مجله بوم شناسی آبزیان

Journal homepage: http://jae.hormozgan.ac.ir

ارزیابی ریسک خطر فلزات مس و روی در بافت عضله ماهی طلال (*Rastrelliger Kanagurta*)، در سه منطقه پارسیان، عسلویه و میناب، خلیج‌فارس

لیلا بلوچی، عبدالواحد رحمانی*، فائضه ثمری

گروه شیمی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه هرمزگان، بندرعباس، ایران

نوع مقاله:
پژوهشی

تاریخچه مقاله:
دریافت: ۹۷/۱۰/۱۴
اصلاح: ۹۷/۱۱/۱۶
پذیرش: ۹۷/۱۱/۲۳

کلمات کلیدی:
ارزیابی ریسک
خلیج فارس
فلزات سنگین
ماهی طلال
Rastrelliger

چکیده

آلودگی به فلزات یکی از مشکلات مهم زیست محیطی و یکی از نگرانی‌های مهم بهداشت مواد غذایی به شمار می‌آید. در پژوهش حاضر، با اندازه‌گیری غلظت مس و روی در عضله ماهی طلال ریسک ناشی از مصرف این ماهی برای انسان مورد ارزیابی قرار گرفت. پس از انجام عملیات آماده‌سازی، زیست‌سنجی و هضم قسمت‌های عضله ماهی، اندازه‌گیری غلظت عناصر سنگین اندام‌های مورد مطالعه با کمک دستگاه جذب اتمی انجام شد. میانگین میزان فلزات مس و روی در بافت عضله ماهی‌های طلال از بسیاری از استانداردهای بین‌المللی موجود پایین‌تر بود. همچنین، محاسبات نشان داد که جذب روزانه و هفتگی فلزات مس و روی با توجه به میزان سرانه مصرف هر ایرانی، کم‌تر از مقادیر راهنمای ارائه شده (PTWI و PTDI) از سوی سازمان بهداشت جهانی و سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا است. میزان پتانسیل خطر به بیماری‌های غیر سرطانی THQ برای فلزات مس و روی در مطالعه حاضر و نیز THQ مجموع برای این فلزات کمتر از یک به دست آمد. از نتایج این تحقیق برمی‌آید که غلظت فلزات در ماهی طلال از نظر مسمومیت، برای مصرف انسان قابل قبول می‌باشد و مصرف این ماهی غیرمحتمل است که سبب بروز عوارض سوء بهداشتی برای مصرف‌کنندگان شود.

مقدمــه

زمانی که گفته می‌شود حد مجاز مصرف یک گونه ماهی برای افراد مصرف‌کننده آن در یک منطقه به چه میزانی باید باشد و یا اینکه آیا مصرف آن گونه با میزان کنونی مصرف برای مصرف‌کنندگان آن ضرر دارد یا خیر، نیاز به یک جامعه آماری قابل اطمینان است. با توجه به اینکه جامعه آماری مورد مطالعه در هر یک از مطالعاتی که در طی سال‌های اخیر بر روی ماهی در سواحل جنوبی خلیج‌فارس صورت گرفته، بالا نبوده است و با وجود منفعت‌هایی که با مصرف ماهی حاصل می‌شود، امروزه به خاطر حضور آلاینده‌ها در اکوسیستم‌های آبی، مصرف آن با یکسری خطراتی مواجه است و این ریسک در گروه‌های آسیب‌پذیر از جمله کودکان و زنان باردار حائز اهمیت است. بنابراین باید مصرف آن از طریق روش‌های علمی مورد ارزیابی ریسک قرار گیرد. در سال‌های اخیر در جوامع علمی، علاقه به دانستن خطرات ناشی از قرار گرفتن در معرض آلودگی با گروهی از آلاینده‌ها بر سلامت انسان، در حال افزایش است (Copat *et al*., 2013).

* نویسنده مسئول، پست الکترونیک: rahmaniabdolvahed@yahoo.com

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-05-25]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1399.10.1.7.3]

خلیج‌فارس دریایی نیمه بسته و زمان ماندگاری آب در آن نسبتاً طولانی است؛ بنابراین هرگونه آلودگی که وارد آن می‌شود ممکن است تا مدت طولانی در آن بماند و موجب آلودگی بیش از حد آن گردد. یکی از مهم‌ترین و خطرناک‌ترین آلاینده‌های موجود در سواحل، فلزات سنگین است که می‌تواند به آلودگی حاد و مزمن جمعیت‌های زیستی، اعم از گیاهی، جانوری و انسانی منجر شود. فلزات سنگین آلاینده‌های پایداری هستند که برخلاف ترکیبات آلی از طریق فرایندهای شیمیایی یا زیستی در طبیعت تجزیه نمی‌شوند و به دلیل پایداری در محیط، انباشته شده و با تجمع در بافت‌های جانوران سبب ایجاد مسمومیت و بیماری‌های حاد در آن‌ها می‌شوند. موجودات کف زی به دلیل تماس مستقیم با بستر و قرار داشتن در رژیم غذایی انسان به عنوان یکی از واسطه‌های مهم در انتقال آلاینده‌های فلزی از محیط زیست دریایی به انسان به شمار می‌آیند. بسیاری از فلزات به طور طبیعی از اجزای تشکیل‌دهنده اکوسیستم‌های آبی به حساب می‌آیند و حتی تعدادی از آن‌ها در بقای موجودات زنده نقش حائز اهمیتی را ایفا می‌کنند. با وجود این، چنانچه میزان این عناصر به دلایل گوناگونی از حدود معینی فراتر رود باعث به خطر افتادن حیات آبزیان می‌گردد و شرایط را برای نابودی زیستی اکوسیستم فراهم می‌سازد (Goli *et al*., 2015).

