مجله بوم شناسی آبزیان

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

ارزیابی ریسک خطر مصرف پانزده فلز سنگین در ماهی کفال طلایی (*Liza aurata*) دریای خزر

مهرنوش نوروزی[۱]، مصطفی باقری توانی[۲*]

[۱] گروه شیلات و بیولوژی دریا، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تنکابن، تنکابن

[۲] دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تنکابن، باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان، تنکابن

نوع مقاله:
پژوهشی

تاریخچه مقاله:
دریافت: ۹۶/۰۳/۰۳
اصلاح: ۹۶/۰۴/۱۲
پذیرش: ۹۶/۰۹/۳۰

کلمات کلیدی:
دریای خزر
شاخص خطر
فلز سنگین
کفال طلایی

چکیده

تجمع ۱۵ فلز سنگین (سرب، کادمیوم، جیوه، آرسنیک، آلومینیوم، وانادیوم، قلع، تالیوم، کروم، مس، منگنز، روی، نیکل، آهن، کبالت) در بافت عضله ماهی کفال طلایی بررسی شد. همچنین میزان جذب روزانه، هفتگی در کودکان و بزرگسالان و حد مجاز مصرف برای آنان و ریسک احتمال خطر مصرف این ماهی نسبت به بیماری‌های غیر سرطانی نیز محاسبه شد. به همین منظور ۱۰۰ قطعه ماهی کفال طلایی بالغ، از مناطق مختلف نوار ساحلی دریای خزر صید گردید. آماده‌سازی و هضم شیمیایی نمونه‌ها مطابق با دستورالعمل استاندارد انجام شد. میزان تجمع فلزات مورد بررسی به صورت Cu< Co< Mn< Zn<Fe< V< TI< As< Sn< Al< Pb< Hg< Ni< Cd<Cr بود. تجمع فلزات مورد بررسی از محدوده مجاز پیشنهاد شده برای مصرف انسان توسط سازمان بهداشت جهانی پایین‌تر بود. احتمال ریسک خطرپذیری به بیماری‌های غیرسرطان‌زای هر پانزده فلز کمتر از یک بود. همچنین مقدار شاخص خطرکل (HI) در این مطالعه ۰/۰۶۵ به دست آمد و نشان‌دهنده آن است که مصرف ماهی کفال طلایی اثر مضری برای مصرف‌کنندگان ندارد. بیشترین خطرپذیری بیماری‌های غیر سرطان‌زا در فلزات سمی مربوط به جیوه و در فلزات غیر سمی مربوط به منگنز بود. همچنین تجمع فلزات سنگین در ماهیان صید شده از سواحل استان گیلان و گلستان نسبت به سواحل استان مازندران بیشتر بود.

مقدمــه

گوشت ماهی به دلیل وجود اسیدهای چرب و اسیدهای آمینه دارای ارزش غذایی بالایی نسبت به سایر غذاهای جانوری می‌باشد. اما با وجود این مزیت‌های فراوان، سهم مصرف آبزیان و فراورده‌های شیلاتی در سبد خانوار ایرانی در مقایسه با سایر گوشت‌های مصرفی پایین است (Dadgar *et al.*, 2015). امروزه وجود عناصر سنگین و سمی در آب‌ها، مهم‌ترین عامل زیان‌بار برای آبزیان محسوب می‌شود. فلزات ممکن است از راه آبشش‌ها یا از طریق غذا وارد بدن ماهی شوند، اما به نظر می‌رسد راه دوم مهم‌تر است. رژیم غذایی، مسیر اصلی ورود فلزات سنگین به بدن می‌باشد؛ از این رو خطر ارزیابی این عناصر برای انسان مهم است. غلظت فلزات در قسمت‌های خوراکی فرآورده‌های آبزیان ارتباط بیشتری با بهداشت عمومی

* نویسنده مسئول، پست الکترونیک: mostafa.bagheri@toniau.ac.ir or mostafa.bagheri@hotmail.com

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-23]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1397.8.3.10.6]

دارد. در سه دهه گذشته گزارش‌هایی در مورد سمیت فلزات سنگین در انسان ناشی از مصرف ماهی و آبزیان آلوده داده شده است (Mohamad and Osman, 2014; Anim *et al*., 2011). ماهی در بالای زنجیره غذایی آبزیان قرار دارد و ممکن است مقادیر زیادی از فلزات در بدن آن تجمع یابد. این فلزات به صورت ترکیب با آنزیم‌ها و پروتئین‌ها بر عملکرد سلول‌ها اثر می‌گذارند (Ahmadi Kordestani *et al.*, 2013) و می‌توانند جایگزین دیگر املاح و مواد معدنی مورد نیاز در بدن شوند (Mohammadnabi Zadeh and Pourkhabbaz, 2013).

دریای خزر بزرگ‌ترین دریاچه دنیا و یکی از مهم‌ترین اکوسیستم‌های آبی در سطح زمین محسوب می‌شود که متأسفانه آلودگی‌های صنعتی، کشاورزی و فاضلاب‌های شهری، تولید نفت و گاز در سواحل و در اعماق و همچنین فعالیت‌های حمل و نقل دریایی و بنادر باعث تغییر در شرایط اکولوژیک دریای خزر شده است. سالانه بیش از ۳۰۰ کیلومتر مکعب آب توسط ۱۳۰ رودخانه وارد دریای خزر می‌شود که این امر باعث ورود آلودگی‌های شیمیایی به این اکوسیستم می‌باشد (Sadeghi Rad *et al*., 2005). ماهی کفال طلایی[1] یکی از ماهیان مطلوب مصرف در سه استان گیلان، مازندران و گلستان در سواحل جنوبی دریای خزر است. این ماهی کفزی و با توجه به رژیم غذایی همه‌چیزخواری قادر به تجمع بالایی از آلاینده‌ها می‌باشد و شاخص مناسبی جهت تعیین غلظت فلزات در اکوسیستم‌های آبی است. با توجه به ارزش غذایی و همچنین اهمیت اقتصادی این گونه در سواحل جنوبی دریای خزر، بررسی میزان فلزات جهت ارزیابی ریسک ناشی از مصرف این ماهی ضروری به نظر می‌رسد.

سازمان بهداشت جهانی (WHO)[2] و کمیته کدکس آلیمنتاریوس مشترک سازمان خواربار جهانی[3] به منظور سلامت، بهداشت و امنیت غذایی سه فرایند ارزیابی خطرهای احتمالی[4]، مدیریت خطرهای احتمالی[5]، ارتباط خطرهای احتمالی[6] را تصویب نمودند. فرق اساسی بین خطر و احتمال خطر در این است که خطر، عامل بیولوژیک، شیمیایی یا فیزیکی در غذا و یا وضعیتی از غذاست که به طور بالقوه دارای عامل مخاطره‌آمیز است. در مقابل احتمال خطر، برآورد احتمال و شدت اثرهای زیان‌بار برای سلامت افراد در معرض خطر قرار گرفته با غذای حاوی عامل مخاطره‌آمیز است (WHO, 1996). مطالعات اندکی با هدف ارزیابی ریسک مصرف آبزیان از جهت فلزات سنگین در دریای خزر انجام گرفته است و در بیشتر آن‌ها بررسی فلزات سنگین در بافت‌های مختلف ماهی کفال طلایی و ارتباط تجمع فلزات با پارامترهای بیومتری پرداخته شده است (Amini Ranjbar and Sotudehnia, 2005; Taghavi jelodar *et al.*, 2011; Norouzi *et al.*, 2016) و اطلاعات معدودی از میزان ورود فلزات سنگین به بدن مصرف‌کنندگان و ارزیابی میزان خطر احتمالی ناشی از مصرف روزانه ماهی با توجه به غلظت فلزات تجمع یافته در آن‌ها انجام شده است (Solgi and Esfandi Sarafraz, 2015; Banagar *et al.*, 2015; Solgi, 2015; Mashroofeh *et al.*, 2013; Ahmadi Kordestani *et al.*, 2013) به خصوص ریسک مصرف آبزیان در گروه‌های آسیب‌پذیر از جمله کودکان و زنان باردار بسیار حائز اهمیت است و باید مصرف آن مورد ارزیابی قرار گیرد.

