مجله بوم شناسی آبزیان

Journal homepage: http://jae.hormozgan.ac.ir

انباشت و ارزیابی خطر بهداشتی فلزات سنگین (سرب، کروم، مس و روی) در ماهی کپور معمولی (*Cyprinus.carpio*) و ماهی آمور (*Ctenopharyngodon idella*) رودخانه بشار یاسوج

ثمر مرتضوی*، مسعود حاتمی‌منش

گروه محیط‌زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط‌زیست، دانشگاه ملایر، ملایر، ایران

نوع مقاله:
پژوهشی

تاریخچه مقاله:
دریافت: ۹۷/۱۰/۰۶
اصلاح: ۹۷/۱۰/۲۸
پذیرش: ۹۷/۱۱/۲۳

کلمات کلیدی:
آلودگی فلزات
رودخانه بشار
کپور معمولی
ماهی آمور

چکیده

هدف پژوهش حاضر تعیین غلظت و ارزیابی خطر سلامتی فلزات سرب، کروم، مس و روی در بافت عضله ماهی کپور معمولی (*Cyprinus.carpio*) و آمور (*Ctenopharyngodon idella*) در رودخانه بشار است. جهت بررسی غلظت فلزات در ماهیان و ارزیابی خطر بهداشتی مصرف آن‌ها، ۶۰ نمونه ماهی از رودخانه برداشت شد. پس از هضم اسیدی نمونه‌ها، غلظت فلزات با دستگاه جذب اتمی تعیین گردید. برای ارزیابی خطر مصرف ماهیان رودخانه از شاخص حداکثر میزان مجاز مصرف روزانه، شاخص آلودگی فلزات (MPI)، ارزیابی خطر بهداشتی (HQ) و خطرپذیری کل (HI) فلزات استفاده شد. میانگین کلی غلظت فلزات کروم، سرب، روی و مس در ماهی کپور معمولی و آمور به ترتیب برابر (۱/۱۵، ۵/۱۵، ۲۵/۴۷ و ۱۷/۵۴) و (۲/۱۶، ۶/۷۴، ۱۴/۷۰ و ۱۰/۶۱) میلی‌گرم بر کیلوگرم بود. میزان شاخص آلودگی فلزات و حداکثر میزان مجاز مصرف روزانه (CR_{lim}) نشان داد آلودگی و خطر بهداشتی مصرف کپور معمولی به مراتب بیشتر از ماهی آمور می‌باشد. میزان شاخص (HQ) برای هر دو ماهی کپور معمولی و آمور به ترتیب برابر ۰/۳۴۸ و ۰/۲۴۴ و همچنین مقدار (HI) هر دو گونه ماهی نیز کمتر از یک به دست آمد. بر این اساس، ادامه روند ورود آلاینده‌های مختلف از فاضلاب‌های شهری، صنعتی و کشاورزی می‌تواند ضمن تجمع عناصر سنگین در زنجیره غذایی این بوم‌سازگان، سبب تهدید جدی برای سلامتی موجودات زنده و مصرف‌کنندگان آن‌ها گردد.

مقدمــه

امروزه حضور فلزات سنگین در محیط‌زیست و ورود آن‌ها به زنجیره غذایی انسان به‌ویژه در بوم‌سازگان‌های آبی به یک مشکل جهانی تبدیل شده است (Cherfi *et al.*, 2016). اگرچه فلزات سنگین به طور طبیعی در پوسته زمین، آب‌های سطحی و زیرزمینی وجود دارند، اما ورود بیش از حد مجاز آن‌ها به محیط‌های آبی، ناشی از فعالیت‌های مختلف انسانی است (Gurumoorthi and Venkatachalapathy, 2016). این عناصر بعد از ورود به بوم‌سازگان‌های آبی می‌توانند وارد بدن موجودات زنده شوند، یا از طریق فرآیندهای شیمیایی و فیزیکی مختلف، جذب ذرات معلق شده و در رسوبات آبی تجمع یابند (Fu *et al.*, 2014). همچنین در هنگام تغییر در شرایط محیطی اعم از pH، هدایت الکتریکی، واکنش‌های اکسیداسیون و احیا،

* نویسنده مسئول، پست الکترونیک: mortazavi.s@gmail.com

شوری، اکسیژن آب یا میزان مواد آلی می‌تواند از رسوبات موجود در محیط آبی آزاد شده، و به عنوان یک منبع دائم آلاینده، سبب ایجاد صدمات و خطرات اکولوژیکی برای موجودات آبزی گردند (Pandey *et al.*, 2017; Zhang *et al.*, 2016). در حالت کلی بسته به وضعیت محیط‌زیست و فاکتورهای خاص زیستی، میزان جذب و حتی دفع فلزات سنگین در گونه‌های مختلف موجودات آبزی متفاوت است (Yi *et al.*, 2011).

قابل ذکر است که همه فلزات برای سلامتی انسان و موجودات زنده خطرناک نیستند و حضور برخی از آن‌ها برای سلامتی بسیار ضروری است و کمبود آن‌ها در رژیم غذایی سبب ایجاد اختلال یا بیماری در موجودات زنده می‌گردد (Mortazavi and Hatami, 2018). در این راستا عناصر را می‌توان به دو دسته ضروری، غیرضروری یا سمی تقسیم‌بندی نمود. عناصر ضروری نظیر مس، روی، آهن، سلنیوم نقش مهمی در رشد و متابولیسم سلول‌ها دارند، در حالی که عناصر غیرضروری، گروهی هستند، که هیچ‌گونه عملکرد و یا نقش مهمی در بدن نداشته و در غلظت‌های بالا سبب ایجاد صدمه به موجودات زنده می‌شوند (Ekeanyanwu *et al.*, 2010; Gu *et al.*, 2016). بر این اساس، بررسی و سنجش غلظت فلزات سنگین در زنجیره غذایی دریایی، به منظور جلوگیری از ایجاد صدمه به افراد بسیار ضروری است.

