Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

Journal of Utilization and Cultivation of Aquatics

Online ISSN: 2345-427X
Print ISSN: 2345-4288

Study on bioaccumulation of lead and cadmium heavy metals at edible tissue of cold-water fishes of Golestan province

Naghi Mohammad Khani[1], Seyyed Aliakbar Hedayati[*2], Mohammad Mazandarani[3], Seraj Bita[4], Seyyed Samad Hoseini[5]

1. M.Sc. Student, Dept. of Fisheries and Aquatic Ecology, Faculty of Fisheries and Environmental Sciences, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran. E-mail: n.mohammadkhani52@yahoo.com
2. Corresponding Author, Associate Prof., Dept. of Fisheries and Aquatic Ecology, Faculty of Fisheries and Environmental Sciences, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran. E-mail: hedayati@gau.ac.ir
3. Associate Prof., Dept. of Aquaculture, Faculty of Fisheries and Environmental Sciences, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran. E-mail: mazandarani57@gmail.com
4. Assistant Prof., Dept. of Fisheries, Faculty of Marine Sciences, Chabahar Maritime University, Chabahar, Iran. E-mail: serajbita@yahoo.com
5. Ph.D. Graduate, Dept. of Aquatic Health, Faculty of Veterinary Medicine, Shahid Chamran University, Ahvaz, Iran. E-mail: samad_hosseini@ymail.com

Article Info

Article type:
Full Length Research Paper

Article history:
Received: 10.15.2021
Revised: 10.19.2021
Accepted: 10.24.2021

Keywords:
Bioaccumulation,
Heavy metal,
Pollution,
Trout

ABSTRACT

Monitoring and tracing heavy metals is necessary to compare with existing standards, regarding the input of various pollutant sources, including heavy metals into water resources and eventually accumulation in aquatic organisms. Lead and cadmium were measured in the 80 fish of various sources of water supply (springs, rivers, wells, rivers and sea cages) in the east and west of Golestan province in 2018. After drying and digesting muscular samples in acidic solutions, the amounts of lead and cadmium heavy metals were read using standard atomic absorption spectrometers in different lamps. A study on the mean amount of lead in different fields of salmon farming on the basis of water supply source showed that the amount of lead in the fish muscle of farmed farming with a source of water was much higher than other areas (967 mg/l) and farms in the cage with the lowest 0.013 mg/l. The average of total fish lead in the province was 279 mg/kg, which is lower than the national and international standards. The amount of lead in the water supply sources of the studied farms was less than the virtual limit referred to in various sources. In the case of cadmium, the amounts in water and muscle were also negligible and were outside the detection range of the atomic absorption system, which indicates the health of water and fish in terms of cadmium. Comparison of heavy metal concentrations in Golestan province with other parts of the country showed that this amount was the lowest reported in the country, which indicates the health of Golestan province. Also, comparing the levels of Pb and Cd in salmon in the cages of Golestan province with similar values to other fish in the Golestan province showed that the amount of heavy metals was much lower and had a better health. The levels of lead and cadmium in water and fish was lower than all national and international standards and were below the maximum authorized limit, so no risk to these end-users is noticed by the final consumer.

Cite this article: Mohammad Khani, Naghi, Hedayati, Seyyed Aliakbar, Mazandarani, Mohammad, Bita, Seraj, Hoseini, Seyyed Samad. 2022. Study on bioaccumulation of lead and cadmium heavy metals at edible tissue of cold-water fishes of Golestan province. *Journal of Utilization and Cultivation of Aquatics*, 11 (3), 1-11.

© The Author(s).
DOI: 10.22069/japu.2022.19590.1613
Publisher: Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

نشریه بهره‌برداری و پرورش آبزیان

شاپا آنلاین: ۲۳٤٥-٤۲۷X
شاپا چاپی: ۲۳٤٥-٤۲۸۸

بررسی میزان فلزات سنگین سرب و کادمیوم در بافت عضله ماهیان پرورشی سردآبی استان گلستان

نقی محمدخانی[۱]، سید علی‌اکبر هدایتی*[۲]، محمد مازندرانی[۳]، سراج بیتا[٤]، سید صمد حسینی[٥]

۱. دانشجوی کارشناسی‌ارشد گروه تولید و بهره‌برداری آبزیان، دانشکده شیلات و محیط زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران. رایانامه: n.mohammadkhani52@yahoo.com

۲. نویسنده مسئول، دانشیار گروه تولید و بهره‌برداری آبزیان، دانشکده شیلات و محیط زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران. رایانامه: hedayati@gau.ac.ir

۳. دانشیار گروه تکثیر و پرورش آبزیان، دانشکده شیلات و محیط زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران. رایانامه: mazandarani57@gmail.com

٤. استادیار گروه شیلات، دانشکده علوم دریایی، دانشگاه دریانوردی چابهار، چابهار، ایران. رایانامه: serajbita@yahoo.com

٥. دانش‌آموخته دکتری گروه بهداشت آبزیان، دانشکده دامپزشکی، دانشگاه شهید چمران، اهواز، ایران. رایانامه: samad_hosseini@ymail.com

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله کامل علمی- پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱٤۰۰/۰۷/۲۳
تاریخ ویرایش: ۱٤۰۰/۰۷/۲۷
تاریخ پذیرش: ۱٤۰۰/۰۸/۰۲

