پژوهش‌های محیط‌زیست، سال ۱۰، شماره ۱۹، بهار و تابستان ۱۳۹۸، از صفحه ۲۴۵ تا ۲۵۴

بررسی برخی فلزات سنگین در عضله میگوی سرتیز *Metapenaeus affinis* و ارزیابی ریسک خطر برای مصارف انسانی آن در استان هرمزگان

ناصر کوسج*[۱]، حجت الله جعفریان[۲]، عبدالواحد رحمانی[۳]، عبدالرحمن پاتیمار[۴]، حسنی قلی‌پور[۵]

۱ دکتری شیمی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه هرمزگان، بندرعباس، ایران
۲ دانشیار گروه شیلات، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبد کاووس، گنبدکاووس، ایران
۳ دانشیار گروه شیمی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه هرمزگان، بندرعباس، ایران
۴ دانشیار گروه شیلات، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبد کاووس، گنبدکاووس، ایران
۵ استادیار گروه شیلات، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبد کاووس، گنبدکاووس، ایران

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۸/۲۱؛ تاریخ تصویب: ۱۳۹۸/۰۴/۱۰)

چکیده

تحقیق حاضر به بررسی میزان فلزات سرب، نیکل، روی، آهن و مس در بافت عضله میگوی سرتیز *Metapenaeus affinis* در سه منطقه استان هرمزگان به دلیل اهمیت آنها پرداخته است. در ۱۸۰ نمونه میگوی سرتیز در سه منطقه مورد مطالعه در طول دو فصل تابستان و زمستان نمونه‌برداری انجام شد. نمونه‌ها به آزمایشگاه منتقل و پس از زیست‌سنجی، بافت عضله جدا شد و بعد از خشک شدن، پودر شدن و هضم شیمیایی برای تعیین میزان غلظت عناصر مورد مطالعه توسط دستگاه جذب اتمی مورد اندازه‌گیری قرار گرفتند. نتایج حاصل از تحقیق نشان داد که از لحاظ غلظت عناصر سرب، نیکل، روی، آهن و مس به ترتیب در بافت عضله میگوی سرتیز بین مناطق مورد مطالعه (قشم: ۰/۰۰۱±۰/۰۲۴، ۰/۰۸±۰/۷۹، ۸/۵±۶۱/۵۵، ۰/۹±۱۸/۹۳ و۰/۰۱±۰/۶۵۷ میکروگرم بر گرم، بندر خمیر: ۰/۰۰۱ ± ۰/۰۱۸، ۰/۰۷ ± ۰/۴۵، ۰/۹ ±۵۰/۳، ۰/۸ ± ۱۵/۴۵ و ۰/۰۲ ± ۰/۵۸۱ میکروگرم بر گرم و بندر پل ۰/۰۰۱ ± ۰/۰۱۳، ۰/۰۶ ± ۰/۳۰، ۰/۹ ± ۳۷/۵۰، ۰/۸ ± ۱۳/۰۷ و ۰/۰۳ ± ۰/۴۷۵ میکروگرم بر گرم) از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری وجود داشت ($p<0.05$). به طوری‌که هم در فصل تابستان و هم زمستان غلظت عناصر مورد مطالعه در بافت عضله میگوی سرتیز در منطقه قشم بیشتر از دو منطقه دیگر است. مقایسه غلظت فلزات در بافت عضله میگوی سرتیز با مقادیر استاندارد نشان داد که غلظت فلزات مورد مطالعه کمتر از استانداردهای FAO, WHOو EPA است. ارزیابی خطر غذایی مصرف میگو نشان‌دهنده آن بوده است که مصرف این آبزی با میزان مصرف فعلی از نظر فلزات مورد مطالعه خطری برای مصرف‌کنندگان آن ندارد.

