علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره بیست و دوم، شماره هشت، آبان ماه ۹۹

اندازه گیری میزان غلظت عناصر سنگین در بافت عضله ماهی کلمه (*Rutilus rutilus caspicus* Yakovlev, 1870) (مطالعه موردی: رودخانه سیاه درویشان، استان گیلان)

محمد اتفاق دوست [۱*]

ettefaghdoost@phd.guilan.ac.ir

حمید علاف نویریان [۲]

تاریخ دریافت: ۹۸/۲/۱ تاریخ پذیرش: ۹۸/۶/۶

چکیده

زمینه و هدف: عنصرهای سنگین به دلیل برخورداری از ماهیتی تخریب ناپذیر، زمینه ساز تهدیدی جدی برای سلامت آبزیان و همچنین انسان ها در صورت تجمع یافتن سطح غلظت بالایی از آن ها در بافت موجودات آبزی است. به همین منظور مطالعه حاضر با هدف تعیین مقدار و ترتیب غلظت عناصر تجمع یافته در بافت عضله ماهی کلمه رودخانه سیاه درویشان به عنوان یکی از گونه ماهیان برخوردار از ارزش بالای اقتصادی و همینطور تعیین میزان سلامت بهداشتی آن به منظور مصارف تغذیه انسانی، انجام پذیرفته است.

روش بررسی: در مطالعه کنونی، مقدار غلظت یازده عنصر (سرب، جیوه، کروم، مس، روی، کادمیوم، آرسنیک، آهن، منگنز، نیکل و سلنیوم) در بافت عضله ۲۵ عدد ماهی کلمه (*Rutilus rutilus caspicus*) صید شده به کمک تور پرتابی سالیک از رودخانه سیاه درویشان استان گیلان در تابستان سال ۹۵ پس از بهره گیری روش هضم بسته در دستگاه هضم کننده مایکروویو CEM، به وسیله دستگاه طیف سنجی جذب اتمی Varian مورد سنجش و بررسی قرار گرفتند.

یافته ها: مقدار کمترین و بیشترین عنصرهای تجمع شده به ترتیب: روی ۳۳/۵۳-۳۰/۵۸، آهن ۲۰/۸۹-۱۸/۶۳، مس ۴/۲۴-۳/۵۴، منگنز ۱/۸۶-۱/۵۵، سرب ۰/۸۳-۰/۸۱، آرسنیک ۰/۷۹-۰/۷۴، نیکل ۰/۶۱-۰/۵۶، سلنیوم ۰/۵۱-۰/۴۶، کادمیوم ۰/۳۲-۰/۲۶، کروم ۰/۱۶-۰/۱۳ و جیوه ۰/۰۹۱-۰/۰۷۸ میکروگرم بر گرم وزن خشک، بود.

بحث و نتیجه گیری: نتایج نشان داد، میانگین غلظت همه عناصر بافت عضله ماهی کلمه به غیر از پنج عنصر سنگین نیکل (۰/۰۲۶±۰/۵۸۴)، آرسنیک (۰/۰۲۷±۰/۷۶۴)، کادمیوم (۰/۰۲۴±۰/۲۹۶)، منگنز (۰/۱۶۶±۱/۶۶۵) و سرب (۰/۰۱۱±۰/۸۱۷)، کم تر از حد مجاز استاندارد تأیید شده توسط سازمان بین المللی FAO/WHO است.

واژه های کلیدی: جذب اتمی، ماهی کلمه، بافت عضله، عناصر سمی و ضروری.

۱- دانشجوی دکتری گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان، صومعه سرا، گیلان، ایران. *(مسوول مکاتبات)

۲- دانشیار گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان، صومعه سرا، گیلان، ایران.

J. Env. Sci. Tech., Vol 22, No.8, October, 2020

Measurement of Heavy Elements Concentration in the Muscle Tissue of Caspian Roach (*Rutilus rutilus caspicus* Yakovlev, 1870)

(Case Study: Siah Darvishan River, Guilan province, Iran)

Mohammad Ettefaghdoost [1*]

ettefaghdoost@phd.guilan.ac.ir

Hamid Alaf Noveirian [2]

Admission Date:August 28, 2019 Date Received: April 21, 2019

Abstract

Background and Objective: Heavy elements, due to their indissoluble structure, pose a serious threat to the health of aquatic animals as well as humans at high level of concentrations in aquatic tissues. For this purpose, the present study aims to investigate concentration and order of elements accumulated in the muscle tissue of Caspian roach (*Rutilus rutilus caspicus*) in Siah Darvishan River as one of the fish species with high economic value and also the determination of its health for human consumption.

Method: In this study, concentration level of eleven heavy elements (Pb, Hg, Cr, Cu, Zn, Cd, As, Fe, Mn, Ni and Se) in muscle tissue of 25 Caspian roach (*Rutilus rutilus caspicus*) caught by cast net from Siah Darvishan River (Guilan province, Iran) in summer 2016 were digested with closed-vessel method in CEM microwave digestion system afterwards measured and evaluated using by Varian® atomic absorption spectroscopy.

Findings: The least and most accumulated elements have been observed, as follows: Zinc 30.58-33.53, Iron 18.63-20.89, Copper 3.54-4.24, Manganese 1.55-1.86, Lead 0.81-0.83, Arsenic 0.74-0.79, Nickel 0.56-0.61, Selenium 0.46-0.51, Cadmium 0.26-0.32, Chromium 0.13-0.16 and Mercury 0.079-0.095 microgram per gram dry weight, respectively.

Discussion and Conclusion: The results show that, mean concentrations of all elements in muscle tissue of Caspian roach, except the five heavy elements; Nickel (0.584±0.026), Arsenic (0.764±0.027), Cadmium (0.296±0.024), Manganese (1.665±0.166) and Lead (0.817±0.011), were below than the standard approved by the international organization (FAO/WHO).

Keywords: Atomic Absorption, Caspian Roach, Muscle Tissue, Toxic and Essential Elements.

1- Ph. D Student, Fisheries Department, Faculty of Natural Resources, University of Guilan, Sowmeh Sara, Guilan, Iran. *(Corresponding Author)

2- Associate Professor, Fisheries Department, Faculty of Natural Resources, University of Guilan, Sowmeh Sara, Guilan, Iran.

