13 (2) 287-294, Summer 2021

Journal of Animal Environment
(AEJ)
Journal homepage: http://www.aejournal.ir

Original Research Paper

Assessment of some heavy metals concentrations in substrate sediments and muscle of farmed Rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) on the margin of Bashar River (kohgiluyeh-Boyerahmad)

Abolhasan Rastiannasab

[1] *Shahid Motahary Cold Water Fishes Genetic and breeding Research Center of Yasoj, Iranian Fisheries Science Research Institute, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Yasoj, Iran*

Key Words

Heavy elements
Rainbow trout
Beshar River

Abstract

Introduction: The dilemma of contaminating water resources with heavy metals has doubled the need to measure heavy metals in fish that reach in the food cycle to the human ecosystem. This study was conducted to determine the concentration of heavy metals (lead, mercury and cadmium) in sediments and trout flesh farmed on the banks used water of the Beshar River in Kohgiluyeh and Boyerahmad province.

Materials & Methods: To measure the heavy metals, randomly sample river sediments in the entrance area of water inlet two rainbow trout farms in the lower part of the Beshar River and downstream of Yasouj and muscle tissue of fish in these farms. The total number of sediment samples and fish muscle were 64 samples (32 sediment samples and 32 fish samples). After transferring the samples to the laboratory and preparing, the atomic absorption apparatus was used according to the standard method to determine the concentration of heavy metals.

Result: The mean concentrations of mercury, cadmium and lead in fish muscle of the farms of Beshar River were 0.12±0.04, 0.0041±0.0015 and 0.08±0.01 mg / kg, respectively. Concentrations of mercury, cadmium and lead in the trout of the Beshar rivers are below the FAO, EC, MAFF and FDA standards.

Conclusion: Based on the results of this research and this situation, the fish of the farms of the margin of Beshar River is healthy for human consumption and free from heavy metal contamination based on the world standards.

* Corresponding Author's email: a.rastian@areeo.ac.ir

Received: 26 March 2020; Reviewed: 9 May 2020; Revised: 23 July 2020; Accepted: 13 August 2020
(DOI): 10.22034/aej.2021.138294

مقاله پژوهشی

ارزیابی میزان تجمع برخی فلزات سنگین در رسوبات بستر و عضله قزل‌آلای رنگین‌کمان پرورشی (*Oncorhynchus mykiss*) حاشیه رودخانه بشار (استان کهگیلویه و بویراحمد)

ابوالحسن راستیان‌نسب

مرکز تحقیقات ژنتیک و اصلاح نژاد ماهیان سردابی شهید مطهری یاسوج، موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، یاسوج، ایران

کلمات کلیدی

عناصر سنگین
ماهی قزل‌آلا
رودخانه بشار

چکیده

مقدمه: معضل آلودگی منابع آب‌های جاری به فلزات سنگین، ضرورت سنجش فلزات سنگین در ماهیان را که در چرخه غذایی به اکوسیستم انسانی می‌رسد، دو چندان نموده‌است. این تحقیق به‌منظور تعیین غلظت فلزات سنگین (سرب، جیوه و کادمیوم) در رسوبات و ماهیان قزل‌آلای پرورشی در حاشیه رودخانه بشار در استان کهگیلویه و بویراحمد انجام‌شد.

مواد و روش‌ها: به‌منظور اندازه‌گیری میزان عناصر سنگین ذکرشده در رسوبات رودخانه در محدوده ورودی دو مزرعه پرورشی قزل‌آلا رنگین‌کمان در منطقه سفلی رودخانه بشار و پایین‌دست شهر یاسوج و نیز بافت عضله ماهیان پرورشی این دو مزرعه نسبت به نمونه‌گیری تصادفی اقدام‌گردید. تعداد کل نمونه‌های رسوبات و عضله ماهی مزارع پرورش ماهی مورد نظر ٦٤ نمونه (۳۲ نمونه رسوب و ۳۲ نمونه ماهی) می باشد. پس از انتقال نمونه‌ها به آزمایشگاه و آماده‌سازی نمونه‌ها، از دستگاه جذب اتمی مطابق با روش استاندارد برای تعیین غلظت عناصر سنگین استفاده گردید.

نتایج: میانگین غلظت فلزات سنگین جیوه، کادمیوم و سرب در عضله ماهیان مزارع حاشیه رودخانه بشار به‌ترتیب ۰/۰٤±۰/۱۲، ۰/۰۰۱۵±۰/۰۰٤۱ و ۰/۰۱±۰/۰۸ میلی‌گرم در کیلوگرم می‌باشد. غلظت عناصر سنگین جیوه،کادمیوم و سرب در عضله ماهیان قزل‌آلا پرورشی حاشیه رودخانه بشار کم‌تر از حد مجاز استاندارد جهانی FAO، EC، MAFF و FDA می‌باشد.

نتیجه‌گیری و بحث: براساس نتایج این بررسی، ماهیان پرورشی مزارع حاشیه رودخانه بشار در وضعیت کنونی جهت مصارف انسانی سالم و بدون آلودگی به فلزات سنگین می‌باشند.

* پست الکترونیکی نویسنده مسئول: a.rastian@areeo.ac.ir

تاریخ دریافت: ۷ فروردین ۱۳۹۹؛ تاریخ داوری: ۳۰ اردیبهشت ۱۳۹۹؛ تاریخ اصلاح: ۲ مرداد ۱۳۹۹؛ تاریخ پذیرش: ۲۳ شهریور ۱۳۹۹
(DOI): 10.22034/aej.2021.138294

