مجله بوم شناسی آبزیان

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

تعیین سرب و کادمیوم در بافت خوراکی ماهی کفال طلایی (*Liza aurata*) سواحل بندر انزلی: انباشت و خطر مصرف آن

عیسی سلگی*، جوانه اسفندی سرافراز

گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه ملایر

نوع مقاله:
پژوهشی

تاریخچه مقاله:
دریافت: ۹۳/۰۵/۲۴
اصلاح: ۹۳/۰۸/۲۰
پذیرش: ۹۳/۰۸/۲۷

کلمات کلیدی:
شاخص خطر
فلزات سنگین
کفال طلائی
دریای خزر

چکیده

آلودگی فلزات‌سنگین ممکن است اثرات مخرب بر تعادل محیط دریافت کننده و تنوع موجودات آبزی داشته باشد. در میان گونه‌های جانوری، ماهیان موجوداتی هستند که نمی توانند از اثرات زیان‌بار این آلاینده‌ها فرار کنند. هدف از این پژوهش فراهم آوردن داده‌ها در مورد غلظت فلزات‌سنگین سرب و کادمیوم در عضلات ماهی کفال و ارزیابی خطر احتمالی مرتبط با مصرف آن بود. در بهار سال ۱۳۹۳، تعداد ۲۹ عدد ماهی کفال از سواحل بندر انزلی در استان گیلان جمع‌آوری شد. پس از هضم نمونه‌ها توسط اسیدهای غلیظ، غلظت فلزت سنگین به وسیله دستگاه جذب اتمی کوره گرافیتی اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که میانگین غلظت کادمیوم و سرب در بافت عضله ماهی به ترتیب ۰/۶۷ و ۰/۰۷۲ میکروگرم بر گرم است. غلظت دو فلز در مطالعه حاضر پایین‌تر از حد مجاز FAO، MAFF، WHO و NHMRC بود. جذب روزانه برآورد شده (EDI) هر دو فلز از طریق مصرف ماهی کفال طلایی برای مردم بومی ساحل بندر انزلی زیر حد مجاز روزانه قابل تحمل برای یک شخص ۷۰ کیلوگرمی (PTDI70) تعیین شده توسط EPA بود. بنابراین، می‌توان نتیجه گرفت که در حال حاضر هیچ مشکلی برای سلامت انسان از نظر مصرف ماهی کفال در سواحل بندر انزلی ایجاد نمی‌شود.

مقدمــه

پیشرفت سریع صنعت و کشاورزی سبب افزایش آلودگی محیط‌های آبی به فلزات سنگین شده که به عنوان خطری محیط زیستی برای بی‌مهره‌گان، ماهی‌ها، و انسان به شمار می رود (Uluturhan and Kucuksezgin, 2007). فلزات سنگین در محیط‌های آبی ممکن است از عوامل طبیعی مانند سنگ و خاک و یا در نتیجه فعالیت‌های انسانی، به عنوان نمونه فاضلاب‌های صنعتی، شهری و کشاورزی، رواناب معادن، دفع مواد زائد جامد و رسوب اتمسفری سرچشمه گیرند (Bradl, 2005). بر خلاف دیگر آلاینده‌های با منشاء آلی، فلزات در اکوسیستم تخریب و یا حذف نشده (Rajkowska and Protasowicki, 2013) و در رسوبات و بدن موجودات انباشته می‌شوند (Mendil and Dogan Uluozlü, 2007). فلزات سنگینی مانند مس و روی برای سوخت و ساز ماهی ضروری هستند، در حالی که دیگر فلزات مانند جیوه، کادمیوم و سرب نقش شناخته شده‌ای در سامانه‌های زیستی ندارند. ماهی برای سوخت و ساز طبیعی، فلزات ضروری را از آب، غذا و یا رسوب جذب می‌کند که مشابه با فلزات ضروری، فلزات غیرضروری نیز توسط ماهی جذب می‌شوند (Yia and Zhang, 2012). اثر فلزات سمی می‌تواند به صورت حاد، مزمن یا تحت مزمن باشد. همچنین برخی از این فلزات سرطان‌زا، جهش زا و یا تراتوژن هستند. فلزات سنگین یکی از پنج نوع عمده آلاینده‌های سمی موجود در آب هستند (El-Morshedi *et al*., 2014). افزون بر این در معرض قرارگیری با این فلزات

* نویسنده مسئول، پست الکترونیک: e.solgi@yahoo.com

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-25]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1394.5.1.5.6]

