرفته است. همچنین استانداردهای متنوعی از منظر غلظت قابل قبول فلزات سنگین در فراورده‌های شیلاتی در کشورهای گوناگون تعیین شده است (اسماعیلی‌ساری ۱۳۸۱). با وجود این، مطالعه در زمینه تأثیر فلز سنگین کادمیوم بر کیفیت لاشه و چگونگی تجمع آن در بافت‌های مختلف تحت شرایط آزمایشگاهی در ماهیان خاویاری کم‌تر مورد توجه بوده است. به طور کلی، نتایج این تحقیق نشان داد غلظت‌های تحت‌کشنده‌ی کادمیوم در طی دوره‌ی ۲۱ روزه مجاورسازی قادر به ایجاد تغییرات معنی‌دار در کیفیت لاشه‌ی تاس‌ماهی استرلیاد نیست. در خصوص تأثیر فلزات سنگین بر کیفیت لاشه در ماهیان نتایج متناقضی منتشر شده است. به عنوان مثال، Abdel-Tawwab و Wafeek در سال ۲۰۰۸ گزارش کردند که میزان پروتئین خام و چربی کل لاشه در تیلاپای نیل *Oreochromis niloticus* پس از ۶ هفته مجاورسازی با کادمیوم محلول در آب، با افزایش غلظت کادمیوم به طور معنی‌داری کاهش می‌یابد. آن‌ها کاهش پروتئین را به دلیل اختلال متابولیسم پروتئین در کبد به علت مواجهه با فلزات بیان نمودند. در مطالعه‌ی دیگری که روی تیلاپای نیل *Oreochromis niloticus* صید شده از قسمت‌های مختلف رودخانه‌ی نیل به منظور ارزیابی سطح فلزات Zn، Mn، Pb، Cu در بافت روده و عضله صورت گرفت، مشاهده شد که میزان پروتئین و چربی کل عضله‌ی ماهیان در قسمت‌های آلوده‌ی رودخانه در مقایسه با ماهیان صید شده از قسمت‌های پاکیزه به طور معنی‌داری پایین‌تر می‌باشد (Amal et al. 2012). ایشان بیان داشتند که کاهش پروتئین لاشه‌ی ماهیان در

آرسنیک در کبد ماهی مید *Liza klunzingeri* در مقایسه با بافت عضله (ولایت زاده 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). هم‌چنین کبد در مقایسه با عضله محل اصلی تجمع کادمیوم در ماهی سیم دریایی *Sparus aurata* معرفی شده است (Guardiola et al. 2013). با وجود این، خیرور و همکاران در سال 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 می‌تواند 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 زیست بوم آبی باشد. به طور کلی، فلزات سنگین از دو مسیر آبشش (از طریق آب عبوری از روی رشته‌های آبششی) یا روده (تغذیه) جذب بدن آبزیان می‌شوند. مسیر اصلی جذب به منشأ آلاینده (آب یا رسوب) و هم‌چنین به فیزیولوژی آبزی بستگی دارد. به طوری که معمولاً در صورت حضور مواد آلاینده در آب، در ماهیان استخوانی آب شیرین، جذب ترکیب محلول فلزی از طریق آبشش و تجمع آن در ابتدا در آبشش و سپس در کلیه صورت می‌گیرد؛ در حالی که در ماهیان آب شور، کادمیوم معمولاً از طریق نوشیدن آب شور در ابتدا در روده و نهایتاً در کبد تجمع می‌یابد. هم‌چنین در صورتی که ماهی از بستر آلوده به فلزات سنگین تغذیه کند، تجمع ابتدا در روده و سپس در کبد مشاهده می‌شود (شهاب‌مقدم و همکاران ۱۳۸۹). با وجود این، اگرچه میزان تجمع کادمیوم در بافت‌های مختلف کبد، کلیه و آبشش ماهی استرلیاد با یکدیگر تفاوت معنی‌داری نداشت، اما شاید بالاتر بودن مقادیر کمی آن در بافت کلیه بیانگر مکانسیم مشابه با ماهیان استخوانی آب شیرین در فرایند جذب و تجمع فلز سنگین محلول در آب باشد. با وجود این، نتیجه‌گیری قطعی در این خصوص نیازمند بررسی بیشتر است.

