

تجمع زیستی فلزات سنگین نیکل، کادمیوم و سرب در عضله، کبد و خاویار تاسماهی سیری (*Acipenser baerii*) پرورشی در استان خوزستان

اعظم محمد صالحی^{۱*}، محمد ولایتزاده^۱، ناصر کرمی راد^۲

*a.mohamadsalehi1358@gmail.com

۱. باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران
۲. سازمان شیلات ایران، تهران، ایران

تاریخ دریافت: تیر ۱۳۹۵

تاریخ پذیرش: مرداد ۱۳۹۶

واژه‌های کلیدی: تجمع زیستی، فلزات سنگین، عضله، خاویار، تاسماهی سیری

فلزات سنگین گروهی از آلاینده‌های خطرناک هستند که خطر بالقوه برای سلامتی اکوسیستم‌ها و موجودات زنده محسوب می‌شوند. ماهیان با افزایش این آلاینده‌ها در محیط‌زیست آبی، آنها را از مسیرهای مختلف بدن جذب کرده که در اندام‌های عضله، کبد، کلیه، پوست و استخوان آنها تجمع یافته‌اند (اسماعیلی‌ساری و همکاران، ۱۳۸۶؛ عسکری‌ساری و ولایتزاده، ۱۳۹۳). عناصر سمی نظیر جیوه، آرسنیک، کادمیوم، سرب و نیکل از مهمترین منابع آلاینده محیط‌زیست بشمار می‌آیند که در بدن انسان اثرات سمی دارند و سبب انواع بیماری‌ها می‌شوند (Qin et al., 2015; Miloskovic and Simic, 2015). سرب یکی از چهار فلزی است که بیشترین عوارض را بر سلامتی انسان دارد (عسکری‌ساری و ولایتزاده، ۱۳۹۳). کادمیوم نیز جزء فلزات سمی می‌باشد که اثرات سمیت آن در بدن انسان نیز موجب شده است که در سال‌های اخیر محققین در کشورهای مختلف، مطالعات بسیاری را در مورد این عنصر انجام دهند (امینی رنجبر و ستوده نیا، ۱۳۸۴؛ عسکری‌ساری و همکاران، ۱۳۹۱؛ هاشمی حسین آبادی و

تاسماهیان (Acipenseridae) گونه‌هایی از ماهیان با ارزش از رده ماهیان غضروفی - استخوانی با دو جنس تاسماهی و فیل ماهی هستند. گونه‌های بومی جنس تاسماهی در آب‌های ایران شامل ازون‌برون (*Acipenser stellatus*)، تاسماهی ایرانی (قره‌برون) (*Acipenser persicus*)، چالباش (تاسماهی روسی) (*Acipenser gueldenstaedtii*)، ماهی شپ (*Acipenser nudiventris*) و استرلیاد (*Acipenser ruthenus*) بوده و تنها گونه جنس فیل ماهی، گونه فیل ماهی (*Huso huso*) است (سالنامه آماری شیلات ایران، ۱۳۹۳). تاسماهی سیری (*Acipenser baerii*) یکی از گونه‌های غیربومی خانواده تاسماهیان در کشور می‌باشد که در سال‌های اخیر مورد توجه پژوهشگران و پرورش دهندگان قرار گرفته است و در سال ۱۳۸۵ از کشور مجارستان وارد ایران شد (حسنعلی پور اربوسرا و همکاران، ۱۳۹۱؛ دروی قاضیانی و همکاران، ۱۳۹۳؛ نجفی‌پور مقدم و همکاران، ۱۳۹۴؛ عباسی و همکاران، ۱۳۹۴).

همکاران، ۱۳۹۶). نیکل جزء فلزات سنگینی است که می تواند تاثیرات جبران ناپذیری بر موجودات زنده داشته باشد (عبیدی و همکاران، ۱۳۹۶). در مطالعات بسیاری انباشت زیستی و غلظت فلزات سنگین در اندام های تاسماهیان گزارش شده است. از برخی تحقیقات می توان به سنجش میزان فلزات سنگین در گونه های تاسماهی ایرانی (*Acipenser persicus*)، ماهی ازون برون (*Acipenser stellatus*) و فیل ماهی (*Huso huso*) اشاره کرد (مشروفه و همکاران، ۱۳۹۱؛ مشروفه و همکاران، ۱۳۹۲؛ Raeisi et al., 2007; Abtahi et al., 2007; Monsefrad et al., 2015).

عضله ماهی نقش مهمی در تغذیه انسان ها دارد، همچنین خاویار تاسماهیان از لحاظ طعم و مزه بسیار مطلوب است و جزیی از قست خوراکی این ماهیان می باشد. کبد ماهیان اندامی است که سموم مختلف نظیر فلزات سنگین در آن تجمع می یابد. بنابراین، با توجه به مطالب مذکور، این تحقیق با هدف تعیین و مقایسه میزان فلزات سنگین کادمیوم، سرب و نیکل در عضله، کبد و خاویار تاسماهی سبیری (*Acipenser baerii*) پرورشی در استان خوزستان انجام شد.

