Journal of Marine Medicine
Spring 2019, Volume 1, Issue 1
Pages: 46-53
10.30491/1.1.46

Bio-monitoring of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs), lead and cadmium in *Amisten umbonella, Fenneropenaeus merguiensis*, and *Pseudorhombus elevatus*, in order to assess environmental contamination in Hormozgan waters

Ali Mehrabi Tavana [1], Masoumeh Yousefpour [2*]

[1] *Health Research Center, Baqiyatallah University of Medical Sciences, Tehran, Iran*
[2] *Islamic Azad University, Science Research Branch, Tehran, Iran*

Received: 21 April 2019 **Accepted:** 11 June 2019

Abstract

Background and Aim: The coastal waters of Hormozgan province are affected by the environmental pollution of the Persian Gulf due to oil and gas industries. The present study aimed to bio-monitor pollutants in *Amiantis umbonell* (oysters), *Fenneropenaeus merguiensis* (shrimp), *Pseudorhombus elevatus* (fish), selected as bioindicators of this area.

Methods: Sampling was performed from 8 selected stations on the coast of Hormozgan in summer and winter 2018. Thirty samples of *Amiantis umbonella*, 15 of *Fenneropenaeus merguiensis*, and 15 of Pseudorhombus elevatus were collected. Sampling and anlayses were performed according to standard methods of Manual of oceanographic observations and pollutant analyses methods (MOOPAM). Gas Chromatography-Mass Spectrometry (GC-Mass) was used to measure the PAHs, and AAS (Atomic Absorption Spectrophotometry) was used for measuring lead and cadmium.

Results: Finding showed that in fish muscle, there was no lead (0.45±0.1) or cadmium (0.07±0.01) contamination, but that there was moderate contamination of PAH (998 ± 1.0). The muscle and shell of shrimp had high levels of contamination with lead (4.91±0.7), (4.31±0.9) and PAH (1505±1.0), (1335±1.0) and low infection (1.01±0.6) and moderate cadmium levels (2.78 ± 0.6). Oyster soft tissue was moderately contaminated with lead (2–5) and PAH (380±0.1) but there was no evidence of cadmium contamination (≥0.5). Overall, cadmium contamination (≥0.5) in the samples was low, but contamination with lead (> 3) and PAH (426±1.0) were moderate to high.

Conclusion: The findings of this study indicate that the measured concentrations of heavy metal elements and PAHs in fish, shrimps and oyesters are more than the recommended values and, therefore these species should be consumed with cautioun.

Keywords: Bio-monitoring, Bioindicator, *Pseudorhombus elevatus*, *Fenneropenaeus merguiensis*, *Amiantis umbonella*

[*]**Corresponding author:** Masoumeh Yousefpour, **Email**: dr_yousefpour@yahoo.com
Address: Islamic Azad University, Science Research Branch, Tehran, Iran.

مجله طب دریا
دوره ۱، شماره ۱، بهار ۱۳۹۸
صفحات: ۵۳-۴۶
10.30491/1.1.46

پایش زیستی هیدروکربن‌های آروماتیک حلقوی (PAHs)، سرب و کادمیوم در دوکفه خوراکی *Amiantis umbonella*، میگوی موزی *Fenneropenaeus merguiensis*، کفشک باله کوتاه *Pseudorhombus elevatus* به منظور ارزیابی آلودگی‌های زیست محیطی در آب‌های هرمزگان

علی مهرابی توانا [۱]، معصومه یوسف پور [۲*]

[۱] مرکز تحقیقات بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی بقیه الله، تهران، ایران
[۲] دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم تحقیقات، تهران، ایران

دریافت مقاله: ۱۳۹۸/۰۲/۰۱ **پذیرش مقاله:** ۱۳۹۸/۰۳/۲۱

چکیده

زمینه و هدف: آب‌های ساحلی استان هرمزگان تحت تأثیر آلودگی های زیست محیطی خلیج فارس ناشی از صنایع نفت و گاز می‌باشد. در مطالعه حاضر به منظور پایش زیستی آلاینده‌ها، از دوکفه خوراکی *Amiantis umbonella*، میگوی موزی *Fenneropenaeus merguiensis*، کفشک باله کوتاه *Pseudorhombus elevatus* بعنوان شاخص زیستی منطقه، استفاده شد.

روش‌ها: نمونه‌برداری از ۸ ایستگاه منتخب در سواحل هرمزگان، در تابستان و زمستان ۱۳۹۵ انجام شد. تعداد ۳۰ عدد دوکفه خوراکی، ۱۵ عدد میگوی موزی و ۱۵ عدد کفشک ماهی جمع آوری شد. نمونه برداری و آزمایشات طبق روش استاندارد MOOPAM انجام شد. برای اندازه گیری PAHs از دستگاه گاز کروماتوگرافی طیف سنج جرمی Gas Chromatography -Mass Spectrometry (GC-Mass) و برای اندازه گیری فلزات سنگین سرب و کادمیوم از دستگاه اسپکتروفتومتری جذب اتمی (Atomic absorption spectrophotometery AAS استفاده گردید.

