سنجش مقادیر کبالت، کروم، کادمیوم، نیکل و وانادیوم در صدف دسته چاقویی (*Solen rosemaculatus*) در سواحل بندرخمیر (خلیج فارس)

لیدا سلیمی [۱*]، آریا اشجع اردلان [۲] و مهدی سلطانی [۳]

۱ـ گروه محیط زیست دریا، دانشکده علوم و فنون دریایی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران شمال

۲ـ گروه بیولوژی دریا، دانشکده علوم و فنون دریایی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران شمال

۳ـ دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران شمال، باشگاه پژوهشگران جوان، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۹۰/۳/۱۱ تاریخ پذیرش: ۹۰/۱۰/۱۲

چکیده

فلزات سنگین از جمله عناصری هستند که به دلیل خصوصیات جهش زایی و سرطان زایی اثرات بسیار خطرناکی را بر روی موجودات زنده به جا می‌گذارند. در تحقیق حاضر میزان پنج فلز سنگین (Co, Cr, Cd, Ni, V) در بافت نرم *Solen rosemaculatus* در منطقهٔ بندرخمیر طی دو فصل تابستان و زمستان ۱۳۸۹ تعیین گردید. بندرخمیر یکی از بنادر مهم صیادی در استان هرمزگان می‌باشد. بدین منظور نمونه‌ها با اندازه ۵ تا ۷ سانتی‌متر از ۳ ایستگاه در منطقه جزر و مدی بندرخمیر برداشت شد. دوکفه‌ای‌ها به آزمایشگاه منتقل و پس از بیومتری، بافت نرم دوکفه‌ای‌ها جدا شده و بعد از انجام مراحل آماده سازی و هضم با استفاده از دستگاه جذب اتمی (کوره گرافیتی) میزان فلزات سنگین آن‌ها اندازه‌گیری شد. نتایج حاصله بیانگر میانگین غلظت کبالت، کروم، کادمیوم و نیکل در فصول تابستان و زمستان به ترتیب کبالت (۰/۰۲۶±۰/۰۷۵ و ۰/۰۳۴±۰/۰۸۳)، کروم (۰/۰۳۸±۰/۱۰۰ و ۰/۰۴۲±۰/۱۴۲)، کادمیوم (۰/۰۱۷±۰/۰۲۶ و ۰/۰۰۹±۰/۰۱۳) و نیکل (۰/۲۸۷± ۰/۹۸۴ و ۰/۳۴۴±۱/۱۰۴) میکروگرم بر گرم وزن خشک تعیین شد. غلظت وانادیوم کمتر از حد تشخیص دستگاه بود. نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که مقادیر بدست آمده کمتر از حد مجاز استاندارد جهانی می‌باشد. آنالیزهای آماری نشان داد که اختلاف معنی دار در بین غلظت کروم بین ایستگاه‌های مختلف و همچنین در فصول مختلف دیده شد (P <۰/۰۵). همچنین اختلاف معنی دار بین مقدار کادمیوم میان نمونه‌ها در فصول مختلف وجود دارد (P <۰/۰۵).

واژگان کلیدی

صدف دسته چاقویی، فلزات سنگین، آلودگی، بندرخمیر، خلیج فارس

* نگارنده پاسخگو: L_salimi@iau-tnb.ac.ir

مقدمه

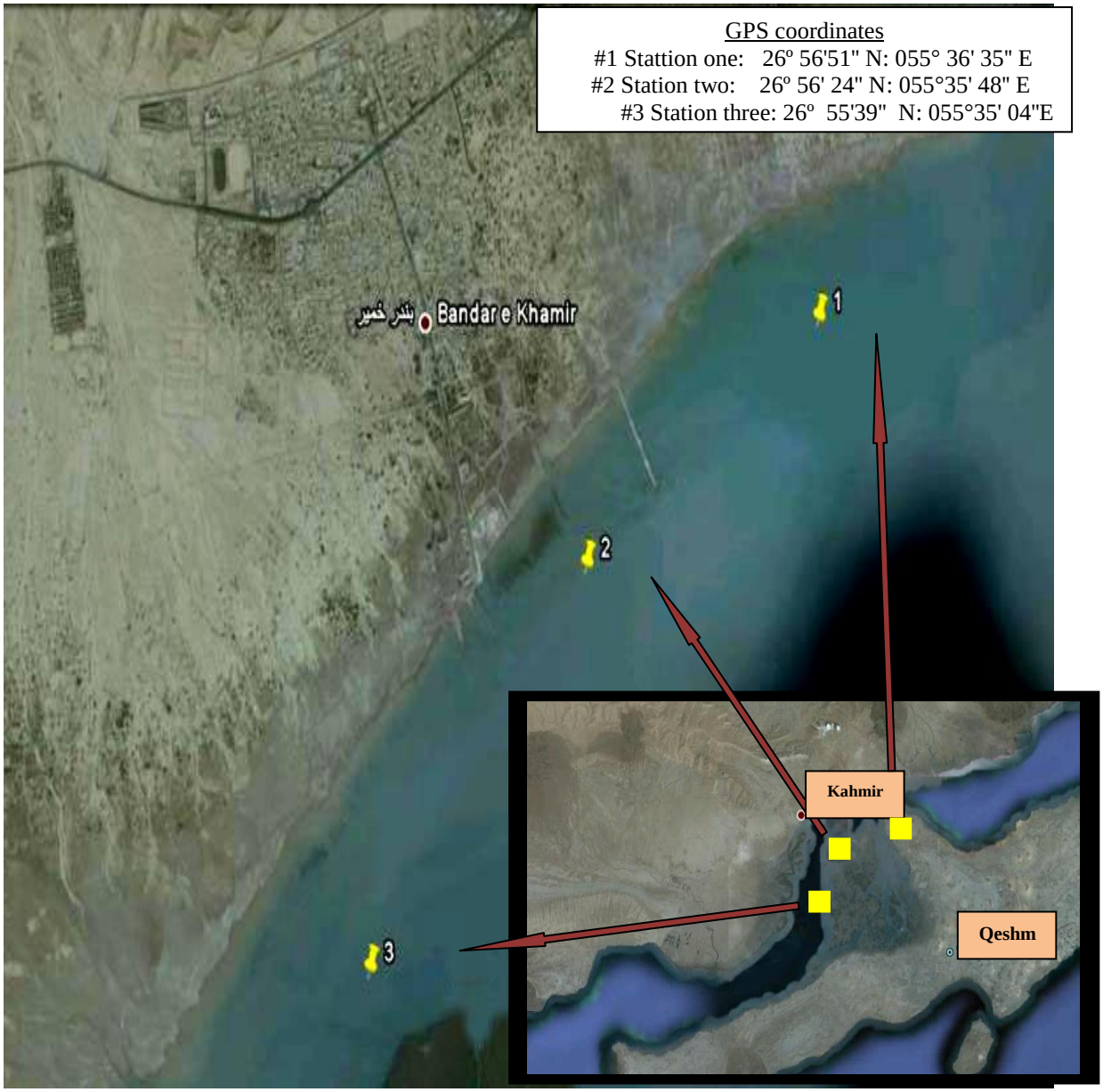
خلیج فارس به دلیل دارا بودن منابع عظیم نفتی به شاهراه عبور نفت جهان تبدیل شده و با توجه به اینکه جریان‌های قوی دریایی در این منطقه وجود ندارد پالایش آلودگی‌های آن زمان زیادی طول می‌کشد، علاوه بر این تخلیه پساب‌های صنعتی و کشاورزی در آب‌های شیرین و دریاها عامل اصلی افزایش مقادیر یون‌های سمی فلزات سنگین از قبیل کادمیوم، جیوه، سرب، کروم و کبالت است (Canli & Atli, 2003). بندرخَمیر یکی از بندرهای استان هرمزگان در سواحل خلیج فارس است. این شهر در موقعیت جغرافیایی ۲۶ درجه و ۵۷ دقیقه عرض شمالی و ۳۵ دقیقه طول شرقی واقع شده است. ورود آلاینده‌ها به خلیج فارس می‌تواند سبب آلودگی آب و رسوبات منطقه گشته و به تبع آن زیستمندان و کفزیان موجود در منطقهٔ مذکور، مانند دوکفه‌ای *Solen rosemaculatus* در معرض خطرات احتمالی آلودگی ناشی از تجمع فلزات سنگین قرار گیرند. که از جمله آلاینده‌های قابل مشاهده در منطقه بندرخمیر می‌توان به غبار ناشی از کارخانه‌های سیمان، گچ، گوگرد، فاضلاب‌های مناطق مسکونی و حتی قایق‌ها و لنج‌های ساکنان این منطقه اشاره نمود. صدف دسته چاقویی (*Solen rosemaculatus*) یکی از دوکفه ای‌های مهم منطقه بندرخمیر بوده که دارای دورهٔ تخم‌ریزی نسبتاً طولانی است. اوج این تخم‌ریزی در خرداد ماه بوده و تا شهریور ماه ادامه می‌یابد (حسین‌زاده صحافی، ۱۳۸۳). در خصوص بررسی فلزات سنگین مذکور در دوکفه‌ای *Solen rosemaculatus* در بندرخمیر سابقه‌ای مشاهده نشد. بهبهانی در سال ۱۳۷۳ تا ۱۳۷۴ غلظت تعدادی از فلزات سنگین را بر دوکفه‌ای غالب خوراکی و مرواریدساز خلیج فارس با توجه به شرایط محیطی مورد بررسی قرار داد و نتیجه گرفت که بافت نرم دوکفه‌ای حاوی مقادیر بیشتری از فلزات سنگین نسبت به پوسته آن است (بهبهانی، ۱۳۷۴). همچنین تحقیقاتی بر روی میزان نیکل و وانادیوم در دوکفه‌ای *Saccostrea cucullata* جزیره کیش انجام گرفت، که وجود این عناصر در گونه مزبور را ناشی از آلودگی‌های نفتی در منطقه بیان شد (عمیدی، ۱۳۸۰).

