Journal of Research in Environmental Health

Volume 8, Issue 4, Winter 2023

Evaluation of concentrations of heavy metals (copper, mercury and arsenic) in the muscle tissue, liver and skin of Otolithes ruber and Sphyraena forsteri of the Oman Sea

Pourkhabbaz A
Associate Professor, Department of Environmental, Faculty of Environmental and Natural Resources, University of Birjand, Birjand, Iran.

Khoshbin A
MSC Environmental Pollution, Department of Environmental, Faculty of Environmental and Natural Resources, University of Birjand, Birjand, Iran.

Abdollahi M
* MSC Environmental Pollution, Department of Environmental, Faculty of Environmental and Natural Resources, University of Birjand, Birjand, Iran. (Corresponding author):
E-mail: miladabdollahi358@gmail.com

Received:2022/08/01
Accepted:2022/10/12

Document Type: Research article

ABSTRACT

Background and purpose: Heavy metals, as one of the important groups of pollutants in the aquatic environment, enter aquatic ecosystems as a result of natural and human activities. These metals may be accumulated in the body of aquatic animals, including fish, and are a potential health hazard for ecosystems and living organisms, especially for humans. The present study was conducted with the aim of investigating the concentration of three heavy metals mercury, arsenic and copper in the muscle tissue, liver and skin in two species of two species of Otolithes ruber and Sphyraena forsteri in the fishing ports of Konarak and Pozm.

Materials and methods: 36 fish samples were collected from Kanarak and Pezem ports. After preparing the samples, the concentration of heavy elements mercury, arsenic and copper was determined by the atomic absorption method. Data analysis was done using SPSS statistical software, version 20 and covariance tests and Pearson correlation test at a significance level of 0.05.

Results: There was no significant difference between the amounts of the studied metals in muscle tissue, liver and inflamed and cauterized skin ($p<0.05$). The average concentration of heavy metals copper, mercury, and arsenic in the muscle tissue of Otolithes ruber 3.61, 0.01, and 0.02 respectively, and Sphyraena forsteri 2.38, 0.01, and 0.02 µg / g, respectively.

Conclusion: The concentration of heavy metals in the muscle tissue was lower than the international standards of WHO and FAO.

Keywords: Arsenic, mercury, Otolithes ruber, Sphyraena forsteri, copper

▶ **Citation:** Pourkhabbaz A, Khoshbin A, Abdollahi M. Evaluation of concentrations of heavy metals (copper, mercury and arsenic) in the muscle tissue, liver and skin of Otolithes ruber and Sphyraena forsteri of the Oman Sea. *Iranian Journal of Research in Environmental Health*. Winter 2023; 8(4): 419-430.

ارزیابی غلظت فلزات سنگین (مس، جیوه و آرسنیک) در بافت عضله، کبد و پوست ماهی شوریده (Otolithes ruber) و کوتر (Sphyraena forsteri) دریای عمان

علیرضا پورخباز
دانشیار، گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران.

احمد خوش‌بین
* کارشناس ارشد، گروه محیط‌زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط‌زیست، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران.

میلاد عبدالهی
کارشناس ارشد، گروه محیط‌زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط‌زیست، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران.
(نویسنده مسئول):
miladabdollahi358@gmail.com

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۵/۱۰
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۷/۲۰
نوع مقاله: پژوهشی

چکیده

زمینه و هدف: فلزات سنگین به‌عنوان یکی از گروه‌های مهم آلاینده‌های محیط آبی، در اثر فعالیت‌های طبیعی و انسانی به اکوسیستم‌های آبی وارد می‌گردند. این فلزات ممکن است در بدن آبزیان، از جمله ماهی انباشته شده و خطری بالقوه برای سلامتی بوم سازگان و موجودات زنده، به‌ویژه برای انسان محسوب شوند. مطالعه حاضر با هدف بررسی غلظت سه فلز سنگین جیوه، آرسنیک و مس بافت عضله، کبد و پوست در دو گونه ماهی شوریده و کوتر در بنادر صیادی کنارک و پزم انجام شد.
مواد و روش‌ها: تعداد ۳۶ نمونه ماهی از بنادر کنارک و پزم جمع‌آوری گردید. پس از آماده‌سازی نمونه‌ها، به‌روش هضم اسیدی، غلظت عناصر سنگین جیوه، آرسنیک و مس به‌وسیله دستگاه جذب اتمی تعیین گردید. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SPSS، ورژن ۲۰ و آزمون‌های کواریانس و آزمون همبستگی پیرسون در سطح معنی‌داری ۰/۰۵ انجام شد.
یافته‌ها: بین مقادیر فلزات مورد مطالعه در بافت عضله، کبد و پوست شوریده و کوتر اختلاف معنی‌داری وجود نداشت ($p>0/05$). میانگین غلظت فلزات سنگین مس، جیوه و آرسنیک در بافت عضله ماهی شوریده به‌ترتیب ۳/۶۱، ۰/۰۱ و ۰/۰۲ و ماهی کوتر به‌ترتیب ۲/۳۸، ۰/۰۱ و ۰/۰۲ میکروگرم در گرم بود.
نتیجه‌گیری: میزان غلظت فلزات سنگین در بافت عضله کمتر از حد مجاز استانداردهای بین‌المللی سازمان جهانی بهداشت و سازمان جهانی غذا و کشاورزی بود.

کلید واژه‌ها: آرسنیک، جیوه، ماهی شوریده، ماهی کوتر، مس

◀ **استناد:** پورخباز ع، خوش‌بین الف، عبدالهی م. ارزیابی غلظت فلزات سنگین (مس، جیوه و آرسنیک) در بافت عضله، کبد و پوست ماهی شوریده (Otolithes ruber) و کوتر (Sphyraena forsteri) دریای عمان. *فصلنامه پژوهش در بهداشت محیط*. زمستان ۱۴۰۱؛۸(۴): ۴۱۹-۴۳۰.

