DOI: 10.22092/vj.2018.122238.1468 شماره ۱۲۱ زمستان ۱۳۹۷

تحقیقات دامپزشکی و فرآورده‌های بیولوژیک

تعیین و مقایسه غلظت عناصر سمی و ضروری در بافت عضله ماهی شاه کولی (*Alburnus chalcoides Güldenstädt*, 1772) رودخانه سیاه درویشان استان گیلان

• محمد اتفاق دوست

گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان، صومعه سرا، گیلان، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷-۰۳-۲۴ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷-۰۴-۳۱

Email: ettefaghdoost@phd.guilan.ac.ir

چکیده

در این پژوهش، میزان غلظت ده عنصر (آرسنیک، آهن، جیوه، روی، سرب، سلنیوم، کادمیوم، مس، منگنز و نیکل) در بافت خوراکی عضله ۳۰ قطعه ماهی شاه‌کولی *(Alburnus chalcoides)* صید شده توسط تور پرتابی سالیک از رودخانه سیاه‌درویشان استان گیلان در تابستان ۱۳۹۵، به وسیله دستگاه طیف‌سنجی جذب اتمی Varian مورد بررسی قرار گرفتند. مقدار پایین‌ترین و بالاترین تجمع عناصر به ترتیب: روی ۳۰/۱۷ - ۲۶/۷۵، آهن ۱۸/۲۷ - ۱۶/۸۹، مس ۳/۲۵ - ۲/۷۶، منگنز ۱/۱۵ - ۰/۹۸، سلنیوم ۰/۷۸ - ۰/۷۵، سرب ۰/۸۵ - ۰/۶۷، کادمیوم ۰/۲۹ - ۰/۲۷، آرسنیک ۰/۲۸ - ۰/۲۳، نیکل ۰/۲۱ - ۰/۱۸ و جیوه ۰/۰۹۶ - ۰/۰۸۷ میکروگرم بر گرم وزن خشک، مشخص گردید. با توجه به یافته‌های این تحقیق، میانگین غلظت تمام عناصر در بافت عضله ماهی شاه‌کولی به غیر از چهار عنصر منگنز (۰/۰۹۶ ± ۱/۰۴۵)، آرسنیک (۰/۰۲۷ ± ۰/۲۶۲)، سرب (۰/۰۷۲ ± ۰/۷۴۸) و کادمیوم (۰/۰۱۱ ± ۰/۲۸۴)، کم‌تر از حد مجاز توصیه شده توسط استاندارد جهانی FAO/WHO قرار داشتند.

کلمات کلیدی: عناصر فلزی، تجمع زیستی، شاه‌کولی، رودخانه سیاه‌درویشان

Veterinary Researches & Biological Products No 121 pp: 106-115

Determination and comparison of toxic and essential elements concentration in the muscle tissue of Caspian shemaya (*Alburnus chalcoides* Güldenstädt, 1772) from the Siah Darvishan river, Guilan province, Iran

By: By: Ettefaghdoost, M., (Corresponding Author) Fisheries Department, Faculty of Natural Resources, University of Guilan, Sowmeh Sara, Guilan, Iran.

Received: 2018-06-14 **Accepted: 2018-07-22**

Email: ettefaghdoost@phd.guilan.ac.ir

In this study, concentration of ten elements (As, Fe, Hg, Zn, Pb, Se, Cd, Cu, Mn, Ni) in the edible muscle tissue of 30 Caspian shemaya (*Alburnus chalcoides*) Caught with cast net in the summer of 2016 from Siah Darvishan river, Guilan province, Iran were investigated by using Varian Atomic absorption spectroscopy. The lowest and highest mean accumulation of elements were observed, as follows: Zinc 26.75 - 30.17, Iron 16.89 - 18.27, Copper 2.76 - 3.25, Manganese 0.98 - 1.15, Selenium 0.75 - 0.78, Lead 0.67 - 0.85, Cadmium 0.27 - 0.29, Arsenic 0.23 - 0.28, Nickel 0.18 - 0.21 and Mercury 0.087 - 0.096 microgram per gram dry weight, respectively. According to the results of this research, mean concentrations of all elements in the muscle tissue of Caspian shemaya, except the four elements; Manganese (1/045 ± 0/096), Arsenic (0/262 ± 0/027), Lead (0/748 ± 0/072) and Cadmium (0/284 ± 0/011) were found to be lower than recommended threshold limit value of FAO/WHO international standard.

Keyword: Metal elements, Bioaccumulation, Caspian shemaya, Siah Darvishan river

مقدمه

ماهی شاه کولی *(Alburnus chalcoides)* جزء گونه‌های نیمه مهاجر و رود کوچ می‌باشد که به خانواده کپور ماهیان (Cyprinidae)، با بیش از ۲۵۰۰ گونه تعلق دارد (۱۹). این گونه، بومی دریای خزر بوده و بیشتر فراوانی آن در بخش‌های جنوبی این دریا مشاهده گردیده است و گسترش پراکندگی آن در قاره‌های اروپا (از کشورهای اتریش، آذربایجان، روسیه تا قزاقستان) و آسیا (رودخانه‌های منتهی به حوزه جنوبی و غربی دریای خزر) وجود دارد (۱). ماهی شاه‌کولی به طور میانگین در سن ۲ تا ۳ سالگی بالغ گردیده و به علت اینکه برای تخم‌ریزی به آب شیرین نیازمند می‌باشد، در نتیجه به مناطق بالادست رودخانه‌های دریای خزر (در طول انتهای فروردین ماه تا ابتدای تیر ماه) مهاجرت می‌نماید و در حدود ۳ تا ۲۰ هزار تخم می‌گذارد. این ماهی جزء گونه‌های اقتصادی و ارزشمند کشور ایران محسوب می‌گردد که از گوشت لذیذی برخوردار است و در بخش‌های ساحلی و رودخانه‌های حوزه جنوبی دریای خزر به خصوص در استان گیلان، علاقه‌مندی بسیاری به مصرف آن وجود دارد (۱۹). با وجود اینکه اتحادیه بین‌المللی حفاظت از طبیعت (IUCN) ماهی شاه‌کولی را در فهرست گونه‌های "با نگرانی کم" قرار داده است (۱۰)، اما در سال‌های اخیر جمعیت‌های این گونه با خطر جدی مواجه شده است که از جمله این تهدیدات علاوه بر صید بی‌رویه آن، می توان به آلودگی بیش از حد محیط‌های آبی و تغییرات گسترده عوامل شیمیایی آب محل زندگی این گونه به ویژه با عناصر فلزی سمی کادمیوم، جیوه، سرب و شبه فلز آرسنیک نیز اشاره نمود (۷). رودخانه سیاه‌درویشان از جمله زیستگاه‌های ماهی شاه کولی در حوزه جنوبی دریای خزر می‌باشد که یکی از رودخانه‌های با اهمیت تالاب انزلی و دریای خزر محسوب می‌گردد. این رودخانه در حدود ۲۵ کیلومتری شهر رشت واقع شده است و از سرشاخه‌های ارتفاعات ماسال، فومن، گشت رودخان، نظر آلات، حیدرآلات و قلعه رودخان سرچشمه و از میزان سطح حوزه آبی ۲۹۰/۵ کیلومتر مربع، طول آبراهه اصلی ۴۵ کیلومتر، شیب متوسط ۳/۲ و دبی متوسط سالانه ۶/۳۷ متر مکعب در ثانیه برخوردار است. در سال‌های گذشته به جهت دخالت‌های گسترده انسانی همانند فعالیت‌های زراعی و دامپروری، ورود پساب‌های خانگی و صنعتی و غیره، ترکیبات عناصر شیمیایی آب این رودخانه با نوسانات گسترده‌ای به ویژه از نقطه نظر وجود بیش از حد فلزات سنگین مواجه شده است (۱۱). برخی از این عناصر همانند آهن، مس، روی و منگنز اگرچه به میزان اندک برای عملکرد مناسب فرآیندهای فیزیولوژیک و تولید مثل آبزیان لازم و ضروری می‌باشند ولی در صورتی‌که میزان غلظت عناصر فلزی در محل زندگی آن‌ها از حد مجاز فراتر برود و یا به طور پیوسته وارد زیستگاه ماهیان شوند، ماهی‌ها با جذب آن ها از روش‌های مستقیم و یا غیرمستقیم و در نهایت تجمع زیستی در بافت‌های دارای اهمیتی همانند عضله، آبشش، کبد، کلیه و غیره، موجب بروز انواع مسمومیت‌های مزمن می‌شوند و در صورت ادامه یافتن همین روند، نشانه‌های ظاهری و فیزیولوژیک متعلق به این نوع مسمومیت‌ها مانند تغییرات عمده در استراتژی تغذیه و تولید مثل، واکنش‌های رفتاری، الگوی شنا، ناتوانی در عملکرد شکار و فرار از شکارچیان، اختلال در یادگیری، بروز استرس‌های تنفسی، کاهش و توقف نرخ رشد، تغییر در شاخص‌های خونی و بیوشیمیایی، عملکرد نامناسب تنظیم اسمزی، اختلال در بیان ژن متالوتیونین، افزایش مقدار هورمون‌های شاخص استرس همچون کورتیزول

