

دو فصلنامه هیستوبیولوژی دامپزشکی

دوره دهم شماره ۲ پاییز و زمستان ۱۴۰۱

تعیین فلزات سنگین و ارزیابی خطر برای مصرف کننده در قزل آلا

رضا سلیقه زاده^{۱*}، بهنام پدرام^۱، کیارمین کیوانی^۲، شقایق قناد^۳، فاطمه همایون^۳

- ۱- گروه دامپزشکی، دانشکده دامپزشکی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد شوشتر، ایران.
 ۲- دانش آموخته دکتری حرفه ای دامپزشکی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد شوشتر، ایران.
 ۳- دانشجوی دکتری حرفه ای دامپزشکی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد شوشتر، ایران.

*نویسنده مسئول: Salighezadeh@yahoo.com

چکیده

فلزات سنگین از مهم ترین آلاینده های محیط زیست هستند که تجمع آن ها در ماهیان و انتقال به انسان می تواند مشکلات سلامتی متعددی ایجاد کند. این مطالعه با هدف بررسی غلظت برخی فلزات سنگین در ماهی قزل آلا رنگین کمان و ارزیابی خطر مصرف آن در شهر مشهد انجام شد. نمونه های ماهی از مراکز پرورش اطراف مشهد تهیه و غلظت فلزات سنگین شامل آرسنیک، کادمیوم، کبالت، کروم، مس، آهن، منگنز، مولیبدن، نیکل، سرب، قلع و روی با استفاده از دستگاه طیف بینی جذب اتمی اندازه گیری شد. برای تعیین مقدار جیوه از روش الکتروشیمیایی ولتامتری با دستگاه پلاروگراف متروم استفاده گردید. داده های حاصل به کمک آنالیز آماری ارزیابی شدند. نتایج نشان داد که غلظت اغلب عناصر به جز آرسنیک، مولیبدن، نیکل و سرب به طور معنی داری ($P \leq 0/5$) کمتر از حد مجاز بود. اما غلظت مولیبدن، نیکل و سرب به طور معنی داری ($P \leq 0/5$) بالاتر از حد استاندارد بود. همچنین غلظت آرسنیک تفاوت معنی داری با استانداردهای بین المللی نداشت ($P \geq 0/5$). به طور کلی، این مطالعه نشان داد که مصرف ماهی قزل آلا پرورشی در مشهد می تواند از نظر برخی فلزات سنگین برای مصرف کنندگان خطرناک باشد. بنابراین، کاهش آلودگی های فلزات سنگین از طریق رعایت اصول زیست محیطی، به ویژه در صنایع اطراف مراکز پرورش ماهی، ضروری است.

واژگان کلیدی: ماهی قزل آلا رنگین کمان، فلزات سنگین، سرب، کادمیوم، نیکل، مشهد

مقدمه

محصولات آبی سهم قابل توجهی در تأمین غذای جهانی دارند و با افزایش آگاهی از ارزش تغذیه‌ای آن‌ها، میزان مصرف آن‌ها نیز رو به رشد است. با این حال، افزایش آلودگی اکوسیستم‌های دریایی، به‌ویژه آلودگی ناشی از فلزات سنگین، موجب نگرانی‌های جدی درباره کیفیت و ایمنی این منابع غذایی شده است. فلزات سنگین از جمله آلاینده‌های پایدار محیطی هستند که قابلیت تجزیه زیستی ندارند (۱) و در بدن موجودات زنده تجمع می‌یابند. این تجمع که تحت تأثیر عوامل مختلفی مانند اندازه و سن ماهی است، می‌تواند سلامت انسان را تهدید کند. مطالعات نشان داده‌اند که آلودگی فلزات سنگین علاوه بر کاهش تنوع زیستی، موجب اثرات مخربی همچون تضعیف سیستم ایمنی، نقص‌های جنینی، اختلالات روانی و افزایش شیوع سرطان‌های گوارشی در مصرف‌کنندگان می‌شود (۲). در میان آبزیان، ماهیان بیشترین تأثیر را از این آلودگی دریافت کرده و از طریق زنجیره غذایی، آلاینده‌ها را به سطوح بالاتر منتقل می‌کنند (۳). بنابراین، پایش و کنترل میزان این آلودگی در اکوسیستم‌های آبی برای حفظ سلامت عمومی ضروری است. هدف از انجام این مطالعه نیز، سنجش میزان غلظت فلزات سنگین در عضله قزل‌آلای رنگین کمان پرورشی شهر مشهد بود. قزل‌آلای رنگین کمان از سازش پذیری و رشد خوبی برخوردار می‌باشد، به همین دلیل در حال حاضر به صورت ماهی شماره یک اکثر کارگاه‌های تکثیر و پرورش ماهیان سرد آبی در اکثر نقاط جهان به حساب می‌آید.