تهدیدهای جدی دیگری مانند نارسایی کلیه، کبد، بیماری‌های قلبی و عروقی و حتی مرگ را نیز به همراه خواهد داشت (Al-Busaidi *et al*., 2011; Rahman *et al*., 2012). بنابراین، بسیاری از برنامه‌های پایش بین‌المللی به منظور ارزیابی کیفیت ماهی برای مصرف انسان و پایش سلامت اکوسیستم‌های آبی ایجاد شده‌اند (Meche *et al*., 2010). ماهی منبع مهم پروتئین است و به طور معمول غنی از مواد معدنی ضروری، ویتامین‌ها و اسیدهای چرب غیراشباع است. در سال‌های اخیر، همزمان با افزایش مصرف جهانی ماهی به دلیل مزایای تغذیه‌ای و درمانی آن، نگرانی در مورد آلودگی آن نیز افزایش یافته است، چرا که ماهی می‌تواند با طیف وسیعی از مواد شیمیایی پایدار در محیط زیست، از جمله فلزات سنگین آلوده شود (El-Moselhy *et al*., 2014). در چند دهه گذشته، غلظت فلزات سنگین در ماهی به طور گسترده در نقاط مختلف جهان مورد مطالعه قرار گرفته است. بسیاری از این پژوهش ها به طور عمده به اندازه گیری غلظت فلزات سنگین در بخش‌های خوراکی (عضلات ماهی) پرداخته‌اند. در مورد کفال طلایی نیز در ایران و خارج کشور پژوهش‌های متعددی انجام شده که به برخی از آنها اشاره می شود. فاضلی و همکاران (۱۳۸۴) فلزات سنگین سرب، نیکل و روی را در بافت‌های ماهی کفال (*liza aurata*) در سواحل جنوبی دریای خزر بررسی کردند. امینی رنجبر و ستوده نیا در سال ۱۳۸۴ تحقیقی در زمینه انباشت فلزات سنگین در بافت عضله ماهی کفال طلایی دریای خزر (*Mugil auratus*) در ارتباط با برخی مشخصات بیومتریک (طول استاندارد، وزن، سن و جنسیت) انجام دادند. پازوکی و همکاران (۱۳۸۸) میزان فلزات سنگین (کادمیوم وکروم) را در بافت پوست و عضله کفال طلائی دریای خزر (*liza aurata*) در منطقه انزلی را اندازه‌گیری کردند. بابایی و خداپرست (۱۳۹۰) به بررسی انباشت فلزات سنگین سرب، کادمیوم و جیوه در بافت عضله و کبد ماهی کفال دریای خزر (*liza aurata*) پرداختند. از دیگر پژوهش‌ها می توان به تحقیق Usero و همکاران (۲۰۰۳) یعنی بررسی فلزات سنگین در سه گونه ماهی از جمله کفال طلایی در سواحل جنوبی آتلانتیک در اسپانیا، Jelodar Taghavi و همکاران (۲۰۱۱) مقایسه غلظت فلزات سنگین در اندام‌های مختلف کفال طلایی در جنوب دریای خزر، Ardalan و همکاران (۲۰۱۲) انباشت فلزات و ارزش غذایی در بافت عضله طلایی کفال در بندر کیاشهر (دریای خزر) و مطالعه MashinchianMoradi و Pirouznezhad (۲۰۱۳) بررسی غلظت فلزات سنگین در بافت کبد و عضله کفال طلایی مصب رودخانه بابلرود، تجن و گرگانرود اشاره نمود. با توجه به قرار گرفتن ماهی در بالای زنجیره غذایی، انباشت انواع گوناگون آلاینده‌ها در بافت‌های ماهی از جمله فلزات سنگین به آسانی امکان‌پذیر است. فلزات سنگین در ماهی نه تنها نشان دهنده خطر بالقوه برای خود ماهی است بلکه تهدیدی برای پرندگان ماهی‌خوار، پستانداران و حتی انسان نیز به شمار می‌رود (Merciai *et al*., 2014). از این رو انجام پژوهش‌ها در ارتباط با آلودگی فلزات سنگین در ماهی از دیدگاه سلامت انسان و بهداشت عمومی بسیار ضروری است. به این منظور، ماهی به طور گسترده‌ای برای ارزیابی سلامت اکوسیستم-های آبی و نیز پیشگیری از ابتلای انسان به امراض و عوارض گوناگون ناشی از استفاده غذایی از ماهیان آلوده به فلزات سنگین، در پژوهش های گوناگون استفاده شده است. بنابراین درک و کنترل سطح خطر آلودگی در غذاهای دریایی ضروری است. از این‌رو پژوهش حاضر به منظور تعیین غلظت کادمیوم و سرب در عضله کفال طلایی سواحل بندر انزلی و بررسی خطر مصرف آن توسط ساکنان منطقه انجام شد.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی میزان کادمیوم و سرب انباشته شده، تعداد ۲۹ عدد ماهی کفال طلایی (*Liza aurata*) دریای خزر از صید صیادان بندر انزلی در فروردین ماه سال ۱۳۹۳ تهیه شد (شکل۱). انتخاب نمونه‌ها به طور تصادفی بود. این ماهی‌ها بومی دریای خزر بوده و توسط صیادان محلی روزانه از سواحل جنوبی این دریا که قسمت شمال بندر را در بر می‌گیرد صید می‌شود. پس از انتقال به آزمایشگاه نسبت به جداکردن بافت عضله نمونه‌های مورد مطالعه جهت انجام هضم شیمیایی اقدام گردید. بافت عضله از قسمت عضله در بخش بالایی بدن و زیر باله پشتی جدا شد. نمونه‌های عضله در آون با دمای ۱۰۵ درجه سانتیگراد به مدت ۲۴ ساعت به طور کامل خشک شدند. سپس مقدار حدود نیم گرم از بافت خشک شده به شکل پودر درآمده و داخل لوله‌های هضم جداگانه ریخته شد و به نسبت ۱ به ۴ اسیدنیتریک به اسیدپرکلریک به آن اضافه شد. سپس نمونه‌ها به مدت یک ساعت در دمای۴۰ درجه و ۳ساعت در دمای ۱۴۰ درجه سانتی‌گراد تا هضم شدن کامل نمونه‌ها در دستگاه هضم

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-25]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1394.5.1.5.6]

کننده قرار داده شدند. محلول باقی‌مانده از هضم نمونه‌ها به بالن حجم سنجی ۲۵ میلی لیتری منتقل و پس از صاف کردن توسط کاغذ صافی ۴۲ میکرون شماره ۱، با آب مقطر به حجم ۲۵ میلی لیتر رسانده شد و با دستگاه جذب اتمی به روش کوره غلظت فلزات آن مورد سنجش قرار گرفت. در این پژوهش به خاطر نداشتن استاندارد مواد مرجع تایید شده (CRM)، از شیوه افزایش استاندارد استفاده شد و به این روش صحت نتایج دستگاه بررسی گردید. همچنین برای بررسی دقت داده ها، هر نمونه در سه تکرار انجام شد که مقادیر RSD پایین تر از ۵ درصد بود.