و آسیب‌های گسترده بافتی را از خود نشان می‌دهند (۸، ۱۴ و ۱۵). به همین علت مشاهده و ارزیابی تجمع زیستی این عناصر با سنجش مداوم آن‌ها در محیط‌های آبی مختلف، ضرورت پیدا می‌کند. یکی از مهم‌ترین روش‌های اندازه‌گیری، گزینش گونه‌های متفاوت ماهیان به عنوان نشانگر بیولوژیک در منابع آبی می‌باشد (۱۴)، که با این منظور بافت‌های مختلف ماهیان به شکل گسترده‌ای در ارتباط با مطالعه اثرهای فیزیولوژیک عناصر سمی و ضروری، می‌توانند مورد استفاده قرار گیرند. از همین رو با افزایش یافتن روز افزون فعالیت‌های انسانی و صنعتی در نواحی حاشیه‌ای رودخانه‌ها و محتمل بودن آلوده شدن این منابع آبی به عناصر فلزی و شبه فلزی مختلف، همچنین با توجه به مقدار بالای مصرف بخش عضله (گوشت) ماهی و نقش پر اهمیتی که این بافت ارزشمند در قرار گرفتن عناصر در چرخه زیستی توسط تغذیه آن به وسیله دیگر جانداران زنجیره غذایی (بزرگنمایی زیستی) و در نهایت انتقال یافتن به سطوح بالاتر این زنجیره (مصارف تغذیه انسانی) دارد (۱۵ و ۲۲). بنابراین لزوم سنجش تجمع زیستی این عناصر در بافت عضله گونه مورد پژوهش، احساس گردید. از جمله مطالعاتی که در همین زمینه بر روی گونه‌های متفاوت ماهیان صورت گرفته است، می‌توان به تحقیقات واردی و همکاران (۲۴) در سال ۲۰۱۲ بر روی ماهی سفید دریای خزر، نصراللهزاده ساروی و همکاران (۱۶) در سال ۲۰۱۳ و همچنین سیراج و همکاران (۲۰) در سال ۲۰۱۸، سلگی و همکاران (۲۱) در سال ۲۰۱۸ روی ماهی کپور معمولی، اشاره کرد. به همین دلیل مطالعه کنونی با هدف مشاهده ترکیبات و توالی عناصر بافت خوراکی عضله در ماهی شاه‌کولی رودخانه سیاه‌درویشان به عنوان یکی از ماهیان دارای ارزش اقتصادی و پر مصرف و همچنین ارزیابی میزان سلامت آن جهت مصارف تغذیه انسانی، به انجام رسیده است.

مواد و روش‌ها

جمع‌آوری و آماده ساختن نمونه‌ها

برای انجام مطالعه حاضر، تعداد ۳۰ قطعه ماهی شاه کولی *(Alburnus chalcoides)* با اندازه‌های متفاوت از رودخانه سیاه‌درویشان (طول و عرض جغرافیایی ۳۰°۴۹ شرقی; ۲۵°۳۷ شمالی، ارتفاع از سطح دریا ۱۵- متر، صومعه‌سرا، گیلان، ایران؛ شکل ۱) در فصل تابستان سال ۱۳۹۵ به طور کاملاً تصادفی با کمک تور پرتابی (سالیک، اندازه چشمه ۱۰ میلی‌متر، قطر دهانه ۳ متر) صید شده و بوسیله یخدان یونولیتی دارای پودر یخ به محل آزمایشگاه تحقیقات شیلات دانشکده منابع طبیعی (دانشگاه گیلان، صومعه سرا، ایران) منتقل شدند. ماهی‌ها در شروع آزمایش توسط آب دوبار تقطیر مورد شستشو قرار گرفتند تا عوامل آلوده‌کننده، لایه سطحی لزج و ذرات بیرونی جذب‌کننده عناصر، از پوشش سطحی نمونه‌ها رفع شود و سپس به دقت روی آن‌ها زیست‌سنجی انجام پذیرفت. وزن ماهی‌های مورد بررسی به کمک ترازوی دیجیتال Sartorius (Germany, Göttingen, CPA Series) با دقت ۰/۰۱ گرم و طول آن‌ها به وسیله کولیس Mitutoyo (Japan, Takatsu-ku, Series, 503-501) دارای میزان دقت ۰/۱ میلی‌متر اندازه‌گیری گردید و نتایج بدست آمده، در جدول ثبت شد. پس از آن قسمت‌های غیر مورد نظر و زائد نمونه‌ها (مانند پوست، استخوان، محتویات حفره شکمی و غیره) به وسیله یک تیغه استریل جدا شده و بخش بافت عضله، به طور کامل از آن خارج گردید.