یافته‌ها: عضله ماهی فاقد آلودگی سرب (۰/۱±۰/۴۵) و کادمیم (۰/۰۱±۰/۰۷) است اما آلودگی متوسط PAH (۰/۱±۹۹۸) را دارد. عضله و پوسته میگو آلودگی زیاد با سرب (۰/۷±۴/۹۱) و (۰/۹±۴/۳۱) و PAH (۰/۱±۱۵۰۵) و (۰/۱±۱۳۳۵) و آلودگی کم (۰/۶±۱/۰۱) و متوسط (۰/۶±۲/۷۸) با کادمیم دارد. بافت نرم دوکفه‌ای آلودگی متوسط به سرب (۵-۲) و PAH (۰/۱±۳۸۰) و فاقد آلودگی کادمیم (<۰/۰۵) بود. آلودگی کادمیم (<۰/۰۵) در نمونه های مورد بررسی، به میزان کم ثبت شد اما آلودگی سرب (<۳) و PAH (۰/۱±۴۲۶) متوسط تا زیاد بود.

نتیجه‌گیری: نتایج به دست آمده در این مطالعه بیانگر بالاتر بودن میزان غلظت اندازه گیری شده عناصر فلزات سنگین و PAHs در دوکفه خوراکی، میگوی موزی، کفشک باله کوتاه در مقایسه با مقادیر توصیه شده و در نتیجه آلودگی نسبی گونه ها به این آلاینده ها می‌باشد؛ بنابراین باید مصرف این گونه ها باید با احتیاط بیشتری همراه باشد.

کلیدواژه‌ها: پایش زیستی، بیواندیکاتور، کفشک ماهی، میگوی موزی، دوکفه‌ای.

*نویسنده مسئول: **معصومه یوسف پور**. پست الکترونیک: dr_yousefpour@yahoo.com
آدرس: دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم تحقیقات، تهران، ایران.

مقدمه

خلیج فارس، حوضه آبی کم عمق، با عمق متوسط ۳۵-۴۰ متر و مساحتی در حدود ۲۴۰ کیلومتر مربع است. زمان تعویض آب در این حوضه بین ۳ تا ۵ سال است که نشان می دهد آلاینده ها برای زمان قابل ملاحظه ای در خلیج فارس باقی می مانند. بخشهای شمالی به دلیل عمق کم، چرخش محدود، شوری و دمای بالا به میزان بیشتری تحت تاثیر آلاینده ها هستند. از طرفی با توجه به وقوع حوادث مختلف در این منطقه طی دهه‌های اخیر، مانند بزرگترین ریزش نفتی دنیا در سال ۱۹۹۱، تردد کشتی ها، و ورود آلودگیهای نفتی این منطقه دچار بحران شده است. بطور کلی حدود یک سوم از حمل و نقل نفتی کل جهان، در خلیج فارس انجام می‌شود. در مناطق مختلف خلیج فارس آلودگی نفتی به همراه سایر آلودگیهای شهری، کشاورزی و صنعتی سبب تخریب این اکوسیستم و منابع با ارزش آبزیان موجود در آن، شده است. آلودگی نفتی موجب گردیده تا میزان زیادی از ترکیبات مختلف هیدروکربن‌های آروماتیک چند حلقه ای و فلزات سنگین که از ترکیبات مهم موجود در نفت خام محسوب می شوند، وارد اکوسیستم های آبی گردند (۲و۱).

هیدروکربن هابی آروماتیک چند حلقه ای (polycyclic aromatic hydrocarbons) که اختصارا PAHs نامیده می شوند، دسته بزرگی از سرطان زاهای محیطی هستند که به صورت محلول یا معلق در محیط های آبی باقی مانده و یا توسط خورده شدن بوسیله موجودات دریایی جذب می‌شوند. این ترکیبات می‌توانند آلودگیهای قابل توجهی را در محیط های دریایی ایجاد کرده و اثرات نامطلوبی را روی موجودات آبزی بر جای گذارند (۳). خلیج فارس حاوی مقادیر زیاد PAHs و همه ۱۶ ترکیب خطرناک سرطانزایی است که توسط آژانس بین المللی حفاظت محیط زیست (EPA US Environmental Protection Agency) و (WHO World Health Organization) گزارش شده است (۴).

فلزات سنگین، عناصر غیرقابل تجزیه‌ای هستند که در سواحل دریاها به صورت طبیعی دیده می‌شوند. آنها، در اشکال کاتیونی که توانایی اتصال به زنجیره‌های کربنی کوتاه را دارند، برای ارگانیسم‌های زندهٔ دریایی، خطرناک هستند. در این اشکال، آنها در ارگانیسم‌های دریایی فزون زیستی (bioaccumulate) یافته و برای سال‌ها انباشته می‌شوند (۴).

سرب یکی از فلزات سنگین است که عوارض نامطلوبی برای سلامتی انسان دارد. اختلال بیوسنتز هموگلوبین و کم خونی، افزایش فشار خون، آسیب به کلیه، سقط جنین و نارسی نوزاد، اختلال سیستم عصبی، آسیب به مغز، ناباروری مردان، کاهش قدرت یادگیری و اختلالات رفتاری در کودکان از عوارض منفی افزایش غلظت سرب در بدن است. ماهی‌های آب شیرین قادرند سرب را به صورت یون در خود جمع کنند. بسیاری از نرم‌تنان هم قادرند مقدار زیادی سرب آب دریا را در بافت‌های نرم خود ذخیره کنند. به طوری که مقدار ذخیره شده سرب در صدف آنها ۱۰۰۰ بار بیشتر از سرب موجود در دریا می باشد (۵).