استان هرمزگان و بوشهر در جنوب شرقی ایران و شمال غربی سواحل خلیج‌فارس واقع شده‌اند. این دو استان با دارا بودن بیشترین مرز ساحلی در جنوب کشور و وجود صنایع مهم و مختلفی نظیر پالایشگاه‌ها، اسکله‌ها و غیره، از نظر اقتصادی بسیار مهم هستند. آب‌های این منطقه به دلیل موقعیت خود که محل تعداد زیادی کارخانه پتروشیمی است، به طور مستقیم و غیرمستقیم در معرض آلاینده‌های آلی و معدنی قرار دارد. همچنین این سواحل به دلیل فعالیت‌های مختلف انسانی از جمله صنایع حمل و نقل دریایی، مزارع آبزی‌پروری و فاضلاب‌های شهری از جمله مناطق آلوده به فلزات سنگین در خلیج‌فارس به حساب می‌آیند (Goli *et al*., 2015). از طرف دیگر، ماهی به عنوان یک منبع ارزشمند در سبد غذایی مردم عادی و جوامع صیادی این دو استان به شمار می‌رود (Sharifian *et al*., 2011). طبق آخرین آمار ارائه شده از سوی اداره کل شیلات استان هرمزگان، سرانه مصرف ماهی در این استان بالاتر از سرانه مصرف جهانی ماهی (۱۸ کیلوگرم در سال) و برابر با ۱۹/۷۱ کیلوگرم در سال است (Mehr new agency, 2013). در حال حاضر گونه‌های مختلفی از آبزیان به عنوان شاخص‌های زیستی برای ارزیابی میزان آلودگی فلزات سنگین در اکوسیستم‌های آبی مورد استفاده قرار می‌گیرند. ماهیان به علت داشتن ویژگی‌های منحصر به فردی چون، فراوانی و گستردگی مناسب، اهمیت در زنجیره غذایی، یکی از مهم‌ترین آبزیانی است که برای ارزیابی کیفیت محیط زیست در اکوسیستم‌های آبی به کار می‌روند (Velayatzadeh *et al*., 2014). از جمله گونه‌های شاخص جهت سنجش میزان آلودگی می‌توان به ماهی طلال اشاره نمود. گونه ماهی طلال از متنوع‌ترین تن ماهیان خلیج‌فارس و از جمله موجودات متداول و کف زی استان‌های هرمزگان و بوشهر است که مصرف بالایی را به خود اختصاص می‌دهد. این گونه از مهم‌ترین ماهیان تجاری و خوراکی نزدیک سواحل است که از نقطه نظر شیلاتی از ماهیان با ارزش محسوب می‌شود؛ لیکن اطلاعات کمی پیرامون میزان آلاینده‌های ناشی از فلزات سنگین این گونه در منطقه وجود دارد.

در سال‌های اخیر تحقیقات متعددی در زمینه حد مجاز مصرف آبزیان در جوامع صیادی و افرادی که میزان مصرف ماهی بالایی دارند انجام شده است (Liu *et al*., 2006)، همچنین تاکنون تحقیقات متعددی در زمینه بررسی فلزات سنگین در رسوبات و گونه‌های ماهی و دیگر آبزیان خلیج‌فارس انجام شده است با این وجود اطلاعاتی از میزان ورود فلزات سنگین به بدن مصرف‌کنندگان و ارزیابی میزان خطر احتمالی ناشی از مصرف روزانه ماهی با توجه غلظت فلزات تجمع یافته در آن‌ها وجود ندارد. ارزیابی خطر، پروسه‌ای علمی می‌باشد که به وسیله‌ی آن تأثیر آلاینده‌های محیطی بر روی سلامت انسان مورد بررسی قرار می‌گیرد. لذا اهداف این تحقیق شامل سنجش غلظت فلزات سنگین مس و روی در بافت عضله ماهی طلال به منظور مقایسه با استانداردهای جهانی و آگاهی و برآورد خطر ناشی از مصرف آن می‌باشد. در این پژوهش جهت محاسبه و برآورد خطرات ناشی از مصرف ماهی طلال از روابطی همچون جذب روزانه و هفتگی فلزات، بیشینه مجاز مصرف روزانه، پتانسیل و شاخص خطر، حد مجاز مصرف روزانه و ماهانه استفاده شد.

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-05-25]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1399.10.1.7.3]

مواد و روش‌ها

نمونه‌برداری از ماهی طلال با کمک صیادان محلی و با استفاده از تور ترال، از سه ایستگاه از خلیج‌فارس، واقع در استان‌های هرمزگان (پارسیان و میناب) و بوشهر (عسلویه)، در طی دو فصل سرد و گرم (زمستان و تابستان ۱۳۹۵) انجام گرفت. برای این منظور در هر فصل از هر ایستگاه تعداد ۳۰ قطعه ماهی طلال به عنوان نمونه انتخاب شد؛ به طوری که در هر فصل از سه ایستگاه ۹۰ قطعه ماهی طلال و در مجموع هر دو فصل تعداد۱۸۰ گونه ماهی طلال کاملاً سالم به صورت تصادفی جمع‌آوری گردید. ماهیان صید شده به وسیله جعبه‌های یونولیت حاوی یخ در حداقل زمان به آزمایشگاه منتقل شدند. پس از عملیات بیومتری (اندازه‌گیری طول و وزن کل) و حذف فلس‌های ماهی، ابتدا همه نمونه‌ها به وسیله آب مقطر شسته شد تا پوشش لزج و ذرات خارجی از سطح بدن دفع شود. سپس جداسازی بافت عضله نمونه‌ها بر روی میز کار انجام شد (MOOPAM, 1999). بافت‌های عضله جدا شده با استفاده از فریز درایر (مدل Vaco 5، آلمان) در دمای ۴۰- درجه سانتی‌گراد به مدت ۸ تا۱۰ ساعت خشک شدند. سپس نمونه‌های خشک شده به‌وسیله هاون چینی به‌صورت همگن پودر شدند (به منظور جلوگیری از ایجاد خطا در آنالیز نمونه‌ها پس از هر بار پودر کردن نمونه‌ها، هاون چینی به دقت با اسید نیتریک ۵٪ و آب دیونیزه به‌طور کامل شسته و خشک گردید). سپس مقدار ۰/۵ گرم از بافت نمونه پودر شده درون ویال‌های دستگاه مایکروویو ریخته شد و با افزودن ۱۰ میلی‌لیتر اسید نیتریک غلیظ ٪۶۵ و ۱ میلی‌لیتر آب اکسیژنه ٪۳۰، درب ویال‌ها بسته و در محفظه مخصوص قرار گرفت. هضم نمونه ها توسط دستگاه ماکروویو (مدلETHOS 1) در دمای ۲۰۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۳۰-۴۰ دقیقه انجام شد. بعد از هضم اسیدی و سرد شدن، نمونه‌ها از دستگاه خارج و به‌وسیله کاغذ صافی واتمن شماره ۴۲ و قیف پلی اتیلنی صاف شدند و با استفاده از بالن ژوژه، حجم هر محلول به حجم ۵۰ میلی‌لیتر رسانده شد. در ادامه، نمونه‌ها درون بطری‌های پلی اتیلنی درب دار که دارای برچسپ کد نمونه بودند ریخته و در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد (MOOPAM, 2009) نگهداری شدند، سپس نمونه‌ها به دستگاه جذب اتمی تزریق و غلظت آن‌ها محاسبه گردید.

