

پایش میزان تجمع بیولوژیک عناصر کمیاب در بافت عضله ماهی سوف حاجی طرخان (*Perca fluviatilis* Linnaeus, ۱۷۵۸) در رودخانه سیاه درویشان (استان گیلان، ایران)

• محمد اتفاق دوست (نویسنده مسئول)

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

صندوق پستی ۱۱۴۴، گیلان، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸-۰۶-۰۸ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸-۰۷-۲۲

Email: ettefaghdoost@phd.guilan.ac.ir



چکیده

عناصر کمیاب با توجه به اینکه دارای ماهیت تخریب‌ناپذیر و قابلیت بالا برای انباشت زیستی در بافت موجودات آبی می‌باشند، تهدیدی جدی برای آبزیان و همچنین سلامت انسان‌ها محسوب می‌گردند، بنابراین پژوهش کنونی با هدف ارزیابی میزان و ترتیب غلظت عنصرهای کمیاب تجمع‌یافته در بافت خوراکی عضله ماهی سوف حاجی طرخان (*Perca fluviatilis*) نمونه‌برداری شده از رودخانه سیاه درویشان به عنوان یکی از گونه ماهیان مورد توجه و دارای ارزش اقتصادی و اکولوژیک بالا و در نهایت تشخیص سطح سلامت بهداشتی آن برای تغذیه انسانی، به انجام رسیده است. در آزمایش حاضر، مقدار غلظت یازده عنصر (سلنیوم، آهن، نیکل، روی، سرب، کادمیوم، جیوه، مس، کروم، منگنز و آرسنیک) در بافت عضله ۲۵ عدد ماهی سوف حاجی طرخان صید شده بوسیله تور پرتابی سالیکی از رودخانه سیاه درویشان استان گیلان توسط دستگاه طیف سنجی جذب اتمی Varian® مورد پایش و ارزیابی قرار گرفتند. مقدار میانگین عنصرهای مورد مطالعه در بافت عضله به ترتیب: روی (۳۳/۴۱۸)، آهن (۲۰/۱۲۷)، مس (۵/۷۲۹)، منگنز (۱/۸۴۹)، سرب (۰/۸۶۴)، سلنیوم (۰/۶۹۱)، آرسنیک (۰/۵۹۴)، کادمیوم (۰/۲۷۳)، نیکل (۰/۲۵۳)، کروم (۰/۱۷۶) و جیوه (۰/۰۸۹) $\mu\text{g/g}$ وزن خشک، بود. نتایج به دست آمده از این تحقیق نشان داد، میانگین انباشت بیولوژیک همه عناصر بررسی شده در بافت عضله ماهی سوف حاجی طرخان به غیر از چهار عنصر کمیاب کادمیوم، منگنز، آرسنیک و سرب در سطحی کم تر استاندارد مورد تأیید سازمان FAO/WHO بودند که این نتایج نشان دهنده لزوم توجه بیشتر به عوامل افزایش دهنده این عناصر در محیط زیست گونه مذکور است.

کلمات کلیدی: جذب اتمی، ماهی سوف حاجی طرخان، بافت عضله، عناصر کمیاب

• Veterinary Researches & Biological Products No 129 pp: 75-82

Monitoring of trace elements bioaccumulation in muscle tissue of the common perch (*Perca fluviatilis* Linnaeus, 1758) in Siah Darvishan River (Guilan province, Iran)

By: Etefaghdoost, M., (Corresponding Author) Fisheries Department, Faculty of Natural Resources, University of Guilan, Sowmeh Sara, 1144, Guilan, Iran

Received: 2019-08-30 Accepted: 2019-10-14

Emali: etefaghdoost@phd.guilan.ac.ir

The trace elements are a serious threat to aquatics as well as human health, as they resistant to degradation and high potential for bioaccumulation in aquatic organisms so present study aimed to evaluate the order and concentration of trace elements accumulated in edible muscle tissue of Common perch (*Perca fluviatilis*) sampled from Siah Darvishan River considered one of the species of fish as high economic and ecological value and finally, determined its health status for human consumption purposes. In the present experiment, concentration of eleven elements (Se, Fe, Ni, Zn, Pb, Cd, Hg, Cu, Cr, Mn and As) in muscle tissue of 25 Common perch captured by cast net from Siah Darvishan River (Guilan province, Iran) were monitored and evaluated using by Varian® atomic absorption spectroscopy. The mean elements in muscle tissue have been observed, as follows: Zinc (33/418), Iron (20/127), Copper (5/729), Manganese (1/849), Lead (0/864), Selenium (0/691), Arsenic (0/594), Cadmium (0/273), Nickel (0/253), Chromium (0/176) and Mercury (0/089) microgram per gram dry weight, respectively. The results of this study showed that the mean bio-accumulation of all the elements investigated in muscle tissue of Common perch, except the four trace elements; Cadmium, Manganese, Arsenic and Lead were at lower level than the Organization (FAO/WHO) acceptable standard. These results indicate requisiteness for more attention to enhancing factors of these elements in environment of the mentioned species.