مقادیر آلودگی‌های سرب و کادمیوم نیز در پوسته صدف مروارید ساز مُحار (*Pinctada radiata*) جزیرهٔ هندورابی بررسی شده است که میزان آن پایین تر از حد مجاز استانداردهای جهانی تبیین گردید (ریاحی بختیاری و مرتضوی، ۱۳۸۱).

با توجه به ارزش بالقوه شیلاتی و اقتصادی این گونه ی دوکفه ای، هدف از این تحقیق تعیین میزان آلودگی و غلظت عناصر سنگین و مقایسه آن با مقادیر استانداردهای جهانی و سایر دوکفه ای‌های خلیج فارس است تا راهکاری مفید در خصوص جلوگیری از نابودی این گونهٔ مهم و با ارزش صورت گیرد (اشجع اردلان، ۱۳۷۲). در تحقیق حاضر میزان فلزهای سنگین کبالت، کروم، کادمیوم، نیکل و وانادیوم در صدف دسته چاقویی (*Solen rosemaculatus*) سواحل بندرخمیر در خلیج فارس مورد سنجش و ارزیابی قرار گرفته است.

مواد و روش‌ها

با توجه به مکان‌های پراکنش دوکفه‌ای *Solen rosemaculatus* در منطقهٔ بندرخمیر، ۳ ایستگاه جهت نمونه‌برداری انتخاب (شکل ۱) و سپس از هر ایستگاه ۵ نمونه برداشت شد.



شکل ۱ــ موقعیت جغرافیایی منطقهٔ و ایستگاه‌های مطالعه شده (بندرخمیر)

نمونه‌برداری در دو فصل تابستان (مرداد) و زمستان (بهمن) ۱۳۸۹ انجام گرفت. انتخاب ایستگاه‌هـا بـا توجـه بـه شرایط زیر صورت گرفت؛ ایستگاه اول: در ابتدای ساحل شهر نزدیک به منطقه مسکونی و مجموعه گردشـگری حـرا، ایستگاه دوم: در امتداد ساحل مرکز شهر نزدیک به اسکله شیلات یعنی جایی که: بیشترین توقف و تـردد قـایق‌هـای موتوری جهت صید آبزیان و لنج‌های صیادی و باری صورت می‌گیرد، و ایستگاه سـوم نیـز (شـاهد) در انتهـای شـهر (غرب شهرستان) جایی که تقریباً منطقه مسکونی وجود نداشته (احتمال داده می‌شود آلودگی کمتـر باشـد) انتخـاب گردید. پس از نمونه‌برداری از دوکفه‌ای مذکور، نمونه‌ها به آزمایشگاه منتقل شـد و پـس از بیـومتری و تـوزین آن‌هـا برای تعیین میزان فلزهای سنگین نمونه‌ها آماده سازی شد. در ابتدا توسـط یـک چـاقوی فلـزی اسـتریل بافـت نـرم نمونه‌ها جدا شد و به مدت ۴۸ ساعت جهت خشک شدن در دستگاه فریـز درایـر (مـدل OPERON) قـرار داده شـد (MOOPAM, 1999).

شکل ۲ـ نمونه‌های دوکفه‌ای *Solen rosemaculatus* (اندازه ۷۰ میلی متر)

سپس ۰/۳ گرم از بافت خشک شده درون ظروف مخصوصی قرار داده شد و به آنها ۴ میلـی لیتـر اسـید نیتریـک غلیظ اضافه گردید و به مدت ۱ ساعت در دمای اتاق سرد شد. سپس به مدت ۳ سـاعت در حمـام آب گرمـی بـا ۹۰ درجهٔ سانتی‌گراد قرار گرفت و پس از سرد شدن در دمای اتاق و صاف کردن، با آب مقطر ۲ بار تقطیـر شـده (Milli-Q water) به حجم ۵۰میلی لیتر رسید و برای اندازه‌گیری فلزات سنگین آماده شد. جهت آنالیز نمونـه‌هـا از دسـتگاه جذب اتمی با کوره گرافیتی (مدل Varian ۲۲۰) استفاده گردید و برای صحت کار، از نمونه بافـت آبزیـان اسـتاندارد شده و دارای گواهینامه بین المللی (Certified Reference Material) استفاده شد. بـا توجـه بـه منحنـی اسـتاندارد غلظت نمونه‌های مجهول بر حسب میکروگرم بـر گـرم وزن خشـک محاسـبه و ثبـت گردیـد (MOOPAM, 1999). سپس برای نرمال نمودن داده‌ها از آزمون Shapiro-wilks test استفاده شد و پس از آن با استفاده از نرم افزار SPSS نسخه شماره ۱۵ داده‌ها مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. از آنالیز واریانس یک طرفه جهت ارتباط بین ایستگاه‌ها، از آزمون T-test به منظور ارتباط بین فصول و از آزمون همبستگی پیرسون جهت ارتباط بین عناصر استفاده گردید.

