بررسی تجمع زیستی فلزات سنگین ضروری (آهن، مس و روی) و نیمه ضروری (نیکل، کبالت و منگنز) در بافت خوراکی ماهی کپور (*Cyprinus carpio*) دریای خزر

حوریه یونسی پور[۱]، حسن نصراله‌زاده ساروی*[۲]، سید محمد تقی ساداتی پور[۱]

۱- دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران شمال، گروه شیمی دریا، تهران، ایران، صندوق پستی: ۱۶۶۷۹۳۴۷۸۳

۲- پژوهشکده اکولوژی دریای خز ر، بخش اکولوژی، فرح آباد، ساری، ایران، صندوق پستی: ۹۶۱

تاریخ دریافت: ۱۰ مهر ۱۳۹۲ تاریخ پذیرش: ۱۵ بهمن ۱۳۹۲

چکیده

ماهی به عنوان منبع مهم از پروتئین، چربی و ویتامین‌های مختلف در یک رژیم غذایی متعادل جایگاه خاصی دارد. بعضی از فلزات سنگین برای بدن انسان ضروری می‌باشند اما اگر از حد مجاز بیشتر شود ضررهای جبران ناپذیری وارد خواهند کرد. ازآنجایی که ماهی کپور دریای خزر از نظر ارزش غذایی و اقتصادی در ردیف سوم قرار دارد، لذا بررسی وضعیت بهداشت و سلامت آن از اهمیت ویژه‌ای برخوردار می‌باشد. این تحقیق به منظور تعیین میزان فلزات سنگین ضروری (آهن، مس و روی) و نیمه ضروری (نیکل، کبالت و منگنز) در بافت خوراکی ماهی کپور دریای خزر صورت گرفته است. تعداد ۴۵ نمونه ماهی در منطقه شرقی حوزه جنوبی دریای خزر در چند صیدگاه جمع‌آوری گردید. بعداز بیومتری، بافت خوراکی (عضله) ماهی‌ها جدا شده و فریزدرایر گردید. سپس نمونه‌ها به روش هضم اسیدی آماده سازی شده و میزان فلزات سنگین مورد نظر با استفاده از دستگاه جذب اتمی مورد سنجش قرار گرفت . طبق بررسی‌های به عمل آمده میانگین غلظت آهن، روی و مس با خطای استاندارد (SE) به ترتیب برابر (۱۱±)۷۷/۹۱، (۱۴±)۶۳/۴۵ و (۲±)۱۲/۱۱ و میانگین غلظت نیکل، کبالت و منگنز با خطای استاندارد (SE) به ترتیب برابر (۱۴/۳±)۱۲۱، (۲۸/۳۴±)۳۲۳/۵ و (۰/۵۴±)۳/۲۹ میکروگرم بر گرم وزن خشک ثبت گردید. دراین تحقیق میانگین غلظت فلزات سنگین به دست آمده در ماهی کپور دریای خزر بر حسب وزن تر پایین‌تر از حد اکثر میزان مجاز تعیین شده از سوی سازمان بهداشت جهانی بوده است.

کلمات کلیدی: دریای خزر، ماهی کپور، فلزات سنگین، بافت خوراکی.

* عهده دار مکاتبات (✉)، hnsaravi@yahoo.com.

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-06-16]

[DOR: 20.1001.1.23223545.1393.8.1.7.3]

مقدمه

امروزه محصولات دریایی نقش قابل توجهی در تامین غذای مردم جهان دارند. با شناسایی کیفیت و برتری غذایی این فرآورده‌ها بر دیگر مواد پروتئینی روز به روز بر مصرف آن افزوده می‌شود. به موازات افزایش مصرف این منابع و خصوصاً ماهیان، تامین بهداشت و سلامت آنان نیز اهمیت بیشتر ی می‌یابد که در این میان تشخیص و اندازه-گیری فلزات سنگین، فرآیندهای بیولوژیکی و نیز تجمع زیستی آن ها، اهمیت زیادی دارد (الصاق، ۱۳۹۰).

فلزات سنگین مثل آهن، مس، منیزیم، مولیبدان، روی و... که به اصطلاح به آن‌ها Trace Elements می گویند، به مقادیر بسیار کمی برای ادامه رشد و بقای ارگانیسم‌های زنده مورد نیاز می باشند. بطوریکه اگر از حداقل مورد نیاز و ضروری افزایش یابند، باعث اختلال در رشد می گردند. حضور فلزات سنگین بیش از استانداردهای تعریف شده در محیط باعث بروز مشکلات و عوارض زیست محیطی برای ساکنان آن محل و اکوسیستم می گردد. تاثیرات فلزات سنگین روی انسان، مختلف بوده و عمده‌ترین آن مربوط به بروز اختلالات عصبی است. فلزات سنگین در آبزیان و جانداران دریایی ممکن است به شکل قابل دسترس متابولیکی باقی بمانند و یا به تدریج با تجمع در اندام‌های مختلف آبزی، خاصیت سمی پیدا کنند (Elsagh *et al.*, 2008).

