ارزیابی ریسک غیرسرطانزایی فلزات سرب، روی و کادمیوم مصرف کپور ماهی تالاب چغاخور

ثمر مرتضوی[1*]، عاطفه چمنی[2]، مهسا تکش[3]، مهسا پاکزاد[3]

۱. استادیار گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه ملایر، ملایر، ایران

۲. استادیار گروه محیط زیست دانشگاه آزاد اسلامی، واحد اصفهان (خوراسگان)، اصفهان، ایران

۳. دانش‌آموخته کارشناسی ارشد محیط زیست، واحد اصفهان (خوراسگان)، دانشگاه آزاد اسلامی، اصفهان، ایران

*نویسنده مسئول مکاتبات: mortazavi.s@gmail.com

(دریافت مقاله: ۹۶/۶/۱۹ پذیرش نهایی: ۹۶/۸/۶)

چکیده

عوارض جبران‌ناپذیر فلزات سنگین بر بدن انسان سبب افزایش حساسیت و اهمیت کنترل مقدار آن‌ها در مواد غذایی شده است. در این راستا سنجش فلزات و ارزیابی ریسک سلامتی آن‌ها در کپور ماهی تالاب چغاخور دارای اهمیت بسزایی است. هدف این مطالعه، تعیین غلظت فلزات سنگین سنگین سرب، روی و کادمیوم در بخش خوراکی ماهی کپور در تالاب چغاخور بود. برای این منظور ۴۵ نمونه کپور ماهی پس از هضم، با دستگاه جذب اتمی مورد ارزیابی قرارگرفتند. نتایج نشان داد مقادیر فاکتور وضعیت کپور ماهی تالاب چغاخور در حدود استاندارد معرفی شده برای ماهیان آب‌های آزاد قرار ندارد و میزان جذب روزانه و هفتگی فلزات با اختلاف چشم‌گیری به‌ترتیب از مقادیر PTDI و PTWI کم‌تر می‌باشد. هم‌چنین همبستگی منفی و معنی‌داری ($P< ۰/۰۱$) بین غلظت فلز سرب و کادمیوم و نیز همبستگی مثبت و معنی‌داری بین طول و فاکتور وضعیت ماهی ($P< ۰/۰۱$) وجود دارد. نتایج ارزیابی ریسک غیرسرطان‌زایی بیشترین مقادیر THQ را برای فلز روی و کم‌ترین مقادیر را برای فلز کادمیوم نشان داد که این روند در شکل‌گیری TTHQ نیز برقرار بود و TTHQ هیچ‌یک از فلزات بالاتر از یک نبود. هم‌چنین میزان مجاز مصرف برای کودکان و بزرگسالان روند کاهشی فلزات کادمیوم، سرب و روی را نشان داد. مقایسه میانگین غلظت فلزات سنگین در این مطالعه با استانداردهای ارائه شده و دیگر مطالعات در اکثر موارد حاکی از کم‌تر بودن مقادیر این مطالعه و اطمینان بالا از عدم ایجاد ریسک سرطانزایی نسبت به مصرف کپور ماهی تالاب چغاخور بود.

واژه‌های کلیدی: تالاب چغاخور، ریسک غیر سرطانزایی، فلزات سنگین، کپور معمولی

مقدمه

حضور فلزات سنگین در اکوسیستم‌های آبی و اثرات آن‌ها یکی از معضلات مهم جهانی به‌شمار می‌رود. آزادسازی آن‌ها از منابع مختلف ناشی از فعالیت‌های انسانی در محیط مانند حمل و نقل و فعالیت‌های صنعتی به‌دلیل تجزیه‌ناپذیری زیستی آن‌ها می‌تواند سبب تجمع به سطوح بالاتر زنجیره غذایی و در نهایت خطر بالقوه‌ای برای سلامتی انسان باشد (Hauser-Davis *et al*., 2016). علاوه بر جذب فلزات ضروری از طریق آب، غذا یا رسوبات، فلزات غیرضروری نیز از این طریق در بافت آبزیان ذخیره می‌شود. فلزاتی مانند کادمیوم و سرب به‌عنوان عناصر غیرضروری برای انسان در مقادیر جزئی سمی می‌باشند. بیش‌ترین جذب این عناصر از طریق غذا می‌باشد (WHO, 2003). روی نیز یک عنصر کمیاب ضروری برای برخی مسیرهای متابولیکی در انسان است که با وجود مقادیر اندک، تأثیرات فیزیولوژیک قابل‌ملاحظه‌ای ایجاد می‌کند (Gu *et al*., 2016). عوارض حاد و مزمن فلزات سنگین در بدن انسان که از تأثیر بر سیستم عصبی تا سرطان‌زایی را شامل می‌شود، لزوم کنترل امنیت فرآورده‌های غذایی را چشم‌گیرتر می‌نماید. سرانه بالای مصرف ماهی از یک‌سو و تجمع فلزات در بافت خوراکی ماهی از سوی دیگر می‌تواند خطرهای بهداشتی بیشتری نسبت به فواید آن برای سلامتی انسان داشته باشد.

در معرض قرارگیری ماهی با فلزات سنگین و مصرف آن‌ها توسط انسان، از راه‌های عمده انتقال فلزات سنگین می‌باشد (Mukherjee and Bhupander, 2011). ماهی به‌دلیل محتوای پروتئین بالا، ویتامین‌ها و مواد مغذی ضروری، چربی‌های غیراشباع و نیز اسیدهای چرب امگا، بخش بزرگی از رژیم غذایی انسان را به خود اختصاص می‌دهد (Dural *et al*., 2007). مطالعات متعددی در رابطه با آلودگی گونه‌های مختلف ماهی و بررسی امنیت غذایی ناشی از مصرف آن‌ها انجام شده که از جمله می‌توان به مطالعه فلزات سنگین؛ ماهی کپور آب شیرین (Vinodhini *et al*., 2008)؛ کپور معمولی دریاچه کاراکایا در کشور ترکیه (Gungordu and Ozmen, 2011)؛ ماهی‌های خلیج بنگال هند (Mukherjee and Bhupander, 2011) و آبزیان منطقه مرکزی ذخیره‌گاه طبیعی خلیج ماهیگیری دایا جنوب چین (Gu *et al*., 2016) اشاره نمود. در ایران نیز می‌توان مطالعات متعددی از جمله مطالعه بر روی ماهیان صید شده از تالاب چغاخور استان چهار محال و بختیاری (Rahimi and Raissy, 2008) کپور معمولی و کپور نقره‌ای سد قشلاق سنندج (Khushnamvand *et al*., 2010)، کپور نقره‌ای (*Hipophthalmichthys molitrix*) چاه نیمه‌های سیستان (Pakzad tuchaii, 2013)، کپور ماهی تالاب زریوار (Solgi, 2014)، گونه‌های کپور معمولی و سوف معمولی در خلیج گرگان (Banagar *et al* ,2015) صورت گرفته است. تالاب چغاخور با مساحتی حدود ۲۳۰۰ هکتار در استان چهارمحال و بختیاری واقع در دشت گندمان- بلداجی با مختصات جغرافیایی ´۵۰ °۳۱ تا ´۰۰ °۳۲ عرض شمالی و ´۰۰ °۵۱ تا ´۱۰ °۵۱ طول شرقی واقع گردیده است. در این تالاب گونه‌های مختلف ماهی از جمله خانواده کپورماهیان (Cyprinidae) حضور دارند که کپور معمولی (*Cyprinus carpio*) در میان گونه‌های دیگر بیش‌ترین فراوانی را به خود اختصاص داده و توسط مردم بومی و ساکنین