کلید واژه‌ها: ارزیابی ریسک خطر، میگوی سرتیز، فلزات سنگین- استان هرمزگان

*نویسنده مسئول: Email: naserkooseg@yahoo.com

سرآغاز

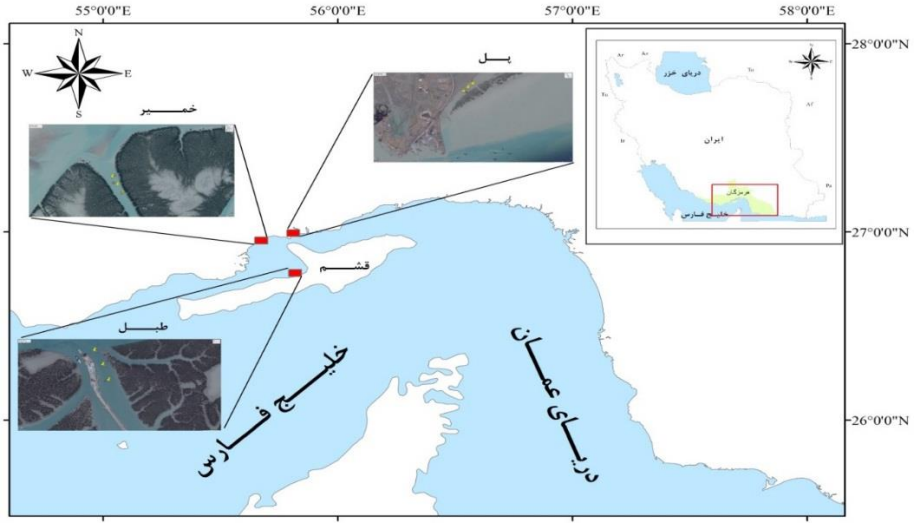
افزایش جمعیت، توسعه صنایع مختلف و گسترش روز افزون مزارع کشاورزی سبب ورود حجم بالایی از آلاینده‌های مختلف به محیط‌های آبی شده است. از میان آلاینده‌های وارد شده به اکوسیستم‌های آبی، فلزات سنگین به علت اثرات سمی و پتانسیل بالای تجمع زیستی در گونه‌های آبزی، مورد توجه هستند. آلودگی اکوسیستم‌های آبی به انواع آلاینده‌ها را می‌توان با بررسی آب، رسوبات و موجودات آبزی مورد بررسی قرار داد تجمع فلزات سنگین در هر یک از این اجزا می‌تواند منجر به تغییرات اکولوژیکی جدی شود (Lamanso et al., 1991). خلیج‌فارس یکی از بزرگ‌ترین خلیج‌های جهان به شمار می‌آید که به عنوان زیستگاه بسیاری از موجودات آبزی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. فعالیت‌های صنایع مستقر در سواحل خلیج فارس طی سال‌های اخیر یکی از مهمترین عوامل ورود آلاینده‌های فلزی به آب‌های این منطقه است (Naseri et al., 2005). فعالیت‌های دیگری از جمله کشاورزی، کشتیرانی و آلودگی‌های ناشی از پسماندهای شهری نیز از عمده‌ترین منابع آلوده‌کننده آب‌های این خلیج است که سبب نابودی جمعیت بسیاری از آبزیان ساکن در آن که بیشتر از گونه‌های تجاری می‌باشند شده است (Kheirvar and Dadolahi , 2010). توسعه، تکنولوژی و تولید فراورده‌های جدید و متنوع شیمیایی مورد نیاز در صنعت، کشاورزی و بهداشت در دهه‌های اخیر به صورت فزاینده‌ای گسترش یافته به طوری که با افزایش جمعیت، فعالیت‌های صنعتی و کشاورزی، ورود آلاینده‌های آلی و معدنی به محیط افزایش یافته و آلودگی محیط‌زیست در اثر پیشرفت صنایع و مواد شیمیایی مختلف مورد توجه سازمان‌ها و نهادهای بهداشتی بین‌المللی واقع شده است (Altindag et al., 2005). مواد آلاینده صرف نظر از منشا تولید و مصرف، توسط باد و جریان‌های آبی و نزولات جوی در تمامی اکوسفر انتشار یافته و تا زمان تجزیه کامل، از پتانسیل‌های متفاوتی در تجمع، ذخیره‌سازی و تاثیرات بهداشتی به موجودات زنده از جمله انسان برخوردار است. بنابراین، پایش آلودگی اکوسیستم‌های آبی از فعالیتهای عمده‌ای است که با هدف حفاظت محیط‌زیستی صورت می‌گیرد (Hamidi, 2010).از انواع این آلاینده‌ها می‌توان به فلزات سنگین اشاره کرد که به طور طبیعی از اجزای تشکیل‌دهنده اکوسیستم‌های آبی محسوب می‌شوند. فلزات سنگین از جمله آلاینده‌های محیط‌زیست هستند که مواجه شدن انسان با بعضی از آنها از طریق آب و مواد غذایی می‌تواند مسمویت‌های مزمن و در برخی موارد حاد خطرناکی را ایجاد نمایند. در دهه گذشته ورود آلاینده‌ها با منشا انسانی مانند فلزات سنگین به داخل محیط‌های آبی، به مقدار زیادی افزایش یافته است که به عنوان یک خطر جدی برای حیات محیط‌های آبی به شمار می‌آیند. فلزات سنگین در یک مقیاس وسیع، وارد محیط‌زیست می‌شوند. میزان ورود این فلزات سنگین به محیط‌زیست، بسیار فراتر از میزانی است که به وسیله فرایندهای طبیعی برداشت می‌شوند. بنابراین تجمع فلزات سنگین در محیط‌زیست قابل ملاحظه است. سیستم‌های آبی به طور طبیعی دریافت‌کننده نهایی این فلزات هستند (Mohammadi, 2011). به دنبال انتقال آلاینده‌ها به محیط‌های دریایی، این احتمال به وجود می‌آید که ماهی مقادیری از برخی فلزات سنگین را از طریق زنجیره غذایی یا از طریق آب از محیط جذب نماید (Amini Ranjbar et al., 2005). سن، طول، وزن، جنس، عادت تغذیه‌ای، نیازهای اکولوژیک، غلظت فلزات سنگین در آب و رسوب، مدت زمان ماندگاری ماهی در محیط آبی، فصل صید و خواص شیمیایی آب (شوری، سختی و دما) از عوامل موثر در تجمع فلزات سنگین در اندام‌های مختلف ماهی هستند (Demirak et al., 2006). فلزات سنگین از جمله سرب، نیکل، روی، آهن و مس به دلیل برخورداری از خاصیت تجمع‌پذیری و بزرگ‌نمایی زیستی در بافت‌های مختلف و عدم تجزیه‌پذیری و نیز مقاومت در برابر تغییرات بیولوژیک پس از ورود به محیط قادرند در چرخه حیات به حرکت خود ادامه داده و به تدریج در بافت‌های چربی در بدن مصرف‌کنندگانی مانند انسان ذخیره شده و از این راه موجب بروز بیماری‌های حاد و مزمن در موجودات شوند (Khoshnood, 2006). مهم‌ترین اثرات سوء ناشی از مصرف مواد غذایی آلوده به فلزات سنگین از جمله سرب ایجاد اختلالات سیستم‌های عصبی محیطی- مرکزی است. روی سبب اختلالات گوارشی شامل تهوع، استفراغ، خشکی دهان، تب، سردرد و اختلالات عصبی و تنفسی؛آهن نیز اگر با بافت‌های بدن برخورد کند یا در آنها باقی بماند، سبب ورم ملتحمه، مشکلاتی در مشیمیه و آماس شبکیه؛ نیکل موجب تغییر در خون، آنزیم و افزایش فشارهای روانی و مسمومیت با مس نیز موجب اختلالات ژنتیکی می‌شود (Ghaedi et al., 2007). میگوها از آبزیان با ارزش و اقتصادی خلیج فارس و دریای عمان هستند که از ارزش غذایی بسیار بالایی برخوردارند.

