Archive of SID

مجله تحقیقات دامپزشکی
دوره ۷۵، شماره ۲، ۱۳۹۹، ۱۶۵-۱۵۶
مقاله پژوهشی

مطالعه تجمع بیولوژیک شبه فلزات و فلزات سنگین در بافت عضله اردک ماهی (*Esox lucius* Linnaeus, 1758) رودخانه سیاه درویشان (استان گیلان)

محمد اتفاق دوست، حمید علاف نویریان

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

تاریخ دریافت: ۱۷ آذر ماه ۱۳۹۸، **تاریخ پذیرش:** ۱۹بهمن ماه ۱۳۹۸

10.22059/jvr.2019.271512.2880

چکیده

زمینهٔ مطالعه: فلزات سنگین و شبه فلزات از جمله عناصر پایدار و مقاوم به تجزیه‌ای هستند که در صورت وجود غلظت‌های بالا در بافت آبزیان، سلامت آن‌ها و انسان‌ها را تهدید می‌کنند.

هدف: مطالعه حاضر با هدف تعیین ترکیبات و ترتیب تجمع عناصر موجود در بافت خوراکی عضله اردک ماهی رودخانه سیاه درویشان به عنوان یکی از ماهیان ارزشمند اقتصادی و همچنین بررسی میزان سلامت آن برای مصارف تغذیه انسانی، صورت پذیرفته است.

روش‌کار: در پژوهش کنونی، غلظت یازده عنصر (آرسنیک، آهن، جیوه، روی، سرب، سلنیوم، کادمیوم، کروم، مس، منگنز و نیکل) در بافت عضله ۲۵ عدد اردک ماهی (*Esox lucius*) جمع آوری شده از رودخانه سیاه درویشان استان گیلان در تابستان ۱۳۹۵، به کمک دستگاه طیف سنجی جذب اتمی Varian مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند.

نتایج: میزان کمترین و بیشترین تجمع عناصر به ترتیب: روی ۲۸/۸۰ - ۲۵/۸۹، آهن ۲۴/۲۶ - ۲۱/۸۵، مس ۸/۱۵ - ۶/۷۸، منگنز ۲/۱۲ - ۱/۷۷، سرب ۰/۷۳ - ۰/۶۸، سلنیوم ۰/۶۲ - ۰/۵۹، آرسنیک ۰/۶۲ - ۰/۵۳، کادمیوم ۰/۴۱ - ۰/۳۸، نیکل ۰/۲۸ - ۰/۲۴، کروم ۰/۱۹ - ۰/۱۷ و جیوه ۰/۰۹۸ - ۰/۰۸۷ میکروگرم بر گرم وزن خشک، به دست آمد.

نتیجه‌گیری نهایی: با توجه به نتایج این مطالعه، میانگین غلظت تمام عناصر در بافت عضله اردک ماهی به غیر از چهار عنصر منگنز (۱/۹۵۶±۰/۱۷۸)، سرب (۰/۶۹۸±۰/۰۲۸)، آرسنیک (۰/۵۷۲±۰/۰۴۴) و کادمیوم (۰/۳۹۳±۰/۰۱۸)، کم‌تر از آستانه مجاز بیان شده توسط استاندارد بین المللی FAO/WHO قرار داشتند.

کلمات کلیدی: طیف سنجی جذب اتمی، تجمع زیستی، عناصر سنگین، بافت عضله، اردک ماهی

کپی‌رایت © تحقیقات دامپزشکی: دسترسی آزاد؛ کپی‌برداری، توزیع و نشر برای استفاده کامل با ذکر منبع آزاد است.

نویسنده مسئول: محمد اتفاق دوست، گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه گیلان، صومعه سرا، ایران
پست الکترونیکی: ettefaghdoost@phd.guilan.ac.ir

مقدمه

اردک ماهی (*Esox lucius*) از جمله گونه‌های سطح زی ساکن آب‌های شیرین (شامل؛ رودخانه‌ها، تالاب‌ها و...) در زمره خانواده اردک ماهیان (Esocidae) محسوب می‌گردد (۲۱،۳۸). این ماهی، بومی تالاب انزلی و رودخانه‌های حوضه آبریز آن بوده که در نواحی دارای پوشش گسترده گیاهی زیست می‌کند. اردک ماهی در کشور ایران جزو گونه‌های اقتصادی و ارزشمند به شمار می‌آید که به دلیل دارا بودن گوشت لذیذ، همواره به لحاظ تغذیه مورد توجه جوامع بخش‌های تالاب انزلی و رودخانه‌های حوضه آن بوده است (۹،۲۹). علیرغم اینکه سازمان جهانی حفاظت از منابع طبیعی (IUCN) این ماهی را جزو گونه‌های "دارای پایین‌ترین میزان نگرانی" فهرست نموده است، اما در طی سالیان گذشته فراوانی جمعیت‌های این گونه به دلیل از بین رفتن برخی از زیستگاه‌های آن (همانند پوشش گیاهی مناسب) و به ویژه آلوده شدن محیط‌های آبی زیست این ماهی به عناصر فلزی سنگین و شبه فلزات سمی، با خطرات جدی مواجه گردیده است (۱۸،۱۹،۴۱،۴۴). یکی از زیستگاه‌های مهم اردک

