

بررسی مقادیر سرب، کادمیوم و وانادیوم در رسوبات سطحی و پوسته صدف صخره‌ای خوراکی (*Saccostrea cucullata*) در منطقه بندرلنگه، خلیج فارس

بهنام حیدری چهارلنگ^۱، علیرضا ریاحی بختیاری^{۲*}، وحید یآوری^۳، علی کاظمی^۴

۱- کارشناسی ارشد، گروه آلودگی محیط زیست، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران، پست الکترونیکی: b.haidari@srbiau.ac.ir

۲- استادیار، گروه محیط‌زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس نور، استان مازندران، پست الکترونیکی: riahi@modares.ac.ir

۳- دانشیار، گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی دریا، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر، استان خوزستان، پست الکترونیکی: yavarivahid@yahoo.com

۴- کارشناسی ارشد، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس نور، استان مازندران، پست الکترونیکی: a.kazemi1364@gmail.com

تاریخ پذیرش: ۹۴/۸/۱۶

* نویسنده مسوول

تاریخ دریافت: ۹۱/۱۱/۱۸

© نشریه علمی - پژوهشی اقیانوس‌شناسی ۱۳۹۴، تمامی حقوق این اثر متعلق به نشریه اقیانوس‌شناسی است.

چکیده

در مقاله حاضر میزان فلزات سرب، کادمیوم و وانادیوم در پوسته صدف صخره‌ای خوراکی (*Saccostrea cucullata*) و رسوبات سطحی منطقه بین جزر و مدی بندرلنگه اندازه‌گیری گردید. بدین منظور در پاییز ۱۳۸۹ نمونه‌برداری از صدف خوراکی (۴۸ نمونه) و رسوبات سطحی (۱۵ نمونه) از ۳ ایستگاه ساحلی در منطقه بین جزر و مدی بندرلنگه صورت پذیرفت. هریک از نمونه‌ها پس از خشک شدن به روش direct aqua regia هضم گردیدند. سپس غلظت نمونه‌های رسوب و صدف به وسیله دستگاه جذب اتمی مدل Shimadzu AA-670 اندازه‌گیری گردیدند. نتایج حاصله بیانگر آن است که میانگین غلظت فلزات در رسوبات برای سرب، کادمیوم و وانادیوم به ترتیب: $5/09 \pm 0/19$ ، $1/24/38 \pm 1/81$ و $0/28 \pm 0/01$ ، $1/26 \pm 0/05$ ، $1/63/02 \pm 4/04$ ، $0/18 \pm 0/01$ میکروگرم بر گرم وزن خشک بود. در مقایسه با استانداردهای جهانی مقادیر سرب در رسوبات سطحی از حد مجاز تجاوز نمود، در حالی که مقادیر کادمیوم و وانادیوم در محدوده قابل تحمل آبیان مشاهده گردید. به طور کلی با توجه به نتایج بدست آمده مشخص می‌گردد که بافت پوسته صدف (*S. cucullata*) یک پایشگر زیستی مناسب برای پایش فلزات سرب و وانادیوم در منطقه است.

کلمات کلیدی: فلزات سنگین، آلودگی، رسوبات سطحی، *Saccostrea cucullata* بندرلنگه، خلیج فارس.

۱. مقدمه

فنیل داشته باشند. به همین دلیل حتی در مواردی به عنوان شاخص‌های زیستی تعریف می‌شوند (پاشایی راد و همکاران، ۱۳۸۹). دوکفه‌ای‌ها به دلیل راندمان بالای ریزه‌خواری، عدم تحرک، پراکنش جغرافیایی گسترده، تحمل دامنه وسیع درجه حرارت، شوری، کدورت، دسترسی آسان، شناسایی آسان، پتانسیل بالای تجمع زیستی و ایفای نقش مهم بوم‌شناختی در محیط، می‌توانند انعکاس‌دهنده مناسبی از وضعیت کمی فلزات سنگین در محیط‌زیس خود باشند (Bartolome et al., 2010; Besada et al., 2010; Pourang et al., 2010). در دنیا کارهای نسبتاً زیادی روی بررسی میزان تجمع فلزات سنگین در بافت‌های مختلف صدف‌های دوکفه‌ای انجام شده است که از آن جمله می‌توان به مطالعات اسلامی اندرگلی (۱۳۸۷)، عین‌اللهی و همکاران (۱۳۹۰)، مرتضوی و همکاران (۱۳۸۱)، پاشایی راد و همکاران (۱۳۸۹)، اردلان و همکاران (۱۳۸۵)، Astudillo و همکاران (۲۰۰۵)، Garcia و همکاران (۲۰۱۰)، Saucedo و همکاران (۲۰۱۱) و همچنین Barua و همکاران (۲۰۱۱) اشاره نمود که به طور خلاصه تحقیقات آن‌ها بیانگر وجود آلودگی ناشی از فلزات در مناطق زیست این آبزیان بوده است. به طور کلی اهداف این تحقیق شامل اندازه‌گیری میزان فلزات سنگین در رسوبات سطحی و بافت پوسته صدف خوراکی (*Saccostrea cucullata*) و بررسی امکان معرفی بافت پوسته صدف خوراکی به عنوان پایشگر زیستی مناسب جهت پایش فلزات سنگین در منطقه است.

۲. مواد و روش‌ها

۲-۱. نمونه‌برداری

با توجه به فعالیت‌های صنعتی و شهرنشینی در بخش‌های ساحلی بندرلنگه، نمونه‌برداری از رسوبات سطحی و صدف‌های خوراکی از ۳ ایستگاه در طول سواحل بندرلنگه انجام گرفت. در هر ایستگاه نمونه‌های رسوب با ۵ تکرار از لایه سطحی (۰-۳ سانتی‌متر) برداشت شدند. هر نمونه رسوب مشتمل بر ۵ نمونه رسوب سطحی در یک پلات یک مترمربعی بود که پس از مخلوط و هموژن شدن یک نمونه را تشکیل داد. نمونه‌های رسوب سطحی (۰-۳ سانتی‌متر) با استفاده از قاشک استیل (قبلاً شستشو داده شده) و نمونه‌های صدف دوکفه‌ای نیز از همین نقاط

