Journal of Marine Medicine
Autumn 2023, Volume 5, Issue 3
Pages: 196-203
10.30491/5.3.196

Determination of Lead and Cadmium Levels in Caspian kutum and Rainbow Trout Supplied in Gonbad Kavous

Sarina Jafari [1], Mohammad Hossein Movassagh [2*]

[1] D.V.M., Faculty of Veterinary Medicine, Shabestar Branch, Islamic Azad University, Shabestar, Iran
[2] Associate Professor, Department of Food Hygiene and Quality Control, Faculty of Veterinary Medicine, Shabestar Branch, Islamic Azad University, Shabestar, Iran

Received: 21 February 2023 **Accepted:** 5 September 2023

Abstract

Background and Aim: Various natural and human activities, non-biodegradability and toxicity of heavy metals even in low concentrations are among causative agents of aquatic ecosystem pollution, which can cause serious threat to the environment and humans. The aim of study was to investigate the level of lead and cadmium in the edible tissue (muscle and skin) of caspian kutum and rainbow trout in Gonbad Kavus, Iran and also to compare the accumulation levels with the European Union standard.

Methods: To investigate the concentration of lead and cadmium, 25 samples of caspian kutum and 25 samples of rainbow trout were randomly collected from fish supply centers in Gonbad Kavus, from April to June 2022. The levels of lead and cadmium in the samples were measured using the graphite furnace atomic absorption spectrometry technique.

Results: The concentration of lead and cadmium in Caspian white fish was 587±22.30 and 120.89±6.07 µg/kg and in rainbow trout 323.72±9.89 and 62.37±3.98 µg/kg, respectively. The levels of lead and cadmium in caspian kutum were significantly higher than those of rainbow trout ($P<0.05$). The amount of lead and cadmium in caspian kutum samples exceeded the EU standard limit, while the levels exceeded the EU standard limit in 30% and 36% of rainbow trout samples, respectively.

Conclusion: The levels of lead and cadmium heavy metals pollution were high in rainbow trout compared to caspian kutum in Gonbad Kavus, Iran. It is suggested that in order to find the causes of the pollution and provide suitable solutions, the amount of these heavy metals must be periodically measured in rainbow trout compared to caspian kutum in Gonbad Kavus, Iran. The influx of human and industrial sewage from Iran and other countries in the Caspian Sea and the lowering of the water level in the Caspian Sea increase the contamination of seafood with heavy metals. Therefore, the pollution of water resources in areas such as Gorgan Bay with sewage should be prevented.

Keywords: Rainbow Trout, Caspian kutum, Lead, Cadmium

[*]**Corresponding author:** Mohammad Hossein Movassagh, **Email**: drmhmg@gmail.com
Address: Faculty of Veterinary Medicine, Shabestar Branch, Islamic Azad University, Shabestar, Iran.

مجله طب دریا
دوره ۵، شماره ۳، پاییز ۱۴۰۲
صفحات: ۲۰۳-۱۹۶
10.30491/5.3.196

تعیین میزان سرب و کادمیوم در ماهی سفید و ماهی قزل‌آلای عرضه شده در شهر گنبد کاووس

سارینا جعفری [۱]، محمدحسین موثق [۲*]

[۱] دکترای حرفه ای، دانشکده دامپزشکی، واحد شبستر، دانشگاه آزاد اسلامی، شبستر، ایران
[۲] دکترای تخصصی بهداشت مواد غذایی، دانشیار بخش بهداشت مواد غذایی، دانشکده دامپزشکی، واحد شبستر، دانشگاه آزاد اسلامی، شبستر، ایران

دریافت مقاله: ۱۴۰۱/۱۲/۰۲ **پذیرش مقاله:** ۱۴۰۲/۰۶/۱۴

چکیده

زمینه و هدف: از علل آلودگی اکوسیستم آبی با فلزات سنگین می‌توان به فعالیت‌های مختلف طبیعی و انسانی، تجزیه‌ناپذیری زیستی و سمیت موجود در غلظت‌های کم فلزات اشاره کرد، که این علل می‌توانند تهدیدی جدی برای محیطزیست و انسان باشند. هدف از این مطالعه، بررسی میزان تجمع سرب و کادمیوم در بافت خوراکی (عضله و پوست) ماهی سفید دریا و قزل آلای پرورشی در شهر گنبد کاووس بود.

روش‌ها: به‌منظور بررسی غلظت‌های سرب و کادمیوم، ۲۵ نمونه ماهی سفید و ۲۵ نمونه ماهی قزل‌آلا از فروردین ماه تا خرداد ماه سال ۱۴۰۱ به‌صورت تصادفی از مراکز عرضه ماهی در شهر گنبدکاووس جمع‌آوری گردید. میزان سرب و کادمیوم در نمونه‌ها با استفاده از روش جذب اتمی با کوره گرافیتی اندازه‌گیری شد.

یافته‌ها: میزان غلظت سرب و کادمیوم در ماهی سفید به ترتیب ۵۸۷±۲۲/۳۰ و ۱۲۰/۸۹±۶/۰۷ میکروگرم در کیلوگرم و در ماهی قزل‌آلا ۳۲۳/۹±۷۲/۸۹ و ۶۲/۳۷±۳/۹۸ میکروگرم در کیلوگرم بود. ازلحاظ میزان سرب و کادمیوم مقادیر در نمونه‌های ماهی سفید به‌صورت معنی‌داری بیش از نمونه‌های ماهی قزل‌آلا بود. میزان سرب و کادمیوم در نمونه‌های ماهی سفید بیش از حد مجاز استاندارد اتحادیه اروپا بود در صورتی که در ماهی قزل‌آلا به ترتیب ۳۰٪ و ۳۶٪ کل نمونه‌ها بیش از حد استاندارد اتحادیه اروپا بودند.

