محیط زیست طبیعی، منابع طبیعی ایران، دوره۷۳ ، شماره۲، تابستان ۱۳۹۹
صفحات ۱۹۹ تا ۲۱۰

# ارزیابی میزان تجمع زیستی عناصر سنگین در بافت عضله ماهی سیم (*Abramis brama orientalis* Berg, 1905) (مطالعه موردی: رودخانه سیاه درویشان، استان گیلان)

**محمد اتفاق دوست[1]* و حمید علاف نویریان[2]**

***۱-دانشجوی دوره دکتری گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان، صومعه سرا، گیلان، ایران***

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

(تاریخ دریافت۹۸/۱۰/۲۲- تاریخ پذیرش۹۸/۱۲/۰۱)

**چکیده:**

عناصر سنگین با توجه به اینکه دارای ماهیتی غیرتخریب پذیر و قابلیت زیادی برای تجمع زیستی در بافت جانداران آبزی هستند، مخاطره‌ای جدی برای آبزیان و همینطور سلامت انسان‌ها به حساب می‌آیند، بنابراین این پژوهش با هدف ارزیابی مقدار و ترتیب انباشت عنصرهای سنگین فلزی تجمع یافته در بافت خوراکی عضله ماهی سیم (*Abramis brama orientalis*) نمونه برداری گردیده از رودخانه سیاه درویشان به عنوان یکی از گونه ماهیان قابل توجه و بهره مند از ارزش اقتصادی و بوم شناسی بالا و در نهایت تشخیص میزان سطح سلامت بهداشتی آن برای مصارف انسانی، انجام شده است. در آزمایش کنونی، مقدار انباشت یازده عنصر (نیکل، سلنیوم، آهن، کروم، سرب، روی، کادمیوم، آرسنیک، جیوه، منگنز و مس) در بافت عضله ۳۰ قطعه ماهی سیم صید شده با کمک تور سالیک پرتابی از رودخانه سیاه درویشان استان گیلان با به کارگیری دستگاه طیف سنجی جذب اتمی مورد سنجش و ارزیابی قرار گرفتند. مقدار تجمع عنصرهای مورد بررسی در بافت عضله به ترتیب: روی (۲/۴۴۳±۳۴/۸۰۷)، آهن (۲/۳۲۵±۲۷/۱۱۰)، مس (۰/۳۶۱±۴/۲۶۴)، منگنز (۰/۰۷۳±۲/۰۸۷)، سلنیوم (۰/۰۴۵±۰/۸۴۳)، سرب (۰/۰۷۹±۰/۸۲۱)، آرسنیک (۰/۰۲۵±۰/۷۱۳)، کادمیوم (۰/۰۱۶±۰/۲۹۳)، نیکل (۰/۰۱۵±۰/۱۸۳)، کروم (۰/۰۱۸±۰/۱۵۱) و جیوه (۰/۰۰۵±۰/۰۸۸) میکروگرم بر گرم وزن خشک، بود. نتایج بدست آمده از این مطالعه نشان داد، میانگین انباشت بیولوژیک تمامی عنصرهای بررسی شده در بافت عضله ماهی سیم به غیر از منگنز، آرسنیک، سرب و کادمیوم در سطحی پایین‌تر از استاندارد مورد تأیید نهاد FAO/WHO بودند. این یافته‌ها نشان دهنده اهمیت توجه دقیق‌تر به عوامل افزایش دهنده این عنصرها در محیط زیست گونه مذکور می‌باشد.

