Journal of Animal Biology, Winter 2025; 17(2):35-44

ISSN: 1735-9724

Research Article

Study of Heavy Metals in Farmed Rainbow Trout in Sousan-e Sorkhab Andika

Valid Chenaneh[1], Reza Salighehzadeh[1*], Mohsen Pournia[2], Marjan Mosafer[3]

1-Department of Veterinary, Shoushtar Branch, Islamic Azad University, Shoushtar, Iran
2-Department of Microbiology, Masjed-Soleiman Branch, Islamic Azad University, Masjed-Soleiman, Iran
3- Department of Marine Biology, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran
*Corresponding author: rezasalighehzadeh@yahoo.com

Received: 11 July 2024 Accepted: 6 October 2024

DOI:

Abstract

With the transfer of pollutants to the aquatic environment, there is a possibility of absorption and accumulation of some heavy metals in the tissues of the fish body through the food chain or water. The higher average concentration of heavy metals in fish compared to international standards can be considered as a serious alarm for relevant officials and institutions because the continuous use of this products can cause dangerous diseases. Therefore, the purpose of the present study was to study heavy metals in farmed rainbow trout of SosanSorekh region of Andika water. For this purpose, this study was carried out on the farmed trout fish of SosanSorekh region of Andika water. After preparing samples from fish, measuring the concentration of heavy metals remaining in fish muscle, including As, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Hg, Mn, Mo, Ni, Pb, Sn and Zn was measured. Results showed that Zn and Cd were the maximum and minimum concentrations in meat of rainbow trout. Compared the values of heavy metals measured with international hygienic standards showed that the concentration of all metals were significantly lower than the limit ($p < 0.05$). The assessment of health risk showed that daily and continuous consumption of these products by consumers except Pb, Hg and As is completely safe and there is no risk for them. The mean concentration of all measured heavy metals were less than global standards. Estimation of daily receiving in all metals, except for As and Pb, showed that the use of rainbow trout did not currently cause a danger for human health, However, in order to prevent the occurrence of potential pollution in the future, management should be paid more attention to these pollutants and resources.

Keywords: Heavy metals, *Oncorhynchus mykiss*, Sousan-e Sorkhab, Assessment of health risk

زیست‌شناسی جانوری، سال هفدهم، شماره دوم، زمستان ۱۴۰۳، صفحات ۴۴-۳۵
ISSN:۱۷۳۵-۹۷۲۴

مقاله پژوهشی

مطالعه فلزات سنگین در ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان پرورشی منطقه سوسن سرخآب اندیکا

ولید چنانه[۱]، رضا سلیقه‌زاده[۱*]، محسن پورنیا[۲]، مرجان مسافر[۳]

۱-گروه دامپزشکی، واحد شوشتر، دانشگاه آزاد اسلامی، شوشتر، ایران
۲-گروه میکروبیولوژی، واحد مسجدسلیمان، دانشگاه آزاد اسلامی، مسجدسلیمان، ایران
۳-گروه بیولوژی دریا، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران
*مسئول مکاتبات: rezasalighehzadeh@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۴/۲۱ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۷/۱۵

DOI:

چکیده

انتقال آلاینده‌ها به محیط‌های آبی و جذب و انباشته‌شدن برخی از فلزات سنگین در درون بافت‌های بدن ماهی از طریق زنجیره غذایی به عنوان زنگ خطری جدی برای مسئولان و نهادهای ذیربط به شمار می‌آید زیرا استفاده مداوم از این محصولات می‌تواند سبب بروز بیماری‌های خطرناک گردد. لذا هدف از انجام مطالعه حاضر، مطالعه فلزات سنگین در ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان پرورشی منطقه سوسن سرخاب اندیکا بود. بدین منظور، پس از تهیه نمونه از ماهیان، سنجش غلظت فلزات سنگین باقیمانده در عضله ماهی‌ها، شامل آرسنیک، کادمیوم، کبالت، کروم، جیوه، مس، آهن، منگنز، مولیبدن، نیکل، سرب، قلع و روی اندازه‌گیری شدند. یافته‌های تحقیق نشانگر این بودند که فلزات روی و کادمیوم به ترتیب دارای بیشترین و کمترین غلظت در بافت عضله ماهی قزل‌آلای رنگین کمان بودند. مقایسه مقادیر فلزات سنگین اندازه‌گیری شده با استانداردهای بهداشتی بین المللی نشان داد که غلظت تمامی عناصر به طور معنی‌داری کمتر از حد مجاز بودند (p <۰/۰۵). ارزیابی خطر بهداشتی نشان داد که مصرف روزانه و مداوم این محصولات توسط مصرف‌کنندگان به جز سرب، جیوه و آرسنیک کاملا ایمن بوده و مخاطره‌ای از این نظر برای آنها وجود ندارد. میانگین غلظت تمام فلزات اندازه‌گیری شده از استانداردهای جهانی کمتر بودند. برآورد دریافت روزانه در همه فلزات به جز آرسنیک، جیوه و سرب نشان داد که مصرف ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان در حال حاضر خطری را برای سلامتی انسان ایجاد نمی‌کنند، با این وجود برای پیشگیری از رخداد آلودگی احتمالی در آینده از نظر مدیریتی باید توجه بیشتری به این آلاینده‌ها و منابع احتمالی آنها شود.

