J. Oceanography (JOC). 13(51): 79-89, fall 2022

Journal of Oceanography

ORIGINAL RESEARCH PAPER

Concentration of heavy metals in different tissues (muscle, liver, gonad, skin, kidney) of Roach (*Rutilus caspicus*) in Guilan coasts of the Caspian Sea

***Donya Gharib Khalkhal*[1], *Javid Imanpour Namin,* [2*];*Masoud Sattari*[3]**

1. M.Sc. student, Department of Fisheries, faculty of Natural Resources, University of Guilan- Iran

2. Associate Prof. at the Department of Fisheries, faculty of Natural Resources, University of Guilan, Iran

3. Professor at the Department of Fisheries, faculty of Natural Resources, University of Guilan, Iran

ARTICLE INFO

Article History:
Received: 2020/07/27
Revised: 2022/03/30
Accepted: 2022/10/7

Keywords:
Heavy Metals,
Caspian Roach,
(*Rutilus caspicus*),
Guilan Province,
ICP-OES,
Selective Metal Index (MSI)

*Corresponding author:
imanpour@guilan.ac.ir

ORCID:0000-0002-5090-9170

doi:10.52547/joc.13.51.8

Dor:20.1001.1.15621057.1401.13.51.8.1

ABSTRACT

Background and Objectives: Heavy metals are the principal group of contaminants found in the environment and divided into essential (Fe, Cu, Zn etc.) and non-essential (Pb, Cd, Cr etc.) metals. They can neither be biodegraded nor destroyed and are in direct relationship with the environmental pollution concerning their potential to impose toxicity in the biota and the whole ecosystem. Heavy metals are stable compounds and show tendency to accumulate in the sediments and long half-life period in the environment making them hard to manage. The properties like bioaccumulation and bio-magnifications in the living tissues, and inability to remove through oxidation make them elements of special concern. the pollution by heavy metals poses a serious threat to the aquatic environment and to the organisms if the concentration of heavy metals in the environment exceeds the safe limits. The objective of the present study was determination of the concentrations of some elements and heavy metals including aluminum, cadmium, chromium, copper, nickel, lead, strontium, silicon, arsenic, antimony, cobalt, manganese, molybdenum, iron and zinc in edible (muscles, gonads) and non-edible tissues (Liver, kidney, skin) of the Caspian Roach (*Rutilus caspicus*) caught from the Caspian Sea in Guilan Province.

Methods: To carry out the study some 65 fish were collected from 3 fishing regions e.g. Astara, Anzali and Kiashahr from 2017-2018. Digestion process followed standard method procedures. Samples were digested and concentration of elements was measured by ICP-OES Perkin Elmer Optima 8300 atomic absorption spectrometer using standard Australian Geostats solution.

Findings: Mean concentrations of Al, As, Cr, Cu, Fe, Mn, Sb, Si, Sr, and Zn were 1.007, 0.3, 0.33, 2.21, 12.78, 0.57, 0.78, 1.26, 1.97 and 11.5 µg/g respectively. Concentrations of Cd, Co, Mo, Ni and Pb were not detectable. Iron, showed significant difference in various tissues ($p < 0.05$), but other metals did not differ significantly between tissues ($p < 0.05$). Metal selective index (MSI) was Fe> Zn> Cu> Sr> Si> Al> Sb> Mn> Cr> As. Pearson's correlation test showed that there is a significant direct and indirect relationship between the concentration of some metals with each other and some tissues with each other, $p<0.05$.

Conclusion: Comparison of metal concentration with international standards showed that muscles of *Rutilus caspicus* is healthy for consumption. However, if metal contamination of the Caspian Sea is not managed, there is high potential for metals concentration exceed the safe levels. National and provincial decision makers, especially the Environmental Protection Organization (EPO), should invest more resources and control over industrial and agricultural activities, as main paths for pollutants entering the Caspian Sea. Severe and appropriate measures should be taken to make them comply with environmental standards.

NUMBER OF TABLES	NUMBER OF FIGURES	NUMBER OF REFERENCES
5	1	40

مقاله پژوهشی

غلظت فلزات سنگین در بافت های مختلف (عضله، کبد، گناد، پوست و کلیه) ماهی کلمه (*Rutilus caspicus*) در سواحل دریای خزر در استان گیلان

دنیا غریب خلخال[1]، جاوید ایمانپور نمین*[2]، مسعود ستاری[3]

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان، ایران

۲. دانشیار- هیدروبیولوژی و اکولوژی آب های جاری، گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان، ایران

۳. استاد- بهداشت و بیماری ها، گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان، ایران

اطلاعات مقاله

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۵/۶

تاریخ بازبینی: ۱۴۰۱/۱/۱۰

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۷/۱۵

واژگان کلیدی:

فلزات سنگین،

ماهی کلمه (*Rutilus caspicus*)،

استان گیلان،

ICP-OES،

شاخص انتخابی فلز (MSI)،

.

*نویسنده مسئول:

imanpour@guilan.ac.ir

ORCID:0000-0002-5090-9170

doi:10.52547/joc.13.51.8

Dor:20.1001.1.15621057.1401.13.51.8.1

.

چکیده

پیشینه و اهداف: فلزات سنگین گروه اصلی آلاینده هایی هستند که در محیط های آبی یافت می شوند و به فلزات ضروری (**Fe**، **Cu**، **Zn** و غیره) و غیر ضروری (**Pb**، **Cd**، **Cr** و غیره) تقسیم می شوند. این فلزات قابل تجزیه بیولوژیک نبوده و از بین نمی روند. ارتباط مستقیمی با آلودگی محیطی از نظر پتانسیل ایجاد سمیت در زیستگاه و موجودات زنده دارند. فلزات سنگین ترکیبات پایدارهستند که تمایل به تجمع در رسوبات داشته و دارای نیمه عمر طولانی در محیط هستند که مدیریت آنها را سخت می کند. خواصی مانند تجمع زیستی و بزرگ‌نمایی زیستی در بافت‌های زنده و حذف نشدن توسط اکسیداسیون باعث بروز مشکلاتی می شود. اگر غلظت فلزات سنگین در محیط از حد مجاز فراتر رود، آلودگی توسط فلزات سنگین تهدیدی جدی برای محیط آبی و موجودات زنده به وجود می آورد. هدف از مطالعه حاضر تعیین غلظت ۱۵ عنصر و فلز سنگین آلومینیم، کادمیم، کروم، مس، نیکل، سرب، استرانسیم، سیلیسیم، آرسنیک، آنتیموان، کبالت، منگنز، مولیبدن، آهن و روی در بافت های خوراکی (عضله و گناد) و غیرخوراکی (کبد، کلیه و پوست) ماهی کلمه دریای خزر(***Rutilus caspicus***) در سواحل استان گیلان بود.

روش کار: برای انجام این مطالعه تعداد ۶۵ قطعه عدد ماهی از سه منطقه آستارا، بندر انزلی و بندر کیاشهر در حد فاصل سال های ۹۷-۱۳۹۶ صید شد. نمونه ها هضم شیمیایی شده و غلظت عناصر توسط دستگاه جذب اتمی **ICP-OES**مدل **PerkinElmer Optima 8300** و با استفاده از محلول استاندارد **Geostats**استرالیا مورد سنجش قرار گرفت.

