

بررسی میزان تجمع فلزات سنگین در صدف صخره‌ای (*Saccostrea cucullata*)

در سواحل جزر و مدی جنوب جزیره قشم، خلیج فارس

علی کاظمی^۱، *علیرضا ریاحی بختیاری^۲، نبی‌اله خیرآبادی^۳، اسما محمدکرمی^۳ و بهنام حیدری^۴

^۱دانشجو کارشناسی ارشد محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس، نور، مازندران

^۲استادیار گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس، نور، مازندران

^۳دانشجو کارشناسی ارشد زیست دریا، دانشکده علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس، نور، مازندران

^۴دانشجو کارشناسی ارشد آلودگی دریا، دانشگاه آزاد اسلامی اهواز، خوزستان

تاریخ دریافت: ۹۰/۱۱/۹؛ تاریخ پذیرش: ۹۱/۱/۱۶

چکیده

در میان آبزیان رده دوکفه‌ای‌ها با توجه به تغذیه ریزه‌خواری جایگاه ویژه‌ای در زمینه تجمع فلزات سنگین دارند. به‌همین دلیل می‌توان این موجودات را شاخص مناسبی برای پایش فلزات سنگین در محیط‌های آبی دانست. بدین منظور، صدف صخره‌ای (*Saccostrea cucullata*) از چهار ایستگاه واقع در ناحیه جزر و مدی جنوب جزیره قشم جمع‌آوری و نمونه‌ها به‌صورت منجمد شده به آزمایشگاه انتقال یافتند. بافت نرم هر یک از نمونه‌ها با دقت از بافت سخت (صدف) جدا شده و پس از انجام مراحل آماده‌سازی و هضم اسیدی (با اسیدنیتریک ۶۵ درصد)، میزان کادمیوم، سرب، روی و مس نمونه‌ها توسط دستگاه جذب اتمی شعله و کوره گرافیتی مدل شیمادزو 670G در آزمایشگاه دانشگاه تربیت مدرس قرائت شد. نتایج نشان داد که در تمامی ایستگاه‌ها مقدار کادمیوم، روی و مس در بافت نرم و مقدار سرب در بافت سخت بیشتر است. همچنین بیشترین مقدار سرب و کادمیوم در جزایر ناز و کمترین مقدار آن در منطقه شیب دراز اندازه‌گیری شد. بالاترین میزان روی در ایستگاه پارک زیتون و کمترین میزان در ایستگاه زیارتگاه شاه شهید مشاهده شد. از سویی، میزان مس در زیارتگاه شاه شهید بیشترین مقدار و کمترین مقدار در پارک زیتون ملاحظه شد. لذا مقادیر بدست آمده زنگ خطری برای مصرف‌کننده‌های بومی منطقه است و پایش و نظارت مداوم را می‌طلبد.

واژه‌های کلیدی: *Saccostrea cucullata*، شاخص زیستی، فلزات سنگین، خلیج فارس

مقدمه

به دریا سبب شده است که محیط‌های دریایی و سواحل به شدت در معرض آسیب‌های ناشی از آلاینده‌ها باشند (De Mora و همکاران، ۲۰۰۴؛ Astudillo و همکاران، ۲۰۰۵). ناحیه ساحلی نیز به‌عنوان یک منطقه بینابینی، به‌شدت آسیب‌پذیر و پذیرنده آلاینده‌های خشکی و دریا، در معرض تهدید دائمی آلاینده‌ها قرار دارد. فلزات سنگین از جمله آلاینده‌های عمده و خطرناک در محیط‌های دریایی بوده که به‌دلیل منابع آلاینده زیاد، تجزیه پذیری کم و

امروزه مسئله آلودگی در محیط زیست به ویژه آلودگی فلزات سنگین در محیط‌های دریایی به یک مشکل عمده و اساسی در کشورهای در حال توسعه و توسعه یافته جهان تبدیل شده است. افزایش جمعیت در محیط‌های ساحلی، افزایش فعالیت‌های صنعتی و برداشت نفت از محیط‌های دریایی و ورود آلاینده‌ها