شکل۱. نقشه منطقه مورد مطالعه و موقعیت بندر انزلی

برای محاسبه احتمال خطر پذیری افراد به بیماری‌های غیرسرطانی از فرمول ارائه شده توسط سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا (USEPA) استفاده شد (USEPA, 2009). به این ترتیب که ابتدا میزان جذب آلاینده از طریق ماده غذایی به ازای هر کیلوگرم از وزن بدن در روز با استفاده از فرمول زیر محاسبه شد.

$$EDI = (C \times IR) / BW$$

EDI = میزان جذب روزانه فلزات از طریق مصرف ماهی (میکروگرم/کیلوگرم/ وزن بدن/روز)

C = غلظت فلز در بافت عضله ماهی مورد مصرف (میکروگرم/کیلو گرم بر حسب وزن تر)
IR = نرخ مصرف روزانه ماهی (۳۲/۵۷ گرم در روز بر اساس استاندارد EPA)

BW = وزن بدن (۷۰ کیلوگرم)

سپس برای محاسبه پتانسیل خطر سرب و کادمیوم به بیماری‌های غیرسرطانی از فرمول زیر استفاده گردید:

$$THQ = \frac{EF \times ED \times IR \times C}{BW \times RfD \times AT}$$

THQ = پتانسیل خطر
EF = فرکانس مواجهه (۳۶۵ روز در سال)
ED = کل مدت زمان مواجهه (۷۰ سال)
RFD = دوز مرجع (میکروگرم/ کیلوگرم/ روز)

مقدار دوز مرجع برای هر فلز عدد ویژه‌ای است که طبق مقدار ارائه شده توسط EPA برای کادمیوم ۰/۰۰۱ و برای سرب ۰/۰۰۴ است.
AT = میانگین روزها (از رابطه ED× EF به دست می‌آید).

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-25]
[DOR: 20.1001.1.23222751.1394.5.1.5.6]

با توجه به این که پتانسیل خطر، نسبت غلظت عناصر به حداکثر غلظتی از آن عنصر است که در بدن ایجاد مشکل نمی‌کند، رسیدن آن به یک و بالاتر از یک نشان دهنده احتمال بالای خطرپذیری است.

همچنین در این پژوهش خطرپذیری کل (HI) یا شاخص خطر از حاصل جمع خطرپذیری دو عنصر سرب و کادمیوم به دست آمد.

$$\text{Hazard Index(HI)} = \sum \text{THQ} = \text{THQ}_{\text{Cd}} + \text{THQ}_{\text{Pb}}$$

هنگامی که عدد شاخص خطرپذیری بیماری‌های غیرسرطانی به یک برسد، نشان دهنده بالابودن احتمال خطرپذیری به بیماری‌های غیرسرطانی است. اگر نتیجه حاصل از این فرمول کم تر از یک باشد نشان دهنده آن است که مصرف آبزی اثر حاد مضری بر روی سلامتی انسان ندارد. بنابراین با به دست آوردن شاخص خطر میزان ریسک ناشی از مصرف گونه مورد مطالعه برای انسان تعیین شد.

در تحقیق حاضر جهت انجام تحلیل‌های آماری از نرم افزار SPSS نسخه ۲۰ و اکسل ۲۰۰۷ استفاده شد. ابتدا به بررسی آماره‌های توصیفی (تعیین میانگین، محدوده تغییرات و انحراف معیار) پرداخته شد. برای بررسی نرمال بودن توزیع داده‌ها از آزمون نرمالیتی آزمون شاپیرویلک استفاده شد. برای مقایسه مقادیر غلظت فلزات در عضله ماهی با استانداردهای جهانی از آزمون تی تک نمونه‌ای استفاده شد. برای بررسی همبستگی بین دو فلز در عضله ماهی از آزمون اسپیرمن استفاده شد.

نتایــج

بر اساس یافته‌های به دست آمده از این پژوهش میانگین میزان انباشت فلزات سنگین کادمیوم و سرب به ترتیب ۰/۶۸ و ۰/۰۷۲ میکروگرم بر گرم وزن خشک در عضله ماهی کفال طلایی صید شده از سواحل بندر انزلی است که یافته‌های آماری آن در جدول ۱ نشان داده شده است. با توجه به این که بخش اعظم وزن بافت های نرم را آب تشکیل می‌دهد احتمال خطا در نتایج بیشتر می شود، بنابراین در این پژوهش مقادیر فلزات در نمونه های خشک شده سنجش شد.