یافته ها: میانگین غلظت فلزات آلومینیم، آرسنیک، کروم، مس، آهن، منگنز، آنتیموان، سیلیسیم، استرانسیم و روی به ترتیب ۱/۰۰۷، ۰/۳، ۰/۳۳، ۲/۲۱، ۱۲/۷۸، ۰/۵۷، ۰/۷۸، ۱/۲۶، ۱/۹۷ و ۱۱/۵ میکروگرم بر گرم به دست آمد. غلظت کادمیم، کبالت، مولیبدن، نیکل و سرب کمتر از حد قابل تشخیص دستگاه بود. به غیر از غلظت آهن که بین بافت های مختلف دارای اختلاف معنی داری بود (**p**<۰/۰۵)، غلظت سایر فلزات اختلاف معنی داری بین بافت ها نداشتند (**p**>**0/05**).شاخص انتخابی فلز (**MSI**) به صورت آهن > روی > مس > استرونسیوم > سیلیسیم > آلومینیم > آنتیموان > منگنز > کروم > آرسنیک به دست آمد. آزمون همبستگی پیرسون نشان داد که بین غلظت برخی از فلزات با یکدیگر و برخی از بافت ها با یکدیگر رابطه مستقیم و غیر مستقیم معنی دار وجود دارد **p<0.05**.

نتیجه گیری: نتایج حاصل از مقایسه غلظت فلزات با استاندارد های جهانی نشان داد بافت عضله ماهی کلمه برای مصرف کنندگان از سلامت نسبی برخوردار است، که اگر میزان آلودگی فلزات در محیط کنترل و کاهش نیابد احتمال افزایش غلظت فلزات سنگین در دامنه بالاتر از حد مجاز در بافت این ماهی وجود دارد. به نظر می رسد سیاست گذاران ملی و استانی بخصوص سازمان حفاظت از محیط زیست باید نظارت بیشتری بر فعالیت های صنعتی و کشاورزی که از اصلی ترین راه های ورود آلاینده ها به محیط آبی به حساب می آید داشته باشند و تدابیر مناسب تری برای رعایت استاندارد های زیست محیطی اتخاذ نمایند.

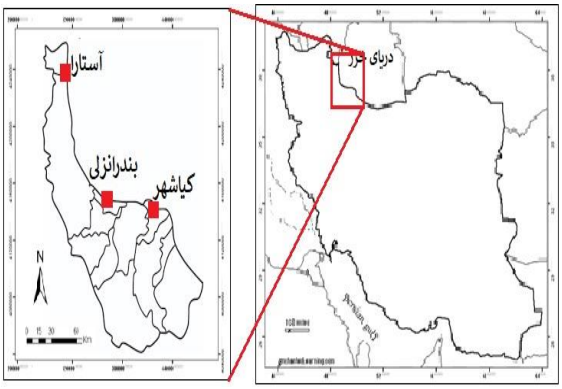
مقدمه

ورود آلاینده‌ها از منابع مختلف صنعتی و بهداشتی به اکوسیستم‌های آبی می‌تواند تعادل آن ها را بر هم زده و اکوسیستم‌ها را در معرض خطر نابودی قرار دهد. لذا شناخت اثرات متقابل عوامل استرس زا و اثرات سوء آنها بر جوامع زیستی، متخصصان امر را در تعیین استانداردهای محدود کننده و اثرات فلزات و دیگر آلاینده‌ها بر مکانیسم های بیولوژیک و فیزیولوژیک موجودات و در نهایت، حفاظت از محیط زیست یاری می‌کند. این آلاینده‌ها در نهایت می‌توانند وارد زنجیره غذایی و بدن انسان شده و آسیب های زیادی را در پی داشته باشند (هدایتی و همکاران، ۱۳۹۲). حیوانات آبزی برای تداوم زندگی طبیعی خود به مواد معدنی و عناصر مختلفی نیاز دارند. عناصر به طور کلی به دو دسته درشت مغذی و ریزمغذی‌ها تقسیم می‌شوند. عناصر ضروری تااندازه‌ای برای موجودات لازم هستند، ولی در صورت افزایش بیش‌ازحد می‌توانند موجب مسمومیت گردند. اما، عناصر غیرضروری در میزان خیلی کم هم مسمومیت ایجاد می‌کنند (Jangaran-Nejad and Ashtari, 2013). فلزات سنگین جز آلاینده‌های پایدارند و برخلاف بسیاری از آلاینده‌های آلی توسط میکروارگانیسم تجزیه نشده و در صورتی که فرآیندهای بیولوژیکی بر روی آن‌ها صورت گیرد فقط سبب تغییر حالت آنها می‌گردد و هیچ‌گاه به فلز دیگر تبدیل نمی‌شود. بنابراین فلزات در محیط برای همیشه باقی می‌مانند. همچنین محیط‌های دریایی مختلف ازنظر مقدار و محتوای با هم متفاوت هستند بطور مثال مقدار فلزات در آب دریا با مقدار آن در رسوبات متفاوت است و این مقدار در رسوبات بیشتر از آب است (Clark, 2001). فلزات سنگین پس از ورود به اکوسیستم‌های آبی در بافت ها و اندام های آبزیان و از جمله ماهیان تجمع یافته و نهایتاً وارد زنجیره غذایی می گردند. ماهی برای سوخت‌وساز طبیعی، فلزات ضروری را از آب، غذا و یا رسوبات جذب میکند که مشابه با فلزات ضروری، فلزات غیرضروری نیز توسط ماهی جذب می‌شوند. این فلزات دارای پتانسیل بالا برای تغلیظ زیستی و انباشت در اندامهای گوناگون ماهی هستند (Özparlak et al., 2012). دریای خزر بزرگترین دریاچه دنیاست با طول ۱۲۰۰ کیلومتر از شمال تا جنوب گسترده شده و بیش از ۴۰ درصد از آب های داخلی جهان را تشکیل داده است، که بین عرض های جغرافیایی ۴۷°۱۳’ و ۳۶°۳۴’ شمالی و طول های جغرافیایی ۴۶°۳۸’ و ۵۴°۴۴’ شرقی واقع شده است (Stolberg et al., 2006). دریای خزر جز یکی از آلوده ترین دریاها محسوب می‌شود. معمولاً رودخانه ها منابع اصلی آلودگی اند و شاخصی از حوضه عوامل طبیعی و انسانی را نشان می دهند که شامل: حجم و مدت دوره‌های پر آبی، تنظیم جریان، آلودگی شیمیایی و حرارتی، تأثیر صنعت، فاضلاب‌های خانگی، تخریب جنگل، صید غیرقانونی، نفوذ به حریم رودخانه و افزایش رواناب سطحی کنترل نشده است (قربانی و همکاران، ۱۳۹۱). آژانس جهانی حفاظت محیط زیست فلزاتی مانند: آلومینیم، بریلیوم، کادمیوم، کروم، مس، جیوه، نیکل، سرب، سلینیوم و آنتیموان را به عنوان فلزات بالقوه سمی و فلزاتی مانند نقره، باریوم، کبالت، منگنز، مولیبدن، سدیم، آهن و روی را به عنوان فلزات با سمیت پایین‌تر دسته بندی کرد (Birungi et al., 2008). برای فلزهای بالقوه و سمی و فلزهای ضروری که به مقدار کم برای انجام فرآیندهای شیمیایی و عملکرد بدن مورد نیاز هستند، غلظت بهینه ای وجود دارد. فلزهای غیرضروری در هر مقداری سمی می‌باشند و با افزایش غلظت آنها در بدن توانایی سیستم ایمنی بدن در مقابله با آنها کاهش می یابد، در حالی که غلظت فلزهای ضروری و مقادیر کم موردنیاز بدن در غلظت های بالاتر و حد شکل سمی ظاهر می شوند (Tüzen, 2003). یکی از گونه های با ارزش اقتصادی شمال ایران، ماهی کلمه دریای خزر (Rutilus caspicus) می باشد که همه ساله مقدار زیادی از آن در جنوب دریای خزر صید می‌شود. این گونه در اوایل دوره زیستی خود پلانکتون خوار بوده و سپس از گیاهان و جانوران کفزی به ویژه نرم‌تنان تغذیه می‌نماید. ماهی کلمه زیستگاه‌های نزدیک به آب شیرین را ترجیح داده و عمدتاً به صورت گله‌ای زندگی می نماید. از نظر اکولوژیکی، این گونه نقش مهمی در زنجیره غذایی فیل ماهی دریای خزر دارد (Rezvani Gilkolaei, 2016). هدف از مطالعه حاضر تعیین غلظت ۱۵ فلز سنگین آلومینیم، کادمیم، کروم، مس، نیکل، سرب، استرانسیم، سیلیسیم، آرسنیک، آنتیموان، کبالت، منگنز، مولیبدن، آهن و روی در بافت های خوراکی (عضله و گناد) و غیرخوراکی (کبد، کلیه و پوست) ماهی کلمه دریای خزر (Rutilus caspicus)، همچنین برای تعیین سلامت ماهی، غلظت فلزات در بافت خوراکی با استانداردهای جهانی مقایسه شد.