به عنوان یک عنصر غیرضروری مضر بر فرایندهای مختلف زیستی آبزیان و سایر مهره‌داران (Burger 2008)، اثر بخشی آن بر کیفیت لاشه تابع اوضاع مختلف نظیر عوامل محیطی، وضعیت فیزیوشیمیایی آب، نوع گونه آبی، غلظت و خصوصاً مدت زمان مواجهه با کادمیوم باشد (Toth et al. 2012). بنا بر این نتیجه‌گیری قطعی در خصوص اثربخشی آن بر کیفیت لاشه نیازمند بررسی‌های بیشتر است.

نتایج این تحقیق بیانگر مقادیر قابل سنجش کادمیوم در بافت‌های مختلف تاس‌ماهی استرلیاد در گروه شاهد بود. این مسأله می‌تواند به دلیل وجود کادمیوم در آب مخازن نگهداری ماهیان پیش از انتقال به محل انجام تحقیق باشد. متأسفانه آلودگی آب رودخانه زاینده‌رود و هم‌چنین برخی منابع آبی زیرزمینی شهر اصفهان به انواع فلزات سنگین از جمله کادمیوم به اثبات رسیده است (محبوبی و همکاران ۱۳۸۹، شجاعی ۱۳۹۱). در اغلب موارد به دلیل خاصیت تجمع‌پذیری فلزات سنگین، ماهیان تا مدت‌ها غلظت‌های قابل تشخیص از فلزات سنگین نظیر کادمیوم را در بافت‌های مختلف خصوصاً در بافت‌هایی با قابلیت تجمع بالا نظیر کلیه و کبد، نشان می‌دهند (Goulet et al. 2011). در تمامی تیمارهای آزمایشی، کم‌ترین میزان غلظت کادمیوم در بافت عضله مشاهده شد و هم‌چنین با افزایش غلظت کادمیوم در آب میزان تجمع در تمامی بافت‌ها افزایش یافت. در مقایسه‌ی درون گروهی، بین بافت‌های مختلف ماهیان یک تیمار، تفاوت معنی‌داری در غلظت کادمیوم در بافت‌های مختلف آبشش، کلیه و کبد مشاهده نشد؛ اگرچه میزان تجمع در این بافت‌ها در تمامی تیمارها نسبت به بافت عضله در همان گروه آزمایشی به طور معنی‌داری بیشتر بود. غلظت پایین‌تر کادمیوم در بافت عضله در مقایسه با سایر بافت‌های هدف نظیر کبد، 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 بیاب *Liza abu* در رودخانه‌های بهم‌نشیر و کارون (عسکری ساری و همکاران ۱۳۹۰) و غلظت بالاتر

تحقیق حاضر (۰/۵۷-۰/۳۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن خشک) با سایر استانداردهای معتبر در زمینه‌ی غلظت مجاز این عنصر در بافت‌های خوراکی آبزیان نشان می‌دهد که غلظت این عنصر در بافت عضله‌ی تاس‌ماهی استرلیاد در مقایسه‌ی استاندارد ارایه شده از سوی سازمان بهداشت جهانی بالاتر است. با این وجود غلظت آن در بافت عضله در محدوده‌ی دو استاندارد دیگر قرار داشت.

این مسأله با توجه به توسعه‌ی پرورش ماهیان خاویاری از جمله ماهی استرلیاد در بسیاری از منابع آبی کشور می‌تواند مورد توجه قرار گیرد، چرا که علی‌رغم دوره‌ی کوتاه در مجاورسازی با کادمیوم و غلظت‌های پایین آن، میزان تجمع در بافت خوراکی به طور محسوسی نزدیک به حداکثر مجاز این عنصر در مواد غذایی است، بنا بر این توسعه‌ی استانداردهای کیفی آب و توجه کافی به آن از ضروریات بهداشتی در زمینه‌ی توسعه‌ی پرورش ماهیان خاویاری در ایران در آینده باشد.

به طور کلی نتایج این تحقیق نشان داد که در مجاورسازی تاس‌ماهی استرلیاد با کادمیوم محلول در آب منجر به افزایش تجمع آن در بافت‌های مختلف کبد، آبشش و کلیه می‌شود. با این حال، میزان تجمع در عضله تا حدود زیادی بدون تغییر باقی می‌ماند. علی‌رغم عدم تغییر در کیفیت لاشه در این تحقیق، ممکن است فلز سنگین کادمیوم در دراز مدت به دلیل تجمع فعال در بافت‌های حیاتی ماهی، فرایندهای فیزیولوژیک آن را دستخوش تغییرات معنی‌دار کند.