به طورکلی میگوها در آب‌های کم عمق دریاها بین اعماق ۲۷ تا ۱۸۰ متری و در خلیج فارس بین اعماق ۱۰ تا ۱۵متری و بیشتر اوقات در مناطقی که تحت تاثیر دلتاها، مصب‌ها (خوریات) و یا مرداب‌ها هستند و بستر آنها به طور معمول گلی یا ترکیبی از شن و گلی که غنی از مواد آلی باشد، زندگی می‌کنند. علاوه بر این آنها بخشی از چرخه زندگی خود را کم و بیش در آب های لب شور می‌گذرانند. یکی از گونه‌های مهم میگوی پنائیده، میگوی سفید *Metapenaeus affinis* است. میزان پروتئین گوشت میگو ۲۳– ۱۸ درصد است. میگو یکی از آبزیان مهم اقتصادی در آب‌های جنوب کشور است (Asadi and Dehgani Poshtrooei , 1996).

این مطالعه با هدف بررسی غلظت فلزات سرب، نیکل، روی، آهن و مس در میگوهای جمع‌آوری شده از مناطق نمونه‌برداری در استان هرمزگان به عنوان شاخص پایش زیستی فلزات فوق و همچنین مقایسه میزان تجمع زیستی در دو فصل تابستان و زمستان در سواحل این مناطق، انجام شد. از طرفی با توجه به این که این گونه در مناطق مورد مطالعه مصرف خوراکی دارد، میزان جذب روزانه ناشی از مصرف این ماهیان برای مصرف‌کنندگان نیز به دست آمد.

روش پژوهش

تعیین و پراکنش ایستگاه‌های نمونه‌برداری به شکلی صورت گرفت که بیشتر پیرامون مکان‌های ورود پساب‌های شهری و صنعتی و همچنین در کنار اسکله‌ها و صیدگاه‌های بزرگ آبزیان واقع شده باشند. بر این اساس سه ایستگاه نمونه برداری در جنگل‌های حرا تعیین شد. نمونه‌برداری از میگو در فصل زمستان (بهمن ماه ۱۳۹۴) و فصل تابستان (مرداد ماه ۱۳۹۴) در سه منطقه مورد مطالعه (بندر خمیر با موقعیت جغرافیایی′۵۵/۲۳۳ ۲۶ شمالی و ′۳۵/۰۸۰ ۵۵ شرقی، قشم– طبل با موقعیت جغرافیایی′۴۶/۸۵۴ ۲۶ شمالی و ′۴۳/۴۷۲ ۵۵ شرقی و بندرپل با موقعیت جغرافیایی ′۵۹/۰۷۵ ۲۶ شمالی و ′۴۵/۳۵۰ ۵۵ شرقی انجام شد (شکل ۱).



شکل (۱): مناطق نمونه برداری در استان هرمزگان

بدین‌منظور در هر فصل و در هر منطقه ۳۰ عدد میگو (در کل ۱۸۰ نمونه) به صورت تصادفی به وسیله تورهای سنتی مشتا (تورهای گوشگیر ثابت) صید شد. هر نمونه با دقت داخل کیسه فریزری کاملا تمیز، در داخل یخدان مخصوص نمونه‌برداری چیده شد، بین هر ردیف از نمونه‌ها پودر یخ ریخته و سپس نمونه‌ها به آزمایشگاه منتقل شده و درون فریزر و در دمای ^{0}C ۲۰– تا زمان انجام عملیات آزمایشگاهی نگهداری شدند(Ruangsomboom et al., 2006). پس از عملیات زیست‌سنجی نمونه‌ها، جداسازی بافت عضله میگو با استفاده از روش پیشنهادی سازمان UNEP که برای آنالیز نمونه‌های آبزی به منظور اندازه‌گیری بعضی از عناصر فلزی توصیه شده بود صورت گرفت. سپس برای خشک شدن نمونه‌ها و جلوگیری از تبخیر احتمالی مقادیر فلزات سرب، نیکل، روی، آهن و مس از خشک کردن مستقیم در آون خودداری شد (MOOPAM,1999). بافت‌های عضله میگوها در دستگاه فریز درایر (مدل VaCo 5) با دمای ^{0}C ۴۰ – به مدت ۸ تا ۱۰ ساعت خشک و به کمک هاون چینی آزمایشگاهی پودر شدند. ۰/۵گرم

از بافت توزین (ترازوی سارتریوس با دقت ۰/۰۰۱ گرم) و به ویال مایکروویو (مدل ETHOS 1) انتقال یافت. ۷ میلی لیتر اسید نیتریک غلیظ ۶۵٪ و ۱ میلی لیتر آب اکسیژنه ۳۰ ٪ به نمونه افزوده و در ماکروویو مورد هضم قرار گرفت، پس از هضم نمونه‌ها آنها را به دستگاه جذب اتمی تزریق، و غلظت شیمیایی واقعی آنها محاسبه شد. کلیه مراحل هضم شیمیایی نمونه بر اساس روش مورد قبول MOOPAM است. در تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم‌افزار آماری SPSS نسخه ۱۹ و برای رسم جدول‌ها و نمودارها از نرم‌افزار اکسل ۲۰۰۷ استفاده شد. نرمال بودن داده‌ها از طریق آزمون کولموگرف- اسمیرنوف و برای مقایسه غلظت فلزات در بین مناطق مختلف از آزمون ANOVA و در صورت وجود اختلاف معنی‌دار، از آزمون توکی استفاده شد. برای مقایسه غلظت فلزات با استانداردها، نیز از آزمون تی استفاده شد. سطح معناداری در این مطالعه ۵ درصد در نظر گرفته شد.