مواد و روش

۷۱ قطعه ماهی کلمه (Rutilus caspicus) از سه منطقه آستارا (N° ۳۸/۴۰۴۱ - E° ۴۸/۹۰۳۳)، انزلی (N° ۳۷/۴۸۴۵ - E° ۴۹/۴۸۸۰) و کیاشهر (N° ۳۷/۴۴۳۹ - E° ۴۹/۹۷۴۳) بین سال‌های ۹۷-۱۳۹۶ صید شد. هر کدام از نمونه‌های جمع‌آوری شده، در یونولیت‌های حاوی یخ جهت انجام آزمایش به آزمایشگاه ماهی شناسی دانشگاه گیلان منتقل و تا زمان جداسازی بافت‌های مختلف: کبد، عضله،

کلیه، پوست و گناد در فریزر نگهداری شدند. پس از خارج نمودن ماهی‌ها از فریزر و نگهداری آنها در دمای آزمایشگاه به مدت ۴ تا ۵ ساعت، عملیات زیست‌سنجی هر یک از ماهی‌ها انجام گردید. در نهایت با برداشتن پوست سطح پشتی آنها، عضله و در تمامی بافت کبد، کلیه و گناد ماهیان جدا گردید (Filazi et al., 2003). هر یک از نمونه ها در آون با دمای ۱۰۵ درجه‌ی سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت تا رسیدن به وزن ثابت خشک شد. بعد از کاهش دما، نمونه ها به وسیله هاون چینی بصورت پودر درآورده و به منظور هضم شیمیایی نمونه ها برای تعیین غلظت فلزات، با ترازی دیجیتالی (با دقت ۰/۰۰۱ گرم) ۱ گرم از هر نمونه‌ی پودر شده (هر ۵ بافت به صورت جداگانه)، وزن گردید و در ارلن ۱۰۰ میلی‌لیتری ریخته شد و به ۱ گرم از هر یک از بافتها ۱۰ میلی‌لیتر اسید نیتریک ۶۵ درصد (HNO3,Merck,%65) اضافه گردید. نمونه ها در دمای آزمایشگاه به مدت ۵ ساعت جهت هضم نگهداری شدند. جهت فیلتر کردن نمونه های هضم شده از کاغذ صافی (۴۲ واتمن) استفاده شد و با آب دو بار تقطیر حجم نمونه‌ها در بالن ژوژه به ۲۵ سی‌سی رسانده شد. پس از این مراحل، غلظت عناصر توسط دستگاه جذب اتمی ICP-OES مدل PerkinElmer Optima 8300 و با استفاده از محلول استاندارد Geostats استرالیا، بر اساس پروتکل دستگاه برای بافت های جانوری مورد سنجش قرار گرفت (Oguzie and Izerbigie, 2009; Canli and Atli, 2003). نرمال بودن داده ها به وسیله آزمون Kolmogorov-Smirnov مورد بررسی قرار گرفت. جهت تعیین وجود اختلاف معنی‌دار بین بافت ها از نظر غلظت فلزات، برای داده های نرمال از آزمون ANOVA و داده های غیر نرمال از آزمون Kruskal-Wallis استفاده شد. برای بررسی تعیین رابطه بین میزان تجمع فلزات سنگین در بافتهای ماهی کلمه از آزمون همبستگی پیرسون استفاده گردید. سطح معنی‌دار بودن در این بررسی $p<0/05$ بود. شاخص‌های انتخابی فلز (MSI)، از رابطه $MSI=A/T \times 100$ محاسبه گردید. در این رابطه A: غلظت مطلق یک فلز در یک بافت، T: غلظت کل فلزات در آن بافت است (Nair et al., 2006). تجزیه‌وتحلیل داده‌ها، رسم نمودار و جداول با استفاده از نرم‌افزارهای SPSS (Version 22) و Excel 2016 انجام شد.



شکل ۱- موقعیت ایستگاه‌های نمونه‌برداری

نتایج

۶۵ قطعه ماهی کلمه (Rutilus caspicus) از سه منطقه آستارا، انزلی و کیاشهر بین سال‌های ۹۷-۱۳۹۶ صید شد که ماهیان دارای میانگین وزن ۲۹/۳۷±۳۱/۱۲ گرم و میانگین طول ۲/۴۳±۱۴/۹۸ سانتیمتر بودند (جدول ۱).

جدول ۱- نتایج بیومتری ماهی کلمه (*Rutilus caspicus*)

مقادیر	وزن کل (gr) میانگین	طول کل (cm) میانگین	طول چنگالی (cm) میانگین	طول استاندارد (cm) میانگین	طول سر (cm) میانگین	طول پوزه (cm) میانگین	قطر چشم (cm) میانگین	ارتفاع بدن (cm) میانگین	ضخامت بدن (cm) میانگین
انزلی (N=۲٤)	۲۸/۷۰	۱۳/۱۸	۱۱/۹٦	۱۰/٦۹	۲/۵۹	۰/۷۲	۰/۷٤	۲/۷۷	۱/۲۹
کیاشهر (N=۱۲)	۲۹	۱۵/۱۲	۱۳/٦۱	۱۲/۵٤	۲/٦۷	۰/٦۹	۰/۸۱	۳/۲۳	۱/۳۸
آستارا (N=۲۹)	۳۵/٦۸	۱٦/٦۵	۱٤/۹۱	۱۳/۵۷	۳/۲۵	۰/۹۵	۰/۹۲	۳/۸۱	۱/۷۸

غلظت ۱۵ فلز سنگین آلومینیم، کادمیم، کروم، مس، نیکل، سرب، استرونسیوم، سیلیسیم، آرسنیک، آنتیموان، کبالت، منگنز، مولیبدن، آهن و روی در بافت های خوراکی (عضله و گناد) و غیرخوراکی (کبد، کلیه و پوست) ماهی کلمه در جدول ۲ آورده شده است. نتایج نشان داد که به غیر از فلز آهن که بین بافت ها دارای اختلاف معنی‌داری بود ($p<0/05$)، سایر فلزات بین بافت ها اختلاف معنی‌داری نداشتند ($p>0/05$). کادمیم، کبالت، مولیبدن، نیکل و سرب کمتر از حد قابل تشخیص دستگاه بودند. بیشترین و کمترین غلظت فلزات در بافت عضله مربوط به فلزات روی و آرسنیک، در بافت کبد مربوط به فلزات آهن و آرسنیک، در بافت گناد مربوط به فلزات روی و آرسنیک، در بافت کلیه مربوط به فلزات آهن و مس و در بافت پوست مربوط به فلزات روی و منگنز بود. به طور کلی بیشترین و کمترین غلظت فلزات در تمامی بافت ها مربوط به آهن و آرسنیک بود (جدول ۲).