www.SID.ir

Archive of SID

ماهی در قسمت‌های جنوبی حوضه آبریز دریای خزر، رودخانه سیاه درویشان (دارای طول مسیر کانال اصلی ۴۵ کیلومتر، سطح حوضه آبی ۲۹۰/۵ کیلومتر مربع، شیب متوسط حوضه ۳/۲ درصد و دبی متوسط سالانه ۶/۳۷ متر مکعب بر ثانیه) می‌باشد که این رودخانه در فاصله حدود ۲۵ کیلومتر از مرکز استان گیلان (شهر رشت) بوده و از سرچشمه بلندی‌های قلعه رودخان، فومن، گشت رودخان، حیدرآلات، ماسال، نظر آلات نشأت گرفته است (۱). در سالیان اخیر ماهیت ترکیب شیمیایی آب این رودخانه با تغییرات قابل ملاحظه‌ای از لحاظ آلودگی بیش از میزان به عناصر شبه فلزی سمی و فلزات سنگین مواجه گردیده است که از جمله دلایل وقوع آن می‌توان به فعالیت‌های گسترده انسانی در حاشیه این رودخانه مانند عملیات کشاورزی و دامداری، نفوذ پساب‌های صنعتی، فاضلاب خانگی و دیگر عوامل مشابه اشاره نمود (۲۲). با وجود اینکه تعدادی از این عناصر کمیاب مانند فلزهای روی، مس، آهن، منگنز و همچنین شبه فلز سلنیوم در مقادیر اندک جهت عملکرد بهینه فرآیندهای حیاتی آبزیان، دارای اهمیت زیادی می‌باشند ولی در شرایطی که نفوذ این عناصر به زیستگاه آبزیان به صورت پیوسته ادامه یابد و در نهایت افزایش غلظت آن‌ها از آستانه مجاز عبور نماید، ماهیان با جذب به صورت مستقیم و غیر مستقیم و سپس انباشت بیولوژیک این عناصر فلزی و شبه فلزی در بافت‌های حیاتی مهمی همچون عضله، آبشش، کبد و ... سبب به وجود آمدن مسمومیت‌های مزمن شده و علائم اختلالات اختصاصی فیزیولوژیک آن همانند ناتوانی در عملکردهای مطلوب تنفسی، تنظیم الکترولیت‌ها، تولیدمثل، تغذیه، شنا، الگوهای رفتاری، شکارگری، تعادل سطح هورمون‌ها و آسیب‌های قابل ملاحظه به بافت‌ها پدیدار می‌شود (۱۲،۱۴،۲۷،۳۶). در نتیجه مطالعه تجمع بیولوژیک شبه فلزات و فلزات سنگین به وسیله پایش مکرر آن‌ها درون زیستگاه‌های آبی مختلف، الزامی است که این امر از طریق نمونه‌گیری بافت گونه‌های مختلف ماهی‌ها به عنوان شناساگر بیولوژیک عنصرهای مختلف در منابع آبی امکان پذیر می‌باشد (۶،۳۲). با توجه به آلودگی روز افزون اکوسیستم‌های آبی با افزایش قابل تأمل فعالیت‌های صنعتی انسانی در حاشیه این محیط‌ها و ضمن بیان این نکته که اردک ماهی گونه‌ای شکارچی و دارای طیف غذایی همه چیز خواری بوده و احتمال در معرض قرار گرفتن مداوم و آلوده شدن آن به عناصر ذکر شده بسیار بالاست، همچنین به علت مصرف گسترده بخش عضله و نقش ویژه‌ای که این بافت در بزرگنمایی بیولوژیک عناصر چرخه زیستی و منتقل شدن آن به زنجیره غذایی انسان‌ها دارد، در نتیجه مطالعه و ارزیابی تجمع بیولوژیک این عنصرها در بافت خوراکی عضله اردک ماهی، دارای اهمیت برجسته‌ای می‌باشد (۸،۲۶،۳۹،۴۶). بنابراین پژوهش کنونی با هدف بررسی میزان غلظت شبه فلزات و فلزات سنگین تجمع یافته در بافت عضله اردک ماهی به عنوان یکی از گونه ماهی‌های برخوردار از پتانسیل بالای مصرف غذایی و ارزشمند اقتصادی و همچنین تعیین میزان سلامت بهداشتی آن برای موارد تغذیه انسانی، انجام گرفته است.

مواد و روش کار

تهیه و آماده ساختن نمونه‌ها: تعداد ۲۵ قطعه اردک ماهی (*Esox lucius*) با اندازه‌های متفاوت، جهت انجام پژوهش کنونی از رودخانه سیاه درویشان (طول و عرض جغرافیایی ´۳۰ °۴۹ شرقی; ´۲۵ °۳۷ شمالی، ارتفاع از سطح دریا ۱۵- متر، صومعه سرا، استان گیلان، ایران) به صورت کاملاً تصادفی توسط تور پرتابی (سالیک، اندازه چشمه ۱۰ میلی متر، قطر دهانه ۳ متر) در فصل تابستان سال ۹۵ جمع آوری و توسط یخدان یونولیتی حاوی پودر یخ به سالن آزمایشگاه تحقیقات شیلات دانشکده منابع طبیعی (دانشگاه گیلان، صومعه سرا، ایران) منتقل گردیدند. نمونه‌های ماهی در شروع فرآیند آزمایش توسط آب دو بار تقطیر شستشو شده تا ترکیبات آلاینده، لایه بیرونی لزج و ذرات خارجی جاذب عناصر از بخش‌های سطحی پوشش ماهی‌ها دفع گردد و در نهایت بر روی نمونه‌ها، بیومتری دقیق صورت گرفت. توزین نمونه‌های مورد مطالعه به وسیله ترازوی دیجیتال سارتریوس (سری CPA، گوتینگن، آلمان) دارای دقت ۰/۰۱ گرم و اندازه‌گیری طول ماهی‌ها به کمک کولیس میتوتویو (سری ۵۰۱-۵۰۳، تاکاتسو-کو، ژاپن) با میزان دقت ۰/۱ میلی متر انجام پذیرفت و نتایج حاصل از بیومتری در جدول درج گردید. سپس بافت کامل عضله به کمک تیغه استریل بعد از جداسازی بخش‌های زائد و اضافی ماهی‌ها (شامل؛ پوست، محتوای حفره شکمی و...) خارج شد. بعد از بسته‌بندی و شماره‌گذاری نمونه بافت‌های عضله، فرآیند خشک شدن آن‌ها در دستگاه خشک کن-انجمادی زیرباس (VaCo 5، بدگروند، آلمان) که پیش‌تر با دمای ۵۰- درجه سانتی‌گراد تنظیم گردیده بود با طی مدت زمان ۹ تا ۱۰ ساعت صورت گرفت. در نهایت شستشوی نمونه بافت‌های خشک گردیده پس از پودر نمودن کامل آن‌ها توسط هاون چینی آزمایشگاهی، به وسیله اسید نیتریک (HNO_3) با خلوص ۱۰ درصد و آب دیونیزه

www.SID.ir

Archive of SID

D_w (شرکت کیمیا تهران اسید، تهران، ایران) انجام پذیرفت (۳۲،۳۴).

مرحله هضم شیمیایی نمونه‌های بافت عضله: برای انجام فرآیند هضم بافت‌های عضله اردک ماهی، روش هضم بسته به کار گرفته شد که عمل هضم شیمیایی با اندازه گیری ۱ گرم از نمونه بافت خشک شده، به کمک ترازوی سارتریوس (سری ED، گوتینگن، آلمان) با میزان دقت ۰/۰۰۱ گرم شروع گردید، سپس با اضافه کردن آن‌ها به مجاری دستگاه هضم کننده مایکروویو CEM (MARS 5، متیوز، ایالات متحده آمریکا) و در ادامه با وارد نمودن ۹ میلی لیتر اسید نیتریک (HNO_3) با خلوص ۶۵ درصد مرک میلی پور (بیلریکا، ایالات متحده آمریکا) به درون لوله‌های دستگاه با تنظیم دمای ۱۸۰ درجه سانتی گراد انجام شد. نمونه‌های هضم شده که پیش‌تر در دمای محیط اتاق (۲۳ تا ۲۵ درجه سانتی گراد) خنک گردیده بودند با عبور از کاغذ صافی سیگما آلدریچ (واتمن ۴۰ میکرومتر، سنت لوئیس، ایالات متحده آمریکا) به بالن مدرج انتقال یافته و در پایان پس از رسانده شدن حجم آن به ۵۰ میلی لیتر توسط آب فوق خالص تا شروع مرحله سنجش غلظت عناصر، درون ظروف پلی پروپیلن نالژن (سری ۲۱۲۶، راچستر، ایالات متحده آمریکا) نگهداری شدند (۳۲،۳۴).