*مسئول مکاتبه: riahi@modares.ac.ir

۲۰۰۳؛ Maanan، ۲۰۰۸؛ Fung و همکاران، ۲۰۰۴). در خصوص مطالعه تجمع فلزات سنگین در بافت‌های مختلف صدف‌های صخره‌ای مطالعات متعددی در ایران و جهان انجام شده است که از جمله آنها می‌توان به مطالعات مرتضوی و همکاران (۱۳۸۱) بر روی غلظت فلزات سنگین در صدف صخره‌ای (*Saccostrea cucullata*) در سواحل استان هرمزگان، Astudillo و همکاران (۲۰۰۵) بر روی غلظت فلزات سنگین در نمونه‌های رسوب و سه گونه صدف دو کفه‌ای *Crassostrea virginica*، *Crassostrea rhizophorae*، *Perna viridis* در خلیج *Paria* در سواحل ونزوئلا و ترینیداد، Yap و همکاران (۲۰۰۸) بر روی توزیع غلظت فلزات سنگین در بافت‌های نرم مختلف و پوسته دو کفه‌ای (*Perna viridis*) در سواحل مالزی، Vázquez-Sauceda و همکاران (۲۰۱۱) بر روی میزان غلظت فلزات سنگین در نمونه‌های آب، رسوب و صدف خوراکی (*Crassostrea virginica*) در خلیج سن آندرس در مکزیک و همچنین Barua و همکاران (۲۰۱۱) بر روی تغییرات فصلی تجمع فلزات سنگین در نمونه‌های آب و صدف صخره‌ای *S. cucullata* در سواحل غربی و مرکزی هند اشاره نمود، بطوری‌که مطالعات آنها بیانگر وجود آلودگی ناشی از فلزات سنگین در زیستگاه گونه‌های دو کفه‌ای مورد مطالعه بوده است. لذا با توجه به سیر روز افزون آلودگی آب‌ها و بالطبع آلودگی آبیان و با توجه به اهمیت خلیج فارس به‌عنوان یک دریای نیمه بسته و یک منبع غنی از تنوع زیستی و نیز از آنجا که یکی از روش‌های مطالعه آلودگی‌های نفتی و فلزات سنگین، استفاده از شاخص‌های زیستی (زیست‌نشانگرها) می‌باشد. هدف از این مطالعه، دستیابی به تشخیص و شناسایی مناسب‌ترین بافت جهت پایش میزان تجمع فلزات سنگین روی، مس، سرب و کادمیوم در صدف صخره‌ای (*S. cucullata*) در سواحل جنوبی جزیره قشم و مقایسه بین آنها در نواحی مختلف با استفاده از

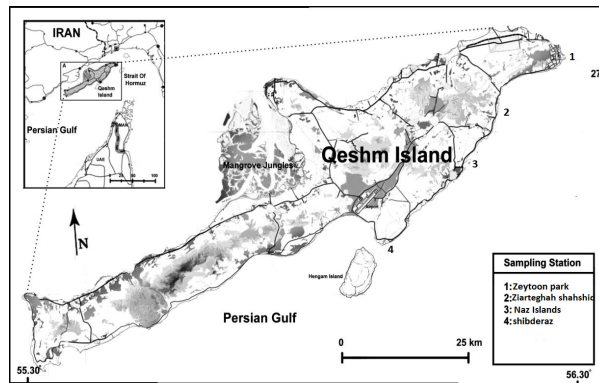
تجمع‌پذیری در بافت‌های موجودات آبی بسیار خطرناک می‌باشند (Yu و همکاران، ۲۰۰۸)، لذا لزوم نظارت و تعیین میزان این آلودگی‌ها به‌وسیله یک شاخص زیستی مناسب ضروری به‌نظر می‌رسد (Diagomanolin و همکاران، ۲۰۰۴؛ Daskalakis، ۱۹۹۶). مقادیر این فلزات در اکوسیستم‌های دریایی و سواحل به‌طور قابل ملاحظه‌ای وابسته به منابع ورودی آب از سواحل می‌باشد که این آب‌های ورودی نیز تحت تأثیر فعالیت‌های کشاورزی، خانگی و صنایع مانند کشتی‌سازی و... می‌باشند. بسیاری از موجودات آبی، فلزات سنگینی را که مقادیر آنها از حد مجاز در محیط زیست فراتر رفته است از طریق غذا، آب و رسوبات در بافت‌های بدن خود تجمع می‌دهند. (Espericueta-Frias و همکاران، ۲۰۰۹). شاخص زیستی یا بیواندیکاتور به موجوداتی اطلاق می‌گردد که توانایی تجمع مواد مختلف را در بافت‌هایشان دارند (Goldberg، ۱۹۷۸). نرمتان بویژه دوکفه‌ای‌ها، به‌دلیل راندمان بالای ریزه‌خواری، عدم تحرک، پراکنش جغرافیایی گسترده، تحمل دامنه وسیع درجه حرارت، شوری، کدورت، قابل دسترس بودن در سرتاسر سال، شناسایی آسان، پتانسیل بالای تجمع زیستی و ایفای نقش مهم اکولوژیکی در محیط، می‌توانند انعکاس‌دهنده مناسبی از وضعیت کمی فلزات سنگین در محیط زیست‌شان باشند (Yap و همکاران، ۲۰۰۸؛ Vázquez-Sauceda و همکاران، ۲۰۱۱). صدف‌های خوراکی قادرند حجم بالایی از آب را فیلتر نموده و از این طریق مقادیر قابل توجهی از فلزات سنگین و ترکیبات شیمیایی دیگر را در بافت‌هایشان انباشت کنند. به‌عنوان مثال؛ صدف‌های خوراکی قادر هستند که فلزاتی مثل جیوه و کادمیوم را تا سطحی چندین هزار برابر بالاتر از سطوحی که در محیط اطراف‌شان وجود دارد، در بافت‌هایشان ذخیره نمایند (Rainbow، ۲۰۰۲؛ Spooner و همکاران،

