

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

ثمر مرتضوی<sup>۱\*</sup>، عاطفه چمنی<sup>۲</sup>، مهسا تکش<sup>۳</sup>، مهسا پاکزاد<sup>۳</sup>

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 دانشگاه آزاد اسلامی، واحد اصفهان (خوراسگان)، اصفهان، ایران

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

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

### چکیده

عوارض جبران‌ناپذیر فلزات سنگین در بدن انسان، سبب افزایش حساسیت و اهمیت کنترل مقدار آن‌ها در مواد غذایی می‌باشد. در این راستا سنجش فلزات سنگین و ارزیابی ریسک سلامتی آن‌ها در کپور ماهی تالاب چغاخور به‌عنوان بزرگ‌ترین تالاب و یکی از مهم‌ترین ذخیره‌گاه‌های اکولوژیکی در استان چهارمحال و بختیاری دارای اهمیت بسزایی می‌باشد. بدین منظور در پژوهش حاضر، برای تعیین سطوح غلظت فلزات در بخش خوراکی ماهی، ۴۵ نمونه کپور ماهی تالاب صید و پس از هضم، غلظت فلزات سنگین آن‌ها با دستگاه جذب اتمی اندازه‌گیری شد. 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 به ترتیب از مقادیر PTDI و PTWI کمتر می‌باشد. هم‌چنین همبستگی منفی و معنی‌داری بین غلظت فلز سرب و کادمیوم و نیز همبستگی مثبت و معنی‌داری بین طول و فاکتور وضعیت ماهی ( $p < 0.01$ ) 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 هیچ یک از فلزات بالاتر از یک نمی‌باشد. 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 می‌باشد.

**واژگان 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 به شمار می‌رود. آزدسازی آن‌ها از منابع مختلف ناشی از فعالیت‌های انسانی در محیط مانند حمل و نقل و فعالیت‌های صنعتی به دلیل تجزیه‌ناپذیری زیستی آنها می‌تواند سبب تجمع و انتقال آنها 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 و یا رسوبات، فلزات غیرضروری نیز از این طریق در بافت آبزیان ذخیره می‌شود. فلزاتی مانند کادمیوم و سرب به‌عنوان عناصر غیرضروری برای انسان (Non-Essential trace Elements) در مقادیر جزئی نیز 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 قابل ملاحظه‌ای 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 فراورده‌های 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 به دلیل 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 Daya، جنوب چین (Gu et al., 2016) در خارج از کشور ایران اشاره نمود. در ایران نیز می‌توان مطالعات متعددی از جمله مطالعه بر روی ماهیان صید شده از تالاب چغاخور استان چهارمحال 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 (چاه نیمه‌ها، چهار گودال طبیعی آب را شامل می‌شود که در ۳۵ کیلومتری زابل در شهرستان زهک قرار گرفته است) (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 ۵۰° ۳۲' عرض شمالی و ۵۱° ۰۰' تا ۵۱° ۱۰' طول شرقی واقع گردیده است. در این تالاب گونه‌های

## مواد و روش‌ها

### - نمونه‌برداری

در فروردین ماه ۱۳۹۴ نمونه‌برداری با استفاده از قایق صیادی و با تور ماهیگیری از تالاب چغاخور صورت پذیرفت. ۴۵ عدد ماهی به صورت 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 آن ۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت با هاون عقیق، هموزن و در ادامه مطابق شیوه‌نامه مرجع (Association of Official Analytical Chemistry) (AOAC, 1980) به روش مرطوب، هضم گردید. جهت هضم نمونه‌ها دو گرم از نمونه رطوبت‌گیری شده را درون ارلن ریخته و ۲۰ میلی‌لیتر مخلوط اسید نیتریک مرک (Merk) ۶۵٪ و پنج میلی‌لیتر آب اکسیژنه به آن اضافه شد. جهت هضم بهتر، نمونه‌ها به مدت یک شب (۱۲ ساعت) در زیر هود قرار گرفت. این مخلوط ۲ ساعت در دمای ۹۰ درجه سانتی‌گراد در هات پلیت بود و به تک تک نمونه‌ها ۵-۲ میلی‌لیتر آب اکسیژنه ۳۰ درصد افزوده و مجدد به مدت ۲ ساعت در دمای ۹۰-۸۵ درجه سانتی‌گراد گرما داده شد. محلول شفاف پس از سرد شدن، در بالن ژوژه ۲۵ میلی‌لیتری با آب مقطر دوبار تقطیر و با استفاده از کاغذ صافی واتمن ۴۲ 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) مدل

مختلف ماهی از جمله خانواده کپور ماهیان (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 به وفور مورد استفاده قرار می‌گیرد. این ماهی همه چیزخوار بوده و از مواد غذایی مختلف (گیاهی و جانوری) از جمله موجودات کف بستر، کرم‌ها، لارو حشرات و نرم‌تنان کوچک تغذیه می‌کند بنابراین پتانسیل بالایی برای تجمع عناصر تجزیه‌ناپذیر دارد.