موجودات آبزی مانند ماهیان و سایر فرآورده‌های دریایی، به دلیل محتوای پروتئین بالا و مقادیر پایین اسیدهای چرب اشباع و همچنین وجود اسیدهای چربی امگا به عنوان مواد غذایی سالم در نظر گرفته می‌شوند. مطالعات نشان می‌دهد مصرف غذاهای دریایی باعث کاهش خطر بیمارهای مزمن قلبی، کاهش فشار خون و همچنین کاهش بیماری آریتمی قلبی می‌شود (Olmedo *et al.*, 2013; Pan and Wang, 2012). با این حال در سال‌های اخیر موجودات آبزی به‌وسیله آلاینده‌های مختلف همچون فلزات سنگین ناشی از منابع مختلف نظیر ورود فاضلاب‌های شهری و صنعتی، آلودگی طبیعی، رواناب و رودخانه‌ها آلوده شده‌اند (Hoseini and Tahami, 2012; Wang *et al.*, 2005)، به طوری که امروزه مطابق شواهد موجود مصرف غذاهای دریایی از مهم‌ترین مسیرهای است که انسان به وسیله آن در معرض آلاینده‌های شیمیایی مختلف نظیر فلزات سنگین قرار می‌گیرد . بر این اساس مطالعات زیادی تجمع فلزات سنگین در موجودات زنده اکوسیستم‌های آبی را تأیید نموده‌اند (Hauser-Davis *et al.*, 2016; Olmedo *et al.*, 2013). تجمع فلزات سنگین در طی زنجیره غذایی می‌تواند در سرطان‌زایی، جهش‌زایی و تولد نوزادان ناقص‌الخلقه بسیار مؤثر باشد (Storelli, 2008). بنابراین ارزیابی سلامت مواد غذایی آبی نظیر ماهیان و فرآورده‌های آن‌ها که با توجه به نتایج برآورد مصرف جهانی ماهی حدود ۱۰ تا ۱۵ درصد کل تغذیه انسان را در بر دارد، بسیار ضروری است (Hauser-Davis *et al.*, 2016). به این ترتیب در مقابل مزیت‌های حضور ماهی و فرآورده‌های آن‌ها در رژیم غذایی، امکان خطر در معرض قرارگیری آن با آلاینده‌های شیمیایی نظیر فلزات سنگین، باید در ارزیابی کیفی آن‌ها در نظر گرفته شود (Graci *et al.*, 2017). لذا پژوهشگران متعددی نظیر Ebrahimisirizi و همکاران (۲۰۱۲) با تعیین غلظت، انباشتگی و ارزیابی خطرات فلزات سنگین در بافت عضله اردک‌ماهی در تالاب انزالی؛ Mortazavi و همکاران (۲۰۱۶) با اندازه‌گیری غلظت فلزات جیوه، سرب و کادمیوم در ۱۷ گونه از ماهیان موجود در بازارهای مصرفی ایران؛ Yang و همکاران (۲۰۱۵) با تعیین غلظت فلزات سنگین و ارتباط آن‌ها با ریسک سلامتی ماهیان وحشی صید شده از دریای جنوب چین ؛ به بررسی غلظت و ارزیابی خطر سمیت عناصر سنگین در ماهیان بوم‌سازگان‌های مختلف پرداخته‌اند. در راستای انجام این تحقیق، با وجود برخی گزارش‌ها در زمینه تجمع فلزات سنگین در آب، رسوب و گونه‌های گیاهی رودخانه بشار، اما اطلاعات چندانی در خصوص تجمع فلزات سنگین در گونه‌های مختلف ماهی این رودخانه و ارزیابی خطر احتمالی ناشی از مصرف ماهی آن در دسترس نیست. رودخانه بشار یکی از مهم‌ترین سرشاخه‌های رود کارون است که در قسمت سردسیر استان کهگیلویه و بویراحمد به طول ۱۹۰ کیلومتر قرار گرفته است. بررسی‌های انجام شده بر روی آبزیان منطقه، نشان می‌دهد تعداد هفت گونه ماهی در رودخانه بشار زندگی می‌کنند. این رودخانه به دلیل داشتن محیط طبیعی، چشم‌اندازهای زیبا و نیز آب زلال و همچنین ماهیان فراوان سالیانه تعداد زیادی گردشگر و ماهیگیر به خصوص ماهیگیر ورزشی را به خود جلب می‌کند (Shfahipour and Gorhipour, 2002). از طرف دیگر شواهد نشان می‌دهند در چند دهه اخیر به دنبال رشد و افزایش شدت فعالیت‌های کشاورزی و صنعتی جوامع محلی و توسعه روستاها و شهر یاسوج در حاشیه آن، رودخانه بشار در معرض خطرات و تهدیدات محیط‌زیستی ناشی از ورود رواناب، فاضلاب و در نتیجه ورود آلاینده‌های مختلف قرار دارد. ورود این آلاینده‌ها به این

بوم‌سازگان، ضمن تجمع در بدن موجودات زنده گیاهی و جانوری نظیر ماهیان می‌تواند تهدیدی جدی برای سلامتی مردم منطقه باشد. بنابراین در پژوهش حاضر به سنجش و ارزیابی خطر غلظت فلزات سرب، کروم، مس و روی در دو گونه از ماهیان این رودخانه (ماهی کپور معمولی (*Cyprinus.carpio*) و ماهی آمور (کپور علفخوار) (*Ctenopharyngodon idella*) و برآورد حدود مجاز مصرف ماهی، جذب روزانه و هفتگی فلزات مورد مطالعه پرداخته شده است.

مواد و روش‌ها

جمع‌آوری نمونه

جهت سنجش غلظت فلزات سنگین و ارزیابی خطر سلامت آن‌ها در ماهیان رودخانه بشار یاسوج، از دو گونه ماهی کپور معمولی (*Cyprinus.carpio*) و ماهی آمور (کپور علفخوار) (*Ctenopharyngodon idella*)، در سه نقطه از رودخانه، شامل محدوده ۱۵کیلومتر قبل از شهر، محدوده شهر و در نهایت ۲۰ کیلومتری پایین دست بعد از شهر یاسوج انتخاب و صید ماهی توسط صیادان محلی در زمستان ۱۳۹۵ به وسیله تورهای سنتی به تعداد ۱۰ قطعه ماهی از هر گونه در هر ایستگاه صورت گرفت (جمعاً ۶۰ قطعه ماهی). ماهیان صید شده به وسیله جعبه‌های یونولیت حاوی یخ به آزمایشگاه انتقال داده شدند و پس از زیست‌سنجی ماهیان، بافت عضله آن‌ها به منظور اندازه‌گیری غلظت فلزات سنگین (سرب، کروم، مس و روی) جداسازی گردید.

آماده‌سازی و آنالیز نمونه‌ها

به منظور انجام عمل هضم نمونه‌های بافت جداسازی شده، در آون در دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت کاملاً خشک شدند. یک گرم از هر نمونه خشک شده در لوله‌های هضم تفلونی [1](PTFE) ریخته شد و ۱۰ میلی‌لیتر اسید نیتریک ۶۵ درصد (Merck، آلمان) و اسید پرکلریک ۷۰ درصد (Merck، آلمان) با نسبت ۱:۴ به آن اضافه گردید. لوله‌ها به مدت یک ساعت در دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد و بعد از آن به آرامی دما تا ۱۴۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۳ ساعت قرار گرفتند. در نهایت نمونه‌ها از کاغذ صافی واتمن شماره یک عبور داده و با آب دیونیزه به حجم ۲۵ میلی‌لیتر رسانده شدند. جهت اطمینان از دقت روش هضم و رفع خطای ناشی از آماده‌سازی نمونه و عدم تأثیر مواد مصرفی بر غلظت فلزات، در هر نوبت از عملیات هضم، یک نمونه‌ی شاهد بلانک در نظر گرفته شد. غلظت فلزات در نمونه‌ها توسط دستگاه جذب اتمی Analytik jena مدل ContrAA 700 تعیین گردید. در این مرحله غلظت فلزات مورد نظر در نمونه‌های شاهد اندازه‌گیری و از مقادیر به دست آمده برای نمونه‌ها کسر گردید. میزان ریکاوری نتایج نیز بین ۹۰٪ تا ۹۷ ٪ به دست آمد (Yap *et al.*, 2002).

ارزیابی سلامت ماهیان و خطر مصرف آن‌ها

به منظور بررسی وضعیت آلودگی و ارزیابی خطر مصرف ماهی، از شاخص‌های مختلفی نظیر شاخص آلودگی فلزات، میزان جذب روزانه فلز سنگین ((Estimated Daily Intake (EDI) در بدن، حداکثر میزان مصرف روزانه و شاخص ارزیابی خطر (HQ) Hazard Quotient)) استفاده گردید.

شاخص آلودگی فلزات ((Metal Pollution Index (MPI) به منظور مقایسه سطوح کلی تجمع فلزات سنگین در بافت‌های گوناگون ماهیان مختلف به کار می‌رود. مقادیر MPI برای هر گونه که توسط Usero و همکاران در سال ۱۹۹۷مطرح گردید، با استفاده از رابطه‌ای (۱) محاسبه می‌شود (Omar *et al.*, 2015; Usero *et al.*, 1997).

$$\mathbf{MPI= (C_1 \times C_2 \times \ldots \times C_n)^{1/n}} \qquad (۱)$$

در این رابطه C_n غلظت فلز n در نمونه است.