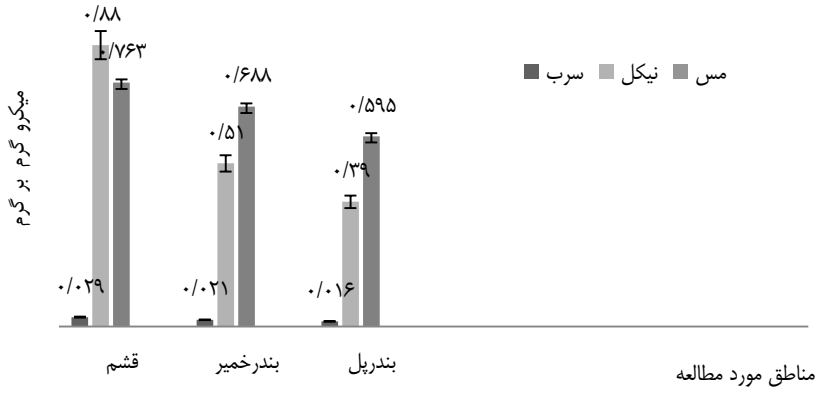
با داشتن میزان غلظت فلز سنگین در عضله میگو می‌توان برآورد میزان خطر ناشی از مصرف روزانه را تخمین زد. به منظور ارزیابی پتانسیل خطر مصرف این آبزی، محاسبه‌های مربوط به میزان جذب روزانه[۱] به ازای مصرف یک وعده از این ماهی در هفته برای یک انسان بالغ ۷۰ کیلوگرمی محاسبه شد و این میزان با مقدار دوز رفرنس[۲] سازمان EPA مقایسه شد. در واقع میزان مقدار دوز رفرنس برای یک آلاینده یک تخمین از مقدار در معرض قرارگیری روزانه آن آلاینده توسط جمعیت انسانی است به طوری که در طول حیات فرد هیچ اثر سوئی برجای نگذارد. میزان دریافت فلزات سمی توسط افراد بستگی کامل به میزان مصرف مواد غذایی حاوی این فلزات دارد. بر این اساس میزان مصرف این آبزی یک بار در هفته و مقدار هر وعده نیز هشت اونس معادل (۲۲۸g) برای یک فرد بالغ ۷۰ کیلوگرمی در نظر گرفته شد و بر این اساس میزان جذب روزانه برای هر یک از فلزات محاسبه شد.

$$EDI = \frac{(C \times FIR_D)}{BW}$$

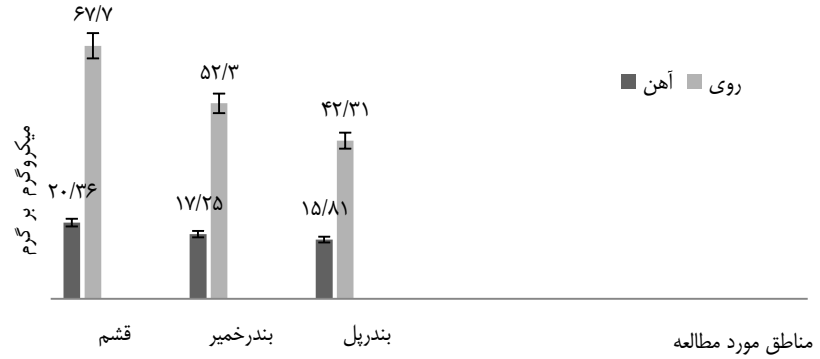
در این فرمول، EDI[۳] میزان جذب روزانه فلزات سنگین توسط بدن، C میزان غلظت فلز موردنظر در ماهی یا ماده غذایی مصرفی، FIR_D[۴] میزان مصرف غذا بر حسب گرم در روز (برای ماهی حدود ۲۱ گرم در نظر گرفته شد)، BW وزن بدن (۷۰ کیلوگرم) است (Burger and Gochfeld.2005).

تحلیل داده‌ها

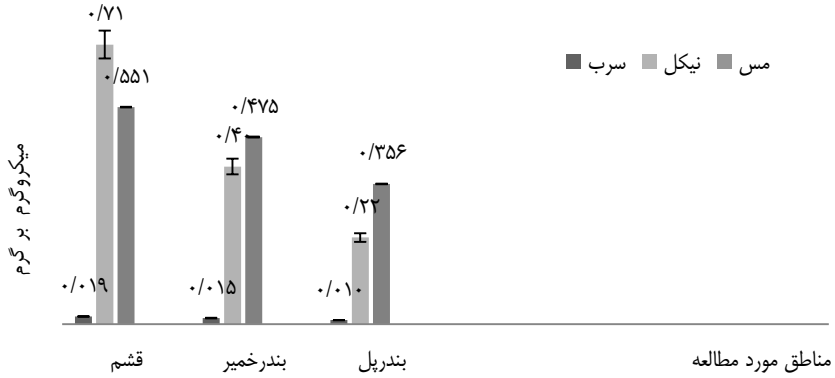
غلظت هر یک از فلزات در بافت عضله میگو در مناطق مورد مطالعه و در فصول تابستان و زمستان بررسی شد. نتایج حاصل از تحقیق نشان داد که از لحاظ غلظت عناصر سرب، نیکل، روی، آهن و مس در بافت عضله میگو بین مناطق قشم (طبل)، بندر خمیر و بندر پل در فصول تابستان و زمستان اختلاف آماری معنی‌داری وجود داشت ($p<0.05$) نمودارهای(۱، ۲، ۳و ۴). بر اساس آزمون تعقیبی توکی، از نظر غلظت عناصر سرب، نیکل، روی، آهن و مس در میگوهای منطقه قشم با بندر خمیر و بندر پل اختلاف معنی‌داری مشاهده شد ($p<0.05$). به طوری‌که از لحاظ غلظت عناصر سرب، نیکل، روی، آهن و مس در بافت عضله میگو در فصول تابستان و زمستان منطقه قشم میزان بالاتری را نسبت به مناطق بندر خمیر و بندر پل داشت و دارای اختلاف معنی‌دار آماری بود ($p<0.05$).



