مطالعه مقایسه‌ای غلظت فلزات سنگین نیکل و کادمیوم در صدف صخره‌چسب (*Saccostrea cucullata*) و رسوبات بستر در قسمتی از ساحل بندر دیر استان بوشهر

محمد طالبی متین[۱]
مهدی شمسایی مهرجان[۲*]
سمیرا حق‌بیان[۳]

۱، ۳. دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم وتحقیقات تهران، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانش آموخته کارشناسی ارشد شیلات، تهران، ایران
۲. دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، استادیار گروه شیلات، تهران، ایران

***مسئول مکاتبات:**
drshamsaie@gmail.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۰۷/۰۸
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۱۲/۱۴

این مقاله برگرفته از پایان‌نامه دانشجویی است.

چکیده

این تحقیق به منظور بررسی مقایسه‌ای تجمع زیستی غلظت فلزات سنگین نیکل و کادمیم در بافت‌های نرم عضله و آبشش صدف صخره چسب (*Saccostrea cucullata*) در دامنه طولی ۵۰±۵ و ۷۰±۵ میلی‌متر در قسمتی از سواحل بندر دیر استان بوشهر در زمستان ۱۳۹۰ انجام گرفت. تعداد ۱۳۵ عدد صدف از ۳ ایستگاه جمع‌آوری و پس از زیست‌سنجی و جداسازی بافت‌ها، جهت تعیین غلظت فلزات سنگین نیکل و کادمیم در بافت به آزمایشگاه ارسال شدند. اندازه‌گیری غلظت هر دو فلز توسط دستگاه طیف‌سنج جذب اتمی (GFASS) انجام گرفت. به علاوه ۳ نمونه رسوب نیز از هر ایستگاه جهت آنالیز فلزات مذکور برداشته شد. نتایج حاصل از تجزیه واریانس یک طرفه آنوا و آزمون چند دامنه‌ی دانکن در سطح ۰/۰۵ نشان داد، میزان پایش زیستی فلز کادمیم در نمونه‌های عضله و آبشش به طور معنی‌داری بیش از میزان جذب فلز نیکل بود (P<۰/۰۵). به نحوی که میانگین غلظت کادمیم در نمونه‌های مربوط به عضله و آبشش به ترتیب برابر با ۲/۵۳±۰/۴۵، ۶/۸۷±۰/۴۱ قسمت در میلیون و میانگین غلظت نیکل به ترتیب معادل ۰/۷۶±۰/۶۴ و ۱/۰۹±۰/۴۲ قسمت در میلیون گزارش شدند. به علاوه میزان جذب فلز نیکل و کادمیوم در نمونه‌های صدف با اندازه بزرگ به ترتیب ۱/۸۶±۰/۵۹ و ۶/۰۵±۲/۲۵ قسمت در میلیون گزارش شد. این مقادیر در صدف‌های کوچک به ترتیب معادل ۱/۲۱±۰/۳۳ و ۶/۳۲±۱/۸۶ قسمت در میلیون برآورد شدند. بنابراین اختلاف معنی‌داری میان جذب فلزات کادمیم و نیکل در صدف‌هایی با دامنه طولی متفاوت مشاهده نشد (P>۰/۰۵). میانگین میزان جذب نیکل و کادمیوم در نمونه‌های رسوب جمع‌آوری شده از هر سه ایستگاه به ترتیب برابر با ۱/۳۷±۱/۱۱ و ۱/۴۳±۰/۸۶ قسمت در میلیون گزارش شدند و اختلاف معنی‌داری در میزان پایش زیستی نیکل و کادمیم در نمونه‌های رسوب مشاهده نگردید (P>۰/۰۵).

واژگان کلیدی: خلیج فارس، *Saccostrea cucullata*، فیلتر کننده زیستی، نیکل و کادمیم.

مقدمه

حدود ۴۰ درصد نفت صادراتی جهان در خلیج فارس جابجا می‌شود. این پهنه عظیم آبی به دلیل دارا بودن ذخایر عظیم نفت و گاز، منابع غذایی، تنوع زیستی و ذخایرعظیم کانی دارای اهمیت زیادی است و یکی از مهم‌ترین آبراه‌های حمل و نقل مواد نفتی و محصولات مصرفی جهان محسوب می‌شود. آلودگی آب‌ها توسط فلزات سنگین باعث به خطر افتادن حیات گونه‌های دریایی در این منطقه شده و شرایط محیطی نامطلوبی برای رشد و نمو آن‌ها فراهم کرده است (Peer *et al*., 2010). ورود فلزات سنگین به محیط‌های دریایی از نگرانی‌های بزرگ در سراسر جهان محسوب می‌شود (Wang *et al*., 2010)، به طوری که امروزه فلزات سنگین جزء مهم‌ترین

آلاینده‌های منابع آبی کره زمین بشمار آمده و حضور آن‌ها در موجودات زنده آبزی گزارش شده است (Adham *et al*., 2002; Oliojo *et al*., 2005).