Key words: Atomic absorption, Common perch, Muscle tissue, Trace elements

مقدمه

ماهی سوف حاجی طرخان (*Perca fluviatilis*) از جمله ماهیان آب شیرین محسوب می‌گردد که به راسته سوف ماهی شکلان (Perciformes) و خانواده سوف ماهیان (Percidae) تعلق داشته که فراوانی و پراکنش آن در مناطق نیمکره شمالی (شامل سراسر نواحی قاره اروپا، بخش‌های شمال و غرب آسیا و همچنین آمریکای شمالی) مشاهده گردیده است (۲۰). این ماهی گونه‌ای ارزشمند از نظر اکولوژیکی و اقتصادی در کشور ایران به شمار می‌آید که مهم‌ترین زیستگاه آن، بخش‌های جنوبی دریای خزر شامل تالاب انزلی و رودخانه‌های منتهی و همچنین تالاب امیر کلاهی لاهیجان می‌باشد (۱۵ و ۲۱). اگرچه سازمان جهانی حفاظت از منابع طبیعی (IUCN) ماهی سوف حاجی طرخان را در مجموعه گونه‌های "پایین‌ترین سطح نگرانی" فهرست نموده است اما همواره فراوانی جمعیت‌های این ماهی در طی سالیان گذشته به دلیل افزایش میزان صید و همچنین آلودگی گسترده منابع آبی محیط زیست آن به عناصر سنگین مضر، با خطرات جدی مواجه شده است (۵ و ۲۴). یکی از زیستگاه مهم این گونه در حوضه جنوبی دریای خزر، رودخانه سیاه درویشان می‌باشد که ارتفاعات مناطق جنوب غربی استان گیلان نشأت گرفته و در نهایت

به تالاب انزلی می‌ریزد. این منبع آبی در طول سالیان گذشته دستخوش تغییرات قابل ملاحظه‌ای از نظر ترکیب عنصرهای شیمیایی به ویژه عناصر سنگین شده است که عمدتاً به دلیل فعالیت‌های انسانی در نواحی حاشیه‌ای آن می‌باشد (۷). این عناصر به دو دسته ضروری (شامل آهن، مس، روی و غیره) و سمی (جیوه، آرسنیک، کادمیوم و غیره) تقسیم می‌شوند، با وجود اینکه عناصر ضروری برای انجام فرآیندهای زیستی ماهیان لازم می‌باشند ولی در غلظت‌های بالا مضر هستند. عناصر سنگین با ورود بیش از اندازه به محیط‌های آبی، موجب انباشت بیولوژیک آن‌ها در اندام‌های حیاتی آبزیان از جمله ماهیان می‌شوند که از این طریق وارد زنجیره غذایی اکوسیستم شده و از آنجایی که به سطوح بالای این زنجیره (رژیم غذایی انسانی) انتقال پیدا می‌کنند، ارزیابی غلظت این عناصر در بافت عضله که مهم‌ترین بخش خوراکی ماهیان محسوب می‌گردد، دارای اهمیت بسیاری می‌باشد (۱۲، ۱۴ و ۱۹). به همین دلیل مطالعات زیادی در این زمینه صورت گرفته است که می‌توان به تحقیقات برازووا و همکاران در سال ۲۰۱۲، جانکووفسکا و همکاران در سال ۲۰۱۲ و جاسیموویچ و همکاران در سال ۲۰۱۵ اشاره نمود (۲، ۸ و ۹). بنابراین با توجه به اهمیت این موضوع و نقش قابل توجه آن در سلامت تغذیه

نمونه بافت توسط ترازوی دیجیتال سارتریوس (سری ED، گوتینگن، آلمان) دارای سطح دقت $0.01/0$ ، مراحل هضم شیمیایی آن‌ها به کمک روش MOOPAM ۱۹۹۹ انجام شد (۱۲، ۱۳).

مرحله اندازه‌گیری مقدار غلظت عنصرها

پس از تزریق گردیدن نمونه‌های آماده شده به دستگاه طیف سنجی جذب اتمی، از روش شعله دستگاه واریان (سری FS ۲۸۰، پالو آلتو، ایالات متحده آمریکا) به منظور پایش مقدار غلظت عناصر مس، منگنز، روی و آهن و روش کوره گرافیتی دستگاه واریان (سری GTA /Z۲۸۰، ۱۲۰، پالو آلتو، ایالات متحده آمریکا) به جهت سنجش عنصرهای نیکل، آرسنیک، کروم کادمیوم، سلنیوم و سرب و در نهایت روش بخار سرد به کمک دستگاه واریان (سری VGA-۷۷، پالو آلتو، ایالات متحده آمریکا) برای تعیین میزان جیوه نمونه‌ها مورد استفاده قرار گرفت. در پایان به منظور مطمئن شدن از شیوه‌های به کار رفته و میزان سطح دقت استخراج عنصرهای مورد نظر، روش افزایش استاندارد نمونه مرجع بافت صدف ماسل CE۲۷۸k ERM® (سیگما آلدریج، سنت لوئیس، ایالات متحده آمریکا) به کار گرفته شد و با سه مرتبه تکرار هر آزمایش (میانگین \pm انحراف معیار) مقدار درصد بازیابی عنصرهای مورد پژوهش، ارزیابی گردید (۱۲ و ۱۴).

