دانشگاه گنبد کاووس
نشریه "پژوهش‌های ماهی شناسی کاربردی"
دوره پنجم، شماره چهارم، زمستان ۹۶
http://jair.gonbad.ac.ir

تجمع فلزات سنگین کادمیوم، مس، روی و نیکل در بافت عضله ماهی حسون معمولی *Saurida tumbil* (Bloch, 1795) و سلطان ابراهیم *Nemipterus japonicus* (Bloch, 1791) در دریای عمان

پدرام حاتمی[۱]، ابوالفضل ناجی*[۲] و محسن صفایی[۲]

[۱]دانش‌آموخته کارشناسی ارشد شیلات، دانشکده علوم و فنون دریایی، دانشگاه هرمزگان، بندرعباس، ایران
[۲]استادیار گروه شیلات، دانشکده علوم و فنون دریایی، دانشگاه هرمزگان، بندرعباس، ایران

تاریخ ارسال: ۹۶/۰۴/۰۶ ؛ تاریخ پذیرش: ۹۶/۷/۲۴

چکیده

فلزات سنگین به‌عنوان یکی از آلاینده‌های محیط آبی، در بدن موجودات آبزی از جمله ماهی تجمع می‌یابند و خطر بالقوه‌ای برای سلامتی موجودات زنده، به‌خصوص انسان محسوب می‌گردند. مطالعه حاضر، در تابستان ۱۳۹۵، جهت بررسی مقادیر فلزات سنگین کادمیوم، مس، روی و نیکل در بافت خوراکی ماهی حسون معمولی (*S. tumbil*) و سلطان ابراهیم (*N. japonicus*) دریای عمان و ارزیابی خطر سلامت ناشی از مصرف این ماهیان برای انسان، انجام شد. میزان فلزات سنگین مورد مطالعه به‌وسیله دستگاه جذب اتمی تعیین گردید. میانگین غلظت فلزات کادمیوم، مس و روی در بافت عضله ماهی حسون معمولی به‌ترتیب ۰/۰۳±۰/۱۳، ۰/۰۸±۰/۸۳، ۳/۶۴±۱۱/۳۳ و میانگین غلظت فلزات مس و روی در بافت عضله ماهی سلطان ابراهیم به‌ترتیب ۰/۰۷±۰/۶۱، ۱/۴±۱۰/۰۹ میکروگرم برگرم وزن خشک اندازه‌گیری گردید. میزان غلظت کادمیوم در ماهی سلطان ابراهیم و نیکل در هر دو ماهی مورد مطالعه، کمتر از حد قابل تشخیص دستگاه برحسب وزن خشک بود. مقایسه میانگین‌های مقادیر فلزات سنگین روی و مس در بافت عضله دو گونه، با استفاده از آزمون T-test تفاوت معنی‌داری را نشان نداد. غلظت فلزات در نمونه‌های ماهی آنالیز شده در مقایسه با استانداردهای بین‌المللی FAO، WHO، FDA، NHMRC و UKMAFF پایین‌تر بود. همچنین، میزان جذب روزانه (EDI)، برای مصرف‌کنندگان کودک و بزرگسال، پایین‌تر از دوز مرجع سازمان EPA و مصرف قابل تحمل (TI) سازمان FAO/WHO به‌دست آمد. در ارزیابی خطر سلامتی، میزان پتانسیل خطر (THQ) و شاخص خطر (HI)، برای

*نویسنده مسئول: abolfazlnaji@gmail.com

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-05-13]

دو گروه سنی، در مصرف ۱، ۳ و ۷ روز در هفته، کمتر از ۱ به‌دست آمد. بنابراین، احتمال خطرپذیری برای بیماری‌های غیرسرطانی و عوارض نامطلوب بهداشتی در افراد مصرف‌کننده دو گونه ماهی مورد مطالعه وجود ندارد.

واژه‌های کلیدی: ***S. tumbil*، *N. japonicus*، فلزات سنگین، میزان جذب روزانه (EDI)، پتانسیل خطر (THQ)، دریای عمان.**

مقدمه

افزایش تقاضا برای محصولات آبزی، به‌عنوان یک منبع ارزشمند غذایی، به‌ویژه در سالیان اخیر موجب رشد و توسعه همه جانبه صنعت ماهیگیری و استحصال آبزیان در کشور شده است. همگام با افزایش تقاضا، افزایش روند آلودگی محیط‌های آبی، احتمال بروز مشکلات کیفی در این منبع ارزشمند غذایی را به شکل جدی تشدید کرده است (Liamanso *et al*., 1999; Fowler, 1986). دریای عمان نیز همانند اکثر نواحی ساحلی جهان با مشکلات عدیده‌ای همچون آلودگی‌های نفتی و دیگر مواد آلاینده مواجه شده است. این دریا با دسترسی به دریای عرب و اقیانوس هند، رابط مهمی بین آب‌های آزاد اقیانوسی و خلیج فارس بوده و برای مسیر کشتی‌هایی که فرآورده‌های نفتی را حمل می‌کنند، اهمیت حیاتی دارد (Davar *et al*., 2010). میزان کل صید آبزیان در ایران، ۵۷۵/۵۱۲ تن در سال ۱۳۹۳ برآورد شده است که از این مقدار، ۵۳۵/۸۶۵ تن به آب‌های جنوبی کشور تعلق داشته است. ۲۱۳/۶۹۵ تن از میزان صید آب‌های جنوب (۳۹/۸۷٪)، مربوط به دریای عمان در استان سیستان و بلوچستان بوده و در بین چهار استان جنوبی رتبه‌ی دوم را دارا می‌باشد (IFO, 2015).

آلودگی‌های ناشی از تردد شناورها در محیط دریایی منطقه چابهار و آلودگی‌های نفتی ناشی از آنها، تأسیسات بندری و ضایعات آنها و سایر فعالیت‌های انسانی در محیط ساحلی منطقه باعث وارد آمدن خساراتی به این محیط‌ها گردیده است (Ebrahimzadeh and Karimi, 2010). فلزات سنگین از معمول‌ترین آلاینده‌هایی هستند که به طور طبیعی در محیط زیست و در مقادیر متفاوت، در تمام زمین و آب‌های سطحی یافت می‌شوند (Wu and Chen, 2004). اثر فلزات سمی می‌تواند به صورت حاد، مزمن یا تحت مزمن باشد، همچنین برخی از این فلزات سرطان‌زا، جهش‌زا و یا آسیب‌زا[1] هستند (El-Morshedi *et al*., 2014). کادمیوم به عنوان فلزی غیر ضروری و سمی، دارای پتانسیل بالا برای تغلیظ زیستی و انباشت در اندام‌های گوناگون ماهی می‌باشد (Yin *et al*., 2012). تمرکز بیش از حد کادمیوم در بدن موجب بروز ناراحتی‌هایی همچون خستگی، برونشیت، تخریب کلیه، افزایش فشار خون

1. Teratogenese

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-05-13]

و تصلب شرایین می‌شود (Brahman *et al*., 2013; Dehghani and Abbasnejad, 2011). عنصر مس در تشکیل هموگلوبین، سلامت گلبول قرمز، متابولیسم انرژی و آنتی‌اکسیدان‌ها نقش داشته و فاکتور ضروری برای انواع آنزیم‌ها محسوب می‌گردد (Ahmadizadeh, 1997). وجود مس به مقدار بالا باعث ایجاد بیماری‌هایی از قبیل کم‌خونی، تغییرات در استخوان‌ها، افزایش کلسترول و نیز گاهی منجر به مرگ می‌شود (Farias *et al*., 2003; Mukherjee *et al*., 2006). فلز روی جهت انجام بسیاری از واکنش‌های حیاتی و فرآیندهای مختلف آنزیمی در بدن موجودات نقش مهمی ایفا می‌کند (Esmaeili, 2002). این فلز پس از مس، از پرمصرف‌ترین فلزات صنعتی است (Hogstrand *et al*., 1996). مقادیر بیش از حد روی منجر به صدمه سیستم گوارشی، غدد درون‌ریز، سیستم خون‌سازی و بافت پوست می‌گردد (Jalali Jafari and Aghazadeh Meshgi, 2006). وجود مقدار اندک نیکل در مواد غذایی برای بدن ضروری است (Velayatzadeh *et al*., 2013). از عوارض مسمومیت با نیکل می‌توان به سردرد، بی‌خوابی، تهوع، سرگیجه، التهاب پوست و سرطان ریه اشاره نمود (Dallinger, 1987). باتوجه به قرار گرفتن ماهی در بالای زنجیره آبی، انباشت انواع گوناگون آلاینده‌ها، از جمله فلزات سنگین در بافت‌های ماهی به آسانی امکان‌پذیر است (Merciai *et al*., 2014).

