مجله علوم و فنون شیلات
دوره ۱۰ شماره ۳، تابستان ۱۴۰۰، صفحات ۳۰۱ تا ۳۱۲

ارزیابی ریسک خطر مصرف و میزان تجمع مس و سرب در ماهیان سرخو (*Lutjanus ehrenbergi*)، سنگسر (*Pomdasys Kaakan*) و کفشک تیز دندان (*Psettodes erumei*) در سواحل بندرعباس

فاطمه ارزانی[۱]، سلیم شریفیان[۲]*، مهران لقمانی[۳]

۱- مرکز آموزش عالی علمی کاربردی-واحد پارسیان، هرمزگان، ایران.
۲- گروه شیلات، دانشکده علوم دریایی، دانشگاه دریانوردی و علوم دریایی چابهار، چابهار، ایران.
۳- گروه زیست دریا، دانشکده علوم دریایی، دانشگاه دریانوردی و علوم دریایی چابهار، چابهار، ایران.

چکـــیده

ماهی یکی از مهم‌ترین منابع پروتئینی برای تغذیه و سلامت انسان است. از این رو پایش تجمع فلزات سنگین در ماهیان تجاری همواره مهم می‌باشد. در مطالعه حاضر میزان تجمع فلزات سنگین (مس و سرب) در بافت عضله و خطرات احتمالی آن‌ها برای مصرف کنندگان در سه گونه ماهی پرمصرف در جنوب کشور(بندرعباس) یعنی سرخو (*Lutjanus ehrenbergi*)، سنگسر (*Pomdasys Kaakan*) و کفشک تیز دندان (*Psettodes erumei*) در سال ۱۳۹۸مورد بررسی قرار گرفت. میانگین میزان تجمع (میکروگرم بر گرم وزن خشک) فلز مس در ماهی سرخو، سنگسر و کفشک به ترتیب برابر با ۰/۰۲۵±۰/۰۷۸، ۰/۰۱۷±۰/۱۳۶ و ۰/۰۱۳±۰/۱۲۷ بود، در حالی که میزان تجمع سرب در آن‌ها به ترتیب برابر با ۰/۰۱۸±۰/۰۷۹، ۰/۰۲۳±۰/۰۹۰ و ۰/۰۳۱±۰/۱۰۷ بدست آمد. بالاترین میزان جذب روزانه (میکروگرم در کیلوگرم وزن بدن در روز) مس برابر با ۰/۰۲۳ و ناشی از مصرف ماهی سنگسر بود، در حالی که بالاترین میزان جذب روزانه سرب ناشی از مصرف ماهی کفشک و برابر با ۰/۰۱۸ به دست آمد. میزان جذب روزانه و هفتگی در هر دو فلز و در هر سه گونه ماهی کمتر از مقادیر دوز مرجع EPA و مصرف قابل تحمل (TI) ارائه شده توسط کمیسیون مشترک FAO/WHO ، بود. برآورد میزان خطر (THQ) محاسبه شده برای هر دو فلز به میزان قابل توجهی پایین تر از ۱ بود. نتایج نشان داد که جوامع شهری استان هرمزگان با میزان مصرفی محاسبه شده در معرض هیچ گونه خطری ناشی از تجمع فلزات سنگین مورد بررسی در این مطالعه نمی‌باشند.

کـــلید واژه‌ها: ریسک خطر، فلزات سنگین، هرمزگان، ماهیان تجاری

نوع مقـاله

مقاله پژوهشی اصیل

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۱/۱۸
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۵/۱۹
تاریخ چاپ الکترونیکی: ۱۴۰۰/۰۶/۰۶

***نویسنده مسول:**
sharifian.salim@hotmail.com

مقدمه

انتشار فلزات در محیط زیست ناشی از افزایش جمعیت، توسعه و صنعتی شدن است و یکی از معضلات زیست محیطی عصر حاضر می‌باشد. این آلاینده‌ها به دلیل سمیت، پایداری و تجمع زیستی در محیط زیست طبیعی از آلاینده‌های بسیار خطرناک محسوب می‌شوند. فلزات سنگین پس از ورود به اکوسیستم‌های آبی در بافت‌ها و اندام‌های آبزیان از جمله ماهیان تجمع یافته، وارد زنجیره غذایی شده و نهایتاً می‌توانند از طریق تغذیه ماهیان آلوده وارد بدن انسان گردند [۱]. ماهی به عنوان یک منبع مهم پروتئینی، به علت دارا بودن برخی مواد مغذی از جمله امگا ۳ و انواع