کلمات کلیدی: فلزات سنگین، قزل آلای رنگین کمان، سوسن سرخاب، ارزیابی خطر بهداشتی.

مقدمه

امروزه آلودگی محیط‌های آبی با فلزات سنگین یکی از مشکلات جهان شمول می‌باشد. فلزات سنگین به صورت طبیعی از طریق هوازدگی سنگ بسترها و یا از طریق فعالیت‌های انسانی همچون معدنکاری، حمل‌ونقل، کشاورزی و سایر فعالیت‌های صنعتی بخش اعظمی از آلودگی‌های زیست بوم آبی را شامل می‌شوند (۱۴). موضوع شایان ذکر اینجاست که همانگونه که مطالعات بسیاری نشان می‌دهند رابطه مستقیمی میان نوع و میزان تجمع فلزات سنگین در رسوبات، ستون آب و جانوران آبزی وجود دارد. از

اینرو فلزات سنگین، با منشاء آب آلوده به سهولت در بافت بدن آبزیان تجمع یافته و از طریق تغذیه ماهیان آلوده توسط مصرف‌کنندگان وارد بدن انسان می‌شوند. نگرانی حاصل از این مورد، این است که مصرف ماهی آلوده ممکن است به اثرات سوء بهداشتی در انسان منجر شود. حتی فلزات انباشته شده در اندام-های ماهی ممکن است خطرهای بهداشتی بیشتری نسبت به فواید ماهی برای سلامتی انسان به ویژه برای جمعیت‌های با میزان سرانه بالای مصرف ماهی داشته باشد. این فلزات زمانی که به وسیله انسان مصرف می‌شوند، اغلب اثرات قوی و زیان‌باری را به همراه دارند. جیوه، کادمیوم، کبالت و سرب از جمله فلزات غیرضروری می‌باشند که آثار ناگواری هچون ایجاد استرس، افزایش ابتلا به سرطان، عقب ماندگی و ناهنجاری‌های ذهنی در کودکان، افزایش فشار خون، اختلال در فرآیندهای فیزیولوژیک اندام‌هایی هچون کلیه‌ها و کبد تنها بخشی از آثار مخرب ناشی از تجمع این نوع از فلزات سنگین می‌باشد (۱، ۱۳، ۲۲). از دیگر فلزات غیر ضروری می‌توان به فلزات کروم و نیکل اشاره نمود که قرار گرفتن مداوم در معرض فلزات مذکور می‌تواند سبب آسیب به کبد، اختلال در سیستم ایمنی و سرطان‌زایی شود (۳، ۱۸، ۲۷). تجمع فلزات آرسنیک و کبالت می‌تواند منجر به ایجاد طیف وسیعی از اختلالات بیولوژیکی و فیزیولوژیکی شود، از جمله مهمترین این آسیب‌ها می‌توان به ایجاد افسردگی، آسیب به کبد و ماکرومولکول‌های مختلف شامل DNA، لیپیدها، و پروتئین‌ها اشاره نمود (۱۶، ۱۳، ۶). فلز آهن از جمله فلزات ضروری می‌باشد. مطالعات بسیاری در اقصی نقاط دنیا بیان می‌دارند که فقر آهن شایع ترین نوع کمبود مواد مغذی در جهان بوده که منجر به مرگ آمار بسیار بالای از افراد جوامع شده است (۳۰، ۲۶، ۲۰، ۱۱). منگنز، روی، مولیبدن و مس از دیگر فلزات ضروری جهت بهبود عملکرد بسیاری از واکنش‌های بیوشیمیایی همچون تنظیم فعالیت بسیاری از ژن‌ها و آنزیم‌ها می‌باشند که کمبود آنان می‌تواند عواقب نامطلوب بسیاری همچون آسیب به مغز و کلیه شود (۲۹، ۲).