آید. از جمله فلزات سنگین موجود در ماهیان می‌توان به کادمیوم، آرسنیک، سرب و جیوه اشاره کرد.

کادمیوم یکی از سمی ترین فلزات سنگین بوده که در مقادیر کم آن نیز اثرات مخربی بر سلامت انسان و دیگر حیوانات می‌گذارد (۴).

آرسنک در افت‌کش‌ها استفاده می‌شود. قرار گرفتن طولانی مدت انسان در معرض این ماده می‌تواند باعث بروز مشکلاتی از جمله، سرطان زایی و سکت قلبی شود (۵ و ۶).

سرب می‌تواند بر آنزیم‌های مختلف تأثیر بگذارد و باعث بروز کم‌خونی شود، که شاخص کلاسیک مسمومیت با سرب است (۷). علاوه بر این بر دستگاه گوارش، عصبی، کلیه، قلبی عروقی و تناسلی نیز اثر می‌گذارد (۸ و ۹ و ۱۰ و ۱۱ و ۱۲).

جیوه موجود در بدن انسان، بیشتر از طریق خوردن ماهی وارد بدن می‌شود. جیوه می‌تواند از طریق دستگاه گوارش، در دستگاه عصبی مرکزی توزیع شده و به صورت اختلالات عصبی تاخیری ظاهر شود (۱۲).

خوشدونی فراهانی در مطالعه‌ای بر تجمع فلزات سنگین در گونه‌هایی از آبزیان (ماهی کپور، سالمون قزل‌آلا، شیر و میگوهای دریایی) نشان داد که بیشترین میزان جیوه در ماهی شیر و کمترین در میگو مشاهده شد. همچنین، بیشترین میزان سرب در میگو و کمترین در ماهی کپور ثبت گردید. میزان کادمیوم در تمامی نمونه‌ها زیر حد قابل تشخیص دستگاه بود (۱۳).

روش کار

این مطالعه بر روی ماهیان قزل‌آلای رنگین‌کمان پرورشی در مشهد، مرکز استان خراسان رضوی، انجام شد. تعداد ۱۵ نمونه ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان با اندازه‌گیری طول و وزن، بسته‌بندی و نشانه‌گذاری شدند. سپس نمونه‌ها در دمای منفی ۲۰ درجه سانتی‌گراد منجمد شده و در کیسه‌های حاوی یخ به آزمایشگاه ارسال گردیدند. پیش از شروع آزمایش، تمامی ظروف مورد استفاده به طور کامل اسیدشویی شدند. ابتدا با مواد شوینده شسته شده و سپس به مدت ۲۴ ساعت در محلول اسید نیتریک ۱۰٪ قرار گرفتند. پس از آن، با استفاده از آب مقطر دوبار شست و شو داده شده و در آون خشک شدند. نمونه‌ها بر اساس روش توصیف شده توسط Gholamhosseini و همکاران (۲۰۱۹) آماده شدند. این روش شامل هضم شیمیایی نمونه‌ها با ترکیب اسید نیتریک و اسید پرکلریک با نسبت ۷ به ۱ می‌باشد. غلظت فلزات سنگین باقی‌مانده در عضله ماهی‌ها شامل آرسنیک، کادمیوم، کبالت، کروم، مس، آهن، منگنز، مولیبدن، نیکل، سرب، قلع و روی، با استفاده از دستگاه طیف‌سنجی جذب اتمی (AAS) اندازه‌گیری شد. مقادیر جذب به کمک منحنی کالیبراسیون به غلظت تبدیل و نتایج نهایی گزارش گردید. برای تعیین میزان جیوه انباشته شده در بافت خوراکی ماهی‌ها، از روش الکتروشیمیایی ولتامتری با دستگاه پلاروگراف مترو استفاده شد.