مقدمه

کشور ایران با تولید ۳۲۵۰۰۰ تن ماهی پرورشی در سال ۲۰۱۷ رتبه بیستم جهان را به‌خود اختصاص داد که از این میزان تولید، ۴۵ درصد (۱۷۰۰۰۰ تن) متعلق به قزل‌آلای رنگین‌کمان بوده است و سبب قرارگیری ایران در رتبه نخست پرورش این ماهی در سال ۲۰۱۳ شده است (FAO، ۲۰۱۸). استان کهگیلویه و بویراحمد با تولید ۱۷۰۰۰ تن ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان در تعداد ۲۳۰ مزرعه در سال ۱۳۹۶ در بین استان‌های کشور از جایگاه سوم برخوردار بوده است (آمار شیلات استان کهگیلویه و بویراحمد، ۱۳۹۷). همگام با رشد تقاضا، افزایش روند آلودگی اکوسیستم رودخانه‌ای به‌شکل جدی، احتمال بروز مشکل کیفی در این منبع ارزشمند غذایی را تشدید کرده است (Pourang و همکاران، ۲۰۰۵). ماهیان به‌طور مداوم در معرض انواع آلودگی‌ها ازجمله فلزات سنگین قرار دارند. این فلزات می‌توانند در بافت‌های ماهی به‌میزان متفاوت تجمع یابند که به اندازه و سن ماهی بستگی دارد (Burger و همکاران، ۲۰۰۲؛ Burger و همکاران، ۲۰۰۴؛ Mohammadi و همکاران، ۲۰۱۱؛ Demirezen و همکاران، ۲۰۰۶). بنابراین ماهی شاخص زیستی مناسبی جهت سنجش غلظت فلزات سنگین در اکوسیستم های آبی است (Keskin و همکاران، ۲۰۰۷). فلزات سنگین به‌عنوان یک مسئله خطر ساز از ابعاد مختلف و به‌طور جدی می‌توانند محیط زیست انسان و سایر موجودات زنده را به‌خطر بیاندازند. یکی از عمده‌ترین منابع تولیدکننده این عوامل پساب فاضلاب و کارخانجات صنعتی می‌باشند ولی در کنار این‌ها، انسان خود به‌اشکال مختلف مانند صنایع رنگرزی، آبکاری فلزات و باطری‌سازی در انتشار فلزات سنگین نقش دارد (رضایی، ۱۳۸۴). حضور این عوامل در محیط زیست در درازمدت منجر به کاهش توان تولیدمثلی آبزیان، مشکلات تنفسی و عصبی شده و در ضمن با توجه به تجمع آن در بدن (تجمع زیستی) و انتقال آن‌ها به مصرف‌کنندگان بعدی ازجمله انسان می‌تواند عوارض غیرقابل جبرانی را ایجاد نماید. بررسی میزان این فلزات در رسوبات و عضله ماهیان مزارع پرورشی از نظر مقایسه‌ای می‌تواند راه کار مناسبی در نحوه استفاده از این منابع آبی و یا حتی ماهیان مورد پرورش در این آب‌ها در اختیار ما قرار دهد.رودخانه بشار از جنوب‌شرقی بویراحمد(کوه‌های سپیدان و ممسنی در استان فارس) سرچشمه گرفته و به سوی شمال شرقی بویراحمد سفلی پیش می‌رود.رودخانه بشار یکی از سرشاخه‌های مهم تامین‌کننده آب رود کارون محسوب شده و سالانه بیش از یک و نیم میلیارد مترمکعب آب مربوط به بارندگی‌های سلسله جبال زاگرس را از طریق دره‌های پر پیچ و خم کهگیلویه و بویراحمد به دشت‌های خوزستان و از آن‌جا به خلیج فارس انتقال می‌دهد. این رودخانه بشار از مجاورت شهر یاسوج عبور نموده و کل فاضلاب شهر یاسوج را پس از عبور از تصفیه‌خانه دریافت می‌نماید. هم‌چنین فاضلاب بیمارستان امام سجاد، کارخانه قند و آرد و نشاسته و سایر فاضلاب‌های شهری و خانگی به این رودخانه وارد می‌گردد. خشکسالی‌های اخیر و کاهش دبی آب رودخانه غلظت عناصر ورودی به‌رودخانه از طریق فاضلاب‌ها را دوچندان نموده است. براساس تحقیقات انجام شده توسط آتش‌سودا و همکاران (۱۳۹۲) غلظت برخی از عناصر سنگین در آب رودخانه بشار در حد متوسط و برخی عناصر دارای غلظت بالا و بیش از استانداردجهانی می‌باشند. به‌طوری‌که متولیان امر درسازمان محیط‌زیست، وضعیت رودخانه بشار را مرگبار گزارش نموده‌اند (پایگاه خبری دنا نما، کد خبر: ۵-۸۹۱۴-۹۶۴ مورخ ۲۷ تیر ۱۳۹۶). نتایج آنالیزها نشان داد که غلظت فلزات Zn و Cu در رودخانه بشار در اغلب ایستگاه‌ها بالاتر از متوسط غلظت آن‌ها در رودخانه‌های دنیا بوده و غلظت این دو فلز در رودخانه بشار تحت تأثیر تخلیه فاضلاب‌های شهری، خانگی، پساب حوضچه‌های پرورش ماهی و رواناب زمین‌های زراعی به‌ویژه در محدوده شهر یاسوج قرار داشت. براساس مطالعه رخ افروز و میرزایی‌محمودآبادی (۱۳۹۵) میانگین غلظت فلزات آرسنیک، کادمیوم و سرب در آب رودخانه بشار در برخی مناطق بالاتر از استاندارد سازمان بهداشت جهانی بوده است. روند تغییرات و منشاء احتمالی سرب، کروم، نیکل، کادمیوم، روی و مس آب رودخانه بشار در استان کهگیلویه و بویراحمد توسط ایاسه و همکاران (۱۳۹۲) بررسی شد. براساس نتایج این بررسی، ضمن هبستگی مثبت بین بیش‌تر این عناصر، بیش‌ترین مقدار مربوط به عنصر کروم و کم‌ترین مقدار مربوط به‌عنصر کادمیوم بود. براساس یافته‌های این بررسی، رسوبات بستر این رودخانه از نظر عناصر سرب، کروم، نیکل، روی و مس دارای آلودگی متوسط و از نظر کادمیوم دارای آلودگی شدید بوده‌اند. کلاسه‌بندی کیفی آب رودخانه بشار براساس شاخص‌های زیستی توسط راستیان‌نسب (۱۳۷۷) انجام شد. براساس نتایج این بررسی، آب رودخانه در محدوده پل مختار در کلاسه کیفی با آلودگی متوسط و در نواحی روستای دهنو در ناحیه بدون‌آلودگی قرار گرفت. فدایی‌فرد و همکاران (۱۳۸۹) از چهار مزرعه پرورش ماهی قزل‌آلا رنگین‌کمان در استان چهارمحال بختیاری غلظت عناصر آهن و سرب را اندازه‌گیری نمودند. براساس نتایج این بررسی، غلظت این عناصر در عضله این ماهیان کم‌تر از حد استاندارد بود. سیف‌زاده و همکاران (۱۳۹۶)میزان تجمع فلزات سنگین(سرب، کادمیوم) در بافت خوراکی عضله ماهیان سردآبی (قزل‌آلا رنگین‌کمان پرورشی) در نواحی تالش و رودسر استان گیلان را کم‌تر از استانداردهای جهانی گزارش نمودند. غلظت فلز آرسنیک در ماهی قزل‌آلا رنگین‌کمان پرورشی در دو مزرعه حاشیه رودخانه استان کردستان توسط تحسینی و احمد پور (۱۳۹۸) بررسی شد. براساس نتایج، میانگین غلظت فلز آرسنیک در بافت‌های