در این راستا 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 بوده است. 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 غیر سرطانزایی، حدود مجاز مصرف ماهی در کودکان و بزرگسالان مورد بررسی و در نهایت به مقایسه مقادیر غلظت فلزات با استانداردهای مختلف پرداخته شد.

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.

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

- 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 (۴) ارائه می‌گردد:

$$CDI = \frac{C \times IR \times Ef \times ED}{BW \times AT} \times 10^{-3} \quad \text{رابطه (۴)}$$

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

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

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

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

Model 67OG اندازه‌گیری و در نهایت غلظت فلزات در نمونه شاهد اندازه‌گیری از مقادیر به‌دست آمده برای نمونه‌ها کسر گردید. درصد بازیابی (Recovery) نتایج نیز بین ۹۰٪ تا ۹۵٪ 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 می‌باشد.

- تجزیه و تحلیل آماری

جهت آنالیز داده‌ها ابتدا نرمال بودن داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۱ با آزمون کولموگراف-اسمیرنوف (Kolmogorov- Smirnov) بررسی گردید؛ سپس با کمک آزمون همبستگی (Correlation) 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):

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

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

FIR<sub>D</sub> میزان مصرف غذا برحسب گرم در روز (برای ماهی حدود ۲۰ گرم در روز) (FAO, 2012)،  
FIR<sub>W</sub> میزان مصرف غذا برحسب گرم در هفته (حدود ۱۴۰ گرم در هفته) (FAO, 2012)،

Ef: فرکانس در معرض قرارگیری (۳۶۵ day/years)؛

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

BW: وزن بدن (۷۰ Kg)؛

AT: متوسط زمان در معرض قرارگیری (

۷۰×۳۶۵Day)؛

Rfd: دوز مرجع (mg/kg.day) مطابق پیشنهاد سازمان

حفاظت محیط زیست آمریکا برای سرب، روی و

کادمیوم به ترتیب  $4 \times 10^{-3}$ ،  $3 \times 10^{-1}$  و  $1 \times 10^{-3}$  در نظر

گرفته شد.

از سوی دیگر ریسک سلامتی تجمعی ناشی از

مصرف گونه مورد مطالعه نتیجه اثرات غیر سرطانزای

ترکیب شده چندین عنصر می باشد ( 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 (۶) استفاده می گردد:

رابطه (۶)

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

- حد مجاز مصرف ماهی (Consumption Rate limit)

حد مجاز مصرف ماهی بر اساس روش تعیین شده

توسط آژانس حفاظت محیط زیست آمریکا از طریق

رابطه (۷) محاسبه می گردد:

$$CR_{lim} = \frac{Rfd \times BW}{C_m} \quad \text{رابطه (۷)}$$

CR<sub>lim</sub> 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 ۱۶ کیلوگرم در نظر گرفته شد ( Tatina et al., )

2009) و C<sub>m</sub> غلظت ماده شیمیایی در بافت ماهی

(mg/kg) می باشد.

#### 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 به دست آمد.

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

کادمیوم		روی		سرب	
EWI	EDI	EWI	EDI	EWI	EDI
۰/۰۲۴	۰/۰۰۳	۵۲/۹۱۶	۷/۵۵۹	۰/۳۶۷	۰/۰۵۲

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

- فاکتور وضعیت و ارزیابی ریسک غیر سرطانزایی

در جدول (۲) علاوه بر پارامترهای مؤثر در

محاسبه فاکتور وضعیت و نتایج حاصل از این فاکتور،

بیشترین و فلز کادمیوم کمترین مقدار را به خود به جنس نر دارد. اختصاص می‌دهد و جنس ماده فراوانی بیشتری نسبت

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

TTHQ	THQ Cd	THQ Zn	THQ Pb	فاکتور وضعیت	درصد فراوانی جنس ماده	درصد فراوانی جنس نر	میانگین سن	میانگین وزن (g)	میانگین طول (cm)
۰/۰۴۲	۰/۰۰۳	۰/۰۲۵	۰/۰۱۳	۰/۰۱۶	۵۷/۱	۴۲/۹	۱۲/۰۲	۷۱۰/۳۲	۱۸/۳۵