جدول ۱. آماره‌های توصیفی فلزات سنگین (ppm) در عضله کفال طلایی در سواحل بندر انزلی

	تعداد	کمترین	بیشترین	میانگین	اشتباه معیار	انحراف معیار	چولگی	کشیدگی
سرب	۲۹	۰/۰۱	۰/۶۵	۰/۰۷۲	۰/۰۲	۰/۰۵	۴/۳	۲۰/۹
کادمیوم	۲۹	۰/۱۴	۱/۵۹	۰/۶۸	۰/۰۶	۰/۳۲	۰/۸۷	۰/۹۷

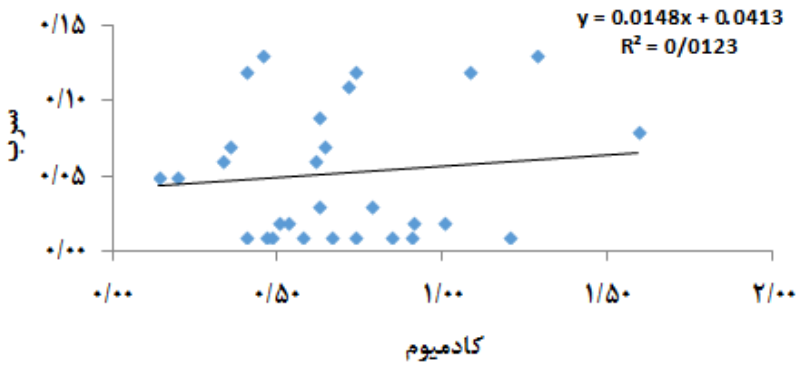
جدول ۲. نتایج آزمون نرمالیتی برای کادمیوم و سرب در عضله ماهی کفال طلایی

	سطح معنی داری	درجه آزادی	آماره
سرب	۰/۰	۲۹	۰/۴۹
کادمیوم	۰/۲۲	۲۹	۰/۹۵

مقادیر بالای ضریب همبستگی بین فلزات نشان دهنـده یکسـان بودن منبع انتشار این عناصر می‌باشد. در شکل ۲ همبستگی میان سرب و کادمیوم در بافت عضله کفال طلایی بررسی شد که همبستگی معنی دار بین این دو فلز یافت نشد.

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-25]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1394.5.1.5.6]



شکل ۲. همبستگی بین سرب و کادمبوم در بافت عضله کفال طلایی

برای ارزیابی خطر انباشت کادمیوم و سرب در عضله ماهی کفال طلایی در این تحقیق، این مقادیر با استانداردهای بین المللی موجود در این زمینه مقایسه شد. استاندارد سازمان‌هایی چون NHMRC، FAO، WHO، U.K (MAFF) و کشورهایی مانند استرالیا، آالمان و غیره برای این مقایسه به کار گرفته شد که نتیجه این مقایسه در جدول شماره ۳ آورده شده است.

جدول ۳. مقایسه غلظت فلزات سنگین اندازه گیری شده با استانداردهای جهانی (ppm)

استاندارد	Cd	Pb	منبع
WHO	۰/۲	۰/۳	WHO, 1985
NHMRC	۱/۵	۰/۰۵	NHMRC, 1987
U.K(MAFF)	۰/۲	۲	MAFF, 1995
FAD	۲	۵	FAD, 2001
FAO	۰/۳	۲	FAO, 1983
آلمان	۰/۵	۰/۵	Radojevi and Bashkin, 2006
استرالیا	۰/۲-۵/۵	۱/۵-۵/۵	Nauen (1983)
هنگ کنگ	۲	۶	Nauen (1983)
سوئیس	۰/۱	۱	Nauen (1983)
دانمارک	۲	-	Nauen (1983)
نیوزیلند	۱	۲	Nauen (1983)
تحقیق حاضر	۰/۱۳۶	۰/۰۱۴	

یافته‌های به دست آمده از این مقایسه توسط آزمون تی تک نمونه‌ای نشان داد که غلظت فلزات سنگین کادمیوم و سرب به طور معنی‌داری پایین تر از حد تمامی استانداردها بودند اما غلظت کادمیوم بالاتر از غلظت تعیین شده توسط کشور سوئیس بود ($p<۰/۰۱$). در جدول شماره ۴ مقادیر برآورد شده برای میزان جذب روزانه و هفتگی مشاهده می‌شود همان گونه که در این جدول دیده می‌شود میزان جذب روزانه و هفتگی پایین تر از دوز مرجع EPA می‌باشد که این موضوع نشان می دهد طبق استاندارد این سازمان مصرف ۳۲/۵۷ گرم از این ماهی در روز و یا ۲۲۸ گرم در هفته از نظر بهداشتی هیچ گونه آثار سوئی بر یک مصرف کننده بالغ با وزن ۷۰ کیلوگرم نخواهد داشت. همچنین مقادیر HQ و HI نیز در جدول آمده است که مقادیر کمتر از یک دارند.

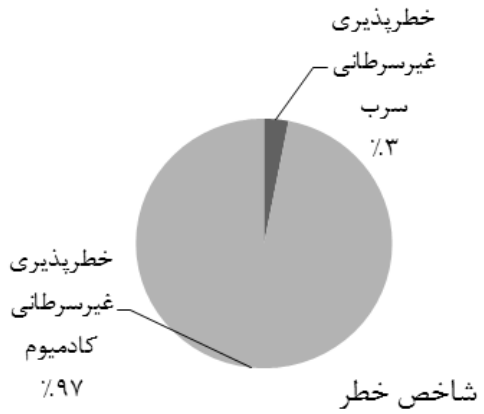
[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-25]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1394.5.1.5.6]

جدول ۴. میزان جذب روزانه و خطر پذیری عناصر سنگین مورد مطالعه

فلز سنگین	غلظت فلزات در وزن تر نمونه (میکروگرم/گرم)	میزان جذب روزانه (میکروگرم/گرم/روز)	میزان جذب هفتگی (میکروگرم/گرم/هفته)	دوز مرجع EPA (میکروگرم/گرم/روز)	خطرپذیری غیرسرطانی (HQ)
سرب	۰/۰۱۴	۰/۰۰۷	۰/۰۴۹	۴	۰/۰۰۲
کادمیوم	۰/۱۳۶	۰/۰۶۳	۰/۴۴۱	۱	۰/۰۶۳
			HI=۰/۰۶۵		

در شکل ۳ سهم نسبی هر یک از فلزات سرب و کادمیوم در شاخص خطر به نمایش در آمده است. همچنان که مشاهده می‌شود بیشترین خطرپذیری بیماری های غیرسرطان‌زا مربوط به کادمیوم است و سرب سهم ناچیزی را شامل می‌شود بنابراین باید به کادمیوم توجه بیشتری شود.