نمونه بافت‌های عضله پس از انجام بسته‌بندی و شماره گذاری، در دستگاه خشک کن - انجمادی (VaCo Zirbus ،۵ Germany، Bad Grund) با تنظیم نمودن دمای ۵۰- درجه سانتی‌گراد در طول مدت زمان ۹ الی ۱۰ ساعت، به طور کامل خشک گردیدند. در پایان نمونه بافت‌های خشک شده، به کمک هاون چینی آزمایشگاهی کاملاً پودر گردیده و پس از آن با اسید نیتریک (HNO_3) دارای خلوص۱۰ درصد و آب دیونیزه Dw (شرکت کیمیا تهران اسید، تهران، ایران) شستشو شدند (۱۴، ۱۸ و ۲۵).

فرآیند هضم شیمیایی نمونه بافت‌ها

جهت انجام عمل هضم نمونه بافت‌های عضله ماهی‌ها، روش هضم بسته (Closed vessel) مورد استفاده قرار گرفت که در ابتدا یک گرم از بافت نمونه خشک شده، به وسیله ترازوی Sartorius (Germany, Göttingen, CPA Series) دارای دقت ۰/۰۰۱ گرم توزین شده و سپس با وارد نمودن آن‌ها به لوله‌های دستگاه هضم کننده مایکروویو CEM (MARS 5، Matthews، USA) و در ادامه اضافه کردن ۹ میلی لیتر اسید نیتریک (HNO_3) خالص Merck Millipore (۶۵ درصد، Billerica USA) به این لوله‌ها، نمونه‌ها با به کارگیری دمای ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد کاملاً هضم گردیدند. به نمونه‌های هضم شده، فرصت داده شد تا در دمای محل اتاق (حدود ۲۳ تا ۲۵ درجه سانتی‌گراد) به طور کامل خنک شوند و پس از عبور دادن از کاغذ صافی Sigma-Aldrich (Whatman ® ۴۰ میکرون، USA, St. Louis) با انتقال یافتن به بالن درجه‌بندی شده به وسیله آب فوق خالص به حجم ۵۰ میلی لیتر رسانده شدند. سپس تا شروع مرحله پایش غلظت عناصر، در ظروف پلی پروپیلن® Nalgene (USA ,Rochester, series –2126) نگهداری شدند (۱۴، ۱۸ و ۲۵).

پایش میزان غلظت عناصر

برای سنجش غلظت عناصر مورد بررسی، نمونه‌های آماده شده پس از به هم زدن و یکنواخت شدن به دستگاه طیف سنجی جذب اتمی (Atomic absorption spectroscopy) تزریق شدند. اندازه‌گیری غلظت عنصرهای روی (Zn)، آهن (Fe)، مس (Cu)، منگنز (Mn) با روش شعله (Acetylene-air) به کمک دستگاه Varian (280FS، Palo Alto، USA) و عناصر سرب (Pb)، کادمیوم (Cd)، آرسنیک (As)، نیکل (Ni)، سلنیوم (Se) به روش کوره گرافیتی با دستگاه Varian (280Z/120GTA، Palo Alto، USA) و جیوه (Hg) با روش بخار سرد (Cv-AAS) به وسیله Varian (Palo Alto،VGA-77، USA) صورت پذیرفت. در نهایت، از روش افزایش استاندارد (Standard addition) نمونه استاندارد مرجع (CRMs) بافت صدف اویستر SRM® 1566b (NIST®، Gaithersburg، USA)به جهت ارزیابی درستی روش کار، اطمینان از روش آماده‌ساختن و استخراج عنصرهای نمونه بافت عضله ماهی‌ها استفاده گردیده و آزمایش هر نمونه سه مرتبه تکرار (میانگین ± انحراف معیار) شد و درصد بازیابی عناصر، مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت (۱۴، ۱۸ و ۲۵).

تجزیه و تحلیل آماری

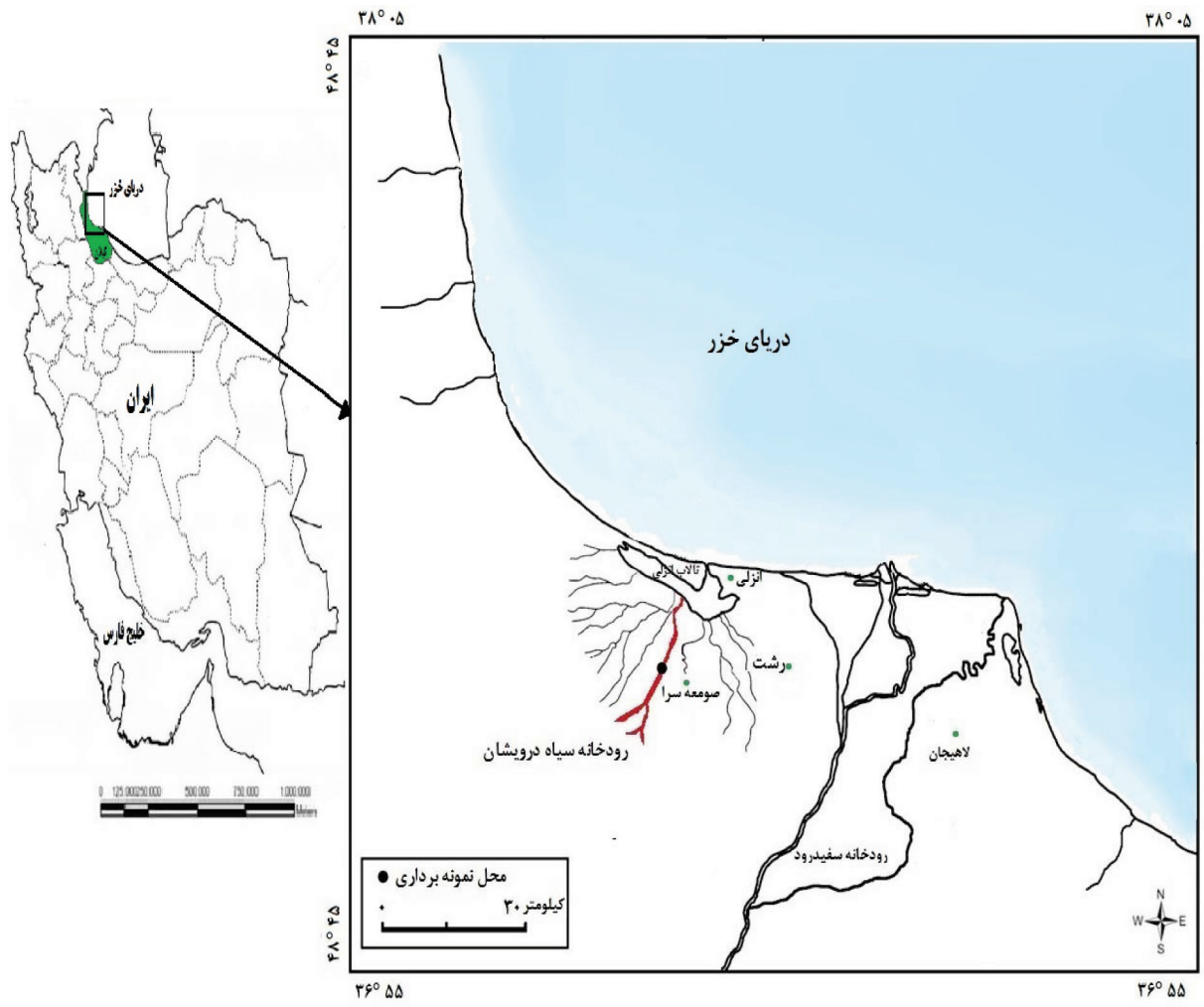
در ابتدا از آزمون آماری (Kolmogorov–Smirnov) جهت تعیین نرمال