**کلید واژگان:** جذب اتمی، ماهی سیم، بافت عضله، عناصر کمیاب

* نویسنده مسئول؛ تلفن: ۰۹۳۶۳۴۰۰۹۷۸ ایمیل: ettefaghdoost@phd.guilan.ac.ir

## ۱. مقدمه

ماهی سیم (*Abramis brama orientalis*) از جمله ماهیان بنتوپلاژیک است که در محیط‌های با آب شیرین و لب شور زندگی می‌کند (Hosseinnia *et al.*, 2014). این ماهی نیمه مهاجر به راسته کپور ماهی شکلان (Cypriniformes) و خانواده کپور ماهیان (Cyprinidae) تعلق دارد که فراوانی و پراکنش آن در دلتای اغلب رودخانه‌هایی که به دریای خزر می‌ریزند شامل اورال، کورا و ولگا گسترده می‌باشد (Ghasemi *et al.*, 2007; Hao *et al.*, 2013). این ماهی گونه‌ای ارزشمند به لحاظ اکولوژیکی، بیولوژیکی و همچنین اقتصادی در کشور ایران محسوب می‌شود که مهمترین زیستگاه آن، نواحی جنوبی دریای خزر همانند تالاب انزلی و رودخانه‌های منتهی به آن و همچنین سد ارس می‌باشد (Kiabi *et al.*, 1999). اگرچه سازمان جهانی حفاظت از منابع طبیعی (IUCN) ماهی سیم را در مجموعه گونه‌های "دارای پایین‌ترین میزان نگرانی" فهرست کرده است اما همواره ذخایر جمعیت‌های این ماهی در طی چندین سال گذشته به علت صید بی رویه و همینطور آلودگی بیش از حد منابع آبی محیط زیست آن با خطراتی جدی مواجه گردیده است (Esmaeili *et al.*, 2015b; Esmaeli *et al.*, 2015a; The IUCN, 2018). از جمله زیستگاه‌های مهم این گونه در حوضه جنوبی دریای خزر، رودخانه سیاه درویشان به شمار می‌آید که از ارتفاعات بخش‌های جنوب غربی استان گیلان سرچشمه گرفته و در انتها به تالاب انزلی وارد می‌گردد. این محیط آبی در طی سال‌های گذشته دستخوش نوسانات قابل ملاحظه‌ای از منظر ترکیبات عنصرهای شیمیایی به ویژه عناصر سنگین شده است که عمدتاً به دلیل فعالیت‌های گسترده انسانی همانند پسماند حاصل از ابزارآلات مورد استفاده در صنایع پزشکی، باقی مانده ناشی از احتراق سوخت‌های فسیلی، کودهای شیمیایی غیر استاندارد به کار گرفته شده در فعالیت‌های کشاورزی و دامپروری، وارد گردیدن مستقیم فاضلاب و شیرابه زباله‌های بیمارستانی یا منشأ خانگی، پسآب‌های به جای مانده از سم‌ها (آفت کش ها و حشره کش ها و غیره) و ترکیب آلیاژها و عناصر فلزی مورد استفاده در تجهیزات الکترونیکیدر مناطق حاشیه‌ای آن می‌باشد (Ghafouri *et al.*, 2010; Shariati *et al.*, 2019). این عناصر بر اساس نقش آن‌ها در فرآیندهای متابولیک به دو دسته ضروری (مس، آهن، روی و غیره) و غیر ضروری یا سمی (کادمیوم، سرب، جیوه، آرسنیک و غیره) تقسیم می‌گردند، با وجود اینکه عنصرهای ضروری ذکر شده برای انجام فرآیندهای بیوشیمیایی و زیستی ماهیان لازم هستند ولی در سطح غلظت‌های بالا دارای ماهیتی مضر می‌باشند. این عناصر با ورود فراتر از حد اندازه به محیط‌های آبی، زمینه ساز تجمع زیستی آن‌ها در اندام‌های حیاتی آبزیان از جمله گونه‌های مختلف ماهیان می‌شوند که از این مسیر وارد زنجیره غذایی اکوسیستم شده و با توجه به آن که به سطوح بالایی این زنجیره (رژیم غذایی انسانی) انتقال می‌یابند، ارزیابی مقدار انباشت این عناصر در بافت عضله که مهمترین بخش خوراکی ماهی‌ها محسوب می‌شود، از اهمیت زیادی برخوردار می‌باشد (Mance, 2012; Moore & Ramamoorthy, 2012; Pouil *et al.*, 2018). به همین علت مطالعات بسیاری در این زمینه صورت پذیرفته است که می‌توان به تحقیقات Uysal و همکاران (۲۰۰۹) بر روی ماهی کاراس،

Xie و همکاران (۲۰۱۰) و Siraj و همکاران (۲۰۱۸) بر روی ماهی کپور معمولی اشاره نمود. به همین دلیل با توجه به اهمیت این موضوع و نقش پر رنگ آن در سلامت تغذیه انسانی، مطالعه کنونی به منظور تعیین مقدار غلظت عنصرهای سنگین در بافت خوراکی عضله ماهی سیم رودخانه سیاه درویشان انجام پذیرفته است.

## ۲. مواد و روش‌ها

### ۲-۱. مرحله جمع آوری و فراهم سازی نمونه‌ها

به منظور انجام این پژوهش، تعداد ۳۰ قطعه ماهی سیم (*Abramis brama orientalis*) دارای میزان اندازه‌های مختلف با بهره گیری از سالیک (تور پرتابی، قطر دهانه ۳ متر، اندازه چشمه ۱۰ میلی متر) از رودخانه سیاه درویشان (ارتفاع از سطح دریا ۱۵– متر، طول و عرض جغرافیایی ۴۹ درجه و ۳۰ دقیقه شرقی; ۳۷ درجه و ۲۵ دقیقه شمالی، صومعه سرا، استان گیلان، ایران) در فصل تابستان سال ۹۵ به شکل کاملاً تصادفی صید و با قرار گرفتن آن‌ها درون پودر یخ موجود در یخدان یونولیتی به بخش آزمایشگاه تحقیقات شیلات دانشگاه گیلان (دانشکده منابع طبیعی، صومعه سرا، ایران) منتقل شدند. پیش از انجام مرحله زیست سنجی، نمونه‌های تهیه شده ماهی برای اطمینان از رفع گردیدن عوامل زائد سطحی خارجی، توسط آب مقطر شستشو گردیدند. سنجش مقدار طول کل و وزن کل این نمونه‌ها به ترتیب بوسیله کولیس میتوتویو (شماره سری ۵۰۱، تاکاتسوکو، ژاپن) و ترازوی دیجیتال سارتریوس (CPA، گوتینگن، آلمان) با میزان سطوح دقت ۰/۱ میلی متر و ۰/۰۱ گرم انجام پذیرفت. سپس با به کار گرفتن از تیغه کاملاً ضد عفونی شده، بخش عضلانی از دیگر قسمت‌های اضافی نمونه‌های ماهی به طور کامل جداسازی گردید و نمونه‌های تهیه شده از بافت عضله که پیش‌تر بسته بندی و شماره گذاری گردیده بودند بعد از تنظیم دمای ۵۰- سانتی گراد و همچنین طی مدت زمان ۹-۱۰ ساعت در دستگاه خشک کن-انجمادی زیرباس (VaCo5، بدگروند، آلمان) کاملاً خشک شدند. سپس بافت‌های خشک شده به کمک هاون چینی پودر شده و به آن‌ها اسید نیتریک (خلوص ۱۰ درصد) و آب دیونیزه $D_w$ (شرکت کیمیا تهران اسید، تهران، ایران) اضافه گردید. (Mance, 2012; Moore & Ramamoorthy, 2012; MOOPAM, 1999).