در این تحقیق در فصل بهار سال ۱۳۹۳، ۳۰ نمونه تاسماهی سبیری به صورت کاملاً تصادفی از ۵ استخر پرورشی مزرعه پرورش ماهیان خاویاری حنطوش زاده تهیه شد. این مرکز پرورشی در استان خوزستان و شهرستان دزفول واقع شده است و از نظر موقعیت جغرافیایی در طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۲۴ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۲ درجه و ۲۲ دقیقه شمالی با ارتفاع ۱۴۰ متر از سطح تراز دریا قرار دارد. استخرهای پرورشی، بتونی با ابعاد ۲×۲ متر با عمق ۱۰۰ سانتیمتر می باشند و درون سالن سرپوشیده قرار دارند و آب مورد نیاز از طریق چاه عمیق پس از هوادهی مورد استفاده قرار می گیرد. از هر استخر ۶ قطعه تاسماهی سبیری نمونه برداری شد. علت نمونه برداری از ۵ استخر پرورشی این بود که از ۵ جیره غذایی متفاوت جهت تغذیه ماهیان استفاده شد. جیره های غذایی بر اساس ۰، ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد جایگزینی آرد ضایعات طیور به جای آرد ماهی طراحی و تنظیم شد.

در این تحقیق تیمار ۱، ۱۰۰ درصد آرد ماهی، تیمار ۲، ۲۵ درصد جایگزینی آرد طیور، تیمار ۳، ۵۰ درصد جایگزینی آرد طیور، تیمار ۴، ۷۵ درصد جایگزینی آرد طیور و تیمار ۵، ۱۰۰ درصد آرد طیور بود (جدول ۱). ماهیان بوسیله جعبه های یونولیتی حاوی پودر یخ به آزمایشگاه انتقال داده شدند. در آزمایشگاه زیست سنجی نمونه ها شامل طول، وزن و سن انجام شد و بافت عضله، خاویار و کبد نمونه ها جدا گردید. وزن ماهیان به وسیله دستگاه ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۱ گرم و طول آن ها با خط کش زیست سنجی با دقت ۰/۰۱ سانتیمتر اندازه گیری شد (ROPME, 1999). برای هضم نمونه ها از روش خشک استفاده شد (Eboh et al., 2006). سنجش فلزات سنگین مورد مطالعه به روش جذب اتمی و سیستم کوره گرافیتی با کمک دستگاه Perkin Elmer 4100 انجام شد. حد تشخیص فلزات توسط این دستگاه جذب اتمی به روش کوره در حد ppb بود (Ahmad and Shuhaimi, 2010). صحت داده های بدست آمده با استفاده از استاندارد مرجع (Standard Reference Materials; SRM) بررسی گردید. بدین منظور، ابتدا غلظت های مختلف استاندارد فلزات سنگین به تعداد ۵ استاندارد ساخته شد و پس از تزریق به دستگاه جذب اتمی منحنی کالیبراسیون عناصر رسم گردید. سپس نمونه های آماده شده به دستگاه تزریق شد و غلظت مورد نظر یادداشت گردید (Rouessac and Rouessac, 2007). تجزیه و تحلیل داده ها به کمک نرم افزار SPSS18 انجام شد. نرمال بودن داده ها به کمک آزمون کولموگراف - اسمیرنف بررسی شدند. میانگین داده ها به کمک آزمون t (Paired-samples t test) با یکدیگر مقایسه شد که وجود یا فقدان اختلاف معنی دار در سطح اطمینان ۹۵ (P=0.05) تعیین گردید. رسم نمودارها و جداول با استفاده از نرم افزار 2007 Excel انجام شد. میانگین پارامترهای طول و وزن تاسماهی سبیری پرورشی مورد مطالعه در جدول ۲ ارائه شده است.

