مجله سلامت و محیط زیست، فصلنامه‌ی علمی پژوهشی
انجمن علمی بهداشت محیط ایران
دوره هجدهم ، شماره سوم، پاییز ۱۴۰۴، صفحات ۴۷۵ تا ۴۸۸

*Available online: https://ijhe.tums.ac.ir*

مقاله پژوهشی

# بررسی میزان تجمع فلزات سنگین در ماهی زمین کن دم نواری (*Platycephalus indicus*) صید شده از سواحل مکران

مهین غلامی، سراج بیتا*، مصطفی غفاری

گروه شیلات، دانشکده علوم دریایی، دانشگاه دریانوردی و علوم دریایی چابهار، چابهار، ایران

**اطلاعات مقاله:**

**تاریخ دریافت:** ۱۴۰۴/۰۴/۲۹
**تاریخ ویرایش:** ۱۴۰۴/۰۷/۲۳
**تاریخ پذیرش:** ۱۴۰۴/۰۷/۲۸
**تاریخ انتشار:** ۱۴۰۴/۰۹/۲۳

**واژگان کلیدی:** فلزات سنگین، تجمع، سواحل مکران، زمین کن دم نواری

**پست الکترونیکی نویسنده مسئول:**
bita@cmu.ac.ir

## چکیده

**زمینه و هدف:** فلزات سنگین با ورود به دریا و تجمع در بدن آبزیان به یکی از نگرانی‌ها برای محیط زیست و سلامت انسان تبدیل شده‌اند. بنابراین مطالعه حاضر با هدف بررسی تجمع فلزات کادمیوم، سرب، کروم، روی، مس و نیکل در بافت کبد، آبشش و عضله ماهی زمین کن دم نواری انجام شد.

**روش بررسی:** ۳۶ عدد ماهی از جایگاه‌های تخلیه صید سواحل مکران تهیه و در داخل جعبه‌های یونولیتی محتوی یخ به آزمایشگاه منتقل شدند. پس از خشک کردن و هضم نمونه‌ها توسط اسید نیتریک، میزان فلزات سنگین با استفاده از دستگاه جذب اتمی اندازه‌گیری شد و برای مقایسه غلظت فلزات سنگین مورد مطالعه از آزمون آماری آنالیز واریانس دو طرفه (Two-way ANOVA) و تست توکی (Tukey's test) در نرم افزار SPSS استفاده شد.

**یافته‌ها:** نتایج نشان داد که به جز سرب بیشترین غلظت فلزات مورد مطالعه در بافت کبد ثبت شد. طبق نتایج، روی با میانگین ۲۷/۶۶ mg/kg بیشترین و کادمیوم با میانگین ۰/۰۲۹ mg/kg کمترین میزان را داشت، به طوری که از نظر غلظت روی تفاوت معنی‌داری بین مناطق چابهار، گواتر و کنارک با سایر مناطق مشاهده شد ($p<0/05$). تجزیه و تحلیل خطر سلامت فلزات سنگین نشان داد که به جز سرب و نیکل در ماهیان زمین کن دم نواری منطقه چابهار، غلظت سایر فلزات برای مصرف انسان در مقایسه با استانداردهای جهانی WHO، FDA، UKMAFF، NHMRC و FAO کمتر است.

**نتیجه‌گیری:** طبق نتایج کبد به عنوان محل اصلی تجمع فلزات سنگین در ماهی زمین کن دم نواری عمل می‌کند. نتایج حاکی از آن است که سرب و نیکل در برخی از مناطق بالاتر از حد مجاز هستند و ممکن است سلامت مصرف کنندگان را به خطر بیاندازد. این یافته‌ها ضرورت نظارت بیشتر بر آلاینده‌های دریایی در سواحل مکران را نشان می‌دهد.

*Please cite this article as: Gholami M, Bita S, Ghaffari M. Investigating the accumulation of heavy metals in the bartail flathead fish (Platycephalus indicus) of Makkoran coasts. Iranian Journal of Health and Environment. 2025;18(3):475-88.*

Copyright © 2025 Iranian Association of Environmental Health، and Tehran University of Medical Sciences. Published by Tehran University of Medical Sciences. This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International license (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/). Noncommercial uses of the work are permitted، provided the original work is properly cited.

[ Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2026-03-14 ]

## مقدمه

فلزات سنگین یکی از مهم‌ترین آلاینده‌های منابع آبی هستند که افزایش مقدار این عناصر با توجه به پایداری آن‌ها در محیط زیست، مشکلاتی را به همراه خواهد داشت. اصطلاح "فلز سنگین" برای توصیف متالوئیدها یا عناصر فلزی با چگالی بالا (بیش از ۵ $g/cm^3$) استفاده می‌شود که در غلظت‌های بالا می‌توانند اثرات سمی برای موجودات زنده داشته باشند (۱). نگرانی‌ها در مورد اثرات محیط زیستی ورود فلزات سنگین از طریق فاضلاب‌های صنعتی، رواناب‌های کشاورزی حاوی فلزات، احتراق سوخت‌های فسیلی، کشتیرانی و سایر فعالیت‌های صنعتی به منابع آبی و تاثیر آن بر آبزیان افزایش یافته است، بنابراین پایش و تجزیه و تحلیل غلظت فلزات سنگین در محیط برای ارزیابی و کنترل آلودگی ضروری است. غلظت فلزات و متالوئیدهای بالقوه سمی باید به طور منظم در محیط‌های مختلف مانند آب، رسوبات و خاک و همچنین در موجودات زنده پایش شود. تجزیه و تحلیل محیطی فلزات سنگین اطلاعات مفیدی در مورد توزیع، منابع اصلی و سرنوشت این عناصر در محیط و تجمع زیستی آن‌ها در زنجیره‌های غذایی ارائه می‌دهد؛ همچنین چنین تحلیلی برای ارزیابی خطر ناشی از این عناصر برای حیات وحش و سلامت انسان استفاده می‌شود (۲, ۳). میزان مجاز فلزات سنگین کادمیوم، سرب، کروم، روی، مس و نیکل در ماهیان توسط سازمان‌های بین‌المللی مانند سازمان جهانی بهداشت (WHO) به میزان ۰/۲، ۰/۵، ۱۰، ۱۰۰۰، ۱۰ و ۰/۳۸ mg/kg تعیین شده است. این استانداردها با هدف حفاظت از سلامت انسان و اکوسیستم‌های آبی تدوین شده‌اند و پایبندی به این حدود مجاز برای جلوگیری از آثار زیانبار محیط زیستی و سلامت انسان ضروری است. از آنجا که ماهیان در تماس مستقیم با مقادیر زیادی از آلاینده‌ها در محیط‌های آبی قرار می‌گیرند، می‌توانند به‌عنوان شاخص مناسب آلودگی استفاده شوند (۴). ماهیان توانایی جذب بالایی از آلاینده‌ها را در بافت‌های خود شامل کبد، آبشش و بافت خوراکی دارند (۵)، بافت آبشش اندام اصلی برقراری تعادل اسمزی و تنفس، بافت عضله منبع غذایی انسان و بافت کبد بخش اصلی متابولیسم و سوخت‌وساز در ماهیان هستند، بنابراین، ارزیابی و سنجش آلودگی آن‌ها جهت اطمینان از سلامت آب و آبزیان به‌دلیل تاثیرات منفی مختلف نظیر کاهش رشد، تغییر رفتار، تغییرات ژنتیکی و مرگ و میر در آبزیان و همچنین به‌علت سمیت و تمایل به تجمع در زنجیره غذایی بسیار ضروری است. تجمع فلزات سنگین در آبزیان به دلیل به خطر انداختن سلامت انسان، در سال‌های اخیر بیشترین توجه را داشته است و مطالعات متعددی در این خصوص بر روی ماهی زمین کن دم نواری و سایر ماهیان انجام شده است (۶-۹) که طبق نتایج Mziray و همکار (۲۰۱۶) و Salam و همکاران (۲۰۱۹) میزان فلزات کادمیوم، مس، سرب و روی در برخی از ماهیان پر مصرف، کمتر از حد استانداردهای جهانی بوده است (۶، ۷). در مطالعه Anisha و همکاران (۲۰۲۳) به‌جز سرب و کروم مقادیر سایر فلزات در محدوده مجاز قرار داشت (۸). همچنین نتایج بدست آمده از مطالعه Hashempour-Baltork و همکاران (۲۰۲۳) حاکی از بالا بودن کادمیوم و جیوه در برخی از ماهیان مورد مطالعه در ایران است (۹). ماهی زمین کن دم نواری با نام علمی *Platycephalus indicus* متعلق به راسته عقرب ماهی شکلان و یکی از بزرگ‌ترین گونه‌های خانواده زمین کن ماهیان به شمار می‌رود که در آب‌های معتدل و گرمسیری اقیانوس هند، غرب اقیانوس آرام تا شرق مدیترانه پراکنش دارد و عمدتاً در نواحی مصبی و دریاهای ساحلی تا حاشیه فلات قاره در بسترهای شنی یا گلی زیست کرده و دارای طول عمری تا حدود ۷ سال است. ویژگی بارز آن داشتن سر پهن و تخت با چشم‌هایی در سطح پشتی سر است که به آن‌ها امکان می‌دهد در بستر دریا مستقر شده و با شیوه شکار کمینی، از انواع ماهیان و سخت‌پوستان تغذیه کنند (۱۰). این ماهی باتوجه به ذائقه مردم و بازارپسندی آن، نقش مهمی در اقتصاد صیادی جنوب ایران به خصوص سواحل مکران دارد و به صورت صید ضمنی با سایر گونه‌های نزدیک به کف صید می‌شود، اما مطالعه‌ای در زمینه تجمع فلزات و ارائه استانداردها



[ Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2026-03-14 ]

و اقدامات پیشگیرانه بر روی این ماهی در این منطقه انجام نشده است؛ زیرا گام اول در ارزیابی گستردگی و شدت آلودگی منابع آبی با فلزات سنگین تعیین غلظت این فلزات در آبزیان است. بنابراین ضروری است مطالعه تجمع فلزات سنگین در گونه‌های پرمصرف و تجاری از جمله ماهی زمین کن دم نواری در سواحل مکران مورد مطالعه و بررسی قرار گیرد.

## مواد و روش‌ها

*_ تهیه ماهیان*

تعداد ۳۶ قطعه ماهی زمین کن دم نواری در اردیبهشت ماه ۱۴۰۲ از سواحل مکران از شش بندر صیادی در شهرستان‌های چابهار (جایگاه تخلیه صید چابهار و رمین)، دشتیاری (جایگاه تخلیه صید بریس و گواتر) و کنارک (جایگاه تخلیه صید کنارک و تنگ) تهیه شد. تعداد ماهیان جمع‌آوری شده از هر جایگاه تخلیه صید ۶ قطعه ماهی بود. فلزات مورد مطالعه شامل کادمیوم، سرب، کروم، روی، مس و نیکل هستند.

*_ آماده‌سازی نمونه‌ها*

ماهیان مورد مطالعه بلافاصله پس از صید و انتقال به جایگاه‌های تخلیه درون کیسه‌های فریزری کاملا تمیز قرار داده شده و در مجاورت یخ در داخل یونولیت با فاصله زمانی حداکثر ۹۰ min به آزمایشگاه گروه پژوهشی استاندارد چابهار منتقل شدند. پس از انتقال به آزمایشگاه ابتدا تمامی نمونه‌ها با استفاده از آب مقطر شستشو داده شدند تا آلودگی‌های سطحی و ذرات خارجی جذب کننده فلزات از سطح بدن ماهیان حذف شوند. پس از شستشوی ماهیان و خروج آب اضافه، ابتدا با برش سرپوش آبششی، بافت آبشش خارج گردیده و سپس با استفاده از تیغه اسکالپل استریلیزه شده از عضله ماهی در بخش بالایی بدن و زیر باله پشتی نمونه‌برداری شد و بافت کبد نیز از طریق ایجاد شکاف در ناحیه شکمی با استفاده از قیچی نوک تیز جراحی خارج گردید. بافت‌های مورد مطالعه تا زمان انجام آزمایش در دمای ۲۰- °C نگهداری شدند.

*_ هضم شیمیایی نمونه‌های بافتی و آنالیز دستگاهی سنجش فلزات سنگین*

نوع هضم شیمیایی مورد استفاده در این مطالعه هضم مرطوب بوده است. قبل از هضم شیمیایی و اسیدی، ابتدا نمونه‌های بافت از فریزر خارج و در دمای آزمایشگاه یخ آن‌ها ذوب گردید. بافت‌های جداشده به منظور رسیدن به یک وزن ثابت، به مدت ۲۴ h در داخل آون با دمای ۸۰°C قرار داده شدند تا کاملا خشک گردند (۱۱). در مرحله بعد نمونه‌ها با استفاده از هاون پودر شده و تا زمان هضم شیمیایی در داخل کیسه‌های پلاستیکی زیپ‌دار کدگذاری شده، قرار گرفتند. پس از انتقال نمونه‌های ماهی به آزمایشگاه، جهت هضم اسیدی نمونه‌ها ۱ g از بافت ماهی با ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۰۱ g توزین و سپس به لوله‌های آزمایش ۲۵ mL جداگانه منتقل گردید و به مقدار ۱۰ mL اسید نیتریک ۶۵ درصد (w/w) به آن اضافه شد. نمونه‌ها به مدت ۱ h در دمای ۴۰°C و سپس به مدت ۲ h در دمای ۱۴۰°C روی هات پلیت قرار گرفت تا کاملا هضم شدند. در مرحله بعد، نمونه‌های هضم شده درون لوله فالکون ریخته و درب آن بسته شد و درون یخچال نگهداری گردید. سپس نمونه‌های هضم شده، از کاغذ صافی واتمن ۴۲ µm عبور داده شده و به داخل بالن ژوژه ۲۵ mL جداگانه انتقال داده شدند. سپس محلول بالن ژوژه در استوانه مدرج ریخته شده و با آب مقطر دو بار تقطیر به حجم ۲۵ mL رسانده شد (۱۲). در نهایت، نمونه‌ها برای سنجش با دستگاه جذب اتمی آماده شدند و برای تعیین غلظت فلزات، از دستگاه طیف سنجی جذب اتمی شعله‌ای مدل AAnalyst ۴۰۰ ساخت شرکت پرکین المر استفاده شد. جهت بررسی صحت داده‌ها از محلول‌های استاندارد با غلظت‌های مشخص استفاده شد، بنابراین قبل از شروع قرائت نمونه‌ها ابتدا استانداردهای هر فلز با غلظت‌های مشخص از قبل تهیه شده و به دستگاه تزریق شد و منحنی استاندارد آن‌ها ترسیم گردید و پس از کالیبره نمودن دستگاه با نمونه‌های استاندارد، نمونه‌های اصلی به دستگاه تزریق و میانگین جذب آن‌ها توسط دستگاه خوانده



[ Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2026-03-14 ]

شد. از هر نمونه ۳ تکرار آماده‌سازی و آنالیز شد و میانگین سه بار سنجش به عنوان مقدار غلظت نهایی فلز مورد نظر ثبت گردید. در ضمن جهت تایید صحت و اطمینان از کار دستگاه جذب اتمی همراه با هر کدام از نمونه‌ها، یک نمونه شاهد اسیدی تهیه و همراه با سایر نمونه‌ها آنالیز شد که فلزات در آن شناسایی نشد. در ضمن جهت سنجش فلزات سنگین برای هر عنصر، لامپ کاتدی مخصوص با طول موج مناسب استفاده شد. کلیه اندازه‌گیری‌ها با استفاده از شعله هوا–استیلن و آشکارساز شعله‌ای انجام گرفت. طول موج‌های انتخابی برای عناصر مورد بررسی به ترتیب شامل ۲۲۸ nm برای کادمیوم، ۲۸۳ nm نانومتر برای سرب، ۳۵۷ nm برای کروم، ۲۱۴ nm برای روی، ۳۲۴ nm برای مس و ۲۳۲ nm برای نیکل بود.

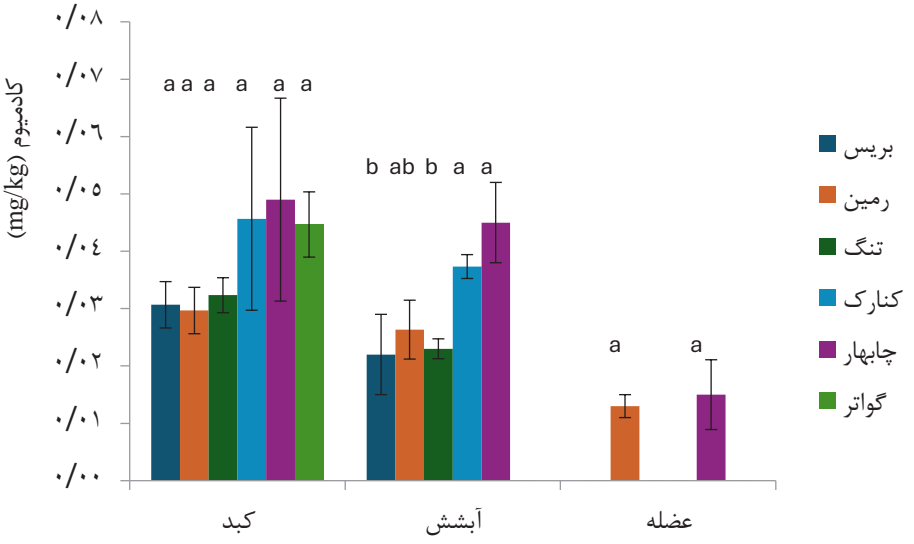
*تجزیه و تحلیل داده‌ها*

تجزیه و تحلیل آماری از طریق آنالیز واریانس دو طرفه (Two-way ANOVA) در نرم افزار Statistical Package for the Social Sciences (SPSS) نسخه ۲۶ صورت گرفت و معنی‌دار بودن میانگین‌ها با آزمون توکی (Tukey's test) در سطح اطمینان ۹۵ درصد انجام شد. نرمال بودن داده‌ها از طریق آزمون کولموگرف – اسمیرنوف تست شد.

## یافته‌ها

*غلظت فلزات سنگین مورد مطالعه*

بیشترین تجمع کادمیوم در بافت کبد و کمترین میزان آن در بافت عضله ثبت شد. میزان کادمیوم در بافت کبد در بین مناطق مختلف نمونه‌برداری با یکدیگر تفاوت معناداری نشان نداد ($p>0/05$). در بافت آبشش، غلظت کادمیوم در ماهیان نمونه‌برداری شده از منطقه چابهار (به‌استثنای کنارک) به‌طور معناداری بالاتر از مناطق بریس، رمین، تنگ و گواتر بود ($p<0/05$). در بافت عضله نیز به جز در ماهیان زمین کن دم نواری نمونه‌برداری شده از چابهار و رمین در مناطق کنارک، بریس، تنگ و گواتر تجمع کادمیوم در این بافت شناسایی نشد (نمودار ۱).



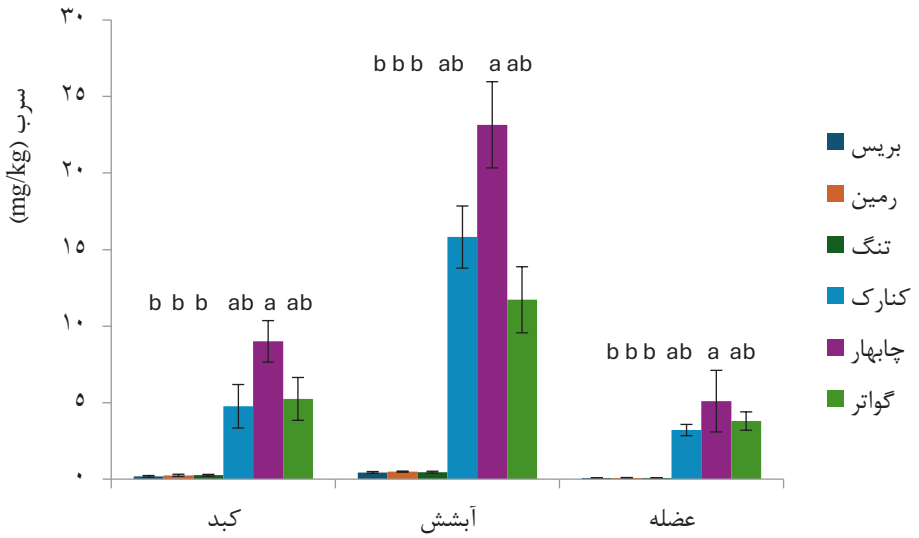

**نمودار ۱- غلظت فلز کادمیوم در بافت‌های ماهی زمین کن دم نواری صید شده از ساحل مکران**

**(در تمام نمودارها ستون‌های دارای یک حرف مشابه و حروف دوتایی نامشابه نشان دهنده عدم تفاوت معنادار ($p>0/05$) و ستون‌های دارای یک حرف نامشابه نشان دهنده وجود تفاوت معناداری هست ($p<0/05$).)**



[ Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2026-03-14 ]

بیشترین میزان سرب در بافت آبشش و کمترین در بافت عضله مشاهده شد (نمودار ۲). مقایسه میانگین غلظت سرب بافت کبد و آبشش در مناطق مختلف نشان می‌دهد که میزان آن در ماهیان نمونه‌برداری شده از منطقه چابهار در مقایسه با مناطق رمین، بریس، کنارک، تنگ و گواتر به طور معناداری بیشتر است ($p<0/05$). در بافت عضله غلظت سرب در ماهیان مناطق چابهار، کنارک و گواتر در مقایسه با بافت عضله ماهیان سایر مناطق به طور معناداری بیشتر بود ($p<0/05$).