مطالعات زیادی در خصوص اندازه‌گیری فلزات سنگین در ماهیان دریای خزر انجام شده است که به اندازه‌گیری فلزات سنگین در اندام‌های داخلی و بافت ماهیچه کپورماهیان (امینی رنجبر و علیزاده، ۱۳۷۸)، بافت‌های مختلف فیل ماهی و ازون برون (مشروفه و همکاران، ۱۳۹۱)، در بافت عضلانی سه گونه از ماهیان دریایی، کپور، کفال و سفید دریای خزر (شهریاری و همکاران، ۱۳۸۹)، بافت خوراکی ماهیان سفید و کپور جنوب مرکزی دریای خزر (الصاق، ۱۳۹۰)، بافت عضلانی ماهیان آزاد و سوف دریای خزر (واردی و همکاران، ۱۳۸۹) و بافت خوراکی ماهی کپور دریای خزر (نصراله‌زاده و همکاران، ۱۳۹۲) می‌توان اشاره نمود. در سال‌های اخیر جمعیت ماهیان دریای خزر کاهش چشمگیری داشته است که احتمالاً یکی از دلایل مهم آن آلودگی‌های مختلف از قبیل فلزات سنگین می‌باشد. بنابراین، با توجه به اهمیت این نوع بررسی در محیط‌های آبی و از آنجایی که ماهی یکی از غذاهای اصلی در تامین نیازهای بدن می‌باشد مطالعه حاضردر سال ۱۳۹۱ با هدف بررسی تجمع زیستی فلزات سنگین آهن (Fe)، روی (Zn)، مس (Cu)، نیکل (Ni)، کبالت (Co) و منگنز (Mn) که دارای غلظت و فراوانی بالایی در سیستم‌های آبی می‌باشند، در بافت خوراکی ماهی کپور دریای خزر انجام شده‌است. همچنین مقایسه داده‌های به‌دست آمده در بافت ماهی کپور با مطالعات انجام شده و استانداردهای جهانی از اهداف دیگر این مقاله می‌باشد.

مواد و روش‌ها

بر اساس ویژگی‌های توپوگرافی و سابقه مطالعاتی، ایستگاه‌های مورد نظر در منطقه شرقی

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-06-16]
[DOR: 20.1001.1.23223545.1393.8.1.7.3]

حوزه جنوبی دریای خزر که به عنوان زیستگاه اصلی این ماهی بوده و بیش از ۹۵ درصد صید این گونه را در ناحیه دارا بوده است (نصراله زاده و همکاران، ۱۳۹۰) انتخاب گردیدند. مجموعا" تعداد ۴۵ نمونه ماهی کپور دریایی (*Cyprinus Carpio*) به منظور تعیین غلظت عناصر سنگین (آهن، مس، روی، نیکل، کبالت و منگنز) مورد بررسی قرار گرفتند. نمونه‌های مورد نظر در پره‌های صیادی با استفاده از صید به روش پره‌های صیادی و طی ماه‌های مهر، آبان و آذر در سال ۱۳۹۱ تهیه گردیدند. موقعیت جغرافیایی ایستگاه‌های نمونه برداری، در جدول ۱ و شکل ۱ آورده شده است.

مشخصات نمونه‌های صید شده پس از تعیین جنسیت و بیومتری (اندازه طول کل ووزن) تنظیم و کدگذاری آن‌ها انجام گردید. سپس نمونه‌ها به آزمایشگاه آلاینده‌های زیست محیطی پژوهشکده اکولوژی دریای خزر منتقل شده و بلافاصله امعاء احشاء آن‌ها خالی و با استفاده از تیغ اسکالپل قسمت‌های عضلانی جدا شده و با آب مقطر دوبار تقطیر شستشو و در کیسه‌های پلاستیکی نگهداری و در دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد فریزر گردید. در زمان آنالیز عضلات فریزدرایر (خشک شدن کامل نمونه فریز شده در شرایط خلاء و سرما) شده و وزن تر و خشک نمونه‌ها یاد داشت و بعد از آن نمونه‌ها کاملاً پودر و همگن شدند. نمونه‌های آماده سازی شده به مقدار ۰/۳ گرم توزین و درون ویال ریخته و با افزودن ۴ میلی لیتر اسید نیتریک به مدت یک ساعت در دمای آزمایشگاه نگهداری شدند.

جدول ۱: موقعیت جغرافیایی ایستگاه‌های نمونه برداری در سواحل ایرانی حوزه جنوبی دریای خزر(سال ۱۳۹۱)

ردیف	نام ایستگاه	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی
۱	تعاونی پره طالقانی	۵۳ ۲۸ ۱۵	۳۶ ۵۲ ۰۰
۲	پره شهید حسین نژاد	۵۳ ۱۲ ۲۸	۳۶ ۵۰ ۰۴
۳	پره نوذرآباد گهرباران	۵۳ ۱۱ ۴۶	۳۶ ۴۹ ۴۶
۴	پره شهید قربانی	۵۳ ۱۰ ۱۱	۳۶ ۴۹ ۲۳
۵	پره جهان نمای فرح آباد	۵۳ ۰۸ ۲۶	۳۶ ۴۹ ۰۳
۶	پره کرفون	۵۲ ۴۹ ۱۳	۳۶ ۴۴ ۱۲
۷	پره تالار	۵۲ ۴۲ ۳۵	۳۶ ۴۳ ۴۷

شکل ۱: محل ایستگاه‌های نمونه‌برداری (پره‌های صیادی) در سواحل شرقی حوزه جنوبی دریای خزر (سال ۱۳۹۱)

سپس در محفظه داغ (هیتر دایجست) در دمای ۹۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۳ ساعت عمل هضم انجام گردید. پس از خنک شدن، نمونه ها با آب مقطر دوبار تقطیر و کاغذ صافی نمونه‌ها صاف شده و به حجم نهایی ۵۰ میلی‌لیتر رسانده شدند

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-06-16]
[DOR: 20.1001.1.23223545.1393.8.1.7.3]

(MOOPAM, 2005). همچنین نمونه‌ای به عنوان شاهد برای تزریق دستگاه آماده‌سازی گردید.

غلظت نمونه‌های آماده‌سازی شده با استفاده از جذب اتمی (مدل Thermo-M5) مجهز به سه سیستم شعله، گرافیتی با لامپ زمینه دوتریم تعیین گردید. طول موج جذب برای فلزات آهن، روی، مس، نیکل، کبالت و منگنز به ترتیب ۲۴۸/۳، ۲۱۳/۹، ۳۲۴/۸، ۲۷۹/۵، ۳۵۷/۹ و ۲۳۲ نانومتر و حد تشخیص دستگاه (LOD) به ترتیب ۰/۰۰۸۴ppm، ۰/۰۰۴ppm، ۰/۰۰۳ppm، ۰/۰۰۷۱ppb، ۰/۰۰۷۱ppb و ۰/۰۴۸ppm بوده‌است.

