Journal of Environmental Health Engineering, February 2018; Vol. 6, No. 2: 187-198

Evaluation of Heavy Metals Concentration and Its Consumption Risk in Trout Fish (Oncorhynchus Mykiss)

Hadi Tahsini[1*], Maryam Alizadeh[2], Hoshyar gavilian[3]

1. M.Sc. Student, Environment Pollution, Faculty of Natural Resources, University of Kurdistan, Sanandaj, Iran
2. M.Sc. Student, Environment Pollution, Faculty of Natural Resources and Earth Sciences, University of Kashan, Iran
3. M.S Student in Natural Resources Engineering Department of Environment, University of Kurdistan, Iran

**** E-mail: haditahsini@yahoo.com***

Received: 22 Feb 2018 ; Accepted: 21 Jul 2018

ABSTRACT

Background and Objectives: Nowadays, the pollution of aquatic ecosystems caused by entry of heavy metals is an issue that makes it essential to check the wholesome of the aquatic animals that are consumed by human. When these metals enter the canvas of aquatic organisms, cause tension due to bioavailability, and their toxicity leads to teratogenic, mutagenic and carcinogenic effects in living organisms

Methods: Thirty rainbow trout were prepared from each fishing farm pond which are located in Sanandaj (Nanale Village) and Kamyaran (Diwaznaw Village). Then, samples were prepared using acid digestion method in the laboratory and the concentration of these metals was measured using atomic absorption spectrometer (Phonix 986). The achieved data were analyzed using SPSS software.

Results: The average concentration of the Copper in liver and muscle tissues was 1. 53 and 0.15, Magnesium 3.7 and 7.57, Iron 0.28 and 0.6, Zinc 4.52 and 1.05, and Nickel 0.04 and 0.03 μg/g of fresh weight. The maximum daily consumption allowance was 888.7 g for adults and 177.77 g for children.

Conclusion: The average concentration of Copper, Iron, Zinc, Nickel and Magnesium in muscle tissue of rainbow trout compared to international standards, is slightly lower than that at current consumption rates, long-term health risks to consumers is realized.

Keywords: Heavy metals, Rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*), length, Fish farming ponds, Risk assessment, Consumption.

مجله مهندسی بهداشت محیط، زمستان ۱۳۹۷، سال ٦، شماره ۲: ۱۸۷-۱۹٦

ارزیابی غلظت فلزات سنگین و ریسک مصرف آن در ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*) در حوضچه‌های پرورش ماهی (مطالعه موردی: شهرستان کامیاران و سنندج)

هادی تحسینی*[۱]، مریم علیزاده[۲]، هوشیار گویلیان[۳]

[۱] دانش آموخته کارشناسی ارشد، آلودگی محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه کردستان، سنندج، ایران
[۲] دانش آموخته کارشناسی ارشد، آلودگی محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه کاشان، ایران
[۳] کارشناس ارشد محیط زیست و کارشناس آزمایشگاه، گروه محیط زیست دانشگاه کردستان، سنندج ایران

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۶/۱۲/۳ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/٤/۳۰

چکیده

زمینه و هدف: امروزه آلودگی اکوسیستم‌های آبی در اثر ورود فلزات سنگین، امری است که بررسی سلامت آبزیان مورد استفاده انسان را ضروری می‌سازد. این فلزات وقتی وارد بوم سازگان آبی می‌شوند، به علت توانایی انباشتگی زیستی سبب تنش شده و غلظت سمی آن ها باعث اثرات تراتوژنیک، جهش زایی و سرطان زایی در ارگانیسم های زنده می شود.

مواد و روش‌ها: تعداد ۳۰ قطعه ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان از هر حوضچه پرورش ماهی واقع در شهرستان‌های سنندج (روستای ننله) و کامیاران (روستای دیوزناو) تهیه گردید. سپس نمونه ها در آزمایشگاه با استفاده از روش هضم اسیدی، آماده سازی شدند و با استفاده از دستگاه جذب اتمی مدل (Phonix 986) غلظت فلزات مذکور اندازه‌گیری شد. تجزیه و تحلیل داده ها با استفاده از نرم افزار آماری SPSS انجام گردید.

یافته‌ها: میانگین غلظت فلز مس در بافت‌های کبد و عضله به ترتیب ۱/۵۳ و ۰/۵۱، برای منیزیم ۳/۷ و ۷/۵۷، برای آهن ۰/۲۸ و ۰/۰٦، برای روی ٤/۵۲ و ۱/۰۵ و برای نیکل ۰/۰٤ و ۰/۰۳ میکروگرم برگرم وزن تر به دست آمد. مقدار حداکثر مصرف مجاز روزانه ۸۸۸/۷ گرم برای بزرگسالان و برای کودکان ۱۷۷/۷ گرم محاسبه شد.

نتیجه‌گیری: میانگین غلظت فلزات مس، آهن، روی، نیکل و منیزیم در بافت عضله ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان در مقایسه با استانداردهای بین‌المللی، پایین‌تر از حدی است که با میزان مصرف کنونی، خطرات بهداشتی را در بلند مدت متوجه مصرف کنندگان آن کند.

کلمات کلیدی: فلزات سنگین، قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*)، طول چنگالی، حوضچه پرورش ماهی، ارزیابی ریسک مصرف

* **نویسنده مسئول:** دانش آموخته کارشناسی ارشد، آلودگی محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه کردستان، سنندج، ایران
ایمیل: haditahsini@yahoo.com- تلفن تماس: ۰۸۷- ۳۳۶۶۴۶۰۰

مقدمه

امروزه آلودگی اکوسیستم‌های آبی از عوامل مختلفی از جمله ورود عوامل میکروبی و باکتریایی، مواد آلی، فلزات سنگین، آلودگی نفتی و اختلالات حرارتی متأثر می‌شوند. در این میان، آلودگی به فلزات سنگین به دلیل غیرقابل تجزیه بودن این مواد و پایداری آن‌ها در محیط‌زیست، از اهمیت ویژه‌ای برخوردارند[1]. فلزات سنگین به دلیل ویژگی ماندگاری و تجمع زیستی به راحتی در سطوح زنجیره غذایی انتقال می یابند[2]. در میان منابع غذایی، ماهیان به‌طور مداوم در معرض فلزات سنگین موجود در آب‌های آلوده قرار دارند، این فلزات می‌توانند در بافت‌های ماهی به میزان متفاوت تجمع یابند[3، 4]. مصرف روزافزون آبزیان آلوده به فلزات سنگین، به‌وسیله انسان و مسمومیت‌های ناشی از آن‌ها در ۵۰ سال گذشته آشکارتر شده است[5]. این آلاینده‌ها می‌توانند به ناقل‌ها و ماکرو مولکول‌های قابل عبور از غشاء متصل و در نتیجه به داخل سلول‌ها راه یابند و اثر خود را بر جای گذارند[6].

