Archive of SID

پژوهش‌های محیط‌زیست، سال ۶، شماره ۱۱، پاییز و زمستان ۱۳۹٤، از صفحه ۸۵ تا ۹۶

همبستگی بین مقادیر هیدروکربن‌های آروماتیک چند حلقه‌ای در رسوبات و صدف تیغه‌ای *Solen roseomaculatus* در خوریات استان بوشهر

فاطمه آرزم[۱]، علیرضا صفاهیه*[۲]، مهدی محمدی[۳]، معصومه محمودی[۴]

۱ دانش آموخته‌ی کارشناسی ارشد آلودگی دریا، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر
۲ استادیار دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر
۳ استادیار دانشگاه خلیج فارس و رئیس مرکز مطالعات و پژوهش‌های دانشگاه خلیج فارس
۴ مدرس دانشگاه آزاد اسلامی دورود، دانشجوی دکتری گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۱۱/۰۹؛ تاریخ تصویب: ۱۳۹۴/۱۲/۰۹)

چکیده

به دلیل وجود فعالیت‌های صنعتی، کشتیرانی و استخراج نفت در آب‌های استان بوشهر، موجودات این منطقه و از جمله صدف تیغ‌های *Solen roseomaculatus* در معرض آلودگی نفتی حاصل از این فعالیت‌ها قرار می‌گیرد. هیدروکربن‌های آروماتیک چند حلقه‌ای (PAHs) به عنوان مهم‌ترین گروه هیدروکربن‌های موجود در نفت و شاخصی از میزان آلودگی نفتی می‌باشند. امروزه، استفاده از دوکفه‌ای ها به عنوان پایشگر آلاینده‌های موجود در محیط بسیار متداول شده است. بدین منظور و برای مطالعه همبستگی بین مقادیر PAHs در رسوبات و دوکفه‌ای *S.roseomaculatus* درسواحل استان بوشهر، نمونه‌برداری از رسوبات و دوکفه‌ای‌ها، از پنج ایستگاه به نام‌های کالو، بردخون، پیازی، بوپاتیل و هاله در اردیبهشت ماه سال ۱۳۸۸، انجام شد. نمونه رسوب و صدف پس از جمع‌آوری و انتقال به آزمایشگاه همگن شده و PAHs موجود در آن‌ها به روش سوکسله استخراج و با استفاده از دستگاه GC-MS اندازه‌گیری شدند. نتایج نشان داد که میزان کل هیدروکربن‌های آروماتیک چند حلقه‌ای (tPAHs) رسوبات سواحل کالو، بردخون و خورهای پیازی، بوپاتیل وهاله به ترتیب ۶۳/۷، ۴۵/۱، ۱۷/۴، ۱۷۲/۱ و ۲۸/۹ نانو گرم بر گرم بوده است. هم‌چنین، میزان این ترکیبات در دوکفه‌ای *S. roseomaculatus* در ایستگاه‌های نامبرده به ترتیب ۴۹۰/۳، ۳۲۱/۷، ۹۰/۲، ۷۵۹/۲ و ۱۱۱/۹ نانو گرم بر گرم به‌دست آمده است. رسوبات و دو کفه‌ای های مذکور در سواحل و خورهای استان بوشهر به نسبت آلوده می‌باشند. بین مقادیر کل PAHs در رسوبات و بافت نرم دوکفه‌ای‌ها همبستگی مستقیم و معنی‌داری مشاهده شد ($P<0.05$). به نظر می‌رسد دو کفه‌ای مورد مطالعه گونه مناسبی جهت پایش زیستی ترکیبات PAHs در منطقه خلیج فارس (استان بوشهر) باشد.

کلید واژه‌ها: هیدروکربن‌های آروماتیک چند حلقه‌ای، *Solen roseomaculatus*، پایش زیستی، بوشهر، خلیج فارس

* نویسنده مسئول: Email: a.safahieh@kmsu.ac.ir

www.SID.ir

Archive of SID

سرآغاز

فعالیت‌های گسترده مربوط به استخراج و صادرات مداوم نفت از محدوده خلیج فارس موجب شده که این منطقه مستعد آلوده شدن به ترکیبات نفتی شود (Munawar et al., 2002؛ Sheppard et al., 2010؛ Safahieh et al., 2011؛ Mirza et al., 2011). بین ترکیبات نفتی، هیدروکربن‌های آروماتیک چند حلقه‌ای (PAHs) قابلیت تجزیه به نسبت کمی دارند. به همین دلیل قادرند در محیط‌زیست دریا خصوصا در رسوب و هم‌چنین در بدن آبزیان تجمع نمایند (Cheung et al., 2001؛ Yim et al., 2004؛ Lima et al., 2007؛ Valavanidis et al., 2008). علاوه براین که خود این ترکیبات سمی هستند، پس از ورود به بدن انسان و سایر مهره‌داران سوخت و ساز شده و ترکیبات حد واسطی تولید می‌کنند که به مراتب از ترکیبات به وجود آورنده خود خطرناک تر بوده و از سرطان‌زایی به نسبت بالایی برخوردار هستند (Miller et al., 2004; Gaspare et al., 2008; Giam and Ray, 2000) و از این طریق سلامت آبزیان و انسان‌های مصرف‌کننده آبزیان آلوده را تهدید می‌کنند (Siqueira et al., 2009). بنابراین، به منظور آگاهی از سلامتی اکوسیستم دریای خلیج فارس پایش مداوم آلاینده‌های نفتی از جمله هیدروکربن‌های آروماتیک چند حلقه‌ای (PAHs) امری ضروری می‌باشد.

پایش آلاینده‌های دریا گر چه در پارهای از موارد با سنجش آن‌ها در محیط غیر زنده صورت می‌گیرد (Tam et al., 2001؛ Cheney et al., 2008)، ولی ناپایداری شرایط محیطی ممکن است مانع به دست آمدن تصویر روشنی از وضعیت آلودگی در منطقه شود. از سوی دیگر، سنجش آلاینده‌ها در محیط نمی‌تواند گویای میزان واقعی دسترسی زیستی موجودات زنده به آن آلاینده باشد (Romeo et al., 2003)، به همین دلیل در سال‌های اخیر، استفاده از آبزیان به عنوان پایشگر زیستی ترکیبات PAHs بسیار رواج یافته است (Giam and Ray, 2000؛ Romeo et al., 2003؛ Frouin et al., 2007؛ Safahieh et al., 2011).