شهرهای اطراف به‌وفور مورد استفاده قرار می‌گیرد. این ماهی همه‌چیز خوار بوده و از مواد غذایی مختلف از جمله موجودات کف بستر، کرم‌ها، لارو حشرات و نرم‌تنان کوچک تغذیه می‌کند بنابراین پتانسیل بالایی برای تجمع عناصر تجزیه‌ناپذیر دارد.

با توجه به اهمیت تالاب بین‌المللی چغاخور به لحاظ ارزش‌های محیط‌زیستی، ظرفیت اکوتوریستی، تنوع زیستی بالا، وجود منابع آلاینده این تالاب هم‌چون مجاورت با روستاها و زمین‌های کشاورزی و ورود مقادیر زیادی از زهاب‌های منطقه، سیلاب‌های فصلی، فاضلاب‌های شهری و صنعتی از جمله دلایل اصلی انجام این مطالعه بود. در این راستا حضور گونه کپور ماهی معمولی با سرانه مصرف بالای آن در میان ساکنین منطقه، ضرورت بررسی فلزات سنگین در بافت خوراکی آبزیان را نمایان می‌سازد. بدین منظور میزان جذب روزانه و هفتگی فلزات روی، سرب و کادمیوم، ریسک غیرسرطانزایی، حدود مجاز مصرف ماهی در کودکان و بزرگسالان مورد بررسی و در نهایت به مقایسه مقادیر غلظت فلزات با استانداردهای مختلف پرداخته شد.

مواد و روش‌ها

- نمونه‌برداری

در فروردین ماه ۱۳۹٤ نمونه‌برداری با استفاده از قایق صیادی و با تور ماهیگیری از تالاب چغاخور صورت پذیرفت. تعداد ٤٥ ماهی به‌صورت تصادفی صید و در کیسه‌های پلاستیکی تمیز حاوی پودر یخ به آزمایشگاه منتقل گردید. در ابتدا زیست‌سنجی نمونه‌ها (وزن، طول، سن و جنس) صورت گرفت.

- آماده‌سازی نمونه و سنجش غلظت

سطح خارجی بدن ماهی با آب مقطر شستشو و بافت هدف (عضله) جداسازی و پس از خشک شدن در آون ۷۰ درجه سلسیوس به‌مدت ٤٨ ساعت، همگن و مطابق شیوه‌نامه مرجع (AOAC, 1980) به‌روش مرطوب، هضم گردید. جهت هضم نمونه‌ها ۲ گرم از نمونه رطوبت‌گیری شده را درون ارلن ریخته و ۲۰ میلی‌لیتر مخلوط اسید نیتریک (Merck, Germany) ٦٥ درصد و ۵ میلی‌لیتر آب اکسیژنه به آن اضافه شد. نمونه‌ها به‌مدت ۱۲ ساعت در زیر هود قرار گرفت. این مخلوط ۲ ساعت در دمای ۹۰ درجه سلسیوس در هات پلیت بود و به همه نمونه‌ها ۵-۲ میلی‌لیتر آب اکسیژنه ۳۰ درصد افزوده شد و مجدداً به‌مدت ۲ ساعت در دمای ۹۰- ۸۵ درجه سلسیوس حرارت‌دهی گردید. محلول شفاف پس از سرد شدن، در بالن ژوژه ۲۵ میلی‌لیتری با آب مقطر دوبار تقطیر و با استفاده از کاغذ صافی واتمن ٤۲ صاف و به حجم ۲۵ میلی‌لیتر رسانده شد. غلظت فلزات مورد مطالعه در هر نمونه با استفاده از دستگاه اسپکترومتری جذب اتمی کوره گرافیتی (Furnace AAS, Japan) اندازه‌گیری و در نهایت غلظت فلزات در نمونه شاهد اندازه‌گیری از مقادیر به‌دست آمده برای نمونه‌ها کسر گردید. درصد بازیابی (Recovery) نتایج بین ۹۰ تا ۹۵ درصد به‌دست آمد. حد تشخیص (Limit Of Detection) دستگاه برای فلزات سرب و کادمیوم در روش کوره گرافیتی ۰/۰۰۱ نانوگرم بر گرم و حد تشخیص دستگاه برای روی ۰/۰۱ میکروگرم بر گرم برآورد شد.

- تجزیه و تحلیل آماری

جهت آنالیز داده‌ها ابتدا نرمال بودن داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۱ با آزمون کولموگراف-اسمیرنوف بررسی گردید؛ سپس با کمک آزمون همبستگی ارتباط بین مقادیر فلزات مورد مطالعه در بافت عضله، با ویژگی‌های زیست‌سنجی ماهیان و نتایج حاصل از فاکتور وضعیت بررسی شد.

