ارزیابی خطر سرطان‌زایی فلزات سنگین ناشی از مصرف ماهی در شهر بندرعباس

پریسا شرفی[1] کاووس دیندارلو[2*] سیدحسین داوودی[1] محسن حیدری[1] محمد شمس‌الدینی[1]

۱. گروه مهندسی بهداشت محیط، پژوهشکده سلامت، مرکز تحقیقات عوامل اجتماعی در ارتقای سلامت، دانشگاه علوم پزشکی هرمزگان، بندرعباس، ایران.

۲. گروه مهندسی بهداشت محیط، مرکز تحقیقات سلامت مواد غذایی، دانشگاه علوم پزشکی هرمزگان، بندرعباس، ایران.

چکیده

هدف: نوار شمالی خلیج‌فارس به‌خصوص حوزه بندرعباس یکی از قطب‌های تامین ماهی در کشور می‌باشد و آلودگی ماهی‌های خوراکی در این ناحیه می‌تواند سلامت مصرف‌کنندگان را تهدید کند. بنابراین، هدف از این مطالعه ارزیابی ریسک بهداشتی سرب و کادمیوم موجود در ماهی‌های خوراکی سطح‌زی، میان‌زی و کف‌زی عرضه شده در شهر بندرعباس می‌باشد.

روش‌ها: در این مطالعه توصیفی- تحلیلی که در سال ۱۳۹۷ انجام شد تعداد ۸۱ نمونه ماهی سطح‌زی، میان‌زی و کف‌زی در ۹ گونه مختلف موجود از بازار ماهی‌فروشان شهر بندرعباس به روش طرح آشیانی یا سلسله مراتبی جمع‌آوری شد. قطعات خوراکی ماهی‌ها توسط روش مایکروویو هضم و غلظت سرب و کادمیوم آن با استفاده از روش اسپکتروفتومتر جذب اتمی سنجش شد. در نهایت، میزان برآورد شده دریافتی روزانه (EDI)، شاخص خطر غیرسرطان‌زایی (THQ) و خطر سرطان‌زایی (CR) مرتبط با مصرف ماهی‌های آلوده به فلزات سنگین مورد نظر محاسبه شدند.

نتایج: مقادیر متوسط غلظت سرب در ماهی‌های سطح‌زی، میان‌زی وکف‌زی به ترتیب برابر ۰/۰۳، ۰/۰۱۹ و ۰/۰۴ میلی‌گرم بر کیلوگرم بودند. مقادیر مربوطه برای غلظت کادمیوم به ترتیب برابر ۰/۰۰۲۸، ۰/۰۰۲ و ۰/۰۰۵۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم بودند. از دیدگاه سلامت انسان، مقادیر THQ برای هر عنصر و مقادیر کل خطر هدف (TTHQ) برای هر دو عنصر کمتر از ۱ بودند. علاوه بر این، مقادیر CR برای هر دو فلز کمتر از خطر قابل قبول ابتلا به سرطان در طول عمر (10^{-5}) بود.

نتیجه‌گیری: مطابق مقادیر EDI، THQ، TTHQ، CR و سطوح ایمنی قابل قبول ارگان‌های مختلف، استفاده از ماهی‌های بررسی شده خطر بهداشتی قابل توجهی برای سلامتی انسان ایجاد نخواهد کرد.

کلیدواژه‌ها: فلزات سنگین، ماهی، ارزیابی ریسک، خلیج‌فارس.

نوع مقاله: پژوهشی

دریافت مقاله:۹۹/۱۰/۲۹ پذیرش مقاله: ۱۴۰۰/۰۴/۱۳

ارجاع: شرفی پریسا، دیندارلو کاووس، داوودی سیدحسین، حیدری محسن، شمس‌الدینی محمد. ارزیابی ریسک بهداشتی مرتبط با سرب و کادمیوم موجود در بخش خوراکی ماهی‌های سطح‌زی، میان‌زی و کف‌زی عرضه شده در شهر بندرعباس. طب پیشگیری. ۱۴۰۰؛ ۸(۲): ۱۵-۴.

مقدمه

آلودگی اکوسیستم‌های آبی به فلزات سنگین بسیار نگران‌کننده است، فلزات آزاد شده از فعالیت‌های خانگی و صنعتی از طریق روان آب‌های سطحی، تصفیه‌خانه‌های فاضلاب، محل‌های دفن زباله وارد منابع آبی می‌شوند (۱). تجمع زیستی فلزات سنگین در آبزیان و مصرف ماهی یک تحدید جدی است (۲). ماهی به‌عنوان یک منبع پروتئینی ارزشمند نقش مهمی در سبد غذایی بسیاری از

نویسنده مسئول: کاووس دیندارلو، گروه مهندسی بهداشت محیط، مرکز تحقیقات عوامل اجتماعی در ارتقاء سلامت، پژوهشکده سلامت هرمزگان، دانشگاه علوم پزشکی هرمزگان، بندرعباس، ایران.

تلفن: ۹۸۷۶۳۳۳۳۶۲۰۲+ پست الکترونیکی: kdindarloo@yahoo.com ORCID : 0000-0002-8807-8501

مردم دارد. تخمین زده می‌شود که حدود ۲۰-۱۵ درصد پروتئین‌های حیوانی از منابع آبی تامین شود (۲). ماهی‌ها به دلیل دارا بودن مقادیر زیاد چربی‌های غیراشباع و کلسترول کم، بالا بودن میزان هضم و جذب پروتئین، یکی از مهم‌ترین تولیدات مهم در کشورهای دنیا از جمله ایران می‌باشد (۳). براساس سالنامه آماری در ایران سرانه مصرف آبزیان در سال ۱۳۹۱، ۱۰/۲ کیلوگرم به ازای هر نفر در سال بوده است. امروزه به دلیل افزایش استقرار صنایع مختلف در سواحل و رشد و توسعه شهرهای ساحلی، فاضلاب‌ها و آلاینده‌های که از طریق کشتی‌ها و صنایع مختلف به آب‌ها وارد می‌شود باعث شده که اکوسیستم‌های آبی و آبزیان موجود در آن تحت تاثیر قرار گیرند. این تاثیرات بلافاصله پس از ورود آلودگی به اکوسیستم به صورت کاهش فعالیت زیستی موجودات و در برخی موارد تلفات شدید آبزیان، ظاهر می‌شود (۵). یکی از مهم‌ترین آلاینده‌ها فلزات سنگین بوده که پس از ورود به اکوسیستم‌های آبی در بافت‌ها و اندام‌های آبزیان به‌خصوص ماهی‌ها تجمع یافته و نهایتا وارد زنجیره غذایی انسان می‌گردند. بنابراین تاثیر تجمع فلزات سنگین بر زنجیره‌های غذایی ارگانیسم‌های آبزیان به دلیل ایجاد آسیب‌های اکولوژیکی، رفتاری، فیزیولوژیکی، متابولیکی ماهیان و در معرض خطر انداختن سلامت انسآن‌ها، در سال‌های اخیر بیشترین توجه را به دنبال داشته است (۶،۷) .