واژه‌های کلیدی:
آلودگی،
تجمع زیستی،
فلزات سنگین،
قزل‌آلا

چکیده

با توجه به ورود منابع مختلف آلاینده از جمله فلزات سنگین به منابع آبی و نهایتاً تجمع در بدن آبزیان، پایش و ردیابی فلزات سنگین جهت مقایسه با استانداردهای موجود ضروری می‌باشد. میزان سرب و کادمیوم در ۸۰ نمونه ماهیان مزارع منابع مختلف تامین آب (چشمه، چشمه با نهر جاری، چاه، رودخانه و قفس دریا) در شرق و غرب استان گلستان در سال ۱۳۹۷ اندازه‌گیری شد. پس از خشک نمودن و هضم نمونه‌های عضله در محلول‌های اسیدی، میزان فلزات سنگین سرب و کادمیوم با استفاده از دستگاه جذب اتمی استاندارد در لامپ‌های متفاوت قرائت شد. بررسی میانگین میزان سرب مزارع مختلف پرورش ماهی قزل‌آلا براساس منبع تامین آب نشان داد که میزان سرب در عضله ماهیان پرورشی مزارع با منبع آب رودخانه بسیار بیش‌تر از سایر مناطق بوده (۰/۹٦۷ mg/l) و مزارع پرورش در قفس دریا (۰/۰۱۳ mg/l) از همه پایین‌تر بود. میانگین میزان سرب کل ماهیان استان ۰/۲۷۹ میلی‌گرم بر کیلوگرم بوده است که کم‌تر از حد مجاز استانداردهای ملی و بین‌المللی می‌باشد در خصوص کادمیوم نیز مقادیر در آب و عضله بسیار ناچیز بوده و خارج از محدوده تشخیص دستگاه جذب اتمی بود که بیانگر سلامت آب و ماهی از نظر کادمیوم می‌باشد. مقایسه غلظت فلزات سنگین در ماهیان قزل‌آلای رنگین‌کمان در استان گلستان با سایر مناطق کشور نشان داد که این میزان از پایین‌ترین مقادیر گزارش شده در کشور بوده که بیانگر سلامت کامل

ماهی قزل‌آلا در استان گلستان دارد. مقادیر سرب و کادمیوم در آب و عضله ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان پایین‌تر از تمامی استانداردهای ملی و بین‌المللی بوده و از حداکثر مجاز پیشنهادی کم‌تر بود.

استناد: محمدخانی، نقی، هدایتی، سید علی‌اکبر، مازندرانی، محمد، بیتا، سراج، حسینی، سید صمد (۱۴۰۱). بررسی میزان فلزات سنگین سرب و کادمیوم در بافت عضله ماهیان پرورشی سردآبی استان گلستان. *نشریه بهره‌برداری و پرورش آبزیان*، ۱۱ (۳)، ۱۱-۱.
DOI: 10.22069/japu.2022.19590.1613

ناشر: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

© نویسندگان.

مقدمه

کادمیوم به عنوان یکی از فلزات سنگین و غیرضروری در رشد موجودات زنده و با غلظت کشندگی پائین یکی از سمی‌ترین آلاینده‌ها محسوب می‌شود. کادمیوم ناشی از زائدات صنعتی یا فضولات معدنی از آلوده‌کننده‌های اصلی آب است. افزایش نگرانی‌های بین‌المللی در رابطه با تأثیرات کادمیم بر محیط موجب افزایش توجه به این فلز و تلاش به‌منظور کاهش ورود این آلاینده به محیط‌های دریایی شده است. دلیل اصلی این امر را می‌توان افزایش مقدار فلزات ورودی به مناطق ساحلی دانست که اثرات زیان‌بار این آلاینده، پس از قرار گرفتن موجودات دریایی با آن مشاهده می‌شود (۱). سرب یکی از فلزات سنگین بوده و میزان کاربرد آن در مصارف جهانی بعد از آهن، مس، آلومینیوم و روی قرار دارد. احتراق سوخت‌های موتوری که شامل افزودنی‌های آلکیل سرب باشند به‌عنوان مهم‌ترین منبع انتشار سرب به جو به شمار می‌آیند. ۸۰ الی ۹۰ درصد از سرب موجود در محیط، حاصل از احتراق بنزین سربدار است (۱).

ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*) به علت داشتن سازگاری بالا، در بیش‌تر آب‌های شیرین که دارای دمای مناسب جهت رشد این گونه هستند، یافت می‌شود. پرورش قزل‌آلا در ایران سابقه طولانی دارد به‌طوری‌که بیش‌تر در مراکز تکثیر و پرورش آبزیان جهت آبزی‌پروری مورداستفاده قرار می‌گرید. ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان متعلق به راسته آزادماهی شکلان و متعلق به خانواده (Salmonidae) می‌باشد (۲).