کادمیوم در اکوسیستم های آبی در صدف، میگو، خرچنگ و ماهی ها تجمع می یابد. مسمومیت ناشی از کادمیوم تا حدودی مشابه آرسنیک است. تماس بدن با کادمیوم، سبب افزایش دفع گلوکز، پروتئین و اسید اوریک می شود. کادمیوم با غلظت زیاد سبب ذات الریه حاد و مسمومیت همراه با تهوع، استفراغ، اسهال، آسیب احتمالی به سلولها و سرطان می شود (۶).

هیدروکربن ها و فلزات سنگین پس از ورود به اکوسیستم آبی در بافت و اندام موجودات آبزی تجمع می یابند و در جریان چرخه‌های زیستی، این مواد به سطوح بالاتر و در نهایت به انسان منتقل می شوند. مقدار این آلاینده ها معمولاً به دلیل تجمع زیستی در بدن آبزیان بسیار بالاتر از محیط اطراف است و چون بسیاری از گونه های دریایی مورد تغذیه انسان قرار می گیرند، دانستن مقادیر طبیعی، یا حداقل غلظت ثابتشان در یک محیط دریایی برای تعیین و ارزیابی آلودگی ضروری است (۷).

برای تعیین تأثیر آلودگی، منابع و غلظت آلاینده‌ها در محیط‌های آبی نیاز به ارزیابی و پایش محیط است. میزان آلودگی محیط‌های آبی می تواند توسط آنالیز آب، رسوبات و موجودات زنده دریایی (بیواندیکاتورها) تعیین شود (۸).

بیواندیکاتورها، موجودات زنده برای ارزیابی مجموع اثرات آلودگی‌های شیمیایی و تغییرات زیستگاه در طول زمان هستند. استفاده از بیواندیکاتورها از نظر اقتصادی نسبت به اندازه گیری کلاسیک صرفه بیشتری داشته و مزایای دیگری نیز دارد. اول اینکه بیواندیکاتورها شرایط زیست محیطی را در زمان های حال، گذشته و آینده تواماً ارزیابی می کنند. مزیت دیگر استفاده از بیواندیکاتورها توانایی آنها برای نشان دادن اثرات زیستی غیرمستقیم آلودگی ها است (۹). در مطالعه حاضر ارگانیسم های آبزی شامل دوکفه‌ای خوراکی *Amiantis umbonella*، میگوی موزی *Fenneropenaeus merguiensis* و کفشک ماهی باله کوتاه *Pseudorhombus elevates* بعنوان بیواندیکاتورها بررسی شده اند (شکل-۱).

استان هرمزگان با دارا بودن بیشترین مرز ساحلی و وجود صنایع مختلف و پالایشگاه ها و مجتمع کشتی سازی از نظر اقتصادی حائز اهمیت است. به همین دلیل بررسی وضعیت آلودگیهای نفتی و فلزات سنگین و ایجاد برنامه های پایش محیط زیست و مدیریت حفاظت در این مناطق امری لازم و اجتناب ناپذیر می باشد. در این تحقیق سعی بر آن است تا میزان PAH، سرب و کادمیوم به عنوان یکی از مهم ترین آلاینده‌ها در بافت دوکفه‌ای خوراکی *Amiantis umbonella*، میگوی موزی *Fenneropenaeus merguiensis* و کفشک ماهی باله کوتاه *Pseudorhombus elevatus* اندازه گیری شود.

دوکفه‌ای *Amiantis umbonella* | میگوی موزی *Fenneropenaeus merguiensis* | کفشک ماهی باله کوتاه *Pseudorhombus elevatus*

شکل-۱. بیواندیکاتورهای مورد بررسی در مطالعه حاضر

روش‌ها

نوع مطالعه: مطالعه حاضر از نوع آزمایشگاهی می باشد.

مکان و زمان مطالعه: سواحل استان هرمزگان (بندرعباس) و طی سالهای ۱۳۹۵ می باشد.

جامعه و نمونه آماری: نمونه برداری از بافتهای زنده در دوکفه‌ای خوراکی *Amiantis umbonella*، میگوی موزی *Fenneropenaeus merguiensis* و کفشک ماهی باله کوتاه *Pseudorhombus elevatus* در سواحل استان هرمزگان (بندرعباس) و از ۸ ایستگاه منتخب انجام شد.

روش اجرای پژوهش: مراحل اجرایی به دو بخش عملیات میدانی و عملیات آزمایشگاهی تفکیک شد. پیش از شروع عملیات میدانی اطلاعات موجود در مورد منطقه نمونه برداری شامل نقشه های دریایی، نقشه های آب و هوایی، جدول جزر و مد روزانه مربوط به روزهای نمونه برداری و اطلاعات محلی در حد امکان جمع آوری و مورد بررسی قرار گرفت.

عملیات میدانی (شرایط محیط طبیعی): تعداد ۸ ایستگاه منتخب در سواحل استان هرمزگان (بندرعباس) بر اساس میزان آلودگی و پراکنش موجود در منطقه انتخاب گردید. به دلیل این که هرمزگان استانی است که دارای دو فصل گرم و سرد و میانگین دمای آب ۲۸/۶ درجه سانتیگراد و محدوده جزر و مد سالانه ۳/۸ متر می باشد، بنابراین دو فصل نمونه برداری در تابستان و زمستان در نظر گرفته شد. ۳ تکرار برای هر ایستگاه انجام شد.