این مطالعه با هدف بررسی غلظت فلزات سنگین روی، مس، آهن، نیکل و منیزیم در ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان و ارزیابی ریسک آن انجام شد. محدوده‌های مطالعاتی شامل دو حوضچه پرورش ماهی است که در دو روستای ننله در شهرستان سنندج و دیوزناو در شهرستان کامیاران واقع شده اند. به منظور اندازه گیری این فلزات در ماهی، بافت عضله و کبد انتخاب گردید. بافت عضله به واسطه مصرف آن و نقش مهمی که در تغذیه انسان دارد، لذا لزوم اطمینان از سلامت آنضروری می باشد. بافت کبد شاخص مناسبی برای در معرض قرار گرفتن طولانی با فلزات سنگین محسوب می‌شود، زیرا این بافت محل متابولیسم فلزات است که می‌تواند نشانگر مناسبی برای آلودگی با فلزات سنگین استفاده شود .کبد جانوران مهم‌ترین محل انجام فرآیندهای سم‌زدایی و محل اصلی تغییر شکل زیستی فلزات است. این اندام عمدتاً در معرض فلزات سنگین قرار دارد و این مواد از طریق دستگاه گردش خون یا دستگاه گوارش وارد کبد می‌شوند همچنین بافت کبد نیز به دلیل فعل و انفعالات بالای خون در آن مورد بررسی قرار گرفت. فلز روی از عناصر ضروری بدن می باشد که کمبود آن بر روی سیستم ایمنی بدن تاثیر منفی می گذارد[7] این عنصر در مقادیر اندک برای ماهی ضروری است و به‌عنوان کاتالیزور در ساختار اکثر آنزیم‌های فعال در سوخت‌وساز انرژی نقش دارد و میزان اندک آن تهدیدی جدی محسوب نمی‌شود[8].حد مجاز فلز سنگین روی در بدن ماهی طبق استانداردهای سازمان بهداشت جهانی (WHO) (World Health Organization)، سازمان خوار و بار کشاورزی (FAO) (Food and Agriculture Organization) و وزارت کشاورزی، شیلات و غذای انگلستان (MAFF) (UK Ministry of Agriculture Fisheries and Food) به ترتیب ۱۰۰،۵۰ و ۵۰ میکروگرم بر گرم وزن تر می باشد. وجود مقدار اندک نیکل نیز در مواد غذایی برای بدن ضروری است، حد مجاز فلز سنگین نیکل در بدن ماهی طبق استانداردهای سازمان بهداشت جهانی (WHO) ، سازمان خوار و بار کشاورزی (FAO) و وزارت کشاورزی، شیلات و غذای انگلستان (MAFF) به ترتیب ۰/٤ ،- و – میکروگرم بر گرم وزن تر می باشد. زمانی که غلظت نیکل از حد مجاز خود فراتر رود، اثرات زیانباری به همراه خواهد داشت. این اثرات، احتمال مبتلا شدن به سرطان دستگاه تنفسی و پروستات را افزایش می‌دهد. نیکل برای ماهیان سمی بوده و در بافت‌های کبد، کلیه، آبشش و ماهیچه تجمع می‌یابد. سمیت این عنصر در حضور روی، افزایش می‌یابد[9]. غلظت‌های زیاد آهن باعث رویدادهای پاتولوژیک مانند رسوب اکسیدهای آهن در بیماری پارکینسون می‌شود[10، 11]. حد مجاز فلز سنگین آهن در بدن

ماهی طبق استانداردهای سازمان بهداشت جهانی (WHO) ، سازمان خوار و بار کشاورزی (FAO) وزارت کشاورزی، شیلات و غذای انگلستان (MAFF) به ترتیب ۱۰۰ ، ۱۰۰ و – میکروگرم بر گرم وزن تر می باشد. غلظت مازاد مس باعث آسیب به کبد می‌شود و روی موجب اخلال در کارکرد مواد مغذی با مس می‌شود[۱۰]. همچنین عنصر مس در ساختمان بعضی پروتئین‌ها نظیر کوئیروپلاسمین و آنزیم‌ها نظیر سیتوکروم اکسیداز کاتالاز، نقش حیاتی را دارا می‌باشد و در سنتز هموگلوبین و جذب آهن نیز مؤثر است. حد مجاز فلز سنگین مس در بدن ماهی طبق استانداردهای سازمان بهداشت جهانی (WHO) ، سازمان خوار و بار کشاورزی (FAO) و وزارت کشاورزی، شیلات و غذای انگلستان (MAFF) به ترتیب ۱۰ ، ۳۰ و ۲۰ میکروگرم بر گرم وزن تر می باشد. افزایش میزان مس باعث ایجاد اختلال در جذب آهن و روی، کم‌خونی و تأثیر بر سلامت باروری انسان دارد[۱۲]. کاهش منیزیم باعث انقباض عروقی و جراحت آندوتلیوم عروقی می‌گردد که منجر به ایجاد و گسترش آترواسکلروزیس شود. سازمان بهداشت جهانی (WHO) ، سازمان خوار و بار کشاورزی (FAO) و وزارت کشاورزی، شیلات و غذای انگلستان (MAFF) هیچ حد مجازی را برای فلز سنگین منیزیم تعیین نکرده اند. حد مجاز برخی مطالعات کاهش قابل‌توجه سطوح سرمی منیزیم را در بیماران مبتلا به بیماری‌های عروقی نشان داده‌اند[۱۳، ۱٤، ۱۵].