برای محاسبه مقدار فلز مورد نظر در نمونه‌های ماهی بر حسب ppm وزن خشک از فرمول $C=\left(\frac{c*V}{W}\right)$ استفاده گردید.

c = مقدار فلز مورد نظر در نمونه بر حسب ppm با استفاده از منحنی کالیبراسیون،

V = حجم نهایی بر حسب میلی‌لیتر،

W = وزن خشک نمونه بر حسب گرم.

مقادیر مربوط به استانداردها و نتایج سایر تحقیقات در جداول قسمت بحث بر اساس وزن تر می‌باشد، لذا به منظور مقایسه از ضریب تبدیل وزن خشک به وزن تر ماهی کپور(۰/۲۵) برای نتایج مطالعه حاضر استفاده گردید.

محاسبه تجمع زیستی براساس فرمول زیر انجام گردید (Asha *et al*., 2010):

وزن خشک)
= درصد تجمع زیستی
لیتر)

داده‌ها بر اساس رتبه بندی انتقال داده و سپس با رسم نمودار Q-Q و همچنین آزمون شاپیرو–ویلک نرمال بودن آن تایید گردید (Siapatis *et al*., 2008). برای تجزیه و تحلیل آماری از آزمون‌های پارامتریک بر روی داده‌های نرمال شده و تجزیه و تحلیل داده‌ها در برنامه آماری SPSS نسخه ۱۱/۵ استفاده گردید. جمع آوری داده‌ها در نرم افزار Excel, 2010 انجام گردید.

جهت طبقه‌بندی داده‌ها ازآزمون مولفه اصلی (PCA) که روش ریاضی برای تقلیل داده‌ها است استفاده شد. منطق تحلیل عاملی کاهش مجموعه بزرگی از متغیرها به چند عامل اساسی است (غیاثوند، ۱۳۸۷). در این آزمون تعیین بار عاملی بین متغیرهای مختلف بر اساس چند کمیت تصادفی غیر قابل مشاهده (عامل یا فاکتور) با استفاده از داده‌های اصلی انجام می‌شود (Simeonov *et al*., 2001). در ابتدا آزمون شایستگی داده‌ها (کفایت نمونه برداری) تحت آزمون کیزر مایر (KMO) انجام شد. دامنه نوسان KMO بین صفر تا یک است. نحوه قضاوت در باره ضریب آزمون KMO بر اساس قاعده سر انگشتی (Rule of thumb) و تعداد نمونه‌ها می‌باشد.

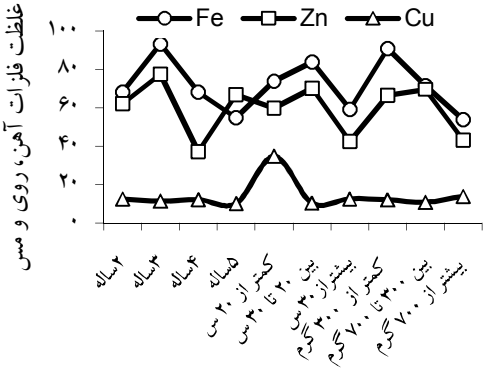
نتایج

فلزات سنگین ضروری در وزن‌ها، سنین و طول چنگالی مختلف ماهی کپور دریای خزر

غلظت فلزات سنگین آهن، روی و مس بر حسب میکروگرم بر گرم وزن خشک سنجیده شد (شکل ۲). نتایج نشان داد که حداقل میانگین غلظت در وزن‌ها،سنین و طول چنگالی مختلف مربوط به فلز مس به‌ترتیب (۲/۹۵± ۱۰/۹۲)، (۲/۴۵±۱۱/۵۹) و (۱/۵۲±۱۰/۵۴) و حداکثر غلظت مربوط به فلز آهن به‌ترتیب (۱۴/۷۹±۹۰/۹۵)، (۱۶/۶۲±۹۳/۲۸) و

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-06-16]
[DOR: 20.1001.1.23223545.1393.8.1.7.3]

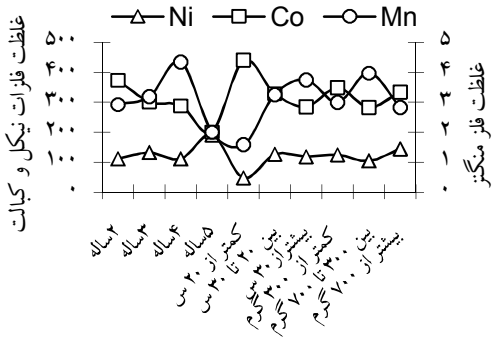
(۸۳/۸۲±۱۰/۸۸) بوده‌است. آزمون آنالیز واریانس (ANOVA) نشان داد که میانگین غلظت فلزات فوق در وزن‌ها، سنین و طول چنگالی مختلف معنی‌دار نبوده است ($p>۰/۰۵$) و اما میانگین غلظت فلز روی در سنین مختلف معنی‌دار بوده‌است ($p<۰/۰۵$).



شکل ۲: میزان تغییرات فلزات سنگین ضروری (µg/g.dw) در سن، طول چنگالی و وزن‌های مختلف ماهی کپور دریای خزر

فلزات سنگین نیمه ضروری دروزن‌ها، سنین و طول چنگالی مختلف ماهی کپور دریای خزر

غلظت فلزات سنگین نیکل و کبالت برحسب نانوگرم بر گرم وزن خشک و منگنز بر حسب میکروگرم برگرم وزن خشک در حوزه جنوبی دریای خزر مورد بررسی قرارگرفت (شکل ۳). نتایج نشان داد که حداقل میانگین غلظت در وزن‌ها، سنین و طول چنگالی مختلف مربوط به فلز منگنز به‌ترتیب (۲/۸۳±۰/۲۳)، (۲/۹۲±۰/۲۷) و (۱/۵۸±۰/۹۲) حداکثر غلظت مربوط به فلز کبالت به‌ترتیب (۳۴۸/۰۵±۵۰/۷)، (۳۷۳/۲۹±۵۱/۹۷) و (۴۴۰±۱۵۶) بوده‌است. آزمون آنالیز واریانس (ANOVA) نشان داد که میانگین غلظت فلزات فوق در وزن‌ها، سنین و طول چنگالی مختلف معنی‌دار نبوده است ($p>۰/۰۵$).