تعداد ۷۸ عدد صدف صخره‌ای *S. cucullata* با اندازه‌های مشابه از چهار ایستگاه واقع در ناحیه جزر و مدی جنوب جزیره قشم جمع‌آوری شد (جدول ۱ و شکل ۱).

بافت نرم و پوسته صدف صخره‌ای (*S. cucullata*) است.

مواد و روش‌ها

به‌منظور نمونه‌برداری در مردادماه سال ۱۳۸۹



شکل ۱- محل ایستگاه‌های نمونه‌برداری در جنوب جزیره قشم

صدف‌های منجمد شده برای انجام آنالیزهای شیمیایی ابتدا در دمای اتاق یخ‌زدایی و سپس بافت نرم آن‌ها از بافت سخت (پوسته) با دقت جدا شد. طول پوسته هر صدف بطور جداگانه با کولیس اندازه‌گیری شد (جدول ۱).

نمونه‌ها بعد از جمع‌آوری در پلاستیک‌های مخصوص قرار داده شده و در داخل جعبه یخ خشک بلافاصله به آزمایشگاه منتقل شدند. صدف‌ها بعد از انتقال به آزمایشگاه در دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد تا زمان آنالیزهای شیمیایی منجمد و ذخیره شدند.

جدول ۱- موقعیت جغرافیایی، نوع کاربری مکان‌های نمونه‌برداری، مشخصات نمونه‌های *S. cucullata*، تعداد نمونه‌ها، طول بافت‌های سخت

ایستگاه	موقعیت جغرافیایی	تعداد	طول بافت‌های سخت	کاربری مناطق
۱	۲۶° ۵۵' ۲۸" N, ۵۶° ۱۶' ۰۴" E	۱۶	۵۱/۵۱ - ۳۸/۶۶	منطقه شهری
۲	۲۶° ۵۳' ۲۷" N, ۵۶° ۰۹' ۳۷" E	۱۹	۵۰/۱۹ - ۳۷/۹۳	منطقه تفریحی
۳	۲۶° ۸۴' ۴۹" N, ۵۶° ۰۶' ۵۶" E	۲۳	۴۹/۲۳ - ۳۶/۲۶	فعالیت‌های قایقرانی
۴	۲۶° ۴۱' ۱۶" N, ۵۵° ۵۵' ۴۵" E	۲۰	۴۸/۴۴ - ۳۷/۶۵	ساحل دور از فعالیت‌های انسانی

صدف ۰/۸ گرم بافت نرم و ۱ گرم بافت سخت با ۱۰ میلی‌لیتر اسید نیتریک در داخل لوله‌های شیشه‌ای ریخته شد. سپس به مدت یک ساعت در دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد و سه ساعت در دمای ۱۴۰ درجه سانتی‌گراد (به‌منظور هضم کامل) در داخل ترموراکتور گرما داده شدند. پس از انجام هضم اسیدی نمونه‌ها از صافی گذرانده و سپس با آب دیوناز به حجم ۲۵