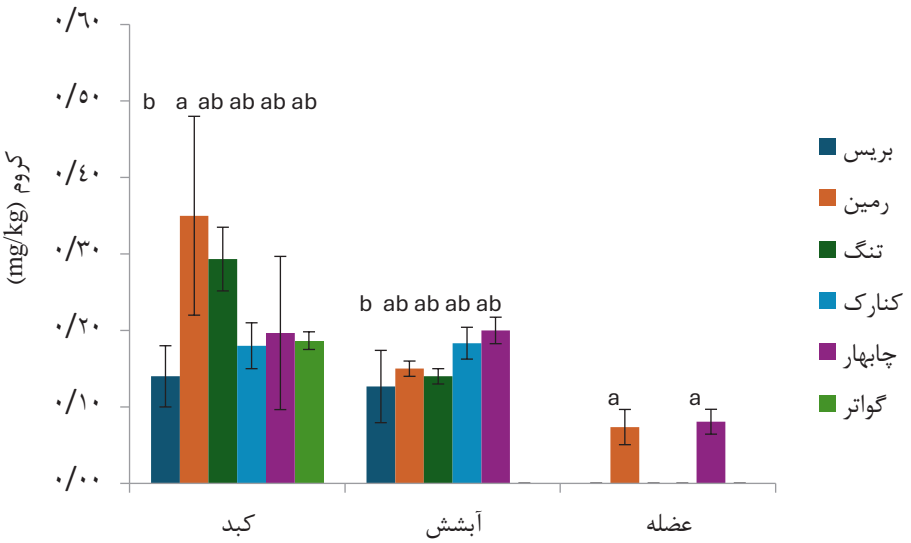



**نمودار ۲- غلظت فلز سرب در بافت‌های ماهی زمین کن دم نواری صید شده از ساحل مکران**

غلظت کروم در بافت کبد نسبت به بافت آبشش و عضله بالاتر بود. در بافت کبد به جز بین مناطق بریس و رمین، در سایر مناطق تفاوت معناداری نداشت ($p>0/05$). در بافت آبشش نیز غلظت کروم در ماهیان نمونه‌برداری شده از منطقه چابهار نسبت به مناطق بریس و گواتر به طور معناداری بیشتر بود ($p<0/05$). فلز کروم در بافت آبشش ماهیان نمونه‌برداری شده از منطقه گواتر شناسایی نشد و در بافت عضله نیز به جز در ماهیان مناطق چابهار و رمین، در عضله ماهیان مناطق کنارک، بریس، تنگ و گواتر شناسایی نشد (نمودار ۳).

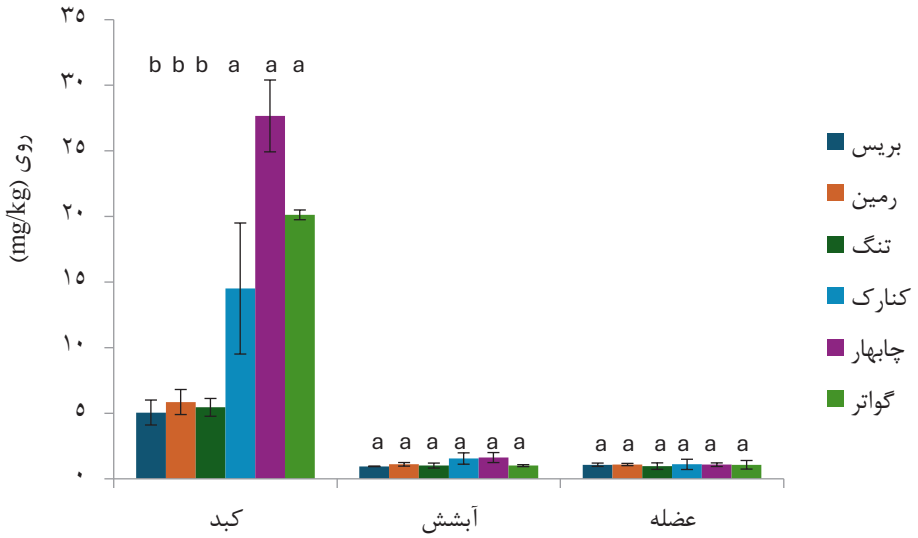


[ Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2026-03-14 ]




**نمودار ۳- غلظت فلز کروم در بافت‌های ماهی زمین کن دم نواری صید شده از ساحل مکران**

غلظت فلز روی در بافت کبد نسبت به بقیه بافت‌ها بیشتر بود (نمودار ۴). در بافت کبد فلز روی در مناطق چابهار، گواتر و کنارک در مقایسه با مناطق تنگ، رمین و گواتر به طور معناداری بیشتر بود ($p<۰/۰۵$). در بافت آبشش و عضله میزان فلز روی بین مناطق مختلف نمونه‌برداری تفاوت معناداری نشان نداد ($p>۰/۰۵$).

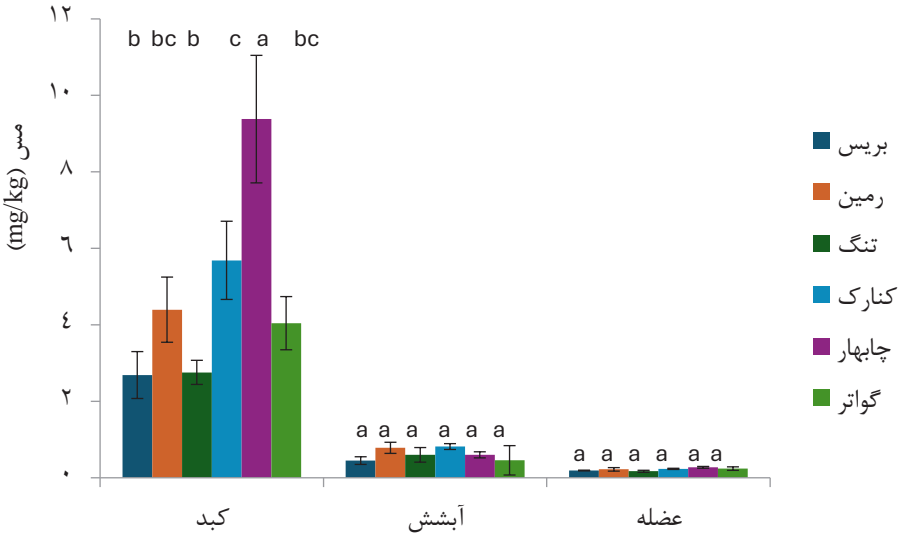



**نمودار ۴- غلظت فلز روی در بافت‌های ماهی زمین کن دم نواری صید شده از ساحل مکران**



[ Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2026-03-14 ]

غلظت مس در بافت کبد نسبت به آبشش و عضله بیشتر بود (نمودار ۵). از نظر آماری غلظت مس در بافت کبد ماهیان نمونه‌برداری شده از چابهار در مقایسه با سایر مناطق مورد مطالعه از جمله کنارک، تنگ، رمین، بریس و گواتر به طور معناداری بیشتر بود ($p<۰/۰۵$). همچنین این تفاوت بین منطقه کنارک با بریس و تنگ نیز معنادار بود ($p<۰/۰۵$) در بافت آبشش و عضله نتایج حاصل از غلظت فلز مس بیانگر عدم وجود تفاوت معنادار بین مناطق مختلف است ($p>۰/۰۵$).