تجزیه و تحلیل آماری

آزمون آماری کولموگروف اسمیرنوف برای تشخیص نرمال بودن پراکنش داده‌های به دست آمده، به کار گرفته شد و در ادامه به منظور مقایسه میانگین نتایج، تحلیل واریانس یکطرفه و آزمون توکی دارای سطح اطمینان ۹۵٪ ($P < 0.05$) با بهره‌گیری از نرم‌افزار آبی بی ام SPSS (نسخه ۲۲، نیویورک، ایالات متحده آمریکا) مورد استفاده قرار گرفت. ترسیم جداول، با کمک نرم‌افزار مایکروسافت اکسل (نسخه ۲۰۱۳، ردmond، ایالات متحده آمریکا) انجام و یافته‌ها بر اساس $\mu\text{g/g}$ وزن خشک (میانگین \pm انحراف معیار) بیان شده است.

نتایج

بیومتری نمونه‌های ماهی

در ابتدای این تحقیق پس از صید تعداد کل ۲۵ قطعه ماهی سوف حاجی طرخان (*Perca fluviatilis*) از رودخانه سیاه درویشان واقع در حومه شهرستان صومعه‌سرا (استان گیلان، ایران) (شکل ۱)، نمونه‌های جمع‌آوری

انسانی، مطالعه حاضر به منظور تعیین میزان غلظت عناصر سنگین در بافت خوراکی عضله ماهی سوف حاجی طرخان رودخانه سیاه درویشان انجام پذیرفته است.

مواد و روش کار

تهیه و فراهم‌سازی نمونه‌ها

به منظور انجام پژوهش حاضر، تعداد ۲۵ قطعه ماهی سوف حاجی طرخان (*Perca fluviatilis*) دارای میزان اندازه‌های متفاوت با به کارگیری تور پرتابی (سالیک، اندازه چشمه ۱۰ mm، قطر دهانه ۳ m) 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 m-، صومعه‌سرا، استان گیلان، ایران) در فصل تابستان سال ۹۵ به صورت کاملاً تصادفی جمع‌آوری و بعد از قرار گرفتن آن‌ها داخل پودر یخ موجود در یخدان یونولیتی به آزمایشگاه تحقیقات شیلات دانشگاه گیلان (دانشکده منابع طبیعی، صومعه‌سرا، ایران) منتقل شدند. پیش از انجام فرآیند بیومتری به جهت اطمینان از برطرف گردیدن عوامل زائد سطحی خارجی، نمونه‌های ماهی به کمک آب دو بار تقطیر مورد شستشو قرار گرفتند. سنجش میزان وزن و طول نمونه‌ها به ترتیب توسط ترازوی دیجیتال سارتریوس (سری CPA، گوتینگن، آلمان) و کولیس میتوتویو (سری ۵۰۱-۵۰۳، تاکاتسو-کو، ژاپن) با سطوح دقت $0.1/0$ g و 0.1 mm انجام و یافته‌های حاصل از آن‌ها در جدول ثبت گردید. پس از آن با بهره‌گیری از تیغه کاملاً ضدعفونی شده، بخش بافت عضله از سایر قسمت‌های اضافی نمونه‌های ماهی به دقت جداسازی گردید و نمونه‌های بافت عضله که پیش‌تر بسته‌بندی و شماره‌گذاری شده بودند پس از تنظیم دمای ۵۰- درجه سانتی‌گراد با طی مدت زمان ۹-۱۰ ساعت در دستگاه خشک‌کن-انجمادی زیرباس (VaCo۵، بدگروند، آلمان) به طور کامل خشک گردیدند. در پایان، فرآیند شستشوی نمونه‌های عضله توسط اسید نیتریک (خلوص ۱۰ درصد) و آب دیونیزه Dw (شرکت کیمیا تهران اسید، تهران، ایران) پس از پودر شدن آن‌ها به کمک هاون چینی، انجام پذیرفت (۱۲، ۱۳ و ۱۴).

مرحله هضم شیمیایی نمونه‌ها

در پژوهش حاضر، فرآیند هضم شیمیایی بافت‌های عضله با شیوه هضم بسته (Closed vessel) دستگاه هضم کننده مایکروویو CEM (MARS۵)، متیوز، ایالات متحده آمریکا) به انجام رسید که پس از اندازه‌گیری ۱ g

جدول ۱- نتایج حاصل از بیومتری ماهی سوف حاجی طرخان صید شده از رودخانه سیاه درویشان

متغیرها	تعداد	میانگین	انحراف معیار	کمینه	بیشینه
طول کل (cm)	۲۵	۱۸/۹۴	۱/۴۲	۱۵/۵۱	۲۲/۶۲
وزن کل (g)	۲۵	۱۰۹/۸۱	۱۵/۶۴	۸۵/۷۲	۱۴۹/۲۸