حسینی الهاشمی و همکاران در مطالعه‌ای درباره ریسک مواجهه با فلزات سنگین سرب و کادمیوم از مصرف سه گونه ماهی پرمصرف در اهواز (شوریده، قزل‌آلا، حلوا) نشان دادند که تفاوت معناداری در ریسک مواجهه بین ماهیان وجود نداشت و میزان کادمیوم در حد استاندارد بود (۱۴).

سیف و همکاران در مطالعه‌ای بر تجمع فلزات سنگین سرب و کادمیوم در ماهی قزل‌آلای پرورشی ناحیه تالش، گیلان، نشان دادند که سرب در مقایسه با کادمیوم تفاوت معناداری نداشت. همچنین، تفاوت معناداری بین جنس (نر و ماده) و سنین مختلف ماهیان مشاهده نشد (۱۵).

رفیعی و همکاران در مطالعه‌ای بر تجمع زیستی فلزات سنگین مس، روی، آهن و منگنز در تخم ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان از مرحله لقاح تا تخم‌گشایی نشان دادند که غلظت این عناصر در آب خروجی نسبت به آب ورودی در انکوباتور فاقد تخم تفاوت معناداری ندارد. اما در انکوباتور حاوی تخم، غلظت عناصر کاهش یافته که نشان‌دهنده جذب این عناصر توسط تخم است. همچنین، غلظت روی و آهن در عصاره تخم به طور پیوسته افزایش می‌یابد، در حالی که غلظت منگنز و مس تا هفته سوم افزایش یافته و سپس ثابت می‌شود، که نشان‌دهنده آستانه تجمع و مقاومت تخم در برابر این عناصر از این مرحله است (۱۶).

تک نمونه‌ای (One-sample t-test) استفاده شد. تمامی تحلیل‌های آماری با نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۲ انجام گرفت.

نتایج

نتایج حاصل از آمار توصیفی، مقدار باقی‌مانده عناصر آرسنیک، کادمیوم، جیوه، سرب و برخی فلزات دیگر در ماهی قزل آلاي رنگین کمان در جدول شماره ۱ نشان داده شده است. فلزات مولیبدن، آهن و روی بیشترین غلظت و فلزات کادمیوم، جیوه و کبالت کمترین غلظت را داشتند.

جدول شماره ۱:

عنصر سنگین	میزان
آرسنیک	$2/20 \pm 2/62$
کادمیوم	$0/0 \pm 0/0$
جیوه	$0/00 \pm 0/0$
سرب	$0/10 \pm 1/83$
کبالت	$0/01 \pm 0/01$
کروم	$0/15 \pm 1/426$
مس	$0/30 \pm 1/17$
آهن	$3/16 \pm 13/50$
منگنز	$0/28 \pm 0/39$
مولیبدن	$91/07 \pm 446/65$
نیکل	$0/11 \pm 0/77$
قلع	$0/33 \pm 2/64$
روی	$1/56 \pm 12/47$

برای ارزیابی خطر بهداشتی مصرف ماهی، شاخص دریافت روزانه استفاده شد. این شاخص با استفاده از معادله زیر محاسبه گردید:

$$DI = \frac{Cm \times IR}{BW}$$

در این معادله Cm بیانگر غلظت اندازه‌گیری شده فلزات در بافت خوراکی (عضله) بر حسب میکروگرم بر گرم وزن تر، IR بیانگر میزان مصرف روزانه ماهی در جامعه و BW وزن بدن (برای بزرگسالان ۷۰ کیلوگرم و برای کودکان زیر ۱۸ سال ۴۰ کیلوگرم) را نشان می‌دهد.