هم‌چنین به نظر می‌رسد جذب کادمیوم متأثر از غلظت آن در آب باشد؛ به طوری که با افزایش غلظت میزان تجمع افزایش یافت. نتایج مشابهی در خصوص افزایش شدت تجمع متناسب با افزایش غلظت کادمیوم در آب در ماهیان مختلف نظیر تیلایپای نیل (Abdel-Tawwab and Wafeek 2008) و ماهی پهن زیتونی (*Paralichthys olivaceus*) (Kim et al. 2004b) و سایر انواع دیگر تیلایپایها (Abdel-Baki et al. 2011) مشاهده شده است. به نظر می‌رسد که ماهیان مختلف در مقابل حضور فلزات سنگین در آب کاملاً بی‌دفاع هستند و ورود آن‌ها در بدن و تجمع آن‌ها در بافت‌های مختلف به طور کلی متأثر از غلظت آلاینده در محیط باشد. با این حال، به نظر می‌رسد حضور پروتئین‌های متالوتیونین در کبد و کلیه و نقش آن در کاهش استرس اکسیداتیو در ماهیان توجه‌کننده تجمع بیش‌تر آن در این دو بافت باشد (Alvarado et al. 2006).

تاکنون مقادیر مختلفی برای میزان مجاز کادمیوم در بافت‌های خوراکی آبزیان مورد اشاره قرار گرفته است. سازمان بهداشت جهانی (WHO 1996)، میزان مجاز کادمیوم را در محدوده ۰/۲-۰/۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن خشک تعیین کرد. در حالی که سازمان غذا و داروی آمریکا (عسگری‌ساری و همکاران ۱۳۹۱) و سازمان غذا و کشاورزی ملل متحد (Dural et al. 2007) به ترتیب مقادیر ۱ و ۰/۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن خشک را به عنوان میزان مجاز کادمیوم گزارش کردند. مقایسه میزان مجاز فلز سنگین کادمیوم در عضله‌ی ماهی استرلیاد در

تشکر و قدردانی

نگارندگان از جناب آقایان مهندس متقی کارشناس محترم گروه شیلات و مهندس تقی‌پورجهرمی، کارشناس محترم آزمایشگاه معتمد آلودگی محیط زیست دانشکده‌ی منابع طبیعی دانشگاه صنعتی اصفهان به سبب همکاری‌های ارزنده‌ی ایشان در اجرای این تحقیق سپاسگزاری می‌نماید. هزینه‌های انجام این تحقیق از محل پژوهانه‌ی شماره‌ی ۵۰۲/۹۰/۵۳۹۴۹ پرداختی از سوی معاونت پژوهشی دانشگاه صنعتی اصفهان به دکتر فاطمه پیکان‌حیرتی، پرداخت شده است.