و جیوه با $0/093 \mu\text{g/g}$ ، پایین‌ترین مقدار انباشت بیولوژیک عنصرهای تحقیق شده را در بافت عضله ماهی سوف حاجی طرخان از خود نشان دادند. همچنین با پایش و مقایسه مقدار غلظت عناصر مورد مطالعه با حد استاندارد مجاز تأیید گردیده توسط نهادهای بین‌المللی خواربار و کشاورزی ملل متحد/ بهداشت جهانی (FAO/WHO) (۶)، میانگین سطح غلظت عنصرهای سرب، آرسنیک، منگنز و کادمیوم مشاهده شده در بافت خوراکی عضله ماهی سوف حاجی طرخان بالاتر از آستانه مجاز تعیین شده قرار داشت. حال آنکه میزان تجمع بیولوژیک باقی عنصرها، پایین‌تر از آستانه مجاز این استاندارد جهانی بودند (۶). همچنین در جدول ۴ ترتیب مقدار انباشت عناصر سنگین مورد اندازه‌گیری در بافت عضله ماهی سوف حاجی طرخان مطالعه حاضر با دیگر تحقیقات به انجام رسیده بر روی این گونه در مناطق مختلف جهان، مورد ارزیابی و مقایسه قرار گرفته است.

بحث

در پژوهش کنونی، بافت عضله با توجه به اهمیت آن از نقطه نظر زیست محیطی و همچنین اثرگذاری بر بهداشت و سلامت تغذیه‌ای انسان، به عنوان هدف آزمایش حاضر مورد ارزیابی قرار گرفت. تجمع بیولوژیک عناصر سنگین در بافت عضله ماهیان مختلف دارای تفاوت بسیاری می‌باشد که از جمله دلایل آن می‌توان به اختلاف در محیط‌های زندگی، نیازهای بیولوژیک و اکولوژیک، شرایط فیزیکوشیمیایی آب (درجه

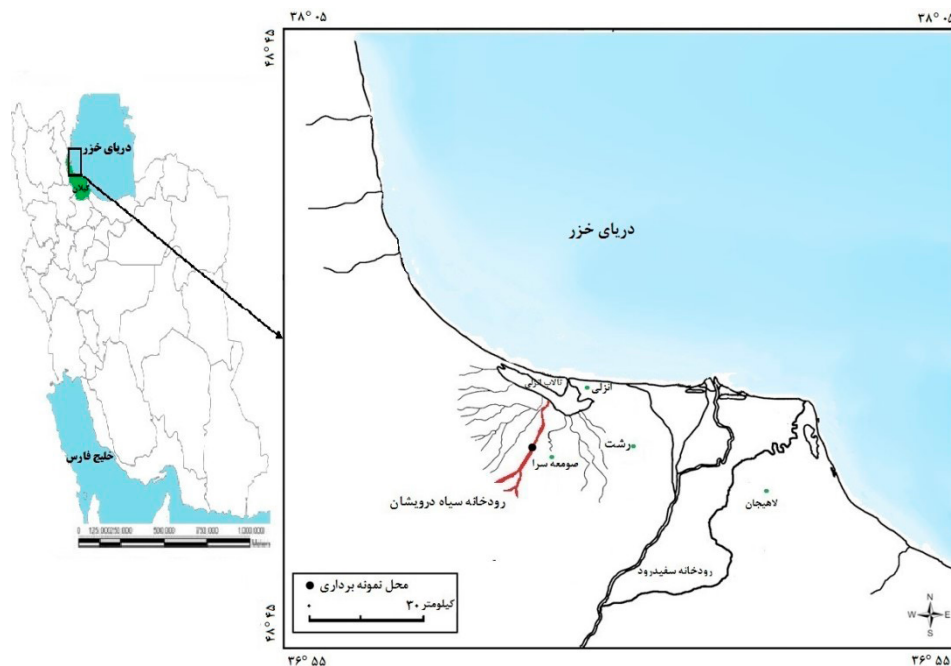
شده به دقت بیومتری گردیدند. نتایج به دست آمده از ارزیابی نمونه‌ها در جدول ۱ آورده شده است. بر طبق آن، نمونه‌های ماهی مطالعه شده دارای میانگین طول کل $18/94 \pm 1/42 \text{ cm}$ و میانگین وزن کل $15/64 \text{ g}$ $\pm 109/81$ بودند.

ارزیابی درستی شیوه استخراج عنصرها

بر اساس آنچه پیش‌تر به آن اشاره گردید، برای مطلع شدن از میزان صحت روش‌های به کار گرفته شده و استخراج عناصر مورد پژوهش از نمونه‌های بافت عضله، شیوه افزایش استاندارد نمونه مرجع بافت صدف ماسل ERM CE2VAK مورد استفاده قرار گرفت که نتیجه‌های حاصل، در جدول ۲ بیان شده است. بر طبق یافته‌های به دست آمده، مقدار بازبازی عنصرهای مورد تحقیق دارای محدوده ۹۲ الی ۱۰۳٪ در بافت صدف ماسل مشاهده شد. بالاترین درصد بازبازی در عنصر کروم و پایین‌ترین درصد در فلز روی حاصل گردید که تعیین نمود روش‌های به کار گرفته شده برای تشخیص غلظت عنصرهای مورد نظر، برخوردار از دقت و اطمینان کافی است.