امروزه بیش از سال‌های گذشته، نیاز به شناسایی گونه‌های مناسب جهت پایش زیستی آلاینده‌های نفتی در خلیج فارس احساس می‌شود . در این بین بی‌مهرگان کف‌زی به ویژه دو کفه ای‌ها به دلیل داشتن سیستم متابولیسمی توسعه نیافته به بارها توسط محققان برای پایش زیستی آلاینده‌ها به کار رفته‌اند (Gaspare et al., 2008؛ Wright and Welbourn, 2002؛ Cortazar et al., 2008). در داخل کشور و در سواحل خلیج فارس نیز دو کفه‌ای *Barbatia helblingii* توسط محمودی و همکاران (۱۳۹۰) و دو کفه‌ای *Saccostrea cucullata* توسط میرزا و همکاران (۱۳۹۰) مطالعه شده‌اند. با وجود این، به‌دلیل محیط به نسبت بسته خلیج فارس و تنوع سواحل آن از نظر جنس بستر (گلی، ماسه‌ای و صخره‌ای) نیاز به مطالعه موجودات ساکن بسترهای مختلف احساس می‌شود. ولی، در این زمینه اطلاعات کافی در دست نیست. دو کفه‌ای *Solen roseomaculatus* معروف به صدف تیغه‌ای با نام محلی ملالیس، ساکن بسترهای گلی بوده (Lead, 2000؛ DE Bruyne, 2003) و در استان بوشهر از پراکنش به نسبت خوبی به ویژه در خورهای این استان برخوردار است. این دو کفه‌ای خوراکی بوده و بسیاری از مردم بومی منطقه از آن تغذیه می‌نمایند. از آن جا که رسوبات محل نهایی تجمع بیش‌تر آلاینده‌های دریایی به ویژه PAHs می‌باشند و صدف مذکور نیز با ایجاد نقب درون رسوبات نرم زندگی می‌کند (Darriba et al., 2004)، به نظرمی‌رسد موجود مناسبی برای پایش زیستی این ترکیبات در زیستگاه خود باشد. مطالعه حاضر، به منظور بررسی همبستگی بین مقادیر ترکیبات PAHs در رسوبات و دوکفه‌ای *Solen roseomaculatus* در استان بوشهر، بررسی توانایی تجمع زیستی این ترکیبات توسط دوکفه‌ای مذکور و قابلیت استفاده از این دوکفه‌ای به عنوان پایشگر زیستی آلودگی PAHs در خلیج فارس، در استان بوشهر انجام شد.

مواد و روش‌ها

بر اساس پراکنش صدف ملالیس در طول مناطق بین جزر و مدی سواحل استان بوشهر ۵ ایستگاه مختلف، که تحت تاثیر منابع آلاینده نفتی بوده‌اند، انتخاب شد. ایستگاه‌های مورد مطالعه شامل سواحل کالو (محل تردد نفتکش‌ها و کشتی‌های تجاری، حد فاصل بین مسیر عسلویه تا جزیره خارک)، بردخون (محل تردد لنج‌ها و شناورهای نفتی و غیر نفتی، وجود اسکله صیادی، حد فاصل بین مسیر عسلویه تا جزیره خارک)، خورهای پیازی (محل تردد شناورهای نفتی و غیرنفتی، فعالیت قایق‌ها ولنج‌های صیادی، حد فاصل بین مسیر عسلویه تا جزیره خارک)، بوپاتیل

www.SID.ir

Archive of SID

(قرار گیری تقریبی روبروی جزیره خارک، محل تردد شناورهای بزرگ نفتی و غیرنفتی و ورود آن‌ها از خارک به اسکله بندر بوشهر و برعکس) و هاله (محل تردد شناورهای نفتی و غیر نفتی، فعالیت قایق‌ها و لنج‌های صیادی، حد فاصل بین مسیر عسلویه تا جزیره خارک) بوده است. نمونه‌برداری از رسوب و صدف ملالیس این ایستگاه‌ها در اردیبهشت ماه سال ۱۳۸۸ انجام گرفت. شکل (۱)، موقعیت ایستگاه‌های مورد مطالعه را روی نقشه نشان می‌دهد.

شکل (۱): موقعیت ایستگاه‌های مورد مطالعه در استان بوشهر

نمونه‌برداری رسوبات از لایه سطحی (۵ سانتی متری سطح) و توسط قاشقک استیل انجام شد. نمونه‌ها در مجاورت یخ به آزمایشگاه انتقال داده شدند (Zakaria et al., 2003). نمونه‌برداری از صدف ملالیس توسط سیخ‌هایی باریک منتهی به قلاب انجام شد. تعداد ۴۰ نمونه صدف از هر ایستگاه برداشت شد و صدف‌هایی با دامنه طولی مشابه (۰/۷۹۱ ± ۸/۲۳۵ سانتی متر)، در مجاورت یخ به آزمایشگاه انتقال یافتند (Fang et al., 2009). نمونه‌های رسوب و دوکفه‌ای تا زمان آماده‌سازی و آنالیز در دمای ۲۰- درجه سانتی گراد نگهداری شدند (Zakaria et al., 2002). جهت آماده سازی نمونه‌های رسوب، پس از جداسازی مواد زائد و درشت و یکنواخت کردن آن‌ها، ۱ گرم از رسوبات هر ایستگاه در آون خشک شد و مقدار آب موجود در ۱ گرم نمونه به دست آمد. بدین ترتیب، نسبت وزن خشک به وزن تر رسوبات تعیین شد. سپس، برای استخراج ترکیبات PAHs، به میزان معادل وزن خشک، ۱۰ گرم از نمونه‌های‌تر رسوب هر ایستگاه برداشت و آنالیز شد. پس از جداسازی بافت نرم از پوسته دوکفه‌ای‌ها و یکنواخت کردن آن‌ها وزن خشک بافت نیز همانند روش مذکور برای نمونه‌های رسوب تعیین شد.

به منظور عصاره‌گیری PAHs در نمونه‌های رسوب و بافت دوکفه‌ای‌ها، ۱۰ گرم از هر نمونه، با سدیم سولفات Na_2SO_4 مخلوط شد. پس از انتقال نمونه‌های یکنواخت شده به استوانه‌های سلولزی و اضافه کردن مقدار معینی استاندارد داخلی برای سنجش دقت انجام کار، عمل استخراج توسط سیستم سوکسله انجام شد. استخراج PAHs از رسوبات با استفاده از ۳۵۰ سی سی حلال دی کلرومتان (۱ نرمال) ۸ ساعت به طول انجامید (Zakaria et al., 2002). استخراج PAHs از بافت توسط ۳۵۰ سی سی از حلال‌های اِن هگزان/ دی کلرومتان (۱ نرمال) با نسبت حجمی ۱:۱، طی ۱۸ ساعت صورت گرفت

www.SID.ir

Archive of SID

(Fang et al., 2009).

در مرحله بعد، نمونه‌ها به ترتیب به مدت یک شب با سدیم سولفات و یک شب با مس احیا شده تحت تیمار قرار گرفتند. پس از کاهش حجم نمونه‌ها توسط دستگاه تبخیر کننده چرخان Heidolph مدل Laborota 4000 طی یک ساعت، نمونه‌ها از ستون‌های کروماتوگرافی عبور داده شد. نمونه‌های کاهش حجم یافته به ستون یک کروماتوگرافی اضافه شدند تا ترکیبات آب‌دوست آن‌ها حذف شوند. ترکیبات حلقوی نمونه (PAHs) در ستون دو کروماتوگرافی، با استفاده از حلال دی کلرومتان/ اِن هگزان، جداسازی شدند (Zakaria et al., 2002).