نتایج

نتایج حاصل از بیومتری صدف دسته چاقویی (*Solen rosemaculatus*) منطقهٔ بندرخمیر به ترتیب در جدول‌های شماره (۱ و ۲) نشان داده شده است. نتایج بیومتری نشان داد که در فصل تابستان میانگین وزنی (۴/۲۴ گرم) نسبت به فصل زمستان (۳/۲۴ گرم) بیشتر است.

جدول ۱ـ نتایج بیومتری دوکفه‌ای *Solen rosemaculatus* در ایستگاه‌های مورد مطالعه در بندرخمیر (تابستان ۱۳۸۹).

ایستگاه (نمونه)	طول (سانتی‌متر)	عرض (سانتی‌متر)	قطر (سانتی‌متر)	وزن تر بافت نرم (گرم)	وزن خشک بافت نرم (گرم)
۱ـ۱	۶/۹۷	۱/۳۵	۰/۷۴	۳/۸۴	۱/۰۹
۱ـ۲	۶/۸۷	۱/۱۰	۰/۶۷	۲/۹۲	۰/۴۷
۱ـ۳	۶/۴۵	۱/۴۷	۰/۹۴	۵/۰۹	۱/۳۱
۱ـ۴	۶/۹۷	۱/۲۰	۰/۸۰	۴/۱۲	۱/۴۴
۱ـ۵	۵/۲۴	۱/۴۱	۰/۷۲	۴/۶۰	۱/۱۸
۲ـ۱	۶/۹۲	۱/۴۶	۰/۸۰	۳/۷۳	۰/۶۷
۲ـ۲	۶/۳۱	۱/۴۴	۰/۸۲	۵/۱۳	۱/۰۹
۲ـ۳	۶/۱۲	۱/۶۴	۰/۹۳	۴/۷۰	۰/۹۳
۲ـ۴	۶/۴۳	۱/۳۷	۰/۸۴	۴/۰۷	۰/۹۱
۲ـ۵	۶/۴۵	۱/۲۸	۰/۷۸	۳/۴۷	۰/۷۰
۳ـ۱	۶/۱۱	۱/۶۱	۱/۳۰	۴/۲۶	۰/۹۵
۳ـ۲	۶/۶۲	۱/۷۳	۰/۸۲	۶/۳۱	۱/۵۴
۳ـ۳	۶/۹۴	۱/۳۳	۰/۹۸	۴/۴۵	۰/۹۷
۳ـ۴	۶/۲۱	۱/۲۱	۰/۷۵	۴/۴۸	۰/۸۹
۳ـ۵	۶/۲۱	۱/۳۱	۰/۸۱	۲/۶۹	۰/۶۸
حداقل	۵/۲۴	۱/۱۰	۰/۶۷	۲/۶۹	۰/۴۷
حداکثر	۶/۹۷	۱/۷۳	۱/۳۰	۶/۳۱	۱/۵۴
میانگین	۶/۴۵	۱/۳۹	۰/۸۵	۴/۲۶	۰/۹۹
انحراف معیار(SD)	۰/۰۴۷	۰/۱۷	۰/۱۵	۰/۹۰	۰/۳۰

جدول۲ـ نتایج بیومتری دوکفه‌ای *Solen rosemaculatus* در ایستگاه‌های مورد مطالعه در بندرخمیر (زمستان ۱۳۸۹).

ایستگاه (نمونه)	طول (سانتی‌متر)	عرض (سانتی‌متر)	قطر (سانتی‌متر)	وزن تر بافت نرم (گرم)	وزن خشک بافت نرم (گرم)
۱ـ۱	۶/۹۶	۱/۱۶	۰/۸۷	۲/۰۳	۰/۶۱
۱ـ۲	۵/۹۴	۱/۱۷	۰/۷۵	۱/۲۷	۰/۳۲
۱ـ۳	۶/۹۶	۱/۳۵	۰/۹۰	۳/۹۶	۰/۶۱
۱ـ۴	۶/۷۰	۱/۲۳	۰/۸۶	۳/۲۵	۰/۵۸
۱ـ۵	۶/۹۰	۱/۰۸	۰/۸۰	۳/۳۵	۰/۵۳
۲ـ۱	۵/۹۰	۱/۰۵	۰/۷۲	۱/۸۴	۰/۳۱
۲ـ۲	۶/۰۴	۱/۰۷	۰/۷۵	۲/۸۱	۰/۳۶
۲ـ۳	۶/۷۸	۱/۲۰	۰/۷۴	۳/۰۴	۰/۵۲

۲_۴	۶/۵۰	۱/۱۹	۰/۸۰	۲/۰۳	۰/۴۵
۲_۵	۶/۵۳	۱/۱۸	۰/۷۷	۳/۷۳	۰/۳۸
۳_۱	۶/۹۵	۱/۳۹	۰/۹۹	۳/۵۷	۰/۵۸