از آنجا که ماهی‌ها به صورت تازه و بدون فرآیند خشک کردن مصرف می‌شوند، غلظت‌های اندازه‌گیری شده بر اساس وزن خشک با استفاده از رابطه زیر به وزن تر تبدیل شدند:

$$Con_{WW} = Con_{DW} \times \frac{(100 - 70\% \text{ of water})}{100}$$

برای تجزیه و تحلیل داده‌ها، ابتدا نرمال بودن داده‌ها با آزمون کولموگروف-اسمیرنوف (Kolmogorov-Smirnov) بررسی شد. سپس مقادیر به دست آمده با استفاده از تحلیل واریانس یک طرفه (One-way ANOVA) و آزمون تعقیبی دانکن (Duncan test) در سطح اطمینان ۵٪ مقایسه شدند. برای مقایسه غلظت فلزات سنگین با استانداردهای سازمان بهداشت جهانی (WHO) و سازمان خواربار و کشاورزی ملل متحد (FAO) از آزمون t

ارزیابی خطر بهداشتی در جدول شماره ۳ نشان داد که با توجه به حداکثر مصرف روزانه قابل تحمل (MTDI) فلزات سنگین، مصرف روزانه و مداوم این محصولات برای گروه‌های سنی مختلف (کودکان و بزرگسالان) به جز در مورد آرسنیک، نیکل و سرب، کاملاً ایمن بوده و از این نظر خطری برای مصرف کننده ایجاد نمی‌کند.

جدول شماره ۳: نتایج ارزیابی ریسک سلامت کنسرو تن ماهی نسبت به فلزات سنگین

عنصر سنگین	دریافت روزانه (میلی گرم بر گرم وزن بدن در روز)		MTDI* (حداکثر مصرف روزانه قابل تحمل)
	کودکان	بزرگسالان	
آرسنیک	۱/۰۲۱	۰/۵۸۳	۰/۰۵
کادمیوم	۰	۰	۰/۰۰۶
جیوه	۰	۰	۰/۰۳
سرب	۰/۳۸۶۴	۰/۲۲۰۸	۰/۲۱
کبالت	۰/۰۰۴۶۶	۰/۰۰۲۶۶	—
کروم	۰/۶۷۸	۰/۳۷۶	۲
مس	۰/۵۴۴	۰/۳۱	۳۰
آهن	۶/۲۴۷	۳/۵۶۹	۱۰۰
منگنز	۰/۱۸۳	۰/۱۰۴۶	—
مولیبدن	۲۰۶/۵۸	۱۱۸/۰۴	—
نیکل	۰/۳۵۸۸	۰/۲۰۵	۰/۳
قلع	۱/۲۲۳	۰/۶۹۹	—
روی	۵/۷۶۷	۳/۲۹۵	۶۰

با توجه به جدول شماره ۲ و مقایسه مقادیر فلزات سنگین باقی‌مانده در گوشت ماهی قزل‌آلا رنگین کمان با استانداردهای بهداشتی بین‌المللی، می‌توان نتیجه گرفت که غلظت مولیبدن، نیکل و سرب به طور معنی داری ($P \leq 0.05$) بیشتر از حد مجاز بودند. غلظت آرسنیک اختلاف معنی داری با استانداردهای بهداشتی بین‌المللی نداشت و غلظت سایر عناصر به طور معنی داری ($P \leq 0.05$) کمتر از حد مجاز بودند.