جدول ۱: اجزای جیره غذایی تیمارهای مورد مطالعه

Table 1: Feed components of the treatments studied

تیمارها	تیمار ۱ (استخر ۱)	تیمار ۲ (استخر ۲)	تیمار ۳ (استخر ۳)	تیمار ۴ (استخر ۴)	تیمار ۵ (استخر ۵)
اجزای جیره غذایی					
آرد ضایعات طیور	-	۱۲٪	۲۴٪	۳۶٪	۴۸٪
آرد ماهی	۴۸٪	۳۶٪	۲۴٪	۱۲٪	-
آرد سویا	۱۶٪	۱۶٪	۱۶٪	۱۷٪	۱۷٪
آرد گندم	۱۲٪	۱۲٪	۱۳٪	۱۳٪	۱۲٪
سبوس برنج	۳٪	۳٪	۲٪	۲٪	۳٪
ملاس	۳٪	۳٪	۳٪	۲٪	۴٪
روغن ماهی	۵٪	۵٪	۵٪	۵٪	۵٪
روغن کانولا	۵٪	۵٪	۵٪	۵٪	۵٪
پروبیوتیک	۲٪	۲٪	۲٪	۲٪	۲٪
بایندر	۲٪	۲٪	۲٪	۲٪	۲٪
بتافین	۱٪	۱٪	۱٪	۱٪	۱٪
پرمیکس ویتامین ^a	۱/۵٪	۱/۵٪	۱/۵٪	۱/۵٪	۱/۵٪
پرمیکس معدنی ^b	۱/۵٪	۱/۵٪	۱/۵٪	۱/۵٪	۱/۵٪
پروتئین	۴۰/۸۰	۴۰/۱۸	۳۹/۵۵	۳۹/۳۷	۳۸/۸۱
چربی	۱۴/۶۵	۱۵/۰۵	۱۵/۴۰	۱۵/۸۱	۱۶/۲۴
انرژی قابل هضم (Kcal/Kg)	۳۴۷۸/۳۰	۳۵۰۲/۵	۳۵۳۴/۲	۳۵۸۴/۴	۳۶۱۰/۷۲
انرژی قابل هضم (mj/Kg)	۱۴/۱۶	۱۴/۷۱	۱۵/۰۵	۱۵/۰۵	۱۵/۱۶

a: ویتامین A: ۴۰۰۰ Iu/kg، ویتامین D: ۱۵۰۰ Iu/kg، پیریدوکسین: ۰/۰۱ gr/kg، کولین: ۵/۵ mg/kg، فولات: ۳ mg/kg، نیاسین: ۳ mg/kg، ویتامین B₁₂: ۰/۰۲ mg/kg، پنتوتنات: ۰/۴۵۰ gr/kg، b: منیزیم: ۲۰۰ mg/kg، سدیم: ۵۰۰ mg/kg، آهن: ۲۰ mg/kg، مس: ۳ mg/kg، روی: ۱۵ mg/kg، منگنز: ۱۵ mg/kg، سلنیوم: ۰/۵ mg/kg، آلومینیوم: ۰/۰۳ mg/kg، کبالت: ۲/۵ mg/kg.

جدول ۲: میانگین (mean±SD) زیست‌سنجی (طول، وزن و سن) تاسماهی سیبری (*Acipenser baerii*) پرورشی در استان خوزستان، ۱۳۹۳

Table 2: Mean (mean±SD) biometrics (length, weight and age) of *Acipenser baerii* in Khuzestan province, 2014.

استخرهای نمونه برداری	تعداد نمونه	سن (سال)	طول (سانتیمتر)	وزن (گرم)
استخر ۱	۶	۴	۸۸/۶۷±۳/۲۷	۸۷۶۸/۳۱±۵۲/۳۴
استخر ۲	۶	۴	۸۷/۳۸±۴/۶۸	۸۸۳۰±۶۹/۴۵
استخر ۳	۶	۴	۸۷/۵۰±۳/۵۲	۸۷۲۱/۵۲±۵۵/۷۲
استخر ۴	۶	۴	۸۸/۷۶±۳/۷۷	۸۷۰۵±۷۲/۱۲
استخر ۵	۶	۴	۸۸/۵۵±۴/۱۹	۸۶۰۳/۴۸±۵۱/۶۳

پایین‌ترین میزان این فلز در استخر ۱ و ۴ (۰/۱±۰/۲۳) و بالاترین و پایین‌ترین میزان فلز نیکل (۰/۰۸ و ۰/۰۹ میکروگرم بر کیلوگرم) در خاویار

بالاترین و پایین‌ترین میزان فلز نیکل در تاسماهی سیبری پرورشی در عضله به ترتیب در استخرهای ۱ و ۳ (۰/۱۷±۰/۰۱ و ۰/۱۱±۰/۰۲ میکروگرم بر کیلوگرم) بدست آمد (P>0.05). در اندام کبد نیز بالاترین و