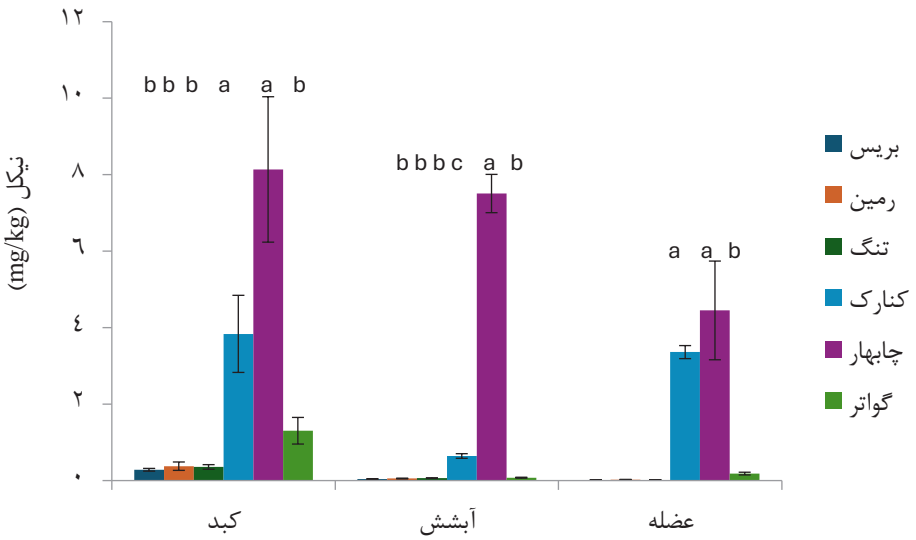



**نمودار ۵- غلظت فلز مس در بافت‌های ماهی زمین کن دم نواری صید شده از ساحل مکران**

غلظت فلز نیکل نیز در بافت کبد بیشترین و در بافت عضله کمترین بود (نمودار ۶). بر اساس نتایج آماری میزان فلز نیکل در تمام بافت‌های ماهیان نمونه‌برداری شده از مناطق چابهار و کنارک در مقایسه با مناطق تنگ، رمین، بریس و گواتر به طور معناداری بیشتر بود ($p<۰/۰۵$)، اما در بین سایر مناطق مورد مطالعه با یکدیگر تفاوت معناداری نشان نداد ($p>۰/۰۵$).



[ Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2026-03-14 ]




**نمودار ۶- غلظت فلز نیکل در بافت‌های ماهی زمین کن دم نواری صید شده از ساحل مکران**

*مقایسه غلظت فلزات سنگین در مناطق مختلف*

غلظت تمام فلزات مورد مطالعه در مناطق چابهار نسبت به دیگر مناطق مورد مطالعه شامل کنارک، تنگ، رمین، بریس و گواتر بالاتر است و در بین فلزات مورد بررسی بیشترین میزان مربوط به فلز سرب، روی و نیکل است (نمودار ۷). بر پایه داده‌های حاصل از این مطالعه و در مقایسه با مقادیر آستانه تعیین شده توسط نهادهای بین‌المللی نظیر WHO، FDA، UKMAFF، NHMRC و FAO، غلظت فلزات سنگین کروم، کادمیوم، روی و مس در عضله ماهیان زمین‌کن دم‌نواری در محدوده‌ای پایین‌تر از حدود مجاز قرار داشت. در مقابل، مقادیر اندازه‌گیری شده سرب و نیکل در نمونه‌های ماهیان صید شده از منطقه چابهار، از مقادیر استاندارد جهانی فراتر بود که نشان‌دهنده احتمال آلودگی محیط زیستی این ناحیه به این دو فلز سنگین است.

**نمودار ۷- مقایسه غلظت فلزات سنگین در مناطق مورد مطالعه صرف نظر از نوع بافت**



[ Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2026-03-14 ]

## بحث

*غلظت فلزات سنگین و تجمع در بافت‌های مورد مطالعه در ماهی زمین کن دم نواری*

در مطالعه حاضر به جز سرب، بیشترین میزان تجمع فلزات مورد مطالعه در بافت کبد بود. نتایج مطالعات سایر محققین مبنی بر بالا بودن غلظت فلزات سنگین در بافت کبد ماهیان نسبت به اندام‌های دیگر با مطالعه حاضر مطابقت دارد (۱۳-۱۵)، زیرا کبد محل متابولیسم فلزات بوده و غلظت فلزات کبد با غلظت فلزات موجود در محیط متناسب است و تصور می شود که کبد یک نشانگر زیستی مهم برای آلودگی آب توسط فلزات سنگین است (۱۵).

بر اساس نتایج مطالعه حاضر غلظت کادمیوم فقط در بافت آبشش بین مناطق مختلف نمونه‌برداری با یکدیگر تفاوت معناداری نشان داد ($p<۰/۰۵$)، اما در بافت کبد و عضله بین هیچ کدام از مناطق با یکدیگر تفاوت معناداری نداشت ($p>۰/۰۵$). در بین بافت‌ها و مناطق مورد مطالعه بیشترین میزان تجمع کادمیوم در بافت کبد و آبشش مربوط به منطقه چابهار بود. احتمال علت بالا بودن فلز کادمیوم در منطقه چابهار به این دلیل است که در خطوط ساحلی بندر چابهار فعالیت‌های کشتیرانی جهت صید و صیادی، ترانزیت و توسعه اقتصادی منطقه انجام می‌شود؛ فعالیت‌های صنعتی نظیر توسعه اسکله‌ها و بنادر از جمله بندر شهید بهشتی و صنایع دیگر و ورود پساب‌های شهری به آب‌های این منطقه می‌تواند سبب افزایش میزان کادمیوم شود (۱۶).