کبد و عضله به‌ترتیب۲۸/۱۶ و ۱۵/۶۸میکروگرم برگرم وزن خشک به دست آمد. تجمع آرسنیک در بافت کبد به‌طور معنی‌داری بیش از بافت عضله بود. هم‌چنین نتایج نشان داد بین حوضچه‌های شهرستان کامیاران و سنندج از لحاظ غلظت آرسنیک در بافت‌های مورد مطالعه، تفاوت معنی‌داری وجود نداشت. براساس مطالعه انجام شده توسط تحسینی و همکاران (۱۳۹۷) میانگین غلظت کادمیوم در اندام‌های کبد و عضله ماهی قزل‌آلا رنگین‌کمان به‌ترتیب ۰/۶۲ و ۰/۱۶ میکرو گرم بر گرم وزن تر و سرب ۲۶/۳۱ و ۲۳/۶۵ میکروگرم بر گرم وزن تر به‌دست آمد. میزان سرب اندازه‌گیری شده از بسیاری از غلظت‌های مجاز بین‌المللی بیش‌تر بود. طبیب‌زاده و همکاران (۱۳۹۵) میزان تجمع فلزات سنگین جیوه، کادمیوم و سرب در تخم ماهی، عضله، بچه ماهی انگشت‌قد، ماهی بازاری و مولدین نر و ماده قزل‌آلا رنگین‌کمان پرورشی (*Oncorhynchus mykiss*) استان لرستان را بررسی نمودند. براساس یافته‌های مطالعه انجام شده، میزان عناصر جیوه، کادمیوم و سرب‌درعضله ماهی پرواری به‌ترتیب۰/۰۰۲±۰/۰۲۱، ۰/۰۲۲±۰/۱۱۹ و ۰/۰۳۸±۰/۲۱۴ سنجش گردید. میزان تجمع جیوه، کادمیوم و سرب با افزایش سن و رشد ماهی قزل‌آلا رنگین‌کمان افزایش داشت. با توجه به نتیجه مطالعات مختلف مبنی بر آلودگی آب و رسوبات بستر رودخانه بشار به برخی از فلزات سنگین و افزایش غلظت برخی از این عناصر در آب رودخانه به‌میزان بیش از استاندارد جهانی و بروز آلودگی شدید در رودخانه ناشی از وجود منابع مختلف آلاینده در مجاورت رودخانه و هم‌چنین تامین آب مزارع مختلف پرورش ماهی از طریق رودخانه بشار، احتمال انباشت آلودگی فلزات سنگین در بافت ماهیان پرورشی در این مزارع را مضاعف نموده است. با این وجود، جهت آگاهی از این وضعیت و اطمینان از سلامت آبزیان پرورشی در مزارع مورد نظر، انجام این مطالعه کاملاً ضروری می‌باشد. بنابراین هدف از مطالعه حاضر، اندازه گیری و مقایسه میزان عناصر سنگین در رسوبات و عضله ماهی قزل‌آلا رنگین‌کمان مزارع مختلف در حاشیه رودخانه بشار بوده است.

مواد و روش‌ها

در این مطالعه از رسوبات بستر در مناطق سفلی و پایین‌دست رودخانه بشار و ماهیان دو مزرعه پرورشی قزل‌آلا رنگین‌کمان (مزرعه شمس‌الله‌حسینیان واقع‌در مزدک (ایستگاه‌یک) با موقعیت جغرافیایی ۳۰ درجه، ۴۲ دقیقه و ۳۷ ثانیه عرض شمالی و ۵۱ درجه، ۳۰ دقیقه و ۵۷ ثانیه طول شرقی و مزرعه آقای کاویانی واقع در پاتاوه (ایستگاه دو) با مختصات جغرافیایی جغرافیایی ۳۰ درجه، ۵۵ دقیقه و ۴۳ ثانیه عرض شمالی و ۵۱ درجه، ۱۶ دقیقه و ۳۹ ثانیه طول شرقی در حاشیه رودخانه‌نمونه‌برداری گردید. به‌منظور اندازه‌گیری میزان فلزات سنگین جیوه، سرب و کادمیوم، ۶۴ نمونه از رسوبات و ماهیان طی دو فصل تابستان و زمستان سال ۱۳۹۷ نمونه‌برداری گردید. در هر فصل نمونه‌برداری، یک نمونه (با ۴ تکرار) از رسوبات بستر رودخانه در بالا دست انشعاب آب ورودی مزرعه مورد بررسی و یک نمونه (با ۴ تکرار) در پایین‌دست انشعاب آب خروجی مزرعه و ۸ عدد ماهی با میانگین وزن ۶۰۰ گرم (وزن مناسب جهت انباشت کافی فلزات سنگین) از ماهیان قزل‌آلای رنگین‌کمان پرورشی نمونه‌برداری شده و عملیات نمونه‌برداری برای مزرعه دوم و نیز ۶ ماه بعد (فصل زمستان) شامل نمونه‌برداری از رسوبات بستر رودخانه بشار و ماهیان مزارع تکرار گردید. مزارع پرورشی در مناطقی از مسیر رودخانه بشار مورد بررسی قرارگرفتند که‌در پایین‌دست‌مراکز شهری،صنعتی،مسکونی‌و کشاورزی بوده و احتمال دریافت انواع پسماندها را داشتند. به‌منظور هضم اسیدی نمونه‌ها، جهت سنجش فلزات سنگین، ابتدا با درجه حرارت منهای ۶۰ تا منهای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۴۸ ساعت سرد و به‌سرعت پودر گردیده و سپس فرایند هضم با استفاده از مخلوط اسید شامل ۱۰۰ میلی‌لیتر اسیدنیتریک و ۵۰ میلی‌لیتر اسیدکلریدریک صورت گرفت. در این مرحله، هر یک گرم از هر یک از نمونه‌های پودر شده با ۱۵ میلی‌لیتر مخلوط ذکر شده در بالا ترکیب و بر روی حمام بن‌ماری قرار داده‌شده و پس از تکمیل‌فرایندهضم،به‌منظور جدا کردن ناخالصی، نمونه‌ها توسط کاغذ صافی واتمن فیلتر گردیده و حجم آن‌ها با آب دو بار تقطیر به ۲۵ میلی‌لیتر رسانده شد (Neugebauer و همکاران، ۲۰۰۰). نمونه‌برداری رسوبات با حرکت از عرض رودخانه از سواحل و وسط رودخانه از عمق ۵ تا ۱۵ سانتی‌متری رسوبات بستر برداشت شده و پس از مخلوط نمودن رسوبات، آنالیز نهایی با ۴ تکرار از بستر رودخانه در محدوده هر مزرعه صورت گرفت. ابتدا نمونه‌های رسوب در دستگاه خشک‌کن در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد خشک شده و پس از الک نمودن و دانه‌بندی، رسوبات با اندازه کوچک‌تر از ۶۳ میکرون هضم گردیدند. به‌منظور هضم رسوبات، از روش هضم نمونه‌های خاک و رسوب با حمام شنی یا هیتر استفاده شد. ابتدا ۰/۵ گرم نمونه خشک در بمب‌های تفلونی برچسب‌دار وزن و به‌آرامی ۲/۵ میلی‌لیتر تیزاب‌سلطانی و سپس ۱۵ میلی‌لیتر هیدروفلوریدریک غلیظ به نمونه‌ها اضافه شده پس از یک ساعت قرار گرفتن در دمای محیط، درب بمب‌ها بسته و با حفاظ آلومینیومی پوشانده شده و به‌مدت ۲ ساعت و ۳۰ دقیقه بر روی هیتر قرار گرفتند. در مرحله بعد ۶/۷۵ گرم اسیدبوریک وزن و به بالن حاوی ۲۰ میلی‌لیتر آب دیونیزه اضافه شد. نمونه‌ها پس از خنک شدن به ظرف حاوی بوریک اسید اضافه و به حجم می‌رسید. پس از آماده سازی نمونه‌های رسوب و تهیه هموژن از بافت عضله ماهی، از دستگاه جذب اتمی با سیستم کوره گرافیتی ساخت کمپانی Perkin Elmer مدل Analist ۷۰۰ مطابق با روش