جدول شماره ۲:

عنصر	مقدار استاندارد	تفاوت میانگین از استاندارد	آمار t	DF	P-Value
آرسنیک	۰/۵	۱/۷۰۹۳۱	۲/۰۶۰	۱۴	۰/۰۶۹
کادمیوم	۰/۲	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۱۴	۰/۰۰۰
جیوه	۰/۲	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۱۴	۰/۰۰۰
سرب	۰/۴	۰/۴۳۵۵۸	۱۲/۸۸۱	۱۴	۰/۰۰۱
کبالت	۵۰	-۴۹/۹۸۹۹۱	-۱/۴۱۶	۱۴	۰/۰۰۰
کروم	۳۰	-۲۸/۵۷۷۴۷	-۵۶۷/۲۶۵	۱۴	۰/۰۰۰
مس	۱۰۰	-۹۸/۸۲۳۴۷	-۱/۰۲۴	۱۴	۰/۰۰۰
آهن	۱۰۰	-۸۶/۴۹۲۴۵	-۸۶/۴۴۴	۱۴	۰/۰۰۰
منگنز	۵۰	-۴۹/۶۰۴۱۱	-۵۵۷/۴۶۴	۱۴	۰/۰۰۰
مولیبدن	۱۵۰	۲۹۶/۶۵۹۷۰	۱۰/۳۰۱	۱۴	۰/۰۰۰
نیکل	۰/۵	۰/۲۷۵۹۵	۷/۴۱۳	۱۴	۰/۰۰۰
قلع	۲۵۰	-۲۴۷/۳۵۳۷۸	-۲/۳۲۴	۱۴	۰/۰۰۰
روی	۱۵۰	-۱۳۷/۵۲۹۹۰	-۲۷۸/۰۷۲	۱۴	۰/۰۰۰

بحث

نتایج به دست آمده در این مطالعه نشان داد که غلظت فلزات سنگین مولیبدن، نیکل و سرب در نمونه‌های ماهی منطقه مشهد، به‌طور معناداری بالاتر از حد مجاز تعیین‌شده توسط سازمان‌های بین‌المللی از جمله WHO، EPA و FAO بود. این یافته‌ها نگرانی‌های جدی درباره تأثیر آلودگی‌های صنعتی، تخلیه فاضلاب‌های شهری و صنعتی، و آلاینده‌های ناشی از وسایل نقلیه بر اکوسیستم‌های آبی این منطقه ایجاد می‌کند. آلودگی آبیان به فلزات سنگین به دلیل خاصیت تجمع زیستی این عناصر، می‌تواند تأثیرات نامطلوبی بر سلامت انسان داشته باشد، زیرا این آلاینده‌ها از طریق زنجیره غذایی منتقل می‌شوند. مطالعات پیشین نیز به وجود آلودگی فلزات سنگین در منابع آبی و ماهیان مناطق مختلف ایران اشاره کرده‌اند. عزیزی و همکاران نشان دادند که در برخی مناطق، غلظت فلزات سنگین در ماهیان پرورشی از حد مجاز فراتر رفته است، اما این افزایش از نظر آماری معنادار نبوده است (۱۷). همچنین، نوروزی و همکاران در بررسی ماهیان خلیج فارس دریافتند که تجمع فلزات آرسنیک، سرب، جیوه و کادمیوم به‌طور معناداری بالاتر از حد مجاز است (۱۸). یافته‌های مطالعه حاضر با نتایج آن‌ها همخوانی دارد، اما در برخی موارد، مانند غلظت نیکل و سرب، میزان آلودگی بیشتر از مقادیر گزارش‌شده در مطالعات قبلی است.