نرم‌تنان به خصوص دوکفه‌ای‌ها، به دلیل استفاده از سیستم تغذیه پوده خواری (Filter-Feeding) قابلیت بیش‌تری برای تجمع فلزات سنگین در بدن خود دارند. به همین دلیل تعداد زیادی از دوکفه ای‌ها به عنوان شاخص زیستی معرفی گردیده‌اند (Guzman-Garcia *et al*., 2009). دوکفه‌ای‌ها شامل تقریبا ۲۰ هزار گونه‌اند و پس از حلزون‌ها بزرگترین رده از شاخه نرم‌تنان را تشکیل می‌دهند. از جمله دوکفه‌ای‌ها می‌توان به صدف صدف صخره چسب با نام علمی *Saccostrea cucullata* اشاره کرد.

تعیین میزان ورود برخی مواد به اکوسیستم از طریق سنجش میزان مواد شیمیایی در بافت دو کفه‌ای‌ها یکی از از قابلیت‌های زیستی آن‌هاست که از طریق تعیین غلظت ماده آلاینده در آب و رسوب و ذرات معلق میسر نیست (Robinson *et al*., 2005). به علاوه مواد شیمیایی در بافت های دوکفه‌ای‌ها بین ۱۰ تا ۱۰۰ برابر نسبت به غلظت آلاینده در آب دریا تغلیظ می‌گردد و این امر ناشی از خصوصیت پوده‌خواری آن می‌باشد (Acevedo *et al*., 2006). از آن‌جایی که برخی نرمتنان به ویژه صدف‌های خوراکی اهمیت تجاری دارند، تعیین ناخالصی بافت‌های آن‌ها از نظر سلامتی بشر بسیار مورد توجه است، مثلاً در مطالعه Flower و همکاران (۱۹۹۳)، میزان فلزات سنگین و هیدروکربن‌های نفتی در رسوبات و صدف‌های دوکفه‌ای بحرین و عمان قبل و بعد ازجنگ اول خلیج فارس مقایسه شد. نتایج نشان دادند که غلظت فلزات Cu, Ni, Pb, Zn در سال ۱۹۹۴، یعنی پس از این جنگ در بدن دوکفه‌ای‌ها نسبت به سال ۱۹۹۱ افزایش معنی‌داری یافته بود.

مطالعه دیگری که توسط تاتینا و همکاران (۱۳۸۵)، در شمال خلیج فارس بر روی تجمع فلزات سنگین در بافت عضله ماهی یلی (*Pelates quidrileneatus*) صورت گرفت، میانگین میزان تجمع فلزات سنگین نیکل و کادمیوم در بافت عضله ماهیان شاهد به ترتیب برابر با ۰/۳۶±۰/۰۳ قسمت در میلیون و ۰/۰۲±۰/۰۱ قسمت در میلیون اندازه‌گیری گردید. در ماهیان قرار گرفته در معرض دوز ۱۲ قسمت در میلیون از نفت خام نیز میانگین میزان تجمع این فلزات سنگین به ترتیب ۰/۵۷±۰/۰۳ قسمت در میلیون و ۰/۰۹±۰/۰۵ قسمت در میلیون بود که در مقایسه با دو کفه‌ای‌ها بیانگر این نکته می باشد که دو کفه‌ای‌ها نشانگر زیستی به مراتب مناسب‌تری هستند. نتایج این مطالعه، در مقایسه با عضله صدف نشان دادند که میانگین غلظت کادمیم و نیکل در عضله صدف بالاتر از میانگین آن در عضله ماهی فوق الذکر بوده است. به علاوه در مطالعه دیگری که توسط ملک (۱۳۹۰) در منطقه جد استان سیستان و بلوچستان صورت گرفت، دو گونه صدف دو کفه‌ای *Saccostrea cucullata* و *Barbatia obliquata* از لحاظ میزان جذب زیستی مورد بررسی قرار گرفتند. نتایج نشان دادند تجمع فلزات سنگین درگونه *S. cucullata* به طور معنی‌داری بیش‌تر از گونه *B. obliquata* بود.

آلودگی روز افزون محیط زیست دریایی خلیج فارس و تلاش در جهت بقای این اکوسیستم مهم دریایی به کمک معرفی گونه‌هایی مناسب به عنوان تصفیه کننده زیستی، سبب شد تا در مطالعه‌ای به بررسی مقایسه‌ای میزان غلظت فلزات نیکل و کادمیوم در دوکفه‌ای صخره چسب (*Saccostrea cucullata*) به عنوان یک نشانگر زیستی پرداخته شد. هدف این تحقیق، بررسی میزان جذب آلاینده‌های فلزی نیکل و کادمیم در صدف صخره چسب در قسمتی از آب‌های ساحلی بندر دیر بود تا با مقایسه غلظت این فلزات در بافت‌های نرم صدف، اندام‌های مناسب‌تر برای تجمع مواد آلاینده مشخص شوند.

مواد و روش‌ها

محل انجام این تحقیق سواحل بندر دیر، یکی از شهرستان‌های استان بوشهر بود. این بندر از نظر جغرافیایی بین مدارهای ۲۷ درجه و ۵۱ دقیقه عرض شمالی و ۶۱ درجه و ۵۸ دقیقه طول شرقی از نصف النهار گرینویچ قرار گرفته است. مرز آبی شهرستان دیر در حاشیه خلیج فارس حدود ۸۲ کیلومتر می‌باشد (اطلس سازمان جغرافیایی وزارت دفاع و پشتیبانی نیروهای مسلح، ۱۳۸۲).