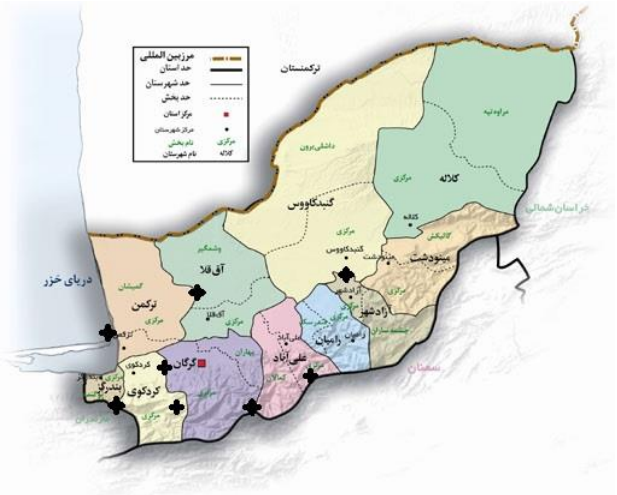
منابع تأمین آب در پرورش ماهی: الف) چشمه: چشمه‌ها دارای مزایا و محاسنی به شرح ذیل می‌باشند: داشتن آب سرد و خنک و عدم نیاز به پمپاژ، عدم وجود ماهیان هرز، عدم وجود گل آلودگی، دمای تقریباً ثابت در طول سال. معایب چشمه‌ها: احتمال کمبود اکسیژن و احتمال وجود گازهای مضر. ب) رودخانه‌ها و نهرها: آب رودخانه‌ها دارای نوسانات دما و آبدهی می‌باشند بنابراین برای برنامه‌ریزی تولید مبنای حداقل آبدهی متوسط چند ساله (۲۰-۱۰ ساله) بررسی می‌گردد. مزایا: دبی مناسب، عدم نیاز به پمپاژ، وجود اکسیژن کافی و عدم وجود گازهای مضر و املاح محلول. معایب: احتمال گل آلودگی، احتمال آلودگی به فاضلاب‌ها، تغییرات دبی، دمای متغیر در طول سال، وجود ماهیان هرز و احتمال وجود بیماری‌های انگلی. ج) چاه‌ها: کیفیت آب‌های زیرزمینی و چشمه‌ها تقریباً مشابه است و این نوع آب‌ها نیز دارای درجه حرارت نسبتاً یکسانی (ثابت) در طول سال و کیفیت فیزیکی و شیمیایی مناسب پرورش ماهی قزل‌آلا می‌باشند. از محاسن آب چاه‌ها عدم آلودگی آن‌هاست و از معایب آن‌ها می‌توان به فوق اشباع بودن گازهایی مانند ازت و دی‌اکسیدکربن و هم‌چنین کمبود اکسیژن، محدودیت دسترسی، هزینه اخذ مجوز و صرف انرژی برای پمپاژ می‌باشد.

از آن‌جایی‌که آب‌های سطحی و زیرزمینی یکی از مهم‌ترین منابع تامین‌کننده آب مورد نیاز سیستم‌های پرورشی ماهی قزل‌آلا می‌باشد، بنابراین آلودگی این منابع می‌تواند اثرات جبران‌ناپذیری بر این گونه مهم پرورشی داشته باشد، بنابراین در پژوهش حاضر میزان آلودگی دو فلز سنگین در منابع مختلف آبی استان گلستان مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

زمان و محل نمونه‌برداری و طرح آزمایش: پژوهش حاضر در زمستان ۱۳۹۶ لغایت بهار ۱۳۹۷ در استان گلستان صورت گرفت. مراحل آنالیز نمونه¬ها در آزمایشگاه‌های دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان و دانشگاه آزاد اسلامی صورت گرفت. در این

پژوهش از ماهی و آب مزارع پرورشی قزل‌آلای رنگین‌کمان استان گلستان تغذیه شده با منابع آبی مختلف (رودخانه، چشمه، نهر، چاه، قفس) در شرق و غرب استان به منظور اندازه‌گیری میزان دو فلز سرب و کادمیوم نمونه‌گیری صورت گرفت (شکل ۱). به‌طوری‌که از هر مزرعه یک نمونه آب ورودی و سه قطعه ماهی ۲۰۰ گرمی برداشت شد (با احتساب دو فلز سرب و کادمیوم در هر نمونه). مجموعاً ۳۰ نمونه از آب (۱۵ نمونه سرب و ۱۵ نمونه کادمیوم) و ۵۰ نمونه از ماهی (۲۵ نمونه سرب و ۲۵ نمونه کادمیوم) در ماهیان مزارع مناطق مختلف استان اندازه‌گیری شد.



شکل ۱- پراکنش مناطق نمونه‌برداری در استخرهای مختلف پرورش ماهی استان گلستان.

نمونه‌برداری از آب و ماهی: نمونه آب با استفاده از بطری‌های پلی‌اتیلن نمونه‌برداری در فاصله ۵ سانتی‌متری زیر سطح آب در هر ایستگاه جمع‌آوری گردید و سریعاً بر روی یخ نگهداری شده و در دمای ٤ درجه سانتی‌گراد به آزمایشگاه منتقل شد و پس از آماده‌سازی مقدماتی جهت سنجش نهایی در یخچال مورد نگهداری قرار گرفت (۳). از تمامی ماهیان ۲۰ گرم بافت عضله تر از محل یکسان برداشت شده و پس از لیبل‌گذاری در مجاورت یخ به آزمایشگاه منتقل شد. حداقل سه نمونه ماهی (با میانگین وزن ۲۰۰ گرم) در هر ایستگاه جمع‌آوری گردید. ماهیان صید شده ابتدا مورد بررسی ظاهری قرار گرفتند و در صورتی که هیچ‌گونه علائم و نشانه بیماری وجود نداشت انتخاب می‌شدند (٤). هم‌چنین جهت یکسان بودن شرایط در تمام آزمایش‌ها تنها ماهیان با هم سایز انتخاب شدند تا نهایتاً مورد آنالیزهای فلز سنگین قرار گیرند.

