Archive of SID

بررسی اندازه‌گیری غلظت فلزات سنگین کادمیوم، سرب و روی در صدف‌های دوکفه‌ای *Saccostrea cucullata* و *Solen brevis* مناطق بین جزرومدی بندرلنگه و بوشهر

بهنام حیدری چهارلنگ[۱]؛ علیرضا ریاحی بختیاری[۲]*؛ وحید یاوری[۳]؛ سارا سلحشور[٤]

ariyahi@gmail.com

۱- عضو باشگاه پژوهشگران جوان،گروه محیط زیست، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات خوزستان

۲- استادیار گروه محیط‌زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس نور، مازندران

۳- دانشیار گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی دریا، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر

۴- دانش آموخته کارشناسی ارشد،گروه محیط زیست،دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات خوزستان

تاریخ دریافت : شهریور ۱۳۹۰ تاریخ پذیرش : آبان ۱۳۹۰

چکیده

در این پژوهش به بررسی غلظت فلزات کادمیوم، روی و سرب با نمونه برداری از رسوبات سطحی، صدف صخره‌ای خوراکی (*Saccostrea cucullata*) و صدف ملالیس (*Solen brevis*) از ۶ ایستگاه در سواحل بندرلنگه و بوشهر به ترتیب در پاییز ۱۳۸۹ و بهار ۱۳۹۰ پرداخته شده است. نتایج حاصله بیانگر آنست که میانگین تجمع فلزات سنگین در رسوبات سطحی منطقه بندرلنگه الگویی به صورت Pb>Zn>Cd نشان داد، در حالی که میانگین غلظت فلزات سنگین در رسوبات سطحی بوشهر گویای Zn>Pb>Cd بود. نتایج همچنین نشان داد که میان مقدار تجمع فلزات سنگین روی و سرب به ترتیب در بافت نرم و پوسته هر دوگونه دوکفه‌ای با غلظت آنها در رسوبات همبستگی معنی داری وجود دارد. نکته قابل توجه این است که فلز کادمیوم الگوی مشابهی را در دوگونه دوکفه‌ای نشان نداد، بطوری که در صدف (*Saccostrea cucullata*) همبستگی مثبت و معنی داری میان غلظت فلز کادمیوم در بافت نرم و رسوبات سطحی مشاهده گردید، درحالی‌که در صدف (*Solen brevis*) همبستگی مثبت و معنی داری میان غلظت فلز کادمیوم در پوسته صدف و رسوبات سطحی ثبت گردید.

کلمات کلیدی : فلزات سنگین، *Saccostrea cucullata*، *Solen brevis*، بندرلنگه و بوشهر، مناطق بین جزر و مدی.

*نویسنده مسئول

www.SID.ir

Archive of SID

۱.مقدمه

خلیج فارس مهمترین آبراهه حیاتی جهان در ارتباط با بهره برداری و انتقال نفت است که بر اثر عملکرد نادرست انسان در زمره آلوده‌ترین مناطق دریایی جهان قرار دارد(۶، ۸). در این میان بخش‌های شمالی خلیج فارس به دلیل عمق کم، چرخش محدود، شوری و دمای بالا به میزان بیشتری تحت تاثیر آلاینده-ها هستند. از سوی دیگر با توجه به وقوع حوادث محیطی مختلف در این منطقه در طی سال‌های اخیر، از جمله بزرگترین ریزش نفتی دنیا در سال ۱۹۹۱، تردد و حمل و نقل کشتی‌ها و ورود آلودگی‌های نفتی این منطقه دچار بحران شده است (۲۷،۳). ورود مواد آلوده‌کننده از جمله فلزات سنگین به آب ها و تجمع آنها در آبزیان بواسطه خطراتی که برای انسان و دیگر موجودات ایجاد می‌کند از دیدگاه بهداشتی، اقتصادی و اکولوژیکی حائز اهمیت بسیار است(۲،۱۱،۲۴). بسیاری از فلزات به طور طبیعی از اجزای متشکله اکوسیستم‌های آبی به حساب می‌آیند و حتی تعدادی از آن‌ها در بقاء موجودات زنده نقش حائز اهمیتی را ایفا می‌کنند. با این وجود چنانچه میزان این عناصر به دلایل گوناگونی از حدود معینی فراتر برود باعث به مخاطره افتادن حیات آبزیان می‌گردد، زیرا سریعاً سبب برهم خوردن توازن اکولوژیکی شده و موجبات زوال زیستی اکوسیستم را فراهم می‌سازد(۲،۱۰). نرم‌تنان به ویژه دوکفه‌ای‌ها به علت برخورداری از سیستم صافی خواری قادرند مقدار زیادی آب را فیلتر نمایند و امکان زیادتری برای تجمع مواد شیمیایی مانند هیدروکربن‌های آروماتیک، نفت خام و فلزات سنگین و ترکیبات پلی کلرینه بی‌فنیل دارند، به همین دلیل حتی در مواردی به عنوان شاخص‌های زیستی تعریف می‌شوند (۳۶،۱۷،۹). در دنیا کارهای نسبتاً زیادی در ارتباط با بررسی میزان تجمع فلزات سنگین در بافت آبزیان و خصوصاً صدف-های دوکفه‌ای انجام پذیرفته است که از آن جمله می‌توان به مطالعه بر روی غلظت فلزات سنگین در بافت‌های مختلف صدف دوکفه‌ای *Solen regularis* در سواحل Moyan (۲۲)، پایش زیستی فلزات سنگین را در بافت‌های نرم دوکفه‌ای *Isognomon alatus* در سواحل Peninsular در مالزی(۳۸)، مطالعه ای بر روی غلظت فلزات‌سنگین در نمونه‌های رسوب، آب و صدف دوکفه‌ای *Crassostrea virginica* در خلیج San Andres در مکزیک(۳۱)، بررسی تجمع فلزات سنگین در نمونه‌های آب، رسوب و بافت ماهی *Mugil cephalus* و صدف دوکفه ای *Crassostrea madrasensis* در دریاچه Pulicat در سواحل جنوب شرقی هند(۲۹) و همچنین بررسی میزان تجمع فلزات سنگین در نمونه-های آب و بافت‌های مختلف صدف خوراکی *Saccostrea cucullata* در بخش غربی سواحل هند اشاره نمود(۱۶). نتایج بررسی تجمع میزان فلزات سنگین در آبزیان بویژه در بافت‌های صدف‌های خوراکی از جنبه‌های گوناگون می‌تواند حائز اهمیت باشد : اولاً وضعیت بار آلودگی محیط‌های ساحلی بندرلنگه و بوشهر را از لحاظ میزان تجمع فلزات سنگین تا اندازه ای مشخص می‌کند و ثانیاً با توجه به ارزش خوراکی این دو گونه دوکفه‌ای برای افراد بومی وضعیت استفاده و یا عدم استفاده از بافت خوراکی این دو گونه صدف را مشخص می‌نماید. لذا از آنجا که ورود و تجمع آلاینده‌ها در آب و رسوبات سبب جذب و تجمع بالای آنها در آبزیان می‌شود(۶)، بنابراین موجودات آبزی منطقه مانند صدف صخره‌ای(*Saccostrea cucullata*) و صدف ملالیس(*Solen brevis*) در معرض خطرات احتمالی آلاینده‌های مختلف و تجمع فلزات سنگین قرار دارند. بنابراین با توجه به ارزش غذایی و اقتصادی این دو گونه مهم ضروریست تا به تعیین میزان و قدرت جذب فلزات سنگین در دو گونه کفزی و رسوبات بستر پرداخته و با مقایسه آنها با استانداردهای بین المللی راهکارهای مناسب برای جلوگیری از نابودی این دو اکوسیستم آبی مهم و موجودات با ارزش و سودآور آنها پیشنهاد گردد.