سپس به‌منظور حذف گل‌ولای و مواد آلی چسبیده به سطح پوسته صدف به‌ترتیب از اسید نیتریک ۵ درصد و آب دیونیزه استفاده گردید. بافت نرم و بافت سخت تمام صدف‌ها به‌مدت ۷۲ ساعت در حرارت ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد در داخل آون خشک شده و سپس به‌وسیله آسیاب برقی کاملاً پودر شده تا همگن شوند. به‌منظور انجام هضم اسیدی، از هر نمونه

انجام شد و اختلاف معنی‌داری در سطح ۰/۰۵ بررسی گردید. ضمناً برای رسم نمودارها از نرم‌افزار Excel 2007 استفاده گردید.

نتایج و بحث

نتایج حاصل از آنالیز فلزات سنگین شامل کادمیوم، سرب، روی و مس در بافت نرم و بافت سخت صدف صخره‌ای *S. cucullata* در جدول ۲ نشان داده شده است.

میلی‌لیتر رسانده شدند (۱۸). در نهایت پس از آماده‌سازی نمونه‌ها، عناصر کادمیوم، سرب، روی و مس با استفاده از دستگاه جذب اتمی شعله شیمادزو مدل (670G) و دستگاه کوره گرافیتی شیمادزو مدل (670G) در دانشگاه تربیت مدرس قرائت شد.

جهت انجام آنالیزهای آماری ابتدا نرمالیت و همگنی داده‌ها سنجیده شد. برای بررسی اختلاف بین ایستگاه‌ها از آنالیز واریانس یک‌طرفه و جهت مقایسه میانگین‌ها از آزمون LSD استفاده شد. تمامی آنالیزهای آماری با استفاده از نرم‌افزار SPSS 17.0

جدول ۲- میانگین غلظت فلزات سنگین برحسب میکروگرم بر گرم وزن خشک در بافت نرم و پوسته صدف *S. cucullata*

ایستگاه	Cd _{ST}	Cd _{SH}	Pb _{ST}	Pb _{SH}	Zn _{ST}	Zn _{SH}	Cu _{ST}	Cu _{SH}
۱	۰/۰۱۴±۰/۰۰۷ ^a	۱/۳۱±۰/۳ ^b	۰/۳۱±۰/۲ ^b	۰/۲۱±۰/۰۲ ^b	۱۲۳/۸±۵۲/۲ ^b	۱۳۰/۱۷±۸۱/۸ ^a	۹/۷۵±۷/۵ ^a	۳۲/۸۵±۸/۷ ^b
۲	۰/۰۰۵±۰/۰۰۳ ^c	۱/۹۱±۰/۶ ^a	۰/۳۲±۰/۲ ^b	۰/۲۷±۰/۲ ^b	۱۹۷/۷±۳۶/۲ ^a	۶۹۳/۶۱±۵۱۵ ^b	۳/۵۶±۰/۸۲ ^b	۵۰/۲۸±۱۷/۹ ^a
۳	۰/۰۰۹±۰/۰۰۵ ^b	۲/۴±۱/۴ ^a	۰/۵۲±۰/۲۴ ^a	۰/۴۵±۰/۳ ^a	۶۲/۰۱±۱۴/۲ ^c	۸۰۷/۳۳±۳۷۰ ^b	۹/۱۲±۱/۶ ^a	۳۳/۴۵±۱۶/۴ ^b
۴	۰/۰۱±۰/۰۰۴ ^b	۱/۲۳±۰/۴ ^b	۰/۱۷±۰/۰۶ ^c	۰/۱۵±۰/۱ ^c	۱۲۹/۶۳±۵۰/۵ ^b	۱۲۵۵/۵±۵۳۶ ^a	۹/۸±۵/۳ ^a	۳۵/۵۲±۱۵/۲ ^b