ویتامین‌های گروه B از ارزش غذایی بالایی برخوردار است[۲]. در حال حاضر محصولات دریایی نقش قابل توجهی در تأمین غذای مردم جهان دارند و با شناسایی مطلوبیت و برتری ارزش غذایی این فرآورده‌ها بر دیگر مواد پروتئینی روز به روز بر مصرف آن‌ها افزوده می‌شود. افزایش تقاضا برای محصولات دریایی به عنوان یک منبع ارزشمند غذایی بویژه در سالیان اخیر موجب رشد و توسعه همه جانبه صنعت ماهیگیری، عمل آوری و استحصال محصولات دریایی واقع در حاشیه دریاها، خلیج‌ها و آب‌های آزاد شده است. از سوی دیگر با افزایش آلودگی‌های محیط‌های دریایی، احتمال بروز مشکلات کیفی در این منبع ارزشمند تشدید شده است[۳]. فلزات نه تنها تهدیدی برای ماهیان به شمار می‌روند بلکه برای مصرف کنندگان از غذاهای دریایی آلوده به این فلزات نیز خطر بزرگی محسوب می‌شوند. بنابراین با وجود منفعت‌هایی که با مصرف ماهی حصول می‌شود، امروزه به خاطر حضور آلاینده‌ها در اکوسیستم‌های آبی، مصرف آن با یکسری خطراتی مواجه است و این ریسک در گروه‌های آسیب پذیر از جمله کودکان و زنان باردار بسیار حائز اهمیت است. بنابراین باید مصرف آن از طریق روش‌های علمی مورد ارزیابی ریسک قرار گیرد [۱]. فلزات سنگین ضروری از جمله مس نقش مهمی در سیستم‌های بیولوژیکی دارند، با این حال در مقادیر بالا سمی هستند در حالی که فلزات غیرضروری از قبیل سرب و کادمیوم حتی در مقادیر کم مضر هستند[۴]. بیش‌تر مطالعات بر اساس اندازه‌گیری فلزات سنگین انباشته شده در بافت‌های مختلف ماهی مانند کبد، آبشش، ماهیچه و قلب است که در این میان معمولاً بافت‌های عضله‌ای ماهی به دلیل خوراکی بودن و تأثیری که بر سلامت مصرف کنندگان خود دارد، می‌تواند به عنوان مهم‌ترین بخش از موجود زنده به منظور ارزیابی پتانسیل خطر مورد مطالعه قرار گیرد [۵]. با توجه به گستردگی جغرافیایی خلیج فارس و دریای عمان و بالطبع فراوانی گونه‌های ماهیان تجاری، مطالعات اندکی با هدف ارزیابی ریسک مصرف آبزیان از نظر فلزات انجام گرفته است و بیش‌تر آن‌ها صرفاً به بررسی فلزات در بافت‌های مختلف ماهی و ارتباط تجمع فلزات با پارامترهای بیومتری پرداخته‌اند. نظر به اینکه این گونه‌های مورد بررسی در این تحقیق شامل سرخو (*Lutjanus ehrenbergi*)، سنگسر (*Pomdasys Kaakan*) و کفشک تیز دندان (*Psettodes erumei*) از گونه‌های پر مصرف ماهی در جنوب ایران بوده و ارزش غذایی و همچنین اهمیت اقتصادی دارند، بررسی میزان فلزات جهت ارزیابی ریسک ناشی از مصرف آن‌ها ضروری بنظر می‌رسد. از این رو اهداف تحقیق حاضر، سنجش سطوح فلزات مس و روی در عضله این سه گونه ماهی صید شده از سواحل خلیج فارس و تعیین خطرات احتمالی ناشی از مصرف بافت عضله در مصرف کنندگان ماهی بوده است.

مواد و روش‌ها

ماهیان مورد استفاده به صورت تصادفی از سواحل بندرعباس به تعداد ۱۵ عدد از هر گونه سنگسر، سرخو و کفشک تیزدندان توسط قایق‌های محلی صیادی صید گردیدند (مجموعاً ۴۵ عدد). نمونه‌ها بلافاصله در پودریخ قرار داده شده و به آزمایشگاه منتقل شدند. طول کل و استاندارد(سانتی متر) با تخته مدرج اندازه گیری شد و وزن نمونه‌ها (گرم) با استفاده از ترازو توزین گردید. قسمتی از بافت عضله ماهی در ناحیه بین باله پشتی و خط جانبی با استفاده از تیغ جراحی ضد زنگ جدا سازی شده و تا زمان آماده سازی جهت خشک کردن و هضم، در فریزر ۲۰- درجه سانتیگراد قرارداده شدند. نمونه‌ها قبل از قرارگیری درآون، توسط ترازوی دیجیتال توزین شده و در شیشه‌های ساعت وزن شده قرار داده شدند. سپس به مدت ۷۲ ساعت در دمای ۶۰ درجه سانتیگراد خشک شدند. بعد از حصول اطمینان از خشک شدن، نمونه‌ها در هاون چینی ساییده و همگن سازی شدند و از الک با چشمه ۶۳ میکرون عبور داده شدند. در ادامه میزان رطوبت نمونه‌ها پس از رسیدن به وزن ثابت محاسبه گردید [۴].

هضم شیمیایی نمونه‌ها: ابتدا هریک ازبافت‌های عضله که به صورت پودر درآمده بود، به میزان یک گرم با ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۰۱ گرم وزن شدند، سپس به ۱ گرم از نمونه در هر لوله هضم ۴ میلی لیتر HNO_3 غلیظ ۶۵٪ و ۱ میلی‌لیتر پراکسید هیدروژن (H_2O_2) ۳۰ درصد اضافه و در نهایت به مدت ۵ ساعت در دمای حداکثر $140^{\circ}C$ در درون دستگاه Heater Digest قرار گرفت. سپس محلول توسط کاغذ فیلتر واتمن (Whatman paper) صاف و به داخل بالن ژوژه ۲۵ میلی‌لیتری جداگانه انتقال یافت و با آب مقطر دو بار تقطیر به حجم ۲۵ میلی‌لیتر رسانده شد. پس از آن، نمونه‌ها در بالن‌های ژوژه درب دار و در محیط یخچال در دمای ۴ درجه سانتیگراد تا زمان آنالیز نگه داری گردید [۶]. غلظت

فلزات سنگین بر حسب میکروگرم برگرم وزن‌خشک با سه تکرار و با استفاده از دستگاه sampler atomic absorption spectrometer (Varian,AAS220) مورد آنالیز قرار گرفتند.

محاسبه جذب روزانه و هفتگی

از آنجائیکه میزان غلظت بیان شده توسط دستگاه جذب اتمی، غلظت در بافت خشک می‌باشد، ولی ماهی به صورت وزن تر مصرف می‌شود، تبدیل میزان غلظت فلزات سنگین در واحد وزن خشک به وزن تر بر مبنای وزن تر بر اساس فرمول زیر انجام گردید[۷]:

فرمول شماره (۱) $$ww\ (\mu g/gr) = wd\ (\mu g/gr) * \left(1 - \frac{\text{میزان رطوبت}}{100}\right)$$

ww = غلظت فلز در بافت تر

wd = غلظت فلز در بافت خشک

جهت مشخص نمودن میزان جذب آلاینده از طریق ماده غذایی به ازای هر کیلوگرم از وزن بدن در روز (EDI) و هفته (EWI) بر اساس روش پیشنهادی آژانس حفاظت محیط زیست آمریکا با استفاده از فرمول ۲ و ۳ محاسبه شد. طبق آخرین آمار ارائه شده از سوی اداره کل شیلات استان هرمزگان سرانه مصرف ماهی در این استان ۱۸/۱۰۰ کیلوگرم درسال یعنی معادل ۴۹/۵۸۹ گرم در روز می‌باشد [۸]. وزن بدن نیز برای یک بزرگسال ۷۰ کیلوگرم در نظر گرفته شد.