www.SID.ir

Archive of SID

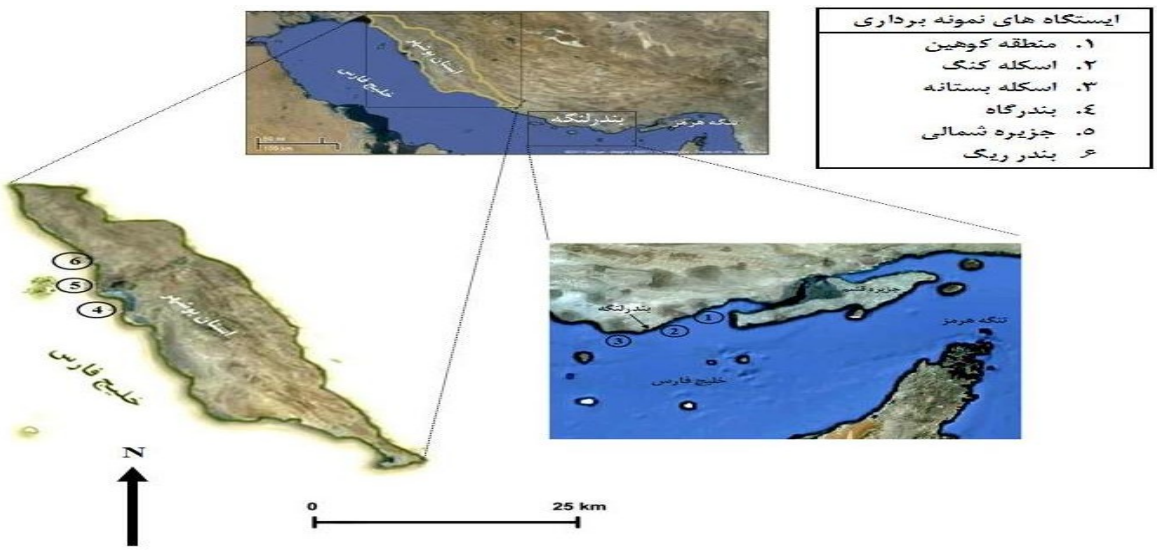
۲. مواد و روش ها

با رعایت فعالیت‌های صنعتی و شهرنشینی در بخش‌های ساحلی بندرلنگه و بوشهر و نیز پس از بررسی‌های مقدماتی در خصوص مکان‌های طبیعی زیست صدف‌های خوراکی صخره-ای(*S. cucullata*) و صدف ملالیس(*S. brevis*) و با توجه به در دسترس بودن آنها نمونه برداری از آنها به صورت تصادفی انجام شد و تعداد ۱۶ عدد صدف صخره‌ای (*S. cucullata*) از هر ایستگاه در بندرلنگه و همچنین ۱۶ عدد صدف ملالیس(*S. brevis*) از هر ایستگاه در سواحل بوشهر نمونه برداری شد و مشخصات جغرافیایی هر ایستگاه توسط دستگاه مکان یاب (GPS) ثبت شد(جدول۱، شکل ۱).

نمونه برداری به ترتیب در فصل پاییز ۱۳۸۹ از صدف‌های صخره-ای (*S. cucullata*) از سواحل بندرلنگه و در فصل بهار ۱۳۹۰ از صدف‌های(*S. brevis*) از سواحل بندر بوشهر صورت گرفت. شایان ذکر است که در هر ایستگاه نمونه‌های رسوب با ۵ تکرار از لایه سطحی(۰-۳ سانتی متر) در منطقه بین جزرومدی ساحل با استفاده از قاشق پلاستیکی برداشت شد، هر نمونه رسوب مشتمل بر ۵ نمونه رسوب سطحی در یک پلات یک مترمربعی می‌باشد که پس از مخلوط و هموژن شدن یک نمونه را تشکیل می‌دهد. ضمناً جهت نمونه برداری از گونه‌های دوکفه‌ای به ترتیب برای صدف‌های صخره‌ای*S. cucullata* از قلم و چکش و جهت نمونه برداری از صدف*S. brevis* از میله بلند و

جدول ۱: نتایج مربوط به زیست سنجی و مختصات جغرافیایی ایستگاه های مورد مطالعه

صدف	منطقه	شماره	ایستگاه	طول صدف (mm)	مختصات جغرافیایی
صدف صخره ای خوراکی *Saccostrea cucullata*	هرمزگان (بندرلنگه)	۱	منطقه کوهین	۵۵/۹۲	۲۶° ۳۸′ ۲۱″ N ۵۵° ۰۱′ ۳۷″ E
		۲	اسکله کنگ	۵۴/۱۶	۲۶° ۳۷′ ۳۳″ N ۵۴° ۵۹′ ۴۸″ E
		۳	اسکله بستانه	۵۶/۳۵	۲۶° ۳۰′ ۱۷″ N ۵۴° ۳۹′ ۴۲″ E
صدف ملالیس *Solen brevis*	بوشهر	۴	بندرگاه	۸۹/۱	۲۸° ۲۹′ ۲۳″ N ۵۰° ۵۵′ ۰۸″ E
		۵	جزیره شمالی	۹۷/۵	۲۹° ۲۶′ ۳۴″ N ۵۰° ۳۸′ ۹۶″ E
		۶	بندر ریگ	۸۶/۶	۲۹° ۲۶′ ۷۲″ N ۵۰° ۳۸′ ۷۱″ E