ارزیابی ریسک غذایی فلزات سنگین را می‌توان به‌وسیله محاسبه شاخص ریسک مصرف برآورد کرد[۱٦]. ارزیابی ریسک سلامت به‌عنوان ابزاری برای سنجش و ارزیابی آسیب‌های ناشی از تماس با عوامل ریسک (همچون آلاینده‌های شیمیایی، فلزات سنگین و غیره) و همچنین به‌عنوان مبنایی برای توسعه استراتژی‌های مدیریت ریسک می‌باشد. ارزیابی ریسک فرآیندی است که طی آن، احتمال و بزرگی خسارت، آسیب ناشی از یک ریسک و تهدید بالقوه سلامتی تخمین زده می‌شود [۱۷] . تصمیم‌گیری‌های مدیریتی زیست‌محیطی بر اساس ارزیابی ریسک و مدیریت ریسک انجام می‌شوند. به‌طورکلی، ارزیابی ریسک، فراهم‌کننده اصول علمی برای قانون‌گذاری‌های زیست‌محیطی می‌باشد[۱۸]. مطالعات مختلفی تاکنون به بررسی میزان جذب روزانه فلزات در اثر مصرف ماهی پرداخته‌اند. ما و سینقیرونسورن (۲۰۱۲)، [۱۹] شاخص ریسک برای فلزات مس، روی، سرب و کادمیوم را بیش از یک محاسبه نمودند. همچنین در مطالعه [۲۰] منصوری و همکاران (۲۰۱۷) در بررسی غلظت فلزات سنگین (کادمیوم، سرب، مس، منگنز، کروم، منیزیم، نقره، آهن و روی) شاخص ریسک برای همه فلزات مورد بررسی به غیر از فلز کروم کمتر از یک به دست آمد. از دیگر پژوهش ها می توان به تحقیق یوسرو و همکاران (۲۰۰۳)[۲۱] که به بررسی فلزات سنگین در سه گونه ماهی از جمله کفال طلایی در سواحل جنوبی آتلانتیک در اسپانیا، تقوی جلودار و همکاران (۲۰۱۱)[۲۲] مقایسه غلظت فلزات سنگین در اندام های مختلف کفال طلایی در جنوب دریای خزر، اردلان و همکاران (۲۰۱۲)[۲۳] انباشت فلزات و ارزش غذایی در بافت عضله طلایی کفال در بندر کیاشهر (دریای خزر) اشاره نمود.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

محدوده های مطالعاتی شامل دو حوضچه پرورش ماهی است که در دو روستای ننله در شهرستان سنندج و دیوزناو در شهرستان کامیاران واقع شده‌اند. روستای ننله در ٤٧ درجه و ۱ دقیقه ۵۹ ثانیه طول شرقی و ۳۵ درجه ۲۲ دقیقه ۳۲ ثانیه عرض شمالی واقع شده و روستای دیوناو در ٤٦ درجه و ۳۱ دقیقه و ۱۲ثانیه طول شرقی و ۳۵ درجه و ٦ دقیقه و ٤۱ ثانیه عرض شمالی قرار دارد. حوضچه ننله از رودخانه یا سد قشلاق سنندج و حوضچه دیوزنا و از رودخانه سیروان تأمین می گردد که در مابین شهر کامیاران و اورامانات واقع شده

است. در این پژوهش از حوضچه های مستطیل شکل استفاده شده است. این نوع حوضچه ها در شکل ظاهری و نحوه ورود و خروج آب شبیه کانال های دراز بتونی هستند ابعاد این حوئضچه به ارتفاع ۱ متر و عرض ۳ تا ٦ متر و طول ۳۰ تا ٤۰ متر می باشد.

روش تحقیق

تعداد ٦۰ قطعه ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان در تابستان سال ۱۳۹٦ از حوضچه های پرورش ماهی برداشت شد. معیار انتخاب زمان نمونه برداری به این دلیل بود که ماهیان در این فصل در حداکثر رشد و تغذیه قرار دارند و جمعیت ماهی قزل الای رنگین کمان در این فصل حداکثر می باشد. انتخاب نمونه ها به طور تصادفی انجام شد. برای آماده سازی نمونه ها، پس از انتقال به آزمایشگاه ابتدا با آب دیونیزه شست‌وشو و سپس طول چنگالی و وزن ماهی‌ها به ترتیب به‌وسیله تخته بیومتری با دقت ۱ میلی‌متر و ترازوی دیجیتال با دقت ۱ گرم اندازه‌گیری شدند. مقدار ۲۰ گرم از هر دو بافت کبد و عضله (عضله سفید ساقه دمی ماهی) از نمونه‌های ماهی جدا و در آون با دمای ۱۵۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲٤ ساعت خیس گردید. سپس نمونه‌های خیس شده به دستگاه دسیکاتور انتقال داده و پس از رسیدن به وزن ثابت در هاون چینی تا زمان پودر شدن کامل سائیده شدند. سپس ۰/۵ گرم (وزن تر) از نمونه کاملاً پودر شده ماهی را با افزودن ۵ میلی لیتر اسید نیتریک غلیظ (HNO_3) تا دمای ۱٤۰ درجه سانتی‌گراد در حمام التراسونیک حرارت داده شدند تا محلولی کاملاً شفاف برای اندازه‌گیری فلزات به دست آید [۲٤]. سوسپانسیون‌های ایجاد شده را با استفاده از کاغذ صافی واتمن ٤۲ میکرومتر صاف و محلول صاف شده را به یک بالن مدرج منتقل و به حجم ۵۰ میلی‌لیتر رسانده شدند. برای اندازه‌گیری غلظت فلزات سنگین محلول یکنواخت به‌دست آمده به مقدار ۱۰ میکروگرم در لیتر به دستگاه جذب اتمی مدل Phonix 986 تزریق و غلظت فلزات موردنظر به روش شعله بر حسب میلی‌گرم بر گرم وزن تر اندازه‌گیری شدند و محلول استاندارد از محلول ppm ۱۰۰۰ تهیه شد. حداکثر تعداد محلول استاندارد ۵ محلول است که حاوی غلظت‌های مشخصی از فلزات موردنظر است که در این آزمایش از ۳ محلول استاندارد استفاده شد. بعد از کالیبره کردن دستگاه با محلول استاندارد نمونه‌های اصلی به دستگاه تزریق شدند. پس از میانگین‌گیری فلزات توسط اتم‌های عنصر موردنظر پس از تزریق نمونه به داخل کوره توسط دستگاه داده شد. سپس از روش منحنی درجه‌بندی طبق ترتیب استانداردها و قرائت میزان جذب آن‌ها کالیبراسیون انجام شد. تجزیه‌وتحلیل آماری داده‌های به‌دست آمده از نرم‌افزار SPSS انجام پذیرفت. در ابتدا برای بررسی توزیع نرمال بودن داده‌ها از آزمون کلموگروف- اسمیرنوف استفاده شد. به‌منظور مقایسه غلظت‌های هر فلز در بافت‌های کبد و عضله از آزمونتی تست استفاده شد. جهت تعیین همبستگی غلظت فلزات سنگین در هر بافت با طول چنگالی و وزن کل از آزمون همبستگی پیرسون استفاده شد. جهت محاسبه شاخص ریسک (HQ) ابتدا باید میزان مصرف روزانه محاسبه شود. مصرف روزانه (ADD) با استفاده از روش آژانس حفاظت محیط‌زیست آمریکا [۱۷] (United States Environmental , 2000 Protection Agency از رابطه ۱ محاسبه می‌شود.

