(DOI): 10.22092/ISFJ.2026.136048 35(3) 13-25 Iranian Fisheries Scientific Journal

Measurement and risk assessment of heavy metals in the muscle tissue of long tail tuna (*Thunnus tonggol*) in Chabahar fishing ports- Sistan and Balouchestan province

Taji H.[1]; Sharifian S.[1*]

*sharifian.salim@hotmail.com

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

Received: April 2026 Accepted: June 2026 Published: September 2026

Copyright: © 2025 by the authors. Licensee MDPI, Basel, Switzerland. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

Introduction

Fish and seafood are widely recognized as valuable components of a healthy diet because they provide high-quality protein, essential amino acids, omega-3 fatty acids, vitamins, and minerals. Despite these nutritional benefits, aquatic organisms can also accumulate environmental contaminants, particularly heavy metals. These contaminants enter marine ecosystems through both natural processes and human activities, including industrial effluents, municipal wastewater, and agricultural runoff. Owing to their persistence, non-biodegradable nature, and tendency to bioaccumulate, heavy metals may be transferred through the food chain and ultimately pose health risks to consumers of seafood (Ahmed *et al*., 2018). Among commercially exploited marine fish, tuna species are of particular economic and nutritional importance. Longtail tuna (*Thunnus tonggol*) is one of the dominant tuna species in the northern Oman Sea and supports an important regional fishery. Given its widespread consumption and commercial significance, regular assessment of heavy metal contamination is essential to ensure its safety for human consumption. Accordingly, this study quantified the concentrations of Zn, Fe, Cu, Pb, Cd, Hg, As, Cr, Mn, and Ni in the muscle tissues of longtail tuna collected from the fishing ports of Chabahar, Beris, and Pasabandar in the northern Oman Sea. In addition, the potential human health risks associated with the consumption of this species were evaluated.

Methodology

A total of 60 longtail tuna specimens were collected from three fishing ports along the northern Oman Sea, including Chabahar, Beris, and Pasabandar. Muscle tissues were separated from the dorsal, abdominal, and caudal regions and homogenized. The samples were then dried in an oven at 70 °C for 48 hours. Approximately 0.5 g of each sample was digested using a microwave digestion system with concentrated nitric acid (HNO_3) and hydrogen peroxide (H_2O_2). Heavy metal concentrations were determined using Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometry (ICP-OES). The concentrations of metals

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-26]

were expressed as micrograms per gram (µg/g) on a dry weight basis. Moisture content was determined according to standard AOAC methods (AOAC, 2000). Human health risk assessment was conducted using several indicators including estimated daily intake (EDI), estimated weekly intake (EWI), target hazard quotient (THQ), and cumulative hazard index (∑THQ). These indices were calculated using standard equations recommended by international health organizations (USEPA, 2015). Average fish consumption rates were assumed to be 33.6 g/day for adults and 13.1 g/day for children (IFO, 2020), with body weights of 70 kg and 16 kg, respectively. Statistical analyses were performed using SPSS software, and significant differences among sampling locations were evaluated using one-way ANOVA followed by Tukey's post-hoc test at a significance level of 0.05.

Results

The results revealed variations in heavy metal concentrations in the muscle tissues of longtail tuna among the three sampling locations. In samples collected from Chabahar port, copper showed the highest concentration (15.63 µg/g), while lead had the lowest concentration (0.02 µg/g). In Beris port, copper again exhibited the highest level (17.19 µg/g), whereas chromium recorded the lowest concentration (0.04 µg/g). In Pasabandar port, iron showed the highest concentration (22.84 µg/g), while chromium remained the lowest among the analyzed metals. Overall, the pattern of metal accumulation in tuna muscle tissues across the sampling sites followed the order: Cu > Zn > Fe > Ni > Mn > As > Hg > Cd > Pb > Cr. The overall mean concentrations of Zn, Fe, Cu, Pb, Cd, Hg, As, Cr, Mn, and Ni were 16.63, 17.50, 18.39, 0.25, 0.27, 0.32, 0.55, 0.04, 1.73, and 8.30 µg/g dry weight, respectively. Risk assessment results indicated that the estimated daily intake (EDI) and estimated weekly intake (EWI) of all metals for both adults and children were significantly lower than the provisional tolerable intake limits established by international health organizations. Among the studied metals, nickel, cadmium, and mercury showed relatively higher intake contributions; however, their levels remained far below the safety thresholds. The calculated target hazard quotient (THQ) values for individual metals in adults ranged from 0.001 to 0.225. The cumulative hazard index (∑THQ) values for adults were 0.357, 0.447, and 0.278 for Chabahar, Beris, and Pasabandar, respectively. For children, the cumulative THQ values ranged between 0.052 and 0.072. In all cases, THQ values were lower than 1, indicating no significant non-carcinogenic health risk associated with the consumption of longtail tuna from the studied regions.

Discussion and conclusion

The findings of this study indicate that heavy metal accumulation in longtail tuna varies among the three fishing locations. Slightly higher concentrations of some metals were observed in samples collected from Pasabandar compared with those from Chabahar and Beris. These differences may be associated with environmental conditions, local pollution sources, and biological factors such as fish size and age that influence metal bioaccumulation (Mortazavi and Sharifian, 2012; Ahmed *et al*., 2018). Despite these variations, most heavy metal concentrations were within the permissible limits recommended by international food safety authorities (USEPA, 2015). Although cadmium concentrations were relatively higher than some guideline values, the overall risk assessment indicated that the exposure levels remain

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-26]

within safe limits. The calculated EDI, EWI, and THQ values demonstrated that the consumption of longtail tuna from the studied regions does not pose a significant health risk to either adults or children. The cumulative hazard index values were well below the critical threshold of 1, suggesting that long-term consumption of this species is unlikely to cause adverse health effects related to heavy metal exposure. In conclusion, longtail tuna harvested from the fishing ports of Chabahar, Beris, and Pasabandar can be considered safe for human consumption with respect to the heavy metals investigated in this study. Nevertheless, continuous monitoring of heavy metal contamination in marine ecosystems and commercially important fish species is recommended to ensure food safety and detect potential environmental changes that may influence contaminant levels in the future.

Conflicts of interest

There is no conflict of interest between authors.

Acknowledgments

We sincerely appreciate and thank all the experts at the Central Laboratory of Chabahar Maritime University who helped us in conducting this research.

Keywords

Long tail tuna, Heavy metals, Health risks, Estimated daily intake, Oman Sea, Sistan and Balouchestan province

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-26]

مجله علمی شیلات ایران ۲۵-۱۳ (۳) ۳۵ (DOI): 10.22092/ISFJ.2026.136048

مقاله علمی – پژوهشی:

سنجش و ارزیابی خطر فلزات سنگین در بافت عضله ماهیان هوور (*Thunnus tonggol*) در بنادر صیادی چابهار، استان سیستان و بلوچستان

حجت‌اله تاجی[۱]، سلیم شریفیان*[۱]

*sharifian.salim@hotmail.com

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

تاریخ دریافت: فروردین ۱۴۰۵ تاریخ پذیرش: خرداد ۱۴۰۵ تاریخ چاپ: شهریور ۱۴۰۵

چکیده

آلودگی فلزات سنگین در محیط‌های دریایی به دلیل پایداری، سمیت و قابلیت تجمع زیستی، یکی از مهم‌ترین نگرانی‌های زیست‌محیطی محسوب می‌شود و خطر جدی برای امنیت غذایی است. ماهیان به عنوان یکی از منابع مهم غذایی انسان می‌توانند فلزات سنگین موجود در محیط را در بافت‌های خود تجمع دهند و از این طریق در معرض زنجیره غذایی انسان قرار گیرند. ماهی هوور (*Thunnus tonggol*) یکی از گونه‌های مهم اقتصادی و پرمصرف در دریای عمان به‌شمار می‌رود. از این‌رو، بررسی میزان آلودگی فلزات سنگین در این گونه برای ارزیابی ایمنی مصرف آن ضروری است. هدف از این پژوهش تعیین غلظت فلزات سنگین شامل روی (Zn)، آهن (Fe)، مس (Cu)، سرب (Pb)، کادمیوم (Cd)، جیوه (Hg)، آرسنیک (As)، کروم (Cr)، منگنز (Mn) و نیکل (Ni) در بافت عضله هوور صید شده از سه بندر چابهار، بریس و پسابندر در سواحل شمالی دریای عمان در سال ۱۴۰۳ و ارزیابی خطرات سلامتی ناشی از مصرف آن بود. در مطالعه حاضر، تعداد ۶۰ نمونه ماهی (۲۰ نمونه از هر منطقه) جمع‌آوری شد. پس از آماده‌سازی و هضم نمونه‌ها، غلظت فلزات با دستگاه طیف‌سنجی نشر نوری پلاسمای جفت‌شده القایی (ICP-OES) اندازه‌گیری گردید. تجزیه‌وتحلیل آماری نتایج با استفاده از نرم‌افزار SPSS انجام شد. نتایج نشان داد که الگوی تجمع فلزات در بافت عضله ماهیان به صورت Cu > Zn > Fe > Ni > Mn > As > Hg > Cd > Pb > Cr است. میانگین غلظت فلزات مورد بررسی در محدوده مجاز استانداردهای بین‌المللی قرار داشت. مقادیر میزان ورود روزانه و هفتگی تمامی فلزات کمتر از حدود مجاز گزارش شد و مقادیر THQ نیز کمتر از ۱ بود که نشان‌دهنده فقدان خطر قابل‌توجه برای سلامت انسان است. بر اساس نتایج پژوهش حاضر، غلظت فلزات سنگین در ماهیان هوور صید شده از بنادر مختلف صیادی چابهار، پایین‌تر از استاندارد جهانی بود و برای مصرف‌کنندگان، ایمن ارزیابی گردید. با این‌حال، پایش مستمر آلودگی فلزات سنگین در منابع دریایی توصیه می‌شود.