شکل ۳. سهم نسبی سرب و کادمیوم در شاخص خطر

بحث

غلظت فلزات سنگین

کادمیوم و سرب متعلق به گروه فلزات غیرضروری و سمی هستند و هیچ عملکرد شناخته شده‌ای در فرآیندهای بیوشیمیایی ندارند (Yin *et al.*, 2012). این فلزات دارای پتانسیل بالا برای تغلیظزیستی و انباشت در اندام‌های گوناگون ماهی هستند. به طور معمول، سطح سرب در بافت عضله به طور قابل توجهی پایین‌تر از کبد است (Özparlak *et al.*, 2012). در این پژوهش غلظت فلزات در عضله این گونه ماهی با موارد گزارش شده از تحقیق‌های قبلی مقایسه شد (جدول ۵). غلظت سرب در عضله ماهی کفال در محدوده ۰/۶۵ -۰/۰۱ با میانگین ۰/۷۲ میکرو گرم بر گرم در این مطالعه اندازه‌گیری شد. این غلظت‌ها بالاتر از مقادیر گزارش شده در پژوهش‌های مشابه توسط Ardalan و همکاران در سال ۲۰۱۲ در سواحل بندر کیاشهر دریای خزر (۰/۰۳۵-۰/۰۳۴) و Usero و همکاران (۲۰۰۳) در سواحل جنوبی آتلانتیک در اسپانیا (۰/۰۴-۰/۰۳) روی گونه کفال طلایی بود. همچنین غلظت سرب به دست آمده در این پژوهش در مقایسه با تحقیق‌های صورت گرفته توسط فاضلی و همکاران (۱۳۸۴) در سواحل جنوبی خزر، امینی رنجبر و ستوده نیا (۱۳۸۴) در دریای خزر، بابایی و خداپرست (۱۳۹۰) در حوزه جنوبی دریای خزر، Taghavi Jelodar و همکاران (۲۰۱۱) در بخش جنوبی خزر، Filazi و همکاران (۲۰۰۳) در سواحل دریای سیاه در استان سینوپ- ترکیه در نمونه کفال طلایی پایین‌تر بود. غلظت کادمیوم در عضله ماهی کفال در این پژوهش در محدوده ۰/۱۴ تا ۱/۵۹ با میانگین ۰/۶۸ میکروگرم بر گرم به دست آمد. در حالی که امینی رنجبر و ستوده نیا (۱۳۸۴) در مطالعه خود

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-25]
[DOR: 20.1001.1.23222751.1394.5.1.5.6]

بر روی کفال طلایی دریای خزر مقدار ۰/۳۳ میکروگرم برگرم را برای این فلز گزارش کرده اند که بیشتر از مقادیر این تحقیق است. در مطالعه پازوکی و همکاران (۱۳۸۸) روی کفال طلایی منطقه انزلی کادمیوم تشخیص داده نشد. غلظت کادمیوم در عضله کفال طلایی در مقایسه با سایر پژوهش‌ها از جمله مطالعه بابابی و خداپرست (۱۳۹۰)، Taghavi Jelodar و همکاران (۲۰۱۱)، Filazi و همکاران (۲۰۰۳)، Ardalan و همکاران (۲۰۱۲) و Usero و همکاران (۲۰۰۳) بیشتر بود. به نظر می رسد که مقادیر این فلزات در عضله ماهی کفال دریای خزر عمدتاً مرتبط با فعالیت های انسانی است؛ به طوری که تردد قایق ها و کشتی‌ها در بندر انزلی و عمل رنگ آمیزی آنها، ورود پساب‌های شهری، صنعتی، کشاورزی به آب‌های منطقه خزر می‌تواند باعث افزایش عناصر کادمیوم و سرب در این منطقه شود. افزون بر این، جریان‌های آبی دریای خزر که در جهت عکس عقربه‌های ساعت و از شمال غرب به جنوب و جنوب غرب دریای خزر و از غرب به شرق این دریا در حال حرکت هستند می‌توانند آلاینده‌های معدنی و آلی گوناگونی را از سواحل شمالی و سواحل آذربایجان وارد منطقه مورد مطالعه نمایند (پازوکی و همکاران، ۱۳۸۸). همچنین Agah و همکاران در سال ۲۰۰۸ منشأ سرب تجمع یافته در بافت ماهی شوریده را ترکیبات نفتی و منشأ کادمیوم را بیشتر از طریق تغذیه بیان کردند. خلیلی پور لنگرودی و همکاران (۱۳۸۹)، تردد بالای کشتی‌ها و شهرهای پرجمعیت ساحلی و مصرف بالای بنزین در منطقه بوشهر را علت آلودگی سرب در این منطقه می دانند. به هرحال حضور این آلاینده‌ها در محیط‌زیست در دراز مدت منجر به کاهش توان تولید مثلی آبزیان، مشکلات تنفسی و عصبی و غیره شده و با توجه به انباشت زیستی آن در بدن موجودات و انتقال آنها به مصرف کنندگان بعدی از جمله انسان می‌تواند عوارض غیر قابل جبرانی را ایجاد نماید. میزان قابل تحمل سرب برای آبزیان ۳۱ میکروگرم بر گرم است که نشان دهنده عدم آلودگی شدید این عنصر برای این گونه و سالم بودن آن برای تغذیه انسان است (فاضلی و همکاران، ۱۳۸۴). همچنین بیشترین غلظت قابل تحمل کادمیوم در رژیم غذایی جانوران ۱۱ میکروگرم بر گرم است (Berntssen and Lundebye, 2001).