مقدمه

امروزه آلودگی بوم سازگان آبی به‌ویژه آلودگی دریاها، از مسائل تهدیدکننده‌ای است که انسان با آن مواجه است (۱). برخلاف خلیج فارس که دریای نیمه‌بسته‌ای است، دریای عمان به‌صورت یک دریای باز به آب‌های آزاد اقیانوسی متصل بوده و آب آن به‌جز در مناطق ساحلی، کم و بیش دارای خواص آب‌های اقیانوسی است. ماهی شوریده و کوتر، از بهترین آبزیان تجاری در جنوب کشور به‌شمار می‌روند. این ماهیان به‌علت داشتن گوشتی لذیذ، از دیرباز مورد توجه انسان بوده‌اند (۲). امروزه با توسعه کارخانجات و صنایع و افزایش بی‌رویه جمعیت در شهرها و همچنین گسترش مناطق کشاورزی، مقادیر زیاد پساب‌های کشاورزی، صنعتی و شهری که حاوی ترکیبات نفتی، ترکیبات آلی، سموم آفت‌کش، علف‌کش و عناصر سنگین هستند، در اثر فعالیت‌های طبیعی و نیز به‌طور عمده در اثر فعالیت‌های انسانی به اکوسیستم‌های آبی راه می‌یابند (۳، ۴). در این میان، عناصر سنگین به‌علت تجزیه نشدن طبیعی و تجمع در سطوح زنجیره غذایی و ایجاد اثرات بیولوژیکی مضر، از اهمیت به‌خصوصی برخوردار می‌باشند (۵). در واقع عناصر سنگین متلاشی نمی‌شوند و پس از ورود به محیط‌های آبی در بدن آبزیان انباشته شده و در جریان چرخه‌های زیستی به سطوح غذایی بالاتر و در نهایت به بدن انسان وارد می‌شوند (۶). عناصری از قبیل کادمیوم، سرب، جیوه، آرسنیک و کروم که کاربرد زیستی ندارند، حتی به میزان بسیار اندک قادرند عملکرد طبیعی بدن آبزیان را دچار اختلال کنند. از آنجایی که ماهیان، بخش عمده‌ای از رژیم غذایی انسان را تشکیل می‌دهند، این عناصر می‌توانند به‌وسیله تغذیه از ماهیان آلوده وارد بدن شوند (۵). میزان سرانه مصرف ماهی در جهان نزدیک ۴۷ گرم گزارش شده است که ۵ گرم مربوط به مصرف سرانه ماهی در ایران است. متوسط مصرف سرانه تقریباً در طی ۴۰ سال اخیر ۲ برابر شده که از رشد جمعیت پیشی گرفته است (۷، ۸). هم‌زمان با افزایش مصرف جهانی ماهی به‌علت مزایای درمانی و تغذیه‌ای آن، نگرانی در مورد آلودگی آن افزایش یافته است؛ چراکه ماهی می‌تواند با طیف گسترده‌ای از مواد شیمیایی پایدار در محیط از جمله عناصر سنگین آلوده شود (۹). مسمومیت ماهیان با جیوه و ترکیبات آن مانند متیل جیوه، موجب ایجاد ناهنجاری‌های ریختی مانند ناهنجاری در تشکیل عدسی، تغییر شکل و یا عدم تشکیل دم، نکروتیت شدید در سلول‌های خاکستری در چشم جنین‌ها، اِدم کیسه زرده و در نهایت مرگ ماهیان را به‌دنبال دارد (۱۰). فلز مس در ماهیان منجر به کاهش مقاومت بدن نسبت به بیماری‌ها و کاهش رشد می‌شود. اختلال در فعالیت آنزیم‌ها، تغییرات رفتاری، آسیب به بافت‌های کبد، کلیه و آبشش‌ها و متابولیسم، از دیگر اثرات آلودگی ماهی‌ها با فلز مس است (۱۱). آرسنیک حتی در مقادیر کم (۰/۰۵ میلی‌گرم در لیتر) موجب افزایش خطر ابتلاء به سرطان ریه، پوست، کلیه، مجاری ادراری و سرطان مثانه می‌شود. همچنین پیدایش نقاط تیره و روشن در پوست (تغییرات پوستی از قبیل تغییر رنگ پوست) و شاخی شدن پوست (افزایش ضخامت یا برآمدگی زرد رنگ روی پوست) از دیگر عوارض آن است. همچنین دارای عوارض سوء بر سیستم عصبی است که نشانه‌های آن سردرد و لرزش است و استنشاق آن خطر ابتلاء به سرطان ریه را افزایش می‌دهد. جذب آرسنیک از طریق پوست بسیار اندک است و بیش‌ترین میزان دریافت و مواجهه با آن از طریق دریافت مواد غذایی آلوده به آن است (۱۲، ۱۳). در سال‌های اخیر، تحقیقات زیادی در خصوص اندازه‌گیری غلظت فلزات سنگین در بافت‌های ماهیان صورت گرفته است؛ برای مثال کوپات و همکاران، مقادیر تجمع کادمیوم، آرسنیک، کروم، منگنز، سرب، نیکل، روی و وانادیوم در ماهی‌ها و صدف‌های خلیج کاتانیای ترکیه را مورد بررسی قرار دادند، نتایج این مطالعه نشان داد که مصرف این ماهی با میزان مصرف فعلی از نظر فلز آرسنیک برای مصرف‌کنندگان آن خطرناک است (۱۴). در مطالعه وینودهینی و نارایانان که به بررسی تجمع کروم، نیکل، کادمیوم و سرب در کپور معمولی[1] در هندوستان پرداختند، بافت عضله دارای کمترین میزان تجمع غلظت فلزات سنگین بود (۱۵). استرباک و همکاران، با سنجش غلظت فلزات

1. Cyprinus carpio

سنگین در سیم ماهی[1]، اردک ماهی[2]، ماهی استرلیاد[3] و کپور معمولی رودخانه تیسزا صربستان، بالاترین میزان تجمع فلزات سنگین را در کپور معمولی گزارش نمودند (۱۶). مطالعه محمد نبی‌زاده و پورخباز که به بررسی غلظت فلزات سنگین (Cd، Ni، Pb، Cr) در بافت‌های عضله، کبد و آبشش ماهی شورت[4] در منطقه حفاظت شده حرا پرداخت، نشان داد که میانگین غلظت کروم، سرب و نیکل در مقایسه با استاندارد سازمان جهانی بهداشت بیشتر است (۱۷). کوسج و همکاران، پتانسیل ریسک خطر فلزات سنگین (سرب، نیکل، روی، آهن و مس) در بافت عضله ماهی شورت در قشم، بندرخمیر و بندر پل استان هرمزگان را مورد بررسی قرار دادند. نشان داد که غلظت فلزات سرب، نیکل، روی، آهن و مس کمتر از استانداردهای WHO[6]، FAO[5] و EPA[7] است (۱۸). ژونگ و همکاران، به بررسی میزان مس، کروم، روی، سرب، آرسنیک، کادمیوم، منگنز و نیکل در بافت عضله ماهی‌های کپور وحشی[8]، کپور بزرگ[9] و کپور علف خوار[10] ساکن اکوسیستم‌های آب‌های شیرین در مرکز و شمال شرقی چین پرداختند. نتایج این پژوهش نشان داد بافت عضله دارای کمترین میزان تجمع غلظت فلزات سنگین است (۱۹). از آنجایی‌که ماهی جایگاه ویژه‌ی در سبد غذایی مردم مناطق جنوبی کشور دارد و در سطوح بالای زنجیره غذایی قرار دارد و به‌عنوان یک منبع غذایی تأثیرات بهداشتی برای انسان را منعکس می کند آگاهی از وضعیت سلامت این ماهیان جهت تغذیه سالم برای مصرف‌کنندگان ضروری است (۲). بنابراین هدف از این مطالعه سنجش غلظت فلزات سنگین (جیوه، آرسنیک، مس) در بافت های عضله، کبد و پوست ماهیان شوریده[11] و کوتر[12] در بنادر کنارک و پزم و مقایسه آن با استانداردهای جهانی است.