آنالیز فلزات سنگین در عضله ماهی: برای اندازه‌گیری غلظت فلز سنگین، ابتدا محلول استاندارد آن جهت کالیبره کردن دستگاه جذب اتمی تهیه گردید. مقادیر استاندارد فلز سنگین به گونه‌ای انتخاب شد که غلظت فلز سنگین در نمونه‌ها در دامنه مقادیر این استانداردها قرار بگیرد. برای تهیه استاندارد فلز سنگین از نمک کلرید فلز سنگین با درجه خلوص تجزیه‌ای از کارخانه مرک آلمان استفاده شد (۵). سپس از این محلول غلظت‌های موردنظر ساخته شد و برای استفاده در دستگاه جذب اتمی آماده گردید. پس از خشک نمودن و هضم نمونه‌های عضله در محلول‌های

اسیدی، میزان فلزات سنگین سرب و کادمیوم با استفاده از دستگاه جذب اتمی استاندارد در لامپ‌های متفاوت قرائت شد. برای این منظور نمونه‌های عضله را از فریزر خارج کرده و در دمای آزمایشگاه قرار داده تا از حالت انجماد خارج گردند. نمونه‌های عضله توسط دستگاه آون در دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد و در مدت زمان ٢٤ ساعت خشک شدند (٤). سپس بافت‌های خشک شده به‌وسیله هاون چینی پور گردیدند و تا زمان آنالیز درون ظروف اسید شویی شده نگهداری شدند.

به منظور انجام مرحله هضم حدود ۰/۵ گرم از بافت عضله به همراه ۵ میلی‌لیتر اسید نیتریک غلیظ درون لوله هضم بر روی دستگاه هضم گرمایی[1] قرار داده مس شد. بافت‌ها به مدت ۱ ساعت در دمای ٤٠ درجه سانتی‌گراد و سپس، در دمای ١٤٠ درجه سانتی‌گراد به مدت ۳ ساعت بر روی دستگاه هضم گرمایی قرار گرفتند. محلول باقی‌مانده پس از سپری شدن مرحله هضم با استفاده از آب دو بار تقطیر به حجم ۲۰ میلی‌لیتر رسید. سپس محلول به حجم رسیده با استفاده از کاغذ صافی واتمن ٤٢ میکرومتر صاف شدند و تا زمان انجام آنالیز به وسیله دستگاه جذب اتمی در ظرف‌های اسید شویی شده نگهداری شدند. لازم به ذکر است تمام ظروف مورد استفاده در آزمایش در اسید نیتریک ۱۰ درصد به مدت ٢٤ ساعت قبل از شروع آزمایش غوطه‌ور شدند و سپس با استفاده از آب دو بار تقطیر شستشو داده شدند. در نهایت غلظت نهایی فلزات کادمیوم و سرب با استفاده از رابطه زیر تعیین گردیدند (٦).

$$C_s = \frac{(Cd - Cb) \times V \times F}{W}$$

که در آن، C_s میزان غلظت کادمیم موجود در نمونه بر حسب میکروگرم بر گرم، Cd مقدار کادمیم موجود در محلول هضم شده بر حسب میلی‌گرم بر لیتر، Cb مقدار کادمیم موجود در نمونه شاهد بر حسب میلی‌گرم بر میلی‌لیتر، V حجم نهایی نمونه، F فاکتور رقیق‌سازی، W میزان نمونه مورد استفاده هضم.

هضم و سنجش فلزات سنگین در آب: از تمامی مزارع نمونه آب نیز جهت سنجش فلزات سنگین در آب و بررسی تجمع زیستی با استفاده از رابطه‌های مربوطه صورت گرفت (جدول ۱).

جدول ۱- بررسی پارامترهای فیزیکوشیمیایی در آب استخرهای ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان بر حسب منبع تامین آب در استان گلستان.

استخر	pH	TDS	دما
رودخانه	۷/٦۷	٦۰	١٤
چشمه	۷/۹٦	۱۷	۱۳
چشمه با نهر	۸/۱۱	۲۲	۱۵
چاه	۷/۸۵	۱۸	۱۲
قفس دریا	۸/۲۰	۳۵۵	۱۵