نتیجه‌گیری: میزان آلودگی ماهی سفید با سرب و کادمیوم به نسبت ماهی قزل‌آلا در شهر گنبد کاووس بالا بود. پیشنهاد می‌شود که برای پیدا کردن علل و ارائه راهکار برای این موارد، میزان این فلزات به صورت دوره‌ای در ماهی سفید در شهر گنبد کاووس توسط ارگان‌های نظارتی اندازه‌گیری شود. ورود فاضلاب انسانی و صنعتی از ایران و سایر کشورهای حوزه دریای خزر و پائین آمدن تراز آب دریای خزر باعث تشدید آلودگی با فلزات سنگین در مواد غذایی با منشأ دریایی می‌شود. بنابراین از آلودگی منابع آبی مناطقی نظیر خلیج گرگان با فاضلاب‌ها باید جلوگیری شود.

کلیدواژه‌ها: ماهی سفید، ماهی قزل‌آلا، سرب، کادمیوم

*نویسنده مسئول: **محمدحسین موثق**. پست الکترونیک: drmhmg@gmail.com
آدرس: دانشکده دامپزشکی، واحد شبستر، دانشگاه آزاد اسلامی، شبستر، ایران.

مقدمه

اصطلاح "فلزات سنگین" به هر عنصر فلزی اشاره دارد که چگالی نسبتاً بالایی داشته و حتی در غلظت‌های کم نیز سمی است (۱). فلزات سنگین به ۳ روش به بدن ماهی نفوذ می‌کنند: از طریق آبشش، از طریق مسیر گوارش و از طریق سطح بدن (۲). یکی از علل ایجاد نگرانی در مصرف آبزیان، تجمع فلزات سنگین در بافته‌ای آبزیان است که تأثیرات منفی مختلف بر آبزیان دارد و باعث تغییرات رفتاری، کاهش رشد و افزایش مرگ‌ومیر آنها می‌شود (۳). سرب (Pb)، کادمیوم (Cd)، جیوه (Hg) به دلیل اثراتشان بر روی محیط‌زیست و گونه‌های آبزیان در محیط‌های آبی تهدیدی برای سلامت عمومی مصرف‌کنندگان غذای دریایی هستند (۴). سرب و کادمیوم هیچ عملکرد شناخته‌شده‌ای به‌عنوان مواد مغذی ندارند و به نظر می‌رسد کم و بیش برای گیاهان و میکروارگانیسم‌ها سمی باشند (۵). فلزات سنگین ازنظر سمیت برای موجودات زنده با همدیگر متفاوت هستند، به‌عنوان مثال برخی از آن‌ها نظیر سرب و کادمیوم بسیار سمی بوده و برخی دیگر نظیر آهن و مس برای بقای سلول‌ها ضروری هستند و سمیت بالایی ندارند (۶). نشان داده‌شده است که تجمع فلزات سنگین در بافت ماهی عمدتاً به غلظت فلزات سنگین در آب و دوره مواجهه با برخی عوامل محیطی مانند دمای آب، pH، شوری و سختی آب بستگی دارد (۷). میزان بالای سرب برای ماهی اثرات هماتولوژیک و عصبی ایجاد می‌کند (۸). سرب میل ترکیبی بالایی با گلبول‌های قرمز دارد که منجر به اثرات سمی بر عملکرد و ساختار غشاهای سلولی می‌شود و باعث استرس اکسیداتیو بالا در ماهی می‌شود (۹). استرس اکسیداتیو با قرار گرفتن در معرض سرب به‌عنوان سمیت عصبی باعث آسیب سیناپسی و اختلال در عملکرد ناقل عصبی در ماهی می‌شود (۱۰). سرب در غلظت‌های بالا سبب اختلال شنوایی، عقب‌ماندگی ذهنی در کودکان، کاهش وزن در بدو تولد، اختلال در عملکرد کبد، کلیه و سیستم ایمنی بدن، کم‌خونی، زایمان پیش از موعد و سقط‌جنین می‌گردد (۱۱). کادمیوم نادرترین عنصر پوسته زمین می‌باشد و مقادیر قابل‌توجه آن تنها در محیط‌های مجاور معادن فلزی و صنایع یافت می‌شوند (۱۲). کادمیوم سبب ایجاد بیماری به نام ایتایی ایتایی (بیماری روماتیسم یا تغییر شکل دردناک اسکلتی) در انسان می‌شود (۱۳). در انسان، قرار گرفتن در معرض طولانی‌مدت منجر به اختلال عملکرد کلیه می‌شود (۱۴). این فلزات به‌طور طبیعی یا در محیط دریایی توسط فعالیت‌های مختلف انسانی، عمدتاً فعالیت‌های بندری، استخراج منابع معدنی در محیط‌های دریایی و رودخانه‌ای یا تخلیه فاضلاب صنایع شیمیایی یا زباله‌های خانگی معرفی شده است (۴). حوضچه‌های ماهی قزل‌آلا معمولاً با آبی که از جوی‌ها یا چشمه‌های آبی گرفته می‌شود تغذیه می‌شوند (۱۵). از آمار سازمان خواربار و کشاورزی ملل متحد می‌توان دریافت که میانگین مصرف سرانه جهانی ماهی حدود ۱۷ کیلوگرم است. با این حال، میزان مصرف ماهی در مناطق مختلف جهان و کشورها متفاوت است (۱۶). متوسط مصرف سرانه ماهی آبزیان در ایران از ۸/۵ کیلوگرم در سال ۱۳۹۲ به ۱۲/۱ کیلوگرم در سال ۱۳۹۷رسیده است. با توجه به تجمع زیستی فلزات سنگین در گوشت ماهی کنترل میزان فلزات سنگین در ماهیان مصرفی در ایران بسیار حائز اهمیت می‌باشد (۱۷).