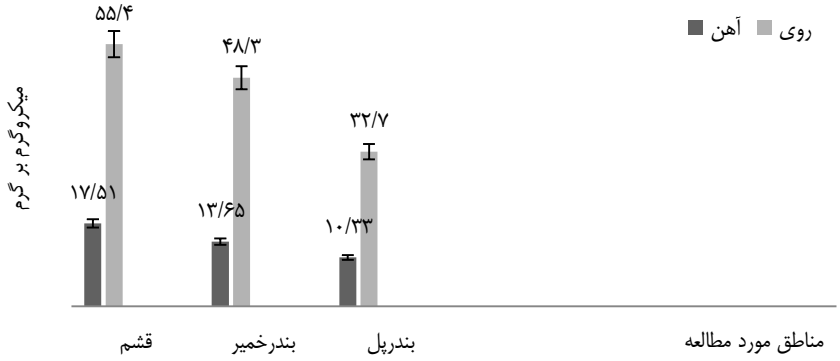
نمودار (۱): مقایسه (میانگین± انحراف از معیار) عناصر نیکل، سرب و مس (میکروگرم بر گرم) در عضله میگوی سرتیز در مناطق قشم، بندر خمیر و بندر پل در فصل تابستان



نمودار (۲): مقایسه (میانگین± انحراف از معیار) عناصر آهن و روی (میکروگرم بر گرم) در عضله میگوی سرتیز در مناطق قشم، بندر خمیر و بندر پل در فصل تابستان



نمودار (۳): مقایسه (میانگین± انحراف از معیار) عناصر نیکل، سرب و مس (میکروگرم بر گرم) در عضله میگوی سرتیز در مناطق قشم، بندر خمیر و بندر پل در فصل زمستان



نمودار (۴): مقایسه (میانگین± انحراف از معیار) عناصر آهن و روی (میکروگرم بر گرم) در عضله میگوی سرتیز در مناطق قشم، بندر خمیر و بندر پل در فصل زمستان

از لحاظ غلظت عناصر سرب، نیکل، روی، آهن و مس در بافت عضله میگو در سه منطقه قشم، بندر خمیر و بندر پل بین فصول تابستان و زمستان از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری وجود داشت ($p<0.05$). به طوری‌که نتایج نشان‌دهنده آن است که در تمامی مناطق مورد مطالعه میزان غلظت فلزات سنگین (نیکل، سرب، روی، آهن و مس) در فصل تابستان بیشتر از فصل زمستان است (جدول ۱).

جدول (۱): نتایج حاصل از مقایسه (میانگین± انحراف از معیار) مقادیر عناصر نیکل، سرب، روی، آهن و مس (میکروگرم برگرم) در عضله میگو در مناطق قشم، بندر خمیر و بندر پل در فصول تابستان و زمستان ،(n=۳۰)

منطقه / فلز	قشم(طبل)		بندرخمیر		بندرپل	
	زمستان Mean±SD	تابستان Mean±SD	زمستان Mean±SD	تابستان Mean±SD	زمستان Mean±SD	تابستان Mean±SD
نیکل	۰/۷۱±۰/۰۴	۰/۸۸±۰/۰۴	۰/۴۰±۰/۰۲	۰/۵۱±۰/۰۵	۰/۲۲±۰/۰۶	۰/۳۹±۰/۰۲
سرب	۰/۰۱۹±۰/۰۰۴	۰/۰۲۹±۰/۰۰۵	۰/۰۱۵±۰/۰۰۲	۰/۰۲۱±۰/۰۰۱	۰/۰۱۰±۰/۰۰۲	۰/۰۱۶±۰/۰۰۳
روی	۵۵/۴±۱/۸۸	۶۷/۷±۱/۲۹	۴۸/۳±۱/۰۸	۵۲/۳۰±۱/۰۷	۳۲/۷۰±۱/۱۸	۴۲/۳۱±۱/۳۱
آهن	۱۷/۵۱±۰/۱۸	۲۰/۳۶±۰/۲۰	۱۳/۶۵±۰/۴۱	۱۷/۲۵±۰/۲۹	۱۰/۳۳±۰/۲۰	۱۵/۸۱±۰/۲۷
مس	۰/۵۵۱±۰/۰۴	۰/۷۶۳±۰/۰۲۳	۰/۴۷۵±۰/۰۲	۰/۶۸۸±۰/۰۱۲	۰/۳۵۶±۰/۰۶	۰/۵۹۵±۰/۰۲۵

همچنین بر اساس جداول (۲، ۳ و ۴) در مناطق مورد مطالعه مقادیر محاسبه شده برای میزان جذب روزانه پایین‌تر از دوز استاندارد سازمان EPA است که این موضوع نشان می‌دهد مصرف یک وعده (معادل ۲۲۸ گرم) از این آبزی در هفته از نظر بهداشتی هیچ ممنوعیتی برای یک مصرف‌کننده بالغ ندارد.

جدول (۲): محاسبه‌های جذب روزانه (Daily intake) فلزات سنگین توسط افراد در ازای یک وعده مصرف در هفته برای یک شخص ۷۰ کیلوگرمی (منطقه قشم- طبل)

فلز	غلظت فلزات در نمونه‌ها وزن تر µg/g	میزان فلزات (µg/kg/day)دریک وعده غذایی (معادل ۲۲۸گرم)	میزان جذب روزانه (µg/kg/day)	دوز رفرنس(RFD) سازمان EPA (µg/kg/day)
Ni	۰/۷۹۵	۱۸۱/۲۶	۰/۳۴۰	۲۰
Pb	۰/۰۲۴	۵/۴۷۲	۰/۰۱۰	۲۵
Cu	۰/۶۵۷	۱۵۳/۹	۰/۲۸۱	۴۰
Zn	۶۱/۵۵	۱۴۰۳۳/۴	۲۶/۳۷	۳۰۰
Fe	۱۸/۹۳۵	۴۳۱۷/۱۸	۸/۱۱	۵۰۰

جدول (۳): محاسبه‌های جذب روزانه (Daily intake) فلزات سنگین در ازای یک وعده مصرف در هفته برای یک شخص ۷۰ کیلوگرمی (منطقه بندر خمیر)