$$ADD = Cm * DC / BW \quad \text{رابطه (۱)}$$

طبق رابطه فوق ADD، مصرف روزانه بر حسب میکروگرم بر گرم در روز؛ Cm، میانگین فلز سنگین بر حسب میکروگرم برگرم؛ DC، مصرف روزانه بر حسب گرم در روز (۲۵ گرم در روز؛ ۳)؛ BW، میانگین وزن بدن افراد بر حسب کیلوگرم (۷۰ کیلوگرم برای یک فرد بالغ و ۱٤ کیلوگرم برای کودکان) می‌باشد.

شاخص ریسک با استفاده از رابطه ۲ محاسبه می‌شود که طبق آن اگر بیش از یک باشد ریسک مصرف وجود دارد و

اگر کمتر از یک باشد، ریسک وجود ندارد.

رابطه (۲) $HQ = ADD / RFD$

مقدار دوز مواجهه (RFD) برای فلزات مس، آهن، روی و نیکل طبق استاندارد USEPA (۲۰۰۰) به ترتیب ۰/۰٤، ۰/۷، ۰/۳ و ۰/۰۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم در روز می‌باشد.

مقدار مجاز مصرف روزانه ماهی با توجه به میزان فلزات مذکور در مطالعه حاضر از رابطه ۳ محاسبه می‌شود.

رابطه (۳) $CR = (RFD*BW) / C$

طبق رابطه فوق CR، حداکثر میزان مجاز مصرف در روز بر حسب گرم در روز؛ C، میانگین غلظت فلز موردمطالعه بر حسب میکروگرم بر گرم می‌باشد.

یافته‌ها

مشخصات آماری غلظت فلزات سنگین در بافت عضله و کبد ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان در جدول ۱ ذکر شده است. بدین ترتیب میانگین غلظت و الگوی تجمع فلز مس در بافت‌های کبد و عضله به ترتیب ۱/۵۳ و ۰/۵۱ میکروگرم برگرم وزن تر است (P<۰/۰۵). همچنین میانگین غلظت و الگوی تجمع فلز منیزیم در بافت‌های کبد و عضله به‌صورت ۲/۳٦ و ٦/۱۲ میکروگرم برگرم وزن تر می باشد (P<۰/۰۵). میانگین غلظت و الگوی تجمع فلز آهن در بافت‌های کبد و عضله نیز ۰/۲۸ و ۰/۰٦ میکروگرم برگرم وزن تر است (P<۰/۰۵). میانگین غلظت و الگوی تجمع فلز روی در بافت‌های کبد و عضله به ترتیب ٤/۵۲ و ۱/۰۵ میکروگرم برگرم وزن تر است (P<۰/۰۵). میانگین غلظت و الگوی تجمع فلز نیکل در بافت‌های کبد و عضله به ترتیب ۰/۰٤ و ۰/۰۳ میکروگرم برگرم وزن تر است (P<۰/۰۵).

نتایج آزمون همبستگی غلظت فلزات سنگین هر بافت با طول چنگالی و وزن کل در جدول ۲ آورده شده است. به‌این‌ترتیب، رابطه بین طول چنگالی با غلظت فلز منیزیم در هر دو بافت کبد و عضله همبستگی معنی‌داری وجود دارد. برای فلز مس در بافت عضله و برای فلز روی در بافت کبد با طول چنگالی همبستگی معنی‌دار وجود دارد. رابطه بین غلظت فلزات سنگین با وزن کل در هر دو بافت کبد و عضله برای مس، منیزیم، آهن و روی همبستگی معنی‌دار وجود دارد و برای فلز آهن در بافت عضله این همبستگی معنی‌دار است. بین غلظت فلز نیکل در هر دو بافت با طول چنگالی و وزن کل رابطه معنی‌داری وجود نداشت.

جدول ۱: مشخصات آماری غلظت فلزات سنگین در بافت عضله و کبد ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (میکروگرم برگرم وزن تر)

فلز	بافت	حداکثر	حداقل	میانگین	انحراف معیار
مس	کبد	٤/۹۱	۰/٤	۱/۵۳[a]	۱/۱
	عضله	۰/۹۸	۰/۱۵	۰/۵۱[b]	۰/۲۳
منیزیم	کبد	۹/۹٤	۰/۳۵	۳/۷[a]	۲/۸۷
	عضله	۱۳/۹۵	٤/۰۲	۷/۵۷[b]	۲/۹۱
آهن	کبد	۰/٤۸	۰/۱۲	۰/۲۸[a]	۰/۰۸
	عضله	۰/٦۵	۰/۰۲	۰/۰٦[b]	۰/۱
روی	کبد	۸/۹۷	۲/۱۳	٤/۵۲[a]	۱/٦
	عضله	۱/۹۸	۰/۳۵	۱/۰۵[b]	۰/٤٤
نیکل	کبد	۰/۰۷	۰/۰۲	۰/۰٤[a]	۰/۱٦
	عضله	۰/۰٦	۰/۰۱	۰/۰۳[b]	۰/۰۱

حروف متفاوت در ستون مربوط به هر فلز نشانه تفاوت معنی‌داری در سطح ۰/۰۵ است.