در مطالعه‌ای در کشورهای آفریقایی میزان سرب، کادمیوم و جیوه در ماهی و صدف بالاتر از حد مجاز اتحادیه اروپا بود (۴). شهره و همکاران در مطالعه‌ای به بررسی میزان کادمیوم، سرب و جیوه در برخی از گونه‌های ماهیان با ارزش دریای خزر و خلیج‌فارس پرداختند، نتایج نشان داد که به‌جز محتوای سرب در ماهی سیاه، در سایر گونه‌های ماهیان مقادیر فلزات سنگین در حد پائین بود (۱۸). آلودگی زیستگاه‌های دریایی با فلزات سنگین یک مشکل جدی در سطح جهانی است و تعیین میزان تجمع این آلاینده‌ها در بدن آبزیان می‌تواند از دو جنبه بوم‌شناختی و بهداشتی اهمیت داشته باشد. ازنقطه‌نظر بوم‌شناختی، غلظت باقیمانده این عناصر سنگین در بدن آبزیان، به‌عنوان نوعی شاخص را در مطالعات سم‌شناسی محیطی می‌باشد و از این طریق پایش دوره‌های محیط‌زیست و مدیریت آن میسر خواهد شد از دیدگاه بهداشتی نیز سلامت محصولات غذایی دریایی مورد مصرف انسانی را مورد ارزیابی قرار می‌دهد (۱۹). با توجه به گزارش‌هایی که در مورد میزان فلزات سنگین در آبزیان در ایران و سایر کشورها وجود دارد و ورود آلاینده‌های حاوی فلزات سنگین به رودخانه‌ها و خلیج گرگان در شمال کشور، هدف از این مطالعه تعیین میزان سرب و کادمیوم در ماهی قزل‌آلا و ماهی سفید عرضه شده در شهر گنبد کاووس بود.

روش‌ها

نمونه‌برداری در یک دوره سه‌ماهه از فروردین ماه تا خرداد ماه سال ۱۴۰۱ در شهر گنبد کاووس صورت گرفت و تعداد ۵۰ نمونه شامل: ۲۵ نمونه گوشت و پوست ماهی سفید و ۲۵ نمونه گوشت و پوست ماهی قزل‌آلا به صورت تصادفی ساده اخذ گردید. هرکدام از نمونه‌های جمع‌آوری شده، در زیپ کیپ‌های جداگانه قرار گرفتند و کدگذاری شدند و تا زمان تحویل به آزمایشگاه در دمای ۲۰- درجه سلسیوس نگهداری شدند. نمونه‌ها برای تعیین مقادیر سرب و کادمیوم به آزمایشگاه مرکزی دانشگاه خوارزمی ارسال شد. حدود ۵۰ الی ۱۰۰ گرم از هر نمونه پوست و عضله در دستگاه خشک‌کن انجمادی مدل Christ_LCG (ساخت کشور آلمان) به مدت ۱۰ ساعت در دمای ۵۵ درجه سلسیوس قرار گرفت تا کاملاً خشک شود. سپس توسط آسیاب برقی پودر شده و با روش هضم تر با اضافه نمودن مخلوط اسید نیتریک (HNO_3) (۹۸ درصد) و اسید پرکلریک ($HCLO_4$) (۹۸درصد) و حرارت ۱۵۰ درجه سلسیوس هضم شده و پس از هضم، نمونه‌ها که به‌تدریج به حرارت آزمایشگاه رسیدند به هر لوله ۲ میلی‌لیتر آب‌اکسیژنه اضافه شد تا

جایی که نمونه‌ها شفاف شوند. محلول‌ها توسط کاغذ صافی (واتمن شماره ۴۲) صاف گردیدند و با استفاده از آب مقطر به حجم ۵۰ میلی‌لیتر رسانده شدند. در پایان پس از آماده‌سازی، غلظت سرب و کادمیوم نمونه‌ها با دستگاه جذب اتمی حاوی کوره گرافیتی(مدل ۴۱۰۰ Perkin Elmer ساخت کشور انگلستان) اندازه‌گیری شدند (۲۰،۲۱). تمام مواد شیمیایی مورد استفاده ساخت شرکت مرک (آلمان) بود.

این مطالعه طبق کد شناسه اخلاق IR.IAU.TABRIZ.REC.1401.178 مجوز کمیته اخلاق را برای انجام مطالعه دریافت کرده است.

آنالیز آماری: داده‌ها بعد از تست نرمال بودن با آزمون کولموگروف–اسمیرنوف، برخی از شاخص‌های آماری همچون میانگین و مقدار انحراف معیار محاسبه شدند. دو گروه موردمطالعه از نظر متغیرهای مورد ارزیابی با استفاده از آزمون تی مستقل مقایسه شدند. برای مقایسه میانگین داده‌ها با حد استاندارد از آزمون تی تک نمونه‌ای استفاده شد، سپس فراوانی نمونه‌هایی که بیشتر از مقدار استاندارد بودند تعیین گردید. همه آزمون‌های آماری با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۲ انجام شد. سطح معنی‌دار بودن ۹۵٪ ($p<۰/۰۵$) در نظر گرفته شد.

نتایج

با توجه به نتایج حاصله محدوده میزان سرب در ماهی قزل‌آلا و ماهی سفید به ترتیب ۴۳۱–۲۴۳ و ۷۸۲–۴۱۴ میکروگرم در کیلوگرم بود و محدوده میزان کادمیوم در ماهی قزل‌آلا و سرب به ترتیب ۳۱/۷۰–۱۰۳/۸۰ و ۷۴/۵۰–۱۸۰/۲۰ میکروگرم در کیلوگرم بود. با توجه به مقایسه آماری میانگین سرب و کادمیوم در ماهیان قزل‌آلا و سفید در شهر گنبد کاووس میزان هر دو فلز در ماهی سفید بیش‌تر از ماهی قزل‌آلا بود ($p<۰/۰۵$) (جدول–۱).

