

تجمع روی، منیزیم، آهن و مس در بافت‌های نرم صدف مرواریدساز محار (*Pinctada radiata*) در جزایر هندورابی و

لاوان، خلیج فارس

- ❖ معین رجائی: گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران
- ❖ هادی پورباقر*: گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران
- ❖ حمید فرحمند: گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران
- ❖ محمدصدیق مرتضوی: پژوهشکده اکولوژی خلیج فارس و دریای عمان، بندرعباس، ایران
- ❖ فریدون افلاکی: آزمایشگاه محیط زیست، پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای، سازمان انرژی هسته‌ای ایران
- ❖ سیدولی حسینی: گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران
- ❖ سهیل ایگدری: گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران

چکیده

جزیره لاوان دومین جزیره نفتی بزرگ در سواحل ایرانی خلیج فارس است که به علت ذخیره‌سازی و تولید نفت خام همچنین، آب توازن کشتی‌ها در معرض آلودگی زیست‌محیطی قرار دارد. در نقطه مقابل، هندورابی از ذخایر نفتی و در نتیجه فعالیت‌های حمل و نقل نفتی و آب توازن کشتی‌ها به دور است؛ بنابراین، احتمالاً زیست‌دریایی در جزیره هندورابی نسبت به جزیره لاوان از استرس زیست‌محیطی کمتری برخوردار است. مطالعه حاضر به منظور بررسی غلظت روی، منیزیم، آهن و مس در صدف محار و بررسی رابطه بین جذب این فلزات و وزن صدف محار انجام شد. وزن کل، پوسته و بخش نرم صدف‌ها با استفاده از ترازوی دیجیتال و غلظت فلزات با استفاده از دستگاه جذب اتمی تعیین شدند. بین غلظت مس در دو جزیره اختلاف معنی‌داری وجود نداشت، اما بین غلظت آهن، منیزیم و روی اختلاف معنی‌داری دیده شد. همچنین، اختلاف معنی‌داری در وزن کل و وزن بخش نرم بین دو جزیره مشاهده شد؛ در حالی که، بین وزن پوسته اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. هیچ‌کدام از فلزات روی، منیزیم، آهن و مس با فاکتورهای وزنی صدف محار در لاوان رابطه معنی‌داری نداشتند؛ در صورتی که، بین جذب منیزیم و روی با فاکتورهای وزنی در هندورابی رابطه معنی‌داری وجود داشت. با توجه به نتایج فوق به نظر می‌رسد که صدف‌های هندورابی در معرض استرس‌های زیست‌محیطی کمتری قرار دارند.

واژگان کلیدی: بافت نرم، صدف محار، فلزات سنگین، لاوان، هندورابی.

۱. مقدمه

خلیج فارس یک پیکره‌آبی نیمه‌بسته با عمق اندک (حدوداً ۳۶ متر) است که از طریق تنگه هرمز به دریای عمان متصل است (Reynolds, 1993). حدود ۵۷-۶۶ درصد منابع نفتی شناخته‌شده و ۴۵ درصد ذخایر گاز طبیعی دنیا در مجاورت یا زیر بستر آب‌های این منطقه قرار دارند (Nadim et al., 2008; Davari et al., 2010). بعد از فعالیت‌های نفتی، صید و صیادی دومین فعالیت اقتصادی مهم منطقه است (Carpenter et al., 1997). حمل و نقل نفتی، شهرسازی و فعالیت‌های صنعتی تهدیدکننده‌های زیست‌محیطی بزرگ در نواحی ساحلی خلیج فارس محسوب می‌شوند. این عوامل تهدیدکننده روند فزاینده‌ای را طی کرده‌اند، به طوری که، طی سال‌های گذشته صنایع و کارخانه‌های مختلف در جزایر نزدیک سواحل سبب افزایش تخلیه فاضلاب‌های شیمیایی به درون اکوسیستم‌ها شده‌اند (آقاجری و همکاران، ۱۳۸۹). علاوه بر این، خلیج فارس سه جنگ بزرگ (جنگ ایران و عراق، جنگ جهانی اول و دوم) را پشت سر گذاشته است؛ طی این جنگ‌ها به تعداد زیادی از تانکرهای نفتی حمله شد یا نیروهای جنگی میدان‌های نفتی رابه آتش کشیدند که سبب نشت گسترده نفت به خلیج فارس شد.