روش کار

در این تحقیق جهت سنجش غلظت فلزات سنگین مس، جیوه و آرسنیک از بافت عضله، کبد و پوست ماهیان شوریده و کوتر در بنادر صیادی کنارک و پزم از هر ایستگاه تعداد ۳۶ نمونه ماهی در فصل پاییز و به‌طور جداگانه داخل کیسه پلاستیکی قرار داده و کدگذاری شدند و سپس در جعبه‌های یونولیت همراه با یخ پودر شده نگهداری و به آزمایشگاه محیط‌زیست دانشگاه بیرجند انتقال داده شدند. پس از بیومتری، توسط ترازوی دیجیتال وزن شدند. قبل از کالبدشکافی و آماده‌سازی، نمونه‌های ماهی با آب مقطر شست‌وشو شده تا پوشش لزج و ذرات خارجی جذب‌کننده فلزات از سطح بدن دفع گردد. سپس با استفاده از تیغه اسکالپیل عاری از آلودگی، به‌دقت بافت‌مورد نظر برای هر ماهی جدا شده و درون ورقه‌های پلاستیکی عاری از هر نوع آلودگی قرار گرفتند. سپس نمونه‌ها تا زمان شروع آنالیز در دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری شد. به‌منظور آماده‌سازی نمونه‌ها برای قرائت توسط دستگاه جذب اتمی[13]، ابتدا ۱ گرم از هر بافت ماهی به‌دقت وزن شده و در ارلن مایر ۵۰ میلی‌لیتر قرار داده شدند. سپس ۴/۵ میلی‌لیتر اسید نیتریک (۶۵٪) به هر نمونه اضافه گردید. نمونه‌ها در طول شب در آزمایشگاه قرار داده شد (بدون حرارت دادن) تا به آهستگی هضم شوند. روز بعد ۱/۵ میلی‌لیتر اسید پرکلریک (۷۲٪) به نمونه‌ها اضافه گردید. سپس نمونه‌ها بر روی حمام شن در دمای ۱۵۰ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۶ ساعت قرار داده تا کاملاً هضم شوند. پس از هضم، نمونه‌ها در هوای محیط قرار داده شد تا سرد شوند. در پایان با استفاده از آب دیونیزه، نمونه‌ها به حجم ۵۰ میلی‌لیتر رسانیده و سپس محلول‌های به حجم رسانده شده توسط کاغذ صافی واتمن (۰/۴۵ میکرومتر) فیلتر شدند (۲۰). بعد از آماده‌سازی، غلظت

1. Brama Liza
2. Liza Esox lucius
3. Liza Acipenser ruthenus
4. Sillago sihama
5. Food and Agriculture Organization
6. World Health Organization
7. Environmental Protection Agency
8. Cyprinus carpio
9. Catlocarpio siamensis
10. Ctenopharyngodon idella
11. Otolithes ruber
12. Sphyraena forsteri
13. Atomic Absorbtion Spectrophotometry

فلزات سنگین بافت‌های مختلف به‌وسیله دستگاه جذب اتمی مدل Analytik jean Contr-AA- 700 اندازه‌گیری شدند. سپس مقدار نهایی مس، جیوه و آرسنیک در هر نمونه برحسب میکروگرم بر گرم از طریق رابطه ۱ محاسبه گردید.

رابطه (۱) $M = CV / W$

C= غلظت به‌دست آمده از دستگاه

V= حجم نهایی نمونه برحسب میلی‌لیتر

W= مقدار ماده مصرف شده برحسب گرم

M= غلظت نهایی نمونه برحسب میکروگرم بر گرم

در این تحقیق، آزمایش‌ها کاملا تصادفی انجام شدند. تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SPSS، ورژن ۲۰ انجام شد. جهت بررسی نرمال بودن داده‌ها از آزمون کولموگروف – اسمیرنوف، جهت بررسی میانگین غلظت فلزات در نمونه‌ها از آزمون ANCOVA (کوواریانس) و جهت بررسی همبستگی فلزات با یکدیگر در هر کدام از ماهی‌ها، برای هر یک از سه فلز از آزمون همبستگی پیرسون استفاده شد. جهت رسم نمودارها و جداول از نرم‌افزار اکسل استفاده شد.

نتایج

میانگین میزان فلزات سنگین مس، جیوه و آرسنیک در بافت عضله، کبد و پوست ماهیان شوریده و کوتر در جداول ۱ تا ۴ ارائه شده است. بر اساس نتایج این مطالعه، میانگین فلزات سنگین در بافت عضله، کبد و پوست گونه‌های مورد مطالعه در دو منطقه کنارک و خلیج پزم به‌صورت جیوه < آرسنیک < مس بود که بین میانگین غلظت فلزات سنگین مورد مطالعه در بافت‌های مختلف ماهی کوتر و شوریده تفاوت معنی‌داری وجود نداشت ($p>0/05$). بیش‌ترین میانگین غلظت فلزات سنگین مس و آرسنیک در بافت‌های مختلف ماهی شوریده و کوتر بندر کنارک و خلیج پزم مربوط به بافت کبد به‌ترتیب با میانگین ۱۶/۴۸ و ۰/۰۸ میکروگرم بر گرم و کمترین میزان مربوط به بافت عضله به‌ترتیب با میانگین ۲/۹۹ و ۰/۰۲ میکروگرم بر گرم بود. بیش‌ترین و کمترین میزان غلظت جیوه به‌ترتیب در بافت کبد و عضله با میانگین ۰/۲۳ و ۰/۰۱ میکروگرم بر گرم به‌دست آمد. مقایسه میزان مس، جیوه و آرسنیک در بافت عضله ماهی شوریده و کوتر بندر کنارک و خلیج پزم با استانداردهای جهانی، حاکی از پایین بودن میزان غلظت این فلزات در مقایسه با حدمجاز استانداردهای بین‌المللی سازمان جهانی غذا و کشاورزی (FAO)، سازمان بهداشت جهانی (WHO) (۲۱)، مرکز ملی بهداشت و سلامت استرالیا[1] (۲۲)، آژانس حفاظت محیط‌زیست آمریکا[2] (۲۳)، وزارت شیلات و کشاورزی انگلستان[3] (۲۴) و سازمان غذا و داروی آمریکا[4] (۲۲) بود (جدول ۵).