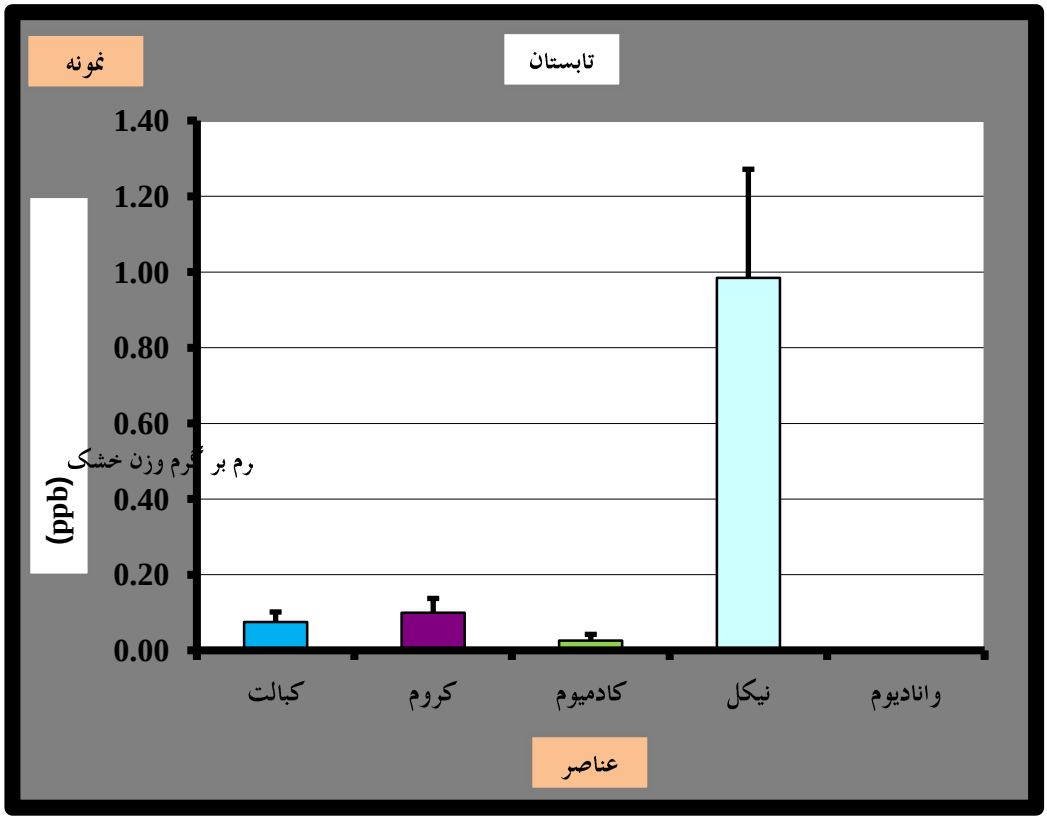
ادامه جدول ۲ـ

۳ـ۲	۶/۹۸	۱/۲۸	۱/۰۰	۴/۷۲	۰/۶۵
۳ـ۳	۶/۸۶	۱/۳۹	۱/۰۳	۴/۶۴	۰/۸۳
۳ـ۴	۶/۸۶	۱/۳۲	۰/۹۱	۳/۷۵	۰/۵۹
۳ـ۵	۶/۹۲	۱/۳۲	۱/۰۵	۴/۵۵	۰/۸۳
حداقل	۵/۹۰	۱/۰۵	۰/۷۲	۱/۲۷	۰/۳۱
حداکثر	۶/۹۸	۱/۳۹	۱/۰۵	۴/۷۲	۰/۸۳
میانگین	۶/۶۵	۱/۲۳	۰/۸۶	۳/۲۴	۰/۵۴
انحراف معیار (SD)	۰/۳۹	۰/۱۱	۰/۱۱	۱/۰۷	۰/۱۶

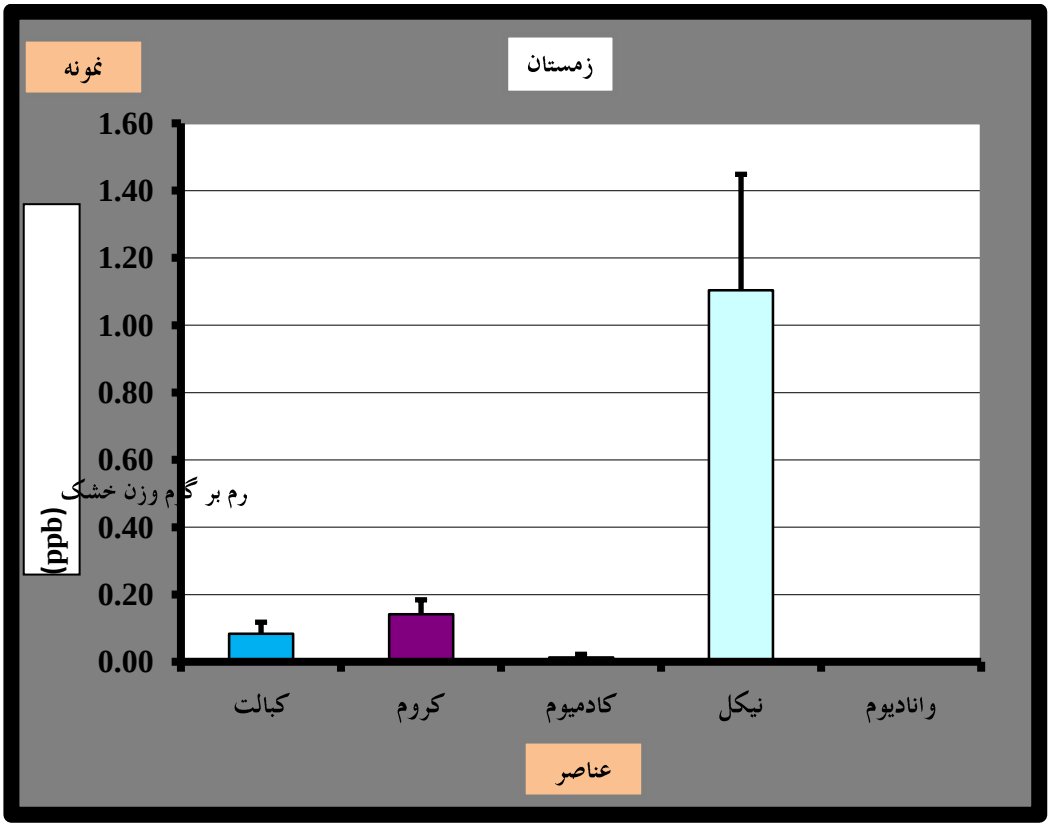
نتایج حاصل از آنالیز نمونه‌های بافت نرم صدف دسته چاقویی بندرخمیر در فصل تابستان و زمستان، به ترتیب در شکل‌های (۳ و ۴) نشان داده شده است.

نتایج حاصله از شکل‌های (۳ و ۴) نشان داد که میانگین غلظت فلزات سنگین کبالت، کروم و نیکل در فصل زمستان نسبت به فصل تابستان بیشتر و غلظت کادمیوم در فصل تابستان بیشتر از زمستان بوده است. همچنین غلظت وانادیوم در هر دو فصل کمتر از حد تشخیص دستگاه مورد استفاده بود.

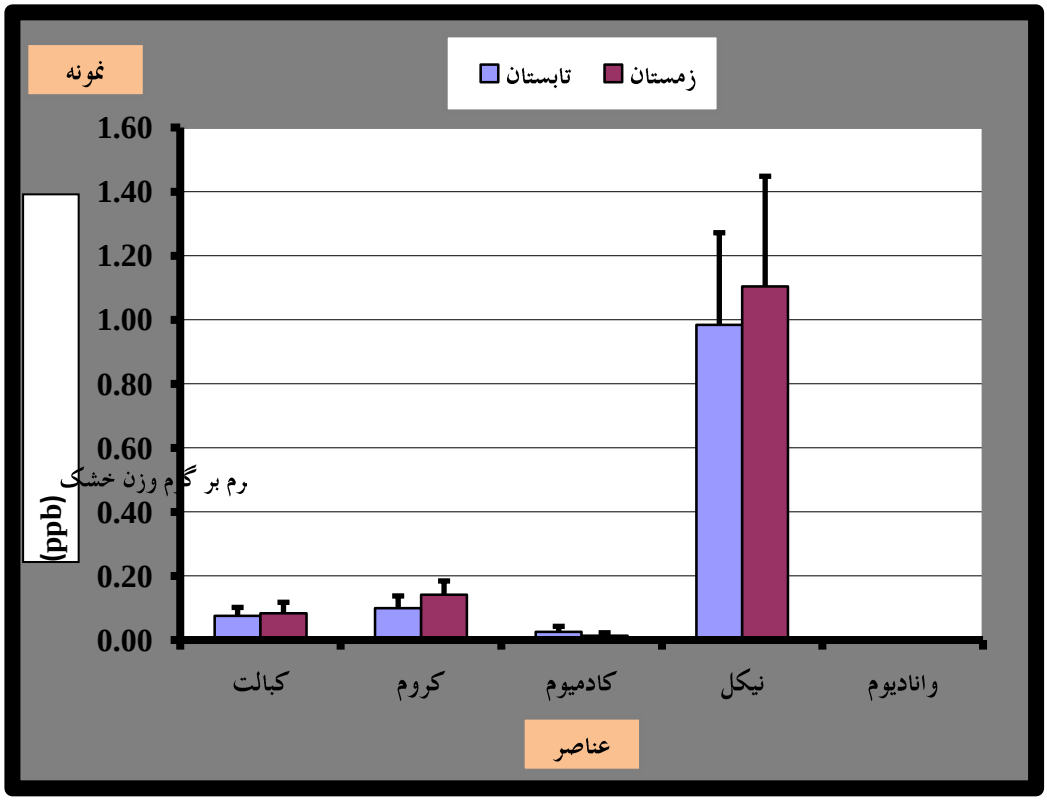
بررسی شکل‌های (۳ و ۴) نشان داد که روند افزایش میزان تجمع فلزات سنگین در بافت نرم صدف دسته چاقویی در فصل تابستان و زمستان به ترتیب Ni > Cr > Co > Cd > V می‌باشد.