گونه‌های بیواندیکاتور: در مطالعه حاضر گونه‌های بیواندیکاتور نیز با توجه به گستردگی و عدم تحرک زیاد و نحوه تغذیه و زندگی در بستر دریا و ارتباط با رسوبات و نیز نقش مهم آن در زنجیره غذایی انتخاب شدند. گونه‌های نمونه برداری شده هم اندازه با گونه موجود در بازار بود.

گونه‌های آبزی شامل دوکفه‌ای خوراکی *Amiantis umbonella* از نرم تنان، میگوی موزی *Fenneropenaeus merguiensis* از سخت پوستان دریازی، کفشک ماهی باله کوتاه (*Pseudorhombus elevatus*) از ماهی ها بود.

جمع آوری گونه ها: تعداد ۶۰ عدد دوکفه ای توسط دست از اعماق ۳ تا ۸ سانتیمتری بسترهای گلی- ماسه ای منطقه بین جزر و مدی جمع آوری شد و به مدت ۲۴ ساعت در آب دریا قرار گرفت تا دستگاه گوارش آنها تصفیه شود و سپس در ۲۰- درجه سانتیگراد منجمد و برای زیست سنجی و انجام آزمایشات مربوط به سنجش آلاینده ها نگهداری شدند.

همچنین از ایستگاه های مورد نظر تعداد ۱۵ عدد ماهی و ۱۵ عدد میگوی موزی صید و در یخدان قرار داده شد و به آزمایشگاه منتقل گردید. پس از زیست سنجی اولیه در دمای ۲۰ – نگهداری و پس از تشریح برای اندازه گیری آلاینده ها آماده شدند.

نمونه ها بطور تصادفی جمع آوری و در یخدان مخصوص نمونه برداری به آزمایشگاه منتقل شدند.

نمونه برداری بافت زنده: بافتهای خوراکی جهت آنالیز آلودگی ها برداشت شد. بدین ترتیب، بافت ماهیچه ای در کفشک ماهی باله کوتاه و میگوی موزی، پوست میگوی موزی و تمام بافت نرم و پوسته دوکفه‌ای خوراکی مورد آنالیز قرار گرفت.

درصد رطوبت در نمونه های مختلف متفاوت و در مجاورت هوا دائماً در حال تغییر بود، لذا آنالیزها بر اساس وزن خشک ثابت ارائه شد. برای خشک کردن نمونه ها از روش انجماد (Freeze Dry) استفاده شد تا ترکیبات آروماتیک فرار، حفظ شوند. نمونه های خشک شده توسط هاون پودر و سپس الک شدند. برای هضم نمونه مقدار ۰/۵ گرم از ماده خشک شده را درون ظروف پلاستیکی ریخته و روی حمام آبی با دمای داخلی ۱۰۰ درجه سانتیگراد قرار گرفت. به ترتیب با ۵ میلی لیتر اسید فلوئوریک، ۱۰ میلی لیتر اسید نیتریک و ۸ میلی لیتر اسید کلریدریک نمونه ها هضم شدند. نمونه های هضم شده را از کاغذ صافی عبور داده و توسط اسید نیتریک ۰/۰۴ به حجم ۲۰ میلی لیتر رسانده شدند (۱۰). محلول استاندارد هر فلز از محلول ۱۰۰۰ پی پی ام هر فلز تهیه شد.

شرایط آزمایشگاهی: برای اندازه گیری PAHs از دستگاه گازکروماتوگرافی طیف سنج جرمی- Gas Chromatography Mass Spectrometry (GC-Mass) و برای اندازه گیری فلزات سنگین سرب و کادمیوم از دستگاه اسپکتروفتومتری جذب اتمی AAS (Atomic absorption spectrophotometery) استفاده گردید. صحت سنجی دستگاه نیز ۹۵-۹۰ درصد اندازه گیری شد. غلظتهای فلزات سنگین در بافت (میلی گرم بر کیلوگرم) بر اساس وزن خشک ارزیابی شد و غلظت PAH نانوگرم بر گرم وزن خشک ارائه شد.

میزان آلودگی: شاخص ژئوشیمیایی میزان آلودگی عناصر سرب و کادمیوم از صفر تا ۵ به بالا به ترتیب جدول-۱ طبقه بندی شد (۱۱).

طبق جدول-۲ و بر اساس تقسیم بندی Baumard و همکاران میزان آلودگی بر مبنای غلظت PAH ها به چهار گروه تقسیم بندی شدند (۱۲).

جدول-۱. شاخص ژئوشیمیایی (Geochemical I_{geo}: Accumulation Index) میزان آلودگی عناصر سرب و کادمیوم

درجه آلودگی	
آلودگی بسیار شدید	5<
آلودگی شدید	4-5
آلودگی زیاد	3-4
آلودگی متوسط	2-3
آلودگی کم	1-2
فاقد آلودگی	0-1>

جدول-۲. تقسیم بندی میزان آلودگی بر مبنای غلظتPAH

درجه آلودگی	غلظت PAH
کم	۰-۱۰۰ نانوگرم بر گرم وزن خشک
متوسط	۱۰۰-۱۰۰۰ نانوگرم بر گرم وزن خشک
زیاد	۱۰۰۰-۵۰۰۰ نانوگرم بر گرم وزن خشک
خیلی زیاد	بیشتر از ۵۰۰۰ نانوگرم بر گرم وزن خشک

روش تجزیه و تحلیل اطلاعات: تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها با نرم افزار SPSS۱۸ انجام شد.