[1] Polytetrafluoroethylene

به منظور ارزیابی میزان جذب فلزات سنگین (EDI) در بدن در روز از طریق مصرف روزانه ماهی (میلی‌گرم بر شخص در روز)، از رابطه زیر استفاده شده است.

$$\mathbf{EDI=F_{IR}C/BW} \quad (۲)$$

در رابطه (۲)، EDI= میزان جذب روزانه فلزات در بدن از طریق مصرف ماهی (میلی‌گرم بر شخص در روز)، F_{IR} [۲]؛ میزان مصرف ماهی در منطقه مورد مطالعه (گرم بر شخص در روز) این عامل برای ماهی حدود ۳۲/۵۷ گرم در روز در نظر گرفته می‌شود و C میانگین غلظت فلز در ماهی (میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن خشک)، BW؛ وزن بدن (۷۰ کیلوگرم برای یک فرد بالغ) است (USEPA, 2009; Omar *et al.*, 2015). حداکثر میزان مجاز مصرف در روز (کیلوگرم در روز) (Consumption Rate limit)؛ جهت محاسبه این شاخص از رابطه (۳) استفاده می‌گردید (Graci *et al.*, 2017; Sinka *et al.*, 2014).

$$\mathbf{CR_{lim}= (RFD \times BW)/ C_m} \quad (۳)$$

که CR_{lim}؛ حداکثر میزان مجاز مصرف در روز (کیلوگرم در روز)، RFD (Reference Dose)؛ دوز رفرنس، مقدار مرجع یا مجموع مجاز جذب روزانه آلاینده (میلی‌گرم در کیلوگرم) (RFD به ترتیب برای کروم، سرب، مس و روی برابر ۰/۰۰۵، ۰/۰۰۴، ۰/۰۴ و ۰/۳)، BW؛ وزن بدن(۷۰ کیلوگرم برای یک فرد بالغ)، Cm؛ غلظت فلز اندازه‌گیری شده در ماهی (میلی‌گرم بر کیلوگرم) است. همچنین در این پژوهش به منظور محاسبه تعداد وعده‌های مجاز مصرف ماهی در ماه از رابطه (۴) استفاده شد.

$$\mathbf{CRmm = (CRlim \times T) / MSCR_{mm}} \quad (۴)$$

حداکثر میزان مجاز مصرف ماهی (وعده در ماه)، CR_{lim} ؛ حد مجاز مصرف ماهی (کیلوگرم در روز)، MS ؛ میزان مصرف ماهی در هر وعده (۰/۲۲۷)کیلوگرم و T تعداد روزهای هر ماه (۳۰/۴۴روز در ماه) است (Demirezen and Uruç, 2006; Sinka *et al.*, 2014).

ارزیابی خطر سلامت فلزات سنگین در مواد غذایی مختلف نظیر ماهیان و فراورده‌های آن بر اساس رابطه‌ی (۵) محاسبه می‌گردد. شاخص HQ در واقع از نسبت مقدار آلاینده اندازه‌گیری شده در ماهی یا نمونه به سطح مقدار مرجع آلاینده (رفرنس دوز) به دست می‌آید، چنانچه HQ کمتر از یک باشد، نشان‌دهنده این موضوع است که مصرف ماهی خطری برای سلامت مصرف کننده ندارد، ولی اگر بیشتر از یک باشد مصرف ماهی موجب ایجاد خطر برای سلامتی افراد می‌شود (Abdallah, 2013).

$$\mathbf{HQ= (EF \times ED \times FIR \times CM) / (BW\times RFD\times AT)} \quad (۵)$$

در این رابطه HQ، شاخص خطر (بدون واحد)، EF؛ بسامد در معرض قرار گرفتن (۳۶۵ روز در سال)، ED؛ مدت زمان در معرض قرار گرفتن (۷۰سال برای بزرگسالان)، FIR؛ میزان مصرف ماهی (گرم ، برای هر فرد در روز)، RFD؛ مقدار مرجع (مجموع مجاز جذب روزانه آلاینده یا دوز رفرنس) (میلی‌گرم در کیلوگرم) ، BW؛ وزن بدن (۷۰ کیلوگرم برای یک فرد بالغ)، Cm غلظت فلز اندازهگیری شده در ماهی(میلیگرم بر کیلوگرم)؛ BW، متوسط وزن برحسب کیلوگرم (۷۰ کیلوگرم برای بزرگسالان) و AT؛ متوسط زمان در معرض قرار گرفتن ماده غیر سرطان‌زا یا میانگین روزها (۳۶۵ روز در سال × ED) است.

شاخص خطر کل (HI) از حاصل جمع خطرپذیری تمام عناصر اندازه‌گیری شده به دست می‌آید.

$$\mathbf{HI =\sum HQ = HQ_{Pb} + TQ_{Cr} + HQ_{Cu} + TQ_{Zn}} \quad (۶)$$

[۲] مطابق بررسی های صورت گرفته با توجه دقیق نبودن اطلاعات موجود در خصوص نرخ مصرف روزانه در منطقه مورد مطالعه(شهر یاسوج) در این مطالعه از استاندارد EPA (۲۰۰۹)استفاده گردید(۳۲/۵۷ گرم در روز بر اساس استاندارد EPA).

هنگامی که عدد شاخص خطرپذیری بیماری‌های غیرسرطانی به یک برسد، نشان‌دهنده بالا بودن احتمال خطرپذیری به بیماری‌های غیرسرطانی است. اگر نتیجه حاصل از این رابطه کمتر از یک باشد، نشان‌دهنده آن است که مصرف آبزی اثر حاد مضری بر روی سلامتی انسان ندارد. همچنین جهت مقایسه میانگین غلظت فلزات در بافت عضله هر دو گونه ماهی در نواحی مختلف (قبل از شهر، محدوده شهر و بعد از شهر) از آزمون آنالیز واریانس یک‌طرفه (ANOVA) استفاده شد. طی این آزمون در صورت وجود اختلاف معنی‌دار، برای جداکردن گروه‌های مختلف از پس‌آزمون Tukey استفاده گردید. جهت انجام تجزیه و تحلیل آماری و رسم نمودارها از نرم افزارهای SPSS نسخه ۲۱ و Office Excel ۲۰۱۰ استفاده شد.

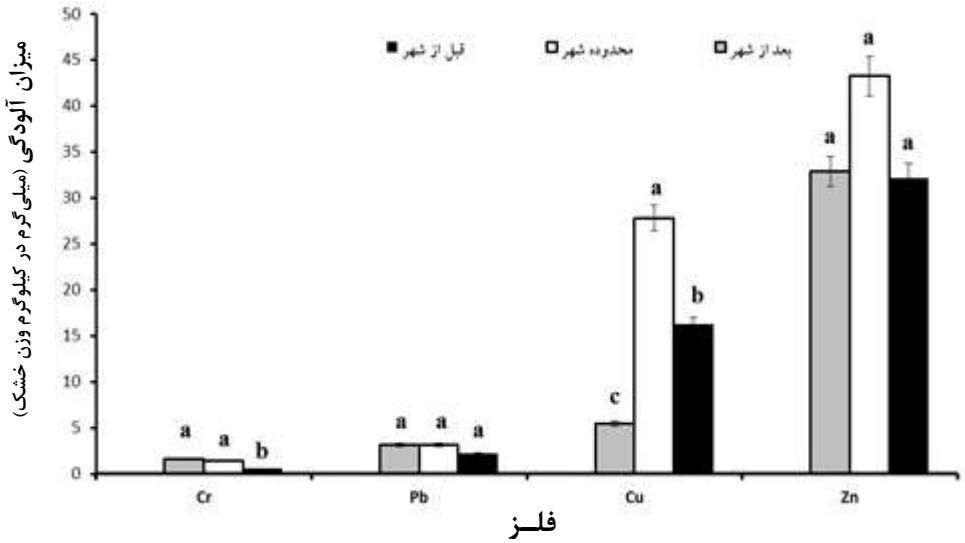
نتایـج

یافته‌های حاصل از میانگین کلی و محدوده تغییرات غلظت (حداقل و حداکثر غلظت) چهار فلز سنگین اندازه‌گیری شده در دو گونه از ماهیان رودخانه بشار در جدول (۱) ارائه شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود، برای هر دو گونه، توالی میانگین غلظت کلی فلزات سنگین در بافت عضله یکسان و به صورت (کروم< سرب < مس < روی) به دست آمده است. همچنین مقادیر شاخص MPI در گونه ماهی آمور ۴/۸۴ و برای کپور معمولی ۶/۷۲ به دست آمد (جدول ۱).