ماهی حسون معمولی (*Saurida tumbil*) در خانواده‌ی کیجار ماهیان (Synodontidae) قرار دارد و از جمله ماهیان نزدیک به کف آبهای دریای عمان و خلیج فارس می‌باشد. این ماهی گوشتخوار بوده و از خانواده‌های مختلفی از ماهیان و دیگر آبزیان دریاها تغذیه می‌کند. ماهی حسون، از اهداف مهم شیلات جهت بهره‌برداری محسوب شده و سالیانه به میزان زیادی صید و در بازارهای داخلی مصرف می‌شود یا به‌عنوان صادرات، بخشی از درآمد حاصل از منابع شیلات را به‌خود اختصاص می‌دهد (Mormede and Davies, 2001). این گونه از نظر فراوانی در دریای عمان، رتبه ۶ و در خلیج فارس رتبه ۳ را داراست (Valinassab *et al*., 2006). ماهی سلطان ابراهیم در خانواده گوازیم ماهیان (Nemipteridae) جای دارد. آنها گوشتخوار هستند و عمدتاً به تغذیه از انواع متنوعی از بی‌مهرگان کفزی می‌پردازند. گوازیم ماهیان خوراکی بوده و گوشت بسیار مطلوبی دارند و در بعضی از نواحی، بخش قابل توجهی از صید را به خود اختصاص می‌دهند (Sattari *et al*., 2003). همچنین میزان ذخایر این ماهی طی سال‌های اخیر در خلیج فارس و دریای عمان افزایش یافته و جزء ده گونه غالب محسوب می‌گردد (Valinassab *et al*., 2006). به طور معمول بافت‌های عضله‌ای ماهی به دلیل مأکول بودن و تأثیری که بر سلامت مصرف‌کنندگان خود دارد، می‌تواند به‌عنوان مهم‌ترین بخش از موجود زنده به منظور ارزیابی پتانسیل خطر مورد مطالعه قرار گیرد (Eisler, 2006).

باتوجه به این‌که ماهیان تجاری و با ارزش موجود در دریای عمان، به‌عنوان منبع پروتئین در دسترس و با قیمت مناسب بوده و بخش عمده‌ای از رژیم غذایی مردم منطقه را تشکیل می‌دهند، از

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-05-13]

این‌رو، پژوهش حاضر به‌منظور تعیین غلظت کادمیوم، مس، روی و نیکل در عضله دو گونه از ماهیان دریای عمان، شامل ماهی حسون معمولی (*S. tumbil*) و سلطان ابراهیم (*N. japonicus*) و بررسی خطر مصرف آن توسط ساکنان منطقه انجام شد.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی مقادیر تجمع فلزات مورد مطالعه، تعداد ۶ عدد از هر ماهی به صورت تصادفی از صید حاصل از کشتی صیادی ترالر پاشنه (Stern Trawler) فردوس ۱ شهرستان چابهار، در تابستان ۱۳۹۵ خریداری گردید. ابتدا نمونه‌های ماهی با آب مقطر شست و شو داده شد تا پوشش لزج و ذرات خارجی جذب کننده فلزات از سطح بدن دفع گردد و پس از رسیدن به دمای محیط و انجام کدگذاری، با استفاده از خط‌کش زیست‌سنجی با دقت ۰/۱ سانتی‌متر، طول آنها اندازه‌گیری شد. جداسازی بافت‌های عضله با استفاده از کارد استیل طبق استاندارد UNEP (۱۹۸۴) انجام شد. مقدار ۲۰ الی ۳۰ گرم از بافت عضله در بخش بالایی بدن و زیر باله پشتی جدا گردید. تمامی ظروف آزمایشگاهی ابتدا توسط مواد شوینده شسته شده و به‌مدت ۲۴ ساعت داخل ظرف محتوی اسید نیتریک ۱۵٪ قرار داده شد، سپس مجدداً با آب مقطر دوبار تقطیر شستشو و خشک گردید (MOOPAM, 1999). بافت‌های جدا شده، به‌منظور رسیدن به یک وزن ثابت، به‌مدت ۲۴ ساعت در آون و در دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت تا کاملاً خشک شود (Gu *et al*., 2015) و با استفاده از آسیاب برقی پودر شد. میزان ۱ گرم از هر نمونه خشک و هموژنیزه شده عضله، با استفاده از ترازوی الکتریکی با دقت ۰/۰۰۱ گرم، توزین و سپس به لوله‌های آزمایش ۲۵ میلی‌لیتری جداگانه منتقل گردید و مقدار ۱۰ میلی‌لیتر اسید نیتریک ۶۵٪ به آن اضافه شد. نمونه‌ها به مدت حداقل ۱ ساعت در دمای اتاق و زیر هود قرار داده شد تا هضم اولیه صورت گیرد. پس از آن، درب لوله‌های آزمایش کاملاً بسته شد و به‌مدت ۳ ساعت در دمای ۱۴۰°C روی هات پلت قرار گرفت تا هضم نهایی صورت پذیرد. هضم اسیدی جهت آزاد کردن تمامی اتصالات فلز با بافت‌ها انجام شد. محلول‌های شفاف، پس از عبور از کاغذ صافی واتمن ۴۰ میکرونی، به داخل بالن ژوژه ۲۵ میلی‌لیتری جداگانه انتقال یافت و با آب مقطر دوبار تقطیر به حجم ۲۵ میلی‌لیتر رسانده شد. پس از آن، نمونه‌ها در بالن‌های ژوژه درب‌دار و در محیط یخچال در دمای ۴°C تا زمان آنالیز نگه‌داری گردید (MOOPAM, 1999). نمونه‌ها، جهت آنالیز شیمیایی به آزمایشگاه اداره محیط زیست شهرستان چابهار فرستاده شد و جهت تعیین غلظت فلزات، از دستگاه جذب اتمی شعله‌ای مدل (Agilent Technologies-AA200) استفاده گردید. پس از کالیبره کردن دستگاه با نمونه‌های استاندارد، نمونه‌های اصلی به دستگاه تزریق شد و میانگین جذب آنها طی ۳ بار مکش توسط دستگاه خوانده شد. از هر نمونه ۳ تکرار آماده سازی و آنالیز گردید و میانگین

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-05-13]

آنها جهت غلظت نهایی در نظر گرفته شد. ضمناً به همراه هر یک از نمونه‌ها، یک نمونه شاهد اسیدی تهیه و همراه با دیگر نمونه‌ها آنالیز شد که فلزات در آن شناسایی نشد. در جدول ۱ مقادیر اندازه‌گیری شده استاندارد مرجع توسط دستگاه جذب اتمی ارائه گردیده است.