### ۲-۲. مرحله هضم شیمیایی نمونه‌ها

در پژوهش کنونی، فرآیند هضم شیمیایی نمونه‌های آماده شده، توسط دستگاه هضم کننده مایکروویو CEM (MARS5، متیوز، ایالات متحده آمریکا) با بهره گیری از روش هضم بسته انجام پذیرفت که پس از اندازه گیری ۱ گرم نمونه با ترازوی دیجیتال سارتریوس (سری ED، گوتینگن، آلمان) دارای میزان دقت ۰/۰۰۱ گرم، مراحل هضم شیمیایی آن‌ها با استفاده از شیوه MOOPAM 1999 به انجام رسید (Mance, 2012; MOOPAM, 1999).

### ۲-۳. مرحله اندازه گیری مقدار غلظت عنصرها

بعد از تزریق نمونه‌های تهیه شده به دستگاه طیف سنجی-جذب اتمی، دستگاه واریان (شماره سری FS-۲۸۰، پالو آلتو، ایالات متحده آمریکا) به جهت پایش مقدار غلظت عنصرهای منگنز، آهن، مس و روی با روش شعله و همچنین دستگاه واریان (شماره سری GTA/۲۸۰Z-۱۲۰، پالو آلتو، ایالات متحده آمریکا) برای سنجش عناصر کروم، کادمیوم، سلنیوم، آرسنیک، سرب و نیکل توسط روش کوره گرافیتی و

در نهایت دستگاه واریان (شماره سری VGA-۷۷، پالو آلتو، ایالات متحده آمریکا) برای تعیین مقدار جیوه نمونه‌ها به روش بخار سرد، مورد استفاده قرار گرفت. در پایان با هدف مطمئن شدن از روش‌های استفاده شده در آزمایش حاضر و میزان سطح دقت استخراج عناصر مورد نظر، شیوه افزایش استاندارد نمونه مرجع بافت صدف ماسل ERM® CE278k (سیگما آلدریچ، سنت لوئیس، ایالات متحده آمریکا) مورد استفاده قرار گرفت و با سه بار تکرار هر آزمایش (میانگین±انحراف معیار)، میزان درصد بازیابی عنصرهای مورد مطالعه، ارزیابی گردید (Mance, 2012; Moore & Ramamoorthy, 2012).

### ۲-۴. مرحله تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها

آزمون آماری کولموگروف-اسمیرنوف به منظور تشخیص نرمال بودن پراکنش نتایج به دست آمده، استفاده گردید و در ادامه برای مقایسه میانگین داده‌ها با استانداردهای تعیین شده به وسیله سازمان‌های معتبر بین المللی، آزمون t تک نمونه‌ای دارای میزان سطح اطمینان ۹۵ درصد (P<۰/۰۵) با به کارگیری از نرم افزار آی بی ام SPSS (شماره نسخه ۲۲، نیویورک، ایالات متحده آمریکا) صورت گرفت. ترسیم جدول‌ها، بوسیله نرم افزار مایکروسافت اکسل (شماره نسخه ۲۰۱۳، ردموند، ایالات متحده آمریکا) انجام و یافته‌ها بر اساس میکروگرم بر گرم وزن خشک (میانگین± انحراف معیار) بیان شده است.

## ۳. نتایج

### ۳-۱. زیست سنجی نمونه‌ها

در ابتدای این آزمایش نمونه‌ها با دقت مورد زیست سنجی قرار گرفتند. نتایج بدست آمده از ارزیابی ماهی‌ها در جدول ۱ ذکر شده است. بر طبق آن، نمونه‌های ماهی بررسی شده دارای میانگین طول کل ۲/۳۶ ± ۲۴/۵۳ سانتی متر و میانگین وزن کل ۱۹/۷۲ ± ۲۸۶/۴۷ گرم بودند.

**جدول۱- مشخصات زیست سنجی ماهی سیم صید شده از رودخانه سیاه درویشان**

| متغیرها | تعداد | میانگین | انحراف معیار | کمینه | بیشینه |
|---|---|---|---|---|---|
| طول کل (سانتی متر) | ۳۰ | ۲۴/۵۳ | ۲/۳۶ | ۱۷/۶۴ | ۲۹/۱۲ |
| وزن کل (گرم) | ۳۰ | ۲۸۶/۴۷ | ۱۹/۷۲ | ۱۹۴/۳۲ | ۳۳۷/۸۱ |

### ۳-۲. ارزیابی درستی شیوه استخراج عنصرها

بر اساس آنچه پیش‌تر مورد اشاره قرار گرفت، با هدف مطلع شدن از میزان صحت و دقت شیوه‌های مورد استفاده و همچنین استخراج عناصر مورد تحقیق از نمونه‌های تهیه شده بافت عضله، روش افزایش استاندارد نمونه مرجع بافت صدف ماسل CE278k ERM® به کار گرفته شد که یافته‌های های حاصل از آن، در جدول ۲ آورده شده است. بر طبق نتایج بدست آمده، مقدار بازیابی عنصرهای پژوهش شده دارای محدوده ۹۲ تا ۱۰۳ درصد در بافت صدف ماسل مشاهده شد. بیشترین درصد بازیابی مرتبط با فلز کروم و پایین‌ترین درصد در عنصر روی حاصل شد که تعیین نمود روش‌های استفاده شده برای تشخیص سطح غلظت عناصر مورد نظر، برخوردار از اطمینان و دقت کافی می‌باشد.