ملاحظات اخلاقی: در مطالعه حاضر اصول دستورالعمل اخلاقی کار با حیوانات آزمایشگاهی در چهار زمینه حمل و نقل حیوانات، نگه‌داری، نیروهای مراقب حیوانات و کاربران پژوهش رعایت شد.

نتایج

در مطالعه حاضر ۸ ایستگاه منتخب در سواحل بندرعباس جهت نمونه برداری گونه های دریایی بررسی شد. میانگین طول دوکفه‌ای ۶±۳۵/۲ میلیمتر و میانگین وزن آن ۳±۲۶/۱ گرم بود.

میانگین میزان PAH، سرب و کادمیوم در بافت های دوکفه‌ای خوراکی *Amiantis umbonella*، میگوی موزی *Fenneropenaeus merguiensis* و کفشک ماهی باله کوتاه *Pseudorhombus elevatus* در جدول-۳ ارائه شده است.

باتوجه به نقطه برش برای آلودگی، جدول-۴ ارائه شده است که مطابق آن، عضله ماهی فاقد آلودگی سرب و کادمیم است، اما آلودگی متوسط PAH را دارد. عضله و پوسته میگو آلودگی زیاد با سرب و PAH و آلودگی کم و متوسط با کادمیم داشت. بافت نرم دوکفه‌ای خوراکی آلودگی متوسط به سرب و PAH و فاقد آلودگی کادمیم بود. آلودگی کادمیم در نمونه های مورد بررسی، به میزان کم ثبت شد اما آلودگی سرب و PAH متوسط تا زیاد ثبت شد.

جدول-۳. میانگین میزان PAH، سرب و کادمیوم در بافت های مختلف گونه های موردمطالعه

	سرب	کادمیم	PAH
عضله ماهی	۰/۴۵±۰/۱	۰/۰۷±۰/۰۱	۹۹۸±۰/۱
عضله میگو	۴/۹۱±۰/۷	۲/۷۸±۰/۶	۱۵۰۵±۰/۱
پوسته میگو	۴/۳۱±۰/۹	۱/۰۱±۰/۶	۱۳۳۵±۰/۱
دوکفه‌ای بافت نرم	۲-۵	۰/۰۵>	۳۸۰±۰/۱
دوکفه‌ای پوسته	۳>	۰/۰۵>	۴۲۶±۰/۱

جدول-۴. میزان آلودگی PAH، سرب و کادمیوم در بافت های مختلف گونه های موردمطالعه

	سرب	کادمیم	PAH
عضله ماهی	فاقد آلودگی	فاقد آلودگی	آلودگی متوسط
عضله میگو	آلودگی شدید	آلودگی متوسط	آلودگی زیاد
پوسته میگو	آلودگی شدید	آلودگی کم	آلودگی زیاد
بافت نرم دوکفه‌ای	آلودگی متوسط	فاقد آلودگی	آلودگی متوسط
پوسته دوکفه‌ای	آلودگی متوسط	فاقد آلودگی	آلودگی متوسط

بحث

اکوسیستم منطقه ساحلی بندرعباس به علت عمق کم آب، نیمه بسته بودن آن، محدودیت ورود منابع، تبخیر زیاد و وجود مناطق حساس، آسیب پذیر و شکننده می باشند، لذا شناسایی و بررسی آلودگی ناشی از فلزات سنگین و PAHs در آبزیان این منطقه اهمیت بسزایی دارد. در مطالعه حاضر، میزان PAH، سرب و کادمیوم در بافت دوکفه‌ای خوراکی *Amiantis umbonella*، میگوی موزی *Fenneropenaeus merguiensis* و کفشک ماهی باله کوتاه *Pseudorhombus elevatus* اندازه گیری شد.

دوکفه ای *Amiantis umbonella* در سواحل گلی - ماسه‌ای قسمت‌های شمالی خلیج فارس، بندرعباس حضور دارد و یکی از گونه‌های فراوان در این مناطق می‌باشد. این گونه توسط صیادان محلی به منظور استفاده غذایی و همچنین طعمه در ماهی‌گیری مورد برداشت قرار می‌گیرند. امروزه در کشورهای مختلف در سطح وسیع از این جانداران بعنوان شاخص‌های آلودگی زیست محیطی استفاده می‌شود. این دوکفه ای ها مواد غذایی را فیلتر می‌کنند و برخی از آنها قادرند میزان فلزات سنگین را در بدن خود تا چندین برابر محیط تغلیظ نمایند، لذا با بررسی میزان فلزات در بدن آنها تا حدودی می‌توان به آلودگی های محیطی پی برد (۱۳). در مطالعه حاضر بافت نرم دوکفه‌ای آلودگی متوسط به سرب و PAH و فاقد آلودگی کادمیم بود.

دوکفه ای ها نسبت به ماهی ها و دیگر آبزیان توانایی کمی در متابولیزم PAHs دارند. لذا نقش مهمی در تجمع دادن و انتقال

آلاینده ها به سطوح بالای اکوسیستم و حتی انسان ایفا می کنند. از سوی دیگر این موجودات در مطالعات پایش زیستی (Biomonitoring) و تجمع زیستی (Bioaccumulation) آلودگی PAHs در سواحل استفاده وسیعی دارند (۱۴). در مطالعه محمودی و همکاران، در صدف تابوت موجدار *Barbatia helblingii* در سواحل بوشهر میانگین غلظت PAHs کل ۴۲۳/۴ نانوگرم بر گرم بود که در مقایسه با سایر مطالعات انجام شده در خلیج فارس و سایر نقاط دنیا در حد نیمه آلوده تا آلوده می‌باشد (۱۵). Tolosa و همکاران غلظت ترکیبات PAHs را در دوکفه‌ای *Circentia callipyga* در سواحل قطر ۱۰۵ نانوگرم بر گرم و در دوکفه‌ای صخره زی *Saccostrea cucullata* در سواحل عمان ۶۶ نانوگرم برگرم گزارش نمودند (۱۶).