به دلیل اثرات غلظت فلزات سنگین در ماهی‌ها و میزان ضرر و زیان آن‌ها بر روی سلامتی انسان بیشتر مطالعات برروی این موضوع متمرکز شده است، زیرا ماهی‌ها می‌توانند به عنوان یکی از مهم‌ترین نشانگرهای زیستی برای تخمین سطوح آلودگی به فلزات سنگین در اکوسیستم‌های آبی باشند (Alturqi and Albedir, 2012). از آنجایی که ماهیان بخش مهمی از رژیم غذایی انسان را تشکیل می‌دهند، پایش فلزات سنگین و سمی برای متخصصان علوم تغذیه، پزشکان و محیط‌زیست مهم است (Belitz *et al.*, 2001; Ozden, 2010). از این رو اندازه‌گیری تجمع فلزات سنگین در جهت تعیین وضعیت سلامت عمومی و حفاظت از محیط‌زیست دریایی اهمیت زیادی دارد. هدف پژوهش حاضر تعیین سطح ۱۵ فلز

[1] *Liza aurata*
[2] World Health Organization
[3] FAO/WHO Codex Alimentarius Commision (CAC)
[4] Risk Assessment
[5] Risk Management
[6] Risk Communication

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-23]
[DOR: 20.1001.1.23222751.1397.8.3.10.6]

سنگین سمی (سرب، کادمیوم، جیوه، آرسنیک، آلومینیوم، وانادیوم، قلع، تالیوم) و غیر سمی (کروم، مس، منگنز، روی، نیکل، آهن، کبالت) در بافت عضله ماهی کفال طلایی در حوضه جنوبی دریای خزر بود. همچنین میزان جذب روزانه و هفتگی در کودکان و بزرگسالان و حد مجاز مصرف برای آنان مشخص گردید. همچنین ریسک احتمال خطر مصرف این ماهی نسبت به بیماری‌های غیر سرطانی نیز محاسبه و با استانداردهای سازمان بهداشت جهانی مقایسه شد.

مواد و روش‌ها

نمونه‌گیری و روش آماده‌سازی هضم شیمیایی

با توجه به اهداف پژوهش، پراکنش، میزان مصرف و فصل صید این گونه در دریای خزر تعداد ۱۰۰ قطعه ماهی کفال طلایی بالغ (۵۵ قطعه نر و ۴۵ قطعه ماده) با میانگین وزن ۸۷۹/۷۶۶±۲۵۰/۴۲۳ گرم و طول کل ۴۹/۰۹±۴/۴۳ سانتی‌متر در سه استان ساحلی (گیلان، مازندران، گلستان) به صورت تصادفی از ۱۰ شرکت پره صیادی (آستارا، تالش، بندرانزلی، رودسر، تنکابن، نوشهر، فریدونکنار، بهشهر، بندر ترکمن، خواجه نفس) از پاییز ۱۳۹۴ تا بهار ۱۳۹۵ صید و درون یخ ۱:۱ به آزمایشگاه تحقیقات شیلات و بیولوژی دریا دانشگاه آزاد اسلامی واحد تنکابن منتقل شد. پس از شستشوی نمونه‌ها با آب مقطر، وزن و طول آنان ثبت گردید. جهت انجام عمل هضم شیمیایی ۱۰ گرم بافت عضله ماهیان توزین در بالن حاوی ۵ میلی‌لیتر آب اکسیژنه و اسید نیتریک (۶۵ درصد) با نسبت ۱ به ۳ به مدت ۵ ساعت در دمای حداکثر $140\ ^{\circ}C$ در درون دستگاه Heater Digest قرار گرفت. سپس محلول توسط کاغذ فیلتر واتمن[1] صاف و با آب مقطر به حجم ۵ سی‌سی رسانده شد (Lakshmanan *et al.*, 2009; Moopam, 1983). جهت اندازه‌گیری غلظت فلزات سنگین از دستگاه جذب اتمی مدل Germany AAS4 Zeiss مجهز به سیستم کوره گرافیتی برحسب میکروگرم بر گرم استفاده شد (Moopam, 2010).

محاسبه جذب فلزات بر حسب وزن تر

عموماً ماهیان به صورت وزن تر مورد مصرف قرار می‌گیرند. به همین دلیل محاسبات فلزات نیز باید بر حسب وزن تر باشد. طبق مطالعات سازمان FAO حدود ۸۰ درصد از وزن ماهیان را رطوبت تشکیل می‌دهد. برای به دست آوردن فاکتور تصحیح تبدیل وزن خشک به وزن تر می‌توان از فرمول ۱ استفاده نمود. در این رابطه CF برابر ۰/۲ محاسبه شد. که با ضرب نمودن فاکتور تصحیح در مقادیر فلزات مورد مطالعه در عضله ماهیان بر حسب وزن تر به دست می‌آید (UNEP, 1984).

$$CF = ۱ - (\text{میزان رطوبت عضله ماهی}/۱۰۰) \qquad \text{فرمول (۱)}$$

محاسبه جذب روزانه و هفتگی

جهت مشخص نمودن میزان جذب آلاینده از طریق ماده غذایی به ازای هر کیلوگرم از وزن بدن در روز (EDI)[2] و هفته (EWI)[3] بر اساس روش پیشنهادی آژانس حفاظت محیط‌زیست آمریکا با استفاده از فرمول۲ و ۳ محاسبه شد.

$$EDI = \frac{C \times MS_D}{BW} \qquad \text{فرمول (۲)}$$

$$EWI = \frac{C \times MS_W}{BW} \qquad \text{فرمول (۳)}$$

EDI = میزان جذب روزانه فلزات از طریق مصرف ماهی (میکروگرم/گرم/وزن بدن/روز).
EWI = میزان جذب هفتگی فلزات از طریق مصرف ماهی (میکروگرم/گرم/وزن بدن/هفته).
C = غلظت فلز در بافت عضله ماهی مورد مصرف (میکروگرم/گرم).

[1] Whatman
[2] Estimation Daily intake
[3] Estimation Weekly Intake

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-23]
[DOR: 20.1001.1.23222751.1397.8.3.10.6]

MS_D= نرخ مصرف روزانه ماهی؛ (۳۸ گرم در روز بر اساس سرانه مصرف ماهی در سواحل جنوبی دریای خزر) (Yaghobzadeh *et al.*, 2014).

MS_W = نرخ مصرف هفتگی ماهی؛ (۲۶۶ گرم در هفته بر اساس سرانه مصرف ماهی در سواحل جنوبی دریای خزر) (Yaghobzadeh *et al.*, 2014).