لغات کلیدی: ماهی هوور، فلزات سنگین، خطرات سلامتی، تخمین جذب روزانه، دریای عمان، استان سیستان و بلوچستان

*نویسنده مسئول

Copyright: © 2025 by the authors. Licensee MDPI, Basel, Switzerland. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-26]

مقدمه

در دهه‌های اخیر، با افزایش آگاهی عمومی نسبت به نقش تغذیه در حفظ سلامت، مصرف ماهی و سایر فرآورده‌های شیلاتی به طور قابل‌توجهی افزایش یافته است. این روند عمدتاً به دلیل ارزش غذایی بالای این محصولات و نقش آنها در کاهش خطر ابتلا به بیماری‌های مزمن (بیماری‌های قلبی‌عروقی، برخی انواع سرطان و بیماری آلزایمر)، بوده است. غذاهای دریایی منبع ارزشمندی از پروتئین با کیفیت بالا، اسیدهای چرب بلندزنجیره چندغیراشباع امگا-۳، ویتامین‌ها و مواد معدنی هستند و به همین دلیل نقش مهمی در ارتقاء سلامت و تأمین نیازهای تغذیه‌ای انسان دارند (Ahmed *et al*., 2018). با این‌حال، این محصولات ممکن است آلاینده‌های مختلفی از جمله فلزات سنگین، هیدروکربن‌های آروماتیک چندحلقه‌ای (PAHs) و میکروپلاستیک‌ها را نیز در خود تجمع دهند. ورود این آلاینده‌ها به زنجیره غذایی می‌تواند سلامت مصرف‌کنندگان را به خطر اندازد و با پیامدهای نامطلوبی (افزایش خطر سرطان، جهش‌های ژنتیکی و سایر اختلالات مرتبط)، همراه باشد (Loghmani *et al*., 2022).

فلزات سنگین در محیط‌های آبی یکی از جدی‌ترین نگرانی‌های زیست محیطی است که گیاهان، موجودات و انسان‌ها را تحت تاثیر قرار می‌دهد. به طور کلی، این فلزات به دو گروه فلزات ضروری و غیرضروری تقسیم می‌شوند. عناصری از قبیل مس، روی، بور، آهن و مولیبدن جزء نیازهای اساسی و ضروری برای رشد و تولیدمثل موجودات زنده است. بنابراین، مقادیر مشخص آنها برای موجودات زنده حیاتی است و تغییر در آنها منجر به کند یا مختل شدن واکنش‌های طبیعی بدن می‌شود و پاسخ‌های نامطلوبی از قبیل کاهش یا عدم رشد، کاهش تولید مثل و... به‌دنبال دارد. با وجود این، این دسته از فلزات زمانی برای موجودات مضر تلقی می‌شوند که غلظت آنها از حد مجاز فراتر رود (Sadeghi *et al*., 2021). سایر فلزات سنگین مانند سرب، جیوه، کادمیوم و آرسنیک برای موجودات ضروری نیستند و حتی در غلظت‌های پایین ایجاد مسمومیت می‌کنند (Bosch *et al*., 2016). غلظت فلزات سنگین در محیط‌های آبی تحت تأثیر عوامل متفاوت طبیعی (فرسایش خاک، سیلاب، چرخش آب اقیانوس و دریا) و مصنوعی (ورود فاضلاب‌های صنعتی و انسانی، نشت نفت و گاز)، قرار دارد. این عناصر پس از انتشار و تا زمان تجزیه کامل از پتانسیل‌های متفاوتی در تجمع، ذخیره‌سازی و تأثیر بهداشتی بر موجودات زنده از جمله انسان برخوردارند (Tewari *et al*., 2019). فلزات سنگین پس از ورود به سیستم‌های آبی در بافت‌ها و اندام‌های آبزیان از جمله ماهیان، تجمع می‌یابند و نهایتاً وارد زنجیره غذایی می‌شوند. به‌علاوه، ماهی به عنوان یک منبع پروتئینی ارزشمند در سبد غذایی بسیاری از مردم وجود دارد و به دلیل دلیل حساس بودن به تغییرات محیط آبی، می‌تواند شاخص مفیدی برای شناسایی آلودگی فلزات سنگین در سیستم‌های آبی باشد.

بر اساس آخرین آمار فائو (۲۰۲۴) ماهی تون با بیش از ۸ میلیون تن صید در سال ۲۰۲۲، یکی از ارزشمندترین ماهی‌های تجاری در سطح جهان است. ایران با صید حدود ۱۲۰ هزار تن در سال ۲۰۲۱ دارای رتبه دوم صید ماهی تون و گونه های ماهی شبه‌تون از اقیانوس هند است (IOTC, 2023). ماهی هوور (*Thunnus tonggol*) یکی از مهم‌ترین گونه‌های ماهی تون صید شده ماهیگیران ایرانی در اقیانوس هند است و بیش از ۳۵ درصد از کل صید ماهی تون در منطقه IOTC را تشکیل می‌دهد. این ماهی یکی از گونه‌های اصلی مورد استفاده در تهیه کنسرو ماهی نیز هست. در استان سیستان و بلوچستان ۱۱ بندر ماهیگیری و جایگاه تخلیه صید شامل تیس، کنارک، رمین، زرآباد، پزم، چابهار، بریس، گواتر، جد، تنگ و پسابندر در حوزه شهرستان‌های چابهار و کنارک، برای صید و صیادی فعالیت دارند. با توجه به اهمیت اقتصادی این ماهی و صنایع شیلاتی وابسته به آن و سلامت مصرف‌کنندگان، اهداف این پژوهش اندازه‌گیری غلظت فلزات سنگین (Hg، Zn، Cr، Mn، Fe، As، Cu، Se، V، Ni، Pb) در بافت عضله ماهیان هوور صید شده در آبهای شمال دریای عمان (اسکله صیادی چابهار، بریس و پسابندر) بوده است.

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-26]

مواد و روش‌ها

جمع‌آوری نمونه‌های ماهی

نمونه‌های ماهی هوور از سه بندر صیادی چابهار، بریس و پسابندر در شهریور ۱۴۰۳ از صیادان محلی یا بازار ماهی‌فروشان به صورت تازه تهیه و به صورت نگهداری در یخ (نسبت ۲ به ۱ ماهی به یخ) به آزمایشگاه دانشگاه دریانوردی و علوم دریایی چابهار منتقل گردید. از هر بندر صیادی ۲۰ عدد ماهی جمع‌آوری و در مجموع ۶۰ عدد ماهی هوور کدگذاری شد. در ادامه وزن کل و طول کل تمام نمونه‌ها با استفاده از ترازو (با دقت ۰/۰۱ گرم) و متر ثبت گردید. میانگین طول هوورهای صید شده از بندر چابهار، بریس و پسابندر به‌ترتیب برابر با ۳/۱۱±۵۴/۷۰، ۳/۳۹±۶۸/۷۵ و ۰۰/۴۲±۹۶/۵ سانتی‌متر بود. میانگین وزن نمونه‌های هوور در سه بندر به‌ترتیب برابر با ۰/۳۵±۱/۶۵، ۰/۳۱±۳/۳۵ و ۵۰/۸۴±۵/۰ کیلوگرم بود.