مقدمه

ماهی کلمه (*Rutilus rutilus caspicus*) گونه ای نیمه مهاجر است که متعلق به خانواده کپور ماهیان (Cyprinidae) از راسته کپور ماهی شکلان (Cypriniformes) با دارا بودن حدود ۲۵۰۰ گونه، می باشد (۱). این ماهی در سن ۳ تا ۴ سالگی بالغ شده و به طور کلی با شروع فصل بهار (محدوده دمایی ۲۰-۱۰ درجه سانتی گراد) در مناطق دارای پوشش مناسب گیاهی رودخانه ها، تخم‌ریزی می نماید (۲). ماهی کلمه از جمله گونه های برخوردار از ارزش اقتصادی مناسب در کشور ایران محسوب می گردد که پراکندگی جمعیت های آن عمدتاً در مناطق ساحلی و رودخانه های واقع در بخش های جنوبی دریای خزر وجود دارد (۳). این ماهی علاوه بر نقش موثری که در زنجیره غذایی فیل ماهی (*Huso huso*) دارد، به دلیل برخورداری از گوشت مطلوب و خوش طعم، برای جوامع ساکن در مناطق جنوبی دریای خزر منبع غذایی مناسبی محسوب شده و به همین علت، تمایل بسیاری در مصرف آن مشاهده شده است (۴و۵). با وجود این‌که اتحادیه جهانی حفاظت از منابع طبیعی (IUCN) ماهی کلمه را در بخش گونه های " دارای پایین ترین سطح نگرانی " درج کرده است، اما در طی سال های اخیر، مقدار فراوانی جمعیت های این ماهی با کاهش محسوسی روبرو شده است که از جمله دلایل این موضوع علاوه بر میزان صید بیش از اندازه، می توان به آلوده شدن قابل توجه زیستگاه های آبی و تغییرات شیمیایی گسترده منابع آبی زیست این گونه به ویژه توسط عنصرهای سنگین همانند کادمیوم، آرسنیک، جیوه، سرب و غیره اشاره نمود (۸-۶). رودخانه سیاه درویشان استان گیلان از جمله زیستگاه های آبی مهم محل زندگی ماهی کلمه واقع در مناطق جنوبی حوضه آبریز دریای خزر، به شمار می آید که از سرچشمه های ارتفاعات ماسال، حیدر آلات، قلعه رودخان، گشت رودخان، فومن و نظر آلات جاری گردیده و برخوردار از طول آبراهه اصلی، سطح حوضه آبی، دبی متوسط سالانه و شیب متوسط به ترتیب ۴۵ کیلومتر، ۲۹۰/۵ کیلومتر مربع، ۶/۴ متر مکعب در ثانیه و ۳/۲ درصد است (۹). هر چند در طی سالیان اخیر آب رودخانه ذکر شده، به لحاظ وجود بیش از حد عنصرهای سنگین در نتیجه افزایش روز افزون فعالیت های انسانی در مناطق حاشیه ای آن همانند دامداری، کشاورزی، دیگر فعالیت های صنعتی و همچنین نفوذ فاضلاب تصفیه نشده شهری، دستخوش تغییراتی قابل تأمل شده است (۱۰). با وجود اهمیت و ضرورت مقادیر اندک تعدادی از این عناصر مانند فلزات مس، آهن و روی به منظور حفظ کارکردهای بهینه فیزیولوژیک آبزیان، چنانچه سطح آن ها در زیستگاه جانداران آبزی از مقدار مجاز بالاتر برود یا به طور مداوم افزایش پیدا کند، تجمع بیولوژیک عناصر بیان شده توسط آبزیان به خصوص ماهیان در بافت های مهم حیاتی عضله، پوست، کبد، آبشش و غیره انجام می شود و سپس ماهی ها مبتلا به مسمومیت های مزمن شده که از جمله علائم ویژه آن را در این خصوص می توان اختلال در شنا، تغذیه، رشد، شکارگری، تولید مثل، تنظیم اسمزی و دیگر فعالیت های فیزیولوژیک مورد اشاره قرار داد (۱۴-۱۱). بنابراین با توجه به نقشی که افزایش سطح غلظت عنصرهای سنگین در پدیدار گردیدن نشانه های مسمومیت یاد شده و همین‌طور بروز آسیب های شدید به بافت های حیاتی دارد، اندازه گیری پیوسته آن ها با به کارگیری بافت های گونه ماهیان متفاوت به عنوان نشانگر زیستی، از اهمیت قابل توجهی برخوردار است. همچنین نظر به اینکه بافت عضله نقش ویژه ای در منتقل گردیدن عناصر بیان شده در طول زنجیره غذایی با مصرف آن به وسیله گونه های مختلف (بزرگنمایی بیولوژیک) و در نتیجه انتقال یافتن آن به سطوح بالای زنجیره (تغذیه انسانی) دارد، به همین منظور ضرورت پایش این عناصر در بافت عضله ماهی مورد پژوهش احساس شد (۱۵و۱۶). از جمله مطالعاتی که بر روی ماهی کلمه در مناطق مختلف جهان مرتبط با این موضوع انجام گرفته است می توان به تحقیقات Hosseini و همکاران (۲۰۱۵)، Pourang و همکاران (۲۰۱۸) و Zhang و همکاران (۲۰۱۹) اشاره نمود (۱۸،۱۷و۱۹).

روش بررسی

تهیه و فراهم سازی نمونه ها:

به منظور انجام تحقیق حاضر، تعداد ۲۵ قطعه ماهی کلمه (*Rutilus rutilus caspicus*) دارای میزان اندازه های متفاوت با بهره گیری از تور پرتابی (سالیک، اندازه چشمه ۱۰ میلی متر، قطر دهانه ۳ متر) از رودخانه سیاه درویشان (طول و عرض جغرافیایی ۴۹ درجه و ۳۰ دقیقه شرقی;۳۷ درجه و ۲۵ دقیقه شمالی، ارتفاع از سطح دریا ۱۵- متر، صومعه سرا، گیلان، ایران) در فصل تابستان سال ۹۵ به طور کاملاً تصادفی جمع آوری و بعد از قرار دادن آن ها درون پودر یخ موجود در یخدان یونولیتی به محل آزمایشگاه تحقیقات شیلات دانشگاه گیلان (دانشکده منابع طبیعی، صومعه سرا، ایران) منتقل شدند. پیش از فرآیند زیست سنجی، برای اطمینان یافتن از رفع شدن لایه خارجی لزج، ذرات سطحی جذب کننده عنصرها و دیگر عوامل آلاینده، نمونه های ماهی توسط آب دو بار تقطیر شستشو گردیدند. اندازه گیری وزن و طول نمونه ها به ترتیب توسط ترازوی دیجیتال سارتریوس (سری CPA، گوتینگن، آلمان) و کولیس میتوتویو (سری ۵۰۱-۵۰۳، تاکاتسو-کو، ژاپن) با میزان سطوح دقت ۰/۰۱ گرم و ۰/۱ میلی متر انجام و نتایج به دست آمده از آن ها در جدول ثبت شد. سپس با استفاده از تیغه کاملاً ضد عفونی شده، بافت عضله از دیگر بخش های اضافی نمونه ها به دقت جدا گردید و نمونه های بافت عضله پس از بسته بندی و شماره گذاری با انتقال به دستگاه خشک کن-انجمادی زیرباس (VaCo5، بدگروند، آلمان) و تنظیم دمای ۵۰- درجه سانتی گراد در طول مدت زمان ۱۰-۹ ساعت، به طور کامل خشک شدند. در پایان پس از پودر شدن نمونه های عضله به کمک هاون چینی، فرآیند شستشوی آن ها به وسیله اسید نیتریک (خلوص ۱۰ درصد) و آب دیونیزه D_w (شرکت کیمیا تهران اسید، تهران، ایران) انجام پذیرفت (۲۰و۲۱).