محاسبه حد و تعداد وعده مجاز مصرف ماهی

یکی از مهم‌ترین روش‌های تعیین حد مجاز مصرف ماهی، روشی است که توسط آژانس حفاظت محیط‌زیست آمریکا EPA ارائه شده است (USEPA, 2000). در این روش بر پایه میزان فلزات در بافت‌های خوراکی ماهی با استفاده از دوز مرجع (RfD) مطابق با فرمول ۴ ارائه شده که با استفاده از آن می‌توان حد قابل قبول مصرف ماهی و محصولات شیلاتی را در یک دوره زمانی خاص به دست آورد. همچنین جهت محاسبه تعداد وعده‌های مجاز مصرف در ماه نیز از فرمول ۵ استفاده شد.

$$CR_{lim} = \frac{RfD \times BW}{C} \times 7$$ فرمول (۴)

Cr_{lim} = حد مجاز مصرف ماهی بر حسب (کیلوگرم/روز)

BW = وزن بدن (بزرگسالان ۷۰ کیلوگرم، کودکان ۱۴/۵ کیلوگرم)

RfD = دوز مرجع (میکروگرم بر گرم وزن بدن در روز)

$$CR_{mm} = \frac{CRlim \times Tap}{MS}$$ فرمول (۵)

CR_{mm} = نرخ مجاز مصرف ماهی (وعده در ماه).

MS = مقدار در هر وعده (بزرگسالان ۲۲۷ گرم- کودکان ۱۱۴ گرم).

T_{ap} = متوسط دوره زمانی (۴/۳ هفته در ماه).

محاسبه ریسک خطرپذیری- شاخص خطر (THQ)[1]

پتانسیل خطر عبارت است از نسبت غلظت عناصر به حداکثر غلظتی از آن عنصر که در بدن ایجاد مشکل نمی‌کند. برای محاسبه احتمال خطرپذیری افراد به بیماری‌های غیر سرطانی از فرمول ۶ ارائه شده توسط سازمان حفاظت محیط‌زیست آمریکا استفاده شد (USEPA, 2009). جهت محاسبه این شاخص دو مورد به صورت پیش فرض در نظر گرفته می‌شود اولاً میزان فلز وارد شده با میزان جذب شده در بدن برابر می‌باشد. دوماً پختن اثری بر روی آلاینده‌ها ندارد (Cooper *et al.*, 1991; USEPA, 1989). مکانیسم این شاخص به این صورت می‌باشد که اگر عدد حاصله بالاتر از یک باشد نشان‌دهنده بالا بودن احتمال ابتلا به بیماری‌های غیر سرطانی است. همچنین اگر عدد حاصله کمتر از یک باشد نشان‌دهنده آن است که مصرف آبزی اثر مضری برای مصرف‌کنندگان ندارد. شاخص خطر کل (HI) از حاصل جمع خطرپذیری ۱۵ فلز، مطابق فرمول ۷ به دست می‌آید (Chien, 2002).

$$THQ = \frac{EF \times ED \times IR \times C}{BW \times RfD \times AT}$$ فرمول (۶)

THQ = شاخص خطر

EF = فرکانس مواجهه (بسامد در معرض قرارگیری) ۳۶۵ روز در سال

[1]Target Hazard Quotients

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-23]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1397.8.3.10.6]

ED = کل مدت زمان مواجهه (میزان در معرض قرارگیری) ۷۰ سال
IR = نرخ مصرف روزانه ماهی؛ (۳۸ گرم در روز بر اساس سرانه مصرف ماهی در سواحل جنوبی دریای خزر)
AT = میانگین روزهای در معرض قرارگیری (روز ۲۵۵۰ = سال ۷۰ × روز ۳۶۵).

فرمول (۷) Hazard Index (HI) = ΣTHQ = THGPb + THGCd + THGHg + THGCr + THGAs + THGCu + THGMn + THGZn + THGNi + THGFi + THGCo + THGAl + THGV + THGSn + THGTI

روش تجزیه و تحلیل داده‌ها

برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم‌افزار SPSS 20 استفاده شد. برای رسم نمودارها نیز از نرم‌افزار EXCEL 2010 استفاده گردید.

نتایـج

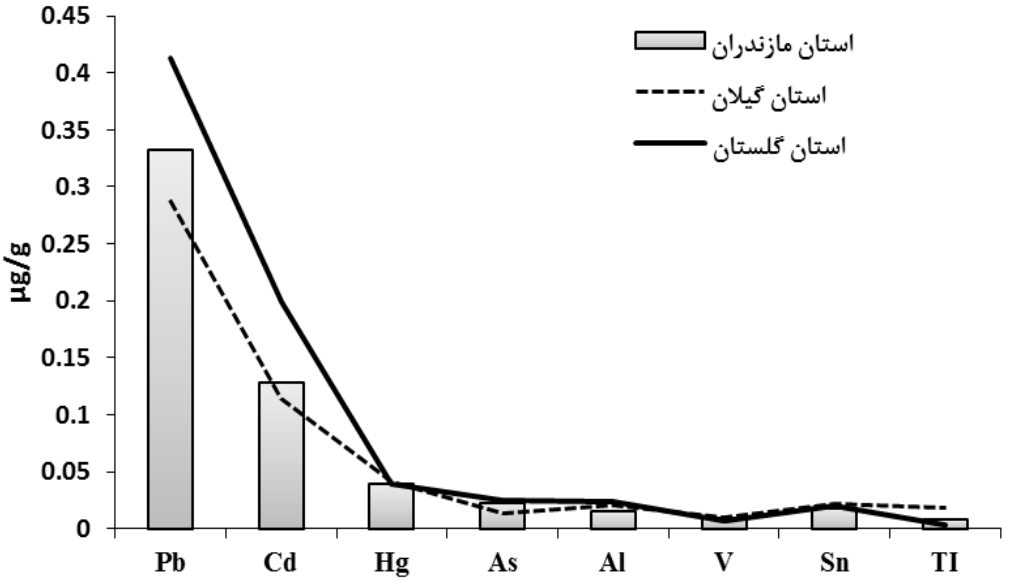
جدول ۱، میزان جذب بافت عضله ماهی بافت فیله ماهیان بالغ کفـال طلایـی، حـد مجـاز مصـرف فلـزات سـنگین سـازمان بهداشت جهانی (Who, 1996)، دوز مرجع (میکروگرم بر گرم وزن بدن در روز)، همچنین جذب روزانه (میکروگرم/گرم/وزن بدن/روز) و هفتگی (میکروگرم/گرم/وزن بدن/هفته) فلزات سمی و غیـر سـمی در بـدن بزرگسـالان و کودکـان و اسـتاندارد حداکثر حد مجاز جذب هفتگی (میکروگرم/گرم/وزن بدن ۷۰ کیلوگرم/هفته) را نشان می‌دهد. بررسـی غلظـت فلـزات ایـن ماهی نشان داد که غلظت فلـزات مـورد بررسـی در بافـت عضـله متفـاوت بـود. بـه‌طـوری کـه بیشـترین آن در فلـز آهـن (۱۳/۹۸۸±۳/۴) و کمترین آن در فلز وانادیوم (۰/۰۰۰۹±۰/۰۰۰۷۹) بر اساس میکروگرم بر گرم وزن تر دیده شد. میـزان جذب فلزات مورد بررسی در بافت عضله به صورت As< Sn< Al< Pb< Hg< Ni< Cd< Cr< Cu< Co< Mn< Zn<Fe V< TI> بود. همان‌طور که مشاهده می‌شود حد مجاز مصرف فلزات سنگین پایین‌تر از استاندارد سـازمان بهداشـت جهـانی بود.