- برآورد جذب روزانه و هفتگی فلزات سنگین

جذب روزانه (Estimated Daily Intake) و هفتگی (Estimated Weekly Intake) فلزات سنگین به‌ترتیب مطابق روابط (۱) و (۲) محاسبه شد (Shaheen *et al.*, 2016):

$$EDI = \frac{FIR_D \times C}{BW}$$ رابطه (۱)

$$EWI = \frac{FIR_W \times C}{BW}$$ رابطه (۲)

FIR_D: میزان مصرف غذا بر حسب گرم در روز (برای ماهی حدود ۲۰ گرم در روز (FAO, 2012))،

FIRw: میزان مصرف غذا برحسب گرم در هفته (حدود ۱٤۰ گرم در هفته (FAO, 2012))،

C: غلظت فلز در نمونه‌های غذایی برحسب میلی‌گرم بر کیلوگرم،

BW: وزن بدن (۷۰ کیلوگرم برای یک فرد بزرگسال)

- فاکتور وضعیت (Condition factor)

توانایی موجود برای تحمل استرس‌های محیطی و اثرات کلی آلودگی در ماهی از طریق محاسبه فاکتور وضعیت قابل بررسی می‌باشد. این فاکتور مطابق رابطه (۳) محاسبه شده (Schreck and Moyle, 1990) که هزینه کم و سادگی آن باعث شده به‌عنوان ابزاری با ارزش در بررسی وضعیت عمومی ماهی، کاربرد گسترده‌ای یابد.

$$CF = \frac{\text{وزن}}{\text{طول}^3} \times 100$$ رابطه (۳)

- ارزیابی ریسک بالقوه سلامتی

ارزیابی اثرات بالقوه غیرسرطانزا از طریق محاسبه خارج قسمت خطر هدف (Target Hazard Quotient) مورد بررسی قرار گرفت. برای یک فلز، خارج قسمت خطر هدف در واقع نسبت (Chronic Daily Intake) به دوز مرجع (Reference Dose) می‌باشد. رابطه CDI با این فرض که پخت و پز هیچ تأثیری روی آلاینده ندارد و دوز مصرف با دوز جذب آلاینده برابر است، به صورت رابطه (٤) ارائه می‌گردد:

$$CDI = \frac{C \times IR \times Ef \times ED}{BW \times AT} \times 10^{-3}$$ رابطه (٤)

در نهایت THQ مطابق رابطه (۵) به‌کار گرفته شد (USEPA, 9285 6-03/1991).

$$THQ = \frac{C \times IR \times Ef \times ED}{BW \times AT \times RfD} \times 10^{-3}$$ رابطه (۵)

C: غلظت آلاینده‌های شیمیایی مصرف شده در بافت عضله (mg/Kg)؛

IR: میزان مصرف (۲۰g/ day) (FAO, 2012)؛

Ef: فرکانس در معرض قرارگیری (۳٦۵ day/years)؛

ED: طول مدت در معرض قرارگیری (۷۰years)؛

BW: وزن بدن (۷۰Kg)؛

AT: متوسط زمان در معرض قرارگیری (Day ۷۰×۳٦۵)؛

RfD: دوز مرجع (mg/kg.day) مطابق پیشنهاد سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا برای سرب، روی و

کادمیوم به‌ترتیب ۴×۱۰^{-۳}، ۳×۱۰^{-۱} و ۱×۱۰^{-۳} در نظر گرفته شد.

از سوی دیگر ریسک سلامتی تجمعی ناشی از مصرف گونه مورد مطالعه نتیجه اثرات غیر سرطان‌زای ترکیب شده چندین عنصر می‌باشد (Shaheen *et al.*, 2016). از آن‌جایی که قرار گرفتن در معرض دو یا چند آلاینده ممکن است منجر به افزایش اثرات متقابل شود از THQ کل (Total Target Hazard Quotient)، مطابق رابطه (٦) استفاده می‌گردد:

رابطه (٦):

$$TTHQ = THQ(Cu) + THQ(Pb) + THQ(Zn) + THQ(Cd)$$

- حد مجاز مصرف ماهی (Consumption Rate limit)

حد مجاز مصرف ماهی بر اساس روش تعیین شده توسط آژانس حفاظت محیط‌زیست آمریکا از طریق رابطه (۷) محاسبه می‌گردد:

رابطه (۷)

$$CR_{lim} = \frac{RfD \times BW}{C_m}$$

CR_{lim} حد مجاز مصرف ماهی (kg/day)؛ RfD دز مرجع (mg/kg.day)؛ BW وزن بدن مصرف کننده (کیلوگرم) برای افراد بزرگسال ۷۰ کیلوگرم و برای کودکان ١٦ کیلوگرم در نظر گرفته شد (Tatina *et al.*, 2009) و C_m غلظت ماده شیمیایی در بافت ماهی (mg/kg) می‌باشد.

یافته‌ها

- برآورد جذب روزانه و هفتگی فلزات

مقادیر حاصل از محاسبه جذب روزانه و هفتگی فلزات سرب، روی و کادمیوم ناشی از مصرف ماهی کپور معمولی تالاب چغاخور مطابق جدول (۱) ارائه گردیده است. با مقایسه مقادیر جذب روزانه و یا هفتگی فلزات مورد مطالعه بیشترین مقدار برای فلز روی و کم‌ترین مقادیر برای فلز کادمیوم به‌دست آمد.

جدول (۱)- مقادیر جذب روزانه و هفتگی فلزات مورد مطالعه (برحسب میکروگرم بر کیلوگرم وزن بدن در روز)

سرب		روی		کادمیوم	
EDI	EWI	EDI	EWI	EDI	EWI
۰/۰۵۲	۰/۳٦۷	۷/۵۵۹	۵۲/۹۱٦	۰/۰۰۳	۰/۰۲٤

- فاکتور وضعیت و ارزیابی ریسک غیرسرطانزایی

در جدول (۲) علاوه بر پارامترهای مؤثر در محاسبه فاکتور وضعیت و نتایج حاصل از این فاکتور، میانگین سن، درصد فراوانی جنس نر و ماده، مقادیر THQ فلزات مختلف و نیز THQ کل، ارائه شده است.

در میان فلزات مورد مطالعه مقادیر THQ فلز روی بیش‌ترین و فلز کادمیوم کم‌ترین مقدار را به خود اختصاص می‌دهد و جنس ماده فراوانی بیش‌تری نسبت به جنس نر دارد.

جدول (۲)- مقادیر THQ فلزات مختلف، TTHQ و فاکتور وضعیت

میانگین			درصد فروانی		فاکتور	THQ			TTHQ
طول (cm)	وزن (g)	سن	نر	ماده	وضعیت	Pb	Zn	Cd	
۱۸/۳۵	۷۱۰/۳۲	۱۲/۰۲	٤۲/۹	۵۷/۱	۰/۰۱٦	۰/۰۱۳	۰/۰۲۵	۰/۰۰۳	۰/۰٤۲

جدول (۳) همبستگی بین مشخصه‌های حاصل از زیست‌سنجی از جمله فاکتور وضعیت، طول و وزن با یکدیگر را نشان می‌دهد. مطابق نتایج حاصل همبستگی منفی و معنی‌داری (P<۰/۰۱) بین طول و فاکتور وضعیت و همبستگی مثبت و معنی‌داری (P<۰/۰۱) بین طول و وزن وجود دارد. جدول (٤) نتایج حاصل از برقراری همبستگی بین غلظت فلزات و مشخصه‌های زیست‌سنجی شده طول، وزن و فاکتور وضعیت را نشان می‌دهد.