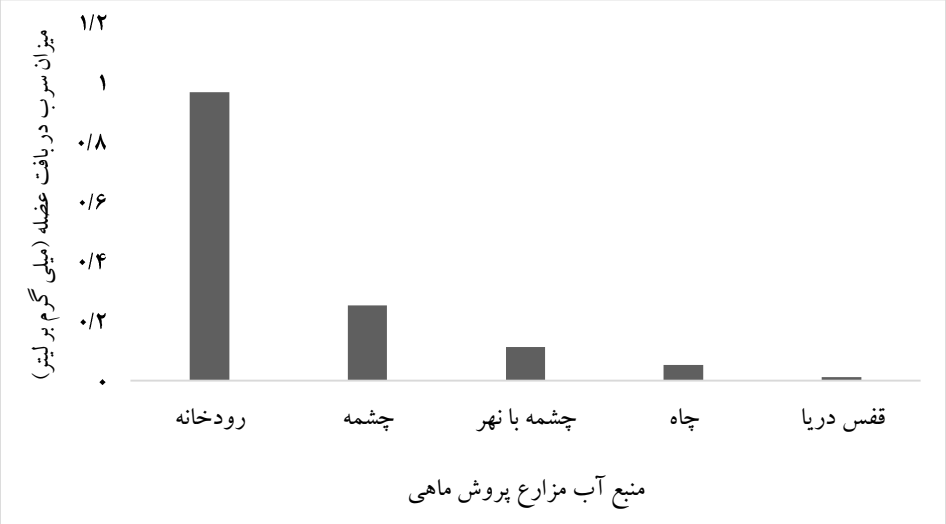
1- Hot plate

پارامترهای فیزیکوشیمیایی آب جهت تعیین ارتباط احتمالی در تمامی مزارع ثبت شد. ظروف شیشه‌ای مربوط به نمونه‌برداری از آب ابتدا به‌وسیله اسید کلریدریک و سپس آب مقطر شستشو داده شد تا pH ظروف خنثی بماند. سپس از قسمت ورودی آب مزارع نمونه‌برداری صورت گرفته و مشخصات نمونه مانند نام و مشخصات مزرعه، تاریخ نمونه‌برداری و نام مسئول مزرعه روی نمونه یادداشت گردید. دمای آب ورودی اندازه‌گیری شده و با نگه‌داری ظروف در مجاورت یخ در جعبه یونالیتی دمای آب تا رسیدن به آزمایشگاه در همان دما نگه‌داری گردید. بلافاصله در آزمایشگاه نمونه آب را با فاصله از صافی ۰/٤٥ µm عبور داده، سپس ٤ میلی لیتر (۲ میلی‌لیتر به ازای هر لیتر نمونه) محلول $K_2Cr_2O_7$ ۲۰٪ (w/v) (آماده شده در اسید نیتریک غلیظ ۱+۱) به آن اضافه نموده شد. ۱۰۰ میلی‌لیتر از نمونه آب را به ارلن ۲۵۰ میلی‌لیتری منتقل کرده، سپس ۵ میلی‌لیتر H_2SO_4 و ۲/۵ میلی‌لیتر اسید نیتریک غلیظ به آن افزوده، ۲۵ میلی‌لیتر محلول $KMnO_4$ به آن اضافه کرده و اجازه دادیم حداقل ۱۵ دقیقه بماند. سپس ۸ میلی لیتر محلول $K_2S_2O_8$ به آن اضافه و درب آن را با شیشه ساعت پوشانده و برای مدت ۲ ساعت در حمام آبی با دمای ۹۵°C حرارت داده شد. رنگ ارغوانی نمونه را با افزودن مقدار کافی از محلول NaCl-hydroxylamine رفع کرده (این محلول $KMnO_4$ اضافه را می‌کاهد). سپس ۵ میلی‌لیتر محلول $SnCl_2$ به آن اضافه شد، سپس فلز سنگین بخار و توسط دستگاه اسپکتروفتومتری جذب اتمی AAS و (Cold Vapor Atomic Absorption Spectrometry) آنالیز شد (٦). داده‌های مربوط به آنالیزهای مختلف به‌صورت میانگین ± خطای استاندارد بیان شده است. اختلاف بین این داده‌ها و مقایسه میانگین نمونه‌ها در تیمارهای مختلف با آنالیز واریانس یک‌طرفه در نرم‌افزار SPSS انجام شد.

نتایج

بررسی میانگین میزان سرب مزارع مختلف پرورش ماهی قزل‌آلا بر اساس منبع تامین آب نشان داد که میزان سرب در منابع مختلف تامین آبی متنوع بوده و ارتباط منطقی بین مناطق نمونه‌برداری وجود دارد به‌طوری‌که حداقل میزان سرب در مزارع پرورش در قفس دریا (۰/۰۱۳ mg/l) بوده و بیش‌ترین میزان سرب در مزارع با منبع آب روخانه (۰/۹٦۷ mg/l) می‌باشد. بنابراین ترتیب میزان فلز سرب در منابع آبی مختلف بدین‌ترتیب بود: قفس دریا < آب چشمه با نهر < آب چشمه < آب رودخانه.

با توجه به شکل ۲ نیز اختلاف میزان سرب در آب ورودی مزارع مختلف به چشم می‌خورد ولی این اختلاف ($P<۰/۰۵$) معنی‌دار نبود. در شکل ۲ میزان سرب در عضله قزل‌آلای رنگین‌کمان پرورش یافته در منابع مختلف ارائه شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود میانگین وزنی ماهیان پرورش یافته بدین‌ترتیب می‌باشد: رودخانه> چشمه> نهر> چاه> قفس دریا. با توجه به این نتایج میزان تجمع سرب در بافت عضله با افزایش وزن نیز افزایش می‌یابد. بنابراین ماهیان بزرگ‌تر می‌توانند حاوی مقادیر بیش‌تری از سرب باشند و این موضوع از نقطه‌نظر اثرات مخرب فلزات سنگین بر سلامت انسانی می‌باید مورد توجه واقع گردد.