شکل ۳: میزان تغییرات فلزات سنگین نیمه ضروری (µg/g.dw) در سن، طول چنگالی ووزن‌های مختلف ماهی کپور دریای خزر

در این تحقیق آزمون همبستگی پیرسون (Pearson correlation) نشان داد که فلزات آهن با منگنز، روی با مس و کبالت با مس و نیکل همبستگی مثبت داشت. در بررسی متغیرهای شش فلز سنگین در بافت ماهی کپور به همراه طول، وزن و سن در آنالیز مولفه‌های اصلی (PCA) تغییرات شاخص KMO برابر ۰/۶۱۸ وآزمون بارتلت (Barttlet) دارای اختلاف معنی‌دار بوده‌است (جدول ۲). در آنالیز مولفه‌های اصلی شش متغیر فلز سنگین و سه متغیر زیست سنجی بر اساس منحنی سنگریزه‌ای (Scree plot) و مقدار ویژه (Eigenvalue) بالای یک، به سه مولفه (PC) با ۶۹/۹ درصد از کل واریانس کاهش یافته‌است. در هر مولفه، متغیرهای دارای ضرایب بارعاملی (Loading Factor) بیش از ۰/۳۰ با توجه به تعداد نمونه‌ها در نظر گرفته شد. مولفه یک به تنهائی ۳۴/۴ درصد از کل واریانس را شامل شده‌است. در

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-06-16]
[DOR: 20.1001.1.23223545.1393.8.1.7.3]

این مولفه متغیرهای زیستی به همراه فلزات روی و کبالت مشارکت داشته است (جدول۳). مولفه‌های دو با واریانس ۱۸/۵ درصد از کل واریانس را شامل شدند. در این مولفه عناصر آهن، مس، نیکل، کبالت و منگنز مشارکت داشته‌اند (جدول ۳). مولفه سوم با واریانس ۱۷/۰ درصد عناصرآهن، مس، کبالت و منگنز مشارکت داشته‌است.

جدول ۲: آزمون‌های KMO و Barttlet در آنالیز آماری چند متغیره PCA برای فلزات سنگین و پارامترهای سن، وزن و طول چنگالی در بافت عضله ماهی کپور دریای خزر (سال ۱۳۹۱)

آزمون کیزر مایر (اندازه گیری کفایت نمونه برداری)		۰/۶۱۸
آزمون بارتلت (ارزشیابی وضعیت ماتریس همبستگی بین متغیرها)	آزمون مربع کای	۲۰۳/۸۳۸
	درجه آزادی	۳۶
	معنی‌دار بودن	۰/۰۰

باتوجه به جدول ۳ مشاهده شد که با افزایش طول چنگالی، سن و وزن، غلظت فلزات آهن و کبالت کاهش می‌یابد.

تعیین فاکتور تجمع زیستی (Bioaccumulation Factor)

آمار توصیفی تغییرات تجمع زیستی فلزات سنگین به همراه طول چنگالی، وزن و سن ماهی کپور در حوزه جنوبی دریای خزر در جدول ۴ نشان داده شده‌است. فاکتور تجمع زیستی برای فلز روی بالاترین و برای فلز کبالت کمترین غلظت مشاهده شد.

جدول ۳: روابط بین غلظت فلزات سنگین با سن، وزن و طول چنگالی در بافت عضله ماهی کپور دریای خزر در ماتریکس مولفه‌ها در آنالیز چند متغیره PCA (سال ۱۳۹۱)

	Component		
	PC1 (۳۴/۴%)	PC2 (۱۸/۵%)	PC3 (۱۷/۰%)
Fe (ppm)		۰/۵۴۸	-۰/۶۶۱
Zn (ppm)	-۰/۵۷۳		
Cu (ppm)		۰/۵۴۶	۰/۵۵۷
Ni (ppb)		۰/۴۷۳	
Co (ppb)	-۰/۴۲۳	۰/۴۴۸	۰/۴۸۰
Mn(ppm)		۰/۵۷۱	-۰/۶۳۰
طول چنگالی	۰/۹۲۱		
وزن	۰/۹۱۶		
سن	۰/۸۱۲	۰/۴۱۰	

روش استخراج: آزمون مولفه اصلی، چهار مولفه استخراج شد

بحث

امروزه تحقیقات زیادی در رابطه با جذب فلزات سنگین در موجودات دریایی انجام شده‌است که نشان دهنده روند رو به افزایش این فلزات در اثر فعالیت‌های انسانی و سرازیر شدن آن به محیط‌های آبی می‌باشد. لذا هر گونه افزایش بیش از غلظت‌های طبیعی این فلزات، به اکوسیستم آسیب وارد می کند. سلامت بافت عضله ماهیان به عنوان اصلی‌ترین بخش مورد تغذیه انسان اهمیت زیادی دارد. به همین دلیل در این مطالعه غلظت شش فلز ضروری (آهن، مس و روی)، نیمه ضروری (نیکل، کبالت و منگنز) در بافت عضله ماهی کپور دریایی مورد بررسی قرار گرفت.