از میان جزایر ایرانی خلیج فارس، جزایر لاوان به مراتب در معرض آلودگی بیشتری نسبت به سایر جزایر قرار دارند. جزیره لاوان دومین جزیره نفتی بزرگ در سواحل ایرانی خلیج فارس است که به علت ذخیره‌سازی و تولید نفت خام همچنین، آب توازن کشتی‌ها در معرض آلودگی زیست‌محیطی قرار دارد. در نقطه مقابل لاوان، جزیره هندورابی از منابع

ذخایر نفتی و در نتیجه فعالیت‌های حمل و نقل نفتی و آب توازن کشتی‌ها به دور است؛ بنابراین، نسبت به لاوان کمتر در معرض آلودگی قرار دارد و احتمال آن می‌رود که زیست‌دریایی در هندورابی نسبت به لاوان از استرس کمتری برخوردار باشد و موجودات این منطقه نیازمند حفاظت کمتری باشند.

اکوسیستم‌های آبی و موجودات آبی به میزان زیادی در معرض فلزات سنگین قرار دارند (Pérez-López et al., 2003). این عناصر شیمیایی، علاوه بر اینکه فعالیت‌های بیولوژیکی را حمایت می‌کنند، عملکرد بیولوژیکی نامشخصی دارند و بعد از مدتی که غلظت آنها افزایش پیدا کند، برای موجودات آبی بسیار سمی می‌شوند (Roesijadi and Robinson, 1994). این عناصر نه تنها برای موجودات آبی ضرر دارند و موجب کاهش تنوع گونه‌های آبی می‌شوند، بلکه ممکن است از طریق چرخه غذایی به انسان نیز صدمه وارد کنند (Andersen et al., 1996). فلزات سنگین منشأ متفاوتی دارند: منابع طبیعی، صنعتی و کشاورزی، آلودگی اتمسفری، فاضلاب خانگی و رواناب معادن از جمله مهم‌ترین منابع این فلزات‌اند (Rashed, 2002). مقدار بسیاری از این فلزات سنگین، همانند روی و سرب، در سطح جهانی حاصل از منابع انسانی نسبت به منابع طبیعی است (Hart and Lake, 1987). بنابراین، تعیین مقدار غلظت این عناصر در جوامع آبی اهمیت خاصی دارد.

صدف محار (*Pinctada adiata*) گونه‌ای از رده دوکفه‌ای‌هاست که در آب‌های اطراف جزایر هندورابی، کیش، فارور، هرمز، لارک، تنب بزرگ و تنب کوچک، ابوموسی و لاوان پراکنش دارد (حسین‌زاده صحافی و همکاران، ۱۳۷۹). باینکه در

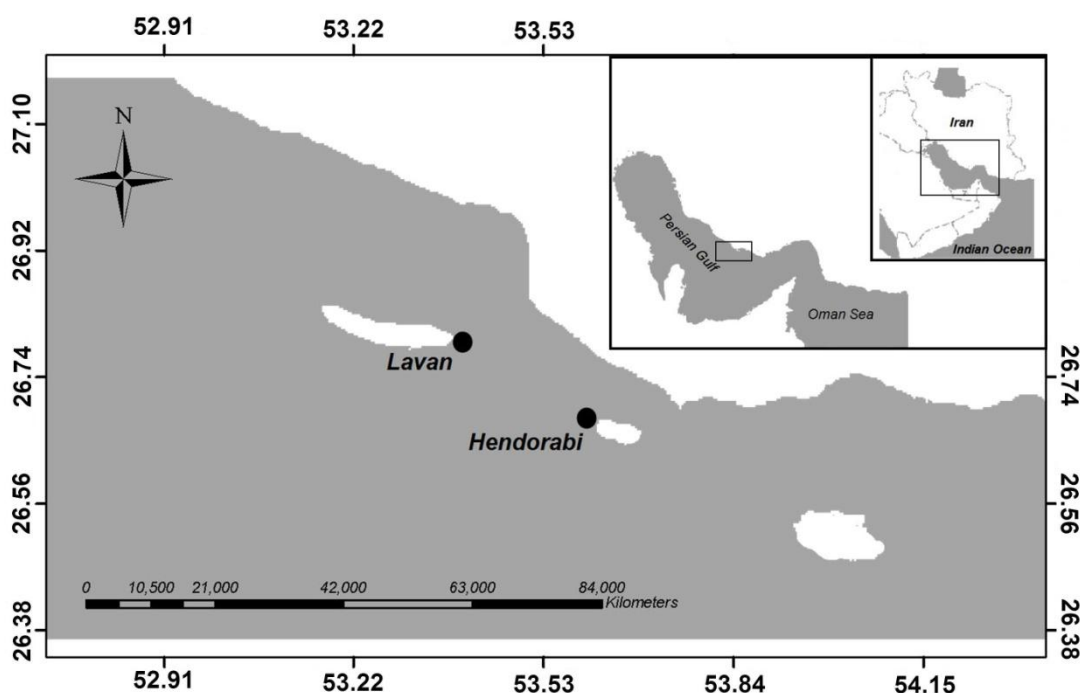
جزیره هندورابی و لاوان انجام شد. علاوه بر این، بررسی رابطه بین جذب این فلزات و وزن صدف محار از دیگر اهداف این تحقیق است. چنین مطالعه‌ای می‌تواند به وضعیت زیست‌محیطی و درک ضرورت حفاظت این گونه به مدیران شیلاتی کمک کند.