مرحله هضم شیمیایی نمونه ها:

در پژوهش کنونی، روش هضم بسته برای عمل هضم شیمیایی بافت های عضله مورد استفاده قرار گرفت که در شروع آزمایش با توزین یک گرم از نمونه بافت ها به کمک ترازوی دیجیتال سارتریوس (سری ED، گوتینگن، آلمان) با میزان دقت ۰/۰۰۱ گرم، فرآیند هضم شیمیایی با ورود آن ها به اضافه ۹ میلی لیتر اسید نیتریک (خلوص ۶۵ درصد) مرک میلی پور (بیلریکا، آمریکا) به داخل مجاری دستگاه هضم کننده مایکروویو CEM (مارس ۵، متیوز، آمریکا) و تنظیم دمای ۱۸۰ درجه سانتی گراد انجام پذیرفت. پس از آن با خنک شدن نمونه ها در محیط اتاق (دمای حدود ۲۵ - ۲۳ درجه سانتی گراد) و عبور نمودن از کاغذ صافی سیگما آلدریچ (واتمن ۴۰ میکرون، سنت لوئیس، آمریکا) با انتقال به بالن درجه بندی شده، به وسیله آب فوق خالص تا مقدار حجم ۵۰ میلی لیتر افزایش یافتند. در نهایت نگهداری نمونه ها تا آغاز مرحله سنجش غلظت عنصرهای مورد نظر، درون ظرف های پلی پروپیلن نالژن (سری ۲۱۲۶، راچستر، آمریکا) انجام شد (۲۰و۲۱).

مرحله اندازه گیری مقدار غلظت عنصرها:

از دستگاه طیف سنجی جذب اتمی با هدف تعیین میزان غلظت عنصرهای موجود در نمونه های آماده شده، استفاده شد. بعد از وارد کردن نمونه ها، روش شعله با بهره گیری از دستگاه واریان (سری FS ۲۸۰، پالو آلتو، آمریکا) به منظور پایش میزان غلظت عناصر مس، روی، منگنز و آهن و روش کوره گرافیتی به کمک دستگاه واریان (سری Z ۲۸۰/ GTA ۱۲۰، پالو آلتو، آمریکا) برای تعیین مقدار عنصرهای نیکل، سلنیوم، کروم، کادمیوم، آرسنیک و سرب و در نهایت روش بخار سرد به وسیله دستگاه واریان (سری ۷۷- VGA، پالو آلتو، آمریکا) برای سنجش میزان جیوه به کار گرفته شد. برای مطمئن شدن از سطح دقت کار و همچنین استخراج عناصر مورد مطالعه، روش افزایش استاندارد نمونه های استاندارد مرجع بافت صدف های ماسل SRM® ۲۹۷۶ و اویستر SRM® ۱۵۶۶b (موسسه ملی فناوری و استانداردها، گیترزبرگ، آمریکا) مورد استفاده قرار گرفت و پس از سه مرتبه تکرار نمودن هر آزمایش (میانگین ± انحراف معیار) میزان درصد بازیابی عنصرهای مورد پژوهش، ارزیابی گردید (۲۰،۲۱و۲۲).

تجزیه و تحلیل آماری:

در ابتدا آزمون آماری کولموگروف اسمیرنوف به منظور تشخیص نرمال بودن پراکنش نتایج حاصل، مورد استفاده قرار

گرفت و در ادامه به جهت مقایسه کردن میانگین داده ها، تحلیل واریانس یکطرفه با استفاده از نرم افزار آی بی ام SPSS (نسخه ۲۲، نیویورک، آمریکا) انجام پذیرفت. در صورت مشاهده اختلاف معنادار آماری، از آزمون توکی دارای میزان سطح اطمینان ۹۵ درصد ($P < ۰/۰۵$) با هدف جداسازی گروه های نامشابه استفاده شد. مقایسه نتایج حاصل گردیده از تحقیق حاضر با آستانه مجاز استانداردهای توصیه شده به وسیله نهادهای معتبر بین المللی، با استفاده از آزمون آنالیز واریانس تک نمونه ای انجام گرفت. در پایان برای رسم نمودن جداول، از نرم افزار مایکروسافت اکسل (نسخه ۲۰۱۳، ردموند، آمریکا) بهره گرفته شد و نتایج بر اساس میکروگرم بر گرم وزن خشک (میانگین ± انحراف معیار) بیان گردیده است.

یافته ها

زیست سنجی نمونه های ماهی:

در ابتدای مطالعه تعداد کل ۲۵ نمونه ماهی کلمه (*R. rutilus caspicus*) جمع آوری گردیده از رودخانه سیاه درویشان (شهرستان صومعه سرا، استان گیلان، ایران)، با دقت مورد زیست سنجی قرار گرفتند. بر اساس آن، نمونه های ماهی بررسی شده دارای میانگین طول کل ۱/۲۶ ± ۱۹/۳۷ سانتی متر (محدوده کمینه ۱۶/۸۵ – بیشینه ۲۲/۶۳ سانتی متر) و میانگین وزن کل ۲۸/۶۲ ± ۱۳۶/۷۵ گرم (محدوده کمینه ۷۶/۵۲ – بیشینه ۱۸۲/۷۸ گرم) بودند.

ارزیابی صحت روش استخراج عنصرها:

بر طبق آنچه پیش تر به آن اشاره شد، به منظور مطلع گردیدن از میزان درستی روش های مورد استفاده و استخراج عناصر مورد بررسی از نمونه های تهیه شده بافت عضله، روش افزایش استاندارد نمونه مرجع بافت صدف های اویستر ۱۵۶۶b SRM® و ماسل ۲۹۷۶ SRM® به کار گرفته شد. بر اساس نتایج حاصل شده از این آزمایش، مقدار بازیابی عناصر مطالعه گردیده دارای محدوده ۱۰۱ - ۸۶ درصد در بافت صدف اویستر و ۸۵ - ۱۰۳ درصد در بافت صدف ماسل بود. بالاترین میزان بازیابی در فلزهای آهن و روی و پایین ترین درصد آن در عناصر منگنز و جیوه به دست آمد که مشخص نمود شیوه های به کار رفته برای تشخیص میزان غلظت عناصر، از سطح اطمینان کافی برخوردار است.

تعیین مقدار غلظت عناصر در نمونه های بافت عضله:

در جدول ۱، نتیجه های حاصل از اندازه گیری میزان غلظت عنصرهای مورد نظر در بافت عضله ماهی کلمه آورده شده است. بر طبق نتایج به دست آمده از سنجش انجام گرفته، عناصر فلزی روی با ۳۳/۵۳ میکروگرم بر گرم، بیشترین و جیوه با ۰/۰۷۸ میکروگرم بر گرم، کمترین میزان تجمع بیولوژیک عنصرهای بررسی شده را در نمونه های بافت عضله ماهی کلمه از خود نشان دادند. همچنین با پایش و مقایسه میزان سطح غلظت این عناصر با معیار حد استاندارد مجاز توصیه گردیده توسط نهاد های بین المللی خواربار و کشاورزی ملل متحد/ بهداشت جهانی (FAO/WHO)، میانگین مقدار تجمع عنصرهای نیکل، سرب، آرسنیک، منگنز و کادمیوم اندازه گیری در بافت عضله ماهی کلمه بالاتر از استاندارد تعیین شده قرار داشت. حال آنکه میزان غلظت سایر عنصرها، پایین تر از آستانه مجاز این استاندارد جهانی بود (۲۳).