بودن پراکنش داده‌های به دست آمده، استفاده گردید و سپس از تحلیل واریانس یکطرفه (One-way ANOVA) به کمک نرم‌افزار SPSS v22 (USA, North Castle, IBM) برای مقایسه میانگین داده‌ها به کار گرفته شد. سپس برای جدساختن گروه‌های نامتشابه از آزمون Tukey در صورت مشاهده اختلاف معنی‌دار آماری، با سطح اطمینان ۹۵ درصد ($p < ۰/۰۵$) استفاده گردید. نتایج حاصل از این مطالعه به کمک آزمون آنالیز واریانس تک نمونه‌ای (One-Sample T-Test) با استانداردهای حد مجاز تعیین شده توسط سازمان‌های معتبر بین‌المللی، مقایسه شدند (۱۴، ۱۸ و ۲۵). در پایان جهت ترسیم جدول‌ها از نرم‌افزار Excel 2013 (USA, Redmond, Microsoft) بهره گرفته و داده‌ها بر اساس میکروگرم بر گرم وزن خشک (میانگین ± انحراف معیار) ($\mu g\ g^{-1}d.w.$) بیان شده است.

نتایج

در شروع این تحقیق تعداد کل ۳۰ قطعه ماهی شاه‌کولی (*A. chalcoides*) جمع‌آوری گردیده از رودخانه سیاه‌درویشان حومه شهرستان صومعه سرا، به دقت مورد بررسی قرار گرفتند. یافته‌های حاصل از زیست‌سنجی نمونه‌ها در جدول ۱ آورده شده است که بر اساس آن،

شکل ۱- نقشه منطقه جغرافیایی جمع آوری ماهی شاه کولی از رودخانه سیاه درویشان (صومعه سرا، استان گیلان، ایران)



ماهی های مورد مطالعه دارای میانگین طولی ۱/۶۳ ± ۱۸/۸۴ سانتی متر و میانگین وزنی ۸/۸۲ ± ۷۰/۱۴ گرم بودند.

همانگونه که پیشتر اشاره گردید، به جهت آگاهی یافتن از میزان اطمینان روش‌های انجام شده و استخراج عناصر از بافت عضله ماهی‌ها، از روش افزایش استاندارد نمونه مرجع بافت صدف اویستر SRM® ۱۵۶۶b بهره گرفته شد که یافته‌های به دست آمده، در جدول ۲ بیان شده است. بر اساس داده‌ها، میزان بازیابی عناصر مورد بررسی بین ۸۶ تا ۱۰۱ درصد به دست آمد. بیشترین درصد بازیابی به فلز آهن تعلق داشته و کمترین درصد در ارتباط با عنصر منگنز بود که نشان داد روش‌های مورد استفاده جهت تعیین نمودن غلظت عنصرها، از درستی و اطمینان لازم برخوردار می‌باشد.

نتایج به دست آمده از سنجش میزان عناصر بافت عضله در جدول ۳ قرار داده شده است. همانطور که از نتایج جدول مشخص است، میانگین ± انحراف معیار عنصرهای مورد بررسی به ترتیب با روی ۱/۸۰۵ ± ۲۸/۷۹۳، آهن ۰/۷۱۲ ± ۱۷/۶۴۷، مس ۰/۲۵۹ ± ۲/۹۶۵، منگنز ۰/۰۹۶ ± ۱/۰۴۵، سلنیوم ۰/۰۱۵ ± ۰/۷۷۱، سرب ۰/۰۷۲ ± ۰/۷۴۸، کادمیوم ۰/۰۱۱ ± ۰/۲۸۴، آرسنیک ۰/۰۲۷ ± ۰/۲۶۲، نیکل ۰/۰۱۸ ± ۰/۱۹۳ و جیوه ۰/۰۰۵ ± ۰/۰۹۳ میکروگرم بر گرم وزن خشک به دست آمد که فلزهای روی با ۳۰/۱۷ میکروگرم بر گرم، بالاترین و جیوه با ۰/۰۸۷ میکروگرم بر گرم، پایین میزان تجمع عناصر فلزی را در بافت عضله ماهی مورد بررسی از خود نشان دادند. همچنین با ارزیابی مقدار تجمع عناصر با حد مجاز

جدول ۱- نتایج به دست آمده از زیست سنجی ماهی شاه کولی در رودخانه سیاه درویشان

متغییرها	تعداد	میانگین	انحراف معیار	کمینه	بیشینه
طول کل (سانتی متر)	۳۰	۱۸/۸۴	۱/۶۳	۱۵/۲۷	۲۱/۴۳
وزن کل (گرم)	۳۰	۷۰/۱۴	۸/۸۲	۴۳/۶۱	۹۳/۲۵

جدول ۲- مقایسه بین مقادیر غلظت عناصر اندازه گیری شده با مقادیر تایید شده (میکروگرم بر گرم وزن خشک) در استاندارد مرجع SRM® b۱۵۶۶ (بافت صدف اویستر)

	تنظیمات دستگاه		SRM® ۱۵۶۶b (بافت صدف اویستر)		
عنصر	طول موج (نانومتر)	عرض شکاف (نانومتر)	مقادیر اندازه گیری شده (میکروگرم بر گرم)	مقادیر تایید شده (میکروگرم بر گرم)	میزان بازیابی درصد)
آرسنیک (As)	۱۸۸/۹۸	۰/۵	۶/۹۳ ± ۰/۵۱	۷/۶۵ ±۰/۶۵	۹۰
آهن (Fe)	۲۵۹/۹۴	۰/۲	۲۰۶/۴۱ ± ۴/۲۰	۲۰۵/۸ ± ۶/۸	۱۰۱
جیوه (Hg)	۲۵۳/۷۱	۰/۵	۰/۰۵۴۰ ± ۰/۰۰۲	۰/۰۵۷۱ ± ۰/۰۰۱۳	۹۴
روی (Zn)	۲۳۱/۸۶	۰/۷	۱۳۱۲ ± ۳۹	۱۴۲۴ ± ۴۶	۹۴
سرب (Pb)	۲۲۰/۳۵	۰/۷	۰/۲۸۱ ± ۰/۰۲	۰/۳۰۸ ± ۰/۰۰۲	۹۱
سلنیوم (Se)	۱۹۶/۰۲	۱/۰	۱/۹۸ ± ۰/۱۱	۲/۰۶ ± ۰/۱۵	۹۴
کادمیوم (Cd)	۲۱۴/۴۴	۰/۷	۲/۳۶ ± ۰/۲۱	۲/۴۸ ± ۰/۰۸	۹۵
مس (Cu)	۳۲۷/۳۹	۰/۷	۶۷/۸۳ ± ۲/۰۱	۷۱/۶ ± ۱/۶	۹۳
منگنز (Mn)	۲۵۷/۶۱	۰/۲	۱۵/۹۳ ± ۰/۰۳	۱۸/۵ ± ۰/۲	۸۶
نیکل (Ni)	۲۳۱/۶۰	۰/۲	۰/۹۹ ± ۰/۰۳	۱/۰۴ ± ۰/۰۹	۹۶

تعیین شده توسط استاندارد جهانی سازمان خواربار و کشاورزی ملل متحد / سازمان بهداشت جهانی (FAO/WHO) (۸)، میانگین تجمع عنصرهای منگنز، آرسنیک، سرب و کادمیوم در بافت خوراکی عضله شاه‌کولی بیشتر از حد مجاز توصیه گردیده بود در حالیکه میزان باقی عناصر، کمتر از استاندارد جهانی نشان دادند.