در مطالعه حاضر الگوی تجمع فلزات در بافت نرم دوکفه ای *A. umbonella* به صورت سرب بیشتر از کادمیم بود. در مطالعه سعیدی و همکاران نیز همین الگوی تجمع فلزات در بافت نرم دوکفه ای ثبت شد (۱۷). این تفاوتها در الگوی تجمع فلزات در گونه های مختلف احتمالاً ناشی از تفاوت‌های فردی گونه‌ای، تفاوتهای فیزیولوژیکی و متابولیکی، مکان زندگی و همین‌طور شیوه زندگی این گونه ها می باشد.

میگوی موزی مهمترین گونه میگو در استان هرمزگان می‌باشد و از نظر فراوانی حدود ۶۰ درصد از کل صید میگو را شامل می‌گردد. مدیریت ذخائر میگو در هرمزگان بر گونه موزی استوار است. میگوی موزی در دریا زندگی (اعماق ۵ تا ۶۰) و تخم‌ریزی می‌کند. شرایط محیطی مانند درجه حرارت، شوری و بارندگی بر اندازه و فراوانی میگوها در این مناطق تاثیرگذار است (۱۹).

در این مطالعه تجمع یونهای فلزی سرب و کادمیوم و PAHs در بافت عضله و پوسته میگوی موزی به سبب نقش ارزشمند وجود میگوی سالم در سبد غذایی خانوار و لزوم اطمینان از سلامت آن مورد بررسی قرار گرفت. نتایج این مطالعه نشان داد که میانگین غلظت این عناصر در عضله میگوهای صید شده بیشتر از پوسته آنها بوده است که می‌تواند ناشی از تمایل این فلزات به تجمع در بافت‌های پر تحرکِ میگو باشد و این بیانگر بیشتر بودن میزان دریافت و جذب عناصر سنگین توسط میگو در بافت عضله نسبت به پوسته است که به دلیل تفاوت در ساختار و نوع بافت پوسته و عضله می باشد. در مطالعه حاضر عضله و پوسته میگو آلودگی زیاد با سرب و PAH و آلودگی کم و متوسط با کادمیم داشت.

در بررسی موحد و همکاران غلظت کادمیوم در میگوهای دریایی و پرورشی آب‌های سواحل بوشهر، بیش از حداکثر مجاز آن برای مصارف انسان بود (۲۰). در تحقیقی از اکبری آدرگانی و همکاران در میگوی ببری سبز صید شده از آبهای سواحل خلیج فارس، میانگین غلظت تمامی عناصر در عضله میگو بیشتر از پوسته بوده است (۲۱). در مطالعه ای از کارگر و همکاران غلظت عناصر کادمیوم، نیکل، سرب و وانادیوم در عضله و پوسته میگوی سفید هندی (Fenneropenaeus indicus) در شیراز اندازه‌گیری شد و نتایج به دست آمده در این مطالعه بیانگر بالاتر بودن میزان غلظت اندازه‌گیری شده عناصر و در نتیجه فلزات سنگین در میگوی سفید هندی در مقایسه با مقادیر توصیه شده استاندارد WHO/FAO و در نتیجه آلودگی نمونه‌ها به این عناصر می‌باشد. بنابراین باید مصرف این گونه با احتیاط همراه باشد (۲۲).

میزان تجمع فلزات سنگین در بافت‌ها و اندام‌های مختلف به نقش فیزیولوژی آنها بستگی دارد. لایه حفاظتی اپیتلیوم در قسمت خارجی پوست به طور موثری مانع نفوذ فلزات سنگین به درون پوسته می شود. به همین دلیل پوسته قابلیت کمتری در نفوذ و جذب فلزات سنگین در مقایسه با عضله دارد. همچنین متابولیسم طبیعی میگو ایجاب می‌کند فلزات ضروری می بایست از آب، غذا و یا رسوبات جذب شوند. فلزات سنگین و غیرضروری نیز از همین راه جذب و در بافت آبزیان ذخیره می گردد.

کفشک ماهیان کوتاه باله پراکنش متمرکز در اقیانوس‌های اطلس، آرام و هند دارد. حداکثر طول بدن ۴۰ سانتیمتر بوده و متوسط اندازه آنها زیر ۲۵ سانتیمتر است. جزو ماهیان ارزشمند شیلاتی بوده و بصورت تازه یا منجمد مورد استفاده قرار می‌گیرد (۲۳). در مطالعه حاضر، نتایج حاصل از تجزیه نمونه بافت‌های عضله ماهی فاقد آلودگی سرب و کادمیم است اما آلودگی متوسط PAH را دارد.

Tolosa و همکاران مقدار کل ترکیبات PAHs را در ماهی *Epinephelus coicoids* سواحل جنوبی خلیج فارس در محدوده بین ۲۹/۶–۱۱/۸ ppb تعیین نمودند (۱۶).