جدول ۱. غلظت فلزات سنگین مس، جیوه و آرسنیک در بافت کبد، عضله و پوست ماهی شوریده بندر کنارک

(برحسب میکروگرم بر گرم)

نوع عنصر / نوع بافت	مس		جیوه		آرسنیک	
	میانگین	انحراف معیار	میانگین	انحراف معیار	میانگین	انحراف معیار
کبد	۱۹/۸۳	۱۰/۸۱	۰/۰۴	۰۰/۰۰	۰/۰۸	۰/۰۱
عضله	۵/۳۳	۳/۴۸	۰/۰۱	۰۰/۰۰	۰/۰۵	۰/۰۱
پوست	۴/۶۷	۱/۷۶	۰۰/۰۰	۰۰/۰۰	۰/۰۴	۰/۰۳

1. National Health and Medical Research Council (NHMRC)
2. United States Environmental Protection Agency (USEPA)
3. Ministry of Agriculture Forestry and Fisheries (MAFF)
4. Food and Drug Administration (FDA)

جدول ۲. غلظت فلزات سنگین مس، جیوه و آرسنیک در بافت کبد، عضله و پوست ماهی کوتر بندر کنارک

(برحسب میکروگرم بر گرم)

نوع عنصر / نوع بافت	مس		جیوه		آرسنیک	
	میانگین	انحراف معیار	میانگین	انحراف معیار	میانگین	انحراف معیار
کبد	۱۲/۷۱	۲/۰۱	۰/۰۴	۰۰/۰۰	۰/۱۰	۰/۰۴
عضله	۱/۸۲	۰/۳۴	۰/۰۱	۰۰/۰۰	۰/۰۴	۰/۰۲
پوست	۳/۳۱	۱/۵۳	۰/۰۰۶	۰۰/۰۰	۰/۰۲	۰/۰۳

جدول ۳. غلظت فلزات سنگین مس، جیوه و آرسنیک در بافت کبد، عضله و پوست ماهی شوریده خلیج پزم

(برحسب میکروگرم بر گرم)

نوع عنصر / نوع بافت	مس		جیوه		آرسنیک	
	میانگین	انحراف معیار	میانگین	انحراف معیار	میانگین	انحراف معیار
کبد	۱۲/۷۰	۴/۰۴	۰/۰۳	۰۰/۰۰	۰/۰۵	۰/۰۱
عضله	۱/۹۰	۰/۹۲	۰/۰۱۳	۰/۰۱	۰۰/۰۰	۰/۰۱۱
پوست	۳/۷۸	۲/۷۳	۰/۰۱۲	۰/۰۱	۰/۰۳	۰/۰۲

جدول ۴. غلظت فلزات سنگین مس، جیوه و آرسنیک در بافت کبد، عضله و پوست ماهی کوتر خلیج پزم

(برحسب میکروگرم بر گرم)

نوع عنصر / نوع بافت	مس		جیوه		آرسنیک	
	میانگین	انحراف معیار	میانگین	انحراف معیار	میانگین	انحراف معیار
کبد	۲۰/۶۹	۲/۵۸	۰/۰۳	۰۰/۰۰	۰/۱۰	۰/۰۸
عضله	۲/۹۳	۱/۱۵	۰/۰۱۳	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱
پوست	۲/۵۷	۱/۰۹	۰/۰۱۴	۰۰/۰۰	۰/۰۲	۰/۰۱

جدول ۵. مقایسه غلظت فلزات سنگین (مس، جیوه و آرسنیک) در بافت عضله ماهی شوریده و کوتر با استانداردهای جهانی

(برحسب میکروگرم بر گرم)

استانداردها	مس	جیوه	آرسنیک
سازمان بهداشت جهانی	۳۰	۰/۱	۰/۰۲
سازمان غذا و داروی آمریکا	۲۰	۰/۱-۰/۵	-
وزارت شیلات و کشاورزی انگلستان	۱۰	۰/۰۵	-
مرکز ملی بهداشت و پزشکی استرالیا	۱۰	۱	۱
سازمان جهانی غذا و کشاورزی	۳۰	۰/۵	۷/۸۸
آژانس حفاظت محیط‌زیست آمریکا	۱۲۰	-	۵
ماهی شوریده	۳/۶۱	۰/۰۱	۰/۰۲
ماهی کوتر	۲/۳۸	۰/۰۱	۰/۰۲