منابع

- ابطحی، بهروز؛ قدرتی شجاعی، مهدی؛ اسماعیلی ساری، عباس؛ رهنما، معصومه؛ شریف پور، عیسی؛ بهمنی، محمود و همکاران (۱۳۸۴). غلظت برخی از فلزات سنگین در بافت‌های ماهی اوزن برون (*Acipenser stellatus*) صید شده در خزر جنوبی، مجله علوم محیطی، شماره ۴، صفحات ۷۷-۸۴.
- اسماعیلی ساری، عباس (۱۳۸۱). آلاینده‌ها، بهداشت و استاندارد در محیط زیست. انتشارات نقش مهر، تهران. صفحه ۷۶۷.
- خیرور، ندا و دادلهی، سیدعلی (۱۳۸۸). غلظت فلزات سنگین در رسوبات و ماهی شیربت *Barbus grypus* در اروندرود، مجله علوم و تکنولوژی محیط زیست، سال دوازدهم، شماره ۲، صفحات ۱۲۳-۱۳۲.
- زاهدی، سعید (۱۳۸۷). بررسی اثرات غلظت تحت کشندهی فلزات سنگین مس و کادمیوم بر تاس ماهی ایرانی *Acipenser persicus* یک ساله، پایان‌نامه‌ی کارشناسی ارشد، دانشکده‌ی منابع طبیعی، دانشگاه تهران، صفحه ۸۵.
- شجاعی، ندا (۱۳۹۱). ساختار جمعیتی عروس ماهی زاینده-رود (*Petroleuciscus esfahani*) در رودخانه‌ی زاینده-رود در پاسخ به آلودگی کادمیوم. پایان‌نامه کارشناسی ارشد رشته‌ی بوم‌شناسی آبریان شیلاتی، دانشکده‌ی منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان، صفحه ۸۲.
- شهاب‌مقدم، فرزانه؛ اسماعیلی ساری، عباس؛ ولی‌نسب، تورج و کریم‌آبادی، مرتضی (۱۳۸۹). مقایسه‌ی تجمع فلزات سنگین در عضله‌ی سپرماهی چهارگوش (*Himantura gerrardi*) و گیش چشم درشت (*Selar crumenophthalmus*) خلیج فارس، مجله‌ی علمی شیلات ایران. سال نوزدهم، تابستان ۱۳۸۹، شماره ۲، صفحات ۸۵-۹۴.
- شهریاری، علی (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. دوره هفتم، شماره ۲، پاییز و زمستان ۱۳۸۴، صفحات ۶۵-۶۷.
- عسکری ساری، ابوالفضل؛ ولایت‌زاده، محمد؛ بهشتی، محبوبه و خدادادی، مژگان (۱۳۹۰). میزان تجمع فلزات سنگین جیوه، سرب و کادمیوم در بافت‌های ماهی بیاخ (*Liza abu*) رودخانه‌های کارون و بهمشر استان خوزستان، مجله‌ی علمی شیلات ایران، سال بیستم، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۰، صفحات ۱۳۱-۱۴۰.
- عسکری ساری، ابوالفضل؛ جواهری بابلی، مهران؛ محبوب، ثمین و ولایت‌زاده، محمد (۱۳۹۱). میزان فلزات سنگین (جیوه، کادمیوم، سرب) در عضله‌ی ماهی شوریده در بنادر صیادی آبادان و بندر عباس، مجله علمی شیلات ایران. سال بیست و یکم، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۱، صفحات ۹۹-۱۰۶.
- مجتبی، روح‌اله؛ میرغفاری، نوراله و موسوی، سیدفرهاد (۱۳۸۹). بررسی غلظت سرب و کادمیوم در آب رودخانه‌ی زاینده‌رود، چهارمین همایش و نمایشگاه تخصصی مهندسی محیط زیست. صفحات ۱-۸.
- محمدنژاد شمشوکی، مجید؛ نظامی بلوچی، شعبانعلی؛ اسماعیلی ساری، عباس؛ خارا، حسین؛ پژند، ذبیح‌اله؛ ناظری، محمدرضا و همکاران (۱۳۸۴). تعیین غلظت تحت کشنده LC50, 96 h فلزات سنگین سرب، روی و کادمیوم بر روی بچه ماهی شپ *Acipenser nudiventris* نخستین همایش ملی شیلات و توسعه‌ی پایدار. دانشگاه آزاد اسلامی واحد قائم شهر، ۱۸ و ۱۹ آبان ۱۳۸۴. صفحه ۸۵.
- ولایت‌زاده، محمد و عسکری ساری، ابوالفضل (۱۳۹۱). مقایسه‌ی تجمع آرسنیک در عضله و کبد پنج گونه ماهی بومی استان خوزستان، نشریه‌ی شیلات، مجله منابع طبیعی ایران. دوره ۶۵، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۱. صفحات ۴۵۷-۴۶۱.