در دهه‌های اخیر توسعه شهرنشینی و گسترش صنایع مختلف در حاشیه سواحل مقادیر زیادی از فلزات سنگین را به بوم سامانه‌های دریایی وارد کرده است (صفاهیه و همکاران، ۱۳۹۰). استخراج نفت فلات قاره از یک طرف و حمل و نقل نفت به وسیله کشتی‌های عظیم از طرف دیگر، اقیانوس‌ها و دریاها را در معرض خطرات جدی آلودگی نفتی قرار داده است، به طوری‌که در این فعل و انفعالات مقدار قابل توجهی از مواد نفتی به دریاها ریخته می‌شود (بنایی و رعیت پیشه، ۱۳۸۵). در این میان آلودگی خلیج فارس که از جمله مهمترین راه‌های ارتباطی جهان در رابطه با بهره‌برداری و انتقال نفت به حساب می‌آید، حایز اهمیت است. به طوری‌که سواحل و جزایر جنوبی ایران که در این محدوده واقع شده‌اند نیز همواره در معرض ورود آلاینده‌های مختلف ناشی از فعالیت‌های انسانی و نقل و انتقالات نفتی قرار گرفته‌اند (مرتضوی و همکاران، ۱۳۸۱؛ میرزا و همکاران، ۱۳۹۰). بندرلنگه یکی از بنادر مهم جنوب کشور است که در غرب بندرعباس و در محدوده جغرافیایی ۵۴ درجه و ۳۰ دقیقه طول شرقی و در ۲۶ درجه و ۱۸ دقیقه عرض شمالی واقع شده است. بخشی از سواحل این منطقه را سواحل صخره‌ای و سنگی تشکیل می‌دهند که پناهگاه آبزیان گوناگون از جمله صدف خوراکی صخره‌ای است (Heidari et al., 2013). از آنجا که ورود و تجمع آلاینده‌ها در آب و رسوبات سبب جذب و تجمع بالای آن‌ها در آبزیان شده است، بنابراین موجودات آبی منطقه مانند صدف خوراکی صخره‌ای در معرض خطرات احتمالی آلاینده‌های مختلف و تجمع فلزات سنگین قرار گرفته‌اند (Edward et al., 2009; Garcia et al., 2010). فلزات سنگین از مهمترین آلاینده‌های غیر آلی پایدار و غیرقابل تجزیه زیستی هستند و می‌توانند در زنجیره غذایی تجمع پیدا کنند، ضمن اینکه اثرات سمی آن‌ها نیز تا فواصل دورتر از منشا آلودگی گسترش پیدا می‌کند (Ahmed et al., 2010). نرم‌تنان به ویژه دوکفه‌ای‌ها به علت برخورداری از سیستم تصفیه صافی^۱ قادرند مقدار زیادی آب را تصفیه نمایند و امکان قویتری برای تجمع مواد شیمیایی مانند هیدروکربن‌های آروماتیک، نفت خام، فلزات سنگین، و ترکیبات پلی کلرینه بی-

^۱ Filter feeding

صدف توسط ترکیبی از اسید نیتریک (۶۹ درصد) و اسید پرکلریدریک (۶۰ درصد) به نسبت ۴:۱ روی دستگاه هضم کننده^۳ ابتدا در دمای پایین (۴۰°C) به مدت ۱ ساعت و سپس در دمای ۱۴۰°C به مدت ۳ ساعت هضم گردیدند (Yap et al., 2002). در مرحله آخر غلظت فلزات سنگین با استفاده از دستگاه جذب اتمی Shimadzu (AA-670) به روش شعله برای کادمیوم و سرب و به روش کوره گرافیکی برای وانادیوم در نمونه‌ها تعیین و میزان فلزات مورد نظر در آن‌ها قرائت گردید.

۳-۲. تجزیه و تحلیل آماری

آنالیز آماری نمونه‌ها، با استفاده از نرم افزار SPSS نسخه ۱۷ و Excell 2007 انجام شد و نمودارها و جداول مربوط به آن‌ها ترسیم شدند. پس از بررسی نرمال بودن داده‌ها به وسیله آزمون نرمالیتی و حصول اطمینان از نرمال بودن داده‌ها برای مقایسه غلظت فلزات بین ایستگاه‌های مختلف از آزمون آنالیز واریانس یک‌طرفه استفاده شد و در صورت معنی‌دار بودن اختلاف بین ایستگاه‌ها برای تفکیک گروه‌های دارای اختلاف از آزمون LSD استفاده گردید. همچنین از آزمون همبستگی پیرسون جهت مشخص نمودن میزان همبستگی میان غلظت فلزات سنگین در رسوبات سطحی و پوسته صدف استفاده شد.

جدول ۲: زیست‌سنجی صدف‌های صخره‌ای خوراکی در ایستگاه‌های مورد مطالعه

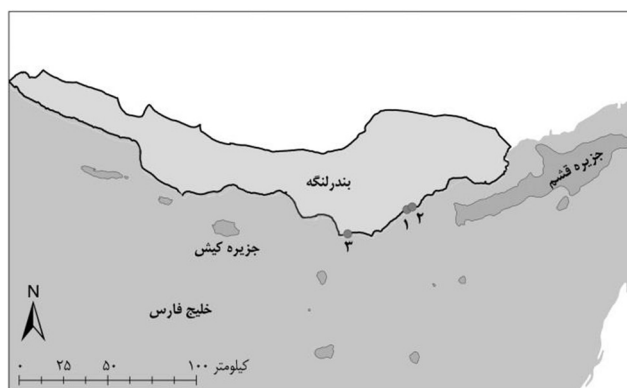
ایستگاه نمونه برداری	وزن کل (gr)	وزن پوسته (gr)	طول پوسته (cm)	اندازه پاشنه (cm)
۱	۴۳/۵۷	۳۵/۵۱	۵/۴۰	۳/۰۴
۲	۴۲/۳۱	۳۷/۰۹	۵/۶	۳/۲۷
۳	۴۲/۵۶	۳۶/۵۶	۵/۶۱	۳/۴۶
۳، ۲، ۱ (میانگین ±SD)	۴۲/۸۱ ± ۰/۶۶۷	۳۶/۳۸ ± ۰/۸۰۴	۵/۵۲ ± ۰/۱۱۵	۳/۲۵ ± ۰/۲۱

جدول ۳: میانگین غلظت فلزات سنگین در رسوبات سطحی بر حسب میکروگرم در گرم وزن خشک

ایستگاه نمونه برداری	Pb (میانگین ±SD)	Cd (میانگین ±SD)	V (میانگین ±SD)
۱	۱۵۵/۲۰ ± ۲۶/۱	۱/۱۲ ± ۰/۰۲۶	۰/۰۲۹ ± ۰/۰۰۳
۲	۱۵۳/۰۷ ± ۱۲/۳۸	۱/۱۴ ± ۰/۰۵۱	۰/۰۲۶ ± ۰/۰۰۶
۳	۱۸۰/۸ ± ۹/۰۹	۱/۵۲ ± ۰/۰۳۱	۰/۰۳۰ ± ۰/۰۰۱
۳، ۲، ۱ (میانگین ±SD)	۱۶۳/۰۲ ± ۱۵/۴۳	۱/۲۶ ± ۰/۲۲۵	۰/۰۲۸ ± ۰/۰۰۲

³ hot block digester

به تعداد ۱۶ نمونه (با طول و وزن تقریباً یکسان) از هر ایستگاه به وسیله قلم و چکش به دقت از صخره‌ها جدا و با آب منطقه شستشو داده شدند. موقعیت‌های جغرافیایی و مشخصات هر ایستگاه (جدول ۱) نیز به وسیله دستگاه GPS ثبت گردید (شکل ۱) و در یخدان محتوی یخ به آزمایشگاه انتقال داده شده و در دمای ۲۰°C- نگهداری شدند.