استان هرمزگان با دارا بودن بیشترین مرز ساحلی در جنوب کشور و وجود صنایع مهم و مختلفی نظیر پالایشگاه‌ها، اسکله‌ها و ... از نظر اقتصادی بسیار مهم است (۷). براساس مطالعات قبلی، یکی از منابع اصلی مواجهه انسان با آلاینده‌های زیست محیطی، مصرف ماهی است. بسیاری از عناصر مانند سرب و جیوه در بدن موجودات تجمع می‌یابند و وارد زنجیره غذایی می‌شوند و پیامدهای احتمالی خطر سلامتی برای مصرف‌کننده ایجاد می‌کنند (۸).

کادمیوم و سرب از مهم‌ترین فلزات سنگین خطرناک برای انسان می‌باشند. مسمومیت با فلز کادمیوم و سرب کاملا رایج است و به انسان آسیب می‌رساند، اثر روی مکانیسم دفاعی بدن و اختلال عملکرد کلیه یکی از شناخته‌شده‌ترین اثرات سمی کادمیوم در انسان، بیماری ایتای- ایتای است که اولین بار به علت مصرف برنج آلوده به این فلز در ژاپن گزارش شد (۳). این فلزات همچنین می‌توانند منجر به اثرات سمی بلندمدت در سیستم‌های بیولوژیکی شده و در مقادیر ناچیز ممکن است از طریق زنجیره غذایی به سایر موجودات انتقال یابند (۹،۱۰). بنابراین اندازه‌گیری غلظت این فلزات جهت تعیین استانداردهای سلامت عمومی و حفاظت از محیط‌زیست دریایی حائز اهمیت است.

در سال‌های اخیر، تعیین ریسک اهمیت زیادی پیدا کرده است، زیرا سطح مجاز آلاینده‌های توصیه شده توسط دستگاه‌های نظارتی مختلف همیشه نمی‌تواند خطر سلامت انسان را نشان دهد (۱۱). مدل‌های مختلفی برای بررسی مواجهه در ارزیابی ریسک وجود دارد. از مهم‌ترین آن‌ها مقایسه غلظت مواد آلاینده در حد واسطه‌ای زیست محیطی (بافت پذیرنده، آب، رسوب و ...) و با ارزش مبنای سمیت است. البته این مبنا برای گونه‌ها و آلاینده‌های مختلف متفاوت است.

از آنجایی که یکی از راه‌های مواجهه انسان با کادمیوم و سرب در از طریق منابع غذایی می‌باشد، بنابراین ارزیابی و کنترل میزان آلودگی اقلام مختلف غذا و شناسایی منابع آلاینده و تعدیل یا حذف آن بر سلامت و طول عمر انسان تاثیر قابل ملاحظه‌ای خواهد داشت. گزارش‌های فراوانی از کشورهای مختلف و از جمله ایران در زمینه ارزیابی آلاینده‌های مختلف وجود دارد.

شاخص ارزیابی خطر هدف (THQ) یا شاخص کل خطر غیرسرطانزایی هدف (TTHQ) تعیین شده توسط آژانس حفاظت محیطزیست ایالات متحده معمولا" برای ارزیابی خطرات بالقوه غیرسرطان‌زایی در ارتباط با انواع فلزات از طریق مصرف ماهی بکار می‌رود (۱۲). آژانس حفاظت محیط‌زیست ایالات‌متحده همچنین فاکتور شیب سرطان را جهت تعیین خطر سرطان‌زایی (CR) در طول یک عمر به علت مواجهه با یک سرطان‌زای بالقوه تعیین کرده است.

با توجه به اهمیت ماهی در رژیم غذایی انسان و رشد روز افزون صنایع در نوار ساحلی شهر بندرعباس (به‌عنوان یکی از قطب‌های صید ماهی در کشور) و احتمال آلودگی این بستر آبی به فلزات سنگین، هدف این مطالعه ارزیابی خطرات سرطان‌زایی و غیرسرطان‌زایی سرب و کادمیوم برای انسان از طریق مصرف ماهی‌های خوراکی سطح‌زی، میان‌زی وکف‌زی موجود در بازار ماهی‌فروشان شهر بندرعباس می‌باشد.

مواد و روش‌ها

در این پژوهش توصیفی- تحلیلی نمونه‌برداری از ماهی‌های موجود در بازار ماهی‌فروشان شهر بندرعباس با استفاده از طرح آشیانی یا سلسله‌مراتبی از سه نوع ماهی سطح شامل سطح‌زی، میان‌زی و کفزی، نمونه‌برداری شد. از هر نوع ماهی سه گونه مختلف و در سه ماه متوالی در فصل بهار۱۳۹۷ انجام گرفت. ماهی‌های سطح‌زی شامل گاریز، شورت و حلوا سفید؛ میان‌زی شامل شیر، کوتر و سرخو؛ و کف‌زی شامل بیاح، زمین‌کن و کفشک بودند. براین‌اساس جمعا ۸۱ نمونه ماهی جمع‌آوری شد (۱۳). .نمونه‌ها بعد از قرارگیری در کنار یخ توسط جعبه‌های پلاستوفوم جهت جلوگیری از تماس با هرگونه فلز، به آزمایشگاه انتقال یافتند. پس از آن کلیه نمونه‌ها در فریزر در دمای ۱۸- درجه سانتی‌گراد تا زمان انجام آزمایشات منجمد شدند. ۱۲ ساعت قبل از شروع آزمایش نمونه‌ها از فریزر به یخچال انتقال یافت تا فرایند انجمادزدایی صورت پذیرد.