جدول (۳)- همبستگی پیرسون بین مشخصه‌های زیست‌سنجی نرمال

	کپور ماهی	فاکتور وضعیت	طول	وزن
فاکتور وضعیت	سطح معنی‌داری	۰		
	ضریب همبستگی	۱		
طول	سطح معنی‌داری	۰/۰۰۵	۰	
	ضریب همبستگی	-۰/٤۱٤**	۱	
وزن	سطح معنی‌داری	۰/۳۰٤	۰/۰۰۰	۰
	ضریب همبستگی	-۰/۱۵۷	۰/۹۵۷**	۱

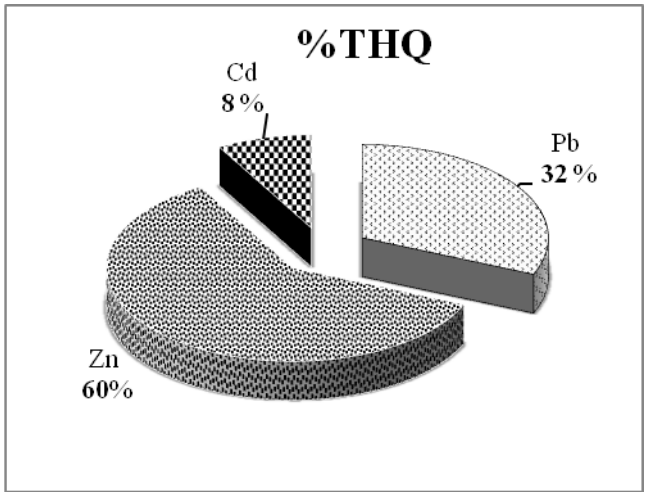
**معنی‌دار (p<۰/۰۱)

جدول (٤)- همبستگی اسپیرمن بین غلظت فلزات با پارامترهای طول، وزن و فاکتور وضعیت

	کپور ماهی	فاکتور وضعیت	طول	وزن
سرب	سطح معنی‌داری	۰/۲۰۷	۰/۳۲۳	۰/۱۵٤
	ضریب همبستگی	۰/۱۹۲	-۰/۱۵۱	-۰/۲۱٦
روی	سطح معنی‌داری	۰/۳۱۸	۰/۲٦۰	۰/۲۰۷
	ضریب همبستگی	۰/۱۷٤	۰/۱۹٦	۰/۲۱۹
کادمیوم	سطح معنی‌داری	۰/۰۱۲	۰/۸۷۲	۰/۷۸۱
	ضریب همبستگی	۰/۳۷۰*	-۰/۰۲۵	۰/۰٤۳

*معنی‌دار (p<۰/۰۵)، **معنی‌دار (p<۰/۰۱)

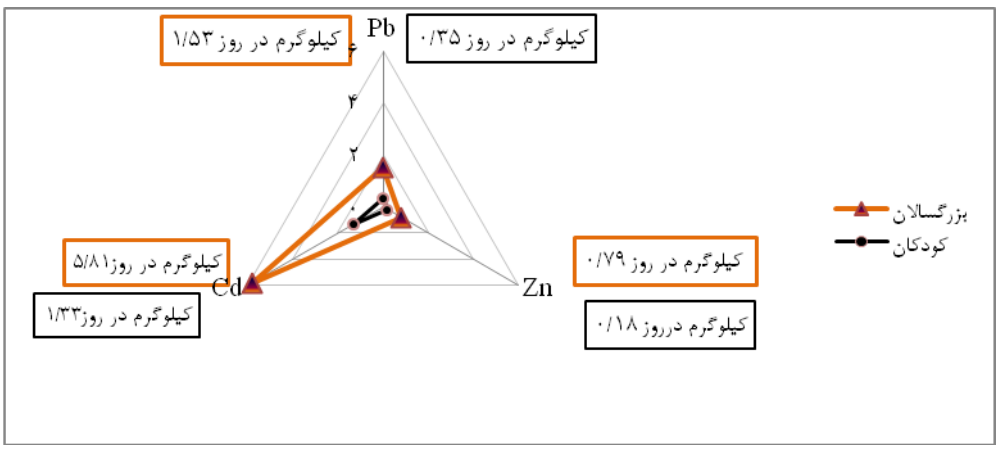
نمودار (۱) درصد سهم فلزات سرب، روی و کادمیوم را در شکل‌گیری مقادیر TTHQ کل را نشان می‌دهد. مطابق این شکل بیش‌ترین سهم را فلز روی (۶۰ درصد) به خود اختصاص می‌دهد.



نمودار (۱)- درصد سهم THQ فلزات مختلف

- حد مجاز مصرف ماهی

نمودار (۲) مقادیر مجاز مصرف کپور ماهی تالاب چغاخور برحسب کیلوگرم در روز را نشان می‌دهد. در این شکل نشانک واقع بر روی هر محور معرف مقدار مجاز مصرف کپور ماهی معمولی از نظر میزان غلظت فلز مورد بررسی می‌باشد که به‌منظور دقت بیشتر در تشخیص، مقادیر مجاز هر فلز برای بزرگسالان و کودکان در کنار محور مربوطه با رنگ متفاوت ارائه شده است. همان‌طور که مشاهده می‌گردد بیش‌ترین میزان مجاز مصرف برای فلز کادمیوم و کم‌ترین برای فلز روی در کودکان و بزرگسالان می‌باشد.