جدول ۱- مقایسه بین مقدار غلظت عنصرهای مطالعه گردیده (میکروگرم بر گرم وزن خشک) در بافت عضله ماهی کلمه با میزان آستانه تعیین شده توسط استاندارد جهانی

Table 1. A comparison between concentrations of the studied elements (µg/g dry weight) in the muscle tissue of Caspian roach with the threshold specified by the international standard

عنصر	تنظیمات دستگاه		میزان تجمع			محدوده (میکروگرم بر گرم وزن خشک)		استاندارد جهانی
	طول موج (نانومتر)	پهنای شکافت (نانومتر)	میانگین (میکروگرم بر گرم)	انحراف معیار	انحراف معیار نسبی (درصد)	کمینه	بیشینه	FAO/WHO
آرسنیک	۱۸۸/۹۸	۰/۵	۰/۷۶۴	۰/۰۲۷	۳/۶۰	۰/۷۴	۰/۷۹	۰/۰۵
آهن	۲۵۹/۹۴	۰/۲	۱۹/۵۷۹	۱/۱۷۰	۵/۹۸	۱۸/۶۳	۲۰/۸۹	۱۰۰
جیوه	۲۵۳/۷۱	۰/۵	۰/۰۸۵	۰/۰۰۶	۷/۷۱	۰/۰۷۸	۰/۰۹۱	۰/۵
روی	۲۳۱/۸۶	۰/۷	۳۱/۶۲۵	۱/۶۵۷	۵/۲۴	۳۰/۵۸	۳۳/۵۳	۱۰۰۰
سرب	۲۲۰/۳۵	۰/۷	۰/۸۱۷	۰/۰۱۱	۱/۳۵	۰/۸۱	۰/۸۳	۰/۵
سلنیوم	۱۹۶/۰۳	۱/۰	۰/۴۸۲	۰/۰۲۹	۶/۰۲	۰/۴۶	۰/۵۱	۱
کادمیوم	۲۱۴/۴۴	۰/۷	۰/۲۹۶	۰/۰۲۴	۸/۰۴	۰/۲۶	۰/۳۲	۰/۲
کروم	۲۶۷/۷۲	۰/۲	۰/۱۴۷	۰/۰۱۲	۷/۸۷	۰/۱۳	۰/۱۶	۰/۳
مس	۳۲۷/۴۰	۰/۷	۳/۹۰۵	۰/۳۴۸	۸/۹۲	۳/۵۴	۴/۲۴	۳۰
منگنز	۲۵۷/۶۱	۰/۲	۱/۶۶۵	۰/۱۶۶	۹/۹۷	۱/۵۵	۱/۸۶	۰/۰۵
نیکل	۲۳۱/۶۰	۰/۲	۰/۵۸۴	۰/۰۲۶	۴/۵۴	۰/۵۶	۰/۶۱	۰/۴

بحث و نتیجه گیری

تجمع بیولوژیک عناصر سنگین از آن‌جایی به لحاظ زیستی تخریب ناشدنی و پایدار می‌باشند، در بافت های جانداران آبزی همچون ماهیان، صورت می گیرد که از این نظر لزوم توجه داشتن به سطح غلظت آن ها در محیط های مختلف دارای اهمیت بسیاری است. به طور کلی نقش عوامل انسانی در ورود این عنصرها به محیط های آبی نسبت به فرسایش طبیعی پوسته زمین، به میزان قابل ملاحظه ای بیشتر می باشد (۲۶-۲۴). چنانچه میزان غلظت عناصر یاد شده بیشتر از حد ظرفیت خود پالایی اکوسیستم های آبی باشد، زمینه ساز آشفته شدن تعادل طبیعی این محیط ها می شود و در نتیجه موجب افزایش یافتن احتمال انباشت این عناصر در بافت های مختلف و همچنین انتقال پیوسته آن ها در طول زنجیره های غذایی می گردد (۲۷و۲۸). به دلیل این‌که که ماهی ها در سطوح بالای این زنجیره محیط های آبی قرار دارند، در معرض انباشت بیشتری از عنصرهای سنگین درون بافت های حیاتی خود هستند (۲۹و۳۰). بنابراین با توجه به نقش برجسته ای که ماهیان برای تأمین منابع پروتئینی در تغذیه جوامع انسانی ایفا می کنند، اندازه گیری عنصرهای مورد اشاره در بافت های مختلف گونه های ماهی، علاوه بر نقش گسترده ای که در آگاهی یافتن از خطرهای پنهان و بالقوه آن ها بر بهداشت و سلامت تغذیه ای انسان ها دارد، به منظور نشانگر زیستی عناصر سنگین در محیط های آبی متفاوت نیز دارای کاربرد قابل توجهی می باشد (۱۴و۲۱). آگاهی یافتن از مقدار عناصر سنگین تجمع یافته در بافت عضله با توجه به ارزش خوراکی

بالای آن در مصارف تغذیه انسانی و همچنین دارا بودن نقشی ویژه به لحاظ زیست محیطی و انتقال این عنصرها در زنجیره های غذایی گونه های مختلف، از اهمیت بالایی برخوردار است (۱۵و۳۱). از همین رو بیشتر مطالعات انجام پذیرفته در ارتباط با موضوع اندازه گیری غلظت عنصرهای سنگین بافت های آبزیان، به بررسی بافت خوراکی عضله اختصاص پیدا کرده است (۳۵-۳۲). به همین دلیل با توجه به موارد بیان شده، بافت عضله به عنوان هدف پژوهش کنونی مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفت. عناصر سنگین در بافت عضله ماهیان مختلف و حتی گونه هایی که در اکوسیستمی مشابه زیست می کنند از نظر میزان و ترتیب تجمع بیولوژیک دارای تفاوت زیادی می باشد که به عنوان دلایل آن می توان اختلاف در زیستگاه، نیازمندی های فیزیولوژیک و اکولوژیک، فیزیکوشیمیایی آب (شامل درجه حرارت، شوری و سختی)، سطح مقدار عنصرها در محیط های آبی، بهره مندی از پروتئین متالوتیونین (با کاربرد کاهش سمیت عناصر مضر) و غیره را در این موضوع مورد اشاره قرار داد (۳۸-۳۶). در جدول ۲ ترتیب مقدار غلظت عنصرهای سنگین بافت عضله ماهی کلمه در تحقیق حاضر با سایر مطالعات انجام پذیرفته بر روی این گونه در نواحی مختلف جهان، مورد بررسی و مقایسه قرار گرفته است. بر طبق یافته های به دست آمده، عنصرهای فلزی روی و آهن بالاترین مقدار تجمع زیستی را در بافت عضله ماهی کلمه از خود نشان دادند که با مطالعات Canbek و همکاران (۲۰۰۷) بر روی گونه سیاه ماهی (*Capoeta capoeta*) با غلظت های روی ۸/۹۲ و آهن ۱/۸ میکروگرم بر گرم وزن خشک، Uysal و همکاران (۲۰۰۹) بر ماهی کاراس (*Carassius carassius*) با میزان غلظت های روی و آهن به ترتیب ۳۰/۰۶ و ۱۸/۴۴ میکروگرم بر گرم وزن تر، Xie و همکاران (۲۰۱۰) روی ماهی کپور معمولی (*Cyprinus carpio*) با مقادیر روی و آهن به ترتیب غلظت های ۶۵/۳ و ۲۹/۵ میکروگرم بر گرم وزن خشک و همچنین تحقیقات Hosseini و همکاران (۲۰۱۵) و Pourang و همکاران (۲۰۱۸) بر ماهی سفید (*Rutilus frisii kutum*) با میزان غلظت های روی و آهن به ترتیب ۸/۰۵ و ۵/۸۳ میکروگرم بر گرم وزن تر و ۳/۹۳ و ۲/۹۲ میکروگرم بر گرم وزن خشک، همخوانی داشت (۳۹،۳۶،۱۸،۱۷و۴۰). درحالیکه یافته های به دست آمده از پژوهش حاضر با تحقیقات Farhadi و Yavari (۲۰۱۳) بر روی سیاه ماهی فلس ریز (*Capoeta damascina*) دارای مشابهت نبود زیرا در پژوهش ایشان مقدار تجمع عنصر آهن (با میزان غلظت ۴۵ میکروگرم بر گرم وزن خشک) بیشتر از فلز روی (با غلظت ۱۴ میکروگرم بر گرم وزن خشک) مشاهده گردید (۴۱).