استاندارد برای اندازه‌گیری غلظت فلزات سنگین جیوه، سرب و کادمیوم استفاده گردید. محلول‌های استاندارد با مقادیر مشخص فلزات سنگین و هم‌چنین محلول‌های رفرنس خالی از هرگونه فلزات سنگین جهت کنترل دقت دستگاه جذب اتمی، فرایند صحیح آماده‌سازی نمونه‌ها و عدم آلودگی محلول‌ها استفاده شد(APHA، ۲۰۰۵).

تجزیه‌وتحلیل آماری: تمامی داده‌ها به‌صورت میانگین تکرارها با محاسبه میزان انحراف معیار گزارش شده است. به‌منظور مشخص نمودن همگنی واریانس داده‌ها از آزمون لون (Levene) و نرمال بودن داده‌ها از آزمون کلموگروف- سمیرنوف استفاده شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها در صورت همگنی واریانس داده‌ها به‌کمک آزمون t دو گروه مستقل و نرم‌افزار آماری SPSS V.۲۲ صورت گرفت و در صورت نرمال نبودن داده‌ها از آزمون غیرپارامتری یومن ویتنی استفاده گردید.

نتایج

نتایج حاصل از آنالیز فلزات سنگین در رسوبات بستر رودخانه بشار: براساس نتایج، عنصر کادمیوم کم‌ترین غلظت (۰/۰۰۱±۰/۰۰۴ میلی‌گرم در کیلوگرم) را در رسوبات بستر رودخانه در ایستگاه دو و در فصل تابستان دارا بوده است (جدول۱). بیش‌ترین غلظت عناصر بررسی شده مربوط به جیوه (۳/۱±۹/۸۴ میلی‌گرم در کیلوگرم) در ایستگاه‌دو در فصل‌زمستان می‌باشد.بین‌میانگین‌غلظت عناصر سنگین در ایستگاه‌های نمونه‌برداری و نیز در فصول مختلف تفاوت معنی‌داری مشاهده نگردید (P>۰/۰۵). به‌طورکلی غلظت عناصر سنگین در فصل تابستان در ایستگاه‌های نمونه‌برداری کم‌تر از زمستان می‌باشد.

نتایج حاصل از آنالیز فلزات‌سنگین در عضله‌ماهیان مزارع حاشیه رودخانه بشار: نتایج آنالیز فلزات سنگین در عضله ماهیان مزارع مورد مطالعه در جدول ۲ آمده است. بیش‌ترین غلظت عناصر سنگین مربوط به عنصر جیوه (۰/۲±۰/۱۲ میلی‌گرم در کیلوگرم) در مزرعه‌واقع در ایستگاه‌یک و کم‌ترین‌میزان آن‌متعلق به عنصر کادمیوم در فصل زمستان در هر دو مزرعه در ایستگاه مطالعاتی بوده است (جدول۲). براساس جداول ذکر شده، غلظت عناصر سنگین در عضله ماهیان قزل‌آلا در مزارع مورد مطالعه در فصول مختلف فاقد تفاوت معنی‌دار می‌باشند (P>۰/۰۵).

مقایسه نتایج حاصل از آنالیز فلزات سنگین در عضله ماهیان مزارع حاشیه رودخانه بشار و رسوبات بستر رودخانه: براساس نتایج جدول ۳ در فصل تابستان، تنها در فلز سرب تفاوت معنی‌داری بین میزان این عنصر در رسوبات و عضله ماهیان قزل‌آلای پرورشی وجود داشته، درحالی‌که در فصل زمستان غلظت تمام عناصر در رسوبات‌دارای تفاوت معنی‌داری با غلظت آن‌ها در عضله ماهی بوده است (P<۰/۰۵). براساس جدول ۴ فلز سرب بیش‌ترین غلظت (۶/۱±۹/۳۱ میلی‌گرم در کیلوگرم) را در رسوبات رودخانه دارا بوده و کادمیوم با غلظت (۰/۰±۰۴/۰۱ میلی‌گرم در کیلوگرم) واجد کم‌ترین میزان در بین عناصر بوده است. جیوه با غلظت۰/۰۴±۰/۱۲ میلی‌گرم در کیلوگرم، بیش‌ترین و کادمیوم (۰/۰۰۱۵±۰/۰۰۴۱ میلی‌گرم در کیلوگرم) کم‌ترین میزان را در عضله ماهیان پرورشی دارا می‌باشد. غلظت تمام عناصر سنگین مورد مطالعه در رسوبات بیش‌تر و دارای تفاوت معنی‌داری با میزان عناصر مذکور در عضله ماهیان قزل‌آلای پرورشی بوده است (P<۰/۰۵).

جدول ۱: مقایسه نتایج آنالیز فلزات سنگین (بر حسب میلی‌گرم در کیلوگرم) در رسوبات بستر رودخانه در ایستگاه‌های نمونه‌برداری (انحراف معیار± میانگین)

نام ایستگاه	فصل تابستان			فصل زمستان		
	سرب	کادمیوم	جیوه	سرب	کادمیوم	جیوه
یک (مزدک)	۲±۱ a	۰/۰۰۳±۰/۰۱ a	۰/۰۲±۰/۰۵ a	۲/۲۵±۷/۳۴ a	۰/۰۱±۰/۰۳ a	۵±۲a
دو (پاتاوه)	۳±۱ a	۰/۰۰۱±۰/۰۰۴ a	۰/۰۱±۰/۰۵ a	۲/۱۷±۹/۱۱ a	۰/۰۲±۰/۰۵ a	۹/۸۴±۳/۱ a

*حروف a و b بیانگر معنی‌داری در هر ستون می‌باشد.