مقایسه میانگین غلظت فلزات بافت عضله ماهی آمور (*Ctenopharyngodon idella*) در سه ناحیه‌ی (قبل از شهر، محدوده شهر و بعد از شهر) نشان داد بین غلظت عناصر کروم، مس و روی در مناطق مختلف اختلاف معنی‌دار وجود دارد (Sig<۰/۰۵)، اما برای سرب این اختلاف معنی‌دار نبوده است (Sig>۰/۰۵) (شکل ۱).

جدول ۱. میانگین غلظت فلزات مورد بررسی در بافت عضله ماهی کپور معمولی و آمور در نواحی مختلف (قبل از شهر، محدوده شهر و بعد از شهر) منطقه مطالعاتی (میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن خشک)

ایستگاه			حداقل	حداکثر	میانگین ±انحراف معیار
ماهی آمور	قبل از شهر	Cr	۰/۰۸۸	۱/۵۸	۰/۸۰۸ ±۲/۴۹۴
		Pb	-	۵/۹۷	۳/۴۶±۱۱/۲۳۷
		Zn	۲۸/۲۸	۴۷/۸۲	۵/۳۴±۱۹/۵۴
		Cu	۲/۳	۸/۴۹۸	۱/۶۵±۵/۲۹
	محدوده شهر	Cr	۰/۹۱۳	۱/۸۰۰	۰/۲۸۷±۰/۸۸۸
		Pb	۰/۵۶۳	۳/۵۵	۱/۱۲±۲/۹۹۸
		Zn	۵۲/۳۲	۴/۴۷	۶/۴۵±۱۴/۸۷۵
		Cu	۸/۱۷۵	۲۳/۹۳۱	۶/۲۳±۱۵/۷۵۶
	بعد از شهر	Cr	-	۱/۷۷	۰/۷۹±۲/۷۵
		Pb	-	۳/۴	۱/۸۸±۶/۲
		Zn	۱۷/۹۶	۲۷/۷۱	۳/۴۳±۹/۷۵
		Cu	۲/۰۸	۱۲/۹۲	۴/۲۷±۱۰/۸۳
کپور معمولی	قبل از شهر	Cr	۰/۰۷۳	۰/۲۲۳	۰/۰۵۴±۰/۱۵۱
		Pb	-	۴/۷۱	۲/۶۵±۸/۳۷
		Zn	۳۰/۱۶	۴۲/۵۷	۴/۴۷±۱۲/۴۱
		Cu	۴/۷۹	۶/۳	۰/۴۳±۱/۵۱
	محدوده شهر	Cr	۰/۳۶۳	۲/۲۸۸	۰/۴۷۴±۱/۹۲۵
		Pb	۰/۸۷۸	۴/۴۶۸	۱/۰۴±۳/۵۹
		Zn	۱۷/۴۸۸	۹۱/۲۵	۲۱/۰۵±۶۳/۷۶
		Cu	۱۱/۸۶۵	۴۶/۵۴	۱۱/۲۳±۳۴/۷۱۳
	بعد از شهر	Cr	۰/۶۲۸	۲/۰۱	۰/۴۲۲±۱/۳۸
		Pb	۰/۳۰	۴/۰۲	۱/۱۵±۳/۷۲
		Zn	۲۹/۲۶	۳۸/۷۷	۳/۰۷±۹/۵۱
		Cu	۷/۵۱	۲۳/۹۳	۷/۶±۱۶/۴۱



شکل ۱. نتایج مقایسه غلظت فلزات سنگین در بافت عضله ماهی آمور در ایستگاه‌های مختلف (قبل از شهر، محدوده شهر و بعد از شهر) منطقه مطالعاتی

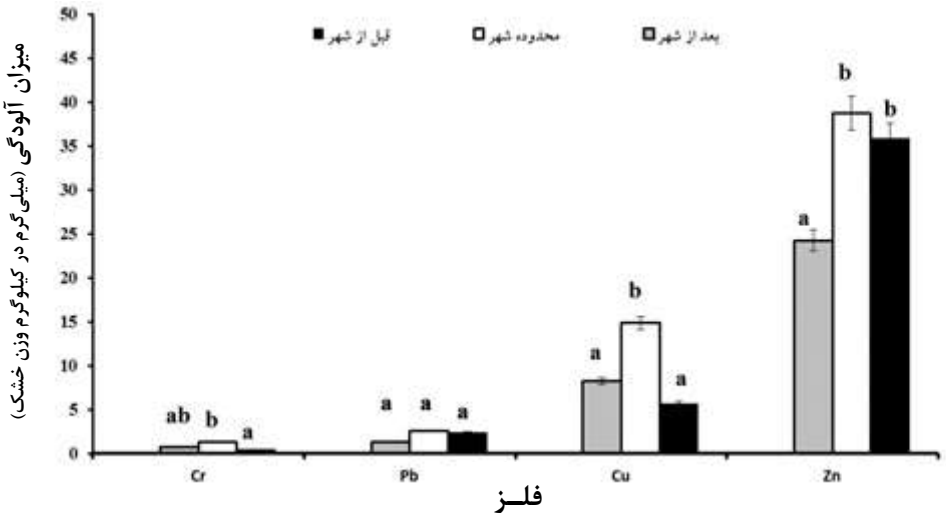
همچنین مقایسه میانگین غلظت فلزات بافت عضله گونه کپور معمولی (*Cyprinus.carpio*) در سه ناحیه‌ی (قبل از شهر، محدوده شهر و بعد از شهر) نشان داد بین غلظت عناصر کروم و مس در مناطق مختلف اختلاف معنی‌دار وجود دارد (Sig<۰/۰۵)، اما برای فلزات سرب و روی این اختلاف معنی‌دار نبوده است (Sig>۰/۰۵) (شکل ۲).

ارزیابی خطر فلزات سنگین ناشی از مصرف ماهیان در منطقه

نتایج بررسی فاکتورهای حداکثر میزان مجاز مصرف روزانه، میزان جذب روزانه و خطر سلامت فلزات سنگین (کروم، سرب، مس و روی) در دو گونه از ماهیان رودخانه بشار بر اساس شاخص‌های ارائه شده در جدول (۲) ارائه شده است.

ارزیابی ریسک بالقوه سلامتی (Target Hazard Quotient (THQ))

نتایج بررسی شاخص ارزیابی ریسک بالقوه سلامتی فلزات سنگین ناشی از مصرف دو گونه ماهی کپور معمولی و آمور نشان داد که روند کاهش مقادیر THQ برای فلزات در هر دو گونه یکسان و به صورت سرب <مس< روی < کروم می‌باشد.

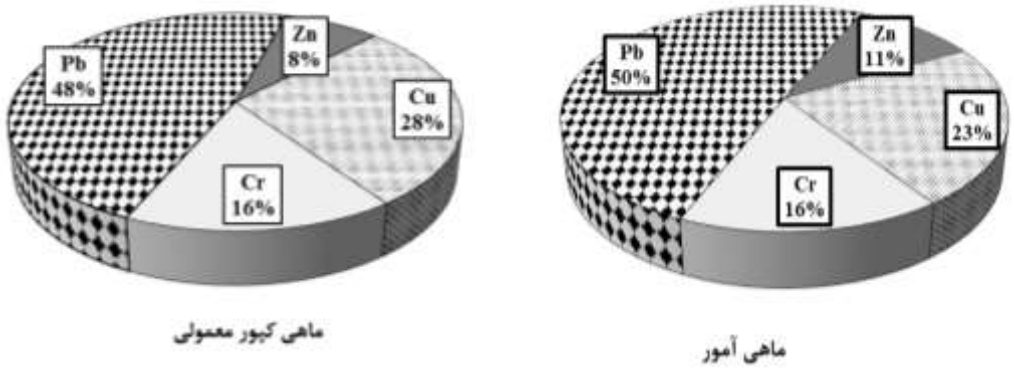


شکل ۲. نتایج مقایسه غلظت فلزات سنگین در بافت عضله ماهی کپور معمولی در ایستگاه‌های مختلف (قبل از شهر، محدوده شهر و بعد از شهر) منطقه مطالعاتی

جدول ۲. نتایج ارزیابی خطر سلامت و میزان مجاز مصرف روزانه و هفته‌ای مصرف ماهی کپور معمولی و ماهی آمور در طول رودخانه بشار