فرمول ۲: $$EDI = \frac{Cm \times MSd}{BW}$$

فرمول ۳: $$EWI = \frac{Cm \times MSw}{BW}$$

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

EWI= میزان جذب روزانه فلزات از طریق مصرف ماهی (میکروگرم/گرم/وزن بدن/هفته)

C_m= غلظت فلز در بافت عضله ماهی مورد مصرف (میکروگرم/گرم)

MSd= نرخ مصرف روزانه ماهی برای استان هرمزگان؛ ۴۹/۵۹ گرم

MSw=نرخ مصرف هفتگی ماهی برای استان هرمزگان ;۳۴۷/۱۳ گرم

نحوه محاسبه THQ

برای تخمین میزان خطر در مصرف کننده (Target Hazard Quotient, THQ) از روش توسعه داده شده توسط سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا (United State Environmental Protection Agency (USEPA)) [۹] استفاده شد. با توجه به دستورالعمل‌های USEPA در این مطالعه فرض شده است که دوز مصرف شده از ماده شیمیایی برابر با دوز جذب شده است و پختن اثری بر روی میزان غلظت فلز ندارد[۱۰]. هم چنین در این مطالعه میانگین وزن یک فرد بالغ ۷۰ کیلوگرم فرض شده است [۱۱].

به طور کلی دو راه برای تخمین میزان خطر فلزات سنگین برای مصرف کننده وجود دارد، که اولی اثرات ناشی از مواد سرطان‌زا (Carcinogenic) و دومی اثرات ناشی از مواد غیر سرطان‌زا (Non-carcinogenic) می‌باشد. میزان خطر در مواد غیرسرطان‌زا به صورت THQ (میزان خطر در مصرف کننده) تعریف شده است که نسبت بین در معرض فلز بودن و دوز مرجع (Reference dose) می‌باشد. بنابراین THQ پایین تر از ۱ بدین معنی است میزان در معرض بودن کمتر از دوز مرجع بوده و مصرف روزانه محصولات غذایی با این سطح از فلز هیچ گونه اثرات زیان‌باری را در طی دوران زندگی فرد به دنبال نخواهد داشت [۹]. برای تخمین THQ یا میزان خطر در مصرف کننده از فرمول زیر استفاده شد [۹]:

فرمول شماره ۴:

$$\mathbf{THQ} = \frac{\text{دوره در معرض*کل مدت در معرض*میزان مصرف روزانه*غلظت فلز}}{\text{دوز مرجع*وزن فرد بالغ*مدت زمان اثر برای یک فلز غیرسرطانزا}} * 10^{-3}$$

در فرمول بالا دوره در معرض بودن ۳۵۰ روز در سال، کل مدت در معرض بودن ۷۰ سال، و وزن یک فرد بالغ ایرانی ۷۰ کیلوگرم در نظر گرفته شده است. مدت زمان اثر برای یک فلز غیر سرطان زا به صورت ۳۶۵ روز در سال × تعداد سال‌های در معرض (فرض ۷۰ سال) محاسبه شده است. همچنین از غلظت فلز به صورت میکروگرم در گرم وزن مرطوب و دوز مرجع به صورت میلی گرم در کیلوگرم در روز استفاده شده است. برای محاسبه میزان مصرف روزانه غذا از آمار ارائه شده توسط اداره کل شیلات استان هرمزگان استفاده و به صورت گرم در روز در نظر گرفته شده است.

به منظور ارزیابی ریسک سلامتی در ارتباط با مصرف ماهی، خطر پذیری کل یا شاخص خطر (Hazard Index, HI) ناشی از تجمع هر دو فلز اندازه‌گیری شده از فرمول زیر محاسبه شد [۱۲]:

$$HI = \sum THQpb + THQcu$$

تجزیه و تحلیل داده‌ها:

برای بررسی نرمال بودن داده‌ها از تست نرمالیته کولموگراف–اسمیرنوف استفاده گردید. نتایج نشان داد که توزیع داده‌ها نرمال است، بنابراین از هیچ گونه تبدیلی استفاده نگردید. برای بررسی ارتباط بین غلظت فلزات در بافت عضله و طول و وزن ماهی از آنالیز رگرسیون و برای بررسی وجود اختلاف در میانگین غلظت فلزات یکسان در گونه‌های متفاوت ماهی از آنالیز واریانس یکطرفه (ANOVA) استفاده شد. از Levene-test برای ارزیابی همگن بودن واریانس استفاده گردید. از آن جایی که نتایج آزمون Levene نشان داد که واریانس‌ها همگن نیست، از تست Tamhane-T2 برای نشان دادن تفاوت در غلظت فلزات استفاده گردید. سطح معنی‌داری در تمام آزمون‌ها ۵ درصد ($P<0.05$) در نظر گرفته شد. آنالیزهای آماری با استفاده از نرم افزار SPSS نسخه ۱۷ و رسم نمودار با Excel 2010 صورت گرفت.

نتایج

نتایج حاصل از زیست سنجی ماهی کفشک، سنگسر و سرخو به همراه میزان رطوبت آن‌ها در جدول ۱ نشان داده شده است که بر این اساس در بین گونه‌ها، بیش‌ترین طول کل مربوط به کفشک و کمترین آن مربوط به سرخو بود. همچنین بالاترین رطوبت در ماهی سنگسر و کمترین میزان آن در ماهی سرخو به دست آمد. آزمون آنالیز واریانس یکطرفه اختلاف معنی‌داری را بین سه گونه از نظر درصد رطوبت بافت عضله نشان نداد ($p>۰/۰۵$).