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-06-16]
[DOR: 20.1001.1.23223545.1393.8.1.7.3]

جدول ۴:آمار توصیفی تغییرات فاکتور تجمع زیستی (Bioaccumulation Factor) فلزات سنگین به همراه طول چنگالی، وزن و سن ماهی کپور دریای خزر (سال ۱۳۹۱)

فاکتور	میانگین	انحراف استاندارد	حداقل	حداکثر
BAF (Fe)%	۲۷/۰۶	۲/۸۷	۵/۴۰	۱۱۷/۳۰
BAF (Zn)%	۳۲۵/۴۲	۴۷/۸۷	۸۰/۳۰	۲۰۷۶/۹۰
BAF (Cu)%	۱۱۵/۳۸	۱۵/۷۶	۷/۹۰	۵۷۳/۰۰
BAF (Ni)%	۴/۶۴	۰/۵۱	۰/۴۰	۱۴/۰۰
BAF (Co)%	۳/۴۰	۰/۳۰	۰/۰۰	۹/۸۳
طول چنگالی	۲۶/۲	۰/۸۲	۱۹	۴۳/۵
وزن	۳۹۶/۷۸	۳۹/۸۱	۱۴۰	۱۳۷۵
سن	–	–	۲	۵

نتایج مطالعات متعدد در تجمع فلزات در ماهیان در محیط زندگی‌شان نشان داد که در بافت‌های مختلف درصد جذب و سرعت خروج آن‌ها متفاوت بوده‌است. معمولاً ترتیب تجمع آن ها در بافت بدین صورت است: Fe>Zn>Pb>Cu> Cd>Hg. در اکثر ماهیان تجمع روی (Zn) تقریباًdw µg/g ۳۰۰ و برای فلزات سرب (Pb) و مس (Cu) کمتر از dw µg/g ۱۰ بوده‌است (Jezierska and Witeska, 2001). در تحقیق حاضر ترتیب فلزات اندازه گیری شده به صورت Fe>Zn>Cu>Mn>Co>Ni بوده است که با نتایج بررسی فوق همخوانی دارد (با فلزات مشترک) در ضمن میانگین غلظت به‌دست آمده برای این فلزات نیز در محدوده غلظت فلزات فوق (به غیر از فلز مس) بوده‌است.

غلظت نیکل در این تحقیق در ماهیان با کمترین طول، وزن و سن بیشترین غلظت را نشان داده‌است. احتمالاً وجود نیکل می-تواند از آلودگی‌های نفتی حاصل شود. در منطقه امیر آباد و شرق مازندران تردد کشتی‌ها (به دلیل گمرک)، لنج‌ها و قایق‌های ماهی‌گیری) زیاد بوده و آلودگی نفتی و در کنار آن آلودگی بعضی از فلزات را سبب می‌شوند. روند تغییرات فلز کبالت کاملاً بر عکس فلز نیکل بوده است، یعنی غلظت کبالت در ماهیان بزرگ‌تر و مسن‌تر بیشتر بود. دو فلز کبالت و نیکل در سطح معنی‌داری ($P<۰/۰۵$) دارای همبستگی منفی می‌باشند.

ماهی کپوربا طول بیش از ۱۸ میلی‌متر از آبزیان کفزی تغذیه می‌کند. بنابراین آلودگی رسوبات می‌تواند باعث آلودگی موجودات کفزی کوچک و به دنبال آن انتقال آلودگی به ماهیان کفزی و بنتوز خوار شود. بر اساس نتایج این تحقیق در ماهی کپور دریای خزر به دلیل رژیم غذایی بنتوزخواری دارای غلظت بالایی از فلز روی در بافت عضله بوده‌است که با نتایج نصراله زاده و همکاران (۱۳۹۰)، Kidwell و همکاران (۱۹۹۵) و Ney و Van Hassel (۱۹۸۳) هماهنگی دارد. در بررسی‌های بعضی از پژوهشگران Norseth و Aaseth (۱۹۸۶) آمده‌است که فلزات روی و مس در کلیه، بیشترین و در عضله کمترین تجمع را دارند. این مسئله به حضور پروتئین‌هایی با وزن مولکولی پایین (Metal Iothionein) در این بافت‌ها که فلزات سنگین را محبوس می‌کنند، مرتبط می‌باشد. فلزات روی و مس می‌توانند در محل‌هایی ذخیره شوند و به بافت‌های دیگر انتقال داده شوند، یا اینکه مجدداً به چرخه‌های حیاتی متعدد وارد شوند. مطالعه Zauka و همکاران (۱۹۹۹) در دریای Barents نشان داد که غلظت مس در ۱۵ گونه

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-06-16]
[DOR: 20.1001.1.23223545.1393.8.1.7.3]

دریایی کمتر از حد مجاز تعیین شده به‌وسیله قانون کشورهای اروپایی بوده است. آن‌ها هیچ‌گونه همبستگی معنی‌داری بین غلظت فلزات در کبد، عضله و طول و وزن مشاهده نکردند که تحقیق کنونی نیز با آن همخوانی دارد. غلظت فلز منگنز روند خاصی را نشان نمی‌دهد. رابطه بین غلظت فلزات سنگین در شش گونه از ماهیان شمال شرق دریای مدیترانه نیز نشان داد که ارتباط معنی‌داری بین تجمع فلزات و اندازه ماهی وجود ندارد (Canli and Atli, 2003).

در این تحقیق فاکتور تجمع زیستی (BAF) برای فلز روی، بالاترین غلظت را داشته که نشان می‌دهد، غلظت در معرض گذاشته در محیط آبی در مقایسه با تجمع آن در بافت ماهی کمتر بوده است. کمترین مقدار تجمع (BAF) در فلز کبالت مشاهده شده‌است که غلظت در معرض گذاشته در محیط آبی در مقایسه با تجمع آن در بافت ماهی بیشتر بوده است. Demirak و همکاران در سال ۲۰۰۶ در مطالعات خود بیان داشتند، طول، وزن، جنسیت، عادت تغذیه‌ای، نیازهای اکولوژیک، غلظت فلزات سنگین در آب و رسوب، مدت زمان ماندگاری ماهی در محیط آبی، فصل صید و خواص شیمیایی آب (شوری، سختی، دما) عوامل موثر در تجمع فلزات سنگین در اندام‌های مختلف ماهی می‌باشند.