به منظور نمونه‌برداری از بافت عضله از اسکارپل با تیغ شیشه‌ای و ظرف شیشه‌ای تمیز استفاده گردید. نمونه‌ها با استفاده از فریز درایر مدل (VaCo5) در دمای ٤٠- درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۰-۸ ساعت خشک شدند، پس از خشک شدن نمونه‌ها از بالن دستگاه جدا شده و درون پتری‌دیش شماره‌گذاری شده قرار گرفتند. نمونه‌ها بوسیله یک هاون چینی پودر شدند. به منظور هضم نمونه‌ها ابتدا مقدار ۰/۵ گرم از نمونه پودر شده را با استفاده از ترازوی مدل TE313J با دقت ۰/۰۰۱ گرم توزین و نمونه‌های توزین شده بعد از افزودن ۷ میلی‌لیتر اسیدنیتریک غلیظ ٦٥ درصد و ۱ میلی‌لیتر آب اکسیژنه ۳۰ درصد به دستگاه مایکروویو (مدلETHOS 1) انتقال داده شد. بعد از هضم اسیدی، نمونه‌ها از دستگاه خارج و حجم آن با آب خالص به ۵۰ میلی‌لیتر رسانده شد. پس از پایان عملیات هضم و تبدیل نمونه‌ها به فاز معدنی، غلظت عناصر مورد نظر با استفاده از دستگاه جذب اتمی مدل (Termo-f95) مورد سنجش قرار گرفت. جهت دقت و کنترل بیشتر برای هر نمونه سه بار مراحل فوق تکرار گردید.

برای محاسبه احتمال خطرپذیری افراد به بیماری‌های غیرسرطانی از فرمول ارائه شده توسط سازمان حفاظت محیطزیست آمریکا (USEPA) استفاده شد (۱۲). به این ترتیب که ابتدا میزان دریافت آلاینده از طریق ماهی به ازای هر کیلوگرم از وزن بدن در روز (Estimated Daily Intake) با استفاده از فرمول زیر محاسبه شد.

$$EDI= (EFr*ED*IR*C)/ (BW*AT)$$

EDI: میزان جذب روزانه بر حسب میکروگرم به ازاء هر کیلوگرم در روز.

EFr: بسامد در معرض قرار گرفتن (۳۶۵ روز در سال).

ED: مدت زمان در معرض قرار گرفتن (۷۰ ساله برای بزرگسالان).

IR: میزان مصرف ماهی (کیلوگرم به ازاء هر فرد در روز).

C: غلظت فلز در ماهی (میلی‌گرم به ازاء هر کیلوگرم وزن تر در بافت نمونه های ماهی).

BW: متوسط وزن بدن (۷۰ کیلوگرم برای بزرگسالان).

AT: متوسط زمان در معرض قرار گرفتن برای مواد سرطان‌زا و غیر سرطان‌زا (۳۶۵روز در سال*ED).

THQ که برای بیان اثرات غیرسرطان‌زا استفاده می‌شود، نسبت بین EDI و دوز مرجع mg/kg (RfD ،bw/day) است، RfD (Oral Reference Dose) نشان‌دهنده تخمینی از در معرض قرار گرفتن روزانه انسان است که جمعیت انسانی ممکن است به طور مداوم در طول عمر بدون خطر قابل ملاحظه‌ای از اثرات زیان‌آور در معرض آن قرار گیرد. در این تحقیق مقادیر RfD براساس پیشنهاد سازمان حفاظت محیط‌زیست آمریکا برای کادمیوم برابر ۰/۰۰۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم در روز و برای سرب ۰/۰۰۴ میلی‌گرم بر کیلوگرم در روز در نظر گرفته شد. THQ براساس معادله زیر محاسبه شد.

$$THQ=EDI/RfD$$

THQ: شاخص ارزیابی خطر هدف.

RfD: دز مرجع.

پارامتر THQ (احتمال خطرپذیری به بیماری‌های غیرسرطانی) نمی‌تواند خطرها را تخمین بزند. این پارامتر تنها ارتباط خطر را با مواجهه آلاینده‌ها نشان می‌دهد. USEPA در سال ۲۰۱۰ مقدار THQ کمتر از ۱ را به‌عنوان سطح ایمن برای جمعیت در معرض در نظر گرفته است. با این حال، هنگامی که THQ بیشتر از ۱ باشد، خطر بالقوه مربوط به فلز مورد مطالعه در جمعیت در معرض وجود دارد.

از آنجا که قرار گرفتن در معرض دو یا چند آلاینده ممکن است سبب افزایش اثرات یا اثرات متقابل شود در این پژوهش مقدار شاخص خطر تجمعی غیرسرطان‌زایی با جمع کردن مقدار THQ هر فلز و به صورت TTHQ کل (یا به‌عنوان شاخص خطر غیرسرطان‌زایی کل هدف) بیان شده است. TTHQ براساس معادله زیر محاسبه می‌شود.

$$TTHQ=THQ\ (toxicant\ 1)+THQ\ (toxicant\ 2)+\ldots\ldots+THQ\ (toxicant\ n)$$

هر چه مقدار TTHQ بیشتر باشد، میزان نگرانی بیشتر خواهد بود. مقدار TTHQ بالاتر از ۱، به طور کلی، نشان‌دهنده پتانسیل اثرات نامطلوب برای سلامتی انسان است و پیشنهاد می‌کند که نیاز به انجام تحقیقات بیشتر ا می‌باشد.

خطر سرطان‌زایی (CR) نشان‌دهنده احتمال مبتلا شدن یک فرد بیشتر به سرطان در طول یک عمر به علت مواجهه با یک سرطان‌زا بالقوه است. در رابطه با مواد سرطان‌زا فرض بر این است که بین افزایش دوز یا مواجهه با غلظت آلاینده و افزایش خطر ابتلا به سرطان یک رابطه خطی وجود دارد. شیب حاصله در این رابطه فاکتور شیب (Cancer Slope Factor) است و واحد آن براساس هر میلی‌گرم از ماده شیمیایی به ازای هر کیلوگرم وزن بدن در روز بیان می‌شود. فاکتور شیب سرطان‌زایی پیشنهاد شده توسط USEPA برای کادمیوم و سرب به ترتیب ۰/۳۸ و ۰/۰۰۸۵ ($\frac{1}{(mg/kg.day)}$) است (۱۸). معادله شماره زیر برای

ارزیابی خطر سرطان‌زایی مورد استفاده قرار گرفته است:

$$CR=EDI*CSF$$

CR: خطر سرطان‌زایی.