بحث

ماهی به‌عنوان یک منبع پروتئینی ارزشمند در سبد غذایی بسیاری از مردم وجود دارد و برآورد می‌شود که بین ۱۵-۲۰٪ از پروتئین‌های حیوانی از منابع آبی فراهم می‌شود (۲۵). عناصر سنگین به‌عنوان یکی از گروه‌های اصلی آلاینده‌های بوم سازگان آبی، دارای منشأهای گوناگونی (طبیعی و انسانی) می‌باشند (۲۶). با توجه به توانایی آن‌ها در انباشته شدن در بافت‌ها و اندام‌ها و همچنین اثرات زیان‌بار آن، می‌توانند موجب تخریب‌پذیری محیط زیست‌دریایی شوند (۲۷). در این مطالعه که میزان غلظت فلزات سنگین مس، جیوه و آرسنیک در بافت‌های مختلف ماهی شوریده و کوتر دریای عمان در بنادر کنارک و پزم مورد ارزیابی قرار گرفت، بین تجمع فلزات سنگین (مس، جیوه و آرسنیک) در بافت کبد، عضله و پوست ماهی شوریده و کوتر اختلاف معنی‌داری وجود نداشت ($p>0/05$). بیش‌ترین میزان غلظت فلز به‌دست آمده در بافت عضله، مربوط به فلز مس با میانگین ۲/۹۹ و کم‌ترین آن مربوط به جیوه با میانگین ۰/۰۱ میکروگرم در گرم مشاهده شد. حد مجاز فلز مس برای مصرف گوشت ماهیان طبق استاندارد سازمان جهانی بهداشت برابر ۳۰ میکروگرم در گرم است (۲۱). با وجود این‌که فلز مس در نمونه‌های هر دو منطقه بیش‌ترین میزان را به‌خود اختصاص داده، با این حال مقدار آن در بافت عضله از حد مجاز تعیین شده پایین‌تر بود. میزان غلظت فلز مس اندازه‌گیری شده در بافت عضله نمونه‌های مورد مطالعه در پژوهش حاضر، از مقادیر به‌دست آمده در ماهیانی نظیر کاراس طلایی[1]، سیاه کولی[2]، ماهی زردپر[3] (۲۸)، کفال طلایی[4] (۲۹) و ماهی سفید[5] (۳۰) کمتر بود. همچنین در جدول ۶ میانگین فلزات سنگین در مطالعات انجام شده در سایر ماهیان با پژوهش حاضر مقایسه شده است، که مقایسه تجمع فلزات مس، جیوه و آرسنیک در ماهیان مختلف با گزارشات سایر پژوهشگران نشان داد فلز مس بالاترین میزان غلظت فلزات سنگین را دارد. بر اساس نتایج موجود در این مطالعه، بافت عضله به‌عنوان مهم‌ترین بخش خوراکی ماهی، حاوی کمترین میزان تجمع غلظت فلزات سنگین می‌باشد، از این‌رو حداقل میزان جذب و تجمع عناصر سنگین در بافت عضله آبزیان مشاهده می‌شود که با نتایج مطالعاتی مانند خوش‌بین و همکاران (۲)، مالیک و همکاران (۳۱)، سلگی و همکاران (۲۸) و اکپو و همکاران (۳۲) همخوانی داشت. طبق نتایج بسیاری از پژوهش‌ها، بافت کبد تمایل به انباشتگی عناصر سنگین در مقادیر بالا را دارد (۳۳) که علت آن، نقش مهم بافت کبد در متابولیسم است و همچنین‌مکان اصلی انتقال زیستی، تجمع، دفع آلاینده‌ها و سم‌زدایی در ماهی است (۳۴). تجمع فلزات در بافت کبد می‌تواند به‌دلیل تمایل بیش‌تر فلزات به واکنش با گروه آمین، سولفور موجود در پروتئین متالوتیونین، اکسیژن کربوکسیلات و نیتروژن باشد. پژوهش‌های انجام شده بر روی پروتئین متالوتیونین که تحت عنوان پروتئین کاهش‌دهنده آثار سمی عمل می‌کند (۳۵)، نشان دادند که این پروتئین از میزان غلظت بالایی در بافت کبد برخوردار است (۳۶) بنابراین کبد نقش ویژه‌ای در توزیع و تجمع دوباره عناصر ایفا می‌کند (۳۷). با توجه به نتایج، میانگین غلظت فلز آرسنیک در بافت کبد تفاوت معنی‌داری را بین دو ناحیه نشان نداد ($p>0/05$). بیش‌ترین مقدار مربوط به غلظت فلز مس (Cu) بود که در کبد ماهی کوتر خلیج پزم به ۲۰/۶۹ میکروگرم در گرم رسید. این عنصر به همراه آهن جهت تولید هموگلوبین در اندام کبد و همچنین برای ترشح صفرا مورد نیاز است (۳۸). به‌همین دلیل افزایش میزان غلظت این عناصر در بافت کبد می‌تواند به‌دلیل نیاز بیش‌تر این بافت به عناصر آهن و مس باشد (۳۹، ۴۰). الگوی تجمع فلز مس در بافت‌های مختلف ماهی شوریده و کوتر به‌صورت " کبد > پوست > عضله " بود. روند کلی تجمع عناصر سنگین در کبد به‌صورت " جیوه > آرسنیک > مس " است. از طرف دیگر، بالاترین غلظت فلز جیوه در بافت کبد مشاهده شد که با نتایج مطالعه مشکینی و رسولی اقدم (۴۱) بر روی بافت کبد

1. Auratus Carassius
2. Vimba persa
3. Luciobarbus capito
4. Liza aurata (Risso, 1810)
5. Rutilus frisii kutum (Kamansky, 1901)

جدول ۶. مقایسه میانگین غلظت فلزات سنگین در بافت گونه‌های مختلف با مطالعه حاضر (میکروگرم در گرم)

گونه مورد مطالعه	بافت	Cu	As	Hg	منابع
قزل‌آلای رنگین کمان پرورشی[1]	عضله	۵۴/۸۲	–	۰/۳۶	۴۸
کفال طلایی	عضله	–	۰/۰۹	۰/۲	۴۹
ماهی سفید	عضله	–	۱/۳۶	۱/۲۹	۸
ماهی سوف[2]	عضله	–	۰/۹۲	۰/۸۰	۸
قزل‌آلای رنگین کمان	عضله	۴/۰۶	–	–	۵۰
تیلاپیا[3]	عضله	–	–	۰/۲۵	۵۱
ماهی مید[4]	عضله	۰/۰۳	–	–	۵۲
اوزون برون[5]	عضله	۱/۵۶	–	۰/۱	۵۳
کفشک زبان گاوی[6]	عضله	۲/۷۷	–	۰/۲۳	۵۴
کفال پوزه باریک[7]	عضله	–	۰/۰۰۲	–	۵۵
ماهی شوریده	عضله	۳/۶۱	۰/۰۱	۰/۰۲	مطالعه حاضر
ماهی کوتر	عضله	۲/۳۸	۰/۰۱	۰/۰۲	مطالعه حاضر
اوزون برون	پوست	۲/۶۸	–	۰/۲۶	۵۳
ماهی شوریده	پوست	۴/۲۲	۰/۰۳	۰/۰۰۶	مطالعه حاضر
ماهی کوتر	پوست	۲/۹۴	۰/۰۲	۰/۰۱	مطالعه حاضر
قزل‌آلای رنگین کمان پرورشی	کبد	۸۲/۱۱	–	۰/۴۹	۴۸
کفال طلایی	کبد	–	۰/۲۴	۰/۶۳	۴۹
اوزون برون	کبد	۲/۶۸	–	۰/۲۸	۵۳
ماهی شوریده	کبد	۱۶/۲۶	۰/۰۶	۰/۰۳	مطالعه حاضر
ماهی کوتر	کبد	۱۶/۷	۰/۱	۰/۰۳	مطالعه حاضر

گونه کپور پرورشی و کپور دریایی همخوانی داشت. همچنین در این مطالعه پایین‌ترین میزان تجمع غلظت فلزات سنگین در بافت عضله ماهیان و بالاترین تجمع آن در یافت کبد مشاهده شد. آرسنیک نیز تفاوت معنی‌داری را نشان نداد ($p>0/05$). الگوی تجمع آرسنیک در ماهی شوریده و کوتر در اندام‌های مختلف به‌صورت "کبد > پوست > عضله" بود. فلزاتی مانند جیوه و آرسنیک با توجه به این‌که نقشی در فعالیت‌های متابولیکی ندارند، حتی مقدار کم آن‌ها برای سیستم‌های بیولوژیک مضر محسوب می‌شود و جزء فلزات سمی دسته‌بندی می‌شوند (۴۲). با وجود اهمیت پوست ماهی‌ها در مصارف تغذیه‌ای، این بافت برای سنجش میزان غلظت عناصر کمتر مورد پژوهش در نظر گرفته می‌شود (۲). در این مطالعه میزان غلظت فلز مس در بافت پوست بیش‌تر از بافت عضله بود. بیش‌تر بودن میزان فلز مس در بافت پوست می‌تواند ناشی از بیش‌تر بودن چربی پوست در قیاس با بافت عضله باشد؛ زیرا به‌نظر می‌رسد چربی در اندام‌ها نیز عامل ویژه‌ای در تجمع فلزات در بافت‌های مختلف نظیر استخوان، مغز، آبشش، پوست، کبد و گناد باشد (۲). بر اساس نتایج، فلز مس در بافت پوست ماهی شوریده و کوتر بالاترین میزان را نسبت به فلزات دیگر داشت، اما از لحاظ کمی حضور فلز مس بیش‌تر از عضله و کمتر از کبد ماهی بود. تجمع جیوه در بافت پوست ماهی