نمونه‌ها به ویال‌های شیشه‌ای انتقال داده شده و پس از دمش جریان ملایم گاز نیتروژن خالص، ایزواکتان به آن‌ها تزریق شد. ویال‌ها تا مرحله تزریق به دستگاه در دمای پایین و دور از نور نگهداری شدند. سپس، تزریق به دستگاه کروماتوگرافی گازی (GC) و طیف سنجی جرمی(MS) با استفاده از استاندارد خارجی به روش انتخاب یونی انجام شد. مدل دستگاه Agilent 6890N،GC و مدل MS مــورد استفاده، Agilent 5973N بوده است.

پردازش داده‌ها

در برنامه آماری Excel از رگرسیون خطی جهت تعیین ضریب همبستگی بین غلظت کل هیدروکربن‌های آروماتیک چند حلقه‌ای، ترکیبات ۳، ۴ و ۵ و۶ حلقه‌ای PAHs در رسوبات و دوکفه‌ای‌ها استفاده شده است.

یافته‌ها

غلظت PAHs در رسوبات

میزان بازیابی ترکیبات PAHs در رسوب ایستگاه‌های مورد مطالعه قابل قبول و بین ۱۰۰-۸۰ درصد بود. نتایج نشان داد غلظت کل هیدروکربن‌های آروماتیک چند حلقه‌ای در رسوبات ایستگاه‌های مورد مطالعه۱۷/۴ تا ۱۷۲/۱ نانوگرم بر گرم بوده است. غلظت PAHs در رسوبات ایستگاه‌های مورد مطالعه در سواحل و خورهای استان بوشهر در جدول (۱)، آمده است.

جدول (۱): غلظت PAHs در رسوبات ایستگاه‌های مورد مطالعه (نانوگرم بر گرم وزن خشک)

نام ترکیبات	نام ایستگاه‌ها				
	خور هاله	خور بوپاتیل	خور پیازی	ساحل بردخون	ساحل کالو
نفتالن*	۰/۸۶	۳/۳۵	ND	۴/۸۵	۳/۰۵
آسنفتیلن	ND	۰/۸۹	۰/۴۶	ND	ND
آسنفتن	ND	ND	ND	ND	ND
فلورن	ND	ND	۰/۸۸	ND	ND
فنانترن	۱۳/۶۱	۴/۱۳	۰/۰۴	۹/۶۶	۲/۶۵
آنتراسن	ND	۱۱/۴۸	۱/۰۳	ND	۱۳/۴۸
مجموع ترکیبات ۳حلقه‌ای	۱۳/۶۱	۱۶/۵	۲/۴۱	۹/۶۶	۱۶/۱۳
فلورانتن	ND	۸/۳۶	ND	۵/۶	۲۴/۳۵
پایرن	۱۳/۲۹	۱۴/۷۱	۱/۲۴	۱۴/۳۶	۷/۰۶
بنزو (a) آنتراسن	ND	۴/۵۸	ND	ND	۶/۷
کرایزن	ND	۲۴/۷۴	ND	۱۰/۶۲	ND
مجموع ترکیبات۴حلقه‌ای	۱۳/۲۹	۵۲/۳۹	۱/۲۴	۳۰/۵۸	۳۸/۱۱
بنزو (b) فلورانتن	ND	۱۳/۵۷	۰/۴۶	ND	ND
بنزو (a)پایرن	ND	۱۸/۳۲	ND	ND	۶/۴۱
دای بنزو(a,h) آنتراسن	ND	ND	۴/۶۴	ND	ND
ایندنو (1,2,3,cd) پایرن	ND	۲۶/۱۲	ND	ND	ND
بنزو (g,h,i) پریلن	۱/۱۸	۴۱/۶۲	۸/۶۸	ND	ND
مجموع ترکیبات ۵و۶حلقه‌ای	۱/۱۸	۹۹/۶۳	۱۳/۷۸	ND	۶/۴۱

* ترکیب دو حلقه‌ای ND: کم‌تر از حد تشخیص دستگاه

www.SID.ir

Archive of SID

غلظت PAHs در بافت نرم دوکفه‌ای‌ها

با توجه به نتایج به دست آمده غلظت کل هیدروکربن‌های آروماتیک چند حلقه‌ای در بافت نرم دو کفه‌ای *S. roseomaculatus* در ایستگاه‌های مورد مطالعه از ۹۰/۲ تا ۷۵۹/۲ نانوگرم برگرم متغیر بوده است. جدول (۲)، غلظت PAHs بافت نرم دوکفه‌ای‌های *S. roseomaculatus* در ایستگاه‌های مورد مطالعه در سواحل و خورهای استان بوشهر را نشان می‌دهد. بازیابی ترکیبات PAHs در دوکفه‌ای‌های کلیه ایستگاه‌ها بین ۱۰۰-۸۰ درصد بوده است.

جدول (۲): غلظت PAHs در دوکفه‌ای *S. roseomaculatus* در ایستگاه‌های مورد مطالعه (نانوگرم بر گرم وزن خشک)

نام ترکیبات	نام ایستگاه‌ها				
	خور هاله	خور بوپاتیل	خور پیازی	ساحل بردخون	ساحل کالو
نفتالن*	۲/۸۲	۱۴۱/۵	۲۲/۴۳	ND	۶/۱۶
آسنفتیلن	ND	۰/۹۸	۰/۳۱	ND	ND
آسنفتن	ND	۰/۷۸	۰/۲۱	ND	ND
فلورن	۰/۲۸	۵/۹۶	۱/۰۹	ND	۰/۷۴
فنانترن	۴۴/۱۸	۲۱۲/۳۸	۴۴/۴۹	۱۰۹/۵۲	۱۶۵/۶۴
آنتراسن	ND	۱۰/۷۸	۲/۴۹	۸۹/۳۵	۸۴/۹۲
مجموع ترکیبات ۳حلقه‌ای	۴۴/۴۶	۲۳۰/۸۸	۵۲/۵۹	۱۹۸/۸۷	۲۵۱/۳
فلورانتن	۲۰/۷۸	۱۲۴/۱۸	۱۰/۵۱	۳۵/۴۲	۳۹/۹۴
پایرن	۳۴/۶۸	۱۵۶/۷	۴/۳۳	۱۸/۷۴	۹۸/۶۶
بنزو (a) آنتراسن	ND	۱۵/۸۶	ND	۳۰/۶۲	۴۶/۹۶
کرایزن	۹/۱۶	۴۹/۱	ND	۱۷/۰۸	۱۶/۵۴
مجموع ترکیبات۴حلقه‌ای	۶۴/۶۲	۳۴۵/۸۴	۱۴/۸۴	۱۰۱/۸۶	۲۰۲/۱
بنزو (b) فلورانتن	ND	۶/۴۸	ND	۸/۲۴	۱۱/۰۴
بنزو (a)پایرن	ND	۲۷/۹۶	ND	۰/۵۶	۶/۲۶
دای بنزو (a,h)آنتراسن	ND	ND	ND	ND	ND
ایندنو (1,2,3,cd) پایرن	ND	۴/۶۲	ND	۶/۱۲	۸/۹
بنزو (g,h,i) پریلن	ND	۱/۹۴	۰/۲۹	۴/۵۸	ND
مجموع ترکیبات ۵و۶حلقه‌ای	ND	۴۱	۰/۲۹	۲۱	۳۰/۷۸