با این وجود، برخی پژوهش‌ها در مناطق دیگر کشور نتایج متفاوتی داشته‌اند. محمدخانی و همکاران در مطالعه‌ای

روی ماهیان پرورشی استان گلستان گزارش کردند که میزان فلزات سنگین در این نمونه‌ها کمتر از حد استاندارد‌های بین‌المللی بوده و در محدوده ایمن برای مصرف انسانی قرار داشته است (۱۹). این اختلاف ممکن است به تفاوت‌های جغرافیایی، منابع آلاینده و شرایط زیست‌محیطی مناطق مورد مطالعه مرتبط باشد. از نظر استاندارد‌های بین‌المللی، سازمان بهداشت جهانی (WHO) حد مجاز مصرف سرب و کادمیوم را به ترتیب ۰/۴۰ و ۰/۲ میکروگرم بر گرم اعلام کرده است (۲۰). همچنین، حد مجاز مصرف جیوه و آرسنیک برای انسان ۰/۱ میکروگرم بر کیلوگرم تعیین شده است (۲۱ و ۲۲). در این مطالعه، غلظت مولیبدن، نیکل و سرب در نمونه‌های ماهی به‌طور معناداری از این مقادیر بالاتر بود که نشان‌دهنده خطرات بالقوه برای مصرف‌کنندگان است. این یافته‌ها اهمیت پایش مداوم منابع آلودگی و تدوین راهکارهای مدیریتی برای کاهش انتشار فلزات سنگین را برجسته می‌کند. همچنین لازم است اقدامات کنترلی بر فعالیت‌های صنعتی، تخلیه فاضلاب‌های آلوده و استفاده از سوخت‌های فسیلی در مناطق شهری و صنعتی افزایش یابد. از سوی دیگر، مطالعات بیشتری برای ارزیابی ریسک مصرف ماهیان آلوده و تأثیرات احتمالی آن بر سلامت عمومی موردنیاز است. پیشنهاد می‌شود در پژوهش‌های آتی، علاوه بر بررسی گسترده‌تر گونه‌های ماهی، تأثیر عوامل محیطی مانند PH آب، دما و شرایط رسوبی بر میزان تجمع فلزات سنگین بررسی شود.

نتیجه گیری نهایی

یافته‌های این پژوهش نشان داد که در اکوسیستم آبی مشهد، غلظت اغلب عناصر سنگین، به‌جز آرسنیک، مولیبدن، نیکل و سرب، پایین‌تر از حد مجاز استانداردهای بین‌المللی بوده است. در مقابل، غلظت مولیبدن، نیکل و سرب به‌طور معناداری از حد مجاز فراتر رفت، در حالی که آرسنیک اختلاف معناداری با استانداردهای بهداشتی نداشت. ارزیابی خطر بهداشتی نیز نشان داد که مصرف روزانه و مداوم این محصولات، با در نظر گرفتن حداکثر مصرف روزانه قابل تحمل فلزات سنگین، برای گروه‌های سنی مختلف (کودکان و بزرگسالان) ایمن است، به‌جز در مورد نیکل و سرب که ممکن است خطراتی برای سلامت مصرف‌کنندگان ایجاد کند.