**جدول۲- مقایسه مقادیر اندازه گیری شده غلظت عناصر سنگین مورد مطالعه با مقادیر تایید شده (میکروگرم بر گرم وزن خشک) در استاندارد مرجع ERM® CE278k (بافت صدف ماسل)**

| | میانگین | انحراف معیار | R.S.D | کمینه | بیشینه | FAO/WHO | P-value | t |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| آرسنیک | ۰/۷۱۳ | ۰/۰۲۵ | ۳/۵۳ | ۰/۶۹ | ۰/۷۴ | ۰/۰۵ | <۰/۰۰۱ | ۴۵/۸۸ |
| آهن | ۲۷/۱۱۰ | ۲/۳۲۵ | ۸/۵۸ | ۲۴/۹۲ | ۲۹/۵۵ | ۱۰۰ | <۰/۰۰۱ | -۵۴/۴۵ |
| جیوه | ۰/۰۸۸ | ۰/۰۰۵ | ۵/۵۹ | ۰/۰۸۵ | ۰/۰۹۴ | ۰/۵ | <۰/۰۰۱ | -۱۵۵/۳ |
| روی | ۳۴/۸۰۷ | ۲/۴۴۳ | ۷/۰۲ | ۳۲/۶۹ | ۳۷/۴۸ | ۱۰۰۰ | <۰/۰۰۱ | -۶۹۶/۳ |
| سرب | ۰/۸۲۱ | ۰/۰۷۹ | ۹/۶۸ | ۰/۷۶ | ۰/۹۱ | ۰/۵ | ۰/۰۱۷ | ۷/۵۸ |
| سلنیوم | ۰/۸۴۳ | ۰/۰۴۵ | ۵/۳۵ | ۰/۸۰ | ۰/۸۹ | ۱ | ۰/۰۲۷ | -۵/۹۹ |
| کادمیوم | ۰/۲۹۳ | ۰/۰۱۶ | ۵/۲۱ | ۰/۲۸ | ۰/۳۱ | ۰/۲ | ۰/۰۰۸ | ۱۰/۸۶ |
| کروم | ۰/۱۵۱ | ۰/۰۱۸ | ۹/۹۶ | ۰/۱۴ | ۰/۱۷ | ۰/۳ | ۰/۰۰۴ | -۱۶/۷۰ |
| مس | ۴/۲۶۴ | ۰/۳۶۱ | ۸/۴۶ | ۳/۸۹ | ۴/۶۱ | ۳۰ | <۰/۰۰۱ | -۱۲۳/۸ |
| منگنز | ۲/۰۸۷ | ۰/۰۷۳ | ۳/۵۳ | ۲/۰۳ | ۲/۱۷ | ۰/۰۵ | <۰/۰۰۱ | ۵۰/۳۳ |
| نیکل | ۰/۱۸۳ | ۰/۰۱۵ | ۸/۳۳ | ۰/۱۷ | ۰/۲۰ | ۰/۴ | ۰/۰۰۲ | ۲۴/۸۳ |

### ۳-۳. تعیین میزان غلظت عنصرها در نمونه‌های بافت عضله

در جدول ۳، یافته‌های بدست آمده از پایش مقدار انباشت عناصر مورد بررسی در بافت عضله ماهی سیم درج گردیده است. بر طبق این نتایج، عناصر فلزی روی با ۳۷/۴۸ میکروگرم بر گرم، بالاترین و جیوه با ۰/۰۸۵ میکروگرم بر گرم، پایین‌ترین مقدار تجمع بیولوژیک عنصرهای مطالعه گردیده را در بافت عضله ماهی سیم از خود نشان دادند. همچنین با پایش و بررسی مقدار انباشت عناصر مورد تحقیق با حد استاندارد مجاز تأیید شده بوسیله نهادهای جهانی خواربار و کشاورزی ملل متحد/بهداشت جهانی (FAO/WHO)، میانگین سطح تجمع بیولوژیک عنصرهای کادمیوم، سرب، آرسنیک و منگنز مشاهده شده در بافت خوراکی عضله ماهی سیم، بالاتر از آستانه مجاز تعیین گردیده قرار داشت. حال آنکه میزان انباشت زیستی باقی عناصر، پایین‌تر از حد آستانه مجاز این استاندارد بین المللی بودند (FAO/WHO, 1993).