1. Oncorhynchus mykiss
2. Sander lucioperca
3. Chalcalburnu Schalcalburnus
4. Liza klunzingeri
5. Acipenser stellatus
6. Cynoglossus arel
7. Chelon saliens (Risso, 1810)

شوریده و کوتر خلیج پزم بیش‌تر از نمونه‌های کنارک بود، ولی از حد مجاز سازمان جهانی بهداشت پایین‌تر بود. همچنین میزان غلظت فلز آرسنیک در بافت پوست ماهی شوریده خلیج پزم کمتر از شوریده کنارک بود. به‌طور کلی نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که میانگین غلظت فلز مس نسبت به جیوه و آرسنیک در بافت‌های مختلف ماهی شوریده و کوتر در هر دو ناحیه بالاتر است. گستردگی منابع مس و فراوانی زمینه‌های استفاده از این فلز در صنعت رنگ‌سازی، پتروشیمی، رادیوژی، سوخت‌های فسیلی و ... باعث شده تا این عنصر از انباشتگی بسیار بالایی در همه بوم‌سازگان برخوردار باشد. تفاوت در الگوی تجمع فلزات در گونه‌های مختلف ماهیان احتمالاً ناشی از تفاوت متابولیکی و فیزیولوژیکی، تفاوت‌های فردی گونه‌ای، مکان زندگی و همچنین شیوه زندگی این‌گونه‌ها باشد، همچنین اختلاف در الگوی تجمع عناصر ممکن است به‌دلیل تفاوت در غلظت خود فلز در محیط آبی باشد (۴۳). اختلاف میزان تجمع عناصر سنگین در بافت‌های مختلف ماهیان می‌تواند به‌دلیل متغیر بودن توان عناصر سنگین در زمینه غلبه بر پیوندهای فلزی پروتئین‌ها مانند متالوتیونین‌ها باشد. تفاوت اکولوژیک یا نیازها و فعالیت‌های متابولیک ماهیان ممکن است به‌عنوان عامل ویژه دیگری در نظر گرفته شود (۴۴). دورال و همکاران بیان کردند که عادت غذایی، اختلاف در مرحله رشد و نوع رفتار ماهی، می‌تواند از عوامل مهم در الگوی تجمع فلزات در ماهیان باشد (۴۵). میزان عناصر سنگین مس، جیوه و آرسنیک در بافت‌های مختلف ماهیان بندر کنارک و خلیج پزم اختلاف معنی‌داری با یکدیگر نداشت و میان ماهیان دو ایستگاه از لحاظ میزان تجمع فلزات سنگین تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد ($p>۰/۰۵$). با این‌وجود در بیش‌تر موارد، میزان غلظت عناصر سنگین در بافت‌های مختلف ماهیان بندر کنارک بیش‌تر از خلیج پزم بود که این امر می‌تواند به‌دلیل وجود کشتی‌ها و لنج‌های تجاری و صیادی فراوان و کارخانه‌های صنعتی، همچنین سوخت‌گیری شناورها و جابه‌جایی مواد نفتی در دریا، تخلیه روغن موتور شناورها و قایق‌ها و آلودگی‌های ناشی از تخلیه ضایعات و آب مخازن شناورها و لنج‌های صیادی به دریا در محل اسکله‌های صیادی باشد (۲).

نتیجه‌گیری

فلز مس در مقایسه با فلزات دیگر بیش‌ترین و فلز جیوه کم‌ترین میزان غلظت فلزات سنگین در بافت عضله نمونه‌های موردمطالعه را را دارا بودند. میانگین غلظت فلزات سنگین (مس، جیوه و آرسنیک) در بافت کبد بیش‌تر از پوست و عضله بود. در مقایسه نتایج به‌دست آمده در بافت عضله با استانداردهای جهانی، میانگین فلزات سنگین مس، جیوه و آرسنیک در هر دو ماهی مورد مطالعه پایین‌تر از حد مجاز استانداردهای بین‌المللی بود که از لحاظ تغذیه، فلزات سنگین مس، جیوه و آرسنیک در این دو ماهی، خطری برای سلامتی انسان نخواهد داشت.

ملاحظات اخلاقی

نویسندگان تمام نکات اخلاقی شامل عدم سرقت ادبی، انتشار دوگانه، تحریف داده‌ها و داده‌سازی را در این مقاله رعایت کرده‌اند. همچنین هرگونه تضاد منافع حقیقی یا مادی که ممکن است بر نتایج یا تفسیر مقاله تأثیر بگذارد را رد می‌کنند.

تشکر و قدردانی

این مقاله حاصل پایان‌نامه با عنوان «بررسی تجمع زیستی فلزات سنگین (جیوه، آرسنیک و مس) بر روی بافت‌های عضله، کبد و پوست دو گونه ماهی شوریده و کوتر در بنادر صیادی کنارک و پزم» به شماره ۲۶۸۳۹۲۳ در مقطع کارشناسی ارشد می‌باشد که با حمایت دانشگاه بیرجند اجرا شد. بدین‌وسیله از تمام افرادی که ما را در انجام این مطالعه یاری کردند، تشکر و قدردانی می‌شود.

