



Investigating the relationship between body size and the accumulation of heavy metals in the muscle tissue of *Peronia peronii* in the coastal waters of Hormozgan province

Mohammad Amin Salehi Domshahri¹, Mohammad Reza Taherizadeh^{1*}, Adnan Shahdadi¹

1. Department of Marine Biology, Faculty of Marine Science and Technology, University of Hormozgan, Bandar Abbas, Iran.

Article Info

Article type: Research

Article history:
Received: 26 May 2023
Accepted: 29 January 2024
ePublished: 26 May 2024

* Corresponding Author:
taheri.1965@gmail.com

Keywords:

Bandar-Lengeh,
heavy metals,
Qeshm,
molluscs,
Peronia peronii.

ABSTRACT

The aim of this study was to examine the accumulation of lead, nickel, and cadmium heavy metals in the muscle tissue of *Peronia peronii* in the waters of Bandar Lange and Qeshm in April. Thirty samples were separately collected from each station and subjected to drying and acid digestion before measurement using a flame atomic absorption device (GBC model F savant). The results revealed varying levels of metal accumulation, with the highest and lowest concentrations recorded as 0.112 and 0.024 micrograms per gram for nickel and cadmium, respectively, in Langeh and Qeshm ports. Additionally, a significant relationship between the concentration of nickel, lead, and cadmium and the average total weight of *P. peronii* was observed, indicating a positive correlation with the total weight ($p < 0.05$). However, no significant relationship was found between the accumulation of these metals and the average total length of *P. peronii* in Bandar Lange and Qeshm Island, indicating a lack of correlation with the total length of the flounder seaweed ($p > 0.05$).



Publisher: University of Hormozgan.



بررسی ارتباط اندازه بدن با تجمع فلزات سنگین در بافت عضله لیسسه دریایی *Peronii peronii* در آبهای سواحل استان هرمزگان

محمدامین صالحی دمشهری^۱، محمدرضا طاهری زاده^{۱*}، عدنان شهزادی^۱

۱. گروه زیست دریا، دانشکده علوم وفنون دریایی، دانشگاه هرمزگان، بندر عباس، ایران

چکیده

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:

مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۳/۰۵

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۱/۰۹

تاریخ چاپ الکترونیک: ۱۴۰۳/۰۳/۰۶

* نویسنده مسئول:

taheri.1965@gmail.com

کلیدواژه‌ها: بندرلنگه،

فلزات سنگین،

قشم،

لیسه دریایی،

نرم تنان،

Peronia peronii

مطالعه حاضر با هدف بررسی میزان تجمع فلزات سنگین سرب، نیکل و کادمیوم در بافت عضله لیسسه دریایی *Peronii peronii* در آب های سواحل بندر لنگه و قشم در فروردین ماه صورت گرفت. برای این منظور از هر ایستگاه بطور مجزا ۳۰ نمونه جمع آوری شد و پس از خشک شدن و هضم اسیدی با استفاده از دستگاه جذب اتمی شعله ای GBC مدل F savant سنجش گردیدند. نتایج نشان داد بیشترین و کمترین میزان فلز به ترتیب ۰/۱۱۲ و ۰/۰۲۴ (میکرو گرم بر گرم) برای نیکل و کادمیوم در بندر لنگه و قشم به دست آمد. همچنین از رابطه غلظت نیکل، سرب و کادمیوم و میانگین وزن کل رابطه معنی داری بین میزان تجمع فلزات مذکور با وزن کل وجود دارد و همبستگی مثبت با وزن کل مشاهده شد ($p < 0/05$). نتایج به دست آمده از رابطه غلظت نیکل، سرب و کادمیوم و میانگین طول کل لیسسه دریایی *Peronia peronii* در بندر لنگه و جزیره قشم نشان داد که رابطه معنی دار بین میزان تجمع فلزات مذکور با عامل طول کل وجود ندارد و همبستگی منفی با طول کل لیسسه دریایی مشاهده شد ($p < 0/05$).