- Abdel-Baki, A.S.; Dkhil, M.A. and Al-Quraishy, S. (2011). Bioaccumulation of some heavy metals in tilapia fish relevant to their concentration in water and sediment of Wadi Hanifah, Saudi Arabia. *African Journal of Biotechnology*, 10: 2541-2547.
- Abdel-Tawwab, M. and Wafeek, M. (2008). Response of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.) to environmental cadmium toxicity during organic selenium supplementation. *International Symposium on Tilapia in Aquaculture*. 415-430.
- Alvarado, N.E.; Quesada, I.; Hylland, K.; Marigomez, I. and Soto, M. (2006). Quantitative changes in metallothionein expression in target cell-types in the gills of turbot (*Scophthalmus maximus*) exposed to Cd, Cu, Zn and after a depuration treatment. *Aquatic Toxicology*, 77: 64-77.
- Amal, M.; Yacoub and Nahed, S. Gad. (2012). Accumulation of some heavy metals and biochemical alterations in muscles of *Oreochromis niloticus* from the River Nile in Upper Egypt. *Environmental Science and Engineering*, 3: 1-10.
- AOAC (2002). Association of official Analytical chemist, in *Official Methods of Analysis of AOAC International*. Vol. 16th, Cunniff PA, (Ed). Arlington, AOAC International
- Apostoli, P. and Catalani, S. (2011). Metal ions affecting reproduction and development. *Metal Ions Life Science*, 8: 263-303.
- Barhoumi, S.; Messaoudi, I.; Deli, T.; Saïd, K. and Kerkeni, A. (2009). Cadmium bioaccumulation in three benthic fish species, *Salaria basilisca*, *Zosterisessor ophiocephalus* and *Solea vulgaris* collected from the Gulf of Gabes in Tunisia. *Journal of Environmental Science*, 21: 980-984.
- Burger, J. (2008). Assessment and management of risk to wildlife from cadmium. *Science Total Environment*, 389: 37-45.
- Chowdhury, M.J.; Pane, E.F. and Wood, C.M. (2004). Physiological effects of dietary cadmium acclimation and waterborne cadmium challenge in rainbow trout: respiratory, ionoregulatory, and stress parameters. *Comparative Biochemistry and Physiology, part C Toxicology and Pharmacology*, 139: 163-173.
- 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.
- Garcia-Santos, S.; Vargas-Chacoff, L.; Ruiz-Jarabo, I.; Varela, J.L.; Mancera, J.M.; Fontainhas-Fernandes, A. et al. (2011). Metabolic and osmoregulatory changes and cell proliferation in gilthead sea bream (*Sparus aurata*) exposed to cadmium. *Ecotoxicological Environmental Safety*, 74: 270-278.
- 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.
- Guardiola, F.A.; Cuesta, A.; Meseguer, J.; Martínez, S.; Martínez-Sánchez, M.J.; Pérez-Sirvent, C. et al. (2013). Accumulation, histopathology and immunotoxicological effects of waterborne cadmium on gilthead seabream (*Sparus aurata*). *Fish and Shellfish Immunology*, 35:792-800.
- Jaric, I.; Visnjic-Jeftic, Z.; Cvijanovic, G.; Gacic, Z.; Skric, L. and Lenhardt, M. (2011). Determination of differential heavy metal and trace element accumulation in liver, gills, intestine and muscle of sterlet (*Acipenser ruthenus*) from the Danube River in Serbia by ICP-OES. *Microchemical Journal* 98: 77-81.
- Jarup, L. (2003). Hazards of heavy metal contamination. *Brazilian Medical Bulletin*, 68: 167-182.
- 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: 183-188.
- Kim, S.G.; Kim, J.W. and Kang, J.C. (2004a). Effect of dietary cadmium on growth and haematological parameters of juvenile rockfish, *Sebastes schlegeli* (Hilgendorf). *Aquaculture Research*, 35: 80-86.
- Kim, S.G.; Jee, J.H. and Kang, J.C. (2004b). Cadmium accumulation and elimination in tissues of juvenile olive flounder, *Paralichthys olivaceus* after sub-chronic cadmium exposure. *Environmental Pollution*, 127: 117-123.
- McGeer, J.C.; Niyogr, S. and Smith, D.S. (2012). Cadmium, homeostasis and toxicology of non-essential metals, p: 31.
- McKee, M.J.; Knowles, C.O. and Buckler, D.R. (1989). Effects of aluminum on the biochemical composition of Atlantic salmon. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 18: 243-248.