اندازه‌گیری فلزات سنگین

برای اندازه‌گیری غلظت فلزات سنگین در بافت عضله نمونه‌های هوور، ابتدا نمونه‌ها با استفاده از آب شرب و در ادامه با استفاده از آب مقطر به‌خوبی شستشو داده شد. سپس بافت عضله بدون پوست از سه بخش پشتی، شکمی و دمی به‌وسیله تیغه استریل، جدا و همگن گردید. در ادامه، نمونه‌های گوشت به مدت ۴۸ ساعت در آون (۷۰ درجه سانتی‌گراد) تا زمان ثابت شدن وزن قرار داده شد (Loghmani *et al*., 2022). پس از اتمام زمان مذکور و اطمینان از خشک شدن کامل، نمونه‌ها از دستگاه خارج شده و به صورت دستی با یک هاون پودر گردید. سپس ۰/۵ گرم از هر نمونه به صورت دقیق با استفاده از ترازو (دقت ۰/۰۰۱ گرم) وزن شده و پس از انتقال به دستگاه مایکروویو، با استفاده از ۴ میلی‌لیتر اسید نیتریک غلیظ (HNO_3) و ۱ میلی‌لیتر پراکسید هیدروژن (H_2O_2) هضم گردید. پس از هضم و خروج نمونه‌ها از دستگاه، محتویات ویال به استوانه مدرج منتقل شده و با آب مقطر یونیزه به حجم ۳۰ میلی‌لیتر رسانده شد. برای اندازه‌گیری غلظت فلزات سنگین در نمونه‌ها از دستگاه ICP-OES بر اساس روش Fathabad و همکاران (۲۰۱۸) استفاده شد. کالیبراسیون دستگاه با استفاده از محلول استاندارد چند عنصری ICP Multi-Element Standard Solution IV ساخت شرکت Siga-Aldrich (شماره: ۱.۱۱۳۵۵.۰۱۰۰) در رقت‌های متوالی انجام شد. پس از رسم منحنی کالیبراسیون، غلظت هر عنصر در نمونه ماهی پس از تزریق نمونه، محاسبه و بر اساس میکروگرم در گرم وزن خشک ثبت گردید. رطوبت نمونه‌های ماهی بر اساس روش AOAC (۲۰۰۰) و پس از خشک کردن نمونه‌ها در آون به مدت ۴۸ ساعت اندازه‌گیری شد. میانگین میزان رطوبت در نمونه‌های ماهی هوور برابر با ۷۵/۲±۲۱/۱۴ درصد بود.

تخمین خطرات فلزات سنگین

تخمین میزان ورود روزانه (EDI[1]) و هفتگی (EWI[2]) فلزات بر اساس روش پیشنهادی سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا (USEPA, 2015) و با استفاده ازمعادله‌های ذیل انجام شد:

$$EDI = (Cm \times MSd)/BW$$
$$EWI = (Cm \times MSw)/BW$$

EDI= تخمین میزان ورود روزانه فلز ناشی از مصرف ماهی (میکروگرم فلز در روز در کیلوگرم وزن بدن)، EWI= تخمین میزان ورود هفتگی فلز ناشی از مصرف ماهی (میکروگرم فلز در هفته در کیلوگرم وزن بدن)، Cm= غلظت فلز در بافت عضله ماهی هوور (میکروگرم فلز در گرم وزن تر)، MSd= مصرف روزانه ماهی؛ ۳۳/۶ گرم برای افراد بالغ و ۱۳/۱ گرم برای کودک (IFO, 2020)، MSw= مصرف هفتگی ماهی؛ ۲۳۵/۲ گرم برای افراد بالغ و ۹۱/۷ گرم برای کودک (IFO, 2020)، BW= متوسط وزن بدن (۷۰ کیلوگرم برای افراد بالغ و ۱۶ کیلوگرم برای کودک)

میزان مجاز مصرف روزانه ماهی (CRlim) بر اساس روش پیشنهادی سازمان غذا و داروی آمریکا و با استفاده از دوز مرجع و فرمول‌های ذیل محاسبه گردید (USEPA, 2015). بر اساس این روش حد مجاز مصرف روزانه ماهی در طی یک دوره زمانی قابل محاسبه است.

$$CRlim = (RfD \times BW)/Cm$$

[1] The Estimated Daily Intake (EDI)
[2] The Estimated Weekly Intake (EWI)

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-26]

CRlim= حد مجاز مصرف ماهی (کیلوگرم در روز)؛ RfD= دوز مرجع (میکروگرم در گرم در روز)؛ BW= متوسط وزن بدن (۷۰ کیلوگرم برای افراد بالغ و ۱۶ کیلوگرم برای کودک)؛ Cm= غلظت فلز در بافت عضله ماهی هوور (میکروگرم فلز در گرم وزن تر)

شاخص پتانسیل خطر (THQ) و مجموع پتانسیل خطر (∑THQ) برای تمام فلزات از طریق فرمول‌های ذیل و بر اساس روش USEPA (۲۰۱۵) انجام شد.

$$THQ = \frac{EF \times ED \times CR \times Cm}{RfD \times BW \times TA} \times 10^{-3}$$

EF= بسامد در معرض قرارگیری (۳۶۵ روز در سال)؛ ED= میزان در معرض قرارگیری (۷۰ سال)؛ CR= مصرف روزانه ماهی؛ ۳۳/۶ گرم برای افراد بالغ و ۱۳/۱ گرم برای کودک (IFO, 2020)؛ RfD= دوز مرجع یا جذب مجاز روزانه (میکروگرم در گرم در روز)؛ BW= متوسط وزن بدن (۷۰ کیلوگرم برای افراد بالغ و ۱۶ کیلوگرم برای کودک)؛ TA= زمان در معرض قرارگیری (۳۶۵ روز × ۷۰ سال)

$$\sum THQ = THQ1 + THQ2 + \cdots + THQn$$

∑THQ= مجموع پتانسیل خطر؛ THQ1= پتانسیل خطر آلاینده ۱؛ THQ2= پتانسیل خطر آلاینده ۲؛ THQn= پتانسیل خطر آلاینده n.

روش تجزیه‌وتحلیل آماری داده‌ها

تجزیه‌وتحلیل آماری با استفاده از نرم‌افزار SPSS (نسخه ۲۰۱۹) انجام شد. بررسی نرمال بودن داده‌ها و همگنی واریانس به ترتیب با استفاده از آزمون‌های Shapiro-Wilk و Levene انجام شد. از آزمون برای کشف تفاوت معنی‌دار بین میانگین متغیرهای مختلف از آنالیز واریانس یک‌طرفه و پس آزمون توکی در سطح ۵ درصد استفاده گردید. تمامی داده‌ها به صورت میانگین حاصل از سه تکرار همراه با انحراف معیار گزارش گردید.

نتایج

در جدول ۱، میانگین، انحراف استاندارد، کمینه و بیشینه غلظت (میکروگرم در گرم وزن خشک) فلزات روی (Zn)، آهن (Fe)، مس (Cu)، سرب (Pb)، کادمیوم (Cd)، جیوه (Hg)، آرسنیک (As)، کروم (Cr)، منگنز (Mn) و نیکل (Ni) در عضله ماهیان هورر تخلیه شده در بنادر صیادی چابهار، بریس و پسابندر ارائه شده است. در اسکله صیادی چابهار بالاترین میزان تجمع مرتبط با مس و برابر با ۱۵/۶۳ میکروگرم در گرم و کمترین آن سرب و برابر با ۰/۰۲ بود. گستره تغییرات این دو فلز به‌ترتیب برابر با ۳۷/۰۷-۵/۷۵ و ۰/۰۱/۰۳-۰/۰ بود. الگوی تجمع فلزات مختلف در بافت عضله ماهی هوور در این بندر صیادی به صورت Cu>Zn>Fe>Ni>Mn>As>Hg>Cd>Cr>PB بود. در اسکله بریس نیز مس با میزان ۱۷/۱۹ میکروگرم در گرم بالاترین میزان تجمع را نشان داد درحالی‌که کمترین میزان تجمع در این بندر صیادی، برای فلز کروم و برابر با ۰/۰۴ میکروگرم در گرم وزن خشک به‌دست آمد. الگوی تجمع فلزات مختلف در این ایستگاه به صورت Cu>Zn>Fe>Ni>Mn>As>Hg>Cd>Pb>Cr ثبت گردید. در پسابندر الگوی تجمع فلزات مختلف به صورت Fe>Zn>Cu>Ni>Mn>As>Hg>Cd>Pb>Cr ثبت گردید. با این‌حال، میزان تجمع فلزات نسبت به دو ایستگاه قبلی بالاتر و بالاترین میزان تجمع مرتبط با آهن و برابر با ۲۲/۸۴ میکروگرم در گرم وزن خشک و کمترین آن در فلز کروم و برابر با ۰/۰۴ به‌دست آمد. بدون در نظر گرفتن مکان صید ماهی‌ها، الگوی پراکنش فلزات در بافت عضله ماهی هوور به صورت Cu>Zn>Fe>Ni>Mn>As>Hg>Cd>Pb>Cr بود. میانگین کلی فلزات روی (Zn)، آهن (Fe)، مس (Cu)، سرب (Pb)، کادمیوم (Cd)، جیوه (Hg)، آرسنیک (As)، کروم (Cr)، منگنز (Mn) و نیکل (Ni) فارغ از محل صید به‌ترتیب برابر با ۱۶/۶۳، ۱۷/۵۰، ۱۸/۳۹، ۰/۲۵، ۰/۲۷، ۰/۳۲، ۰/۵۵، ۰/۰۴، ۱/۷۳، ۸/۳۰ میکروگرم بر گرم وزن خشک به‌دست آمد (جدول ۱).