منابع

- ۱- حسینی الهاشمی ا، حسن زاده کیابی ب، وفايي خواه ن. ۱۳۹۲. ارزیابی ریسک مواجهه با فلزات سنگین سرب و کادمیوم ناشی از مصرف ۳ گونه ماهی پر مصرف در محدوده شهر اهواز، سومین همایش ملی سلامت محیط زیست و توسعه پایدار، بندر عباس، ۱-۱.
- ۲- خوشدونی فراهانی ز. ۱۳۹۹ ارزیابی تجمع فلزات سنگین در گونه هایی از آبزیان (ماهیان کپور، سالمون، قزلآلا، شیر و ۸۳-۷۵: (۳۷) ۱۰ میگوهای دریایی و تازه) بیولوژی کاربردی، سیف زاده م، گلشاهی ع، صفی یاری ش. ۱۳۹۷. میزان تجمع فلزات سنگین سرب و کادمیوم در ماهی قزلآلای پرورشی ناحیه تالش استان گیلان، پژوهش های علوم دامی، ۲۸(۲): ۶۵-۷۹.
- ۳- رفیعی غ، میر واقفی غ، رضائی توابع ک. ۱۳۸۷ تجمع زیستی فلزات سنگین مس، روی، آهن و منگنز در تخم ماهی قزل آلای رنگین کمان از مرحله لقاح تا تخم گشایی مجله علمی شیلات ایران، ۱۷(۴): ۶۶-۵۶.
- ۴- عزیزی ج، کریم نژاد ا، الردم حسینی م. ۱۳۹۹ بررسی فلزات سنگین و آب های ناسالم در ماهی های پرورشی قزل آلا و نقش آن در سلامتی انسان، ششمین کنفرانس بین المللی علوم صنایع غذایی کشاورزی ارگانیک و امنیت غذایی، ۱-۱.
- ۵- محمد خانی ن، هدایتی س. ع. مازندرانی م بیتا س، ۱۴۰۱. بررسی میزان فلزات سنگین سرب و کادمیوم در بافت عضله ماهیان پرورشی سردآبی استان گلستان، ۱-۱.
- ۶- نوروزی م، صادقی م. م باقری توانیم زندآوره ۱۳۹۸ تجمع فلزات سنگین در بافت های سه گونه ماهی در آبهای خلیج فارس و ارتباط آن با برخی مشخصات زیست سنجی فصلنامه علوم و تکنولوژی محیط زیست ۲۱ (۶): ۱۹۷-۲۱۲.
- 7- Jamil Emon F, Rohani MF, Sumaiya N, Tuj Jannat MF, Akter Y, Shahjahan M, Abdul Kari Z, Tahiluddin AB, Goh KW. Bioaccumulation and Bioremediation of Heavy Metals in Fishes-A Review. Toxics. 2023 Jun 6;11(6):510. doi: 10.3390/toxics11060510. PMID: 37368610; PMCID: PMC10302055.
- 8- Dixit R., Malaviya D., Pandiyan K., Singh U.B., Sahu A., Shukla R., Singh B.P., Rai J.P., Sharma P.K., Lade H., et al. Bioremediation of Heavy Metals from Soil and Aquatic Environment: An Overview of Principles and Criteria of Fundamental. Processes. Sustainability. 2015;7:2189-2212. doi: 10.3390/su7022189
- 9- Taslima K., Al-Emran M., Rahman M.S., Hasan J., Ferdous Z., Rohani M.F., Shahjahan M. Impacts of Heavy Metals on Early Development, Growth and Reproduction of Fish-A Review. Toxicol. Rep. 2022;9:858-868.