توانایی موجودات جهت جذب، تجمع و سم‌زدایی فلزات به طور اساسی متفاوت می‌باشد. یکی از اساسی‌ترین مسئله در ارتباط با فلزات سنگین عدم متابولیزه شدن آن‌ها در بدن می‌باشد. در واقع فلزات سنگین پس از ورود به بدن، از بدن دفع نشده و در بافت‌هایی مثل چربی، عضلات، استخوان‌ها و مفاصل رسوب کرده و انباشته می‌گردند که همین امر موجب بروز بیماری‌ها و عوارض متعددی در بدن می‌شود. به طور کلی می‌توان گفت، تفاوت غلظت در بافت‌های مختلف ماهیان می‌تواند ناشی از تفاوت توان فلزات در غلبه بر پیوندهای فلزی پروتئین نظیر متالوتیونین‌ها باشد. گونه‌هایی که دارای مقادیری مشخص از متالوتیوندین‌ها باشند می‌توانند سمیت این فلزات را از بین ببرند. معمولاً بافت عضله ماهیان دارای پایین‌ترین مقادیر غلظتی فلزات می‌باشد. (مشروفه و همکاران، ۱۳۹۱) همچنین تفاوت نیازهای اکولوژیک، فعالیت‌های متابولیک ماهیان و نوسانات در آلودگی آب غذا و رسوبات می‌تواند از دیگر عوامل مهم تلقی شوند. میزان جذب و تجمع فلزات در ماهی می‌تواند تحت تأثیر شرایط فیزیک و شیمیایی آب، غلظت فلزات در آب و رسوب، عادت تغذیه‌ای و عوامل دیگر باشد.

در جدول ۵ میزان فلزات سنگین در کپور ماهیان (Cyprinidae) و کفال ماهیان (Mugilidae) در مناطق جغرافیایی مختلف درج شده است. در این جدول مقدار آهن در کپور ماهیان ، نسبت به ماهی سفید دریای خزر غلظت بیشتر و نسبت به کپور معمولی دریای آتلانتیک و *Mugil auratus* غلظت خیلی کمتری داشته‌است. میزان فلز روی و مس در عضله ماهی کپور در حوزه جنوبی دریای خزر مقادیر بسیار بیشتری را نسبت به گونه ماهی سفید سواحل جنوبی دریای خزر و کپور معمولی

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-06-16]

[DOR: 20.1001.1.23223545.1393.8.1.7.3]

دریاچه آتاتورک ترکیه نشان می‌دهد ولی غلظت این دو فلز در *Mugil auratus* مقادیر بالاتری نسبت به گونه کپور دریای خزر و سایر گونه‌ها در سایر مناطق جغرافیایی نشان داده‌است. میزان تجمع فلزات نیکل در عضله ماهی کپور در تحقیق کنونی بیشتر از سایر مناطق بوده‌است (جدول ۵).

از آنجایی که نتایج به دست آمده در هر تحقیقی در کنار استانداردها اعتبار پیدا می‌کنند، نتایج تحقیق کنونی برای مقایسه با استانداردها بر حسب وزن تر محاسبه شده و با استانداردهای مجاز تعیین شده فلزات سنگین در سازمان بهداشت جهانی، اتحادیه اروپایی، سازمان خواربار کشاورزی، انجمن بهداشت استرالیا، وزارت کشاورزی و شیلات و مواد غذایی انگلستان و چند کشور اروپایی و اداره غذا و دارو در جدول ۶ مقایسه شده است. براساس نتایج به دست آمده در بررسی حاضر میزان تجمع فلزات آهن، روی، مس، نیکل، کبالت و منگنز در عضله ماهی کپور دریای خزر پایین‌تر از حد مجاز اتحادیه اروپایی، سازمان بهداشت جهانی، انجمن بهداشت استرالیا، و... بوده است.

جدول ۵: مقایسه غلظت فلزات سنگین در بافت خوراکی ماهیان در نقاط مختلف دنیا و دریای خزر (برحسب ppm وزن تر)

ماهی مورد مطالعه	منطقه جغرافیایی	Fe	Zn	Cu	Ni	Co	Mn	منابع
Cyprinus carpio (کپور دریایی)	سواحل شرقی حوزه جنوبی دریای خزر	۹/۴۸	۱۵/۸۶	۳/۰۲۸	۰/۰۳۳	۰/۰۸	۰/۸۲	تحقیق حاضر
Cyprinus carpio کپوردریایی	آب‌های ایرانی سواحل دریای خزر دریای خزر	–	۱/۴۶	۰/۹۲	nd	–	–	نصراله‌زاده وهمکاران (۱۳۹۲)
R.frisii kutum (ماهی سفید)	فرح آباد ساری	۰/۰۰۸	۰/۴۰	۰/۰۱۳	<۰/۰۴۸	–	–	واردی و همکاران (۱۳۸۹)
Lizza auratus	آب‌های ایرانی سواحل دریای خزر	-	۲۱۷/۸۱	۱۰/۸۳	۰/۴۰۹	–	–	واردی وهمکاران (۱۳۸۵)
R.frisii kutum (ماهی سفید)	سواحل جنوبی دریای خزر	_	۱۷/۲	۱/۰۱	–	–	_	Anan *et al.*, 2005
Cipirus carpio (کپور معمول)	آتلاتیک جنوبی (اسپانیا)	۹۴/۷۸	۷۳/۸۱	۳/۳۹	–	–	_	Zeynali *et al.*, 2009
R.frisii kutum (ماهی سفید)	آتلاتیک جنوبی (اسپانیا)	-	۳۷/۹۹	۳/۶۹	–			Zeynali *et al.*, 2009
Cipirus carpio (کپور معمول)	سد آتاترک (ترکیه)	۱۱.۵۱	۹/۷۲	۲/۲۳	nd			Karadede *et al.*, 2004
Mugil auratus	سواحل جنوبی دریای خزر	۸۱/۱۱	۴۳/۴۶	۳/۱۴	–			Zeynaly *et al.*,2009
Rutilus rutilus (ماهی کلمه)	سد زمبوزیس (لهستان)	–	۵۵/۶۵	–	–	–	–	Dobrowolski And Skowronska,2006

