ارزیابی غلظت فلزات سنگین در عضله کپور معمولی (*Cyprinus carpio* L., 178) در سواحل جنوبی دریای خزر و خطر بالقوه برای سلامتی انسان

عیسی سلگی*[۱]، حسین علی‌پور[۱]، فرشید مجنونی[۲]

*e.solgi@yahoo.com

۱- گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه ملایر، ملایر، ایران
۲- دانشگاه آزاد اسلامی، واحد سنندج، باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان، سنندج، ایران

تاریخ دریافت: خرداد ۱۳۹۶ تاریخ پذیرش: دی ۱۳۹۶

چکیده

در این تحقیق، غلظت کادمیوم، سرب، مس، منگنز و کبالت در عضله کپور معمولی (*Cyprinus carpio*) (تعداد ۳۹ قطعه، میانگین وزنی ۴۷۶/۲۸ گرم و میانگین طول کل ۳۷/۵۱ سانتی‌متر) در خرداد ۱۳۹۵ از جنوب دریاچه خزر جمع‌آوری و مورد تجزیه‌وتحلیل قرار گرفت. تعیین غلظت فلزات سنگین در بافت عضله با استفاده از دستگاه جذب اتمی به روش کوره گرافیتی انجام شد. غلظت فلزات موجود در بافت عضله برای کادمیوم: ۰/۱۰-۱/۵۶، سرب: ۰/۱۰-۱/۲۳، مس: ۰/۸۸-۸/۲۳، منگنز: ۰/۳۴-۱/۰۵ و کبالت: ۰/۵۶-۱/۴۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن تَر متغیر بود. نتایج نشان داد که غلظت کادمیوم، سرب، مس، منگنز و کبالت در عضله کپور معمولی پایین‌تر از محدوده پیشنهادی WHO بود. خطر سلامت انسان از طریق مصرف رژیم غذایی ماهی به‌وسیله پتانسیل خطر (THQ) ارزیابی شد. مقادیر THQ پنج فلز (کادمیوم، سرب، مس، منگنز و کبالت) برای کپور معمولی پایین‌تر از ۱ بود. غلظت فلزات در بخش‌های خوراکی ماهی برای استفاده انسان مطابق با جذب موقت هفتگی قابل‌تحمل (PTWI) و جذب موقت روزانه قابل‌تحمل (PTDI) مورد ارزیابی قرار گرفت. در این مطالعه، غلظت‌های کادمیوم، سرب، مس، منگنز و کبالت در عضله کپور معمولی پایین‌تر از حداکثر حد مجاز WHO بود.

لغات کلیدی: فلزات سنگین، کپور معمولی، پتانسیل خطر، برآورد جذب روزانه

*نویسنده مسئول

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-02]
[DOR: 20.1001.1.10261354.1397.27.1.4.8]
[DOI: 10.22092/ISFJ.2018.116453]

مقدمه

یکی از مهم‌ترین منابع دریافت مواد سمی مانند فلزات سنگین، مصرف غذاهای آلوده، به‌ویژه غذاهای دریایی است؛ بنابراین، اکوسیستم‌های آبی، به‌ویژه دریاچه‌ها، به‌عنوان گیرنده‌های اصلی فلزات سنگین به‌طور مستقیم یا غیرمستقیم شناخته می‌شوند (Miri *et al*., 2017). فلزات به علت اثرات سمی، پایداری بالا و تجمع زیستی تهدید جدی برای موجودات آبزی و سلامت انسان به شمار می‌روند (Varol and Sünbül, 2018).

افزایش جمعیت شهرها و روستاها، گسترش رو به رشد کارخانه‌های صنعتی، توسعه مناطق کشاورزی و به دنبال آن استفاده از کودهای شیمیایی موجب گردیده است تا مقادیر زیادی فاضلاب و پسماندهای گوناگون وارد اکوسیستم‌های آبی مناطق ساحلی شوند (Wicker *et al*., 1994). اکوسیستم‌های آبی غالباً دارای مقادیر متفاوتی از فلزات سنگین محلول مانند روی، مس، کادمیوم، جیوه و سرب هستند (حسن‌پور و همکاران، ۱۳۹۰). فلزات سنگین جزء آلاینده‌های پایدار می‌باشند. آلاینده‌های پایدار در معرض حمله باکتریایی نبوده و یا در مدت‌زمانی طولانی این اتفاق خواهد افتاد که در عمل، به‌صورت دائمی در محیط زیست حضور خواهند داشت (کلارک، ۱۳۷۹). یکی از نتایج مهم پایداری فلزات سنگین بزرگ‌نمایی زیستی آن‌ها در زنجیره غذایی می‌باشد. در نتیجه این فرایند مقدار فلزات در اعضای بالاتر در زنجیره غذایی می‌تواند به چندین برابر مقدار آن، در آب یا هوا برسد. در نتیجه موجب به خطر افتادن سلامتی گیاهان، جانوران و انسان شوند (دبیری، ۱۳۸۶).

ماهیان به دلیل داشتن پروتئین بالا، اسیدهای چرب غیر-اشباع در بافت چربی و اسیدهای چرب امگا بخش مهمی از خوراک انسان را تشکیل می‌دهند؛ اما این نگرانی وجود دارد که فلزات سنگین انباشته‌شده در گوشت ماهی ممکن است سلامت انسان را به‌ویژه برای جوامعی که ماهی زیادی مصرف می‌کنند، به خطر اندازد (Alipour *et al*., 2015). در حال حاضر، مطالعات غلظت فلزات در ماهی در حال حاضر رایج است، اما در سال‌های اخیر، محاسبه فاکتور خطر برای جمعیت اهمیت زیادی پیدا کرده است، زیرا گاهی اوقات آلودگی بیش از محدودیت‌های قانونی تعیین‌شده توسط مقررات FAO/WHO برای مواد غذایی، همیشه نشان‌دهنده خطر برای سلامت انسان نیست (Copat *et al*., 2012). ارزیابی خطر فرایند علمی می-باشد که به‌وسیله‌ی آن تأثیر آلاینده‌های محیطی روی سلامت انسان مورد بررسی قرار می‌گیرد (مشتاق‌زاده و همکاران، ۱۳۹۶؛ مرتضوی و همکاران، ۱۳۹۲).