فرآیند اندازه گیری غلظت عناصر: بعد از به هم زدن و همگن شدن نمونه‌های آماده شده، آن‌ها به دستگاه طیف سنجی جذب اتمی جهت اندازه‌گیری غلظت عناصر مورد مطالعه تزریق گردیدند. سنجش میزان غلظت عناصر روی (Zn)، آهن (Fe)، مس (Cu)، منگنز (Mn) به روش شعله توسط دستگاه واریان (سری ۲۸۰ FS، پالو آلتو، ایالات متحده آمریکا) و عنصرهای سرب (Pb)، کادمیوم (Cd)، کروم (Cr)، آرسنیک (As)، نیکل (Ni)، سلنیوم (Se) با روش کوره گرافیتی به وسیله دستگاه واریان (سری ۲۸۰Z /GTA ۱۲۰، پالو آلتو، ایالات متحده آمریکا) و جیوه (Hg) به روش بخار سرد به کمک دستگاه واریان (سری VGA -۷۷، پالو آلتو، ایالات متحده آمریکا) انجام گرفت. برای اطلاع از صحت روش کار، مطمئن شدن از شیوه آماده ساختن و استخراج عناصر نمونه بافت عضله اردک ماهی، از روش افزایش استاندارد نمونه استاندارد مرجع (CRMs) بافت صدف ماسل SRM® ۲۹۷۶ (موسسه ملی فناوری و استانداردها، گیترزبرگ، ایالات متحده آمریکا) به کار گرفته شد.

در پایان، بازیابی عنصرها (درصد) با سه مرتبه تکرار هر آزمایش (میانگین ± انحراف معیار)، تجزیه و تحلیل گردید (۱۳،۳۲،۳۴)

تجزیه و تحلیل آماری: در ابتدا برای تشخیص نرمال بودن پراکندگی داده‌های حاصل، آزمون آماری کولموگروف اسمیرنوف به کار گرفته شد و سپس جهت مقایسه میانگین داده‌ها از تحلیل واریانس یک‌طرفه به وسیله نرم افزار آی بی ام SPSS (نسخه ۲۲، نیویورک، ایالات متحده آمریکا) استفاده گردید. سپس در صورت وجود اختلاف آماری معنی‌دار، از آزمون توکی با میزان سطح اطمینان ۹۵ درصد ($P<0/05$) جهت جداسازی گروه‌های نامشابه بهره گرفته شد. مقایسه نتایج به دست آمده از این پژوهش با آستانه مجاز استانداردهای توصیه شده توسط سازمان‌های معتبر بین المللی، با بهره‌گیری از آزمون آنالیز واریانس تک نمونه‌ای صورت پذیرفت. در پایان از نرم افزار مایکروسافت اکسل (نسخه ۲۰۱۳، ردموند، ایالات متحده آمریکا) برای ترسیم جداول استفاده و داده‌ها بر اساس میکروگرم بر گرم وزن خشک (میانگین ± انحراف معیار) بیان گردیده است.

نتایج

بیومتری نمونه‌ها: در ابتدای این پژوهش تعداد کل ۲۵ نمونه اردک ماهی (*E. lucius*)، مورد بیومتری دقیق قرار گرفتند. نتایج حاصل از بررسی آن‌ها در جدول ۱ بیان شده است. بر طبق آن، نمونه ماهی‌های مورد آزمایش دارای میانگین طولی ۴/۱۷±۳۹/۴۷ سانتی‌متر و میانگین وزنی ۹۰/۶۴± ۸۶۱/۷۸ گرم بودند.

بررسی صحت شیوه استخراج عناصر: با توجه به آنچه قبل‌تر مورد اشاره قرار گرفت، برای اطلاع یافتن از میزان درستی روش‌های به کار رفته و استخراج عنصرها از بافت عضله نمونه‌ها، شیوه افزایش استاندارد نمونه مرجع بافت صدف ماسل SRM® ۲۹۷۶ مورد استفاده قرار گرفت که نتایج حاصل از آن، در جدول ۲ آورده شده است. بر اساس یافته‌های به دست آمده، میزان بازیابی عنصرهای مورد مطالعه در محدوده ۸۵ تا ۱۰۳ درصد مشاهده گردید. بالاترین میزان بازیابی در فلز روی و پایین‌ترین در جیوه به دست آمد که مشخص گردید روش‌های به کار گرفته شده جهت تشخیص غلظت عناصر، دارای شرایط صحت کافی می‌باشد.

جدول ۱. نتایج بیومتری اردک ماهی صید شده از رودخانه سیاه درویشان.

متغییرها	تعداد	میانگین	انحراف معیار	کمینه	بیشینه
طول کل (سانتی متر)	۲۵	۳۹/۴۷	۴/۱۷	۳۳/۵۵	۴۱/۸۵
وزن کل (گرم)	۲۵	۸۶۱/۷۸	۹۰/۶۴	۶۹۷/۴۸	۱۰۲۹/۶۲

www.SID.ir

Archive of SID

جدول۲. مقایسه مقادیر اندازه گیری شده غلظت عناصر مورد مطالعه با مقادیر تایید شده (میکروگرم بر گرم وزن خشک) در استاندارد مرجع۲۹۷۶ SRM® (بافت صدف ماسل).

عنصر	تنظیمات دستگاه		۲۹۷۶ SRM® (بافت صدف ماسل)		
	طول موج (نانومتر)	پهنای شکافت (نانومتر)	مقادیر اندازه گیری شده (میکروگرم بر گرم)	مقادیر تایید شده (میکروگرم بر گرم)	میزان بازیابی (درصد)
آرسنیک (As)	۱۸۸/۹۷۹	۰/۵	۱/۵۲ ± ۱۱/۶۱	۱/۸ ± ۱۳/۳	۹۰
آهن (Fe)	۲۵۹/۹۴۰	۰/۲	۶/۷۴ ± ۱۵۸/۵۲	۴/۹ ± ۱۷۱/۵۲	۹۲
جیوه (Hg)	۲۵۳/۷۱۲	۰/۵	۰/۰۰۷ ± ۰/۰۵۲	۰/۰۰۳۶ ±۰/۰۶۱	۸۵
روی (Zn)	۲۳۱/۸۵۶	۰/۷	۸/۶۲ ± ۱۴۱/۵۴	۱۳ ± ۱۳۷	۱۰۳
سرب (Pb)	۲۲۰/۳۵۳	۰/۷	۰/۲۴ ± ۱/۰۷	۰/۱۸ ± ۱/۱۹	۹۱
سلنیوم (Se)	۱۹۶/۰۲۷	۱/۰	۰/۰۹ ± ۱/۶۱	۰/۱۵ ± ۱/۸۰	۸۸
کادمیوم (Cd)	۲۱۴/۴۳۸	۰/۷	۰/۲۱ ± ۰/۷۰	۰/۱۶ ± ۰/۸۲	۸۶
کروم (Cr)	۲۶۷/۷۱۶	۰/۲	۰/۲۱ ± ۰/۴۴	۰/۱۷ ± ۰/۵۰	۸۹
مس (Cu)	۳۲۷/۳۹۶	۰/۷	۰/۱۱ ± ۴/۲۱	۰/۳۳ ± ۴/۰۲	۹۷
منگنز (Mn)	۲۵۷/۶۱۰	۰/۲	۰/۸۱ ± ۳۱/۵۷	۲ ± ۳۳	۹۵
نیکل (Ni)	۲۳۱/۶۰۴	۰/۲	۰/۰۶ ± ۰/۹۷	۰/۱۲ ±۰/۹۳	۱۰۲

جدول۳. مقایسه میزان غلظت عناصر مورد مطالعه (میکروگرم بر گرم وزن خشک) بافت عضله اردک ماهی با مقدار آستانه مجاز استاندارد جهانی.