طبق استاندارد اتحادیه اروپا حد مجاز سرب ۳۰۰ میکروگرم در کیلوگرم و حد مجاز کادمیوم ۵۰ میکروگرم در کیلوگرم ماهی می‌باشد (۲۲). نتایج نشان داد که ۱۰۰ درصد نمونه‌های ماهی سفید ازنظر میزان باقی‌مانده سرب و کادمیوم بیش از حد استاندارد اروپا بودند (جدول–۲). نتایج مقایسه آماری میانگین باقی‌مانده سرب و کادمیوم با حد استاندارد اتحادیه اروپا نشان داد که میزان سرب و کادمیوم بیش از حد استاندارد اروپا در هر دو نوع ماهی بود ($p<۰/۰۵$).

جدول–۱. مقایسه میانگین میزان سرب و کادمیوم در نمونه‌های ماهی قزل‌آلا و ماهی سفید در شهر گنبد کاووس

نوع محصول	سرب		کادمیوم	
	ماهی قزل‌آلا	ماهی سفید	ماهی قزل‌آلا	ماهی سفید
	میکروگرم در هر کیلوگرم	میکروگرم در هر کیلوگرم	میکروگرم در هر کیلوگرم	میکروگرم در هر کیلوگرم
میانگین	۳۲۳/۷۲	۵۸۷/۰۰	۶۲/۳۷	۱۲۰/۸۹
انحراف معیار	۹/۸۹	۲۲/۳۰	۳/۹۸	۶/۰۷
مقدار t	۱۰/۷۹		۸/۰۷	
p-value	۰/۰۰۰۱		۰/۰۰۰۱	

جدول–۲. میانگین میزان سرب و کادمیوم و درصد نمونه‌های بیش از حد مجاز در نمونه‌های ماهی قزل‌آلا و ماهی سفید عرضه شده در شهر گنبد کاووس

خصوصیت	میزان سرب میکروگرم در هر کیلوگرم (*۳۰۰ میکروگرم در هر کیلوگرم)		میزان کادمیوم میکروگرم در هر کیلوگرم (*۵۰ میکروگرم در هر کیلوگرم)	
	ماهی قزل‌آلا	ماهی سفید	ماهی قزل‌آلا	ماهی سفید
میانگین ± انحراف معیار	۳۲۳/۷۲±۹/۸۹	۵۸۷/۲۲±۰۰/۳۰	۶۲/۳±۳۷/۹۸	۱۲۰/۶±۸۹/۰۷
درصد نمونه‌های بیش از حد مجاز استاندارد اتحادیه اروپا	٪ ۶۰	٪ ۱۰۰	٪ ۷۲	٪ ۱۰۰

استاندارد اتحادیه اروپا(۲۲)

بحث

در مطالعه حاضر بافت عضله ماهی به دلیل نقش مهمی که در تغذیه انسان و لزوم اطمینان از سلامت آن دارد مورد بررسی قرارگرفته است و مشخص شد که به صورت کلی میزان آلودگی به عناصر سنگین سرب و کادمیوم بسیار قابل‌توجه و بیشتر از سطح استاندارد اتحادیه اروپا است. با توجه به نتایج مطالعات مختلف بر روی غلظت فلزات سنگین بر عضله انواع گونه‌های ماهی نشان می‌دهد که بافت عضله در جذب فلزات سنگین فعال نیست (۲۳)،

در صورتی که در این مطالعه میزان سرب و کادمیوم در نمونه عضله و پوست ماهیان در مقایسه با حد مجاز استاندارد اتحادیه اروپا بالاتر بود.

مطالعات مختلف در ایران و سایر نقاط جهان نتایج مختلفی را در رابطه با سرب و کادمیوم در گونه‌های مختلف در بافت عضله نشان می‌دهد. در مطالعه‌ای بر روی ۶۰ نمونه ماهی شوریده و سرخو در خلیج‌فارس، میانگین میزان سرب و کادمیوم در عضله ماهی سرخو به ترتیب ۰/۴۴۲ و ۰/۰۶۳ و در ماهی شوریده به ترتیب ۰/۴۸ و ۰/۰۶۴ میلی‌گرم در هر کیلوگرم بود (۲۴) که از ماهی سفید موردمطالعه کمتر و از قزل‌آلا بیشتر است. در مطالعه‌ای در سال ۱۳۹۴ غلظت سرب در ماهی قزل آلای پرورشی در استان گیلان موردبررسی قرار گرفت. میانگین میزان سرب در عضله ماهی قزل‌آلا ۰/۳۷ میلی‌گرم در کیلوگرم بود که میزان سرب بیش از مقدار مطالعه کنونی می‌باشد (۲۵).

در مطالعه‌ای در سال ۱۳۹۴ در خلیج گرگان بر روی عضله کفال طلایی میزان سرب و کادمیوم به ترتیب ۸۶۳۲ و ۲۵۲/۰۵ میکروگرم در کیلوگرم بود که از نتایج مطالعه حاضر بیشتر است (۲۳)، در مطالعه‌ای که Omwenga و همکاران (۲۰۱۴) بر روی ۲۱۷ نمونه از ماهیان پرورشی شهرستان کیامبو و موچاکوس کشور کنیا انجام داده‌اند، میانگین سرب و کادمیوم در عضله ماهی در شهرستان کیامبو به ترتیب ۲/۲۲±۳/۷۸ و ۲/۴۸±۱/۶۶ میلی‌گرم در کیلوگرم بود و در شهرستان موچاکوس به ترتیب ۲۲/۹۶±۱۲/۲۲ و ۱/۱۳±۱/۱۲ میلی‌گرم در کیلوگرم بود (۲۶) که همخوانی با نتایج تحقیق کنونی نداشت. شهره و همکاران (۲۰۲۰) میانگین غلظت سرب و کادمیوم را در ماهی سفید سواحل دریای خزر ۰/۱۹۶ و ۰/۰۱۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم گزارش کردن که در مقایسه با نتایج کنونی کمتر می‌باشد (۱۸).