کپور معمولی *Cyprinus carpio* جزء خانواده Cyprinidae است. ماهی کپور یکی از مهم‌ترین ماهیان شیلاتی به شمار می‌رود و صید سالانه آن تقریباً به ۲۰۰ هزار تن بالغ می‌گردد. به علت صرفه اقتصادی و گوشت خوشمزه آن در اغلب کشورها از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (وثوقی و مستجیر، ۱۳۸۵).

با در نظر گرفتن جایگاه ماهیان در شبکه غذایی، نقش بسیار مهم آن‌ها در تداوم اکوسیستم‌ها، قرار داشتن آن‌ها در سبد غذایی مردم و سایر ارزش‌های زیست‌محیطی، ارزیابی ریسک خطر آلودگی در آن‌ها بسیار ضروری است. هدف از انجام این تحقیق تعیین میزان تجمع برخی فلزات سنگین (مس، سرب، کادمیوم، منگنز و کبالت) و بررسی ارزیابی خطر در بافت عضله ماهی کپور معمولی در سواحل نوشهر در جنوب دریاچه خزر بود.

مواد و روش کار

نمونه‌برداری و آماده‌سازی نمونه‌ها

مطالعه حاضر در سواحل نوشهر در خرداد سال ۱۳۹۵ انجام گرفت. نمونه‌های کپور معمولی (۳۹ قطعه) از ساحل نوشهر در جنوب دریاچه خزر به روش تصادفی و با استفاده از تور پره ساحلی صید شدند. ماهیان در آزمایشگاه توسط ترازوی دیجیتال وزن شدند. سپس توسط خط‌کش (با دقت ۱ میلی‌متر) طول کل اندازه‌گیری شد. ماهیان مورد مطالعه در آزمایشگاه توسط آب مقطر شستشو داده شدند تا ناخالصی‌ها موجود بر روی اندام‌ها، زدوده شود. سپس ماهیان بر روی سینی تشریح قرار داده شده و با استفاده از ابزار تشریح استریل شده بافت عضله

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-02]
[DOR: 20.1001.1.10261354.1397.27.1.4.8]
[DOI: 10.22092/ISFJ.2018.116453]

ماهیان جدا گردید. برای هضم شیمیایی نمونه‌ها با استفاده از ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۰۱ گرم، یک گرم از بافت عضله را وزن کرده و در ارلن‌مایر قرار داده شد و سپس ۵ میلی‌لیتر اسید نیتریک ۶۵٪ به آن اضافه گردید. نمونه‌ها به مدت یک شب در جای مناسبی قرار داده شدند تا به آهستگی هضم شوند. بعد از آن ۲/۵ میلی‌لیتر اسید پرکلریک ۷۲٪ به نمونه‌ها اضافه نموده و آن‌ها را بر روی حمام شن با دمای ۱۵۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۶ ساعت قرار داده تا محلول شفاف و نمونه‌ها کاملاً هضم گردد. پس از هضم، نمونه‌ها در هوای محیط قرار داده شدند تا سرد شوند (Ebrahimpour *et al*., 2011, Alipour *et al*., 2013) بعد از سرد شدن، محلول با استفاده از آب دو بار تقطیر و در بطری‌های پلی‌اتیلنی ۵۰ میلی‌لیتری به حجم ۲۵ میلی‌لیتر رسانده شد. سپس نمونه‌ها با استفاده از فیلتر نیتروسلولزی ۰/۴۵ میکرومتر فیلتر شدند. برای اندازه‌گیری میزان فلزات سرب، کادمیوم، کبالت و منگنز در تمامی نمونه‌ها از دستگاه جذب اتمی مدل (Varian 220) به روش کوره گرافیتی استفاده شد. حد تشخیص برای فلزات مس، سرب، کادمیوم، کبالت و منگنز به ترتیب ۰/۳، ۰/۲، ۰/۰۱، ۰/۵ و ۰/۶ و میانگین ریکاوری به ترتیب ۹۵/۴، ۹۷، ۹۸، ۹۶/۸ و ۹۹/۶ درصد بود. غلظت این فلزات در بافت عضله ماهیان مورد مطالعه برحسب میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن تَر ارائه‌شده‌اند.

تجزیه‌وتحلیل آماری داده‌ها

ابتدا تبعیت داده‌ها از توزیع نرمال، توسط آزمون کلموگروف- اسمیرنوف مورد بررسی قرار گرفت. برای بررسی همبستگی بین فلزات در بافت عضله از آزمون همبستگی پیرسون استفاده شد. آنالیز داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS (نسخه ۲۴) صورت گرفت.

برآورد سیبل خطر (Target Hazard Quotient) و برآورد جذب روزانه (Estimation of Daily Intake) جهت محاسبه THQ از رابطه (۱) استفاده شد (USEPA, 2016).

$$\text{Target hazard quotient } (THQ) = \frac{EF \times ED \times FIR \times C}{RfD \times WAB \times ATn} \times 10^{-3}$$

رابطه (۱)

و برای محاسبه جذب روزانه از رابطه (۲) استفاده گردید:

$$\text{Daily intake } (mgkg^{-1}day^{-1}) = \frac{EF \times ED \times FIR \times C}{WAB \times ATn}$$

رابطه (۲)

EF= بسامد در معرض قرار گرفتن (۳۵۰ روز در سال)، ED= مدت‌زمان در معرض قرار گرفتن (۷۰ ساله برای بزرگ‌سالان)، FIR = میزان مصرف ماهی (کیلوگرم، برای هر فرد در روز، ۰/۰۲ کیلوگرم فرد/روز)، C= غلظت فلز در عضله (میکروگرم بر کیلوگرم)، RfD= دُز مرجع، WAB= متوسط وزن (کیلوگرم) (۷۰ کیلوگرم برای بزرگ‌سالان)، ATn= متوسط زمان در معرض قرار گرفتن ماده غیر سرطان‌زا (۳۶۵ روز در سال × ED).