بحث

عناصر فلزی سنگین، از ماهیت پایدار و مقاوم در برابر تجزیه‌ای برخوردار هستند که به دلیل امکان تجمع زیستی در بافت‌های جانداران آبزی (مانند عضله، استخوان، پوست و غیره) از جمله ماهیان، بسیار مورد توجه می‌باشند. نفوذ این عناصر به زیستگاه‌های آبی در طی فرآیند صنعتی شدن، افزایش چشمگیری داشته و از جمله مشکلات بزرگ زیست‌محیطی دوران کنونی به شمار می‌آید و مقدار ورود این عناصر فلزی به محیط‌های آبی بیشتر از میزانی است که طی فرآیندهای طبیعی، پالایش گردند. همچنین با توجه به این نکته که بسیاری از ماهی‌ها در منابع آبی، توانایی گریز از محیط‌های آلوده به این عناصر را ندارند به همین جهت میزان احتمال آلوده شدن آن‌ها را به شدت افزایش می‌دهد (۱۵). در طی مرور زمان این عناصر در طول حلقه‌های زنجیره غذایی با مصرف شدن به وسیله دیگر گونه‌ها منتقل می‌گردند و در نتیجه به سطوح بالاتر این مسیر زنجیره غذایی انتقال پیدا می‌کنند و مقدارشان افزایش (بزرگنمایی زیستی) می‌یابد. از این جهت که مصرف این آبزیان می‌تواند بر سلامت انسان‌ها اثرگذار باشد، به همین علت آگاهی یافتن از میزان تجمع این عناصر در بافت ماهیان، امری قابل توجه است (۵). از جمله بافت‌های ماهی‌ها که دارای اهمیت قابل ملاحظه‌ای در مصارف تغذیه انسانی است، بافت عضله می‌باشد که از همین رو اکثر پژوهش‌های انجام شده بر روی اندازه‌گیری میزان تجمع عناصر فلزی سنگین در بدن ماهیان به بررسی این بافت خوراکی پرداخته است (۱۲، ۱۶ و ۱۸). همچنین اهمیت تعیین میزان غلظت این عناصر در بافت مورد نظر علاوه بر نقش موثری که در زنجیره تغذیه انسان‌ها و گونه‌های دیگر دارد، به عنوان نوعی نشانگر بیولوژیک نیز به شمار می‌آید و میزان سطح تقریبی این عناصر را نیز در محل زیست ماهی‌ها، آشکار می‌سازد (۲، ۱۳ و ۲۰). بنابراین در این مطالعه، بافت عضله که یکی از پراهمیت‌ترین بخش‌های خوراکی ماهی‌ها برشمرده می‌شود به عنوان بافت مورد هدف این آزمایش، انتخاب گردید.

میزان تجمع عناصر فلزی در بافت عضله ماهی‌ها با هم تفاوت قابل ملاحظه‌ای دارد که از علت‌های آن می‌توان به اختلاف در زیستگاه‌های آن‌ها و همچنین وجود برخی ویژگی‌های منحصر به فرد در گونه‌های مختلف ماهیان، همانند دارا بودن میزان معینی از پروتئین متالوتیونین و لیزوزیم‌ها اشاره نمود که در پاسخ به عوامل آلاینده فلزی، در بدن تولید

جدول ۳- مقایسه بین غلظت عناصر (میکروگرم بر گرم وزن خشک) بافت عضله ماهی شاه کولی با مقدار آستانه مجاز تعیین شده توسط استاندارد جهانی

عنصر	میزان غلظت			محدوده (میکروگرم بر گرم وزن خشک)		استاندارد جهانی
	میانگین (میکروگرم بر گرم)	انحراف معیار	انحراف معیار نسبی (درصد)	کمینه	بیشینه	FAO/WHO
آرسنیک (As)	۰/۲۶۲	۰/۰۲۷	۹/۹۷	۰/۲۳	۰/۲۸	۰/۰۵
آهن (Fe)	۱۷/۶۴۷	۰/۷۱۲	۳/۹۶	۱۶/۸۹	۱۸/۲۷	۱۰۰
جیوه (Hg)	۰/۰۹۳	۰/۰۰۵	۵/۳۲	۰/۰۸۷	۰/۰۹۶	۰/۵
روی (Zn)	۲۸/۷۹۳	۱/۸۰۵	۶/۲۷	۲۶/۷۵	۳۰/۱۷	۱۰۰۰
سرب (Pb)	۰/۷۴۸	۰/۰۷۲	۹/۶۳	۰/۶۷	۰/۸۵	۰/۵
سلنیوم (Se)	۰/۷۷۱	۰/۰۱۵	۱/۹۱	۰/۷۵	۰/۷۸	۱
کادمیوم (Cd)	۰/۲۸۴	۰/۰۱۱	۳/۹۰	۰/۲۷	۰/۲۹	۰/۲
مس (Cu)	۲/۹۶۵	۰/۲۵۹	۸/۷۳	۲/۷۶	۳/۲۵	۳۰
منگنز (Mn)	۱/۰۴۵	۰/۰۹۶	۹/۱۷	۰/۹۸	۱/۱۵	۰/۰۵
نیکل (Ni)	۰/۱۹۳	۰/۰۱۸	۹/۳۲	۰/۱۸	۰/۲۱	۰/۴

و می‌توانند موجب از میان برداشتن سمیت عناصر فلزی مضر (در صورت سطح آلودگی پایین) شوند (۲، ۱۷، ۲۰ و ۲۵). بنابراین این عوامل موجب می‌گردند که ماهیان یک زیستگاه نیز تفاوت معنی‌داری از تجمع این عناصر در بافت‌های خود نشان دهند. در جدول ۴ مقایسه توالی ترتیب تجمع عناصر فلزی سنگین در پژوهش حاضر با دیگر تحقیقات صورت گرفته بر روی گونه‌های مختلف خانواده کپورماهیان در مناطق متفاوت جهان، بیان گردیده است که بر اساس آن عناصر فلزی روی و آهن، بالاترین میزان غلظت را در بافت عضله ماهی شاه‌کولی داشتند که با تحقیق‌های کانبک و همکاران (۴) بر روی تجمع این عناصر در بافت عضله سیاه ماهی (*Capoeta capoeta*) رودخانه پرسوک اسکی شهیر واقع در کشور ترکیه