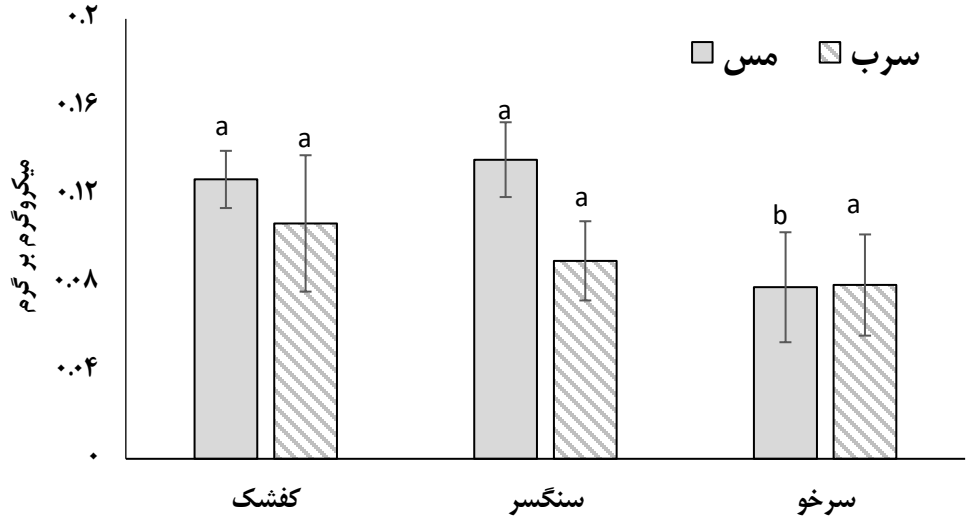
جدول۱- مقایسه زیست سنجی(میانگین± انحراف معیار) ماهی کفشک، سنگسر و سرخو و میزان رطوبت آن‌ها

نام گونه	تعداد	طول کل (cm)	وزن (g)	رطوبت(٪)	رژیم غذایی	زیستگاه
کفشک	۱۵	۴۱/۳۶±۲/۷۷	۱۰۸۷±۳۱/۴۳	۷۶/۶۴±۳/۸۷	گوشتخواری	بنتوپلاژیک
سنگسر	۱۵	۳۷/۱۷±۳/۴۵	۶۷۰±۶۹/۸۷	۷۶/۷۹±۴/۷۴	گوشتخواری	بنتوپلاژیک
سرخو	۱۵	۳۳/۶۷±۱/۶۸	۵۲۰±۱۸/۰۷	۷۵/۳۶±۳/۵۶	گوشتخواری	بنتوپلاژیک

میانگین، انحراف معیار و گستره تغییرات فلزات سرب و مس در ماهی‌های کفشک ، سنگسر و سرخو صید شده از سواحل خلیج فارس در محدوده‌ی بندرعباس در شکل ۱ نشان داده شده است . بالاترین غلظت فلز سرب در ماهی کفشک و به میزان ۰/۳۴۸ میکروگرم/ گرم وزن خشک اندازه‌گیری

گردید. کمترین میزان این فلز در ماهی سرخو و به میزان ۰/۰۷۹ ثبت گردید. دامنه تغییرات فلز سرب در ماهی کفشک، سنگسر و سرخو به ترتیب برابر با ۰/۰۴۲- ۰/۳۴۸، ۰/۰۴۲- ۰/۲۱۱ و ۰/۰۲۱- ۰/۱۱۹ بود. نتایج حاصل از آنالیز واریانس یک طرفه نشان داد که بین فلز سرب در ماهیان مختلف تفاوت معنی داری وجود ندارد ($P >0.05$).

در بررسی دامنه تغییرات بالاترین میزان غلظت فلز مس در بین تمام نمونه‌ها در ماهی کفشک و به میزان ۰/۱۶۶ و کمترین میزان آن در ماهی سرخو و به میزان ۰/۰۱۹ میکروگرم/گرم وزن‌خشک بود. بالاترین میانگین غلظت مس در بین گونه‌های ماهی در سنگسر به میزان ۰/۱۳۶ و کمترین میزان آن در ماهی سرخو ۰/۰۷۸ میکروگرم/گرم خشک به دست آمد. نتایج آنالیز واریانس یک طرفه نشان داد که در غلظت مس ماهی سرخو با دو گونه دیگر دارای اختلاف معنی داری می‌باشد ($P<0.05$) ، در حالی در بین ماهی کفشک و سنگسر اختلاف معنی داری مشاهده نگردید ($P>0.05$).



شکل۱- مقایسه میانگین (±انحراف معیار) غلظت فلز مس و سرب در بافت عضله سه گونه ماهی سواحل هرم زگان (بندرعباس).

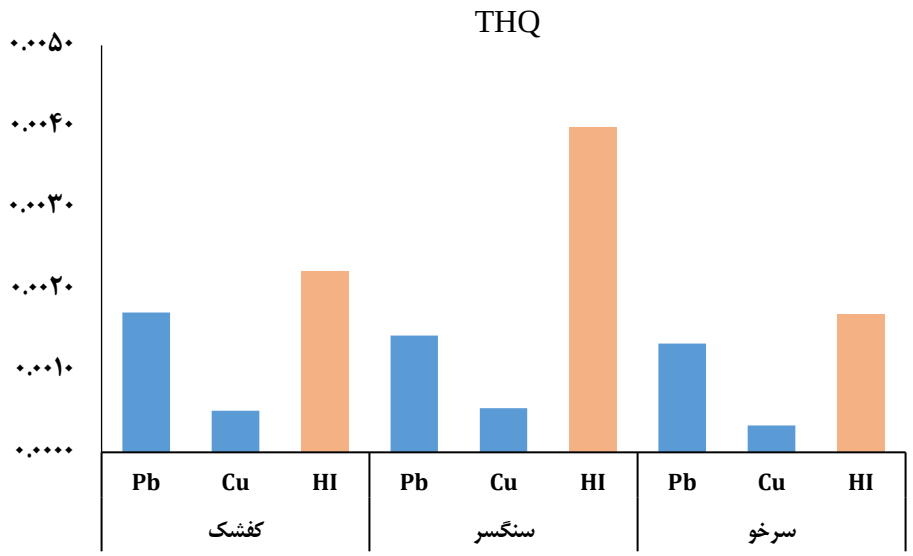
میزان جذب روزانه (EDI) و هفتگی (EWI) فلزات سنگین سرب و مس ناشی از مصرف ماهی کفشک، سنگسر و سرخو در جدول ۲ نشان داده شده است. بالاترین میزان جذب روزانه سرب ناشی از مصرف ماهی کفشک و برابر با ۰/۰۱۸ میکروگرم/ کیلوگرم وزن بدن/ روز و پایین ترین میزان جذب سرب ناشی از مصرف ماهی سرخو و برابر با ۰/۰۱۴ میکروگرم/ کیلوگرم وزن بدن/ روز بود. همچنین بالاترین میزان جذب روزانه مس برابر با ۰/۰۲۳ میکروگرم/ کیلوگرم وزن بدن/ روز و ناشی از مصرف ماهی سنگسر و کمترین میزان جذب روزانه این فلز برابر با ۰/۰۱۴ میکروگرم/ کیلوگرم وزن بدن/ روز در ماهی سرخو مشاهده گردید. میزان جذب روزانه و هفتگی در هر دو فلز و در هر سه گونه ماهی کمتر از مقادیر دوز مرجع EPA و مصرف قابل تحمل (TDI) ارائه شده توسط کمیسون مشترک FAO/WHO ، بوده اند.