در مطالعه حاضر بر خلاف سایر فلزات تجمع سرب در بافت آبشش نسبت به کبد و عضله بیشتر بود که با نتایج مطالعه Mohammadnabizadeh و همکاران (۲۰۱۴) بر روی همین گونه ماهی مطابقت ندارد (۱۷). مکانیسم‌های جذب و تجمع فلزات سنگین در بدن ماهی شامل ورود مستقیم از طریق آبشش‌ها (به‌ویژه در فلزات محلول در آب)، جذب از طریق دستگاه گوارش (در صورت مصرف غذاهای آلوده یا ذرات معلق)، انتقال از طریق خون، اتصال به پروتئین‌های حامل و در نهایت تجمع در اندام‌های خاص مانند کبد، کلیه، و آبشش است. آبشش‌ها به دلیل سطح وسیع، ساختار پرعروق و تماس مستقیم با محیط آبی، اولین محل ورود و مکان مهمی برای تجمع فلزات سنگین هستند، همچنین دلیل غلظت بالای فلز در آبشش ناشی از ترکیب این فلز با موکوس آبشش است که سبب ماندگاری و تجمع بیشتر آن در بافت آبشش شده است (۱۸). نتایج مطالعه حاضر نشان داد که غلظت فلز سرب در تمام بافت‌های مورد مطالعه در ماهیان نمونه‌برداری شده از چابهار نسبت به سایر مناطق بیشتر بود ($p<۰/۰۵$) و کمترین میزان آن مربوط به منطقه بریس بود. مهمترین منبع ورود سرب به آب‌های منطقه چابهار وجود کشتی‌ها و شناورهای صیادی و تجاری فراوان و صنایع مختلف است (۱۶).

بر اساس تجزیه و تحلیل آماری، نتایج نشان دهنده وجود تفاوت معنادار در میزان کروم بافت کبد بین ماهیان مناطق بریس با رمین و در بافت آبشش بین ماهیان منطقه چابهار با مناطق بریس و گواتر است ($p<۰/۰۵$) و حتی در بافت آبشش ماهیان نمونه‌برداری شده از منطقه گواتر شناسایی نشد. دلیل افزایش غلظت کروم در مناطق رمین و چابهار بـه احتمـال قـوی انتقال فاضلاب‌های خانگی، وجـود تصـفیه خانـه فاضـلاب شهری در اطراف رمین و تخلیه رواناب‌های شـهری حاوی فلزات سنگین به دریا در این مناطق است. از دیدگاه محیط زیستی، تجمع بالای فلزات سنگین در منطقه چابهار به‌ویژه در بافت کبد و آبشش ماهیان می‌تواند به فعالیت‌های گسترده انسانی و صنعتی، شرایط خاص محیطی نظیر پویایی پایین جریان‌های ساحلی در خلیج چابهار نسبت داده شود. منطقه چابهار به‌عنوان یکی از قطب‌های توسعه جنوب شرق کشور، شاهد افزایش چشمگیر فعالیت‌های اقتصادی و عمرانی بوده که از جمله آن‌ها می‌توان به ساخت و توسعه بنادر تجاری بزرگ (بندر شهید بهشتی و شهید کلانتری)، افزایش تردد شناورهای تجاری و صیادی، تخلیه و بارگیری محموله‌های نفتی و صنعتی، احداث اسکله‌ها، توسعه شهرک‌های صنعتی و نبود سامانه‌های تصفیه فاضلاب کارآمد اشاره کرد. ورود پساب‌های شهری، صنعتی و خانگی به



[ Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2026-03-14 ]

آب‌های ساحلی، همراه با رواناب‌های سطحی آلوده به فلزات سنگین، منجر به افزایش بار آلودگی در این مناطق شده است. همچنین از دلایل دیگر بالا بودن این فلز در منطقه چابهار می‌توان به تخلیه آب توازن کشتی‌ها، روغن موتور قایق‌ها و لنج‌های صیادی، آلودگی‌های ناشی از تخلیه پسماندهای شناورهای صیادی، تخلیه و بارگیری مواد نفتی در این بندر و سوخت‌گیری شناورها اشاره کرد (۱۶).

در بین تمام فلزات مورد مطالعه غلظت فلز روی نسبت به سایر فلزات بالاتر بود که با نتایج مطالعه سایر محققین مطابقت دارد (۱۹-۲۱). تجمع بالای فلز روی را می‌توان به نقش مهم آن در فرآیندهای متابولیسمی آبزیان و همچنین منشاء زمین شناسی و حضور طبیعی این عناصر ارتباط داد و از طرفی دیگر روی به عنوان یکی از اجزای مهم مواد مغذی ضروری در غذاهای دریایی است (۲۲). در بافت کبد بالاترین غلظت این فلز در ماهیان مناطق چابهار، کنارک و گواتر بدست آمد که با سایر مناطق تفاوت معناداری نشان داده است ($p<۰/۰۵$)، اما در بافت آبشش و عضله بین هیچ کدام از مناطق مورد مطالعه تفاوت معناداری در میزان فلز روی مشاهده نشد ($p>۰/۰۵$). تجمع و سمیت فلز روی بسته به گونه ماهی و مراحل مختلف رشد آن متفاوت بوده و علاوه بر آن به عوامل محیطی متعددی از قبیل فاکتورهای فیزیکوشیمیایی آب، شرایط جغرافیایی منطقه مورد مطالعه، فصل و زمان صید، نوع آلاینده و میزان آلودگی در منطقه مورد مطالعه بستگی دارد (۲۳).

میانگین غلظت مس در بافت کبد حاکی از وجود تفاوت معنادار این فلز بین ماهیان جمع‌آوری شده از منطقه چابهار با سایر مناطق است ($p<۰/۰۵$)، اما در سایر بافت‌ها این تفاوت بین مناطق مختلف معنادار نبود ($p>۰/۰۵$). مطابق با نتایج مطالعه حاضر در مطالعه‌ای توسط Mirza و همکار (۲۰۱۷) غلظت فلزات سنگین از جمله فلز مس در مناطق چابهار و کنارک نسبت به مناطق دیگر بیشتر بود (۲۴). نتایج مطالعات انجام شده در سواحل چابهار نشان می‌دهد که روند رو به رشد فعالیت‌های مختلف در این منطقه باعث گردیده تا خطر آلودگی ناشی از فلزات سنگین در خلیج چابهار شدیدا احساس شود، به طوری که توسعه صنایع مختلف در اطراف شهر چابهار، ساخت و ساز ساحلی و اسکله‌های صیادی، دفع و تخلیه فاضلاب کشتی‌های کالابر و شناورهای صیادی، تخلیه سوخت حاصل از این شناورها، رنگ و روغن قایق‌ها و شناورها، فاضلاب ناشی از مناطق شهری و صنایع مستقر در منطقه از مهم‌ترین منابع آلودگی در منطقه چابهار و از دلایل بالا بودن غلظت فلزات سنگین در این منطقه نسبت به سایر مناطق سواحل مکران می‌باشند.

غلظت فلز نیکل در تمام بافت‌های مورد مطالعه ماهیان نمونه‌برداری شده از مناطق چابهار و کنارک در مقایسه با سایر مناطق با اختلاف معناداری بالاتر بود ($p<۰/۰۵$). غلظت بالای نیکل در این مناطق احتمالا بدلیل آلودگی ناشی از منابع انسانی از قبیل تردد زیاد کشتی‌ها، قایق‌ها، نفت‌کش‌ها و نفت خام است (۲۵). از طرفی دیگر در منطقه چابهار تخلیه و بارگیری توسط کشتی‌ها و نفت کش‌ها صورت می‌گیرد و احتمالا وجود نیکل در این منطقه ناشی از نفت خام است (۱۶). Mirza و همکاران (۲۰۱۴) غلظت بالای فلز نیکل در سواحل خلیج چابهار را ناشی از بالا بودن احتمالی آلودگی این سواحل به ترکیبات نفتی دانستند (۲۶).