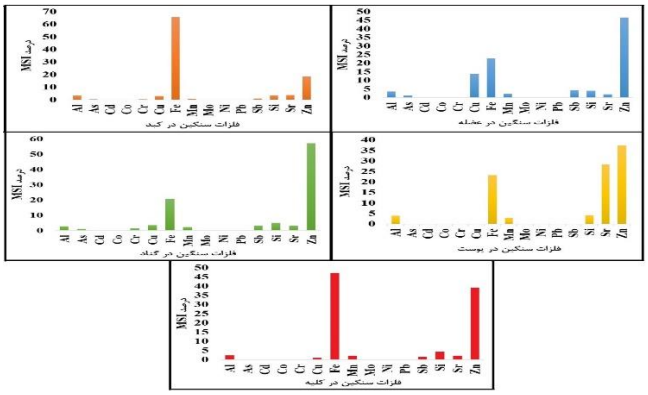
جدول ۲- غلظت فلزات سنگین در بافت های خوراکی (عضله و گناد) و غیر خوراکی (کبد، کلیه و پوست) ماهی کلمه بر حسب میکروگرم بر گرم

فلز	عضله ±SDمیانگین دامنه	کبد ±SDمیانگین دامنه	گناد ±SDمیانگین دامنه	کلیه ±SDمیانگین دامنه	پوست ±SDمیانگین دامنه	کل ±SDمیانگین دامنه	سطح معنی‌داری
آلومینیم	۰/۳۱ ±۱/۰۵ ۱/٤-۰/۸	۱/۵۵ ±۲/۲ ۳/۳-۱/۱	۰/٤۹ ±۰/۸۵ ۱/۲-۰/۵	۰/۱۱ ±۰/۵٦ ۰/۷-۰/۵	۰/۲۲ ±۰/۷۱ ۰/۹۵-۰/۵	۰/۷٤ ±۱/۰۰۷ ۳/۳-۰/۵	۰/۱۲
آرسنیک	۰ ±۰/۳ ۰/۳-۰/۳	۰ ±۰/۲۵ ۰/۲۵-۰/۲۵	۰ ±۰/۳۵ ۰/۳۵-۰/۳۵	ND	ND	۰/۰۵ ±۰/۳ ۰/۳۵-۰/۲۵	۰/۵٦
کادمیم	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
کبالت	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
کروم	ND	۰/۰۳ ±۰/۲۷ ۰/۳-۰/۲۵	۰ ±۰/٤۵ ۰/٤۵-۰/٤۵	ND	ND	۰/۱۰ ±۰/۳۳ ۰/٤۵-۰/۲۵	۰/۰٦
مس	۵/۱٦ ±٤ ۷/٦۵-۰/۳۵	۱/۵۹ ±۱/۹۷ ۳/۱-۰/۸۵	۰ ±۱/۱ ۱/۱-۱/۱	۰ ±۰/۲۵ ۰/۲۵-۰/۲۵	ND	۲/۸۵ ±۲/۲۱ ۷/٦۵-۰/۲۵	۰/۵۵
آهن	b٤/٤۱ ±٦/٦۵ ۱۱/۷-۳/۵۵	a۱۹/۷۹ ±٤۳/٦۵ ۵۷/٦۵-۲۹/٦۵	b٤/۷۰ ±٦/۵۷ ۹/۹-۳/۲۵	b۹/٤٤ ±۱۱/۰۳ ۲۱/۷۵-۳/۹	b٤/۵۰ ±٤/۲۵ ۹/۲۵-۰/۵	۱۵/۷۹ ±۱۲/۷۸ ۵۷/٦۵-۰/۵	۰/۰۱
منگنز	۰/۲۵ ±۰/٦۵ ۰/۹۵-۰/۵	۰ ±۰/۵ ۰/۵-۰/۵	۰/۳۱ ±۰/۷۲ ۰/۹۵-۰/۵	۰ ±۰/۵ ۰/۵-۰/۵	۰/۰۵ ±۰/۵۳ ۰/٦-۰/۵	۰/۱٦ ±۰/۵۷ ۰/۹۵-۰/۵	۰/۵٦
مولیبدن	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
نیکل	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
سرب	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
آنتیموان	۰ ±۱/۲۵ ۱/۲۵-۱/۲۵	۰ ±۰/٦ ۰/٦-۰/٦	۰ ±۰/۹۵ ۰/۹۵-۰/۹۵	۰ ±۰/۳۵ ۰/۳۵-۰/۳۵	ND	۰/۳۹ ±۰/۷۸ ۱/۲۵-۰/۳۵	۰/۷٤
سیلیسیم	۰/۸۷ ±۱/۱۵ ۲/۱۵-۰/۵	۰/۲۸ ±۲/۲۵ ۲/٤۵-۲/۰۵	۱/۵۲ ±۱/۵۷ ۲/٦۵-۰/۵	۰/۰۷ ±۱/۰۱ ۱/۱-۰/۹۵	۰/۲۵ ±۰/۷٦ ۱-۰/۵	۰/۷۷ ±۱/۲٦ ۲/٦۵-۰/۵	۰/۲۸
استرانسیم	۰/۲۷ ±۰/۵٦ ۰/۷۵-۰/۲۵	۱/٤٤ ±۲/۵۲ ۳/۵۵-۱/۵	۰/٦۰ ±۰/۹۷ ۱/٤-۰/۵۵	۰/۰۵ ±۰/۵ ۰/۵۵-۰/٤۵	٦/۰۸ ±۵/۱٦ ۱۲/۱-۰/۷	۳/۱۹ ±۱/۹۷ ۱۲/۱-۰/۲۵	۰/۳۸
روی	۱۲/۰۸ ±۱۳/٦٦ ۲٦/۵-۲/۵	۳/۱۸ ±۱۲/۲۵ ۱٤/۵-۱۰	۱٤/۸٤ ±۱۸ ۲۸/۵-۷/۵	۲/۹۲ ±۹/۱٦ ۱۲/۵-۷	۵/۵۰ ±٦/۸۳ ۱۲/۵-۱/۵	۸/۰۷ ±۱۱/۵ ۲۸/۵-۱/۵	۰/٦۷

a,b,c: اندیس های غیر یکسان نشان دهنده اختلاف معنی‌دار می باشند.

ND: Not Detected

بیشترین شاخص انتخابی فلز (MSI) در بافت های کبد و کلیه مربوط به فلز آهن و در بافت های پوست عضله و گناد مربوط به فلز روی می باشد. کمترین شاخص انتخابی فلز (MSI) در بافت های گناد، عضله و کبد مربوط به فلز آرسنیک و در بافت پوست مربوط به فلز منگنز و در بافت کلیه مربوط به فلز مس می باشد (شکل ۱).