نمودار (۲)- حد مجاز مصرف ماهی از نظر غلظت فلزات مختلف در کودکان و بزرگسالان (برحسب کیلوگرم در روز)

بحث و نتیجه‌گیری

مقادیر جذب قابل تحمل موقت روزانه فلزات سرب، روی و کادمیوم برای هر کیلوگرم وزن بدن یک شخص ۷۰ کیلوگرمی که توسط کمیته مشترک کارشناسان مواد غذایی (JECFA) سازمان بهداشت جهانی/سازمان خوار و بار جهانی (FAO/WHO) تعیین گردیده به‌ترتیب ۲۵۰، ۷۰۰۰۰ و ۷۰ میکروگرم در روز (Luna-Porres *et al*., 2014) و مقادیر جذب قابل تحمل موقت هفتگی فلزات سرب، روی و کادمیوم به‌ترتیب ۱۷۵۰، ۴۹۰۰۰۰ و ۴۹۰ میکروگرم در هفته (Luna-Porres *et al*., 2014; Ateş *et al*., 2015) می‌باشد.

مقادیر به‌دست آمده از جذب روزانه (EDI) فلزات با میزان جذب مجاز قابل تحمل موقت روزانه (Provisional Tolerable Daily Intake) و جذب هفتگی (EWI) با میزان جذب مجاز قابل تحمل موقت هفتگی (Provisional Tolerable Weekly Intake) مقایسه گردید. نتایج نشان داد میزان جذب فلزات با اختلاف چشم‌گیری از حدود مجاز تعیین شده کم‌تر می‌باشد؛ بدین ترتیب، مصرف کپور ماهی تالاب چغاخور تهدیدی برای سلامتی انسان نخواهد بود. نتایج حاصل با یافته‌های حاصل از مطالعه بر روی ۱۰ گونه ماهی در خلیج سالک در اسلووانی (Al Sayegh Petkovšek *et al*., 2012)، بر روی عضله سپر ماهی (*Psetta maxima*) در سواحل دریای سیاه (Bat *et al*., 2012)، بر ماهیان کپور معمولی (*Cyprinus carpio*) و سوف معمولی (*Sander lucioperca*) (Banagar *et al*., 2015) مطابقت دارد.

مقادیر CF به‌دست آمده برای کپور ماهی معمولی تالاب چغاخور (۰/۰۱۶) در محدوده استاندارد معرفی شده برای ماهیان آب‌های آزاد (۴/۸– ۲/۹)، قرار ندارد و می‌توان گفت ماهیان این تالاب شرایط مناسبی از نظر سلامت و تحمل استرس‌های محیطی ندارد که می‌تواند نتیجه تأثیر فاکتورهای محیطی باشد (Uttah *et al*., 2012). در این راستا نتایج محاسبه این شاخص برای ماهی مخرج لوله‌ای در رودخانه سفیدرود ۱/۲۳–۱/۰۳ (Norouzi *et al*., 2016)، سیاه ماهی فلس ریز رودخانه سزار ۱/۴۱ (Marammazi *et al*., 2014) و نیز ماهی گل خورک استان هرمزگان ۰/۴۹ نر و ۰/۶۱ ماده با وجود قرار نگرفتن در حدود استاندارد اما نسبت به کپور ماهی تالاب چغاخور وضعیت بهتری را نشان می‌دهند (Afshar *et al*., 2014). نتایج مطالعه انجام شده بر روی گونه ماهی خیاطه در رودخانه تجن ساری حاکی از نزدیک بودن مقادیر این شاخص ۲/۲۷–۲/۲۱ به محدوده استاندارد می‌باشد (Azizi *et al*., 2014). هم‌چنین مطابق نتایج به‌دست آمده از همبستگی منفی و معنی‌دار طول و فاکتور وضعیت، رابطه (۳) تأیید و همبستگی مثبت و معنی‌دار بین طول و وزن می‌تواند تأکیدی بر تناسب روند رشد گونه با افزایش سن آن باشد؛ هم‌چنین احتمال می‌رود همبستگی منفی و معنی‌دار بین فلز کادمیوم و سرب ناشی از منابع طبیعی این دو عنصر در محیط، منابع آلوده کننده تالابی آن‌ها و هم‌چنین عملکرد فیزیولوژیک عنصر در انتقال باشد.

در افراد بالغ ریسک سلامتی ناشی از مصرف ماده غذایی اغلب در غذاهای دریایی آلوده شده بر اساس THQ به‌دست می‌آید. اگر THQ بزرگ‌تر از یک باشد، جمعیت در معرض قرار گرفته به احتمال زیاد تحت تأثیر اثرات مضر قرار گرفته است. نتایج، بیش‌ترین مقادیر THQ را برای فلز روی و کم‌ترین مقادیر را برای

فلز کادمیوم نشان داد. در این مطالعه هیچ‌یک از فلزات به‌صورت منفرد، آستانه خارج قسمت خطرشان بالاتر از یک نبود؛ بنابراین می‌توان گفت در معرض قرارگیری با این فلزات منجر به اثرات غیرسرطانزایی در انسان نخواهد شد.

در مطالعه حاضر مقادیر TTHQ کم‌تر از یک بود؛ چنان‌چه مقادیر این شاخص کم‌تر از یک باشد نمایانگر عدم وجود ریسک قابل مشاهده و مقادیر بزرگ‌تر از یک بیانگر وجود احتمال رخداد اثرات غیرسرطانزایی است (Gu *et al*., 2016). همان‌طور که در نمودار (۱) نیز ارائه شده فلز روی جزء اصلی شرکت کننده در TTHQ و فلز کادمیوم سهم ناچیزی را دارا می‌باشد.

نتایج شاخص‌های THQ و TTHQ در پژوهش حاضر با مطالعات انجام شده بر روی ماهیان کپور معمولی (*Cyprinus carpio*) و سوف معمولی (*Sander lucioperca*) در خلیج گرگان (Banagar *et al*., 2015) هم‌خوانی دارد.

در رابطه با بررسی میزان مجاز مصرف آبزیان، ماهی‌ها از جمله کپور معمولی به‌دلیل بزرگی اندازه بدن و میانگین سنی بالاتر می‌تواند میزان بالاتری از فلزات سنگین را در خود جذب نماید. هم‌چنین رژیم همه‌چیزخواری و استفاده از جانوران کف‌زی و نرم‌تنان توسط این ماهی، امکان تجمع مقادیر بالایی از فلزات سنگین را در اندام‌های مختلف این ماهی به‌خصوص کبد، کلیه و عضله فراهم می‌آورد. در این میان، بافت عضله به‌دلیل استفاده در رژیم غذایی انسان اهمیت بیشتری می‌یابد. مطابق نمودار (۲) میزان مجاز مصرف برای کودکان و بزرگسالان بیانگر روند کاهشی فلزات به‌ترتیب کادمیوم، سرب و روی بوده که این روند در میان کودکان و بزرگسالان متناسب می‌باشد؛ در واقع براساس تعریف CR_{lim} که حداکثر میزان مصرف مجاز روزانه بدون انتظار ایجاد اثرات مضر غیرسرطانی در طول عمر فرد می‌باشد، می‌توان نتیجه گرفت هر چه میزان غلظت فلزات سنگین در گونه‌های ماهی مورد مطالعه کم‌تر باشد، میزان مصرف مجاز آن بیش‌تر خواهد بود. مقایسه نتایج حاصل از محاسبه این شاخص برای فلزات سرب و کادمیوم در بزرگسالان بیانگر پایین‌تر بودن مقادیر این شاخص ناشی از مصرف ماهی سفید سواحل جنوبی دریای مازندران (Sinka Karimi and Sadeghi Baajgiran, 2015) نسبت به کپور ماهی تالاب چغاخور می‌باشد.