این آزمایش در قالب یک طرح کاملاً تصادفی تکراردار به اجرا در آمد که در آن سه ایستگاه مختلف برای جمع‌آوری دو اندازه صدف صخره چسب با دامنه طولی ۵±۵۰ و ۵ ±۷۰ میلی‌متر در نظر گرفته شدند. فواصل ایستگاه‌ها از یکدیگر ۳۰۰ متر و محل آن‌ها در منطقه میانی و پایین جزرومدی بود و از هر ایستگاه تعداد ۴۵ صدف (مجموعاً ۱۳۵ عدد) به کمک ابزارهای مکانیکی از لایه سطحی منطقه برداشته شدند. بعلاوه سه نمونه نیز از رسوبات سطحی هر یک از ایستگاه‌ها نیز برداشته شدند که تا عمق ۲ سانتی‌متری بستر را در بر می‌گرفتند. نمونه‌برداری در خلال فصل زمستان و طی یک روز به طور تصادفی و بدون انتخاب صورت گرفت. در این بررسی از روش نمونه‌گیری سیستماتیک با نقطه شروع تصادفی استفاده شد (William, 1964).

نمونه‌های صدف و رسوب جمع‌آوری شده از هر ایستگاه، به طور جداگانه درون کیسه‌های پلاستیکی گذاشته شده و مشخصات هر ایستگاه بر روی آن‌ها ثبت گردید تا پس از قرار گرفتن در ظروف حاوی یخ به آزمایشگاه اداره محیط زیست عسلویه (نایبند) انتقال داده شوند.

نمونه‌ها در آزمایشگاه، پس از شست‌وشو، مورد زیست‌سنجی قرار گرفتند. عملیات زیست‌سنجی شامل اندازه‌گیری طول کل صدف‌ها توسط کولیس بر حسب میلی‌متر و توزین نمونه‌ها توسط ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۱ گرم بود. سپس عضله صدف‌ها جهت جدا سازی و آماده شدن برای اندازه‌گیری میزان فلزات سنگین، از پوسته آن‌ها خارج گردیدند.

ابتدا بافت‌های صدف و نمونه‌های رسوب به مدت ۲۴ ساعت در آون با دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند تا خشک گردند (AQAC, 1990). سپس نمونه‌های خشک شده صدف و رسوب، تا زمان هضم شیمیایی در ظروف پلی اتیلنی ۵ میلی‌لیتری نگه‌داری شدند. در نهایت نمونه‌های خشک شده برای مراحل هضم شیمیایی به آزمایشگاه اداره کل محیط زیست استان مازندران در ساری منتقل شدند. هضم شیمیایی نمونه‌ها طبق روش Moopam (۱۹۹۹) صورت گرفت. برای هضم نمونه‌ها از حمام شنی استفاده شد. بنابراین پس از خرد کردن نمونه‌های خشک شده بوسیله هاون چینی، حدود ۰/۲ گرم از هر نمونه در تیوب تفلونی توزین و در ویال‌های پلاستیکی قرار داده شد. سپس ۵ میلی لیتر اسید نیتریک با درجه خلوص بالا (۶۵ درصد) به آن اضافه و ظروف در بسته به مدت یک ساعت در دمای اتاق گذاشته شدند. در ادامه نمونه‌ها به مدت ۳ ساعت در دمای ۹۰ درجه سانتی‌گراد در بن ماری قرار داده شدند. پس از سرد شدن نمونه‌ها در دمای اتاق، در تیوب‌ها به دقت باز شدند و سپس نمونه‌ها به لوله‌های پروپیلنی ۵۰ میلی لیتری منتقل و حجم آن‌ها با آب دیونیزه به ۵۰ میلی لیتر رسانده شد. در نهایت میزان فلزات سنگین مورد نظر در نمونه‌های آماده سازی شده مورد نظر توسط دستگاه طیف سنج جذب اتمی (GFASS) اندازه‌گیری گردید. در مورد نمونه‌های بیولوژیک، دستگاه جذب اتمی غلظت فلز را در محلول حاصل از هضم نمونه‌ها، در حد قسمت در میلیون یا قسمت در میلیون نشان می‌دهد که غلظت فلز در وزن خشک نمونه جامد به کمک فرمول زیر محاسبه گردید (Kenawy *et al.*, 2000):

$$C = \frac{Gs \times V}{W}$$

C = غلظت فلز در نمونه جامد (میلی‌گرم بر کیلوگرم یا میکروگرم بر گیلوگرم)

Gs = غلظت فلزی در محلول فلزی حاصل از هضم (قسمت در میلیون یا قسمت در بیلیون)

V = حجم رقت (۵۰ سی‌سی)

W = وزن خشک نمونه (۰/۲ گرم)