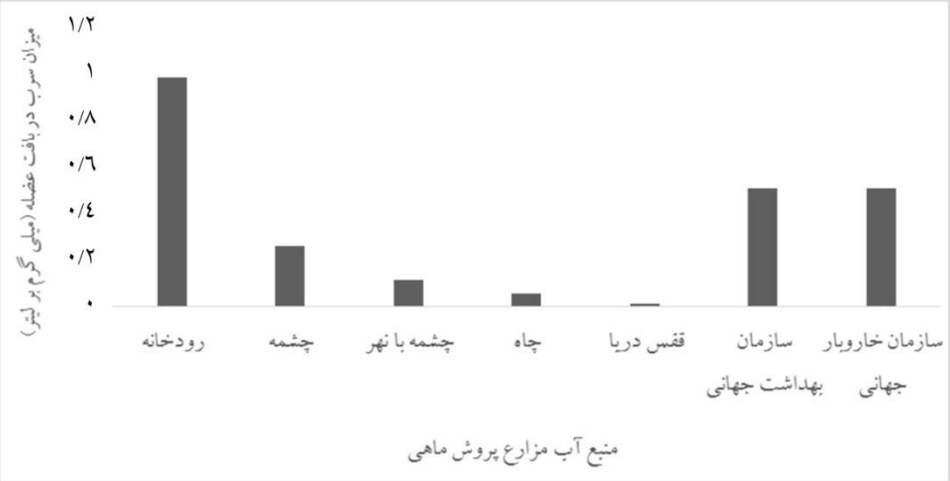
شکل ۲- میانگین میزان سرب در عضله ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان پرورش یافته در منابع آبی مختلف استان گلستان.

آنالیز میزان کادمیوم در بافت عضله ماهی قزل‌آلا در منابع مختلف تامین آب استان گلستان نشان داد که در همه مزارع و منابع مختلف تامین آب میزان کادمیوم به قدری ناچیز بود که در محدوده تشخیص دستگاه جذب اتمی قرار نگرفت (P≥۰/۰۵). محدوده اندازه‌گیری فلزات سنگین در مناطق مختلف تامین دستگاه نیز بسیار ناچیز ارزیابی گردید (جدول ۲، شکل ۳).

جدول ۲- میانگین ± خطای استاندارد میزان سرب و کادمیوم در آب و عضله ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان بر حسب منبع تامین آب در استان گلستان.

آلاینده / منبع تامین آب استخر	میزان سرب در عضله ماهی (mg/l)	میزان سرب در آب (mg/l)	میزان کادمیوم در عضله ماهی (mg/l)	میزان کادمیوم در آب (mg/l)
رودخانه	۰/۹۶۷ ± ۰/۰۲۳	-	nd	nd
چشمه	۰/۲۵۳ ± ۰/۱۶۸	-	nd	nd
چشمه یا نهر	۰/۱۱۳ ± ۰/۰۷۶	-	nd	nd
چاه	۰/۰۵۳ ± ۰/۰۴۳	-	nd	nd
قفس دریا	۰/۰۱۳ ± ۰/۰۰۸	-	nd	nd

سرب رودخانه ۰/۰۵ میلی‌گرم بر لیتر بقیه غیرقابل‌تشخیص و میزان غلظت کادمیوم پایین‌تر از حد تشخیص دستگاه بود.



شکل ۳- مقایسه میزان سرب در عضله ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان استان گلستان با استانداردهای جهانی.

بحث

با توجه به نتایج به‌دست آمده در پژوهش حاضر میزان سرب در منابع آب ورودی مزارع مورد مطالعه کم‌تر از حد مجازی است که در منابع مختلف به آن اشاره شده است، به‌طوری‌که میانگین کل سرب مزارع پرورش ماهی استان گلستان بسیار ناچیز بوده است، در صورتی‌که باید میزان این فلز در آب کم‌تر از ۰/۰۳ میلی‌گرم بر لیتر باشد. در خصوص عضلات ماهیان نیز بنابر پیشنهاد سازمان خواروبار جهانی حداکثر محدوده برای سرب ۰/۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم می‌باشد، در صورتی‌که در مطالعه حاضر میانگین کلی به‌دست آمده ۰/۲۷۹ میلی‌گرم بر کیلوگرم بوده است که در واقع کم‌تر از حد مجاز آن می‌باشد. هر چند مقایسه تفکیکی هر منبع تامین آب نشان داد که تنها میزان سرب ماهیان پرورشی در آب رودخانه کمی بالاتر از استانداردهای ملی و بین‌المللی بوده و سایر منابع تامین آب در محدوده مجاز قرار داشتند در خصوص کادمیوم نیز مقادیر در آب و عضله بسیار ناچیز بوده و خارج از محدوده تشخیص دستگاه جذب اتمی بود که بیانگر سلامت آب و ماهی از نظر کادمیوم می‌باشد. تخلیه فاضلاب‌ها باید بر اساس استانداردهایی باشد که به‌صورت حداکثر غلظت آلوده‌کننده‌ها بیان می‌شود و رعایت این استانداردها تحت نظارت سازمان حفاظت محیط زیست ضروری است.