عنصر	میزان تجمع			محدوده (میکروگرم بر گرم)		استاندارد جهانی
	میانگین	انحراف معیار	انحراف معیار نسبی (درصد)	کمینه	بیشینه	FAO/WHO
آرسنیک (As)	۰/۵۷۲	۰/۰۴۴	۷/۷۰	۰/۵۳	۰/۶۲	۰/۰۵
آهن (Fe)	۲۲/۹۰۷	۱/۲۲۳	۵/۳۴	۲۱/۸۵	۲۴/۲۶	۱۰۰
جیوه (Hg)	۰/۰۹۴	۰/۰۰۵	۶/۲۶	۰/۰۸۷	۰/۰۹۸	۰/۵
روی (Zn)	۲۶/۹۹۵	۱/۵۷۸	۵/۸۵	۲۵/۸۹	۲۸/۸۰	۱۰۰۰
سرب (Pb)	۰/۶۹۸	۰/۰۲۸	۳/۹۸	۰/۶۸	۰/۷۳	۰/۵
سلنیوم (Se)	۰/۶۰۱	۰/۰۱۴	۲/۴۲	۰/۵۹	۰/۶۲	۱
کادمیوم (Cd)	۰/۳۹۳	۰/۰۱۸	۴/۶۶	۰/۳۸	۰/۴۱	۰/۲
کروم (Cr)	۰/۱۸۱	۰/۰۰۸	۴/۵۲	۰/۱۷	۰/۱۹	۰/۳
مس (Cu)	۷/۳۵۱	۰/۷۱۶	۹/۷۴	۶/۷۸	۸/۱۵	۳۰
منگنز (Mn)	۱/۹۵۶	۰/۱۷۸	۹/۰۹	۱/۷۷	۲/۱۲	۰/۰۵
نیکل (Ni)	۰/۲۶۲	۰/۰۱۶	۶/۳۱	۰/۲۴	۰/۲۸	۰/۴

جدول۴. مقایسه بین ترتیب غلظت عناصر تجمع یافته در بافت عضله اردک ماهی با دیگر مطالعات انجام شده در مناطق مختلف جهان.

تعداد نمونه (*E. lucius*)	اندازه متوسط (گرم–سانتی متر)	ترتیب تجمع عناصر (بافت عضله)	منطقه مورد تحقیق	منبع
۱۵	۳۵-۷۰۴	روی>مس>جیوه>کادمیوم	دریاچه فلین فلون، کانادا	۲۴
۱۵	۵۰-۱۹۰۰	روی>سرب>کادمیوم>مس	رود پیچورا، ننتس، روسیه	۴
۴۰	×	روی>منگنز>مس>سرب	تالاب انزلی، گیلان، ایران	۴۰
۱۷	۴۵-×	روی>مس>کادمیوم>نیکل>کروم>جیوه	رود پتسجکی، روسیه-نروژ	۵
۲۱	۳۵-۲۹۰	روی>مس>سرب>کروم>کادمیوم	تالاب انزلی، گیلان، ایران	۷
۲۵	۴۳-۸۰۵	روی>مس>سرب>کادمیوم	تالاب انزلی، گیلان، ایران	۲۵
۲۶	۳۸–۴۳۳	روی>مس>کادمیوم>سرب	تالاب انزلی، گیلان، ایران	۱۶
۱۰	۳۰-۵۵۷	سرب>کروم>کادمیوم	تالاب انزلی، گیلان، ایران	۳۷
۴۰	۴۳-۹۳۵	روی>مس>نیکل>منگنز>سرب>آرسنیک>کادمیوم>جیوه	نواحی غربی دریای خزر، ایران	۲
۳۰	×	روی>نیکل>کادمیوم	تالاب انزلی، گیلان، ایران	۳
۲۱	۳۵-۲۹۰	روی>مس>سرب>کروم>کادمیوم	تالاب انزلی، گیلان، ایران	۱۷
۲۵	۳۹–۸۶۱	روی>آهن>مس>منگنز>سرب>سلنیوم>آرسنیک>کادمیوم>نیکل>کروم>جیوه	رودخانه سیاه درویشان، صومعه سرا، گیلان، ایران	پژوهش کنونی

www.SID.ir

Archive of SID

تعیین میزان تجمع عناصر در بافت عضله: غلظت هر یک از عناصر در نمونه‌های مختلف بررسی شد و داده‌های حاصل از پایش میزان غلظت عنصرهای بافت عضله اردک ماهی در جدول ۳ درج گردیده است. بر اساس نتایج آزمایش، میانگین ± انحراف معیار عناصر مورد پژوهش به ترتیب با روی ۱/۵۷۸ ± ۲۶/۹۹۵، آهن ۱/۲۲۳ ± ۲۲/۹۰۷، مس ۰/۷۱۶ ± ۷/۳۵۱، منگنز ۰/۱۷۸ ±۱/۹۵۶، سرب ۰/۰۲۸ ± ۰/۶۹۸، سلنیوم ۰/۰۱۴ ± ۰/۶۰۱، آرسنیک ۰/۰۴۴ ± ۰/۵۷۲، کادمیوم ۰/۰۱۸ ± ۰/۳۹۳، نیکل ۰/۰۱۶ ± ۰/۲۶۲، کروم ۰/۰۰۸ ± ۰/۱۸۱ و جیوه ۰/۰۰۵ ± ۰/۰۹۴ میکروگرم بر گرم وزن خشک، مشاهده گردید که بر طبق آن عناصر فلزی روی با ۲۸/۸۰ میکروگرم بر گرم، بالاترین و جیوه با ۰/۰۹ میکروگرم بر گرم، پایین‌ترین میزان تجمع بیولوژیک عناصر مطالعه شده را در بافت عضله ماهی مورد نظر نشان دادند. همچنین با ارزیابی و مقایسه میزان غلظت شبه فلزات و فلزات سنگین مورد بررسی با حد استاندارد مجاز (FAO/WHO)، میانگین میزان غلظت عناصر آرسنیک، کادمیوم، سرب و منگنز در بافت خوراکی عضله اردک ماهی بالاتر از آستانه مجاز تعیین شده بود درحالیکه میزان تجمع دیگر عناصر، پایین‌تر از حد استاندارد بین المللی بود (۲۰).