- Miliou, H.; Zaboukas, N. and Moraitou-Apostolopoulou, M. (1998). Biochemical composition, growth, and survival of the Guppy, *Poecilia reticulata*, during chronic sublethal exposure to Cadmium. Archives of Environmental Contamination and Toxicology, 35: 58-63.
- OECD (1992). OECD guideline for testing of chemicals. Section 2, No. 203. Fish acute toxicity test, adopted July 17.
- Poleksic, V.; Lenhardt, M.; Jaric, I.; Djordjevic, D.; Gacic, Z.; Cvijanovic, G. et al. (2010). Liver, gills, and skin histopathology and heavy metal content of the Danube starlet (*Acipenser ruthenus* Linnaeus, 1758). Environmental Toxicology and Chemistry, 29: 515-521.
- Raad, M. (1995). Fundamental of aquatic toxicology. Taylor and Francis Pub., pp: 3-188.
- Radojevic, M. and Bashkin, V.N. (1998). Practical environmental analysis, RSC Publication, 4676p.
- Sheela, M.; Mallika, G. and Muniandy, S. (1995). Impact of cadmium on food utilization, growth and body composition in the fish *Oreochromis mossambicus*. Environment and Ecology, 13: 410-414.
- Sobha, K.; Poornima, A.; Harini, P. and Veeraiah, K. (2007). A study on biochemical changes in the fresh water fish, *Catla catla* (Hamilton) exposed to the heavy metal toxicant cadmium chloride. Engineering and Technology, 3(2): 1-11.
- Suresh, N. (2009). Effect of cadmium chloride on liver, spleen and kidney melano macrophage centers in *Tilapia mossambica*. Journal of Environmental Biology, 30: 505-508.
- Toth, T.; Andreji, J.; Toth, J.; Slavik, M.; Arvay, J. and Stanovic, R. (2012). Cadmium, lead and mercury contents in fishes-case study. Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences, 1: 837-847.
- 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.
- Watanabe, I.; Kunito, T.; Tanabe, S.; Amano, M.; Koyama, Y.; Miyazaki, N. et al. (2002). Accumulation of heavy metals in Caspian seals (*Phoca caspica*). Archives of Environmental Contamination and Toxicology, 43:109-120.
- WHO (World Health Organization), (1996). Health criteria and other supporting information. In: Guidelines for Drinking Water Quality, 2nd ed, Geneva. 2: 31-388.
- Witeska, M.; Jezierska, B. and Wolnicki, J. (2006). Respiratory and haematological responses of Tench, *Tinca tinca* (L.) to a short-term cadmium exposure. Aquaculture International, 14: 141-152.
- Wu, S.M.; Shih, M.J. and Ho, Y.C. (2007). Toxicological stress response and cadmium distribution in hybrid tilapia (*Oreochromis* sp.) upon cadmium exposure. Comparative Biochemistry and Physiology, part C Toxicology and Pharmacology, 145: 218-226.

Bioaccumulation of waterborne cadmium and its effect on carcass quality of Sterlet (*Acipenser ruthenus*)

Orojali, M.¹; Paykan Heyrati, F.²; Dorafshan, S.² and Mahboobi Soofiani, N.³

Received: 25.09.2013

Accepted: 23.04.2014

Abstract

The sublethal effects of water - born cadmium (Cd) on carcass quality (moisture, protein, fat and ash contents) and its accumulation in different tissues including gill, kidney, liver and muscle were analyzed. For this purpose, 60 juvenile Sterlet, *Acipenser ruthenus*, (39.98 ± 0.45 g weight and 22.45 ± 0.65 cm length) were randomly distributed in 4 experimental groups, each containing 3 replicates, with five fish per replicate. The fish were exposed to different concentrations of Cd for 21 days under semi-static experimental condition as follows: 0, 16, 32 and 64 $\mu\text{g/L}$ Cd. At the end of the experiment, the carcass quality (without head and inside body cavity) and Cd accumulation using wet method were determined in different tissues including gills, liver, muscle and kidney in 3 fish from each replicate. The results showed that moisture, protein, fat and ash contents were in the range of 78-81, 12.6-14, 3.5-4.5 and 12.6-14% respectively without any significant differences among groups ($P > 0.05$). By increasing in Cd concentration of the water, the accumulation in all tested tissues (muscle as an exception) was elevated significantly ($P < 0.05$). In all treated groups, the highest accumulation was measured in the kidney, followed by the gills. However, there were no significant differences in Cd accumulation in gills, kidney and liver in any treated group ($P > 0.05$). The only elevation was observed in Cd accumulation in the gill in comparison between the control and fish exposed to 16 $\mu\text{g/l}$ Cd ($P < 0.05$). Based on the results, it could be concluded that although sublethal Cd exposure for 21 day did not affect the carcass quality in juvenile Sterlet, it could be accumulated in different tissues (muscle as an exception) in a dose response manner.

Key words: Cadmium, Accumulation, Carcass quality, Sterlet, *Acipenser ruthenus*

1- MSc Graduated in Fisheries Science, Department of Natural Resources, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran

2- Assistant Professor, Department of Fisheries, Faculty of Natural Resources, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran

3- Professor, Department of Fisheries, Faculty of Natural Resources, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran

Corresponding Author: Dorafshan, S., E-mail: sdorafshan@cc.iut.ac.ir