مقدار بالای تجمع زیستی فلز روی، نشان دهنده اهمیت قابل ملاحظه آن (مقدار غلظت های اندک) در بسیاری از سیستم-های آنزیمی با نقش ترکیب های فعال کننده به منظور کارکرد بهینه بخش های مختلف بدن (چشم ها، غدد تناسلی و پوست)، انجام فرآیند سوخت و سازی (چربی، کربوهیدرات و پروتئین)، تجمع گردیدن کلسیم در استخوان ها و تشکیل اسید نوکلئیک است. این فلز با توجه نقش برجسته ای در سوخت و ساز سلولی دارد، نسبت مقدار دفع آن از بافت های بدن بسیار آهسته تر از سطح تجمع زیستی بوده که باعث انباشتگی هر چه بیشتر این عنصر فلزی درون بافت های مختلف آبزیان می گردد (۴۲و۴۳). این در حالی است دهمین عنصر فلزی با بالاترین مقدار فراوانی از نظر ماهیت طبیعی، عنصر آهن می باشد که علاوه بر دارا بودن بیشترین میزان کاربرد در فعالیت های صنعتی، بخشی از رنگدانه های مرتبط با سیستم های تنفسی با عملکرد انتقال اکسیژن و شکل گیری ساختار آنزیم ها نیز محسوب می شود. همچنین با توجه به نقشی که این فلز در فرآیندهای متابولیسمی بدن ماهیان ایفا می کند، در حدود ۰/۰۰۵ درصد وزن کل ساختمان بافت های آن ها را نیز تشکیل می دهد (۴۲).

مقدار تجمع زیستی فلز ضروری مس و عنصر نیمه ضروری منگنز در تحقیق کنونی (به ترتیب با میزان غلظت های ۳/۹۰۵ و ۱/۶۶۵ میکروگرم بر گرم وزن خشک) بعد از ترتیب توالی تجمع عنصرهای فلزی ضروری روی و آهن مشاهده گردید که با مطالعه Uysal و همکاران (۲۰۰۹) بر روی اندازه گیری

غلظت عناصر مس و منگنز در ماهی کاراس (به ترتیب ۱/۵۱ و ۰/۴۸ میکروگرم بر گرم وزن خشک) مشابهت داشت ولی با پژوهش Pourang و همکاران (۲۰۱۸) دارای همخوانی نبود زیرا در مطالعه آن ها عنصر منگنز با مقدار تجمع ۲/۵۲۴ میکروگرم بر گرم، میزان غلظت بالاتری را در بافت عضله ماهی سفید نسبت به فلز مس با غلظت ۲/۲۷۸ میکروگرم بر گرم وزن خشک از خود نشان داد (۱۸و۳۶). فلز ضروری مس علی رغم این‌که دارای کاربرد کمتری در ماهی ها نسبت به سخت پوستان (اهمیت موثر در تشکیل ساختار هموسیانین) است اما با وجود این همراه عنصر منگنز نقشی قابل توجه در سیستم های آنزیمی و واکنش اکسیداسیون-احیا، تشکیل رنگدانه های پوستی ملانین، ساختار بافت همبند، استخوان و عملکرد های تنفسی دارد که موارد بیان شده، دلایل مقدار بالای تجمع بیولوژیک این دو عنصر در بافت عضله ماهی کلمه را مشخص می کند (۴۲و۴۴). در پژوهش حاضر بعد از ترتیب توالی تجمع فلزات ضروری روی، آهن، مس و فلز نیمه ضروری منگنز، تجمع زیستی عنصرهای غیر ضروری و مضر (با میزان غلظت های سرب ۰/۸۱، آرسنیک ۰/۷۶، نیکل ۰/۵۸، سلنیوم ۰/۴۸، کادمیوم ۰/۲۹ و جیوه ۰/۰۸ میکروگرم بر گرم وزن خشک) مشاهده گردید که نتیجه های به دست آمده از این تحقیق با پژوهش های Zhong و همکاران (۲۰۱۸) و Zhang و همکاران (۲۰۱۹) مطابقت دارد زیرا در مطالعه ایشان توالی تجمع عنصرهای سمی (با غلظت های سرب ۰/۱۹، آرسنیک ۰/۱۶، نیکل ۰/۱۰، و کادمیوم ۰/۰۰۱ میکروگرم بر گرم وزن خشک) و (با میزان غلظت های آرسنیک ۰/۸۲، سرب ۰/۴۲، جیوه ۰/۰۵ و کادمیوم ۰/۰۱ میکروگرم بر گرم وزن خشک) پس از فلزهای ضروری مورد اشاره، مشاهده گردید (۱۴و۱۹). در حالیکه توالی مقدار تجمع این عنصرهای غیر ضروری در تحقیقات Hosseini و همکاران (۲۰۱۵) با میزان غلظت آرسنیک ۱/۶۱، سرب ۰/۸۶۹، کروم ۰/۱۷۶ و کادمیوم ۰/۰۲۵ میکروگرم بر گرم وزن تر و Siraj و همکاران (۲۰۱۸) با مقدار تجمع نیکل ۷۸/۲، سرب ۴۹، کادمیوم ۲۰/۳ و جیوه ۱۶ میکروگرم بر گرم وزن خشک، پیش از ترتیب غلظت های برخی از عناصر ضروری بیان شده، گزارش گردید که با یافته های حاصل شده از تحقیق حاضر همخوانی ندارد (۱۷و۱۹). عدم نیازهای زیستی و فیزیولوژیک ماهیان به عناصر مضر مورد اشاره را میتوان از جمله دلایل اصلی پایین تر بودن مقدار آن ها در بافت عضله ماهی کلمه در تحقیق حاضر برشمرد که در عمل مقدار تجمع بیولوژیک این عنصرها را شرایط بیرونی همانند سطح غلظت آن ها در اکوسیستم و سایر عوامل آلاینده زیست محیطی تعیین می نماید (۱۲و۴۵). دخالت های انسانی و سایر فعالیت های مرتبط با آن، زمینه ساز عمده این دسته از عناصر غیر ضروری و مضر محسوب می شوند که به طور کلی در نتیجه به کارگیری بیش از اندازه کودهای شیمیایی در طی فرآیند کشت محصولات کشاورزی و پرورشی در صنعت دامداری، عناصر فلزی مورد کاربرد در ابزارهای پزشکی، ترکیب آلیاژهای به کار رفته در ساخت تجهیزات الکترونیک، ترکیبات بر جای مانده از سوخت فرآورده های فسیلی، روانآب های حاصل از حشره کش ها و علف کش ها و در نهایت تخلیه گردیدن فاضلاب و پسآب های شهری خانگی و بیمارستانی به درون محیط های آبی می باشد که در حقیقت بیان کننده نقش زیاد فعالیت های مرتبط با صنایع در وجود بیشتر از حد این عناصر در زیستگاه های آبی نسبت به ماهیت طبیعی آن است. غلظت بیش از اندازه عناصر سمی اشاره گردیده در این محیط ها، با تأثیر گذاری مستقیم بر روی بافت های مختلف جانداران آبزی سبب پدیدار گردیدن عوارض حادی همچون مختل شدن کارکرد های بهینه حس بویایی، قلب، آبشش، شکل گیری اسپرم، موکوس بدن و آبشش، تشکیل DNA، شاخص های رشد و خونی، سیستم های تولید مثل و اسمزی، حساس شدن به عامل های عفونی، آسیب دیدگی بافت ها و در نتیجه باعث بروز مرگ و میر گسترده می شوند (۴۲،۴۵و۴۶). نتیجه گیری کلی: بر طبق یافته های به دست آمده از مطالعه اخیر، مقدار تجمع زیستی همه عنصرهای مطالعه شده در بافت عضله ماهی کلمه صید گردیده از رودخانه سیاه درویشان به غیر از عناصر فلزی نیکل، منگنز، کادمیوم، سرب و شبه فلز آرسنیک، در آستانه ای پایین تر از استاندارد مورد تأیید به وسیله نهاد های بین المللی (FAO/WHO) به دست آمد.