با این‌حال علیرغم ایجاد آسیب‌های متعدد ناشی از تجمع فلزات سنگین، چنانچه بررسی‌ها نشان می‌دهند تا کنون مطالعه‌ای در خصوص بررسی غلظت فلزات سنگین در ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان پرورشی منطقه سوسن سرخاب اندیکا صورت نپذیرفته است. از اینرو در مطالعه حاضر با هدف بررسی سیزده نوع از فلزات سنگین، سعی بر آن شد تا گام موثری در رفع خلا کمبود اطلاعات مرتبط با ارزیابی سلامت گونه قزل‌آلای رنگین‌کمان پرورشی برداشته شود.

مواد و روش‌ها

نمونه‌برداری: محل نمونه‌برداری شهرستان اندیکا در شمال شرقی استان خوزستان بود. پس از انتخاب محل نمونه‌برداری و جمع‌آوری نمونه‌ها، توزین نمونه‌های ماهی‌ها صورت پذیرفت، در مرحله بعد نمونه‌های بسته‌بندی و نشانه‌گذاری شده تحت دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد منجمد شده و در میان کیسه-های حاوی یخ به آزمایشگاه ارسال شدند. شایان ذکر است که کلیه ظروف مورد نیاز پیش از آغاز آزمایش به طور کامل اسیدشویی شد. بدین صورت که ابتدا توسط مواد شوینده شستشو و سپس به مدت ۲۴ ساعت در محلول اسید نیتریک ۱۰ درصد قرار گرفتند؛ سپس با استفاده از آب دو بار تقطیر به طور کامل شستشو و در آون خشک شدند.

آماده‌سازی نمونه‌ها: آماده‌سازی نمونه به روش توصیف شده توسط Gholamhosseini و همکاران (۲۰۲۱) از طریق هضم شیمیایی نمونه‌ها با ترکیب اسید نیتریک و اسید پرکلریک (نسبت ۷:۱) انجام شد.

سنجش غلظت فلزات سنگین: سنجش غلظت فلزات سنگین باقیمانده در عضله ماهی‌ها، شامل آرسنیک، کادمیوم، کبالت، کروم، مس، آهن، منگنز، مولیبدن، نیکل، سرب، قلع و روی از طریق دستگاه طیف بینی جذب اتمی انجام شد. همچنین با استفاده از منحنی کالیبراسیون مقادیر جذب به غلظت تبدیل و مقدار نهایی گزارش شد.

تعیین مقدار جیوه: برای تعیین مقدار جیوه انباشته شده در بافت خوراکی ماهی‌ها از روش الکتروشیمیایی ولتامتری با دستگاه پلاروگراف متروم استفاده شد.

ارزیابی خطر بهداشتی: به منظور ارزیابی خطر بهداشتی مصرف این محصولات آبزی، شاخص دریافت روزانه (DI) بکار گرفته شد:

رابطه ۱: $DI = \frac{(Cm \times IR)}{BW}$

که Cm غلظت اندازه‌گیری شده در بافت خوراکی (عضله) ماهی بر حسب میکروگرم بر گرم وزن تر، و از آنجایی که ماهی‌ها به شکل تازه (بدون فرایند خشک کردن) توسط مصرف‌کنندگان مورد تغذیه قرار می‌گیرند، غلظت‌های سنجیده شده بر حسب وزن خشک نمونه از طریق رابطه ۲ به به وزن تر تبدیل شدند.

رابطه ۲:

Con. In WW = ((100 - 70% of water)/100)* Con in DW

که BW وزن بدن که در این تحقیق به تفکیک بزرگسالان و کودکان (زیر ۱۸ سال) به ترتیب معادل ۷۰ و ۴۰ کیلوگرم؛ و IR میزان مصرف روزانه ماهی در جامعه مصرف‌کنندگان در نظر گرفته شده است.

تجزیه و تحلیل آماری: برای تجزیه و تحلیل داده‌های بدست آمده ابتدا نرمال بودن آنها با آزمون کولموگروف-اسمیرنوف بررسی گردید. سپس مقادیر حاصله از طریق آنالیز واریانس یک‌طرفه ANOVA و آزمون تعقیبی دانکن در سطح اطمینان ۵ درصد با یکدیگر مقایسه شدند. جهت مقایسه غلظت عناصر سنگین با استانداردهای سازمان بهداشت جهانی (WHO) و سازمان خواربار و کشاورزی ملل متحد (FAO) از آزمون تی تک‌نمونه‌ای بهره گرفته شد، همچنین کلیه عملیات محاسبات آمار توصیفی و استنباطی در محیط نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۲ صورت گرفت.