Oyeleke و همکاران (۲۰۱۸) در مطالعه‌ای بر روی ماهی تیلاپیا (رودخانه Eleyele در شهر Ibadan) در جنوب غرب نیجریه میزان سرب و کادمیومرا تعیین نمودند که میانگین سرب و کادمیوم به ترتیب ۳/۸۹±۶/۶۹ و ۰/۷۱±۱/۳۰ میلی‌گرم در کیلوگرم بود (۷)، که با نتایج مطالعه حاضر مطابقت دارد و از حد مجاز بیشتر است. در مطالعه حسن‌پور و همکاران (۲۰۱۴) بر روی ۲۰ قطعه ماهی سفید از تالاب بین‌المللی میانکاله میزان سرب ۰۸/۲۱±۲/۰ و کادمیوم ۰/۰۶±۰/۳۹ میکروگرم بر گرم بود (۲۷)، در سال ۲۰۱۸ مطالعه‌ای بر روی ۳۰ قطعه قزل‌آلا از یک حوضچه پرورش ماهی در شهرستان سنندج انجام گرفت که میزان سرب و کادمیوم به ترتیب ۲۳/۶۵ و ۰/۱۶ میکروگرم در گرم بود (۲۸)، در مطالعه عسکری ساری و ولایت زاده (۲۰۱۳) بر روی ۳۶ عدد ماهی سفید، کفال طلایی و کپور معمولی از بازار تهران میزان سرب به ترتیب ۰/۴۶، ۰/۵۸ و ۰/۴۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن تر بود (۲۹)، در مطالعه‌ای دیگر که در سال ۲۰۱۲ در مورد تعیین میزان کادمیوم بر روی ۴۲ نمونه ماهی شوریده در بنادر صیادی آبادان و بندرعباس صورت گرفت، میزان کادمیوم ۰/۰۵۶±۰/۲۷۹ میلی‌گرم در کیلوگرم بود، که با نتایج حاضر مطابقت دارند و بیشتر از حد مجاز است (۳).

در تحقیق سیریزی و همکاران (۱۳۹۱) میانگین سرب و کادمیوم در عضله ۲۶ اردک‌ماهی تالاب انزلی به ترتیب ۰/۲۲ و ۰/۸۲ میلی‌گرم در کیلوگرم بود (۳۰) و در مطالعه موسوی ندوشن و همکاران (۲۰۱۳) که بر روی عضله ۳۰ نمونه ماهی شیربت از رودخانه دز داشتند، میانگین سرب و کادمیوم به ترتیب ۰/۰±۲۳۶/۰۵۰ و ۰/۰۰۶±۰/۱۱۱ میلی‌گرم در کیلوگرم بود (۱۳) که میزان سرب در مطالعه کنونی بالاتر از نتایج دو مطالعه فوق بود که علت آن می‌تواند به علت افزایش آلودگی آب با فاضلاب‌های خانگی و صنعتی منطقه باشد. همچنین نتایج حاصل از مطالعه شکر زاده و ساروی (۲۰۱۰) مبنی بر تعیین غلظت سرب، کادمیوم، روی و کروم در آب و برخی از ماهیان سواحل گرگان نشان داد که میزان تجمع سرب از سایر فلزات بالاتر بود (۳۱)، که با نتایج مطالعه کنونی مطابقت دارد و به نظر می‌آید که در منطقه خلیج گرگان میزان آلودگی با سرب و کادمیوم بالا می‌باشد و احتمال ورود پساب در منابع آبی منطقه وجود دارد و کاهش تراز آبی دریای خزر هم باعث تشدید میزان آلودگی در آب شده است.

در مطالعه‌ای که غلامحسینی و همکاران در سال ۱۳۹۹ برای تعیین میزان تجمع زیستی فلزات سنگین در ۸ گونه ماهی صیدشده در ساحل شمالی تنگه عمان انجام دادند. میزان فلزات سنگین با روش جذب اتمی تعیین گردید. میانگین میزان کادمیوم و سرب به ترتیب ۱۴/۰۰۳±۰/۰ و ۰/۰۵۴±۰/۴۹ میلی‌گرم در کیلوگرم بود. با توجه به نتایج مطالعه کنونی میزان سرب در ماهی سفید بیش‌تر و ازلحاظ میزان کادمیوم در ماهی سفید کم‌تر از نتایج مطالعه غلامحسینی و همکاران بود که می‌تواند به تفاوت نوع گونه‌های موردبررسی و محل صید ماهیان مرتبط باشد (۳۲).

در تحقیق شیری و همکاران (۱۳۹۹) در بندر چابهار بر روی میزان فلزات سنگین در ماهی زبان گاوی نتایج نشان داد که میزان کادمیوم و سرب در فصل گرم سال به ترتیب ۰/۰۱۲±۰/۳۳۴ و ۲۸/۶۶±۱/۰ میلی‌گرم در کیلوگرم بود. که میزان هر دو فلز بیشتر از نتایج مطالعه کنونی در ماهی سفید دریایی می‌باشد (۳۳).