در جدول (۵) جهت مقایسه نتایج پژوهش حاضر، مقادیر به‌دست آمده از سایر مطالعات بر روی عضله کپور ماهی معمولی، آورده شده است.

جدول (۵)- مقادیر به‌دست آمده از سایر مطالعات بر روی تجمع فلزات در عضله ماهی (میکروگرم بر گرم وزن خشک)

گونه	سرب	روی	کادمیوم	مکان	منبع
Cyprinus carpio	۰/٤۳	۵/۰	۰/۰۹٦	رودخانه یانگ‌تسه	Yi and Zhang, 2012
Cyprinus carpio	۰/۲٤۲	–	۰/۰۱٤	خلیج گرگان	Shahriyari *et al*., 2010
Cyprinus carpio	۰/٤۳±۰/۱٤	–	۰/۲٦±۰/۰۹	خلیج گرگان	Banagar *et al*., 2015
Cyprinus carpio	۰/۰٦	۲۵/۵	۰/۰۸	تالاب زریوار	Solgi, 2014
Common carp	۰/۰۷۳±۰/۰۱۲	–	۰/۰۱۳±۰/۰۰۷	رودخانه نرتوا، بوسنی	Djedjibegovic *et al*., 2012
Cyprinus carpio	۰/۰۰۷	–	۰/۰۰۷	هوتووا بلاتو	Hosseini *et al*., 2015
12.053	۰/۱۸٤	۲٦/٤۵۸	۰/۰۱۲	تالاب چغاخور	مطالعه حاضر
	26458				

میانگین غلظت فلزات سنگین در این مطالعه در مقایسه با سایر مطالعاتی که صرفاً بر روی کپور ماهی معمولی انجام شده، در اکثر موارد کم‌تر می‌باشد. ویژگی‌های موجود زنده (سن، طول، وزن، جنس، عادت تغذیه‌ای و نیازهای اکولوژیک)، شرایط ویژه محیطی مانند شوری، دما، اکسیژن محلول، pH و مواد آلی (Birungi *et al*., 2007)، نوع فلز و مدت زمان در معرض قرارگیری موجود با فلز (Burger and Gochfeld, 2007) می‌توانند از عوامل ایجاد اختلاف در نتایج مطالعات مکان‌های مختلف باشد.

مطابق جدول (٦) مقادیر استانداردهای مربوطه جهت مقایسه با غلظت فلزات مورد مطالعه در کپور ماهی معمولی تالاب چغاخور ارائه گردید.

جدول (٦)- استانداردهای ارائه شده در رابطه با غلظت فلزات مورد مطالعه در عضله ماهی (میکروگرم بر گرم وزن خشک)

استانداردها	سرب	روی	کادمیوم	منابع
FAO (Food and Agriculture Organization)	۲	۵۰	۰/۳	(FAO, 464/1983)
WHO (World Health Organization)	۰/۳	۱۰۰۰	۰/۲	(WHO, 22/1985)
UK (MAFF: Ministry of Agriculture Fisheries and Food)	۲	۵۰	۰/۲	(MAFF, 44/1995)
NHMRC (National Health and Medical Research council)	۱/۵	۱۵۰	۰/۰۵	Darmono and Denton, 1990)
EC (European Commission)	۰/۲	–	۰/۰۵	EC (78/2005)
FDA (Food and Drug Administration)	۵	۳۵	۲	(Chen& chen,2001)
FAO/WHO limits	۰/۵	٤۰	۰/۵	(FAO/WHO, 505/1989)
ISIRI (Institute of Standards and Industrial Research of Iran)	۰/۳	–	۰/۰۵	(ISIRI, 2010)
–	۰/۱۸٤	۲٦/٤۵۸	۰/۰۱۲	مطالعه حاضر

نتایج مقایسه مقادیر حاصل از این مطالعه با استانداردهای ارائه شده، نشان می‌دهد که مقادیر غلظت فلزات سرب، روی و کادمیوم از کلیه استانداردها کم‌تر می‌باشد بنابراین می‌توان گفت مصرف این‌گونه

ماهی از تالاب چغاخور خطر چندانی برای سلامتی انسان در پی نخواهد داشت.

در نهایت می‌توان گفت، کپور ماهی معمولی به‌دلیل اندازه بزرگ‌تر، میانگین سنی بالاتر و رژیم همه‌چیزخواری، توانایی تجمع مقادیر بالایی از فلزات سنگین را در اندام‌های مختلف به‌ویژه کبد، کلیه و عضله دارد که در این میان، بافت عضله به‌دلیل استفاده در رژیم غذایی انسان اهمیت بیش‌تری می‌یابد. در مطالعه حاضر ازآن‌جایی‌که مقادیر مصرف روزانه و هفتگی کپور ماهی تالاب چغاخور و نیز شاخص‌های THQ و TTHQ تهدیدی برای سلامتی انسان و احتمال وجود رخداد اثرات غیرسرطانزایی را نشان نمی‌دهد و هم‌چنین با توجه به کم‌تر بودن مقادیر غلظت فلزات مورد بررسی نسبت به سایر مطالعات و استانداردهای مربوطه، مصرف کپور ماهی تالاب چغاخور تهدیدی برای سلامتی مصرف کننده نداشته و امنیت غذایی ناشی از مصرف آن تأیید می‌گردد. در همین راستا با توجه به افزایش میزان ورود انواع آلاینده‌ها به محیط‌های آبی بسته چون تالاب، توجه بیش‌تر به مدیریت ریسک و بررسی امنیت غذایی مواد موجود در سبد خانوار مورد تأکید قرار می‌گیرد.

تعارض منافع

نویسندگان هیچ‌گونه تعارض منافعی برای اعلام ندارند.