تخمین میزان ورود روزانه (EDI) و هفتگی (EWI) فلزات مختلف بر حسب میکروگرم در کیلوگرم وزن بدن در روز به بدن مصرف‌کننده‌های بالغ ماهی هوور به‌ترتیب در جداول ۲ و ۳ ارائه شده است. در مصرف‌کنندگان ماهیان صید شده از بندر چابهار، بالاترین میزان روزانه فلز مرتبط با مس و برابر با ۱/۸۶۷ و کمترین میزان آن مرتبط با فلز کروم و برابر با ۰/۰۰۴ به‌دست آمد.

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-26]

جدول ۱: میانگین و انحراف استاندارد غلظت فلزات (µg/g وزن خشک) در عضله ماهیان هوور

Table 1: Mean and standard deviation (SD) of metals concentration (µg/g dry weight) in the muscle of longtail tuna

Location		Zn	Fe	Cu	Pb	Cd	Hg	As	Cr	Mn	Ni
	Number	**20**	**20**	**20**	**20**	**20**	**20**	**20**	**20**	**20**	**20**
	Mean	**14.17**	**31.37**	**15.63**	**0.02**	**0.19**	**0.22**	**0.50**	**0.03**	**0.49**	**6.24**
	SD	0.79	0.76	1.85	0.00	0.02	0.02	0.04	0.00	0.20	0.84
	Minimum	5.93	9.38	5.78	0.01	0.05	0.12	0.26	0.01	0.30	1.26
Chabahar	Maximum	21.23	20.48	37.07	0.03	0.30	0.37	1.11	0.09	4.45	18.69
	Number	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
	Mean	17.01	16.31	17.19	0.43	0.27	0.39	0.56	0.04	1.78	8.11
	SD	0.95	0.91	2.03	0.08	0.02	0.07	0.05	0.00	0.24	1.09
	Minimum	7.11	11.25	6.35	0.13	0.07	0.12	0.27	0.01	0.36	1.64
Beris	Maximum	25.47	24.57	40.77	1.68	0.43	1.53	1.29	0.11	5.34	24.30
	Number	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
	Mean	18.71	22.84	22.35	0.32	0.34	0.36	0.59	0.04	1.93	10.54
	SD	1.05	1.27	2.64	0.01	0.03	0.01	0.05	0.01	0.26	1.42
	Minimum	7.82	17.75	8.26	0.22	0.09	0.25	0.28	0.01	0.39	2.13
Pasabandar	Maximum	28.02	34.30	53.00	0.38	0.54	0.42	1.38	0.12	5.79	31.59
	Number	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60
	Mean	16.63	17.50	18.39	0.25	0.27	0.32	0.55	0.04	1.73	8.30
	SD	0.58	0.77	1.30	0.03	0.02	0.03	0.03	0.00	0.14	0.69
Total	Minimum	5.93	9.38	5.78	1.01	0.05	0.12	0.26	0.01	0.30	1.26
	Maximum	28.02	34.30	53.00	1.68	0.54	1.53	1.38	0.12	5.79	31.59

جدول ۲: تخمین میزان ورود روزانه فلزات (میکروگرم فلز در کیلوگرم وزن بدن در روز) به بدن افراد بزرگسال ناشی از مصرف ماهی هوور

Table 2: Metal intake in adults through the consumption of longtail tuna, expressed as estimated daily intake (EDI; µg/kg body weight/day)

	Zn	Fe	Cu	Pb	Cd	Hg	As	Cr	Mn	Ni
Chabahar	1.701	1.604	1.867	0.002	0.023	0.027	0.060	0.004	0.178	0.748
Beris	2.041	1.957	2.063	0.051	0.033	0.046	0.068	0.004	0.214	0.973
PasaBandar	2.245	2.740	2.682	0.038	0.041	0.043	0.071	0.005	0.232	1.256
Total	1.996	2.101	2.207	0.031	0.032	0.039	0.066	0.004	0.208	0.995
PTDI[1]	1000	800	71.43	3.57	1	0.57	2.14	3.29	140	5
PTDI (70 kg)[2]	70000	56000	5000	250	70	4	150	230	9800	350

۱- حداکثر میزان مجاز ورود فلز (میکروگرم) به بدن مصرف‌کننده در روز

۲- حداکثر میزان مجاز ورود فلز (میکروگرم) به بدن مصرف‌کننده بزرگسال با وزن ۷۰ کیلوگرم در روز

[1] Provisional tolerable daily intake (µg /day/kg body weight)

[2] Permissible tolerable daily intake (µg /day/70 kg body weight)

در بندر صیادی بریس، بالاترین میزان روزانه فلز نیز مرتبط با مس و برابر با ۲/۰۶۳ و کمترین میزان آن مرتبط با فلز کروم و برابر با ۰/۰۰۴ به‌دست آمد. در پسابندر، میزان تخمین روزانه تمامی فلزات (به‌جز سرب و جیوه)، در مقایسه با دو ایستگاه قبلی بالاتر بود. در این بندر، میزان ورود روزانه فلزات روی (Zn)، آهن (Fe)، مس (Cu)، سرب (Pb)، کادمیوم (Cd)، جیوه (Hg)، آرسنیک (As)، کروم (Cr)، منگنز (Mn) و نیکل (Ni) به‌ترتیب برابر با ۲/۲۴۵، ۲/۷۴۰،

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-26]

۲/۶۸۲، ۰/۰۳۸، ۰/۰۴۱، ۰/۰۴۳، ۰/۰۷۱، ۰/۰۰۵، ۰/۲۳۲ و ۱/۲۵۶ بود. به طور کلی، بدون در نظر گرفتن نوع بندر، میزان ورود فلزات به بدن مصرف‌کنندگان بالغ به‌ترتیب برابر با ۱/۹۹۶، ۲/۱۰۱، ۲/۲۰۷، ۰/۰۳۱، ۰/۰۳۲، ۰/۰۳۹، ۰/۰۶۶، ۰/۰۰۴، ۰/۲۰۸ و ۰/۹۹۵ بود. در تمامی ایستگاه‌ها، میزان ورود روزانه فلزات به بدن مصرف‌کنندگان در مقایسه با PTDI (حداکثر میزان مجاز ورود روزانه) بسیار کمتر بود. تخمین میزان ورود هفتگی میزان ورود هفتگی فلزات مختلف به بدن مصرف‌کنندگان نیز الگویی مشابه داشت و در بیش‌تر موارد بالاترین میزان ورود هفتگی متعلق به فلزات ماهیان صید شده از ایستگاه پسابندر بود.

جدول ۳: تخمین میزان ورود هفتگی فلزات (میکروگرم فلز در کیلوگرم وزن بدن در هفته) به بدن افراد بزرگسال ناشی از مصرف ماهی هوور
Table 3: Metal intake in adults through the consumption of longtail tuna, expressed as estimated weekly intake (EWI; µg/kg body weight/week)

	Zn	Fe	Cu	Pb	Cd	Hg	As	Cr	Mn	Ni
Chabahar	11.907	11.229	13.132	0.015	0.160	0.187	0.422	0.025	1.247	5.239
Beris	14.285	13.701	14.442	0.358	0.228	0.324	0.473	0.030	1.497	6.812
PasaBandar	15.714	19.181	18.774	0.268	0.288	0.299	0.498	0.033	1.624	8.854
Total	13.969	14.704	15.499	0.214	0.226	0.270	0.464	0.030	1.456	6.968
PTWI[1]	7000	5600	500	25	7	4	15	23	980	35
PTWI (70 kg)[2]	490000	392000	35000	1750	490	28	1050	1610	68600	2450

۱- حداکثر میزان مجاز ورود فلز (میکروگرم) به بدن مصرف‌کننده در هفته

۲- حداکثر میزان مجاز ورود فلز (میکروگرم) به بدن مصرف‌کننده بزرگسال با وزن ۷۰ کیلوگرم در هفته

[1] Provisional tolerable weekly intake (µg /week/kg body weight)

[2] Provisional tolerable weekly intake for an adult person (µg /week/70 kg body weight)