CSF: فاکتور شیب سرطان‌زایی.

خطر سرطان‌زایی مادام‌العمر قابل قبول توسط USEPA، 10^{-5} (خطر ابتلا به سرطان در طول زندگی انسان ۱ در ۱۰۰۰۰۰) در نظر گرفته شده، که در این مطالعه استفاده می‌شود.

برای محاسبه و ارزیابی خطر فلزات سنگین در نتیجه مصرف ماهی برخی فرضیات در نظر گرفته شد که در جدول ۱ ارائه شده‌اند.

جدول۱- فرضیات مدنظر در محاسبه جذب روزانه و ارزیابی خطر

ردیف	فرض
۱	دوز مصرف برابر با دوز جذب آلاینده است
۲	پخت و پز هیچ تاثیری روی آلاینده ندارد
۳	متوسط وزن بدن یک شخص بزرگسال ۷۰ کیلوگرم در نظر گرفته شد
۴	میانگین طول عمر شخص ۷۰ سال است
۵	نرخ مصرف روزانه ماهی (براساس استاندارد EPA) ۳۲/۵۷ گرم در روز در نظر گرفته شد

یافته‌ها

براساس نتایج به دست آمده میانگین میزان فلزات سنگین سرب و کادمیوم (برحسب میکروگرم بر گرم وزن خشک) ۹ گونه ماهی مورد مطالعه موجود در بازار ماهی‌فروشان شهر بندرعباس در جدول ۲ ارائه شده است.

جدول۲- میانگین و انحراف استاندارد غلظت فلزات سنگین (سرب و کادمیوم) در فصل بهار در بافت ماهی‌های خوراکی مورد مطالعه (µg/g wd)

زیستگاه	نام فارسی ماهی	غلظت سرب		غلظت کادمیوم	
		میانگین	انحراف استاندارد	میانگین	انحراف استاندارد
سطح‌زی	گاریز	۰/۰۲۴۵	۰/۰۱۳۲	۰/۰۰۳۱	۰/۰۰۰۰۶
	شورت	۰/۰۳۳۳	۰/۰۰۷۱	۰/۰۰۲۸	۰/۰۰۱۱
	حلوا سفید	۰/۰۳۲۲	۰/۰۰۴۰	۰/۰۰۲۴	۰/۰۰۰۷
	کل سطح‌زی	۰/۰۳۰۰	۰/۰۰۹۷	۰/۰۰۲۸	۰/۰۰۰۹
میانزی	شیر	۰/۰۱۹۲	۰/۰۰۲۶	۰/۰۰۱۹	۰/۰۰۰۷
	کوتر	۰/۰۱۸۶	۰/۰۰۶۱	۰/۰۰۲۰	۰/۰۰۰۴
	سرخو	۰/۰۲۰۸	۰/۰۱۰۳	۰/۰۰۲۳	۰/۰۰۰۹
	کل میانزی	۰/۰۱۹۵	۰/۰۰۷۰	۰/۰۰۲۰	۰/۰۰۰۷
کفزی	بیاح	۰/۰۴۱۴	۰/۰۱۸۹	۰/۰۰۷۲	۰/۰۰۰۹
	زمین‌کن	۰/۰۴۴۵	۰/۰۰۹۲	۰/۰۰۳۰	۰/۰۰۳۴
	کفشک	۰/۰۳۵۰	۰/۰۱۱۵	۰/۰۰۶۵	۰/۰۰۴۶
	کل کفزی	۰/۰۴۰۳	۰/۰۱۴۲	۰/۰۰۵۶	۰/۰۰۳۸
میانگین سه سطح		۰/۰۲۹۹	۰/۰۱۳۶	۰/۰۰۳۵	۰/۰۰۲۷

برآورد دریافتی روزانه (EDI) و برآورد دریافتی هفتگی (EWI) فلزات سنگین سرب و کادمیوم ناشی از مصرف ماهی محاسبه و یافته‌های آن در جدول ۳ ارائه شده است. برآورد دریافتی در هر واحد وزن بدن (میکروگرم/ کیلوگرم وزن بدن/ روز یا هفته) بیان شد.

فرض شده است که میزان تجمع فلزات سنگین در ماده خشک ۵ برابر ماده مرطوب می‌باشد. میزان دریافتی قابل تحمل روزانه (Provisional Tolerable Daily Intake) طبق استاندارد آژانس حفاظت محیط‌زیست آمریکا برای کادمیوم و سرب به ترتیب ۱ و ٤ میکروگرم بر کیلوگرم

است. براساس یافته‌های جدول ۳ بیشترین میزان دریافتی روزانه و هفتگی برای فلز کادمیوم از طریق مصرف ماهی زمین کن و کمترین آن برای ماهی شیر بود. برای فلز سرب ماهی زمین‌کن بیشترین و ماهی کوتر کمترین میزان دریافتی را از طریق خوردن ایجاد می‌کنند.

جدول۳- محاسبه جذب روزانه و هفتگی سرب و کادمیوم ناشی از مصرف ماهی برای یک شخص ۷۰ کیلوگرمی و نرخ مصرف روزانه ۳۲/۵۷ گرم در روز