نتایج

بررسی‌ها توسط آزمون کلموگروف- اسمیرنوف نشان داد که داده‌ها دارای توزیع نرمال بودند. میانگین وزن و طول کل ماهی کپور معمولی به ترتیب ۴۷۶/۲۸ گرم و ۳۷/۵۱ سانتی‌متر ثبت شد (جدول ۱).

جدول ۱: میانگین و انحراف معیار وزن و طول کل ماهی کپور معمولی در جنوب دریاچه خزر (n=۳۹)

Table 1: Mean and standard deviation weight and the total length of *C. carpio* from south of Caspian Sea (n = 39).

متغیرها	تعداد	میانگین	انحراف معیار	حداکثر	حداقل
وزن (گرم)	۳۹	۴۷۶/۲۸	۱۷۴/۵۷	۸۲۰	۲۰۰
طول کل (سانتی‌متر)	۳۹	۳۷/۵۱	۵/۷۵	۴۹	۲۵

میانگین غلظت کادمیوم، سرب، مس، کبالت و منگنز در بافت عضله کپور معمولی به ترتیب ۰/۵۱، ۰/۷۷، ۴/۴۱،

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-02]
[DOR: 20.1001.1.10261354.1397.27.1.4.8]
[DOI: 10.22092/ISFJ.2018.116453]

۰/۹۲ و ۰/۸۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم اندازه‌گیری شد (جدول ۲).

جدول ۲: میانگین و انحراف معیار غلظت فلزات (میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن تر) در بافت عضله ماهی کپور معمولی در جنوب دریاچه خزر (n=۳۹)

Table 2: Mean and standard deviation metal concentrations (mg kg^{-1} WW) in muscle tissue of *C. carpio* from south of Caspian Sea (n = 39)

فلزات	میانگین	انحراف معیار	حداکثر	حداقل	WHO (1989)
کادمی‌وم	۰/۵۱	۰/۲۶	۱/۵۶	۰/۱۰	۱
سرب	۰/۷۷	۰/۲۷	۱/۲۳	۰/۱۰	۲
کبالت	۰/۹۲	۰/۱۸	۱/۴۳	۰/۵۶	–
منگنز	۰/۸۳	۰/۱۷	۱/۰۵	۰/۳۴	۱
مس	۴/۴۱	۱/۶۴	۸/۲۳	۰/۸۸	۳۰

روند افزایش میانگین غلظت فلزات در بافت عضله کپور معمولی بترتیب: مس>کبالت>منگنز>سرب>کادمیوم بود. همچنین نتایج نشان داد که هیچ‌گونه همبستگی معنی-داری ($p>۰/۰۵$) بین فلزات مذکور در بافت عضله کپور معمولی وجود ندارد (جدول ۳).

جدول ۳: همبستگی پیرسون بین غلظت فلزات در بافت عضله ماهی کپور معمولی در جنوب دریاچه خزر (n=۳۹)

Table 3: Pearson correlation between metal concentrations of muscle tissue *C. carpio* from south of Caspian Sea (n = 39).

فلزات	کادمیوم	سرب	مس	کبالت	منگنز
کادمیوم	۱	۰/۱۸۷	۰/۰۱۵	۰/۰۵۸	-۰/۰۸۵
سرب		۱	۰/۲۹۷	۰/۲۴۵	۰/۰۱۱
مس			۱	-۰/۰۲	-۰/۲۵۶
کبالت				۱	۰/۲۲۰
منگنز					۱

میزان جذب روزانه و هفتگی برای عضله کپور معمولی محاسبه شد (جدول ۴). فلزات مس و کادمیوم در عضله کپور معمولی بترتیب بیشترین و کمترین میزان جذب روزانه و هفتگی را بخود اختصاص دادند. الگوی روند افزایش جذب روزانه و هفتگی در عضله کپور معمولی بترتیب ذیل بود: مس>کبالت>منگنز>سرب>کادمیوم.

جدول ۴: برآورد جذب روزانه و هفتگی در بافت عضله ماهی کپور معمولی در جنوب دریاچه خزر (n=۳۹)

Table 4: The estimated daily and weekly intakes for muscle tissue of *C. carpio* from south of Caspian Sea (n = 39)

	سرب□	منگنز□	مس□	کبالت□	کادمیوم□
PTWI**	۰/۰۲۵	–	۳/۵	–	۰/۰۰۷
PTWI (70kg body weight)	۱/۷۵	–	۲۴۵	–	۰/۴۹
PTDI*** (70kg body weight)	۰/۴۵	–	۳۵	–	۰/۰۷
EWI (70kg body weight)	۰/۰۰۱۵۱۹	۰/۰۰۱۶۳۸	۰/۰۰۸۷۰۱	۰/۰۰۱۸۱۳	۰/۰۰۱۰۰۸
EDI (70kg body weight)	۰/۰۰۰۲۱۷	۰/۰۰۰۲۳۴	۰/۰۰۱۲۴۳	۰/۰۰۰۲۵۹	۰/۰۰۰۱۴۴

□برحسب میلی‌گرم بر کیلوگرم

**جذب موقت هفتگی قابل‌تحمل (Provisional tolerable weekly intake)

***جذب موقت روزانه قابل‌تحمل (Provisional tolerable daily intake)

USEPA (۲۰۱۶) مقادیر RfD جهت محاسبه THQ را ارائه داده است که میزان آن برای کادمیوم، کبالت، مس، منگنز و سرب برای عضله ماهی کپور معمولی در جدول ۵ آورده شده است. در کپور معمولی بیشترین میزان THQ مربوط به کبالت با میانگین ۰/۰۰۰۸۶۴ و کمترین آن مربوط به منگنز با میانگین $۱/۶۷\times۱۰^{-۶}$ مشاهده شد. روند الگوی افزایش مقادیر THQ فلزات در عضله کپور معمولی بترتیب ذیل مشاهده شد:

کبالت>کادمیوم>سرب>مس>منگنز.