۲. مواد و روش‌ها

از جزایر هندورابی و لاوان ۴۰ عدد صدف مرواریدساز محار با غواصی (SCUBA) از عمق ۸-۱۰ متر تهیه شد (نقشه ۱).

نخست، وزن کل (TW)، وزن پوسته (SW) و وزن بخش نرم (STW) صدف‌ها با ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۰۱ گرم اندازه‌گیری شد، سپس، بخش نرم نمونه‌ها جدا شد و در کیسه‌های پلاستیکی به صورت منجمد (در یخدان) به آزمایشگاه انتقال داده شد. ۰/۵

گذشته حدود ۸۰ درصد از مروارید طبیعی دنیا از خلیج فارس تأمین می‌شد (Mohammed and Yassien, 2003)، امروزه ذخایر آن به دلایل زیادی از جمله صید بی‌رویه و آلودگی‌های زیست‌محیطی کاهش یافته است. دوکفه‌ای‌ها به علت توانایی در جذب فلزات سنگین به طور گسترده‌ای در مطالعات زیست‌محیطی استفاده می‌شوند. معمولاً میزان فلزات سنگین در بافت دوکفه‌ای‌ها نشان‌دهنده شدت آلودگی زیست‌محیطی منطقه است (Al-Madfa et al., 1998). هر چند صدف محار به طور گسترده‌ای در بررسی‌های آلودگی زیست‌محیطی در نقاط مختلف دنیا به کار رفته است (ibid; Gifford et al., 2005; Gifford et al., 2006; Gokoglu et al., 2006)، فقدان استفاده از این گونه در مطالعات انجام‌شده در سواحل ایرانی خلیج فارس مشاهده می‌شود. مطالعه حاضر به منظور بررسی غلظت روی، منیزیم، آهن و مس در بافت نرم صدف محار در دو



نقشه ۱. موقعیت جغرافیایی مناطق نمونه‌گیری شده (●) در جزایر هندورابی و لاوان

جزیره هندورابی به مقدار ناچیزی بیشتر از جزیره لاوان بود (نمودار ۱). بر اساس آزمون t، بین غلظت آهن، منیزیم، و روی در جزیره هندورابی و لاوان اختلاف معنی داری وجود دارد (جدول ۱). بر اساس این آزمون غلظت آهن، منیزیم و روی در صدف های جزیره لاوان بیشتر از صدف های جزیره هندورابی بود (نمودار ۱).

نتایج زیست سنجی صدف محار در دو جزیره هندورابی و لاوان نشان داد که وزن کل و وزن بخش نرم صدف های جزیره هندورابی بیشتر از نمونه های جزیره لاوان بود (نمودار ۲).

اختلاف معنی داری در وزن کل و وزن بخش نرم بین دو جزیره مشاهده شد؛ در حالی که، بین وزن کفه این دو جزیره اختلاف معنی داری مشاهده نشد (جدول ۲).

نتایج آزمون پیرسون در جزیره لاوان نشان داد که هیچ کدام از فلزات روی، منیزیم، آهن و مس با فاکتورهای وزنی صدف محار رابطه معنی داری نداشتند (جدول ۳).

همچنین، نتایج این آزمون نشان داد بین جذب منیزیم و روی و فاکتورهای وزنی صدف محار در جزیره هندورابی رابطه معنی داری وجود دارد. چنین اختلافی در مورد آهن و مس در این جزیره دیده نشد (جدول ۴).