جدول ۱- غلظت فلزات در استاندارد مرجع (تعداد تکرار ۳ می‌باشد)

عناصر	طول موج (nm)	غلظت مرجع (µg/g)	غلظت محاسبه شده (µg/g)	درصد بازیابی
کادمیوم	۲۲۸/۶	۲۶/۷۰±۰/۶	۲۸/۰۳±۰/۳	۱۰۵±۱
مس	۳۲۴/۸	۱۰۶/۰۰±۱۰	۱۰۲/۸۰±۳	۹۷±۳
روی	۲۱۳/۹	۱۸۰/۰۰±۶	۱۷۴/۶۰±۴	۹۷±۲
نیکل	۲۳۲/۰	۲/۵۰±۰/۱۹	۲/۴۵±۰/۱۵	۹۸±۶

میزان جذب آلاینده از طریق ماده غذایی (Estimated Daily Intake)، با استفاده از فرمول زیر محاسبه گردید (USEPA, 1989). با توجه به آنکه ماهی به صورت وزن تر مورد مصرف قرار می‌گیرد، بدین منظور، میزان فلز برحسب وزن تر، از رابطه فاکتور تصحیح وزن خشک به وزن تر (۰/۲)، ضرب در مقدار غلظت فلز برحسب وزن خشک، محاسبه شد (UNEP, 1984). مطابق دستورالعمل USEPA (۱۹۸۹)، فرض شد که میزان هضم برابر با میزان جذب آلاینده باشد و عمل پخت هیچ اثری بر روی آلاینده نداشته باشد (Naji *et al*., 2016).

$$EDI = \frac{Mc \times CR}{ABW}$$

با فرض این‌که منبع دیگری از فلزات سنگین مورد مطالعه در رژیم غذایی مصرف کنندگان وجود نداشته باشد، حداکثر مصرف مجاز روزانه ماهی (Maximum allowable fish Consumption Rate)، برای این‌که دارای هیچ‌گونه اثر ناسازگاری برای سلامتی انسان نباشد، از طریق فرمول زیر به‌دست آمد (USEPA, 2000).

$$CR_{lim} = \frac{RfD \times ABW}{C_m}$$

برای محاسبه احتمال خطرپذیری افراد به بیماری‌های غیرسرطانی (Quotient Hazard Target)، از فرمول ارائه شده توسط سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا (USEPA) استفاده شد. به عبارت دیگر، پتانسیل خطر فلزات کادمیوم، نیکل، مس و روی به بیماری‌های غیرسرطانی، با استفاده از فرمول زیر محاسبه گردید (USEPA, 2000).

$$THQ = \frac{EF \times ED \times CR \times Mc}{RFD \times ABW \times AET}$$

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-05-13]

به‌منظور ارزیابی ریسک سلامتی در ارتباط با مصرف ماهی، خطرپذیری کل یا شاخص خطر (Hazard Index)، از فرمول زیر محاسبه شد (Li *et al*., 2013).

$$HI = \sum THQ = THQ_{Cd} + THQ_{Zn} + THQ_{Cu} + THQ_{Ni}$$

EDI = میزان جذب روزانه فلزات از طریق مصرف ماهی (میلی‌گرم/کیلوگرم وزن بدن/روز)، C_m=Mc= غلظت فلز در بافت مورد مصرف ماهی (میلی‌گرم/کیلوگرم برحسب وزن‌تر)، CR = نرخ مصرف روزانه ماهی که برای بزرگسالان ۲۲۷ گرم/روز (USEPA, 2000) و برای کودکان ۶ ساله، ۱۱۴ گرم/روز می‌باشد (Copat *et al*., 2013)، ABW=BW= میانگین وزن بدن مصرف کننده که برای بزرگسالان ۷۰ کیلوگرم (USEPA, 2000) و برای کودکان ۶ ساله، ۱۶ کیلوگرم است (Copat *et al*., 2013)، CR_{lim} = حداکثر مصرف قابل قبول روزانه ماهی (کیلوگرم/روز)، RfD= دوز مرجع یا جذب مجاز روزانه (میلی‌گرم/کیلوگرم/روز) که طبق مقادیر ارائه شده توسط USEPA، برای کادمیوم ۰/۰۰۱، روی ۰/۳، مس ۰/۰۴ و نیکل ۰/۰۲ میلی‌گرم/کیلوگرم/روز است (USEPA, 2015)، C_m=Mc= غلظت فلز در بافت مورد مصرف ماهی (میلی‌گرم/کیلوگرم برحسب وزن تر)، THQ= پتانسیل خطر، HI=مجموع خطرات ناشی از فلزات، EF= فرکانس مواجهه (از ۳۶۵ روز در سال برای افرادی که ۷ بار در هفته، تا ۵۲ روز در سال برای مردمی که یک بار در هفته ماهی مصرف می‌کنند)، ED= کل مدت زمان مواجهه (۷۰ سال در بزرگسالان و ۶ سال در کودکان)، AET= میانگین روزها که از رابطه ED×EF (ED×۳۶۵) به دست می‌آید (USEPA, 2000).

به‌منظور تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها، از نرم‌افزار SPSS-16 و جهت رسم جداول و نمودارها از نرم‌افزار Excel- 2007 استفاده گردید. در ابتدا، نرمال بودن داده‌ها با استفاده از آزمون کولموگروف اسمیرونوف، مورد بررسی قرار گرفت و پس از تایید، برای مقایسه میانگین‌های مقادیر فلزات سنگین (کادمیوم، مس، روی و نیکل) در بافت خوراکی ماهیان حسون معمولی و سلطان ابراهیم، از آزمون T-test استفاده شد. همچنین، جهت بررسی وجود همبستگی بین فلزات مورد مطالعه در هر ماهی، آزمون همبستگی پیرسون مورد استفاده قرار گرفت.

نتایج

نتایج حاصل از اندازه‌گیری تجمع فلزات سنگین کادمیوم، مس، روی و نیکل در بافت عضله ماهی حسون معمولی و سلطان ابراهیم در جدول ۲، آورده شده است. بر اساس یافته‌های حاصل از این پژوهش، میانگین فلزات سنگین مورد مطالعه در بافت عضله ماهی حسون معمولی به صورت روی> مس>کادمیوم و در عضله ماهی سلطان ابراهیم به صورت روی>مس به دست آمد. همچنین،

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-05-13]

میزان تجمع کادمیوم در ماهی سلطان ابراهیم و نیکل در هر دو ماهی، کمتر از حد تشخیص دستگاه (nd) برحسب وزن خشک تعیین شد.

جدول ۲- میانگین غلظت فلزات کادمیوم، مس، روی و نیکل (میکروگرم در گرم وزن خشک) در بافت عضله ماهی حسون معمولی (*S. tumbil*) و سلطان ابراهیم (*N. japonicas*) دریای عمان (چابهار)، تابستان ۱۳۹۵

گونه	کادمیوم	مس	روی	نیکل
حسون معمولی (*S. tumbil*)	(۰/۰۲) ۰/۱۳±۰/۰۳	(۰/۱۶) ۰/۸۳±۰/۰۸	(۲/۲۶) ۱۱/۳۳±۳/۶۴	nd
سلطان ابراهیم (*N. japonicus*)	Nd	(۰/۱۲) ۰/۶۱±۰/۰۷	(۲/۰۱) ۱۰/۰۹±۱/۴	nd

اعداد داخل پرانتز، بیانگر غلظت فلزات سنگین بر اساس وزن تر می‌باشد.

آزمون کولموگروف اسمیرونوف نشان داد که داده‌ها دارای توزیع نرمال می‌باشند. مقایسه میانگین‌های مقادیر فلزات سنگین در بافت خوراکی ماهیان حسون معمولی و سلطان ابراهیم با استفاده از آزمون T-test نشان داد که بین میانگین غلظت فلزات روی و مس در دو گونه از ماهیان با یکدیگر اختلاف آماری معنی داری وجود نداشت (p-value≥۰/۰۵) و غلظت فلزات سنگین روی و مس در بافت ماهیان مورد مطالعه به‌طور یکنواخت بود.