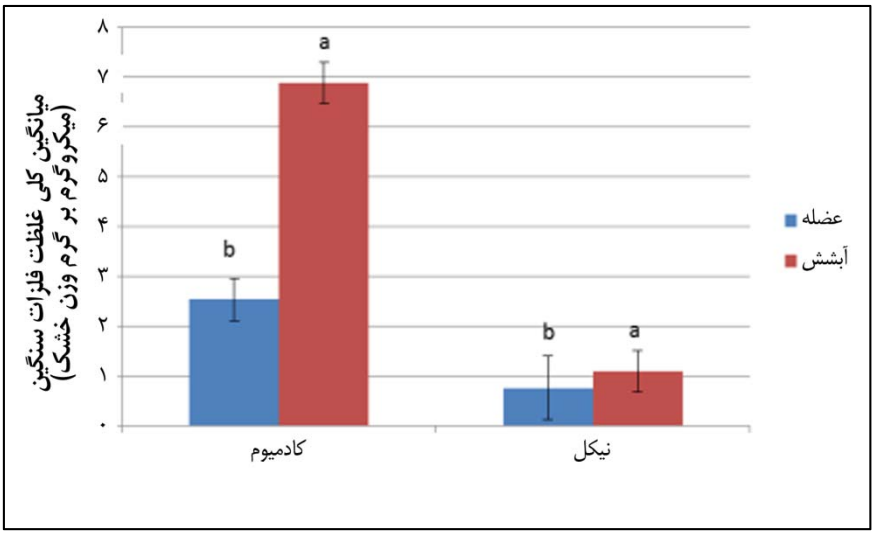
تجزیه و تحلیل داده‌های خام توسط ویرایش هجدهم نرم افزار SPSS صورت گرفت. برای تعیین وجود یا عدم وجود اختلافات معنی‌دار بین غلظت فلزات مورد بررسی در تیمارهای مختلف از تجزیه‌ی واریانس یک طرفه داده‌ها و برای بررسی مقایسه میانگین غلظت فلزات سنگین مورد بررسی در تیمارها نیز از تیمارها از آزمون چند دامنه‌ی دانکن در سطح ۰/۰۵ درصد استفاده شد.

نتایج

نتایج نشان دادند که میانگین غلظت نیکل در نمونه‌های عضله، آبشش به ترتیب معادل ۰/۷۶±۰/۶۴، ۱/۰۹±۰/۴۲ قسمت در میلیون گزارش بودند. میانگین غلظت کادمیم در نمونه‌های مربوط به عضله و آبشش به ترتیب برابر با ۲/۵۳±۰/۴۵، ۶۱/۸۷±۰/۴۱ قسمت در میلیون گزارش شدند و اختلاف معنی‌داری را از لحاظ میزان جذب زیستی نیکل و کادمیم در نمونه‌ها نشان دادند (P<۰/۰۵) (شکل ۱).

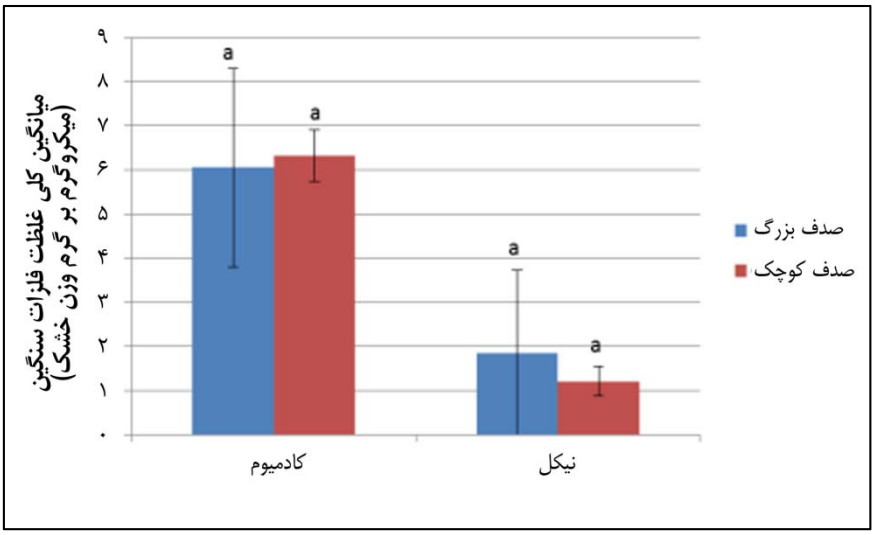
به علاوه میزان جذب فلز نیکل و کادمیوم در نمونه‌های صدف با اندازه بزرگ به ترتیب ۱/۸۶±۰/۵۹ و ۶/۰۵±۲/۲۵ قسمت در میلیون گزارش شد. این مقادیر در صدف‌های کوچک به ترتیب معادل ۱/۲۱±۰/۳۳ و ۶/۳۲±۱/۸۶ قسمت در میلیون محاسبه شدند. بنابراین اختلاف معنی‌داری میان جذب فلزات کادمیم و نیکل در صدف‌هایی با دامنه طولی متفاوت مشاهده نشد (P>۰/۰۵). درحالی‌که میزان پایش زیستی فلز کادمیم در نمونه‌های صدف جمع‌آوری شده به طور معنی‌داری بیش از میزان جذب فلز نیکل بود (P<۰/۰۵) (شکل ۲).

میانگین میزان جذب نیکل و کادمیوم در نمونه‌های رسوب جمع‌آوری شده از هر سه ایستگاه به ترتیب برابر با ۱/۳۷±۱/۱۱ و ۱/۴۳±۰/۸۶ قسمت در میلیون گزارش شدند و اختلاف معنی‌داری در میزان پایش زیستی نیکل و کادمیم در نمونه‌های رسوب مشاهده نشد (P>۰/۰۵) (شکل ۳).