گونه ماهی	فلز	غلظت (µg/g dw)	EDI (µg/kg bw/day)	EWI (µg/kg bw/week)
گاریز	کادمیوم	۰/۰۰۳۱	۲/۸۸×۱۰−۷	۲×۱۰−۶
	سرب	۰/۰۲٤٥	۲/۲۸×۱۰−٦	۱/٥۹×۱۰−٥
شورت	کادمیوم	۰/۰۰۲۸	۲/٦×۱۰−۷	۱/۸۲×۱۰−٦
	سرب	۰/۰۳۳۳	۳/۱×۱۰−٦	۲/۱٦×۱۰−٥
حلوا سفید	کادمیوم	۰/۰۰۲٤	۲/۲۳×۱۰−۷	۱/٥٦×۱۰−٦
	سرب	۰/۰۳۲۲	۲/۹۹×۱۰−٦	۲/۰۹×۱۰−٥
شیر	کادمیوم	۰/۰۰۱۹	۱/۷٦×۱۰−۷	۱/۲۳×۱۰−٦
	سرب	۰/۰۱۹۲	۱/۷۸×۱۰−٦	۱/۲٥×۱۰−٥
کوتر	کادمیوم	۰/۰۰۲۰	۱/۸٦×۱۰−۷	۱/۳×۱۰−٦
	سرب	۰/۰۱۸٦	۱/۷۳×۱۰−٦	۱/۲۱×۱۰−٥
سرخو	کادمیوم	۰/۰۰۲۳	۲/۱٤×۱۰−۷	۱/٤۹×۱۰−٦
	سرب	۰/۰۲۰۸	۱/۹۳×۱۰−٦	۱/۳٥×۱۰−٥
بیاح	کادمیوم	۰/۰۰۷۲	٦/۷×۱۰−۷	٤/٦×۱۰−٦
	سرب	۰/۰٤۱٤	۳/۸٥×۱۰−٦	۲/٦۹×۱۰−٥
زمین‌کن	کادمیوم	۰/۰۰۳۰	۲/۷۹×۱۰−۷	۱/۹٥×۱۰−٦
	سرب	۰/۰٤٤٥	٤/۱٤×۱۰−٦	۲/۸۹×۱۰−٥
کفشک	کادمیوم	۰/۰۰٦٥	٦/۰٤×۱۰−۷	٤/۲۳×۱۰−٦
		۰/۰۳٥۰	۳/۲٥×۱۰−٦	۲/۲۸×۱۰−٥

EDI: Estimated Daily Intake
EWI: Estimated Weekly Intake

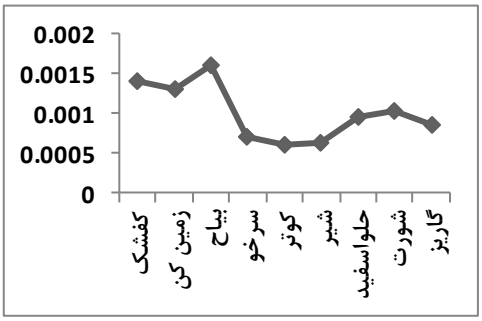
نتایج ارزیابی خطر غیر سرطان‌زایی (THQ) و خطر سرطان‌زایی (CR) سرب و کادمیوم ناشی از مصرف ماهیان مورد مطالعه در یک فرد بالغ به تفکیک در جدول ٤ آورده شده است.

با توجه به نتایج مقدار THQ ناشی از سرب بیش از کادمیوم است. بنابراین مصرف سرب خطر بهداشتی بالقوه بیشتری نسبت به مصرف کادمیوم ایجاد می‌کند.

جدول۴- تخمین خطرسرطان‌زایی و غیرسرطان‌زایی ناشی از فلزات سرب و کادمیوم موجود در بافت ماهیان خوراکی مورد مطالعه

نام ماهی	THQ		HI	CR	
	pb	cd		pb	cd
گاریز	٥/۷×۱۰−٤	۲/۸۸×۱۰−٤	۸/٥۸×۱۰−٤	۱/۹۳×۱۰−۸	۱/۰۹×۱۰−۷
شورت	۷/۷٥×۱۰−٤	۲/٦×۱۰−٤	۱/۰۳×۱۰−۳	۲/٦۳×۱۰−۸	۹/۸۸×۱۰−۸
حلواسفید	۷/٤۷×۱۰−٤	۲/۲۳×۱۰−٤	۹/۷×۱۰−٤	۲/٥٤×۱۰−۸	۸/٤۷×۱۰−۸
شیر	٤/٤٥×۱۰−٤	۱/۷٦×۱۰−٤	٦/۲۱×۱۰−٤	۱/٥۱×۱۰−۸	٦/٦۸×۱۰−۸
کوتر	٤/۳۲×۱۰−٤	۱/۸٦×۱۰−٤	٦/۱۸×۱۰−٤	۱/٤۷×۱۰−۸	۷/۰٦×۱۰−۸
سرخو	٤/۸۲×۱۰−٤	۲/۱٤×۱۰−٤	٦/۹٦×۱۰−٤	۱/٦٤×۱۰−۸	۸/۱۳×۱۰−۸
بیاح	۹/٦۲×۱۰−٤	٦/۷×۱۰−٤	۱/٦×۱۰−۳	۳/۲۷×۱۰−۸	۲/٥٤×۱۰−۷
زمین‌کن	۱/۰۳×۱۰−۳	۲/۷۹×۱۰−٤	۱/۳×۱۰−۳	۳/٥۱×۱۰−۸	۱/۰٦×۱۰−۷
کفشک	۸/۱۲×۱۰−٤	٦/۰٤×۱۰−٤	۱/٤۱×۱۰−۳	۲/۷٦×۱۰−۸	۲/۲۹×۱۰−۷

مقدار شاخص خطر تجمعی غیرسرطان‌زایی ناشی از فلزات سرب و کادمیوم موجود در بافت خوراکی ماهیان مورد مطالعه در نمودار ۱ آورده شده است. TTHQ فلزات در نمونه‌های عضله ماهی از طریق جمع THQ دو فلز به دست آمد. با توجه به مقدار TTHQ هیچ یک از گونه‌ها شاخص خطر بالاتر از یک را نشان ندادند.



نمودار۱- شاخص خطر ناشی از فلزات سرب و کادمیوم موجود در بافت خوراکی ماهیان

با توجه به مقادیر بدست آمده از تجمع فلزات سنگین در گونه‌های مورد مطالعه در این تحقیق و مقایسه آن با استانداردهای جهانی، میزان سرب و کادمیوم در مقایسه با آستانه استانداردهای جهانی WHO، NHMRC، MAFF، FAD، FAO، آلمان، استرالیا، هنگ‌کنگ، سوئیس، دانمارک و نیوزیلند پایین‌تر بود.(جدول ۵)

جدول۵-مقایسه غلظت فلزات سنگین اندازه گیری شده با استانداردهای جهانی (ppm)