جهت بررسی وجود همبستگی بین فلزات موجود در هر گونه، از آزمون همبستگی پیرسون استفاده گردید. نتایج این آزمون نشان داد که بین تجمع فلزات کادمیوم و روی و همچنین مس و روی در بافت عضله ماهی حسون معمولی، همبستگی منفی معنی‌داری وجود داشت (p-value≤۰/۰۵)، اما بین عنصر کادمیوم و مس در این ماهی هیچ‌گونه همبستگی‌ای مشاهده نشد. همچنین، در بافت عضله ماهی سلطان ابراهیم، بین تجمع فلزات مس و روی همبستگی منفی معنی‌داری مشاهده گردید (p-value≤۰/۰۵).

مقادیر جذب روزانه (EDI) محاسبه شده در این مطالعه، در جدول شماره ۳ ارائه گردیده است. بیشترین میزان جذب روزانه (EDI)، مربوط به فلز روی در ماهی حسون معمولی برای کودکان (۱۶/۱۵ میکروگرم بر کیلوگرم وزن بدن در روز) و کمترین میزان آن مربوط به فلز کادمیوم در ماهی حسون معمولی برای بزرگسالان (۰/۰۸ میکروگرم بر کیلوگرم وزن بدن در روز) مشاهده شد. مقایسه میزان جذب روزانه فلزات کادمیوم، مس و روی با مقادیر دوز مرجع سازمان EPA (به ترتیب ۱/۰، ۴۰/۰ و ۳۰۰/۰ میکروگرم بر کیلوگرم در روز) و مصرف قابل تحمل (TI) پیشنهاد شده توسط سازمان بهداشت جهانی و فائو (به ترتیب ۱، ۵۰۰ و ۱۰۰۰-۳۰۰)، نشان داد که میزان جذب روزانه فلزات در ماهی

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-05-13]

حسون معمولی و سلطان ابراهیم، پایین‌تر از حداکثر میزان قابل قبـول توسط این سازمان‌ها می‌باشـد. همچنین عدم آلودگی شدید عناصر مورد مطالعه برای هر دو گونه و سالم بودن آن برای تغذیه انسان مشخص گردید.

جدول ۳- میزان جذب روزانه (Daily intake) فلزات سنگین کادمیوم، مس، روی و نیکل در بزرگسالان (ب) و کودکان (ک)، در مقایسه با مصرف قابل تحمل (TI) پیشنهاد شده توسط کمیسیون مشترک FAO/WHO، بر اساس مصرف عضله ماهی حسون معمولی (*S. tumbil*) و سلطان ابراهیم (*N. japonicas*) دریـای عمـان (چابهار)، تابستان ۱۳۹۵

فلزات	مصرف قابل تحمل TI (میکروگرم/کیلوگرم/روز)	دوز مرجع (میکروگرم/ کیلوگرم/روز)	میزان جذب روزانه (EDI) (میکروگرم/کیلوگرم وزن بدن/روز)			
			حسون معمولی		سلطان ابراهیم	
			(ب)	(ک)	(ب)	(ک)
کادمیوم	۱	۱/۰	۰/۰۸	۰/۱۹	–	–
مس	۵۰۰	۴۰/۰	۰/۵۴	۱/۱۸	۰/۳۹	۰/۸۷
روی	۳۰۰-۱۰۰۰	۳۰۰/۰	۷/۳۵	۱۶/۱۵	۶/۵۴	۱۴/۳۹
نیکل	–	۲۰/۰	–	–	–	–

در تحقیق حاضر، بالاترین مقدار مصرف مجاز روزانه (CR_{lim})، مربوط به ماهی سلطان ابراهیم، برای بزرگسالان و بر اساس فلز مس (۲۲/۷۰ کیلوگرم در روز) و کمترین میزان آن مربوط به ماهی حسون معمولی برای کودکان و بر اساس فلز کادمیوم (۰/۶ کیلوگرم در روز) مشاهده شد که در جدول ۴ آورده شده است.

جدول ۴- مقادیر حداکثر مصرف قابل قبول روزانه ماهی (CR_{lim}) برای فلزات (میلی‌گرم در کیلوگرم وزن تر) در بزرگسالان (ب) و کودکان (ک)، بر اساس مصرف عضله ماهی حسون معمولی (*S. tumbil*) و سلطان ابراهیم (*N. japonicas*) دریای عمان (چابهار)، تابستان ۱۳۹۵

گونه	فلزات	دوز مرجع (میلی‌گرم/کیلوگرم/روز)	غلظت فلزات (میلی‌گرم/کیلوگرم وزن تر)	CR_{lim} (کیلوگرم/روز)	
				(ب)	(ک)
حسون‌معمولی	کادمیوم	۰/۰۰۱	۰/۰۲	۲/۶۲	۰/۶
	مس	۰/۰۴	۰/۱۶	۱۶/۸	۳/۸۴
	روی	۰/۳	۲/۲۶	۹/۲۶	۲/۱۱
	نیکل	۰/۰۲	–	–	–
سلطان ابراهیم	کادمیوم	۰/۰۰۱	–	–	–
	مس	۰/۰۴	۰/۱۲	۲۲/۷۰	۵/۱۸
	روی	۰/۳	۲/۰۱	۱۰/۳۹	۲/۳۷
	نیکل	۰/۰۲	–	–	–

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-05-13]

در ارزیابی پتانسیل خطر، مقادیر خطر بالقوه (THQ) هر یک از عناصر مورد مطالعه و مجموع خطرات ناشی از فلزات (HI)، در جدول ۵ ارائه گردیده است. بیشترین مقدار THQ مربوط به فلز کادمیوم در بافت عضله ماهی حسون معمولی و برای گروه سنی کودکان (۰/۱۹) و کمترین میزان آن مربوط به فلز مس در بافت عضله ماهی سلطان ابراهیم، برای گروه سنی بزرگسالان (۰/۰۰۱) مشاهده شد. همچنین، بیشترین مقدار HI، در بافت عضله ماهی حسون معمولی و برای گروه سنی کودکان (۰/۲۷۳) و کمترین میزان آن در بافت عضله ماهی سلطان ابراهیم برای گروه سنی بزرگسالان (۰/۰۰۴) مشاهده گردید. به طور کلی، میزان THQ و HI در مورد فلزات مورد مطالعه، بر اساس مصرف عضله ماهی حسون معمولی و سلطان ابراهیم، در مصرف ۷، ۳ و ۱ روز در هفته و برای هر دو گروه سنی، کمتر از ۱ به دست آمد.