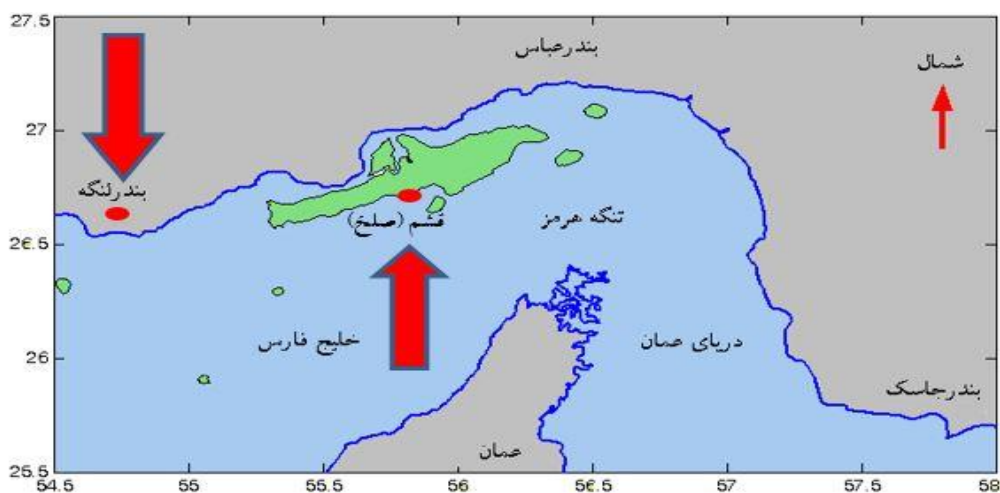
مقدمه

در میان هزاران ماده آلی و غیر آلی که وارد اکوسیستم های آبی می شوند، فلزات سنگین، با توجه به مقدار سمیت، پایداری، تجزیه ناپذیر بودن و توانایی تجمع زیستی شان در بسیاری از گونه های دریایی از اهمیت بالایی برخوردارند. فلزات توسط فرآیند خودپالایی از آبها گرفته نمی شوند، اما در ذرات معلق شده در آب، رسوبات و جانوران آبی تجمع پیدا می کنند (Khaled *et al.*, 2006). فلزات سنگین آلاینده هایی هستند که برای موجودات آبی و در نتیجه برای افرادی که برای غذا به محصولات آبی متکی می باشند مضر هستند زیرا نمی توانند از نظر بیولوژیکی حذف شوند و پتانسیل تجمع در زیستگاه ها را دارند (Abo Elmagd *et al.*, 2020). حدود ۳۳ تا ۳۵ درصد فلزات سنگینی که در عضلات تجمع می یابند می توانند از طریق زنجیره های غذایی به سطح بالا انتقال پیدا کند و سلامت انسان را از این طریق به خطر اندازند و به همین دلیل پایش مناطق ساحلی مورد توجه محققین بسیاری قرار گرفته است (Morales Hernández *et al.*, 2004). فلزاتی مانند آرسنیک (As)، کادمیوم (Cd)، سرب (Pb)، کروم (Cr)، مس (Cu)، نیکل (Ni) و روی (Zn) از فعالیت های مختلف انسانی از جمله صنایع، کشاورزی، پساب فاضلاب، زباله های شهری، محل های دفن زباله و استخراج معادن گزارش شده است (Liu *et al.*, 2020). از میان فلزات سنگین فلزاتی مانند سرب و کادمیوم در صنایع مختلفی مانند صنایع باطری سازی، رنگ سازی، تهیه آلیاژهای فلزی و غیره استفاده می شوند (Rahimi and Raeisi, 2009). کادمیوم برای سلامتی انسان سمی و غیر ضروری است و به طور عمده در کبد و بافت کلیه تجمع می یابد. لازم به ذکر است که اثرات سمی بالقوه کادمیوم با اتصال به متالوتیونین های موجود در کبد و کلیه ها عملکرد آن ها را کاهش می دهد، (Tayebi and Sobhanardakani, 2020). کادمیوم یکی از مهمترین آلاینده های آبریزان و انسان ها می باشد. جانوران دریایی از مناطق مجاور تخلیه کادمیوم، غلظت هایی از این فلز را در بافت هایشان جمع می کنند. WHO میزان کادمیوم را در مواد غذایی دریایی ۵۰ ppb، صدفهای خوراکی ۲ ppb و گوشت ماهی ۱۵/۳ ppb تعیین نموده است و حد مجاز کادمیوم موجود در گوشت ماهی را ۰/۲ میلی گرم بر گرم اعلام نموده است (Ghasemi and Saber, 2021). بعد از کادمیوم سرب بالاترین پتانسیل ریسک اکولوژیک در خلیج فارس را دارد (Ranjbar Jafarabadi *et al.*, 2017). برای مطالعه پراکنش مکانی و تغییرات زمانی فلزات سنگینی که قابلیت دسترس زیستی دارند می توان از موجودات زنده خاصی تحت عنوان پیشگر زیستی استفاده کرد (Lafabrie *et al.