شکل ۱: نقشه ایستگاه‌های مورد مطالعه در سواحل بندرلنگه

جدول ۱: مختصات جغرافیایی ایستگاه‌های مورد مطالعه در سواحل بندرلنگه

مکان نمونه برداری	شماره ایستگاه	مختصات جغرافیایی	توصیف محل
اسکله کنگ	۱	۲۶° ۳۷' ۳۳" N ۵۴° ۵۹' ۴۸" E	لنج‌سازی، فعالیت صیادی، پساب مناطق مسکونی
منطقه کوهین	۲	۲۶° ۳۸' ۲۱" N ۵۵° ۰۱' ۳۷" E	مرکز تعمیر لنج‌های ماهیگیری
اسکله بستانه	۳	۲۶° ۳۰' ۱۷" N ۵۴° ۳۹' ۴۲" E	لنج‌سازی، فعالیت صیادی، پساب مناطق مسکونی

۲-۲. آماده سازی نمونه‌ها و سنجش فلزات سنگین

پس از انتقال نمونه‌ها به آزمایشگاه برای آماده‌سازی، نمونه‌های رسوب و پوسته صدف (پس از مراحل زیست‌سنجی شامل اندازه‌گیری وزن کل، وزن پوسته، طول پوسته (DVM)^۱ و طول پاشنه (LH)^۲)، با خارج کردن بخش بافت نرم از پوسته، در دمای ۱۰۵°C برای حداقل ۱۶ ساعت در آون گذاشته تا به وزن ثابتی برسند. سپس نمونه‌های رسوب و پوسته صدف در هاون چینی پودر شدند و با استفاده از الک استیل ۶۳ میکرون الک شده تا همگن شوند. در مرحله بعد، حدود ۱ گرم از هر نمونه خشک شده رسوب و پوسته

¹ Dorso-ventral measurement (DVM)

² Heel length (HL)

۳. نتایج

میزان فلزات سرب و کادمیوم در ایستگاه ۳ به ترتیب برابر ۱۳۰/۶ و ۶/۵۵ میکروگرم بر گرم وزن خشک و حداقل میزان آن‌ها نیز به ترتیب در ایستگاه‌های ۲ و ۱ برابر ۱۱۷/۱۰ و ۳/۵۰ میکروگرم بر گرم وزن خشک می‌باشند. همین‌طور حداکثر میزان فلز وانادیوم برابر ۰/۰۳۰ و حداقل میزان آن برابر ۰/۰۰۹ میکروگرم بر گرم وزن خشک به ترتیب در ایستگاه‌های ۱ و ۳ مشاهده گردید. مقایسه میانگین غلظت فلزات سنگین در رسوبات منطقه بندرلنگه با استانداردهای جهانی در جدول ۵ آورده شده است. همچنین میزان تجمع فلزات در رسوبات مناطق مختلف خلیج فارس در جدول ۶ نشان داده شده است. ضمن آن‌که جدول ۷ مقایسه نتایج به‌دست آمده از آنالیز فلزات در پوسته صدف را با سایر تحقیقات نشان می‌دهد. علاوه بر آن، نتایج آزمون همبستگی میان مقادیر فلزات سنگین در صدف و داده‌های زیست‌سنجی و نیز نتایج آزمون همبستگی بین غلظت فلزات سنگین در پوسته صدف و رسوبات سطحی در جداول ۸ و ۹ آمده است. نتایج حاصله مبین عدم تاثیرگذاری اندازه و وزن صدف صخره‌ای (*S. cucullata*) بر میزان جذب و تجمع فلزات سنگین در آن‌ها است ($P > 0/05$). همچنین نتایج حاصل از آزمون همبستگی پیرسون میان غلظت فلزات سرب و وانادیوم در پوسته صدف و رسوبات سطحی رابطه‌ای مستقیم بین این دو را نشان می‌دهد ($P < 0/05$).

نتایج مربوط به زیست‌سنجی صدف‌ها در جدول ۲ نشان داده شده است. بر اساس نتایج به‌دست آمده، بیشترین میزان طول پوسته و اندازه پاشنه صدف‌ها به ترتیب ۵/۶۱ cm و ۳/۴۶ در ایستگاه ۳ و کمترین میزان آن‌ها به ترتیب ۵/۴۰ cm و ۳/۰۴ در ایستگاه ۱ مشاهده گردید. از سویی بیشترین میزان وزن کل صدف‌ها و وزن پوسته آن‌ها به ترتیب ۴۳/۵۷ gr و ۳۷/۰۹ در ایستگاه ۱ و ۲ تعیین گردید، در حالی‌که کمترین میزان آن‌ها به ترتیب ۴۲/۳۱ gr و ۳۵/۵۱ در ایستگاه ۲ و ۱ مشخص شد.