تاسماهی سیبری پرورشی در استخرهای مورد مطالعه اختلاف معنی‌داری نداشت ($P>0.05$). میزان فلز نیکل در ۵ استخر مورد مطالعه در اندام کبد نسبت به عضله و خاویار تاسماهی سیبری پرورشی بالاتر بود ($P<0.05$). همچنین پایین‌ترین میزان این فلز در خاویار ماهی مشاهده شد. به طور کلی، بالاترین و پایین‌ترین میزان نیکل در کبد ($1/0.1 \pm 0.23$ میکروگرم بر کیلوگرم) و خاویار ($0/0.8 \pm 0.03$ میکروگرم بر کیلوگرم) بدست آمد ($P<0.05$). بالاترین و پایین‌ترین میزان فلز کادمیوم در تاسماهی سیبری پرورشی در عضله به ترتیب در استخرهای ۵ و ۱ ($0/0.23 \pm 0.03$ و $0/0.17 \pm 0.02$ میکروگرم بر کیلوگرم) بدست آمد ($P>0.05$). در اندام کبد نیز بالاترین و پایین‌ترین میزان این فلز در استخر ۳ و ۱ ($0/0.41 \pm 0.02$ و $0/0.32 \pm 0.01$ میکروگرم بر کیلوگرم) محاسبه گردید ($P<0.05$). همچنین بالاترین میزان فلز کادمیوم در خاویار تاسماهی سیبری پرورشی در استخر ۲ ($0/0.24 \pm 0.02$ میکروگرم بر کیلوگرم) بود ($P>0.05$). میزان فلز سرب در اندام کبد نسبت به عضله و خاویار تاسماهی سیبری پرورشی بالاتر بود ($P<0.05$). همچنین پایین‌ترین میزان این فلز در خاویار ماهی مشاهده شد. به طور کلی، بالاترین و پایین‌ترین میزان سرب در کبد ($0/0.35 \pm 0.02$ میکروگرم بر کیلوگرم) و خاویار ($0/0.11 \pm 0.02$ میکروگرم بر کیلوگرم) بدست آمد ($P<0.05$) (جدول ۳).

۵ میزان این عنصر در عضله و خاویار برابر بود. به طور کلی، بالاترین و پایین‌ترین میزان کادمیوم در کبد ($0/0.41 \pm 0.02$ میکروگرم بر کیلوگرم) و خاویار ($0/0.17 \pm 0.02$ میکروگرم بر کیلوگرم) بدست آمد ($P<0.05$). بالاترین و پایین‌ترین میزان فلز سرب در تاسماهی سیبری پرورشی در عضله به ترتیب در استخرهای ۱ و ۳ ($0/0.24 \pm 0.03$ و $0/0.18 \pm 0.02$ میکروگرم بر کیلوگرم) بدست آمد ($P>0.05$). در اندام کبد نیز بالاترین و پایین‌ترین میزان این فلز در استخر ۵ و ۳ ($0/0.35 \pm 0.02$ و $0/0.29 \pm 0.03$ میکروگرم بر کیلوگرم) محاسبه گردید ($P<0.05$). همچنین بالاترین و پایین‌ترین میزان فلز سرب در خاویار تاسماهی سیبری پرورشی در استخر ۲ و ۴ ($0/0.17 \pm 0.02$ و $0/0.11 \pm 0.02$ میکروگرم بر کیلوگرم) بود ($P>0.05$). میزان فلز سرب در ۵ استخر مورد مطالعه در اندام کبد نسبت به عضله و خاویار تاسماهی سیبری پرورشی بالاتر بود ($P<0.05$). همچنین پایین‌ترین میزان این فلز در خاویار ماهی مشاهده شد. به طور کلی، بالاترین و پایین‌ترین میزان سرب در کبد ($0/0.35 \pm 0.02$ میکروگرم بر کیلوگرم) و خاویار ($0/0.11 \pm 0.02$ میکروگرم بر کیلوگرم) بدست آمد ($P<0.05$) (جدول ۳).

جدول ۳: میانگین ($\text{mean} \pm \text{SD}$) غلظت فلز نیکل، کادمیوم و سرب (میکروگرم بر کیلوگرم) در اندام‌های تاسماهی سیبری (*Acipenser baerii*) پرورشی در استان خوزستان، ۱۳۹۳

Table 3: Mean ($\text{mean} \pm \text{SD}$) concentration of nickel, cadmium, and lead ($\mu\text{g/kg}$) in organs of *Acipenser baerii* from Khuzestan province, 2014.

تیمارها	نیکل			کادمیوم			سرب	
	عضله	کبد	خاویار	عضله	کبد	خاویار	عضله	کبد
استخر ۱	$0/0.17 \pm 0.01^a$	$1/0.1 \pm 0.23^a$	$0/0.8 \pm 0.03^a$	$0/0.17 \pm 0.02^a$	$0/0.32 \pm 0.01^a$	$0/0.21 \pm 0.03^a$	$0/0.24 \pm 0.03^b$	$0/0.31 \pm 0.02^a$
استخر ۲	$0/0.14 \pm 0.03^a$	$1/0.17 \pm 0.19^a$	$0/0.9 \pm 0.03^a$	$0/0.21 \pm 0.01^a$	$0/0.33 \pm 0.01^a$	$0/0.24 \pm 0.03^a$	$0/0.22 \pm 0.02^b$	$0/0.34 \pm 0.02^a$
استخر ۳	$0/0.11 \pm 0.03^a$	$0/0.96 \pm 0.05^a$	$0/0.8 \pm 0.06^a$	$0/0.22 \pm 0.03^a$	$0/0.41 \pm 0.02^b$	$0/0.21 \pm 0.01^a$	$0/0.18 \pm 0.03^a$	$0/0.29 \pm 0.03^b$
استخر ۴	$0/0.12 \pm 0.01^a$	$0/0.74 \pm 0.03^b$	$0/0.9 \pm 0.05^a$	$0/0.19 \pm 0.03^a$	$0/0.39 \pm 0.02^a$	$0/0.22 \pm 0.01^a$	$0/0.19 \pm 0.01^a$	$0/0.34 \pm 0.03^a$
استخر ۵	$0/0.16 \pm 0.01^a$	$0/0.96 \pm 0.06^a$	$0/0.8 \pm 0.06^a$	$0/0.23 \pm 0.03^a$	$0/0.34 \pm 0.02^a$	$0/0.23 \pm 0.03^a$	$0/0.19 \pm 0.02^a$	$0/0.35 \pm 0.02^a$