در جدول ۲ میزان ریسک خطر، حد مجاز مصرف و تعداد مجاز وعده در ماه نشان داده شده است. بر اساس این نتایج، حد مجاز مصرف فلزات سنگین پایین‌تر از استاندارد سازمان بهداشت جهانی بود. محاسبه شاخص خطر نشان داد که همگی، مقادیر کمتر از یک دارند و نشان‌دهنده آن است که مصرف ماهی کفال طلایی اثر مضری برای مصرف‌کنندگان ندارد. همچنین مقدار شاخص خطرکل در این مطالعه زیر ۱ (۰/۰۶۵) به دست آمد.

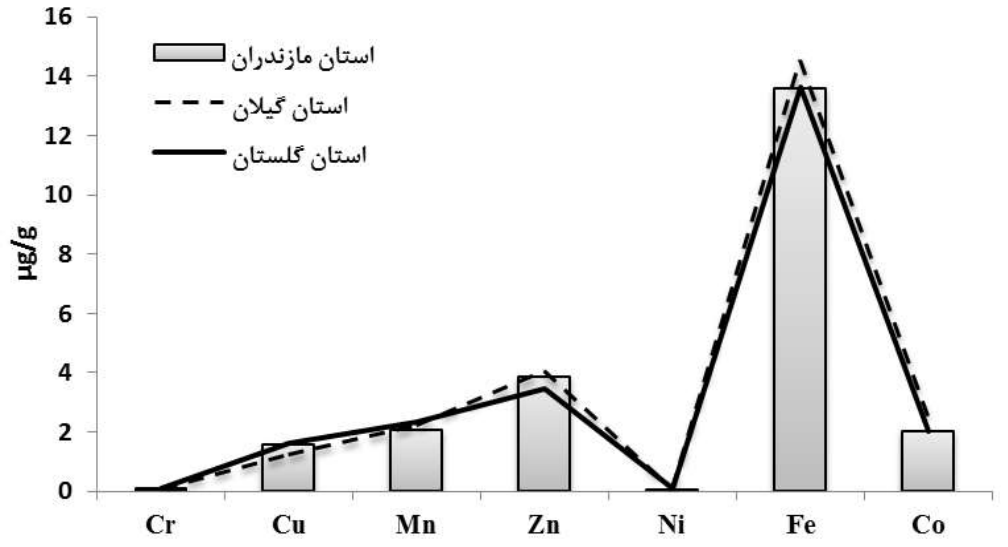
محاسبه بیشترین میزان جذب فلزات سنگین مورد بررسی بر اساس مناطق نمونه‌برداری نشان داد که میزان جذب فلزات در استان‌های مختلف با یکدیگر متفاوت است. به‌طوری‌که بیشترین میزان جذب فلزات سرب، کادمیوم، جیوه، آلومینیوم، مس و منگنز در استان گلستان، فلز کروم در استان مازندران و فلزات آرسنیک، وانادیوم، قلع، تالیوم، روی، نیکل، آهن و کبالت در استان گیلان مشاهده شد. نمودار میزان جذب فلزات سمی به تفکیک سه استان ساحلی دریای خزر در (شکل ۱) و همچنین نمودار جذب فلزات غیر سمی نیز به تفکیک در سه استان ساحلی در (شکل ۲) نشان داده شده است.

در شکل ۳ و ۴ به ترتیب درصد سهم نسبی فلزات سمی و غیر سمی در ایجاد بیماری‌های غیر سرطانی در مصرف‌کنندگان ماهی کفال طلایی به نمایش در آمده است. همچنان که مشاهده می‌شود بیشترین خطرپذیری بیماری‌های غیر سرطان‌زا در فلزات سمی مربوط به جیوه و سپس کادمیوم و بعد تالیوم و سرب است و سایر فلزات مانند آرسنیک، وانادیوم، قلع و آلومینیوم سهم ناچیزی را شامل می‌شود بنابراین باید به جیوه توجه بیشتری شود. در خصوص خطرپذیری بیماری‌های غیر سرطان‌زا در فلزات غیر سمی مربوط به منگنز سپس کبالت و بعد مس است و سایر فلزات مانند کروم، روی، نیکل و آهن آلومینیوم سهم کمتری را شامل می‌شود.

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-23]
[DOR: 20.1001.1.23222751.1397.8.3.10.6]



شکل ۱. نمودار میزان جذب فلزات سمی (میکروگرم بر گرم وزن تر) ماهی کفال طلایی در سه استان ساحلی دریای خزر



شکل ۲. نمودار میزان جذب فلزات غیر سمی (میکروگرم بر گرم وزن تر) ماهی کفال طلایی در سه استان ساحلی دریای خزر

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-23]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1397.8.3.10.6]

جدول ۱. میانگین و انحراف معیار میزان جذب بافت عضله ماهی، حد مجاز مصرف فلزات سنگین، جذب روزانه و هفتگی فلزات سمی و غیر سمی در بدن بزرگسالان و کودکان