نام گونه	نام فلز	غلظت اندازه‌گیری در بافت عضله (mg/kg)	جذب روزانه فلز از طریق مصرف ماهی (mg/kg)(EDI)	جذب هفتگی فلز از طریق مصرف (EWI) ماهی (mg/kg)	حداکثر مجاز مصرف روزانه ماهی (g/day) (CRlim)	وعده در ماه	شاخص خطر (HQ) (بدون واحد)
ماهی کپور آمور	کروم	۰/۰±۸۴/۶۸	۰/۳۹۱	۲/۷۴	۰/۴۱۴	۵۵/۶۲	۰/۰۳۹
	سرب	۲/۰۹ ±۱/۴۸	۰/۹۷	۶/۸۱	۰/۱۳۱	۱۷/۵۹	۰/۱۲۲
	روی	۳۲/۹۳/±۸/۰۶	۱۵/۳۲	۱۰۷/۲۷	۰/۶۳۱	۸۴/۶۳	۰/۰۲۶
	مس	۹/۵۷±۵/۸۸	۴/۴۵	۳۱/۱۸	۰/۲۸۲	۳۷/۸۱	۰/۰۵۶
				خطرپذیری کل عناصر ؛	**۰/۲۴۴**		
کپور معمولی	کروم	۱/۲۱ ±۰/۷۶	۰/۵۶	۳/۹۵	۰/۳۲۵	۴۳/۶۱	۰/۰۵۶
	سرب	۲/۸۳ ±۱/۲۶	۱/۳۱۵	۹/۲۰۸	۰/۱۰۳	۱۳/۹۲	۰/۱۶۵
	روی	۳۶/۱۰ ±۱۳/۴۶	۱۶/۷۰	۱۱۷/۵۸	۰/۵۵۵	۲۲/۲۱	۰/۰۲۸
	مس	۱۶/۴۹ ±۲/۱	۷/۶۷	۵۳/۷۰۷	۰/۱۶۵	۲۲/۲۱	۰/۰۹۶
				خطرپذیری کل عناصر ؛	**۰/۳۴۸**		

همچنین محاسبه مقدار شاخص خطر (HI) در هر دو گونه ماهی نشان داد میزان این شاخص در هر دو گونه نیز کمتر از یک می‌باشد و در بین دو گونه بررسی شده مقدار HI در گونه کپور معمولی به مراتب نیز بیشتر از گونه آمور بوده است (شکل ۳). علاوه بر این در بین فلزات اندازه‌گیری شده فلز سرب جزء اصلی شرکت‌کننده در HI می‌باشد.



شکل ۳. سهم نسبی فلزات (سرب، کروم، مس و روی) در شاخص خطر در هر گونه ماهی

بحث

امروزه یکی از نگرانی‌های اساسی جامعه بشری ورود آلاینده‌های مختلف به زنجیره غذایی اکوسیستم‌های آبی و خشکی و در نتیجه ایجاد اثرات سمی و یا سرطان‌زایی برای انسان‌ها و بر هم خوردن تعادل اکولوژیک محیط‌زیست است. بنابراین انجام مطالعات پایشی در این اکوسیستم‌ها و زنجیره غذایی آن‌ها نظیر ماهیان بسیار ضروری است. در این راستا به طور کلی توالی میانگین غلظت کلی فلزات سنگین در بافت عضله هر دو گونه ماهی در منطقه (رودخانه بشار) مشابه بود؛ به‌گونه‌ای که در میان این فلزات عنصر کروم و روی به ترتیب کمترین و بیشترین مقدار غلظت را دارا بودند که در این بین به ترتیب عناصر سرب و مس قرار گرفته‌اند. به نظر می‌رسد تشابه در روند تجمع فلزات به دلیل شرایط محیطی یکسان و نحوه‌ی زیستی مشابه بین گونه‌های خانواده‌ی کپور ماهیان می‌باشد. از آنجایی که خانواده‌ی کپور ماهیان دارای رژیم‌های غذایی مختلفی هستند و بالغین بیشتر از بی‌مهرگان، مواد خرده ریز بستر، مواد گیاهی و تخم ماهی تغذیه می‌کنند، احتمال می‌رود برای موجودات با رژیم غذایی متنوع تفاوتی در میزان و توزیع منابع غذایی وجود ندارد که سبب ایجاد اختلاف سطح معناداری گردد (Bandani

et al., 2011). همچنین تجزیه و تحلیل مقایسه میانگین غلظت فلزات بافت عضله ماهیان ایستگاه‌های مختلف بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار بین ایستگاه‌های مختلف برای فلزات کروم، مس و روی در ماهی آمور و همچنین فلز کروم و مس در ماهی کپور معمولی است که می‌تواند متأثر از ورود فاضلاب شهر یاسوج و زمین‌های کشاورزی و صنعتی اطراف آن به رودخانه بشار و در نتیجه ورود آن‌ها به زنجیره غذایی ماهیان باشد. همچنین نتایج حاصل از محاسبه شاخص MPI نشان داد که گونه کپور معمولی از بار آلودگی بیشتری نسبت به گونه آمور برخوردار است. از مهم‌ترین دلایل این موضوع می‌تواند تفاوت اندک در رژیم غذایی آن‌ها باشد. Evans و همکاران (۲۰۰۵) بیان داشتند که ماهیان با رژیم غذایی مختلف، تفاوت آشکاری در میزان تجمع آلاینده‌ها را نشان می‌دهند و میزان غلظت و جذب فلزات سنگین در موجودات آبزی وابسته به وضعیت محیط‌زیست، فاکتورهای خاص زیستی، فیزیولوژی و یا زیستگاه ماهی و همچنین حالت فیزیکی و شیمیایی فلزات سنگین است. Canli و Atli (۲۰۰۳) نشان دادند در گونه‌های مختلف و حتی در گونه‌های مختلف یک ماهی میزان تجمع و نرخ تجمع عناصر فلزی آن متفاوت است.

بررسی نتایج مقایسه میانگین کلی غلظت فلزات به دست آمده در مطالعه حاضر با استانداردهای ملی و بین‌المللی نشان داد که غلظت سرب در بافت عضله هر دو گونه ماهی از استانداردهای تعیین‌شده توسط WHO، FAO، NHMRC و MAFF و میزان کروم از استانداردهای WHO، FAO و FDA میزان فلز روی از استاندارد FAO و غلظت فلز مس در ماهی کپور معمولی از استانداردهای NHMRC و WHO بالاتر می‌باشند (جدول ۳). بالاتر بودن میزان غلظت فلزات ذکرشده از استانداردهای موجود می‌تواند به عنوان یک هشدار در نظر گرفته شود. ورود فاضلاب‌های شهری، صنعتی و بیمارستانی تصفیه نشده یا با تصفیه کم شهر یاسوج و محدوده اطراف آن به رودخانه و همچنین استفاده بی‌رویه از کودها و سموم شیمیایی مختلف در مزارع کشاورزی حاشیه رودخانه که معمولاً بر اساس عادت‌های تجربی کشاورزان و نه بر اساس نیاز زمین‌های مربوطه است، موجب ورود مقادیر عظیمی از آلاینده‌های گوناگون نظیر فلزات سنگین به رودخانه می‌شود که در نهایت سبب ورود آن‌ها به زنجیره غذایی این بوم‌سازگان می‌گردد. بنابراین توجه به اینکه غلظت فلزات اندازه‌گیری شده در این پژوهش از استانداردهای بین-المللی بالاتر می‌باشد ضرورت دارد که برمنابع تولیدکننده این فلزات در نواحی اطراف رودخانه و شاخه‌های فرعی و ورودی آن نظارت بیشتری صورت گیرد.