جدول ۲: مقایسه نتایج آنالیز فلزات سنگین (برحسب میلی‌گرم در کیلوگرم) در عضله ماهیان مزارع حاشیه رودخانه در ایستگاه‌های نمونه‌برداری (انحراف معیار±میانگین)

نام مزرعه	فصل تابستان			فصل زمستان		
	سرب	کادمیوم	جیوه	سرب	کادمیوم	جیوه
مزرعه شماره۱(مزدک)	۰/۰۲±۰/۱ a	۰/۰۰۴±۰/۰۱ a	۰/۰۱±۰/۰۳ a	۰/۰۳±۰/۱ a	۰/۰۰±۰/۰۰۱ a	۰/۱۲±۰/۲ a
مزرعه شماره۲ (پاتاوه)	۰/۰۴±۰/۱ a	۰/۰۰۷±۰/۰۱ a	۰/۰۵±۰/۱۱ a	۰/۰۲±۰/۰۶ a	۰/۰۰±۰/۰۰۱ a	۰/۰۴±۰/۱۲ a

*حروف a و b بیانگر معنی‌داری در هر ستون می‌باشد.

جدول ۳: مقایسه نتایج آنالیز فلزات سنگین (برحسب میلی‌گرم در کیلوگرم) در رسوبات بستر رودخانه و عضله ماهیان مزارع حاشیه رودخانه در فصول نمونه‌برداری (انحراف معیار±میانگین)

اجزای بررسی شده	فصل تابستان			فصل زمستان		
	سرب	کادمیوم	جیوه	سرب	کادمیوم	جیوه
رسوبات	۰/۸۸±۲/۷ a	۰/۰۰۳±۰/۰۱a	۰/۰۱±۰/۰۵a	۱/۵۳±۸/۴ a	۰/۰۱±۰/۰۴ a	۲/۱±۷/۸۳ a
عضله ماهی	۰/۰۲±۰/۰۹b	۰/۰۰۴±۰/۰۱a	۰/۰۳±۰/۰۷a	۰/۰۱±۰/۰۷b	۰/۰۰±۰/۰۰۱b	۰/۰۵±۰/۱۶b

* حروف a و b بیانگر معنی‌داری در هر ستون می‌باشد.

جدول ۴: مقایسه نتایج آنالیز فلزات سنگین (برحسب میلی‌گرم در کیلوگرم) در رسوبات بستر رودخانه و عضله ماهیان مزارع حاشیه رودخانه (انحراف معیار±میانگین)

اجزای بررسی شده	فلزات سنگین (میلی‌گرم بر کیلوگرم)		
	سرب	کادمیوم	جیوه
رسوبات	۶/۹±۱/۳۱ [a]	۰/۰۴±۰/۰۱ [a]	۶/۳±۱/۸ [a]
عضله ماهی	۰/۰۸±۰/۰۱ [b]	۰/۰۰۴۱±۰/۰۰۱۵ [b]	۰/۱۲±۰/۰۴ [b]

* حروف a و b بیانگر معنی‌داری در هر ستون می‌باشد.