فلز	غلظت فلزات در نمونه‌ها وزن تر µg/g	میزان فلزات (µg/kg/day)دریک وعده غذایی (معادل ۲۲۸گرم)	میزان جذب روزانه (µg/kg/day)	دوز رفرنس(RFD) سازمان EPA (µg/kg/day)
Ni	۰/۴۵۵	۱۰۳/۷۴	۰/۱۹۵	۲۰
Pb	۰/۰۱۸	۴/۱۰۴	۰/۰۰۷	۲۵
Cu	۰/۵۸۱	۱۳۲/۵۸۲	۰/۲۴۹	۴۰
Zn	۵۰/۳	۱۱۴۶۸/۴	۲۱/۵۵	۳۰۰
Fe	۱۵/۴۵	۳۵۲۲/۶	۶/۶۲۱	۵۰۰

بحث و نتیجه‌گیری

آلودگی محیطهای آبی به فلزات سنگین و پتانسیل تجمع زیستی این آلاینده‌ها به عنوان یک خطر جدی از مدت‌ها پیش مورد توجه قرار گرفته است. این آلاینده‌ها در محیطهای آبی در بدن آبزیان تجمع می‌یابند و سپس از طریق زنجیره غذایی به بدن انسان منتقل می‌شوند (Fazeli et al., 2005). در دهه‌های گذشته، تاثیرات صنعتی شدن، کشاورزی متمرکز و توسعه شهری منجر به مشکلات جدی آلودگی در اکوسیستم‌های دریایی شده است (Bellas et al., 2005). در پژوهش انجام شده توسط (Moselhy et L., 2014)، غلظت فلـزات سنگین (مس، روی،

جدول (۴): محاسبه‌های جذب روزانه (Daily intake) فلزات سنگین در ازای یک وعده مصرف در هفته برای یک شخص ۷۰ کیلوگرمی (منطقه بندر پل)

فلز	غلظت فلزات در نمونه‌ها وزن ترµg/g	میزان فلزات (µg/kg/day)دریک وعده غذایی (معادل ۲۲۸گرم)	میزان جذب روزانه (µg/kg/day)	دوز رفرنس(RFD) سازمان EPA (µg/kg/day)
Ni	۰/۳۰۵	۶۹/۵۴	۰/۱۳۰	۲۰
Pb	۰/۰۱۳	۲/۹۶۴	۰/۰۰۵	۲۵
Cu	۰/۴۷۵	۱۰۸/۴۱	۰/۲۰۳	۴۰
Zn	۳۷/۵۰	۸۵۵۱/۱۴	۱۶/۰۷	۳۰۰
Fe	۱۳/۰۷	۲۹۷۹/۹۶	۵/۶۰۱	۵۰۰

سرب، آهن و منگنز) در کبد، آبشش و عضلات چهارده گونه از ماهیان کفزی و پلاژیک جمع‌آوری شده از سه منطقه اصلی (شلاتین، غردقه و سوئز) در دریای سرخ (مصر) اندازه‌گیری شد. سطوح فلزات سنگین به طور قابل توجهی در میان گونه‌های مختلف ماهی و اندام‌ها متفاوت بود. تجمع فلزات بین گونه‌های مختلف ماهی و همچنین بین گونه‌های مشابه تغییراتی را نشان داد. این تغییرات در جذب فلزات، تحت تاثیر عواملی خاص مانند سن، توزیع جغرافیایی و گونه می‌باشند. به طورکلی، غلظت فلزات ثبت شده در داخل مناطق مورد مطالعه تقریبا پایین‌تر از استاندارد جهانی بود. (Naseri, 2005)، به ارزیابی تجمع عناصر سنگین آهن، مس، روی، منیزیم، منگنز، جیوه، سرب و کادمیوم در بافت‌های خوراکی و غیرخوراکی ماهی کفال پشت سبز سواحل بوشهر پرداخت. نتایج این تحقیق نشان‌دهنده آن است که غلظت این عناصر در بافت آبشش و امعاء و احشاء نسبت به بافت عضله بیشتر است. همچنین بین وزن و طول ماهیان در جذب و تجمع برخی عناصر سنگین اختلاف معنی‌داری مشاهده شد. (Chen, 2002)، نشان داد که اختلاف معنی‌داری در غلظت عناصر سرب، کادمیوم، جیوه، نقره، مس و آهن در نمونه‌های مناطق مختلف تالاب چی- کو وجود داشت. او همچنین بیان کرد که در مناطقی که منشا آلاینده‌ها از فاضلاب یا ورودی آب شیرین بود عناصر کادمیوم، جیوه و مس بیشتر در محیط حضور داشتند، در حالی که هر چه به سمت مناطق دور از دهانه و ورودی تالاب برویم غلظت این عناصر کاهش می‌یابند. (Dural ET AL., 2007)، با آزمایش‌های گوناگون نشان دادند که بین غلظت فلزات سنگین در بدن موجودات آبزی در مناطق مختلف (خلیج فارس، خلیج مصر، خلیج اسکندریون، مرداب‌های نمکی در جنوب آتلانتیک اسپانیا و تالاب‌های کالیفرنیا) به دلیل شرایط محیطی متفاوت مثل: دما، شوری، pH و نور و .... و وجود فعالیت‌های صنعتی اختلاف معنی‌داری وجود دارد. به طورکلی از مهمترین دلایل بالا بودن غلظت فلزات سرب، نیکل، روی، آهن و مس در عضله میگو در منطقه قشم نسبت به بندر خمیر و بندر پل وجود صنایع مختلف (شرکت سرب و روی قشم، کارگاه‌های لنج‌سازی، قایق‌سازی فایبرگلاس، آبزی‌پروری و صنعت پالایش نفت و گاز گورزین) در کنار سواحل، مس رها شده از رنگ‌آمیزی کشتی‌ها و شناورها در مجتمع لنج‌سازی قشم، عنصر مس در ترکیبات مورد استفاده برای کشتی‌ها و شناورها و همچنین در پساب‌های شهری و خانگی وجود دارد (Zhou et al., 2007)، تردد بیش از حد قایق‌های موتوری (وجود سرب و نیکل در بنزین)، معدن خاک سرخ (حاوی آهن فراوان) و تخلیه پساب‌های صنعتی و شهری به آب‌های ساحلی این منطقه می‌باشد که این پساب‌ها در خود انواع فلزات سنگین به خصوص سرب، نیکل، روی، آهن و مس را دارند و این امر سبب افزایش غلظت فلزات مورد مطالعه در منطقه قشم می‌شود. کلیه موارد فوق با نتایج حاصل از پژوهش حاضر مبنی بر بیشتر بودن غلظت عناصر سرب، نیکل، روی، آهن و مس در منطقه قشم نسبت به مناطق بندر خمیر و بندر پل هم‌خوانی مناسبی دارد.