همچنین نتایج حاصل از آنالیز فلزات سنگین در رسوبات سطحی و پوسته صدف صخره‌ای به ترتیب در جداول ۳ و ۴ مشخص گردیده است. بر اساس نتایج به‌دست آمده از آنالیز رسوبات (جدول ۳)، بیشترین میزان فلزات سرب، کادمیوم و وانادیوم به ترتیب ۱۸۰/۸، ۱/۵۲ و ۰/۰۳۰ میکروگرم بر گرم وزن خشک در ایستگاه ۳ مشاهده گردیدند. در حالی‌که حداقل میزان فلزات سرب و وانادیوم به ترتیب ۱۵۳/۰۷ و ۰/۰۲۶ میکروگرم بر گرم وزن خشک در ایستگاه ۲ و حداقل میزان فلز کادمیوم برابر ۱/۱۲ میکروگرم بر گرم وزن خشک نیز در ایستگاه ۱ تعیین شدند. از سویی نتایج به‌دست آمده از آنالیز فلزات در پوسته صدف (جدول ۴) مبین آن است که بالاترین

جدول ۴: میانگین غلظت فلزات سنگین در پوسته صدف (*S. cucullata*) بر حسب میکروگرم در گرم وزن خشک

ایستگاه نمونه برداری	Pb (میانگین ±SD)	Cd (میانگین ±SD)	V (میانگین ±SD)
۱	۱۲۵/۴۰ ± ۱۲/۷۵	۳/۵۰ ± ۰/۶۲	۰/۰۳۰ ± ۰/۰۱۲
۲	۱۱۷/۱۰ ± ۸/۱۸	۵/۲۴ ± ۰/۴۹	۰/۰۱۶ ± ۰/۰۰۳
۳	۱۳۰/۶۰ ± ۱۱/۱۹	۶/۵۵ ± ۰/۳۱	۰/۰۰۹ ± ۰/۰۰۲
۳، ۲، ۱ (میانگین ±SD)	۱۲۴/۳۶ ± ۶/۸۰	۵/۰۹ ± ۱/۵۳	۰/۰۱۸ ± ۰/۰۱۰

جدول ۵: مقایسه میانگین فلزات سنگین در رسوب ایستگاه‌های مورد مطالعه با استانداردهای ارایه شده (میکروگرم در گرم وزن خشک)

عنصر	حد استاندارد میزان عناصر در پوسته زمین	نتایج تحقیق حاضر	استاندارد RSA ^۱ (Pourang et al., 2005)		ISQG ^۲ (Astudillo et al., 2005)		NOAA ^۳ (Astudillo et al., 2005)	
			TEL ^۵	PEL ^۴	ERM ^۶	ERL ^۷		
Pb	۱۴	۱۶۳/۰۲	۱۵-۳۰	۱۱۲	۳۰/۲	۲۱۸	۴۶/۷	
Cd	۰/۲	۱/۲۶	۱/۲-۲	۴/۲	۰/۷	۹/۶	۱/۲	
V	۱۳۰	۰/۰۲۸	۲۰-۳۰	-	-	-	-	

¹ ROPME sea area

² Interim sediment quality guidelines

³ National oceanic and atmospheric administration

⁴ Probable effect level

⁵ Threshold effect level

⁶ Effects range median

⁷ Effects range low

جدول ۶: میزان تجمع غلظت فلزات سرب، کادمیوم و وانادیوم در رسوبات مناطق مختلف خلیج فارس

منبع	V	Cd	Pb	محل اندازه گیری
Pourang et al., 2005	۵۲	۲/۸۹۴	۹۰/۴۷۹	سواحل شمالی خلیج فارس
بختیاری و مرتضوی، ۱۳۸۶	-	۰/۰۰۱	۰/۰۲۲	بندرلنگه
بختیاری و مرتضوی، ۱۳۸۶	-	۰/۰۰۵-۰/۰۰۲	۰/۰۰۴	بندر چارک
بختیاری و مرتضوی، ۱۳۸۶	-	۰/۰۰۰۰۲	۰/۰۰۳	جزیره قشم
Pourang et al., 2005	۱۳/۲	۰/۷۷	۱/۰۳	جزیره قارو، سواحل کویت
Pourang et al., 2005	۲۳	۰/۴	۱۲/۳	سواحل بحرین، خلیج فارس
تحقیق حاضر	۰/۰۲۸	۱/۲۶	۱۶۳/۰۲	بندرلنگه

جدول ۷: مقایسه نتایج به دست آمده از آنالیز فلزات در صدف خوراکی با سایر تحقیقات

منبع	V	Cd	Pb	نوع تحقیق	محل تحقیق
مرتضوی و همکاران، ۱۳۸۴	۰/۸۹	-	-	Rock oyster	جزیره هرمز
مرتضوی و همکاران، ۱۳۸۴	۰/۷۵	-	-	Pearl oyster	جزیره هندورابی
مطالعات منطقه‌ای (۱۹۸۳)	-	۰/۰-۱/۰۶	۰/۶۶۶-۱/۴۶		تنگه هرمز تا بندر بوشهر
مطالعات منطقه‌ای (۱۹۸۳)	-	۰/۲	۲/۲		شمال غربی خلیج فارس
مطالعات منطقه‌ای (۱۹۸۳)	-	۰/۰۶	۹/۱	آبزیان خلیج فارس (دوکفه‌ای‌ها)	شمال شرقی خلیج فارس
مطالعات منطقه‌ای (۱۹۸۳)	-	۱/۷۲	۱۴/۰۵		کویت
مرتضوی و همکاران، ۱۳۸۴	۰/۸۳	-	-	Rock oyster	بندر مقام
مرتضوی و همکاران، ۱۳۸۱	-	۱/۷۱	۱۱/۶۱	Rock oyster	سواحل استان هرمزگان
Peer et al., 2010	-	-	۱۱/۳۰-۱۴/۹۲	Rock oyster	سواحل ایرانی دریای عمان
تحقیق حاضر	۰/۰۱۸	۵/۰۹	۱۲۴/۳۶	Rock oyster	بندرلنگه

جدول ۸: نتایج آزمون همبستگی پیرسون بین میزان سرب، کادمیوم و وانادیوم در صدف و داده‌های زیست‌سنجی

عنصر	فاکتور	وزن کل gr	وزن پوسته Gr	اندازه پاشنه cm	طول پوسته cm
Pb		۰/۰۲ ^{ns}	۰/۰۰۳ ^{ns}	۰/۱۲۷ ^{ns}	۰/۲۲۲ ^{ns}
Cd		۰/۰۸۰ ^{ns}	۰/۰۰۳ ^{ns}	۰/۲۵۱ ^{ns}	۰/۰۷۳ ^{ns}
V		۰/۰۸۱ ^{ns}	۰/۰۲۹ ^{ns}	۰/۲۵۵ ^{ns}	۰/۰۷۹ ^{ns}

^{ns} فاقد همبستگی معنی‌دار است ($P > 0.05$)

جدول ۹: نتایج آزمون همبستگی پیرسون بین میزان فلزات سنگین در پوسته صدف و رسوب سطحی

عنصر	فاکتور	Pb رسوب	Cd رسوب	V رسوب
Pb پوسته		۰/۶۰*	-	-
Cd پوسته		-	۰/۴۸ ^{ns}	-
V پوسته		-	-	۰/۸۳**

* دارای همبستگی معنی‌دار است ($P < 0.05$)