جدول ۵. مقایسه غلظت فلزات در بافت عضله کفال طلایی با سایر پژوهش‌های صورت گرفته روی این گونه (میکروگرم برگرم وزن خشک)

منطقه	کادمیوم	سرب	منبع
دریای خزر	۰/۳۳	۲/۳۳	امینی رنجبر و ستوده نیا (۱۳۸۴)
سواحل جنوبی خزر	-	۳/۰۱	فاضلی و همکاران (۱۳۸۴)
منطقه انزلی	*ND	-	پازوکی و همکاران (۱۳۸۸)
حوزه جنوبی دریای خزر	۰/۱۸	۳/۱۸	بابابی و خداپرست (۱۳۹۰)
بخش جنوبی خزر	۰/۳۵	۱/۵	Taghavi Jelodar *et al*., 2011
سواحل جنوبی آتلانتیک در اسپانیا	۰/۰۱-۰/۰۳	۰/۰۳-۰/۰۴	Usero, *et al*., 2003
بندر کیاشهر (دریای خزر)	۰/۰۲۰-۰/۰۲۳	۰/۰۳۴-۰/۰۳۵	Ardalan *et al*., 2012
سواحل دریای سیاه در استان سینوپ- ترکیه	۰/۱-۰/۴	۱/۱۲-۰/۵۷	Filazi *et al*., 2003
سواحل بندر انزلی	۰/۶۷	۰/۰۷	تحقیق حاضر

*ND: غیرقابل تشخیص

استانداردها و مصرف انسان

در این پژوهش بافت عضله به سبب نقش مهم آن در تغذیه انسان مورد بررسی قرار گرفت. داشتن آگاهی در مورد غلظت فلزات سنگین در ماهی از دو جنبه مدیریت طبیعی و سلامت انسانی حائز اهمیت است (خلیلی پور لنگرودی و همکاران، ۱۳۸۹). این امر به خوبی شناخته شده است که عضلات مکان فعالی برای انتقال زیستی و انباشت فلزات نیستند. اما از آنجایی که در زیستگاه‌های آبی آلوده غلظت فلزات در عضلات ماهی ممکن است از محدوده مجاز برای مصرف انسان تجاوز کند بنابراین ممکن است تهدیدی بسیار جدی برای سلامتی باشند. به علت توانایی سمیت فلزات سنگین، نهادهای نظارتی در سراسر جهان، حدود قابل قبولی از این آلاینده‌ها را در برخی از مواد غذایی مانند ماهی مشخص نموده‌اند. برای ارزیابی خطر بهداشتی ناشی از

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-25]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1394.5.1.5.6]

مصرف ماهی کفال طلایی خزر سطوح فلزات در عضله این ماهی در بررسی حاضر با حداکثر محدوده مجاز (MPL) پیشنهاد شده برای مصرف انسان توسط بسیاری از سازمان‌های گوناگون مقایسه شد (جدول ۳). همان گونه که در یافته‌ها قابل مشاهده است، میزان غلظت کادمیوم و سرب به ترتیب ۰/۶۷ و ۰/۰۷ میکروگرم بر گرم است. در این تحقیق میزان غلظت کادمیوم و سرب در عضله ماهی کفال در مقایسه با استانداردهای سازمان بهداشت جهانی انجمن (WHO)، وزارت کشاورزی، شیلات و غذای انگلستان (MAFF)، بهداشت ملی و تحقیقات پزشکی استرالیا (NHMRC) و استاندارد سایر کشورها پایین‌تر بود (جدول ۳) و تهدیدی برای سلامت عمومی محسوب نمی‌شود به جز کادمیوم که از استاندارد کشور سوئیس بالاتر بود. بنابراین اطمینان از میزان آلودگی در این ماهی مصرفی در دریای خزر نیاز به تحقیق بیشتری دارد.