نتایج

ارزیابی خطر بهداشتی نشان داد که با توجه به حداکثر مصرف روزانه قابل تحمل (MTDI) فلزات سنگین، مصرف روزانه و مداوم این ماهی توسط گروه های سنی مختلف (کودکان و بزرگ سالان) مصرف‌کنندگان به جز آرسنیک، جیوه و سرب، کاملا ایمن بوده و مخاطره‌ای از این نظر برای آنها وجود ندارد (جدول ۱).

نتایج حاصل از آمار توصیفی مقدار باقیمانده عناصر آرسنیک، کادمیوم، کبالت، کروم، مس، آهن، جیوه، منگنز، مولیبدن، نیکل، سرب، قلع و روی در ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان در جدول ۲ نشان داده شده است. فلزات روی و کادمیوم به ترتیب دارای بیشترین و کمترین غلظت در بافت عضله ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان بودند. مقایسه مقادیر فلزات سنگین باقیمانده در گوشت ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان با استانداردهای بهداشتی بین‌المللی نشان داد که غلظت تمامی عناصر به‌طور معنی‌داری (p <۰/۰۵) کمتر از حد مجاز بودند (جدول ۳).

جدول ۱- نتایج ارزیابی ریسک سلامت قزل‌آلای رنگین‌کمان نسبت به فلزات سنگین

Table 1. The results of health risk assessment of rainbow trout of regarding heavy metals

Heavy metal	Daily intake (mg/g of body weight per day)		MTDI*
	children	Adults	($mg.g^{-1}$ BW/day)
Arsenic (As)	1.29×10^{-1}	7.42×10^{-2}	5×10^{-2}
Cadmium (Cd)	5.87×10^{-3}	3.35×10^{-3}	6×10^{-3}
Cobalt (Cb)	7.4×10^{-3}	4.23×10^{-3}	
Chromium (Cr)	1.21×10^{-1}	6.92×10^{-2}	2
Copper (Cu)	4.18×10^{-2}	2.39×10^{-2}	3×10^{1}
Iron (Fe)	7.5×10^{-1}	4.29×10^{-1}	1×10^{2}
Mercury (Hg)	7.6×10^{-2}	4.34×10^{-2}	3×10^{-2}
Manganese (Mn)	1.66×10^{-3}	9.51×10^{-4}	
Molybdenum (Mo)	1.57×10^{-2}	9.01×10^{-3}	
Nickel (Ni)	1.32×10^{-1}	7.53×10^{-2}	3×10^{-1}
Lead (Pb)	4.35×10^{-2}	2.49×10^{-2}	2.1×10^{-1}
Tin (Sn)	1.42×10^{-1}	8.12×10^{-2}	
Zinc (Zn)	8.02×10^{-1}	4.58×10^{-1}	6×10^{1}

* MTDI: حداکثر مصرف روزانه قابل تحمل (NRC, 1989; JECFA, 2000)

* MTDI: Maximum Tolerable Daily Intake (NRC, 1989; JECFA, 2000)

جدول ۲- آمار توصیفی میزان فلزات سنگین سنجیده شده در ماهیان مورد مطالعه (برحسب میلی گرم بر کیلوگرم وزن خشک)

Table 2. Descriptive statistics of heavy metals in the studied fish (mg/kg of dry body weight)

Heavy metals	Concentration
Arsenic (As)	0.28 ± 0.01
Cadmium (Cd)	0.01 ± 0.01
Cobalt (Cb)	0.01 ± 0.01
Chromium (Cr)	0.26 ± 0.05
Copper (Cu)	0.09 ± 0.01
Iron (Fe)	1.62 ± 0.30
Mercury (Hg)	0.16 ± 0.01
Manganese (Mn)	0.01 ± 0.01
Molybdenum (Mo)	0.03 ± 0.01
Nickel (Ni)	0.28 ± 0.08
Lead (Pb)	0.09 ± 0.01
Tin (Sn)	0.30 ± 0.01
Zinc (Zn)	1.93 ± 0.61

جدول ۳- نتایج مقایسه آماری میزان فلزات سنگین در ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان با استانداردهای جهانی (FAO/WHO)

Table 3. The comparison of the amount of heavy metals in rainbow trout with international standards (FAO/WHO)