شکل ۱- شاخص انتخابی فلز (MSI) در بافت های مختلف ماهی کلمه

آزمون همبستگی پیرسون نشان داد که بین غلظت فلزات آلومینیم با کروم رابطه منفی و با آنتیموان رابطه مثبت، بین غلظت آرسنیک با آهن رابطه منفی و با منگنز و روی رابطه مثبت، بین غلظت کروم با آهن و استرانسیم رابطه منفی و با منگنز، آنتیموان و سیلیسیم رابطه مثبت، بین غلظت آهن با سیلیسیم رابطه مثبت، بین غلظت منگنز با سیلیسیم و روی رابطه مثبت و بین غلظت سیلیسیم با روی رابطه مثبت معنی‌دار ($p<۰/۰۵$) وجود داشت. در مورد سایر فلزات هیچ گونه رابطه معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۳).

جدول ۳- ضریب همبستگی پیرسون فلزات سنگین در بافتهای مختلف ماهی کلمه

	آلومینیم	آرسنیک	کادمیم	کبالت	کروم	مس	آهن	منگنز	مولیبدن	نیکل	سرب	آنتیموان	سیلیسیم	استرانسیم	روی
آلومینیم	۱														
آرسنیک	۰/۲۴	۱													
کادمیم	۰	۰	۱												
کبالت	۰	۰	۰	۱											
کروم	-۰/۶۶	۱	۰	۰	۱										
مس	-۰/۲۲	-۰/۲۹	۰	۰	-۰/۱۷	۱									
آهن	۰/۳۷	-۰/۸۸	۰	۰	-۰/۶۴	۰/۱۵	۱								
منگنز	-۰/۰۲	۰/۸۶	۰	۰	۰/۹۷	۰/۵۸	-۰/۰۶	۱							
مولیبدن	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱						
نیکل	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱					
سرب	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱				
آنتیموان	۰/۹۴	۱	۰	۰	۱	-۱	-۰/۳۵	۰/۲۷	۰	۰	۰	۱			
سیلیسیم	۰/۴۳	۰/۳۹	۰	۰	۰/۸۹	۰/۴۲	۰/۶۳	۰/۶۲	۰	۰	۰	-۰/۲۲	۱		
استرانسیم	۰/۱۹	-۰/۱۲	۰	۰	-۰/۷۲	-۰/۲۱	-۰/۰۵	-۰/۱۱	۰	۰	۰	-۰/۲۱	۰/۰۲	۱	
روی	۰/۱۹	۰/۹۱	۰	۰	۰/۸۸	۰/۵۰	۰/۱۲	۰/۸۹	۰	۰	۰	-۰/۱۲	۰/۷۷	-۰/۰۹	۱

نتایج حاصل از آزمون همبستگی پیرسون بین بافت های مختلف نشان داد که بین غلظت فلزات در بافت گناد با بافت های عضله، پوست و کلیه رابطه مثبت، بین غلظت فلزات در بافت عضله با بافت های پوست و کلیه رابطه مثبت، بین غلظت فلزات در بافت کبد با بافت کلیه رابطه مثبت و بین غلظت فلزات در بافت پوست با بافت کلیه رابطه مثبت معنی‌دار ($p<۰/۰۵$) وجود داشت (جدول ۴).

جدول ٤- ضریب همبستگی پیرسون بین بافت های مختلف

	گناد	عضله	کبد	پوست	کلیه
گناد	۱				
عضله	۰/۹٦	۱			
کبد	۰/٤٤	۰/۵۱	۱		
پوست	۰/۷۵	۰/۷۵	۰/٤۰	۱	
کلیه	۰/۸۰	۰/۸۲	۰/۸۸	۰/٦۵	۱

بحث

ماهی کلمه (*Rutilus caspicus*) از ماهیان با ارزش اقتصادی دریای خزر می باشد که ذخایر آن در سال های اخیر به دلایل مختلفی از جمله آلودگی آب ها، به شدت کاهش یافته است؛ بطوری که این ماهی جزء گونه های در معرض تهدید منطقه محسوب می‌گردد. می‌توان بیان کرد از مهمترین عوامل مؤثر برکاهش ذخایر این ماهیان، آلودگی آب ناشی از آلاینده‌های شیمیایی مختلف است (Kiabi et al., 1999). گزارش شده است که حداکثر تجمع فلزات سنگین به ترتیب در ماهیان کفزی خوار، پلانکتون خوارها و گوشت خواران پلاژیک رخ می دهد (Krishnamurti et al., 1999)، با توجه به این که ماهی کلمه دارای رژیم غذایی کفزی خواری و پلانکتون خواری می‌باشد می‌توان بیان کرد که بیشتر در معرض آلودگی به فلزات سنگین می‌باشند. در مطالعه حاضر میانگین غلظت فلزات آلومینیم، آرسنیک، کروم، مس، آهن، منگنز، آنتیموان، سیلیسیم، استرانسیم و روی به ترتیب ۱/۰۰۷، ۰/۳، ۰/۳۳، ۲/۲۱، ۱۲/۷۸، ۰/۵۷، ۰/۷۸، ۱/۲۶، ۱/۹۷ و ۱۱/۵ میکروگرم بر گرم به دست آمد. غلظت کادمیم، کبالت، مولیبدن، نیکل و سرب کمتر از حد قابل تشخیص دستگاه بود. Alipour و همکاران (۲۰۱۳) میانگین غلظت فلزات سنگین سرب، کادمیم، نیکل و کروم را در بافت عضله ماهی کلمه به ترتیب ۰/۶۷، ۰/۲۵، ۰/۲۱ و ۰/۰۸ میکروگرم بر گرم گزارش کردند. در مطالعه‌ای دیگر Taghipour و Azizi (۲۰۱۱) میانگین غلظت فلزات سنگین مس، روی، منگنز، سرب، کروم و کادمیم را در بافت عضله ماهی کلمه به ترتیب ۰/۲۲، ۱۹/۴۵، ۱/۵۲، ۰/۰۲، ۰/۶۳ و ۰/۰۲ میکروگرم بر گرم گزارش کردند. جاوید گلشن آباد و همکاران (۱۳۹۴) غلظت فلزات کادمیم، مس، روی و آهن را در بافت عضله ماهی کلمه به ترتیب ۱/۰۰، ۱/۹۴، ۳۹/۶۴ و ۳۹/۰۷ و در بافت پوست به ترتیب ۰/۷۶، ۲/۹۰، ۸۲/۱۷ و ۹۴/۵۹ میکروگرم بر گرم به دست آوردند. Anan و همکاران (۲۰۰۵) غلظت فلزات روی، مولیبدن، منگنز، کروم، سرب، کادمیم، کبالت و مس را در بافت عضله ماهی کلمه در سواحل ایران به ترتیب ۱۸/۸، ۰/۰۲، ۰/۹۱، ۰/۴۵، ۰/۰۰۵، ۰/۰۰۸، ۰/۰۱ و ۰/۲۶ میکروگرم بر گرم گزارش کردند. مطالعات Canli و Atli (۲۰۰۳) نشان داد که سن، طول، جنسیت، عادات غذایی، نیازهای اکولوژیک، غلظت فلزات سنگین در آب و رسوب، مدت زمان ماندگاری در محیط آبی، فصل صید و خواص فیزیکی و شیمیایی آب (شوری، pH، سختی و دما) از عوامل مؤثر در تجمع فلزات سنگین در اندام های مختلف می باشد. نتایج حاضر نشان داد که به غیر از غلظت آهن که بین بافت های مختلف دارای اختلاف معنی‌داری بود ($p<0/05$)، غلظت سایر فلزات اختلاف معنی‌داری بین بافت ها نداشتند ($p>0/05$). با این حال بیشترین غلظت آلومینیم، آهن و سیلیسیم در بافت کبد، بیشترین غلظت آرسنیک، کروم، منگنز و روی در بافت گناد، بیشترین غلظت مس و آنتیموان در بافت عضله و بیشترین غلظت استرانسیم در بافت پوست مشاهده شد که با مطالعه مزارعی (۱۳۹۷) همخوانی نداشت. بطور کلی فلزات سنگین اندام هدف خود را بر اساس میزان فعالیت متابولیک آن انتخاب می‌کنند. این نکته، می‌تواند علت تجمع بیشتر فلزات در بافتهایی نظیر کبد و یا گناد را در مقایسه با سایر بافت ها تفسیر نمایند (Filazi et al., 2003). در مطالعه حاضر شاخص انتخابی فلز (MSI) به صورت آهن > روی > مس > استرونسیوم > سیلیسیم > آلومینیم > آنتیموان > منگنز > کروم > آرسنیک به دست آمد و سایر فلزات کمتر از حد قابل تشخیص دستگاه بود. Rather و همکاران (۲۰۱۹) شاخص انتخابی فلز (MSI) را برای گونه *Triplophysa kashmirensis* و *Carassius carassius* به صورت روی > کروم > سرب > مس > منگنز > کادمیم گزارش کردند. ماهی‌ها قادرند غلظت فلز را تا حدی تنظیم کنند، که پس از آن تجمع بیولوژیکی رخ می‌دهد. بنابراین، غلظت کل فلزات، تنظیم و ظرفیت تجمع زیستی هر بافت را کنترل می کند (Hellou et al., 1992). اثرات متقابل (interaction) که فلزات می‌توانند با همدیگر داشته باشند به مجموعه ای از عوامل بستگی دارد که از جمله آنها می‌توان به نوع فلز، گونه مورد بررسی و غلظت فلز اشاره کرد (Wang, 1987). مطالعه Anderson و همکاران (۱۹۷۷) نشان داد که رابطه مثبت بین روی و مس در ماهیان آب شیرین وجود دارد به گونه ای که با افزایش مقدار فلز روی، بر میزان فلز مس افزوده می شود، در حالی که در مطالعه حاضر بین غلظت روی و مس رابطه معنی‌داری وجود نداشت ($p>0/05$). در مطالعه جاوید گلشن آباد و همکاران (۱۳۹۴) در بافت عضله بین جذب مس و روی همبستگی مثبت و بین جذب مس و آهن و همین‌طور روی و کادمیم ارتباط منفی وجود داشت. روابط بین جفت فلزات نشان می‌دهد که تعادل مواد معدنی در بدن توسط مکانیزم های تعادلی که بین مواد سمی و همچنین مواد حیاتی بدن وجود دارند تنظیم می‌شود. اثرات متقابل