این در شرایطی است که بالاتر از میزان استاندارد قرار داشتن پنج عنصر اشاره شده، الزامی بودن اهمیت توجه به احتمال ورود عامل های مولد چنین آلوده کننده های زیست محیطی که قبل تر بدان اشاره گردید به درون اکوسیستم این گونه ماهی اقتصادی ارزشمند را برجسته می سازد. در نتیجه موضوع کنونی نیازمند تشخیص مناسب مسیرهای ورودی و عوامل ایجاد کننده عنصرهای بیان شده به منظور جلوگیری از وارد شدن این آلاینده های مخرب به محیط آبی محل زندگی گونه مورد پژوهش است.

تشکر و قدردانی

نویسندگان بر خود لازم می‌دانند بدینوسیله از تمامی عزیزانی که در مراحل انجام این مطالعه یاری رساندند، تقدیر و تشکر نمایند.

جدول ۲- مقایسه میان ترتیب غلظت عنصرهای تجمع یافته در بافت عضله ماهی کلمه با سایر مطالعات انجام شده (خانواده کپور ماهیان) در نواحی مختلف جهان

Table 2. A comparison between the concentrations of accumulated elements in the muscle tissue of Caspian roach with other studies (Cyprinidae) in different parts of the world

گونه	ترتیب غلظت	ناحیه مطالعه شده	منبع
ماهی سفید	روی>سلنیوم>مس>منگنز>جیوه>سرب>کادمیوم>نیکل	نواحی جنوبی، دریای خزر، ایران	(۴۷)
سیاه ماهی	روی>آهن>نیکل>منگنز>مس>سرب>کادمیوم	رودخانه پرسوک، اسکی شهیر، ترکیه	(۳۹)
ماهی کاراس	روی>آهن>مس>منگنز>کادمیوم	دریاچه سد انه، کوتاهیا، ترکیه	(۳۶)
ماهی کپور معمولی	سرب>آرسنیک>جیوه>کادمیوم	رودخانه کر، فارس، ایران	(۳۲)
ماهی کپور معمولی	روی>آهن>مس>سرب>آرسنیک>منگنز>کادمیوم>جیوه	دلتای رودخانه پرل، گوانگ دونگ، چین	(۴۰)
ماهی کپور معمولی	روی>سرب>مس>نیکل>منگنز>کادمیوم	تالاب شادگان، خوزستان، ایران	(۳۷)
ماهی سفید	روی>نیکل>مس>سرب>جیوه>کادمیوم	سواحل فرح آباد ساری، دریای خزر، ایران	(۴۸)
سیاه ماهی فلس ریز	آهن>روی>سرب>نیکل>مس>کادمیوم	رودخانه سزار، لرستان، ایران	(۴۱)
ماهی کپور معمولی	روی>مس>جیوه>کادمیوم>نیکل>سرب	نواحی جنوبی، دریای خزر، ایران	(۴۹)
ماهی کپور معمولی	منگنز>مس>سرب>آرسنیک>کادمیوم	لهاسا، تبت، چین	(۳۳)
ماهی سفید	روی>آهن>سلنیوم>آرسنیک>مس>سرب>منگنز>کروم>کادمیوم	نواحی جنوبی، دریای خزر، ایران	(۱۷)
ماهی سفید	روی>آهن>منگنز>مس	نواحی جنوبی، دریای خزر، ایران	(۱۸)
ماهی کپور معمولی	روی>آهن>نیکل>مس>سرب>منگنز>کادمیوم>جیوه	رودخانه کابل، خیبر پختونخوا، پاکستان	(۳۴)
ماهی کپور معمولی	مس>منگنز>سرب>کادمیوم	سواحل نوشهر، دریای خزر، ایران	(۳۵)

ماهی کپور معمولی	روی>کروم>مس>منگنز>سرب>آرسنیک>نیکل >کادمیوم	نواحی شمال مرکزی و شرقی، چین	(۱۴)
ماهی کپور معمولی	روی>مس>آرسنیک>سرب>جیوه>کادمیوم	رودخانه مکونگ، یون نان، چین	(۱۹)
ماهی کلمه	روی>آهن>مس>منگنز>سرب>آرسنیک>نیکل> سلنیوم>کادمیوم>کروم>جیوه	رودخانه سیاه درویشان، صومعه سرا، گیلان، ایران	مطالعه حاضر