Heavy metals	Standard value (PPM)	Difference between the mean and the standard	t statistic	Df	P-Value
Arsenic (As)	0.5	-0.21920	-5.447	9	0.000
Cadmium (Cd)	0.2	-0.18730	-5.483	9	0.000
Cobalt (Cb)	50	-49.98400	-3.242	9	0.000
Chromium (Cr)	30	-29.73777	-1.780	9	0.000
Copper (Cu)	100	-99.90960	-4.016	9	0.000
Iron (Fe)	100	-98.37700	-1.005	9	0.000
Mercury (Hg)	0.2	-0.03550	-1.764	9	0.000
Manganese (Mn)	50	-49.99640	-7.026	9	0.000
Molybdenum (Mo)	150	-149.96590	-2.981	9	0.000
Nickel (Ni)	0.5	-0.21700	-8.547	9	0.000
Lead (Pb)	0.4	-0.30580	-3.071	9	0.000
Tin (Sn)	250	-249.72391	-7.209	9	0.000
Zinc (Zn)	150	-249.69270	-2.402	9	0.000

بحث

فلزات سنگین پس از ورود به بوم سامانه‌های آبی در بافت‌ها و اندام‌های آبزیان و از جمله ماهیان تجمع می‌یابند. از آنجایی‌که ماهی‌ها بخشی از رژیم غذایی انسان را تشکیل می‌دهند، این فلزات می‌توانند بوسیله تغذیه از ماهیان آلوده وارد بدن انسان گردند. از اینرو بررسی آلودگی ماهیان به یکی از دغدغه‌های اساسی تبدیل شده است (۱۹، ۱۷، ۸). در دهه اخیر مطالعات متعددی بر روی ارزیابی فلزات فلزات سنگین گونه‌های مختلف ماهیان انجام شده است (۲۸، ۲۵، ۲۳، ۹). بررسی صورت گرفته در راستای سنجش غلظت فلزات سنگین نشان داد که فلزات روی و کادمیوم به ترتیب دارای بیشترین و کمترین غلظت در بافت عضله ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان بودند. شرفی و همکاران (۲۰۲۱) در مطالعه‌ای به ارزیابی خطر سرطان‌زایی فلزات سنگین ناشی از مصرف ماهی در شهر بندرعباس گزارش نمودند که مقادیر فلز سرب و کادمیوم در ماهی‌های سطح زی، میان زی و کفزی به ترتیب برابر ۰/۰۳، ۰/۰۱۹، ۰/۰٤، ۰/۰۰۲۸، ۰/۰۰۲ و ۰/۰۰۵٦ میلی‌گرم بر کیلوگرم بودند. Khoshbin و همکاران (۲۰۲۲) در مطالعه ای به بررسی تجمع زیستی سرب، نیکل و کادمیوم در بافت عضله، کبد و پوست ماهی شوریده و کوتر چشم درشت پرداختند و گزارش نمودند میزان سرب در عضله ماهیان شوریده و کوتر چشم درشت به‌ترتیب ۰/۵۹ و ۰/۵۵ غلظت کادمیوم به‌ترتیب ۰/۷ و ۰/۹ میلی‌گرم/کیلوگرم به‌دست آمد (۹). Solgi و Beigzadeh-Shahraki در سال ۲۰۱۹ مس بیشترین و کبالت کمترین میزان غلظت در ماهی قزل‌آلا ۸ شهر در استان چهار محال و بختیاری را شامل می‌شدند. در مقایسه غلظت فلزات ارزیابی شده با حد مجاز استانداردهای ذکر شده، ماهیان مورد بررسی در مطالعه حاضر، کمتر از حد مجاز بود و برای سلامتی انسان آسیبی در پی نخواد داشت. Khoshbin و همکاران (۲۰۲۲) در مطالعه ای به بررسی تجمع زیستی سرب، نیکل و کادمیوم در بافت عضله، کبد و پوست ماهی شوریده و کوتر چشم درشت پرداختند و گزارش نمودند میزان غلظت سرب و کادمیوم در بافت عضله ماهیان شوریده و کوتر چشم درشت کمتر از حدمجاز استانداردهای وزارت شیلات و کشاورزی انگلستان (MAFF)، سازمان غذا و داروی آمریکا (FDA)، سازمان جهانی غذا و کشاورزی (FAO) و آژانس حفاظت محیط‌زیست آمریکا (USEPA) بود، درحالی‌که غلظت فلز نیکل در مقایسه با حد مجاز استاندارد سازمان بهداشت جهانی (WHO) بیشتر به‌دست آمد (۱۰). نوروزی و همکاران (۲۰۱۸) در مطالعه‌ای به بررسی تجمع فلزات سنگین در بافت‌های سه گونه ماهی در آبهای خلیج فارس و ارتباط آن با برخی مشخصات زیست سنجی پرداختند و گزارش نمودند طبق داده‌های ثبت شده و مقایسه با استانداردهای سازمان بهداشت جهانی، سازمان کشاورزی و غذایی سازمان ملل و اداره محیط زیست امریکا هر ٤ فلز سرب، کادمیوم، جیوه و آرسنیک بالا تر از حد مجاز استاندارد بود و برای سلامتی انسان مضر است (۱۵). Barrientos و همکاران (۲۰۱۹) در بررسی سلامت مصرف ماهی قزل‌آلا در سه حوزه آبخیز در شیلی در بیان نمود، میزان غلظت فلزات سنگین ارزیابی شده شامل مس، منگنز، آهن، سرب، کادمیوم و روی کمتر از استاندارد بیان شده توسط FAO بود. Łuczyn'ska و همکاران در سال ۲۰۲۲ در بررسی فلزات سنگین در ۱۰ گونه از کپور ماهیان بیان نمودند شاخص HI کمتر از یک بوده و مصرف گونه‌های مورد بررسی خطری برای مصرف‌کنندگان به همراه نداشت و میزان غلظت فلزات سنگین از محدوده استانداردهای بیان شده توسط FAO تجاوز نکرد (۱۱). میزان غلظت