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-02]
[DOR: 20.1001.1.10261354.1397.27.1.4.8]
[DOI: 10.22092/ISFJ.2018.116453]

جدول ۵: برآورد پتانسیل خطر و دز رفرنس فلزات سنگین ناشی از مصرف ماهی کپور معمولی در جنوب دریاچه خزر (n=۳۹)

Table 4: Estimated target hazard quotient (THQ) and RfD (mg/kg) of heavy metals due to consumption of *C. carpio* from south of Caspian Sea (n = 39)

فلز	RfD (mg/kg)	THQ
کادمیوم	۰/۰۰۱	۰/۰۰۰۱۴۴
کبالت	۰/۰۰۰۳	۰/۰۰۰۸۶۴
مس	۰/۰۴	۰/۰۰۰۰۳۱۱
منگنز	۰/۱۴	۰/۰۰۰۰۰۱۶۷
سرب	۰/۰۰۲	۰/۰۰۰۱۰۸

بحث

مقایسه غلظت فلزات در بافت عضله ماهی کپور معمولی با استاندارد WHO (1989)(جدول ۲) نشان داد که میزان غلظت فلزات کبالت، کادمیوم، سرب، مس، منگنز در بافت مذکور پایین‌تر از حد استاندارد بوده است. با توجه به اینکه سرب و کادمیوم هیچ‌گونه عملکرد مثبتی در بدن ندارند، پایین‌تر بودن این فلزات نسبت به استاندارد به معنای بی‌خطر بودن آن‌ها نیست. کادمیوم عنصری غیر ضروری و بشدت سمی برای ماهی است. کادمیوم یونی محلول است که معمولاً از طریق آبشش‌ها در بدن تجمع می‌یابد. کادمیوم گرفته‌شده از آب در آبشش‌ها و کلیه ماهی تجمع می‌یابد، درصورتی‌که کادمیوم موجود در منابع غذایی در کلیه، کبد و روده تجمع می‌یابد (ابراهیم‌پور کاسمانی، ۱۳۹۰). سرب معمولاً در آبزیان کمتر تجمع می‌یابد، ولی میزان ۲/ ۰ میلی‌گرم در لیتر می‌تواند تأثیر منفی بر روی آبزیان داشته باشد (Wong *et al*., 2001). سمیّت سرب برای ماهی و سایر موجودات آبزی تحت تأثیر کیفیت آب بوده و به قابلیت انحلال ترکیبات سرب و به غلظت‌های کلسیم و منیزیم در آب بستگی دارد (ابراهیم‌پور کاسمانی، ۱۳۹۰). در مقابل عناصری مانند مس، کبالت و منگنز به‌عنوان فلزات ضروری مطرح هستند که برای فعالیت‌های زیستی بدن موردنیاز می‌باشند، اما مصرف درازمدت دو-زهای بالای این فلزات می‌توانند منجر به عوارض متعدد در بدن شود. مسمومیت با مس سبب آسیب به سیستم عصبی، سیستم تنفسی، فعالیت کبد و سیستم ایمنی ماهیان می‌شود. این فلز بر مراحل مختلف زندگی ماهیان نیز تأثیر مخرب دارد، اما تأثیر آن بر مولدین و تخم‌های جنین‌دار شدیدتر است (اشجع اردلان و همکاران، ۱۳۸۸). منگنز برای تنظیم کار دستگاه عصبی، رشد استخوان و تولیدمثل لازم است، همچنین در متابولیسم کربوهیدرات-ها نقش مؤثری داشته و نیز برای افزایش سلامتی ماهی‌ها ضروری می‌باشد (شهبازی و ملک‌نیا، ۱۳۹۴). کبالت جزء عناصر ضروری برای بدن می‌باشد؛ ولی بالا بودن غلظت آن خطرات بهداشتی را به دنبال دارد. از مسمومیت‌های ناشی از کبالت می‌توان به بیماری‌های قلبی اشاره کرد. مکانیسم آسیب سلول‌های عضلانی هنوز مشخص نشده است؛ ولیکن باعث آسیب‌پذیری قلب نسبت به رادیکال‌های آزاد اکسیژن می‌شود (کرباسی و بیاتی، ۱۳۸۶).

در بافت عضله ماهی کپور معمولی میزان تجمع فلز مس نسبت به فلزات دیگر تقریباً ۸/۵-۴/۵ برابر بیشتر بود. با توجه به اینکه فلز مس یک عنصر ریزمغذی است و اندام-های موجودات جهت فعالیت‌های زیستی به آن نیازمند هستند و همچنین به دلیل استفاده از مس (در آلیاژها، به‌عنوان کاتالیزور شیمیایی، روکش بدنه کشتی‌ها، به‌عنوان یک جلبک‌کش و به‌عنوان یک محافظ چوب) و ورود آن به آب‌ها، به‌عنوان یکی از اصلی‌ترین منابع آلوده‌کننده در نظر گرفته می‌شود. بنا به دلایل مذکور فوق، میزان غلظت فلز مس نسبت به فلزات دیگر را می‌توان توجیه کرد. مطالعات مختلفی در زمینه‌ی غلظت فلزات سنگین در بافت عضله ماهیان در ایران و سایر نقاط گزارش شده است. (Ebrahimpour *et al*., 2011; Alipour *et al*., 2013; Majnoni *et al*., 2013; Taweel *et al*., 2013). Majnoni و همکاران (۲۰۱۳) غلظت فلزات سنگین سرب، کادمیوم و مس در بافت عضله ماهی کپور معمولی و کپور نقره‌ای در تالاب زریوار اندازه‌گیری کردند. نتایج ایشان نشان داد روند الگوی افزایش مقادیر فلزات در بافت‌های هر دو گونه به ترتیب زیر بوده است: مس> سرب>کادمیوم که با مطالعه حاضر مشابهت داشت.