تعیین میزان غلظت عنصرها در نمونه‌های بافت عضله

در جدول ۳، یافته‌های به دست آمده از پایش میزان غلظت عناصر مورد مطالعه در بافت عضله ماهی سوف حاجی طرخان درج گردیده است. بر اساس نتایج حاصل از آن عناصر فلزی روی با $36/15 \mu\text{g/g}$ ، بالاترین



شکل ۱- نقشه موقعیت جمع‌آوری نمونه ماهی سوف حاجی طرخان از رودخانه سیاه درویشان (صومعه سرا، استان گیلان، ایران)

به علت نقش قابل توجه آن‌ها در عملکرد فرآیندهای متابولیسم سلولی، تشکیل ساختار سیستم‌های آنزیمی و تنفسی، رنگدانه‌های پوستی و در نهایت کارکرد مناسب اندام‌های بدن می‌باشد (۱۱ و ۱۴). در این مطالعه پس از توالی عنصرهای ضروری مورد اشاره، تجمع بیولوژیک عناصر غیر ضروری و مضر مشاهده گردید که یافته‌های به دست آمده از این تحقیق با نتایج مطالعات تک‌تجوا و همکاران در سال ۲۰۰۰ با میزان غلظت‌های جیوه ۰/۴۹، کادمیوم ۰/۰۲ و نیکل ۰/۰۱ $\mu\text{g/g}$ وزن خشک و نروزی در سال ۲۰۱۷ با مقدار تجمع عناصر سرب ۰/۸۷، کادمیوم ۰/۴۷، نیکل ۰/۴۲، جیوه ۰/۱۱ و آرسنیک ۰/۰۷ $\mu\text{g/g}$ وزن خشک مشابهت داشت (۱۶ و ۲۵). ماهی‌ها پس از جذب و تجمع بیولوژیک این عنصرها به مسمومیت‌های مزمن دچار شده که از جمله نشانه‌های آن می‌توان به کاهش میزان رشد، اختلال در فرآیندهای تولید مثل، تنظیم اسمزی، شکارگری، تغذیه، شنا و سایر فعالیت‌های فیزیولوژیک اشاره نمود. فعالیت‌های انسانی، تولیدکننده عمده این دسته از عنصرهای سمی و غیرضروری محسوب می‌گردند که به طور کلی حاصل مصرف کودهای شیمیایی استفاده شده در فرآیند کشت محصولات زراعی و پرورشی در صنعت دامپروری، فلزات به کار رفته در ابزارهای پزشکی، رواناب‌های حشره‌کش‌ها و علف‌کش‌ها، ترکیب آلیاژهای موجود در تجهیزات الکترونیک، ترکیبات شیمیایی به جای مانده از احتراق فرآورده‌های سوختی و در نهایت تخلیه

حرارت، سختی و شوری، غلظت عناصر در زیستگاه آبی، برخورداری از پروتئین متالوتیونین (دارای کارکرد کاهش سمیت عنصرهای مضر) و غیره اشاره نمود که برخی از موارد ذکر شده موجب می‌گردند تا ماهی‌های بوم سازگان مشابه نیز تفاوت آشکاری را به لحاظ میزان تجمع عناصر سنگین از خود نشان دهند (۱، ۸ و ۱۸). با توجه به نتایج حاصل از مطالعه حاضر، فلزات ضروری روی، آهن، مس و منگنز بیشترین مقدار تجمع را در بافت عضله ماهی سوف حاجی طرخان از خود نشان دادند که با مطالعات استانک و همکاران در سال ۲۰۱۲ با میزان غلظت‌های آهن ۷/۸۹۵، روی ۷/۱۸۸، مس ۵/۵۳۲ و منگنز ۱/۲۰۶ $\mu\text{g/g}$ وزن تر، جاسیموویچ و همکاران در سال ۲۰۱۵ با مقدار تجمع عنصرهای آهن ۱۲۶، روی ۲۹/۸ و مس ۱۰/۹۱ $\mu\text{g/g}$ وزن خشک و نروزی در سال ۲۰۱۷ با مقدار غلظت آهن ۶۴/۳۲، روی ۱۷/۲۵، منگنز ۱۳/۲ و مس ۴/۸۴ $\mu\text{g/g}$ وزن خشک بر روی همین گونه، هم‌خوانی داشت در حالی که با پژوهش برازووا و همکاران در سال ۲۰۱۲ مطابقت نداشت زیرا در تحقیق ایشان میزان تجمع فلز جیوه با ۱/۰۵ $\mu\text{g/g}$ وزن خشک بیشتر از عناصر مس و منگنز (به ترتیب ۰/۴۳۹ و ۰/۲۵۲ $\mu\text{g/g}$ وزن خشک) مشاهده گردید (۲، ۸، ۱۶ و ۲۲). عمدتاً میزان تجمع بیولوژیک عناصر فلزی مختلف در بافت‌های ماهیان به کارکردهای فیزیولوژیک آن‌ها بستگی دارد که نشان دهنده آن است که تجمع بالای عناصر ضروری روی، آهن، مس و منگنز

جدول ۲- مقایسه مقادیر اندازه گیری شده غلظت عنصرهای مورد مطالعه با مقادیر تایید شده ($\mu\text{g/g}$ وزن خشک) در استاندارد مرجع ERM* CEYvak (بافت صدف ماسل)