فلزات سنگین مس، آهن، روی، منیزیم و نیکل با استانداردهای WHO، USPA و FAO نشان داد غلظت فلزات مذکور کمتر از حد مجاز بود. Tahsini و همکاران در سال ۱۳۹۷ بیان نمودند میانگین غلظت فلزات سنگین (مس، آهن، روی، نیکل، منیزیم) پایین تر از حدی بود که با توجه به غلظت فلزات در صورت مصرف بتواند آسیب جدی داشته باشد از سوی دیگر با توجه به سنجش حداکثر مصرف روزانه قابل تحمل نیز نشان داد مصرف روزانه و مداوم این ماهی توسط گروه های سنی مختلف (کودکان و بزرگ سالان) مصرف کنندگان به جز آرسنیک و سرب، کاملا ایمن بوده و مخاطره ای از این نظر برای آنها وجود ندارد. Ezemonye و همکاران (۲۰۱۹) در بررسی سلامتی غلظت فلزات سنگین در سطح آب، میگو (*Macrobrachium macrobrachion*) و ماهی (*Brycinus longipinnis*) از رودخانه Benin، نیجریه بیان نمود میزان THQ در میگو کمتر از یک بود در حالیکه در ماهی بیشتر از یک بود. از اینرو علیرغم ایمن بودن مصرف میگو، مصرف ماهی خطر بالقوه سلامتی را به همراه داشت. Tahsini و همکاران در سال ۱۳۹۷ بیان نمودند میانگین غلظت فلزات سنگین (مس، آهن، روی، نیکل، منیزیم) شاخص ارزیابی ریسک نشان داد برای فلزات مس و روی بیش از یک بودکه نشان داد مصرف ماهی قزل‌آلا با نرخ مصرف ۲۵ گرم در روز برای مصرف‌کنندگان ریسک‌های آشکاری را به همراه دارد. با توجه به شاخص ریسک، حد مجاز مصرف این ماهی به میزان ۷/۸۸۸ گرم در روز برای بزرگسالان و ۷/۱۷۷ گرم در روز برای کودکان محاسبه شد. Sharafi و همکاران (۲۰۲۱) در مطالعه‌ای به ارزیابی خطر سرطان‌زایی فلزات سنگین ناشی از مصرف ماهی در شهر بندرعباس پرداختند و گزارش نمودند از دیدگاه سلامت انسان، مقادیر THQ برای هر عنصر و مقادیر کل خطر هدف (TTHQ) برای هر دو عنصر کمتر از ۱ بودند. علاوه بر این، مقادیر CR برای هر دو فلز کمتر از خطر قابل قبول ابتلا به سرطان در طول عمر (10^{-5}) بود (۲۱). لازم به ذکر است که برای توجیه آلودگی بالای ماهیان حوزه آبریز خلیج فارس به فلزات سنگین باید عنوان نمود که فعالیت‌های اقتصادی در سال‌های اخیر مانند پالایش نفت خام، تولیدات آلومینیوم و روی، تعمیر و ساخت کشتی، تخلیه و بارگیری انواع مواد معدنی و شیمیایی و غیره در سواحل جنوب کشور ایران شکل گرفته است که این موضوع موجب تشدید بار آلودگی و تخریب اکوسیستم حساس آب‌های ساحلی منطقه شده است. لذا شناسایی، اندازه‌گیری و ردیابی عناصر فلزات سنگین با توجه به اثرات زیانباری که بر اکوسیستم‌های دریایی و از جمله آبزیان و به تبع آن بر انسان اثر می‌گذارد از اهمیت ویژه ای برخوردار است. شایان توجه است که نتایج مطالعه حاضر حاکی از عدم آلودگی ماهیان قزل آلا شهرستان اندیکا به فلزات سنگین بود.