جدول ۵- میزان پتانسیل خطر برای بیماری‌های غیرسرطانی (THQ) و شاخص خطر (HI) فلزات سنگین، در بزرگسالان (ب) و کودکان (ک)، بر اساس مصرف عضله ماهی حسون معمولی (*S. tumbil*) و سلطان ابراهیم (*N. japonicas*) دریای عمان (چابهار)، تابستان ۱۳۹۵

گونه	دفعات در معرض قرارگیری (روز/هفته)	پتانسیل خطر (THQ)								شاخص خطر (HI)	
		کادمیوم		مس		روی		نیکل			
		(ب)	(ک)	(ب)	(ک)	(ب)	(ک)	(ب)	(ک)	(ب)	(ک)
حسون معمولی	۱	۰/۰۱۲	۰/۰۲۷	۰/۰۰۲	۰/۰۰۴	۰/۰۰۳	۰/۰۰۸	-	-	۰/۰۱۷	۰/۰۳۸
	۳	۰/۰۳۶	۰/۰۸۱	۰/۰۰۶	۰/۰۱۲	۰/۰۱۰	۰/۰۲۳	-	-	۰/۰۵۳	۰/۱۱۶
	۷	۰/۰۸۶	۰/۱۹	۰/۰۱۳	۰/۰۲۹	۰/۰۲۴	۰/۰۵۳	-	-	۰/۱۲۴	۰/۲۷۳
سلطان ابراهیم	۱	-	-	۰/۰۰۱	۰/۰۰۳	۰/۰۰۳	۰/۰۰۷	-	-	۰/۰۰۴	۰/۰۱
	۳	-	-	۰/۰۰۴	۰/۰۰۹	۰/۰۰۹	۰/۰۲۰	-	-	۰/۰۱۳	۰/۰۲۹
	۷	-	-	۰/۰۱	۰/۰۲۱	۰/۰۲۱	۰/۰۴۷	-	-	۰/۰۳۱	۰/۰۶۹

بحث و نتیجه‌گیری

از دیدگاه سلامت افراد، ارزیابی خطر بهداشتی فلزات سنگین، به‌خصوص در حاشیه دریاها از جمله دریای عمان که ماهی به‌عنوان یکی از مهم‌ترین مواد غذایی برای مردم آن منطقه محسوب می‌گردد، مهم می‌باشد. در تحقیق حاضر، تجزیه و تحلیل خطر سلامت فلزات سنگین در بخش خوراکی ماهی حسون معمولی و سلطان ابراهیم نشان داد که غلظت فلزات در عضله دو گونه مورد مطالعه، برای مصرف انسان در سطوح ایمنی بوده و به‌طور کلی در مقایسه با استانداردهای بین‌المللی پذیرفته شده، قابل قبول است. معمولاً بافت عضله دارای پایین‌ترین مقادیر غلظت فلزات سنگین در ماهیان می‌باشد (Krishnamurti and Nair, 1999; Al-Yousuf *et al*., 2000) و به نظر می‌رسد عضله به‌عنوان محل

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-05-13]

اصـــلی تجمع فلزات سنگین قلمداد نمی‌شود (Romeo *et al*., 1999). جذب فلزات در ماهی عمدتاً از طریق لوله گوارش و سطح آبشش صورت می‌گیرد. سپس فلزات از طریق خون به سایر انـــدام‌ها منتقل می‌شوند (Turkmen *et al*., 2009). نتایج تحقیقات آتلی و کانلی (Canli and Atli, 2003)، روی ۶ گونه از ماهیان شمال شرقی دریای آتاتورک ترکیه، کارادد و همکاران (Karadede *et al.,* 2004)، روی ماهی بیاح (*Liza abu*) و گربه ماهی (*Silurus triostegus*) در دریاچه آتـاتورک ترکیـه، تـرکمن و همکـاران (Turkmen *et al.,* 2008)، روی سوزن ماهی (*Belone belone*) دریای مدیترانـه، عبـدالله‌پـور مـونیخ و همکـاران (Abdolahpur Monikh *et al.,* 2013)، روی سـه گونـه بیـاح (*Liza abu*)، کفشـک گـرد (*Euryglossa orientalis*) و شبه شوریده دهان زیرین (*Johnius belangerii*) در شـمال غربـی خلـیج فارس، با نتایج تحقیق کنونی مبنی بر حداقل میزان تجمع فلزات سنگین در اندام عضله همخوانی دارد. فلزات سنگین اندام هدف خود را بر اساس میزان سوخت و ساز آن انتخاب مـی‌کننـد. ایـن نکتـه علـت تجمع بیشتر فلزات سنگین در بافت‌هایی نظیر کبد، کلیـه و آبشـش را در مقایسـه بـا بافـت عضـله (بـا سوخت و ساز پایین) تفسیر می‌نماید (Filazi *et al*., 2003). پایین بودن تجمع فلزات سنگین در عضله ممکن اسـت به‌دلیل پایین بودن میزان پـروتئین‌هـای بانـد شـونده بـا فلـزات سـنگین باشـــد (Allen-Gill and Martynov, 1995). در تحقیق حاضر، میزان انباشت کادمیوم در ماهی سلطان ابراهیم و نیکل در هر دو ماهی، کمتر از حد تشخیص دستگاه (nd) برحسب وزن خشـک تعیـین شـد. معمـولاً تجمـع کادمیوم در عضـله پـایین‌ترین مقـادیر را نشـان می‌دهـد (Abu Hilal and Ismail, 2008). در مطالعـه مرتضوی (Mortazawi, 1999)، میزان فلز کادمیوم و سرب در ماهی شوریده اندازه‌گیری شـد و غلظـت این فلزات زیر حد تشخیص دستگاه گزارش گردید. در سایر مطالعات، میانگین فلـز کـادمیوم در بافـت عضله ماهی شعری گوش قرمز (*Lethrinus lentjan*) خلیج فارس در امارات متحده، ۰/۱۶ میکروگرم بر گرم گزارش شده است (Kosanovic *et al.*, 2007). میانگین فلز کادمیوم در بافت عضله ماهی تیلاپیای نیل (*Oreochromis niloticus*) در خلیج گینه در نیجریه، ۰/۰۱۵ میکروگرم بر گرم ثبت گردیده اسـت (Edem *et al.*, 2009). میزان کادمیوم در عضله پنج گونه خلیج فـارس شـامل مـاهی سنگسـر نقـره‌ای (*Pomadasys argenteus*)، شـوریده (*Otolithes rubber*)، هـامور چـرب (*Epinephelus tauvina*)، زمین‌کن دم‌نواری (*Platycephalus indicus*) و حلـوا سـفید (*Pampus argenteus*) بـه‌ترتیب ۰/۰۰۲، ۰/۰۰۳، ۰/۰۰۲۵، ۰/۰۰۲ و ۰/۰۱۳ میکروگرم بر گرم ارائه شده است (Agah *et al.*, 2009). در تحقیقی که توسط آق و همکاران (Agah *et al.*, 2009) انجام گردید، منشا کادمیوم بیشتر از طریق تغذیه ذکـر شد. عدم شناسایی کادمیوم در بررسی حاضـر در بافـت عـضله ماهی سلطان ابـراهیم، مـــی‌توانـــد بـــه علـت نـاچیز بـــودن ایـــن فلـــز در منـــابع غـــذایی ایـــن مـــاهی و سطح تغذیه متوسط آن و عملکرد مکانیـسم‌هـای تنظیمـی باشـد (Roesijadi and Robinson, 1994).

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-05-13]

در رابطه با عنصر نیکل، نیمه عمر نسبتاً کوتاه آن (۱۱ ساعت)، مکان‌های متعدد برای تجمع نیکل در ماهی نظیر بافت ماهیچه‌ای، کبد، آبشش و کلیه‌ها را می‌توان از دلایل عدم تشخیص این فلز در بافت خوراکی این ماهیان دانست (Gerhardi, 1990). در مطالعه میلر و همکاران (Miller *et al.*, 1992)، روی ۹ گونه ماهی در ترکیه، عنصر نیکل تشخیص داده نشد. در مطالعه دیگری، سانکار و همکاران (Sankar *et al.*, 2006)، میزان فلز نیکل را در ۸ گونه ماهی در هند اندازه‌گیری کرد و غلظت این فلز را زیر حد تشخیص دستگاه به دست آورد که با نتایج این مطالعه مطابقت دارد.