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-02]
[DOR: 20.1001.1.10261354.1397.27.1.4.8]
[DOI: 10.22092/ISFJ.2018.116453]

Alipour و همکاران (۲۰۱۵) غلظت فلزات سرب، کادمیوم و مس را در بافت عضله ماهی کُلمه در تالاب میانکاله مورد بررسی قرار دادند. میانگین غلظت فلزات سرب، کادمیوم و مس در بافت عضله بترتیب ۰/۶۷، ۰/۲۶ و ۱/۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم برای ماهی کُلمه ثبت شده بود. میانگین غلظت فلزات مطالعه ایشان در مقایسه با مطالعه حاضر کمتر بود. بر اساس نتایج به‌دست‌آمده از بررسی غلظت فلزات سنگین در ماهی‌های سفید و کپور معمولی در جنوب دریاچه خزر، هر دو گونه ماهی مذکور آلودگی بیشتری را در ایستگاه‌های نوشهر، بابلسر و فریدون‌کنار نسبت به ایستگاه‌های سی‌سنگان، رستم رود و محمودآباد نشان داده‌اند (الصاق، ۱۳۸۹.) بنظر می‌رسد تخلیه فاضلاب‌های شهری، ورود فاضلاب‌های صنعتی مانند صنایع غذایی، چوب، سلولز و کاغذ، سرازیر شدن پساب‌های کشاورزی، سموم و کودهای شیمیایی و تردد قایق‌های صیادی و تفریحی نقش بسزایی در افزایش آلودگی‌ها در ایستگاه‌های نامبرده دارد. مقایسه غلظت فلزات در عضله کپور معمولی در مطالعه حاضر با سایر مناطق در جدول ۶ نشان داده شده است.

جدول ۶: مقادیر فلزات (میلی‌گرم بر کیلوگرم) در بافت عضله کپور معمولی با دیگر مناطق انتخاب‌شده

Table 6: Metal levels (mg kg^{-1}) in muscle tissue of *C. carpio* from south of Caspian Sea and other selected regions.

منابع	سرب	کادمیوم	مس	کبالت	منگنز	گونه ماهی	منطقه مورد مطالعه
Alipour *et al*., 2015	۰/۲۶↓	۰/۶۷↑	۱/۶↓	-	-	کُلمه	تالاب میانکاله، ایران
Majnoni *et al*., 2013	۱/۴↑	۰/۱↓	۲/۱↓	-	-	کپور معمولی	تالاب زریوار، ایران
	۱/۵↑	۰/۱↓	۱/۹↓	-	-	کپور نقره‌ای	
یونسی‌پور و همکاران (۱۳۹۳)	-	-	۳/۰۲↓	۰/۰۸↓	۰/۸۲↓	کپور معمولی	سواحل شرقی دریاچه خزر، ایران
Türkmen *et al*., 2011	۰/۵۲↓	۰/۴۸↓	۱/۱۰↓	۰/۵↓	۱↑	کفال پوزه‌باریک	دریای مدیترانه، ترکیه
Jiang *et al*., 2014	۰/۰۲↓	۰/۰۰۰۳۶↓	۰/۱۴↓	۰/۰۰۴↓	۰/۱۲↓	تیلاپیا	لهاسا، چین
	۰/۰۴↓	۰/۰۰۴↓	۰/۱۶↓	۰/۰۰۳↓	۰/۲۳↓	کپور معمولی	
Oğuz and Yeltekin, 2014	۲/۴۱↑	قرائت نشد↓	۱/۱۱↓	۰/۶۶↓	-	شاه کولی	دریاچه وان، ترکیه
مطالعه حاضر	۰/۷۷	۰/۵۱	۴/۴۱	۰/۸۳	۰/۹۲	کپور معمولی	سواحل نوشهر، ایران

↓نسبت به مطالعه حاضر کمتر است.

↑نسبت به مطالعه حاضر بی‌شتر است.

(Lychagin *et al*., 2015). همچنین سالانه ۵۰۰-۱۰۰ تن نفت وارد خزر شمالی می‌شود (Aladin and Plotnikov, 2004) که یکی از مهم‌ترین آلودگی‌های دریاچه خزر بشمار می‌رود.

PTWI (Provisional Tolerable Weekly Intake) به‌وسیله کمیته مشترک سازمان خواربار جهانی و سازمان بهداشت جهانی تعیین می‌شود (JECFA) (Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives) (Bat *et al*., 2012). PTWI تخمین مقدار یک ماده در هوا، مواد غذایی، خاک یا آب آشامیدنی است که می‌تواند به‌صورت هفتگی به ازای هر واحد وزن بدن در طول یک عمر بدون خطر قابل‌توجه سلامتی در نظر گرفته

همچنین بر اساس جریان آب دریاچه خزر که معمولاً از خزر شمالی به خزر جنوبی جریان دارد، مقداری از آلودگی‌های حوضه شمالی به حوضه جنوبی هدایت می‌گردد (صادقی راد و همکاران، ۱۳۸۴). منبع عمده آلودگی خزر شمالی رودخانه ولگا است که سالانه حدود ۱۲۰ کیلومترمربع فاضلاب شهری و صنعتی ۱۵ شهر مستقر در حوزه این رودخانه و نیز ۸ کیلومترمربع فاضلاب شهرهای ساحلی را وارد دریاچه خزر می‌کند (کلارک، ۱۳۷۹ De Mora *et al*., 2004;). شایان ذکر است، غلظت فلزات در آب ولگا رو به افزایش بوده بطوریکه در سال ۲۰۱۵ مقدار منگنز، کبالت، مس، سرب و کادمیوم بترتیب ۴۰، ۱/۵، ۱۰، ۲/۵ و ۰/۲ میکروگرم در لیتر گزارش گردیده است

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-02]
[DOR: 20.1001.1.10261354.1397.27.1.4.8]
[DOI: 10.22092/ISFJ.2018.116453]

میزان Reference Dose (RfD) ارائه‌شده توسط USEPA (۲۰۱۶) و میانگین مقادیر THQ فلزات سرب، کادمیوم، مس، منگنز و کبالت برای کپور معمولی در جدول ۵ نمایش داده شده است. در واقع میزان RfD برای یک آلاینده یک تخمین از مقدار در معرض قرارگیری روزانه آن آلاینده توسط جمعیت انسانی است بطوریکه در طول حیات فرد هیچ اثر سوئی برجای نگذارد.