ارزیابی خطر بهداشتی برای مصرف ماهی

بر اساس مصرف روزانه برآورد شده (جدول ۴)، انباشت فلزات در عضله مصرف شده توسط انسان برای هر فلز ۰/۰۰۷ میکروگرم بر گرم در روز (سرب) و ۰/۰۶۳ میکروگرم بر گرم در روز (کادمیوم) بود. مصرف روزانه برآورد شده فلزات در بخش خوراکی عضله مصرف شده توسط انسان نسبت به سطوح حداکثر مصرف (MLI) توصیه شده نشان می‌دهد که، بخش خوراکی عضله کفال طلایی برای مصرف از امنیت لازم برخوردار است. در این تحقیق سطوح کادمیوم و سرب زیر حد مجاز تعیین شده MLI بود. جذب مقادیر بیش از حد سرب می تواند سبب مشکلات رفتاری در مهره داران، کاهش بقا و رشد و ناتوانی‌های یادگیری و سوخت و ساز بدن شود (Qiaoqiao *et al*., 2007). مصرف هفتگی کادمیوم و سرب از راه ماهی در این مطالعه به ترتیب ۰/۴۴۱ و ۰/۰۴۹ میکروگرم بر کیلوگرم وزن بدن در هفته بود (با در نظر گرفتن مصرف ۳۲/۵۷ گرم ماهی در روز برای فردی با وزن ۷۰ کیلوگرم)، که کمتر از حد مجاز مصرف هفتگی کادمیوم و سرب رژیمی پیشنهاد شده (۷ و ۲۵ میکروگرم بر کیلوگرم وزن بدن در هفته) به وسیله EPA بود. مصرف هفتگی کادمیوم و سرب از طریق ماهی در این مطالعه به ترتیب ۶/۳٪ و ۰/۲٪ از مصرف هفتگی رژیمی کل پیشنهاد شده بود. اما به هرحال ماهی تنها یک مسیر در معرض قرارگیری با این فلزات است و با مصرف غذاهای حاوی کادمیوم دیگر مانند برنج، گندم و سبزیجات ممکن است اثرات بر مصرف کننده بیشتر شود. یافته‌های HQ که یک عدد بدون واحد است نشان دهنده نسبت دوز برآورد شده در معرض قرار گرفتن فلزات به RFD است. در این مطالعه شاخص HQ زیر ۱ بود. از آنجایی که HQ کمتر از ۱، در ارزیابی خطر به منزله عدم عوارض نامطلوب بهداشتی برای مصرف کننده است، بنابراین، مصرف ماهی کفال طلایی در منطقه مورد مطالعه تهدید جدی برای بومیان مصرف کننده نیست. همچنین مقدار شاخص خطر (HI) در این مطالعه زیر ۱ (۰/۰۶۵) به دست آمد. بر اساس میزان جذب روزانه، جذب هفتگی، HQ و HI به نظر می رسد در حال حاضر مصرف این گونه تهدید جدی برای مصرف کنندگان ندارد، اگر چه برخی از ملاحظات برای زنان باردار و نوزادان برای مصرف این ماهی باید مد نظر قرار گیرد.

در پایان می‌توان گفت که تجزیه و تحلیل خطر سلامت فلزات سنگین در بخش خوراکی ماهی نشان می‌دهد که غلظت فلزات در عضله کفال ماهی برای مصرف انسان سطوح ایمنی است و به طور کلی غلظت این فلزات در عضله در مقایسه با استانداردهای بین المللی پذیرفته شده، قابل قبول است. با این حال، سطوح فلزات در گونه‌های کفزی باید به طور مداوم در مناطق بالقوه آلوده پایش شود چرا که این ماهی‌های دریایی نه تنها تمایل به انباشت سرب و کادمیوم در عضلات از آب آلوده را دارند بلکه به دلیل کف‌زی بودن در تماس با رسوبات آلاینده (به عنوان آخرین پذیرنده آلاینده‌ها) هستند و هنگامی که با گونه های دیگر مقایسه می‌شوند انباشت غلظت بالایی از کادمیم و سرب در عضله این گونه‌ها دیده می‌شود.

تشکر و قدردانی

نگارندگان این مقاله بر خود لازم می‌دانند از مدیریت محترم آزمایشگاه کیمیای ناب آقای دکتر خرمی رجبی نهایت تشکر و قدردانی را اعلام نمایند.

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-25]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1394.5.1.5.6]

منابـع

امینی رنجبر، غ.، ستوده نیا، ف. ۱۳۸۴. تجمع فلزات سنگین در بافت عضله ماهی کفال طلایی دریای خزر (*Mugil auratus*) در ارتباط با برخی مشخصات بیومتریک (طول استاندارد، وزن، سن و جنسیت) . مجله علمی شیلات ایران. سال چهارم، شماره ۳، صفحات ۱۴- ۲.

بابایی، ه.، خداپرست، ح. ۱۳۹۰. بررسی تجمع فلزات سنگین سرب، کادمیوم و جیوه در بافت عضله و کبد ماهی کفال دریای خزر (*liza aurata*). اولین همایش ملی علوم زیستی. دانشگاه آزاد فلاورجان. صفحات ۸۶۲- ۸۵۳.

پازوکی، ج.، ابطحی، ب.، رضائی، ف. ۱۳۸۸. سنجش میزان فلزات سنگین (Cd, Cr) در بافت پوست و عضله کفال طلائی دریای خزر (*liza aurata*) منطقه انزلی. علوم محیطی. سال هفتم، شماره ۱، صفحات ۳۲- ۲۱.

خلیلی پور لنگرودی، س. ز.، محمد شفیعی، م.، امتیازجو، م. ۱۳۸۹. سنجش تجمع فلزهای (جیوه، کادمیوم و سرب) در بافت عضله ماهی شوریده در بندرگاه بوشهر. پژوهش‌های علوم و فنون دریایی . زمستان ۱۳۸۹، سال پنجم، شماره ۴، صفحات ۴۴- ۳۳.

فاضلی، م.، ابطحی، ب.، صباغ، آ. ۱۳۸۴. سنجش فلزات سنگین سرب، نیکل و روی در بافت‌های ماهی کفال (*liza aurata*) سواحل جنوبی دریای خزر. مجله علمی شیلات ایران. سال چهارم، شماره ۱، صفحات ۷۸- ۶۵.

Agah, H., Leermakers, M., Elskens, M., Fatemi, S.M.R., Baeyens, W. 2008. Accumulation of trace metals in the muscle and liver tissues of five fish species from the Persian Gulf. Environmental Monitoring and Assessment. 157: 499-514.