ورود به محیط‌های آبی به‌طور بالقوه در رسوبات و بدن موجودات زنده تجمع پیدا می‌کنند و متعاقباً از طریق زنجیره غذایی به انسان منتقل می‌شوند و قابلیت تبدیل شدن به فرم‌های کم‌خطرتر را ندارند. نرم‌تنان به‌ویژه دوکفه‌ای‌ها به‌سبب قابلیت دسترسی زیستی به آلاینده‌ها در محیط و نیز به‌علت برخورداری از سیستم تصفیه صافی قادرند به‌عنوان نشانگرهای آلودگی مورد استفاده قرارگیرند (مرتضوی و همکاران، ۱۳۸۴). بنابراین تعیین و ارزیابی سطوح فلزات سنگین در موجودات زنده دریایی علاوه بر استفاده از آنها به‌عنوان شاخص‌های آلودگی‌های دریایی و شناخت منابع آلاینده‌ها از نقطه نظر سلامتی و بهداشتی و همچنین تغذیه‌ای نیز بسیار اهمیت دارد. براساس نتایج بدست آمده، تجمع بیشتر کادمیوم در بافت نرم نسبت به بافت سخت (*S. cucullata*) احتمالاً به‌علت پروتئین‌های موجود در بافت نرم و مکانیسم مثبت این بافت در جذب کادمیوم از محیط می‌باشد (Blackmore و Wang، ۲۰۰۴). در تحقیقات دیگری که توسط Blackmore (۲۰۰۱) بر

نتایج نشان داد مقدار کادمیوم، روی و مس در بافت نرم در هر چهار ایستگاه بیشتر از بافت سخت می‌باشد. اما در مورد سرب، نتایج بر عکس بود به‌طوری‌که مقدار سرب در بافت سخت در چهار ایستگاه بیشتر از بافت نرم است. لذا برای سنجش و تعیین اختلاف بین ایستگاه‌ها از لحاظ میزان آلودگی برای عناصر کادمیوم، روی و مس از بافت نرم و برای سرب از بافت سخت صدف صخره‌ای *S. cucullata* استفاده شد. بیشترین مقدار کادمیوم در بافت نرم در ایستگاه ۳ (جزایر ناز) و کمترین مقدار مربوط به ایستگاه ۴ (شیب دراز) است. بیشترین مقدار سرب بافت سخت مربوط به ایستگاه ۳ و کمترین مقدار سرب در ایستگاه ۴ است. بیشترین مقدار روی در ایستگاه ۱ (پارک زیتون) و کمترین مقدار در ایستگاه ۲ (زیارتگاه شاه شهید) و در بافت نرم مشاهده شد. بیشترین مقدار مس در بافت نرم در ایستگاه ۲ و کمترین مقدار در ایستگاه ۱ مشاهده شد.

در اکوسیستم‌های دریایی فلزات سنگین که در نتیجه فعالیت‌های طبیعی و انسانی می‌باشند، پس از

مختلف را می‌توان به منابع ورودی آن منطقه نسبت داد (De Mora و همکاران، ۲۰۰۴). در ایستگاه ۳ احتمالاً به علت فعالیت‌های قایقرانی بیشترین مقدار کادمیوم و سرب مشاهده شد و کمترین مقدار این عناصر در ایستگاه ۴ که یک منطقه دور افتاده است، اندازه‌گیری شد. همان‌طور که از نتایج مشخص است با دور شدن از مناطق مسکونی و نیز خارج شدن از منطقه و محدوده فعالیت‌های انسانی و صنعتی همچنان از میزان آلاینده‌ها و تجمع آنها در بدن موجودات کاسته می‌شود (Fung و همکاران، ۲۰۰۴). مس و روی در تمام ایستگاه‌ها غلظت بالایی داشته‌اند، ولی بیشترین غلظت روی در ایستگاه ۱ که تحت تأثیر فاضلاب‌های خانگی و کشاورزی است، مشاهده شد (Diagomanolin و همکاران، ۲۰۰۴). همچنین بیشترین مقدار مس در ایستگاه ۲ اندازه‌گیری شد که علت مقادیر بالای مس در این ایستگاه مشخص نبود. به‌طور کلی، یافته‌های این مطالعه نشان از آلودگی منطقه و تأثیر پذیرفتن آبزیان از این آلودگی‌ها خصوصاً آلودگی‌های نفتی و پساب‌های شهری و صنعتی دارد. نتایج این مطالعه نشان داد که بافت‌های (*S. cucullata*) فلزات مختلف را با الگوهای مختلف تجمع می‌دهند، بطوری‌که الگوی تجمع این فلزات به نقش بیولوژیکی آنها در بافت‌های آن وابسته است. همان‌طور که نتایج نشان داد، بافت نرم صدف صخره‌ای برای پایش زیستی فلزات کادمیوم، مس و روی و بافت سخت برای پایش زیستی فلز سرب در محیط‌های آبی و سواحل دریاها مناسب می‌باشد، به‌علاوه آلودگی در مناطق مختلف وابسته به منابع ورودی منطقه‌ای آلاینده‌ها نیز می‌باشد. بنابراین با توجه به ارزش اقتصادی و خوراکی این گونه صدف و اینکه این صدف مورد استفاده مردم بومی منطقه قرار می‌گیرد، لذا مقادیر بدست آمده زنگ خطری برای مصرف‌کننده‌های بومی منطقه است و لذا پایش و نظارت مداوم را می‌طلبد.