THQ پیشنهادشده توسط سازمان حفاظت محیط زیست ایالات‌متحده، شاخص خطر یکپارچه برای مقایسه مقدار مصرف یک آلاینده با دوز مرجع، استانداردشده است و به‌طور گسترده‌ای در ارزیابی خطر فلزات در مواد غذایی آلوده استفاده می‌شود. میزان THQ به‌عنوان یکی از پارامترهای معقول برای ارزیابی خطر ابتلا به فلزات در ارتباط با مصرف ماهی آلوده به رسمیت شناخته‌شده است (Li *et al*., 2012). THQ زیر ۱ بدین معنی است که جمعیت در معرض قرارگرفته، بعید است اثرات نامطلوب آشکار را تجربه کند، درحالی‌که THQ بالای ۱ بدین معنی است که با احتمال افزایش مقادیر بالاتر، اتفاق اثرات غیر سرطان‌زا وجود دارد. در مطالعه حاضر میزان THQ برای فلزات سرب، کادمیوم، مس و کبالت پایین‌تر از ۱ بود که نشان می‌دهد جذب این فلز به‌وسیله مصرف ماهی خطری مصرف‌کنندگان را تهدید نمی‌کند.

Alipour و همکاران (۲۰۱۵) غلظت فلزات سرب و کادمیوم را در عضله ماهی کُلمه در تالاب میانکاله مورد بررسی قرار دادند. نتایج ایشان نشان داد که مقادیر THQ برای فلزات سرب ($۹/۸۸\times۱۰^{-۵}$) و کادمیوم ($۷/۶۷\times۱۰^{-۵}$) کمتر از ۱ بود.

Idriss و Ahma (۲۰۱۵) غلظت فلزات روی، مس، سرب و کادمیوم را در ۱۳ گونه ماهی در رودخانه جوهور در مالزی اندازه‌گیری کردند. ایشان گزارش دادند که میزان THQروی (۰/۷۶-۰/۱۹)، کادمیوم (۱/۸-۰/۴۰)، سرب (۱/۲۵-۰/۴۰) و مس (۰/۳۶-۰/۰۸) بوده است. نتایج آن‌ها نشان می‌دهد که میزان THQ فلز روی و مس در همه ماهیان کمتر از ۱ است، اما در مورد فلز کادمیوم و سرب این مقادیر بترتیب در ۶ و ۵ گونه بالاتر از ۱ است. در شود (Nevárez *et al*., 2015). PTWI تعیین‌شده به‌وسیله JECFA و همچنین ماهی کپور برای فرد ۷۰ کیلوگرمی برای فلزات سرب، کادمیوم، مس، منگنز و کبالت در جدول ۴ نشان داده شده است. تحقیق حاضر نشان داد، میزان جذب روزانه و هفتگی فلزات سرب، کادمیوم و مس در این مطالعه در تمام ماهیان از میزان تعیین‌شده به‌وسیله PTWI و PTDI (Provisional Tolerable Daily Intake) کمتر بود. البته میزان PTWI برای فلز منگنز و کبالت ارائه نشده است.

Copat و همکاران (۲۰۱۳) مطالعه‌ای بر روی فلزات آرسنیک، سرب، کادمیوم، کُروم، روی، منگنز، نیکل و وانادیوم بر روی عضله چند گونه ماهی در خلیج کاتانیا در شرق دریای مدیترانه انجام دادند. مطالعه ایشان نشان داد که برآورد مصرف روزانه فلزات انتخاب‌شده از طریق مصرف ماهی، کمتر از میزان جذب موقت روزانه قابل‌قبول موقت (PTDI) تعیین شده توسط FAO/WHO بود. Al Sayegh Petkovšek و همکاران (۲۰۱۲) پتانسیل خطر سلامتی انسان را ناشی از مصرف ۱۰ گونه ماهی در دریاچه سالک[1] در اسلوونی را مورد ارزیابی قرار دادند. میزان جذب هفتگی فلزات روی، سرب، آرسنیک، جیوه و کادمیوم بترتیب ۳/۴۴، ۰/۰۱۵، ۰/۰۱۸، ۰/۰۷ و ۰/۰۲ تعیین شد. نتایج آن‌ها نشان داد، مصرف جذب هفتگی قابل‌قبول موقت به‌دست‌آمده از مقادیر تعیین‌شده بوسیله FAO/WHO کمتر است. Bat و همکاران (۲۰۱۲) مطالعه‌ای بر روی فلزات روی، مس، سرب و کادمیوم بر روی عضله سپرماهی (*Psetta maxima*) در سواحل دریای سیاه، ترکیه انجام دادند. محدوده غلظت فلزات روی، مس، سرب و کادمیوم در عضله بترتیب ۳۵/۳۳-۱۸/۵۶، ۶/۱۱-۱/۸۱، ۰/۲۱-۰/۰۷ و ۰/۰۴۶-۰/۰۱۶ تعیین شد. مطالعه ایشان نشان داد که برآورد مصرف روزانه و هفتگی فلزات انتخاب‌شده از طریق مصرف ماهی کمتر از میزان جذب موقت روزانه قابل‌تحمل (PTDI) و جذب موقت هفتگی قابل‌تحمل (PTWI) مقادیر بیان شده توسط FAO/WHO بودند.

[1] Šalek lakes

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-02]
[DOR: 20.1001.1.10261354.1397.27.1.4.8]
[DOI: 10.22092/ISFJ.2018.116453]

مطالعه‌ای دیگر Taweel و همکاران، (۲۰۱۳) غلظت فلزات مس، روی، سرب، نیکل و کادمیوم را در عضله ماهی تیلاپیا (*Oreochromis niloticus*) مورد بررسی قرار دادند. نتایج ایشان نشان داد که مقادیر THQ برای فلزات کمتر از ۱ بود که با نتایج مطالعه حاضر مطابقت دارد.

مطالعه حاضر، غلظت فلزات کادمیوم، سرب، مس، منگنز و کبالت در عضله کپور معمولی در جنوب دریاچه خزر را مورد بررسی قرار داد. مقایسه غلظت فلزات در بافت عضله ماهی کپور معمولی با استاندارد WHO نشان داد که میزان غلظت فلزات کبالت، کادمیوم، سرب، مس، منگنز در بافت مذکور پایین‌تر از حد استاندارد بوده است. همچنین ارزیابی ریسک بهداشتی بالقوه بر اساس مقادیر PTWI، EDI و THQ نشان داد که جذب فلزات با مصرف این گونه ماهی خطر قابل‌ملاحظه‌ای برای انسان ندارد.