Al-Busaidi, M., Yesudhason, P., Al-Mughairi, S., Al-Rahbi, W.A.K, Al-Harthy, K.S., Al-Mazrooei, N.A. 2011. Toxic metals in commercial marine fish in Oman with reference to national and international standards. Chemosphere. 85(1): 67-73.

Ardalan, A., Sharif A.A., Farahani, Z. 2012. Trace elements accumulation and nutritive value in muscle tissue of golden mullet from the Kiashahr Port (Caspian Sea). Advances in Environmental Biology. 6(1): 232-235.

Berntssen, M.H.G., Lundebye A.K. 2001. Energetics in Atlantic salmon (Salmo salar L.) parr fed elevated dietary cadmium. Comparative Biochemistry and Physiology. Part C: Toxicology & Pharmacology. 128(3): 311-323.

Bradl, H. 2005. Heavy Metals in the Environment: Origin, Interaction and Remediation, first ed. Elsevier Academic Press. Amsterdam.

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.

El-Moselhy, Kh.M., Othman, A.I., El-Azem H.A., El-Metwally, M.E.A. 2014. Bioaccumulation of heavy metals in some tissues of fish in the Red Sea, Egypt. Egyptian Journal of Basic and Applied Sciences. 1: 97-105.

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

Filazi, A., Baskaya, R., Kum, C. 2003. Metal concentrations in tissues of the Black Sea fish *Mugil auratus* from Sinop- Icliman, Turkey. Human & Experimental Toxicology. 22: 85-87.

MAFF. 1995. Monitoring and surveillance of nonradioactive contaminants in the aquatic environment and activities regulating the disposal of wastes at sea, 1993. Aquatic Environment Monitoring Report No. 44. Directorate of Fisheries Research, Lowestoft.

MashinchianMoradi, A., Pirouznezhad, M. 2013. Concentration of heavy metals in liver and muscle tissue of Liza auratain estuaries of the rivers Babolroud, Tajan and Gorganroud . Journal of Marine Science and Engineering. 3(1): 7-12.

Meche, A., Martins, M.C., Lofrano, B.E.S.N., Hardaway, C.J., Merchant, M., Verdade, L. 2010. Determination of heavy metals by inductively coupled plasma-optical emission spectrometry in fish from the Piracicaba River in Southern Brazil. Microchemical Journal. 94: 171-4.

Mendil, D., Dogan Uluozlü, Ö. 2007. Determination of metal levels in sediment of five fish species from lakes in Tokat, Turkey. Food Chemistry. 101:739–745.

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.

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-25]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1394.5.1.5.6]

Nauen, C.E. 1983. Compilation of Legal Limits for Hazardous Substances in Fish and Fishery Products, FAO Fisheries Circular; No. 764.

NHMRC, National Health and Medical Research Council 1987. National food standard A12: Metals and contaminants in food. Canberra, Australia Australian Government Publishing Services.

Özparlak, H., Arslan, G., Arslan, E. 2012. Determination of Some Metal Levels in Muscle Tissue of Nine Fish Species from Beyşehir Lake, Turkey. Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. 12: 761-770.

Qiaoqiao, C., Guang-Wei, Z., Langdon, A. 2007. Bioaccumulation of heavy metals in fishes from Taihu Lake, China. Journal of Environment Sciences. 19(12): 1500-1504.

Radojevi, M., Bashkin, V.N. 2006. Practical Environmental Analysis. 2nd edition. Campridge: the Royal Society of Chemistry.

Rahman, M.S, Molla, A.H., Saha, N., Rahman, A. 2012. Study on heavy metals levels and its risk assessment in some edible fishes from Bangshi River, Savar, Dhaka, Bangladesh. Food Chemistry. 134(4): 1847-54.

Rajkowska, M., Protasowicki, M. 2013. Distribution of metals (Fe, Mn, Zn, Cu) in fish tissues in two lakes of different trophy in Northwestern Poland. Environmental Monitoring and Assessment. 185: 3493-3502.

Taghavi Jelodar, H., Sharifzadeh Baei, M., Najafpour, S.H., Fazli, H. 2011. The Comparison of Heavy Metals Concentrations in Different Organs of Liza aurata Inhabiting in Southern Part of Caspian Sea.World Applied Sciences Journal. 14 (Special Issue of Food and Environment): 96-100.

U.S Food and Drug Administration (FDA). 2001. Fish and Fisheries Products Hazards and Controls Guidance, U.S. Food and Drug Administration. Center for Food Safety & Applied Nutrition. Chapter 9. Environmental chemical contaminants and pesticides. 26 p.

Uluturhan, E., Kucuksezgin, F. 2007. Heavy metal contaminants in Red Pandora (Pagellus erythrinus) tissues from the Eastern Aegean Sea, Turkey. Water Research. 41: 1185-92.

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

Usero, J., Izquierdo, C., Morill, J., Gracia, I. 2003. Heavy metals in fish (*Solea vulgaris, Anguilla anguilla and liza aurata*) from salt marshes on the southern Atlantic coast of Spain. 29: 949-956.

WHO. (1985). Review of potentially harmful substances- Cadmium, Lead and Tin. Repotrs and Studies. No. 22.

Yia, Y.J., Zhang, S.H. 2012. The relationships between fish heavy metal concentrations and fish size in the upper and middle reach of Yangtze River. Procedia Environmental Sciences. 13: 1699-1707.

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 jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-25]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1394.5.1.5.6]