حروف غیرهمنام در هر ستون اختلاف معنی دار بین استخرها را نشان می دهد ($P<0.05$).

فلزات سنگین اندام هدف خود را بر اساس میزان فعالیت متابولیک آن انتخاب می کنند. این نکته، علت تجمع بیشتر

میزان فلزات سنگین در تاسماهی سیبری در تمامی نمونه‌های مورد مطالعه در کبد بالاتر از عضله و خاویار بود.

ماهی (*Huso huso*) و ازون برون (*Acipenser stellatus*) بالاتر از عضله گزارش شده است (گاپه‌یوا و همکاران، ۱۹۹۰) که با نتایج این تحقیق هم‌خوانی دارد. میزان سرب نیز در خاویار تاسماهی سبیری پایین‌تر از عضله بدست آمد. فلز سرب نیز به طور عمده در کلیه، آبشش و عضله ماهی تجمع می‌یابد (اسماعیلی‌ساری، ۱۳۸۱؛ جلالی جعفری و آقازاده مشگی، ۱۳۸۶). میزان سرب در عضله تاسماهی ایرانی (*Acipenser persicus*) ۶/۶ میکروگرم در کیلوگرم بالاتر از کبد گزارش شده است (Raeisi et al., 2014). همچنین میزان این فلز در کبد ماهی ازون برون (*Acipenser stellatus*) ۰/۵۲۴ میکروگرم در گرم پایین‌تر از سایر بافت‌های این گونه تعیین شده است (Abtahi et al., 2007).

در بسیاری از مطالعات انجام شده در خصوص تجمع فلزات سنگین در اندام‌های ماهیان خاویاری، تجمع زیستی عناصر در خاویار این ماهیان گزارش شده است (صادقی‌راد و همکاران، ۱۳۸۲؛ صادقی‌راد و همکاران، ۱۳۸۴؛ مشروقه و همکاران، ۱۳۹۱؛ مشروقه و همکاران، ۱۳۹۲؛ Monsefrad et al., 2015). در این تحقیق نیز میزان نیکل، کادمیوم و سرب در خاویار تاسماهی سبیری پرورشی وجود داشت که با نتایج مطالعات دیگر هم‌خوانی دارد. با توجه به تحقیقات انجام شده و نتایج فلزات کادمیوم، سرب و نیکل در این پژوهش، غلظت‌های کم فلزات سنگین در خاویار تاسماهیان تجمع می‌یابد. میانگین میزان کادمیوم در خاویار تاسماهی ایرانی (*Acipenser persicus*) بالاتر از عضله گزارش شده است (مشروقه و همکاران، ۱۳۹۲) که با نتایج این تحقیق هم‌خوانی دارد. علت تجمع بالای فلزات در خاویار نسبت به عضله، به علت مکانیسم دفاعی بدن ماهی در تعدیل فلزات و آلاینده‌هاست که در این فرآیند برخی از آلاینده‌های آلی و معدنی جهت دفع از بدن به تخم‌ها یا خاویار انتقال می‌یابد و از بدن دفع می‌گردد (مشروقه و همکاران، ۱۳۹۲).

احتمالاً یکی از دلایل پایین بودن میزان عناصر سنگین در اندام‌های تاسماهی سبیری پرورشی، استفاده از آب‌های زیرزمینی برای پرورش این گونه است. مقادیر کادمیوم،

فلزات در اندام‌هایی نظیر کبد و کلیه را در مقایسه با فعالیت متابولیک پایین عضله تفسیر می‌نماید (Filazi et al., 2003). زمان طولانی بلوغ جنسی در تاسماهیان زمان طولانی‌تری برای آلاینده‌های محیطی بخصوص برای فلزات سنگین جهت انباشتگی در اندام‌های آن‌ها فراهم می‌کند. با توجه به اینکه تاسماهیان کفزی و دارای طول عمر زیادی می‌باشند و از همه مهمتر از نظر جایگاهشان در زنجیره غذایی، می‌توانند تجمع بالایی از آلاینده‌ها را در اندام‌های بدن دریافت کنند (مشروقه و همکاران، ۱۳۹۲؛ غفاری و حسینی، ۱۳۹۲).