جدول۳. مقایسه میانگین کلی غلظت فلزات در بافت عضله ماهی کپور معمولی و آمور با آستانه‌ی استانداردهای بین‌المللی (میکروگرم بر گرم وزن خشک)

	سرب	کروم	مس	روی	منبع
WHO[3]	۰/۵	۰/۲	۱۰	۱۰۰	(WHO, 1985)
FDA[4]	۵	۰/۱-۰/۹	-	-	(Chen and Chen, 2001)
FAO	۲	۰/۱	۲۰	۲۰	-
NHMRC[5]	۱/۵	۱۰	۱۰	۱۵۰	Darmono and Denton, (1990)
UK (MAFF)[6]	۲	۲۰	۲۰	۵۰	Franklin and Jones, (1995)
آمور	۲/۱۳±۱/۴۸	۰/۸۴±۰/۶۸	۹/۶۲±۵/۸۸	۳۳/۲۷±۸/۰۶	مطالعه حاضر
کپور معمولی	۲/۶۹±۱/۲۶	۱/۰۷±۰/۷۶	۱۶/۹۰ ±۱۲/۱	۳۷/۷۸±۱۳/۴۶	مطالعه حاضر

برآورد جذب روزانه و هفتگی فلزات سنگین

میزان جذب روزانه و هفتگی فلزات در اثر مصرف غذا ارتباط مستقیم با میزان فلزات موجود در آن ماده غذایی و همچنین میزان مصرف آن ماده غذایی دارد. در مطالعه حاضر مقادیر به دست آمده از جذب روزانه (EDI) و هفتگی (EWI) فلزات به

[3] Word Health Organization
[4] Food and Drug Administration
[5] National Health and Medical Research Council
[6] Ministry of Agriculture Fisheries and Food

ترتیب با میزان جذب مجاز قابل تحمل موقت روزانه (PTDI[۷]) و هفتگی (PTWI[۸]) مقایسه گردید. PTWI حداکثر مقدار آلاینده‌ای است که یک فرد می‌تواند در طول هر هفته از عمرش بدون خطر غیر قابل قبول از اثرات بهداشتی در معرض آن قرار گیرد (Mukherjee and Bhupander, 2011). همچنین دوز مصرف روزانه یک فلز خاص، به تخمین حداکثر مقدار غذایی که فرد می‌تواند بدون ریسک اثرات آسیب‌رسان به طور ایمن مصرف کند، کمک می‌نماید. در همین راستا (PTDI) به‌عنوان جذب روزانه قابل تحمل موقت مطرح می‌گردد (Hauser-Davis *et al.*, 2016). مقادیر جذب قابل تحمل موقت برای هر کیلوگرم وزن بدن توسط کمیته مشترک کارشناسان مواد غذایی سازمان بهداشت جهانی/ سازمان خوار و بار جهانی (FAO/WHO) مطابق جدول (۴) ارائه شده است. مقایسه نتایج با مقادیر مجاز مربوطه نشان داد میزان جذب فلزات در دو گونه ماهی مورد بررسی از مقادیر مجاز تعیین شده توسط این استانداردها به مراتب خیلی کمتر است (جدول ۴). بر این اساس، مصرف این ماهیان در محدوده مطالعاتی، نگرانی تهدید کننده‌ای برای سلامتی جامعه بومی ایجاد نخواهد کرد. این یافته‌ها با مطالعات پژوهشگرانی نظیر Copat و همکاران (۲۰۱۳)، بر عضله چند گونه ماهی در خلیج کاتانیا در شرق دریای مدیترانه؛ Kuznetsova و همکاران (۲۰۰۲) بر روی دو گونه ماهی *Rutilus rutilus* و *Fluviatis Perca* در دریاچه بایکال و Abdallah (۲۰۱۳) در عضله ۶ گونه از ماهیان سواحلی دریای مدیترانه مطابقت دارد.

جدول ۴. مقادیر مجاز جذب قابل تحمل موقت روزانه و هفتگی فلزات سنگین از مصرف عضله ماهی (میکروگرم در هفته/ روز برای یک شخص ۷۰ کیلوگرمی)

مقدار جذب	Cr	Zn	Pb	Cu	منبع
PTDI	۲۳۳	۷۰۰۰۰	۲۵۰	۳۵۰۰۰	Luna-Porres *et al.*, 2014; Saha *et al.*, 2016)
PTWI	-	۴۹۰۰۰۰	۱۷۵۰	۲۴۵۰۰۰	(Luna-Porres *et al.*, 2014)

حد مجاز مصرف ماهی

حد مجاز مصرف روزانه (CR_{lim}) در واقع حداکثر میزانی است (کیلوگرم) که یک فرد مصرف کننده می‌تواند در تمام طول عمر خود از یک ماده غذایی نظیر ماهی مصرف کند، بدون آنکه برای شخص اثرات مضر غیر سرطان‌زای به همراه داشته باشد. به عبارت دیگر فرد می‌تواند این میزان را در طول عمر مصرف کند، بدون آنکه انتظار ایجاد اثرات مضر غیر سرطانی را داشته باشد (Hosseini *et al.*, 2013; Sadeghi *et al.*, 2016). مطابق محاسبات صورت گرفته، بیشترین حد مجاز مصرف روزانه ماهی آمور و کپور معمولی از لحاظ فلزات سرب، کروم مس، روی به ترتیب به میزان (۰/۱۳۱ و۰/۱۰۳)، (۰/۴۱۴ و ۰/۳۲۵)، (۰/۲۸۲ و ۰/۱۶۵) و (۰/۶۳۱ و ۰/۵۵۵) است؛ بنابراین می‌توان نتیجه گرفت گونه آمور با توجه بهمیزان آلودگی کمتر نسبت به ماهی کپور معمولی شرایط بهتری را از نظر میزان مصرف دارا است. بر همین اساس می‌توان گفت هر چه میزان غلظت فلزات سنگین در گونه‌های ماهی کمتر باشد، میزان مصرف مجاز آن گونه بیشتر خواهد بود.

ارزیابی ریسک بالقوه سلامتی (THQ)

این شاخص توسط سازمان حفاظت محیط‌زیست ایالات متحده آمریکا به عنوان شاخص خطر سلامتی مواد غذایی، به منظور مقایسه مقدار مصرف یک آلاینده خاص با دوز مرجع استاندارد شده آن پیشنهاد شده است و به طور گسترده‌ای در ارزیابی خطر سلامت فلزات در مواد غذایی در معرض آلودگی استفاده می‌شود. به‌طور کلی نتایج نشان داد، که میزان این شاخص برای هر چهار فلز اندازه‌گیری شده کمتر از یک بوده و از آستانه خارج قسمت خطرشان تجاوز نکرده است؛ این موضوع حاکی از آن است که افراد مصرف‌کننده این دو گونه ماهی در معرض میزان کمتری از دوز رفرنس فلزات قرار داشته و میزان جذب روزانه و هفتگی فلزات کمتر از میزانی خواهد بود که در طول عمر مصرف‌کنندگان اثرات مضری بر سلامتی آن‌ها داشته باشد

[7] Provisional Tolerable Daily Intake
[8] Provisional Tolerable Weekly Intake

(Abdallah, 2013). بنابراین می‌توان ادعا نمود این سطوح از در معرض قرارگیری برای فلزات مذکور، پتانسیل آسیب‌رسانی به افراد در طول دوره زندگی آن‌ها را نخواهد داشت (Hosseini *et al.*, 2013; Wang *et al.*, 2005)، با فرض فقط وجود این عناصر آلاینده، تهدید جدی برای بومیان مصرفکننده وجود ندارد. روند کاهش مقادیر THQ برای فلزات در هر دو گونه یکسان و به صورت سرب <مس< روی < کروم است.