استاندارد	Cd	Pb	منبع
WHO	۰/۲	۰/۳	(۲۱)
NHMRC	۱/۵	۰/۰۵	(۲۲)
MAFF	۰/۲	۲	(۲۳)
FDA	۲	۵	(۲۴)
FAO	۰/۳	۲	(۲۵)
آلمان	۰/۵	۰/۵	(۲۶)
استرالیا	۰/۲ -۵/۵	۱/۵ -۵/۵	(۲۷)
هنگ کنگ	۲	۶	(۲۷)
سوئیس	۰/۱	۱	(۲۷)
دانمارک	۲	-	(۲۷)
نیوزیلند	۱	۲	(۲۷)

THQ: Target hazard quotient= EDI/RfD
HI: hazard index
CR: Carcinogenic risk = EDI × CSF

گاریز	۰/۰۰۰۶۲	۰/۰۰۴۹	مطالعه حاضر
شورت	۰/۰۰۰۵۶	۰/۰۰۶۶۶	مطالعه حاضر
حلواسفید	۰/۰۰۰۴۸	۰/۰۰۶۴۴	مطالعه حاضر
شیر	۰/۰۰۰۳۸	۰/۰۰۳۸۴	مطالعه حاضر
کوتر	۰/۰۰۰۴	۰/۰۰۳۷۲	مطالعه حاضر
سرخو	۰/۰۰۰۴۶	۰/۰۰۴۱۶	مطالعه حاضر
بیاح	۰/۰۰۱۴۴	۰/۰۰۸۲۸	مطالعه حاضر
زمین‌کن	۰/۰۰۰۶	۰/۰۰۸۹	مطالعه حاضر
کفشک	۰/۰۰۱۳	۰/۰۰۷	مطالعه حاضر

بحث و نتیجه‌گیری

وجود فلزات سنگین در ماهی خطرهای بالقوه بهداشتی برای ماهی و انسان به عنوان مصرف‌کننده آن در برخواهد داشت (۳). آگاهی داشتن در مورد غلظت فلزات سنگین در ماهی از دو جنبه مدیریت طبیعی و سلامت انسانی حائز اهمیت است. توجه به این نکته که غلظت فلزات سنگین در زیستگاه‌های آبی آلوده ممکن است از محدوده مجاز برای مصرف انسان تجاوز کند، تهدیدی بسیار جدی برای سلامتی انسان می‌تواند باشد. به علت توانایی سمیت فلزات سنگین، نهادهای نظارتی در سراسر جهان حدود قابل قبولی از این آلاینده‌ها را در برخی مواد غذایی مانند ماهی مشخص نموده‌اند. برای ارزیابی خطر بهداشتی، سطوح فلزات سنگین سرب و کادمیوم در بافت خوراکی گونه‌های مورد مطالعه با حداکثر محدوده مجاز پیشنهاد شده برای مصرف انسان توسط بسیاری از سازمان‌های گوناگون مقایسه شد با توجه به مقادیر بدست آمده از تجمع فلزات سنگین در گونه‌های مورد مطالعه در این تحقیق و مقایسه آن با استانداردهای جهانی، میزان سرب و کادمیوم در مقایسه با آستانه استانداردهای جهانی WHO، NHMRC، MAFF، FAD، FAO، آلمان، استرالیا، هنگ‌کنگ، سوئیس، دانمارک و نیوزیلند پایین‌تر بود.

به منظور مشاهده خطر سلامت هرگونه آلاینده، برآورد سطح در معرض قرارگیری بسیار مهم است. یکی از جنبه‌های مهم در ارزیابی خطر، برآورد دریافتی روزانه فلز است. براساس نوع فلز، میانگین دوز مصرف روزانه در مورد مصرف ماهیان مورد مطالعه با استناد به معیارهای سازمان حفاظت محیط‌زیست آمریکا، غلظت سرب بیشتر از کادمیوم بود.

براساس یافته‌ها بیشترین میزان دریافتی روزانه و هفتگی برای فلز کادمیوم از طریق مصرف ماهی بیاح و کمترین آن برای ماهی شیر بود. برای فلز سرب برآورد شد که ماهی زمین‌کن بیشترین و ماهی کوتر کمترین میزان دریافتی را از طریق خوردن ایجاد می‌کنند. میزان دریافتی روزانه و هفتگی برای فلزات سرب و کادمیوم در ماهی‌های مورد مطالعه کمتر از دوز رفرنس تعیین شده توسط EPA برآورد شد. ابراهیمی سیریزی و همکاران در مطالعه بررسی غلظت فلزات سنگین سرب، کادمیوم، مس و روی در بافت عضله اردک ماهی در تالاب انزلی و سنجش میزان دریافتی روزانه، عدم ممنوعیت مصرف آن را بیان کردند (۳).

در ماهی‌های صید شده از خلیج‌فارس در محدوده شهر بندرعباس مقدار THQ ناشی از سرب بیش از کادمیوم بود. با توجه به نتایج مصرف سرب خطر بهداشتی بالقوه بیشتری نسبت به مصرف کادمیوم ممکن است ایجاد کند. 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، TTHQ فلزات در نمونه‌های عضله ماهی از طریق جمع THQ دو فلز به دست آمد. با توجه به نمودار ۱ در بررسی TTHQ هیچ یک از گونه‌ها شاخص خطر بالاتر از یک را نشان ندادند و می‌توان گفت مصرف ماهیان مورد مطالعه عوارض نامطلوب بهداشتی و خطرناک برای مصرف‌کنندگان ایجاد نمی‌کنند.در مطالعات احمد و همکاران بل مطالعه سرب و کادمیوم ضریب خطر کمتر از یک بود و نشان داد که مصرف ماهی در آن منطقه بی خطر است(۷). مرتضوی و همکاران در سال ۱۳۹۲، میزان خطر برخی فلزات ناشی از مصرف ماهی حلواسفید و شوریده در استان هرمزگان را برآورد کردند، نتایج نشان داد که خطر بهداشتی (THQ) برآورده شده در این مطالعه به میزان قابل ملاحظه‌ای کمتر از یک بود و گزارش کردند که هیچ گونه خطری در اثر مصرف این گونه ماهی‌ها متوجه مصرف‌کنندگان نیست که با مطالعه حاضر همخوانی دارد (۱٤). همچنین سلگی در بررسی خطر بهداشتی غیرسرطان‌زای سرب، کادمیوم و روی در کپور ماهی تالاب زریوار گزارش کرد که احتمال بروز عوارض سوء بهداشتی ناشی از مصرف ماهی کپور وجود ندارد (۱۵). Rajeshkumar و همکاران نیز در چین با مطالعه تجمع فلزات سنگین از جمله سرب و کادمیوم بر روی گونه‌هایی از ماهی مشاهده کردند که غلظت فلزات سنگین در اندام‌های مختلف ماهی متفاوت است و لیکن مقدار موجود هنوز با معیارهای مصرف در چین مطابقت دارد (۱٦). مطالعه Welty و همکاران بر غلظت فلزات سنگین از جمله سرب و کادمیوم بر روی پنج گونه از ماهی در اعماق اقیانوس آرام نشان داد که این آلاینده‌ها در بدن ماهی وجود دارند و دلایل احتمال آنها ممکن است به علت آتشفشان‌های زیردریایی باشد و یا اینکه ترانشه‌ها همانند قیف عمل نموده و آلاینده‌ها را به اعماق اقیانوس‌ها هدایت نمایند (۱۷). در این مطالعه بیشترین و کمترین مقدار خطر سرطان‌زایی تخمین زده شده از فلز سرب برای انسان به ترتیب ناشی از مصرف ماهی زمین‌کن و کوتر است و مصرف ماهی بیاح و شیر به ترتیب بیشترین و کمترین خطر سرطان‌زایی ناشی از فلز کادمیوم را به خود اختصاص داده‌اند. ولی در کل