بحث

فلزات سنگین همگام با رشد صنعتی و اقتصادی و تولید ترکیبات مختلف به‌طور ناخواسته به طبیعت وارد شده که برای محیط اطراف و هم برای بشر و سایر جانداران مشکلات و خطرات جدی به‌همراه دارد. فلز سرب بیش‌تر از طریق فاضلاب کارخانجات باطری‌سازی، مهمات‌سازی، ترکیبات نفتی، فاضلاب‌های کشاورزی و غیره وارد آب می‌گردد. کادمیوم از طریق مخازن و لوله‌های گالوانیزه، زائدات صنعتی الکترونیکی، حشره‌کش‌ها، پلاستیک‌ها و رنگ‌ها، باطری‌های نیکل و کادمیوم و غیره وارد آب می‌گردد. سرب در محیط آب بیش‌تر در رسوبات بستر تجمع یافته و میزان آن ۴ برابر بیش‌تر از سرب موجود در آب است. افزایش فلز جیوه در خاک‌ها و رسوبات منابع آبی به میزان زیادی ناشی از سوخت‌های فسیلی و فعالیت‌های صنایع نفت و گاز می‌باشد (Aldrich و Feng، ۲۰۰۰). Oye Wale و Musa (۲۰۰۶) وضعیت فلزات سنگین حوضه پایین سد کانجی که شامل دریاچه‌های کانجی/ جبا در نیجریه می‌باشد را مورد بررسی قرار دادند، بدین‌ترتیب که غلظت آهن و منگنز در نمونه‌های آب به‌ترتیب ۱۳ و ۹ میکروگرم بر لیتر، در رسوبات به‌ترتیب ۷۰۹۲ و ۳۷۶ میکروگرم بر گرم و در ماهی به‌ترتیب ۱۱/۴ و ۴/۶ میکروگرم برگرم بوده که از میانگین بالایی برخوردار بوده است. در نمونه‌های آب میزان تیتانیوم۴/۱ میکروگرم بر لیتر، سرب ۱/۲ میکروگرم بر لیتر، کروم ۲/۲ میکروگرم بر لیتر، کبالت ۱/۲ میکروگرم بر لیتر و مس ۱/۳ میکروگرم بر لیتر بود و در نمونه‌های رسوبات تیتانیوم ۲۷ میکروگرم بر گرم، کروم ۲۷ میکروگرم بر گرم، کبالت ۴۰ میکروگرم بر گرم، نیکل ۳۳ میکروگرم بر گرم، مس ۲۵ میکروگرم بر گرم، روی ۵۹ میکروگرم بر گرم و سرب ۱۹ میکروگرم بر گرم بود. مطالعه و سنجش غلظت فلزات سنگین (سرب، کادمیوم و جیوه) درعضله ماهی کفال پوزه باریک و ارزیابی خطرناشی از مصرف آن توسط آسیابر و همکاران (۱۳۹۲) انجام گردید. نتایج نشان داد میانگین غلظت به‌همراه انحراف معیار در بافت عضله ماهی کفال پوزه باریک مربوط به فلزات سرب و کادمیوم و جیوه به‌ترتیب ۲/۹۶، ۰/۰۰۱۸ و ۰/۰۴۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن خشک می‌باشد. حداکثر غلظت مجاز فلز جیوه در عضله خوراکی ماهیان براساس استانداردهای WHO، FAO، EC، MAFF و FDA به‌ترتیب برابر ۰/۱، ۰/۵، ۰/۵، ۱ و ۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم، سرب به‌ترتیب برابر ۰/۵تا ۱/۵، ۰/۰،۲/۵، ۵ و ۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم و عنصر کادمیوم به‌ترتیب ۰/۲، ۰/۰،۰۵/۵، ۱ و ۰/۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم می‌باشد (European Commission، ۲۰۰۱). پس‌ازمقایسه با استانداردهای‌شاخص ملاحظه گردید که مقدار سرب در عضله کفال پوزه باریک سواحل مرکزی خزر تنها از نظر استاندارد جهانی سازمان وزارت کشاورزی، شیلات و غذای انگلستان (UKMAFF) در حد مجاز بوده و بالاتر از حد مجاز سایر استانداردها می‌باشد و مقدار جیوه و کادمیوم پایین‌تر از مقدار استانداردهای مذکور قرارداشت. براساس مطالعه فلزات سنگین برخی منابع آبی مورد استفاده در مزارع پرورش ماهی قزل‌آلا در استان چهار محال و بختیاری، میانگین میزان فلز سرب در آب ورودی مزارع نیز برابر با ۰/۰۰۲ میلی‌گرم بر لیتر بوده است. میزان عنصر سرب در عضلات ماهیان این مزارع تقریباً ۰/۳۷ میلی‌گرم برکیلوگرم بوده است. به‌طوری‌که در مطالعه ذکر شده میزان به‌دست آمده فراتر از استاندارد (EC) و کم‌تر از حد مجاز سایر استانداردها می‌باشد (خادمی، ۱۳۹۴). غلظت فلزات سنگین جیوه، سرب و کادمیوم در ماهی قزل‌آلا پرورشی مزارع استان گیلان توسط عبادی‌فتح‌آباد و همکاران (۱۳۹۷) سنجش شد. میزان عناصر مذکور در عضله خوراکی ماهی مذکور به‌ترتیب ۰/۰۷±۰/۰۱و۲/۰±۵/۲۴،۰/۳۹±۰/۰۷ میلی‌گرم‌درکیلوگرم‌اندازه‌گیری گردید. براساس نتایج غلظت‌فلزات سنگین در ماهی قزل‌آلای پرورشی در این بررسی، میزان جیوه تنها فراتر از حد مجاز استاندارد سازمان بهداشت‌جهانی(WHO)،سرب از نظر استانداردهای FAOوUKMAFF مجاز بوده و کادمیوم از نظر کلیه استانداردها مجاز می‌باشد. رودخانه بشار دارای جریان آب دائمی بوده به‌طوری‌که در فصول پرآبی طغیان نموده‌و حجم بالایی از گل‌آلودگی ایجاد نموده و رسوبات در بخش‌های پایین‌دست رسوب می‌نماید. بستر رودخانه در محل ایستگاه دو دارای رسوبات ریز و نرم تر نسبت به ایستگاه یک می‌باشد درحالی‌که بستر رودخانه در محل ایستگاه یک دارای ذرات درشت‌تر می‌باشد. رسوبات دانه‌ریز و حاوی مواد الی دارای قدرت جذب و انباشت فلزات سنگین بیش‌تری می‌باشند (Kabata-Pendias و Pendias، ۲۰۰۱) و می‌تواند درافزایش غلظت‌فلزات سنگین‌رسوبات رودخانه بشار در محل ایستگاه دو نسبت به ایستگاه یک موثر باشد. غلظت بالاتر جیوه در رسوبات رودخانه می‌تواند ناشی از رواناب سطحی در اثر بارندگی‌های زمستانی و ورود آلودگی‌های حاوی جیوه به رودخانه ناشی از سوخت‌های فسیلی و آلودگی شهری حاشیه رودخانه و حمل و نقل جاده‌ای نسبتاً طولانی در مجاورت جاده باشد. براساس مطالعات رخ‌افروز و همکاران (۱۳۹۵) میانگین غلظت فلزات آرسنیک، روی، کادمیوم، نیکل و سرب

در آب رودخانه بشار به‌ترتیب۰/۰۵۶، ۱/۲۷، ۰/۰۷۴، ۰/۰۱ و ۰/۰۳۳ میلی‌گرم در لیتر بود. حد مجاز عناصر جیوه، سرب و کادمیوم در آب پرورش ماهی قزل‌آلا کم‌تر از ۰/۱ میلی‌گرم در لیتر می‌باشد (فراهانی، ۱۳۹۴).

جدول۵: مقایسه میزان فلزات سنگین در پوسته زمین (Adamo و همکاران، ۲۰۰۵) و رسوبات رودخانه بشار

	فلزات سنگین (میلی‌گرم بر کیلوگرم)		
	سرب	کادمیوم	جیوه
پوسته زمین	۱۴	۰/۱۵	۰/۰۸۵
رسوبات رودخانه بشار	۶/۹±۱/۳۱	۰/۰۴±۰/۰۱	۶/۳±۱/۸