در جداول ۴ و ۵، به‌ترتیب تخمین میزان ورود روزانه (EDI) و هفتگی (EWI) فلزات مختلف در کودکان ارائه شده است. در کودکان، مصرف‌کنندگان ماهیان هوور بندر چابهار، بالاترین میزان روزانه فلز مرتبط با مس و برابر با ۳/۲۰۰ میکروگرم در کیلوگرم وزن بدن در روز و کمترین میزان آن مرتبط با فلز کروم و برابر با ۰/۰۰۶ بود. در بندر صیادی بریس، بالاترین میزان روزانه فلز نیز مرتبط با مس و برابر با ۳/۵۱۹ میکروگرم در کیلوگرم وزن بدن در روز و کمترین میزان آن مرتبط با فلز کروم و برابر با ۰/۰۰۷ به دست آمد. در پسابندر، میزان تخمین روزانه تمامی فلزات (به غیر از سرب و جیوه) در مقایسه با دو ایستگاه قبلی بالاتر بود. به طور کلی، بدون در نظر گرفتن مکان صیادی، میزان ورود فلزات ناشی از مصرف هوور به بدن مصرف‌کنندگان کودک به‌ترتیب برابر با ۳/۴۰۴، ۳/۵۸۳، ۳/۷۶۵، ۰/۰۵۲، ۰/۰۵۵، ۰/۰۶۶، ۰/۱۱۳، ۰/۰۰۷، ۰/۳۵۵ و ۱/۶۹۸ بود. در تمامی ایستگاه‌ها، میزان ورود روانه فلزات به بدن مصرف‌کنندگان در مقایسه با PTDI (حداکثر میزان مجاز ورود روزانه) بسیار کمتر بود. نزدیک‌ترین میزان ورود روزانه فلزات به PTDI در میان فلزات مختلف، برای کادمیوم، جیوه و نیکل به‌ترتیب برابر با ۰/۰۳۲، ۰/۰۳۹ و ۰/۹۹۵ میکروگرم در روز در کیلوگرم وزن بدن به‌دست آمد که به‌ترتیب برابر با ۱/۴۶٪، ۵۰/۰٪ و ۳۳/۹۶٪ حداکثر میزان مجاز ورود روزانه بود. تخمین میزان ورود هفتگی فلزات مختلف به بدن مصرف‌کنندگان نیز الگویی مشابه داشت و در بیش‌تر موارد بالاترین میزان ورود هفتگی متعلق به فلزات ماهیان صید شده از ایستگاه پسابندر بود.

در جداول ۶ و ۷، به‌ترتیب شاخص خطر (HQ) و شاخص کل خطر (THQ) ناشی از وجود آلاینده‌های فلزی در بدن مصرف‌کنندگان بزرگسال و کودک ارائه شده است. در مصرف‌کنندگان بالغ در ایستگاه بندر صیادی چابهار، میزان شاخص خطر برای فلزات روی، آهن، مس، سرب، کادمیوم، جیوه، آرسنیک، کروم، منگنز و نیکل به‌ترتیب برابر ۰/۰۰۶، ۰/۰۰۲، ۰/۰۴۷، ۰/۰۰، ۰/۰۲۳، ۰/۰۳۸، ۰/۲۰۱، ۰/۰۰۱، ۰/۰۰۱، ۰/۰۳۷ به‌دست آمد. در ایستگاه چابهار و بریس، بالاترین میزان خطر برای افراد بالغ متعلق به فلز آرسنیک و به‌ترتیب برابر با ۰/۲۰۱ و ۰/۲۲۵ به‌دست آمد درحالی‌که در ایستگاه پسابندر، بالاترین میزان شاخص خطر مرتبط با فلز مس و برابر با ۰/۰۶۷ بود. THQ در بنادر صیادی چابهار،

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-26]

بریس و پسابندر برای افراد بزرگسال به‌ترتیب برابر با ۰/۳۵۷، ۰/۴۴۷ و ۰/۲۷۸ بود. شاخص کلی تجمعی همه فلزات بدون درنظر گرفتن نوع بندر صیادی، برای افراد بزرگسال برابر ۰/۴۳۲ بود. در مصرف‌کنندگان کودک نیز الگوی شاخص خطر مشابه با افراد بزرگسال بود. با این‌حال، میزان شاخص برای تمامی فلزات و هر سه ایستگاه صیادی نسبت به افراد بزرگسال کمتر به دست آمد. در کودکان نیز بالاترین میزان شاخص خطر در میان فلزات مختلف متعلق به آرسنیک و به‌ترتیب در بنادر صیادی چابهار، بریس و پسابندر برابر با ۰/۰۲۹، ۰/۰۳۳ و ۰/۰۳۵ به‌دست آمد. شاخص کلی THQ در بنادر صیادی چابهار، بریس و پسابندر برای کودکان به‌ترتیب برابر با ۰/۰۵۲، ۰/۰۶۵ و ۰/۰۷۲ بود.

جدول ۴: تخمین میزان ورود روزانه فلزات (میکروگرم فلز در کیلوگرم وزن بدن در روز) به بدن افراد کودک ناشی از مصرف ماهی هوور
Table 4: Metal intake in children through the consumption of longtail tuna, expressed as estimated daily intake (EDI; µg/kg body weight/day)

	Zn	Fe	Cu	Pb	Cd	Hg	As	Cr	Mn	Ni
Chabahar	2.901	2.736	3.200	0.004	0.039	0.046	0.103	0.006	0.304	1.277
Beris	3.481	3.339	3.519	0.087	0.056	0.079	0.115	0.007	0.365	1.660
PasaBandar	3.829	4.674	4.575	0.065	0.070	0.073	0.121	0.008	0.396	2.158
Total	3.404	3.583	3.765	0.052	0.055	0.066	0.113	0.007	0.355	1.698
PTDI[1]	1000	800	71.43	3.57	1	0.57	2.14	3.29	140	5
PTDI (16 kg)[2]	16000	12800	1142.88	57.12	16	9.12	34.24	52.64	2240	80

۱- حداکثر میزان مجاز ورود فلز (میکروگرم) به بدن مصرف‌کننده در روز

۲- حداکثر میزان مجاز ورود فلز (میکروگرم) به بدن مصرف‌کننده کودک با وزن ۱۶ کیلوگرم در روز

[1] Provisional tolerable daily intake (µg /day/kg body weight)
[2] Permissible tolerable daily intake for a children (µg /day/16 kg body weight)

جدول ۵: تخمین میزان ورود هفتگی فلزات (میکروگرم فلز در کیلوگرم وزن بدن در هفته) به بدن افراد کودک ناشی از مصرف ماهی هوور
Table 5: Metal intake in children from longtail tuna consumption, expressed as estimated weekly intake (EWI; µg/kg body weight/week)

	Zn	Fe	Cu	Pb	Cd	Hg	As	Cr	Mn	Ni
Chabahar	Zn	Fe	Cu	Pb	Cd	Hg	As	Cr	Mn	Ni
Beris	20.309	19.154	22.399	0.026	0.274	0.319	0.720	0.043	2.128	8.936
PasaBandar	24.366	23.371	24.634	0.610	0.390	0.553	0.807	0.052	2.553	11.619
Total	26.804	32.718	32.023	0.457	0.491	0.510	0.849	0.057	2.770	15.103
PTWI[1]	23.826	25.081	26.352	0.364	0.385	0.461	0.792	0.050	2.484	11.886
PTWI (16 kg)[2]	7000	5600	500	25	7	4	15	23	980	35

۱- حداکثر میزان مجاز ورود فلز (میکروگرم) به بدن مصرف‌کننده در هفته

۲- حداکثر میزان مجاز ورود فلز (میکروگرم) به بدن مصرف‌کننده کودک با وزن ۱۶ کیلوگرم در هفته

[1] Provisional tolerable weekly intake (µg /week/kg body weight)
[2] Provisional tolerable weekly intake for a children (µg /week/16 kg body weight)

جدول ۶: شاخص خطر (HQ) و شاخص کلی خطر (THQ) فلزات سنگین ناشی از مصرف ماهی هوور در افراد بزرگسال
Table 6: Hazard quotient (HQ) and target hazard quotient (THQ) for adults in respect of their ingestion of metals through the consumption of longtail tuna

	Zn	Fe	Cu	Pb	Cd	Hg	As	Cr	Mn	Ni	∑THQ
Chabahar	0.006	0.002	0.047	0.000	0.023	0.038	0.201	0.001	0.001	0.037	0.357
Beris	0.007	0.003	0.052	0.010	0.033	0.066	0.225	0.001	0.002	0.049	0.447
PasaBandar	0.007	0.004	0.067	0.008	0.041	0.061	0.024	0.002	0.002	0.063	0.278
Total	0.007	0.003	0.055	0.006	0.032	0.055	0.221	0.001	0.001	0.050	0.432

میانگین وزن بدن فرد بزرگسال، ۷۰ کیلوگرم در نظر گرفته شده است.
میزان مصرف ماهی برای افراد بزرگسال، ۳۳/۶ گرم ماهی هوور در روز در نظر گرفته شده است.
متوسط دوره در معرض قرارگیری، ۲۵۵۵۰ روز در نظر گرفته شده است.
The average adult weight is assumed to be 70 kg.
The fish consumption rate for adults is assumed to be 33.6 g of longtail tuna per day.
The average exposure period is assumed to be 25,550 days.