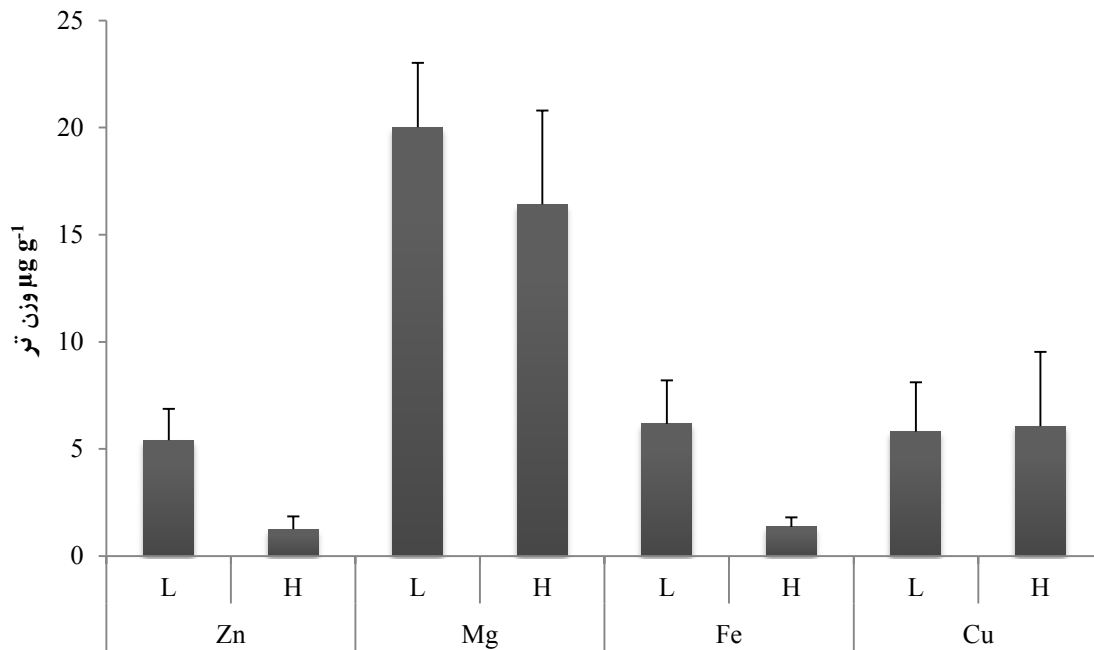
گرم از بافت نرم صدف ها با ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۰۱ گرم وزن شدند. بافت های منجمد در ۱۰ میلی لیتر از محلول HCl و در دمای ۱۵۰ درجه سانتی گراد درون لوله آزمایش شیشه ای هضم شدند تا زمانی که محلول زرد رنگ حاصل شد. محلول فوق به وسیله کاغذ صافی Ashless فیلتر شد. ذرات باقی مانده روی فیلتر کاغذی (اساساً چربی) با استفاده از آب مقطر گرم از کاغذ صافی عبور داده شدند. حجم محلول با استفاده از آب مقطر به ۲۵ میلی لیتر رسانده شد. غلظت های روی، منیزیم، آهن و سربا استفاده از دستگاه جذب اتمی (atomic absorption spectrometry Shimadzu AA G70) تعیین شدند. در مطالعه حاضر غلظت روی، منیزیم، آهن و سرب به صورت $\mu\text{g g}^{-1}$ وزن تر بیان شده است. با استفاده از نرم افزار SPSS 17 آزمون t مستقل روی غلظت های به دست آمده، برای تعیین اختلاف بین غلظت فلزات سنگین و فاکتورهای وزنی دو جزیره، انجام شد. همچنین، با استفاده از آزمون پیرسون رابطه بین فلزات سنگین و وزن صدف بررسی شد (Quinn and Keough, 2002).

۳. نتایج

بر اساس آزمون t بین غلظت مس در دو جزیره هندورابی و لاوان اختلاف معنی داری وجود نداشت (جدول ۱). با این حال، غلظت مس در صدف های

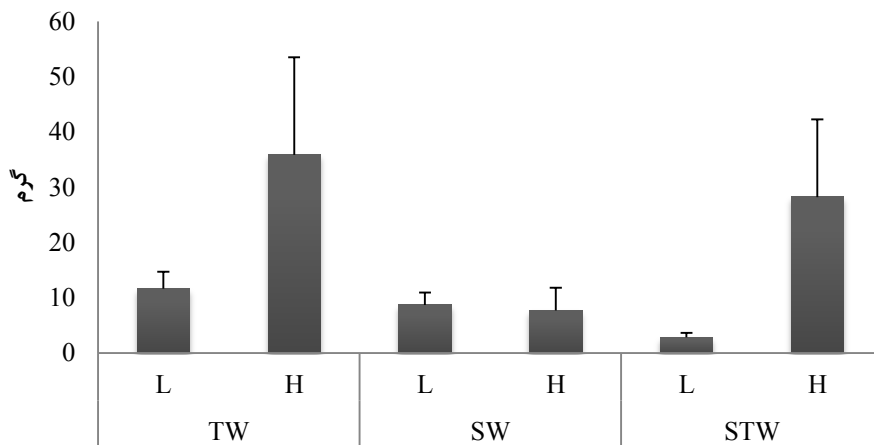
جدول ۱. آزمون t انجام شده روی غلظت آهن، منیزیم، روی و مس در دو جزیره هندورابی و لاوان