با در نظر گرفتن دوز مرجع، مقادیر پتانسیل خطر برای بیماری‌های غیر سرطانی (THQ) برای فلزات مس و سرب با مصرف عضله سه گونه از ماهیان مورد مطالعه (کفشک، سنگسر و سرخو) کمتر از ۱ بدست آمد (شکل ۲). هم‌چنین مقادیر شاخص کل (HI) نیز در شکل ۲ قابل مشاهده است، که براین اساس بیشترین میزان شاخص کل مربوط به ماهی سنگسر (۰/۰۰۴) و سپس کفشک تیزدندان (۰/۰۰۲) بود. در این شاخص هم بر اساس مقدار مصرف بافت عضله، در هرسه گونه مقادیر کمتر از ۱ بدست آمد.

جدول۲- مقایسه میزان جذب روزانه (EDI) و هفتگی (EWI) فلز مس و سرب در عضله سه گونه ماهی کفشک، سرخو و سنگسر با میزان مصرف قابل تحمل اعلام شده توسط کمیسیون مشترک WHO/FAO[۱۳]

نوع فلز	گونه ماهی	میزان‌جذب روزانه	میزان‌جذب هفتگی	دوز مرجع	مصرف قابل تحمل TDI
سرب	کفشک	۰/۰۱۸	۰/۱۲۵	۲۵	۱/۵
	سنگسر	۰/۰۱۵	۰/۱۰۵		
	سرخو	۰/۰۱۴	۰/۰۹۸		
مس	کفشک	۰/۰۲۱	۰/۱۴۹	۴۰	۵۰۰
	سنگسر	۰/۰۲۳	۰/۱۵۸		
	سرخو	۰/۰۱۴	۰/۰۹۶		

جذب روزانه و هفتگی بر اساس میکروگرم/ کیلوگرم وزن بدن/ روز، دوز مرجع و مصرف قابل تحمل بر اساس میکروگرم/ کیلوگرم/ روز می‌باشد.



شکل۲- میزان پتانسیل خطر برای بیماری‌های غیر سرطانی (THQ) و شاخص خطر (HI) فلز مس و سرب بر اساس مصرف عضله ماهیان سنگسر، کفشک و سرخو در سواحل هرمزگان (بندرعباس)

بحث

نتایج حاصل از آنالیز واریانس یک طرفه برای فلزات سنگین سرب و مس در بافت عضله ماهی‌های کفشک، سنگسر و سرخو نشان داد که تفاوت معنی‌داری بین غلظت سرب در ماهی‌های مختلف وجود ندارد ($P>0.05$). با این وجود میانگین غلظت سرب در ماهی کفشک نسبت به دیگر گونه‌ها بالاتر بود. کفشک ماهیان از ماهیان کم تحرک و ساکن بستر بوده و بطور مداوم در تماس با رسوبات بستر می‌باشند و از موجودات کفزی ساکن بستر تغذیه می‌نمایند[۱۴]. این ماهی جزء ماهی‌های نسبتاً کم خور می‌باشد. غذای اصلی این آبزی از دیگر ماهی‌ها تشکیل شده و ماهی‌های کالر، بز ماهی، آپوگون، حسون، گوازیم، زمین‌کَن، کوکر، لماسک، لارو مار ماهی، ماهی بادکنکی، آنشو (لچه) و چغوک به ترتیب غذاهای مورد علاقه این آبزی می‌باشند. سخت پوستانی نظیر میگو و کرم غذای تصادفی این ماهی محسوب می‌شود. این گونه‌ها که به طور عمده در مصب‌ها