غلظت نیکل در کبد تاسماهی سبیری بالاتر از خاویار و عضله بدست آمد. نیکل در کبد، آبشش، کلیه و عضلات ماهیان تجمع می‌یابد. بیشترین میزان نیکل در آبزیان در تخمدان سپس در کبد، آبشش، کلیه و کمترین میزان در عضله ماهی گزارش شده است (جلالی جعفری و آقازاده مشگی، ۱۳۸۶؛ عسکری‌ساری و ولایت‌زاده، ۱۳۹۳). میانگین میزان نیکل در خاویار تاسماهی ایرانی (*Acipenser persicus*) بالاتر از عضله گزارش شده است (مشروقه و همکاران، ۱۳۹۲) که با نتایج این تحقیق هم‌خوانی ندارد. همچنین در مطالعه‌ای میزان نیکل در عضله دو گونه ماهی ازون برون (*Acipenser stellatus*) و فیل ماهی (*Huso huso*) بترتیب ۰/۱۶ و ۰/۱ میلی‌گرم در کیلوگرم گزارش شده است (مشروقه و همکاران، ۱۳۹۱).

میزان کادمیوم و سرب نیز در خاویار و عضله تاسماهی سبیری پایین‌تر از کبد بدست آمد. به طور کلی، آبشش‌ها، کلیه و کبد عمده‌ترین راه‌های جذب این فلزات به بدن ماهیان می‌باشند (Newman and Unger, 2003) که جذب فلز کادمیوم از طریق آبشش‌ها بسیار بیشتر از جذب از طریق لوله گوارشی صورت می‌گیرد. معمولاً بافت عضله دارای پایین‌ترین مقادیر فلزات سنگین در ماهیان می‌باشد و این عناصر در بافت‌هایی نظیر کلیه، کبد و آبشش‌ها تجمع می‌یابند (Al-Yousuf et al., 2000 ; Filazi et al., 2003). میزان کادمیوم در عضله ازون برون (*Acipenser stellatus*) و تاسماهی ایرانی (*Acipenser persicus*) بالاتر از خاویار تعیین شد (صادقی‌راد و همکاران، ۱۳۸۴). همچنین میزان کادمیوم در کبد فیل

سرب و نیکل در آب‌های زیر زمینی کمتر از آب‌های سطحی می‌باشد. بنابراین، با توجه به نتایج این پژوهش مشاهده می‌شود که میزان کادمیوم، سرب و نیکل در آب مورد استفاده جهت پرورش تاسماهی سیبری پایین می‌باشد. میزان نیکل در عضله ماهی تاسماهی سیبری در مقایسه با حد مجاز سازمان بهداشت جهانی پایین‌تر بود. میزان فلزات سنگین کادمیوم و سرب نیز در عضله تاسماهی سیبری در مقایسه با استانداردهای تدوین شده نظیر سازمان بهداشت جهانی، سازمان غذا و داروی آمریکا، وزارت کشاورزی - شیلات انگلستان و انجمن ملی بهداشت و سلامت استرالیا پایین‌تر بود.

منابع

- اسماعیلی‌ساری، ع.، ۱۳۸۱. آلاینده‌ها، بهداشت و استاندارد محیط‌زیست. انتشارات نقش مهر، چاپ اول، تهران. ۷۶۷ص.
- اسماعیلی‌ساری، ع.، نوری‌ساری، ح. و اسماعیلی‌ساری، ا.، ۱۳۸۶. جیوه در محیط‌زیست. انتشارات بازرگان، چاپ اول، رشت. ۲۲۶ص.
- امینی رنجبر، غ. و ستوده‌نیا، ف.، ۱۳۸۴. تجمع فلزات سنگین در بافت عضله ماهی کفال طلایی (*Mugil auratus*) دریای خزر در ارتباط با برخی مشخصات بیومتریک (طول استاندارد، وزن، سن و جنسیت). مجله علمی شیلات ایران، سال چهاردهم، شماره ۳، ۱-۱۸.
- جلالی جعفری، ب. و آقازاده مشگی، م.، ۱۳۸۶. مسمومیت ماهیان در اثر فلزات سنگین آب و اهمیت آن در بهداشت عمومی. انتشارات مان کتاب. چاپ اول. تهران. ۱۳۴ص.
- حسنعلی پور اربوسرا، ع.ر.، ایگدری، س.، بهمنی، م. و پور باقر، ه.، ۱۳۹۱. تغییرات شاخص کورتیزول - گلوکز و رشد در پاسخ به تراکم ذخیره در تاسماهی سیبری (*Acipenser baerii*). نشریه بهره برداری و پرورش آبزیان، ۱ (۴): ۲۷-۱۳.
- دروی قاضیانی، س.، یوسفی جوردی، ا.، کاظمی، ر. و پور اسدی، م.، ۱۳۹۳. مقایسه عملکرد رشد و