فلز سنگین	t	df	P
Zn	۱۱/۵۰۱	۳۷	<۰/۰۰۱
Mg	۳/۰۱۱	۳۷	۰/۰۰۵
Fe	۱۰/۱۳۴	۳۷	<۰/۰۰۱
Cu	-۰/۲۷۱	۳۷	۰/۷۸۸



فلزات

نمودار ۱. میانگین (+SD) غلظت روی، منیزیم، آهن و مس در بافت صدف مرواریدساز محار در دو جزیره هندورابی (H) و لاوان (L)



پارامترهای وزنی

نمودار ۲. میانگین (+SD) وزن کل، وزن کفه و وزن بخش نرم صدف محار در دو جزیره هندورابی (H) و لاوان (L)

تجمع روی، منیزیم، آهن و مس در بافت های نرم صدف مرواریدساز محار ...

جدول ۲. زیست‌سنجی صدف محار با استفاده از آزمون t در دو جزیره هندورابی و لاوان

	t	df	P
TW	-۶/۰۴۰	۳۷	<۰/۰۰۱
SW	۰/۹۵۳	۳۷	۰/۳۴۷
STW	-۸/۰۸۲	۳۷	<۰/۰۰۱

جدول ۳. رابطه بین جذب فلزات سنگین و فاکتورهای وزنی صدف محار در جزیره لاوان با استفاده از آزمون پیرسون

		TW	SW	STW
Zn	P	۰/۵۵۴	۰/۸۶۲	۰/۷۷۹
	ضریب هم‌بستگی پیرسون	۰/۱۴۱	-۰/۰۴۱	-۰/۰۶۷
Mg	P	۰/۵۳۴	۰/۴۲۸	۰/۵۲۲
	ضریب هم‌بستگی پیرسون	-۰/۱۴۸	-۰/۱۸۸	-۰/۱۵۲
Fe	P	۰/۹۲۶	۰/۶۵۱	۰/۹۸۷
	ضریب هم‌بستگی پیرسون	۰/۰۲۲	۰/۱۰۸	-۰/۰۰۴
Cu	P	۰/۲۵۵	۰/۲۲۰	۰/۸۲۳
	ضریب هم‌بستگی پیرسون	-۰/۲۶۷	-۰/۲۸۷	-۰/۰۵۴

جدول ۴. رابطه بین جذب فلزات سنگین و فاکتورهای وزنی صدف محار در جزیره هندورابی با استفاده از آزمون پیرسون (**P<۰/۰۱=**، *P<۰/۰۵=*)

		TW	SW	STW
Zn	ضریب هم‌بستگی پیرسون	**۰/۵۷۹	*۰/۵۰۹	*۰/۵۷۲
	P	<۰/۰۱	<۰/۰۵	<۰/۰۵
Mg	ضریب هم‌بستگی پیرسون	**۰/۷۹۲	**۰/۷۸۲	**۰/۷۸۱
	P	<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱
Fe	ضریب هم‌بستگی پیرسون	۰/۳۲۵	۰/۳۲۰	۰/۳۰۰
	P	۰/۱۷۴	۰/۱۸۲	۰/۲۱۲
Cu	ضریب هم‌بستگی پیرسون	-۰/۰۶۸	-۰/۰۶۸	-۰/۰۷۰
	P	۰/۷۸۱	۰/۷۸۳	۰/۷۷۵

۴. بحث و نتیجه‌گیری

نتایج آنالیز آماری ارتباط معنی‌داری بین فاکتورهای وزنی و سطح مس و آهن در بافت‌های صدف محار در هیچ‌کدام از جزایر هندورابی و لاوان نشان نداد. Widianarko و همکاران در سال ۲۰۰۰ چنین موردی را نیز گزارش کرده‌اند. آنها در مطالعه خود رابطه معنی‌داری بین غلظت مس در بافت‌های *Poeciliar'eticulata* و وزن بدن پیدا نکردند و غلظت مس در وزن‌های متفاوت یکسان اندازه‌گیری

شد (Widianarko et al., 2000). چنین نتیجه‌ای می‌تواند اشاره به این نکته داشته باشد که این موجود قادر است مقدار فلزات مس و آهن را در بدن خود تنظیم کند.