* ترکیب دو حلقه‌ای ND: کم‌تر از حد تشخیص دستگاه

غلظت کل هیدروکربن‌های آروماتیک چندحلقه‌ای رسوبات و بافت نرم دوکفه‌ای

نتایج نشان داد غلظت کل هیدروکربن‌های آروماتیک چند حلقه ای در رسوبات خورهای هاله، بوپاتیل، پیازی، ساحل بردخون و ساحل کالو به ترتیب ۲۸/۹، ۱۷۲/۱، ۱۷/۴، ۴۵/۱ و ۶۳/۷ نانوگرم بر گرم وزن خشک بوده است. هم‌چنین غلظت این ترکیبات در بافت نرم دو کفه‌ای در ایستگاه‌های مذکور به ترتیب ۱۱۱/۹، ۷۵۲/۲، ۹۰/۲، ۳۲۱/۷ و ۴۹۰/۳ نانوگرم بر گرم وزن خشک بوده است. مقایسه نتایج حاکی از آن است که غلظت کل هیدروکربن‌های آروماتیک چند حلقه‌ای بافت نرم دوکفه‌ای‌های هر ایستگاه از غلظت این ترکیبات در رسوبات همان ایستگاه بیش‌تر است (شکل ۲) که بیانگر توانایی صدف در تجمع دادن این ترکیبات می‌باشد.

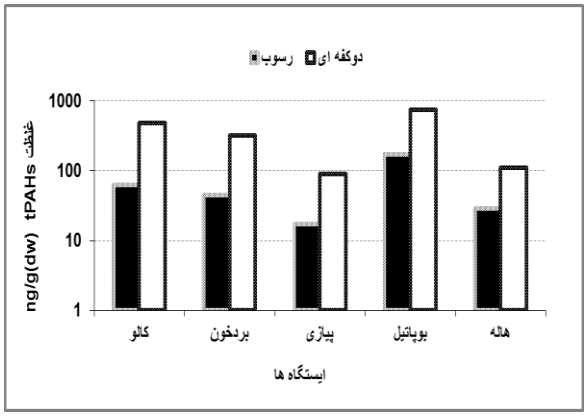
همبستگی بین غلظت PAHs در رسوبات و بافت نرم دوکفه‌ای *S. roseomaculatus*

نتایج نشان داد همبستگی مثبت و معنی‌داری بین غلظت کل هیدروکربن‌های آروماتیک چند حلقه‌ای بافت نرم دوکفه‌ای‌ها و رسوبات در ایستگاه‌های مورد مطالعه وجود دارد ($P<0/05$). شکل (۳)، معادله رگرسیون و میزان همبستگی مربوط به این رابطه را نشان می‌دهد. در بررسی ارتباط بین غلظت PAHs در رسوبات و دوکفه‌ای ها بر اساس تعداد حلقه، رابطه مستقیم و

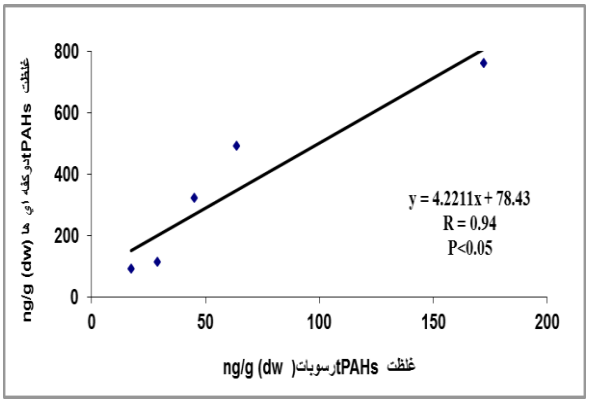
www.SID.ir

Archive of SID

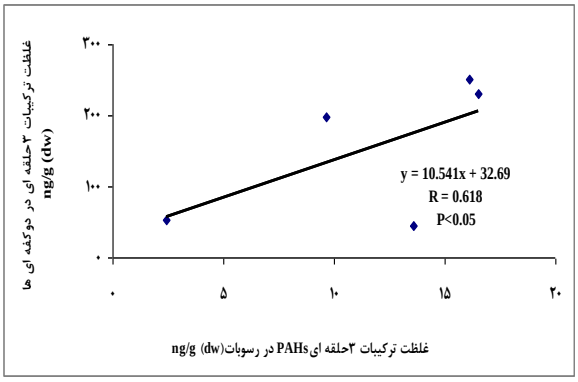
معنی‌داری بین غلظت ترکیبات ۳ حلقه‌ای PAHs در بافت نرم دوکفه‌ای ها و رسوبات مشاهده شد (P< ۰/۰۵).این همبستگی از کل هیدروکربن‌های آروماتیک چند حلقه‌ای کم‌تر بوده است (شکل ۴). همچنین، همبستگی معنی‌داری میان غلظت ترکیبات ۴ حلقه‌ای PAHs در دوکفه‌ای ها و رسوبات مشاهده شد (۰/۰۵ >P). این همبستگی از همبستگی مشاهده شده در ترکیبات ۳ حلقه‌ای بیش‌تر بوده است (شکل ۵). هم‌چنین ارتباط مثبت و معنی داری میان غلظت ترکیبات ۵ و ۶ حلقه‌ای PAHs بافت نرم دوکفه‌ای ها و رسوبات در ایستگاه‌های مورد مطالعه وجود دارد (P<۰/۰۵). ضریب این همبستگی از ترکیبات ۴ حلقه‌ای کم‌تر و از ترکیبات ۳ حلقه‌ای بیش‌تر می‌باشد (شکل ۶).



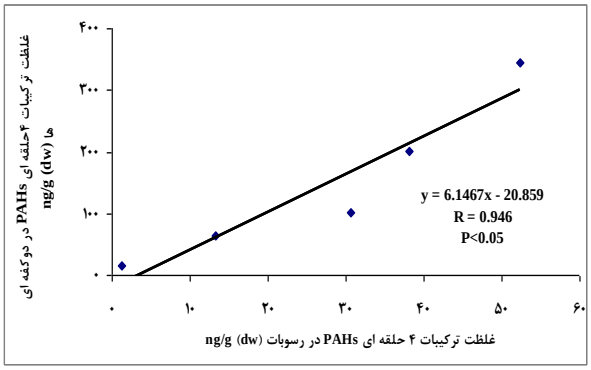
شکل (۲): مقایسه میزان کل هیدروکربن‌های آروماتیک چند حلقه‌ای در رسوبات و بافت نرم دوکفه ای *S. roseomaculatus* در هر ایستگاه