شکل ۱: نقشه ایستگاه‌های مورد مطالعه در سواحل بندرلنگه و بوشهر

www.SID.ir

Archive of SID

و نازک با انتهای خمیده و در زمان جزر آب دریا استفاده گردید، ضمناً نمونه‌های دوکفه‌ای از عمق ۳ تا ۳۰ سانتیمتری بستر در منطقه بین جزرومدی ساحل جمع آوری گردیدند. نمونه‌های صدف و رسوب پس از جمع آوری در هر ایستگاه، مشخصات ایستگاه بر روی برچسب الحاقی به آنها درج گردیده و در کلمن‌های محتوی یخ به آزمایشگاه انتقال داده شدند و در دمای ۲۰- درجه سانتیگراد نگهداری شدند. برای آماده‌سازی و هضم شیمیایی نمونه‌ها از روش(Direct Aqua Regia Method) استفاده گردید، بدین ترتیب که نمونه‌های رسوب پس از انتقال به آزمایشگاه در دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد برای حداقل ۱۶ ساعت در آون گذاشته شدند تا خشک شوند، در مرحله بعد، نمونه‌های خشک شده در هاون چینی به صورت هموژنیزه و یکنواخت درآورده شد و حدود ۱ گرم از هر نمونه خشک شده(رسوب) توسط ترکیبی از اسیدنیتریک(۶۹ درصد) و اسیدپرکلریدریک(۶۰ درصد) به نسبت ۴:۱ بر روی دستگاه هضم کننده ابتدا در دمای پایین(۴۰ درجه) به مدت ۱ ساعت و سپس در دمای ۱۴۰ درجه به مدت ۳ ساعت هضم گردید. سپس نمونه‌های هضم شده با حجم مشخصی از آب دوبار تقطیرشده (DDW) رقیق شدند و به حجم ۵۰ میلی لیتر رسانیده شد. نمونه‌های صدف نیز پس از زیست سنجی شامل اندازه‌گیری طول پوسته، با خارج کردن بخش بافت نرم از پوسته، دردمای ۱۰۵ درجه سانتیگراد به مدت ۷۲ ساعت در یک آون گذاشته شد تا خشک شوند، پس از آن نمونه‌های خشک شده کوبیده شد تا به صورت پودر در آورده شوند. در نهایت حدود ۱ گرم از هرنمونه خشک شده(پوسته)توسط ترکیبی از اسیدنیتریک(۶۹ درصد) و اسیدپرکلریدریک(۶۰ درصد) به نسبت ۴:۱ و حدود ۱ گرم از هر نمونه خشک شده(بافت نرم) نیز توسط ۱۰cc اسید نیتریک ۶۹ درصد بر روی دستگاه هضم کننده ابتدا در دمای پایین(۴۰ درجه) به مدت ۱ ساعت و سپس دردمای ۱۴۰ درجه به مدت ۳ ساعت هضم گردید. سپس نمونه‌های هضم شده با حجم مشخصی آب دو بار تقطیر شده رقیق شدند و به حجم ۵۰ میلی لیتر رسانیده شدند. در مرحله آخر با استفاده از دستگاه جذب اتمی شیمادزو مدل (AA-670) آنالیز و میزان غلظت فلزات مورد نظر در آنها تعیین شد. آنالیز آماری نمونه‌ها، با استفاده از نرم افزار SPSS 17 انجام گرفت. در ابتدا داده‌ها با استفاده از آزمون Kolmogorov-Smirnov مورد آزمایش نرمال بودن قرار گرفتند. برای بررسی رابطه معنی‌دار میان تجمع فلزات‌سنگین در رسوبات و بافت های مختلف صدف‌های دوکفه‌ای از ضریب همبستگی پیرسون استفاده گردید. همچنین جهت مقایسه غلظت فلزات سنگین در رسوبات و بافت های مختلف صدف‌های دوکفه‌ای بین ایستگاه‌های مختلف از آزمون آنالیز واریانس یکطرفه One-Way ANOVA و در صورت معنی دار بودن اختلاف میانگین ها از آزمون LSD test استفاده گردید و اختلاف معنی داری در سطح ۰/۰۵ مدنظر قرار گرفت.

۳. نتایج

نتایج مربوط به زیست سنجی نمونه‌ها و مختصات جغرافیایی ایستگاه‌ها در جدول(۱)، همچنین نتایج حاصل از آنالیز فلزات سنگین در رسوبات سطحی در جدول(۲) مشخص گردیده است. در جدول(۳) نتایج حاصل از آنالیز فلزات سنگین در بافت نرم دو گونه صدف خوراکی و در جدول(۴) نیز نتایج حاصل از آنالیز فلزات سنگین در بافت پوسته هر دو گونه صدف خوراکی نشان داده شده است. ضمناً مقایسه غلظت فلزات سنگین در بافت نرم صدف‌های خوراکی با استانداردهای جهانی در جدول(۵) آورده شده است. براساس نتایج بدست آمده، بیشترین طول صدف‌های دوکفه‌ای در ایستگاه ۵ و کمترین طول در ایستگاه ۲ مشاهده شد. بالاترین غلظت فلز کادمیوم و سرب در رسوبات سطحی به ترتیب ۱/۵۲ و ۱۸۰/۸ میکروگرم بر گرم در ایستگاه ۳ و بالاترین مقادیر فلز روی نیز با میزان ۳۸/۴۲ میکروگرم بر گرم در ایستگاه ۱ مشاهده گردید(جدول ۲). همچنین در ارتباط با غلظت فلزات سنگین در بافت نرم صدف های دوکفه ای بالاترین میزان فلز سرب(۵۸/۲۳ میکروگرم بر گرم وزن خشک) در ایستگاه ۳ و بالاترین مقادیر فلزات کادمیوم و روی به ترتیب ۱۲/۰۳ و

www.SID.ir

Archive of SID

۷۶۰/۴۰ میکروگرم بر گرم وزن خشک در ایستگاه ۲ مشاهده گردید(جدول ۳). از سویی در بافت پوسته صدف های دوکفه ای بیشترین میزان فلزات سنگین سرب، کادمیوم و روی به ترتیب ۱۳۰/۶۰، ۶/۵۵ و ۱۹۹/۱۰ میکروگرم بر گرم وزن خشک در ایستگاه ۳ ثبت گردید(جدول ۴). به طور کلی در اکثر موارد بیشترین تجمع فلزات در رسوبات و بافت های مختلف صدف-های دوکفه‌ای در ایستگاه ۳ و کمترین میزان تجمع آن‌ها نیز در ایستگاه ۵ مشاهده شد. نتایج بدست آمده از آزمون ANOVAگویای آن بود که در این تحقیق غلظت فلزات کادمیوم، روی و سرب در رسوبات بین دو منطقه بندرلنگه و بوشهر اختلاف معنی داری وجود داشت ($p<۰/۰۰۱$، ۲۴ =df، F=۴/۱۵-۱۸۹/۴۳). همچنین نتایج نشان داد که غلظت فلزات کادمیوم، روی و سرب در بافت‌های مختلف صدف‌های دوکفه‌ای بین دو منطقه بندرلنگه و بوشهر اختلاف معنی‌داری وجود داشت ($F=۱۴۷/۸۳-۹۶۴/۶۸$، $df=۹۵$، $p<۰/۰۰۱$). بعلاوه آزمون همبستگی میان مقادیر فلزات سنگین در بافت‌های مختلف دو گونه صدف دوکفه‌ای با غلظت آنها در رسوبات سطحی در جدول‌های ۶ و ۷ آورده شده است. بر این اساس نتایج نشان داد که میان غلظت فلزات کادمیوم و روی در بافت نرم صدف *S. cucullata* و رسوب سطحی همبستگی مثبت و معنی داری وجود دارد، بدین ترتیب که برای کادمیوم این میزان برابر با ($r=۰/۷۴۲$; $p<۰/۰۱$) و برای فلز روی میزان همبستگی برابر با($r=۰/۵۸$; $p<۰/۰۵$) محاسبه گردید. این در حالی است که نتایج ما گویای همبستگی مثبت و معنی دار میان غلظت فلز سرب در پوسته صدف و رسوبات سطحی می‌باشد ($r=۰/۶۰$; $p<۰/۰۵$). به طور مشابه نتایج حاصل از آزمون همبستگی میان غلظت فلزات سنگین در بافتهای مختلف صدف (*S. brevis*) و رسوبات سطحی سواحل بندر بوشهر نشان داد که همبستگی مثبت و معنی داری میان غلظت فلز روی در بافت نرم صدف و رسوب سطحی وجود دارد($r=۰/۶۲$; $p<۰/۰۵$)، از سویی همبستگی مثبت و معنی داری میان غلظت فلزات کادمیوم و سرب در بافت پوسته صدف *S. brevis* و رسوب مشاهده گردید. بدین صورت که میزان همبستگی برای فلز سرب برابر با ($r=۰/۷۸$; $p<۰/۰۱$) و برای فلز کادمیوم ($p<۰/۰۵$; $r=۰/۶۳$) محاسبه گردید.