مقایسه میانگین غلظت فلزات به‌دست‌آمده در ماهی سفید با استاندارد اتحادیه اروپا نشان داد که غلظت سرب و کادمیوم از استاندارد موردنظر بالاتر می‌باشد. آلودگی سرب در محیط‌های دریایی به سبب نزولات جوی، سوخت‌های قایق‌های موتوری و روغن‌های مستعمل ، تخلیه فاضلاب‌های صنعتی، صنایع آبکاری و تجهیزات الکترونیکی، و رهاسازی سرب از رنگ بدنه قایق موتوری‌ها و کشتی‌ها است (۲۷). غلظت نسبتاً بالای کادمیوم را می‌توان به پساب‌های کشاورزی که یکی از مهم‌ترین منابع آلوده‌کننده دریا می‌باشد نسبت داد. در واقع استفاده از سم‌ها و کودهای کشاورزی نه بر اساس نیاز زمین‌های کشاورزی بلکه بر

اساس عادت‌های کشاورزان می‌باشد. در نتیجه میزان زیادی از آلاینده‌ها که شامل فلزات سنگین نیز می‌شود وارد دریای خزر شده و قسمت بسیار زیادی از این آلاینده‌ها بر روی رسوبات بستر دریا ته نشست پیدا می‌کنند. ازآنجایی‌که افرائی و همکاران نشان دادند غذای عمده ماهی سفید از جاندارانی که در کف دریا و بر روی رسوبات بستر زندگی می‌کنند تأمین می‌شود می‌توان این دو مورد را از مهم‌ترین منبع‌های افزایش میزان کادمیوم و سرب در ماهی‌های سفید موردمطالعه دانست (۱۱). به نظر می‌رسد که در منطقه خلیج گرگان آلودگی با فلزات سنگین بالا می‌باشد و تجمع آلودگی‌ها در آب می‌تواند منجر به مشاهده تجمع بافتی سرب و کادمیوم در گوشت ماهیان صیدشده در این منطقه گردد و احتمال بالا بودن میزان فلزات سنگین در ماهی سفید ورود فاضلاب‌های خانگی و صنعتی در آب این منطقه می‌تواند باشد.

مقایسه غلظت‌های اندازه‌گیری شده سرب و کادمیوم در اندام عضله ماهی قزل‌آلا با استاندارد اتحادیه اروپا نشان داد، غلظت سرب و کادمیوم بیش از حد مجاز تعیین شده است، بالاتر بودن میزان این دو فلز از استاندارد اتحادیه اروپا می‌تواند به‌عنوان یک هشدار در نظر گرفته شود. دلیل آن می‌تواند افزودنی‌های حوضچه‌ها و همچنین آلودگی آب رودخانه‌هایی که حوضچه‌های پرورش ماهی از آن تغذیه می شوند با فاضلاب باشد (۳۴). احتمال ورود فاضلاب‌های صنعتی و خانگی به رودخانه‌ها و استفاده از آب رودخانه‌ها در پرورش ماهی می‌تواند باعث افزایش میزان تجمع سرب و کادمیوم در گوشت ماهی قزل‌آلا گردد.

علت اختلاف تجمع فلزات سنگین در تحقیقات مختلف با توجه به شرایط اکولوژیک و زیستی و فعالیت‌های متابولیکی متفاوت است و به محل زندگی، زمان ماندگاری فلزات سنگین، عادت‌های تغذیه‌ای، اندازه، سن، سطح غذا و فعالیت‌های تنظیمی هموستازی بدن ماهی نیز بستگی دارد. همچنین نتایج گزارش‌شده توسط دستگاه‌های جذب اتمی مختلف و روش سنجش فلزات سنگین نیز می‌تواند تأثیرگذار باشد (۳).

نتیجه‌گیری

در این مطالعه، میانگین سرب در ماهی سفید و ماهی قزل‌آلا به ترتیب ۲۲/۳۰±۵۷۸/۰۰ و ۹/۸۹±۳۲۳/۷۲ میکروگرم در کیلوگرم بود درحالی‌که حد مجاز سرب ۳۰۰ میکروگرم در کیلوگرم به‌دست‌آمده و بیانگر این است که هر دو نمونه موردمطالعه بیش از حد مجاز هستند. میانگین کادمیوم در ماهی سفید ۶/۰۷±۱۲۰/۸۹ میکروگرم در کیلوگرم و در ماهی قزل‌آلا ۳/۹۸±۶۲/۳۷ میکروگرم در کیلوگرم است و حد مجاز کادمیوم ۵۰ میکروگرم در کیلوگرم می‌باشد که در این فلز نیز هر دو نمونه موردمطالعه بالاتر از حد مجاز می‌باشند. ازلحاظ میزان سرب و میزان کادمیوم مقادیر در نمونه‌های ماهی سفید به صورت معنی‌داری بیش از نمونه‌های ماهی قزل‌آلا بود. میزان سرب و کادمیوم در نمونه‌های ماهی سفید بیش از حد مجاز استاندارد اتحادیه اروپا بود در صورتی که در ماهی قزل‌آلا در سرب و کادمیوم به ترتیب ۳۰ درصد و ۳۶ درصد کل نمونه‌ها بیش از حد استاندارد اتحادیه اروپا بودند. میزان آلودگی ماهی سفید توسط فلزات سرب و کادمیوم به نسبت ماهی قزل‌آلا در شهر گنبد کاووس بالا بوده است. پیشنهاد می‌شود که برای پیدا کردن علت و ارائه راهکار برای این موارد، میزان این فلزات به صورت دوره ایی در ماهی سفید در شهر گنبد کاووس کنترل شود. عوامل مختلفی از قبیل وضعیت فیزیولوژیک، عادات غذایی، ژنتیک، اندازه و همچنین شرایط محیط زیستی بر تجمع عناصر سنگین در بافت‌های مختلف بدن آبزیان مؤثرند. به نظر می‌رسد ورود فاضلاب انسانی و صنعتی از ایران و سایر کشورهای حوزه دریای خزر و پائین آمدن تراز آب دریای خزر باعث تشدید آلودگی با فلزات سنگین در مواد غذایی با منشأ دریایی می‌شود. با ایجاد شبکه جمع‌آوری فاضلاب شهری و مدیریت پسماندهای صنعتی می‌توان میزان آلودگی منابع آبی در حوزه دریای خزر را کاهش داد.