شکل ۳ـ میزان فلزات سنگین در صدف دسته چاقویی بندرخمیر ـ تابستان ۱۳۸۹ (آنتنک‌ها معرف انحراف از معیار می‌باشند)



شکل۴ـ میزان فلزات سنگین در صدف دسته چاقویی بندرخمیر ـ زمستان ۱۳۸۹ (آنتنک‌ها معرف انحراف از معیار می‌باشند)



شکل۵ـ میانگین میزان فلزات سنگین در صدف دسته چاقویی ـ تابستان و زمستان ۱۳۸۹ (آنتنک‌ها معرف انحراف از معیار می‌باشند)

بحث و نتیجه‌گیری

صدف دسته چاقویی (*Solen rosemaculatus*) یک گونه دوکفه ای، با فراوانی قابل ملاحظه در سواحل گلی شنی خلیج فارس و دریای عمان در استان هرمزگان می‌باشد. طی سال‌های گذشته صدف دسته چاقویی در اکثر سواحل گلی خلیج فارس وجود داشت، ولی در زمان انجام این تحقیق در منطقهٔ بندرخمیر این دوکفه‌ای فقط در ۳ ایستگاه از ساحل آن قابل برداشت بود و جمعیت آن بطور قابل توجهی کاهش یافته که می‌تواند ناشی از افزایش عوامل آلاینده و صید بی‌رویه افراد بومی باشد.

نتایج نشان داد که کمترین و بیشترین میزان تجمع کبالت در فصل تابستان در صدف دسته چاقویی (*Solen rosemaculatus*) به ترتیب برابر با ۰/۰۳۷ و ۰/۱۳۴ میکروگرم بر گرم وزن خشک و در فصل زمستان ۰/۰۴۲ و ۰/۱۶۹ میکروگرم بر گرم وزن خشک بود. بر اساس نتایج آماری بدست آمده میانگین و انحراف از معیار با فاصله اطمینان در سطح ۰/۹۵ برای عنصر کبالت در فصل تابستان برابر ۰/۰۷۵ و با انحراف معیار ۰/۰۲۶ میکرگرم بر گرم وزن خشک و در فصل زمستان برابر ۰/۰۸۳ و با انحراف معیار ۰/۰۳۴ میکروگرم بر گرم وزن خشک بود که در زمستان تا حدودی این مقدار بیشتر است. در بیشتر موارد غلظت فلزات در فصول سرد بیشتر از فصول گرم گزارش شده است (Lawrence *et al*., 1987) که با نتایج این تحقیق نیز سازگاری دارد.

نتایج حاصل از آزمون T-test نشان داد که اثر فصل در تجمع کبالت در صدف دسته چاقویی تأثیرگذار نبوده و اختلاف معنی‌داری بین این مقادیر در دو فصل نمونه‌برداری مشاهده نشد (P > ۰/۰۵). همچنین بین مقادیر کبالت در ایستگاه‌های مختلف هم (آزمون ANOVA یک طرفه) اختلاف آماری معنی‌داری دیده نشده است (P> /۰۵). تغییر فلزها در بافت دوکفه ای‌ها در فصول مختلف را می‌توان با توجه به چرخه زیستی آن‌ها توضیح داد. بسیاری از دوکفه‌ای‌ها از جمله صدف دسته چاقویی در فصل تابستان تخم ریزی می‌کنند که خود سبب کاهش فلزات در اندام‌های آن‌ها می‌شود (Khristoforva & Chernova, 1989). از سوی دیگر با توجه به مقادیر بدست آمده در کبالت (۰/۰۷۵ میکروگرم بر گرم وزن خشک در تابستان و ۰/۰۸۳ میکروگرم بر گرم وزن خشک در زمستان) و بررسی‌های انجام شده چون منشاء مشخصی برای ورود این عنصر در منطقه وجود نداشت (بواسطه دوری از منابع مستقیم آلوده کننده و عدم جریان‌های دریایی تأثیرگذار) به نظر می‌رسد تجمع این فلز را می‌توان مربوط به ساختار زمین شناسی منطقه دانست. میانگین میزان کبالت در پوسته زمین ۲۹ و در رسوبات اقیانوسی ۱۴ میلی گرم در گرم و در آب دریا ۰/۵ میکروگرم در لیتر برآورد شده است (دهقانی قناتغستانی، ۱۳۷۲ و آقاجری، ۱۳۸۸).

نتایج حاصل از آزمون پیرسون همبستگی مثبت معنی‌داری (P<۰/۰۱) را بین کبالت و نیکل نشان داده است (R=۰/۵۵۷). دلیل همبستگی کبالت با نیکل را می‌توان مربوط به خصوصیت شیمیایی کبالت دانست زیرا کبالت در طبیعت معمولاً همراه با نیکل یافت می‌شود (کاتن و ویلکینسون، ۱۳۷۶).

نتایج نشان داد که کمترین و بیشترین میزان تجمع کروم مورد مطالعه در صدف دسته چاقویی در فصل تابستان به ترتیب ۰/۰۷۰ و ۰/۲۲۴ میکروگرم بر گرم وزن خشک و در فصل زمستان به ترتیب برابر با ۰/۰۷۱ و ۰/۲۴۷ میکروگرم بر گرم وزن خشک بود. بر اساس نتایج آماری بدست آمده میانگین و انحراف از معیار با فاصله اطمینان در سطح ۰/۹۵ برای عنصر کروم در فصل تابستان برابر ۰/۱۰۰ و با انحراف معیار ۰/۰۳۸ میکروگرم بر گرم وزن خشک و در فصل زمستان برابر ۰/۱۴۲ و با انحراف معیار ۰/۰۴۲ میکروگرم بر گرم وزن خشک بود. در این تحقیق بین مقادیر کروم در فصول مختلف نمونه‌برداری (با استفاده از آزمون T) و ایستگاه‌های مختلف (با استفاده از ANOVA یک طرفه) اختلاف معنی‌داری مشاهده شد (P < ۰/۰۵) که به نظر می‌رسد به دلیل میزان دسترسی به مواد غذایی و جذب آن در بدن در دو فصل گرم و سرد باشد. دلیل کاهش فلز کروم در فصل تابستان به دلیل تخم ریزی و چرخهٔ فیزیولوژیکی آن‌ها گزارش شده است (Kanakaraju *et al*., 2007) که با نتایج این پژوهش مشابه است.