جدول ۲. میانگین غلظت فلزات سنگین برحسب (ppm) در رسوبات سطحی ایستگاه‌های مورد مطالعه

شماره ایستگاه	محل نمونه برداری		Pb	Zn	Cd
۱	هرمزگان (بندرلنگه)	منطقه کوهین	۱۵۳/۰۷	۳۸/۴۲	۱/۱۴
۲		اسکله کنگ	۱۵۵/۲۰	۳۶/۲۷	۱/۱۲
۳		اسکله بستانه	۱۸۰/۸	۱۹/۴۱	۱/۵۲
۴	بوشهر	بندرگاه	۲۴/۳۳	۲۳/۴۴	۱/۲۹
۵		جزیره شمالی	۱۸/۷۵	۲۸/۴۵	۱/۱۷
۶		بندر ریگ	۲۰/۳	۲۶/۷	۱/۲۹
		حداقل	۱۸/۷۵	۱۹/۴۱	۱/۱۲
		حداکثر	۱۸۰/۸	۳۸/۴۲	۱/۵۲
		میانگین	۹۲/۰۷±۷۸/۳۵	۲۸/۷۸±۷/۳۴	۱/۲۵±۰/۱۴

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۳ : میانگین غلظت فلزات سنگین (میکروگرم بر گرم) در بافت نرم صدف‌های خوراکی مورد مطالعه

شماره ایستگاه	محل نمونه برداری		Pb	Zn	Cd
۱	هرمزگان (بندرلنگه)	منطقه کوهین	۲۰/۶۴	۷۳۵/۶۰	۱۰/۲۸
۲		اسکله کنگ	۴۴/۷۰	۷۶۰/۴۰	۱۲/۰۳
۳		اسکله بستانه	۵۸/۲۳	۷۴۸/۰۳	۱۱/۱۱
۴	بوشهر	بندرگاه	۶/۱۹	۵۶/۸۲	۰/۷۹
۵		جزیره شمالی	۳/۲۱	۶۹/۲۶	۰/۵۳
۶		بندر ریگ	۳/۷۴	۶۳/۹۸	۰/۷۷
حداقل			۱۸/۷۵	۱۹/۴۱	۳/۲۱
حداکثر			۱۸۰/۸	۳۸/۴۲	۵۸/۲۳
میانگین			۹۲/۰۷±۷۸/۳۵	۲۸/۷۸±۷/۳۴	۲۲/۷۸±۲۳/۵۰

جدول٤: میانگین غلظت فلزات سنگین (میکروگرم بر گرم) در بافت پوسته صدف‌های خوراکی مورد مطالعه

شماره ایستگاه	محل نمونه برداری		Pb	Zn	Cd
۱	هرمزگان (بندرلنگه)	منطقه کوهین	۱۱۷/۱۰	۱۱۴	۵/۲۴
۲		اسکله کنگ	۱۲۵/۴۰	۱۴۱	۳/۵۰
۳		اسکله بستانه	۱۳۰/۶۰	۱۹۹/۱۰	۶/۵۵
۴	بوشهر	بندرگاه	۱۸/۹۵	۹/۷۳	۱/۶۹
۵		جزیره شمالی	۱۲/۳۰	۱۱/۵۴	۱/۳۷
۶		بندر ریگ	۱۵/۹۰	۱۰/۷۶	۱/۵۴
حداقل			۱۸/۷۵	۱۹/۴۱	۱۲/۳۰
حداکثر			۱۸۰/۸	۳۸/۴۲	۱۳۰/۶۰
میانگین			۹۲/۰۷±۷۸/۳۵	۲۸/۷۸±۷/۳۴	۷۰/۰۴±۵۹/۷۰

جدول ۵: مقایسه غلظت فلزات سنگین (میکروگرم بر گرم) در بافت نرم صدف های خوراکی با استانداردهای جهانی

صدف	عنصر	NHMRC (۱۸)	FDA, 1990 (۱۲)	ITS (۳۲)	FAO (۲۲)	تحقیق فعلی
صدف صخره ای خوراکی *Saccostrea cucullata*	Pb	۱/۵	۱	۱/۵	۳۰-۵	۴۱/۱۹
	Zn	۱۵۰	۴۰	۵۰	۵۰۰-۲۰۰	۷۴۸
	Cd	۰/۰۵	۳	۱	۱۰	۱۱/۱۴
Solen brevis			۱	۱/۵	۳۰-۵	۴/۳۸
	Zn	۱۵۰	۴۰	۵۰	۵۰۰-۲۰۰	۶۳/۳۵
	Cd	۰/۰۵	۳	۱	۱۰	۰/۶۹

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ٦: همبستگی بین غلظت فلزات سنگین در رسوب سطحی و بافت‌های مختلف صدف خوراکی *Saccostrea cucullata*

آزمون همبستگی		Pb		Cd		Zn	
		بافت نرم	پوسته	بافت نرم	پوسته	بافت نرم	پوسته
رسوب	همبستگی (r)	$r=۰/۵۱^{*}$	$r=۰/۶۰^{*}$	$r=۰/۷۴۲^{**}$	$r=۰/۴۸$	$r=۰/۵۸^{*}$	$r=۰/۴۲$
	سطح اختلاف (p)	$p<۰/۰۵$	$p<۰/۰۵$	$p<۰/۰۱$	$p>۰/۰۵$	$p<۰/۰۵$	$p>۰/۰۵$

**همبستگی با احتمال خطای کمتر از ۰/۰۱ معنی دار است ($p<0.01$) *همبستگی با احتمال خطای کمتر از ۰/۰۵ معنی دار است ($p<0.05$)

جدول ۷ : همبستگی بین غلظت فلزات سنگین در رسوب سطحی و بافت های مختلف صدف ملالیس *Solen brevis*

آزمون همبستگی		Pb		Cd		Zn	
		بافت نرم	پوسته	بافت نرم	پوسته	بافت نرم	پوسته
رسوب	همبستگی (r)	$r=۰/۳۴$	$r=۰/۷۸^{**}$	$r=۰/۴۸$	$r=۰/۶۳^{*}$	$r=۰/۶۲^{*}$	$r=۰/۲۳$
	سطح اختلاف (p)	$p>۰/۰۵$	$p<۰/۰۱$	$p>۰/۰۵$	$p<۰/۰۵$	$p<۰/۰۵$	$p>۰/۰۵$

**همبستگی با احتمال خطای کمتر از ۰/۰۱ معنی دار است ($p<0.01$) *همبستگی با احتمال خطای کمتر از ۰/۰۵ معنی دار است ($p<0.05$)