زندگی می‌کنند به نظر می‌رسد که از مستعدترین ماهی‌ها برای بررسی آلودگی محیط باشند [۱۵]. صدوق نیری و همکاران (۱۳۹۱) غلظت فلزات سنگین کادمیوم، سرب و مس در بافت عضله، کبد و آبشش ماهی کفشک (*Euryglossa orientalis*) صید شده از استان خوزستان (بندر هندیجان) و استان بوشهر (بندر دیلم) را مورد بررسی قرار دادند. نتایج آن‌ها نشان داد که غلظت سرب در بافت عضله ماهیان منطقه هندیجان و دیلم به ترتیب برابر با ۰/۰۵ ± ۵/۲۰ و ۰/۵۲ ± ۴/۰۹ میکروگرم بر گرم بوده که بسیار بالاتر از غلظت سرب اندازه گیری شده در ماهی کفشک تیز دندان در مطالعه حاضر یعنی ۰/۰۸۱± ۰/۱۰۷ میکروگرم بر گرم می‌باشد. غلظت مس نیز در مطالعه یاد شده بالاتر از مطالعه حاضر بود. مطالعات متعددی نشان داده است که غلظت فلزات ضروری و غیر ضروری گونه‌های متفاوت ماهی تفاوت زیادی را نشان می‌دهند [۱۵] و فاکتورهای گوناگونی از قبیل فصل [۱۶]، جنسیت، طول و وزن و وضعیت فیزیکی و شیمیایی آب نقش مهمی را در تجمع فلزات در بافت ماهی ایفاء می‌کند [۱۷]. در مطالعه‌ای دیگری Mortazavi and Sharifian (۲۰۱۲) غلظت فلزات سنگین منگنز، کادمیوم، سرب، روی، آهن و مس را در ماهیان حلوا سفید و شوریده صید شده از سواحل بندرعباس را مورد بررسی قرار دادند. غلظت فلز سرب و مس در مطالعه یاد شده در ماهی حلوا سفید به ترتیب برابر با ۰/۷۴۰ ± ۵/۸۴۰ و ۰/۳۱۱ ± ۱/۵۰۳ بود، در حالی که غلظت این فلزات در ماهی شوریده به ترتیب برابر با ۰/۲۶۵ ± ۳/۵۶۷ و ۰/۳۰۱ ± ۰/۲۲۶ اندازه گیری گردید. غلظت سرب و مس در بافت عضله کفشک تیز دندان، سنگسر و سرخو در مطالعه حاضر بسیار پایین تر از مطالعه یاد شده است، که احتمالاً به دلیل تفاوت در نوع گونه‌ها ، اندازه آن‌ها، نیازهای فیزیولوژیک آن‌ها و شرایط و محل صید می‌باشد [۷]. در مطالعه Mendil و Uluozlu در سال ۲۰۰۷ [۱۸]، غلظت مس در بافت عضله گونه‌های مورد مطالعه ۱/۸۳ – ۰/۷۳ میکروگرم بر گرم وزن خشک و غلظت سرب ۰/۹۳ — ۰/۳۳ میکروگرم بر گرم به دست آمد. با توجه به این نتایج، غلظت سرب و مس در بافت عضله هر سه گونه ماهی مطالعه حاضر کمتر از این گزارش می‌باشد.

در گزارش‌های دیگر، غلظت مس در بافت عضله نمونه‌های ماهی به صورت ۰/۹۷ — ۰/۱۱ میکروگرم بر گرم در شمال شرق اقیانوس اطلس [۱۹]، ۴/۳۶ — ۰/۰۶۵ میکروگرم بر گرم [۲۰] و ۵/۴۳ — ۰/۰۴ میکروگرم بر گرم در خلیج Iskendrum واقع در شمال شرق دریای مدیترانه [۱۵]. گزارش شده است.

غلظت‌های سرب گزارش شده در نواحی دیگر و در بافت عضله ماهیان به این وضعیت هستند: ۶/۹۵ — ۰/۰۹ میکروگرم بر گرم وزن خشک در گونه‌های ماهی خلیج Iskendrum [۱۵]، ۰/۸۵ — ۰/۲۲ میکروگرم بر گرم در نمونه‌های متعلق به بخش‌های مرکزی دریای سیاه [۲۱] و ۰/۸۷۴ — ۰/۰۶۸ میکروگرم بر گرم وزن خشک [۲۰].

مقایسه میزان تجمع فلزات مس و سرب در مطالعه حاضر در مقایسه با استانداردهای سازمان کشاورزی و خواروبار جهان (FAO)، سازمان بهداشت جهانی (WHO)، سازمان غذا و داروی آمریکا (FDA)، انجمن بهداشت ملی و تحقیقات پزشکی استرالیا (NHMRC)، وزارت کشاورزی، شیلات و غذای انگلستان (UKMAFF) پایین‌تر بود و تهدیدی برای سلامت عمومی ایجاد نمی‌کنند [۲۴].

برآورد میزان جذب روزانه و هفتگی فلزات سنگین سرب و مس ناشی از مصرف ماهی کفشک، سنگسر و سرخو در جدول ۲ نشان داده شده است. حد مجاز میزان ورود روزانه/ هفتگی تخمینی از مقدار یک فلز یا آلودگی است که می‌تواند طی دوره زندگی، بدون ایجاد خطر، در بدن مصرف کننده هضم گردد. حدمجاز به وسیله کمیته مشترک متخصصان سازمان خواروبار جهانی(FAO) [۲۲] و بهداشت جهانی (WHO) در افزودنی‌های تغذیه‌ای (Joint of Expert Committee on Food Additives (JECFA)) ایجاد گردیده است. سرب در ماهی سرخو دارای کمترین EDI و به میزان ۰/۰۱۴ (میکروگرم/کیلوگرم وزن بدن/ روز) بود، در حالی که این فلز در ماهی کفشک بیش‌ترین میزان ورود روزانه (۰/۰۱۸) را نشان داد. EWI فلز سرب در ماهی سرخو نیز به طور مشابه دارای کم‌ترین میزان و در ماهی کفشک دارای بالاترین میزان بود. EDI فلز مس در ماهی سنگسر دارای بالاترین مقدار (۰/۱۵۸) و در ماهی سرخو (۰/۰۹۶) دارای کمترین مقدار بود. WHO حد مجاز میزان ورود هفتگی فلز سرب و مس ناشی از مصرف ماهی را به ترتیب ۲۵ و ۴۰ میکروگرم/ کیلوگرم وزن بدن در هفته اعلام کرده است[۱۳]. از این رو نتیجه‌گیری گردید که میزان ورود فلزات سرب و مس ناشی از مصرف این سه گونه ماهی خطری برای مصرف کنندگان را در پی نخواهد داشت. Faloca و همکاران

(۲۰۰۶) میزان ورود روزانه آرسنیک، جیوه، سرب و کادمیوم ناشی از مصرف گونه‌های دریایی خوراکی در اسپانیا در گروه‌های مختلف مصرف کننده (بزرگسال و خردسال) را اندازه گیری کردند. نتایج آن‌ها نشان داد که میزان ورود فلزات در تمام گروه‌ها به غیر از متیل جیوه در پسران پایین‌تر از حد مجاز تعیین شده می‌باشد. در مطالعه‌ای دیگر Suhaimi و همکاران (۲۰۰۵) میزان ورود فلزات سنگین آرسنیک، جیوه، سرب و کادمیوم در برخی از ماهی‌ها و صدف‌های موجود در بازار سنگاپور را مورد بررسی قرار دادند و نشان دادند که میزان فلزات سنگین در گروه‌های مورد بررسی تهدیدی را برای مصرف کنندگان در پی نخواهد داشت [۲۳].