جهت اندازه‌گیری عناصر مس و روی در نمونه‌های حاصل از هضم شیمیایی از دستگاه طیف سنج مدل Contr AA700 ساخت شرکت Analytik jena از کشور آلمان استفاده شد. همچنین نتایج حاصل از بررسی کنترل کیفیت، حد تشخیص و میزان صحت داده‌ها بر اساس جدول شماره ۱ می‌باشد (نمونه مرجع مورد استفاده در این پژوهش، نمونه بافت لابستر با غلظت‌های مشخصی از عناصر فلزی مختلف ساخته شده توسط شرکت کانادایی TORT-2 بود).

به منظور ارزیابی پتانسیل خطر مصرف ماهی مورد مطالعه توسط افراد مصرف کننده، محاسبات مربوط به میزان جذب روزانه و هفتگی فلزات سنگین به ازای هر کیلوگرم از وزن در روز در سواحل جنوبی خلیج‌فارس از روش توسعه داده شده توسط کمیته مشترک متخصصان سازمان خواربار و سازمان بهداشت جهانی محاسبه گردید.

$$EDI = (C_m \times FIR_D) / BW$$

$$EWI = (C_m \times FIR_W) / BW$$

EDI: میزان جذب روزانه فلزات توسط بدن از طریق مصرف ماهی (میکروگرم/ کیلوگرم وزن بدن/ روز)، EWI: میزان جذب هفتگی (میکروگرم/ کیلوگرم وزن بدن/ هفته)، C_m: میزان غلظت فلز در بافت عضله ماهی (میکروگرم/ گرم بر حسب وزن تر)، FIR_D: میزان مصرف ماهی در مناطق مورد مطالعه برحسب گرم در روز، FIR_w: میزان مصرف ماهی در مناطق مورد مطالعه برحسب گرم در هفته (میزان مصرف روزانه در عدد ۷ ضرب شد). بر اساس گزارش فائو (FAO, 2014) سرانه مصرف ماهی در ایران ۲۴ گرم به ازای هر فرد در روز برآورد شده است که برابر با ۱۷۴ گرم برای هر فرد در هفته می‌باشد. BW: میانگین وزن بدن مصرف کننده (۷۰ کیلوگرم برای بزرگ‌سالان و ۱۴/۵کیلوگرم برای کودکان) (Mashroofeh *et al*., 2013) می‌باشد.

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-05-25]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1399.10.1.7.3]

جدول ۱. غلظت فلزات در مواد مرجع ((Certified Reference Materials (CRM)

عناصر	طول موج (نانومتر)	حد تشخیص (میکروگرم بر لیتر)	غلظت محاسبه شده (میکروگرم بر گرم)	غلظت مرجع (میکروگرم بر گرم)	درصد بازیابی
Cu	۳۲۴/۸۰	۱	۱۰۴/۱۰±۴	۱۰۶/۰۰±۱۰	۹۸/۲۱±۵
Zn	۲۱۳/۹۰	۱	۱۸۱/۰۲±۳	۱۸۰/۰۰±۶	۱۰۰/۵۷±۲

بر طبق مطالعات سازمان خوار و بار جهانی FAO، ۸۰ درصد وزن بدن ماهی‌ها را رطوبت تشکیل می‌دهد و از آنجایی که ماهی به صورت وزن تر مورد مصرف قرار می‌گیرد، بدین منظور میزان فلز بر حسب وزن تر، از رابطه فاکتور تصحیح وزن خشک به وزن تر (۰/۲)، ضرب در مقدار غلظت بر حسب وزن خشک در جدول ۲ محاسبه شد (Moshtaghzadeh *et al*., 2016).

برای محاسبه احتمال خطرپذیری افراد به بیماری‌های غیرسرطانی (Quotient Hazard Target) از فرمول ارائه شده توسط سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا (USEPA) استفاده شد (Alipour *et al*., 2015).

$$THQ = [(EF \times ED \times FIR\ C_m) / (R_fD_o \times BW \times AT)] \times 10^{-3}$$

میزان THQ به عنوان یکی از پارامترهای معقول برای ارزیابی خطر ابتلا به فلزات در ارتباط با مصرف ماهی آلوده به رسمیت شناخته شده است (Li *et al*., 2013). THQ : نسبت خطر (بدون واحد)، EF: فرکانس مواجهه (۳۶۵ روز در سال)، ED: کل مدت زمان در معرض قرارگیری (۷۲ سال)، FIR: میزان مصرف ماهی (گرم در روز)، C_m: میزان غلظت فلزات سنگین (میکروگرم بر گرم)، R_fD_o: دوز مرجع با مصرف دهانی (میکروگرم بر گرم در روز) برای فلز مس و روی به ترتیب برابر ۰/۰۴و ۰/۳، ارائه شده توسط EPA (Nasrollahzadeh Saravi *et al*., 2013)، BW: میانگین وزن بدن مصرف کننده (۷۰ کیلوگرم برای بزرگسالان و ۱۴/۵کیلوگرم برای کودکان (Mashroofeh *et al*., 2013)، AT: متوسط زمان در معرض قرارگیری برای ترکیبات غیرسرطان‌زا (۳۶۵ روز در سال × تعداد سال‌های در معرض قرارگیری، ۷۲ سال است) که از رابطه ED× EF به دست می‌آید (Chien *et al*., 2002). با توجه به این که پتانسیل خطر، نسبت غلظت عناصر به حداکثر غلظتی از آن عنصر است که در بدن ایجاد مشکل نمی‌کند: اگر THQ کم‌تر از یک باشد، بیانگر آن است که هیچ خطر محسوس قابل ارزیابی از نظر بهداشتی بر روی سلامتی در نتیجه مصرف ماهی رخ نمی‌دهد، اما در صورتی که این نسبت برابر یا بزرگ‌تر از یک باشد، نشان‌دهنده احتمال بالای خطرپذیری است و همچنین نشان می‌دهد که قرار گرفتن در معرض یک ماده شیمیایی به احتمال زیاد اثر سوء بهداشتی خواهد داشت و خطراتی را برای مصرف‌کنندگان به دنبال دارد (Chien *et al*., 2002; Bogdanovic *et al*., 2014).