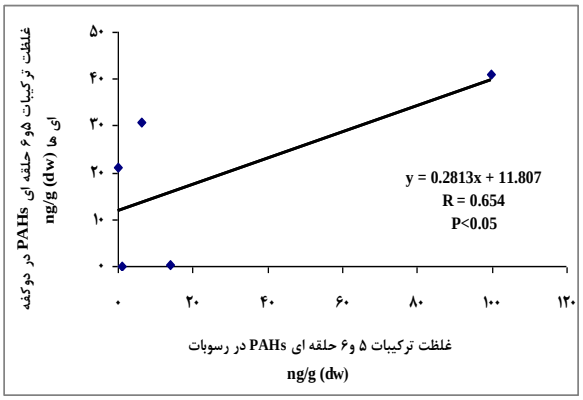
شکل (۳): همبستگی غلظت کل هیدروکربن‌های آروماتیک چند حلقه‌ای در رسوبات و بافت نرم دوکفه‌ای *S. roseomaculatus* در ایستگاه‌های مورد مطالعه



شکل (۴): همبستگی غلظت ترکیبات ۳ حلقه‌ای PAHs در رسوبات و بافت نرم دوکفه‌ای *S. roseomaculatus* در ایستگاه‌های مورد مطالعه



شکل (۵): همبستگی غلظت ترکیبات ۴ حلقه‌ای PAHs در رسوبات و بافت نرم دوکفه‌ای *S. Roseomaculatus* در ایستگاه‌های مورد مطالعه



شکل (۶): همبستگی غلظت ترکیبات ۵و۶ حلقه‌ای PAHs در رسوبات و بافت نرم دوکفه‌ای *S. roseomaculatus* در ایستگاه‌های مورد مطالعه

www.SID.ir

Archive of SID

بحث و نتیجه‌گیری

غلظت کل هیدروکربن‌های آروماتیک چندحلقه‌ای در رسوبات و بافت نرم دو کفه‌ای *S.roseomaculatus*

نتایج نشان داد که متوسط غلظت کل هیدروکربن‌های آروماتیک چند حلقه‌ای در رسوبات سواحل و خورهای استان بوشهر ۶۵/۴۴ نانوگرم بر گرم وزن خشک بوده است که در مقایسه با غلظت این ترکیبات در رسوبات دلتای Niger در نیجریه، ۱۹/۵ نانوگرم بر گرم (Olajire et al., 2005)، امارات متحده عربی، ۶۴/۱۷ نانوگرم بر گرم (Tolosa et al., 2005)، قطر، ۴۳/۵۷ نانوگرم بر گرم (Tolosa et al., 2005) و عمان، ۶۱/۹۹ نانوگرم بر گرم (Tolosa et al., 2005) بیش‌تر و از مقادیر کل هیدروکربن‌های آروماتیک چند حلقه‌ای گزارش شده از رسوبات سواحل شهرستان بوشهر، ۲۷۶۱/۰۲ نانوگرم بر گرم (Safahieh et al., 2011)، رسوبات سواحل استان بوشهر، ۶۸/۷۳۵ نانوگرم بر گرم (Mirza et al., 2011)، رسوبات مناطق بحرین، ۱۷۲۸/۵۶ نانوگرم بر گرم (Tolosa et al., 2005)، نواحی جزر و مدی دارالسلام در تانزانیا، ۱۲۴۹ نانوگرم بر گرم (Gaspare et al., 2008) و خلیج Masan در کره، ۱۳۷۵ نانوگرم بر گرم (Yim et al., 2005) کم‌تر بوده است.

هم‌چنین، نتایج نشان داد غلظت کل هیدروکربن‌های آروماتیک چند حلقه‌ای در بافت نرم دو کفه‌ای *S. roseomaculatus* در خورهای و سواحل استان بوشهر ۳۵۴/۶۶ نانوگرم بر گرم بوده است که از مقادیر ترکیبات مذکور در دو کفه‌ای *Saccostrea cucullata* در سواحل استان بوشهر ۱۶۴/۳۲۲۵ نانوگرم بر گرم (Mirza et al., 2011)، دو کفه‌ای *Mytilus edulis* در شمال دریای ایرلند، ۱۹۶ نانوگرم بر گرم (Guinan et al., 2001)، دو کفه‌ای *Mytilus edulis* در سواحل Galician در اسپانیا، ۲۳۰ نانوگرم بر گرم (Soriano et al., 2006) و دو کفه‌ای *Mytilus edulis* در خلیج Gwangyang در کره، ۳۲۰ نانوگرم بر گرم (Yim et al., 2004) بیش‌تر و از دو کفه‌ای *Barbatia helblingii* در سواحل شهرستان بوشهر ۶۸/۷۶ نانوگرم بر گرم (Safahieh et al., 2011)، دو کفه‌ای *Crassostrea gigas* در نواحی جزرومدی دارالسلام در تانزانیا، ۹۰ نانوگرم بر گرم (Gaspare et al., 2008) و دو کفه‌ای *Perna viridis* از سواحل شرقی چین ۲۲۰۰ نانوگرم برگرم(Fung et al., 2004) کم‌تر بوده است.

مقایسه میزان کل هیدروکربن‌های آروماتیک چند حلقه‌ای رسوبات و بافت نرم دوکفه‌ای در هر ایستگاه

غلظت کل هیدروکربن‌های آروماتیک چندحلقه‌ای در بافت نرم دوکفه‌ای در هر ایستگاه بیش‌تر از غلظت این ترکیبات در رسوبات همان ایستگاه بوده است. این مسئله نشان‌دهنده قابلیت تجمع ترکیبات PAHs توسط دوکفه‌ای مذکور می‌باشد (Mirza et al., 2011). بی مهرگان مانند دوکفه‌ای‌ها توانایی سوخت و ساز این ترکیبات را ندارند (Perugini, 2006). از آن جایی که دوکفه‌ای *S. roseomaculatus* در تماس مستقیم با رسوبات است این ترکیبات را به مقدار زیاد دریافت می‌کند. در حالی که این دوکفه‌ای توانایی سوخت و سازاین ترکیبات را ندارد، بنابراین به مقدار زیاد آن‌ها را در بافت خود تجمع می‌دهد؛ در حالی که آلاینده‌های نفتی موجود در رسوب، از طرق مختلف مانند فتواکسیداسیون نوری و فرآیندهای میکروبی تجزیه می‌شوند (Webster et al., 2002).

در مطالعه‌ای که در خلیج Biscay کشور اسپانیا بر رسوبات و دوکفه‌ای *Crassostrea gigas* انجام شد میزان کل هیدروکربن‌های آروماتیک چند حلقه‌ای دوکفه‌ای‌های هر ایستگاه بیش‌تر از میزان این ترکیبات در رسوبات همان ایستگاه بوده است که این مساله به عدم توانایی دوکفه‌ای‌ها در تجزیه و دفع ترکیبات PAHs نسبت داده شد (Cortazar, 2008).