مقدار شاخص خطر (HI) در این مطالعه نیز کمتر از یک به دست آمد که نمایانگر عدم وجود ریسک قابل مشاهده می‌باشد و در بین دو گونه بررسی شده، گونه کپور معمولی دارای مقادیر بیشتری نسبت به گونه کپور آمور بود. بر این اساس همان‌طور که در شکل (۳) نیز ارائه شده است؛ فلز سرب جزء اصلی شرکت‌کننده در HI و فلز روی سهم ناچیزی را دارا می‌باشد. در حالت کلی میزان اثرات مضر ناشی از مصرف ماهیانی که HI آن‌ها بالای یک است (شکل ۳)، به میزان مصرف، غلظت و نوع آلاینده در ماهی، شرایط فیزیکی و سن مصرف‌کننده و غیره بستگی دارد (Omar *et al.*, 2015; Pandey *et al.*, 2017). به طور کلی مقادیر HI بالای یک، نشان‌دهنده پتانسیل اثرات مغایر با سلامتی انسان بوده و نیازمند بررسی در سطوح بالاتر یا فعالیت‌های چاره‌جویانه است (Hosseini *et al.*, 2013). در این راستا مطالعات مختلفی به ارزیابی ریسک بالقوه سلامتی (THQ و HI) ناشی از مصرف ماهیان بوم‌سازگان‌های آبی مختلفی پرداخته‌اند که از آن جمله می‌توان به تحقیق Sadeghi و همکاران (۲۰۱۶) بر روی ماهی آلوزا و کیلکای معمولی در رابطه با فلزات کروم، نیکل، روی و مس در سواحل جنوبی دریای مازندران و Abdallah (۲۰۱۳) بر روی عضله شش گونه از ماهیان سواحل دریای مدیترانه در ارتباط با فلزات کروم، سرب، کادمیوم، نیکل و کبالت، اشاره کرد. نتایج این تحقیقات نشان داد که مقادیر THQ برای فلزات مورد بررسی کمتر از ۱ بود و با نتایج مطالعه حاضر مطابقت دارد.

به‌طور کلی بر اساس یافته‌های به دست آمده می‌توان بیان کرد میانگین کلی تغییرات غلظت فلزات در هر دو گونه ماهی یکسان و به صورت (کروم < سرب < مس < روی) میلی‌گرم بر کیلوگرم است و در بین فلزات اندازه‌گیری شده در بافت عضله هر دو گونه و آمور به ترتیب بیشترین و کمترین میانگین غلظت به ترتیب مربوط به روی و کروم به میزان ۱۳/۴۶± ۳۶/۱۰ ، ۰/۷۶± ۱/۲۱ در ماهی کپور معمولی و ۰/۶۸±۰/۸۴، ۸/۰۶±۳۲/۹۳ (میلی‌گرم بر کیلوگرم) برای ماهی آمور بود. همچنین بر اساس نتایج به دست آمده، بیشتر میانگین غلظت فلزات اندازه‌گیری شده به ترتیب در ناحیه‌ی محدوده شهر، بعد از شهر و قبل از شهر برای هر چهار فلز به دست آمد. بر اساس شاخص آلودگی فلزات (MPI)، حد مجاز مصرفی ماهی (CR_{lim}) و شاخص خطر سلامت می‌توان گفت در بین دو گونه ماهی بررسی شده، میزان آلودگی و خطر بهداشتی مصرف ماهی کپور معمولی به مراتب بیشتر از ماهی آمور می‌باشد. همچنین بر اساس نتایج شاخص ارزیابی ریسک بالقوه سلامتی فلزات سنگین ناشی از مصرف دو گونه ماهی کپور معمولی و آمور می‌توان نتیجه گرفت در هر دو گونه بیشترین ریسک بالقوه سلامتی مربوط به فلز سرب و بعد از آن به ترتیب مربوط به فلزات مس، کروم و روی می‌باشد. علاوه بر این مقدار شاخص خطر (HI) در هر دو گونه ماهی نیز کمتر از یک بود و در بین دوگونه بررسی شده مقدار HI درگونه کپور معمولی به مراتب بیشتر از گونه آمور بوده است. می‌توان نتیجه گرفت گونه آمور با توجه میزان آلودگی کمتر نسبت به ماهی کپور معمولی شرایط بهتری را از نظر میزان مصرف دارا است. در نهایت با توجه به نتایج موجود می‌توان ادعا کرد اگرچه غلظت فلزات اندازه‌گیری در حال حاضر خطر سلامتی و همچنین ریسک تجمعی سلامتی برای مصرف کنندگان ندارد. اما، مقادیر بالاتر از حد مجاز فلزات نسبت به استانداردهای ملی و بین‌المللی نگران‌کننده است. چرا که ورود فاضلاب شهری، صنعتی و بیمارستانی شهر یاسوج در کنار رشد بی‌رویه نواحی شهری و روستایی حاشیه رودخانه و همچنین مصرف بی‌رویه سموم و کودهای شیمیایی در مزارع کشاورزی و عدم مدیریت اصولی منابع تأمین‌کننده آب رودخانه، می‌تواند منجر به ورود آلاینده‌ها آلی و معدنی مختلف از جمله فلزات سنگین به رودخانه شده و ضمن تجمع عناصر در بافت‌های بدن آبزیان ساکن، سلامت مصرف‌کنندگان را با مخاطره مواجه نماید. لذا سنجش دوره‌ای و مداوم غلظت آلاینده‌ها در مواد غذایی مختلف، نظیر ماهیان، گیاهان و مزارع کشاورزی اطراف رودخانه و تعیین حدود مجاز مصرف آن‌ها از نظر ارزیابی خطرات ناشی از مصرف آن‌ها بسیار حائز اهمیت و پیشنهاد می‌گردد است.

تشکر و قدردانی

این مقاله در چارچوب طرح تحقیقاتی به شماره (۳۴۸-۱-۸۴/۵) مصوب دانشگاه ملایر انجام گرفته است. بدین وسیله نویسندگان مراتب سپاس و قدردانی خود را از دانشگاه اعلام می‌دارند.

منابـع

Abdallah, M.A.M. 2013. Bioaccumulation of heavy metals in mollusca species and assessment of potential risks to human health. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology. 90(5): 552-557.

Bandani, G.A., Khoshbavar Rostami, H., Yelghi, S., Shokrzadeh, M., Nazari, H. 2011. Concentration of heavy metals (Cd, Cr, Zn, and Pb) in muscle and liver tissues of common carp (*Cyprinus carpio* L., 1758) from coastal waters of Golestan Province. Iranian Scientific Fisheries Journal. 19(4): 1-10.

Canli, M., Atli, G. 2003. The relationships between heavy metal (Cd, Cr, Cu, Fe, Pb, Zn) levels and the size of six Mediterranean fish species. Environmental Pollution. 121(1): 129-136.

Chen, Y.-C., Chen, M.-H. 2001. Heavy metal concentrations in nine species of fishes caught in coastal waters off Ann-Ping, SWTaiwan. Journal of Food and Drug Analysis. 9(2): 107-114

Cherfi, A., Cherfi, M., Maache-Rezzoug, Z., Rezzoug, S.A. 2016. Risk assessment of heavy metals via consumption of vegetables collected from different supermarkets in La Rochelle, France. Environmental Monitoring And Assessment. 188(3): 136-149.

Copat, C., Arena, G., Fiore, M., Ledda, C., Fallico, R., Sciacca, S., Ferrante, M. 2013. Heavy metals concentrations in fish and shellfish from eastern Mediterranean Sea: consumption advisories. Food and Chemical Toxicology. 53: 33-37.

Darmono, D., Denton, G. 1990. Heavy metal concentrations in the *Banana prawn*, *Penaeus merguiensis*, and *Leader prawn*, *P. monodon*, in the townsv region of Australia. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology. 44(3): 479-486.

Demirezen, D., Uruç, K. 2006. Comparative study of trace elements in *Certain fish*, meat and meat products. Meat Science. 74(2): 255-260.

Ebrahimisirizi, Z., Sakizadeh, M., Sari, A.E., Bahramifar, N., Ghasempouri, S.M., Abbasi, K. 2012. Survey of heavy metals (Cd, Pb, Cu and Zn) Contamination in muscle tissue of *Esox luciusn* from Anzali International Wetland: Accumulation and risk assessment. Journal of Mazandaran University of Medical Sciences (JMUMS). 22(87): 56-63. (in Persian)

Ekeanyanwu, C., Ogbuinyi, C., Etienajirhevwe, O. 2011. Trace metals distribution in fish tissues, bottom sediments and water from Okumeshi River in Delta State, Nigeria. Ethiopian Journal of Environmental Reasearch Journal. 5(1):6-10.