**جدول۳- مقایسه مقدار غلظت عناصر سنگین مطالعه شده (میکروگرم بر گرم وزن خشک) بافت عضله ماهی سیم با میزان آستانه مجاز استاندارد جهانی**

| عنصر | میزان تجمع | | | محدوده (میکروگرم بر گرم وزن خشک) | | استاندارد جهانی | One Sample T-Test | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | میانگین | انحراف معیار | R.S.D | کمینه | بیشینه | FAO/WHO | P-value | t |
| آرسنیک | ۰/۷۱۳ | ۰/۰۲۵ | ۳/۵۳ | ۰/۶۹ | ۰/۷۴ | ۰/۰۵ | <۰/۰۰۱ | ۴۵/۸۸ |
| آهن | ۲۷/۱۱۰ | ۲/۳۲۵ | ۸/۵۸ | ۲۴/۹۲ | ۲۹/۵۵ | ۱۰۰ | <۰/۰۰۱ | -۵۴/۴۵ |
| جیوه | ۰/۰۸۸ | ۰/۰۰۵ | ۵/۵۹ | ۰/۰۸۵ | ۰/۰۹۴ | ۰/۵ | <۰/۰۰۱ | -۱۵۵/۳ |
| روی | ۳۴/۸۰۷ | ۲/۴۴۳ | ۷/۰۲ | ۳۲/۶۹ | ۳۷/۴۸ | ۱۰۰۰ | <۰/۰۰۱ | -۶۹۶/۳ |
| سرب | ۰/۸۲۱ | ۰/۰۷۹ | ۹/۶۸ | ۰/۷۶ | ۰/۹۱ | ۰/۵ | ۰/۰۱۷ | ۷/۵۸ |
| سلنیوم | ۰/۸۴۳ | ۰/۰۴۵ | ۵/۳۵ | ۰/۸۰ | ۰/۸۹ | ۱ | ۰/۰۲۷ | -۵/۹۹ |
| کادمیوم | ۰/۲۹۳ | ۰/۰۱۶ | ۵/۲۱ | ۰/۲۸ | ۰/۳۱ | ۰/۲ | ۰/۰۰۸ | ۱۰/۸۶ |
| کروم | ۰/۱۵۱ | ۰/۰۱۸ | ۹/۹۶ | ۰/۱۴ | ۰/۱۷ | ۰/۳ | ۰/۰۰۴ | -۱۶/۷۰ |
| مس | ۴/۲۶۴ | ۰/۳۶۱ | ۸/۴۶ | ۳/۸۹ | ۴/۶۱ | ۳۰ | <۰/۰۰۱ | -۱۲۳/۸ |
| منگنز | ۲/۰۸۷ | ۰/۰۷۳ | ۳/۵۳ | ۲/۰۳ | ۲/۱۷ | ۰/۰۵ | <۰/۰۰۱ | ۵۰/۳۳ |
| نیکل | ۰/۱۸۳ | ۰/۰۱۵ | ۸/۳۳ | ۰/۱۷ | ۰/۲۰ | ۰/۴ | ۰/۰۰۲ | ۲۴/۸۳ |

## ۴. بحث و نتیجه گیری

انباشت زیستی عنصرهای سنگین با توجه به این که از لحاظ بیولوژیک غیر قابل تجزیه می‌باشند در بافت‌های مختلف جانداران آبزی همانند ماهی‌ها، صورت می‌گیرد که به همین منظور توجه داشتن به سطح غلظت آن‌ها در زیستگاه‌ها و بافت‌های مختلف آبزیان دارای اهمیت بسیاری است (Baki *et al.*, 2018). در پژوهش حاضر، بافت عضله به دلیل نقش قابل ملاحظه آن به لحاظ زیست محیطی و همچنین اثرگذاری بسیار بر بهداشت و سلامت تغذیه‌ای انسانی، به عنوان هدف آزمایش کنونی مورد ارزیابی قرار گرفت. انباشت زیستی عنصرهای سنگین در بافت عضله گونه‌های مختلف ماهیان دارای تفاوت محسوسی می‌باشد که از جمله دلایل آن می‌توان به اختلاف در محیط‌های زیست، نیازمندی‌های زیستی و فیزیولوژیک، سطح غلظت این عناصر در زیستگاه آبی، عوامل فیزیکوشیمیایی آب (سختی، شوری و درجه حرارت)، برخوردار بودن از پروتئین متالوتیونین (عملکرد کم نمودن ماهیت سمی عناصر مضر) و غیره برشمرد که بعضی از موارد اشاره شده موجب می‌گردند تا ماهیان بوم سازگان‌های یکسان نیز اختلاف آشکاری را از نقطه نظر میزان انباشت عناصر سنگین بروز دهند (Espejo *et al.*, 2016; Bosch *et al.*, 2016). در جدول ۴ ترتیب مقدار تجمع