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 (۳) - همبستگی پیرسون بین مشخصه‌های زیست‌سنجی نرمال

کپور ماهی	فاکتور وضعیت	طول	وزن
سطح معنی‌داری	۰		
ضریب همبستگی	۱		
سطح معنی‌داری	۰/۰۰۵	۰	
ضریب همبستگی	-۰/۴۱۴**	۱	
سطح معنی‌داری	۰/۳۰۴	۰/۰۰۰	۰
ضریب همبستگی	-۰/۱۵۷	۰/۹۵۷**	۱

\*\*معنی‌دار ( $p < ۰/۰۱$ )

جدول (۴) نتایج حاصل از برقراری همبستگی بین غلظت فلزات و مشخصه‌های زیست‌سنجی شده طول، وزن و فاکتور وضعیت را نشان می‌دهد.

جدول (۴) - همبستگی اسپیرمن بین غلظت فلزات با پارامترهای طول، وزن و فاکتور وضعیت

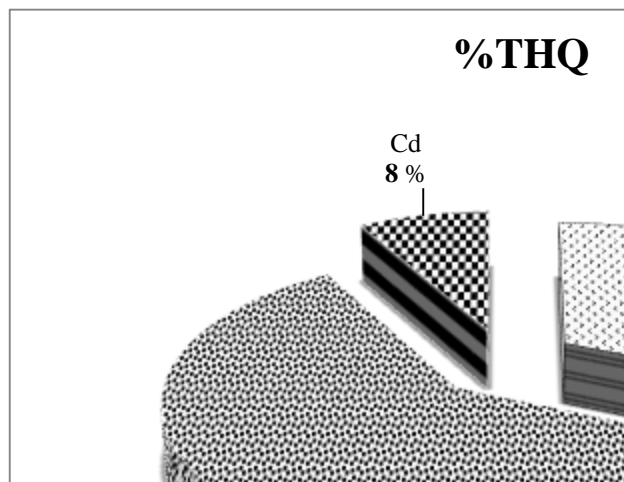
کپور ماهی	فاکتور وضعیت	طول	وزن
سطح معنی‌داری	۰/۲۰۷	۰/۳۲۳	۰/۱۵۴
ضریب همبستگی	۰/۱۹۲	-۰/۱۵۱	-۰/۲۱۶
سطح معنی‌داری	۰/۳۱۸	۰/۲۶۰	۰/۲۰۷
ضریب همبستگی	۰/۱۷۴	۰/۱۹۶	۰/۲۱۹

۰/۷۸۱	۰/۸۷۲	۰/۰۱۲	سطح معنی داری	کادمیوم
۰/۰۴۳	-۰/۰۲۵	۰/۳۷۰*	ضریب همبستگی	

\*معنی دار ( $p < 0/05$ )، \*\*معنی دار ( $p < 0/01$ )

مطابق این شکل بیشترین سهم را فلز روی (۶۰ درصد) به خود اختصاص می‌دهد.

شکل (۱) درصد سهم فلزات سرب، روی و کادمیوم را در شکل‌گیری مقادیر TTHQ کل را نشان می‌دهد.

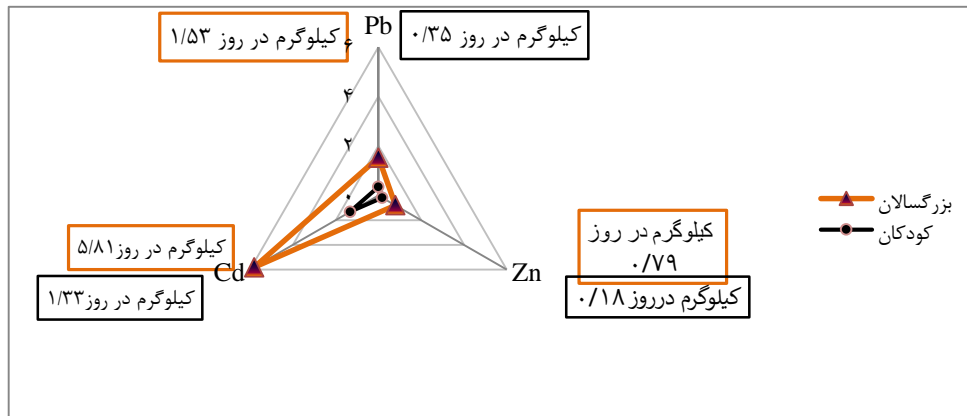


شکل (۱)- درصد سهم فلزات مختلف

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.