** دارای همبستگی معنی‌دار است ($P < 0.01$)

۴. بحث و نتیجه‌گیری

مطالعه، ایستگاه ۳ (اسکله بستانه) بالاترین غلظت فلزات سرب، روی و وانادیوم را دارد که در این میان سرب بیشترین میزان را نشان داد که می‌تواند به دلیل ورود فاضلاب‌های خانگی، فعالیت‌های صیادی، تردد قایق‌ها، شناورها و همچنین لنج‌های ماهیگیری مربوط به ساکنان منطقه و نیز وجود کارگاه لنج‌سازی مستقر در نزدیکی این منطقه باشد (Pourang et al., 2005; Astudillo et

با توجه به نتایج حاصل از آنالیز نمونه‌های رسوب در ایستگاه‌های مختلف در طول سواحل بندرلنگه (جدول ۳)، میانگین کلی فلزات در رسوبات سطحی گویای $Pb > Cd > V$ است. نتایج مطالعه حاضر نشان داد که در میان ایستگاه‌های مورد

حد استاندارد ERM ارایه شده به وسیله NOAA که مقادیر به- دست آمده پایین تر مشاهده شد، که این مساله به عنوان زنگ خطری توجه بیشتر مسئولان سازمان محیط زیست را می‌طلبد.

از طرفی در مقایسه این داده‌ها با نتایج حاصل از پژوهش‌های اخیر (جدول ۶) مشخص شد که تجمع فلز سرب که از شاخص- های آلودگی نفتی است (کازم زاده خوبی و همکاران، ۱۳۹۱) در رسوبات بسیار افزایش یافته است. همچنین در مورد فلز کادمیوم نیز نتایج، گویای افزایش تجمع این فلز در منطقه خلیج فارس به- خصوص در منطقه بندرلنگه نسبت به سال‌های گذشته بوده است. از سوی دیگر طبق مطالعاتی که در گذشته در تنگه هرمز و نواحی اطراف خلیج فارس صورت گرفته، فلزات سرب، کلسیم و نیکل در این مناطق دارای معادنی در زیر پوسته اقیانوسی هستند. بنابراین یکی دیگر از دلایل مهم و قابل توجه بالا بودن میانگین غلظت سرب، منشا پوسته‌ای آن نیز است (بختیاری و مرتضوی، ۱۳۸۶). مقایسه میزان جذب و تجمع فلزات سنگین در پوسته صدف صخره‌ای خوراکی (جدول ۴) گویای بیشترین میزان فلزات کادمیوم و سرب در ایستگاه ۳ و بیشترین میزان وانادیوم در ایستگاه ۱ است. ضمن آنکه کمترین میزان فلزات سرب و وانادیوم در ایستگاه ۲ و کمترین میزان فلز کادمیوم در ایستگاه ۱ مشاهده شد. همان طور که از نتایج مشخص است با دور شدن از مناطق مسکونی و نیز خارج شدن از منطقه و محدوده فعالیت‌های انسان و فعالیت‌های صنعتی همچنان از میزان آلاینده‌ها و تجمع آن‌ها در رسوبات و صدف‌های خوراکی کاسته می‌شود. این مقایسه نشان‌دهنده این است که فلزات تحت تاثیر فرآیندهای درونی تنظیم می‌شوند. در واقع پاره‌ای از فرآیندها قادرند که فلزات غیرضروری را به بخش‌هایی انتقال دهند که کمترین تاثیر منفی را برای صدف‌ها داشته باشند (عظیمی و همکاران، ۱۳۹۱). نتایج آزمون LSD نشان داد که غلظت کادمیوم و وانادیوم در میان هر سه ایستگاه اختلاف معنی‌داری دارند ($P < 0.01$)، در حالی که غلظت فلز سرب تنها در بین ایستگاه‌های ۲ و ۳ اختلاف معنی- داری نشان داد ($P < 0.01$). با توجه به اینکه سوخت مصرفی قایق‌ها می‌تواند حاوی سرب باشد، تجمع بالاتر قایق‌ها در ایستگاه ۳ می‌تواند دلیلی برای این اختلاف معنی‌دار و افزایش سرب در این ایستگاه باشد (عظیمی و همکاران، ۱۳۹۱). به‌طور کلی میانگین تجمع فلزات سنگین در پوسته صدف صخره‌ای خوراکی الگویی مشابه به تجمع فلزات در رسوبات را نشان می- دهد ($Pb > Cd > V$). این مقایسه نشان‌دهنده این است که نتایج

(al., 2005). از سویی آنچه در بررسی‌های میدانی و بازدیدهای منطقه‌ای به دست آمد، تایید وجود یک لنج صیادی سوخته در منطقه بستانه بود که به دلیل آتش‌سوزی موتور آن و وجود یک- سری نشی‌ها مقادیر زیادی مواد نفتی و بنزین از آن خارج شده بود. نتایج آزمون LSD نشان داد که بین ایستگاه‌های ۱، ۲ و ۳ هیچ اختلاف معنی‌داری در غلظت وانادیوم در رسوبات وجود ندارد ($P > 0.05$). با توجه به اینکه در منطقه منبع مشخصی از نفت وجود ندارد، غلظت این فلز در این منطقه می‌تواند ناشی از تردد کشتی‌ها و شناورها و همچنین آب توازن کشتی‌ها باشد (صفاهی و همکاران، ۱۳۹۰). Pourang و همکاران (۲۰۰۵) با مطالعه رسوبات سواحل ایرانی خلیج فارس بیشترین غلظت وانادیوم را در رسوبات سواحل قشم و بندرلنگه گزارش دادند که در مقایسه با نتایج تحقیق حاضر میزان بسیار بالاتری را نشان داده است. این محققین گزارش نمودند که منابع ممکن آلودگی فلز وانادیوم، ریزش نفتی و تخلیه آب توازن از تانکرهای نفت‌کش و سکوهای حفاری در منطقه بوده است. در حقیقت نفت و ضایعات نفتی به همراه سایر آلاینده‌ها با انتشار خود در محیط سبب ورود فلزات سنگین در بوم‌سامانه آبی خلیج فارس می- گردند. از سوی دیگر حداقل میزان عناصر در ایستگاه ۲ برای فلزات سرب و وانادیوم و در ایستگاه ۱ برای فلز کادمیوم بوده است. همان‌طور که از نتایج مشخص است، ایستگاه ۲ یعنی منطقه کوهین کمترین آلودگی را در ارتباط با فلزات سرب و وانادیوم دارد. یکی از دلایل مهم این مسأله می‌تواند به دلیل فاصله زیاد این سواحل از منابع آلاینده و فعالیت‌های صنعتی باشد، به طوری که حتی در اطراف این منطقه مناطق مسکونی هم دیده نمی‌شود و به همین دلیل بار آلاینده‌های ورودی به منطقه نیز کمتر است. در مقایسه نتایج حاصل از آنالیز رسوبات سطحی در منطقه بندرلنگه با استانداردهای موجود (جدول ۵)، فلز وانادیوم در رسوبات بندرلنگه از استانداردهای ارایه شده پایین تر مشاهده گردید. همچنین مقادیر فلز کادمیوم نیز در رسوبات بندرلنگه تنها از میزان پوسته زمین و حد خطر TEL استاندارد کانادایی ISQG تجاوز نمود. با توجه به نتایج به دست آمده، مقادیر فلز وانادیوم از حد قابل تحمل آبزین پایین تر مشاهده شد. میزان فلز کادمیوم تقریباً در محدوده تحمل آبزین از جمله صدف‌ها بود، که البته با کنترل نشدن اوضاع به طور حتم میزان این فلز نیز از حد مجاز بالاتر خواهد رفت. ضمناً مقادیر فلز سرب در رسوبات بندرلنگه چندین برابر استانداردهای مجاز مشاهده گردید. به جز در مورد