	میزان فلز	جذب تر فلز	استاندارد WHO	دوز مرجع	جذب روزانه بزرگسالان	جذب روزانه کودکان	جذب هفتگی بزرگسالان	جذب هفتگی کودکان	PTWI
Pb	۱/۶۵±۰/۳۹	۰/۳۳۱±۰/۰۷۹	۰/۴	۰/۰۰۳۵a	۰/۱۷۹±۰/۰۴۳۲	۰/۸۶۷±۰/۲۰۸	۱/۲۵۷±۰/۳۰۲	۶/۰۶۹±۱/۱۴۶	۲۵
Cd	۰/۶۸±۰/۳۲	۰/۱۳۷±۰/۰۶۵	۰/۲	۰/۰۰۱a	۰/۰۷۴±۰/۰۳۵	۰/۳۵۸±۰/۱۷۲	۰/۵۲±۰/۲۵	۲/۵۱۳±۱/۲۰۹	۷
Hg	۰/۲±۰/۰۷	۰/۰۴±۰/۰۱۵	۰/۵	۰/۰۰۰۱c	۰/۰۲۲±۰/۰۰۸	۰/۱۰۶±۰/۰۳۹	۰/۱۵۴±۰/۰۵۷	۰/۷۴۵±۰/۲۷۷	۵
As	۰/۰۹±۰/۰۴	۰/۰۱۹±۰/۰۰۹	۰/۲	۰/۰۰۳c	۰/۰۱±۰/۰۰۵	۰/۰۵±۰/۰۲۵	۰/۰۷۳±۰/۰۳۷۶	۰/۳۵۶±۰/۱۸۱	۱۵
Al	۰/۰۹±۰/۰۵	۰/۰۱۹±۰/۰۱۱	۱	۱a	۰/۰۱±۰/۰۰۶۴	۰/۰۵۱±۰/۰۳	۰/۰۷۴±۰/۰۴۴	۰/۳۵۸±۰/۲۱۶	۷۰۰۰
V	۰/۰۴±۰/۰۳	۰/۰۰۹±۰/۰۰۷	۰/۵	۰/۰۰۹a	۰/۰۰۵±۰/۰۰۴	۰/۰۲۴±۰/۰۲	۰/۰۳۵±۰/۰۳	۰/۱۷±۰/۱۴۵	-
Sn	۰/۱±۰/۰۵	۰/۰۲±۰/۰۱۱	۲۵۰	۰/۰۰۸۶d	۰/۰۱±۰/۰۰۶	۰/۰۵۲±۰/۰۲۹	۰/۰۷۶±۰/۰۴۲	۰/۳۶۶±۰/۲۰۳	۱۴۰۰۰
Tl	۰/۰۴±۰/۰۲	۰/۰۰۸±۰/۰۰۴	۱-۶۰	۰/۰۰۰۰۸e	۰/۰۰۴±۰/۰۰۲۶	۰/۰۲۱±۰/۰۱۲	۰/۰۳۱±۰/۰۱۸	۰/۱۵۲±۰/۰۹۰	۱۰۰
Cr	۰/۵۷±۰/۱۴	۰/۱۱۵±۰/۰۲۹	۱/۳	۰/۰۰۵b	۰/۰۶۲±۰/۰۱۵	۰/۰۳±۰/۰۷۶	۰/۰۴۳±۰/۱۱۱	۲/۱۲±۰/۵۳۷	۲۳/۳
Cu	۷/۲۰±۲/۵۳	۱/۴۴۱±۰/۵۰۷	۱۰	۰/۰۳۷a	۰/۷۸۲±۰/۲۷۵	۳/۷۷۷±۱/۳۲۹	۵/۴۷۷±۱/۹۲	۲۶/۴۴۲±۹/۳۰۸	۳۵۰۰
Mn	۱۰/۸۹±۳/۳۰	۲/۱۷±۰/۶۶	۱	۰/۰۱۴a	۱/۱۸۲±۰/۳۵۸	۵/۷۰۹±۱/۷۳۱	۸/۲۷۸±۲/۵۱	۳۹/۹۶۴±۱۲/۱۱۹	۹۸۰۰
Zn	۱۹/۳۳±۳/۰۷	۳/۸۶۶±۰/۶۱۴	۱۰۰	۰/۳a	۲/۰۹۹±۰/۳۳۳	۱۰/۱۳۳±۱۰/۶۰۹	۱۴/۶۹۳±۲/۳۳۴	۷۰/۹۳۳±۱۱/۱۲۶	۷۰۰۰
Ni	۰/۴۳±۰/۰۱۳	۰/۰۸۶±۰/۰۲۷	۶۰-۸۰	۰/۰۲a	۰/۰۴۶±۰/۰۱۴	۰/۲۲۶±۰/۰۷	۰/۳۲۷±۰/۱۰۲	۱/۵۷۹±۰/۴۹۵	۳۵
Fe	۶۹/۹۳±۱۷	۱۳/۹۸±۳/۴	۱۰۰	۰/۷a	۷/۵۹۳±۱/۸۴۶	۳۶/۶۵۸±۸/۹۱۲	۵۳/۱۵۳±۱۲/۹۲۲	۲۵۶/۶۰۴±۶۲/۳۸۴	۵۶۰۰
Co	۱۰/۸۷±۲/۲۶	۲/۱۷۶±۰/۴۵۲	۰/۰۴-۰/۲۶	۰/۰۲a	۱/۱۸۱±۰/۲۴۵	۵/۷۰۱±۱/۱۸۵	۸/۲۶۷±۱/۷۱۸	۳۹/۹۱۰±۸۰/۲۹۵	۷۰۰

-) اطلاعات در دسترس نیست a)USEPA, 2011; b)USEPA, 2002; c)USEPA, 2000; d)USEPA, 1996; e)USEPA, 1986

واحدها: جذب فلز و جذب تر فلز: میکروگرم بر گرم ؛ دوز مرجع (RfD): میکروگرم بر گرم وزن بدن در روز؛ میزان جذب روزانه (EDI) : میکروگرم بر گرم در روز؛ میزان جذب هفتگی (EWI): میکروگرم بر گرم در هفته؛ استانداردحداکثرحد مجاز جذب هفتگی (PTWI): میکروگرم/گرم/وزن بدن ۷۰ کیلوگرم/هفته.

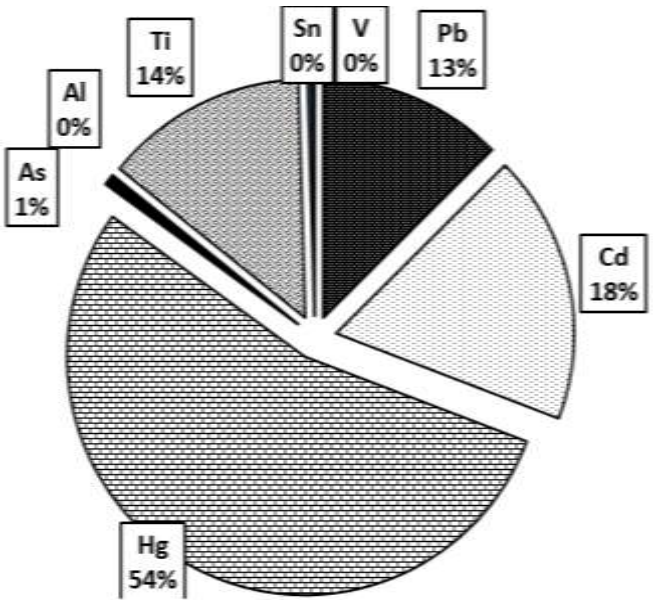
[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-23]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1397.8.3.10.6]

جدول ۲. شاخص ریسک خطر نسبت به بیماری‌ها و انحراف معیار± میانگین میزان حد مجاز و تعداد وعده مجاز مصرف ماهی در ماه

فلز	شاخص خطر	حد مجاز مصرف بزرگسالان	حد مجاز مصرف کودکان	نرخ مجاز مصرف بزرگسالان	نرخ مجاز مصرف کودکان
Pb	۰/۰۵۱	۰/۷۸۲±۰/۱۸۶	۰/۱۶۲±۰/۰۳۸	۰/۰۱۴±۰/۰۰۳	۰/۰۰۶±۰/۰۰۱
Cd	۰/۰۷۴	۰/۶۶۶±۰/۳۷۷	۰/۱۳۸±۰/۰۷۸	۰/۰۱۲±۰/۰۰۷	۰/۰۰۵±۰/۰۰۲
Hg	۰/۲۲	۰/۲۰۲±۰/۰۹۲	۰/۰۴۱±۰/۰۱۹	۰/۰۰۳±۰/۰۰۱	۰/۰۰۱±۰/۰۰۰۷
As	۰/۰۰۳	۱۵/۸۲±۱۲/۰۲	۳/۲۷۷±۲/۴۹	۰/۲۹۹±۰/۲۲۷	۰/۱۲۳±۰/۰۹۳
Al	۰/۰۰۰۰۱	۶۵۵۳/۸۱±۹۸/۷۵	۱۳۵۷/۵۷±۶۲/۱۵	۱۲۴/۱۴۷±۹/۱	۵۱/۲۰۶±۳/۵
V	۰/۰۰۰۶	۱۳۲/۵۲۸±۱۰۵/۳۴۵	۲۷/۴۵±۲۱/۸۲	۲/۵۱±۱/۹۹۵	۱/۰۳۵±۰/۸۲۳
Sn	۰/۰۰۱۳	۶۶/۵۲۸±۸۶/۰۷۱	۱۳/۷۸۰±۱۷/۸۲۹	۱/۲۶±۱/۶۳	۰/۵۱۹±۰/۶۷۲
TI	۰/۰۵۶	۱/۰۷۹±۰/۸۴۴	۰/۱۹۵±۰/۱۵۳	۰/۰۲±۰/۰۱۶	۰/۰۰۷±۰/۰۰۵
Cr	۰/۰۱۲	۳/۲۵۲±۰/۹۴۸	۰/۶۷۳±۰/۱۹۶	۰/۰۶۱±۰/۰۱۷	۰/۰۲۵±۰/۰۰۷
Cu	۰/۰۲۱	۲/۰۴۷±۰/۷۹۱	۰/۴۲۴±۰/۱۶۳	۰/۰۳۸±۰/۰۱۵	۰/۰۱۶±۰/۰۰۶
Mn	۰/۰۸۴	۰/۴۹۶±۰/۱۷۴	۰/۱۰۲±۰/۰۳۶	۰/۰۰۹±۰/۰۰۳	۰/۰۰۳±۰/۰۰۱
Zn	۰/۰۰۷	۵/۵۸۷±۱/۰۲۷	۱/۱۵۷±۰/۲۱۲	۰/۱۰۵±۰/۰۱۹	۰/۰۴۳±۰/۰۰۸
Ni	۰/۰۰۲۳	۱۷/۷۹±۵/۳۱۷	۳/۶۸۵±۱/۱۰۱	۰/۳۳۷±۰/۱	۰/۱۳۹±۰/۰۴۱
Fe	۰/۰۱	۴/۰۰۳±۲/۳۵۲	۰/۸۲۹±۰/۴۸۷	۰/۰۷۵±۰/۰۴۴	۰/۰۳۱±۰/۰۱۸
Co	۰/۰۵۹	۰/۶۷۲±۰/۱۴۴	۰/۱۳۹±۰/۰۲۹	۰/۰۱۲±۰/۰۰۲	۰/۰۰۵±۰/۰۰۱
HI	۰/۶۰۵				