جدول ۴- مقایسه بین ترتیب غلظت عناصر موجود در بافت عضله ماهی شاه کولی با سایر گونه های خانواده کپور ماهیان از نواحی مختلف جهان

منبع	ناحیه مورد مطالعه	ترتیب	گونه
آنان و همکاران (۳)	کل سواحل جنوبی، دریای خزر، ایران	نیکل>کادمیوم>سرب>جیوه>منگنز>مس>سلنیوم>روی	*Rutilus frisii kutum*
کانبک و همکاران (۴)	رودخانه پرسوک، اسکی شهیر، ترکیه	کادمیوم>مس>سرب>منگنز>نیکل>آهن>روی	*Barbus plebejus*
کانبک و همکاران (۴)	رودخانه پرسوک، اسکی شهیر، ترکیه	کادمیوم>سرب>مس>منگنز>نیکل>آهن>روی	*Capoeta capoeta*
ایماک و همکاران (۱۷)	دریاچه سد آتاتورک، آدیامان، ترکیه	نیکل>منگنز>مس>سرب>روی>آهن	*Barbus grypus*
اویسال و همکاران (۲۳)	دریاچه سد انه، کوتاهیا، ترکیه	کادمیوم>منگنز>مس>آهن>روی	*Carassius carassius*
اویسال و همکاران (۲۳)	دریاچه سد انه، کوتاهیا، ترکیه	کادمیوم>منگنز>مس>نیکل>آهن>روی	*Squalius cephalus*
اویسال و همکاران (۲۳)	دریاچه سد انه، کوتاهیا، ترکیه	کادمیوم>روی>آهن	*Alburnus alburnus*
ژیه و همکاران (۲۵)	دلتای رودخانه پرل، گوانگ دونگ، چین	جیوه>کادمیوم>منگنز>آرسنیک>سرب>مس>آهن>روی	*Cyprinus carpio*
الهاشمی و همکاران (۲)	تالاب شادگان، خوزستان، ایران	کادمیوم>منگنز>مس>نیکل>سرب>روی	*Barbus grypus*
الهاشمی و همکاران (۲)	تالاب شادگان، خوزستان، ایران	کادمیوم>نیکل>منگنز>مس>سرب>روی	*Barbus sharpeyi*
الهاشمی و همکاران (۲)	تالاب شادگان، خوزستان، ایران	کادمیوم>منگنز>نیکل>مس>سرب>روی	*Cyprinus carpio*
واردی و همکاران (۲۴)	سواحل فرح آباد ساری، دریای خزر، ایران	کادمیوم>جیوه>سرب>مس>نیکل>روی	*Rutilus frisii kutum*
فرهادی و یاوری (۹)	رودخانه سزار، لرستان، ایران	کادمیوم>مس>نیکل>سرب>روی>آهن	*Capoeta damascina*
نصرالله زاده و همکاران (۱۶)	کل سواحل جنوبی، دریای خزر، ایران	سرب>نیکل>کادمیوم>جیوه>مس>روی	*Cyprinus carpio*
کاژه و همکاران (۱۳)	رودخانه پرسوک، اسکی شهیر، ترکیه	سرب>آرسنیک>منگنز>مس>نیکل>روی	*Carassius gibelio*
کاژه و همکاران (۱۳)	رودخانه پرسوک، اسکی شهیر، ترکیه	نیکل>منگنز>مس>روی	*Capoeta sieboldii*
کاژه و همکاران (۱۳)	دریاچه سد بتمن، دیاربکر، ترکیه	مس>منگنز>آهن>روی	*Barbus grypus*
ساشی و همکاران (۱۸)	رودخانه ترساکان، ترکیه	کادمیوم>سرب>منگنز>مس>روی	*Squalius fellowesii*
سیراج و همکاران (۲۰)	رودخانه کابل، خیبر پختونخوا، پاکستان	جیوه>کادمیوم>منگنز>سرب>مس>نیکل>آهن>روی	*Cyprinus carpio*
سلگی و همکاران (۲۱)	سواحل نوشهر، دریای خزر، ایران	کادمیوم>سرب>منگنز>مس	*Cyprinus carpio*
مطالعه کنونی	رودخانه سیاه درویشان، صومعه سرا، گیلان، ایران	آرسنیک>کادمیوم>سرب>سلنیوم>منگنز>مس>آهن>روی>جیوه>نیکل	*Alburnus chalcoides*