*, 2007). موجودات زنده با محیط پیرامون خود در ارتباط هستند و به دلیل آنکه نسبت به تغییرات ایجاد شده در محیط زندگی خود واکنش نشان می دهند ما را قادر می سازند تا بتوانیم نواساناتی را که در بین فصول و ایستگاههای مختلف در آنان به وقوع می پیوندد را ثبت نماییم (Nicholson and Lam 2005). شکم پایان در میان نرم تنان، بزرگترین و گوناگونترین گروه را تشکیل میدهند و از بعضی اقسام بسیار ابتدایی دریایی، تا حلزون ها و لیسه های هوازی و ساکن خشکی بسیار پیشرفته را شامل میشوند. آنها از نظر اقتصادی به عنوان منبع پروتئین، تزئینات، رنگ و دارو حائز اهمیت هستند (Mizukami *et al.*, 2022). استفاده از رده ی شکم پایان در مطالعات پایش زیستی فلزات سنگین همواره نتایج رضایت بخشی را به همراه داشته (Yap *et al.*, 2013). شکم پایان یکی از گروههای تخصص یافته ی متنازوا می باشد (Panah *et al.*, 2019). لیسه های دریایی از متنوعترین و در عین حال زیباترین موجودات دریایی هستند که در تمام اقیانوسهای جهان پراکنش دارند. این گروه از ناحیه بین جزرومدی تا اعماق و انواع مختلف زیستگاهها و بسترها زندگی میکنند. *Peronia peronii* گونه حلزون دریایی تنفسی با هوا و نرم تنان معده ماهیچه ای دریایی بدون پوسته از خانواده Onchidiidae است. اعضای این خانواده بیشتر در مناطق جزر و مدی سنگی ساکن هستند. به طور کلی آنها را می توان در خلیج فارس یافت، جایی که از جلبک ها تغذیه می کنند و دیاتومه هایی را که به سنگ های اطراف آنها چسبیده اند، می پوشانند (Bitaab *et al.*, 2015; Dayrat *et al.*, 2020). در مطالعات پایش زیستی فلزات سنگین، شکم پایان که یکی از بزرگترین و متنوع ترین گروههای جانوری نرم تنان با اندازه کوچک، تحرک کم، در تماس بودن با رسوب و ساده بودن ساختار بدن و فیزیولوژی بدنشان نسبت به دیگر موجودات آبی هستند، نمونه بسیار مناسبی برای بررسی اثرات آلودگی فلزات سنگین هستند (Yazidian, 2020). در مطالعه حاضر اهدافی چون؛ بررسی و سنجش میزان فلزات

کادمیوم، سرب و نیکل در عضله لیسه دریایی *Peronia peronii* و روابط بین طول، وزن لیسه با مقدار فلزات تجمع یافته و انجام مقایسه آن با میزان غلظت‌های استاندارد جهانی در دو منطقه قشم، بندر لنگه در استان هرمزگان مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

مطالعه حاضر در دو ایستگاه از استان هرمزگان، در مناطق بندر لنگه و جزیره قشم در فروردین ۱۴۰۰ صورت پذیرفت. تعیین ایستگاه‌های نمونه برداری به نحوی صورت گرفت که حداکثر سطح منطقه را پوشش دهد. مختصات جغرافیایی ایستگاه‌های بندرعباس، بندر لنگه و جاسک با استفاده از دستگاه GPS مشخص و ثبت گردید (شکل ۱).