ارتباط بین غلظت PAHs در رسوبات و بافت نرم دو کفه‌ای *S. roseomaculatus*

بین غلظت کل هیدروکربن‌های آروماتیک چند حلقه‌ای رسوبات و دوکفه‌ای‌های موجود در ایستگاه‌های مورد مطالعه همبستگی مثبتی وجود داشت. با توجه به این که دوکفه‌ای‌های هر ایستگاه، هنگام جزر از محل جمع‌آوری رسوب در همان ایستگاه جمع آوری شده‌اند، وجود همبستگی بین این دو فاکتور به این نکته اشاره دارد که دوکفه‌ای مورد مطالعه می‌تواند آلاینده PAHs موجود در رسوب را در خود تجمع دهد (Cortazar et al., 2008؛ Safahieh et al., 2011).

طی مطالعه Gaspare و همکارانش در سال ۲۰۰۸، در نواحی جزر و مدی دارالسلام در تانزانیا بین غلظت PAHs رسوبات و اویستر *Crassostrea gigas* همبستگی وجود داشت که این نشان‌دهنده توانایی اویستر مورد مطالعه برای تجمع ترکیبات PAHs بود. در مطالعه‌ای که Baumard و همکارانش در سال

www.SID.ir

Archive of SID

۱۹۹۹ روی رسوبات و دوکفه‌ای‌های *Mytilus edulis*, *Mytilus galloprovincialis* درسواحل کشورهای اروپایی مانند آلمان، فرانسه و اسپانیا انجام دادند بین میزان PAHs بافت نرم دو کفه‌ای‌ها و میزان PAHs رسوبات همبستگی مشاهده نکردند. آن‌ها پیشنهاد کردند که دو کفه‌ای‌های مورد مطالعه در این مناطق نمی‌توانند ترکیبات PAHs موجود در رسوبات را در خود جمع کنند.

همبستگی مثبت و معنی‌داری بین غلظت کل هیدروکربن‌های آروماتیک چند حلقه‌ای، غلظت ترکیبات ۳ حلقه‌ای، ترکیبات ۴ حلقه‌ای و ترکیبات ۵ و ۶ حلقه ای PAHs در دو کفه‌ای‌ها و رسوبات مورد مطالعه، به خاطر نحوه زیست دو کفه‌ای مورد مطالعه وجود دارد. این موجودات در بسترهای گلی و شنی در ناحیه پایین و میان جزرو مدی و تا عمق حدود ۱۰۰ سانتی متر زندگی (Lead, 2000) و هنگام مد نزدیک سطح خاک می‌آیند و از مواد معلق تغذیه می‌کنند (Darriba et al., 2004؛ DE Bruyne, 2003)، در نتیجه در ارتباط تنگاتنگ با رسوب‌های آلوده به PAHs می‌باشند. وجود همبستگی مثبت و معنی‌دار بین غلظت این ترکیبات در رسوب و صدف، از این ارتباط خبر می‌دهد.

با توجه به نتایج به‌دست آمده از بررسی ترکیبات PAHs بر اساس تعداد حلقه، دو کفه‌ای‌های مورد مطالعه، ترکیبات ۳ حلقه‌ای را به میزان بیش‌تری نسبت به ۴ حلقه‌ای‌ها و ۴ حلقه‌ای‌ها را بیش‌تر از ترکیبات ۵ و۶ حلقه‌ای در خود انباشته است. بنابراین، ترکیبات ۳ حلقه‌ای و پس از آن ۴حلقه‌ای موجود در دو کفه‌ای‌ها بیش‌ترین فراوانی را از کل PAHs به خود اختصاص داده‌اند. دو کفه‌ای‌ها موجودات صافی‌خواری هستند که می‌توانند ترکیبات خارجی را از دو طریق جذب کنند: ۱. جذب مستقیم یا غیرفعال که از طریق آبشش انجام می‌شود و مخصوص ترکیبات با وزن ملکولی پایین و تعداد حلقه کم‌تر است. صافی‌خوارها بیش‌تر در معرض آلاینده‌های محلول در آب قرار می‌گیرند، PAHs دارای وزن مولکولی کم‌تر (سه و چهارحلقه) در آب محلول‌ترند، بنابراین به میزان بیش‌تری در دوکفه‌ای‌ها تجمع می‌یابند (Yim et al., 2004).

۲. جذب غیرمستقیم یا فعال که از طریق سیستم گوارشی (بلعیدن غذا یا رسوب) انجام می‌شود. مخصوص ترکیبات هیدروفوب و غیر قابل حل در آب با وزن ملکولی بالا و تعداد حلقه بیش‌تر بوده که جذب ذرات معلق رسوب می‌شوند (Yim et al., 2004).

غلظت هیدروکربن‌های آروماتیک چهار، پنج وشش حلقه‌ای در رسوبات مورد مطالعه بیش‌تر از ترکیبات دارای تعداد حلقه کم‌تر می‌باشد. این ترکیبات به دلیل وزن مولکولی زیاد، حلالیت کم و ساختار مولکولی خوش‌های تمایل به خروج از فاز آبی و ته نشست در رسوبات دارند (Cheney., 2008)

در طول سواحل استان بوشهر ایستگاه هاله و بوپاتیل الگوی متفاوتی نسبت به سایر ایستگاه‌ها دارند. بدین ترتیب که غلظت PAHs چهار حلقه‌ای در صدف‌های این ایستگاه‌ها بیش‌تر از PAHs سه حلقه‌ای می‌باشد. با توجه به رابطه همبستگی که بین غلظت ترکیبات چهارحلقه‌ای در بافت نرم دو کفه‌ای و رسوب مشاهده شد، به نظر می‌رسد غلظت بالای PAHs چهارحلقه ای در دو کفه‌ای‌های این ایستگاه‌ها به دلیل تراکم بالای این ترکیبات در رسوبات این ایستگاه‌ها باشد. با توجه به این که همبستگی بین غلظت کل هیدروکربن‌های آروماتیک چند حلقه‌ای در رسوبات و بافت نرم صدف مثبت و معنی‌دار بوده و ارتباط میان PAHs چهار حلقه‌ای در رسوبات و بافت نرم صدف از PAHsسه حلقه‌ای بیشتر می‌باشد، به نظر می‌رسد دستیابی زیستی PAHs در گونه مورد مطالعه به PAHs سه و چهار حلقه‌ای بیش از PAHs پنج و شش حلقه‌ای است.

در مقایسه با مطالعات انجام شده در سایر نقاط دنیا، غلظت کل هیدروکربن‌های آروماتیک چند حلقه‌ای در سواحل استان بوشهر در محدوده متوسطی می‌باشد. از آن جا که بین مقادیر کل هیدروکربن‌های آروماتیک چندحلقه‌ای در رسوبات و دوکفه‌ای‌های ایستگاه‌های مورد مطالعه همبستگی مستقیم معنی‌داری وجود داشته است و میزان کل هیدروکربن‌های آروماتیک چندحلقه‌ای در دوکفه‌ای‌های تمامی ایستگاه‌ها از میزان این ترکیبات در رسوبات مورد مطالعه در همان ایستگاه بیش‌تر می‌باشد، به‌نظر می‌رسد دوکفه‌ای *S. roseomaculatus* موجود مناسبی برای پایش زیستی PAHs در منطقه مورد مطالعه می‌باشد.