Reference

1. Abolfathi, M., Hajimoradloo, A., Ghorbani, R., Zamani, A., 2012. Effect of starvation and refeeding on digestive enzyme activities in juvenile roach, *Rutilus rutilus caspicus*. Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology, Vol. 161, pp. 166-173 .
2. Härmä, M., Lappalainen, A., Urho, L., 2008. Reproduction areas of roach (*Rutilus rutilus*) in the northern Baltic Sea: potential effects of climate change. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, Vol. 65, pp. 2678-2688 .
3. Halimi, M., Golpour, A., Dadras, H., Mohamadi, M., Chamanara, V., 2014. Quantitative characteristics and chemical composition in Caspian roach (Rutilus rutilus caspicus) sperm. Iranian Journal of Fisheries Sciences, Vol. 13, pp.81-90 .
4. Kiabi, B. H., Abdoli, A., Naderi, M., 1999. Status of the fish fauna in the South Caspian Basin of Iran. Zoology in the Middle East, Vol. 18, pp. 57-65 .
5. Keyvanshokooh, S., Kalbassi, M. R., 2006. Genetic variation of *Rutilus rutilus caspicus* (Jakowlew 1870) populations in Iran based on random amplified polymorphic DNA markers: a preliminary study. Aquaculture Research, Vol, 37, pp.1437-1440 .
6. Esmaeili, H. R., Coad, B. W., Mehraban, H. R., Masoudi, M., Khaefi, R., Abbasi, K., Mostafavi ,H., Vatandoust, S., 2015. An updated checklist of fishes of the Caspian Sea basin of Iran with a note on their zoogeography. Iranian Journal of Ichthyology, Vol. 1, pp.152-184 .
7. Esmaeli, H. R., Teimori, A., Feridon, O., Abbasi, K., Brian, W. C., 2015. Alien and invasive freshwater fish species in Iran: Diversity, environmental impacts and management. Iranian Journal of Ichthyology, Vol. 1, pp. 61-72 .
8. The IUCN., 2018. Red List of Threatened Species 2018: *Rutilus caspicus* (Caspian Roach) (errata version published in 2018). Ed. by Jörg Freyhof and Emma Brooks. 51nd ed. IUCN Publications Services. Gland, Switzerland, pp. 9-54 .
9. Abbasi, K., Moradkhah, S., Sarpanah, A., 2007. Identification and distribution of fish fauna in Siahdarvishan River (Anzali Wetland basin). Pajouhesh-va-Sazandegi, Vol. 19, pp. 27-39 . (persian)
10. Ghafouri, M., Ghaderi, N., Tabatabaei, M., Versace, V., Ierodiaconou, D., Barry, D., Stagnitti, F., 2010. Land use change and nutrients simulation for the Siah Darvishan basin of the Anzali wetland region, Iran. Bulletin of environmental contamination and toxicology, Vol. 84, pp. 240-244 .

11. Järup, L., 2003. Hazards of heavy metal contamination. British medical bulletin, Vol. 68, pp. 167-182 .
12. Castro-González, M., Méndez-Armenta, M., 2008. Heavy metals: Implications associated to fish consumption. Environmental toxicology and pharmacology, Vol. 26, pp. 263-271 .
13. Mazej, Z., Al Sayegh-Petkovšek, S., Pokorny, B., 2010 .Heavy metal concentrations in food chain of Lake Velenjsko jezero, Slovenia: an artificial lake from mining. Archives of environmental contamination and toxicology, Vol. 58, pp. 998-1007 .
14. Zhong, W., Zhang, Y., Wu, Z., Yang, R., Chen, X., Yang, J., Zhu, L., 2018. Health risk assessment of heavy metals in freshwater fish in the central and eastern North China. Ecotoxicology and environmental safety, Vol. 157, pp. 343-349.
15. Bosch, A. C., O'Neill, B., Sigge, G. O., Kerwath, S. E., Hoffman, L. C., 2016. Heavy metals in marine fish meat and consumer health: a review. Journal of the Science of Food and Agriculture, Vol. 96, pp. 32-48 .
16. Pouil, S., Bustamante, P., Warnau, M., Metian, M., 2018. Overview of trace element trophic transfer in fish through the concept of assimilation efficiency. Marine Ecology Progress Series, Vol, 588, pp. 243-254 .
17. Hosseini, S., Karaminasab, M., Batebi-Navaei, M., Aflaki, F., Monsefrad, F., Regenstein, J., Vajdi, R., 2015. Assessment of the essential elements and heavy metals content of the muscle of Kutum (*Rutilus frisii kutum*) from the south Caspian Sea and potential risk assessment. Iranian Journal of Fisheries Sciences, Vol. 14, pp. 660-671 .
18. Pourang, N., Rachti, M. L., Moazami, H., Mostafavi, P. G., 2018. Major and trace elements' concentrations in hard and soft tissues of kutum, *Rutilus kutum*, from the Caspian Sea and their potential use as biomonitoring tools. Environmental monitoring and assessment, Vol. 190, pp. 431-444 .
19. Zhang, J. L., Fang, L., Song, J. Y., Luo, X., Fu, K. D ,.Chen, L. Q., 2019. Health risk assessment of heavy metals in *Cyprinus carpio* (Cyprinidae) from the upper Mekong River. Environmental Science and Pollution Research, Vol. 26, pp. 9490–9499 .
20. MOOPAM, R., 1999. Manual of oceanographic observations and pollutant analysis methods. ROPME: Regional Organization for the Protection of the Marine Environment. Ed. by Nahida AI-Majed, Hassan Mohammadi and Abdulnabi AI-Ghadban. 3rd ed. Kuwait city, Kuwait, pp. 97-164 .
21. Łuczyńska, J., Paszczyk, B., Łuczyński, 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, Vol. 153, pp. 60-67 .
22. Chahid, A., Hilali, M., Benlhachimi, A., Bouzid, T., 2014. Contents of cadmium, mercury and lead in fish from the Atlantic sea (Morocco) determined by atomic absorption spectrometry. Food chemistry, Vol. 147, pp. 357-360 .