تشکر و قدردانی: این مقاله برگرفته از پایان‌نامه مقطع دکترای حرفه‌ای رشته دامپزشکی دانشگاه آزاد اسلامی واحد شبستر با کد شناسایی ۱۹۵۲۱۳۸۰۱۳۲۸۱۹۱۴۰۰۱۶۲۳۵۴۵۸۲می‌باشد. بدین‌وسیله از همکاری جناب آقای دکتر مسعود مشهدی اکبر بوجار برای آنالیز آزمایشگاهی نمونه‌ها و جناب آقای دکتر علی‌رضا احمدزاده برای کمک در تجزیه‌وتحلیل آماری داده‌ها تقدیر و تشکر به عمل می‌آید.

نقش نویسندگان: همه نویسندگان در نگارش اولیه مقاله یا بازنگری آن سهیم بودند و همه با تایید نهایی مقاله حاضر، مسئولیت دقت و صحت مطالب مندرج در آن را می پذیرند.

تضاد منافع: نویسندگان تصریح می کنند که هیچ گونه تضاد منافعی در مطالعه حاضر وجود ندارد.

منابع

1. Duruibe, J.O., Ogwuegbu, M.O.C. and Egwurugwu, J.N. Heavy metal pollution and human biotoxic effects. International Journal of physical sciences. 2007; 2(5), 112-118.
2. Al-Kshab, A.A. and Yehya, O.Q. Determination of the lethal concentration 50% (LC50) of lead chloride and its accumulation in different organs of Gambusia affinis fish. Iraqi Journal of Veterinary Sciences. 2021; 35(2) .361-367. doi:10.33899/ijvs.2020.126853.1401
3. Askary Sary, A., Javahery Baboli, M., Mahjob, S., Velayatzadeh, M. The comparison

of heavy metals (Hg, Cd, Pb) in the muscle of Otolithes ruber in Abadan and Bandar Abbas Ports, the Persian Gulf. Iranian Journal of Scientific Fisheries. 2012; 21(3), 99-106.
4. Tamele, I.J. and Vázquez Loureiro, P. Lead, mercury and cadmium in fish and shellfish from the Indian Ocean and Red Sea (African Countries): Public health challenges. Journal of Marine Science and Engineering. 2020; 8(5), .344. doi:10.3390/jmse8050344
5. Benavides, M.P., Gallego, S.M. and Tomaro, M.L. Cadmium toxicity in plants. Brazilian journal of plant physiology. 2005; 17, 21-34. doi:10.1590/S1677-04202005000100003
6. Amini, G., Shiry, N., Soltanian, S., Mohsen, A. Health risk assessment of some toxic trace metals in captured shrimps from the northern coasts of Oman Sea. Journal of Food Hygiene. 2018; 8(4), 49-65.
7. Oyeleke, P.O., Okparaocha, F.J. and Abiodun, O.A. Human health risk assessment of heavy metals (Lead, Cadmium and Copper) in fresh water tilapia fish (Oreochromis niloticus) from Eleyele River, Ibadan, Southwestern Nigeria. J Chem Res. 2018; 3(4), 134-142.
8. Martinez, C.B.R., Nagae, M.Y., Zaia, C.T.B.V. and Zaia, D.A.M. Acute morphological and physiological effects of lead in the neotropical fish Prochilodus lineatus. Brazilian Journal of Biology. 2004; 64, 797-807. doi:10.1590/S1519-69842004000500009
9. Ishaque, A., Ishaque, S., Arif, A. and Abbas, H.G. Toxic effects of lead on fish and human. Journal of Biological and Clinical Sciences Research. 2020; (47).1-7. doi:10.54112/bcsrj.v2020i1.47
10. Lee, J.W., Choi, H., Hwang, U.K., Kang, J.C., Kang, Y.J., Kim, K.I. and Kim, J.H. Toxic effects of lead exposure on bioaccumulation, oxidative stress, neurotoxicity, and immune responses in fish. A review. Environmental toxicology and pharmacology. 2019; 68, 101-108. doi:10.1016/j.etap.2019.03.010
11. Sinka Karimi, M.H., Sadeghi Bajgiran, S. Consumption limit for Caspian with fish in stand of Cadmium and Lead from Southeastern coast of Caspian Sea.. Zanko Journal of Medical Sciences. 2015; 16(49), 32-43.
12. Shiri, N., Gholamhosseini, A., Salighehzadeh, A., Rahbar, A., Drekhshesh, N. Determination of the hygienic quality of Astacus leptodactylus captured from Haft Barm lakes, Fars Province (Iran) in terms of trace metals accumulated in the product. Journal of Food Hygiene. 2020; 10(4), 17-28.
13. Musavi-Nadushan, R., Salimi, L. and Zaheri-AbdehvandAbvehvand, L. Determining the concentrations of nickel, lead and cadmium in Barbus grypus of Dez River, Iran. Journal of Mazandaran University of Medical Sciences. 2014; 23(110), 232-236.
14. Verma, R. and Dwivedi, P. Heavy metal water pollution-A case study. Recent Research in Science and Technology. 2013; 5(5), 98-99.
15. Sidoruk, M. and Cymes, I. Effect of water management technology used in trout culture on water quality in fish ponds. Water. 2018; 10(9), .1264. doi:10.3390/w10091264
16. Mielcarek, K., Nowakowski, P., Puścion-Jakubik, A., Gromkowska-Kępka, K.J., Soroczyńska, J., Markiewicz-Żukowska, R., Naliwajko, S.K., Grabia, M., Bielecka, J., Żmudzińska, A. and Moskwa, J. Arsenic, cadmium, lead and mercury content and health risk assessment of consuming freshwater fish with elements of chemometric analysis. Food Chemistry. 2022; 379, p.132167. doi:10.1016/j.foodchem.2022.132167
17. Pangh, E., Adeli, A., Taghani, T. Investigating the trend of fish consumer's behavior in the villages of coastal of Golestan province. Journal of Fisheries. 2022; 75(1), 153-167.
18. Shohreh, P., Azizkhani, M. and Mousavi, S. Evaluation of Cadmium, Lead and Mercury Contents in Some Commercially Valuable Fish Species of Caspian Sea and Persian Gulf. Iranian Journal of Veterinary Medicine. 2020; 14(4), 433-441.
19. Gholamhosseini, A., Shiry, N., Soltanian, S., Salighehzadeh, R. Heavy metals amount remained in the muscle and hepatopancreas of Chabahar Bay's Pharaoh Cuttlefish (Sepia pharaonis) compared to the global guidelines (WHO & FAO). Journal of Marine Biology. 2019; 11 (3) :51-60.
20. Bladwin D.R. and Marshall W.J. Heavy metal poisoning and its laboratory investigation. Annals of Clinical Biochemistry. 1999; 36: 267-300.doi:10.1177/000456329903600301
21. Association of official Analytical Chemists. Atomic absorption method for fish. 13th ed. Washington USA. 1980.
22. European Commission. Setting maximum levels for certain contaminants in foodstuffs, Commission Regulation (EC) No 1881/2006; Available from: https://eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2006:364:0005:0024:EN:PDF
23. Banagar, Gh., Alipour, H., Hasanpour, M., Golmohammadi, S. Assessment of humen health risk for cadmium and lead in muscle of Liza auratus and Liza Saliens from Gorgan Gulf.