مقایسه میانگین‌های مقادیر فلزات سنگین روی و مس در بافت عضله دو گونه، با استفاده از آزمون T-test تفاوت معنی‌داری نشان نداد و غلظت این فلزات سنگین در بافت ماهیان مورد مطالعه یکنواخت بود. تفاوت در عادات غذایی آبزیان می‌تواند منجر به سطوح متفاوت فلزات سنگین در بافت‌هایشان شود. همچنین تفاوت در تجمع عناصر گونه‌های مختلف، به رفتارهای غذایی (Watanabe *et al.*, 2003)، سن، اندازه و طول ماهی (Al-Yousuf *et al.*, 2000)، محل زندگی و شرایط زیست‌محیطی (Canli and Atli, 2003) و همچنین خواص فیزیکی و شیمیایی محیط از قبیل سختی آب، pH، درجه حرارت، مواد مغذی و زمان رشد ماهی بستگی دارد (Dixon *et al.*, 1996). ماهی حسون معمولی و سلطان ابراهیم، هر دو در گروه ماهیان نزدیک به کف و گوشتخوار هستند و در نتیجه در بالای شبکه غذایی قرار دارند، بنابراین دارای شرایط تقریباً مشابهی در زمینه تماس با آلودگی فلزات سنگین در رسوبات بوده و غذای آن‌ها حاوی مقادیری از فلزات سنگین در نتیجه تجمع زیستی و بزرگنمایی زیستی می‌باشد. اما، ماهی حسون شکارچی بسیار حریصی است و از لحاظ سطح تغذیه در گروه ماهیان نسبتاً پرخور قرار دارد و از ماهیان متنوعی تغذیه می‌کند. بنابراین، این گونه در مقایسه با سلطان ابراهیم که دارای سطح تغذیه متوسط بوده و غذای عمده آن بی‌مهرگان کفزی می‌باشد و خود نیز جزء غذای اصلی ماهی حسون محسوب می‌گردد، ممکن است پتانسیل بیشتری در تجمع فلزات سنگین از جمله کادمیوم داشته باشد.

باتوجه به نتایج آزمون همبستگی پیرسون، بین تجمع فلزات کادمیوم و روی در ماهی حسون معمولی و همچنین مس و روی در هر دو گونه ماهی، همبستگی منفی معنی‌داری وجود داشت. اما بین عنصر کادمیوم و مس در ماهی حسون معمولی هیچ‌گونه همبستگی‌ای مشاهده نگردید. فلز روی عنصری ضروری است که در تعامل با بسیاری از مواد شیمیایی بوده و تغییراتی را در سوخت و ساز، سمیت و تجمع ایجاد می‌کند. روی می‌تواند مانع از تجمع فلز مس در بافت موجودات شده و در نتیجه از اثرات سمی آن جلوگیری نماید (Tekin-Ozan and Kiv, 2005). روی در مقابل کادمیوم که یک عنصر سمی است، به‌عنوان عامل بازدارنده عمل می‌کند (Clark, 2000) و میزان سمیت و ذخیره فلز کادمیوم با کمبود روی افزایش می‌یابد (Esmaeili, 2002).

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-05-13]

تعیین میزان استاندارد آلاینده‌های موجود در مواد غذایی، تحت تأثیر عادات‌غذایی و همچنین ویژگی‌های خاص اقلیمی، صنعت و کشاورزی در نقاط مختلف جهان متفاوت است. در ایران در رابطه با آبزیان و مواد غذایی دریایی این تفاوت محسوس‌تر است، زیرا سرانه مصرف ماهی در سطح کشور دارای نوسان زیادی می‌باشد (FAO, 2009). بنابراین، در این مطالعه به منظور بررسی خطر بهداشتی ناشی از مصرف دو گونه ماهی، میزان فلزات اندازه‌گیری شده در این ماهیان، با حداکثر محدوده مجاز پیشنهاد شده برای مصرف انسان توسط بسیاری از سازمان‌های بین المللی مقایسه گردید (جدول۶) که در مقایسه با استانداردهای سازمان کشاورزی و خواروبار جهانی[1] (FAO)، سازمان بهداشت جهانی[2] (WHO)، سازمان غذا و داروی امریکا[3] (FDA)، انجمن بهداشت ملی و تحقیقات پزشکی استرالیا[4] (NHMRC)، وزارت کشاورزی، شیلات و غذای انگلستان[5] (UKMAFF) پایین‌تر بود و در نتیجه تهدیدی برای سلامت عمومی ایجاد نمی‌کند.

جدول ۶- مقایسه غلظت فلزات (میکروگرم بر گرم وزن تر) در بافت خوراکی ماهیان مورد مطالعه با استانداردهای موجود، دریای عمان (چابهار)، تابستان ۱۳۹۵

استانداردها	کادمیوم	مس	روی	نیکل	منبع
سازمان کشاورزی و خوار و بارجهانی (FAO)	۰/۳	۲۰	۵۰	-	FAO,1983
سازمان بهداشت جهانی (WHO)	۰/۲	۱۰	۱۰۰۰	۰/۳۸	WHO, 1985
وزارت کشاورزی، شیلات و غذای انگلستان (UKMAFF)	۰/۲	۲۰	۵۰	-	MAFF, 1995
انجمن بهداشت ملی و تحقیقات پزشکی استرالیا (NHMRC)	۰/۰۵	۱۰	۱۵۰	-	NHMRC, 2004
سازمان غذا و داروی آمریکا (FDA)	۱	-	-	۰/۱	FDA, 1987
حسون معمولی (*S. tumbil*)	۰/۰۲۶	۰/۱۶۶	۲/۲۶	nd	مطالعه حاضر
سلطان ابراهیم (*N. japonicas*)	nd	۰/۱۲	۲/۰۱۹	nd	

یک جنبه مهم در ارزیابی خطرات مواد شیمیایی موجود در غذا، دانستن میزان جذب این مواد شیمیایی مضر توسط بدن و نگه داشتن آن در یک حاشیه امنیت می‌باشد. میزان جذب روزانه فلزات در

1. Food and Agriculture Organization
2. World Health Organization
3. America Food and Drug Administration
4. National Health and Medical Research Council
5. Ministry of Agriculture, Fisheries and food (UK)

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-05-13]

اثر مصرف غذا، ارتباط مستقیم با میزان فلزات موجود در آن ماده غذایی و همچنین میزان مصرف آن ماده غذایی دارد (Bin *et al.*, 2001). با توجه به مقادیر جذب روزانه (EDI) محاسبه شده در این مطالعه، به نظر می‌رسد مصرف ماهی حسون معمولی و سلطان ابراهیم ضرری نداشته و میزان مصرف ۲۲۷ گرم در روز از بافت عضله این ماهیان، برای بزرگسالان با میانگین وزنی ۷۰ کیلوگرم، و ۱۱۴ گرم در روز برای کودکان با میانگین وزنی ۱۶ کیلوگرم، از نظر سلامتی هیچ‌گونه مشکلی ایجاد نخواهد کرد.

همچنین، مطابق با (USEPA, 2000)، CR_{lim} به‌عنوان حداکثر نرخ مصرف روزانه ماهی آلوده تعیین می‌شود به‌طوری که، هیچ‌گونه اثرات سویی برای سلامت مصرف کننده، صرف نظر از سن نداشته باشد. همان‌گونه که در جدول ۴ آورده شده است، در تحقیق حاضر، بالاترین مقدار مصرف مجاز روزانه، در ماهی سلطان ابراهیم برای بزرگسالان و بر اساس فلز مس (۲۲/۷۰ کیلوگرم در روز) و کمترین میزان آن در ماهی حسون معمولی، برای کودکان و بر اساس فلز کادمیوم (۰/۶ کیلوگرم در روز) مشاهده شد.