بررسی میزان تجمع فلز مس در صدف محار نشان داد که بین غلظت این صدف در دو جزیره هندورابی و لاوان اختلاف معنی‌داری وجود ندارد. بنابراین، با توجه به اینکه مس جزو آلودگی‌های فاضلاب دسته‌بندی می‌شود (Davari et al., 2010)،

می‌توان گفت که یا هر دو منطقه در معرض آلودگی با منشأ فاضلاب قرار دارند یا هیچ‌کدام در معرض این آلودگی نیستند، اما با توجه به معیار MAFF و USA (RDAs, 1989) مقایسه مقدار مس به دست آمده در این مطالعه این‌گونه نتیجه‌گیری می‌شود که هیچ‌یک از دو جزیره هندورابی و لاوان در معرض آلودگی با منشأ فاضلاب قرار ندارند. هر چند غلظت آهن در جزیره لاوان به میزان معنی‌داری بیشتر از جزیره هندورابی بود، اما با توجه به معیارهای USA و CODEX هیچ‌کدام از جزایر هندورابی و لاوان از نظر آهن آلوده محسوب نمی‌شوند. با توجه به اینکه آهن و مس جزو عناصر ضروری برای متابولیسم آبزیانند (Canli and Atli, 2003)، می‌توان گفت که مقدار آهن و مس به دست آمده در صدف‌های جزیره هندورابی جزو عناصر ضروری برای متابولیسم‌اند و آلودگی محسوب نمی‌شوند.

بین فاکتورهای وزنی و سطح منیزیم و روی در بافت صدف محار در جزیره هندورابی ارتباط معنی‌داری مشاهده شد، اما چنین موردی در جزیره لاوان دیده نشد. از سوی دیگر، میانگین وزن کل و وزن بخش نرم صدف‌های هندورابی بیشتر از لاوان بود، اما غلظت منیزیم و روی در صدف‌های لاوان بیشتر از هندورابی بود. چنین امری می‌تواند مؤید این نکته باشد که غلظت منیزیم و روی تا سطح خاصی در بافت‌های صدف محار با فاکتورهای وزنی تجمع می‌یابد و اگر غلظت آن از حد خاصی (همانند صدف‌های لاوان) بالاتر رود، صدف اجازه تجمع بیشتر را نمی‌دهد. همانطور که اشاره شد، صدف‌های جزیره لاوان منیزیم بیشتری نسبت به صدف‌های هندورابی داشتند؛ از سوی دیگر، با مقایسه غلظت منیزیم به دست آمده در این مطالعه با میانگین منیزیم موجود در بافت‌های اویستر طبق استانداردهای استرالیا (Thomas et al., 1970) و بریتانیا (McCance et al., 2002)، این‌گونه استنباط می‌شود که مقدار منیزیم موجود در صدف‌های هندورابی و لاوان در حد غلظت روی نیز صدق می‌کند و با توجه به معیارهای MAFF غلظت روی در صدف‌های محار در جزیره هندورابی با استرس زیست‌محیطی کمتری روبرو هستند. همچنین، می‌توان استنباط کرد که تفاوت غلظت به دست آمده در مقدار روی، آهن و منیزیم در پیکره نرم صدف به علت تفاوت مقدار این عناصر در مقدار رسوبات دو جزیره است. Sadig و Alam در مطالعه‌ای درباره صدف محار نشان دادند در مناطقی که رسوباتشان دارای فلزات سنگین بیشتری است، میزان تجمع فلزات سنگین در بافت صدف محار آن منطقه نیز بیشتر است (Sadig and Alam, 1989). آنها درباره مس نیز این مورد را نشان دادند، اما در مطالعه حاضر چنین اختلافی مشاهده نشد که می‌تواند مؤید این نکته باشد که سطح مس در رسوبات دو منطقه نیز تفاوتی ندارد. به طور کلی، هر چند مطالعه حاضر نشان داد که صدف محار فلزات سنگین را در خود تجمع می‌دهد و می‌تواند گویای وضعیت آلودگی پیرامون خود باشد، اما نبود ارتباط بین وزن صدف و فلزات تجمع‌یافته در برخی از اندازه‌گیری‌های این مطالعه احتمال توانایی تنظیم غلظت فلزات در بدن صدف محار را مطرح می‌کند و آن را یک موجود اندیکاتور نامناسب می‌سازد. پیشنهاد می‌شود در مطالعات آتی مقدار فلزات در آب‌های این منطقه نیز مطالعه شود تا رابطه بین غلظت فلزات در بدن صدف با محیط به دست آید. همچنین، لازم است رابطه وزن و سن و تجمع فلزات در این صدف در مطالعه‌ای آزمایشگاهی بررسی شود.