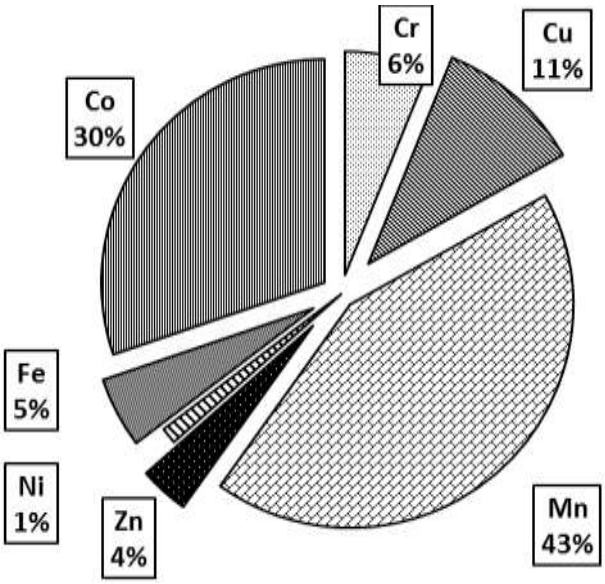
واحدها: نرخ مجاز مصرف ماهی (CR_{mm}): وعده در ماه؛ حد مجاز مصرف ماهی بر حسب (Cr_{lim}): کیلوگرم در روز



شکل ۳. درصد سهم نسبی فلزات سمی در بروز بیماری غیر سرطانی در مصرف‌کنندگان ماهی کفال طلایی دریای خزر ۹۵-۱۳۹۴.

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-23]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1397.8.3.10.6]



شکل ۴. درصد سهم نسبی فلزات غیر سمی در بروز بیماری غیر سرطانی در مصرف‌کنندگان ماهی کفال طلایی دریای خزر ۹۵-۱۳۹۴.

بحث

اگر چه انسان از مسیرهای متفاوتی در معرض فلزات سنگین قرار می‌گیرد، اما مصرف ماهی به عنـوان یکـی از راه‌هـای اصـلی شناخته شده در جذب فلزات سنگین و دیگر آلاینده‌ها به شمار می‌رود (Solgi, 2015). از این رو، در این پژوهش بافت عضـله به عنوان عضو خوراکی در تغذیه انسان مورد بررسی قرار گرفت. انباشت فلزات سنگین در بافت تحت تأثیر عوامـل مختلفـی از جمله غلظت فلزات در آب، فعالیت متابولیک، زمان در معـرض قرارگیـری و عوامـل محیطـی (شـوری، pH و درجـه حـرارت) می‌باشد (Siraj *et al.*, 2014). وضعیت فیزیولوژیک ماهی می‌تواند بر انباشت زیستی هر فلز مؤثر باشد (Kotze *et al.*, 1999) و میزان تجمع فلزات مختلف در بافت‌ها به نقش فیزیولوژیـک آن‌هـا نیـز بسـتگی دارد (Lakshmanan *et al.*, 2009). نهادهـای نظارتی در سراسر جهان، به علت توانایی سمیت فلزات سنگین، حدود قابل قبولی از این آلاینده‌ها را در برخی از مواد غـذایی مانند ماهی مشخص کرده‌اند. مقایسه سطوح فلزات اندازه‌گیری شده در عضله ماهی کفال طلایی در بررسی حاضر بـا حـداکثر محدوده مجاز پیشنهاد شده برای مصرف انسان توسط سازمان بهداشت جهانی در جدول ۱ نشـان داده شـده اسـت. بـا اینکـه غلظت فلزات مورد بررسی بر اساس وزن تر از محدوده مجاز پیشنهاد شده برای مصرف انسان توسط سازمان بهداشـت جهـانی پایین‌تر بود اما به طور کلی، غلظت بالای فلزات (جیوه و کادمیوم، تالیوم، سرب، منگنز، کبالت و مـس) در بافـت عضـله مـاهی کفال صید شده از سواحل جنوبی دریای خزر ممکن است به دلیل وجود فعالیـت‌هـای اسـتخراج و انتقـال نفـت از کشـورهای همسایه، تخلیه فاضلاب‌های مختلف شهری، صنعتی و کشاورزی (به دلیل کشت پراکنده محصولات متنوع کشـاورزی و تولیـد فاضلاب‌های آلوده به سموم و کودهای شیمیایی) از ساحل به دریا، تردد متفاوت و پراکنده نفـتکش‌هـا، کشـتی‌هـای تجـاری و قایق‌های تفریحی در بافت‌های ماهیان باشد. ماهی کفال طلایی یک ماهی همه‌چیزخوار اسـت؛ بنـابراین مـی‌توانـد در معـرض میزان بالایی از این فلزات باشد. اگرچه مقادیر کمی از فلزات در عضله ماهی انباشـته مـی‌شـوند کـه علـت آن سـطوح پـایین پروتئین‌های متصل به آن بیان شده است (Akoto *et al.*, 2014).