میزان بازاریابی (%)	ERM* CEYvak (بافت صدف ماسل)		تنظیمات دستگاه		عنصر
	مقادیر تایید شده ($\mu\text{g/g}$)	مقادیر اندازه گیری شده ($\mu\text{g/g}$)	پهنای شکافت (nm)	طول موج (nm)	
۹۵	۰/۴ ± ۶/۷	۰/۲ ± ۶/۴	۰/۵	۱۹۳/۷	آرسنیک
۹۶	۸ ± ۱۶۱	۳ ± ۱۵۵	۰/۲	۳۰۲/۱	آهن
۹۴	۰/۰۰۷ ± ۰/۰۷۱	۰/۰۰۹ ± ۰/۰۶۷	۰/۵	۲۵۳/۷	جیوه
۹۲	۴ ± ۷۱	۷ ± ۶۵	۰/۷	۲۱۳/۹	روی
۱۰۱	۰/۱۸ ± ۲/۱۸	۰/۱۲ ± ۲/۲۱	۰/۷	۲۸۳/۳	سرب
۹۸	۰/۱۲ ± ۱/۶۲	۰/۰۵ ± ۱/۶۱	۱/۰	۱۹۶/۰	سلنیوم
۹۳	۰/۰۲۵ ± ۰/۳۳۶	۰/۰۶۱ ± ۰/۳۱۲	۰/۷	۲۲۸/۸	کادمیوم
۱۰۲	۰/۲۲ ± ۰/۷۲	۰/۱۴ ± ۰/۷۶	۰/۲	۳۵۳/۹	کروم
۹۸	۰/۲۷ ± ۵/۹۸	۰/۱۱ ± ۵/۸۶	۰/۷	۳۳۷/۴	مس
۹۹	۰/۲۴ ± ۴/۸۸	۰/۱۰ ± ۴/۹۱	۰/۲	۲۵۷/۶	منگنز
۹۶	۰/۱۵ ± ۰/۶۹	۰/۰۸ ± ۰/۶۶	۰/۲	۲۳۱/۶	نیکل

استاندارد مذکور بود. در واقع بیشتر از حد مجاز بودن عناصر فلزی و شبه فلزی مورد اشاره نشان‌دهنده وارد گردیدن عامل‌های ایجاد کننده این آلوده‌کننده‌های زیست به محیطی به درون بوم سازگان این گونه ماهی برخوردار از اهمیت و ارزش اقتصادی بالا می‌باشد. به همین دلیل موضوع کنونی با توجه به اهمیت قابل تأمل آن در زنجیره غذایی اکوسیستم و سلامت تغذیه انسانی، نیازمند توجه بیشتر با هدف شناسایی عوامل زمینه‌ساز و جلوگیری از وارد شدن چنین آلاینده‌های سمی به زیستگاه گونه مورد تحقیق می‌باشد.

منابع مورد استفاده

- 1-Bosch, A. C., B. O'Neill, G. O. Sigge, S. E. Kerwath and L. C. Hoffman. 2016. Heavy metals in marine fish meat and consumer health: a review. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 96: 32-48. DOI: 10.1002/jsfa.7360.
- 2- Brázová, T., J. Torres, C. Eira, V. Hanzelová, D. Miklisová and P. Šalamún. 2012. Perch and its parasites as heavy metal bio-monitors in a freshwater environment: the case study of the Ružín water reservoir, Slovakia. *Sensors* 12: 3068-3081. DOI: 10.3390/s120303068.

فاضلاب و پساب‌های خانگی و بیمارستانی به درون زیستگاه‌های آبی است که در واقع بیان‌کننده نقش فعالیت‌های صنعتی انسانی در وجود بیش از اندازه این عناصر در محیط‌های آبی نسبت به ماهیت طبیعی آن می‌باشد. غلظت بیش از حد عنصرهای سمی ذکر شده در این محیط‌ها، با اثرگذاری مستقیم بر بافت‌های آبزیان سبب به وجود آمدن عوارضی همچون اختلال در کارکردهای مطلوب آبشش، قلب، حس بویایی (تخریب اپیتلیوم بویایی)، شاخص‌های رشد (وزن و طول نهایی)، فاکتور وضعیت، نرخ رشد و غیره) و خونی (تعداد گلبول‌های سفید و قرمز، هموگلوبین، هماتوکریت و غیره)، تشکیل اسپرم، سنتز DNA، موکوس سطح پوست بدن، سیستم‌های تولید مثل و اسمزی، حساس گردیدن به عامل‌های عفونی، آسیب‌های بافتی و در نهایت زمینه ساز بروز مرگ و میر شدید می‌شوند (۳، ۴، ۱۰، ۱۲ و ۱۷).

نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج حاصل از این آزمایش، تجمع بیولوژیک عنصرهای غیر ضروری و مضر سرب، آرسنیک، منگنز و کادمیوم در بافت عضله ماهی سوف حاجی طرخان صید شده از رودخانه سیاه درویشان بالاتر از استاندارد تأیید گردیده بوسیله نهادهای (FAO/WHO) قرار داشتند در حالی که میزان غلظت سایر عناصر در سطحی پایین‌تر از حد مجاز

جدول ۳- مقایسه مقدار غلظت عنصرهای مورد مطالعه ($\mu\text{g/g}$ وزن خشک) بافت عضله ماهی سوف حاجی طرخان با میزان آستانه مجاز استاندارد جهانی

استاندارد جهانی	محدوده ($\mu\text{g/g}$ وزن خشک)		میزان تجمع			عنصر
	بیشینه	کمینه	انحراف معیار نسبی (%)	انحراف معیار	میانگین ($\mu\text{g/g}$)	
۰/۰۵	۰/۶۳	۰/۵۶	۵/۹۲	۰/۰۳۵	۰/۵۹۴	آرسنیک
۱۰۰	۲۱/۲۳	۱۹/۰۵	۵/۴۲	۱/۰۹۰	۲۰/۱۲۷	آهن
۰/۵	۰/۰۹۳	۰/۰۸۶	۳/۹۲	۰/۰۰۳	۰/۰۸۹	جیوه
۱۰۰۰	۳۶/۱۵	۳۰/۶۷	۸/۲۰	۲/۷۴۰	۳۳/۴۱۸	روی
۰/۵	۰/۹۴	۰/۸۱	۷/۶۸	۰/۰۶۷	۰/۸۶۴	سرب
۱	۰/۷۱	۰/۶۷	۳/۰۳	۰/۰۲۱	۰/۶۹۱	سلنیوم
۰/۲	۰/۳۰	۰/۲۵	۹/۲۱	۰/۰۲۵	۰/۲۷۳	کادمیوم
۰/۳	۰/۱۹	۰/۱۶	۸/۸۱	۰/۰۱۵	۰/۱۷۶	کروم
۳۰	۶/۱۲	۵/۱۹	۸/۴۰	۰/۴۸۱	۵/۷۲۹	مس
۰/۰۵	۱/۹۴	۱/۷۶	۴/۹۲	۰/۰۹۱	۱/۸۴۹	منگنز
۰/۴	۰/۲۸	۰/۲۳	۹/۸۰	۰/۰۲۵	۰/۲۵۳	نیکل

- 3-Castro-González, M. and M. Méndez-Armenta. 2008. Heavy metals: Implications associated to fish consumption. *Environmental toxicology and pharmacology* 26: 263-271. DOI: 10.1016/j.etap.2008.06.001.
- 4-Cipro, C. V., Y. Cherel, P. Bocher, F. Caurant, P. Miramand and P. Buštamante. 2018. Trace elements in invertebrates and fish from Kerguelen waters, southern Indian Ocean. *Polar Biology* 41: 175-191. DOI: 10.1007/s00300-017-2180-6.
- 5-Esmaeili, H. R., B. W. Coad, H. R. Mehraban, M. Masoudi, R. Khaefi, K. Abbasi, H. Moštafari and S. Vatandoušt. 2015. An updated checklist of fishes of the Caspian Sea basin of Iran with a note on their zoogeography. *Iranian Journal of Ichthyology* 1: 152-184. DOI:10.22034/iji.v1i3.18.
- 6- 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.) pp. 148-185. Geneva, Switzerland.
- 7-Ghafouri, M., N. Ghaderi, M. Tabatabaei, V. Versace, D. Ierodi-conou, 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: 240-244. DOI: 10.1007/s00128-009-9897-z.
- 8-Jačimović, M., M. Lenhardt, Ž. Višnjic-Jeftić, I. Jarić, Z. Gačić, A. Hegediš and J. Krpo-Četković. 2015. Elemental concentrations in different tissues of European perch and black bullhead from Sava Lake (Serbia). *Slovenian Veterinary Research* 52: 57-65.
- 9-Jankovská, I., D. Miholová, D. Lukešová, L. Kalous, P. Válek, Š. Romočuský, J. Vadlejch, M. Petrtyl, I. Langrová and Z. Čadková. 2012. Concentrations of Zn, Mn, Cu and Cd in different tissues of perch (*Perca fluviatilis*) and in perch intestinal parasite (*Acanthocephalus lucii*) from the stream near Prague (Czech Republic). *Environmental research* 112: 83-85. DOI: 10.1016/j.envres.2011.11.003.
- 10-Järup, L. 2003. Hazards of heavy metal contamination. *British medical bulletin* 68: 167-182. DOI: 10.1093/bmb/ldg032.
- 11-Leung, H., A. Leung, H. Wang, K. Ma, Y. Liang, K. Ho, K. Cheung, F. Tohidi and K. Yung. 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* 78: 235-245. DOI: 10.1016/j.marpolbul.2013.10.028.

جدول ۴- مقایسه میان ترتیب غلظت عنصرهای تجمع یافته در بافت عضله ماهی سوف حاجی طرخان با سایر مطالعات انجام پذیرفته در مناطق مختلف جهان