23. FAO/WHO., 1993. Food and Agriculture Organization, World Health Organization. Evaluation of certain food additives and contaminants (report of the joint FAO/WHO expert committee on food additives). WHO Tech. Reports Series No. 837. 41st ed. Geneva, Switzerland, pp. 148-185 .
24. Dallinger, R., Prosi, F., Segner ,H., Back, H., 1987. Contaminated food and uptake of heavy metals by fish: a review and a proposal for further research. Oecologia, Vol. 73, pp. 91-98 .
25. Baki, M. A., Hossain, M. M., Akter, J., Quraishi, S. B., Shojib, M. F. H., Ullah, A. A., Khan, M. F., 2018. Concentration of heavy metals in seafood (fishes, shrimp, lobster and crabs) and human health assessment in Saint Martin Island, Bangladesh. Ecotoxicology and environmental safety, Vol. 159, pp. 153-163 .
26. Lü, J., Jiao, W.-B., Qiu, H.-Y., Chen, B., Huang, X.-X., Kang, B., 2018. Origin and spatial distribution of heavy metals and carcinogenic risk assessment in mining areas at You'xi County southeast China. Geoderma, Vol. 31, pp. 99-106 .
27. Cui, B., Zhang, Q., Zhang, K., Liu, X., Zhang, H., 2011. Analyzing trophic transfer of heavy metals for food webs in the newly-formed wetlands of the Yellow River Delta, China. Environmental Pollution, Vol. 159, pp.1297-1306 .
28. Espejo, W., Padilha, J. d. A., Kidd, K. A., Dorneles, P. R., Barra, R., Malm, O., Chiang, G., Celis, J. E., 2018 . Trophic transfer of cadmium in marine food webs from Western Chilean Patagonia and Antarctica. Marine pollution bulletin, Vol. 137, pp. 246-251 .
29. Hansen, J. C., 2018. Human exposure to metals through consumption of marine foods: a case study of exceptionally high intake among Greenlanders, Heavy metals in the marine environment. Taylor & Francis Group, CRC Press. Florida, USA, pp. 227-243.
30. Wang, M., Tong, Y., Chen, C., Liu, X ,.Lu, Y., Zhang, W., He, W., Wang, X., Zhao, S., Lin, Y., 2018. Ecological risk assessment to marine organisms induced by heavy metals in China's coastal waters. Marine pollution bulletin, Vol. 126, pp. 349-356 .
31. Keshavarzi, B., Hassanaghaei, M., Moore, F., Mehr, M. R., Soltanian, S., Lahijanzadeh, A. R., Sorooshian, A., 2018. Heavy metal contamination and health risk assessment in three commercial fish species in the Persian Gulf. Marine pollution bulletin, Vol. 129, pp.245-252 .
32. Ebrahimi, M., Taherianfard, M., 2010. Concentration of four heavy metals (cadmium, lead, mercury, and arsenic) in organs of two cyprinid fish (*Cyprinus carpio* and *Capoeta sp*.) from the Kor River (Iran). Environmental monitoring and assessment, Vol. 168, pp. 575-585 .
33. Jiang, D., Hu, Z., Liu, F., Zhang, R., Duo, B., Fu ,J., Cui, Y., Li, M., 2014. Heavy metals levels in fish from aquaculture farms and risk assessment in Lhasa, Tibetan Autonomous Region of China. Ecotoxicology, Vol. 23, pp. 577-583 .
34. Siraj, M., Khisroon, M., Khan, A., Zaidi, F., Ullah, A., Rahman, G.,

2018. Bio-monitoring of Tissue Accumulation and Genotoxic Effect of Heavy Metals in *Cyprinus carpio* from River Kabul Khyber Pakhtunkhwa Pakistan. Bulletin of environmental contamination and toxicology, Vol. 100, pp. 344-349 .

35. Solgi, E., Alipour, H., Majnooni, F., 2018. Assessment of Heavy metal concentrations in the muscles of Common carp (*Cyprinus carpio* L., 178) from the southern coast of the Caspian Sea and potential risks to human health. Iranian Scientific Fisheries Journal, Vol. 27, pp. 113-123 . (In Persian)
36. Uysal, K., Köse, E., Bülbül, M., Dönmez, M., Erdoğan, Y., Koyun, M., Ömeroğlu, Ç., Özmal, F., 2009. The comparison of heavy metal accumulation ratios of some fish species in Enne Dame Lake (Kütahya/Turkey). Environmental monitoring and assessment, Vol. 157, pp. 355-362 .
37. Alhashemi, A. H., Sekhavatjou, M., Kiabi, B. H ,.Karbassi, A., 2012. Bioaccumulation of trace elements in water, sediment, and six fish species from a freshwater wetland, Iran. Microchemical Journal, Vol. 104, pp. 1-6 .
38. Le Croizier, G., Lacroix, C., Artigaud, S., Le Floch, S., Raffray, J., Penicaud, V., Coquille, V., Autier, J., Rouget, M.-L., Le Bayon, N., 2018. Significance of metallothioneins in differential cadmium accumulation kinetics between two marine fish species. Environmental pollution, Vol. 236, pp. 462-476 .
39. Canbek, M., Demir, T. A., Uyanoglu, M., Bayramoglu, G., Emiroglu, Ö., Arslan, N., Koyuncu, O., 2007. Preliminary Assessment of Heavy Metals in Water and Some Cyprinidae species from the Porsuk River, Turkey. Journal of Applied Biological Sciences, Vol. 1, pp. 1-11 .
40. Xie, W., Chen, K., Zhu, X., Nie, X., Zheng, G., Pan ,D., Wang, S., 2010. Evaluation of heavy metal contents in water and fishes collected from the waterway in Pearl River Delta in south China. Journal of Agro-Environment Science, Vol. 29, pp. 1917-1923 .
41. Farhadi, A., Yavari, V. 2013. Biological Monitoring of heavy metals (Pb, Cd, Fe, Zn, Ni, Cu) by tissues of *Capoeta damascina* from Sezar river, Lorestan province. Iranian Scientific Fisheries Journal, Vol. 22, pp.126-131 . (In Persian)
42. Moore, J. W., Ramamoorthy, S., 2012. Heavy metals in natural waters: applied monitoring and impact assessment. 28th ed. Springer-Verlag Inc. New york, USA, pp. 3-234 .
43. Leung, H., Leung, A., Wang, H., Ma, K., Liang, Y., Ho, K., Cheung, K., Tohidi, F., Yung, K., 2014. Assessment of heavy metals/metalloid (As, Pb, Cd, Ni, Zn, Cr, Cu, Mn) concentrations in edible fish species tissue in the Pearl River Delta (PRD), China. Marine pollution bulletin, Vol. 78, pp. 235-245 .
44. Spanopoulos-Zarco, P., Ruelas-Inzunza, J., Aramburo-Moran, I., Bojórquez-Leyva, H., Páez-Osuna, F., 2017. Differential Tissue Accumulation of Copper, Iron, and Zinc in Bycatch Fish from the Mexican Pacific. Biological trace element research, Vol. 176, pp. 201-206 .

45. Langston, W., 2017. Heavy metals in the marine environment .Toxic effects of metals and the incidence of metal pollution in marine ecosystems. 1st ed. Taylor & Francis Group, CRC Press. Florida, United States, pp.101-120.
46. Mance, G., 2012. Pollution threat of heavy metals in aquatic environments. 25th ed. Elsevier Science Publishers Ltd. London, UK, pp. 21-299 .
47. Anan, Y., Kunito, T., Tanabe, S., Mitrofanov, I., Aubrey, D. G., 2005. Trace element accumulation in fishes collected from coastal waters of the Caspian Sea. Marine Pollution Bulletin, Vol. 51, pp. 882-888 .
48. Varedi, S. E., Nasrollahzadeh Saravi, H., Najafpour, S., Gholamipour, S., Unesipour, H., Ulomi, Y., 2012. Study on Environmental Pollutions (HeavyMetals, Oil Hydrocarbons, Organochloro Pesticides and Detergent Pollutans) in the Water, Sediment and Fish in the Southern Caspian Sea (2008-09), Final Report, Sari: Caspian Sea Ecology Reaesrch Center . (In Persian)
49. Nasrollahzadeh Saravi, H., Pourgholam, R., Pourang, N., Rezaei, M., Makhlough, A., Unesipour, H., 2013. Heavy metal concentrations in edible tissue of *Cyprinus carpio* and its target hazard quotients in the Southern Iranian Caspian Sea Coast. Journal of Mazandaran University of Medical Sciences, Vol. 23, pp. 33-44. (In Persian)