٤. بحث

با توجه به نتایج حاصل از آنالیز نمونه‌های رسوب در ایستگاه‌های مختلف(جدول ۲)، مشخص گردید که در میان ایستگاه‌های مورد مطالعه، ایستگاه ۳ بالاترین غلظت فلزات کادمیوم وسرب را دارا می‌باشد. غلظت بالای سرب و کادمیوم احتمالاً می‌تواند ناشی از فعالیت‌های انسانی نظیر تردد کشتی‌ها و قایق‌ها، ریزش‌های نفتی حاصل از فعالیت‌های مربوط به بندرگاه، فاضلاب‌های شهری و خانگی و همچنین تجمع زباله‌ها و ضایعات ناشی از کشتی‌ها و لنج‌های ماهیگیری در این ایستگاه باشد(۱۷،۲۱،۲۶). از آنجایی که این ایستگاه محل تعمیر و شستشوی کشتی‌ها و لنج‌های ماهیگیری می‌باشد همه روزه شناورها و قایق‌های زیادی در آنجا کناره گیری می‌کنند. علاوه بر این از آنجایی که سوخت مصرفی قایق ها می‌تواند حاوی سرب باشد بنابراین تردد و تجمع بالای قایق‌ها و شناورها در این ایستگاه حجم بالایی از پساب حاوی مواد روغنی و نفت را وارد آب می‌کند که می‌تواند دلیلی برای افزایش سرب در این ایستگاه باشد(۷). ضمناً تلاطم کمتر آب و در نتیجه فرصت رسوب گذاری بیشتر در این ایستگاه نیز باعث می‌شود که جذب آلاینده‌ها در رسوبات این ایستگاه افزایش یابد که این مساله نیز می تواند دلیل دیگری بر تجمع بیشتر آلاینده‌ها در این منطقه باشد(۴). بعلاوه حداکثر میزان فلز سنگین روی نیز در ایستگاه ۱ مشاهده گردید. بالابودن غلظت این فلز در منطقه کوهین می‌تواند بدلیل مجاورت این منطقه با کارگاه لنج‌سازی باشد که احتمالاً به رنگ آمیزی کشتی‌ها مربوط می‌شود، روی از جمله فلزاتی است که در تهیه رنگ مورد استفاده قرار می‌گیرد و در ترکیبات رنگ‌های مورد استفاده برای کشتی‌ها و شناورها وجود دارد که این رنگ‌ها، تمامی روی خود را به دریاها رها می‌کنند(۴)، علاوه بر آن وجود مرکز تعمیر موتور لنج‌های صیادی نیز که مقادیر زیادی نفت و مواد روغنی و گریس وارد آب دریا می‌کند را می‌توان یکی دیگر از عوامل مهم در تجمع فلز روی در این منطقه دانست.

از سویی حداقل میزان فلز سرب در ایستگاه ۱، حداقل میزان فلز روی در ایستگاه ۳ و همچنین حداقل میزان عنصر کادمیوم نیز در ایستگاه۲ بوده است. به طور کلی میانگین کلی فلزات در رسوبات سطحی بندرلنگه گویای Pb>Zn>Cd و در سواحل بوشهر گویای Zn>Pb>Cd می‌باشد. نکته قابل توجه این است که در مقایسه مقادیر فلزات سنگین در رسوبات سطحی در منطقه

www.SID.ir

Archive of SID

بندرلنگه با مقادیر آنها در ایستگاه‌های مختلف در بندر بوشهر (جدول ۲)، با وجود اینکه مقادیر فلزات روی و کادمیوم میان دو منطقه اختلاف زیادی نشان ندادند اما مقادیر فلز سرب در منطقه بندرلنگه به طور چشمگیری بالاتر مشاهده شد. این مسأله احتمالاً می‌تواند بدلیل عوامل متعددی از جمله : تفاوت در ویژگی‌های بافتی رسوبات، دانه‌بندی رسوبات(اندازه ذرات)، تفاوت در ورود فلزات سنگین وارد شده به آب دریا ناشی از فعالیت‌های انسان ساخت(ذره ای یا محلول)، میزان ترکیبات آلی و همچنین ترکیب کانی شناسی رسوبات ته نشست کرده در محیط آبی باشد(۲۷،۹). مقایسه میزان جذب و تجمع فلزات سنگین در بافت نرم و پوسته صدف‌های دوکفه‌ای در دو منطقه بندرلنگه و بوشهر نشان داد (جداول ۳ و۴) که در اکثر موارد بیشترین میزان تجمع فلزات سنگین در ایستگاه ۳ در سواحل بندرلنگه و کمترین میزان تجمع آنها در ایستگاه ۵ در سواحل بوشهر مشاهده گردید. شایان ذکر است که با توجه به تمرکز بیشتر منابع آلاینده در سواحل بندرعباس از قبیل ترافیک سنگین کشتیرانی، پالایشگاه‌ها، تأسیسات صنعتی، تمرکز شهری و همچنین جهت جریان آب منطقه خلیج فارس که در امتداد سواحل ایران به سمت غرب پیش می‌رود و اینکه بندرلنگه در غرب شهرستان بندرعباس واقع شده است، بدیهی است که مسیر پراکنش و انتشار آلودگی‌های حاصل از منابع آلاینده در بندرعباس به سمت سواحل بندرلنگه باشد که این امر بر آلودگی نفتی در سواحل بندرلنگه می‌افزاید(۵)، لذا جریان‌های دریایی در نقل و انتقالات مواد نفتی و توزیع آنها در مناطق دیگر بسیار نقش مهم و حیاتی دارند(۲۷). از آنجا که صدف‌های صخره‌ای (*S. cucullata*) در بخش‌های صخره‌ای سواحل زندگی می‌کنند همواره در معرض جریان‌های آبی قرار دارند، از سویی جو نامتعادل و تلاطم بسیار زیاد آب باعث برخورد آب با صخره‌های ساحلی می‌شود، به این ترتیب برخی از فلزات همراه با آب به ساحل آورده می‌شود که ضمن برخورد آب با صخره‌ها مطمئناً با خصوصیت بالای ریزه خواری، صدف‌ها مقداری از این فلزات را جذب کرده و در خود انباشته می‌کنند(۸). همچنین غلظت کمتر فلزات سنگین در ایستگاه ۵ در سواحل بوشهر احتمالاً می تواند بدلیل تجمع کمتر فعالیت‌های انسانی و توسعه صنایع در مقایسه با سایر ایستگاه‌ها در این ایستگاه باشد. این بدان معنی است که فلزات سنگین از منابع انسانی کمتر به محیط وارد می شوند و بنابراین قابلیت دسترسی کمتری هم برای صدف‌های دوکفه‌ای خواهند داشت. به طور کلی میانگین تجمع فلزات سنگین در بافت نرم صدف صخره‌ای(*S. cucullata*) و همچنین صدف(*S. brevis*) الگوی مشابهی نشان داد: Zn>Pb>Cd. مطالعات محققین بر روی دوکفه-ای(*Saccostrea cucullata*) در سواحل بندرعباس(۸) و همچنین بر روی دوکفه‌ای(*Amiantis umbonella*) در سواحل بندرعباس نیز الگویی مشابه به نتیجه حاضر را نشان داد(۱). این در حالی است که تجمع فلزات سنگین در پوسته این دو گونه صدف دوکفه‌ای الگوی یکسانی نشان نداد. الگوی تجمع فلزات در پوسته صدف (*S. cucullata*) گویای: Cd >Zn>Pb و الگوی تجمع فلزات در پوسته صدف(*S. brevis*) گویای Pb>Zn>Cd بود. در حقیقت دوکفه‌ای‌ها، موجودات فیلترفیدر(تصفیه کننده آب) هستند و به همین دلیل قادرند حجم بالایی از آب را فیلتر نموده و از این طریق مقادیر متنابهی از فلزات سنگین و ترکیبات شیمیایی دیگر را در بافت‌هایشان تجمع دهند(۲۸،۱۵). براساس مطالعات انجام شده توسط محققین مختلف فلز روی به عنوان یک فلز ضروری در فیزیولوژی نرم‌تنان شناخته می‌شوند و در رشد و متابولیسم سلولی آبزیان نقش مهمی را بازی می‌کند(۳۱، ۳۷). از نقطه نظر فیزیولوژیکی، فلز روی در مقایسه با دیگر فلزات کارایی و قدرت جذب بالاتری دارد، ضمن اینکه تفاوت در نرخ انتشار به خارج نیز می‌تواند عاملی برای اختلاف بین سطوح فلز روی با دیگر فلزات در صدف‌های خوراکی باشد(۳۰). همچنین وجود پروتئین های با وزن مولکولی کم در بافت نرم دوکفه‌ای‌ها مانند متالوتیونین‌ها از دیگر علل بالا بودن روی در بافت نرم می باشند که به صورت انتخابی با فلزات