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-06-16]

[DOR: 20.1001.1.23223545.1393.8.1.7.3]

جدول ۶: مقایسه میانگین غلظت فلزات سنگین ماهی کپور دریای خزر با ماکزیمم غلظت قابل قبول فلزات سنگین (بر اساس استانداردهای بهداشت جهانی، انجمن بهداشت استرالیا و ...) (برحسب میکرو گرم بر گرم وزن تر)

استانداردها و محل جغرافیایی	Mn	Co	Ni	Cu	Zn	Fe	Refrences
WHO	۱/۰	۰/۰۱	۰/۴	–	۱۵۰	۱۰۰	Biney and Ameyibor, 1992
FAO	-	-	-	۳۰	۴۰	۱۰۰	FAO,1983
EC	-	-	-	–	–		EC,2005
UKMAFF[4]	-	-	-	۳۰	۵۰		Merian,1992; MAFF, 1995
New Zealand	-	-	-	۲۰	۴۰		Nauen,1983
–	۰/۸۲	۰/۰۸	۰/۰۳۳	۳/۰۲۸	۱۵/۸۶	۹/۴۸	تحقیق حاضر (۱۳۹۱)

نتایج این تحقیق نشان داد که میانگین غلظت فلزات و همچنین تجمع زیستی برخی از آن‌ها در ماهیان جوان بیشتر از ماهیان مسن بوده‌است. در میان شش فلز مورد بررسی بالاترین تجمع زیستی مربوط به فلزات روی در بافت خوراکی کپور دریای خزر ثبت گردید. نتایج آماری نشان داد که بین غلظت و تجمع زیستی فلزات و وزن، طول استاندارد و سن ماهی رابطه معنی‌دار منفی وجود داشته است. با توجه به نتایج این تحقیق و تجمع این فلزات ترجیحاً مصرف وزن‌های متوسط ماهی کپور دریای خزر توصیه می‌گردد.

سپاسگزاری

بدینوسیله از روسای محترم موسسه و پژوهشکده اکولوژی دریای خزر که همواره به کارهای تحقیقاتی توجه داشته‌اند کمال تشکر را داریم. همچنین از همکاران آزمایشگاه‌های آلاینده و آنالیز دستگاهی پژوهشکده که در این کار همکاری داشته‌اند تشکر و قدردانی می‌گردد.

منابع

۱. الصاق، ا.، ۱۳۹۰. ارزیابی تراکم روی، مس، کبالت و منگنز در بافت خوراکی ماهیان سفید و کپور دریای خزر، مجله علمی دانشگاه علوم پزشکی گرگان، ۴، ۱۱۳-۱۰۷.

۲. امینی رنجبر، غ.، علیزاده، م.، ۱۳۷۸. اندازه‌گیری مقادیر فلزات سنگین (Cd, Pb, Cu, Zn,Cr)در سه گونه از کپور ماهیان پرورشی، مجله پژوهش و سازندگی، شماره ۴۰و ۴۱و ۴۲، ۱۴۹-۱۴۶.

۳. شهریاری، ع.،گلفیروزی، ک.، نوشین،ش.، ۱۳۸۹. میزان تجمع کادمیوم وسرب در بافت عضلانی سه گونه از ماهیان دریایی کپور،کفال وماهی سفید سواحل دریای خزردر حوضه خلیج گرگان در سال ۸۶-۸۵، مجله علمی شیلات ایران، ۲، ۹۹-۹۵.

۴. غیاثوند، ا.، ۱۳۸۷. کاربرد آمار و نرم‌افزار SPSS در تحلیل داده‌ها، انتشارات لویه، ۳۱۳ صفحه.

۵. مشروفه، ع.ر.، ریاحی بختیاری، ع.ر.، پورکاظمی، م.، ۱۳۹۱. بررسی میزان فلزات کادمیوم، نیکل، وانادیوم و روی در بافت‌های مختلف فیل ماهی و ازون برون و ریسک ناشی از مصرف بافت عضلانی آن‌ها مربوط به حوزه جنوبی دریای خزر.

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-06-16]

[DOR: 20.1001.1.23223545.1393.8.1.7.3]

مجله دانشگاه علوم پزشکی مازندران.شماره ۹۶، صفحات ۹۷-۹۰.

۶. نصراله‌زاده ساروی،ح.، یونسی پور، ح.، غلامی‌پور، س.، رضایی، م.، علومی، ی.، نصراله تبار، ع.، احمد نژاد، ا.،سلیمانی رودی، ع.، سعیدی، ع.ا.، ابراهیم زاده، م.، طهماسبی، م.، قانعی، م.، طالشیان، ح.، پورغلام، ر.، فیروزکندیان، ش. ۱۳۹۰. تعیین میزان آلاینده های فلزی (آب، رسوب، ماهی) در منطقه جنوبی دریای خزر. ساری، پژوهشکده اکولوژی دریای خزر، ۱۳۸ صفحه.

۷. نصراله‌زاده، ح.، پورغلام،ر.، پوررنگ، ن.، رضایی، م.، مخلوق، آ.، یونسی‌پور ، ح.، ۱۳۹۲. مطالعه تجمع برخی از فلزات سنگین در بافت خوراکی ماهی کپور (*Cyprinus carpio*) و برآورد میزان سیبل خطر در حوزه ایرانی دریای خزر. مجله دانشگاه علوم پزشکی مازندران، دوره بیست و سوم، شماره ۱۰۳، صفحات ۴۵-۳۴.