جدول ۲. غلظت عناصر مس و روی در بافت عضله ماهی طلال برحسب میکروگرم بر گرم وزن تر

منطقه	پارسیان	عسلویه	میناب
مس (میکروگرم بر گرم)	۰/۱۵۴ ± ۰/۰۲۸	۰/۱۵۸ ۰±/۰۰۸	۰/۱۶۲ ± ۰/۰۰۸
روی (میکروگرم بر گرم)	۵/۹۰۴ ±۱/۴۸	۱۲/۰۹۸ ±۱/۲۸	۹/۸۱۶ ±۱/۷۸

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

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

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-05-25]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1399.10.1.7.3]

هنگامی که عدد شاخص خطرپذیری بیماری‌های غیرسرطانی به یک برسد، نشان‌دهنده بالا بودن احتمال خطرپذیری به بیماری‌های غیرسرطانی است. اگر نتیجه حاصل از این فرمول کم‌تر از یک باشد (HI<1)، نشان‌دهنده آن است که هیچ خطری از یک ماده شیمیایی به تنهایی یا در ترکیب با دیگر آلاینده‌ها وجود ندارد و همچنین مصرف آبزی اثر حاد مضری بر روی سلامتی انسان ندارد (Bogdanovic *et al*., 2014).

حد مجاز مصرف ماهی به منظور ایجاد تعادل بین فواید مصرف ماهی و حفظ سلامت عمومی ناشی از مصرف ماهی می‌باشد و یکی از مهم‌ترین روش‌های تعیین حد مجاز مصرف ماهی، روشی است که توسط آژانس حفاظت محیط زیست آمریکا ارائه شده است (Copat *et al*., 2013).

$$CR_{Lim} = R_fD_o \times BW / C_m$$

$$CR_{mm} = CR_{Lim} \times T / MS$$

CR_{Lim}: حداکثر مصرف قابل قبول مصرف روزانه ماهی (کیلوگرم در روز)، CR_{mm}: حداکثر مصرف قابل قبول مصرف ماهانه ماهی (وعده در ماه) ، R_fD_o: دوز مرجع (میکروگرم بر گرم وزن بدن در روز)، BW: میانگین وزن بدن مصرف کننده، C_m: میزان غلظت فلزات سنگین مس و روی در بافت عضله ماهی (میکروگرم بر گرم)، MS: میزان مصرف ماهی در هر وعده (۲۲۸ گرم)، T: تعداد روزهای هر ماه (۳۰/۴۴ روز در ماه) می‌باشد.

تجزیه و تحلیل داده‌ها به کمک نرم افزار SPSS با نسخه ۲۴ انجام شد. برای مقایسه غلظت فلزات در بین مناطق مختلف از آزمون T-test و در صورت وجود اختلاف معنی‌دار، از آزمون تعقیبی توکی استفاده شد. وجود یا عدم وجود اختلاف معنی‌دار در سطح ۹۵ درصد تعیین گردید. همچنین جهت رسم نمودارها و جداول از نرم افزار اکسل نسخه ۲۰۱۴ استفاده گردید.

نتایج

اگر چه انسان از مسیرهای متفاوتی در معرض فلزات سنگین قرار می‌گیرد، مصرف ماهی به عنوان یکی از راه‌های اصلی شناخته شده جذب فلزات سنگین و دیگر آلاینده‌ها است. بنابراین، با بالا رفتن سرانه مصرف ماهی، در معرض قرار گرفتن انسان با فلزات سنگین نیز افزایش می‌یابد. عضله ماهی به دلیل اینکه توسط انسان مصرف می‌شود، بافت مهمی در پایش معمول آلودگی‌های فلزی است. از آنجایی که نتایج به دست آمده در هر تحقیقی در کنار استانداردها اعتبار پیدا می‌کنند، به منظور ارزیابی خطر تجمع فلزات سنگین مس و روی در بافت عضله ماهی طلال در سه منطقه میناب، پارسیان و عسلویه، مقادیر نتایج تحقیق کنونی با استانداردهای مجاز تعیین شده فلزات سنگین در سازمان بهداشت جهانی[1] (WHO)، سازمان خواربار جهانی[2] (FAO)، سازمان غذا و دارو آمریکا[3] (FDA) و انجمن بهداشت ملی و تحقیقات پزشکی استرالیا[4] (HNMRC)، وزارت کشاورزی، شیلات و غذای انگلستان[5] (UKMAFF) مقایسه شده است (جدول ۳). نتایج این مقایسه نشان داد که غلظت فلز سنگین مس در هر سه منطقه پایین‌تر از غلظت تعیین شده توسط تمامی سازمان‌های ذکر شده در جدول ۳ است و تهدیدی برای سلامت عمومی محسوب نمی‌شود.

جذب روزانه یک عنصر از طریق مصرف مواد غذایی به غلظت عنصر در غذا و مقدار غذای مصرفی بستگی دارد (Dorafshan *et al*., 2015). 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. مقادیر مربوط به میزان جذب روزانه (EDI) و هفتگی (EWI) برای یک انسان بالغ ۷۰ کیلوگرمی و کودکان ۱۴/۵ کیلوگرمی محاسبه و این میزان با مقادیر استاندارد توصیه شده توسط کمیته

[1] World Health Organization
[2] Food and Agriculture Organization
[3] Food and Drug Administration
[4] National Health and Medical Research Counical
[5] Ministry of Agriculture fisheries and food (United Kingdom)

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-05-25]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1399.10.1.7.3]

مشترک سازمان بهداشت جهانی و سازمان خواروبار جهانی (JECFA) و نیز با مقدار دز رفرنس (RfD) آژانس حفاظت محیط زیست آمریکا (USEPA)، مقایسه شد و نتایج حاصل در جدول ۴ ارائه شده است. با مقایسه اعداد محاسبه شده برای جذب روزانه و هفتگی فلزات سنگین مس و روی در جدول ۴ در می‌یابیم که در مطالعه حاضر میزان جذب روزانه و هفتگی فلزات مس و روی در اثر مصرف ماهی طلال در هر دو رده‌ی سنی کودکان و بزرگ‌سالان و در هر سه ایستگاه جمع‌آوری ماهی طلال، پایین‌تر از میزان مجاز ارائه شده توسط متخصصان افزودنی‌های مواد غذایی کمیته مشترک سازمان بهداشت جهانی و سازمان خوارو بار جهانی و آژانس حفاظت محیط زیست آمریکا می‌باشد و خطری مصرف‌کنندگان این ماهی را تهدید نمی‌کند.