باتوجه به میزان خطر بالقوه (THQ) و شاخص کل (HI) کمتر از ۱، در مصرف ۷، ۳ و ۱ روز در هفته، یافته‌های حاصل از این پژوهش نشان داد، احتمال خطرپذیری برای بیماری‌های غیرسرطانی در افراد مصرف کننده وجود ندارد و مصرف دو گونه ماهی مورد مطالعه، اثر حاد مضری برای سلامت مصرف کننده در هر دو گروه سنی نخواهد داشت. به‌طورکلی، مجموع خطرات ناشی از فلزات، برای رده سنی کودکان بالاتر از رده سنی بزرگسالان به دست آمد که نشان می‌دهد کودکان ممکن است ریسک سلامت بالاتری را متحمل شوند. در میان فلزات مورد مطالعه بیشترین خطرپذیری بیماری‌های غیرسرطان‌زا مربوط به عنصر کادمیوم و در ماهی حسون معمولی مشاهده شد، بنابراین باید به کادمیوم توجه بیشتری شود. این نکته باید در نظر گرفته شود که مصرف ماهی یکی از راه‌های در معرض قرارگیری با این فلزات سنگین است و با مصرف غذاهای دیگر نیز ممکن است اثرات بر مصرف کننده افزایش یابد. باتوجه به اهمیت سواحل چابهار (دریای عمان) و از آنجائی که اکوسیستم دریا دستخوش تغییرات زمانی و مکانی بوده لذا پیشنهاد می‌گردد بررسی مداوم و منظم آلودگی فلزات سنگین در این منطقه و در سایر گونه‌های ماکول، به‌خصوص در گونه‌های کفزی صورت پذیرد.

تشکر و قدردانی

بدین وسیله، از مسئول محترم آزمایشگاه اداره محیط زیست شهرستان چابهار، به‌جهت در اختیار قرار دادن امکانات لازم و همکاری صمیمانه ایشان و کلیه عزیزانی که در مراحل مختلف این تحقیق همراه ما بودند، تشکر و قدردانی می‌گردد.

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-05-13]

منابع

Abdolahpur Monikh F., Safahieh A., Savari A., Ronagh MT., Doraghi A. 2013. The relationship between heavy metal (Cd, Co, Cu, Ni and Pb) levels and the size of benthic, benthopelagic and pelagic fish species, Persian Gulf. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology, 90: 691-696.

Abu Hilal A.H., Ismail N.S. 2008. Heavy metals in eleven common species of fish from the Gulf of Aqaba, Red Sea. Jordan Journal of Biological Sciences, 1: 13-18.

Agah H., Leermakers M., Elskens M., Fatemi S.M.R., Baeyens W. 2009. Accumulation of trace metals in the muscle and liver tissues of five species from the Persian Gulf. Environmental Monitoring and Assessment, 157: 499-514.

Ahmadizadeh M. 1997. Industrial toxicology (Heavy metals). Publication of Hezareh, Tehran, pp. 44 -7. (In Persian).

Allen-Gill S.M., Martynov V.G. 1995. Heavy metals burdens in nine species of freshwater and anadromous fish from the Pechora River, Northern Russia. Science of the Total Environment, 160: 653-659.

Al-Yousuf M.H., El-Shahawi M.S., Al-Ghais S.M. 2000. Trace metals in liver, skin and muscle of (*lethrinus lentjan)* fish species in relation to body length and sex. Science of the Total Environment, 256: 87-94.

Bin C., Xiaoru W., Lee F.S.C. 2001. Pyrolysis coupled with atomic absorption spectrometry for the determination of mercury in Chinese medical materials. Analytica Chimica Acta, 447: 161-169.

Brahman K.D., Kazi T.G., Afridi H.I., Naseem S., Arain S.S. 2013. Evaluation of high levels of fluoride, arsenic species and other physicochemical parameters in underground water of two sub districts of Tharparkar, Pakistan, a multivariate study. Water Research, 47(3): 1005-1007.

Canli M., Atli G. 2003. The relationships between heavy metal (Cd, Cr, Cu, Fe, Pb, Zn) levels and the size of six Meediterranean fish species. Environmental Pollution, 121: 129-136.

Clark R.B. 2000. Pollution of the Sea. Translated by: Mohammadi MA. And Dashtestagi Z. Nasgh and Naghsh Press, pp. 105-111. (In Persian).

Copat C., Arena G., Fiore M., Ledda C., Fallico R., Sciacca S., Ferrante M. 2013. Heavy metals concentrations in fish and shellfish from eastern Mediterranean Sea: Consumption advisories. Food and Chemical Toxicology, 53: 33-37.

Davar L., Danehkar A., Riazi B., Salman Mahini A.A., Naimi B. 2010. Comparison of the efficacy of NOAA and IMO to identify sensitive areas in the coastal environment Sistan-Baluchistan province. Environmental Science and Technology, 12(1): 113-136. (In Persian).

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-05-13]

Dallinger R. 1987. Contaminated food and uptake of heavy metal by fish. Oecologia, 67: 89-82.

Dehghani M., Abbasnejad A. 2011. Cadmium, Arsenic, Lead and Nitrate Pollution in the Groundwater of Anar Plain. Journal of Environmental Studies, 36(56): 28-30. (In Persian).

Dixon H., Gil A., Gubala C., Lasorsa B., Crecelius E., Curtis L.R. 1996. Heavy metal accumulation in sediment and freshwater fish in U.S. Arctic Lakes. Environmental Toxicology and Chemistry, 16(4): 733-736.

Ebrahimzadeh E., Karimi S. 2010. Coastal management and environmental development of Chabahar area. Geography and Environmental Planning, 20(4): 57-72. (In Persian).

Edem C.A., Osabor V., Iniama G., Etiuma R., Eke J. 2009. Distribution of Heavy metals in Bones, Gills, Livers and Muscles of (Tilapia) *Oreochromis niloticus* from Henshaw town beach market in Calabar Nigeria. Pakistan Journal of Nutrition, 8(8): 1209-1211.

Eisler R. 2006. Mercury Hazards to Living Organism. CRC Press. 312P.

El-Morshedi N., Alzahrani I., Kizilbash N.A., Abdeen A., El-Shebbly A.A., El-Berri A. 2014. Effect of heavy metal pollutants on fish population in two Egyptian lakes. International Journal of Advanced Research, 2(1): 408-417.

Esmaeili A. 2002. Pollution Health and Environmental Standards. Publications of Naghshe Mehr. 767P. (In Persian).

FAO. 1983. Compilation of legal limits for hazardous substance in fish and fishery product (Food and Agricultural Organization). FAO Fishery Circular, 464: 5-100.

FAO (Food and Agriculture Organizations of United Nations). 2009. The state of world fisheries and aquaculture, Rome, Italy, pp: 64-78.

Farias S.S., Casa V.A., Vázquez C., Ferpozzi L., Pucci G.N., Cohen I.M. 2003. Natural contamination with arsenic and other trace elements in ground waters of Argentine Pampean Plain. Science of the Total Environment, 309(1): 187-99.

FDA (Food and Drug Administration of the United States). 1987. National shellfish sanitation program. Guide for the control of molluscan shellfish. In: Guidance documents, chapter II, Growing areas: 04, Action levels, tolerances and guidance levels for poisonous or deleterious substances in seafood. Updated September 2016. Available from: www.issc.org.

Filazi A., Baskaya R., Kum C. 2003. Metal concentration in tissues of the Black Sea fish (*Mugil auratus*) from Sinop- Icliman, Turky. Human and Experimental Toxicology, 22: 85-87.

Fowler S.W. 1986. Trace metal monitoring of pelagic organisms from the open Mediterranean Sea. Environmental Monitoring and Assessment, 7: 59-78.

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-05-13]

Gerhardi, A. 1990. Effects of heavy metals especially Cd a Freshwater invertebrates with special emphasis on acid conditions. Department of Ecotoxicology, Lund University. 33P.

Gu Y.G., Lin Q., Wang X.H., Du F.Y., Yu Z.L., Huang H.H. 2015. Heavy metal concentrations in wild fishes captured from the South China Sea and associated health risks. Marine Pollution Bulletin, 96 (1-2): 508-512.