- بازماندگی لارو تاسماهی سیبری (*Acipenser baerii*) و استرلیاد (*Acipenser ruthenus*) در مرحله تغذیه فعال تا انگشت قد. نشریه شیلات، مجله منابع طبیعی ایران، ۶۷ (۱): ۴۷-۳۹.
- سالنامه آماری شیلات ایران، ۱۳۹۳. دفتر برنامه‌ریزی گروه آمار و مطالعات توسعه شیلاتی، سالنامه آماری سازمان شیلات ایران (۱۳۹۲-۱۳۸۲). تهران، ص. ۶۴.
- صادقی راد، م.، امینی رنجبر، غ.، ارشد، ع. و جوشیده، ه.، ۱۳۸۲. بررسی میزان تجمع روی و مس در بافت عضله و خاویار دو گونه تاسماهی ایرانی و ازون برون حوضه جنوبی دریای خزر. مجله پژوهش و سازندگی در امور دام و آبزیان، ۶۱: ۵۵-۵۱.
- صادقی راد، م.، امینی رنجبر، غ.، ارشد، ع. و جوشیده، ه.، ۱۳۸۴. مقایسه تجمع فلزات سنگین (روی، مس، کادمیوم، سرب و جیوه) در بافت عضله و خاویار دو گونه تاسماهی ایرانی و ازون برون حوضه جنوبی دریای خزر. مجله علمی شیلات ایران، ۱۴ (۳): ۱۰۰-۷۹.
- عباسی، ن.، نوری، ا.، کلوانی نیتلی، ب. و طلوعی گیلانی، م.ح.، ۱۳۹۴. اندسکوپ روشی نوین در تعیین جنسیت تاسماهی سیبری (*Acipenser baerii*). مجله بوم‌شناسی آبزیان، ۴ (۴): ۹۶-۱۰۳.
- عبیدی، ر.، پذیرا، ع.، قنبری، ف. و مغدانی، س.، ۱۳۹۶. تعیین میزان غلظت فلزات سنگین نیکل و کادمیوم در بافت های عضله و کبد ماهی سنگسر معمولی (*Pomadasys kaakan*) در بندر بوشهر. مجله علمی شیلات ایران، ۲۶ (۱): ۶۵-۵۵.
- عسکری ساری، ا.، جواهری بابلی، م.، محجوب، ث. و ولایت زاده، م.، ۱۳۹۱. میزان فلزات سنگین (جیوه، کادمیوم، سرب) در عضله ماهی شوریده در بنادر صیادی آبادان و بندرعباس. مجله علمی شیلات ایران، ۲۱ (۳): ۹۹-۱۰۶.
- عسکری ساری، ا. و ولایت زاده، م.، ۱۳۹۳. فلزات سنگین در آبزیان. انتشارات دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز. چاپ اول. ۳۸۰ص.

- Ahmad, A.K. and Shuhaimi-Othman, M., 2010.** Heavy metal concentration in sediments and fishes from Lake Chini, Pahang, Malaysia. *Journal of Biological Sciences*, 10(2): 93-100.
- Al-Yousuf, M.H., El-Shahawi, M.S. and Al-Ghais, S.M., 2000.** Trace metals in liver, skin and muscle of *Lethrinus lentjan* fish species in relation to body length and sex. *Sciences Total Environment*, 256: 87-94.
- Eboh, L., Mepba, H.D. and Ekp, 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. *Journal of Food Chemistry*, 97(3): 490-497. DOI: 10.1016/j.foodchem.2005.05.041
- Filazi, A., Baskaya, R. and Kum, C., 2003.** Metal concentration in tissues of the Black Sea fish *Mugil auratus* from Sinop-Icliman, Turkey. *Journal of Human and Experimental Toxicology*, 22: 85-87. DOI: 10.1191/0960327103ht323oa.
- Miloskovic, A. and Simic, V., 2015.** Arsenic and Other Trace Elements in Five Edible Fish Species in Relation to Fish Size and Weight and Potential Health Risks for Human Consumption. *Polish Journal of Environmental Studies*, 24(1): 199-206. DOI: 10.15244/pjoes/24929.
- Monsefrada, S.F., Khanlarc, M., Nazemroayad, S., Faizbakhsh, R. and غفاری، ز. و حسینی، س.ع.، ۱۳۹۲.** اثر فلزات سنگین بر ماهیان خاویاری دریای خزر. دومین همایش ملی توسعه پایدار کشاورزی و محیط زیست سالم. همدان، شرکت هم اندیشان محیط زیست فردا، ۹ صفحه.
- گایه یوا، م.و.، تسلی مویج، ا.ل. و شیروکووا، م.ا.، ۱۹۹۰.** فلزات سنگین در تاسماهیان بخش سفلی ولگا. ترجمه یونس عادل (شهریور ۱۳۷۷). مرکز تحقیقات شیلاتی استان گیلان. ۱۰ص.
- مشروفه، ع.، ریاحی بختیاری، ع. و پورکاظمی، م.، ۱۳۹۱.** بررسی میزان فلزات سنگین کادمیوم، نیکل، وانادیوم و روی در بافت های مختلف فیل ماهی و ازون برون و ریسک ناشی از مصرف بافت عضلانی آن ها مربوط به حوضه جنوبی دریای خزر. مجله دانشگاه علوم پزشکی مازندران، ۲۲ (۹۶): ۹۷-۹۰.
- مشروفه، ع.، ریاحی بختیاری، ع. و پورکاظمی، م.، ۱۳۹۲.** غلظت کادمیوم، نیکل، وانادیوم و روی در عضله و خاویار تاسماهی ایرانی (*Acipenser persicus*) با تاکید بر ارزیابی ریسک ناشی از مصرف عضله. مجله سلامت و محیط، ۶ (۳): ۴۱۶-۴۰۷.
- نجفی پورمقدم، ا.، فلاحتکار، ب. و کلباسی مسجدشاهی، م.ر.، ۱۳۹۴.** تغییرات اسیدهای چرب حیره و عضله در بچه تاسماهیان سیبری (*Acipenser baerii*) تغذیه شده با سطوح مختلف لسیتین. فصلنامه اقیانوس شناسی، ۶ (۲۱): ۹۷-۱۰۵.
- هاشمی حسین آبادی، ز.، سلطانیان، س. و اخلاقی، م.، ۱۳۹۶.** اندازه گیری غلظت برخی از فلزات سنگین در غذاهای زنده مورد استفاده در پرورش آبزیان. مجله علمی شیلات ایران، ۲۶ (۲): ۱۳-۷.
- Abtahi, B., Ghodrati Shojaii, M., Esmaili Sari, A., Rahnema, M., Sharif Pour, I., Bahmni, M., Kazemi, R. and Hallajian, A., 2007.** Concentration of Some Heavy Metals in Tissues of Stellate Sturgeon (*Acipenser stellatus*) in the South Caspian Sea. *Environmental Sciences*, 4(3): 77-84.