بررسی و توجه به میزان ورود آلودگی‌های آلی و معدنی به محیط‌های آبی ناشی از صنایع و مواد شیمیایی مختلف در دهه کنونی به شدت مورد توجه سازمان‌ها و نهادهای بهداشتی بین المللی و محققین واقع شده است. فلزات سنگین نه تنها بر روی ماهی بلکه بر روی انسان نیز می‌تواند اثرات سوئی به دنبال داشته باشد. بر اساس دستورالعمل‌های EPA و با توجه به نحوه محاسبه میزان خطر، THQ پایین تر از ۱ بدین معنی است که میزان در معرض بودن کمتر از دوز مرجع بوده و مصرف روزانه محصولات غذایی با این سطح از فلز هیچ گونه اثرات زیان‌باری را در طی دوران زندگی فرد به دنبال نخواهد داشت [۱۵] . به طور کلی دو راه برای تخمین میزان خطر فلزات سنگین برای مصرف کننده وجود دارد، که اولی اثرات ناشی از مـــواد سرطان‌زا (Carcinogenic) و دومی اثرات ناشی از مواد غیر سرطان‌زا (Non-carcinogenic) می‌باشد. میزان خطر در مواد غیرسرطان‌زا به صورت THQ (میزان خطر در مصرف کننده) تعریف شده است که نسبت بین در معرض فلز بودن و دوز مرجع (Reference dose) می‌باشد. به عبارت دیگر THQ پایین‌تر از یک نشان دهنده این موضوع است که غلظت فلز تهدیدی برای مصرف کننده را در پی نخواهد داشت. برآورد میزان خطر (THQ) فلزات سنگین سرب و مس در مصرف کنندگان ماهی کفشک ، سنگسر و سرخو در جامعه شهری استان هرمزگان در شکل ۲ نشان داده شده است. برآورد تمامی THQها یا برآورد میزان خطر در گروه‌های مختلف مصرف کنندگان ماهی کفشک، سنگسر و سرخو بدست آمده در این مطالعه پایین‌تر از ۱ می‌باشد. علاوه بر این شاخص کل (HI) هم کمتر از ۱ بوده که نشان می‌دهد مصرف ماهیان کفشک، سرخو و سنگسر خطری برای مصرف کنندگان ندارند. این بدین معنی است که جوامع شهری استان با میزان مصرف‌های محاسبه شده در معرض هیچ گونه خطری ناشی از تجمع فلزات سنگین مورد بررسی در این مطالعه نمی‌باشند. تمام THQهای برآورده شده در پژوهش یاد شده پایین تر از ۱ و بین ۰/۰۷۱ تا ۰/۲۴۱ متغیر بود و در کنار پایین بودن شاخص کل از حد استاندارد آن‌ها نتیجه‌گیری کردند که مصرف این گونه از صدف نمی‌تواند اثر خطرناکی بر روی مصرف‌کنندگان تایوانی داشته باشد.

نتیجه‌گیری

در مطالعه حاضر برآورد میزان خطر ناشی از فلزات سنگین و میزان جذب روزانه و هفتگی آن‌ها در سه ماهی کفشک، سنگسر و سرخو صید شده از شمال خلیج فارس انجام گرفت. نتایج تمام برآورد خطرات (THQ)، شاخص کل(HI) و میزان جذب روزانه و هفتگی نشان داد که هیچ گونه خطری در اثر مصرف این گونه ماهی‌ها متوجه مصرف کنندگان نیست. البته باید توجه داشت که در ماهی فلزات مختلف دیگری از قبیل جیوه و آلاینده‌های آلی مانند هیدروکربن‌های پلی‌آروماتیک تجمع می‌یابد. بنابراین ضروری است که متصدیان سلامتی در ایران از قبیل وزارت بهداشت و دیگر سازمان‌ها بررسی جامعی در زمینه برآورد میزان خطر در گروه‌ی مختلف مصرف کنندگان از جمله کودکان و زنان باردار را انجام دهد و میزان تجمع فلزات سنگین سرطان‌زا و غیر سرطان‌زا را به صورت سالیانه در ماهیان پرمصرف و تجاری مورد بررسی قرار دهد.

منابع

1- Mashroofeh A, Alireza Riyahi Bakhtiari A, and Pourkazemi M, 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 Medical Science, 2013.22 (96): p.89-96. (In Persian)