ابتلا به سرطان برای مصرف مادام‌العمر را ایجاد نمی‌کند. مطالعه NarottamSaha و همکاران در بررسی فصلی فلزات سنگین ماهی‌های خلیج بنگال و ارزیابی خطر سرطان‌زایی نشان داد که مصرف‌کنندگان در معرض خطر سرطان‌زایی ناشی از فلز آرسنیک می‌باشند و برای فلزات دیگر به‌خصوص سرب و کادمیوم خطر سرطان‌زایی (CR کمتر از 10^{-5}) وجود ندارد که با مطالعه حاضر (خطر سرطان‌زایی برای فلزات سرب و کادمیوم) هم‌خوانی دارد. در این مطالعه سطح آلودگی بافت ماهی‌های مورد مطالعه صرفا از نقطه نظر دو فلز سرب و کادمیوم مورد ارزیابی۱٤ قرار گرفت، در حالی‌که ممکن است خطرات بالقوه‌ای در رابطه با دیگر فلزات و آلاینده‌ها وجود داشته باشد.

چنین داده‌های محلی برای افزایش موجودی داده‌های جهانی و اطلاع‌رسانی به سازمآن‌های مدیریتی برای تسهیل تصمیم‌گیری و بهبود استراتژی‌های مدیریت فلزات سنگین موردنیاز است.

نتایج این مطالعه نشان داد که غلظت تمام فلزات مورد بررسی برای مصرف انسان به میزان قابل توجهی از حد قابل قبول مقامات بین‌المللی مختلف مانند USEPA، WHO و NHMRC پایین‌تر بود. با توجه به تخمین دریافتی روزانه (EDI)، شاخص خطر هدف (THQ)، کل خطر هدف (TTHQ)، خطر سرطان‌زایی (CR) و محدودیت‌های ایمنی قابل قبول توسط سازمآن‌های مختلف، مصرف گونه‌های ماهی مورد بررسی خطر بالقوه‌ای برای مصرف‌کنندگان به دنبال نخواهد داشت.

تشکر و قدردانی

نویسندگان بر خود لازم می‌دانند از کارکنان اداره شیلات، پژوهشگاه اکولوژی خلیج فارس و دریای عمان (بندرعباس) و مرکز تحقیقات سلامت غذایی علوم پزشکی هرمزگان تقدیر و قدردانی داشته باشند.

تأییدیه اخلاقی

این مقاله بخشی از پایان‌نامه مقطع کارشناسی‌ارشد بهداشت‌محیط است که با حمایت مالی معاونت تحقیقات و فناوری دانشگاه علوم پزشکی هرمزگان در قالب طرح پژوهشی اجرا شده است. این مطالعه دارای تاییدیه اخلاقی به شماره IR.HUMS.REC.13960247 از دانشگاه علوم پزشکی هرمزگان است.

تضاد منافع

نویسندگان هیچ‌گونه تضاد منافعی ندارند.

سهم نویسندگان

پریسا شرفی (نویسنده اول) تامین تجهیزات و راه‌اندازی آن‌ها، نگارش مقاله ٦٠ درصد؛ کاووس دیندارلو (نویسنده دوم و مسئول) تحلیل اولیه داده‌ها ۱۰ درصد؛ سیدحسین داوودی (نویسنده سوم) نگارش مقاله ۱۰ درصد؛ محسن حیدری (نویسنده چهارم) مشاوره ۱۰ درصد؛ محمد شمس‌الدینی (نویسنده پنجم) طراحی مطالعه، تفسیر و تحلیل داده‌ها، ۱۰ درصد.

حمایت مالی

این مقاله با حمایت مالی معاونت تحقیقات و فناوری دانشگاه علوم پزشکی هرمزگان انجام شده است.

References

1. Naik AP, Shyama SK, D'Costa AH. Evaluation of genotoxicity, enzymatic alterations and cadmium accumulation in Mozambique tilapia Oreochromis mossambicus exposed to sub lethal concentrations of cadmium chloride. JECE. 2020; 2:126-31. DOI: 10.1016/j.enceco.2020.07.006

2. Adam MA, Maftuch M, Kilawati Y, Risjani Y. The effect of cadmium exposure on the cytoskeleton and morphology of the gill chloride cells in juvenile mosquito fish (Gambusia affinis). Egypt J Aquat Res. 2019; 45(4):337-43. DOI: 10.1016/j.ejar.2019.11.011

3. Alizadeh E, Sharifian S. Flour and fish oil production technology. Tehran: Scientific Information Database; 2011. [Persian]

4. Ebrahimi Sirizi Z, Sakizadeh M, Esmaili Sari A, Bahramifar N, Ghasempouri SM, Abbasi K. Survey of heavy metals (Cd, Pb, Cu and Zn) contamination in muscle tissue of esox luciusn from Anzali international wetland: Accumulation and risk assessment. J Mazandaran Univ Med Sci. 2012; 22(87):57-63. [Persian]