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-26]

جدول ۷: شاخص خطر (HQ) و شاخص کلی خطر (THQ) فلزات سنگین ناشی از مصرف ماهی هوور در افراد کودک

Table 7: Hazard quotient (HQ) and target hazard quotient (THQ) for adults in respect of their ingestion of metals through the consumption of longtail tuna

	Zn	Fe	Cu	Pb	Cd	Hg	As	Cr	Mn	Ni	∑THQ
Chabahar	0.001	0.000	0.007	0.000	0.003	0.006	0.029	0.000	0.000	0.005	0.052
Beris	0.001	0.000	0.008	0.001	0.005	0.010	0.033	0.000	0.000	0.007	0.065
PasaBandar	0.001	0.001	0.010	0.001	0.006	0.009	0.035	0.000	0.000	0.009	0.072
Total	0.001	0.000	0.008	0.001	0.005	0.008	0.032	0.000	0.000	0.007	0.063

میانگین وزن بدن کودک، ۱۶ کیلوگرم در نظر گرفته شده است.
میزان مصرف ماهی کودک، ۱۳/۱ گرم ماهی هوور در روز در نظر گرفته شده است.
متوسط دوره در معرض قرارگیری، ۲۵۵۵۰ روز در نظر گرفته شده است.
The average children weight is assumed to be 16 kg.
The fish consumption rate for children is assumed to be 13.1 g of halibut per day.
The average exposure period is assumed to be 25,550 days.

در جداول ۸ و ۹، به‌ترتیب نتایج محاسبه حداکثر نرخ مجاز مصرف روزانه ماهی (CRlim) و حداکثر تعداد وعده غذایی مجاز (CRmm) در ماه برای افراد بزرگسال با توجه به میزان آلاینده‌های فلزی در افراد بزرگسال ارائه شده است. در هر سه بندر صیادی چابهار، بریس و پسابندر، کمترین میزان مجاز مصرف روزانه برای فلز آرسنیک به‌ترتیب برابر با ۰/۱۷، ۰/۱۵ و ۰/۱۴ کیلوگرم در روز به‌دست آمد. از نظر حداکثر تعداد وعده مجاز مصرف روزانه ماهی (وعده غذا در ماه) برای بزرگسالان، کمترین میزان وعده‌های مجاز برای فلز آرسنیک بود که میزان آن به‌ترتیب سه بندر صیادی چابهار، بریس و پسابندر برابر با ۲۲/۴۲، ۱۹/۹۹، ۱۹/۰۱ وعده غذا در ماه به‌دست آمد. در ادامه و پس از آرسنیک، کمترین میزان وعده‌های مجاز برای فلز نیکل به‌ترتیب در سه بندر صیادی چابهار، بریس و پسابندر برابر با ۱۲۰/۴۰، ۹۲/۶۱، ۷۱/۲۴ وعده غذا در ماه به‌دست آمد.

جدول ۸: حداکثر نرخ مجاز مصرف روزانه ماهی (کیلوگرم در روز) برای بزرگسالان

Tabel 8: Maximum allowable consumption limits (CRlim; kg/ day) of longtail tuan for adults

	Zn	Fe	Cu	Pb	Cd	Hg	As	Cr	Mn	Ni
Chabahar	5.93	14.66	0.72	8.78	1.47	0.88	0.17	28.00	26.40	0.90
Beris	4.94	12.02	0.65	3.29	1.03	0.51	0.15	23.33	22.00	0.69
PasaBandar	4.49	8.58	0.50	4.39	0.82	0.55	0.14	21.27	20.28	0.53
Total	5.05	11.20	0.61	5.50	1.04	0.61	0.15	23.89	22.62	0.68

جدول ۹: حداکثر تعداد وعده مجاز مصرف روزانه ماهی (وعده غذا در ماه) برای بزرگسالان

Table 9: Maximum allowable meal consumption rate (CRmm; meal/ month) of longtail tuan for adults

	Zn	Fe	Cu	Pb	Cd	Hg	As	Cr	Mn	Ni
Chabahar	794.68	1966.11	96.07	10429.76	196.58	118.13	22.42	3754.71	3539.80	120.40
Beris	662.36	1611.37	87.36	440.69	138.04	68.09	19.99	3128.93	2949.83	92.61
PasaBandar	602.14	1151.00	67.20	588.51	109.63	73.83	19.01	2851.68	2719.40	71.24
Total	677.37	1501.49	81.66	738.15	139.84	81.75	20.38	3203.07	3032.65	90.52

در جداول ۱۰ و ۱۱، به‌ترتیب نتایج محاسبه حداکثر نرخ مجاز مصرف روزانه ماهی (CRlim) و حداکثر تعداد وعده غذایی مجاز (CRmm) در ماه برای کودکان، ارائه شده است. حداکثر نرخ مجاز مصرف روزانه ماهی برای کودکان به میزان قابل ملاحظه‌ای نسبت به بزرگسال کمتر بود و فارغ از نوع بندر صیادی به‌ترتیب برای روی، آهن، مس، سرب، کادمیوم، جیوه، آرسنیک، کروم، منگنز و نیکل برابر با ۱/۱۵، ۲/۵۶، ۰/۱۴، ۱/۲۶، ۰/۲۴، ۰/۱۴، ۰/۰۳، ۵/۴۶، ۵/۱۷ و ۰/۱۵

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-26]

کیلوگرم در روز به‌دست آمد. حداکثر تعداد وعده مجاز مصرف ماهانه ماهی (وعده غذایی در ماه) برای کودکان، بدون در نظر گرفتن نوع بندر صیادی به‌ترتیب برای فلزات روی، آهن، مس، سرب، کادمیوم، جیوه، آرسنیک، کروم، منگنز و نیکل برابر با ۳۰۸/۳۰، ۶۸۳/۳۸، ۳۷/۱۷، ۳۳۵/۹۶، ۶۳/۶۵، ۳۷/۲۱، ۹/۲۷، ۱۴۵۷/۸۴، ۱۳۸۰/۲۸، ۴۱/۲۰ به‌دست آمد.

جدول ۱۰: حداکثر نرخ مجاز مصرف روزانه ماهی (کیلوگرم در روز) برای کودکان

Tabel 10: Maximum allowable consumption limits (CRlim; kg/ day) of longtail tuan for children

	Zn	Fe	Cu	Pb	Cd	Hg	As	Cr	Mn	Ni
Chabahar	1.35	3.35	0.16	2.78	0.34	0.20	0.04	6.40	6.03	0.21
Beris	1.13	2.75	0.15	0.75	0.24	0.12	0.03	5.33	5.03	0.16
PasaBandar	1.03	1.96	0.11	1.00	0.19	0.13	0.03	4.86	4.64	0.12
Total	1.15	2.56	0.14	1.26	0.24	0.14	0.03	5.46	5.17	0.15

جدول ۱۱: حداکثر تعداد وعده مجاز مصرف ماهانه ماهی (وعده غذایی در ماه) برای کودکان

Table 11: Maximum allowable meal consumption rate (CRmm; meal/ month) of longtail tuan for children

	Zn	Fe	Cu	Pb	Cd	Hg	As	Cr	Mn	Ni
Chabahar	361.69	894.85	43.73	746.98	89.47	53.76	10.20	1708.91	1611.10	54.80
Beris	301.47	733.39	39.76	200.58	62.83	30.99	9.10	1424.09	1342.58	42.15
PasaBandar	274.05	523.86	30.59	267.85	49.90	33.60	8.65	1297.91	1237.70	32.42
Total	308.30	683.38	37.17	335.96	63.65	37.21	9.27	1457.84	1380.28	41.20