نتیجه‌گیری

نتایج بدست آمده در مطالعه حاضر حاکی از عدم آلودگی ماهیان شهرستان اندیکا به فلزات سنگین می‌باشد. با توجه به نتایج بدست آمده در مطالعه حاضر توصیه می‌شود که جهت جلوگیری از آلودگی ماهیان به فلزات سنگین، اصول و قوانین زیست محیطی رعایت گردد.

منابع

1. Al Olayan E.M., Aloufi A.S., AlAmri O.D., El-Habit O.H., Abdel Moneim A.E. 2020. Protocatechuic acid mitigates cadmium-induced neurotoxicity in rats: Role of oxidative stress. *inflammation and apoptosis. Science of the Total Environment*, 723:137969.

2. Alengebawy A., Abdelkhalek S.T., Qureshi S.R., Wang M.Q. 2021. Heavy

water, sediment and economic fish species with various habitat preferences and trophic guilds from Lake Caizi, Southeast China. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 157:1–8.

9. Khoshbin A., Pourkhbaz A. ۲۰۲۲. Bioaccumulation of lead, nickel and cadmium in the muscle tissue, liver and skin of salted fish and large-eyed cuttlefish. *Scientific Journal of Iranian Fisheries*, 31(2):1-11. (In Persian).

10. Levi M., Simonetti M., Marconi E., Brignoli O., Cancian M., Masotti A., Pegoraro, V., Heiman, F., Cricelli, C., Lapi, F. 2019. Gender differences in determinants of iron-deficiency anemia: A population-based study conducted in four European countries. *Annals of Hematology*, 98:1573-1582.

11. Łuczyn´ska J., Paszczyk B., Łuczyn ´ski, M.J. 2018. Fish as a bioindicator of heavy metals pollution in aquatic ecosystem of Pluszne Lake, Poland, and risk assessment for consumer's health. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 153:60-67.

12. Mitra, S., Chakraborty, A., Tareq, A., Emran, T., Nainu, F., Khusro, A., Idris, A., Khandaker, M., Osman, H., Alhumaydhi, F., Simal-Gandara, J. 2022. Impact of heavy metals on the environment and human health: Novel therapeutic insights to counter the toxicity. *Journal of King Saud University – Science*, 34:101865.

13. Noorollahi S., Asghari Moghadam A., Fijani A., Barzegar, R. ۲۰۱۸. Investigating factors affecting the quality of underground water in Mashginshahr plain aquifer (Ardebil province) with an emphasis on the possible origin of some heavy metals. *Scientific Quarterly Journal of Sciences the Earth*, 29(114):143. (In Persian).

14. Nowrozi M., Sadeghi M.M., Bagheri Towani M., Zandavar H. 2018. Accumulation of heavy metals in the tissues of three species of fish in the waters of the Persian Gulf and its relationship with some biometric characteristics. *Environmental Metals and Pesticides Toxicity in Agricultural Soil and Plants: Ecological Risks and Human Health Implications. Toxics*, 9(3):42.

Banerjee N., Wang H., Wang G., Khan M.F. 2020. Enhancing the Nrf2 antioxidant signaling provides protection against trichloroethene-mediated inflammation and autoimmune response. *Toxicological Sciences*, 175(1):64-74.

3. Barrientos C., Tapia J., Bertran C., Pena-Cort F., Hauenstein E., Fierro F., Vargas-Chacoff L. 2019. Is eating wild rainbow trout safe? The effects of different land-uses on heavy metals content in Chile. *Environmental Pollution*, 254:112995.

4. Ezemonyea L.I., Adebayoa P.O., Enunekuc,d A.A., Tongoa I., Ogbomidab E. 2019. Potential health risk consequences of heavy metal concentrations in surface water, shrimp (*Macrobrachium macrobrachion*) and fish (*Brycinus longipinnis*) from Benin River, Nigeria. *Toxicology Reports*, 6:1-9.

5. Garza-Lombó C., Pappa A., Panayiotidis M.I., Gonsebatt M.E., Franco R. 2019. Arsenic-induced neurotoxicity Packer: a mechanistic appraisal. *Journal of Biological Inorganic Chemistry*, 24 (8):1305–1316.

6. Gholamhosseini A., Shiry N., Soltanian S., Banaee M. 2021. Bioaccumulation of metals in marine fish species captured from the northern shores of the Gulf of Oman, Iran. *Regional Studies in Marine Science*, 41:101599. (In Persian).