عناصر سنگین مورد ارزیابی در بافت عضله ماهی سیم مطالعه حاضر با سایر تحقیقات به انجام رسیده بر روی خانواده کپور ماهیان در نواحی مختلف جهان، مورد بررسی و مقایسه قرار گرفته است. با توجه به نتایج بدست آمده از مطالعه حاضر، فلزات ضروری روی، آهن، مس و منگنز به ترتیب بیشترین میزان انباشت زیستی را در بافت عضله ماهی سیم از خود نشان دادند که با مطالعات Canbek و همکاران (۲۰۰۷) بر روی گونه سیاه ماهی (*Capoeta capoeta*) با سطح غلظت‌های روی ۸/۹۲ و آهن ۱/۸ میکروگرم بر گرم وزن خشک، Uysal و همکاران (۲۰۰۹) بر ماهی کاراس (*Carassius carassius*) با میزان تجمع روی و آهن به ترتیب ۳۰/۰۶ و ۱۸/۴۴ میکروگرم بر گرم وزن‌تر، Xie و همکاران (۲۰۱۰) روی ماهی کپور معمولی (*Cyprinus carpio*) با مقادیر روی و آهن به ترتیب غلظت‌های ۶۵/۳ و ۲۹/۵ میکروگرم بر گرم وزن خشک و همچنین آزمایش‌های Hosseini و همکاران (۲۰۱۵) و Pourang و همکاران (۲۰۱۸) بر ماهی سفید (*Rutilus kutum*) با مقدار انباشت روی و آهن به ترتیب ۸/۰۵ و ۵/۸۳ میکروگرم بر گرم وزن‌تر و ۳/۹۳ و ۲/۹۲ میکروگرم بر گرم وزن خشک، همخوانی داشت. درحالیکه یافته‌های حاصل شده از پژوهش کنونی با تحقیقات Yavari و Farhadi (۲۰۱۳) بر روی گونه سیاه ماهی فلس ریز (*Capoeta damascina*) دارای مشابهت نبود زیرا در پژوهش آن‌ها میزان تجمع عنصر آهن (با مقدار غلظت ۴۵ میکروگرم بر گرم وزن خشک) بالاتر از فلز روی (با غلظت ۱۴ میکروگرم بر گرم وزن خشک) مشاهده شد. میزان تجمع زیستی فلز ضروری مس و عنصر منگنز در این تحقیق بعد از غلظت فلزهای ضروری روی و آهن مشاهده گردید که با مطالعه Uysal و همکاران (۲۰۰۹) بر روی پایش غلظت عنصرهای مس و منگنز در ماهی کاراس (به ترتیب ۱/۵۱ و ۰/۴۸ میکروگرم بر گرم وزن خشک) مشابهت داشت ولی با آزمایش Pourang و همکاران (۲۰۱۸) دارای همخوانی نبود چون در پژوهش ذکر شده عنصر منگنز با مقدار انباشت زیستی ۲/۵۲۴ میکروگرم بر گرم، سطح تجمع بیشتری را در بافت عضله ماهی سفید نسبت به فلز مس با غلظت ۲/۲۷۸ میکروگرم بر گرم وزن خشک از خود بروز داد. عمدتاً مقدار انباشت زیستی عنصرهای سنگین فلزی مختلف در بافت‌های ماهیان به کارکردهای زیستی و فیزیولوژیکی آن‌ها وابسته می‌باشد که بیانگر آن است که تجمع بالای عنصرهای ضروری روی، آهن، مس و منگنز به علت نقش پر رنگ آن‌ها در کارکرد چرخه‌های متابولیسم سلولی، شکل گیری ساختار سیستم‌های آنزیمی و تنفسی، نقش مؤثر در تشکیل رنگدانه های پوستی و در نهایت عملکرد بهینه اندام‌های حیاتی بدن می‌باشد (Leung *et al.*, 2014; Moore & Ramamoorthy, 2012). در این پژوهش پس از ترتیب توالی عنصرهای ضروری مورد اشاره، تجمع زیستی عناصر غیر ضروری و مضر مشاهده شد که یافته‌های بدست آمده از این تحقیق با نتایج مطالعات Zhong و همکاران (۲۰۱۸) و Zhang و همکاران (۲۰۱۹) تطابق داشت به دلیل اینکه در آزمایش ایشان ترتیب غلظت عنصرهای مضر (با غلظت‌های سرب ۰/۱۹، آرسنیک ۰/۱۶، نیکل ۰/۱۰، و کادمیوم ۰/۰۰۱ میکروگرم بر گرم وزن خشک) و (با مقادیر تجمع آرسنیک ۰/۸۲، سرب ۰/۴۲، جیوه ۰/۰۵ و کادمیوم ۰/۰۱ میکروگرم بر گرم وزن خشک) پس از فلزات ضروری ذکر گردیده،