- حد مجاز مصرف ماهی

شکل (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



شکل (۲)- نمودار 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 به ترتیب ۲۵۰، ۷۰۰۰۰ و ۷۰ میکروگرم در روز (Luna-Porres et al., 2014) و مقادیر جذب قابل تحمل موقت هفتگی فلزات سرب، روی و کادمیوم به ترتیب 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 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 ۲/۲۱-۲/۲۷ 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 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 براساس 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



عضله به دلیل استفاده در رژیم غذایی انسان اهمیت بیشتری می‌یابد. مطابق شکل (۲) میزان مجاز مصرف برای کودکان و بزرگسالان بیانگر روند کاهشی فلزات به ترتیب 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 غیر سرطانی 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, 2015) نسبت به کپور ماهی تالاب چغاخور می‌باشد.

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

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

در این مطالعه مقادیر TTHQ نیز 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 غیر سرطانزایی است (Gu et al., 2016). همان‌طور که در شکل (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 به دلیل 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 بخصوص کبد، کلیه و عضله فراهم می‌آورد. در این میان، بافت

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

منبع	مکان	کادمیوم	روی	سرب	گونه
Yi and Zhang, 2012	Yangtze River	۰/۰۹۶	۵/۰	۰/۴۳	<i>Cyprinus carpio</i>
Shahriyari et al., 2010	خلیج گرگان، ایران	۰/۰۱۴	-	۰/۲۴۲	<i>Cyprinus carpio</i>
Banagar et al., 2015	خلیج گرگان	۰/۲۶±۰/۰۹	-	۰/۴۳±۰/۱۴	<i>Cyprinus carpio</i>
Solgi, 2014	تالاب زریوار	۰/۰۸	۲۵/۵	۰/۰۶	<i>Cyprinus carpio</i>
Djedjibegovic et al., 2012	رودخانه Neretva، بوسنی هرزگوین	۰/۰۱۳±۰/۰۰۷	-	۰/۰۷۳±۰/۰۱۲	<i>Common carp</i>
Hosseini et al., 2015	Hutovo Blato	۰/۰۰۷	-	۰/۰۰۷	<i>Cyprinus carpio</i>
مطالعه حاضر	تالاب چغاخور	۰/۰۱۲	۲۶/۴۵۸	۰/۱۸۴	26458

12.053

معرض قرارگیری موجود با فلز (Burger and Gochfeld, 2007) می‌تواند از عوامل ایجاد اختلاف در نتایج مطالعات مکان‌های مختلف باشد. مطابق جدول (۶) مقادیر استانداردهای مربوطه جهت مقایسه با غلظت فلزات مورد مطالعه در کپور ماهی معمولی تالاب چغاخور ارائه گردید.

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

جدول (۶) - استانداردهای ارائه شده در رابطه با غلظت فلزات مورد مطالعه در عضله ماهی (میکروگرم بر گرم وزن خشک)

منبع	استانداردها	سرب	روی	کادمیوم
(FAO, 464/1983)	FAO (Food and Agriculture Organization)	۲	۵۰	۰/۳
(WHO, 22/1985)	WHO (World Health Organization)	۰/۳	۱۰۰۰	۰/۲
(MAFF, 44/1995)	UK (MAFF: Ministry of Agriculture Fisheries and Food)	۲	۵۰	۰/۲
Darmono and Denton, 1990)	NHMRC ( National Health and Medical Research council)	۱/۵	۱۵۰	۰/۰۵
EC (78/2005)	EC (European Commission)	۰/۲	-	۰/۰۵
(Chen& chen,2001)	FDA (Food and Drug Administration)	۵	۳۵	۲
(FAO/WHO, 505/1989)	FAO/WHO limits	۰/۵	۴۰	۰/۵
(ISIRI, 2010)	ISIRI (Institute of Standards and Industrial Research of Iran)	۰/۳	-	۰/۰۵
مطالعه حاضر	-	۰/۱۸۴	۲۶/۴۵۸	۰/۰۱۲

می‌باشد بنابراین می‌توان گفت مصرف این گونه ماهی از تالاب چغاخور خطر چندانی برای سلامتی انسان در پی نخواهد داشت.

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

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 منافی برای اعلام ندارند.