پژوهش‌های انجام شده (جدول ۷) بیانگر آن است که به غیر از فلز وانادیوم که میزان کمتری را نشان داد، سایر فلزات (سرب و کادمیوم) مقادیر بسیار بالاتری را نشان دادند که این امر نشان می‌دهد که از آنجا که این صدف‌ها از جمله منابع مهم غذایی محسوب می‌شوند، لذا حضور مقادیر بالای این فلزات برای مصرف‌کنندگان بسیار خطرناک است. چرا که فلزات سنگین ابتدا در بافت سخت تجمع می‌یابند و سپس در طول زمان به بافت خوراکی راه پیدا می‌کنند، لذا نظارت و پایش مداوم را می‌طلبد. مطالعات نشان داده‌اند که سمیت با فلز سرب منجر به مشکلات عصبی و مغزی، مشکلات کبدی، کلیوی و همچنین در کودکان منجر به آنمی، کاهش رشد و تاثیرات عصبی می‌گردد (Tabari et al., 2010). در ارتباط با فلز کادمیوم مسمومیت حاد با کادمیوم منجر به بیماری‌هایی نظیر اسهال و استفراغ، دردهای شکمی و عضلانی، سردرد، تشنج و ایجاد بزاق می‌گردد، در حالی که مسمومیت مزمن با کادمیوم می‌تواند منجر به عدم کارایی مجراهای کلیوی و همچنین بیماری ایتائی ایتائی گردد (Yap et al., 2004). نتایج حاصل از آزمون همبستگی پیرسون بین غلظت فلزات سنگین در صدف و داده‌های زیست‌سنجی در جدول ۸ نشان داده شده است. نتایج حاصل مبین عدم تاثیرگذاری اندازه و وزن صدف صخره‌ای (*S. cucullata*) بر میزان جذب و تجمع فلزات سنگین در آن‌ها است. در تحقیق دیگری که بختیاری و مرتضوی (۱۳۸۶). سنجش فلزات سنگین سرب و کادمیوم را روی پوسته صدف مروارید ساز محار (*Pinctada radiata*) در جزیره هندورابی انجام دادند، مشخص گردید که اندازه و وزن صدف هیچگونه تاثیری بر تجمع و جذب این فلزات در پوسته صدف نداشته است که با نتایج تحقیق حاضر مطابقت دارد. تحقیق دیگری توسط Protasowicki و همکاران (۲۰۰۸) روی غلظت فلزات سنگین در پوسته دوکفه‌ای (*Mytilus edulis*) در سواحل دریای بالتیک در لهستان انجام گردید. همین‌طور مرتضوی و همکاران (۱۳۸۴) روی تعیین نسبت نیکل و وانادیوم در صدف خوراکی (*Saccostrea cucullata*) در سواحل هرمزگان تحقیقی انجام دادند. نتایج بررسی این محققین نشان داد که هیچ‌گونه ارتباطی میان داده‌های زیست‌سنجی شامل اندازه صدف، طول پاشنه، قطر صدف، وزن کل و وزن پوسته صدف خوراکی و تجمع و جذب فلز وانادیوم وجود ندارد. همچنین نتایج حاصل از آزمون همبستگی پیرسون میان غلظت فلزات سرب و وانادیوم در پوسته صدف و رسوبات سطحی رابطه‌ای

تحقیقات Bat و همکاران (۱۹۹۸) روی فلزات سنگین در دوکفه‌ای (*Mytilus galloprovincialis*) در سواحل دریای سیاه و همچنین Clinton و همکاران (۲۰۰۸) روی فلزات سنگین در بافت‌های مختلف دوکفه‌ای (*Tympanotonus fuscatus*) در مناطق مانگرو خلیج نیجریه و Barua و همکاران (۲۰۱۱) روی صدف صخره‌ای خوراکی (*Saccostrea cucullata*) در سواحل هند با الگوی به‌دست آمده از تجمع فلزات در بافت پوسته صدف خوراکی (*S. cucullata*) در منطقه بندرلنگه مطابقت دارد. از آنجا که این صدف‌ها 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 شده و در نتیجه برخی از فلزات همراه با آب به ساحل آورده می‌شوند. ضمن برخورد آب با صخره‌ها مطمئناً با خصوصیت بالای ریزه‌خواری، صدف‌ها مقداری از این مواد را جذب کرده و در خود انباشته می‌کنند (مرتضوی و همکاران، ۱۳۸۱). ضمناً دوکفه‌ای‌ها 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. به‌عنوان مثال، صدف‌های خوراکی قادر هستند که فلزاتی مثل جیوه و کادمیوم را تا سطحی حدود ۱۰۰۰۰۰ هزار برابر بالاتر از سطوحی که در محیط پیرامون خود وجود دارد، در بافت‌هایشان ذخیره کنند (Avelar et al., 2000). بر اساس مطالعاتی که توسط Yap و همکاران (۲۰۰۳) روی دوکفه‌ای *Perna viridis* در Peninsular مالزی انجام شد، تجمع بیشتر سرب در مقایسه با سایر فلزات در پوسته صدف را به دلایل زیر نسبت دادند.