با وجود این که عضلات اولین مکان برای انتقال زیستی و انباشت فلزات نیستند، اما از آنجایی که در زیستگاه‌های آبی آلـوده غلظت فلزات در عضلات ماهی ممکن است از محدوده مجاز برای مصرف انسان تجاوز کند بنابراین ممکن است تهدیدی بسیار جدی برای سلامتی باشند. فلزات سنگین سرب، کادمیوم، جیوه، آرسنیک و کروم متعلق به گروه فلزات غیرضـروری و سـمی هستند و هیچ عملکرد شناخته شده‌ای در فرآیندهای بیوشیمیایی ندارند و این فلزات دارای پتانسیل بالا برای تغلیظ زیستی و انباشت در اندام‌های گوناگون ماهی هستند. فلزات سنگین آهن، مس، روی، قلع، وانادیوم، تالیوم، نیکـل، منگنـز، آلومینیـوم و کبالت به عنوان یک ماده ضروری برای بدن محسوب می‌شوند اما ورود بیش از اندازه آن به بدن، ضرر دارد. با توجه بـه جـدول ۱ تمامی فلزات مورد بررسی بر اساس استاندارد سازمان بهداشت جهانی برای مصـرف انسـانی در محـدوده مجـاز مـی‌باشـند و بیانگر سالم بودن نسبی ماهی کفال طلایی و احتمالاً عدم آلودگی شدید این ماهی به عناصـر مـذکور مـی‌باشـد. در جـدول ۱

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-23]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1397.8.3.10.6]

میزان جذب تر بافت عضله ماهی، حد مجاز مصرف فلزات سنگین سازمان بهداشت جهانی (WHO, 1996)، جذب روزانه و هفتگی فلزات سمی و غیر سمی در بدن بزرگسالان و کودکان نشان داده شده است. باید توجه داشت که مصرف ماهی تنها مسیر ورود فلزات سنگین به بدن نیست و مصرف غذاهای حاوی فلزات سنگین از راه‌های دیگر مانند برنج، گندم و سبزیجات که قسمت اعظم غذای ایرانیان است، ممکن است موجب ورود بیشتر فلزات سنگین برای مصرف‌کنندگان را موجب گردد.

مقایسه نتایج پژوهش حاضر نشان می‌دهد که میزان جذب فلزات سنگین مورد بررسی در بخش‌های مختلف دریای خزر متفاوت است. به‌طوری‌که ماهیان صید شده در سواحل شرق و غرب دریای خزر آلودگی بیشتری نسبت به سواحل مرکزی یعنی استان مازندران دارند. مهم‌ترین دلیل آن را می‌توان وجود منابع متفاوت آلودگی در سواحل جنوبی دریای خزر دانست. فعالیت‌های استخراج و انتقال نفت از کشورهای همسایه، تخلیه فاضلاب‌های مختلف شهری، صنعتی و کشاورزی از ساحل به دریا، تردد متفاوت و پراکنده نفتکش‌ها، کشتی‌های تجاری و قایق‌های تفریحی، دلایل تجمع این فلزات در بافت‌های ماهیان باشد.

در جدول ۲ میزان ریسک خطر، حد مجاز مصرف و تعداد مجاز وعده در ماه نشان داده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود حد مجاز مصرف فلزات سنگین پایین‌تر از استاندارد سازمان بهداشت جهانی بود. محاسبه شاخص خطر نشان داد که همگی مقادیر کمتر از یک دارند که نشان‌دهنده آن است که مصرف ماهی کفال طلایی اثر مضری برای مصرف‌کنندگان ندارد. یافته‌های شاخص خطر نشان‌دهنده نسبت دوز برآورد شده در معرض قرار گرفتن فلزات به دوز مرجع است. در این مطالعه شاخص خطر برای هر پانزده فلز مورد بررسی زیر یک بود و دامنه آن از صفر برای فلز آلومینیوم تا ۰/۲۲ برای فلز جیوه بود. چنین نتیجه‌ای نشان‌دهنده آن است که در ارزیابی ریسک خطر، مصرف این ماهی به منزله عدم عوارض نامطلوب بهداشتی برای مصرف کننده است. بنابراین، مصرف ماهی کفال طلایی در منطقه مورد مطالعه یعنی سواحل جنوبی دریای خزر تهدید جدی برای مصرف‌کنندگان ندارد. همچنین مقدار شاخص خطر کل در این مطالعه زیر ۱ (۰/۰۶۵) به دست آمد. یافته‌های این پژوهش در بررسی انباشت و خطر مصرف سرب و کادمیوم در بافت خوراکی ماهی کفال طلایی با نتایج سایر مطالعات هماهنگی دارد (Solgi and Esfandi sarafraz, 2015).

بر اساس میزان جذب روزانه، جذب هفتگی، شاخص خطر و شاخص خطر کل به نظر می‌رسد در حال حاضر مصرف ماهی کفال طلایی صید شده از سواحل جنوبی دریای خزر تهدید جدی برای مصرف‌کنندگان ندارد، اگرچه برخی از ملاحظات برای زنان باردار و نوزادان برای مصرف این ماهی باید مد نظر قرار گیرد. ازآنجایی‌که الگوی مصرف ماهی در ایران به صورت ناهمگن و غیریکنواخت توزیع شده است، بنابراین جامعه صیادی و حتی افرادی که در نواحی ساحلی زندگی می‌کنند ممکن است در طول یک ماه به دفعات از غذاهای دریایی استفاده کنند. از این رو توصیه می‌شود سازمان‌های مربوطه (سازمان دامپزشکی، ورازت بهداشت و غیره) اطلاعات مربوط در خصوص میزان مصرف را در اختیار این گروه مصرف‌کننده قرار دهند.

تجزیه و تحلیل ریسک خطر مصرف ماهی کفال طلایی صید شده از سواحل جنوبی دریای خزر نشان می‌دهد که غلظت فلزات در این ماهی برای مصرف انسان در مقایسه با استانداردهای سازمان بهداشت جهانی پذیرفته شده و قابل قبول است. بنابراین، هر چند مصرف ماهی مخاطراتی از لحاظ سلامتی برای مصرف‌کننده به دنبال نخواهد داشت اما در مورد میزان مصرف آن‌ها توسط زنان باردار و کودکان باید ملاحظاتی را رعایت نمود زیرا جنین، نوزادان شیرخوار و کودکان زیر ۱۰ سال حساس‌ترند. نکته دیگر آن است که شاخص خطر برای وزن بدن بزرگسالان ۷۰ کیلوگرم و کودکان ۱۴/۵ کیلوگرم محاسبه شد. بدیهی است که میزان مصرف مطلوب، برای افراد با وزن بیشتر و کمتر از وزن پیش‌فرض نیز تغییر می‌یابد. با این حال، ازآنجایی‌که وجود منابع متفاوت آلودگی در سواحل جنوبی دریای خزر به طور ناهمگن وجود دارد؛ سطوح جذب فلزات در این گونه و سایر گونه‌های اقتصادی نیز متفاوت می‌باشد. لذا باید به طور مداوم (۳ الی ۵ سال) مناطق مختلف دریای خزر مورد پایش قرار گیرد. میزان انباشت فلزات در بافت ماهیان دریایی به دلیل تنوع در رژیم غذایی آنان بسیار بالاست. در همین راستا با تلاش برای افزایش سهم سرانه مصرف ماهی و ترویج آن در فرهنگ مصرف، باید توجه ویژه‌ای به ایمنی غذاهای دریایی شود.

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-23]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1397.8.3.10.6]

منابـع

Ahmadi Kordestani, Z., Hamidian, A., Hosseini, S.V., Ashrafi, S. 2013. Risk assessment of mercury due to consumption of edible aquatic species. Journal of Marine Biology Islamic Azad University Ahvaz Branch. 5(1): 63-70. (in Persian)

Akoto, O., Bismark Eshun, F., Darko, G., Adei, E. 2014. Concentrations and health risk assessments of heavy metals in fish from the Fosu lagoon. International Journal of Environmental Research. 8(2): 403-410.

Alturqi, A.S., Albedir, L.A. 2012. Evaluation of some heavy metals in certain fish, meat and meat products in Saudi Arabian markets. Egyptian Journal of Aquatic Research. 38: 45-49.