بحث

شبه فلزات و عناصر فلزی سنگین که عمدتاً محصول فعالیت‌های صنعتی انسانی در حاشیه منابع آبی مختلف بوده با توجه به افزایش قابل ملاحظه آن در طی مرور زمان، از جمله نگرانی‌های دوران حاضر محسوب می‌شوند (۲۶). این عناصر جزو عوامل آلاینده اصلی اکوسیستم‌های آبی به شمار می‌آیند که پس از ورود به این محیط‌ها به دلیل دارا بودن ماهیت مقاوم و عدم تجزیه پذیری در طی فرآیندهای زیستی، به صورت معلق یا محلول در محیط‌های آبی باقی می‌مانند. عناصر بیان شده پس از جذب توسط جانوران آبزی (به ویژه ماهیان)، در بافت‌های مهمی همچون عضله، کبد، آبشش، کلیه و... تجمع بیولوژیک یافته و در طی زنجیره غذایی با مصرف به وسیله دیگر گونه‌ها، بر غلظت آن‌ها افزوده و سبب ایجاد بزرگ‌نمایی زیستی می‌گردند (۱۲،۱۵). این عناصر با همین روند در طول زنجیره انتقال می‌یابند و در نهایت به سطوح بالای این زنجیره (تغذیه انسانی) منتقل می‌شوند. با توجه به اینکه ماهی‌ها از نقش قابل توجهی در تأمین غذایی جوامع انسانی برخوردار هستند، بنابراین آگاهی پیدا کردن از میزان تجمع زیستی این عناصر در بافت ماهیان به جهت اطمینان یافتن از سطح کیفی بهداشت و سلامت آن‌ها برای مصارف تغذیه انسان‌ها، بسیار مورد توجه می‌باشد (۸،۱۰،۳۹). بافت خوراکی عضله ماهی‌ها به دلیل برخورداری از نقش مهمی که در مصارف تغذیه انسانی دارد، بیشترین مطالعات صورت گرفته در زمینه ارزیابی عناصر فلزی و شبه فلزی بدن ماهیان را به خود اختصاص داده است (۲،۴،۸،۱۱). همچنین علاوه بر نقش گسترده‌ای که این بافت در مباحث تغذیه انسان و سایر گونه‌ها دارد، میزان تقریبی سطح عناصر ذکر شده را به عنوان نوعی شاخص بیولوژیک در زیستگاه ماهیان، مشخص می‌کند (۴۲). به همین دلیل، بافت عضله که از جمله ارزشمندترین بخش‌های خوراکی ماهیان محسوب می‌شود به عنوان بافت اصلی و هدف آزمایش کنونی، مورد انتخاب قرار گرفت (۴۵). وجود تفاوت‌ها در محیط زیست منابع آبی گوناگون، موجب می‌شود تا ماهیان یک گونه نیز در نواحی متفاوت، اختلاف معنی‌داری را در ارتباط با توالی تجمع زیستی عناصر بافت‌ها از خود نشان دهند (۲۸). در جدول ۴ مقایسه میان توالی ترتیب تجمع شبه فلزات و فلزات سنگین در مطالعه کنونی با سایر پژوهش‌های انجام پذیرفته بر روی بافت عضله اردک ماهی در نواحی مختلف جهان، آورده شده است. بر طبق آن بیشترین مقدار تجمع زیستی عناصر در عضله اردک ماهی به فلزهای روی، آهن و مس تعلق داشت. توالی تجمع فلزهای ذکر شده با مطالعات Harrison و Klaverkamp در سال ۱۹۹۰ بر روی بافت عضله اردک ماهی با غلظت‌های روی و مس به ترتیب ۵/۶ و ۰/۱۶ میکروگرم بر گرم وزن‌تر، Amundsen و همکاران در سال ۱۹۹۷ با غلظت‌های ۶۳ و ۱۲/۳ میکروگرم بر گرم وزن خشک، Ebrahimpour و همکاران در سال ۲۰۱۱ با غلظت‌های ۲۱/۳ و ۸/۸ میکروگرم بر گرم وزن خشک، Imanpour Namin و همکاران در سال ۲۰۱۱ با غلظت‌های ۲/۵۵ و ۰/۲۱ میکروگرم بر گرم وزن خشک و Baramaki Yazdi و همکاران در سال ۲۰۱۵ با غلظت‌های به ترتیب فلزهای روی ۲۰/۲۹ و مس ۸/۹۱ میکروگرم بر گرم وزن خشک بر روی همین گونه، همخوانی داشت (۵،۷،۱۷،۲۴،۲۵). در حالیکه یافته‌های حاصل از مطالعه حاضر با تحقیقات Allen-Gil و Martynov در سال ۱۹۹۵ و Pourang در سال ۱۹۹۵ مطابقت نداشت (۴،۴۰). اگرچه در پژوهش‌های ایشان میزان فلز روی دارای بیشترین غلظت در میان همه عناصر مطالعه شده (به ترتیب ۲۹ و ۲۵/۴ میکروگرم بر گرم) بود ولی توالی تجمع فلز مس (به