نتایج آزمون همبستگی پیرسون نشان داد که همبستگی معنی دار مثبتی (P < ۰/۰۱) بین میزان کروم و کبالت وجود دارد (R = ۰/۵۴۳). با توجه به اینکه در پوسته زمین و سنگ‌های آذرین قلیایی، معمولاً کروم با عناصری همچون کبالت همراه است این همبستگی می‌تواند منشاء زمین شناسی داشته باشد (پایگاه ملی داده‌های علوم زمین کشور، ۲۰۱۲).

یکی از مهم ترین آلاینده‌های زیست محیطی که در این تحقیق بررسی شده کادمیوم است. کادمیوم از طریق فرسایش خاک و سنگ بستر، رسوبات آلوده آتمسفری ناشی از کارخانجات صنعتی، پساب مناطق آلوده و استفاده از لجن و کود شیمیایی در کشاورزی وارد اکوسیستم‌های آبی می‌شود.

نتایج نشان داد که کمترین و بیشترین میزان تجمع کادمیوم مورد مطالعه در فصل تابستان در صدف دسته چاقویی برابر با ۰/۰۰۳ و ۰/۰۶۳ میکروگرم بر گرم وزن خشک و در فصل زمستان به ترتیب ۰/۰۰۶ و ۰/۰۴۰ میکروگرم بر گرم وزن خشک بود. بر اساس نتایج آماری بدست آمده میانگین و انحراف از معیار با فاصله اطمینان در سطح ۰/۹۵ برای عنصر کادمیوم در فصل تابستان برابر ۰/۰۲۶ و با انحراف معیار ۰/۰۱۷ میکروگرم بر گرم وزن خشک و در فصل زمستان برابر ۰/۰۱۳ و با انحراف معیار ۰/۰۰۹ میکروگرم بر گرم وزن خشک بود.

در این تحقیق نتایج آزمون T اختلاف معنی‌داری بین غلظت کادمیوم و فصول مختلف نمونه‌برداری را نشان داد (P<۰/۰۵). دلیل این اختلاف را می‌توان ناشی از تشکیل متالوتیونین در فصل زمستان که دوکفه‌ای دارای گناد نارس تر می‌باشد دانست. تغییر سمیت فلزات، کاهش یا افزایش فعالیت مکانیسم‌های دفع مسمومیت از طریق تشکیل متالوتیونین و ذخیره در گرانول‌ها را سبب می‌گردد که در نتیجه باعث بروز تفاوت‌هایی در تجمع فلزات سنگین در دوکفه‌ای‌ها می‌گردد. نتایج این تحقیق با یافته‌های Bordin و همکاران (1997) ؛ Mouneyrac و همکاران در (1998) و Hédouin و همکاران در (2006) سازگاری دارد. اما بین مقادیر کادمیوم و ایستگاه‌ها (آزمون ANOVA یک طرفه) اختلاف معنی‌داری دیده نشد (P>۰/۰۵).

از طرفی بالا بودن میزان کادمیوم در فصل تابستان نسبت به زمستان را می‌توان ناشی از بالا بودن میزان دما و pH در تابستان دانست؛ زیرا افزایش دما (Fytianos *et al*., 1999) و افزایش pH در تابستان سبب افزایش جذب کادمیوم توسط آبزیان می‌شود (عالی، ۱۳۸۶).

نتایج آزمون همبستگی پیرسون نشان داد که بین عنصر کادمیوم با نیکل همبستگی مثبت معنی‌داری (P ۰/۰۵ >) وجود دارد (R = ۰/۴۳۰). با توجه به مطالعات صورت گرفته توسط ماشینچیان در (۱۳۷۲) عناصر کادمیوم و نیکل در خلیج فارس منشاء زمینی شناسی دارد بدین ترتیب وجود همبستگی مثبت معنی دار بین کادمیوم و نیکل را در اینجا هم می‌توان به وجود منشاء یکسان نظیر منابع زمین شناسی مرتبط دانست.

نتایج نشان داد که کمترین و بیشترین میزان تجمع نیکل مورد مطالعه در صدف دسته چاقویی در فصل تابستان به ترتیب ۰/۶۵۵ و ۱/۸۳۹ میکروگرم بر گرم وزن خشک و در فصل زمستان به ترتیب برابر با ۰/۶۳۰ و ۱/۸۹۷ میکروگرم بر گرم وزن خشک بود. بر اساس نتایج آماری بدست آمده میانگین و انحراف از معیار با فاصله اطمینان در سطح ۰/۹۵ برای عنصر نیکل در فصل تابستان برابر ۰/۹۸۴ و با انحراف معیار ۰/۲۸۷ میکروگرم بر گرم وزن خشک و در فصل زمستان برابر ۱/۱۰۴ و با انحراف معیار ۰/۳۴۴ میکروگرم بر گرم وزن خشک می‌باشد.

ورود نیکل به محیط زیست از طریق استخراج نفت خام، استخراج آن از معادن و از سوختن مواد زاید صورت می‌گیرد (اسماعیلی ساری، ۱۳۸۱). نتایج حاصل از آزمون T تفاوت معنی‌داری را برای نیکل در دو فصل نشان نداد (P > ۰/۰۵). از سوی دیگر نتایج آزمون ANOVA یک طرفه اختلاف معنی‌داری را در بین ایستگاه‌ها نشان نداد (P > ۰/۰۵). بهبهانی در سال ۱۳۷۴ در تحقیق بر روی دوکفه‌ای خوراکی *Saccostrea cucullata* در خلیج فارس

مشاهده کرد که میانگین فلز نیکل در فصل زمستان بیشتر از فصل بهار بوده است و نتیجه گرفت با گرم شدن فصول، تجمع فلز نیکل در دوکفه‌ای مذکور کاهش می‌یابد.

دلیل بالا بودن نیکل در زمستان در صدف دسته چاقویی را احتمالاً می‌توان مربوط به دمای پایین تر در فصل زمستان نسبت به تابستان دانست. نتایج پژوهش کنونی نیز از مقدار بالای نیکل در صدف دسته چاقویی در فصل زمستان نسبت به فصل تابستان حکایت دارد که با تحقیق بهبهانی سازگاری دارد. البته جهت بررسی ارتباط دقیق تر بین تجمع فلزات سنگین نظیر نیکل در دوکفه‌ای مورد نظر و فصول، آشنایی بیشتر با چرخهٔ زیستی این عنصر و نوع ترکیبات انجام شده آن در بدن این موجود زنده احتیاج است.

مقایسه میزان فلز نیکل با سایر فلزات مورد بررسی در این پژوهش نشان داد که نیکل بالاترین مقدار را به خود اختصاص داده است (شکل ۵: نشان دهنده میزان ۰/۹۸۴ میکروگرم بر گرم وزن خشک در تابستان و ۱/۱۰۴ میکروگرم بر گرم وزن خشک در زمستان برای فلز نیکل است). خلیج فارس به دلیل دارا بودن منابع عظیم نفت و گاز یکی از اصلی‌ترین مسیرهای تردد کشتی‌ها، نفتکش‌ها و فعالیت‌های پالایشگاهی دنیا محسوب می‌شود. نشت نفت خام به اکوسیستم آبی خلیج فارس باعث آلودگی‌های متعدد شده است (اشقلی فراهانی و همکاران، ۱۳۸۸). از آنجایی که نیکل و وانادیوم دو فلز سنگین عمده در نفت خام می‌باشند ورود آن‌ها از فعالیت‌های نفتی به طرق مختلف به اکوسیستم‌های دریایی می‌تواند در موجوداتی نظیر دوکفه ای‌ها بواسطهٔ نوع تغذیه شان (Filter Feeders) انباشته شود.