www.SID.ir

Archive of SID

سنگین خاص نظیر روی کمپلکس برقرار کرده و سبب فراوانی این فلز در بافت نرم می شوند(۱۳). بالاتر بودن غلظت فلزات غیر ضروری مثل Pb در پوسته نسبت به بافت نرم صدف ممکن است به این دلیل باشد که ساختار کریستالی پوسته نسبت به بافت نرم، تمایل بیشتری برای ترکیب شدن با این فلزات را دارد و جذب برخی از فلزات سنگین در پوسته صدف ها از طریق جایگزینی با یون کلسیم در ساختار کریستالی پوسته و یا به همراه مواد آلی موجود در پوسته، صورت می‌گیرد(۳۵،۳۷). نکته قابل توجه در این تحقیق این است که تجمع فلز سرب در رسوبات سطحی در مقایسه با تجمع آن در بافت‌های مختلف دو گونه صدف دوکفه‌ای مقادیر بالاتری را نشان داد. در حقیقت رسوبات به عنوان مخزنی جهت انباشت و تجمع فلزات سنگین در محیط های دریایی عمل می‌کنند و در اغلب موارد تا بیش از ۹۹ درصد فلزات را در خود ذخیره می‌کنند(۲۹). در مقایسه، صدف‌های (*S. cucullata*) در سواحل بندرلنگه مقادیر بالاتری از فلزات سنگین را نسبت به صدف‌های (*S. brevis*) در سواحل بوشهر در بافت‌هایشان تجمع داده بودند. این تفاوت-ها در الگوی تجمع فلزات سنگین در دو گونه صدف احتمالاً می‌تواند ناشی از فعالیت‌های متفاوت جزرومدی در دو منطقه، مسیرهای متفاوتی که این دو گونه صدف خوراکی برای جذب فلزات دارند، تفاوت‌های فیزیولوژیکی و متابولیکی و همچنین مکان زندگی دو گونه صدف خوراکی باشد، چرا که صدف-های (*S. cucullata*) در بسترهای صخره‌ای و قلوه سنگی زندگی می‌کنند و حفار در گل و ماسه نیستند. در حالی که صدف‌های (*S. brevis*) در زیر رسوبات نرم در بسترهای گلی و ماسه ای زیست می‌کنند و شرایط فیزیولوژیکی این نوع صدف شدیداً تحت تأثیر فاکتورهای زیست محیطی قرار می-گیرد(۱،۲۰،۲۳).

مقایسه میزان تجمع عناصرسنگین در دو گونه صدف دوکفه‌ای در سواحل بندرلنگه و بوشهر با استانداردهای جهانی نشان داد (جدول ۵) که میزان تجمع فلزات سنگین در صدف‌های (*S. cucullata*) از حدود استانداردهای ارائه شده برای آبزیان تجاوز کرد و بنابراین مناسب و ایمن برای مصرف توسط انسان‌ها نیستند. اما در ارتباط با صدف‌های(*S. brevis*) در سواحل بوشهر نتایج گویای این مسأله بود که غلظت فلز سرب از حدود استاندارد ارائه شده توسط NHMRC، ITS و FDA بالاتر مشاهده شد، بنابراین می‌توان گفت که تجمع فلز سرب در بافت این صدف می‌تواند برای مصرف مردم بومی منطقه خطرآفرین باشد، اما در مورد فلز کادمیوم باید اشاره کرد که میزان این فلز در حدی نیست که برای مصرف انسان مضر باشد. در نهایت در ارتباط با فلز روی نتایج حاکی از این بود که میزان این فلز از حد استاندارد ITS و FDA تجاوز کرد اما از حدود استاندارد ارائه شده توسط NHMRC و FAO پایین‌تر مشاهده گردید که با کنترل نشدن اوضاع به طور حتم میزان این فلز نیز از حدود مجاز مصرف انسان بالاتر خواهد رفت.

نتایج حاصل از آزمون همبستگی پیرسون میان غلظت عناصر سنگین در بافت نرم و پوسته صدف خوراکی (*S. cucullata*) و رسوبات سطحی سواحل بندرلنگه (جدول ۶) رابطه‌ای مستقیم میان غلظت فلزات کادمیوم و روی در بافت نرم صدف و رسوب سطحی را نشان می دهد بدین ترتیب که برای کادمیوم این میزان برابر با ($r=۰/۷۴۲$; $p<۰/۰۱$) و برای فلز روی میزان همبستگی برابر با($r=۰/۵۸$; $p<۰/۰۵$) محاسبه گردید. از سویی نتایج ما گویای همبستگی مثبت و معنی دار میان غلظت عنصر سرب در پوسته صدف و رسوبات سطحی می باشد($r=۰/۶۰$; $p<۰/۰۵$). در مطالعاتی بر روی دوکفه‌ای (*Crassostrea virginica*) در سواحل مکزیک(۱۹)، صدف خوراکی (*Crassostrea virginica*) در سواحل فلوریدا(۱۳) و همچنین بر روی صدف خوراکی (*Crassostrea virginica*) در سواحل خلیج San Andres در مکزیک(۳۳) همبستگی معنی‌داری بین غلظت فلزات کادمیوم و روی در بافت دوکفه‌ای و رسوبات گزارش شد که با نتایج تحقیق حاضر مطابقت دارد. بر اساس نتایج اشاره شده در بالا می‌توان نتیجه گرفت که تغییرات غلظت فلزات در بافت