شکل ۱. موقعیت ایستگاه‌های مورد مطالعه (بندر لنگه و قشم)

پس از مشخص نمودن ایستگاه‌ها در منطقه جزرومدی جزیره قشم و بندر لنگه از هر ایستگاه ۳۰ نمونه لیسه دریایی بطور تصادفی در هر منطقه نمونه برداری گردید. انتخاب گونه با توجه به نوع رژیم غذایی، مکان زندگی و اهمیت اقتصادی آنها انجام گرفت. پس از عملیات زیست‌سنجی و تشخیص جنسیت، بافت عضله جدا گردید. سپس عضله نمونه‌ها وزن شده (ترازوی ساتوریوس (Sartorius) با دقت ۰/۰۰۱ گرم)، از نمونه هموژن شده در دمای ۷۰ درجه آون به مدت ۴۸ ساعت در دستگاه فریزدرایر مدل (VaCo5) کاملاً خشک گردید (Yap *et al.*, 2002). پس از آن نمونه‌ها به وسیله هاون چینی پودر گردید و در ظروف پلی اتیلنی تا آغاز مرحله هضم شیمیایی نگه‌داری شدند (Yap *et al.*, 2003). به منظور هضم بافت نرم لیسه ۰/۵ گرم از هر نمونه وزن شد و درون بالن ریخته شد، سپس ۱۰ میلی لیتر اسید نیتریک غلیظ (۶۵ درصد Merck)، به آن افزوده شد و سپس در دمای ۴ درجه به مدت یک ساعت و در دمای ۱۴۰ درجه به مدت ۳ ساعت کاملاً هضم گردید. نمونه‌ها پس از عبور دادن از کاغذ صافی واتمن زیر هود توسط آب دوبار تقطیر به حجم ۲۵۰ میلی لیتر رسانده شد و درون ظرف پلی اتن‌دار در دمای یخچال تا زمان آنالیز نگه‌داری شدند (Yap *et al.*, 2002). سپس سنجش غلظت فلزات سنگین توسط دستگاه جذب اتمی معتبرسازی روش آنالیز، صحت، دقت و حد تشخیص و قدرت تاثیرتغییرات اندک پارامترهای عملیاتی بر نتایج آنالیز مورد بررسی قرار می‌گیرند که هر نمونه به طور خلاصه توضیح داده می‌شوند.

طیف جذبی برای هر عنصری اختصاصی است و این یکی از محاسن دستگاه جذب اتمی می‌باشد ولی متأسفانه بواسطه فعل و انفعالاتی که در شعله، کوره و یاسایر مراحل و بخش‌های انجام کار صورت می‌گیرد مزاحمت‌هایی ایجاد شود (Velayatzadeh, and Mohammad, 2022). ریکآوری فلزات مذکور مطابق جدول ۱ بدست آمد.

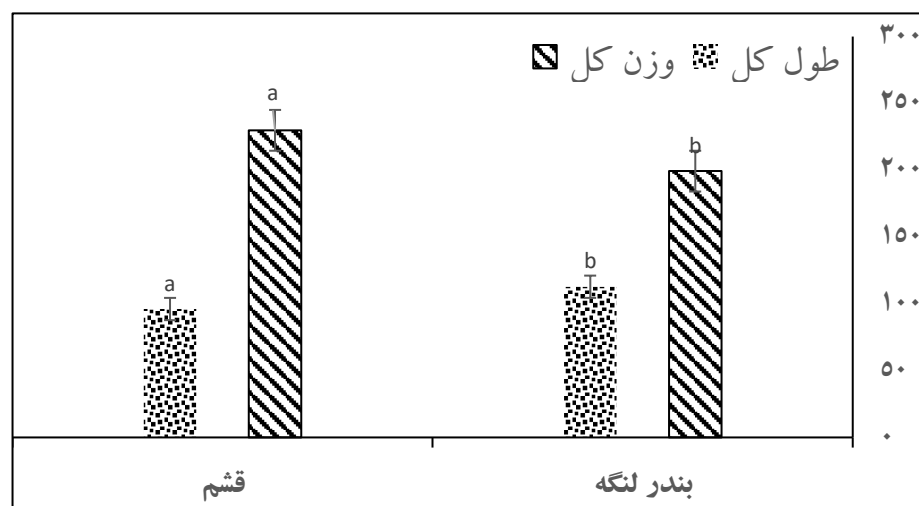
جدول ۱. طول موج همراه با درصد بازیابی برای هر فلز