منابع

ابراهیم‌پور کاسمانی، م.،۱۳۹۰. مقدمه‌ای بر آلودگی دریاها. انتشارات نوین اندیشه. تهران. ۲۳۲ صفحه.

اشجع اردلان، آ.، سهرابی، م.، میرحیدری، م. و عبدالله بیگی، ه.، ۱۳۸۸. بررسی میزان جیوه، سرب، روی و مس در بافت عضله و کبد ماهی سوف حاجی طرخان در دو ناحیه آبکنار و شیجان از تالاب انزلی در فصل بهار. پژوهش‌های مجله علوم و فنون دریایی. ۴(۲): ۶۰-۴۷.

حسن‌پور، م.، پورخباز، ع.، ابراهیم‌پورکاسمانی، م. و قربانی، ر.، ۱۳۹۰. بررسی سطح فلزات سنگین در رسوب، آب و پرندگان آبزی جنوب شرقی دریای خزر در استان گلستان (مطالعه موردی تالاب بین‌المللی گمیشان و خلیج گرگان)، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه بیرجند. ۱۰۰ صفحه.

دبیری، م.، ۱۳۸۶. آلودگی محیط زیست (هوا- آب- خاک- صوت). چاپ سوم. انتشارات اتحاد، تهران. ۳۹۹ صفحه.

شهبازی، پ. و ملک‌نیا، ن.، ۱۳۹۴. بیوشیمی عمومی. انتشارات دانشگاه تهران، تهران. ۱۱۵۲ صفحه.

صادقی راد، م. امینی رنجبر، غ. ارشد، ع. و جوشیده، ه.، ۱۳۸۴. مقایسه تجمع فلزات سنگین (روی، مس، کادمیوم، سرب و جیوه) در بافت عضله و خاویار دو گونه تاسماهی ایرانی (*A. persicus*) و ازون برون (*A. stellatus*) حوضه جنوبی دریای خزر. مجله علمی شیلات ایران. ۳: ۹۹-۷۹.

الصاق، ا.، ۱۳۸۹. تعیین برخی فلزات سنگین در عضلات ماهی سفید (*Rutilus frisii kutum*) و کپور معمولی (*Cyprinus carpio*) جنوب دریای خزر. نشریه دامپزشکی (پژوهش و سازندگی). ۸۹: ۴۴-۳۳.

کرباسی، ع. و بیاتی، آ.، ۱۳۸۶. ژئوشیمی زیست‌محیطی، کاوش قلم. تهران. ۲۵۶ صفحه.

کلارک آر. بی.، ۱۳۷۹. آلودگی دریا. ترجمه: زاهد، م.ع. زینب، م.د. انتشارات نقش مهر. تهران. ۲۴۸ صفحه.

مرتضوی، م.ق.، شریفیان، س. و آقاجری، ن.، ۱۳۹۲. برآورد میزان خطر برخی از فلزات ناشی از مصرف ماهی حلوا سفید و شوریده در استان هرمزگان. مجله علمی شیلات ایران. ۲۲ (۲):۱۳۶-۱۲۷.

مشتاق‌زاده، گ.، ناجی، ا. و کوسج، ن.، ۱۳۹۶. ارزیابی خطر بعضی از عناصر با پتانسیل آلایندگی بالا در عضله و کبد ماهی هوور (*Thunnus tonggol*) و بیاح (*Liza abu*) برای مصارف انسانی در استان هرمزگان. مجله علمی شیلات ایران. ۲۶ (۶):۴۶-۳۳.

وثوقی، غ. و مستجیر، ب.، ۱۳۸۵. ماهیان آب شیرین. چاپ هفتم. انتشارات دانشگاه تهران، تهران. ۳۱۷ صفحه.

Aladin, N. and Plotnikov, I., 2004. The Caspian Sea. Lake Basin Management Initiative. 29 pp.

Alipour, H., Pourkhabbaz, A. and Hassanpour, M., 2013. Assessing of heavy metal concentrations in the tissues of *Rutilus rutilus caspicus* and *Neogobius*

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-02]
[DOR: 20.1001.1.10261354.1397.27.1.4.8]
[DOI: 10.22092/ISFJ.2018.116453]

gorlap from Miankaleh international wetland. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology, 91(5):517-521. DOI: 10.1007/s00128-013-1105-5.

Alipour, H., Pourkhabbaz, A. and Hassanpour, M., 2015. Estimation of potential health risks for some metallic elements by consumption of fish. Water Quality, Exposure and Health, 7: 179-185. DOI: 10.1007/s12403-014-0137-3

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. Environmental Monitoring and Assessment, 184: 2647-2662. DOI: 10.1007/s10661-011-2141-4.

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,Turkey. Marine Science, 2(5):105–109. DOI: 10.5923/j.ms.20120205.10

Copat, C., Bella, F., Castaing, M., Fallico, R., Sciacca, S. and Ferrante, M., 2012. Heavy metals concentrations in fish from Sicily (Mediterranean Sea) and evaluation of possible health risks to consumers. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology, 88(1):78-83. DOI: 10.1007/s00128-011-0433-6.

Copat, C., Arena, G., Fiore, M., Ledda, C., Fallico, R., Sciacca, S. and Ferrante, M., 2013. Heavy metals concentrations in fish and shellfish from Eastern Mediterranean Sea: consumption advisories. Food and Chemical Toxicology, 53:33–37. DOI: 10.1016/j.fct.2012.11.038.

De Mora, S., Sheikholeslami, M.R., Wyse, E., Azemard, S. and Cassi, R., 2004. An assessment of metal contamination in coastal sediments of the Caspian Sea. Marine Pollution Bulletin, 48:61-77. DOI: 10.1016/S0025-326X(03)00285-6.

Ebrahimpour, M., Pourkhabbaz, A.R., Baramaki, R., Babaei, H. and Rezaei, M., 2011. Bioaccumulation of heavy metals in freshwater fish species, Anzali, Iran. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology, 87 (4): 386-392. DOI: 10.1007/s00128-011-0376-y.

Idriss, A.A. and Ahmad, A.K., 2015. Heavy metal concentrations in fishes from Juru River, estimation of the health risk. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology, 94(2):204-8. DOI: 10.1007/s00128-014-1452-x.