۱) جانشین شدن فلز سرب با یون‌های کلسیم در ترکیب کربنات کلسیم، به دلیل تمایل بسیار زیاد فلز سرب برای تجمع در پوسته آهکی صدف از طریق جایگزینی با یون کلسیم است. در حقیقت فلز سرب در حالت یونی چندین برابر بیشتر از یون کلسیم تمایل به اتصال به یون کربنات را دارد. لذا پس از جذب فلز سرب توسط صدف، این فلز در پوسته جایگزین یون کلسیم شده و با غلظت بالایی در پوسته صدف تجمع می‌یابد. ۲) پیوند سرب با مواد آلی است که در پوسته صدف نیز وجود دارد. از آنجا که پوسته صدف مملو از ترکیبات آلی است و فلز غیر-ضروری مثل سرب تمایل زیادی برای پیوند با ترکیبات آلی را دارد با این ترکیبات پیوند برقرار می‌کند. مقایسه میزان تجمع فلزات سنگین در صدف صخره‌ای در سواحل بندر لنگه با سایر

(Hg, Zn, Cu, Pb, Cd) در آب، رسوب و بافت نرم دوکفه‌ای آوندنت تلاب انزلی (*Anodonta cygnea*) در دو فصل پاییز و بهار. فصلنامه پژوهش و سازندگی در امور دام و آبزیان، شماره ۷۳، ۱۱۳-۱۰۴.

بنایی، م؛ رعیت پیشه، م.ک، ۱۳۸۵. اکولوژی دریا (اکوسیستم‌های دریایی و اقیانوس). انتشارات نقش مهر. ۲۶۸ صفحه.

پاشایی راد، ش؛ سعیدی، ه؛ ابطحی، ب؛ کیایی، ب، ۱۳۸۹. بررسی میزان تجمع برخی فلزات سنگین در بافت نرم و پوسته دوکفه‌ای خوراکی (*Amiantis umbonella*) در ساحل بندرعباس، خلیج فارس. فصلنامه محیط زیست جانوری، سال دوم، شماره ۲، ۲۲-۹.

جواد کاظم زاده خوبی، ج؛ نوری، ا.س؛ پورنگ، ن؛ علیزاده، م؛ قریشی، ح؛ پاداش، ا، ۱۳۹۱. بررسی و اندازه‌گیری فلزات سنگین نیکل، سرب، مس، منگنز، روی، کادمیوم و وانادیوم در سبزی‌های خوراکی جنوب پالایشگاه تهران. دو فصلنامه پژوهش‌های محیط زیست، سال سوم، شماره ۶، صفحات ۶۵-۵۷.

حیدری چهارلنگ، ب؛ ریاحی بختیاری، ع؛ یآوری، و؛ یوسفی، ز، ۱۳۹۰. بررسی غلظت و همبستگی فلزات نیکل و وانادیوم در رسوبات سطحی و صدف صخره‌ای (*Saccostrea cucullata*) در سواحل بندرلنگه و جزیره هندورابی. فصلنامه زیست شناسی دریا، سال سوم، شماره ۱۱، ۴۱-۳۱.

ریاحی بختیاری، ع؛ مرتضوی، ث، ۱۳۸۶. سنجش مقادیر سرب و کادمیوم در پوسته صدف مرورایدساز محار (*Pinctada radiata*) در جزیره هندورابی. فصلنامه پژوهش و سازندگی در امور دام و آبزیان، شماره ۷۴، صفحات ۱۱۷-۱۱۲.

صفاهیه، ع؛ فرهاد، م؛ نبوی، م. ب؛ غانمی، ک؛ موحدی نیا، ع؛ داراب پور، م، ۱۳۹۰. تجمع فلزات سنگین Pb, Cu, V, Ni در رسوب و دوکفه‌ای (*Crassostrea gigas*) در بندر امام خمینی (ره). نشریه اقیانوس‌شناسی، سال دوم، شماره ۸، ۵۹-۴۵.

عظیمی، ع؛ دادالهی، س؛ صفاهیه، ع؛ ذوالقرنین، ح؛ سواری، ا؛ فقیری، ا، ۱۳۹۱. مطالعه سطوح فلزات سنگین جیوه، کادمیوم، سرب و مس در رسوبات شمال غرب خلیج فارس-بندر امام خمینی (ره). نشریه اقیانوس‌شناسی، سال سوم، شماره ۱۱، ۴۱-۳۳.

عین اللهی پیر، ف؛ صفاهیه، ع؛ سواری، ا؛ دادالهی، س؛ پاکزاد توچایی، س، ۱۳۹۰. بررسی امکان استفاده از پوسته دوکفه‌ای (*Saccostrea cucullata*) جهت پایش زیستی فلزات سنگین Cu, Pb and Ni در سواحل جزر و مدی چابهار. فصلنامه علمی محیط زیست، شماره ۵۰، ۳۸-۲۵.

مستقیم بین این دو را نشان می‌دهد (جدول ۹). در تحقیقی که توسط حیدری و همکاران (۱۳۹۰) روی غلظت فلزات نیکل و وانادیوم در بافت‌های مختلف صدف خوراکی (*S. cucullata*) در جزیره هندورابی صورت گرفت، همبستگی مثبتی بین غلظت فلز وانادیوم در پوسته صدف و رسوب گزارش شد. در مطالعه‌ای که توسط عین اللهی و همکاران (۱۳۹۰) روی غلظت فلزات سنگین در بافت‌های مختلف صدف صخره‌ای (*Saccostrea cucullata*) در سواحل جزر و مدی چابهار انجام گرفت، مشخص شد که بافت پوسته صدف به‌عنوان یک پایشگر زیستی مناسب برای فلز سرب است که با نتایج تحقیق حاضر مطابقت دارد. این بیانگر آن است که تغییرات غلظت فلزات سرب و وانادیوم در بافت پوسته صدف‌ها تابعی از تغییرات آن‌ها در رسوبات پیرامونی است و در حقیقت رسوبات سطحی منبع مستقیم و مهمی برای جذب این فلزات در پوسته صدف هستند. در حالی که همبستگی قابل توجهی از میزان تجمع فلز کادمیوم در پوسته صدف و رسوبات سطحی مشاهده نشد. در پژوهشی که توسط Yap و همکاران (۲۰۰۳) روی غلظت فلزات سنگین در پوسته دوکفه‌ای (*Perna viridis*) در سواحل مالزی صورت گرفت، بافت پوسته صدف به‌عنوان یک پایشگر زیستی مناسب برای پایش فلز کادمیوم مشخص گردید که با نتایج تحقیق حاضر مغایرت دارد. به‌طور کلی با توجه به نتایج به‌دست آمده مشخص می‌گردد که بافت پوسته صدف (*S. cucullata*) یک پایشگر زیستی مناسب برای پایش فلزات سرب و وانادیوم در منطقه است.