عناصر	نیکل	سرب	کادمیوم
طول موج (نانومتر)	۲۳۲	۲۱۷	۲۲۸/۶
درصد بازیابی	۹۸%	۹۷%	۱۰۵%

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها با استفاده از نرم افزار SPSS نسخه ۱۹ انجام پذیرفت. جهت رسم نمودارها و جداول از نرم افزار Excel نسخه ۱۰ استفاده شد. نرمال بودن داده‌ها از طریق تست کلموگراف اسمیرنوف و برای مقایسه‌ی نمونه‌ها از نظر غلظت عناصر نیکل، سرب و کادمیوم از آنالیز واریانس یک طرفه (ANOVA) way-one و F-Test استفاده گردید. جهت مقایسه‌ی اختلاف میانگین پارامترهای بدست آمده در سطح آماری ۹۵ درصد از آزمون آماری Tukey استفاده شد. برای تعیین وجود ارتباط خطی و میزان آن بین مقادیر تجمع کادمیوم، سرب و نیکل در بافت لیسه دریایی *Peronia peronii* و مشخصات زیست‌سنجی (طول استاندارد و وزن کل) از آزمون رگرسیون خطی و همبستگی پیرسون استفاده شد و معادله رگرسیون آن بدست آمد.

نتایج

نتایج حاصل از زیست‌سنجی اندازه‌گیری شده در مناطق بندر لنگه و جزیره قشم گونه *Peronia peronii* با بیشترین و کمترین میانگین وزن بترتیب در بندر لنگه و جزیره قشم ۲۹۹/۸۳ و ۱۹۹/۳ گرم و حداکثر و حداقل طول در بندر لنگه و جزیره قشم بترتیب ۱۹۹/۷۶ و ۹۶/۱ گرم بوده است (شکل ۲) و میانگین غلظت فلزات نیکل، سرب و کادمیوم در بافت عضله بر حسب میکروگرم بر گرم وزن خشک در جدول ۲ ارائه شده است.



شکل ۲. مقایسه طول کل و وزن کل بدن در جنس لیسه دریایی *Peronia peronii* در آب‌های سواحل استان هرمزگان (بندر لنگه و جزیره قشم)

جدول ۲. مقایسه میزان فلزات سنگین نیکل، کادمیوم و سرب عضله لیسسه دریایی *Peronia peronii* با حد مجاز استانداردهای بین المللی، حروف متفاوت نشانگر اختلاف معنی‌دار ($p < 0.05$) می‌باشد.

WHO*	FAO*	Median International Standard*	European Union*	بندرلنگه	قشم	فلزات سنگین
۰/۰۱	۰/۵	۰/۲	۰/۲	a۰/۱۱۲	B۰۳۶/۰	سرب
۰/۰۱	۰/۵	۰/۳	۰/۰۵	a۰/۰۷۲	b۰/۰۲۴	کادمیوم
-	۰/۳۸	-	-	a۰/۱۴۱	b۰۳۲/	نیکل

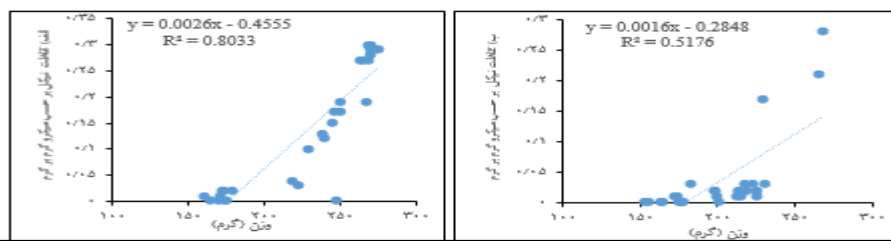
(Shulkin and Presley, 2003) WHO = World Health Organization