Evans, M., Lockhart, W., Doetzel, L., Low, G., Muir, D., Kidd, K., Stephens, G., Delaronde, J. 2005. Elevated mercury concentrations in fish in lakes in the Mackenzie River Basin: the role of physical, chemical, and biological factors. Science of the Total Environment. 351: 479-500.

Franklin, A., Jones, J. 1995. Monitoring and surveillance of non-radioactive contaminants in the aquatic environment and activities regulating the disposal of wastes at sea.1994. Science Series Aquatic Environment Monitoring Report. 47: 59.

Fu, J., Zhao, C., Luo, Y., Liu, C., Kyzas, G.Z., Luo, Y., Zhao, D., An, S., Zhu, H. 2014. Heavy metals in surface sediments of the Jialu River, China: their relations to environmental factors. Journal of Hazardous Materials. 270: 102-109.

Graci, S., Collura, R., Cammilleri, G., Buscemi, M.D., Giangrosso, G., Principato, D., Gervasi, T., Cicero, N., Ferrantelli, V. 2017. Mercury accumulation in Mediterranean Fish and Cephalopods Species of Sicilian coasts: correlation between pollution and the presence of Anisakis parasites. Natural Product Research. 31(10): 1156-1162.

Gu, Y.-G., Huang, H.-H., Lin, Q. 2016. Concentrations and human health implications of heavy metals in wild aquatic organisms captured from the core area of Daya Bay's Fishery Resource Reserve, South China Sea. Environmental Toxicology and Pharmacology. 45: 90-94.

Gurumoorthi, K., Venkatachalapathy, R. 2016. Spatial and seasonal trend of trace metals and ecological risk assessment along Kanyakumari coastal sediments, southern India. 2(3): 269-287

Hauser-Davis, R.A., Bordon, I.C., Oliveira, T.F., Ziolli, R.L. 2016. Metal bioaccumulation in edible target tissues of mullet (*Mugil liza*) from a tropical bay in Southeastern Brazil. Journal of Trace Elements in Medicine and Biology. 36: 38-43.

Hoseini, H., Tahami, M. 2012. Study of heavy metals (Pb and Cd) concentration in liver and muscle tissues of *Rutilus frisii* Kutum, Kamenskii, 1901 in Mazandaran Province. Global Veterinaria. 9(3): 329-333.

Hosseini, S.M., Mirghaffari, N., Sufiani, N.M., Hosseini, S.V., Ghasemi, A.F. 2013. Risk assessment of the total mercury in Golden gray mullet (*Liza aurata*) from Caspian Sea. International Journal of Aquatic Biology. 1(6): 258-265.

Kuznetsova, A., Zarubina, O., Leonova, G. 2002. Comparison of Zn, Cu, Pb, Ni, Cr, Sn, Mo concentrations in tissues of fish (roach and perch) from lake Baikal and Bratsk reservoir, Russia. Environmental Geochemistry and Health. 24(3): 205-212.

Luna-Porres, M.Y., Rodríguez-Villa, M.A., Herrera-Peraza, E.F., Renteria-Villalobos, M., Montero-Cabrera, M.E. 2014. Potential Human Health Risk by Metal (loid) s, 234,238 U and 210Po due to Consumption of Fish from the "Luis L. Leon" Reservoir (Northern México). International Journal of Environmental Research and Public Health. 11(7): 6612-6638.

Mortazavi, A., Hatamikia, M., Bahmani, M., Hassanzadazar, H. 2016. Heavy metals (mercury, lead and cadmium) determination in 17 species of fish marketed in Khorramabad city, West of Iran. Journal of Chemical Health Risks. 6(1): 41-48.

Mortazavi, S., Hatami, M. 2018. Assessment of ecological hazard of heavy metals (Cr, Zn, Cu, Pb) in surface sediments of the Bashar River, Yasouj, Iran. Archives of Hygiene Sciences. 7(1): 47-60

Mukherjee, D., Bhupander, K. 2011. Assessment of arsenic, cadmium and mercury level in commonly consumed coastal fishes from Bay of Bengal, India. Food Science and Quality Management. 2: 19-30.

Olmedo, P., Pla, A., Hernández, A., Barbier, F., Ayouni, L., Gil, F. 2013. Determination of toxic elements (mercury, cadmium, lead, tin and arsenic) in fish and shellfish samples. Risk assessment for the consumers. Environment International. 59: 63-72.

Omar, W.A., Mikhail, W.Z., Abdo, H.M., El Defan, A., Tarek, A., Poraas, M.M. 2015. Ecological risk assessment of metal pollution along greater Cairo sector of the river Nile, Egypt, using *Nile tilapia*, Oreochromis niloticus, as Bioindicator. Journal of Toxicology. 2015(3): 1-11.

Pan, K., Wang, W.-X. 2012. Trace metal contamination in estuarine and coastal environments in China. Science of the Total Environment. 421: 3-16.

Pandey, M., Pandey, A.K., Mishra, A., Tripathi, B. 2017. Assessment of metal bioaccumulation in *Mastacembelus armatus* (eel) and exposure evaluation in human. Environmental Nanotechnology, Monitoring & Management. 7: 103-109.

Sadeghi Bajgiran, S., Pourkhabbaz, A., Hasanpour, M., Sinka Karimi, M. 2016. A study on zinc, nickel, and vanadium in fish muscle of *Alosa caspia* and *Sander lucioperca* and food risk assessment of its consumption in the southeast of the Caspian Sea. Iranian Journal of Health and Environment. 8(4): 423-432. (in Persian)

Saha, N., Mollah, M., Alam, M., Rahman, M.S. 2016. Seasonal investigation of heavy metals in marine fishes captured from the Bay of Bengal and the implications for human health risk assessment. Food Control. 70: 110-118.

Shfahipour, A., Gorhipour, A. 2002. Investigation on the diet of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) in the rivers of Khormanaz and Bashar in Yasouj. Journal of Marine Science and Technology. 3(4): 37-44. (in Persian)

Sinka, K.M.H., Pourkhabbaz, A., Hassanpour, M., Ghasempouri, S.M. 2014. Determination of metals in tissues of mallard (*Anas platyrhynchos*) and risk assessment of food consumption in the southeastern Caspian Sea. Journal of Wetland Ecobiology. 5(18): 70-90. (in Persian)

Storelli, M. 2008. Potential human health risks from metals (Hg, Cd, and Pb) and polychlorinated biphenyls (PCBs) via seafood consumption: estimation of target hazard quotients (THQs) and toxic equivalents (TEQs). Food and Chemical Toxicology. 46(8): 2782-2788.

Usero, J., Gonzalez-Regalado, E., Gracia, I. 1997. Trace metals in the bivalve molluscs *Ruditapes decussatus* and *Ruditapes philippinarum* from the Atlantic Coast of Southern Spain. Environment International. 23(3): 291-298.

USEPA. 2009. Risk-based concentration table environmental protection agency. Philadelphia PA, Washington, DC.

Wang, X., Sato, T., Xing, B., Tao, S. 2005. Health risks of heavy metals to the general public in Tianjin, China via consumption of vegetables and fish. Science of the total environment. 350(1-3): 28-37.

WHO. 1985. Review of potentially harmful substances, cadmium, lead and tin.

Yang, G.G., Qin, L., Xue, H.W., Fei, Y.D., Zi, L,Y., Hong, H.H. 2015. Heavy metal concentrations in wild fishes captured from the South China Sea and associated health risks. Marine Pollution Bulletin. 96(1-2): 508-512

Yap, C., Ismail, A., Tan, S., Omar, H. 2002. Correlations between speciation of Cd, Cu, Pb and Zn in sediment and their concentrations in total soft tissue of green-lipped mussel *Perna viridis* from the west coast of Peninsular Malaysia. Environment International. 28(1-2): 117-126.

Yi, Y., Yang, Z., Zhang, S. 2011. 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. Environmental Pollution. 159(10): 2575-2585.

Zhang, Z., Juying, L., Mamat, Z., QingFu, Y. 2016. Sources identification and pollution evaluation of heavy metals in the surface sediments of Bortala River, Northwest China. Ecotoxicology and Environmental Safety. 126: 94-101.