براساس مطالعات هدایتی‌فر (۱۳۹۱) غلظت فلزات سنگین سرب، کادمیوم و جیوه در ماهیان قزل‌آلا مصرفی در استان لرستان به‌ترتیب ۹۳/۵۵±۲/۰، ۱۵/۴۷±۱/۰ و ۰/۴±۰/۶۸ میلی‌گرم در کیلوگرم بود. بر اساس مطالعه مذکور، فلز کادمیوم فراتر از کلیه استانداردها بوده و جیوه از نظر استانداردهای UKMAFF و FDA مجاز می‌باشد. قمی (۱۳۹۴) میزان سرب و جیوه در عضله ماهی قزل‌آلا رنگین‌کمان پرورشی در رودخانه دوهزار تنکابن را به‌ترتیب ۰/۱۰۷ و ۰/۰۲۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم گزارش نمود. با این وجود میزان سرب فراتر از استاندارد (EC) و جیوه در حد مجاز کلیه استانداردهای جهانی بوده است. غلظت فلزات سنگین در عضله ماهیان رودخانه بشار به‌طور معنی‌داری پایین‌تر از میزان آن‌ها در رسوبات رودخانه می‌باشد. از طرف دیگر، مقایسه میزان فلزات سنگین در عضله ماهیان رودخانه بشار و میزان این عناصر در مطالعات رخافروز و همکاران(۱۳۹۵) حاکی از کاهش غلظت عناصر سنگین در آب رودخانه نسبت به میزان آن‌ها در عضله ماهیان می‌باشد که چنین نسبت‌هایی با نتایج مطالعات برخی منابع آبی مورد استفاده در مزارع پرورش ماهی قزل‌آلا در چهارمحال و بختیاری منطبق است. میانگین غلظت فلزات سنگین جیوه، کادمیوم و سرب در عضله ماهیان مزارع حاشیه رودخانه بشار به‌ترتیب ۰/۰۴±۰/۱۲، ۰/۰۰۱۵±۰/۰۰۴۱ و ۰/۰۱±۰/۰۸ میلی‌گرم در کیلوگرم می‌باشد. غلظت جیوه در عضله ماهی قزل‌آلای پرورشی مزارع حاشیه رودخانه بشار اندکی فراتر از استاندارد سازمان بهداشت جهانی(WHO)، کادمیوم و سرب در عضله ماهیان قزل‌آلای پرورشی حاشیه رودخانه بشار کم‌تر از حد مجاز کلیه استاندارد جهانی ازجمله سازمان بهداشت جهانی (WHO)، کمیسیون اروپا(EC)، وزارت کشاورزی، غذا و شیلات انگلیس (MAFF)، سازمان خواربار جهانی (FAO)و سازمان دارو و غذای آمریکا(FDA) می‌باشد. یافته‌های مطالعات ذکر شده در خصوص سنجش فلزات سنگین جیوه، سرب و کادمیوم، اغلب حاکی از عدم آلوده بودن بافت عضله ماهی قزل‌آلای پرورشی به فلز کادمیوم می‌باشد. ولی با توجه به دامنه وسیع حد مجاز استانداردهای مختلف در رابطه با فلزات مذکور، میزان فلز سرب و جیوه در عضله قزل‌آلای پرورشی در برخی مناطق فراتر از حد مجاز بوده است. با وجود آن‌که غلظت فلزات سرب، و کادمیوم درعضله ماهی قزل‌آلای پرورشی مزارع حاشیه رودخانه بشار در حد مجاز استانداردهای جهانی می‌باشد غلظت فلز جیوه در مطالعه حاضر به‌میزان ناچیزی فراتر از استاندارد WHO بوده، لذا غلظت عناصر سنگین در مطالعه حاضر نسبت به‌میزان آن‌ها در اغلب پژوهش‌های مورد بررسی کم‌تر می‌باشد و دلالت بر سالم بودن این ماهی در مزارع حاشیه رودخانه در وضعیت فعلی بوده، بنابراین مصارف انسانی ماهیان قزل‌آلا رنگین‌کمان پرورشی حاشیه رودخانه بشار مانعی ندارد. رودخانه بشار به‌دلیل شرایط خاص حوضه آبریز و عبور از مناطق شهری و مسیرهای پر تردد جاده‌ای و حمل و نقل عمومی و تامین‌کننده آب مزارع کشاورزی همواره بخش مهمی از فاضلاب شهری و صنعتی را به‌طور مستقیم و فاضلاب خروجی از تصفیه‌خانه فاضلاب شهر یاسوج را به‌طور غیرمستقیم دریافت می‌نماید. شرایط خاص توپوگرافی محل جریان رودخانه و شیب تند مسیر جریان منجر به به خودپالایی آب و ترسیب فلزات سنگین می‌گردد. با این وجود، بار فلزات سنگین در رودخانه در وضعیت کنونی از نظر استانداردهای جهانی در حد مجاز می‌باشد. همین‌طور ماهیان مزارع پرورشی حاشیه رودخانه از نظر مصارف انسانی بدون آلودگی و سالم می‌باشند. شرایط جغرافیایی و توپوگرافی حوزه آبریز رودخانه بشار، وجود مناطق کوهستانی صعب‌العبور در حوزه آبریز و توسعه‌نسبی کم‌تر صنعت و صنایع آلاینده نسبت به سایر مناطق کشور و استان‌های شمالی می‌تواند از دلایل کاهش آلودگی به فلزات سنگین در منابع آبی رودخانه و نیز ماهیان قزل‌آلای پرورشی حاشیه رودخانه محسوب گردد. با این‌وجود، با پیشرفت فناوری، طی روند روز افزون صنعتی شدن و تسهیلات بهره‌برداری از منابع طبیعی، احتمال افزایش بار آلودگی آب و به تبع آن افزایش آلودگی آبزیان پرورشی وجود داشته، لذا تمرکز و کثرت صدور مجوز فعالیت‌های آبزی‌پروری با استفاده از آب رودخانه در پایین‌دست مراکز مسکونی و صنعتی منطقی نیست. لذا استفاده از آب رودخانه به‌صورت غیرمستقیم با استفاده از زه‌کش‌ها توصیه می‌گردد و آنالیز منظم و دوره‌ای وضعیت سلامت ماهیان تولیدی مزارع پرورشی با استفاده از آب رودخانه به‌همراه آنالیز خوراک مزارع حاشیه رودخانه در راستای کنترل آلودگی توصیه می‌گردد.

منابع

۱. **آتش‌سودا، ز.؛ فرقانی‌تهرانی، گ. و جعفری، ه.، ۱۳۹۲.** بررسی آلودگی مس و روی در آب رودخانه بشار و عوامل موثر برغلظت آن‌ها. اولین همایش زمین‌شناسی کاربردی ایران. دانشگاه دامغان.

۲. **آسیابر، ز.م.؛ تقوی، ل.؛ ولی‌نسب، ت. و پورغلام، ر.، ۱۳۹۵.** سنجش غلظت فلزات سنگین (سرب، کادمیوم و جیوه) در عضله

ماهی کفال پوزه باریک و ارزیابی خطرناشی از مصرف آن (مطالعه موردی: آب‌های سواحل مازندران). فصلنامه علوم و تکنولوژی محیط زیست. دوره ۱۸، ویژه نامه ۲، صفحات ۲۲۵ تا ۲۳۹.

۳. **ایاسه، ک.؛ عظیم‌زاده، ح. و شهبازی‌کفراج، ف.، ۱۳۹۲.** روند تغییرات و منشاء احتمالی سرب، کروم، نیکل، کادمیوم، روی و مس آب رودخانه بشار در استان کهگیلویه و بویراحمد. اولین همایش ملی برنامه‌ریزی، حفاظت از محیط زیست و توسعه پایدار . انجمن ارزیابان محیط زیست هگمتانه.

۴. **تحسینی، ه.؛ احمدپور، م. و سینکاکریمی، م.، ۱۳۹۷.** بررسی غلظت سرب و کادمیوم در ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*) و ارزیابی خطر مصرف آن. مجله سلامت و محیط زیست. سال ۱۱، شماره ۲، صفحات ۲۱۵ تا ۲۲۴.

۵. **تحسینی، ه. و احمدپور، م.، ۱۳۹۸.** تعیین غلظت آرسنیک در ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*) و ارزیابی خطر مصرف آن در استان کردستان. فصلنامه محیط زیست جانوری. سال ۱۱، شماره ۲، صفحات ۲۴۱ تا ۲۴۶.

۶. **خادمی، س.ه.، ۱۳۹۴.** بررسی فلزات سنگین در آب ورودی و عضلات ماهیان قزل‌آلای پرورشی در مزارع استان چهار محال و بختیاری. خشاب، امور آب و فاضلاب روستایی استان چهار محال و بختیاری.