Denton و همکاران در تحقیق خود بر روی بررسی میزان تجمع ترکیبات مختلف PAHs در ماهیان بنادر مختلف جزیره میکرونزی دریافتند که میزان تجمع این ترکیبات در ماهی *Acanthurus xanthopterus* برابر با 64ppb و در ماهی *Monodactylus argenteus* برابر با 37ppb است (۲۴).

ممکن است ماهیانی که در خلیج فارس در معرض نفت و PAHs قرار می‌گیرند، اثرات زیرکشنده آنرا در یک دوره زمانی تحمل کنند و در نتیجه تشخیص آلودگی آنها به PAHs مشکل باشد. ممکن است تأثیر PAHs بر روی جمعیت های ماهیان خلیج‌فارس در طولانی مدت ظاهر شود، بطوری‌که در سال‌های آتی شاهد علایم سوء بیان شده فوق در ماهیان خلیج فارس باشیم. آلاینده های نفتی بطور پیوسته از راههای مختلف وارد اکوسیستم خلیج فارس شده و بطور مداوم به مقدار آنها افزوده می شود. نتایج بدست آمده از تحقیقات گذشته نیز نشان می دهد که غلظت هیدروکربن های نفتی در مناطق ساحلی خلیج فارس و رسوبات دور از ساحل آن و ماهیها با گذشت زمان در حال افزایش است (۲۷–۲۵). از این رو مصرف ماهیان آلوده به PAHs که دارای ترکیبات سرطانزا هستند، می تواند برای انسان نیز خطرناک باشد

و این مسئله در مورد ماهیان کفشک که از ارزش غذایی بالایی برخوردار هستند و در سواحل جنوبی کشور به مقدار زیاد توسط مردم محلی مورد استفاده قرار می گیرند نیز صادق است.

توانایی موجودات برای جذب، تجمع برداشت یا سم زدایی فلزات سنگین به طور اساسی با هم فرق می کند. گونه هایی که دارای مقادیر مشخصی از متالوتیونئینها و لیزوزومها باشند، می‌توانند سمیت این فلزات را از بین ببرند. بر اساس نتایج به دست آمده، یکی از دلایل احتمالی نوسان های تجمع این فلزات سنگین در گونه های مختلف ماهی را می توان به این امر نسبت داد (۲۸).

با توجه به مقادیر بدست آمده از تجمع فلزات سنگین در گونه مورد بررسی در این مطالعه و مقایسه آنها با استانداردهای جهانی هیچ یک از فلزات کادمیوم و سرب در بافت عضله کفشک ماهی در حد خطرناک برای مصارف انسانی نیستند.

تحقیقات نشان می دهد که تجمع فلزات سنگین در بافت به عوامل مختلفی از جمله غلظت فلزات در آب و مدت زمانی که در معرض فلزات قرار می‌گیرند بستگی دارد. عوامل محیطی دیگر مانند شوری، pH، سختی و درجه حرارت نیز نقش مهمی در تجمع فلزات سنگین ایفا می کند.

نتیجه‌گیری

با توجه به مقادیر بدست آمده از تجمع فلزات سنگین سرب و کادمیم و PAHs در گونه‌های دوکفه خوراکی، میگوی موزی، کفشک باله کوتاه، بیانگر بالاتر بودن میزان این آلاینده ها در گونه‌های مورد بررسی در مقایسه با مقادیر توصیه شده است و آلودگی نسبی گونه ها را به این آلاینده ها تداعی می‌کند؛ بنابراین باید مصرف این گونه ها با احتیاط همراه باشد.

تشکر و قدردانی: از همکاران آزمایشگاه جهت همکاری در انجام مطالعات صمیمانه قدردانی می‌گردد.

تضاد منافع: نویسندگان تصریح می‌کنند که هیچ‌گونه تضاد منافعی در مطالعه حاضر وجود ندارد.