فلزات در بافت های مختلف ممکن است ناشی از ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی مشابه در فلزات باشد. این امر می‌تواند به دلیل مسیرهای بیوشیمیایی مشابه و یا باندهای خاصی باشد که برخی فلزات به آن ها ممکن است متصل شوند (حیدری، ۱۳۸۷). مطالعات Wright (۱۹۹۵) نشان داد که روابط بین جفت فلزات ممکن است ناشی از اثر رقابت و یا تأثیر پیوند دهنده ها و حمل کننده های فلز در سطح سلولی باشد. ماهیان دارای اسیدهای چرب اشباع نشده، امگا-۳ هستند که بر روی سلامت انسان تأثیرگذار است، استفاده از این ترکیبات چربی مانع بروز بسیاری از بیماری ها به خصوص بیماری قلبی، فشار خون و رماتیسم می‌شود. فلزات سنگین که به روش های مختلف به محیط زیست را یافته اند وارد اکوسیستم‌های آبی شده و به دنبال انتقال این آلاینده ها به محیط آبی این احتمال به وجود می آید که ماهی مقادیری از برخی فلزات سنگین را از طریق زنجیره غذایی یا از طریق آب از محیط جذب کند (وفائی، ۱۳۷۹). فلزاتی مانند منگنز، مس، روی، آلومینیم، آهن و نیکل به طور طبیعی در مقادیر کم به عنوان تشکیل‌دهنده آنزیم ها و نیز برای افزایش سلامتی در ماهی ها ضروری می باشند و باید از آب، غذا یا رسوب جذب شوند. اما این فلزات در غلظت‌های بالا منجر به مسمومیت می‌شوند (Chen et al., 2008). اما فلزات دیگر مانند جیوه، آرسنیک، کروم، کادمیوم و سرب حتی در سطوح پایین نیز سمی می‌باشند (Tepe et al., 2008). به دلیل اینکه ماهی کلمه دریای خزر (*Rutilus caspicus*) از گونه‌های با ارزش اقتصادی در شمال ایران به حساب می‌آید و به طور گسترده مورد مصرف انسانی قرار می‌گیرد، غلظت فلزات سنگین در بررسی حاضر با استانداردهای جهانی مورد مقایسه قرار گرفت، که مصرف‌کنندگان از میزان سلامت این ماهی آگاهی یابند. بافت عضله مکان اولیه ذخیره فلزات سنگین نیست، فلزات معمولاً ابتدا در کبد ذخیره می‌شوند و سپس به سایر بافت ها از جمله عضله منتقل می‌گردند (بهشتی و همکاران، ۱۳۸۹). نتایج حاصل از مقایسه غلظت فلزات سنگین در بافت عضله با استانداردهای جهانی در جدول ۵ آورده شده است.

جدول ۵- مقایسه حد مجاز استانداردهای جهانی فلزات سنگین (µg/g وزن خشک) با مقدار فلزات در بافت عضله ماهی کلمه (*Rutilus caspicus*)

استاندارد	آلومینیم	آرسنیک	آنتیموان	کادمیم	کبالت	کروم	مس	آهن	منگنز	مولیبدن	نیکل	سرب	سیلیسیم	استرانسیم	روی
مطالعه حاضر	۱/۰۵	۰/۳	۱/۲۵	ND	ND	ND	٤	٦/٦٥	۰/٦٥	ND	ND	ND	۱/۱٥	۰/٥٦	۱۳/٦٦
WHO[a]	۱	۰/۲۰	۰/۰۱	۰/۲	۰/۲٥	۱/۳	۱۰	۱۰۰	۱	۰/۳٥	۰/۰٥	۰/٤	–	–	۱۰۰
MAFF[b]	–	–	–	۰/۰ –۰٥/۲	–	۲۰	۲۰	–	–	–	–	۱/۲–٥	–	–	٥۰
USEPA[c]	۰/۲٥	–	–	۰/۰۰۸	۰/۲٥	۰/۰٥	۰/۱	۰/۱	۰/۰٥	۰/۰٥	۱	۰/۰۰٥	–	۰/۱۱	۰/۰۷
NHMRC[d]	–	۲	–	۰/۰٥	–	۱۰	۱۰	–	–	–	–	۱/٥	–	–	۱٥۰
USDA[e]	–	۰/۱	–	۰/۱	–	۲/۰	–	–	–	–	–	۰/٥	–	–	–

[a]World Health سازمان (Pourang *et al*., 2005); (Kojadinovic *et al*., 2006); [b]Ministry of Agriculture, Fisheries and Food (UK); MAFF (2000); [c]United States Environmental Protection Agency (Mishra *et al*., 2007); [d]Australian National Health and Medical Research Council (Pourang *et al*., 2005), [e]United States Department of Agriculture) China, U. S. D. A. 2006)