5. Palaniappan PR, Karthikeyan S. Bioaccumulation and depuration of chromium in the selected organs and whole body tissues of freshwater fish Cirrhinus mrigala individually and in binary solutions with nickel. J Environ Sci (China). 2009; 21(2):229-36. DOI: 10.1016/S1001-0742(08)62256-1

6. Sharifian S ,Mortazavi MS, Zakipour Rahimabadi E, Arshadi A. Shelf-life determination of tiger-toothed Croaker (Otolithes ruber) during flake ice storage. ISFJ. 2011; 19(4):87-96. [Persian] DOI: 10.22092/ISFJ.2017.109962

7. Ishak AR, Zuhdi MS, Aziz MY. Determination of lead and cadmium in tilapia fish (Oreochromis niloticus) from selected areas in Kuala Lumpur. Egypt J Aquat Res. 2020; 46(3):221-5. DOI: 10.1016/j.ejar.2020.06.001

8. Ormaza-González FI, Ponce-Villao GE, Pin-Hidalgo GM. Low mercury, cadmium and lead concentrations in tuna products from the eastern Pacific. Heliyon. 2020; 6(7):e04576. DOI: 10.1016/j.heliyon.2020.e04576

9. Sadeghi Rad M, Amini Ranjbar G, Arshadi ABuggy CJ, Tobin JM. Seasonal and spatial distribution of metals in surface sediment of an urban estuary. Environ Pollut. 2008; 155(2):308-19. DOI: 10.1016/j.envpol.2007.11.032

10. Liu H, Li L, Yin C, Shan B. Fraction distribution and risk assessment of heavy metals in sediments of Moshui Lake. J Environ Sci (China). 2008; 20(4):390-7. DOI: 10.1016/S1001-0742(08)62069-0

11. Saha N, Mollah MZI, Alam MF, Safiur Rahman M. Seasonal investigation of heavy metals in marine fishes captured from the Bay of Bengaland the implications for human health risk assessment. Food Control. 2016; 70:110-8. DOI: 10.1016/j.foodcont.2016.05.040

12. Copat C, Arena G, Fiore M, Ledda C, Fallico R, Sciacca S, et al. Heavy metals concentrations in fish and shellfish from eastern Mediterranean Sea: Consumption advisories. Food Chem Toxicol. 2013; 53:33-7. DOI: 10.1016/j.fct.2012.11.038

13. Zhuang P, Li Z, McBride M, ., Zou B, Wang G. Health risk assessment for consumption of fish originating from ponds near Dabaoshan mine, South China. Environ Sci Pollut Res. 2013; 20(8):5844-54 DOI: 10.1007/s11356-013-1606-0

14. Mortazavi M, Sharifian S, Aghajari N. Risk estimation of heavy metals from consumption of silver pomfret and tiger tooth croaker in Hormozagan Province. ISFJ. 2013; 22(2):127-36. [Persian] DOI: 10.22092/ISFJ.2017.110125

15. Solgi E. Risk assessment of non-carcinogenic effects of lead, cadmium, and zinc in Cyprinus carpio from Zarivar wetland. Journal of Health

in the Field. 2015; 2(4):18-25. [Persian] DOI: 10.22037/jhf.v2i4.7575

16. Rajeshkumar S, Li X. Bioaccumulation of heavy metals in fish species from the Meiliang Bay, Taihu Lake, China. Toxicol Rep. 2018; 5:288-95. DOI: 10.1016/j.toxrep.2018.01.007

17. Welty CJ, Sousa ML, Dunnivant FM, Yancey PH. High-density element concentrations in fish from subtidal to hadal zones of the Pacific Ocean. Heliyon. 2018; 4(10):e00840. DOI: 10.1016/j.heliyon.2018.e00840

Evaluation of heavy metals carcinogenesis due to fish consumption in Bandar Abbas City

Parisa Sharafi[1] Kavoos Dindarloo[2*] Seyyed Hossein Davoodi[1] Mohsen Heidari[1]
Mohammad Shamsedini[1]

1. Department of Environmental Health Engineering, Health Research Institute, Center for Social Research in Health Promotion, Hormozgan University of Medical Sciences, Bandar Abbas, Iran.
2. Food Hygiene Research Center, Hormozgan University of Medical Sciences, Bandar Abbas, Iran.

Abstract

Introduction: The northern strip of Persian Gulf, especially the Bandar Abbas area, is one of the main fish supply points in the country, thus the contamination of edible fishes in the area into heavy metals may pose so many concerns. Therefore, the aim of this study was to assess the carcinogenic and non-carcinogenic risks of lead and cadmium in the edible part of the Pelagic, Mezoeic and Bentic fishes delivered in Bandar Abbas city.

Methods: In this descriptive-analytical study, 81 samples of surface, middle and demersal fish were sampled in Bandar Abbas fish market using nesting or hierarchical process. Edible parts of the Fishes were digested by microwave and the concentration of lead and cadmium was measured by atomic absorption spectrophotometer. Finally, estimated daily index (EDI), target hazard quotients (THQ) or non-carcinogenic risk and carcinogenic risk (CR) associated with the consumption of the fishes contaminated to the heavy metals were calculated.

Results: The average concentration of Lead in Pelagic, Mezoeic and Bentic Fishes were 0.03, 0.019, 0.04 mg/kg, respectively. The corresponding concentrations for cadmium were 0.0028, 0.002, 0.0056 mg/kg, respectively. In terms of human health, the THQ values for each element and the TTHQ values for the combined elements were less than 1.Moreover, CR values for both metals were lower than the acceptable lifetime cancer risk of 10-5.

Conclusion: According to EDI, THQ, TTHQ, CR, and acceptable safety constraint by different organizations, consumption of examined fish species won'tposeany significant human health risk.

Keywords: Fishes, Lead, Cadmium, Risk Assessment, Persian Gulf.

Original Article
Received: 17 Feb 2021 Accepted: 4 July 2021

How to cite this article: Sharafi P, Dindarloo K, Davoodi SH, Heidari M, Shamsedini M Evaluation of heavy metalscarcinogenosis due to fish consumption in Bandar Abbas City. **Journal of Preventive Medicine**. 2021; 8(2):4-15.

Correspondence: Kavoos Dindarloo, Food Health Research Center, Hormozgan University of Medical Sciences, Bandar Abbas, Iran.
Tel: +98 07633336202 Email: kdindarloo@yahoo.com ORCID: 0000-0002-8807-8501

© 2021 The Author(s). This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.