جدول ۳. مقایسه میانگین غلظت فلزات سنگین مس و روی (میکروگرم بر گرم وزن تر) در بافت عضله ماهی طلال با استانداردهای بین‌المللی

استاندارد	مس	روی	منابـع
WHO	۱۰	۱۰۰۰	(WHO, 1985)
FDA	۲۰	۳۵	(Chen *et al*,. 2001)
FAO	۲۰	۵۰	(FAO, 1983)
NHMRC	۱۰	۱۵۰	(NHMRC, 2004)
UK(MAFF)	۲۰	۵۰	(MAFF, 1995)
New Zealand	۳۰	۴۰	(Darmono *et al*, 1990)
Australia	۷۰-۱۰	۴۰- ۱۰۰۰	(Hassanpour *et al*,. 2014)
پارسیان	۰/۱۵۴	۵/۹۰۴	مطالعه حاضر
عسلویه	۰/۱۵۸	۱۲/۰۹۸	مطالعه حاضر
میناب	۰/۱۶۲	۹/۸۱۶	مطالعه حاضر

جدول ۴. محاسبه میزان جذب روزانه و هفتگی فلزات سنگین مس و روی در اثر مصرف ماهی طلال توسط افراد مصرف کننده در سواحل جنوبی خلیج‌فارس

فلز	مناطق	EDI (A^a) (µg/kg/day)	EDI (C^b) (µg/kg/day)	EWI (A) (µg/kg/week)	EWI (C) (µg/kg/week)	JECFA PTDI[c]	JECFA PTWI[d]	EPA (RfD)
مس	پارسیان	۰/۰۵۲	۰/۲۵۴	۰/۳۶۴	۱/۷۷۸	۵۰۰	۳۵۰۰	۴۰
	عسلویه	۰/۰۵۴	۰/۲۶۱	۰/۳۷۸	۱/۸۲۷			
	میناب	۰/۰۵۵	۰/۲۶۸	۰/۳۸۵	۱/۸۷۶			
روی	پارسیان	۲/۰۲۴	۹/۷۷۲	۱۴/۱۶۸	۶۸/۴۰۴	۱۰۰۰	۷۰۰۰	۳۰۰
	عسلویه	۴/۱۴۷	۲۰/۰۲۴	۲۹/۰۲۹	۱۴۰/۱۶۸			
	میناب	۳/۳۶۵	۱۶/۲۴۷	۲۳/۵۵۵	۱۱۳/۷۲۹			

a) A = بزرگسالان[1]

b) C = کودکان[2]

c) میزان جذب مجاز قابل تحمل موقت روزانه PTDI بر حسب میکروگرم در روز به ازای هر کیلوگرم از وزن بدن.

d) میزان جذب مجاز قابل تحمل موقت هفتگی PTWI بر حسب میکروگرم در هفته به ازای هر کیلوگرم از وزن بدن.

[1] Adults
[2] Childern

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-05-25]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1399.10.1.7.3]

PTWI[1] به وسیله کمیته مشترک سازمان خواربار جهانی و سازمان بهداشت جهانی تعیین می شود (JECFA)[2] (Bat *et al.*, 2012). PTWI به میزان دوره مصرف و مقدار آن توسط مصرف کننده غذا بستگی دارد (Türkmen *et al.*, 2008). PTWI تعیین شده به وسیله IECFA و همچنین ماهی مورد مطالعه حاضر برای فرد ۷۰ کیلوگرمی برای فلز مس و روی در جدول ۴ نشان داده شده است. تحقیق حاضر نشان می‌دهد، میزان جذب روزانه و هفتگی فلز مس و روی در این مطالعه از میزان تعیین شده به وسیله PTWI و PTDI[3] کمتر بود.

ارزیابی ریسک مصرف غذایی فلزات سنگین از طریق مصرف محصولات دریایی اغلب به وسیله THQ محاسبه می‌شود (Bat *et al.*, 2012). مقادیر پتانسیل خطرپذیری THQ هر یک از فلزات مس و روی در ماهی طلال برای مصرف‌کنندگان در سه منطقه پارسیان، عسلویه و میناب محاسبه و همچنین با نگرش به این که قرار گرفتن در معرض بیش از یک آلاینده ممکن است تأثیر افزایشی بر روی موجودات داشته باشد، در این پژوهش، شاخص کل فلزات HI در نمونه‌های بافت عضله ماهی از طریق جمع THQ دو فلز در هر گروه سنی (بزرگ‌سالان و کودکان) به طور جداگانه به دست آمد (جدول ۵). یافته‌های THQ که یک عدد بدون واحد است نشان‌دهنده نسبت دز برآورد شده در معرض قرار گرفتن فلزات به RfD است. با توجه به دز مبنا در بررسی خطر بالقوه (THQ)، میزان THQ محاسبه شده برای فلزات مس و روی در اثر مصرف ماهی طلال در سواحل جنوبی خلیج‌فارس برای بزرگ‌سالان و کودکان در مطالعه حاضر کمتر از یک به دست آمد (جدول ۵). میزان THQ کمتر از یک حاکی از آن است که در اثر مصرف ماهی طلال، احتمال بروز خطر بیماری‌های غیرسرطانی در افراد مصرف‌کننده این نوع ماهی بسیار کم است. همچنین میزان HI محاسبه شده در مناطق مورد مطالعه (پارسیان، عسلویه و میناب) در عضله ماهی طلال برای دوره سنی کودکان و بزرگ‌سالان کمتر از ۱ بوده و مصرف آن‌ها برای افراد مصرف کننده بلامانع است (جدول ۵). این نشان می‌دهد که مصرف عضله ماهی طلال خطر حادی برای سلامتی مصرف‌کنندگان در پی نخواهد داشت اما با افزایش روزافزون نرخ مصرف این مقدار نیز بیشتر خواهد شد.