بین فاکتورهای وزنی و سطح منیزیم و روی در بافت صدف محار در جزیره هندورابی ارتباط معنی‌داری مشاهده شد، اما چنین موردی در جزیره لاوان دیده نشد. از سوی دیگر، میانگین وزن کل و وزن بخش نرم صدف‌های هندورابی بیشتر از لاوان بود، اما غلظت منیزیم و روی در صدف‌های لاوان بیشتر از هندورابی بود. چنین امری می‌تواند مؤید این نکته باشد که غلظت منیزیم و روی تا سطح خاصی در بافت‌های صدف محار با فاکتورهای وزنی تجمع می‌یابد و اگر غلظت آن از حد خاصی (همانند صدف‌های لاوان) بالاتر رود، صدف اجازه تجمع بیشتر را نمی‌دهد. همانطور که اشاره شد، صدف‌های جزیره لاوان منیزیم بیشتری نسبت به صدف‌های هندورابی داشتند؛ از سوی دیگر، با مقایسه غلظت منیزیم به دست آمده در این مطالعه با میانگین منیزیم موجود در بافت‌های اویستر طبق استانداردهای استرالیا (Thomas et al., 1970) و بریتانیا (McCance et al., 2002)، این‌گونه استنباط می‌شود که مقدار منیزیم موجود در صدف‌های محار در جزیره هندورابی با استرس زیست‌محیطی کمتری روبرو هستند. همچنین، می‌توان استنباط کرد که تفاوت غلظت به دست آمده در مقدار روی، آهن و منیزیم در پیکره نرم صدف به علت تفاوت مقدار این عناصر در مقدار رسوبات دو جزیره است. Sadig و Alam در مطالعه‌ای درباره صدف محار نشان دادند در مناطقی که رسوباتشان دارای فلزات سنگین بیشتری است، میزان تجمع فلزات سنگین در بافت صدف محار آن منطقه نیز بیشتر است (Sadig and Alam, 1989). آنها درباره مس نیز این مورد را نشان دادند، اما در مطالعه حاضر چنین اختلافی مشاهده نشد که می‌تواند مؤید این نکته باشد که سطح مس در رسوبات دو منطقه نیز تفاوتی ندارد. به طور کلی، هر چند مطالعه حاضر نشان داد که صدف محار فلزات سنگین را در خود تجمع می‌دهد و می‌تواند گویای وضعیت آلودگی پیرامون خود باشد، اما نبود ارتباط بین وزن صدف و فلزات تجمع‌یافته در برخی از اندازه‌گیری‌های این مطالعه احتمال توانایی تنظیم غلظت فلزات در بدن صدف محار را مطرح می‌کند و آن را یک موجود اندیکاتور نامناسب می‌سازد. پیشنهاد می‌شود در مطالعات آتی مقدار فلزات در آب‌های این منطقه نیز مطالعه شود تا رابطه بین غلظت فلزات در بدن صدف با محیط به دست آید. همچنین، لازم است رابطه وزن و سن و تجمع فلزات در این صدف در مطالعه‌ای آزمایشگاهی بررسی شود.

می‌توان گفت که یا هر دو منطقه در معرض آلودگی با منشأ فاضلاب قرار دارند یا هیچ‌کدام در معرض این آلودگی نیستند، اما با توجه به معیار MAFF و USA (RDAs, 1989) مقایسه مقدار مس به دست آمده در این مطالعه این‌گونه نتیجه‌گیری می‌شود که هیچ‌یک از دو جزیره هندورابی و لاوان در معرض آلودگی با منشأ فاضلاب قرار ندارند. هر چند غلظت آهن در جزیره لاوان به میزان معنی‌داری بیشتر از جزیره هندورابی بود، اما با توجه به معیارهای USA و CODEX هیچ‌کدام از جزایر هندورابی و لاوان از نظر آهن آلوده محسوب نمی‌شوند. با توجه به اینکه آهن و مس جزو عناصر ضروری برای متابولیسم آبزیانند (Canli and Atli, 2003)، می‌توان گفت که مقدار آهن و مس به دست آمده در صدف‌های جزیره هندورابی جزو عناصر ضروری برای متابولیسم‌اند و آلودگی محسوب نمی‌شوند.