غلظت آلومینیم بیشتر از استانداردهای جهانی و غلظت آرسنیک بیشتر از استاندارد WHO، USDA و کمتر از استاندارد NHMRC بود. سمیت فلزات به طور عمده به دسترسی پذیری زیستی آنها بستگی دارد، برای مثال اعتقاد بر این است که آرسنیک یکی از سمی ترین عناصر است، اما آرسنیک به شکل غیر سمی آرسنوبتائین در ماهی ها وجود دارد و نباید خطر آرسنوبائین را با آرسنیک یکسان در نظر گرفت (صادقی باجگیران و همکاران، ۱۳۹٤). غلظت آنتیموان بیشتر از استاندارد WHO و غلظت مس و روی از استاندارد USEPA بیشتر و از سایر استانداردها کمتر بودند. مسمومیت ناشی از غلظت بالای مس در انسان ها بسیار نادر است و معمولاً در اثر جذب طولانی مدت آن اتفاق می‌افتد (Bradl, 2005). از جمله آثار مسمومیت با مس می‌توان به اختلالات گوارشی، کاهش هموگلوبین، التهاب دهان و تشنج در انسان اشاره کرد (Duruibe et al., 2007). فلز روی از لحاظ زیستی یکی از فلزات معدنی استثنایی است که در سلامتی عمومی بدن انسان نقش مهمی ایفا می نماید. مسمومیت بر اثر

این فلز منجر به کاهش pH در عروق سرخرگی، کاهش جذب اکسیژن و افزایش ضربان قلب می‌شود (Karadede and Unlu, 2000). غلظت آهن و منگنز بیشتر از استاندارد USEPA و کمتر از استاندارد WHO بود. منگنز یکی از فراوان‌ترین فلزات در خاک است و به صورت اکسید و هیدروکسید وجود دارد و در حالت های اکسایش مختلف وارد چرخهٔ محیط زیست می شود. ترکیبات منگنز به طور طبیعی، در محیط زیست به صورت جامد در خاک و ذرات در آب وجود دارند. منگنز، از طریق استفاده از آفت‌کش‌ها، فعالیت های صنعتی و سوخت‌های فسیلی حاصل از منابع انسانی وارد آب‌های سطحی، زیرزمینی و آب فاضلاب و درنهایت دریا می‌شود (سرشتی، ۱۳۹۲). غلظت استرانسیم بیشتر از استاندارد USEPA بود. غلظت فلزات کادمیم، کبالت، کروم، مولیبدن، نیکل و سرب در بافت خوراکی عضله کمتر از حد قابل تشخیص دستگاه بودند. به طور کلی می‌توان این چنین بیان کرد که به غیر از فلز آهن، بین غلظت سایر فلزات سنگین در بافت های مختلف ماهی کلمه اختلاف معنی‌داری وجود نداشت، همچنین آزمون همبستگی پیرسون نشان داد که بین غلظت برخی از فلزات با یکدیگر و برخی از بافت‌ها با یکدیگر رابطه مستقیم و غیر مستقیم وجود دارد. نتایج حاصل از مقایسه غلظت فلزات با استانداردهای جهانی بیان کرد بافت عضله ماهی کلمه برای مصرف کنندگان از سلامت نسبی برخوردار است، که اگر میزان آلودگی فلزات در محیط کنترل و کاهش نیابد احتمال افزایش غلظت فلزات سنگین در بافت این ماهی وجود دارد. لذا پیشنهاد می‌شود سیاست گذاران ملی و استانی بخصوص سازمان حفاظت از محیط زیست نظارت بیشتری بر فعالیت‌های صنعتی و کشاورزی که از اصلی‌ترین راه‌های ورود آلاینده‌ها به محیط آبی به حساب می‌آید داشته باشند و تدابیر مناسب‌تری برای رعایت استانداردهای زیست محیطی اتخاذ نمایند.

منابع

[۱] بهشتی، م.، عسکری ساری، ا.، خدادادی، م .و ولایت زاده، م.، ۱۳۸۹، اندازه‌گیری و مقایسه غلظت فلزات سنگین (Cu, Fe, Zn, Mn) در اندامهای مختلف ماهی بیاح (*Liza abu*) در رودخانه دز استان خوزستان .مجله اکوبیولوژی تالاب، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز، شماره ٦: ص ۷۹-۷۱.

[۲] جاویدگلشن آباد، ع.، تقوی جلودار، ح.، امجدی، م.، فضلی، ح، ۱۳۹٤، بررسی ارتباط بین طول چنگالی، وزن و سن با میزان جذب فلزات سنگین در بافت های عضله و پوست ماهی کلمه (*Rutilus caspicus*) در نواحی جنوبی دریای خزر، تحقیقات دامپزشکی و فرآورده های بیولوژیک (پژوهش و سازندگی)، ۲۸(۳): ص ۵۷-٦٤.

[۳] حیدری، ص، ۱۳۸۷، تجمع فلزات سنگین مس، روی، سرب،کادمیوم و جیوه در بافت عضله و کبد ماهی ازون برون (*Acipenser stellatus*) در دریای خزر، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، وزارت علوم تحقیقات و فناوری، دانشگاه گیلان، دانشکده منابع طبیعی صومعه سرا، ۷۰ ص.

[۴] سرشتی، ح.، ۱۳۹۲، شیمی تجزیه در محیطزیست. انتشارات دانشگاه تهران، ۳۰٤ ص.

[۵] صادقی باجگیران، س.، پورخباز، ع.، حسن پور، م.، سینکا کریمی، م.ح، ۱۳۹٤، بررسی فلزات روی، نیکل و وانادیوم در عضله ماهی های آلوزا (*Alosa cas*pia) و سوف (*Sander lucioperca*) و ارزیابی ریسک غیر سرطان‌زایی ناشی از مصرف آن در جنوب شرقی دریای مازندران، مجله سلامت و محیط زیست، فصلنامه ی علمی پژوهشی، ۲(٤): ص ٤۲۳-٤۳۲.

[٦] قربانی، ر.، باغفلکی، م.، شالویی، ف، ۱۳۹۱، محیط زیست دریای خزر، انتشارات دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی گرگان. ۳۳٤ ص.

[۷] مزارعی، م.ح، ۱۳۹۷، بررسی آلودگی شگ ماهی (*Alosa braschnikowi*) به فلزات سنگین در سواحل جنوبی دریای خزر- استان گیلان، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، وزارت علوم تحقیقات و فناوری، دانشگاه گیلان، دانشکده منابع طبیعی صومعه سرا، ۱۱٦ ص.

[۸] وفائی، م، ۱۳۷۹، بررسی تعیین عناصر سنگین در دو گونه ماهی سفید و کپور در سواحل جنوبی دریای خزر، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال، ۹۸ ص.

[۹] هدایتی، س.ع.ا.، جهانبخشی، ع.، قادری رمازی، ف، ۱۳۹۲، سم شناسی آبزیان، انتشارات دانشگاه گرگان، چاپ اول. ۲۲۲ ص.

[10] Alipour, H., Pourkhabbaz, A., & Hassanpour, M. 2013. Assessing of heavy metal concentrations in the tissues of Rutilus caspicus and Neogobius gorlap from Miankaleh international wetland. *Bulletin of environmental contamination and toxicology*, *91*(5), 517-521.

[11] Anan,Y.,T, Kunito, Sh., Tanabe, I., Mitrofanov, D., Aubrey, G. 2005. Trace element accumulation in fishes collected from coastal waters of the Caspian Sea. *Marine Pollution Bulletin*, 51: pp 882–888.

damages caused by these toxic elements. *KAUMS Journal (FEYZ)*, *16*(7), 699-700.

[23] Karadede H, and Unlu E, 2000. Concentrations of some heavy metals in water, sediment and fish species from the Atatürk Dam Lake (Euphrates), Turkey. *Chemosphere*, 41(9): pp 1371-1376.