بحث

ماهی هوور به عنوان یکی از مهم‌ترین گونه‌های تون‌ماهیان صید شده در کشور، در مقایسه با سایر ماهیان اقتصادی از ارزش اقتصادی بالایی برخوردار بوده و علاوه بر مصرف مستقیم انسانی، مورد استفاده بسیاری از کارخانجات کنسروسازی نیز هست. از این‌رو، بررسی آلاینده‌های مختلف در بافت خوراکی این ماهی همواره یکی از اولویت‌های پژوهشی به‌ویژه از دیدگاه بررسی تأثیر خطرات احتمالی آلاینده بر انسان بوده است. در مطالعه حاضر، سنجش غلظت فلزات سنگین مختلف شامل روی (Zn)، آهن (Fe)، مس (Cu)، سرب (Pb)، کادمیوم (Cd)، جیوه (Hg)، آرسنیک (As)، کروم (Cr)، منگنز (Mn) و نیکل (Ni)، نشان داد که غلظت فلزات با توجه به محل صید ماهی (بنادر صیادی چابهار، بریس و پسابندر)، متفاوت بود. مطالعات متعددی نشان داده است که میانگین غلظت فلزات ضروری و غیرضروری در بافت های مختلف ماهی با توجه به عوامل گوناگونی از قبیل فصل (Ahmed *et al*., 2018)، جنسیت (Mortazavi and Sharifian, 2012)، طول و وزن و وضعیت شیمیایی آب، می‌تواند متفاوت باشد. در مطالعه حاضر، غلظت بیشتر فلزات در بندر صیادی پسابندر نسبت به دو بندر صیادی چابهار و بریس وجود داشت. دلیل این امر، علاوه بر متفاوت بودن محل صیادی می‌تواند اندازه بزرگتر ماهیان صید شده در بندر صیادی پسابندر باشد. چنین نتیجه‌گیری در تطابق با نتایج مطالعات Mortzavi و Sharifian (۲۰۱۲) است که ارتباط میان تجمع فلزات منگنز، کادمیوم، سرب، روی، آهن، مس با جنسیت و اندازه (طول و وزن) ماهی حلوا سفید (*Pampus argenteus*) و شوریده (*Otolithes ruber*) را بررسی کرده و گزارش کردند که طول و وزن ماهی و جنست، عوامل تأثیرگذاری در تجمع فلزات در ماهیان مورد بررسی است. در مطالعه حاضر، بدون در نظر گرفتن نوع بندر صیادی، الگوی پراکنش فلزات در بافت عضله ماهی هوور به صورت Cu>Zn>Fe>Ni>Mn>As>Hg>Cd>Pb>Cr بود و فلز مس با میانگین غلظت ۱۸/۳۹ میکروگرم در گرم، بالاترین مقدار و کروم با میزان تجمع ۰/۰۴ میکروگرم در گرم دارای کمترین میزان بود. نتایج این مطالعه با پژوهش Farokhzad (۲۰۱۸) قابل مقایسه است که بررسی الگوی تجمع زیستی فلزات سنگین مس، روی و سرب در سه گونه تن ماهی (زرده، گیدر، هوور مسقطی) دریای عمان را

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-26]

سنجش کردند. در این مطالعه، غلظت مس در سه ماهی زرده، گیدر و هوور مسقطی به‌ترتیب برابر با ۷/۱۲، ۳/۴۷ و ۴/۷۲ میکروگرم در گرم گزارش شد که نسبت به مطالعه حاضر (۱۸/۳۹) بسیار کمتر بود. برعکس در مطالعه حاضر، میزان تجمع فلزات روی (۱۸/۷۱) و سرب (۰/۳۲) در بافت عضله ماهی هوور نسبت به غلظت فلزات مذکور در مطالعه Farokhzad (۲۰۱۸) مقدار ۳۰/۵۷ برای روی و ۱/۱۰ برای سرب در ماهی هوور مسقطی، کمتر بود. در مطالعه Sadeghi و همکاران (۲۰۲۱) غلظت فلز کروم در گونه‌های مختلف ماهی صید شده از بنادر مختلف صیادی در سواحل ایرانی دریای عمان را در محدوده ۰/۸۸-۰/۴۳ میکروگرم در گرم گزارش نمودند که نسبت به مطالعه حاضر بالاتر بود. در جدول ۱۲، مقایسه کلی از میزان فلزات مختلف در این مطالعه با مطالعات گزارش شده در نقاط مختلف جهان به‌ویژه آبهای ایران و دریای عمان و اقیانوس هند ارائه شده است. از نظر مقایسه با حد مجاز توصیه شده آلاینده‌ها در آبزیان از سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا (USEPA)، در مـــطالعه حاضر، غلظت تمامی آلاینده‌ها به‌جز کادمیوم در بافت ماهی هوور کمتر بود. در تحقیقی مشابه از نظر مکان صید ماهی، Loghmani و همکاران (۲۰۲۲) غلظت‌های بالاتری از کادمیوم را نسبت به استانداردهای تعیین شده از سازمان فائو (۰/۵ میکروگرم در گرم) و WHO (۰/۱ میکروگرم در گرم) در ماهیان سارم دهان بزرگ (۱/۹ میکروگرم در گرم) و کفشک زبان گاوی (۲/۵۵ میکروگرم در گرم) گزارش کردند. کادمیوم جزء فلزات سمی بدون هیچ خاصیت مفید شناخته شده و حتی غلظت‌های پایین آن برای تمام موجودات سمی است. این عنصر با نیمه عمر بسیار طولانی و آثار زیان‌بار، بعد از جیوه، دومین عنصر خطرناک برای محیط زیست است (Zahran *et al*., 2015).

جدول ۱۲: مقایسه تجمع فلزات سنگین (µg/g وزن خشک) در عضله ماهی هوور در مطالعه حاضر با مطالعات دیگر

Table 12: Comparison of heavy metal accumulation (µg/g dry weight) in the muscle of longtail tuna in the present study with other studies

Location	Species	Zn	Fe	Cu	Pb	Cd	Hg	As	Cr	Mn	Ni	Reference
Indonesia	*Sconberomorus sp*	15.00	-	1.09	0.01	0.004	0.12	-	0.33	0.64	-	Agusa *et al*., 2007
Pakistan	*Katsuwonus pelamis*	7	46	7	-	-	-	-	-	6	-	Ahmad *et al*., 2017
Turkey	*Sarda sarda*	11.20	9.52	1.28	0.76	0.90	-	-	-	1.06	-	Tüzen, 2003
Turkey	*Sarda sarda*	48.7	73.5	0.84	0.76	0.90	-	1.06	-	2.68	-	Uluozlu *et al*., 2007
Turkey	*Scomber scombrus*	88.2	87.3	1.10	0.45	0.15	0.60	0.32	0.73	5.15	-	Tuzen, 2009
India	*Rastrelliger kanagurta*	29.82	75.3	4	-	1.10	9.50	0.97	-	1.5	-	Kumar *et al*., 2012
Iran	*Scomberomorus guttatus*	-	-	3.37	1.51	0.009	-	-	-	-	-	Dobaradaran *et al*., 2010
Malaysia	*Thunnus tonggol*	-	-	-	-	-	0.91	-	-	-	-	Hajeb *et al*., 2010
USA	*Thunnus tonggol*	-	-	-	-	-	0.22	1.03	-	-	-	Islam *et al*., 2010
Thailand	*Thunnus tonggol*	-	-	-	-	0.021	-	0.95	-	-	-	Kerdthep *et al*., 2009
Iran	*Scomberomorous commerson*	-	52.31	2.43	1.31	0.31	0.24	-	-	-	-	Khoshnood *et al*., 2012
Iran	*Thunnus tonggol*	16.63	17.50	18.39	0.25	0.27	0.32	0.55	0.04	1.73	8.30	Present study
USEPA Limits (µg/g wet weight)		120	-	120	4	0.2	0.5	-	8	-	-	USEPA, 2015

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-26]

کادمیوم به طور طبیعی همراه با روی، سرب و مس در معادن وجود دارد. این فلز به طور گسترده‌ای در فعالیت‌های انسانی (معدن‌کاوی، عملیات متالوژی، صنایع آبکاری و تولید پلاستیک وینیلی)، استفاده می‌شود و عمدتاً از طریق پساب ایجاد شده ناشی از این فعالیت‌ها، به محیط‌های آبی راه می‌یابد (Tewari *et al*., 2019). تجمع زیستی کادمیوم در بدن انسان می‌تواند باعث ایجاد بیماری‌های مختلفی (فقر آهن، تخریب کبد، برونشیت، دردهای شدید استخوانی، افزایش فشارخون، عقیم شدن، آسیب سیستم ایمنی، آسیب مغزی-عصبی و سرطان)، گردد (Ahmed *et al*., 2018). با این‌حال، مقایسه میزان کلی تجمع با استانداردهای تعیین شده لزوماً به معنی خطرناک بودن در طول حیات مصرف‌کننده نیست و برای ارزیابی دقیق‌تر میزان خطر، لازم است که مراجع مختلف از قبیل سازمان غذا و دارو آمریکا، میزان خطر را از طریق شیوه‌های تعیین شده برآورد نمایند. در مطالعه حاضر، نتایج تخمین میزان ورود روزانه و هفتگی میزان آلاینده‌های فلزی مختلف و مقایسه آن با حد مجاز ورود روزانه (PTDI) و هفتگی (PTWI)، در هر دو گروه مصرف‌کننده بزرگسال و کودک، نشان داد که میزان ورود روزانه و هفتگی تمامی فلزات به بدن مصرف‌کنندگان نسبت به حد مجاز، به میزان قابل ملاحظه‌ای کمتر است. حد مجاز میزان ورود روزانه یا هفتگی فلزات، برآوردی از میزان یک فلز است که می‌تواند در طول دوره زندگی، در بدن مصرف‌کننده، بدون ایجاد خطر، هضم شود (Loghmani *et al*., 2022). همچنین شاخص خطر هر فلز (HQ) و شاخص کلی خطر (THQ) در تمامی موارد برای افراد بزرگسال و کودک پایین‌تر از ۱ و در محدوده بی‌خطر بود. نتایج مشابهی در مطالعه Loghmani و همکاران (۲۰۲۲) و Sadeghi و همکاران (۲۰۲۱) در زمینه بی‌خطر بودن گونه‌های مختلف آبزی صید شده از دریای عمان برای مصرف‌کنندگان بزرگسال و کودک گزارش شد که در تطابق با نتایج مطالعه حاضر، هم‌خوانی داشت.