www.SID.ir

Archive of SID

نرم صدف‌ها تابعی از تغییرات آنها در رسوبات پیرامونی می‌باشد و در حقیقت میزان فلزات سنگین در رسوبات به طورمستقیم منعکس کننده میزان آنها در بافت نرم صدف خوراکی است (۱۴)، بنابراین این مسأله گویای این است که بافت نرم صدف (*S. cucullata*) می‌تواند یک شاخص زیستی مناسب برای پایش این فلزات در آب های ساحلی منطقه بندرلنگه باشد و از طرف دیگر بافت پوسته صدف نیز می‌تواند یک شاخص زیستی مناسب برای پایش فلز سرب در منطقه محسوب شود. به طور مشابه نتایج حاصل از آزمون همبستگی میان غلظت عناصر سنگین در بافت های مختلف صدف (*S. brevis*) و رسوبات سطحی سواحل بندر بوشهر (جدول ۷) حاکی از آن است که همبستگی مثبت و معنی داری میان غلظت عنصر روی در بافت نرم صدف و رسوب سطحی وجود دارد($r=۰/۶۲$; $p<۰/۰۵$)، بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که تغییرات غلظت فلز روی در بافت نرم از تغییرات غلظت این فلز در رسوبات پیروی می‌کند (۱۳). بعلاوه، همبستگی مثبت و معنی داری میان غلظت عناصر کادمیوم و سرب در بافت پوسته صدف و رسوب مشاهده گردید، بطوریکه میزان همبستگی برای فلز سرب برابر با ($r=۰/۷۸$; $p<۰/۰۱$) و برای فلز کادمیوم ($r=۰/۶۳$; $p<۰/۰۵$) بود. این مسئله گویای این است که ذرات معلق رسوب به عنوان منبع اصلی و مستقیم برای جذب این عناصر در پوسته صدف می-باشند و در حقیقت افزایش غلظت این عناصر در رسوب میزان تجمع این فلزات در پوسته صدف را تحت تأثیر قرار داده است (۳۴). مطالعات محققین بر روی صدف خوراکی (*Solen* spp.) در سواحل مالزی(۲۲) و بر روی دوکفه‌ای *Perna viridis* در سواحل Peninsular مالزی(۳۵) همبستگی مثبت و معنی داری میان غلظت فلز سرب و کادمیوم در پوسته صدف و رسوبات سطحی نشان داد که با نتایج تحقیق ما هماهنگی دارد. در مقایسه، نتایج آزمون همبستگی در مورد عناصر سنگین روی و سرب الگوی مشابهی را در هر دو گونه صدف خوراکی نشان داد، این در حالی است که در ارتباط با فلز کادمیوم نتایج بدست آمده یکسان مشاهده نگردید، بدین صورت که در صدف صخره‌ای(*S. cucullata*) بافت نرم صدف شاخص زیستی مناسب‌تری برای پایش فلز کادمیوم است، در حالی که در صدف (*S. brevis*) بافت پوسته صدف شاخص زیستی مناسب تری برای پایش این فلز محسوب می گردد. در حقیقت تفاوت مشاهده شده می‌تواند احتمالاً به این دلیل باشد که تمایل و گرایش به تجمع فلزات سنگین در هر دو گونه صدف خوراکی متفاوت می‌باشد که این مسأله می‌تواند ناشی از ظرفیت‌های متفاوتی باشد که این دو گونه صدف خوراکی به منظور تجمع و یا تنظیم این عناصر در بافت‌هایشان دارند همچنین وجود ارتباط پیچیده میان غلظت‌های فلزات سنگین در محیط زیست جاندار و تجمع زیستی آنها می‌تواند دلیل دیگری باشد(۲۲). به طورکلی نتایج این مطالعه نشان از آلودگی منطقه و تأثیر پذیرفتن آبزیان از این آلودگی‌ها خصوصاً آلودگی‌های نفتی و پساب‌های شهری و صنعتی دارد، به طوری که دیده می‌شود حتی غلظت برخی فلزات به چندین برابر نیز رسیده است، مثلاً در رابطه با فلزاتی مثل سرب و کادمیوم در ایستگاه‌هایی مثل جزیره شمالی در بوشهر تا اسکله بستانه در بندرلنگه افزایش چشمگیری دیده می‌شود، بنابراین این مسأله به عنوان زنگ خطری توجه بیشتر مسئولان سازمان محیط زیست را طلب می‌نماید.

سپاسگزاری

در خاتمه از ریاست و کارشناسان محترم سازمان تحقیقات نرم تنان بندرلنگه و سازمان حفاظت محیط زیست بوشهر که در این تحقیق ما را یاری کردند کمال تشکر را داریم .

منابع

۱-پاشایی راد، ش، ه. سعیدی، ب. ابطحی، و ب. کیابی. ۱۳۸۹. بررسی میزان تجمع برخی فلزات سنگین در بافت نرم و پوسته دوکفه ای خوراکی (*Amiantis umbonella*) در ساحل بندرعباس، خلیج فارس. فصلنامه محیط زیست جانوری. (۲)۲: ص۹-۲۲.

www.SID.ir

Archive of SID

۲-پروانه، م، ن. خیرور، ی. نیک پور، و م. ب. نبوی. ۱۳۹۰. غلظت فلزات سنگین در ماهی کفشک گرد (*Euryglossa orientalis*) و رسوبات خور موسی در استان خوزستان. مجله علمی شیلات ایران. (۲)۲۰ : ص ۱۷-۲۶.

۳- تاتینا، م، ش. عریان، و م. قریب خانی. ۱۳۸۸. بررسی میزان تجمع فلزات سنگین (نیکل،سرب،کادمیوم و وانادیوم) ناشی از تأثیر آلودگی نفتی در بافت عضله ماهی یلی (*Pelates quidrileneatus*) خلیج فارس. مجله بیولوژی دریا. ۳ : ص ۲۸-۴۰.

۴- خراسانی، ن، ج. شایگان، و ن. کریمی شهری. ۱۳۸۴. بررسی غلظت فلزات سنگین (روی، مس، آهن، کروم و سرب) در رسوبات سطحی سواحل بندرعباس. مجله منابع طبیعی ایران. ۵۸ : ص ۸۶۱-۸۶۹.

۵- دادالهی، س، م. ثقیلی، و ن. خیرور. ۱۳۹۰. غلظت فلزات سنگین نیکل، کادمیوم، سرب و مس در رجلبکها و رسوبات مناطق ساحلی استان هرمزگان (بندرعباس و بندرلنگه). مجله علمی شیلات ایران. ۱ : ص ۳۱-۴۲.

۶- ریاحی بختیاری، ع، و ث. مرتضوی. ۱۳۸۶. سنجش مقادیر سرب و کادمیوم در پوسته صدف مروارید ساز محار (*Pinctada radiata*) در سواحل بندرعباس، جزیره هندورابی. مجله پژوهش و سازندگی در امور دام و آبزیان. ۷۴ : ص ۱۱۱-۱۱۷.

۷- صفاهیه، ع، م. فرهاد، م. ب. نبوی، ک. غانمی، ع. موحدی نیا و م. داراب پور. ۱۳۹۰. تجمع فلزات سنگین Pb, Cu, V, Ni در رسوب و دوکفه ای (*Crassostrea gigas*) در بندر امام خمینی (ره). مجله اقیانوس شناسی. (۸)۲ : ص ۴۹-۵۹.

۸- مرتضوی، ث، ع. اسماعیلی ساری، و ع. ریاحی بختیاری. ۱۳۸۱. سنجش میزان روی، سرب و کادمیوم در صدف خوراکی صخره‌ای(*Saccosterea cucullata*) در سواحل استان هرمزگان. مجله علوم دریایی ایران. ۱: ص ۶۷-۷۶.

۹- مرتضوی، ث، ع. اسماعیلی ساری، و ع. ریاحی بختیاری. ۱۳۸۴. تعیین نسبت نیکل و وانادیوم ناشی از آلودگی‌های نفتی در صدف خوراکی (*Saccostrea cucullata*) در سواحل هرمزگان. مجله منابع طبیعی ایران. ۱: ص ۱۵۹-۱۷۱.

10-Ahmed, K., Y. Mehedi, R. Haque and P. Mondol. 2010. Heavy metal concentrations in some macrobenthic fauna of the Sundarbans mangrove forest, south west coast of Bangladesh. J. Environmental Monitoring and Assessment. 177(1-4): 505-514.

11-Alyahya, H., A. H. El-Gendy, S. Al Farraj and M. El-Hedeny. 2011. Evaluation of heavy metal pollution in the Persian Gulf using the clam *Meretrix meretrix* Linnaeus, 1758. J. Water Air and Soil Pollution. 214: 499- 507.

12-Anon., Food and Drug Administration (FDA) United State; Center for food safety & Applied Nutrition, Washington. 1990.