FAO = Food and Agriculture Organization (Shulkin and Presley, 2003)

EC = European Commission (Sivaperumal et al., 2007)

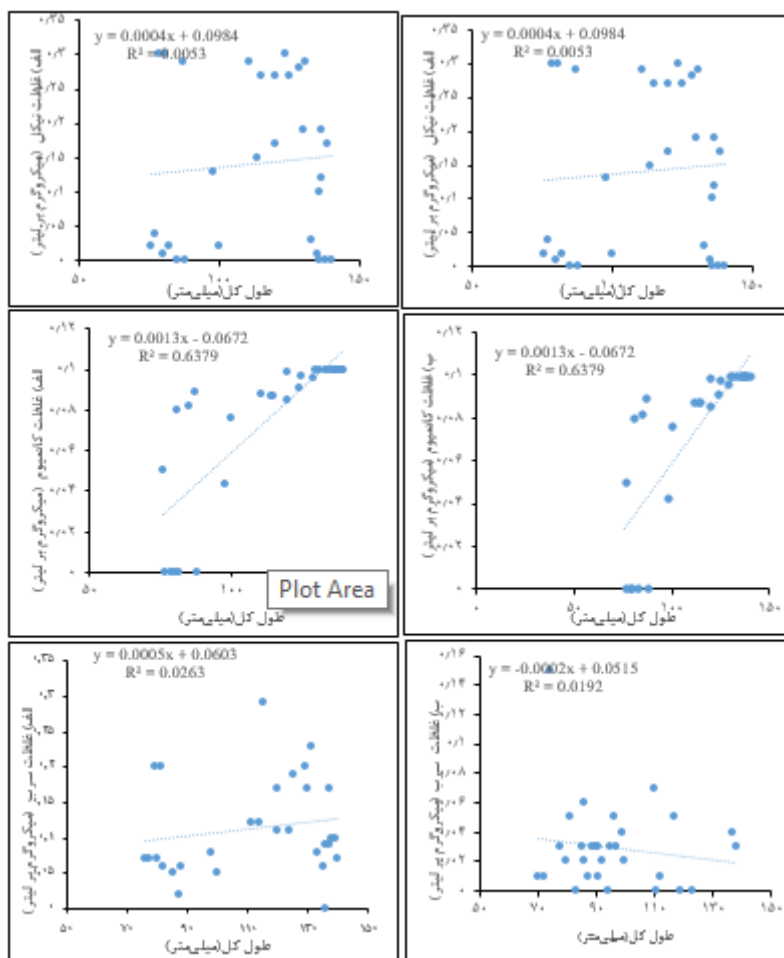
میزان فلزات بافت عضله لیسسه دریایی در مناطق مورد مطالعه