در مطالعه حاضر، سنجش غلظت فلزات سنگین مختلف شامل روی (Zn)، آهن (Fe)، مس (Cu)، سرب (Pb)، کادمیوم (Cd)، جیوه (Hg)، آرسنیک (As)، کروم (Cr)، منگنز (Mn) و نیکل (Ni) نشان داد که غلظت فلزات با توجه به محل صید ماهی (بنادر صیادی چابهار، بریس و پسابندر)، متفاوت بود. در بندر صیادی پسابندر، غلظت فلزات نسبت به دو بندر صیادی چابهار و بریس بالاتر بود. از نظر تخمین خطرات آلاینده‌ها بر سلامت انسان، نتایج نشان داد که میزان ورود روزانه و هفتگی تمامی فلزات به بدن مصرف‌کنندگان نسبت به حد مجاز، به میزان قابل ملاحظه‌ای کمتر بود. شاخص THQ در تمامی موارد مورد بررسی کمتر از ۱ بوده و نشان‌دهنده بی‌خطر بودن مصرف ماهی هوور بود. نتایج این مطالعه نشان داد که میزان آلاینده‌های فلزی مختلف در نمونه‌های ماهیان هوور صید شده از بنادر صیادی چابهار، بریس و پسابندر در مقایسه با استانداردهای مختلف پایین بود و از نظر سلامتی مصرف‌کننده، مصرف ماهیان هوور این مناطق هیچ‌گونه تأثیر سوئی بر سلامت مصرف‌کنندگان از نظر آلاینده‌های مورد بررسی در پی نخواهد داشت.

تشکر و قدردانی

از تمامی کارشناسان آزمایشگاه مرکزی دانشگاه دریانوردی و علوم دریایی چابهار که در انجام این پژوهش یاری رساندند، صمیمانه تقدیر و تشکر می‌گردد.

منابع

Agusa, T., Kunito, T., Sudaryanto, A., Supawat, Kan-Atireklap., Iwata, H., Ismail, A., Sanguansin, J., Muchtar, M., Tana, T.S. and Tanabe, S., 2007. Exposure assessment for trace elements from consumption of marine fish in Southeast Asia. *Environmental Pollution*, 145:766-777. DOI:10.1016/j.envpol.2006.04.034

Ahmed, Q., Bat, L. and Yousuf, F., 2017. Contamination of Cu, Zn, Fe and Mn in *Katsuwonus pelamis* (Linnaeus, 1758) from Karachi fish harbor and potential risks to human health. *International Journal of Marine Science*, 7:1-9. DOI:10.5376/ijms.2017.07.0009

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-26]

Ahmed, Q., Bat, L., Öztekin, A. and Mohammad Ali, Q., 2018. A Review on Studies of Heavy Metal Determination in Mackerel and Tuna (Family-Scombridae) fishes. *Journal of Anatolian Envirinmental and Animimal Sciences*, 3(3):107-123. https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/575951

AOAC (Association of Official Analytical Chemists), 2000. Official methods of analysis, 15th ed. Association of Official Analytical Chemists, Arlington, VA, USA.

Bosch, A.C., O'Neill, B., Sigge, G.O., Kerwath, S.E. and Hoffman, L.C., 2016. Heavy metals in marine fish meat and consumer health: a review. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 96(1): 32-48. DOI:10.1002/jsfa.7360

Dobaradaran, S., Naddafi, K., Nazmara, S. and Ghaedi, H., 2010. Heavy metals (Cd, Cu, Ni and Pb) content in two fish species of Persian Gulf in Bushehr Port, Iran. *African Journal of Biotechnology*, 9:6191-6193. DOI:10.5897/AJB09.2020

FAO, 2024. The state of world fisheries and aquaculture 2024: Blue Transformation in Action. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations. DOI:10.4060/CD0683EN

Farokhzad, S., 2018. Evaluation of heavy metal bioaccumulation pattern in three different species of tuna fish (kawakawa, yellowfin, longtail) from Oman Sea. Master thesis in Marine Biology, Chabahar Maritime University, Iran. 84 P. (In Persian)

Fathabad, A.E., Shariatifar, N., Moazzen, M., Nazmara, S., Fakhri, Y. and Alimohammadi, M., 2018. Determination of heavy metal content of processed fruit products from Tehran's market using ICP-OES: a risk assessment study. *Food Chemical Toxicology*, 115:436-446. DOI:10.1016/j.fct.2018.03.044

Hajeb, P., Jinap, S. and Ahmad, I., 2010. Biomagnifications of mercury and methylmercury in tuna and mackerel. *Environmental Monitoring and Assessment*, 171:205-217. DOI:10.1007/s10661-009-1272-3

IFO (Iran Fisheries Organization), 2020. Annual Iranian Fisheries Statistics 2014 and 2018. Fisheries Design and Program Office, Tehran, Iran. 64 P. (In Persian)

IOTC (Indian Ocean Tuna Commission), 2023. Assessment of Indian Ocean Longtail Tuna (*Thunnus tonggol*) Using Data-Limited Methods. IOTC-2023-WPNT13-14.

Islam, M.M., Bang, S. Kyoung-Woong, K., Ahmed, M.K. and Jannat, M., 2010. Heavy metals in frozen and canned marine fish of Korea. *Journal of Science Research*, 2(3):549-557. DOI:10.3329/jsr.v2i3.4667

Kerdthep, P., Tongyonk, L. and Rojanapantip, L., 2009. Concentrations of cadmium and arsenic in seafood from Muang District, Rayong Province. *Journal of Health Research*, 23:179-184.

Khoshnood, Z., Khoshnood, R., Mokhlesi, A., Ehsanpour, M., Afkhami, M. and Khazaali, A., 2012. Determination of Cd, Pb, Hg, Cu, Fe, Mn, Al, As, Ni and Zn in important commercial fish species in

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-26]

northern of Persian Gulf. *Journal of Cell and Animal Biology*, 6:1-9. DOI:10.5897/JCAB11.078

Kumar, B., Sajwan, K.S. and Mukherjee, D.P., 2012. Distribution of heavy metals in valuable coastal fishes from north east coast of India. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 12:81-88. DOI:10.4194/1303-2712-v12_1_10

Loghmani, M., Tootooni, M.M. and Sharifian, S., 2022. Risk assessment of trace element accumulation in two species of edible commercial fish *Scomberoides commersonnianus* and *Cynoglossus arel* from the northern waters of the Oman Sea. *Marine Pollution Bulletin*, 174:113201. DOI:10.1016/j.marpolbul.2021.113201

Mortazavi, M.S. and Sharifian, S., 2012. Metal concentrations in two commercial fish from Persian Gulf, in relation to body length and sex. *Bulletin of environmental contamination and toxicology*, 89(3):450-454. DOI:10.1007/s00128-012-0702-z

Sadeghi, P., Loghmani, M., Yousuf, D.Y. and Taghizadeh Rahmat Abadi, Z., 2021. Ecological and human health risk assessment of trace element pollution in sediments and five important commercial fishes of the Oman Sea. *Marine Pollution Bulletin*, 173:112962. DOI:10.1016/j.marpolbul.2021.112962

Tewari, S., Bajpai, S. and Tripathi, M., 2019. Effect of cadmium on glycogen content in muscle, liver, gill and kidney tissues of freshwater fish *Channa punctatus* (Bloch). *Journal of Applied and Natural Science*, 11(2):575-580. DOI:10.31018/jans.v11i2.2115

Tuzen, M., 2009. Toxic and essential trace elemental contents in fish species from the Black Sea, Turkey. *Food and Chemical Toxicology*, 47: 1785-1790. DOI:10.1016/j.fct.2009.04.029

Tuzen, M., 2003. Determination of heavy metals in fish samples of the middle Black Sea (Turkey) by graphite furnace atomic absorption spectrometry. *Food Chemistry*, 104(2):835-840. DOI:10.1016/S0308-8146(02)00264-9

Uluozlu, O.D., Tuzen, M., Mendil, D. and Soylak, M., 2007. Trace metal content in nine species of fish from the Black and Aegean Seas, Turkey. *Food Chemistry*, 104(2):835-840. DOI:10.1016/j.foodchem.2007.01.003

USEPA (US Environmental Protection Agency), 2015. Human health risk assessment. In: Regional screening level (RSL) summary table. Updated September 2016. Available at: https://www.epa.gov/risk/regional-screening-levels-rsls-generic-tables (accessed 15 March 2025).

Zahran, M.A.E. K., El-Amier, Y.A., Elnaggar, A.A., Mohamed, H.A.E.A. and El-Alfy, M.A.E.H., 2015. Assessment and distribution of heavy metals pollutants in Manzala Lake, Egypt. *Journal of Geoscience and Environment Protection*, 3(6):107-112. DOI:10.4236/gep.2015.36017

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-26]