منابع

- Afshar, T., Abdoli, A. and Hasanzade Kiyabi, B. (2014). Aspects of the reproductive biology in mudskipper (*Periophthalmus waltoni koumans*, 1941) in Hormozgan province. Journal of Animal Environment, 2: 33-40. [In Persian]
- Al Sayegh Petkovšek, S., Mazej Grudnik, Z. and Pokorny, B. (2012). Heavy metals and arsenic concentrations in ten fish species from the Šalek lakes (Slovenia): assessment of potential human health risk due to fish consumption. Journal of Environmental Monitoring and Assessment, 184(5): 2647-2662.
- AOAC. (1980). Official Methods of Analysis, Association of Official Analytical Chemists, INC., Arlington, Virginia, USA.
- Ateş, A., Türkmen, M. and Tepe, Y. (2015). Assessment of Heavy Metals in Fourteen Marine Fish Species of Four Turkish Seas. Journal of Marine Sciences, 44 (1): 49-55.
- Azizi, F., Khoshkholgh, M.R., Rahmani, H., Satari, M., and Anvari far, H. (2014). Population dynamics Sartorius fish (*Alburnoides sp.*) (Pisces: Cyprinidae) in the upstream and downstream Shahid Rajai Tajan River, Sari. Journal of Animal Environment, 4: 121-134. [In Persian]
- Banagar, B., Alipour, H., Hassanpour, M., and Gholmohammadi, S. (2015). Estimation of Daily Intake and Ptential Risk of Chromium, Lead and Cadmium in Consumers of Common carp and Zander from Grgan Gulf. Zanko Journal of Medical Sciences, Kurdistan University of Medical Science: 22-32. [In Persian]
- Bat, L., Sahin, F., Üstün, F. and Sezgin, M. (2012). Distribution of Zn, Cu, Pb and Cd in the tissues and organs of *Psetta maxima* from Sinop Coasts of the Black Sea. Journal of Marine Sciences, 2(5): 105–109.
- Birungi, Z., Masola, B., Zaranyika, M.F., Naigaga, I. and Marshall, B. (2007). Active biomonitoring of trace heavy metals using fish (*Oreochromis niloticus*) as bioindicator species. The case of

Nakivubo wetland along Lake Victoria. Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C. 32 (15-18): 1350-1358.

- Burger, J., Gochfeld, M. and Jeitner, C. (2007). Mercury and other metals in eggs and feathers of glaucous-winged gulls (*Larus glaucescens*) in the Aleutians. Environmental Monitoring and assessment, 152: 179-194.
- Chen, Y.C. and Chen, M.H. (2001). Heavy metal concentration in nine species of fishes caught in coastal-waters off Ann-Ping, S.W. Taiwan. Journal of Food and Drug Analysis 9: 107-114.
- Darmono, D. and Denton, G.R.W. (1990). Heavy metal concentration in the banana prawn *Penaeus merguiensis* and leader prawn *P. monodon* in the Townsvile region of Australia. Journal of Environmental Contamination and Toxicology, 44: 479-486.
- Djedjibegovic, J., Larssen, T., Skrbo, A., Marjanovic, A. and Sober, M. (2012). Contents of cadmium, copper, mercury and lead in fish from the Neretva river (Bosnia and Herzegovina) determined by inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP-MS). Journal of Food Chemistry, 131: 469–476.
- European Community (EC), (2005). Commission Regulation No. 78/2005, pp. L16/43–L16/45. Official Journal of the European Union (20.1.2005).
- Elnabris, K.J., Muzyed, Sh.K. and El-Ashgar, N.M. (2013). Heavy metal concentrations in some commercially important fishes and their contribution to heavy metals exposure in Palestinian people of Gaza Strip (Palestine). Journal of the Association of Arab Universities for Basic and Applied Sciences, 13: 44–51.
- Food and Agriculture Organization (FAO), (1983). Compilation of legal limits for hazardous substance in fish and fishery products. FAO fishery circular, No. 464, 5–100.
- Food and Agriculture Organization (FAO), (2012). Fishery and aquaculture statistics. Yearbook 2010. FAO, Rome: 1–107. Available at: http://www.fao.org/fishery/publications/yearbooks/en.
- Food and Agriculture Organization/World Health Organization (FAO/WHO), (1989). Evaluation of certain food additives and the contaminants mercury, lead and cadmium, WHO Technical Report, Series No. 505.
- Gu, S.Y.G., Huanga, H.H. and 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. Journal of Environmental Toxicology and Pharmacology, 45: 90–94.
- Gungordu, A. and Ozmen, M. (2011). Assessment of seasonal and sex-related variability of biomarkers in carp (*Cyprinus carpio* L.) from Karakaya Dam Lake, Turkey. Journal of Environmental Toxicology and Pharmacology, 31(3): 347-56.
- Hauser-Davis RA., Bordon IC., Oliveira TF., and Ziolli RL. (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.
- Hosseini, S.M., Kariminasab, M., Batebi-Navaei, M., Aflaki, F., Monsefrad, F., Regenstein, J.M. *et al*. (2015). Assessment of the essential elements and heavy metals content of the muscle of Kutum (*Rutilus frisii kutum*) from the south Caspian Sea and potential risk assessment. Iranian Journal of Fisheries Sciences, 14(3): 660-671.
- Institute of Standards and Industrial Research of Iran, (2010). Food and Feed. Maximum limit of heavy metals, ISIRI No. 12968. [In Persian]
- Khushnamvand, M., Kaboudvandpour, Sh., Ghiyasi, F. and Bahram Nezhad, B. (2010). Comparison of bioaccumulation total mercury in the muscle tissue of two species of common carp and silver carp in Dam gheshlagh Sanandaj. Journal of Environmental Studies, 36(56): 47-54. [In Persian]
- Luna-Porres, M.Y., Rodríguez-Villa, M.A. and Herrera-Peraza, E.F. (2014). Potential human health risk by metal (loid)s, 234,238U and 210Po due to consumption of fish from the "Luis L. Leon" reservoir (Northern México). Journal of Environmental Research and Public Health, 11: 6612-6638.