۸. واردی، ا.، ۱۳۸۵. ارزیابی غلظت عناصر در بافت‌های عضلانی ماهیان آزاد (*Salmonidae*)، سوف (*Percidae*) و کفال طلایی (*Mugilidae*) حوزه جنوبی دریای خزر. مجموعه مقالات اولین کنگره عناصر کمیاب ایران. معاونت پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی ایران، صفحه ۱۹۷.

۹. واردی، ا.، نصراله‌زاده ساروی، ح.، نجف پور، ش.، واحدی، ف.، غلامی‌پور، س.، یونسی پور، ح.، علومی، ی.، طالشیان، ح.، احمدنژاد، ا.، ۱۳۸۹. پروژه بررسی آلاینده‌های زیست محیطی (فلزات سنگین، هیدرکربورهای نفتی، سورفاکتانت‌ها و سموم کشاورزی) در سواحل جنوبی دریای خزر.گزارش نهایی. ساری، پژوهشکده اکولوژی دریای خزر، ۱۹۶-۱۹۱.

10. Asha, P. S., Krishnakumar, P. K., Kaladharan, P. Prema, D. Diwakar, K. Valsalaand K. K. G.and Bhat S., 2010. Heavy metal concentration in sea water, sediment and bivalves of Tuticorin, Journal of the Marine Biology Association India, 52(1), 48-54.
11. Aaseth, J., Norseth, T., 1986. In Hand book on The Toxicology of Metals,2nd.Ed.Vol (L. Friberg, G.F. Nordberg and V.B. Vouk, eds), Elsevier Amesterdam, 233-254.
12. Anan, A., Takashi, K., Shinsuke, T., Igor, M., David G.A., 2005. Trace element accumulation in fishes collected from coastal waters of the Caspian Sea. Marine Pollution Bulletin, 51(8-12), 882–888.
13. Biney, C.A., Ameyibor, E., 1992. Trace metal concentrations in the pink shrimp Penaeusnotialis, from the coast of Ghana. Water, Air, & Soil Pollution, 63(3-4), 273-279.
14. Canli, M., Atli, G., 2003. The relationship between heavy metal (Cd, Cr, Cu, Fe, Pb, Zn) evels and the size of six Mediterranean fish species. Environment pollution, 121, 129-136.
15. Demirak, A., Yilmaz, F., Tuna A.L., Ozdemir, N., 2006. Heavy metals in water, sediment and tissue of leuciscus from astream in southwestern turkey. Chemosohere, 63(9), 1451-1458.
16. Dobrowolski, R., Skowrońska, M., 2006. The study of trace metal levels in select environmental components of the Zemborzyce Reservoir. Polish Journal of Environmental Studies, 15(4), 537-542.
17. EC (European Commission). 2005. As regards heavy metals. Official Journal of the European Union. Commission Regulation. No 78/2005. No 466/2001, 215 p.
18. Elsagh, A, Mollaie, M., Messbah A., 2008. Cadmium pollution study on the surface in the Bandar Abbas shore line. The 4th .National conference of Geology and Environment. Islamic Azad University Eslamshahr Branch, 121.
19. FAO, 1983. Compilation of legal limits for hazardous substance in fish and fishery products.FAO Fishery Circular, 464, 5-100.

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-06-16]

[DOR: 20.1001.1.23223545.1393.8.1.7.3]

Archives of Environmental Contamination and Toxicology, 12, 701–706.
27. Nauen, C.E., 1983. Compilation of legal limits for hazardous substance in fish and fishery products. FAO Fisheries Circular. 764. Rome: FAO, 102.
28. Simeonov, V., Sarbu, C., Massart, D. L., Tsakovski, S. 2001. Danube River Water Data Modelling by Multivariate Data Analysis. Springer-verlag. Mikrochim. Acta, 243-248.
29. Siapatis, A., Giannoulaki, M., Valavanis, V. D., Palialexis, A. Schismenou, E., Machias, A., Somarakis, S., 2008. Modelling potential habitat of the invasive ctenophore *Mnemiopsis leidyi* in Aegean Sea. Hydrobiologia, 612, 281–295.
30. Zauka, G.P., Savinov, V.M., Ritterhoff, J., Savinova, 1999. Heavy metals in fish from the Barent Sea. Science of the Total Environment, 227, 161-173
31. Zeynali, F., Tajik, H., Asri, R.S., Meshkini, S., Fallah, A., Rahnama, M., 2009. Determination of Coper, Zinc and Iron levels in Edible Muscel of three Commercial Fish Species from Iranian Coastal water of the Caspian Sea. Journal of Animal Veterinary Advance, 8(7), 1285-1288.
20. Jezierska, B., Witeska, M., 2001. Metal Toxicity to Fish, Wydawnictwo Akademii, Podlaskiej, Siedlce, 318 p.
21. Karadede, H., Oymak, S.A., Unlu, E., 2004. Heavy metals in mullet, lizzeabu, and cat fish, silurustriostegus, from the Ataturk Dam lake (Euphrates), turkey. Environment International, 30, 183-188.
22. Kidwell, J.M., Phillips, L.J., Birchard, G.F., 1995. Comparative analyses of contaminant levels in bottom feeding and predatory fish using the national contaminant biomonitoring program data, Bulletin ofEnvironmental Contamination and Toxicology, 54, 919-923.
23. MAFF, 1995. Monitoring and surveillance of non-radioactive contaminant in the aquatic environment and activities regulating the disposal of water at sea, 1993. Directorate of Fisheries Research, Lowesttoft, 44, 68.
24. Merian, E., 1992. Metals and their compounds in the environment. Analysis and Biological Relevance, Kabata Pendias and Pendias, 31, 102–103.
25. MOOPAM, 2005. Manual of oceanographic observations and pollutant analyses methods, Kuwait, V28, V29.
26. Ney, J.J., Van Hassel, J.H., 1983. Sources of variability in accumulation of heavy metals by fishes in a roadside stream,

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-06-16]

[DOR: 20.1001.1.23223545.1393.8.1.7.3]