جدول ۲: نتایج تحلیل همبستگی پیرسون بین غلظت فلزات سنگین هر بافت با طول چنگالی (میلی‌متر) و وزن کل (گرم)

فلز	بافت	طول چنگالی		وزن کل	
		r	P_Value	r	P_Value
مس	کبد	۰/۲۰۳	۰/۱۲	۰/۵۱۲**	۰
	عضله	۰/۴۱۸**	۰/۰۰۱	۰/۵۳۱**	۰
منیزیم	کبد	۰/۳۳۲**	۰/۰۱۰	۰/۵۷۴**	۰
	عضله	۰/۳۵۰**	۰/۰۰۶	۰/۵۹۷**	۰
آهن	کبد	۰/۱۱۸	۰/۳۶۹	۰/۰۳۸	۰/۷۷۱
	عضله	۰/۰۹	۰/۴۹۵	۰/۳۱۴*	۰/۰۱۴
روی	کبد	۰/۲۶۲*	۰/۰۴۳	۰/۵۱۲**	۰
	عضله	-۰/۰۳۲	۰/۸۱۰	۰/۳۴۷**	۰/۰۰۷
نیکل	کبد	-۰/۰۲۶	۰/۸۴۴	۰/۲۱۷	۰/۰۹۶
	عضله	۰/۰۲۶	۰/۸۴۲	۰/۱۲۷	۰/۳۳۳

*همبستگی در سطح ۰/۰۵ معنی‌دار است.

**همبستگی در سطح ۰/۰۱ معنی‌دار است.

جدول ۳: نتایج تحلیل همبستگی پیرسون بین غلظت فلزات سنگین (میکروگرم برگرم وزن تر)

	مس	منیزیم	آهن	روی	نیکل
مس	۱				
منیزیم	۰/۵۵۸**	۱			
آهن	-۰/۲۴۳	۰/۰۸۸	۱		
روی	۰/۷۰۵**	۰/۴۶۴**	-۰/۲۵۳	۱	
نیکل	۰/۱۳۴	۰/۱۵۴	-۰/۰۰۴	۰/۱۴۱	۱

**همبستگی در سطح ۰/۰۱ معنی‌دار است.

در جدول ۳ نتایج آزمون همبستگی پیرسون بین غلظت فلزات آورده شده است. به‌این‌ترتیب بین غلظت مس و منیزیم، مس و روی، منیزیم و روی همبستگی معنی‌داری وجود دارد (P<۰/۰۱) و در بقیه موارد همبستگی معنادار وجود ندارد.

با توجه به نتایج مربوط به محاسبه مجموع شاخص ریسک (NHQ)، برای فلزات مورد بررسی این شاخص با مقدار ۵/۶۰۷ برای بزرگسالان (با وزن ۷۰ کیلوگرم) و ۳۲/۴۱ برای کودکان (با وزن ۱۴ کیلوگرم)، بیانگر این مطلب است که برای استفاده ۲۵ گرم در روز ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان که به‌عنوان میانگین مصرفی تعیین شده توسط سالنامه آمار شیلات ایران (2014) [۲۵] در منطقه موردمطالعه ریسک مصرف وجود دارد. طبق نتایج مقدار حداکثر مصرف مجاز روزانه ۸۸۸/۷ گرم برای بزرگسالان و برای کودکان ۱۷۷/۷ گرم

محاسبه شد (جدول ٤).

جدول ٤: مقادیر شاخص ریسک و حداکثر میزان مجاز مصرف مجاز روزانه عضله ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان

رده سنی	فلز	میانگین غلظت فلز در عضله (C) بر حسب میکروگرم بر گرم	مصرف روزانه (ADD) بر حسب میکروگرم بر گرم در روز	حداکثر مصرف مجاز روزانه (CR) بر حسب گرم	شاخص ریسک (HQ)
	مس	۰/۵۱	۰/۰۲	۵/۵	٤/۵۷۵
بزرگسالان	آهن	۰/۰٦	۰/۰۲۲	۸۱٦/٦	۰/۰۳۲
(۷۰کیلوگرمی)	روی	۱/۰۵	۰/۳۷۵	۲۰	۱/۲۵
	نیکل	۰/۰۳	۰/۰۲	٤٦/٦	۱
	جمع	۱/٦۵	۰/٤۳۷	۸۸۸/۷	۵/٦۰۷
	مس	۰/۵۱	۰/۰٦	۱/۱	۲۳
کودکان	آهن	۰/۰٦	۰/۱۱	۱٦۳/۳	۰/۱٦
(۱٤ کیلوگرمی)	روی	۱/۰۵	۱/۸۷۵	٤	٦/۲۵
	نیکل	۰/۰۳	۰/۰٦	۹/۳	۳
	جمع	۱/٦۵	۲/۱۰۵	۱۷۷/۷	۳۲/٤۱

جدول ۵: مقایسه میزان غلظت فلزات سنگین در تحقیق حاضر با حد مجاز استانداردهای بین‌المللی (میکروگرم بر گرم وزن تر)

استانداردها	مس	منیزیم	آهن	روی	نیکل	منابع
WHO	۱۰	-	۱۰۰	۱۰۰	۰/٤	WHO, 1996[26]
FAO	۳۰	-	۱۰۰	۵۰	-	FAO, 2000[27]
MAFF	۲۰	-	-	۵۰	-	MAFF, 1995[28]
تحقیق حاضر	۰/۸۷	۱۱/۲۳	۰/۵۱	۱/۹۸	۰/۰٤	--

در جدول ۵ مقایسه غلظت‌های اندازه‌گیری شده این تحقیق با حد مجاز استانداردهای بین‌المللی در بافت عضله ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان ذکر شده است که طبق آن مشخص شد، غلظت فلزات مورد بررسی کمتر از حد مجاز استانداردهای سازمان بهداشت جهانی (World Health Organization) [۲٦]، سازمان خواروبار جهانی (Food and Agriculture Organization) [۲۷] و وزارت کشاورزی، شیلات و غذای انگلستان (MAFF) [۲۸] می‌باشد.