از طرف دیگر نتایج و پژوهش کنونی نشان داد که بین غلظت عناصر سرب، نیکل، روی، آهن و مس در مناطق مورد مطالعه در فصل تابستان نسبت به زمستان در بافت عضله میگو از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری وجود دارد. (Celechovska et al., 2011) در بررسی غلظت آرسنیک در نوعی ماهی *Oncorhynchus mykiss* در طول یک سال دریافتند که غلظت آرسنیک در فصل زمستان با کاهش دما، در بافت عضله این گونه کاهش می‌یابد. (Daryalal et al., 2011) با بررسی تجمع فلزات

سنگین سرب و کروم در خرچنگ شناور آبی *Portunus Pelagicus* در سواحل استان هرمزگان (شهرستان بندرعباس) نشان داد که بیشترین میزان جذب و تجمع عناصر سنگین سرب و کروم در طول نمونه‌برداری در نمونه‌های رسوب و بافت نرم در طول دوره نمونه‌برداری در فصل تابستان بوده است که علت این امر تاثیر مستقیم فاکتورهای فیزیکوشیمیایی بر تحرک فلزات سنگین در آب، رسوب و بافت جانوری است. (Dural et al., 2007)، با آزمایش‌های گوناگون در ماهی *Sparus aurata* نشان دادند که غلظت فلزات سنگین کادمیوم و سرب در فصول مختلف متفاوت بوده و همچنین تجمع این فلزات در اندام‌های متفاوت مختلف می‌باشد. در بدن موجودات آبزی غلظت بیشتر فلزات سنگین در فصل تابستان هم در مکان‌های بدون آلودگی و هم در مناطقی که دارای فعالیت‌های صنعتی هستند بیشتر است (Mendil et al., 2010). از دیگر فاکتورهای افزایش غلظت فلزات سرب، نیکل، روی، آهن و مس شوری آب است که بیشتر تابع تغییرات جوی است به طوری‌که آب دریا در فصل زمستان کمترین و در تابستان بیشترین مقدار شوری را دارد. وجود رابطه مستقیم بین دما و شوری مبین این است که با افزایش دما، شوری نیز بالا می‌رود. با توجه به این که در فصل تابستان دمای هوا در گرم‌ترین روزها در مردادماه به ۴۵ درجه سانتی‌گراد نیز می‌رسد، در نتیجه میزان تبخیر بیشتر شده و میزان شوری نیز افزایش می‌یابد. خلیج فارس به دلیل این که در برخی از فصول سال به خصوص تابستان تحت تاثیر نفوذ آب دریای عمان و دیگر آب‌های ورودی به آن قرار می‌گیرد در اثر تغییرات شوری بعضی از فلزات تشکیل انعقاد داده و سریع‌تر رسوب می‌کنند (Karbassi, 2000). میگوها همانند سایر ماهیان و موجودات خونسرد تابع دمای محیط بوده و به دلیل افت دمایی در زمستان، این موجودات نیز دچار رخوت و سستی شده و کمتر برای تغذیه ازلانه‌های خود خارج گشته و ترجیح می‌دهند زمان بیشتری در لانه‌های خود باقی بمانند (Caran, 1943). از طرفی بیشتر میگوها دارای نیمه خواب زمستانی در طول زمستان هستند. و با شروع شدن فصل گرما و گرم شدن آب‌ها، آنها شروع به خزیدن و همچنین خوردن می‌کنند. میگوها احتمالا به دلیل این که در زمستان کمتر تغذیه می‌کنند، در فصل پاییز غذای بیشتری می‌خورند و چون در زمستان به علت کاهش فعالیت بدنی، سوخت و ساز بدن نیز کاهش می‌یابد، همین مقدار غذا با صید محدودی که در فصل زمستان انجام می‌دهند برای زندگی در زمستان برایشان کافی است. به دلیل فعالیت کمتر، تغذیه کمتر و خواب زمستانی و کمتر در دسترس بودن مواد غذایی در فصل زمستان نسبت به فصل تابستان غلظت فلزات سنگین در فصل تابستان نسبت به زمستان بیشتر است.

در مطالعه حاضر برای اولین بار برآورد میزان ورود و میزان خطر ناشی از فلزات سنگین نیکل، سرب، روی، آهن و مس در میگو انجام گرفت. نتایج تمام برآورد میزان ورود روزانه فلزات نشان داد که هیچ گونه خطری در اثر مصرف این گونه آبزی متوجه مصرف‌کنندگان نیست. البته باید توجه داشت که در میگو فلزات مختلف دیگری از قبیل جیوه و آلاینده‌های آلی مانند پلی‌آروماتیک هیدروکربن 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 گروه‌های مختلف مصرف‌کنندگان از جمله کودکان و زنان باردار انجام دهند و میزان تجمع فلزات سنگین سرطان‌زا و غیر سالیانه در ماهیان پرمصرف و تجاری را مورد بررسی قرار دهند. به دلیل این که آلاینده‌های مختلف از جمله آلاینده‌های حاصل از صنایع پتروشیمی، فعالیت‌های کشاورزی، فاضلاب‌های شهری به خلیج‌فارس وارد می‌شوند و با توجه به نقش و اهمیت عضله آبزیان در تغذیه انسان لازم است که مدیریت بهتر و موثرتری در جهت کنترل منابع آلاینده صورت گیرد.