که در مطالعه آن‌ها تجمع عناصر روی و آهن به ترتیب با ۸/۹۲ و ۱/۸ میکروگرم بر گرم، اویسال و همکاران (۲۳) بر گونه ماهی سفید رودخانه‌ای (*Squalius cephalus*) دریاچه پشت سد انه شهر کوتاهیا در ترکیه که در پژوهش ایشان نیز فلزات روی و آهن به ترتیب ۱۶/۳۱ و ۱۱/۳۲ میکروگرم بر گرم مشاهده گردید، ژیه و همکاران (۲۵) با انجام آزمایشی روی گونه کپور معمولی (*Cyprinus carpio*) دلتای رودخانه پرل شهر گوانگ‌دونگ چین، میزان این فلزات را در بافت گونه مورد مطالعه به صورت روی ۶۵/۳ و آهن ۲۹/۵ میکروگرم بر گرم گزارش کردند و همچنین در پژوهش کاچار و همکاران (۱۲) روی ماهی شیربت (*Barbus grypus*) دریاچه بتمن شهر دیاربکر واقع در کشور ترکیه نیز میزان غلظت عناصر فلزی روی و آهن به ترتیب با ۵/۳۵ و ۳/۳۲ میکرو گرم بر گرم به دست آمد که نتایج حاصل از تحقیقات ذکر گردیده از نظر توالی تجمع فلزات روی و آهن با پژوهش حاضر (به ترتیب ۲۸/۷۹ و ۱۷/۶۵ میکروگرم بر گرم وزن خشک) دارای همخوانی بود (جدول ۴). این در حالی است که نتایج به دست آمده از این مطالعه با پژوهش اویماک و همکاران (۱۷) در سال ۲۰۰۹ بر سنجش عناصر فلزی سنگین تجمع یافته در بافت عضله ماهی شیربت صید گردیده از دریاچه پشت سد آتاتورک شهر آدیامان با میزان آهن ۱۰/۹۴ و روی ۳/۹۸ میکروگرم بر گرم و همچنین اویسال و همکاران (۲۳) در سال ۲۰۰۹ بر روی مروارید ماهی (*Alburnus alburnus*) جمع‌آوری شده از دریاچه پشت سد انه شهر کوتاهیا کشور ترکیه با مقدار غلظت عناصر آهن و روی به ترتیب با ۲۴/۸۸ و ۲۱/۱۰ میکروگرم بر گرم، مشابهت نداشت چون ترتیب توالی تجمع این عناصر در پژوهش‌های ایشان به صورت روی<آهن به دست آمد. از جمله دلایل میزان غلظت بالای فلز روی، نشان‌دهنده نقش موثر این عنصر (با غلظت‌های پایین) بر روی کارکرد بهینه فرآیندهای متابولیکی ماهی‌ها (کاتالیزور در فرآیندهای متابولیسم انرژی، پایین آوردن میزان سمیت عنصر کادمیوم در شرایط وجود فلز روی و غیره)، میزان فراوانی پراکندگی این فلز در شرایط طبیعی محیطی و در آخر دارا بودن ویژگی میزان دفع آهسته آن از مجموعه بافت‌های بدن، است (۶ و ۱۴). در حالی‌که که فلز آهن نیز یکی از پرکاربردترین عناصر در فعالیت‌های صنعتی محسوب می‌شود که در واقع به عنوان دهمین فلز با بالاترین میزان فراوانی دارای منشأ طبیعی می‌باشد که از لحاظ ساختاری ۰/۰۰۵ درصد وزن کل بافت‌های بدن ماهی‌ها را تشکیل می‌دهد و این فلز نیز همانند عنصر روی در سطوح پایین، جهت عملکرد مناسب فرآیندهای حیاتی ماهیان لازم و ضروری است (نقش موثر در شکل‌گیری ساختمان هموگلوبین ماهی‌ها) و نشانه‌های کمبود میزان آن شامل آنمی‌های شدید میکروسیستیک و هیپوکرومیک می‌باشد که باعث کم شدن اندازه و حجم گلبول‌های قرمز خون می‌شود (۶). ترتیب تجمع زیستی فلز ضروری مس و عنصر منگنز در مطالعه کنونی (مس ۲/۹۶ و ۱/۰۴ میکرو گرم بر گرم)، پس از توالی فلزات ضروری روی و آهن مشاهده گردید که با مطالعه اویسال و همکاران (۲۳) بر پایش تجمع عناصر مذکور در ماهی کاراس (*Carassius carassius*) با مس ۱/۵۱ و منگنز ۰/۴۸ میکروگرم بر گرم و همچنین کاژه و همکاران (۱۳) در سال ۲۰۱۵ روی ماهی (*Capoeta sieboldii*) با میزان تجمع عناصر مس و منگنز (به ترتیب ۰/۹۵ و ۰/۹۱ میکروگرم بر گرم) همخوانی داشت ولی با آزمایش فرهادی و یاوری (۹) که بر گونه سیاه‌ماهی (*Capoeta damascina*) صید گردیده از رودخانه سزار واقع در استان لرستان گردیده بود، از نظر ترتیب تجمع زیستی این فلزات در بافت عضله، مطابقت نداشت (جدول ۴). با وجود اینکه فلز مس دارای نقش موثر کمتری در ماهیان نسبت به سخت پوستان (جهت تشکیل هموسیانین) می‌باشد ولی در فعالیت‌های متابولیسمی، ساختمان رنگدانه‌های پوستی و عملکرد بهینه متالوآنزیم‌ها و فرآیندهای تنفسی، دارای اهمیت قابل توجهی می‌باشد و همچنین عنصرهای منگنز و سلنیوم نیز در ساختار عضلات و کارکرد مطلوب کوآنزیم‌ها موثر هستند (۲۲) که در واقع میزان تجمع بالای عناصر ذکر گردیده را در بافت ماهیان توجیه‌پذیر می‌کند. بر اساس نتایج به دست آمده در مطالعه حاضر میزان غلظت عناصر فلزی روی، آهن و مس کمتر از استاندارد توصیه شده بین‌المللی نشان داد، درحالی‌که تجمع منگنز در بافت عضله ماهی شاه‌کولی، بیشتر از آستانه مجاز این استاندارد قرار داشت. پس از توالی فلزات ضروری روی، آهن، مس و عناصر منگنز و سلنیوم، تجمع عناصر سمی و غیرضروری سرب، کادمیوم، آرسنیک، نیکل و جیوه مشاهده گردید که پژوهش حاضر با گزارش‌های برخی از محققان همانند مطالعات آنان و همکاران (۳) در سال ۲۰۰۵ بر ماهی سفید دریای خزر (*Rutilus frisii kutum*) جمع‌آوری شده از کل بخش‌های جنوبی این دریا، ژیه و همکاران (۲۵) بر روی کپور معمولی دریایی، واردی و همکاران (۲۴) در سال ۲۰۱۲ روی ماهی سفید صید شده از نواحی ساحلی فرح آباد ساری دریای خزر با ترتیب تجمع فلزات نیکل، سرب، کادمیوم و جیوه (به ترتیب با ۰/۰۴۸، ۰/۰۱۲، ۰/۰۰۴ و ۰/۰۰۱۶ میکروگرم بر گرم) و همچنین سیراج و همکاران (۲۰) بر ماهی کپور معمولی رودخانه کابل استان خیبر پختونخوا (khyber pakhtunkhwa) واقع در پاکستان، از نظر توالی تجمع عناصر نیکل، سرب، کادمیوم و جیوه (به ترتیب با ۷۸/۲، ۴۹، ۲۰/۳ و ۱۶ میکروگرم بر گرم) این فلزات سمی پس از عناصر ضروری ذکر گردیده، با پژوهش کنونی دارای مشابهت بود (جدول ۴). از علت‌های پایین‌تر بودن عناصر مذکور در بافت عضله گونه‌های مختلف خانواده کپور ماهیان در مطالعات بیان شده و همچنین ماهی شاه‌کولی در آزمایش حاضر بیانگر عدم احتیاج زیستی ماهیان به این عنصرها می‌باشد که در واقع عموماً میزان غلظت آن‌ها را در بافت‌های ماهی‌ها، شرایط زیست محیطی خارجی همچون آلودگی‌های زیستگاه این ماهی‌ها تعیین می‌کند (۲۳). این دسته از عناصر مضر عمدتاً ناشی از فعالیت‌ها انسانی همانند صنایع زراعی، دامداری، تجهیزات پزشکی، باقیمانده حاصل از سوخت فرآورده‌های نفتی، پسآب‌های حشره‌کش‌ها، آفت‌کش‌ها و کودهای دارای ماهیت شیمیایی به کار رفته در فعالیت‌های زراعی، نفوذ فاضلاب‌های بیمارستانی و خانگی شهری و ترکیبات آلیاژهای مورد استفاده در ابزارآلات الکترونیکی به منابع آبی می‌باشد که این شرایط نشان‌دهنده آن است تولید این عناصر توسط عوامل انسانی بیشتر از منشأ طبیعی می‌باشد و تجمع بالاتر از حد آن‌ها در محیط زیست، زمینه‌ساز ایجاد عوارض نامطلوبی همانند کاهش و در برخی موارد حاد توقف رشد و فرآیندهای تولید مثلی، عملکرد نامناسب سیستم تنظیم اسمزی و در نهایت به علت ایجاد اختلال و آسیب‌های شدید بافتی به اندام‌های حیاتی بدن آبزیان، منجر به مرگ و میر گسترده می‌گردد (۱۴).