منبع	ناحیه مورد تحقیق	ترتیب تجمع عناصر (بافت عضله)	اندازه متوسط (گرم - سانتی متر)	تعداد نمونه (<i>P. fluviatilis</i>)
۲۳	دلتای نموناس، دریای بالتیخ، لیتوانی	روی< آهن< کروم< منگنز< مس< نیکل	۲۰ - ۱۰۰	۲۰
۲	دریاچه سد روزین، ناحیه کوشیتسه، اسلواکی	روی< جیوه< مس< کروم< آرسنیک< منگنز< نیکل< سرب< کادمیوم	x	۴۳
۲۵	رود کاستوموکشا، کارلیا، روسیه	روی< مس< جیوه< کروم< کادمیوم< نیکل	x	۱۹
۹	رود جوانسکی پتک، پراگ، جمهوری چک	مس< روی< منگنز	۱۳ - ۲۴/۲	۱۵
۱۸	رود شزارنا اوراوا، یابوونکا، لهستان	روی< کادمیوم< مس< سرب	x	۱۵
۸	دریاچه ساوا، بلغراد، صربستان	آهن< روی< مس< آرسنیک< منگنز	۱۷/۴ - ۶۹/۶	۹
۲۲	دریاچه گپلو، گینیزنا، لهستان	آهن< روی< مس< منگنز	۲۱ - ۱۲۰/۲	۱۰
۱۶	تالاب انزلی، گیلان، ایران	آهن< روی< منگنز< مس< سرب< کروم< کادمیوم< نیکل< جیوه< آرسنیک	۱۹/۸ - ۱۱۵/۵	۲۰
مطالعه کنونی	رودخانه سیاه درویشان، صومعه سرا، گیلان، ایران	روی< آهن< مس< منگنز< سرب< سلنیوم< آرسنیک< کادمیوم< نیکل< کروم< جیوه	۱۸/۹ - ۱۰۹/۸	۲۵

- 12-Mance, G. 2012. Pollution threat of heavy metals in aquatic environments. Elsevier Science Publishers Ltd. London, UK.
- 13-MOOPAM, R. 1999. Manual of oceanographic observations and pollutant analysis methods. ROPME: Regional Organization for the Protection of the Marine Environment. Ed. by Nahida Al-Majed, Hassan Mohammadi and Abdulnabi Al-Ghadban. (3rd ed.) Kuwait city, Kuwait.
- 14-Moore, J. W. and S. Ramamoorthy. 2012. Heavy metals in natural waters: applied monitoring and impact assessment. Springer-Verlag Inc. New york, USA.
- 15-Nezami balochi, S.A., Khara, H. 2004. Species composition and abundance of fishes in Amirkelayeh wetland. *Iranian Scientific Fisheries Journal* 12: 193-206. DOI: 10.22092/isfj.2004.113709.
- 16-Norouzi, M. 2017. Bioaccumulation study of toxic and essential metals in muscle, liver, and gills of *Perca fluviatilis* L. in Anzali Wetland. *Wetland Ecobiology* 9: 57-68. (In Farsi)
- 17-Ourgaud, M., S. Ruitton, H. Bourgoigne, P. Buřtamante, C. Churlaud, G. Guillou, B. Lebreton and M. L. Harmelin-Vivien. 2018. Trace elements in a Mediterranean scorpaenid fish: Bioaccumulation processes and spatial variations. *Progress in Oceanography* 163: 184-195. DOI: 10.1016/j.pocean.2017.11.008.
- 18-Popek, W., K. Klęczar, M. Nowak and P. Epler. 2009. Heavy metals concentration in the tissues of perch (*Perca fluviatilis*) and bleak (*Alburnus alburnus*) from Czarna Orawa River, Poland. *Aquaculture, Aquarium, Conservation & Legislation-International Journal of the Bioflux Society* (AAFL Bioflux).
- 19-Pouil, S., P. Buřtamante, M. Warnau and M. Metian. 2018. Overview of trace element trophic transfer in fish through the concept of assimilation efficiency. *Marine Ecology Progress Series* 588: 243-254. DOI: 10.3354/meps12452.
- 20-Saariřto, M., A. Lagesson, M. G. Bertram, J. Fick, J. Klaminder, C. P. Johnstone, B. B. Wong and T. Brodin. 2019. Behavioural effects of psychoactive pharmaceutical exposure on European perch (*Perca fluviatilis*) in a multi-stressor environment. *Science of the Total Environment* 655: 1311-1320. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2018.11.228.
- 21-Sattari, M., D. Shahsevandi and S. Shafiee. 2003. Ichthyology (systematic). Haghshenas Publication: 198-199. (In Farsi)
- 22-Stanek, M., K. Stasiak, B. Janicki and H. Bernacka. 2012. Content of Selected Elements in the Muscle Tissue and Gills of Perch (*Perca fluviatilis* L.) and Water From a Polish Lake. *Polish Journal of Environmental Studies* 21: 1033-1038.
- 23-Staniskiene, B., P. Matusевичius, R. Budreckiene and K. Skibniewska. 2006. Distribution of Heavy Metals in Tissues of Freshwater Fish in Lithuania. *Polish Journal of Environmental Studies* 15: 585-591.
- 24-The IUCN. 2018. Red List of Threatened Species 2018: *Perca fluviatilis* (European perch) (errata version published in 2018). , pp. 9-54. Ed. by Jörg Freyhof and Emma Brooks. 51nd ed. IUCN Publications Services. Gland, Switzerland.
- 25- Tkatcheva, V., I. J. Holopainen and H. Hyvärinen. 2000. Heavy metals in perch (*Perca fluviatilis*) from the Kořtomuksha region (North-western Karelia, Russia). *Boreal environment research* 5: 209-220.