References

- [1]. Al-Madfa, H., Abdel-Moati, M.A.R. Al-Gimaly, F.H. (1998). *Pinctada radiata* (Pearl Oyster): a bioindicator for metal pollution monitoring in the Qatari waters (Arabian Gulf). *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology* 60, 245-251.
- [2]. Andersen, V., Maage, A. Johannessen, P. (1996). Heavy metals in blue mussels (*Mytilus edulis*) in the Bergen Harbor area, western Norway. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology* 57, 589-596.
- [3]. Canli, M. Atli, G. (2003). The relationships between heavymetal (Cd, Cr, Cu, Fe, Pb, Zn) levels and the size of six Mediterranean fish species. *Environmental Pollution* 121, 129-136.
- [4]. Carpenter, K.E., Krupp, F., Jones, D.A. Zajonz, U. (1997). Living marine resources of Kuwait, Eastern Saudi Arabia, Bahrain, Qatar and UAE. FAO Species identification field guide for fishery purposes. FAO. Rome, 293 pp.
- [5]. Davari, A., Danehkar, A., Khorasani, N. Poorbagher, H. (2010). Heavy metal contamination of sediments in mangrove forests of the Persian Gulf. *International Journal of Food, Agriculture and Environment* 8, 1280-1284.
- [6]. Gifford, S., Dunstan, H., O'Connor, W. Macfarlane, G.R. (2005). Quantification of in situ nutrient and heavy metal remediation by a small pearl oyster (*Pinctada imbricata*) farm at Port Stephens, Australia. *Marine Pollution Bulletin* 50, 417-422.
- [7]. Gifford, S.P., MacFarlane, G.R., O'Connor, W.A. Dunstan, R.H. (2006). Effect of the pollutants lead, zinc, hexadecane and octocosane on total growth and shell growth in the Akoya pearl oyster, *Pinctada imbricata*. *Journal of Shellfish research* 25, 159-165.
- [8]. Gokoglu, N., Gokoglu, M. Yerlikaya, P. (2006). Seasonal variations in proximate and elemental composition of pearl oyster (*Pinctada radiata*, Leach, 1814). *Journal of the Science of Food and Agriculture* 86, 2161-2165.
- [9]. Hart, B.T. Lake, P. 1987. Studies of heavy metal pollution in Australia with particular emphasis on aquatic systems. In: Hutchinson, T.C., Meema, K. (Ed.). *Lead, Mercury, Cadmium and Arsenic in the Environment*. New York, USA, John Wiley & Sons Ltd. pp. 187-216.
- [10]. McCance, R.A., Widdowson, E.M., Agency, G.B.F.S. Research, A.I.o.F. (2002). McCance and Widdowson's *The Composition of Foods*. Royal Society of Chemistry. 537 pp.
- [11]. Mohammed, S. Yassien, M. (2003). Population parameters of the pearl oyster *Pinctada radiata* (Leach) in Qatari Waters, Arabian Gulf. *Turkish Journal of Zoology* 27, 339-343.
- [12]. Nadim, F., Bagtzoglou, A.C. Iranmahboob, J. (2008). Coastal management in the Persian Gulf region within the framework of the ROPME programme of action. *Ocean and Coastal Management* 51, 556-565.
- [13]. Pérez-López, M., Alonso, J., Nóvoa-Valiñas, M. Melgar, M. (2003). Assessment of heavy metal contamination of seawater and marine Limpet, *Patella vulgata* L., from Northwest Spain. *Journal of Environmental Science and Health Part A* 38, 2845-2856.
- [14]. Quinn, G.P. Keough, M.J. (2002). *Experimental design and data analysis for biologists*. Cambridge University Press. Cambridge, 537 pp.
- [15]. Rashed, M.N. (2002). *Biomarkers as indicator for water pollution with heavy metals in rivers, seas and oceans*. Egypt: South Valley University.

- [16]. RDAs, N.R.C.S.o.t.T.E.o.t. (1989). Recommended dietary allowances. National Academies Press. 286 pp.
- [17]. Reynolds, M.R. (1993). Physical oceanography of the Gulf, Strait of Hormuz, and the Gulf of Oman: results from the Mt Mitchell expedition. *Marine Pollution Bulletin* 27, 35-59.
- [18]. Roesijadi, G. Robinson, W. (1994). Metal regulation in aquatic animals: mechanisms of uptake, accumulation, and release. Malins DC, Ostrander GK. *Aquatic toxicology: molecular, biochemical, and cellular perspective*. Lewis publishers, Boca Raton, 387-420.
- [19]. Sadig, M. Alam, I. (1989). Metal concentrations in pearl oyster, *Pinctada radiata*, collected from Saudi Arabian coast of the Arabian Gulf. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology* 42, 111-118.
- [20]. Thomas, S., Cordon, M.W., Health, A.N. Committee, M.R.C.N. (1970). *Tables of Composition of Australian Foods*. Australian Government Publishing Service. 60 pp.
- [21]. Widianarko, B., Van Gestel, C.A.M., Verweij, R.A. Van Straalen, N.M. (2000). Associations between trace metals in sediment, water, and Guppy, *Poecilia reticulata* (Peters), from urban streams of Semarang, Indonesia. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 46, 101-107.