مشاهده شد. در حالیکه توالی غلظت این عنصرهای سمی در پژوهش‌های Hosseini و همکاران (۲۰۱۵) با میزان انباشت آرسنیک ۱/۶۱، سرب ۰/۸۶۹، کروم ۰/۱۷۶ و کادمیوم ۰/۰۲۵ میکروگرم بر گرم وزن‌تر و Siraj و همکاران (۲۰۱۸) با مقادیر غلظت نیکل ۷۸/۲، سرب ۴۹، کادمیوم ۲۰/۳ و جیوه ۱۶ میکروگرم بر گرم وزن خشک، پیش از ترتیب توالی تجمع برخی از عناصر ضروری بیان شده، گزارش شد که با یافته‌های بدست آمده از تحقیق کنونی همخوانی نداشت. انباشت زیستی بیش‌تر از حد عنصرهای سمی بیان شده که فعالیت‌های صنعتی انسانی در حاشیه محیط‌های آبی عامل عمده تولید کننده آن‌ها می‌باشند، با تأثیر گذاری مستقیم بر بافت‌های جانداران آبی، زمینه ساز به وجود آمدن عوارضی همانند؛ اختلال در کارکردهای مناسب قلب، آبشش، حس بویایی (اثر تخریبی بر اپیتلیوم بویایی)، شاخص‌های مرتبط با رشد (طول و وزن نهایی، شاخص وضعیت، بازماندگی و غیره) و خونی (تعداد کل گلبول‌های قرمز و سفید، هماتوکریت، هموگلوبین و غیره)، تشکیل گامت های جنسی، سنتز عوامل وراثتی، موکوس لایه سطحی پوست بدن، عملکرد سیستم‌های تولید مثل و فعالیت اسمزی، حساس گردیدن به عوامل خارجی و عفونی، آسیب‌های شدید بافتی و در نهایت موجب بروز تلفات شدید می‌شوند (Castro-González & Méndez-Armenta, 2008; Cipro *et al.*, 2018; Järup, 2003; Mance, 2012). با ارزیابی نتایج بدست آمده از این مطالعه، انباشت زیستی عناصر سنگین کادمیوم، منگنز، سرب و آرسنیک در بافت عضله ماهی سیم صید گردیده از رودخانه سیاه درویشان (استان گیلان) بالاتر از استاندارد مورد تأیید بوسیله نهادهای (FAO/WHO) بودند در حالیکه مقدار تجمع سایر عنصرها در سطحی پایین‌تر از آستانه مجاز استاندارد مذکور قرار داشتند. در واقع غلظت بیش‌تر از حد مجاز عناصر فلزی و شبه فلزی اشاره گردیده، نشان دهنده نفوذ یا ورود کنترل نشده عامل‌های تولید کننده این آلوده کننده‌های زیست محیطی همانند پساب کودهای شیمیایی استفاده شده در کشاورزی و همچنین فاضلاب روستایی به داخل بوم سازگان این گونه ماهی بهره مند از اهمیت و ارزش اقتصادی قابل توجه می‌باشد. به همین علت موضوع حاضر با توجه به نقش قابل تأمل آن در زنجیره‌های غذایی اکوسیستم و اهمیت بسیار در مصارف تغذیه انسانی، نیازمند توجه دقیق‌تر با هدف شناسایی عوامل تولید کننده و جلوگیری نمودن از وارد گردیدن چنین آلاینده‌های غیر ضروری و سمی به منابع آبی زیستگاه گونه مورد پژوهش می‌باشد.

**جدول ۴- مقایسه میان ترتیب غلظت عناصر سنگین تجمع یافته در بافت عضله ماهی سیم با سایر مطالعات انجام شده (خانواده کپور ماهیان) در نواحی مختلف جهان**

| گونه | ترتیب غلظت | ناحیه مطالعه شده | منبع |
|---|---|---|---|
| ماهی سفید | روی>سلنیوم>مس>منگنز>جیوه>سرب>کادمیوم>نیکل | نواحی جنوبی، دریای خزر، ایران | (Anan *et al.*, 2005) |
| سیاه ماهی | روی>آهن>نیکل>منگنز>مس>سرب>کادمیوم | رودخانه پرسوک، اسکی شهیر، ترکیه | (Canbek *et al.*, 2007) |
| ماهی کاراس | روی>آهن>مس>منگنز>کادمیوم | دریاچه سد انه، کوتاهیا، ترکیه | (Uysal *et al.*, 2009) |
| ماهی کپور معمولی | سرب>آرسنیک>جیوه>کادمیوم | رودخانه کر، فارس، ایران | (Ebrahimi and Taherianfard, 2010) |
| ماهی کپور معمولی | روی>آهن>مس>سرب>آرسنیک>منگنز>کادمیوم>جیوه | دلتای رودخانه پرل، گوانگ دونگ، چین | (Xie *et al.*, 2010) |
| ماهی کپور معمولی | روی>سرب>مس>نیکل>منگنز>کادمیوم | تالاب شادگان، خوزستان، ایران | (Alhashemi *et al.*, 2012) |
| ماهی سفید | روی>نیکل>مس>سرب>جیوه>کادمیوم | سواحل فرح آباد ساری، دریای خزر، ایران | (Varedi *et al.*, 2012) |
| سیاه ماهی فلس ریز | آهن>روی>سرب>نیکل>مس>کادمیوم | رودخانه سزار، لرستان، ایران | (Farhadi and Yavari, 2013) |
| ماهی کپور معمولی | روی>مس>جیوه>کادمیوم>نیکل>سرب | نواحی جنوبی، دریای خزر، ایران | (Nasrollahzadeh Saravi *et al.*, 2013) |
| ماهی کپور معمولی | منگنز>مس>سرب>آرسنیک>کادمیوم | لهاسا، تبت، چین | (Jiang *et al.*, 2014) |
| ماهی سفید | روی>آهن>سلنیوم>آرسنیک>مس>سرب>منگنز>کروم>کادمیوم | نواحی جنوبی، دریای خزر، ایران | (Hosseini *et al.*, 2015) |
| ماهی سفید | روی>آهن>منگنز>مس | نواحی جنوبی، دریای خزر، ایران | (Pourang *et al.*, 2018) |
| ماهی کپور معمولی | روی>آهن>نیکل>مس>سرب>منگنز>کادمیوم>جیوه | رودخانه کابل، خیبر پختونخوا، پاکستان | (Siraj *et al.*, 2018) |
| ماهی کپور معمولی | مس>منگنز>سرب>کادمیوم | سواحل نوشهر، دریای خزر، ایران | (Solgi *et al.*, 2018) |
| ماهی کپور معمولی | روی>کروم>مس>منگنز>سرب>آرسنیک>نیکل>کادمیوم | نواحی شمال مرکزی و شرقی، چین | (Zhong *et al.*, 2018) |
| ماهی کپور معمولی | روی>مس>آرسنیک>سرب>جیوه>کادمیوم | رودخانه مکونگ، یون نان، چین | (Zhang *et al.*, 2019) |
| ماهی سیم | روی>آهن>مس>منگنز>سلنیوم>سرب>آرسنیک>کادمیوم>نیکل>کروم>جیوه | رودخانه سیاه درویشان، صومعه سرا، گیلان، ایران | مطالعه حاضر |

## References


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.