Hogstrand C., Verbost P.M., Bonga S.E.W., Wood C.M. 1996. Mechanisms of zinc uptake in gills of freshwater rainbow trout: Interplay with calcium transport. American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology, 270: 1141-1147.

IFO (Iran Fisheries Organization). 2015. Statistical Yearbook of the Iranian Fisheries Organization (2014- 2015). Tehran. 64P. (In Persian).

Jalali Jafari B., Aghazadeh Meshgi M. 2006. Aquatic Toxicity of Heavy Metals in Water and its Importance in Public Health. Publications of Man, Tehran, 140P. (In Persian).

Karadede H., Oymak S.A., Unlu E. 2004. Heavy metals in mullet (*Liza abu*) and catfish (*silurus triostegus*), from the Ataturk Dam Lake, Turkey. Environment International, 30: 183-188.

Kosanovic M., Hasan M.Y., Subramanian D., Al Ahbabi A.A., Al Kathiri O.A.A., Aleassa E.M.A.A., Adem A. 2007. Influence of urbanization of the western coast of the United Arab Emirates on trace metal content in muscle and liver of wild Red-spot emperor (*Lethrinus lentjan*). Journal of Medicine and Health Sciences, 45: 2261-2266.

Krishnamurti A.J., Nair V.R. 1999. Concentration of metals in fishes from Thane and Bassein creeks of Bomloay, India. India Journal of Marine Science, 28: 39-44.

Li J., Huang Zh. Y., Hu Y., Yang H. 2013. Potential risk assessment of heavy metals by consuming shellfish collected from Xiamen, China. Environmental Science Pollution Research, 20(5): 2937–2947.

Liamanso R., Cheung Y., Chan K.M. 1999. Metal concentration in the tissues of rabbit fish collected from Tolo Harbour in Hong kong. Marine Pollution Bulletin, 39: 123-134.

MAFF. 1995. Monitoring and surveillance of non-radioactive contaminants in the aquatic environment and activities regulating the disposal of wastes at sea. Aquatic Environment Monitoring Report, No. 44. Direcorate of Fisheries Research, Lowestoft.

Merciai R., Guasch H., Kumar A., Sabater S., García-Berthou E. 2014. Trace metal concentration and fish size: Variation among fish species in a Mediterranean river. Ecotoxicology and Environmental Safety, 107: 154-161.

Miller P.A., Munkittric K.R., Dixom D.F. 1992. Relationship between concentration of copper and zinc in water, sediment, benthic invertebrates and

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-05-13]

tissues of white sucker (*Catastomus commersoni*) at metal-contaminated sites. Can. Journal of Fisheries Aquatic Science, 49: 978-985.

Moopam. 1999. Manual of Oceanographic Observations and Pollutant Analysis Methods. ROPME Kuwait, No. 1(20). 321P.

Mormede S., Davies I.M. 2001. Heavy metal concentrations in commercial deep-sea fish from Rockall trougll. Continental Shelf Research, 21: 899-916.

Mortazawi M.S. 1999. Heavy metals concentrations in *Otolithes ruber* and *Pampus argenteus* location from the Gulf. Qatar University Science Journal, 19: 165-171.

Mukherjee A., Sengupta M.K., Hossain M.A., Ahamed S., Das B., Nayak B. 2006. Arsenic contamination in groundwater: a global perspective with emphasis on the Asian scenario. Journal of Health, Population and Nutrition, 24(2): 142-63.

Naji A., Khan F.R., Hashemi S.H. 2016. Potential human health risk assessment of trace metals via the consumption of marine fish in Persian Gulf. Marine Pollution Bulletin, 109(1): 667-671.

NHMRC (National Health and Medical Research council). 2004. National guidelines for waste management in the health industry. Updated September 2016. Available from www.nhmrc.gov.au.

Roesijadi G., Robinson W.E. 1994. Metal regulation in aquatic animals: mechanisms of uptake, accumulation and release. Aquatic Toxicology, 102: 125-133.

Romeo M., Siaub Y., Sidoumou Z., Gnassia-Barelli M. 1999. Heavy metal distribution in different fish species from the Mauritania coast. Science of the Total Environment, 232: 169-75.

Sankar T.V., Zynudheen A.A., Anandan R., Nair P.G.C. 2006. Distribution of organochlorine pesticides and heavy metal residues in fish and shellfish from Calicut region, Kerala, India. Chemosphere, 65: 583- 590.

Sattari M., Shahsavani D., Shafii S. 2003. Ichthyology, vol. (2, Haghshenass Publication, Rasht. 502P. (In Persian).

Tekin-Ozan S., Kiv I. 2005. Comparative study on the accumulation of heavy metals in different organs of tench (*Tinca tinca* L. 1758) and plerocercoids of its endoparasite *Ligula intestinalis*. Parasitology Research, 97: 156-159.

Turkmen M., Turkmen A., Tepe T., Tore Y., Ates A. 2009. Determination of metals in fish species from Aegean and Mediterranean Seas. Food Chemistry, 113: 233-237.

Turkmen M., Turkmen A., Tepe Y., Ates A., Gokkus K. 2008. Determination of metal contaminations in sea foods from Marmara, Aegean and Mediterranean seas: twelve fish species. Food Chemistry, 108: 794-800.

UNEP. 1984. Sampling of selected marine organisms and sample preparation for trace metal analysis reference metal for Marine Pollution Studies, 7(2): 1-8.

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-05-13]

USEPA (US Environmental Protection Agency). 1989. Risk Assessment Guidance for Superfund. Vol. I. Human Health Evaluation Manual (Part A), Interim Final. EPA 540/1–89/002, United States Environmental Protection Agency, Washington, DC.

USEPA (US Environmental Protection Agency). 2000. Guidance for Assessing Chemical Contamination Data for Use in Fish Advisories. Vol. II. Risk Assessment and Fish Consumption Limits EPA/823-B94-004, United States Environmental Protection Agency, Washington, DC.

USEPA (US Environmental Protection Agency), 2015. Human health risk assessment. In: Regional Screening Level (RSL)-Summary Table. Updated September 2016. Available at: http://www.epa.gov/reg3hwmd/risk/. human/rbconcentration_table/Generic_Tables/docs/master_sl_table_run_JAN2015.pdf).

Valinassab T., Daryanabard R., Dehghani R., Pierce G. 2006. Abundances of demersal fish resources in the Persian Gulf and Oman Sea. Journal of Marine Biological Association, 86: 1455-1462. (In Persian).

Velayatzadeh M., Askari Sari A., Beheshti M., Mahboob S., Hoseini M. 2013. Measurement of Heavy metals (Hg, Cd, Sn, Zn, Ni, Fe) in canned tuna fish product in central cities, Iran. Animal Researches, 26(4): 498-506. (In Persian).

Watanabe K.H., Desimone F.W., Thiyagarajah A., Hartley W.R., Hindrich A.E. 2003. Fish tissue quality in the lower Mississippi River and health risks from fish consumption. Science of the Total Environment, 302(1-3): 109-126.

W.H.O. 1985. Review of Potentially Harmful Substances- Cadmium, Lead and Tin. WHO, Geneva. (Repotrs and Studies No. 22. MO/ FAO/ UNESCO/ WMO/ WHO/ IAEA/ UN/ UNEP Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Pollution).150P.

Wu J.P., Chen H.C.H. 2004. Effects of cadmium and zinc on oxygen consumption, ammonium excretion, and osmoregulation of white shrimp (*Litopenaeus vannamei*). Chemosphere, 57: 1591-1598.

Yin S.A., Ismail A., Zulkifli S.Z. 2012. Heavy metals uptake by Asian swamp eel, *Monopterus albus* from Paddy fields of Kelantan, Peninsular Malaysia: Preliminary Study. Tropical Life Sciences Research, 23(2): 27-38.

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-05-13]