تحقیق حاضر، از اولین تحقیقات صورت گرفته در مورد بررسی ترکیبات PAHs در دوکفه‌ای ملالیس در استان بوشهر بوده و از دیدگاهی دیگر گام کوچکی در بررسی میزان این آلاینده در زیست بوم‌های آبی منحصر به فرد نام برده می‌باشد. با توجه به آثار بسیار زیان بار این ترکیبات، توجه ویژه به این آلاینده‌ها بسیار ضروری به نظر می‌رسد. از طرف دیگر، استان بوشهر از

www.SID.ir

Archive of SID

مناطق بسیار پراهمیت محیط‌زیستی و صنعتی می‌باشد و حفظ سلامت و حفاظت از آبزیان این منطقه، نیازمند تحقیقات گسترده و پایش مداوم آلاینده‌های این منطقه می‌باشد. با توجه به مسایل مطرح شده و نتایج به دست آمده از این تحقیق، لازم است، تمهیداتی در خصوص روند فعلی ورود آلاینده‌های نفتی به این اکوسیستم‌های آبی اندیشیده شود. موارد زیر از جمله این تمهیدات می‌باشند:

۱. زمینه مناسب جهت انجام مطالعات مداوم و منسجم در زمینه سلامت آبزیان، غذا وانسان ایجاد شود.
۲. با توجه به این که این صدف از ارزش غذایی برخورداراست، بنابراین، لازم است هر چند وقت یکبار میزان آلودگی ناشی از آلاینده‌های نفتی در آن‌ها اندازه‌گیری و با استانداردهای جهانی غذایی مورد مقایسه قرار گیرد.
۳. انجام آموزش‌های لازم محیط زیستی برای کلیه ارگان‌ها، صنایع و ساکنین محلی ضروری است تا در حد امکان از آلوده نمودن آب‌ها جلوگیری نمایند.
۴. همکاری و تبادل اطلاعات علمی بین ارگان‌ها و سازمان‌های مختلف ذیربط الزامی است.
۵. نظارت مسوولان ذیربط بر فعالیت‌های مختلف ارگان‌ها، صنایع و انسانی در محیط‌های دریایی و ساحلی به منظور جلوگیری از ریزش آلاینده‌های نفتی در محیط‌زیست دریایی و حفاظت از حیات آبزیان و انسان باید جدی باشد.
۶. تمهیداتی به‌ویژه در زمینه کنترل ترافیک‌های سنگین دریایی ناشی از کشتی‌های نفتکش و تجاری به کار برده شود.
۷. از حوادث نفتی ناشی از عملیات اکتشاف و بهره‌برداری از نفت با به کار گیری نیروی متخصص و امکانات لازم پیشگیری به عمل آید.
۸. با توجه به نتایج به‌دست آمده از این تحقیق و لزوم حفظ و کنترل سلامت محیط‌های دریایی، توجه بیش از پیش به ایجاد سیستم‌های مناسب تصفیه برای فاضلاب‌های شهری، صنعتی و کشاورزی و اعمال مدیریت بهینه به منظور ممانعت از ورود هر گونه آلاینده نفتی مورد نیاز می‌باشد.
۹. میزان تجمع PAHs در گروه‌های مختلف سنی گونه مورد مطالعه جهت تکمیل پژوهش مقایسه شود.
۱۰. تاثیر یا عدم تاثیر جنسیت بر میزان تجمع PAHs در بافت این گونه مورد مطالعه قرار گیرد.
۱۱. سایر گونه‌های آبزیان به منظور تشخیص مناسب ترین پایشگر برای پایش زیستی آلودگی نفتی مورد مطالعه قرار گیرد.

تشکر و قدردانی

از مسوولین دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر و مرکز مطالعات و پژوهش‌های دانشگاه خلیج فارس بوشهر که امکانات لازم و کافی را در اختیار نویسندگان مقاله قرار دادند، کمال قدردانی خود را اعلام می‌داریم.

فهرست منابع

محمودی، م؛ صفاهیه، ع؛ نیک‌پور، ی؛ و غانمی، ک؛ ۱۳۹۰. مطالعه امکان استفاده از دو کفه‌ای *Barbatia helblingii* به عنوان پایشگر زیستی ترکیبات PAHs در سواحل بوشهر. مجله محیط شناسی. ۳۷(۵۸): ۱۴۱-۱۴۹.

میرزا، ر؛ دادالهی سهراب، ع؛ صفاهیه، ع؛ محمدی، م؛ سواری، ا؛ و عابدی، ا؛ ۱۳۹۰. هیدروکربن‌های آروماتیک چند حلقه‌ای (PAHs) در رسوبات و صدف صخرهای *Saccostrea cucullata* در منطقه بین جزر و مدی سواحل استان بوشهر(خلیج فارس). مجله اقیانوس شناسی. ۲(۵): ۱۱-۱۹.

Cheney, M. A.; Liu, J.; Amei, A.; Zhao, X.; Joo, S. W. & Qian, S. 2008. A comparative study on the uptake of polycyclic aromatic hydrocarbons by *Anodonta californiensis*. Environmental Pollution. 25: 1-8.

www.SID.ir

Archive of SID

Cheung, C. C. C.; Zheng, G. J.; Li, A. M. Y.; Richardson, B. J. & Lam, P. K. S. 2001. Relationships between tissue concentrations of polycyclic romatic hydrocarbons and antioxidative responses of marine mussels, *Perna Viridis*. Aquatic Toxicology. 52: 189-203.

Cortazar, E.; Bartolome, L.; Arrasate, S. B.; Usobiaga, A. A.; Raposo, J. C. A.; Zuloaga, O. & Etxebarria, N. 2008. Distribution and bioaccumulation of PAHs in the UNESCO protected natural reserve of Urdaibai, Bay of Biscay. Chemosphere. 72: 1467-1474.

Darriba, S.; Juan, F. S. & Guerra, A. 2004. Reproductive cycle of the razor clam *Ensis arcuatus* (Jeffreys, 1865) in northwest Spain and its relation to environmental conditions. Marine Biology and Ecology. 311: 101-115.

DE Bruyne, R. H. 2003. The Complete Encyclopedia of Shells. REBO Publishers, New York, PP. 280-283.

Fang, J. K. H.; Au, D. W.T.; Wu, R. S. S.; Zheng, G. J.; Chan, A. K. Y.; Lam, P. K. S. & Shin, P. K. S. 2009. Concentrations of polycyclic aromatic hydrocarbons and polychlorinated biphenyls in green-lipped mussel *perna viridis* from Victoria Harbour, Hong Kong and possible human health risk. Marine Pollution Bulletin. 58: 601-634.

Frouin, H.; Pellerrin, J.; Fournier, M.; Pelletier, E.; Richard, P.; Pichaud, N.; Rouleau, C. & Garnerot, F. 2007. Physiological effects of polycyclic aromatic hydrocarbons on soft-shell clam *Mya arenaria*. Aquatic Toxicology. 82: 120-134.