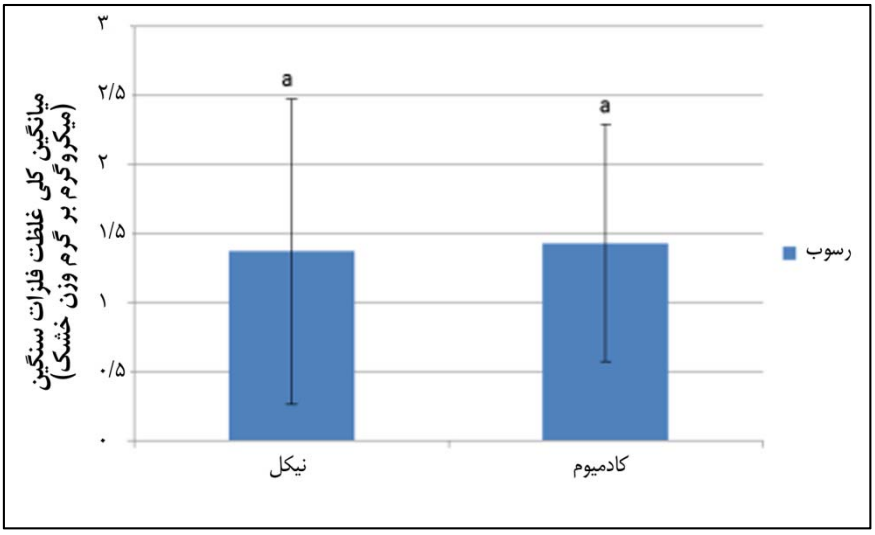
شکل ۱: مقایسه میانگین کلی غلظت فلزات سنگین (میکروگرم بر گرم وزن خشک) **موجود در نمونه‌های عضله و آبشش صدف صخره چسب (*Saccostrea cucullata*) (زمستان ۱۳۹۰).**

اعدادی که در هر ستون بر روی آن‌ها حروف متفاوت درج شده است، باهم اختلاف معنی‌دار دارند (P>۰/۰۵).



شکل۲: مقایسه میانگین کلی (هر سه ایستگاه) **غلظت فلزات سنگین** (میکروگرم بر گرم وزن خشک) **موجود در نمونه‌های صدف با دامنه طولی (۵±۵۰) و (۵±۷۰) میلی‌متر صخره چسب (*Saccostrea cucullata*) (زمستان ۱۳۹۰).**

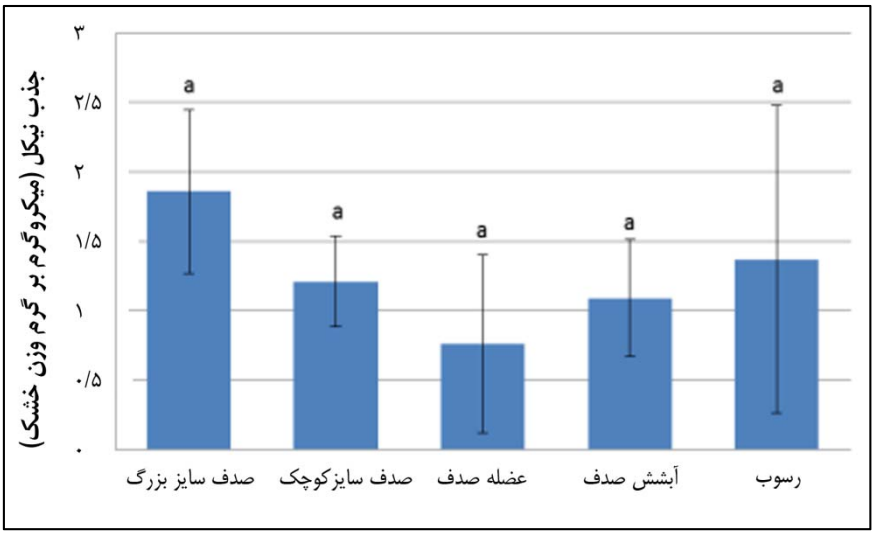
اعدادی که در هر ستون بر روی آن‌ها حروف یکسان درج شده است، باهم اختلاف معنی‌دار ندارند (P>۰/۰۵).



شکل ۳ : مقایسه میانگین کلی غلظت فلزات سنگین (میکروگرم بر گرم وزن خشک) **موجود در نمونه‌های رسوب جمع آوری شده از هر سه ایستگاه (زمستان ۱۳۹۰).**

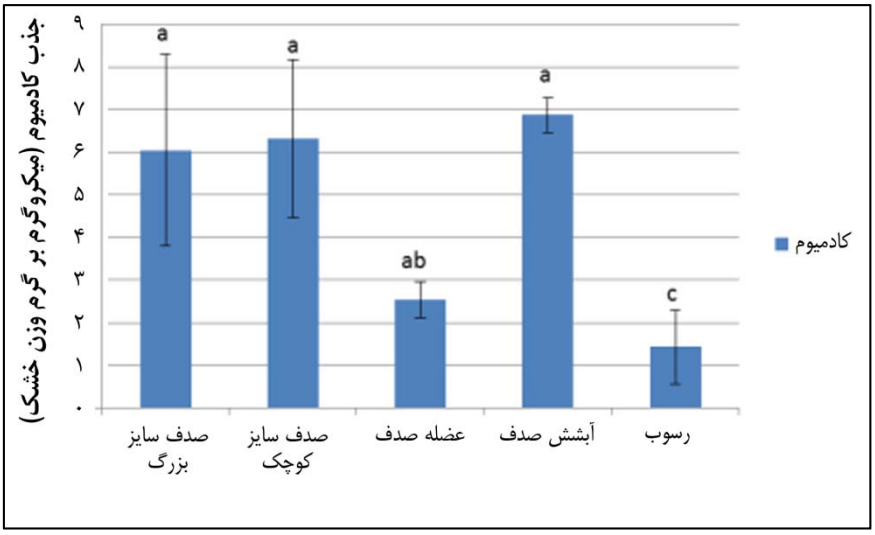
اعدادی که در هر ستون بر روی آن‌ها حروف یکسان درج شده است، باهم اختلاف معنی‌دار ندارند (P>۰/۰۵).