بحث

اهمیت اندازه‌گیری غلظت فلزات سنگین در آبزیان به دو مبحث مهم مدیریت اکوسیستم و سلامت غذایی انسان باز می‌گردد. [۲۹] در این پژوهش تجمع فلزاتی مانند مس، آهن، روی، نیکل و سرب در بافت کبد بیش از بافت عضله مشاهده شد.اختلاف در میانگین غلظت فلزات سنگین در بافت های مختلف ماهی توسط محققین زیادی گزارش شده است. [۳۰،۳۱]

قابلیت تجمع پذیری در کبد نسبت به عضله برای فلزات سنگین بیش‌تر می‌باشد. تفاوت تجمع فلزات سنگین در بدن

ماهیان با توجه به شرایط اکولوژیک و زیستی و فعالیت‌های متابولیکی متفاوت است [۳۲]. کبد به دلیل نقشی که در تجمع، انتقال زیستی و دفع آلاینده‌ها دارد، معمولاً میزان فلزات در آن بالا است [۳۳] . در کبد و عضله، پروتئین‌هایی از جمله متالوتیونین‌ها مسئول حذف و خنثی‌سازی عناصر فلزی و آثار سمی آن‌هاست، زیرا پروتئین‌های دیگری در داخل سلول نقش آنتی‌اکسیدانی غیر آنزیمی از جمله گلوتاتیون را بازی می‌کنند [۳۴] .کبد در ابتدا فلزات را از پلاسمای خون استخراج، در خود ذخیره و سپس آن‌ها را به ترکیبات ساده‌تر و بی‌ریسک تجزیه می‌کند و از طریق دستگاه گردش خون در بدن پخش می‌کند و مواد غیرضروری را به‌وسیله جریان خون به صفرا منتقل می‌کند [۳۵].بنابراین، موارد بیان شده از دلایل مهم بالا بودن میزان فلزات مورد مطالعه به جز فلز سنگین منیزیم در بافت کبد نسبت به بافت عضله ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان در تحقیق حاضر بود. این موضوع با مطالعات Harkabusova [۳۶] و همکاران، (۲۰۰۹)، Fallah و همکاران، (۲۰۱۱) [۳۷]، Svobodova و همکاران (۲۰۰۲)[۳۸] که بر روی غلظت فلزات سنگین در قزل‌آلای رنگین‌کمان انجام شده مطابقت دارد. همچنین با مطالعاتی که با بررسی فلزات سنگین بر روی دیگر گونه‌های ماهی انجام شده مانند مطالعات Shah و همکاران (۲۰۰۹)[۳۹] و De Rosemond و همکاران (۲۰۰۸)[۴۰] مطابقت دارد.

میزان غلظت فلز ضروری روی بیش از مس در این مطالعه مشاهده شد که این موضوع می‌تواند به دلیل دفع کمتر روی نسبت به فلز مس باشد، از طرفی به دلیل متالوآنزیم‌های روی و آنزیم‌های پروتئینی باشد که موجب تشکیل حلقه‌های پایدار را می‌دهند [۴۱، ۴۲،۲۰]. این نتایج با مطالعه [۳۳] جفتیک و همکاران (۲۰۱۰)، برای فلز مس، آهن، روی و منیزیم با مطالعه حاضر مطابقت دارد. به‌طوری‌که غلظت فلزات مس، آهن و روی در کبد بیشتر از عضله و غلظت منیزیم در بافت عضله بیش‌تر از بافت کبد مشاهده کردند. همچنین با مطالعه [۴۳] جاریک و همکاران (۲۰۱۱) در بررسی فلزات مس، آهن، نیکل و روی در بافت کبد بیش‌تر مشاهده شده است که با مطالعه حاضر مطابقت دارد. میانگین غلظت فلز نیکل در بافت کبد و عضله ماهی نسبت به سایر فلزات سنگین در کم ترین مقدار خود می باشد که از مطالعه سافور و همکاران (۲۰۱۲) که سطوح فلزات سنگین (Cd, Ni, Zn) و ارزیابی خطر آن در عضله برخی ماهیان خوراکی رودخانه بنگشی (Bangshi) بنگلادش بررسی کردند و روند تجمع فلزات بر مبنای غلظت را بصورت روی> نیکل> کادمیوم گزارش کردند[۴۴]، تا حدودی پیروی دارد. با توجه به این مطلب که یکی از اهداف مهم این پژوهش، مطالعه و بررسی ارتباط بین ویژگی های زیستی ماهی همچون طول چنگالی و وزن با میزان جذب فلزات سنگین در بافت عضله و کبد می باشد، لذا نتایج آزمون همبستگی پیرسون بین غلظت فلزات سنگین با طول چنگالی و وزن کل نشان داد که منیزیم در هر دو بافت کبد و عضله، همبستگی معنی‌داری قوی و مثبتی وجود دارد و در مورد فلز نیکل هیچ‌گونه همبستگی مثبتی در هر دو بافت با طول چنگالی و وزن کل وجود ندارد. همچنین برای فلز مس همبستگی قوی در بافت عضله با طول چنگالی و وزن کل وجود دارد، اما در بافت کبد فقط با وزن کل رابطه معنادار وجود دارد. فلز آهن نیز در بافت عضله با وزن کل همبستگی مثبت وجود دارد. آهن جز عناصر ضروری بدن می باشد که افزایش میزان آن با افزایش وزن بافت عضله را می توان به خون رسانی بیش تر بدن به این بافت نسبت داد. فلز روی نیز همبستگی در هر دو بافت با وزن کل وجود دارد و طول چنگالی با بافت کبد ارتباط معناداری وجود دارد. میزان تجمع فلزات معمولاً با افزایش وزن و طول بدن افزایش می‌یابد. نتایج حاصل از پژوهش آیسه (۲۰۰۳) که بر روی دو گونه *Mugil cephalus* و *Sparus aurata* انجام پذیرفت، مشخص نمود که بین غلظت فلزات سنگین آهن، مس، نیکل، کروم، سرب و روی در بافت های عضله و پوست با اندازه بدن