*مقایسه میانگین غلظت فلزات بافت خوراکی ماهی با حد آستانه استانداردهای بین‌المللی*

طبق نتایج بدست آمده و مقایسه با استانداردهای بین المللی، به جز سرب و نیکل غلظت سایر فلزات سنگین در عضله ماهیان زمین کن دم نواری کمتر از حد مجاز استانداردهای WHO، FDA، UKMAFF، NHMRC و FAO است (جدول ۱). غلظت فلز سرب و نیکل فقط در عضله ماهیان جمع‌آوری شده از منطقه چابهار بالاتر از حد آستانه تعیین شده از سوی استانداردهای بین‌المللی بود که بیانگر آلودگی ماهیان این منطقه به سرب و نیکل در مقایسه با استانداردهای جهانی است و باید کنترل بیشتری بر روی منابع تولیدکننده این فلزات در اطراف منطقه مورد نظر انجام داد.



[ Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2026-03-14 ]

**جدول ۱- مقایسه میانگین غلظت فلزات سنگین (mg/kg) با سطوح استاندارد برای ماهی زمین کن دم نواری**

| فلز / استاندارد | کادمیوم | سرب | کروم | روی | مس | نیکل |
|---|---|---|---|---|---|---|
| WHO | ۰/۲ | ۰/۵ | ۱۰ | ۱۰۰۰ | ۱۰ | ۰/۳۸ |
| FDA | ۲ | ۵ | – | – | – | ۰/۵ |
| UKMAFF | ۰/۲ | ۲ | ۲۰ | ۵۰ | ۲۰ | – |
| NHMRC | ۰/۰۵ | ۱/۵ | ۱۰ | ۱۵۰ | ۱۰ | – |
| FAO | ۰/۳ | ۰/۵ | – | ۳۰ | ۳۰ | ۰/۵ |
| مطالعه حاضر (بیشترین میزان) | ۰/۰۱۵ (چابهار) | ۵/۰۹ (چابهار) | ۰/۰۸ (چابهار) | ۱/۱۰ (کنارک) | ۰/۲۷ (چابهار) | ٤/٤٥ (چابهار) |

مطابق با نتایج مطالعه حاضر، Mohammadnabizadeh و همکاران (۲۰۱۴) نیز غلظت سرب در عضله ماهی زمین کن دم نواری را بالاتر از سطوح استاندارد و غلظت کادمیوم را پایین‌تر از سطوح استاندارد گزارش نمودند (۱۷). محدودیت‌های این مطالعه شامل عدم اندازه‌گیری همزمان غلظت فلزات در آب و رسوبات ساحلی و همچنین عدم توجه به نوسانات فصلی در آلودگی‌ها است. علاوه بر این، مطالعه بر یک گونه خاص از ماهی متمرکز بوده و تفاوت‌های گونه‌ای در تجمع فلزات نادیده گرفته شده است. برای بهبود دقت نتایج پیشنهاد می‌شود که مطالعات آینده شامل نمونه‌برداری از گونه‌های مختلف و بررسی تغییرات فصلی و پارامترهای محیط زیستی باشد.

## نتیجه‌گیری

بیشترین غلظت سرب، کادمیوم، مس، کروم و نیکل مربوط به ماهیان صید شده از چابهار و کنارک بود. به استثناء سرب، بالاترین سطح فلزات در بافت کبد مشاهده شد که نشان می‌دهد بافت کبد نشانگر خوبی برای پایش آلودگی توسط فلزات سنگین است. از لحاظ بهداشتی ماهی زمین کن دم نواری صید شده از سواحل مکران برای مصرف خوراکی مناسب بوده و خطری برای سلامتی انسان ندارد، اما به‌دلیل بالا بودن میزان سرب و نیکل در نمونه ماهیان صید شده از ساحل چابهار، ماهیان زمین کن این منطقه باید با احتیاط بیشتری مصرف شوند و اقدامات لازم جهت کنترل منابع آلاینده ورود نیکل و سرب در این منطقه صورت گیرد.

## ملاحظات اخلاقی

نویسندگان کلیه نکات اخلاقی شامل حسن رفتار، عدم سرقت ادبی، انتشار دوگانه، تحریف داده‌ها و داده‌سازی در این مقاله را رعایت کرده اند.

## تشکر و قدردانی

این مقاله حاصل بخشی از پایان نامه کارشناسی ارشد با عنوان "بررسی میزان تجمع فلزات سنگین در ماهی زمین کن دم نواری دریای مکران" در سال ۱۴۰۲ و کد مصوب ۱۴۰۲۱۵۶۱۰ است که با حمایت دانشگاه دریانوردی و علوم دریایی چابهار اجرا شده است.



[ Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2026-03-14 ]

## References


1. Singh V, Singh N, Rai SN, Kumar A, Singh AK, Singh MP, et al. Heavy metal contamination in the aquatic ecosystem: toxicity and its remediation using eco-friendly approaches. Toxics. 2023;11(2):147.
2. Ali H, Khan E, Ilahi I. Environmental chemistry and ecotoxicology of hazardous heavy metals: environmental persistence, toxicity, and bioaccumulation. Journal of Chemistry. 2019;2019(1):6730305.
3. Elzwayie A, Afan HA, Allawi MF, El Shafie A. Heavy metal monitoring, analysis and prediction in lakes and rivers: state of the art. Environmental Science and Pollution Research. 2017;24:12104-17.
4. Plessl C, Jandrisits P, Krachler R, Keppler BK, Jirsa F. Heavy metals in the mallard Anas platyrhynchos from eastern Austria. Science of The Total Environment. 2017;580:670-6.
5. Clark M, Walsh S, Smith J. The distribution of heavy metals in an abandoned mining area; a case study of Strauss Pit, the Drake mining area, Australia: implications for the environmental management of mine sites. Environmental Geology. 2001;40:655-63.
6. Mziray P, Kimirei IA. Bioaccumulation of heavy metals in marine fishes (Siganus sutor, Lethrinus harak, and Rastrelliger kanagurta) from Dar es Salaam Tanzania. Regional Studies in Marine Science. 2016;7:72-80.
7. Salam M, Paul S, Noor S, Siddiqua S, Aka T, Wahab R, et al. Contamination profile of heavy metals in marine fish and shellfish. Global Journal of Environmental Science and Management. 2019;5(2):225-36.
8. Anisha P, Athira PS, Anagha B, Charles PE, Prabakaran K, Rajaram R. First report on occurrence of heavy metals in dried fishes from major fishing villages in Kerala coast, Southwest India. Hygiene and Environmental Health Advances. 2023;6:100051.
9. Hashempour Baltork F, Jannat B, Tajdar Oranj B, Aminzare M, Sahebi H, Alizadeh AM, et al. A comprehensive systematic review and health risk assessment of potentially toxic element intakes via fish consumption in Iran. Ecotoxicology and Environmental Safety. 2023;249:114349.
10. Cheng J, Wang Z, Song N, Yanagimoto T, Gao T. Phylogeographic analysis of the genus Platycephalus along the coastline of the northwestern Pacific inferred by mitochondrial DNA. BMC Evolutionary Biology. 2019;19:1-16.
11. Gu YG, Lin Q, Wang XH, Du FY, Yu ZL, Huang HH. Heavy metal concentrations in wild fishes captured from the South China Sea and associated health risks. Marine Pollution Bulletin. 2015;96(1-2):508-12.
12. Environment ROftPotM. Manual of Oceanographic Observations and Pollutant Analyses Methods (MOOPAM): Regional Organization for the Protection of the Marine Environment; 1999.
13. Zhao S, Feng C, Quan W, Chen X, Niu J, Shen Z. Role of living environments in the accumulation characteristics of heavy metals in fishes and crabs in the Yangtze River Estuary, China. Marine Pollution Bulletin. 2012;64(6):1163-71.
14. Al Halani A. The seasonal assessment of heavy metals bioaccumulation in european seabass (Dicentrarchus labrax) inhabiting Damietta fishing harbor, Egypt. Egyptian Journal of Aquatic Biology and Fisheries. 2021;25(5):607-26.


[ Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2026-03-14 ]

15. Monier MN, Soliman AM, Al Halani AA. The seasonal assessment of heavy metals pollution in water, sediments, and fish of grey mullet, red seabream, and sardine from the Mediterranean coast, Damietta, North Egypt. Regional Studies in Marine Science. 2023;57:102744.
16. Shahri E, Velayatzadeh M. The effect of cold and warm seasons on accumulation of Nickel, Cadmium and Lead in muscle of Acanthopagrus latus and Platycephalus indicus from Oman Sea (Chabahar). Journal of Marine Science and Technology Research. 2017;12(1):10-21 (in Persian).
17. Mohammadnabizadeh S, Pourkhabbaz A, Afshari R. Analysis and determination of trace metals (nickel, cadmium, chromium, and lead) in tissues of Pampus argenteus and Platycephalus indicus in the Hara Reserve, Iran. Journal of Toxicology. 2014;2014(1):576496.
18. Bahnasawy M, Khidr AA, Dheina N. Seasonal variations of heavy metals concentrations in mullet, Mugil cephalus and Liza ramada (Mugilidae) from Lake Manzala, Egypt. Egyptian Journal of Aquatic Biology and Fisheries. 2009;13(2):81-100.
19. Mahboob S, Al Balawi HA, Al Misned F, Al Quraishy S, Ahmad Z. Tissue metal distribution and risk assessment for important fish species from Saudi Arabia. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology 2014;92:61-6.
20. Malik RN, Hashmi MZ, Huma Y. Heavy metal accumulation in edible fish species from Rawal Lake Reservoir, Pakistan. Environmental Science and Pollution Research. 2014;21:1188-96.
21. Ge M, Liu G, Liu H, Liu Y. Levels of metals in fish tissues of Liza haematocheila and Lateolabrax japonicus from the Yellow River Delta of China and risk assessment for consumers. Marine Pollution Bulletin. 2020;157:111286.
22. Hassanpour M, Rajaei G, SinkaKarimi M, Ferdosian F, Maghsoudloorad R. Determination of heavy metals (Pb, Cd, Zn and Cu) in Caspian kutum (Rutilus frisii kutum) from Miankaleh international wetland and human health risk. Journal of Mazandaran University of Medical Sciences. 2014;24(113):163-70 (in Persian).
23. Garai P, Banerjee P, Mondal P, Saha N. Effect of heavy metals on fishes: Toxicity and bioaccumulation. Journal of Clinical Toxicology. 2021;18(001).
24. Mirza Roozbeh, Moeinaddini M. Pollution and assessment of ecological effects of some heavy metals in surface sediments of Chabahar Bay. Journal of Oceanographic Research. 2017;8(31):1-9 (in Persian).
25. Coulibaly S, Atse BC, Koffi KM, Sylla S, Konan KJ, Kouassi NGJ. Seasonal accumulations of some heavy metal in water, sediment and tissues of black-chinned tilapia Sarotherodon melanotheron from Biétri Bay in Ebrié Lagoon, Ivory Coast. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology. 2012;88:571-6.
26. Mirza R, Mohammadi M, Faghiri I, Abedi E, Fakhri A, Azimi A, et al. Source identification of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in sediment samples from the northern part of the Persian Gulf, Iran. Environmental Monitoring and Assessment. 2014;186:7387-98.

[ Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2026-03-14 ]

Available online: https://ijhe.tums.ac.ir

Orginal Article

# Investigating the accumulation of heavy metals in the bartail flathead fish (*Platycephalus indicus*) of Makkoran coasts

Mahin Gholami, Seraj Bita*, Mostafa Ghaffari

Department of Fisheries, Faculty of Marine Sciences, Chabahar Maritime University, Chabahar, Iran

**ARTICLE INFORMATION:**

**Received:** 20 July 2025
**Revised:** 15 October 2025
**Accepted:** 20 October 2025
**Published:** 14 December 2025

**Keywords:** Heavy metals, Accumulation, Makkoran coasts, *Platycephalus indicus*

***Corresponding Author:**
bita@cmu.ac.ir

**ABSTRACT**

**Background and Objective:** Heavy metals have become a major environmental and public health concern due to their entry into marine ecosystems and accumulation in aquatic organisms. Therefore, the present study aimed to investigate the accumulation of cadmium, lead, chromium, zinc, copper, and nickel in the liver, gills, and muscle tissues of *Platycephalus indicus.*

**Materials and Methods:** Thirty-six fish were collected from the fish landing site on the Makoran coast and transported to the laboratory in ice-filled containers. After drying and digesting the samples with nitric acid, the concentrations of heavy metals were measured using an atomic absorption spectrometer. Two-way ANOVA and Tukey's post hoc test in SPSS software were used to compare the concentrations of the analyzed heavy metals.

**Results:** The results showed that, except for lead, the highest concentrations of the studied metals were recorded in the liver tissue. A significant difference in zinc concentration was observed between the Chabahar, Gowatr, and Konarak regions and the other sampling sites ($p < 0.05$). Among the analyzed metals, zinc had the highest concentration, with an average of 27.66 mg/kg, while cadmium had the lowest, with an average of 0.029 mg/kg. Health risk analysis indicated that, except for lead and nickel in fish caught from Chabahar, the concentrations of the other metals in *Platycephalus indicus* were below the permissible limits recommended by international standards, including WHO, FDA, UKMAFF, NHMRC, and FAO.

**Conclusion:** According to the results, the liver serves as the primary site of heavy metal accumulation in *Platycephalus indicus.* The findings also indicate that lead and nickel concentrations in certain areas exceed permissible limits, potentially posing a risk to consumer health. These results underscore the need for enhanced monitoring of marine pollutants along the Makoran coastline.

*Please cite this article as: Gholami M, Bita S, Ghaffari M. Investigating the accumulation of heavy metals in the bartail flathead fish (Platycephalus indicus) of Makkoran coasts. Iranian Journal of Health and Environment. 2025;18(3):475-88.*

Copyright © 2025 Iranian Association of Environmental Health، and Tehran University of Medical Sciences. Published by Tehran University of Medical Sciences. This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International license (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/). Noncommercial uses of the work are permitted، provided the original work is properly cited.

[ Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2026-03-14 ]