روی ۱۹ گونه از بی مهرگان (*Tetraclita squamosa*, *Capitulum mitella*, *Balanus amphitrite*, *Megabalanus volcano*, bivalves *Saccostrea cucullata*, *Septifer virgatus*, *Brachidontes atratus*, chiton *Acanthopleura japonica*, gastropods *Cellana grata*, *Cellana toreuma*, *Patelloida saccharina*, *Patelloida pygmaea*, *Siphonaria japonica*, *Tegula argyrostoma*, *Lunella coronata*, *Monodonta labio*, *Nerita albicilla*, *Thais clavigera*, *Thais luteostoma*) در سواحل هنگ کنگ و نیز Daskalakis (۱۹۹۶) بر روی گونه *Crassostrea virginica* در سواحل Maryland آمریکا صورت گرفت با نتایج مطالعه حاضر مطابقت دارد (Daskalakis, ۱۹۹۶; Blackmore, ۲۰۰۱).

غلظت بالای عناصر روی و مس در بافت‌های (*S. cucullata*) به‌خصوص در بافت نرم نسبت به بافت سخت احتمالاً به این علت است که این عناصر برای موجودات زنده و صدف‌ها ضروری می‌باشند. مس در تولید هموسیترین که در رنگدانه تنفسی برای صدف‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد، نقش دارد و روی برای متابولیسم در بافت نرم مورد استفاده قرار می‌گیرد (Vázquez-Sauceda و همکاران، ۲۰۱۱). نتایج پژوهش‌های قبلی بر روی گونه (*S. cucullata*) و گونه‌های دیگر از جمله (*Saccostrea Perna viridis*, *Mytilus edulis*, *camercialis* و *Crassostrea virginica*) با نتایج این مطالعه در مورد مس و روی مشابه بود (Maanan, ۲۰۰۸). از دلایل تجمع بیشتر سرب در بافت سخت نسبت به بافت نرم (*S. cucullata*) می‌توان به ساختار کریستالی و جنس آهکی این بافت اشاره کرد، از آنجائی‌که عنصر سرب در حالت یونی تمایل بیشتری برای تجمع در بافت‌های آهکی دارد و می‌تواند جایگزین یون کلسیم در ترکیب کربنات کلسیم در پوسته آهکی صدف دو کفه‌ای شود. همچنین نتیجه مشابه‌ای با نتایج مطالعه حاضر در مطالعات قبلی مشاهده شد (Yap و همکاران، ۲۰۰۳). در نتیجه، دلایل اختلاف در میزان آلودگی به فلزات سنگین در ایستگاه‌های

تشکر و قدردانی

خانم‌ها زینب انصاری و مروارید رحیمی تشکر
 بدین وسیله از کمک‌های ارزنده آقای جواد عمارلو،
 امیر موتاب ساعی و امین پیشه‌وری و
 می‌شود. همچنین نویسندگان از همکاری صمیمانه آقای
 مهدی عبدالهی در ویرایش این متن تشکر می‌نمایند.