مقایسه میانگین غلظت تیمارهای فلز نیکل حاکی از عدم اختلاف معنی‌دار بین پنج گروه مورد بررسی (رسوب، آبشش، عضله صدف، صدف اندازه بزرگ و صدف با اندازه کوچک) بود (P>۰/۰۵). بیش‌ترین میزان جذب نیکل مربوط به صدف های درشت با میانگین ۱/۸۶±۰/۵۹ میکرو گرم بر گرم و کم‌ترین مقدار مربوط به عضله صدف با میانگین ۰/۷۶±۰/۶۴ میکرو گرم بر گرم در میان سه ایستگاه بود (شکل ۴). نتیجه آنالیز واریانس داده‌ها در مورد فلز کادمیم بیانگر تفاوت معنی‌دار غلظت آن بین گروه‌های مورد بررسی بود (P>۰/۰۵) و بیش‌ترین میزان جذب کادمیم (۶/۸۷±۰/۴۱) در نمونه‌های آبشش مشاهده شد (شکل ۵).



شکل٤: مقایسه میانگین جذب نیکل (میکروگرم بر گرم وزن خشک) **در نمونه های مختلف مورد بررسی در صدف صخره چسب (*Saccostrea cucullata*) (زمستان ۱۳۹۰) در هر سه ایستگاه.**

اعدادی که در هر ستون بر روی آن‌ها حروف یکسان درج شده است، باهم اختلاف معنی‌دار ندارند (P>۰/۰۵).



شکل٥: مقایسه میانگین جذب کادمیم (میکروگرم بر گرم وزن خشک) **در نمونه‌های مختلف مورد بررسی صخره چسب (*Saccostrea cucullata*) (زمستان ۱۳۹۰) در هر سه ایستگاه.**

ستون هایی با حداقل یک حرف مشترک با هم تفاوت آماری معناداری ندارند (P>۰/۰۵).

بحث و نتیجه‌گیری

نتایج ارائه شده توسط Moselhy و Yassien که در سال ۲۰۰۵ به بررسی غلظت برخی فلزات سنگین در بافت‌های نرم صدف‌های *Paphia undulate* و *Gafrarium pectinatum* در کانال سوئز پرداخته بودند، توسط حاضر نیز تائید شد و نشان داد که اندازه صدف در میزان جذب دو فلز نیکل و کادمیم تاثیری نداشته و اختلاف معنی‌داری بین میزان جذب این دو فلز سنگین در اندازه‌های مختلف صدف صخره چسب دیده نمی‌شود (P>۰/۰۵).

برخلاف نتایج مطالعات Hayes و همکاران (۲۰۰۵)، بر روی غلظت فلزات سنگین در صدف صخره چسب (*Sacostera commercialis*) و رسوبات دانه ریز (۵۳ میلی‌متر >) در ۶ ایستگاه در ساحل شمالی خلیج اینیو در سیدنی صورت گرفت و حاکی از بیش‌تر بودن غلظت فلزات روی، مس، کادمیم و سرب در رسوبات نسبت به میزان آن‌ها در بافت نرم صدف دوکفه‌ای بود. بررسی حاضر نشان داد که میزان تجمع فلز کادمیم در صدف در هر دو سایز بزرگ و کوچک با مقادیر ۶/۰۵ و ۶/۳۲ میکرو گرم بر گرم بیش‌تر از رسوب بوده و دارای اختلاف معنی‌داری نسبت به میزان آن در رسوب با مقدار ۱/۴۳ میکرو گرم بر گرم است. به علاوه میزان نیکل در صدف سایز بزرگ ۱/۸۶ میکرو گرم بر گرم و بیش از میزان آن در رسوب (۱/۳۷ میکرو گرم بر گرم) گزارش شد.

مقایسه مطالعه حاضر با نتایج Azarbad و همکاران (۲۰۱۰)، بر روی صدف صخره‌چسب (*Sacostera commercialis*) جنگل‌های حرای قشم صورت گرفت، جذب زیستی بیشتر فلز کادمیم نسبت به نیکل را تایید کرد.

بعلاوه مقایسه مطالعه حاضر با نتایج حاصل از مطالعه Moloukhia و Sleem (۲۰۱۱)، که تجمع کروم و کادمیم را در بافت نرم و سخت صدف *Caelatura* در سواحل مصر بررسی کردند، مناسب‌تر بودن بافت نرم صدف‌ها را برای پایش فلزات سنگین در اکوسیستم‌های آبی تایید کرد.