حداکثر میزان سرب در عضلات ماهی که توسط سازمان خواروبار جهانی (FAO) پیشنهاد شده ۰/۵ میلی‌گرم در کیلوگرم است. میزان مجاز اعلام شده سرب و کادمیوم عضله ماهی توسط سازمان بهداشت جهانی (WHO) و هم‌چنین سازمان خاروبار جهانی (FAO) به ترتیب ۰/۵ و ۰/۱ میلی‌گرم بر لیتر است (۷). استاندارد آب برای سرب و کادمیوم عضله ماهی توسط سازمان بهداشت جهانی (WHO) به‌ترتیب ۱۰ و ۳ میکروگرم بر لیتر است. با مقایسه نتایج پژوهش حاضر با استانداردهای آب و عضله سرب و کادمیوم مشخص شد که مقادیر سرب و کادمیوم در آب و عضله ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان پایین‌تر از تمامی استانداردهای ملی و بین‌المللی بوده و در حد مجاز می‌باشد.

در یک پژوهش رابطه بین وزن بدن و میزان سرب در ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان پرورشی، میانگین میزان سرب در ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان پرورشی به‌ترتیب

برابر ۰/۱۰۷ میلی‌گرم بر کیلوگرم عضله بوده است که از مقادیر سرب پژوهش حاضر پایین‌تر بوده است. میزان همبستگی بین وزن ماهی و میزان سرب عضله به ترتیب برابر r=۰/۲۴۳ و میزان سطح معنی‌دار آزمون تحلیل واریانس رگرسیون آنان نیز به ترتیب برابر P=۰/۳۰۱ شده است. وزن بدن ماهی تأثیری در میزان فلزات سنگین سرب در عضله آن نداشته است. هم‌چنین میزان سرب اندازه‌گیری شده در عضله ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان از حد قابل‌قبول استاندارد WHO کم‌تر می‌باشد و دلالت بر سالم بودن این ماهی در این رودخانه برای مصارف انسانی دارد. فرامرزیان و همکاران (۲۰۱۳) به بررسی غلظت فلزات سنگین در ماهیان قزل‌آلای رنگین‌کمان توزیعی در سطح شهر شیراز پرداختند (۲). مقادیر میانگین غلظت سرب، کادمیوم، روی و مس به ترتیب برابر ۰/۲۷، ۰/۰۹، ۵۲ و ٦۹ میلی‌گرم به ازای هر کیلوگرم بافت نمونه ماهیان بود. میانگین کلی غلظت فلزات مذکور در گوشت ماهیان مورد آزمون در نمونه‌های بررسی شده کم‌تر از حداکثر مجاز سازمان جهانی بهداشت بود و با مقایسه میانگین مقادیر فلزات سنگین موجود در ماهیان قزل‌آلا با مقادیر استاندارد، اختلاف معناداری مشاهده نشد. نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل نمونه‌ها و مقایسه آن‌ها با مقادیر استاندارد نشان داد که میانگین غلظت فلزات سنگین در ماهیان قزل‌آلا توزیع شده در شهر شیراز کم‌تر از حد مجاز استاندارد سازمان جهانی بهداشت (WHO) و سازمان غذا و کشاورزی (FAO) بوده و از شرایط قابل‌قبولی برای مصارف انسانی برخوردار می‌باشند. فدایی‌فرد و همکاران (۲۰۱۰) به بررسی میزان سرب در آب و عضله ماهیان قزل‌آلای رنگین‌کمان پرورشی استان چهارمحال و بختیاری پرداختند (۸). میزان سرب به‌ترتیب در کل نمونه‌های آب مزارع مختلف برابر با ۲/۵ میکروگرم در لیتر، و هم‌چنین در کل گوشت ماهیان مزارع مختلف برابر با ۰/۳ میلی‌گرم در کیلوگرم بوده است که از مقادیر پژوهش حاضر بالاتر بوده است. رجایی و همکاران (۲۰۱۲) به بررسی فلزات سنگین سرب و کادمیوم در آب خلیج گرگان و مصب گرگانرود پرداختند و دریافتند که میزان سرب به ترتیب ۱٦۱ و ۲۵۸ میکروگرم بر لیتر بوده که بالاتر از استاندارد سازمان بهداشت جهانی بود. کادمیوم در آب خلیج گرگان و مصب گرگانرود نیز به‌ترتیب ۱۰٤ و ۱۲۱ میکروگرم بر لیتر بود که بالاتر از استاندارد بود. سرب بیش‌تر در ترکیبات نفتی و فاضلاب‌های شهری کشاورزی می‌باشد. کادمیوم عمدتاً توسط کودهای شیمیایی فسفاته، فعالیت‌های صنعتی و معادن وارد آب می‌شود. محسنی بندپی و همکاران (۲۰۱۵) به بررسی میزان سرب در منابع آب زیرزمینی شرب استان گلستان پرداختند و نشان دادند که نتایج از استانداردهای جهانی کم‌تر بوده و با افزایش عمق چاه غلظت سرب افزایش یافته و بالاترین و پایین‌ترین غلظت سرب در اراضی شور و جنگلی بوده است (۹).

نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج به‌دست آمده در پژوهش حاضر میزان سرب در منابع آب ورودی مزارع مورد مطالعه کم‌تر از حد مجازی است که در منابع مختلف به آن اشاره شده است، به‌طوری‌که میانگین کل سرب مزارع پرورش ماهی استان گلستان بسیار ناچیز بوده است، در صورتی‌که باید میزان این فلز در آب کم‌تر از ۰/۰۳ میلی‌گرم بر لیتر باشد. در خصوص عضلات ماهیان نیز بنابر پیشنهاد سازمان خواروبار جهانی حداکثر محدوده برای سرب ۰/۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم می‌باشد، در صورتی‌که در مطالعه حاضر میزان به‌دست آمده ۰/۲۷۹ میلی‌گرم بر کیلوگرم بوده است که در واقع کم‌تر از حد مجاز آن می‌باشد. در خصوص

کادمیوم نیز مقادیر در آب و عضله بسیار ناچیز بوده و خارج از محدوده تشخیص دستگاه جذب اتمی بود که بیانگر سلامت آب و ماهی از نظر کادمیوم می‌باشد. با مقایسه نتایج پژوهش حاضر با استانداردهای آب و عضله سرب و کادمیوم مشخص شد که مقادیر سرب و کادمیوم در آب و عضله ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان پایین‌تر از تمامی استانداردهای ملی و بین‌المللی بوده و در حد مجاز می‌باشد. مقایسه غلظت فلزات سنگین در ماهیان قزل‌آلا گلستان با سایر مناطق کشور نشان داد که این میزان از پایین‌ترین مقادیر گزارش شده در کشور بوده به‌طوری‌که از میزان سرب و کادمیوم در قزل‌آلای پرورشی استان‌های گیلان، فارس و چهارمحال و بختیاری پایین‌تر بوده و از مقادیر مشابه در تنکابن بالاتر بود، هرچند همگی در محدوده مجاز قرار داشتند که بیانگر سلامت کامل ماهی قزل‌آلای استان گلستان دارد. هم‌چنین مقایسه مقادیر سرب و کادمیوم عضله ماهی قزل‌آلا پرورشی در قفس سواحل استان گلستان با مقادیر مشابه در ماهیان کپور، سفید و کفال سواحل استان گلستان نشان داد که در قزل‌آلا میزان فلزات سنگین مورد بررسی بسیار پایین‌تر بوده و از سلامت مطلوب‌تری برخوردار بودند. با توجه به مقادیر پیشنهادی استانداردهای میزان حضور فلزات سنگین در غذا (مثل استانداردهای ارایه شده جهانی و مقایسه آن با مقادیر به‌دست آمده در آن پژوهش، میزان این فلز در آب و عضله ماهی از حداکثر مجاز پیشنهادی کم‌تر می‌باشد. بنابراین خطری از جانب این منابع متوجه مصرف‌کنندگان نهایی مانند انسان نیست.

منابع

1. Johansen, P., Pars, T., and Bjerregaard, P. 2000. Lead, cadmium, mercury and selenium intake by Greenlanders from local marine food. Science of the total environment, 245: 1-3. 187-194.
2. Faramarzian, M., Derakhshan, Z., and Ranjbar, M. 2013. Investigating the concentration of heavy metals in salmon distributed in the city of Shiraz. The 16th National environmental health conference. Tabriz university of agricultural sciences. Faculty of health. 19: 7-11.
3. Alam, M.G.M., Tanaka, A., Allinson, G., Laurenson, L.J.B., Stagnitti, F., and Snow, E.T. 2002. A comparison of trace element concentrations in cultured and wild carp (*Cyprinus carpio*) of Lake Kasumigaura, Japan. Ecotoxicology and environmental safety, 53: 3. 348-354.
4. Andreji, J., Stránai, I., Massányi, P., and Valent, M. 2005. Concentration of selected metals in muscle of various fish species. Journal of environmental science and health, 40: 4. 899-912.
5. Al-Yousuf, M.H., El-Shahawi, M.S., and Al-Ghais, S.M. 2000. Trace metals in liver, skin and muscle of Lethrinus lentjan fish species in relation to body length and sex. Science of the total environment, 256: 2-3. 87-94.
6. Andreji, J., Stranai, I., Kacaniova, M., Massanyi, P., and Valent, M. 2006. Heavy metals content and microbiological quality of carp (*Cyprinus carpio* L.) muscle from two Southwestern Slovak fish farms. Journal of Environmental Science and Health, Part A, 41: 6. 1071-1088.
7. Winton, J.R. 2001. Fish health management. Fish hatchery management, 2nd edition. American Fisheries Society, Bethesda, Maryland, pp. 559-640.
8. Fadaeifard, B., Raeisi, M., Jalali, B., and Ghazi Askar, M. 2010. Investigating the amount of lead and iron in water, food and muscles of rainbow trout in Chaharmahal and Bakhtiari province. Iranian veterinary journal. 3: 28. 59-62.
9. Mohseni Bandpei, A., Khodakaram, S., and Khalili, J. 2015. The amount of lead in drinking water sources of Golestan province and preparation of a qualitative model in the geographic information system environment. Journal of prevention and health. 2: 87-109.