جدول ۵. تخمین خطر بالقوه (THQ) و کل شاخص خطر (HI) فلزات سنگین مس و روی

مناطق	THQ (Cu)		THQ (Zn)		HI	
	A	C	A	C	A	C
پارسیان	۰/۰۰۱۳۲	۰/۰۰۶۳	۰/۰۰۶۷۲	۰/۰۳۲۵	۰/۰۰۸۰۴	۰/۰۳۹۱
عسلویه	۰/۰۰۱۳۵	۰/۰۰۶۵	۰/۰۱۳۸۲	۰/۰۶۶۷	۰/۰۱۵۱۷	۰/۰۷۳۲
میناب	۰/۰۰۱۳۸	۰/۰۰۶۶	۰/۰۱۱۲۱	۰/۰۵۴۱	۰/۰۱۲۵۹	۰/۰۶۰۷

مقدار حد مجاز روزانه و همچنین حداکثر وعده‌های مجاز در طول یک ماه مصرف ماهی طلال در سواحل جنوبی خلیج‌فارس از نظر فلزات مس و روی برای افراد بالغ با وزن ۷۰ کیلوگرم و برای کودکان با وزن ۱۴/۵ کیلوگرم محاسبه و نتایج آن در جدول ۶ نشان داده شده است. میزان نرخ مجاز مصرف روزانه در واقع حداکثر میزان مصرف مجاز روزانه را بدون انتظار داشتن اثرات مضر غیر سرطان‌زا در طول عمر فرد نشان می‌دهد، یعنی اینکه فرد می‌تواند همیشه در طول عمر این میزان را مصرف کند بدون آنکه انتظار ایجاد اثرات مضر غیرسرطانی داشته باشد. با توجه به اینکه در ماهی طلال مورد مطالعه میزان فلزات مس و روی وجود داشته است، بنابراین ضروری است که تعیین شود مصرف‌کنندگان به چه میزان از این گونه‌ها مصرف نمایند بدون اینکه برای آن‌ها اثرات مضری به وجود بیاید. حد مجاز مصرف ماهی در روز برای کودکان تقریباً ۴/۸ برابر کمتر از حد مجاز مصرف در روز برای بزرگ‌سالان است و این اختلاف ناشی از تفاوت وزن افراد است (جدول ۶).

[1] Provisional Tolerable Weekly Intake
[2] Joint FAO / WHO Expert Committee on Food Additives
[3] Provisional Tolerable Weekly Intake

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-05-25]
[DOR: 20.1001.1.23222751.1399.10.1.7.3]

جدول ۶. محاسبه حداکثر مصرف قابل قبول برای فلزات سنگین مس و روی در اثر مصرف ماهی طلال (برای بزرگ‌سالان و کودکان)

فلز	مناطق	CR_{Lim} (Kg/day)		CRmm (meal/month)	
		A	C	A	C
مس	پارسیان	۱۸/۱۸	۳/۷۶	۲۴۲۷/۱۸	۵۰۱/۹۹
	عسلویه	۱۷/۷۲	۳/۶۷	۲۳۶۵/۷۷	۴۸۹/۹۷
	میناب	۱۷/۲۸	۳/۵۸	۲۳۰۷/۰۳	۴۳۷/۹۰
روی	پارسیان	۳/۵۵	۰/۷۳	۴۷۳/۹۵	۹۷/۴۶
	عسلویه	۱/۷۳	۰/۳۵	۲۳۰/۹۷	۴۶/۷۲
	میناب	۲/۱۴	۰/۴۴	۲۸۵/۵۷	۵۸/۷۴

بحث

فلزات سنگین تمایل زیادی به تجمع در اندام‌های مختلف موجودات دریایی مخصوصاً ماهی‌ها دارند، بنابراین این فلزات می‌توانند از طریق مصرف ماهی‌ها وارد بدن مصرف‌کنندگان آن‌ها شوند و مشکلات بهداشتی را برای آن‌ها ایجاد کنند. بنابراین در مطالعه حاضر با توجه به اهمیت موضوع، به بررسی میزان ریسک خطر فلزات مس و روی در اثر مصرف یکی از محبوب‌ترین ماهی‌های مصرفی مردم سواحل جنوبی خلیج‌فارس (ماهی طلال) پرداخته شده است. به منظور ارزیابی پتانسیل ریسک مصرف ماهی طلال در سواحل جنوبی خلیج‌فارس، محاسبات مربوط به میزان جذب روزانه و هفتگی برای یک انسان بالغ ۷۰ کیلوگرمی و کودکان ۱۴/۵ کیلوگرمی انجام گرفت و این میزان با میزان‌های استاندارد توصیه شده توسط کمیته مشترک سازمان بهداشت جهانی و سازمان خواروبار جهانی (JECFA) و نیز با مقدار دوز رفرنس (RFD) آژانس حفاظت محیط زیست آمریکا (USEPA)، مقایسه شد (جدول ۴). میزان جذب روزانه و هفتگی فلزات مس و روی در اثر مصرف ماهی طلال در مطالعه حاضر پایین‌تر از میزان اجازه داده شده توسط متخصصان افزودنی‌های مواد غذایی کمیته مشترک سازمان بهداشت جهانی و سازمان خوار و بار جهانی بوده است، همچنین میزان جذب روزانه مس و روی پایین‌تر از میزان اجازه داده شده توسط آژانس حفاظت محیط زیست آمریکا بوده است (جدول ۴). برآورد خطرپذیری غیرسرطان‌زا یکی از روش‌های اندازه‌گیری اثرات بهداشتی در معرض قرارگیری آلاینده‌های شیمیایی غیرسرطان‌زا است. در این پژوهش احتمال خطرپذیری اثرات غیرسرطان‌زا با محاسبه نسبت خطر (THQ) مورد بررسی قرار گرفت. میزان THQ محاسبه شده در اثر مصرف ماهی طلال در سواحل جنوبی خلیج‌فارس در مطالعه حاضر برای فلزات مس و روی کمتر از یک به دست آمد (جدول ۵). میزان THQ کمتر از یک حاکی از آن است که افراد مصرف کننده در اثر مصرف ماهی طلال در معرض میزان کم‌تری از دوز رفرنس (RFD_0) قرار گرفته‌اند. متوسط نسبت خطر (THQ) و شاخص خطر (HI) هر دو پایین‌تر از یک و سطح ایمن قابل قبول خطر هستند ($HI\leq$). نتایج محاسبات تعیین حد مجاز روزانه مصرف ماهی طلال در سواحل جنوبی خلیج‌فارس از نظر فلزات مس و روی برای افراد بالغ با وزن ۷۰ کیلوگرم و برای کودکان با وزن ۱۴/۵ به دست آمد (جدول ۶). همچنین نتایج تعیین حداکثر وعده‌های مجاز مصرف ماهی در طول یک ماه در جدول ۶ نشان داده شده است. میزان نرخ مجاز مصرف روزانه در واقع حداکثر میزان مصرف مجاز روزانه را بدون انتظار داشتن اثرات مضر غیرسرطان‌زا در طول عمر فرد نشان می‌دهد؛ یعنی اینکه فرد می‌تواند همیشه در طول عمر این میزان را مصرف کند بدون آنکه انتظار ایجاد اثرات مضر غیرسرطانی داشته باشد. با توجه به اینکه در ماهی طلال مورد مطالعه میزان فلزات مس و روی وجود داشته است، بنابراین ضروری است که تعیین شود مصرف‌کنندگان به چه میزان از این گونه‌ها مصرف نمایند بدون اینکه برای آن‌ها اثرات مضری به وجود بیاید. مطالعات دیگری نیز به بررسی خطر غذایی محصولات غذایی پرداخته اند: Copat و همکاران (۲۰۱۳) در مطالعه‌ای بر روی فلزات آرسنیک، سرب، کادمیوم، کُروم، روی، منگنز، نیکل و وانادیوم بر روی عضله چند گونه ماهی در خلیج کاتانیا در شرق دریای مدیترانه انجام دادند. مطالعه آن‌ها نشان داد که برآورد مصرف روزانه فلزات انتخاب شده از طریق مصرف ماهی، کمتر از مصرف جذب روزانه قابل قبول