Amini Ranjbar, Gh., Sotudehnia, F. 2005. Investigation of heavy metals accumulation in muscle tissue of (*Mugil auratus*) in relation to standard length weight age and sex. Iranian Scientific Fisheries Journal. 14: 1-18. (in Persian)

Anim, A.K., Ahialey, E.K., Duodu, G.O., Ackah, M., Bentil, N.O. 2011. Accumulation profile of heavy metals in fish samples from Nsawam, along the Densu River, Ghana. Environmental Science and Pollution Research. 3: 56-60.

Banagar, G., Alipour, H., Hasanpour, M., Gholmohammadi, S. 2015. Assessment of human health risk for cadmium and lead in muscle of *Liza auratus* and *Liza Saliens* from Gorgan Gulf. Journal of Wetland Ecobiology. 7(2): 33-42. URL: http://jweb.iauahvaz.ac.ir/article-1-326-fa.html. (in Persian)

Belitz, H.D., Grosch, W., Schieberle, P. 2001. Lehrbuch der Lebensmittelchemie. Berlin: Springer, 342 p.

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: 177-85.

Cooper, C.B., Doyle, M.E., Kipp, K. 1991. Risk of consumption of contaminated seafood, the Quincy Bay Case Study. Environmental Health Perspectives. 90: 133-140.

Dadgar, S.h., Salehi, H., Hajimirrahimi, S.D., Teimoori, M. 2015. Measuring of per capita fish consumption and assessing barriers and development strategies for consumption in Markazi Province. Iranian Scientific Fisheries Journal. 23(4): 17-29. (in Persian)

Kotze, P.J., Du Preez, H.H., Vuren van, J.H.J. 1999. Bioaccumulation of Copper and Zinc in *Oreochromis mossamicus* and *Clarias gariepinus*, from the Olifants River, Mpumalanga, South Africa. Water Research Commission. 25(1): 99-108.

Lakshmanan, R., Kesavan, K., Vijayanand, P., Rajaram, V., Rajagopal, S. 2009. Heavy Metals Accumulation in Five Commercially Important Fishes of Parangipettai, Southeast Coast of India. Advance Journal of Food Science and Technology. 1: 63-65.

Mashroofeh, A., Riyahi Bakhtiari, A., Pourkazemi, M. 2013. Concentrations of Cd, Ni, V and Zn in Muscle and Caviar of Persian Sturgeon (*Acipenser persicus*) with Emphasis on Risk Assessment Due to Consumption of Muscle. Iranian Journal of Health and Environment. 6(3): 407-416. (in Persian)

Mohamad, E.A., Osmanm, A.R. 2014. Heavy metals concentration in water, muscle and gills of *Oreochromis niloticus* collected from the sewage treated water and the White Nile. International Journal of Aquaculture. 4(6): 36-42.

Mohammadnabi Zadeh, S., Pourkhabbaz, A. 2013. Biomonitoring of heavy metals of fish tissues in Khamir and Laft ports of Hormozgan Province. Iranian Veterinary Journal. 9(1): 67-75. (in Persian)

Moopam. 1983. Manual of oceanographic observation and pollution analysis. Regional organization for the protection of marine environment (ROPME).

Moopam. 2010. Manual of Oceanographic Observation and Pollutant Analyses Metod (Moopam), 3rd edition. ROPME, Kuwait.

Norouzi, M., Bagheri Tavani, M. Amir Janati, A. and Ghodrati, S.H. 2016. Concentration of heavy metals in tissues of golden gray mullet (*Liza aurata*) in different areas of the southern coast of the Caspian Sea. Environmental Sciences. 14(3): 201-214. (in Persian)

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-23]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1397.8.3.10.6]

Ozden, O. 2010. Seasonal differences in the trace metal and macrominerals in shrimp (*Parapenaus longirostris*) from Marmara Sea. Journal of Environmental Monitoring and Assessment. 162: 191-199.

Sadeghi Rad, M., Amini Ranjbar, Gh., Arshad, A., Joshiedeh, H. 2005. Assessing heavy metal content of muscle tissue and caviar of (*Acipenser persicus*) and (*Aciperser stellatus*) in southern Caspian Sea. Iranian Scientific Fisheries Journal. 3: 79-100. (in Persian)

Siraj, M., Shaheen, M., Sthanadar, A.A., Khan, A., Chivers, D.P., Yousafzai, A.M. 2014. A comparative study of bioaccumulation of heavy metals in two fresh water species, Aorichthys seenghala and Ompok bimaculatous at River Kabul, Khyber Pakhtunkhwa, Pakistan. Journal of Biodiversity and Environmental Sciences. 4(3): 40-54.

Solgi, E. 2015. Risk assessment of non-carcinogenic effects of lead, cadmium, and zinc in (*Cyprinus carpio*) from Zarivar wetland. Journal of Health in the Field. 2(4): 18-25. (in Persian)

Solgi, E., Esfandi Sarafraz, J. 2015. Determination of lead and cadmium in the edible tissue of (*Liza aurata*) in Bandar Anzali coast: Accumulation and risk consumption. Journal of Aquatic Ecology. 5(1): 43-34. (in Persian)

Taghavi jelodar, H., Sharifzadeh Baei, M., Najafpour, Sh., Fazli, H. 2011. The comparation of heavy metals concentrations in different organs of (*Liza aurata*) inhibiting in southern parts of Caspian Sea. World Applied Science Journal. 14: 96-100.

UNEP (Environmental Protection Agency). 1984. Sampling of selected marine organisms and sample preparation for trace metal analysis reference metal for marine Pollution Studies, No.7, Rev.2.

USEPA-503/8-89-002. 1989. US EPA Office of Marine and Estuarine Protection, Washington, DC.

USEPA (Environmental Protection Agency). 1986. Sub chronic (90-day) toxicity of thallium (I) sulfate in Sprague-Dawley rats. Prepared by the Midwest Research Institute, Kansas City, MO for the Office of Solid Waste, Washington, DC.

USEPA (US Environmental Protection Agency). 2002. Supplemental guidance for developing soil screening levels for superfund sites, OSWER 9355. Office of Emergency and Remedial Response, Washington.

USEPA (US Environmental Protection Agency). 2011. Exposure actors handbook. National Center for Environmental Assessment, Washington, DC (EPA/600/R-09/052F).

USEPA (US Environmental Protection Agency). 2009. Risk-based Concentration Table Environmental Protection Agency, Philadelphia PA, Washington, DC.

USEPA (US Environmental Protection Agency). 1996. Quantitative Uncertainty Analysis of Superfund Residential Risk Pathway Models for Soil and Ground water: White Paper. Office of Health and Environmental Assessment, Oak Ridge TN USA.

USEPA (US Environmental Protection Agency). 2000. Guidance for assessing chemical contamination data for use in fish advisories volume II Risk assessment and fish consumption limits. EPA/823–B94-004. United States Environmental Protection Agency, Washington.

WHO (World Health Organization). 1996. Health criteria other supporting information. In: Guidelines for Drinking Water Quality. 2nd edition. 2: 31-388.

Yaghobzadeh, Y., Hossein-Nezhad, M., Asadi-Shiran, G., Pourali, M. 2014. An investigation of lead concentration in Rutilus frisii kutum form Caspian Sea case study of Bandar Anzali and Roodsar, Iran. Journal of Mazandaran University of Medical Sciences. 23(110): 102-108. (in Persian)

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-23]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1397.8.3.10.6]