www.SID.ir

Archive of SID

ترتیب ۰/۰۰۶ و ۲/۸ میکروگرم بر گرم وزن خشک) پس از سایر عناصر مشاهده گردید. با توجه به نقش گسترده‌ای که فلز روی در بروز عملکرد مطلوب چرخه‌های زیستی و متابولیک ماهیان همچون کاتالیزگر در پروسه سوخت و ساز انرژی و کم نمودن مقدار اثرات سمی فلز کادمیوم ایفا می‌کند، همچنین مقدار فراوانی بالای پراکنش این عنصر فلزی به لحاظ زیست محیطی و در نهایت آهستگی میزان دفع آن از درون بافت‌های بدن، دلایل مقدار سطح غلظت بالای آن در مطالعه حاضر و سایر پژوهش‌های بیان شده را آشکار می‌سازد (۳۱،۳۵). فلز آهن نیز مانند عنصر روی با غلظت‌های کم در کارکرد بهینه فرآیندهای فیزیولوژیک ماهی‌ها بسیار مؤثر است که از مهم‌ترین این موارد، نقش ویژه آن در تشکیل ساختار اصلی هموگلوبین ماهیان را می‌توان بر شمرد. این فلز که دارای بیشترین کاربرد در فعالیت‌های صنعتی بوده و دهمین فلز با بیشترین مقدار فراوانی به لحاظ منشأ طبیعی می‌باشد، وزن کل بافت‌های بدن ماهیان از نظر ساختاری در حدود میزان ۰/۰۰۵ درصد از این فلز تشکیل شده است. به طوریکه در شرایط کمبود این عنصر با توجه به نقش آن در ساختمان هموگلوبین‌ها، علائم کم خونی‌های گسترده میکروسیتیک و هیپوکرومیک پدیدار می‌گردد. اگرچه فلز مس نسبت به فلزات روی و آهن دارای اهمیت کمتری در ماهیان (برخلاف نقش عمده آن در ساختار رنگدانه هموسیانین موجود در سخت پوستان) می‌باشد. اما با این وجود فلز مس در فرآیندهای سوخت و سازی، تشکیل ساختاری رنگدانه‌های پوست، فعالیت بهینه تنفسی، کارکرد مناسب متالوآنزیم‌ها از اهمیت قابل ملاحظه‌ای برخوردار است (۳۵). پس از فلزات ضروری روی، آهن و مس، توالی عنصر نیمه ضروری منگنز مشاهده گردید که با گزارش Adel و همکاران در سال ۲۰۱۶ که غلظت این عنصر در مطالعه آن‌ها ۰/۲۰ میکروگرم بر گرم وزن‌تر بود دارای مشابهت می‌باشد، درحالیکه با تحقیق Pourang در سال ۱۹۹۵ که توالی تجمع این عنصر با غلظت ۵/۳ میکروگرم بر گرم وزن خشک و پیش از فلز مس مشاهده گردید، هم‌خوانی نداشت (۲،۴۰). میزان بالای تجمع این فلز را به دلیل نقش مؤثر آن به همراه شبه فلز سلنیوم در ساختمان بافت عضله و عملکرد مطلوب کوآنزیم‌ها توجیه می‌نماید (۴۳). بر طبق یافته‌های حاصل از مطالعه کنونی، میزان تجمع زیستی عنصرهای روی، آهن، مس و سلنیوم از آستانه مجاز استاندارد تعیین شده جهانی پایین‌تر بودند، درحالیکه غلظت منگنز بالاتر از حد مجاز توصیه شده بود. بعد از توالی فلزهای ضروری و نیمه ضروری روی، آهن، مس و منگنز، تجمع فلزات دارای اثرات سمی و غیر ضروری همانند سرب، آرسنیک، کادمیوم، نیکل، کروم و جیوه مشاهده شد که نتایج به دست آمده از این مطالعه با دیگر تحقیقات انجام پذیرفته بر روی بررسی غلظت این عناصر در بافت عضله اردک ماهی همچون Adel و همکاران در سال ۲۰۱۶ (غلظت‌های نیکل ۰/۳۳، سرب ۰/۲۰، آرسنیک ۰/۱۷، کادمیوم ۰/۰۵۸ و جیوه ۰/۰۰۵ میکروگرم بر گرم وزن‌تر)، Baramaki Yazdi و همکاران در سال ۲۰۱۵ (غلظت‌های سرب ۱/۲۲، کروم ۰/۶۱ و کادمیوم ۰/۲۵ میکروگرم بر گرم وزن خشک)، Ebrahimpour و همکاران در سال ۲۰۱۱ (غلظت‌های سرب ۱/۲، کروم ۰/۶ و کادمیوم ۰/۲۱ میکروگرم بر گرم وزن خشک) و Amundsen و همکاران در سال ۱۹۹۷ (غلظت‌های کادمیوم ۰/۸، نیکل ۰/۴۸، کروم ۰/۴۵ و جیوه ۰/۲ میکروگرم بر گرم وزن خشک) تطابق داشت (۲،۵،۷،۱۷). ولی با پژوهش Allen-Gil و Martynov در سال ۱۹۹۵ هم‌خوانی نداشت زیرا در آزمایش آن‌ها تجمع فلز مس پس از توالی عناصر سرب و کادمیوم (به ترتیب با میزان غلظت‌های ۰/۰۸ و ۰/۰۵ میکروگرم بر گرم وزن خشک) قرار داشت (۴). از جمله دلایل پایین بودن میزان تجمع عناصر سمی ذکر شده در بافت عضله اردک ماهی مطالعه حاضر و همچنین سایر تحقیقات انجام شده، می‌توان به عدم نیاز فیزیولوژیک ماهی‌ها به عنصرهای مذکور اشاره نمود که در نتیجه عمدتاً میزان غلظت آن‌ها را در بافت عضله ماهیان، سطح آلاینده‌های موجود در زیستگاه و سایر عوامل زیست محیطی خارجی تعیین می‌نماید (۱۲،۳۰). این گروه از عنصرهای خطرناک عموماً محصول جانبی فعالیت‌های انسانی به مانند پسماند حاصل از ابزارآلات به کار رفته در صنایع پزشکی، باقی مانده ناشی از احتراق سوخت‌های فسیلی، کودهای شیمیایی غیر استاندارد مورد کاربرد در فعالیت‌های کشاورزی و دامپروری، ورود مستقیم فاضلاب و شیرابه زباله‌های بیمارستانی یا منشأ خانگی، پساب‌های باقی مانده ناشی از سموم (آفت کش‌ها و حشره کش‌ها و...) و ترکیب آلیاژها و فلزهای مورد استفاده در تجهیزات الکترونیکی به اکوسیستم‌های آبی می‌باشد. با توجه به اینکه در اکثر موارد میزان آلایندگی این دسته از عنصرها بیشتر از ظرفیت خودپالایی محیط‌های طبیعی می‌باشد، در نتیجه غلظت تجمع بیشتر از آستانه آن‌ها در زیستگاه ماهیان، موجب پدیدار شدن اختلالات فیزیولوژیکی همانند

www.SID.ir

Archive of SID

کارکرد نامطلوب سیستم تنظیم یونی، کاهش نرخ رشد و راندمان تولید مثلی و توقف این فرآیندها در موارد حاد مسمومیت و در نهایت، مرگ و میر گسترده ناشی از آسیب‌های قابل توجه به بافت‌های کلیدی بدن ماهیان می‌شود (۳۰،۳۳،۳۵).

نتیجه گیری: بر اساس یافته‌های حاصل از مطالعه کنونی، مقدار تجمع بیولوژیک همه عناصر فلزی و شبه فلزی مطالعه شده در بافت عضله اردک ماهی رودخانه سیاه درویشان به جز فلزات منگنز، سرب، کادمیوم و شبه فلز آرسنیک، پایین‌تر از حد مجاز استاندارد تأیید شده به وسیله سازمان‌های جهانی (FAO/WHO) به دست آمد. این در حالی است که بالاتر از حد استاندارد بودن فلزات و شبه فلز ذکر گردیده، اهمیت توجه به احتمال ورود عوامل زمینه ساز این آلاینده‌های زیست محیطی که پیش‌تر بیان گردید به محل زندگی این ماهی ارزشمند را مشخص می‌کند. در نتیجه نیازمند تشخیص دقیق مسیرهای ورودی و عوامل ایجاد کننده این عناصر در جهت پیشگیری از ورود چنین عوامل مضری به زیستگاه گونه مورد تحقیق می‌باشد.

سپاسگزاری

نویسندگان بر خود لازم می‌دانند بدینوسیله از تمامی عزیزانی که در مراحل انجام این پژوهش یاری رساندند، قدردانی نمایند.

تعارض منافع

بین نویسندگان تعارض در منافع گزارش نشده است.