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-05-25]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1399.10.1.7.3]

موقت (PTDI) مقادیر بیان شده توسط FAO/WHO بودند. در مطالعه‌ای دیگر Taweel و همکاران (۲۰۱۳) غلظت فلزات مس، روی، سرب، نیکل و کادمیوم را در عضله ماهی تیلاپیا مورد بررسی قرار دادند. نتایج ایشان نشان داد که مقادیر THQ برای فلزات کمتر از یک بود، که با نتایج مطالعه حاضر مطابقت دارد. Al Sayegh Petkovšek و همکاران (۲۰۱۲) پتانسیل خطر سلامتی انسان را ناشی از مصرف ۱۰ گونه ماهی در دریاچه سالک در اسلوونی مورد ارزیابی قرار دادند. میزان جذب هفتگی فلزات روی، سرب، آرسنیک، جیوه و کادمیوم به ترتیب ۳/۴۴ ، ۰/۰۱۵، ۰/۰۱۸، ۰/۰۷ و ۰/۰۲ تعیین شد. نتایج آن‌ها نشان می‌دهد، جذب موقت هفتگی قابل تحمل (PTWI) به دست آمده از مقادیر تعیین شده به وسیله FAO/WHO کمتر است. Bat و همکاران (۲۰۱۲)، مطالعه‌ای بر روی فلزات روی، مس، سرب و کادمیوم درعضله سپرماهی در سواحل دریای سیاه، ترکیه انجام دادند. محدوده غلظت فلزات روی، مس، سرب و کادمیوم در عضله به ترتیب ۳۵/۳۳-۱۸/۵۶، ۶/۱۱-۱/۸۱، ۰/۲۱-۰/۰۷ و ۰/۰۴۶-۰/۰۱۶ تعیین شد. مطالعه ایشان نشان داد که برآورد مصرف روزانه و هفتگی فلزات انتخاب شده از طریق مصرف ماهی کمتر از مصرف جذب موقت روزانه قابل تحمل (PTDI) و جذب موقت هفتگی قابل تحمل (PTWI) توسط مقادیر تعیین شده به وسیله FAO/WHO بیان شده بودند. Mortazavi و همکاران (۲۰۱۱)، میزان ریسک غذایی فلزات کادمیوم، سرب، روی، مس و جیوه را در اثر مصرف ماهی کپور در سواحل جنوبی دریای مازندران پایین‌تر از حداکثر میزان قابل قبول اجازه داده شده، گزارش کردند. Demirak و همکاران (۲۰۰۶) به بررسی تراکم فلزات سنگین مس، روی، کروم، سرب و کادمیوم در آب و رسوب و در بافت عضلانی و آبشش ماهی در رودخانه دیپسیز ترکیه پرداختند. نتایج حاکی از آن بود که میزان غلظت فلزات سنگین در بافت عضلانی از حد مجاز قابل مصرف کمتر می‌باشد. ماهی به عنوان یکی از مهم‌ترین مواد غذایی در جهان به ویژه برای مردمی که در حاشیه دریاها زندگی می‌کنند محسوب می‌شود. متخصصان تغذیه برای بهره‌مندی از مزایای سلامتی توصیه می‌کنند که مردم ماهی را در زنجیره غذایی خود بگنجانند. اما با توجه به قابلیت تجمع فلزات در بافت‌های بدن ماهیان ملاحظات ویژه در مصرف آن‌ها باید لحاظ شود. مضرات بالقوه از فلزات حاکی از آن است که مردم نه تنها باید مقادیر کوچک از مواد غذایی آلوده را مصرف کنند بلکه باید در مصرف مواد غذایی، تنوع را برای جلوگیری از مقادیر مصرف ناسالم فلزات سنگین در نظر بگیرند. اطلاعات در زمینه‌ی آلاینده‌ها مورد ماهی‌های تجاری به طور کلی در دسترس عموم مردم نیست. بنابراین نیاز به اطلاعات بیشتری در مورد سطوح آلاینده در ماهی‌ها از مناطق خاص وجود دارد. اطلاعات در زمینه شناسایی دقیق گونه‌ها، محل جمع‌آوری و سطوح مجاز آلاینده‌ها در ماهی از مناطق خاصی از جهان می‌تواند به مردم اجازه دهد که تصمیمات آگاهانه بگیرند و با مصرف ماهیان مناسب کم‌ترین مقدار فلزات را به بدن برسانند (MacDonald *et al*., 2000). بنابراین، نتایج مطالعه حاضر نشان می‌دهد که مصرف این گونه ماهی در میزان مصرف کنونی با توجه به سطوح مشاهده شده برای مس و روی به تنهایی یا در ترکیب با یکدیگر برای جمعیت انسانی برای مناطق مورد مطالعه خطری ایجاد نمی‌کند. گرچه یادآور می‌شویم که در اینجا تنها دو عنصر مس و روی بررسی شده است. در ضمن، در برآورد پتانسیل خطر این دو فلز گروه‌های مختلف سنی و جنسی همچون کودکان، سالخوردگان، زنان باردار، بیماران و نوجوانان و اشخاصی که شاید نسبت به آلاینده حساسیت ویژه‌ای دارند باید مد نظر قرار گیرد.