در نهایت می‌توان گفت، کپور ماهی معمولی به دلیل 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 به دلیل استفاده در رژیم غذایی انسان اهمیت بیشتری می‌یابد. در مطالعه حاضر از آنجایی که 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

### منابع

- Afshar, T., Abdoli, A., Hasanzade kiyabi, B. (2014). Investigation some aspects of reproductive morphology Mudskipper (*Periophthalmus waltoni* Koumans, 1941 in the waters of Hormozgan. Journal of Animal Environment, 2: 33-40. [in Persia]
- Al Sayegh Petkovšek, S., Mazej Grudnik, Z., 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., 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 Persia]
- Banagar, B., Alipour, H., Hassanpour, M., and Gholmohammadi, S. (2015). Estimation of Daily Intake and Pntential 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., 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., 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., Denton, G.R.W. (1990). Heavy metal concentration in the banana prawn *Penaeus merguensis* and leader prawn *P. monodon* in the Townsville 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.
- EC, (2005). European Community. 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., 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.
- FAO, (1983). Compilation of legal limits for hazardous substance in fish and fishery products (Food and Agricultural Organization). *FAO fishery circular*, No. 464, 5–100.
- FAO, (2012). *Fishery and aquaculture statistics. Yearbook 2010*. FAO, Rome: 1–107. Available from: <http://www.fao.org/fishery/publications/yearbooks/en>.
- 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., 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. *Journal of Environmental Toxicology and Pharmacology*, 45: 90–94.
- Gungordu, A., 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.
- Iranian National Standard, (2010). Food and Feed. Maximum limit of heavy metals, Institute of Standard and Industrial Research of Iran. Iranian National Standard. 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 gheslgh Sanandaj. *Journal of Environmental Studies*, 36(56): 47-54 [in Persian].
- Luna-Porres, M. Y., Rodríguez-Villa, M. A., 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 Persia]

- Mukherjee D. P. 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.
- Nations Environment Program, the International Labor Organization and the World Health Organization, Geneva, 60.
- 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 Persia].
- Pakzad tochahi, 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., Rezaii, M., and Varedi, S.E. (2011). Evaluation accumulation of some heavy metal and risk assessment health in muscle tissue 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., Raissy, M. (2008). Determination amount of lead and cadmium in meat fish caught from wetland Chaharmahal & Bakhtyari Province. *Journal of Iranian Veterinary*, 4(4): 79-83 [in Persian].
- Schreck, C. B., Moyle, P. B. (1990). *Methods for fish Biology*, American Fisheries Society, Bethesda, MD, USA.
- Shaheen, N., Irfan, N. Md., Nourin Khan, I., Islama, S., Islam, Md. S., and Ahmed, Md. 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., 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., 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 Persia]
- 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 Field, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, School of Health*, 2(4): 18-25. [in Persia]
- Tatina, M., Oryan, SH., 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.
- USEPA, United States Environmental Protection Agency, (1991). *Human health evaluation manual, supplemental guidance: Standard default exposure factors*. Washington, DC, OSWER Directive 9285 6-03.
- Uttah, C., Utth, E., 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., 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.
- WHO (World Health Organization), (2003). *Elemental Lead and inorganic Lead compounds: human health aspects*, World Health Organization. A report published jointly by the United states.

- 
- WHO, (1985). Review of potentially harmful substances- cadmium, lead and tin. WHO, Geneva. (Reports 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., 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 Chaghakhor wetland

Mortazavi, S.<sup>1\*</sup>, Chamani, A.<sup>2</sup>, Takesh, M.<sup>3</sup>, Pakzad, M.<sup>3</sup>

1. Assist Prof. Natural Resources and Environmental faculty, Malayer University, Malayer, Iran
2. Assist Prof. at Environmental Department, Islamic Azad University, Isfahan (Khorasgan) Branch, Isfahan, Iran
3. M.Sc Graduate of Environmental Department, Islamic Azad University, Isfahan (Khorasgan) Branch, Isfahan, Iran

\*Corresponding Author: mortazavi.s@gmail.com

(Received: 2017/9/10 Accepted: 2017/10/28)

### Abstract

Given adverse impacts of heavy metals in human body, sensitivity and importance is the monitoring of food products. In this regard, investigation of heavy metals concentration and health risk assessment in Cheghakhor Wetland as a biggest wetland nestled Chaharmahal-Bakhtiari Province and one of the most important ecological reserve in area has been momentous. In present research, to determine heavy metals concentrations in edible parts of fish, number of 45 specimens of common carps were captured and after they were digested followed by determination of heavy metals concentrations using Atomic Absorption Spectrophotometer. According to results, carp condition factor does not follow standards released for freshwater fish so that daily and weekly heavy metals uptake is lower than PTDI and PTWI value significantly. 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 case for TTHQ formation and TTHQ for none of heavy metals was not >1. Also, maximum allowable level for children and adults consumption showed a descending trend on 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