۵. سپاسگزاری

بدین‌وسیله از ریاست و کارشناسان محترم ایستگاه تحقیقات نرم‌تنان بندرلنگه که در تحقیق حاضر ما را یاری نمودند، تشکر و سپاسگزاری می‌گردد.

منابع

اسلامی اندارگلی، ط، ۱۳۸۷. بررسی میزان فلزات سنگین (مس، نیکل و سرب) در رسوب و دوکفه‌ای (*Barbatia helblingii*) در منطقه جزر و مدی بندر بوشهر. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر. ۱۰۴ صفحه.

اشجع اردلان، آ؛ ربانی، م؛ معینی، س، ۱۳۸۵. مقایسه فلزات سنگین

- Environmental Research Journal, 5: 121-130.
- Bat, L.; Gundogdu, A.; Ozturk, M.; Ozturk, M., 1999. Copper, zinc, lead and cadmium concentrations in the mediterranean mussel *Mytilus galloprovincialis* Lamarck, 1819 from the Sinop coast of the Black Sea. Turkish Journal of Zoology, 23: 321-326.
- Besada, V.; Andrade, J.M.; Schultze, F.; Gonzalez, J.J., 2010. Comparison of the 2000 and 2005 spatial distributions of heavy metals in wild mussels from the North-Atlantic Spanish coast. Ecotoxicology and Environmental Safety, 74: 373-381.
- Clinton, H.I.; Ujagwung, G.U.; Michael, H., 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 Journal of Scientific Research, 24: 468-476.
- Edward, F.B.; Yap, C.K.; Ismail, A.; Tan, S.G., 2009. Interspecific variation of heavy metal concentrations in the different parts of Tropical Intertidal Bivalves. Water, Air and Soil Pollution, 196: 297-309.
- Garcia-Rico, L.; Tejada-Valenzuela, L.; Burgos-Hernandez, A., 2010. Seasonal variations in the concentrations of metals in *Crassostrea corteziensis* from Sonora, Mexico. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology, 85: 209-213.
- Heidari, B.; Riyahi Bakhtiari, A.; Shirneshan, G., 2013. Concentrations of Cd, Cu, Pb and Zn in soft tissue of oyster (*Saccostrea cucullata*) collected from the Lengeh Port coast, Persian Gulf, Iran: A comparison with the permissible limits for public health. Food Chemistry, 141: 3014-3019.
- Peer, F.E.; Safahieh, A.; Sohrab, A.D.; Tochaii, S.P., 2010. Heavy metal concentrations in rock oyster *Saccostrea cucullata* from Iranian coasts of the Oman Sea. Trakia Journal of Sciences, 8: 79-86.
- Pourang, N.; Nikouyayn, A.; Dennis, S., 2005. Trace element concentration in fish, sediments and water مرتضوی، ث؛ اسماعیلی ساری، ع؛ 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، ۱۷۱-۱۵۹.
- مرتضوی، ث؛ اسماعیلی ساری، ع؛ ریاحی بختیاری، ع، ۱۳۸۱. سنجش میزان روی، سرب و کادمیوم در صدف خوراکی صخره‌ای (*Saccostrea cucullata*) در سواحل استان هرمزگان. مجله علوم دریایی ایران، شماره ۱، ۷۶-۶۷.
- میرزا، ر؛ دادالهی، س؛ صفاهیه، ع؛ محمدی، م؛ سواری، ا؛ عابدی، ا، ۱۳۹۰. هیدروکربن‌های آروماتیک چندحلقه‌ای (PAHS) در رسوبات و صدف صخره‌ای (*Saccostrea cucullata*) در منطقه بین جزر و مدی سواحل استان بوشهر (خلیج فارس). نشریه اقیانوس‌شناسی، سال دوم، شماره ۵، ۱۹-۱۱.
- Ahmed, K.; Mehedi, Y.; Haque, R.; Mondol, P., 2010. Heavy metal concentrations in some macrobenthic fauna of the Sundarbans mangrove forest, south west coast of Bangladesh. Environmental Monitoring and Assessment, 177: 505-514.
- Astudillo, L.R.; Chang Yen, I.; Bekele, I., 2005. Heavy metals in sediments, mussels and oysters from Trinidad and Venezuela. International Journal of Tropical Biology and Conversation, 53: 41-53.
- Avelar, W.E.P.; Mantelatto, F.L.M.; Tomazelli, A.C.; Silva, D.M.L.; Shuhama, T.; Lopes, J.L.C., 2000. The marine mussel *Perna perna* (mollusca, bivalvia, mytilidae) as an indicator of contamination by heavy metals in the Ubatuba Bay, Sao Paulo, Brazil. Water, Air and Soil Pollution, 118: 65-72.
- Bartolome, L.; Navarro, P.; Raposo, J.C.; Arana, G.; Zuloaga, O.; Etxebarria, N.; Soto, M., 2010. Occurrence and distribution of metals in mussels from the Cantabrian Coast. Archives of Environmental Contamination and Toxicology, 59: 235-243.
- Barua, P.; Mitra, A.; Banerjee, K.; Chowdhury, M., 2011. Seasonal variation of heavy metals accumulation in water and oyster (*Saccostrea cucullata*) inhabiting central and western sector of Indian Sundarbans.

- mussel *Perna viridis* (Linnaeus) collected from some wild and aquacultural sites in the west coast of Peninsular Malaysia. Food Chemistry, 84: 569-575.
- Yap, C.K.; Ismail, A.; Tan, S.G., 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. Food Chemistry, 84: 569-575.
- Yap, C.K.; Ismail, A.; Tan, S.G.; 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.
- Yap, C.K.; Ismail, A.; Tan, S.G.; Omar, H., 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. Environment International, 28: 117-126.
- from northern part of the Persian Gulf. Environmental Monitoring and Assessment, 109: 293-316.
- Protasowicki, M.; Dural, M.; Jaremek, J., 2008 . Trace metals in the shells of blue mussels (*Mytilus edulis*) from the Poland coast of Baltic Sea. Environmental Monitoring and Assessment, 141: 329-337.
- Tabari, S.; Saedi-Sarvari, S.S.; Bandany, G.H.; Dehghan, A.; Shokrzadeh, M., 2010. Heavy metals (Zn, Pb, Cd, and Cr) in fish, water and sediments sampled from southern Caspian Sea, Iran. Toxicology and Industrial Health, 26: 649-656.
- Vázquez-Sauceda, M.; Aguirre-Guzmán, G.; Sánchez-Martínez, J.; 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, 86: 410-414.
- Yap, C.K.; Ismail, A.; Tan, S.G., 2004. Heavy metal (Cd, Cu, Pb and Zn) concentrations in the green-lipped