2- Rahati Noir M, and Qasemzadeh G, Determining the acceptable monthly consumption of some freshly consumed fish in Iran (without the effects of mercury-induced cancer). 18th National Congress of Food Science and Industry, 2008.
3- Esmaili-Sari A, Abdollahzadeh E, Joorabian Shooshtari S, and Ghasempouri S M, Fish consumption limit for mercury compounds. Journal of Fasa University Medical science Sci, 2011.1(2):p.24-31.(In Persian)
4- Gu, Y.G., Lin, Q., Wang, X.H., Du, F.Y., Yu, Z.L. and Huang, H.H, Heavy metal concentrations in wild fishes captured from the South China Sea and associated health risks. Marine Pollution Bulletin, 2015. 96(1-2): p.508-512.
5- Eisler R, Mercury Hazards to Living Organism. CRC Press, 2006.312P.
6- Moopam, R., Manual of oceanographic observations and pollutant analysis methods. ROPME. Kuwait, 1999.1:20.
7- Mortazavi, M.S. and Sharifian. Metal Concentrations in Two Commercial Fish from Persian Gulf, in Relation to Body Length and Sex. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology, 2012. 89: p.450–454
8- Mortazavi, M. S. and Sharifian, S, Mercury bioaccumulation in some commercially valuable marine organisms from Mousa Bay, Persian Gulf. International Journal of Environmental Research, 2011. 53: p. 757-762.
9- USEPA, Risk assessment guidance for superfund volume I: Human health evaluation manual (Part A). Interim final. EPA / 540 / 1 / 89 / 002. United States Environmental Protection Agency. 1989.
10- Cooper, C. B., Doyle, M. E, and Kipp K, Risk of consumption of contaminated seafood, the Quincy Bay Case Study. Environmental Health Perspectives, 1991.90: p.133-140.
11- Saei-Dehkordi, S.S., Fallah, A.A., and Nematollahi, A., Arsenic and mercury in commercially valuable fish species from the Persian Gulf: Influence of season and habitat. Food Chemical Toxicology, 2010. 48:2945–2950.
12- Li J., Huang Zh.Y., Hu Y., and Yang H, Potential risk assessment of heavy metalsby consuming shellfish collected from Xiamen, China. Environmental Science Pollution Research, 2013.20(5): 2937–2947.
13- World Health Organization, WHO (1989). Toxicological evaluation of certain food additives and contaminants. 33rd meeting of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives. WHO, Geneva, Switzerland.
14- Sadough Niri A, Ronagh M, and Ahmadi R, Quantitative analysis of heavy metals in muscle, liver and gill tissues of *Euryglossa orientalis* in northern Persian Gulf waters. Iranian Scientific Fisheries Journal, 2012. 21(1): p.147-160.
15- Turkmen A, Turkmen M, Tepe Y, and Akyurt l, Heavy metals in three commercially valuable fish species from lskenderun Bay, Northern East Mediterranean Sea, Turkey. Food Chemistry, 2005. 91: p.167–172.
16- Saei-Dehkordi, S.S., and Fallah, A.A, Determination of copper, lead, cadmium and zinc content in commercially valuable fish species from the Persian Gulf using derivative potentiometric stripping analysis. Microchemical Journal, 2011. 98: p.156-162.

17- Al-Yousuf MH, El-Shahawi MS, and Al-Ghaisc SM, Trace metals in liver, skin and muscle of *Lethrinus lentjan* fish species in relation to body length and sex. Science of the Total Environment, 2000. 256: p.87–94
18- Mendil, D. and Uluozlu, OD, Determination of trace metal levels in sediment and five fish species from lakes in Tokat, Turkey. Food Chemistry, 2007. 101: p.739–745.
19- Celik, U., and Oehlenschlager, J., Determination of Zinc and Copper in fish Samples Collected from Northeast Atlantic by DPSAV.Food Chemistry, 2004.87: p.343-347.
20- Yilmaz, F., Ozdemir, N., Demirak, A. and Tuna, A. L, Heavy metal levels in two fish species *Leuciscus cephalus* and *Lepomis gibbosus*. Food Chemistry, 2007.100: p. 830-835.
21- Tuzen, M, Determination of heavy metals in fish samples of the middle Black Sea (Turkey) by graphite furnace atomic absorption spectrometry. Food Chemistry, 2003. 80: 119-123.
22- FAO (Food and Agriculture Organizations of United Nations), The state of world fisheries and aquaculture, Rome, Italy, 2009. pp:64-78.
23- Suhaimi, F., Wong, S. P., Lee, V. L. L. and Low, L. K, Heavy metals in fish and shellfish found in local wet markets. Singapore Journal of Primary Industries, 2005.32: p.1-18.
24- 24. NHMRC (National Health and Medical Research council), National guidelines for waste management in the health industry. Updated September 2016. Available from www.nhmrc.gov.au, 2004

Journal of Fisheries Science and Technology
Volume10, Issue 3, Summer 2021
Pages: 301-312

Health risk assessment and accumulation of copper and lead in snapper (*Lutjanus ehrenbergi*), grunter (*Pomdasys Kaakan*) and halibut (*Psettodes erumei*)

Fatemeh Arzani[1], Salim Sharifian[2]*, Mehran Loghmani[3]

1- Parsian Applied Science Education Center, Hormozgan, Iran.
2- Fisheries Department, Faculty of Marine Sciences, Chabahar Maritime University, Chabahar, Iran
3- Marine Biology Department, Faculty of Marine Sciences, Chabahar Maritime University, Chabahar, Iran.

A B S T R A C T

Fish is one of the most important sources of protein for human nutrition and health. Therefore, the monitoring of heavy metals accumulation in commercial fish is always important. In the present study, the accumulation of heavy metals (copper and lead) in muscle tissue and their potential hazards for consumers in three species of high-consumption fish in the south of the country (BandarAbas), namely black-spot snapper (*Lutjanus ehrenbergi*), javelin grunter (*Pomdasys kaakan*) and Indian halibut (*Psettodes erumei*) was examined. The average concentrations (µg/g dry weight) of copper snapper, grunter and halibut were 0.078±0.017, 0.136±0.025, and 0.127±0.013, respectively, while the accumulation of lead in them was 0.079±0.018, 0.090±023, and 0.107±0.031, respectively. The highest daily intake (µg/ kg body weight/ day) of copper was equal to 0.023 and due to consumption of grunter, while the highest daily intake of lead was obtained due to consumption of halibut and equal to 0.018. The daily and weekly intake of both metals and all three fish species was less than the EPA reference dose and tolerable intake (TDI) values provided by the FAO / WHO Joint Commission. The risk level of target hazard quotient (THQ) calculated for both metals was significantly lower than 1. The results showed that the urban communities of Hormozgan province with the calculated consumption are not exposed to any risk due to the accumulation of heavy metals studied in this study.

KEYWORDS: Risk assessment; Heavy metals; Hormozgan; Commercial fish.

ARTICLE TYPE
Original Research

ARTICLE HISTORY
Received: 21 March 2021
Accepted: 10 August 2021
ePublished: 23 August 2021

* Corresponding Author:
Email address: sharifian.salim@hotmail.com
Tel: +(98) 54-21372232
© Published by Tarbiat Modares University
eISSN:2476-6887 pISSN:2322-5513