نتیجه‌گیری کلی

بر اساس نتایج به دست آمده از مطالعه کنونی، میزان غلظت تمام

عناصر مورد بررسی به غیر از منگنز، سرب، آرسنیک و کادمیوم در بافت خوراکی عضله ماهی شاه‌کولی در رودخانه سیاه‌درویشان واقع شده در استان گیلان، کم‌تر از آستانه مجاز استاندارد اعلام شده توسط نهادهای FAO/WHO مشاهده گردید. درحالی‌که بیشتر بودن مقدار تجمع چهار عنصر مذکور نسبت به حد مجاز توصیه گردیده، نشان‌دهنده لزوم توجه داشتن به احتمال ورود منبع‌های ایجادکننده این آلاینده‌ها همانند پسآب سم‌های به کار رفته در فعالیت‌های زراعی، علف‌کش‌ها، حشره‌کش‌ها و باقیمانده حاصل از سوخت‌های نفتی مورد کاربرد در فرآیندهای صنعتی به زیستگاه گونه مورد مطالعه می‌باشد. به همین دلیل نیازمند بررسی‌های دوره‌ای مداوم و علاوه بر آن شناسایی دقیق‌تر مسیرهای ورودی و مولد این عناصر در جهت کنترل و در نهایت جلوگیری نمودن از نفوذ گسترده چنین عوامل آلوده کننده‌ای به محیط زیست این گونه می‌باشد.

منابع مورد استفاده

1- Abdoli A. and M. Naderi. 2009. Biodiversity of fishes of the southern basin of the Caspian Sea. *Abzian Scientific Publication, Tehran* 238p. (In Farsi)

2- Alhashemi A.H., M. Sekhavatjou, B.H. Kiabi and A. Karbassi. 2012. Bioaccumulation of trace elements in water, sediment, and six fish species from a freshwater wetland, Iran. *Microchemical Journal* 104 :1-6.

3- Anan Y., T. Kunito, S. Tanabe, I. Mitrofanov and D.G. Aubrey. 2005. Trace element accumulation in fishes collected from coastal waters of the Caspian Sea. *Marine Pollution Bulletin* 51(8-12): 882-888.

4- Canbek M., T.A. Demir, M. Uyanoglu, G. Bayramoglu, Ö. Emiroglu, N. Arslan and O. Koyuncu. 2007. Preliminary assessment of heavy metals in water and some cyprinidae species from the Porsuk River, Turkey. *Journal of Applied Biological Sciences* 1(3): 1-11.

5- Cui B., Q. Zhang, K. Zhang, X. Liu and H. Zhang. 2011. Analyzing trophic transfer of heavy metals for food webs in the newly-formed wetlands of the Yellow River Delta, China. *Environmental Pollution* 159(5): 1297-1306.

6- Dhanakumar S., G. Solaraj and R. Mohanraj. 2015. Heavy metal partitioning in sediments and bioaccumulation in commercial fish species of three major reservoirs of river Cauvery delta region, India. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 113(1): 145-151.

7- Esmaeili H.R., B.W. Coad, H.R. Mehraban, M. Masoudi, R. Khaefi, K. Abbasi, H. Mostafavi and S. Vatandoust. 2015. An updated checklist of fishes of the Caspian Sea basin of Iran with a note on their zoogeography. *Iranian Journal of Ichthyology* 1(3): 152-184.

8- FAO/WHO. 1993. Food and Agriculture Organization, World Health Organization. Evaluation of certain food additives and contaminants (41st report of the joint FAO/WHO expert committee on food additives). WHO Tech. Reports Series No. 837.

9- Farhadi A. and V. Yavari. 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* 22(3): 126-131. (In Farsi)

10- Freyhof J. and M. Kottelat. 2008. *Alburnus chalcoides*. The IUCN Red List of Threatened Species 2008: e. T135653A4171476.

11- Ghafouri M., N. Ghaderi, M. Tabatabaei, V. Versace, D. Ierodiaconou, D. Barry and F. Stagnitti. 2010. Land use change and nutrients simulation for the Siah Darvishan basin of the Anzali wetland region, Iran. *Bulletin of environmental contamination and toxicology* 84(2): 240-244.

12- Kaçar E., H.K. Akın and P. Uğurlu. 2017. Determination of heavy metals in tissues of *Barbus grypus* (Heckel, 1843), from Batman Dam, Turkey. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 17(4): 789-794.

13- Köse E., A. Çiçek, K. Uysal, C. Tokatlı, Ö. Emiroğlu and N. Arslan. 2015. Heavy metal accumulations in water, sediment, and some cyprinid species in Porsuk Stream (Turkey). *Water Environment Research* 87(3): 195-204.

14- Mance G. 2012. Pollution threat of heavy metals in aquatic environments. Springer Science & Business Media 1,363. ISBN: 1851660399.

15- Moore J.W. and S. Ramamoorthy. 2012. Heavy metals in natural waters: applied monitoring and impact assessment. Springer Science & Business Media 1,263. ISBN: 978-261-4612-5210-4618.

16- Nasrollahzadeh Saravi H., R. Pourgholam, N. Pourang, M. Rezaei, A. Makhlough and H. Unesipour. 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* 23(103): 33-44. (In Farsi)

17- Oymak S., H. Karadede-Akin and N. Dogan. 2009. Heavy metal in tissues of Tor grypus from Atatürk Dam Lake, Euphrates River-Turkey. *Biologia* 164(1): 151-154.

18- Şaşi H., A. Yozukmaz and M. Yabanli. 2017. Heavy metal contamination in the muscle of Aegean chub (*Squalius fellowesii*) and potential risk assessment. *Environmental Science and Pollution Research* 25(7): 6928–6936.

19- Sattari M., D. Shahsevandi and S. Shafiee. 2003. Ichthyology (systematic). Haghshenas Publication 198-199. (In Farsi)

20- Siraj M., M. Khisroon, A. Khan, F. Zaidi, A. Ullah and G. Rahman. 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* 100(3): 344-349.

21- Solgi E., H. Alipour and F. Majnooni. 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* 27(1): 113-123. (In Farsi)

22- Spanopoulos-Zarco P., J. Ruelas-Inzunza, I. Aramburo-Moran, H. Bojórquez-Leyva and F. Páez-Osuna. 2017. Differential Tissue Accumulation of Copper, Iron, and Zinc in Bycatch Fish from the Mexican Pacific. *Biological Trace Element Research* 176(1): 201-206.

23- Uysal K., E. Köse, M. Bülbül, M. Dönmez, Y. Erdoğan, M. Koyun, Ç. Ömeroğlu and F. Özmal. 2009. The comparison of heavy metal accumulation ratios of some fish species in Enne Dame Lake (Kütahya/Turkey). *Environmental Monitoring and Assessment* 157 (1-4): 355-362.

24- Varedi S.E., H. Nasrollahzadeh Saravi, S. Najafpour, S. Gholamipour, H. Unesipour and Y. Ulomi. 2012. Study on environmental pollutions (heavy metals, oil yydrocarbons, 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 Farsi)

25- Xie W., K. Chen, X. Zhu, X. Nie, G. Zheng, D. Pan and S. Wang. 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* 29 (10): 1917-1923.