- Marammazi, M., Zakeri, M., Ronagh, M.T., Kochanian, and P., Haghi, M. (2014). Diet and feeding indices of small scale sardeh fish (*Capoeta damascina*) in Sezar River (Lorestan province), Animal Researches (Iranian Journal of Biology), 27(3): 416-405. [In Persian]
- Mukherjee D.P. and Bhupander, K. (2011). Assessment of arsenic, cadmium and mercury level in commonly consumed coastal fishes from bay of Bengal, India. Journal of Food Science and Quality Management, 2: 19-31.
- Norouzi, M., Patimar, R., Golzariyanpour, K. and Abbasi, K. (2016). Study on some biological parameters of the Bitterling (*Rhodeus amarus*) in Sefidrood River (Guilan Province) and Siyahrood River (Mazandaran Province). Iranian Scientific Fisheries Journal, 25(3): 81-91. [In Persian]
- Pakzad Tochaii, S. (2013). Evaluation pattern accumulation of heavy metals (Ni, Pb, Cu and Zn) in tissues muscle, liver, kidney, gills and scales silver carp (*Hipophthalmichthys molitrix*) Sistan Chahnimeh. Journal of Oceanography, 4(13): 28-31. [In Persian]
- Pourgholam, R., Nasrollah Zade Savery, H. and Rezaii, M. and Varedi, S.E. (2011). Evaluation accumulation of some heavy metal and risk assessment health in muscle tissue of two types of white commercial fish (*Rutilus frisii kutum*) narrow snout and mullet (*Liza saliens*) from Caspian Sea. Journal of Marine Science and Technology, 7(4): 67-74. [In Persian]
- Rahimi, E. and Raissy, M. (2008). Determination amount of lead and cadmium in meat fish caught from wetland Chaharmahal & Bakhtiari province. Journal of Iranian Veterinary Science, 4(4): 79-83. [In Persian]
- Schreck, C.B. and Moyle, P.B. (1990). Methods for fish Biology, American Fisheries Society, Bethesda, MD, USA.
- Shaheen, N., Irfan, N.M., Nourin Khan, I., Islama, S., Islam, M.S. and Ahmed, M.K. (2016). Presence of heavy metals in fruits and vegetables: Health risk implications in Bangladesh. Journal of Chemosphere, 152: 431-438.
- Shahriyari, A., Golfirozi, K. and Noushin, Sh. (2010). Amount of accumulation Cadmium and lead in the muscle tissues of three species of marine fish carp, mullet and white fish in the Caspian Sea basin and the Gulf of Gorgan in 2006- 2007. Iranian Journal of Fisheries Sciences, 19(2): 95-100. [In Persian]
- Sinkakarimi, M.H., Donyavi, R. and Sadeghi-Bajgiran, S. (2015). Consumption limit for Caspian with fish in stand of Cadmium and Lead from Southeastern coast of Caspian Sea, Medical Sciences of Zanko: 32-43. [In Persian]
- Solgi, E. (2014). Risk assessment of non-carcinogenic effects of lead, cadmium, and zinc in *Cyprinus carpio* from Zarivar wetland. Journal of Health in the Fild, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, School of Health, 2(4): 18-25. [In Persian]
- Tatina, M., Oryan, S.H. and Gharibkhani, M. (2009). Surveying the amount of heavy metals (Ni, Pb, Cd & V) accumulation derived from oil pollution on the muscle tissue of *Pelates quadrilineatus* from the Persian Gulf. Journal of Marine Biology, 3(1): 28-39.
- United States Environmental Protection Agency (USEPA), (1991). Human health evaluation manual, supplemental guidance: Standard default exposure factors. Washington, DC, OSWER Directive 9285 6-03.
- Uttah, C., Utth, E. and Ayanda, I. (2012). Environmental quality assessment of anthropogenically impacted estuary using fish genera composition, tissue analysis, and condition factor. Journal of Science and Technology, 13 (2): 537-542.
- Vinodhini, R. and Narayanan, M. (2008). Bioaccumulation of heavy metals in organs of fresh water fish *Cyprinus carpio* (Common carp). International Journal of Environmental Science & Technology, 5(2): 179-182.
- World Health Organization (WHO), (2003). Elemental Lead and inorganic Lead compounds: human health aspects, World Health Organization. A report published jointly by the United States.

- World Health Organization (WHO), (1985). Review of potentially harmful substances- cadmium, lead and tin. WHO, Geneva, (Repotrs and Studies. MO/ FAO/UNESCO/WMO/WHO/IAEA/UN/ UNEP Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Pollution), No. 22.
- Yi, Y.J. and Zhang, S.H. (2012). The relationships between fish heavy metal concentrations and fish size in the upper and middle reach of Yangtze River, Procedia. Journal of Environmental Sciences, 13: 1699-1707.

Risk assessment of non-carcinogenic effects of lead, cadmium, and zinc consumption of Cyprinus carpio from Chagakhor wetland

Mortazavi, S.[1*], Chamani, A.[2], Takesh, M.[3], Pakzad, M.[3]

1. Assistant Professor, Faculty of Natural Resources and Environment, Malayer University, Malayer, Iran
2. Assistant Professor, Department of Environment, Isfahan (Khorasgan) Branch, Islamic Azad University, Isfahan, Iran
3. M.Sc Graduate of Environmental Science, Isfahan (Khorasgan) Branch, Islamic Azad University, Isfahan, Iran
[*]Corresponding Author's E.mail: mortazavi.s@gmail.com
(Received: 2017/9/10 Accepted: 2017/10/28)

Abstract

Given adverse impacts of heavy metals in the human body, sensitivity and importance are the monitoring of food products. In this regard, investigation of heavy metals concentration and health risk assessment in Cheghakhor Wetland has been momentous. In the present research, to determine heavy metals concentrations in edible parts of fish, a number of 45 specimens of common carps were digested the heavy metals concentrations were measured using Atomic Absorption Spectrophotometer. According to the results, carp condition factor did not follow standards released for freshwater fish so that daily and weekly heavy metals uptake were significantly lower than PTDI and PTWI value. At the same time, a significant negative correlation between Pb and Cd and a significant positive correlation between length and condition factor with 99% probability level was found. Risk assessment on non-carcinogenicity showed the highest and lowest THQ in Zn and Cd respectively, the same was the case for TTHQ formation and TTHQ for none of the heavy metals was not >1. Also, the maximum allowable level for children and adults consumption showed a descending trend in heavy metals Cd, Pb, and Zn. Mean's comparison of heavy metals with released standards and literature review indicated low concentration of these metals. This is promising to ensure on consumption of Cheghakhor Wetland common carps and its Non-Carcinogenicity risk.

Conflict of interest: None declared.

Keywords: Cheghakhor Wetland, Non-Carcinogenicity risk, Carps