Fung, C. N.; Lam, J. C. W.; Zheng, G. J.; Connell, D. W.; Monirith, I.; Tanabe, S.; Richardson, B. J. & Lam, P. K. S. 2004. Mussel-based monitoring of trace metal and organic contaminants along the east coast of China using *Perna viridis* and *Mytilus edulis.* Environmental Pollution. 127(2): 203-216.

Gaspare, L.; Machiva, J. F.; Mdachi, S. J. M.; Streck, G. & Brack, W. 2008. Polycyclic aromatic hydrocarbon (PAH) contamination of surface sediments and oysters from the inter-tidal areas of Dar es Salaam, Tanzania. Environmental Pollution. 20: 1-11.

Giam, C. S. & Ray, L. E. 2000. Pollutant Studies in Marine Animals. CRC Press, Florida, PP. 2-69.

Guinan, J.; Charlesworth, M.; Service, M. & Oliver, T. 2001. Sources and Geochemical Constraints of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs) in Sediments and Mussels of two Northern Irish Sea-loughs. Marine Pollution Bulletin. 42(11):1073-1081.

Lead, J. H. 2000. BIVALVES. Bailey-Matthews Shell Museum. Florida, USA, PP. 284-289.

Lima, I.; Moreira, S. M.; Rendon – Von Osten J.; Soares, A. M. V. M. & Guilhermino, L. 2007. Biochemical responses of the marine mussel *Mytilus galloprovincialis* to petrochemical environmental contamination along the North – western coast of Portugal. Chemosphere. 66: 1230-1242.

Miller, K. P.; Borgeest, C.; Greenfeld, C.; Tomic, D. & Flaws, J. A. 2004. In utero effects of chemicals on reproductive tissues in females. Toxicology and Applied Pharmacology. 198(2): 111-131.

Mirza, R.; Mohammadi, M.; Dadolahi Sohrab, A.; Safahieh, A.; Savari, A. & Hajeb, P. 2012. Polycyclic aromatic hydrocarbons in Seawater, Sediment and Rock Oyster *Saccostrea Cucullata* from the Northern Part of the Persian Gulf (Bushehr Province). Water Air Soil Pollution. 223: 189-198.

Munawar, M. P.; Price, A. R. G.; Munawar, I. F.; Carou, S.; Niblock, H. & Orimer, J. 2002. Aquatic ecosystem health of the Arabian Gulf: Status and research needs. In: Khan, N., Y., Munawar, M. P. and

www.SID.ir

Archive of SID

Price, A. R. G. (Eds.), The Gulf Ecosystem: Health and Sustainability. Bakhuys Publishers, Leiden, PP. 303-325.

Olajire, A. A.; Altenburger, R.; Kuster, E. & Brack, W. 2005. Chemical and ecotoxicological assessment of Polycyclic Aromatic Hydrocarbon-contaminated sediments of the Niger Delta, Southern Nigeria. Science of the Total Environment. 340: 123-136.

Perugini, M.; Visciano, P.; Giammarino, A.; Manera, M.; Di Nardo, W. & Amorena, M. 2006. Polycyclic aromatic hydrocarbons in marine organisms from the Adriatic Sea, Italy. Chemosphere. 66: 1904–1910.

Romeo, M.; Hoarau, P.; Garello, G.; Gnassia- Barelli, M. & Girard, J. P. 2003. Mussel transplantation and biomarkers as useful tools for assessing water quality in the NW Mediterranean. Environmental Pollution. 122: 369–378.

Safahieh, A.; Mahmoodi, M.; Nikpoor, Y. & Ghanemi, K., 2011. PAHs Concentration in Ark clam (*Barbatia helblingii*) from South Persian Gulf, Bushehr, Iran. International Journal of Environmental Science and Development. 2(5): 394- 398.

Sheppard, C.; Al-Hosiani, M.; Al-Jamali, F.; Al-Yamini, F.; Balwin, R.; Bishop, J. et al. 2010. Review the Gulf a young sea in decline. Marine Pollution Bulletin 60: 13-38.

Siqueira, A.; Leal Godinho, M. J.; Kolm, H. E. & Costa Machado, E. 2009. Evaluation of the water Quality of Tidal Creeks of Pontal do Parana, Parana, Brazil. Biology and Technology. 52(2): 483-492.

Soriano, J. A.; Viñas, L.; Franco, M. A.; González, J. J.; Ortiz, L.; Bayona, J. M. & Albaigés, J. 2006. Spatial and temporal trends of petroleum hydrocarbons in wild mussels from the Galician coast (NW Spain) affected by the Prestige oil spill. Science of the Total Environment. 370(1): 80-90.

Tam, N. F. Y.; Ke, L.; Wang, X. H. & Wong, Y. S. 2001. Contamination of polycyclic aromatic hydrocarbons in surface sediments of mangrove swamp. Environmental pollution. 114: 255-263.

Tolosa, I., Mora, S. J. D., Flower, S. W., Villeneuve, J-P., Bartocci, J. and Cattini, C. 2005. Aliphatic and aromatic hydrocarbons in Marine biota and costal sediments from the Gulf and the Gulf of Oman. Marine Pollution Bulletin. 50:1619-1633.

Valavanidis, A.; Vlachogianni, T.; Triantafillaki, S.; Dassenakis, M.; Androutsos, F. & Scoullos, M. 2008. Polycyclic aromatic hydrocarbons in surface seawater and in indigenous mussel (*Mytilus galloprovincialis*) from coastal areas of the Saronikos Gulf (Greece). Estuarine, Coastal and Shelf Science. 79: 733-739.

Webster, L.; Mcintosh, A. D.; Dalgarno, E. J.; Megginson, C.; Shepherd, N. J. & Moffat, C. F. 2002. The Polycyclic aromatic hydrocarbon composition of mussels (*Mytilus edulis*) from Scottish coastal waters. Environmental Monitoring.5: 150-159.

Wright, D. A. & Welbourn, P. 2002. Environmental toxicology. Published in the United States of America by Cambridge University Press, New York, PP. 380-398.

Yim, U. H.; Hong, S. H.; Shim, W. J. & Oh. J. R. 2004. Distribution and Characteristics of PAHs in Bivalves from Gwangyang Bay, Korea. Environmental Biology. 22: 78-85.

Yim, U. H.; Hong, S. H.; Shim, W. J.; Oh. J. R. & Chang, M. 2005. Spatio-temporal distribution and characteristics of PAHs in sediments from Masan Bay, Korea. Marine Pollution Bulletin. 50: 319-326.

www.SID.ir

Archive of SID

Zakaria, M. P.; Takada, H. & Kumata, H. 2003. Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs) Distribution in Suspended Matter and Sediments: Langat River as a Model for the Malaysian Aquatic Environments. Environmental Science Technology. 39: 2458-2469.

Zakaria, M. P.; Takada, H.; Tsutsumi, S.; Ohno, K.; Yamada, J.; Kouno, E. & Kumata, H. 2002. Distribution of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs) in Rivers and Estuaries in Malaysia: A Widespread Input of Petrogenic PAHs. Environmental Science Technology. 36: 1907-1918.

www.SID.ir