(طول کل و وزن بدن) ارتباط مثبت و معنی داری وجود دارد[45]. ارتباط بین غلظت فلزات با وزن و طول بدن دلایلی از جمله سرعت متابولیسم و سرعت رشد بافت‌ها همچنین عادات تغذیه‌ای در طول دوره رشد عنوان کرده‌اند [46، 47]

نتیجه‌گیری

در جمع بندی نهایی، با وجود اینکه مقایسه میزان غلظت فلزات سنگین مس، آهن، روی، منیزیم و نیکل در تحقیق حاضر با حد استاندارد WHO، USEPA و FAO نشان داد، غلظت فلزات مذکور کمتر از حد مجاز است. اما نتایج ارزیابی شاخص ریسک مصرف این ماهی را محدود می‌نماید. به‌طوری‌که میزان برآورد شاخص ریسک برای فلزات مس و روی بیش از یک به دست آمد که می‌تواند نشان‌دهنده این مطلب باشد که مصرف ماهی قزل‌آلای موردمطالعه با نرخ کنونی مصرف (۲۵ گرم در روز) برای مصرف‌کنندگان آن‌ها در این مناطق ریسک های آشکاری را به همراه دارد. میزان شاخص ریسک بیش‌تر از یک بیانگر این است که افراد مصرف‌کننده در اثر مصرف ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان در معرض میزان بیش‌تری از دوز مواجهه قرار می‌گیرند. در مجموع با توجه به جمع شاخص ریسک، حد مجاز مصرف این ماهی به میزان ۸۸۸/۷ گرم در روز برای بزرگسالان و ۱۷۷/۷ گرم در روز برای کودکان محاسبه شد. با این وجود میزان برآورد شاخص ریسک یک میزان نسبی و محافظه‌کارانه است که می‌تواند تا حدودی امکان وجود ریسک را برای ما آشکار کند و به‌عنوان یک شاخص مناسب مورد استفاده قرار گیرد[16].

Reference

1. Rana SVS. Environmental pollution (health and toxicology). Alpha Sci Int Limit, Oxford U.K. 2006: 269.
2. Saxena M, Saxena HM, Sangha GK, Kaur K. Effect of heavy metal pollution of water on total plasma proteins and serum protein profiles of Common Carp fish (Cyprinus carpio). J Vet Med 2009; 5(2): unpaginated.
3. Marijic VF, Raspor B. Metal exposure assessment in native fish, Mullus barbatus L., from the Eastern Adriatic Sea. J Toxicol Lett 2007; 168(3): 292-301.
4. Demirezen D, Uruç K. Comparative Study trace elements in certain fish meat and meat products. J Meat Sci 2006; 74(2): 255-60.
5. Aghazadeh MM. Biotoxins present in aquatic animals and their complications. Iran J Vet Soc 2005; 14: 22-35.
6. Moghadasian MH. Advances in dietary enrichment with n-3 fatty acids. J Crit Rev Food Sci Nutr 2008; 48(5): 402-10.
7. Xie Y, Chen Tb, Lie M, et al. Spatial distribution of soil heavy metal pollution estimated by different interpolation methods: Accuracy and uncertainty analysis. Chemosphere 2011; 82(3): 468–76.
8. Lashkari Moghaddam NN, Rabbani M, Panahi AE. Investigating the amounts of heavy metals (zinc, cobalt, nickel and cadmium) in canned tuna and its oil. J Mar Sci Technol Res 2008; 3(2): 78-84. [In Persian].
9. Khayatzadeh J, Abbasi E. The Effects of Heavy Metals on Aquatic Animals. The 1st International Applied Geological Congress; 26-28 April 2010; Department of Geology; Islamic Azad University of Mashad, Iran. [In Persian].
10. FDA (Food and Drug Administration). Dietary reference intakes for vitamin A, vitamin K, arsenic, boron, chromium, copper, iodine, iron, manganese, molybdenum, nickel, silicon, vanadium, and zinc. Report of the Panel on Micronutrients. National Academy Press, Washington DC, Food and Drug Administration. Center for Food Safety and Applied Nutrition; Dietary supplements. 2001.
11. Powers KM, Smith-Weller T, Franklin GM, et al. Parkinson's disease risks associated with dietary iron, manganese, and other nutrient intakes. J Neurol 2003; 60(11):1761-6.
12. Berlin M. Handbook of the Toxicology of Metals. 4th edition. Elsevier, 2014: 1542.
13. Witteman JC, Willett WC, Stampfer MJ, et al. A prospective study of nutrional factors and hypertension among US woman. Circulation 1989; 80(5): 1320-7.
14. Morris RC, Sebastian A. Potanssium responsive hypertension In: Laragh JH, Brenner BM, editors Hypertension. pathophysiology, diagnosis and management. Raven Press, 1995: 311.

15. Mazdeh M, Torabian S. Comparison of Serum Levels of Magnesium and Potassium in Stroke Patient and Healthy Controls. J Fasa Univ Med Sci 2011; 1(2): 65-71.

16. Yi Y, Yang Z, Zhang S. Ecological risk assessment of heavy metals in sediment and human health risk assessment of heavy metals in fishes in the middle and lower reaches of the Yangtze River basin. J Environ Pollut 2011; 159(10): 2575-85.

17. USEPA, Guidance for Assessing Chemical Contaminant, Data for Use in Fish Advisories.Risk assessment and fish consumption limits; US Environmental Protection Agency 2000.

18. Yeganeh M. Modeling the process of accumulation of heavy elements in surface soils of Hamedan province and determining the risk of it for human health. Isfahan University of Technology 2012: 250. [dissertation]. [In Persian]

19. Ma J, Singhirunnusorn W. Distribution and Health Risk Assessment of Heavy Metals in Surface Dusts of Maha Sarakham Municipality. J Procedia Soc Behav Sci 2012; 50: 280–93.