۷. **راستیان‌نسب، ا.، ۱۳۷۷.** مطالعه لیمنولوژیک رودخانه بشار در استان کهگیلویه و بویراحمد. پایان‌نامه کارشناسی ارشد شیلات. دانشگاه تربیت مدرس.

۸. **رخافروز، م. و میرزایی‌محمودآبادی، ر.، ۱۳۹۵.** بررسی غلظت فلزات سنگین آب رودخانه بشار شهر یاسوج. همایش ملی مهندسی معماری با محوریت کاهش مخاطرات در بحران‌های طبیعی. تهران.

۹. **رضایی، م.، ۱۳۸۴.** سنجش مقادیر برخی عناصر سنگین در بافت‌های خوراکی و غیرخوراکی ماهی کفال پشت سبز سواحل بوشهر، مجله علوم دریایی ایران. دوره ۴، شماره ۳ و ۴، صفحات ۵۹ تا ۶۴.

۱۰. **سیفزاده، م.؛ گلشاهی، ع.؛ صفی‌یاری، ش.؛ رئوفی، ت. و عباسی‌رنجبر، ک.، ۱۳۹۶.** بررسی میزان تجمع فلزات سنگین (سرب، کادمیوم) در بافت خوراکی عضله ماهیان سرد آبی (قزل‌آلای رنگین کمان پرورشی) در نواحی تالش و رودسر استان گیلان. گزارش نهایی طرح پژوهشی، سازمان تحقیقات و آموزش کشاورزی. شماره ۴.

۱۱. **فدایی‌فرد، ف.؛ رئیسی، ف.م.؛ جلالی‌جعفری، ب. و قاضی عسگر، م.، ۱۳۸۹.** بررسی میزان سرب و آهن در آب، غذا و عضلات ماهیان قزل‌آلای رنگین‌کمان پرورشی استان چهارمحال و بختیاری. مجله دامپزشکی ایران (دانشگاه شهید چمران اهواز)، دوره ۶، شماره ۳، صفحات ۵۹ تا ۶۲.

۱۲. **فراهانی، ر.، ۱۳۹۴.** راهنمای پرورش قزل‌آلا. سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، موسسه تحقیقات شیلات ایران، سازمان بسیج مهندسین کشاورزی و منابع طبیعی پژوهشکده خودکفایی و امنیت غذایی. معاونت ترویج، نشر آموزش کشاورز ی.

۱۳. **قمی، م.، ۱۳۹۴.** بررسی رابطه بین وزن بدن و میزان سرب و جیوه در ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان پرورشی در رودخانه دو هزار تنکابن. فصلنامه فیزیولوژی و تکوین جانوری. دوره ۹، شماره ۱، صفحات ۹ تا ۱۶.

۱۴. **طبیب‌زاده، م.؛ عسکری‌ساری، ا.؛ جواهری‌بابلی، م. و ولایت زاده، م.، ۱۳۹۵.** بررسی تجمع فلزات سنگین جیوه، کادمیوم و سرب در مراحل مختلف رشد ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*). نشریه فن‌آوری‌های نوین در توسعه آبزی پروری. سال ۱۰، شماره ۳، صفحات ۳۹ تا ۴۸.

۱۵. **هدایتی‌فر، ر.، ۱۳۹۱.** اندازه‌گیری میزان فلزات سرب، کادمیوم و جیوه در ماهی سفید و ماهی قزل‌آلا. خلاصه مقالات سومین کنگره عناصر کمیاب ایران. دانشگاه علوم پزشکی کاشان، کاشان

16. **Adamo, P.; Arienzo, M.; Imperato, M.; Naimo, D. Nardi, G. and Stanzion, D., 2005.** Distribution and partition of heavy metals in surface and sub-surface sediments of Naples city port. Chemosphere. Vol. 61, pp: 800-809.

17. **Aldrich, C. and Feng, D., 2000.** Removal of heavy metals from waste water effluents by biosorpitiv flotation. Minerals Engineering. Vol. 13, No. 10, pp: 1199-1138.

18. **APHA. 2005.** Standard methods for the examination of water and wastewater. 21st edition. American Public Health Association, Washington DC.

19. **Burger, J.; Gaines, K.F.; Shne Boring, C.; Stephenes, W.L.; Snodgrass, J.; Dixon, C.; McMahon, M.; Shukla, S.; Shukla, J. and Gochfeld, M., 2002.** Metal levels in fish from the Savannah river: Potential hazards to fish and other receptors. Environmental Research. Vol. 89, pp: 85-97.

20. **Burger, J. and Gochfeld, M., 2004.** Mercury in canned tuna white versus light and temporal variation. Environ. Res. Vol. 96, pp: 239-249.

21. **Demirezen, D. and Uruc, K., 2006.** Comparative Study trace elements in certain fish meat and meat products. Journal of Meat Science. Vol. 74, pp: 255-260.

22. **European Commission (EC). 2001.** Commission Regulation (EC) No 466/2001. Setting maximum levels for certain contaminants in food stuffs. Official Journal of the European Communities, OJ L 77. Vol. 16, No. 3, pp: 1-25.

23. **FAO. 2018.** The State of World Fisheries and Aqua Culture Opportunities and challenges. Rome.

24. **Kabata-Pendias, A. and Pendias, H., 2001.** Trace elements in soils and plants: CRC Press, Boca Raton. 413 p.

25. **Keskin, Y.; Baskaya, K.; Ozyaral, O.; Yurdun, J.; Luleci, N.E. and Hayran, O., 2007.** Cadmium, Lead, Mercury and Copper in fish from the Marmara Sea, Turkey, Bulletin of EnvironmentalContamination and Toxicology. Vol. 78, pp: 258-261.

26. **Mohammadi, M., 2011.** Accumulation of heavy metals cadmium, lead, nickel, mercury in tissues of liver, gill and muscle in fish Barbus Karoon and Dez River. M.Sc. Thesis, Islamic Azad University, Science and Research, Ahwaz. (In Persian)

27. **Neugebauer, E.A.; Sans Cartier, G.L. and Wakeford, B.J., 2000.** Methods for the determination of metals in wildlife tissues using various atomic absorption spectrophotometry techniques. Canadian Wildlife Service. 65 p.

28. **Oye Wale, A.O. and Musa, I., 2006.** pollution assessment of the lower basin of lakes kainji/ Jeebba, Nigeria: heavy metal status of the water. Sediments and fishes. Environmental Geochemistry and Health. Vol. 28, No. 3, pp: 273-281

29. **Pourang, N.; Tanabe, S.; Rezvani, S. and Dennis, J.H., 2005.** Trace elements accumulation in edible tissues of five sturgeon species from the Caspian Sea. Journal of Environmental Monitoring and Assessment. Vol. 100, pp: 89-108.