References

1. Abbasi, K., Moradkhah, S., Sarpanah, A. (2007). Identification and distribution of fish fauna in Siahdarvishan River (Anzali Wetland basin). Vet Res Biol Prod, 19, 27-39.
2. Adel, M., Dadar, M., Fakhri, Y., Oliveri Conti, G., Ferrante, M. (2016). Heavy metal concentration in muscle of pike (*Esox lucius* Linnaeus, 1758) from Anzali international wetland, southwest of the Caspian Sea and their consumption risk assessment. Toxin Rev, 35, 217-223. https://doi.org/10.1080/15569543.2016.1223694
3. Ahmadi, M., Khanipour, A.A., Abolghasemi, S.J. (2015). Heavy metals (Cd, Ni and Zn) concentrations in the edible muscle tissue of Pike perch (*Esox lucius*) from Anzali Wetland. Iran Sci Fish J, 24, 75-81.
4. Allen-Gil, S., Martynov, V. (1995). Heavy metal burdens in nine species of freshwater and anadromous fish from the Pechora River, northern Russia. Sci Total Environ, 160, 653-659. https://doi.org/10.1016/0048-9697(95)93634-T
5. Amundsen, P.A., Staldvik, F.J., Lukin, A.A., Kashulin, N.A., Popova, O.A., Reshetnikov, Y.S. (1997). Heavy metal contamination in freshwater fish from the border region between Norway and Russia. Sci Total Environ, 201, 211-224. https://doi.org/10.1016/S0048-9697(97)84058-2
6. Authman, M.M., Zaki, M.S., Khallaf, E.A., Abbas, H.H. (2015). Use of fish as bio-indicator of the effects of heavy metals pollution. J Aquac Res Dev, 6, 1-13. https://doi.org/10.4172/2155-9546.1000328
7. Baramaki Yazdi, R., Rezae, M., Ebrahimpour, M., Babaei, H., Pourkhabbaz, A. (2015). Compersion of bioaccumulation factor of heavy metals in two fish species (*Esox lucius* and *Carassius gibelio*) from Anzali Wetland. J Wetl Ecobiol, 7, 79-90
8. 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. J Sci Food Agric, 96, 32-48. https://doi.org/10.1002/jsfa.7360
9. Brian ,W.C. (2016). Review of the Pikes of Iran (Family Esocidae). Iran J Ichthyol, 3, 161-180. https://dx.doi.org/10.7508/iji.2016
10. Cai, L.M., Xu, Z.C., Qi, J.Y., Feng, Z.Z., Xiang, T.S. (2015). Assessment of exposure to heavy metals and health risks among residents near Tonglushan mine in Hubei, China. Chemosphere, 127, 127-135. https://doi.org/ 10.1007/s11356-015-4752-8
11. Carvalho, M., Santiago, S., Nunes, M.L. (2005). Assessment of the essential element and heavy metal content of edible fish muscle. Anal Bioanal Chem, 382, 426-432. https://doi.org/10.1007/s00216-004-3005-3
12. Castro-González, M., Méndez-Armenta, M. (2008). Heavy metals: Implications associated to fish consumption. Environ Toxicol Pharmacol, 26, 263-271. https://doi.org/10.1016/j.etap.2008.06.001
13. 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 Chem, 147, 357-360. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.10.008
14. Cipro, C.V., Cherel, Y., Bocher, P., Caurant, F., Miramand, P., Bustamante, P. (2018). Trace elements in invertebrates and fish from Kerguelen waters, southern Indian Ocean. Polar Biol, 41, 175-191. https://doi.org/10.1007/s00300-017-2180-6
15. 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, 73, 91-98. https://doi.org/10.1007/BF00376982
16. Ebrahimi Sirizi, Z., Sakizadeh, M., Esmaili Sari, A., Bahramifar, N., Ghasempouri, S.M., Abbasi, K. (2012). Survey of Heavy Metals (Cd, Pb, Cu and Zn) Contamination in Muscle tissue of *Esox lucius* from Anzali International Wetland: Accumulation and Risk Assessment. J Mazand Univ Med Sci, 22, 57-63.
17. Ebrahimpour, M., Pourkhabbaz, A., Baramaki, R., Babaei, H., Rezaei, M. (2011). Bioaccumulation of heavy metals in freshwater fish species, Anzali, Iran. Bull Environ Contam Toxicol, 87, 386. https://doi.org/10.1007/s00128-011-0376-y
18. 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. Iran J Ichthyol, 1, 152-184.