- doi: 10.1016/j.toxrep.2022.04.013.
- 10- Genchi G, Sinicropi MS, Lauria G, Carocci A, Catalano A. The Effects of Cadmium Toxicity. *Int J Environ Res Public Health*. 2020;17(11):3782. Published 2020 May 26.
 - 11- Olsen V, Mørland J. [Arsenic poisoning]. *Tidsskr Nor Laegeforen*. 2004 Nov 04;124 (21):2750-3.
 - 12- Carlin DJ, Naujokas MF, Bradham KD, Cowden J, Heacock M, Henry HF, Lee JS, Thomas DJ, Thompson C, Tokar EJ, Waalkes MP, Birnbaum LS, Suk WA. Arsenic and Environmental Health: State of the Science and Future Research Opportunities. *Environ Health Perspect*. 2016 Jul; 124(7):890-9.
 - 13- Gossel, T. A. (1994): Principles of Clinical Toxicology. CRC Press, pp. 1-20.
 - 14- Davies, J. (2007). The Pharmacological Basis of Therapeutics, BMJ Publishing Group Ltd.
 - 15- Harbison, R. D., Bourgeois, M. M. and Johnson, G. T. (2015): Hamilton and Hardy's Industrial Toxicology. John Wiley & Sons, pp. 1-5.
 - 16- Yannai S. and Sachs, K. 1993: Absorption and Accumulation of Cadmium, Lead and Mercury from Foods by Rats. *Food and chemical toxicology*, 31: pp 351-355.
 - 17- Marchlewicz, M., Wiszniewska, B., Gonet, B., Baranowska-Bosiacka, I., Safranow, K., Kolasa, A., et al. 2007: Increased Lipid Peroxidation and Ascorbic Acid Utilization in Testis and Epididymis of Rats Chronically Exposed to Lead. *Biometals*, 20: pp 13-19.
 - 18- Kortei NK, Heymann ME, Essuman EK, Kpodo FM, Akonor PT, Lokpo SY, Boadi NO, Ayim-Akonor M, Tettey C. Health risk assessment and levels of toxic metals in fishes (*Oreochromis niloticus* and *Clarias anguillaris*) from Ankobrah and Pra basins: Impact of illegal mining activities on food safety. *Toxicol Rep*. 2020 Feb 17; 7:360-369.
 - 19- . Amadi CN, Offor SJ, Frazzoli C, Orisakwe OE. Natural antidotes and management of metal toxicity. *Environ Sci Pollut Res Int*. 2019 Jun;26(18):18032-18052.
 - 20- . Balmes JR, Abraham JL, Dweik RA, Fireman E, Fontenot AP, Maier LA, Muller-Quernheim J, Ostiguy G, Pepper LD, Saltini C, Schuler CR, Takaro TK, Wambach PF., ATS Ad Hoc Committee on Beryllium Sensitivity and Chronic Beryllium Disease. An official American Thoracic Society statement: diagnosis and management of beryllium sensitivity and chronic beryllium disease. *Am J Respir Crit Care Med*. 2014 Nov 15;190(10):e34-59.
 - 21- Al Hammouri F, Darwazeh G, Said A, Ghosh RA. Acute thallium poisoning: series of ten cases. *J Med Toxicol*. 2011 Dec;7(4):306-11.

Determination of Heavy Metals and Risk Assessment for Consumers in Rainbow Trout

Reza Salighehzade^{1*}, Behnam Pedram¹, Kiarmin Keyvani², Shaqayeq Qannad³, Fateme Homayoon³

1-Department of Veterinary Medicine, Faculty of Veterinary Medicine, Islamic Azad University, Shushtar, Iran.

2-Doctor of Veterinary Medicine Graduate, Islamic Azad University, Shushtar Branch, Iran.

3-Doctor of Veterinary Medicine Student, Islamic Azad University, Shushtar Branch, Iran.

*Corresponding author: Salighehzadeh@yahoo.com

Abstract

Heavy metals are among the most significant environmental pollutants, and their accumulation in fish can pose serious health risks to humans. This study aimed to assess the concentration of selected heavy metals in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) and evaluate the potential risk for consumers in Mashhad. Fish samples were collected from aquaculture farms around Mashhad, and the concentrations of arsenic, cadmium, cobalt, chromium, copper, iron, manganese, molybdenum, nickel, lead, tin, and zinc in muscle tissue were measured using an atomic absorption spectrometer. Mercury accumulation was determined through electrochemical voltammetry using a Polarograph Metrom device. The obtained data were statistically analyzed. The results indicated that the concentrations of most elements, except arsenic, molybdenum, nickel, and lead, were significantly ($P \leq 0.05$) below the permissible limits. However, the concentrations of molybdenum, nickel, and lead were significantly ($P \leq 0.05$) above the safety threshold. The arsenic concentration showed no significant difference from international health standards ($P \geq 0.05$). Overall, this study suggests that rainbow trout farmed in Mashhad may pose potential health risks to consumers due to elevated levels of certain heavy metals. Therefore, implementing environmental regulations, particularly in industrial facilities, is crucial to reducing heavy metal contamination.

Keyword: Rainbow trout, Heavy metals, Lead, Cadmium, Nickel, Mashhad.