13-Apeti, D. A., L. Robinson and E. Johnson. 2005. Relationships between heavy metal concentrations in the American oyster (*Crassostrea virginica*) and metal levels in the water column and sediment in Apalachicola Bay, Florida. American J. of Environmental Sciences. 1: 179-186.

14-Astudillo, L. R., I. Chang Yen and I. Bekele. 2005. Heavy metals in sediments, mussels and oysters from Trinidad and Venezuela. International J. Tropical Biology. 53: 41-53.

15-Avelar, W. E. P., F. L. M. Mantelatto, A. C. Tomazelli, D. M. L. Silva, T. Shuhama and J. L. C. Lopes. 2000. The marine mussel *Perna perna* (mollusca, bivalvia, mytilidae) as an indicator of contamination by heavy metals in the Ubatuba Bay, Sao Paulo, Brazil. J. Water, Air and Soil Pollution. 118: 65-72.

16-Barua, P., A. Mitra, K. Banerjee and M. Chowdhury. 2011. Seasonal variation of heavy metals accumulation in water and oyster (*Saccostrea cucullata*) inhabiting central and western sector of Indian Sundarbans. Environmental Research J. 5: 121-130.

www.SID.ir

Archive of SID

17-Bat, L., A. Gundogdu, M. Ozturk and M. Ozturk. 1999. Copper, zinc, lead and cadmium concentrations in the Mediterranean mussel *Mytilus galloprovincialis* Lamarck, 1819 from the Sinop coast of the Black Sea. Tr.J.of Zoology. 23: 321-326.

18-Clinton, H. I., G. U. Ujagwung and H. Michael. 2008. Trace metals in the tissues and shells of *Tympanotonus fuscatus* var. *Radula* from the mangrove swamps of the bukuma oil field, Niger Delta. European J. of Scientific Research. 24: 468-476.

19-Guzman-Garcia, X., A. V. Botello, L. Martinez and H. Gonzalez. 2009. Effects of heavy metals on the oyster **(***Crassostrea virginica***)** at Mandinga Lagoon, Veracruz, Mexico. International Journal of tropical biology. 57(4) : 955-962.

20-Huanxin, W., Z. Lejun and B.J. Presley. 2000. Bioaccumulation of heavy metals in oyster (*Crassostrea virginica*) tissue and shell. J. Environmental Geology. 39(11): 1216-1225.

21-Kamaruzzaman, B.Y., M. C. Ong, K. Zaleha and S. Shahbudin. 2008. Levels of heavy metals in green- lipped mussel *Perna viridis* (Linnaeus) from Muar Estuary, Johore, Malaysia. Pakistan J. of Biological Sciences. 11 (18): 2249-2253.

22-Kanakaraju, D., C. A. Jios and S. M. Long. 2008. Heavy metal concentrations in the Razor clams (*Solen* SPP) from Muara Tebas, Sarawak. Malaysian J. Anal. Sci. 12(1): 53-58.

23-Kanakaraju, D., F. Ibrahim and M. N. Beseli. 2008. Comparative study of heavy metal concentrations in Rozar clam (*Solen regularis*) in Moyan and Serpan, Sarawak. Global J. Environmental Research. 2(2): 87-91.

24-Li, Y. U., Y. U. Zhiming, S. Xiuxian and M. U. Qinglin. 2006. Trace metal concentrations in suspended particles, sediments and clams (*Ruditapes philippinarum*) from Jiaozhou bay of China. J. Environmental Monitoring and Assessment. 121: 491-501.

25-Madiseh, S. D., A. Savari, H. Parham and S. Sabzalizadeh. 2009. Determination of the level of contamination in Khuzestan coastal waters (Northern Persian Gulf) by using an ecological risk index. J. Environmental Monitoring and Assessment. 159: 521-530.

26-Peer, F. E., A. Safahieh, A. D. Sohrab and S. P. Tochaii. 2010. Heavy metal concentrations in rock oyster *Saccostrea cucullata* from Iranian coasts of the Oman Sea. Trakia J. of Sciences. 8: 79-86.

27-Pourang, N., A. Nikouyayn and S. Dennis. 2005. Trace element concentration in fish, sediments and water from northern part of the Persian Gulf. J. Environmental Monitoring and Assessment. 109: 293-316.

28-Pourang, N., C. A. Richardson and M. S. Mortazavi. 2010. Heavy metal concentrations in the soft tissues of swan mussel (*Anodonta cygnea*) and surficial sediments from Anzali Wetland, Iran. J. Environmental Monitoring and Assessment. 163(1-4): 195-213.

29-Priya, S. L., B. Senthilkumar, G. Hariharan, A. P. Selvam, R. Purvaja and R. Ramesh. 2011. Bioaccumulation of heavy metals in mullet (*Mugil cephalus*) and oyster (*Crassostrea madrasensis*) from Pulicat Lake, south east coast of India. J. Toxicology and Industrial Health. 27: 117-126.

30-Sajwan, K., K. Kumar, S. Paramasivam, S. Compton and J. Richardson. 2008. Elemental status in sediment and American oyster collected from Savannah Marsh/Estuarine ecosystem: a preliminary assessment. Archives of Environmental Contamination and Toxicology. 54: 245-258.

31-Silva, C. A. R., P. S. Rainbow and B. D. Smith. 2003. Biomonitoring of trace metal contamination in mangrove-lined Brazilian coastal systems using the oyster *Crassostrea rhizophorae*: comparative study of regions affected by oil, salt pond and shrimp farming activities. Hydrobiology. J. 501:199-206.

32-Unlu, S., S. Topcuoglu, B. Alpar, C. Kirbasoglu and Y. Z. Yilmaz. 2008. Heavy

www.SID.ir

Archive of SID

metal pollution in surface sediment and mussel samples in the Gulf of Gemlik. J. Environmental Monitoring and Assessment. 144: 169-178.

33-V?zquez-Sauceda, M., G. Aguirre-Guzm?n, J. S?nchez-Mart?nez and R. Pérez-Casta?eda. 2011. Cadmium, Lead and zinc concentrations in water, sediment and oyster (*Crassostrea virginica*) of San Andres Lagoon, Mexico. J. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology. 86: 410-414.

34-Yap, C. K., A. Ismail, S. G. Tan and H. Omar. 2002. Correlations between speciation of Cd, Cu, Pb and Zn in sediment and their concentrations in total soft tissue of green-lipped mussel *Perna viridis* from the west coast of Peninsular Malaysia. Environmental International. 28:117–126.

35-Yap, C. K., A. Ismail, S. G. Tan and I. Abdul Rahim. 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?. J. Estuarine, Coastal and Shelf Science. 57: 623–630.

36-Yap, C. K., A. Ismail and S. G. Tan. 2004. Heavy metal (Cd, Cu, Pb and Zn) concentrations in the green-lipped mussel *Perna viridis* (Linnaeus) collected from some wild and aquacultural sites in the west coast of Peninsular Malaysia. J. Food Chemistry. 84: 569–575.

37-Yap, C. K., Y. Hatta, F. B. Edward and S. G. Tan. 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(2): 1-10.

38-Yap, C. K., A. R. Azmiazan and M. S. Hanif. 2010. Biomonitoring of trace metals (Fe, Cu, and Ni) in the Mangrove Area of Peninsular Malaysia using different soft tissues of flat tree oyster *Isognomon alatus*. J. Water, Air and Soil Pollution. 218: 19-36.

www.SID.ir