منابـع

Alipour, H., Pourkhabbaz, A., Hassanpour, M. 2015. Estimation of potential health risks for some metallic elements by consumption of fish. Water Quality, Exposure and Health. 7(2): 179-185. (in Persian)

Al Sayegh Petkovšek, S., Mazej Grudnik, Z., Pokorny, B. 2012. Heavy metals and arsenic concentrations in ten fish species from the *Šalek lakes* (*Slovenia*): assessment of potential human health risk due to fish consumption. Environmental Monitoring and Assessment. 184(5): 47-76.

Bat, L., Şahin, F., Üstün, F., Sezgin, M. 2012. Distribution of Zn, Cu, Pb and Cd in the tissues and organs of Psetta maxima from Sinop Coasts of the Black Sea, Turkey. Marine Science. 2(5): 105-109.

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-05-25]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1399.10.1.7.3]

Bogdanovic, T., Ujevic, I., Sedak, M., Listeš, E., Šimat, V., Petricˇevic, S., Poljak, V. 2014. As, Cd, Hg and Pb in four edible shellfish species from breeding and harvesting areas along the eastern Adriatic Coast, Croatia. Food Chemistry. 146: 197-203.

Chen, Y.C., Chen, M.H. 2001. Heavy metal concentrations in nine species of fishes caught in coastal waters off Ann- Ping, S.W., Taiwan. Journal of Food and Drug Analysis. 9: 107-114.

Chien, L.C., Hung, T.C., Choang, K.Y., Yeh, C.Y., Meng, P.J., Shieh, M.J., Han, B.C. 2002. Daily intake of TBT, Cu, Zn, Cd and As for fishermen in Taiwan. Science of the total environment.; 285(1-3): 177-185.

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.

Darmono, D., Denton, G.R.W. 1990. Heavy metal concentrations in the banana prawn, Penaeus merguiensis, and leader prawn, P. monodon, in the Townsville Region of Australia. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology. 44(3): 479-486.

Demirak, A., Yilmaz, F., Tuna, A.L., Ozdemir, N. 2006. Heavy metals in water, sediment and tissues of *Leuciscus cepgalus* from a stream in southwestern Turkey. Chemosphere. 63(9): 1451-1458.

Dorafshan, S., Shojaee, N., Mirghaffari, N. 2015. Heavy metals (Cd and Cr) concentration in different tissues (muscle, gill, kidney and intestine) of Zayandehrood chub, *Petroleuciscus esfahani*. Iranian Scientific Fisheries Journal. 2(24): 52-43. (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. Fishery and aquaculture statistics. Yearbook 2012. Food and Agriculture Organisation of the United Nations, Rome. 2014: 1-107. Available from: http://www.fao.org/fishery/ publications/yearbooks/en.

Goli, S., Imanpoor, M., Noori, G. 2015. A study on effect of Chromium on sperm motility of Persian Sturgeon (*Acipenser persicus*). Quarterly Journal of Animal Research (Iranian Journal of Biology). 28(1): 97-104. (in Persian)

Hassanpour, M., Rajaei, G., Sinka Karimi, M.H., Ferdosian, F. 2014. Determination of HeavyMetals (Pb, Cd, Znand Cu) in Caspian kutum (*Rutilus frisii kutum*) from Miankaleh International Wetland and Human Health Risk. Journal Mazandaran University Medical Science. 24(113): 163-170. (in Persian)

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

Liu, C.W., Liang, C.P., Huang, F.M., Hsueh, Y.M. 2006. Assessing the human health risks from exposure of inorganic arsenic through Oyster *(Crassostrea Gigas)* consumption in Taiwan. Science of the Total Environment. 361(1): 57-66.

MacDonald, D.D., Ingersoll, C.G., Berger, T.A. 2000. Development and evaluation of consensus-based sediment quality guidelines for freshwater ecosystems. Archives of Environmental Contamination and Toxicology. 39(1): 20-31.

MAFF. 1995. Monitoring and surveillance of non-radioactive contaminations in the aquatic environment and activities regulating the disposal of wastes at sea. 1993. Aquatic Environment Monitoring Report, No. 44. Direcorate of Fisheries Research, Lowestoft.

Mashroofeh, A., Riyahi Bakhtiari, A., Pourkazemi, M. 2013. Evaluation of cadmium, vanadium, nickel and zink concentrations in different tissues of beluga and stellate sturgeon and risk assessment regarding consuming their muscle tissue in south Caspian Sea. Journal of Mazandaran University of Medical Sciences. 22(96): 89-96. (in Persian)

Mehr new agency. 2013. Available from https://www.mehrnews.com/news/2137429. 17th September 2013.

Moopam. 1999. Manual of Oceanographic Observations and Pollutant Analysis Methods. ROPME Kuwait. 1(20): 321 p.

Mortazavi, M.S., Sharifian, S. 2011. Mercury bioaccumulation in some commercially valuable marine organisms from mosa bay, Persian Gulf. International Journal of Environmental Research. 5(3): 757-762. (in Persian)

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-05-25]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1399.10.1.7.3]

Moshtaghzadeh, G., Naji, A., Koosej, N. 2016. Risk assessment of some potentially toxic elements pollution in the muscle and liver of *Longtail tuna (Thunnus tonggol)* and *Abu mullet (Liza abu)* for human consumption in the Hormozgan Province. Iranian Scientific Fisheries Journal. 26(6): 33-47. (in Persian)

Nasrollahzadeh Saravi, H., Pourgholam, R., Pourang, N., Rezaei, M. Makhlough, A., Unesipour, H. 2013. Heavy metal concentrations in edible tissue of *Cyprinus carpio* and its target hazard quotients in the Southern Iranian Caspian Sea Coast. Journal of Mazandaran University of Medical Sciences. 23(103): 33-44. (in Persian)

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.

Sharifian, S., Zakipour, E., Mortazavi, M.S., Arshadi, A. 2011. Quality assessment of tiger tooth croaker (*Otolithes rubber*) during ice storage. International Journal of Food Properties. 14(2): 309-318. (in Persian)

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

Türkmen, M., Türkmen, A., Tepe, Y. 2008. Metal contaminations in five fish species from Black, Marmara, Aegean and Mediterranean Seas, Turkey. Journal of the Chilean Chemical Society. 53 (1): 1424-1428.

Velayatzadeh, M., Askary Sary, A., Beheshti, M., Mahjob, S., Hoseini, M. 2014. Measurement of Heavy metals (Hg, Cd, Sn, Zn, Ni, Fe) in canned tuna fish product in central cities, Iran. Quarterly Journal of Animal Research (Iranian Journal of Biology). 26(4): 498-506. (in Persian)

WHO. 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). 150 p.

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-05-25]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1399.10.1.7.3]