[24] Krishnamurti, G. S. R., Huang, P. M., and Kozak, L. M, 1999. Sorption and desorption kinetics of cadmium from soils: influence of phosphate. *Soil Science*, *164*(12), pp 888-898.

[25] Kiabi B.H., Abdoli A. and Naderi M, 1999. Status of the fish fauna in the South Caspian basin of Iran. Journal of Zoology in the Middle East.18: 57-65.

[26] Kojadinovic, J., Potier, M., Corre, M. L., Cosson, R. P. and Bustamante, P, 2006. Mercury content in commercial pelagic fish and its risk assessment in the Western Indian Ocean. *Science of the Total Environment*, 366: pp 688-700.

[27] MAFF, 2000. "Monitoring and surveillance of non-radioactive contaminants in the aquatic environment and activities regulating the disposal of wastes at sea, 1997," In: *Aquatic Environment Monitoring Report* No. 52. Center for Environment, Fisheries and Aquaculture Science, Lowestoft, UK.

[28] Mishra, S., Bhalke, S., Saradhi, I. V., Suseela, B., Tripathi, R. M., Pandit, G. G. and Puranik, V. D, 2007. "Trace metals and organometals in selected marine species and preliminary risk assessment to human beings in Thane Creek area, Mumbai," *Chemosphere*, 69: pp 972–978.

[29] Nair, M., Jayalekshmy, K. V., Balachandran, K. K., & Joseph, T, 2006. Bioaccumulation of toxic metals by fish in a semienclosed tropical ecosystem. Journal of Environmental Forensics, 7, 197–206.

[30] Oguzie, F.A., and Izerbigie, A.A, 2009. Heavy Metals concentration in the organs of the silver Catfish, *Chrysichthys nigrodigitatus* (*Lacèpéde*) caught upstream of the Ikpoba River and the reservoir in Benin City. *Bioscience Research Communications*, Vol, 21, No,4: pp 189-197.

[12] Anderson, P. D., Weber, L. J. 1977. The toxicity to aquatic populations of mixtures containing certain heavy metals. Symposium Proceedings on International Conference on Heavy Metals in the Environment, Toronto, Canada, 11: 933-953.

[13] Bradl, H. B. 2005. Heavy metals in the environment. Elsevier, 283p.

[14] Birungi, H., Mugisha, J. F., Nyombi, J., Obare, F., Evelia, H., and Nyinkavu, H, 2008. Sexual and reproductive health needs of adolescents perinatally infected with HIV in Uganda. *FRONTIERS Final Report*, pp 1-21.

[15] Canli, M and Atli, G, 2003. The relationships between heavy metal (Cd, Cr, Cu, Fe, Pb, Zn) levels and the size of six Mediterranean fish species. Environmental Pollution, 121, pp 129–136.

[16] Chen Z., Zhang N., Zhuo L and Tang B, 2008. Catalytic kinetic methods for photometric or fluorometric determination of heavy metal ions. Journal of Microchim Acta, 164 (3-4): pp 311-336.

[17] China, U. S. D. A, 2006. Peoples Republic of FAIRS Product Specific Maximum Levels of Contaminants in Foods.

[18] Clark, R.B, 2001. Marine pollution 5th Edition. University Press, Oxford, 237p.

[19] Duruibe, J. O., Ogwuegbu, M. O. C., Egwurugwu, J. N. 2007. Heavy metal pollution and human biotoxic effects. *International Journal of Physical Sciences*, 5, pp 112-118.

[20] Filazi, A., Baskaya, R., Kum, C, 2003. Metal concentration in tissues of the Black Sea fish *Mugil auratus* from sinop-Icliman. Turkey. *Human & Experimental Toxicology*, 22: pp 85-87.

[21] Hellou, J., Warren, W. G., Payne, J. F., Belkhode, S., & Lbel, P, 1992. Heavy metals and other elements in three tissues of cod, Gadus morhua from the north west Atlantic. Marine Pollution Bulletin, 24, 452–458.

[22] Jangaran-Nejad, A., & Ashtari, A, 2013. A review on essential and non-essential trace elements for fish and

[31] Özparlak, H., Arslan, G. and Arslan, E., 2012. Determination of Some Metal Levels in Muscle Tissue of Nine Fish Species from Beyşehir Lake Turkey. Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 12: 761-770.

[32] Pourang, N., Dennis, J. H. and Ghourchian, H, 2005. "Distribution of heavy metals in *Penaeus semisulcatus* from Persian Gulf and possible role of metallothionein in their redistribution during storage," *Environmental Monitoring and Assessment*, 100(1-3), pp 71-88.

[33] Rather, M. Y., Tilwani, Y. M., & Dey, A, 2019. Assessment of heavy metal contamination in two edible fish species *Carassius carassius* and *Triplophysa kashmirensis* of Dal Lake, Srinagar, Kashmir, India. *Environmental monitoring and assessment*, 191(4), 242.

[34] Rezvani Gilkolaei, S., Valinasab, T., Laloei, F., Taghavi, S.J., Niameymandi, N., Salarpouri, A., Nouri Defzari, R., Sistani, A., Pourgholam, H., Hosseini, S.H, 2016. *Population genetic study on croaker species Atrobucca nibe in Persian Gulf and Oman Sea using molecular methods.* Tehran, Iran, Iranian Fisheries Science Research Institute, 78pp.

[35] Stolberg, F., Borysova, O., Mitrofanov, I., Barannik, V., Eghtesadi, P, 2006. Global international water assessment. 14 p.

[36] Taghipour,V., & Azizi, S. N, 2011. Determination of trace elements in muscle tissue of Caspian roaches (*Rutilus caspicus*) collected in Iranian coastal waters of the Caspian Sea. *Iranica Journal of Energy & Environment*, 2(1), 47-51.

[37] Tepe, Y., Türkmen, M., and Türkmen, A, 2008. Assessment of heavy metals in two commercial fish species of four Turkish seas. *Environmental monitoring and assessment*, 146(1-3), pp 277-284.

[38] Tüzen, M, 2003. Determination of heavy metals in fish samples of the MidDam Lake Black Sea (Turkey) by graphite furnace atomic absorption spectrometry.*Food Chemistry*, 80, pp 119-123.

[39] Wang, W, 1987. Factors affecting metal toxicity to (and accumulation by) aquatic organism (overview). Environment International, 13: 437—457.

[40] Wright, D. A, 1995. 'Trace metal and major ion interactions in aquatic animals. Marine Pollution Buletin, 31:8–18.

AUTHOR(S) BIOSKETCHES

Gharib Khalkhal , D., M.Sc. student, Department of Fisheries, faculty of Natural Resources, University of Guilan- Iran
✉ gharib@yahoo.com 0000-0002-8381-2826

, Imanpour Namin, J Associate Prof. at the Department of Fisheries, faculty of Natural Resources, University of Guilan, Iran
✉ javidiman@gmail.com 0000-0002-5090-9170

Sattari , M., Professor at the Department of Fisheries, faculty of Natural Resources, University of Guilan, Iran .
✉ msattari647@gmail.com 0000-0002-8736-5040

این قسمت توسط نشریه تکمیل می‌گردد:

g

HOW TO CITE THIS ARTICLE

Dor: 20.1001.1.15621057.1401.13.51.8.1
http://doi.org/10.52547/joc.13.51.8

http://joc.inio.ac.ir/ article-1-1571-fa.html

https://orcid.org/ 0000-0002-5090-9170

COPYRIGHTS

©2021 The author(s). This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, as long as the original authors and source are cited. No permission is required from the authors or the publishers.