- Mirsadeghia, H., 2015.** A preliminary risk assessment of the trace metals accumulated in the farmed Beluga sturgeon (*Huso huso*) caviar from Caspian Sea. *Persian Journal of Seafood Science and Technology*, 1: 7-11.
- Newman M.C. and Unger M.A., 2003.** Fundamentals of ecotoxicology. CRC Press, 458 p.
- Qin, D., Jiang, H., Bai, S., Tang, S. and Mou, Z., 2015.** Determination of 28 trace elements in three farmed cyprinid fish species from Northeast China. *Food Control*, 50: 1-8. DOI: 10.1016/j.foodcont.2014.08.016.
- Raeisi, S., Sharifi Rad, J., Sharifi Rad, M. and Zakariaei, H., 2014.** Analysis of heavy metals content in water, sediments and fish from the Gorgan bay, southeastern Caspian Sea, Iran. *International journal of Advanced Biological and Biomedical Research*, 2(6): 2162-2172.
- ROPMI, 1999.** Manual of oceanographic and pollutant analysis method. Third Edition. Kuwait. 1-100.
- Rouessac, F. and Rouessac, A., 2007.** Chemical Analysis Modern Instrumentation Methods and Techniques. 2nd Edition, England, John Wiley and Sons Ltd.

Bioaccumulation of heavy metals, Ni, Cd and Pb in muscle, liver and caviar of farmed *Acipenser baerii* from Khuozestan Province

Mohammad Salehi A.^{*1}; Velayatzadeh M.¹; Karami Rad N.²

a.mohamadsalehi1358@gmail.com

1. Young and Elite Researchers Club, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran
2. Fisheries Organization of Iran, Tehran, Iran

Abstract

The presence of heavy metals in our environment has been of great concern because of their toxicity when their concentration is more than the permissible level. These metals enter in the environment by different ways e.g. industrial activities. This study was carried out to determine and comparison of heavy metals Cd, Pb and Ni in muscle, liver and caviar of farmed *Acipenser baerii* from Khuozestan Province, 2014. 30 samples of *Acipenser baerii* were prepared randomly from five ponds of Hantoshzadeh breeding. Heavy metal levels in fish samples were analyzed by Perkin Elmer 4100 zl atomic absorption. Data analysis was performed with the software SPSS17 and comparison of the mean to T-test. The highest concentration of Ni, Cd and Pb were 1.10 ± 0.23 , 0.041 ± 0.002 and 0.35 ± 0.02 μKg in liver of *Acipenser baerii*. The lowest concentration of this metals were obtained 0.08 ± 0.003 , 0.017 ± 0.002 and 0.11 ± 0.02 μKg in caviar this species. Concentration of heavy metals in the liver of *Acipenser baerii* was higher than muscle and caviar. In this study concentration of Ni, Cd and Pb in muscle and caviar of *Acipenser baerii* were lower than comparison of WHO, FDA, MAFF and NHMRC standards.

Keywords: Bioaccumulation, Heavy metals, Muscle, Caviar, *Acipenser baerii*

*Corresponding author