دلایل ذکر شده در بالا را می‌توان به عنوان عواملی در جهت بالا بودن میزان نیکل در صدف دسته چاقویی در بندرخمیر دانست. زیرا بندرخمیر به عنوان یکی از شهرهای ساحلی استان هرمزگان در حاشیه خلیج فارس نیز قاعدتاً از آلودگی نفتی در امان نخواهند ماند.

از سوی دیگر طی مطالعات انجام شده در نواحی اطراف خلیج فارس عناصری چون نیکل در این مناطق دارای معادنی در زیر پوستهٔ اقیانوسی می‌باشند (ماشینچیان مرادی، ۱۳۷۲). بنابراین یکی از دلایل مهم و قابل توجه بالا بودن میانگین غلظت نیکل را می‌توان به منشاء پوسته‌ای آن وابسته دانست.

در نتایج حاصل از آزمون پیرسون همبستگی مثبت معنی‌داری ($P < ۰/۰۱$) بین نیکل و کروم دیده شد ($R = ۰/۸۸۱$). بالا بودن میانگین کروم (رسوبات اقیانوسی ۷۰ و پوسته زمین ۱۰۰ میلی گرم در گرم) و نیکل (رسوبات اقیانوسی ۵۲ و پوسته زمین ۸۰ میلی گرم در گرم) در پوسته زمین را احتمالاً می‌توان دلیلی بر این همبستگی دانست (آقاجری، ۱۳۸۸).

نتایج حاصل از آنالیز بافت نرم صدف دسته چاقویی برای فلز وانادیوم در هر دو فصل تابستان و زمستان خوشبختانه بسیار کم و پایین تر از حد تشخیص دستگاه مورد استفاده بود. به نظر می‌رسد منشاء ویژه‌ای در حد بالا برای ورود وانادیوم در محیط مذکور وجود ندارد.

با مقایسه مقادیر فلزات بدست آمده در این تحقیق با نتایج تحقیقات مشابه و استانداردهای جهانی مشاهده می‌شود که استانداردهای جهانی موجود در سطح بین المللی، برای حد مجاز غلظت هر یک از عناصر سنگین با توجه به میزان مصرف فرآورده‌های دریایی بیان شده و هرگز به صورت یک کمیت ثابت مطرح نمی شود. در جدول ۳ نتایج حاصل از تحقیق کنونی با سایر تحقیقات و در جدول ۴ میانگین غلظت فلزات مورد بررسی با برخی از استانداردهای جهانی مقایسه شده است.

جدول ۳ـ مقایسه میانگین فلزات اندازه‌گیری شده در بافت نرم صدف دسته چاقویی منطقه بین جزر و مدی بندرخمیر با سایر نقاط جهان بر حسب میکروگرم بر گرم وزن خشک

محل تحقیق	سال تحقیق	نوع تحقیق	کبالت	کروم	کادمیوم	نیکل	وانادیوم	منبع
کویت	۱۹۸۳	دوکفه‌ای‌های خلیج فارس	ـــــ	ـــــ	۱/۷۲	ـــــ	ـــــ	مطالعات منطقه‌ای خلیج فارس، ۱۳۷۴
عربستان	۲۰۰۸	*Meretrix meretrix*	ـــــ	ـــــ	۰/۶۰۵	ـــــ	ـــــ	Hamad *et al.*, 2011
جزیره کیش	۲۰۰۱	*Saccostrea cucullata*	ـــــ	ـــــ	ـــــ	۵/۰۰ ۲۳/۵۰	۴/۶۶ ۱۰/۸۰	رویا عمیدی، ۱۳۸۰
جزیره هندورابی	۲۰۰۲	*Pinctada radiata*	ـــــ	ـــــ	۰/۸۵	ـــــ	ـــــ	بختیاری و مرتضوی، ۱۳۸۶
مالزی	۲۰۰۴	*Solen* spp	ـــــ	ـــــ	۱/۶۳	ـــــ	ـــــ	Kanakaraju 2008 *et al.*,
مالزی	۲۰۰۷	*Solen regularis*	۲۸/۳ ۳۰/۵	ـــــ	۰/۶ ۰/۷	ـــــ	ـــــ	Kanakaraju 2008 *et al.*,
بندرخمیر	تابستان ۲۰۱۰	*Solen rosemaculatus*	۰/۰۷۵	۰/۱۰۰	۰/۰۲۶	۰/۹۸۴	ND	سلطانی، ۱۳۸۹ (پژوهش حاضر)
	زمستان ۲۰۱۰		۰/۰۸۳	۰/۱۴۲	۰/۰۱۳	۱/۱۰۴	ND	

* ND = not detected

جدول۴ـ میانگین غلظت فلزات سنگین اندازه‌گیری شده در بافت نرم صدف دسته چاقویی منطقه بین جزر و مدی بندرخمیر و مقایسه آن‌ها با برخی از استانداردها

عناصر	FDA µg/g	WHO µg/g	FAO µg/g	EC mg/kg	Act Malaysian Food mg/kg	*Solen rosemaculatus* µg/g
کبالت	ـــــ	ـــــ	ـــــ	ـــــ	ـــــ	۰/۰۷۵ـ۰/۰۸۳
کروم	۴	ـــــ	ـــــ	ـــــ	ـــــ	۰/۱۰۰ـ۰/۱۴۲
کادمیوم	۱۳	۲	۱۰	۱	۱	۰/۰۱۳ـ۰/۰۲۶
نیکل	۸۰	ـــــ	ـــــ	ـــــ	ـــــ	۰/۹۸۴ـ۱/۱۰۴
وانادیوم	ـــــ	ـــــ	ـــــ	ـــــ	ـــــ	ـــــ

FDA: Food & Drug Administration of the United States…..….. (سازمان نظارت بر مواد غذایی و دارویی آمریکا)

WHO: World Health Organization…… (سازمان بهداشت جهانی)

FAO: Food and Agriculture Organization…… (سازمان خواربار جهانی)

EC: Commission Européenne……..…….. (کمیسیون اروپا و استاندارد مورد استفاده در ایران)

(قانون غذای مالزی) Malaysian Food Act.....

بنابراین با مقایسه موارد مشابه مشخص می‌شود که میزان فلزات سنگین (Co, Cr, Cd, Ni, V) در بافت نرم دوکفه‌ای *Solen rosemaculatus* منطقهٔ بندرخمیر کمتر از حد مجاز تعیین شده توسط استانداردهای جهانی در برخی از دوکفه ای‌ها می‌باشد. در منطقهٔ بندرخمیر هنوز با وجود برخی فعالیت‌های صنعتی میزان فلزات سنگین مورد بررسی پایین بوده و می‌توان بیان نمود که در شرایط فعلی خوشبختانه به دلیل پایین بودن میزان فلزات سنگین در صدف دسته چاقویی منطقه مصرف این صدف برای انسان، دام و طیور خطری در بر ندارد. البته قابل توجه است که نتایج این تحقیق می‌تواند مبنایی برای مانیتورینگ‌های بعدی در منطقه باشد.