www.SID.ir

Archive of SID

19. 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. Iran J Ichthyol, 1, 61-72.
20. 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, p. 148-185.
21. Gandolfi, A., Ferrari, C., Crestanello, B., Girardi, M., Lucentini, L., Meraner, A. (2017). Population genetics of pike, genus *Esox* (Actinopterygii, Esocidae), in Northern Italy: evidence for mosaic distribution of native, exotic and introgressed populations. Hydrobiologia, 794, 73-92. http://dx.doi.org/10.1007/s10750-017-3250-z
22. 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. Bull Environ Contam Toxicol, 84, 240-244. https://doi.org/10.1007/s00128-009-9897-z
23. Green, A.J., Planchart, A. (2018). The neurological toxicity of heavy metals: A fish perspective. Comp Biochem Physiol C Toxicol Pharmacol, 208, 12-19. https://doi.org/10.1016/j.cbpc.2017.11.008
24. Harrison, S., Klaverkamp, J. (1990). Metal contamination in liver and muscle of northern pike (*Esox lucius*) and white sucker (*Catostomus commersoni*) and in sediments from lakes near the smelter at Flin Flon, Manitoba. Environ Toxicol Chem, 9, 941-956. https://doi.org/10.1002/etc.5620090712
25. Imanpour Namin, J. (2011). Heavy metals Cu, Zn, Cd and Pb in tissue, liver of *Esox lucius* and sediment from the Anzali international lagoon-Iran. Caspian J Environ Sci, 9, 1-8.
26. Islam, M.S., Ahmed, M.K., Raknuzzaman, M., Habibullah-Al-Mamun, M., Islam, M.K. (2015). Heavy metal pollution in surface water and sediment: a preliminary assessment of an urban river in a developing country. Ecol Indic, 48, 282-291. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2014.08.016
27. Järup, L. (2003). Hazards of heavy metal contamination. Br Med Bull. 68(1), 167-182. https://doi.org/10.1093/bmb/ ldg032
28. Kalay, M., Ay, Ö., Canli, M. (1999). Heavy metal concentrations in fish tissues from the Northeast Mediterranean Sea. Bull Environ Contam Toxicol, 63, 673-681. https://doi.org/10.1007/s001289901033
29. Khodadoust ,A., Khara, H., Taghizadeh, V., Imanpoor, M. (2015). The histological study of ovarian development of pike (*Esox lucius*) in Anzali marsh. J Anim Physiol Dev, 8, 13-22.
30. 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.
31. 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. Mar Pollut Bull, 78, 235-245. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2013.10.028
32. 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. Ecotoxicol Environ Saf, 153, 60-67. https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2018.01.057
33. Mance, G. (1987). Pollution Threat of Heavy Metals in Aquatic Environments. (1st ed.) Elsevier Science Publishers Ltd. London, UK.
34. MOOPAM, R. (1999). Manual of Oceanographic Observations and Pollutant Analysis Methods. ROPME: Regional Organization for the Protection of the Marine Environment. AI-Majed, N., Mohammadi, H., AI-Ghadban, A. (eds.). (3rd ed.) Kuwait city, Kuwait.
35. Moore, J.W., Ramamoorthy, S. (1984). Heavy Metals in Natural Waters: Applied Monitoring and Impact Assessment. (1st ed.) Springer-Verlag Inc. New york, USA.
36. Ourgaud, M., Ruitton, S., Bourgogne, H., Bustamante, P., Churlaud, C., Guillou, G., Lebreton, B., Harmelin-Vivien, M.L. (2018). Trace elements in a Mediterranean scorpaenid fish: Bioaccumulation processes and spatial variations. Prog Oceanogr, 163, 184-195. https://doi.org/10.1016/j.pocean.2017.11.008
37. Panahandae, M., Mansori, N., Khorasani, N., Karbasi, A., Riyazi, B. (2013). Estimate of Exposure and Potential Hazard to Consumption of, *Esox lucius*, Cyprinus carpio, Chaleaiburnus chaleoide containing Lead, Cadmium and Chromium in the Indian borderingof Anzali Lagoon. J Wetl Ecobiol, 5, 83-90
38. Pedreschi, D., Kelly- Quinn, M., Caffrey, J., O'Grady, M., Mariani, S. (2014). Genetic structure of pike (*E sox lucius*) reveals a complex and previously unrecognized colonization history of Ireland. J Biogeogr, 41, 548-560. https://doi.org/10.1111/jbi.12220
39. Pouil, S., Bustamante, P., Warnau, M., Metian, M.(2018). Overview of trace element trophic transfer in fish through the concept of assimilation efficiency. Mar Ecol Prog Ser, 588, 243-254. https://doi.org/10.3354/meps12452
40. Pourang, N. (1995). Heavy metal bioaccumulation in different tissues of two fish species with regards to their feeding habits and trophic levels. Environ Monit Assess, 35, 207-219. https://doi.org/10.1007/BF00547632
41. Salamat, N., Khalifi, K., Movahedinia, A. (2016). Health concerns related to consumption of fish from Anzali Wetland. Clean, 44, 115-123. https://doi.org/10.1002/clen.201400711
42. Salamat, N., Movahedinia, A., Etemadi-Deylami, E., Mohammadi, Y. (2015). Pike (*Esox lucius*) bio-indicator of heavy metal pollution in Anzali Wetland. Water Qual Exp Health, 7, 251-254. https://doi.org/10.1007/s12403-014-0138-2
43. 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. Biol Trace Elem Res, 176, 201-206. https://doi.org/10.1007/s12011-016-0800-6
44. The IUCN. (2018). Red List of Threatened Species 2018: *Esox lucius* (amended version of 2013 assessment). Freyhof, J., Brooks, E. (eds.). (51nd ed.) IUCN Publications Services. Gland, Switzerland.
45. Venugopal, V., Shahidi, F. (1996). Structure and composition of fish muscle. Food Rev Int, 12, 175-197. https://doi.org/10.1080/87559129609541074
46. Yazicioglu, O., Polat, N., Yilmaz, S. (2018). Feeding biology of pike, *Esox lucius* L., 1758 inhabiting Lake Ladik, Turkey. Turk J Fish Aquat Sci, 18, 1215-1226. http://doi.org/10.4194/1303-2712-v18_10_08

www.SID.ir

Archive of SID

Journal of Veterinary Research
J Vet Res, Volume 75, Number 2, 2020
Original Article

A Survey of Metalloids and Heavy Metals Bioaccumulation in the Muscle Tissue of Pike (*Esox lucius* Linnaeus, 1758) from the Siah Darvishan River (Guilan Province, Iran)

Mohammad Ettefaghdoost, Hamid Alaf Noveirian

Department of Fisheries, Faculty of Natural Resources, University of Guilan, Sowmeh Sara, Iran

10.22059/jvr.2019.271512.2880
Received: *8 December 2019,* ***Accepted:*** *8 February 2020*

Abstract

BACKGROUND: Heavy metals and metalloids are among the most stable and resistant to decomposition elements that, in the presence of high concentrations in aquatic tissues, threaten their own and human health.

OBJECTIVES: The aim of this study was to determine the composition and order of the elements accumulation in the edible muscle tissue of pike from Siah Darvishan River as one of the most valuable and economical fish and also to evaluate its health for human nutrition.

METHODS: In the present study, concentration of eleven elements (As, Fe, Hg, Zn, Pb, Se, Cd, Cr, Cu, Mn, Ni) in the muscle tissue of 25 pike (Esox lucius) collected with the Cast net in the summer of 2016 from Siah Darvishan River, Guilan province, Iran were surveyed by Varian Atomic absorption spectroscopy.

RESULTS: The lowest and highest mean accumulation of elements were obtained as follows: Zinc 25.89 - 28.80, Iron 21.85 - 24.26, Copper 6.78 - 8.15, Manganese 1.77 - 2.12, Lead 0.68 - 0.73, Selenium 0.59 - 0.62, Arsenic 0.53 - 0.62, Cadmium 0.38 - 0.41, Nickel 0.24 - 0.28, Chromium 0.17 - 0.19 and Mercury 0.087 - 0.098 microgram per gram dry weight, respectively.

CONCLUSIONS: According to the results of this study, mean concentrations of all elements in the muscle tissue of pike, except the four elements Manganese (1.956 ± 0.178), Lead (0.698 ± 0.028), Arsenic (0.572 ± 0.044) and Cadmium (0.393 ± 0.018) were observed to be lower than explained threshold limit value (TLV) of FAO/WHO international standard.

Keywords: Atomic absorption spectroscopy, Bio-accumulation, Heavy elements, Muscle tissue, Pike

Copyright © 2020. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution- 4.0 International License which permits Share, copy and redistribution of the material in any medium or format or adapt, remix, transform, and build upon the material for any purpose, even commercially.

Corresponding author's email: ettefaghdoost@phd.guilan.ac.ir Tel/Fax: 013-33368013

How to cite this article:

Ettefaghdoost, M., Alaf Noveirian, H. (2020). A Survey of Metalloids and Heavy Metals Bioaccumulation in the Muscle Tissue of Pike (*Esox lucius* Linnaeus, 1758) from the Siah Darvishan River (Guilan Province, Iran). J Vet Res, 75(2), 156-165.
https://doi.org/10.22059/jvr.2019.271512.2880

Figure Legends and Table Captions

Table 1. The biometric results of pike from Siah Darvishan River.
Table 2. Comparison between certified and measured values of elements concentrations (µg g^{-1}d.w.) in standard reference material SRM® 2976 (Mussel Tissue).
Table 3. Comparison of elements concentrations (µg g^{-1}d.w.) in muscle tissue of pike with the threshold limit value of international standard.
Table 4. Comparison between the orders of elements accumulation in muscle tissue of pike with other studies from different parts of the world.

www.SID.ir