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, 882-888.

Baki, M. A., M. M. Hossain, J. Akter, S. B. Quraishi, M. F. H. Shojib, A. A. Ullah and M. F. Khan. 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 159, 153-163.

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.

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, 1-11.

Castro-González, M. and M. Méndez-Armenta. 2008. Heavy metals, Implications associated to fish consumption. Environmental toxicology and pharmacology 26, 263-271.

Cipro, C. V., Y. Cherel, P. Bocher, F. Caurant, P. Miramand and P. Bustamante. 2018. Trace elements in invertebrates and fish from Kerguelen waters, southern Indian Ocean. Polar Biology 41, 175-191.

Ebrahimi, M. and M. Taherianfard. 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 168, 575-585.

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, 152-184.

Esmaeli, H. R., A. Teimori, O. Feridon, K. Abbasi and W. C. Brian. 2015. Alien and invasive freshwater fish species in Iran, Diversity, environmental impacts and management. Iranian Journal of Ichthyology 1, 61-72.

Espejo ,W., J. d. A. Padilha, K. A. Kidd, P. R. Dorneles, R. Barra, O. Malm, G. Chiang and J. E. Celis. 2018. Trophic transfer of cadmium in marine food webs from Western Chilean Patagonia and Antarctica. Marine pollution bulletin 137, 246-251.

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.

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, 126-131. (in Persian).

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, 240-244.

Ghasemi, A., S. Keyvanshokooh, M. Shahriari-Moghadam, H. Khara and I. Sourinejad. 2007. Genetic comparison of Iranian and Azeri populations of the oriental bream *Abramis brama orientalis* (Berg) using microsatellites. Aquaculture Research 38, 1742-1746.

Hao, C., C. Yue, W. Yao, J. Yin, L .Jiao, M. Zhu, S. a. Jia, N. Wang and X. Wang. 2013. Spatial

distribution of Dactylogyrus wunderi Bychowsky on gills of *Abramis brama orientalis* Berg (Leuciscinae) in Irtysh River, China. Chinese journal of oceanology and limnology 31, 979-986.

Hosseini, S., M. Karaminasab, M. Batebi-Navaei, F. Aflaki, F. Monsefrad, J. Regenstein and R. Vajdi. 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 14, 660-671.

Hosseinnia, Z., A. Shabany and H. Kolangi-Miandare. 2014. Comparison of genetic variation of wild and farmed Bream (*Abramis brama orientalis*; berg, 1905) using microsatellite markers. Molecular Biology Research Communications 3, 187-195.

Järup, L. 2003. Hazards of heavy metal contamination. British medical bulletin 68, 167-182.

Jiang, D., Z. Hu, F. Liu, R. Zhang, B. Duo, J. Fu, Y. Cui and M. Li. 2014. Heavy metals levels in fish from aquaculture farms and risk assessment in Lhasa, Tibetan Autonomous Region of China. Ecotoxicology 23, 577-583.

Kiabi, B. H., A. Abdoli and M. Naderi. 1999. Status of the fish fauna in the South Caspian Basin of Iran. Zoology in the Middle East 18, 57-65.

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.

Mance, G. 2012. Pollution threat of heavy metals in aquatic environments. Elsevier Science Publishers Ltd. London, UK.

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.

Moore, J. W. and S. Ramamoorthy. 2012. . Heavy metals in natural waters, applied monitoring and impact assessment. Springer-Verlag Inc. New york, USA.

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, 33-44. (in Persian).

Pouil, S., P. Bustamante, 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.

Pourang, N., M. L. Rachti, H. Moazami and P. G. Mostafavi. 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 190, 431.

Shariati, S., A. A. Pourbabaee, and H. A. Alikhani. 2019. Investigation of Heavy Metal Contamination in the Surface Sediments of Anzali Wetland in North of Iran. Pollution 5, 211-224.

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, 344-349.

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, 113-123. (in Persian).

The IUCN. 2018. IUCN. 2018. Red List of Threatened Species 2018, *Abramis brama orientalis* (Common bream) (errata version published in 2018). , pp. 9-54. Ed. by Jörg Freyhof

and Emma Brooks. 51nd ed. IUCN Publications Services. Gland, Switzerland.

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, 355-362.

Varedi, S. E., H. Nasrollahzadeh Saravi, S. Najafpour, S. Gholamipour, H. Unesipour and Y. Ulomi. 2012. Study on Environmental Pollutions (Heavy Metals, 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).

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, 1917-1923.

Zhang, J. L., L. Fang, J. Y. Song, X. Luo, K. D. Fu and L. Q .Chen. 2019. Health risk assessment of heavy metals in *Cyprinus carpio* (Cyprinidae) from the upper Mekong River. Environmental Science and Pollution Research, 1-10.

Zhong, W., Y. Zhang, Z. Wu, R. Yang, X. Chen, J. Yang and L. Zhu. 2018. Health risk assessment of heavy metals in freshwater fish in the central and eastern North China. Ecotoxicology and environmental safety 157, 343-349.