20. Mansouri B, Maleki A, Azadi N, et al. Food Risk Assessment of Heavy Metals in Consumption of Common Carp in Zarivar Wetland. J Mazandaran Univ Med Sci 2017; 26(146): 201-5. [Persian]

21. Usero J, Izquierdo C, Morill J, Gracia I. Heavy metals in fish (Solea vulgaris, Anguilla anguilla and liza aurata) from salt marshes on the southern Atlantic coast of Spain. J Environ Int 2004; 29(7): 949-56.

22. Taghavi Jelodar H, Sharifzadeh Baei M, Najafpour Sh, Fazli H. The Comparison of Heavy Metals Concentrations in Different Organs of Liza aurata In habiting in Southern Part of Caspian Sea. J World Appl Sci 2011; 96-100.

23. Ardalan AA, M.Sharif A, Farahani Z. Trace elements accumulation and nutritive value in muscle tissue of golden mullet from the Kiashahr Port (Caspian Sea). J Adv Environ Biol 2012; 6(1): 232-5.

24. Voegborlo RB, Akagi H. Determination of mercury in fish by cold vapor atomic absorption spectrometry using an atomic mercury analyzer. J Food Chem 2007; 100(2): 853-62.

25. Iranian Fisheries Organization Statistical Yearbook 2001-2011. Iranian Fisheries Organization Department of Planning and Development Management, the Office of Management and Budget; 2014. [In Persian]

26. WHO (World Health Organization). Health criteria other supporting information. Guidelines for Drinking Water Quality; 1996.

27. FAO (Food and Agriculture Organization). Compilation of legal limits for hazardous substances in fish and fishery products. FAO Fishery Circular. Rome Food and Agriculture Organization of the United Nations; 2000.

28. MAFF, 1995. Monitoring and surveillance of nonradioactive contaminants in the aquatic environment and activities regulating the disposal of wastes at sea, 1993. Aquatic Environment Monitoring Report. Lowestoft: Direcorate of Fisheries Research; 1993.

29. Dural M, Goksu MZL, Ozak AA. Investigation of heavy metal levels in economically important fish species from the Tuzla lagoon. J Food Chem 2007; 102: 415-21.

30. Canli M, Atli G. The relationship between heavy metal (Cd, Cr, Cu, Fe, Pb, Zn) levels and the size of six Mediterranean fish species. J Environ Pollut 2002; 121(1): 129-36.

31. Goyer R. Toxic Effects of Metals In: Amdur MO, Doull JD, Klaassen CD, Eds. Casarett & Doull's Toxicology, Pergamon Press. 4th Edition. New York, 1991: 623-80.

32. Visnjic-Jeftic Z, Jaric I, Jovanovic L, et al. Heavy metal and trace element accumulation in muscle, liver and gills of the Pontiac shad (Alosa immaculata Bennet 1835) from the Danube River (Serbia), J Microchem 2010; 95(2): 341–9.

33. Rao LM, Padmaja G. Bioaccumulation of heavy metals in M. cyprinoids from the harbor waters of Visakhapatnam. J Bull Pure Appl Sci 2000; 19(2): 77–85.

34. 35. Blázovics A, Abaza M, Sipos P, et al. Biochemical and morphological changes in liverand gallbladder bile of broiler chicken exposed to heavy metals (cadmium, lead, mercury). J Trace Elem Electrolytes 2002; 19(1), 42-7.

35. Harkabusová V, Macharáčková B, Čelechovská O, Vitoulová E. Determination of Arsenic in the Rainbow Trout Muscle and Rice Samples. Czech J Food Sci 2009; 27: 404-6.

36. Svobodova Z, Celechovska O, Machova J, Randak T. Content of arsenic in market–ready rainbow trout (Oncorhynchus mykiss). Acta Vet. Brno 2002; 71: 361–7.

37. Fallah AA, Saei-Dehkordi SS, Nematollahi A, Jafari T. Comparative study of heavy metal and trace element accumulation in edible tissues of farmed and wild rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) using ICP-OES technique. Microchemical J 2011; 98: 275–9.

38. Shah AQ, Kazi T, Arain MB, Jamali MK, et al. Accumulation of arsenic in different fresh water fish species – potential contribution to high arsenic intakes. Food Chem 2009; 112: 520–4.

39. De Rosemond S, Xie Q, Liber K. Arsenic concentration and speciation in five freshwater fish species from Back Bay near Yellowknife, NT, Canada. Environ Monit and Assess 2008; 147:199-210.

40. 41. Kendrick MH, May MT, Plishka MJ, Robinson KD. Metals in biological systems. England: Ellis Horwood Ltd 1992: 183.

41. 42. Schriver DF, Atkins PW, Longford CH. Inorganic

chemistry. Oxford: Oxford University Press. New York, 6th edition. Freeman and Company 2014: 875.

42. Jarić I, Višnjić-Jeftić Z, Cvijanović G, et al. Determination of differential heavy metal and trace element accumulation in liver, gills, intestine and muscle of sterlet (Acipenser ruthenus) from the Danube River in Serbia by ICP-OES. J Microchem 2011; 98(1): 77–81.

43. 44. Rahman MS, Molla AH, Saha N, Rahmanc A. Study on heavy metals levels and its risk assessment in some edible fishes from Bangshi River, Savar, Dhaka, Bangladesh. J Food Chem 2012; 134(4), 1847–54.

44. Yilmaz AB. Comparison of heavy metal level of grey Mullet (Mugil cephalus L.) and Sea Bream (Sparus aurata L.) caught in Iskenderun Bay. J Environ Sci 2003; 25(2): 115- 48.

45. Leung PTY, Ip JCH, Mak SST, et al. De novo transcriptome analysis of Perna viridis highlights tissue-specific patterns for environmental studies. J BMC Genomics 2014; 15(1): 1-14.

46. Pourang N, Nikouyan A, Dennis JH. Trace element concentrations in fish, surficial sediments and water from northern part of the Persian Gulf. J Environ Monit Assess 2005; 109(1-3): 293–316.