Jiang, D., Hu, Z., Liu, F., Zhang, R., Duo, B., Fu, J., Cui, Y. and Li, M., 2014. Heavy metals levels in fish from aquaculture farms and risk assessment in. Lhasa, Tibetan Autonomous Region of China. Ecotoxicology, 23: 577–583. DOI: 10.1007/s10646-014-1229-3.

Li, J., Huang, Z.Y., Hu, Y. and Yang, H., 2012. Potential risk assessment of heavy metals by consuming shellfish collected from Xiamen, China. Environmental

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-02]
[DOR: 20.1001.1.10261354.1397.27.1.4.8]
[DOI: 10.22092/ISFJ.2018.116453]

Science and Pollution Research, DOI: 10.1007/s11356-012-1207-3.

Lychagin, M.Y., Tkachenko, A.N., Kasimov, N.S. and Kroonenberg, S.B., 2015. Heavy metals in the water, plants, and bottom sediments of the Volga River Mouth Area. Journal of Coastal Research, 31(4): 859-868. DOI: 10.2112/JCOASTRES-D-12-00194.1.

Majnoni, F., Mansouri, B., Rezaei, M. and Hamidian, A.H., 2013. Metal concentrations in tissues of *common carp, Cyprinus carpio*, and *silver carp, Hypophthalmichthys molitrix* from the Zarivar Wetland in Western Iran. Archives of Polish Fisheries, 21: 11-18. DOI: 10.2478/aopf-2013-0002.

Miri, M., Akbari, E., Amrane, A. et al., 2017. Health risk assessment of heavy metal intake due to fish consumption in the Sistan region, Iran. Environmental Monitoring and Assessment, 189: 583. DOI: 10.1007/s10661-017-6286-7.

Nevárez, M., Leal, L. O., and Moreno, M., 2015. Estimation of seasonal risk caused by the intake of Lead, Mercury and Cadmium through freshwater fish consumption from urban water reservoirs in arid areas of Northern Mexico. International Journal of Environmental Research and Public Health, 12(2): 1803–1816. DOI: 10.3390/ijerph120201803.

Taweel, A., Shuhaimi-Othman, M. and Ahmad, A.K., 2013. Assessment of heavy metals in tilapia fish (*Oreochromis niloticus*) from the Langat River and Engineering Lake in Bangi, Malaysia, and evaluation of the health risk from tilapia consumption. Ecotoxicology and Environmental Safety, 93:45-51. DOI: 10.1016/j.ecoenv.2013.03.031.

Türkmen, M., Türkmen, A. and Tepe, Y., 2011. Comparison of metals in tissues of fish from Paradeniz Lagoon in the coastal area of Northern East Mediterranean. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology, 87:381-385. DOI: 10.1007/s00128-011-0381-1.

USEPA., 2016. Regional Screening Level (RSL) Fish Ingestion Table. May 2016. Available at: https://www.epa.gov/sites/production/files/201606/documents/master_sl_table_run_may2016.pdf

Varol, M. and Sünbül, M.R., 2018. Biomonitoring of trace metals in the Keban Dam Reservoir (Turkey) using mussels (*Unio elongatulus eucirrus*) and crayfish (*Astacus leptoda*ctylus). Biological Trace Element Research, 1-9. DOI:10.1007/s12011-017-1238-1.

WHO., 1989. Heavy metals-environmental aspects. Environment Health Criteria. No. 85. Geneva, Switzerland.

Wicker, A.M. and Gantt, L.K., 1994. Contaminate assessment of fish rangia, clams and sediments in the Lower Pamlico River. North Carolina U.S fish and wildlife service Ecological services, 102: 545-555.

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-02]
[DOR: 20.1001.1.10261354.1397.27.1.4.8]
[DOI: 10.22092/ISFJ.2018.116453]

Wong, C.K., Wong, P.P.K. and Chu, L.M., 2001. Heavy metal concentrations in marine fishes collected from fish culture sites in Hong Kong. Environmental Contamination and Toxicology, 40: 60-69. DOI: 10.1007/s002440010148.

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-02]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1397.27.1.4.8]

[DOI: 10.22092/ISFJ.2018.116453]

Assessment of Heavy metal concentrations in the muscles of Common carp (*Cyprinus carpio* L., 178) from the southern coast of the Caspian Sea and potential risks to human health

Solgi E.[1*]; Alipour H.[1]; MajnoonF.[2]

[*]e.solgi@yahoo.com

1. Department of Environment, Faculty of Natural Resource and Environmental Sciences, Malayer University, Malayer, Iran
2. Young Researchers and Elite Club, Sanandaj Branch, Islamic Azad University, Sanandaj, Iran

Abstract

In this study, the concentrations of Cd, Pb, Cu, Mn, and Co were analyzed in the muscles of *Cyprinus carpio* collected from Nowshahr on the south of Caspian Sea, Iran in June 2016. Determination of heavy metals concentrations in the studied fish muscles had been carried out by a graphite furnace atomic absorption spectrometer. The range of metals concentrations were as: Cd: 0.10–1.56, Pb: 0.10–1.23, Cu: 0.88–8.23, Mn: 0.34–1.05 and Co: 0.56–1.43 mg/kg wet weight. The results showed that the concentrations of Cd, Pb, Cu, Mn, and Co in the muscles of *C. carpio* were lower than the proposed limits of the WHO. Health risks to human via dietary intake of fish were assessed by the target hazard quotients (THQs). The THQ values of the five metals (Cd, Pb, Cu, Mn and Co) were below 1 for *C. carpio*. Metal concentrations in the edible part of *C. carpio* were assessed for human uses according to provisional tolerable weekly intake (PTWI) and provisional tolerable daily intake (PTDI). In this study, Cd, Pb, Cu, Mn and Co concentrations in the muscle of *C. carpio* were below the maximum permissible limit of the WHO.

Keywords: Heavy metals, *Cyprinus carpio*, Target hazard quotients, Estimation of Daily Intake.

[*]Corresponding author

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-02]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1397.27.1.4.8]

[DOI: 10.22092/ISFJ.2018.116453]