بررسی‌های آماری بیانگر اختلاف غلظت نیکل و کادمیم در بین سال‌های ۱۳۸۶ تا ۱۳۹۰ هستند که البته اختلاف بین غلظت‌های کادمیم در دو دوره زمانی معنی‌دار نیست. در حالی‌که نیکل اختلاف معنی‌داری را طی این دوره چهار ساله نشان داد و میزان آن در نمونه‌ها مقداری کاهش یافت که می‌تواند بیانگر تفاوت در غلظت این فلز در دو دوره زمانی مختلف باشد. چنانچه آزمایشات به صورت دوره ای تکرار شوند می توان در مورد روند آلودگی در منطقه اظهار نظر بهتری ارائه نمود.

بررسی روند آلودگی منطقه از مقایسه نتایج مطالعه حاضر با مطالعات گذشته نشان می‌دهد که وضعیت منطقه از لحاظ آلودگی نسبت به فلز کادمیم تفاوت چندانی نکرده است در حالی‌که میزان فلز نیکل در منطقه کمتر شده است. نهایتاً از مقایسه نتایج این بررسی با مطالعاتی که در گذشته در منطقه دیر انجام شده‌اند و به آن‌ها اشاره شد، می‌توان این گونه استنباط کرد که که صدف *Saccostrea cucullata* توانایی بالایی در جذب فلزات سنگین نیکل و کادمیم دارد و می‌توان از آن به عنوان شاخصی در جهت پایش این فلزات استفاده کرد. همچنین استفاده از بافت‌های نرم (Whole Body) صدف مذکور برای پایش فلزات فوق الذکر، مناسب‌تر است به نحوی که تفاوت زیادی بین جذب فلزات مورد مطالعه در آبشش و ماهیچه صدف مشاهده نمی‌گردد، اما برای مقایسه میزان کادمیم در بعضی از مناطق استفاده از نمونه‌های آبشش را می‌توان دقیق‌تر دانست.

البته باید توجه داشت که فلزات سنگین مورد مطالعه در این بررسی از جمله عناصر سمی بوده و اثرات سوئی را در مصرف کنندگان بر جای می‌گذارند. بنابراین استفاده از صدف‌هایی که دارای توانایی بالایی در جذب و تجمع فلزات سنگین در بافت‌های خود هستند ممکن است برای سلامت مصرف کنندگان مضر باشد. مقادیر بدست آمده از تجمع فلزات سنگین در گونه مورد بررسی در این مطالعه و مقایسه آن‌ها با استانداردهای جهانی غلظت‌های مجاز کادمیم در بافت صدف نشان می‌دهد که غلظت این عنصر در حد خطرناک برا ی مصارف انسانی نیست (جدول ۶). البته سازمان بهداشت جهانی تاکنون مقدار جذب قابل تحمل نیکل را مشخص نکرده است، بنابراین نمی‌توان در مورد میزان تجمع این فلز قضاوتی را ارائه نمود. با این وجود بر اساس اظهارات EPA (۱۹۹۷)، مقادیر ناچیز نیکل در افرادی که نسبت به این فلز سنگین حساسیت دارند می تواند منجر به التهابات شدید پوستی گردد. لذا مشخص می‌گردد که باید مطالعات بیش‌تری در این زمینه صورت گیرد تا از عدم وجود غلظ های بالاتر از حد مجاز این فلز سنگین در بافت صدف مورد نظر اطمینان حاصل شود.

شکل ٦: حد مجاز مصرف فلز سنگین کادمیوم برای مصارف انسان (بر حسب قسمت در میلیون).

استاندارد	غلظت کادمیوم	منبع
WHO	۰/۲	Biney and Ameyibor, 1992
NHMRC	۰۰/۰۵	Maher, 1986
U.K.(MAFF)	۰/۲	Collings *et al.*, 1996
آلمان	۰/۵	Radojevic and Bashkin, 1999
هلند	۰/۰۵–۱	Nauen, 1983
نیوزلند	۱/۰	Nauen, 1983
استرالیا	۰/۲ – ۵/۵	Nauen, 1983
هنگ هنگ	۲/۰	Nauen 1983
سوئیس	۰/۱	Nauen, 1983

از آنجا که صدف‌های خوراکی ارزش اقتصادی و غذایی بالایی دارند و همواره مورد استفاده افراد بومی قرار می‌گیرند، آنالیز هر چند مدت یک‌بار آن‌ها از نظر میزان جذب و تجمع فلزات سنگین و مقایسه آن‌ها با مقادیر استاندارد موجود پراکنش گونه‌های مختلف در نقش آن‌ها بعنوان نشانگر زیستی مناسب بسیار حائز اهمیت است و با توجه به اینکه توانایی آن‌ها در تغلیظ فلزات سنگین در فصول مختلف ممکن است، تحت تاثیر فعالیت‌های سیکل زندگی تغییر کند، مطالعه فصلی این موجودات و تکرار مطالعات جهت پایش‌های دوره‌ای در هر پنج سال می‌تواند در حفظ سلامت مصرف‌کنندگان و بررسی مناطقی که در معرض آلاینده‌های متعدد قرار دارند، بسیار تاثیرگذار باشد.

منابع

تاتینا، م.، عریان، ش. و، قریب خانی، م.، ۱۳۸۸، بررسی میزان تجمع فلزات سنگین (نیکل،سرب، کادمیم و وانادیم) ناشی از تاثیرات آلودگی نفتی در بافت عضله ماهی یلی خلیج فارس. مجله بیولوژی دریا، سال اول، شماره سوم، صفحات ۳۹–۲۸.