یادداشت‌ها

1. Daily intake
2. RfD
3. Estimated Daily Intake
4. Food Ingestion Rate

فهرست منابع

Altindag, A. & Yigit, S. 2005. Assessment of heavy metal concentrations in the food web of lake Beyşehir, Turkey. Chemosphere, 60(4), pp.552-556.

Amini Ranjbar, G.h. & Sotodeh Nia, F. 2005. Accumulation of heavy metal in fish muscle tissue (*Mugil auratus*) Caspian Sea in connection with some biometrial profile (standard lengh, weight, age and gender). Iranian Fisheries Scientific Journal year XIV, 3, pp.1-19. (in Persian)

Asadi, E. & Dehgani Poshtrooei, R. 1996. Atlas of the Persian Gulf and Oman Sea fish, the Fisheries Research and Education Organization of Iran, Tehran, pp. 226. (in Persian)

Bellas, J.; Beiras, R.; Carlos, J. & Fernandez, N. 2005. Toxicity of organic compounds to marine invertebrate embryos and larve: A comparison between the Sea Urchin embryogenesis bioassay and alternative test species. Journal of Ecotoxicology, 14, pp. 337- 353.

Burger, J. & Gochfeld, M. 2005. Heavy metals in commercial fish in New Jersey. Environ Res, 5(3), pp. 1-10.

Caran, J. 1943. Crabs from the genus Uca from the west coast of central America. Zoological, 26, pp.145-208.

Celechovska, O.; Harkabusova, V.; Macharackova, B.; Vitoulova, E. & Lavickova, A. 2011. Accumulation of arsenic during the growing period of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Acta Veterinaria Brno, 80, pp 219–225.

Chen, M.H. 2002. Baseline metal concentration in sediments and fish and determination of bio indicators in the subtropical, Baseline Marine Pollution Bulletin, 44, pp. 703-714.

Daryalal, Kh.; Dadullahi, C.; Zolgarin, H. & Safahieh, A.R. 2011. Determine the accumulation of heavy metals including lead and chromium in blue swimming crab (*Portunus pelagicus*) in the Hormozgan province (city of Bandar Abbas). Fifth National Conference and Exhibition of Environmental Engineering.

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

Dural, M.; Goksu, M.Z.L. & Ozak, A.A. 2007. Investigation of heavy metal levels in economically important fish species from the Tuzla lagoon. Food Chemistry, 102, pp. 415- 421.

Fazeli, M.S.; Abtahi, B. & Sabbagh Kashani, A. 2005. Assessing Pb, Ni and Zn accumulation in the tissues of Liza aurata in the south Caspian Sea. Iranian Fisheries Scientific Journal, 14(1), pp.65-78. (in Persian)

Ghaedi, M.; Ahmadi, F. & Soylak, M. 2007**.** Simultaneous pre concentration of copper, nickel, cobalt and lead ions prior to their flame atomic absorption spectrometric determination. Annali di Chimica, 97, pp. 277–285. (in Persian)

Hamidi, Z. 2010. Measure and compare concentration of mercury, arsenic, cobalt, cadmium, vanadium, lead, total oil (TPH) and organ chlorine pesticides in fish muscle some Horolazim wetland. M.Sc. Thesis, Islamic Azad University, Science and Research, Ahwaz. (in Persian)

Karbassi, A. S. 2000. Standard concentration and origin of Ni- Zn- Cu- Co- Cd- V- Fe- Mn- Pb in surface sediments of Persian Gulf, Journal of Environmental Science and Technology. 5 (6), pp. 65-53. (in Persian)

Khoshnood, R. 2006. Rate accumulation of heavy metals (Ni,V, Cd, Pb, Hg) in two species of fish hoof Bandar Abbas and Bandar Length. M.Sc. Thesis, Islamic Azad University, Ahwaz, 73pp. (in Persian)

Lamanso, R.; Cheung, Y., & Chan, K. M. 1999. Metal concentration in the tissues of rabbitfish collected from Tolo Harbour in Hong kong, Marine Pollution Bulletin, 39, 123-134 pp.

Mendil, D.; Unal, O.F.; Tuzen, M. & Soylak, M. 2010. Determination of trace metals in different fish species and sediments from the river Yesilirmak in Tokat, Turkey. Food and Chemical Toxicology, 48, pp.1383-1392.

Mohammadi, M. 2011. Accumulation of heavy metals cadmium, lead, nickel, mercury in tissues of liver, gill and muscle in fish Barbus Karoon and Dez River. M.Sc. Thesis, Islamic Azad University, Science and Research, Ahwaz. (in Persian)

Moopam, 1999. Manual of oceanographic observations and pollutant analysis methods. 3rded, Kuwait, 321pp.

Moselhy, M.; Othman, A.I.H.; Abd El-Azem, H. & El-Metwally, M.E.A. 2014. Bioaccumulation of heavy metals in some tissues of fish in the Red Sea, Egypt. Egypt. J. Basic. Appl. Sic, 1, pp. 97 -105. (in Persian)

Naseri, M. 2005. Evaluation of heavy iron, copper, zinc, magnesium, manganese, mercury, lead and cadmium content in edible and non-edible mullet fish species of Bushehr coast, MSc thesis, Khorramshahr Marine Science and Technology University. (in Persian)

Ruangsomboom, S. & Wongrat, L. 2006. Bioaccumulation of cadmium in an experimental aquatic food chain involving phytoplankton (*Chlorella vulgaris*), zooplankton (*Moina macrocopa*), and the predatory catfish *Clarias macrocephalus* and *C. gariepinus*. Aquatic Toxicol, 78(1), pp.15-18.

Zhou, F.; Guo, H. & Hao, Z. 2007. Spatial distribution of heavy metals in Hong Kong's marine sediments and their human impacts: A GIS based chemometric approach. Marine Pollution Bulletin, 54: pp.1372- 1384.