7. Griboff J., Wunderlin D.A., Monferran M.V. 2017. Metals, as and Se determination by inductively coupled plasma -mass spectrometry (ICP -MS) in edible fish collected from three eutrophic reservoirs. Their consumption represents a risk for human health. *Microchemical Journal*, 130:236-244.

8. Jiang Z., Xu N., Liu B., Zhou L., Wang J., Wang C., Dai B., Xiong W. 2018. Metal concentrations and risk assessment in

Heavy Metals in Cultured Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*) Form Different Fish Farms of Eight Cities of Chaharmahal and Bakhtiari Province, Iran. *Thalassas: An International Journal of Marine Sciences*, 35:305-317.

23. Tahsini H, Alizadeh M, gavilian H. 2019. Evaluation of Heavy Metals Concentration and Its Consumption Risk in Trout Fish (*Oncorhynchus Mykiss*). *Journal of Environmental Health Engineering*, 6(2):187-196. (In Persian).

24. Varol M., Kurt Kaya G., Raşit Sünbül M. 2019. Evaluation of health risks from exposure to arsenic and heavy metals through consumption of ten fish species. *Environmental Science and Pollution Research*, 26(32):33311-33320.

25. Vos T., Abajobir A.A., Abate K.H., Abbafati C., Abbas K.M., Abd-Allah F., Abdulkader R.S., Abdulle A.M., Abebo T.A., Abera S.F. 2017. Global, regional, and national incidence, prevalence, and years lived with disability for 328 diseases and injuries for 195 countries, 1990–2016: A systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2016. *Lancet*, 390:1211-1259.

26. Witkowska D., Joanna S., Karolina C. 2021. Heavy Metals and Human Health: Possible Exposure Pathways and the Competition for Protein Binding Sites. *Molecules*, 26(19):6060.

27. Yua B., Wang X., Dongc K.F., Xiaoc, G., Ma D. 2020. Heavy metal concentrations in aquatic organisms (fishes, shrimp and crabs) and health risk assessment in China. *Marine Pollution Bulletin*, 159:1115050.

28. Zhong L., Dong A., Feng Y., Wang X., Gao Y., Xiao Y., Zhang J., He D., Cao J., Zhu W., Zhang S. 2020. Alteration of Metal Elements in Radiation Injury: Radiation-Induced Copper Accumulation Aggravates Intestinal Damage. *Dose Response*, 18(1):1559325820904547.

Science and Technology, 21(6):197-212. (In Persian).

15. Packer, M. 2016. Cobalt cardiomyopathy: a critical reappraisal in light of a recent resurgence. *Circulation: Heart Failure - American Heart Association Journals*, 9:12.

16. Rajeshkumar S., Li X. 2018. Bioaccumulation of heavy metals in fish species from the meiliang bay, taihu lake, China. *Toxicology Reports*, 5:288-295.

17. Renu K., Chakraborty R., Myakala H., Koti R., Famurewa A.C., Madhyastha H., Vellingiri B., George A., Gopalakrishnan A.V. 2021. Molecular mechanism of heavy metals (Lead, Chromium, Arsenic, Mercury, Nickel and Cadmium)-induced hepatotoxicity, A review. *Chemosphere*, 271:129735.

18. Saha N., Mollah M.Z.I., Alam M.F., Rahman M.S. 2016. Seasonal investigation of heavy metals in marine fishes captured from the Bay of Bengal and the implications for human health risk assessment. *Food Control*, 70:110-118.

19. Seo H., Yoon S.Y., Ul-Haq A., Jo S., Kim S., Rahim M.A., Park H.A., Ghorbanian F., Kim M.J., Lee M., Kim K.H., Lee N., Won J.H., Song H.Y. 2023. The Effects of Iron Deficiency on the Gut Microbiota in Women of Childbearing Age. *Nutrients*, 15(3):69.

20. Sharafi P., Dindarloo K., Davoodi S.H., Heidari M., Shamsedini M. 2021. Evaluation of heavy metals carcinogenesis due to fish consumption in Bandar Abbas City. *Journal of Preventive Medicine*, 8(2):16-24.

21. Singh N., Kumar A., Gupta V.K., Sharma B. 2018. Biochemical and molecular bases of lead-induced toxicity in mammalian systems and possible mitigations. *Chemical Research in Toxicology*, 31:1009e1021.

22. Solgi E., Beigzadeh-Shahraki F. 2019. Accumulation and Human Health Risk of

29. Zurawski D.V., McLendon M.K. 2020. Monoclonal Antibodies as an Antibacterial Approach Against Bacterial Pathogens. *Antibiotics*, 9:155.