منابع

1. مرتضوی، ث.، اسماعیلی ساری، ع. و ریاحی بختیاری، ع.، ۱۳۸۴. تعیین نسبت نیکل و وانادیوم ناشی از آلودگی‌های نفتی در صدف خوراکی (*Saccostrea cucullata*) در سواحل هرمزگان. مجله منابع طبیعی ایران، شماره ۱، صفحات ۱۷۱-۱۵۹.
2. Astudillo, L.R., Chang Yen, I., and Bekele, I. 2005. Heavy metals in sediments, mussels and oysters from Trinidad and Venezuela. *International Journal of Tropical Biology and Conservation*. 53: 41-53.
3. Barua, P., Mitra, A., Banerjee, K., and Chowdhury, S.N.M. 2011. Seasonal variation of heavy metals accumulation in water and oyster (*Saccostrea cucullata*) inhabiting central and western sector of Indian Sundarbans. *Environmental Research Journal*. 5: 121-130.
4. Blackmore, G. 2001. Interspecific variation in heavy metal body concentrations in Hong Kong marine invertebrates. *Environmental Pollution*. 114: 303-311.
5. Blackmore, G., and Wang, W.X. 2004. The transfer of cadmium, mercury, methylmercury, and zinc in an intertidal rocky shore food chain. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. 307: 91-110.
6. Daskalakis, K.D. 1996. Variability of metal concentrations in oyster tissue and implications to biomonitoring. *Marine Pollution Bulletin*. 32: 794-801.
7. De Mora, S., Fowler, S.W., Wyse, E., and Azemard, S. 2004. Distribution of heavy metals in marine bivalves, fish and coastal sediments in the Gulf of Oman. *Marine Pollution Bulletin*. 49: 410-424.
8. Diagonanolin, V., Farhang, M., Ghazi-Khansari, M., and Jafarzadeh, N. 2004. Heavy metals (Ni, Cr, Cu) in the Karoon waterway river, Iran. *Toxicology Letters*. 151: 63-67.
9. Frias-Espicuceta, M.G., Osuna-Lopez, I., Banuelos-Vargas, I., Lopez- Lopez, G., Muy-Rangel, M.D., Izaguirre-Fierro, G., Rubio-Carrasco, W., Meza-Guerrero, P.C., and Voltolina, D. 2009. cadmium, copper, lead and zinc contents of the Mangrove Oyster, *Crassostrea corteziensis*, of seven coastal Lagoons of NW Mexico. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*. 83: 595-599.
10. Fung, C.N., Lam, J.C.W., Zheng, G.J., Connell, D.W., Monirith, I., Tanabe, S., Richardson, B.J., and 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: 203-216.
11. Goldberg, E.D., Bowen, V.T., Farrington, J.W., Harvey, G., Martin, J.H., Parker, P.L., Risebrough, R.W., Robertson, W., Schneider, E., and Gamble, E. 1978. The mussel watch. *Environmental Conservation*. 5: 101-125.
12. Maanan, M. 2008. Heavy metal concentrations in marine molluscs from the Moroccan coastal region. *Environmental Pollution*. 153: 176-183.
13. Rainbow, P.S. 2002. Trace metal concentrations in aquatic invertebrates: why and so what? *Environmental Pollution*. 120: 497-507.
14. Spooner, D.R., Maher, W., and Otway, N. 2003. Trace metal concentrations in sediments and oysters of Botany Bay, NSW, Australia. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*. 45: 92-101.
15. Vázquez-Sauceda, M.D.L., Aguirre-Guzmán, G., Sánchez-Martínez, J., and Pérez-Castañeda, R. 2011. Cadmium, lead and zinc concentrations in water, sediment and oyster (*Crassostrea virginica*) of San Andres Lagoon, Mexico. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*. 23: 1-5.
16. Yap, C.K., Ismail, A., Tan, S.G., and Abdul Rahim, I. 2003. Can the shell of the green-lipped mussel *Perna viridis* from the west coast of Peninsular Malaysia be a potential biomonitoring material for Cd, Pb and Zn? *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. 57: 623-630.
17. Yap, C.K., Hatta, Y., Edward, F.B., and Tan, S.G. 2008. Distribution of heavy metal concentrations (Cd, Cu, Ni, Fe and Zn) in the different soft tissues and shells of wild mussels *Perna viridis* collected from Bagan Tiang and Kuala Kedah. *Malaysian Applied Biology*. 37: 1-10.
18. Yu, R., Yuan, X., Zhao, Y., Hu, G., and Tu, X. 2008. Heavy metal pollution in intertidal sediments from Quanzhou Bay. *China Journal of Environmental Sciences*. 20: 664-669.