References

1. Barbieri E, Elisangela DAP. Assessment of trace metal concentration in feathers of seabird (Larus dominicanus) sampled in the Brazilian coast. Environmental Monitoring and Assessment. 2009; 169: 631-638.
2. Khoshbin A, Pourkhabbaz A. Bioaccumulation of Lead, Cadmium and Nickel in The Muscle Two Species of Fish in The Konarak and Pozm Fishing Ports. Iranian Journal of Research in Environmental Health. 2021; 6(4): 360-370.
3. Rafeipoor A, Dehghan R, Nejadsajdi SH. Concentration Measurement of Heavy Metals Mercury, Lead and Cadmium in Fish Muscle Tuna, Tap and Tilapia in the City of Jiroft. Journal of Research in Environmental Health. 2019; 5(1): 21-30.
4. Coulibaly S, Atse BC, Koffi KM, Sylla S, Konan KJ. Seasonal accumulations of some heavy metal in water, sediment and tissues of black-chinned tilapia Sarotherodon melanotheron from Biétri Bay in Ebrié Lagoon, Ivory Coast. Bulletin of environmental contamination and toxicology. 2012; 88(4): 571-576.
5. Lakshmanan R, Kesavan K, Vijayanand P, Rajaram V, Rajagopal S. 2009. Heavy metals accumulation in five commercially important fishes of Parangipettai, southeast coast of India. Advance Journal of Food Science and Technology. 2009; 1: 63-65.
6. Naji A, Ismail A. Sediment quality assessment of Klang Estuary, Malaysia. Aquatic ecosystem health & management. 2012; 15(3): 287-93.
7. Bosch AC, O'Neill B, Sigge GO, Kerwath SE, Hoffman LC. Heavy metals in marine fish meat and consumer health: a review. Journal Science Food Agric. 2016; 96(1): 32-48.
8. Ebadi Fathabad A, Tajik H, Shariatifar N. Heavy Metal Concentration and Health Risk Assessment of Some Species of Fish, Rasht, Iran. Journal Mazandaran University Medicine Science. 2019; 28(168): 118- 132.
9. Mukherjee A, Sengupta MK, Hossain MA, Ahamed S, Das B, Nayak B, Lodh D, Rahman MM, Chakraborti D. Arsenic contamination in groundwater: a global perspective With emphasis on the Asian scenario. J Health Popul Nutr. 2006; 24(2): 142-63. PMID: 17195556.
10. Hannes R, Shenker J. Acute lethal and teratogenic effects of tributyltin chloride and copper chloride on mahi mahi (Coryphaena hippurus) eggs and larvae. Environmental Toxicology and Chemistry. 2008; 27(5): 2131– 2135.
11. Craig PM, Wood CM, Clelland GB. Water chemistry alters gene expression and physiological end points of chronic water borne copper exposure in Zebrafish, Danio rerio. Environmental Science and Technology. 2010; 44(6): 2156-2162.
12. Elnabris KJ, Muzyed SK, El-Ashgar NM. Heavy metal concentrations in some commercially important fishes and their contribution to heavy metals exposure in Palestinian people of Gaza Strip (Palestine). Journal of the Association of Arab Universities for Basic and Applied Sciences. 2013; 13(1): 44-51.
13. Ahmed MK, Shaheen N, Islam MS, Habibullah-al-Mamun M, Islam S, Mohiduzzaman M, et al. Dietary intake of trace elements from highly consumed cultured fish (Labeo rohita, Pangasius pangasius and Oreochromis mossambicus) and human health risk implications in Bangladesh.Chemosphere. 2015; 128: 284-92.
14. Copat C, Arena G, Fiore M, Ledda C, Fallico R, Sciacca S, Ferrante M. Heavy metals concentrations in fish and shellfish from eastern Mediterranean Sea: consumption advisories. Food and Chemical Toxicology. 2013; 53: 33-37.
15. Vinodhini R, Narayanan M. Bioaccumulation of heavy metals in organs of fresh water fish Cyprinus carpio. Journal of Environment Science Technology. 2008; 5: 179-182.
16- Štrbac S, Kašanin-Grubin M, Jovančićević B, Simonović P. Bioaccumulation of heavy metals and microelements in silver bream (Brama brama L.), northern pike (Esox lucius L.), sterlet (Acipenser ruthenus L.), and common carp (Cyprinus carpio L.) from Tisza River, Serbia. Journal of Toxicology and Environmental Health, Part A. 2015; 78(11): 663-665.
17. Mohammadnabizadeh S, Pourkhabbaz A. Biomonitoring of heavy metals of fish tissues in Khamir and Laft ports of Hormozgan Province. Iranian Veterinary Journal. 2013; 9(1): 64-75.
18. Koosej N, Jafariyan H, Rahmani A, Gholipoor H. Potential health risk assessment of some heavy metals (lead, Nickel, Zink, Copper and Iron) in muscle of Silago Sihama in Qeshm, Khamir Port and Pol Port, Hormozgan. Journal of Applied Ichthyological Research. 2020; 8(1): 48-57.
19. Zhong W, Zhang Y, Wu Z, Yang R, Chen X, Yang J. Health risk assessment of heavy metals in freshwater fish in the central and eastern North China. Ecotoxicology and environmental safety. 2018; 157: 343-49.
20. FAO. Compilation of legal limits for hazardous substances in fish and fishery products. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations. 1993; 5: 1-108.
21. Kamal J, Elnabris Shareef K, Muzyed Nizam M, El-Ashgar. Heavy metal concentrations in some commercially important fishes and their contribution to heavy metals exposure in Palestinian people of Gaza strip (palastine). Journal of the Association of Arab universities for Basic and Applied Sciences. 2013; 13: 44-51.
22. Chen M.H. Baseline metal concentration in sediments and fish and the determination of Bioindicators in the subtropical. Baselin Marin Poullution Bulletin. 2002; 44:

703-714.
23. Mishra S, Bhalke S, Saradhi IV, Suseela B, Tripathi RM, Pandit GG. Puranik VD. Trace metals and organometals in selected marine species and preliminary risk assessment to human beings in Thane Creek area, Mumbai. Chemosphere. 2007; 69: 972–978.
24. MAFF. Monitoring and surveillance of non-radioactive contaminants in the aquatic environment and activities regulating the disposal of wastes at sea, 1993, Directorate of Fisheries Research, Lowest oft, Aquatic Environment Monitoring Report. 1995; No. 44.
25. Nachtergaele F, van Velthuizen H, Verelst L. Harmonized world soil database (version 1.1). Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations; 2009.
26. Humtsoe N, Davoodi R, Kulkarni B, Chavan B. Effect of arsenic on the enzymes of the rohu carp Labeo rohita (Hamilton, 1822). The Raffles Bulletin of Zoology. 2007; 14:17-19.
27. Naji A, Ismail A, Ismail AR. Chemical speciation and contamination assessment of Zn and Cd by sequential extraction in surface sediment of Klang River, Malaysia. Microchemical Journal. 2010; 95(2):285-92.
28. Solgi E, Bigdeli H, Soleimany A. The levels of heavy metals of copper, zinc and iron in muscle and gill tissues of the three species of (Carassius auratus), (Vimba persa) and (Luciobarbus capito) in the manjil dam. Journal of Applied Biology. 2019; 32(3): 39-53.
29. Farahbakhsh Z, Akbarzadeh A, Amiri P, Naji A. Potential health risk assessment of heavy metals (Cu, Zn, Ni) via the consumption of the prevailing bony fish Liza auratas (Risso, 1810) of Caspian Sea. Iranian Journal of Health and Environment. 2019; 12(2):193-202.
30. Farahbakhsh Z, Akbarzadeh A, Naji A. Health risk assessment of trace metals Cu, Zn, Ni via the consumption of the prevailing bony fish Rutilus frisii kutum (Kamansky,1901), and Vimba vimba persa (Linnaeus, 1754) in Caspian sea. Iranian Scientific Fisheries Journal. 2020; 28(3): 77-89.
31. Malik N, Biswas AK, Qureshi TA. Bioaccumulation of heavy metals in fish tissues of Occuppational Hygiene. 2010; 48: 277-283.
32. Ekpo KE, Asia IO, Amayo KO, Jegede DA. (2008). Determination of lead, cadmium and mercury in surrounding water and organs of some species of fish from Ikpoba river in Benin city, Nigeria. International Physical Science. 2008; 3(11): 289-292.
33. Karadede H, Oymak SA, Unlu E. Heavy metals in Mullet. Liza abu, and Catfish, silurus triostogus. from the Ataturk Dumlake (Eupharates), Turkey. Environ International. 2004; 30: 183 -188.
34. Licata P, Trombetta D, Cristani M, Naccari C, Martino D, Calo M. Heavy metals in liver and muscle of bluefin tuna (Thunnus thynnus) caught in the Straits of Messina (Sicily, Italy). Environmental Monitoring and Assessment. 2005; 107: 239-248.
35. Al – yousuf MH, El –Shohawi MS, Al – Ghais SM. Trace metals in liver, skin and muscle of Lethrinus lentjan fish species in relation to body length and sex. Science of the Total Environment. 2000; 256: 87- 94.
36. Sen A, Semiz A. Effects of metals and detergents on biotransformation and detoxification enzymes of leaping mullet (Liza saliens). Ecotoxicology and Environmental Safety. 2007; 68: 405–411.
37. Linde AR, Sanchez-Galan S, Izquierdo JI, Arribas P, Maranon E, Garcy A, Vazquez E. Brown Trout as biomonitor of heavy metal pollution: effect of age on the reliability of the assessment, Ecotoxicology Environment. 1998; 40: 120–125.
38. Chen WY, Lin CJ, Yun RJ, Tsai JW, Liao CM. Assessing the effects of palsed waterborn Copper toxicity on life- stage tilapia populations. Science of the total Environment. 2012; 4: 1-9.
39. Bols NC, Brubacher JI, Ganassin RC, Lee LEJ. Ecotoxicology and innate immunity in fish. Dev. Company Immunology. 2001; 25(8): 853-873.
40. Sankar TV, Zynudheen AA, Anandan R, Nair PGG. Distribution of organochlorine pesticides and heavy metals residues in fish and Shellfish from Calicata region, Kerala, India. Chemosphere. 2006; 65: 583- 590.
41. Meshkini S, Rasooli Aghdam H. Comparing Accumulation Of Some Heavy Metals (Mercury, Copper, Zinc) In Liver And Muscle Tissues Of Grown Carp And Sea Carp. Veterinary Researches & Biological Products. 2018; 123: 75-83.
42. Minganti V, Drava G, De Pellegrin et al. Trace elements in farmed and wild gilthead seabream (Sparus aurata). Marine Pollution Bulletin. 2010; 60: 2022–2025.
43. Bilos C, Colombo JC, Presa MJ. Trace metals in suspended particles, sediments and Asiatic clams (Corbicula fluminea) of the Rio de la Plata Estuary, Argentina. Environmental Pollution. 1998; 99(1): 1-11.
44. Canli M., Atli G. The relationships between heavy metal (Cd, Cr, Cu, Fe, Pb, Zn) levels and the size of six Mediterranean fish species. Environmental Pollution. 2003; 121(1): 129-136.
45. Dural M, Göksu ML, Ozak AA, Derici B. Bioaccumulation of some heavy metals in different tissues of Dicentrarchus labrax L, 1758, Sparus aurata L, 1758 and Mugil cephalus L, 1758 from the Camlik lagoon of the eastern cost of mediterranean (turkey). Environmental monitoring and assessment. 2006; 118(1-3): 65-74.
46. Faraji R, Meshkini S. Survey on heavy metals of Hg, Cu and Zn in muscle and liver tissues of Rainbow trout (Oncorhynchus mykiss) in various water resources of west Azarbaijan province. Journal of Aquaculture Development. 2021; 15(3): 75-88.

47. Norouzi M, Bagheri Tavani M, Godrati SH, Amir Jannati A. Evaluate and Compare the Accumulation of the Heavy Metals in Tissues of the Gray Mullet (Liza aurata) during the Sexual Maturity and Sexual Rest. Journal of Natural Environment. 2018; 71(1): 125-137.
48. Khammar S, Hosseini S, Khoshnoodfar A. Determining the allowabie rate of Oncorhynchus mykiss fish consumption in terms of heavy metals in rivers ofkhash city. Journal of Natural Environment. 2021; 73(4): 665-675.
49. Rafeipoor A, Dehghan R, Nejadsajdi H. Concentration measurement of heavy metals mercury, lead and cadmium in fish muscle Tuna, Tap and tilapia in the city of Jiroft. Iranian Journal of Research in Environmental Health. Spring. 2019; 5(1): 21-30.
50. Orangi MA, Rahmani A, Mohaddesi AR, Koosej N. Evaluation of heavy metal levels of lead, nickel, zinc, iron and copper in the muscle tissue of liza klunzingeri and the risk of its consumption in the islands (Qeshm, Hengam and Hormoz), Hormozgan Province. Iranian Scientific Fisheries Journal. 2021; 30(1): 1-12.
51. Hedayatifard M, Maryam Khavarpour M, Orumi N. Evaluation of Relationship between Fatty acids and Heavy Metals Accumulation (Cd, Pb, Hg, Cu) in Fillet, Liver and Skin Tissues of Stellet Sturgeon (Acipenser stellatus) in Southwest and Southeast of Caspian Sea. Veterinary Researches & Biological Products. 2018; 116: 212-224.
52. Abkenar AM, Yahyavi M, Bahri AH, Jafaryan HI. Accumulation analysis of Heavy Metal of lead, Copper, Cadmium and Mercury in muscle tissue of Cynoglossus arel fish, brown Seaweed of Sargassum illicifolium and sediment from northern coasts of the Oman Sea. Animal environment. 2018; 10(2): 115-128.
53. Kalani N, Riazi B, Karbassi AR, Moattar F. Heavy Metal Concentrations In Liza Estimates From Fish Consumption In Gomishan International Wetland, Iran. Journal of Aquatic Animals an Fisheries. 2014; 5(17): 65-79.