تقدیر و تشکر

بدینوسیله از سرکار خانم‌هایده وکیلی مسئول محترم آزمایشگاه تحقیقات دانشکده علوم و فنون دریایی به دلیل مساعدت‌های لازم کمال تشکر را دارم.

منابع

اسماعیلی ساری، ع. ۱۳۸۱. آلاینده‌ها، بهداشت و استاندارد در محیط زیست. انتشارات نقش مهر تهران. ایران.

اشجع اردلان، الف. ۱۳۷۲. پراکنش دوکفه ای‌های مناطق جزر و مدی خلیج چابهار و سواحل اطراف آن. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران شمال. ایران.

اشقلی فراهانی، م.، مکی آل آقا، م.، ملکوتی خواه، ج. و بیات، م. ۱۳۸۸. بررسی ژئو شیمیایی عناصر سنگین در مغزه‌های رسوبات دریایی سواحل خلیج فارس و تأثیرات بیولوژیکی آن‌ها. همایش بین المللی خلیج فارس. بوشهر. ایران.

آقاجری، ن. ۱۳۸۸. بررسی میزان آلاینده‌های معدنی (Co, Cr, Ni, V) در میگوی سفید هندی (*Fenneropenaeus indicus*) در آب‌های جاسک. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه آزاد اسلامی، واحد بندرعباس. ایران.

بهبهانی، ا. ح. ۱۳۷۲. مقادیر و روند تغییرات هفت فلز سنگین در دو گونه دوکفه‌ای غالب خوراکی و مروارید ساز خلیج فارس به روش طیف‌سنجی جذب اتمی با توجه به شرایط زیست محیطی. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران شمال. ایران.

پایگاه ملی داده‌های علوم زمین کشور. ۲۰۱۲. خصوصیات شیمیایی کروم و کبالت. قابل دسترسی در: www.ngdir.com

حسین زاده صحافی، ه. ۱۳۸۲. زیست‌شناسی تولید مثل صدف دسته چاقویی *Solen rosemaculatus* در سواحل شمالی خلیج فارس. مجله پژوهش و سازندگی، ۶۲: ۲۰ـ ۱۴.

دهقانی قناتغستانی، م. ۱۳۷۲. پراکنش عناصر سنگین و تعیین شاخص‌های ژئوشیمیایی در رسوبات سواحل بندرعباس و جزایر قشم و هرمز. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه آزاد اسلامی. واحد تهران شمال. ایران.

ریاحی بختیاری، ع. و مرتضوی، ث. ۱۳۸۶. سنجش مقادیر سرب و کادمیوم در پوسته صدف مروارید ساز محار(*Pinctada radiata*) جزیرهٔ هندورابی. مجله پژوهش و سازندگی، ۷۴: ۱۱۷ـ ۱۱۱.

عالی، ا. ۱۳۸۶. بررسی فاکتورهای فیزیکی ـ شیمیایی و تأثیر آلودگی‌ها بر میزان صید و ذخایر ماهیان کفزی در محدوده آب‌های ایران خلیج‌فارس ـ استان بوشهر. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران شمال. ایران.

عمیدی، ر. ۱۳۸۰. بررسی و اندازه‌گیری عناصر سنگین (نیکل و وانادیوم) و هیدروکربن‌های نفتی در صـدف خـوراکی *Saccostrea cucullata* در محدوده جزر و مدی جزیره کیش. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه آزاد اسـلامی، واحد تهران شمال. ایران.

کاتن، ا و ویلکینسون، ج. ۱۳۷۶. شیمی معدنی. جلـد دوم. ترجمـه: عابـدینی، م. صـادقی، ن و شـفائی، م. انتشـارات دانشگاه تهران. ایران.

ماشینچیان مرادی، ع. ۱۳۷۲. اندازه‌گیری میزان فلزات سنگین در رسوبات تنگه هرمز و تعیین منشاء آن‌هـا بـه روش آنالیز خوشه ای. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران شمال. ایران.

Bordin, G., McCourt, J., Raposo, C.F. & Rodriguez, A.R.1997 .Methallothionein like methalloproteins in the Baltic clam *Macoma balthica* seasonal variations and induction upon metal exposure. Mar. Biol1.,29:453-463

Canli, M. & Atli, G. 2003. The relationship between heavy metal (Cd, Cr, Cu, Fe, Pb, Zn) levels and the size of six Mediterranean fish species. Environment Pollution, 121: 129-136.

Fytianos, K., Evgendiou, E. & Zachariadis, G. 1999. Use of macroalgae as biological indicators of heavy metal pollution in Thermaikos Gulf, Greece. Bulletin of Envionmental Contamination and Toxicology, 62: 630-637.

Hamad, A., Amel, H.E., Saleh, A.F. & Magdy, E. 2011. Evaluation of Heavy Metal Pollution in the Persian Gulf Using the Clam *Meretrix meretrix* Linnaeus, 1758. Water Air Soil Pollut, 214: 499-507.

Hédouin, L., Metian, M., Teyssié, J.L., Fowler, S.W., Fichez, R. & Warnau, M. 2006. Allometric relationships in the bioconcentration of heavy metals by the edible tropical clam *Gafrarium tumidum*. Science of the Total Environment, 366:154-163.

Kanakaraju, D., Jios, C.A. & Long, S.M. 2008 .Heavy metal concentrations in the Razor Clams (*Solen* spp) from Muara Tebas, Sarawak. The Malaysian Journal of Analytical Sciences, 12(1): 53-58.

Kanakaraju, D., Ibrahim, F. & Berseli, M. N. 2008. Comparative study of heavy metal concentration in Razor Clam (*Solen regularis*) in Moyan and Serpan, Sarawak. Global Journal of Environment Research, 2(2): 87-91.

Khristoforva, N.K. & Chernova, E.V. 1998. Trace element composition of Giant oyster from Bay sea of Japan. Biol. Morya. Biol. Vladivost., 5: 540-560.

Lawrence, E., Ekom, R.A. & Paul, M. 1991. Temporal trends in heavy metal concentrations in the clam *Egeria radiata* (Bivalvia: Tellinacea: Donacidae) from the Cross River, Nigeria. Rev. Hydrobiol. trop., 4(4): 327-333.

MOOPAM. 1999. Manual of Oceanographic Observationsand Pollutant Analyses Methods. Kuwait.

Mouneyrac, C., Amiard, J.C. & Amiard-Triquet, C. 1998. Effects of natural factors (salinity and body weight) on cadmium, copper, zinc and metallothionein-like protein levels in resident populations of oysters *Crassostrea gigas* from a polluted estuary. Mar. Ecol. Prog. Ser., 162:35-125.

Raja, P., Veerasingam, S., Suresh, G., Marichamy, G. & Venkatachalapathy, R. 2009. Heavy metals concentration in four commercially valuable marine edible fish species from Parangipettai Coast, south east coast of India. International Journal of Animal and Veterinary Advances, 1(1):10-14.