Journal of Wetland Ecobiology, Islamic Azad University, Ahvaz Branch. 2015; 7(24), 33-42.
24. Shahriari, A. Determination of heavy metals (Cd, Cr, Pb, Ni) in edible tissues of Lutjans Coccineus and Tigeratooh Croaker In the Persian Gulf-2003. Journal of Gorgan University of Medical Sciences. 2005; 7(2), 65-67.
25. Nekuie Fard, A., Moradi, Y., Seidgar, M., Javan, S., Aghebati, S. The study of heavy metals (Lead and Iron) contamination in cultured Oncorhynchus mykiss of Guilan province. Iranian Journal of Scientific Fisheries. 2015; 24(2), 143-149.
26. Omwenga, I., Kanja, L., Nguta, J., Mbaria, J. and Irungu, P. Assessment of lead and cadmium residues in farmed fish in Machakos and Kiambu counties, Kenya. Toxicological & Environmental Chemistry. 2014; 96(1), 58-67. doi:10.1080/02772248.2014.911541
27. Hassanpour, M., Rajaei, G., SinkaKarimi, M., Ferdosian, F. and Maghsoudloorad, R. Determination of heavy metals (Pb, Cd, Zn and Cu) in Caspian kutum (Rutilus frisii kutum) from Miankaleh international wetland and human health risk. Journal of Mazandaran University of Medical Sciences. 2014; 24(113), 163-170.
28. Tahsini, H., Ahmadpour, M., Sinkakarimi, M.H. Assessment of cadmium and lead concentration in rainbow trout of (Oncorhynchus mykiss) and calculation the food consumption risk. Iranian Journal of Health and Environment. 2018; 11(2), 215-224.
29. Askary Sary, A., Velayatzadeh, M. Bioaccumulation Lead and Zinc metals in the liver and muscle of Cyprinus carpio, Rutilus frisii kuttom and Liza auratus. Journal of Food Hygiene. 2013; 3(1), 89-99.
30. Ebrahimi Sirizi, Z., Sakizadeh, M., Esmaili Sari, A., Bahramifar, N., Ghasempouri, S.M., Abbasi, K. Survey of Heavy Metals (Cd, Pb, Cu and Zn) Contamination in Muscle tissue of Esox luciusn from Anzali International Wetland: Accumulation and Risk Assessment. Journal of Mazandaran University of Medical Sciences. 2012; 22(87), 57-63.
31. Shokrzadeh, M. and Saeedi Saravi, S.S. The study of heavy metals (lead, cadmium, and chromium) in three species of most consumed fish sampled from Gorgan coast (Iran), 2008. Toxicological & Environmental Chemistry. 2010; 92(1), 71-73. doi:10.1080/02772240902830730
32. Gholamhosseini, A., Shiry, N., Soltanian, S., Banaee, M. Bioaccumulation of metals in marine fish species captured from the northern shores of the Gulf of Oman, Iran. Regional Studies in Marine Science. 2021; 41, p.101599. doi:10.1016/j.rsma.2020.101599
33. Shiry, N., Derakhshesh, N., Gholamhosseini, A., Pouladi, M., Faggio, C. Heavy metal concentrations in Cynoglossus arel (bloch & schneider, 1801) and sediment in the chabahar bay, Iran. International Journal of Environmental Research. 2021; 15(5), 773-784. doi:10.1007/s41742-021-00352-y
34. Seifzadeh, M., Golshahi, E., Safiyari, Sh. Study the concentrations of lead and cadmium in farmed rainbow trout (Oncorhynchus mykiss) in Talesh of Guilan. Journal of Animal Science Researches. 2018; 28(2), 65-79.