اطلس سازمان جغرافیایی وزارت دفاع و پشتیبانی نیروای مسلح، ۱۳۸۲. جغرافیای استان بوشهر(دیر).

ملک، م.، ۱۳۹۰. نقش کشتی‌چسب‌ها، میگوهای حفار، کرم‌های پرتار، دوکفه‌ای‌ها، ماهی‌ها و انگل‌های آن به عنوان نشانگر زیستی در سنجش فلزات سنگین در خلیج فارس و دریای عمان. سازمان حفاظت محیط زیست کشور– معاونت محیط زیست دریایی، ۱۴۱ ص.

Acevedo-Figueroa, D., Jime´nez, B. D. and Rodrı´guez-Sierra, C. J., 2006. Trace metals in sediments of two estuarine lagoons from Puerto Rico. Environmental Pollution, volume. 141, no. 2, pp. 336-342.

Adham, K. G., Hamed, S. S., Ibrahim, H. M. and Saleh, R. A., 2002. Impaired Functions in Nile Tilapia, *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1757), from Polluted Waters. Acta Hydrochem. Hydrobiology, 29(5): 278-288.

AQAC (Association of Official Analitic Chemists), 1990. Official Methods of Analysis AOAC, Washington DC, 1963 P.

Azarbad, H., Javanshir Khoi, A., Mirvaghefi, A., Danekar, A. and Shapoori, M., 2010. Biosorption and bioaccumulation of heavy metals by rock oyster. International Aquaculture Journal, 2: 61-69.

Biney, C. A. and Ameyibor, E., 1992. Trace metal concentrations in the pink shrimp *Penaeus nobilis*, from the coast of Ghana. Water, Air and Soil pollution, 63: 273-279.

Collings, S. E., Johnson, M. S. and Leah, R. T., 1996. Metal Contamination of angler –caugh fish from the Mersey Estuary. Marine Enviromental Research, 41(3): 281- 297.

EPA, 1997. Drinking water standards Environment of Criteria and Assessment.

Guzman-Garcia, X., Botello, A. V., Martinez-Tabche, L., Gonzalez- H. and Marquez. Marcluzz, H., 2009. Effects of heavy metals on the oyster (*Crassostrea virginica*) at Mandinga Lagoon, Veracruz, Mexico. Journal of Tropical Biology, Volume. 57 (4):955-962.

Kenawy, I. M. M., Hafez, M. A. H., Akl, M. A. and Lashein, R. R., 2000. Determination by AAS of Some Trace Heavy Metal Ions in Some Natural and Biological Samples after Their Preconcentration Using Newly Chemically Modified Chloromethylated Polystyrene-PAN Ion-Exchanger. Analitycal sciences, Volume. 16. pp: 493-500.

Maher, W. A., 1986. Trace metal concentrations in marine organisms from St. Vincent Gulf, south Australia. Water, air and soil pollution, 29: 77-84.

Moloukhia, H. and Sleem, S., 2011. Bioaccumulation, Fate and Toxicity of Tow Heavy Metals Common in Industrial Wastes in Tow Aquatic Molluscs. Journal of American Science, 7(8): 459-464.

Moopam, R., 1999. Manual of Oceanographic Observatin and Pollution Analysis Methods Regeonal Organization for the Protection of Marine Environment (ROPME).

Moselhy, K. M. and Yassien, M. H., 2005. Accumulation patterns of heavy metals in Venus Clams, *Paphia undulata* and *Gafrarium Pectinatum*, from lake timsah, suez canal, Egypt. Egyptian Journal of Aquatic Research, Volume. 31, No.1, pp. 13-26.

Nauen, C. E., 1983. Compilation of Legal Limits for Hazarous Substances in Fish and Fishery Products. FAO Fisheries Circular, No. 764, Rome, Italy, 102p.

Oliojo, E. A. A., Olurin, K. B., Mbaka, G. and Oluwemimo, A. D., 2005. Histopathology of the gill and liver tissues of the African catfish *Clarias gariepinus* exposed to lead. African Journal of Biotechnology, 4(1): 117-122.

Peer, F. E., Safahieh, A., Sohrab, A. D. and Tochaii, S. P., 2010. Heavy metal concentration in rock oyster *Soccostrea cucullata* from Iranian coast of the Oman Sea. Trakia Journal of Sciences, Volume, 8, no. 1, pp. 79-86.

Radojevic, M. and Bashkin, V. N., 1999. Practical Environmental Analysis. The Royal Society of Chemistry, U.K, 466p.

Robinson, W. A., Maher, W. A., Krikowa, F., Nell, J. A. and Hand, R., 2005. The use of the Oyster *Saccostrea glomerata* as a biomonitor of trace metal contamination intra-sample, local scale and temporal variability and its implications for biomonitoring. Journal of Environmental Monitoring, Volume. 7, no. 3. pp. 208–223.

Wang, S., Y., Wang, S., Wang, X., Wang, H., Zhao, Z. and Liu, B., 2010. Fractionation of heavy metals in shallow marine sediments from Jinzhou Bay, China. Journal of Environmental Sciences, vol. 22, no. 1, pp. 23-31.

William, G. C., 1964. Ann. Math. Statist. Sampling Techniques, second edition. John Wiley and sons, Volume 35, Number 3 (1964), 1381-1382.