منابع

1. Pourang N, Nikouyan A, Dennis JH. Trace element concentrations in fish, surficial sediments and water from northern part of the Persian Gulf. Environmental monitoring and assessment. 2005; 109(1-3):293-316.
2. Sheppard CR. Physical environment of the Gulf relevant to marine pollution: an overview. Marine Pollution Bulletin. 1993 ;27:3-8.
3. Winiarczyk B, Namysłowski G, Oleksiak M. The concentration of the chosen smoke toxicity biomarkers among smokers suffering from larynx cancer. Otolaryngologia polska= The Polish otolaryngology. 2007;61(1):39-46.
4. Abdollahi S, Raoufi Z, Faghiri I, Savari A, Nikpour Y, Mansouri A. Contamination levels and spatial distributions of heavy metals and PAHs in surface sediment of Imam Khomeini Port, Persian Gulf, Iran. Marine pollution bulletin. 2013;71(1-2): 336-45.
5. Jones DW. Exposure or absorption and the crucial question of limits for mercury. Journal of the Canadian Dental Association. 1999;65(1):42-6.
6. Kumar P, Singh A. Cadmium toxicity in fish: An overview. GERF Bulletin of Biosciences. 2010;1(1): 41-7.
7. Ehsanpour M, Afkhami M, Khoshnood R, Reich KJ. Determination and maternal transfer of heavy metals (Cd, Cu, Zn, Pb and Hg) in the hawksbill sea turtle (Eretmochelys imbricata) from a nesting colony of Qeshm Island, Iran. Bulletin of environmental contamination and toxicology. 2014; 92(6):667-73.
8. Venkatachalapathy R, Veerasingam S, Ramkumar T. Petroleum hydrocarbon concentrations in marine sediments along Chennai coast, Bay of Bengal, India. Bulletin of environmental contamination and toxicology. 2010; 85(4):397-401.
9. Chou CL, Paon LA, Moffatt JD, King T. Selection of bioindicators for monitoring marine environmental quality in the Bay of Fundy, Atlantic Canada. Marine pollution bulletin. 2003;46(6):756-62.
10. Association of Official Analytical Chemists. Official Methods of Analysis: Changes in Official Methods of Analysis Made at the Annual Meeting. Supplement. Association of Official Analytical Chemists; 1990.
11. Praveena SM, Ahmed A, Radojevic M, Abdullah MH, Aris AZ. Heavy Metals in Mangrove Surface Sediment of Mengkabong Lagoon, Sabah: Multivariate and Geo-Accumulation Index Approaches. International Journal of Environmental Research. 2008;2(2).
12. Baumard P, Budzinski H, Garrigues PH, Sorbe JC, Burgeot T, Bellocq J. Concentrations of PAHs (polycyclic aromatic hydrocarbons) in various marine organisms in relation to those in sediments and to trophic level. Marine Pollution Bulletin. 1998; 36(12):951-60.
13. Babaei MM, Sahafi HH, Ardalan AA, Ghaffari H, Abdollahi R. Morphometric relationship of weight and size of clam Amiantis umbonella L., 1818 (Bivalvia: Veneridae) in the eastern coasts of Bandar Abbas, Persian Gulf. Advances in Environmental Biology. 2010:376-83.
14. Ge L, Na G, Chen CE, Li J, Ju M, Wang Y, Li K, Zhang P, Yao Z. Aqueous photochemical degradation of hydroxylated PAHs: kinetics, pathways, and multivariate effects of main water constituents. Science of the Total Environment. 2016; 547:166-72.
15. Mahmoudi M, Safahieh AR, Nikpour Y, Ghanemi K. Evaluation of Ark clam (Barbatia helblingii) as biomonitor agent for PAHs

contamination in Coastal Area of Bushehr. 2011: 141-148
16. Tolosa I, De Mora SJ, Fowler SW, Villeneuve JP, Bartocci J, Cattini C. Aliphatic and aromatic hydrocarbons in marine biota and coastal sediments from the Gulf and the Gulf of Oman. Marine pollution bulletin. 2005;50(12):1619-33.
17. Saeedi H, Raad SP, Ardalan AA, Kamrani E, Kiabi BH. Growth and reproduction of Solen dactylus (Bivalvia: Solenidae) on northern coast of the Persian Gulf (Iran). Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom. 2009; 89(8):1635-42.
18. Hédouin L, Bustamante P, Churlaud C, Pringault O, Fichez R, Warnau M. Trends in concentrations of selected metalloid and metals in two bivalves from the coral reefs in the SW lagoon of New Caledonia. Ecotoxicology and Environmental Safety. 2009; 72(2): 372-81.
19. Baboli MJ, Velayatzadeh M, Branch A. Determination of heavy metals and trace elements in the muscles of marine shrimp, fenneropenaeus merguiensis from persian gulf, Iran. Journal of Animal and Plant Sciences. 2013;23(3):786-91.
20. Movahed A, Dehghan A V, Haji Hosseini R, Akbarzadeh S, Zendehboudi A A, Nafisi Behabadi M, et al . Evaluation of heavy metals in the tissues of different species of shrimps collected from coastal waters of Bushehr, Persian Gulf. Iran South Med J. 2013; 16 (2) :100-109
21. Akbari-adergani B, Eskandari S, Kelarestani Nejad H. Bioaccumulation of Some Metallic Elements in Eddible Textrue of Shrimp Penaeus semisulcatus Collected from Persian Gulf. Iran South Med J. 2014; 17 (3):345-357
22. Kargar A, Tabiee O, Cheraghi M, Lorestani B. A comparative study of vanadium and nickel levels in muscles of male and female indian white prawn (fenneropenaeusindicus) in market shiraz in 2011. Journal of Food Hygiene. 2013; 3(10): 71-85.
23. Hosseini SH, Alinezhad S, Mobedi I, Halajian A, Karimi E, Ahoo MB, Yasemi M. Study on the parasites of Pseudorhombus elevatus, Psettodes erumei and Brachirus orientalis from the Persian Gulf, Iran. Iranian Journal of Fisheries Sciences. 2013;12(4):827-35.
24. Tatina M, Oryan S, Gharibkhani M. Polycyclic aromatic hydrocarbons determination in Pseudorhombus elevatus muscle tissue from the northern part of the Persian Gulf.
25. Denton GR, Concepcion LP, Wood HR, Morrison RJ. Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in small island coastal environments: A case study from harbours in Guam, Micronesia. Marine pollution bulletin. 2006;52(9):1090-8.
26. Kaushik CP, Haritash AK. Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) and environmental health. Our earth. 2006;3(3):1-7.
27. Al-Omran LA, Rao CV. Hydrocarbons in the intertidal areas of Kuwait. International journal of environmental studies. 1997;53(1-2):31-41.
28. Viarengo A, Nott JA. Mechanisms of heavy metal cation homeostasis in marine invertebrates. Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Comparative Pharmacology. 1993;104(3):355-72.