نتایج غلظت فلز سرب در عضله لیسسه دریایی در مناطق مورد مطالعه با بیشترین و کمترین بترتیب 0.117 ± 0.001 و 0.40 ± 0.03 میکروگرم بر گرم در بندر لنگه و قشم بود. مقایسه غلظت سرب عضله لیسسه دریایی در بندر لنگه و قشم نشان داد که غلظت سرب لیسسه دریایی در بافت نمونه های قشم به طور معنی داری پایین تر از بندر لنگه بود ($p < 0.05$). نتایج غلظت کادمیوم عضله لیسسه دریایی در بندر لنگه و جزیره قشم در مقایسه با حد مجاز استانداردهای بین المللی و همچنین مقایسه غلظت کادمیوم عضله لیسسه دریایی در بندر لنگه و جزیره قشم در شکل های زیر ارائه شده است. نتایج نشان داد که غلظت کادمیوم عضله لیسسه دریایی در بندر لنگه به طور معنی داری پائین تر از حد تعریف شده در استانداردهای WHO و FAO بود ($P < 0.05$). همچنین غلظت کادمیوم عضله لیسسه دریایی در قشم به طور معنی داری پائین تر از حد تعریف شده در استانداردهای FAO بود. ولی نسبت به استانداردهای WHO و بیشتر بوده است ($p < 0.05$). (Shulkin and Presley, 2003). از مقایسه غلظت کادمیوم در بافت عضله لیسسه دریایی در نمونه های بندر لنگه به طور معنی داری بالاتر از قشم بود ($p < 0.05$). نتایج غلظت فلز نیکل در عضله لیسسه دریایی در مناطق مورد مطالعه با بیشترین و کمترین بترتیب 0.118 ± 0.014 و 0.64 ± 0.024 میکروگرم بر گرم در بندر لنگه و قشم بود. مقایسه غلظت نیکل در عضله لیسسه دریایی در بندر لنگه و قشم نشان داد که غلظت نیکل در بافت لیسسه دریایی قشم به طور معنی داری پایین تر از بندر لنگه بود نتایج آماری در ارتباط با میزان تجمع فلز نیکل در بافت عضله لیسسه دریایی مورد مطالعه حاکی از وجود رابطه معنی دار با عامل وزن کل دارد ($p < 0.05$). در رابطه غلظت نیکل و میانگین وزن کل لیسسه دریایی در جزیره قشم نتایج نشان داد که رابطه همبستگی مثبت و در سطح ۵۱ درصد دیده شد ($p < 0.05$). نتایج بدست آمده از غلظت سرب و میانگین وزن کل لیسسه دریایی در بندر لنگه معادله $y = 0.0011x - 0.1286$ و $R^2 = 0.4571$ به دست آمد که دارای همبستگی مثبت و ۴۵ درصد است نتایج آماری در ارتباط با میزان تجمع فلز سرب در بافت عضله لیسسه دریایی مورد مطالعه حاکی از وجود رابطه نسبتاً معنی دار با عامل وزن کل دارد ($p < 0.05$). در رابطه غلظت سرب و میانگین وزن کل لیسسه دریایی در جزیره قشم نتایج نشان داد که رابطه همبستگی در سطح ۶۵ درصد و مثبت دیده شد ($p < 0.05$). نتایج حاصل از رابطه غلظت کادمیوم و میانگین وزن کل لیسسه دریایی در بندر لنگه معادله $y = 0.0007x - 0.0858$ و $R^2 = 0.6258$ به دست آمد که دارای همبستگی مثبت و ۶۲ درصد است. نتایج آماری در ارتباط با میزان تجمع فلز کادمیوم در بافت عضله لیسسه دریایی مورد مطالعه حاکی از وجود رابطه معنی دار با عامل وزن کل دارد ($p < 0.05$). در رابطه غلظت کادمیوم و میانگین وزن کل لیسسه دریایی در جزیره قشم نتایج نشان داد که رابطه همبستگی در سطح ۴۸ درصد و مثبت دیده شد ($p < 0.05$).



شکل ۳. نتایج همبستگی بین عناصر سرب، کادمیوم و نیکل با وزن بدن لیسسه دریایی *Peronia peronii* (نمودار های (الف) مربوط به منطقه بندر لنگه و نمودارهای (ب) مربوط به منطقه قشم می باشد).

از رابطه غلظت نیکل و میانگین طول کل لیسسه دریایی در بندر لنگه معادله $y = 0.0003x + 0.0984$ و $r^2 = 0.0053$ به دست آمد که دارای همبستگی مثبت و 0.005 درصد است. نتایج آماری در ارتباط با میزان تجمع فلز نیکل در بافت عضله لیسسه دریایی مورد مطالعه حاکی از نبود رابطه معنی دار با عامل طول کل دارد ($p < 0.05$). از رابطه غلظت نیکل و میانگین طول کل لیسسه دریایی در جزیره قشم معادله $y = -0.00321x + 0.0321$ و $r^2 = 0.0013$ به دست آمد که دارای همبستگی مثبت و 0.003 درصد است. نتایج آماری در ارتباط با میزان تجمع فلز نیکل در بافت عضله لیسسه دریایی مورد مطالعه حاکی از عدم رابطه معنی دار با عامل طول کل دارد ($p < 0.05$). از رابطه غلظت سرب و میانگین طول کل لیسسه دریایی در بندر لنگه معادله $y = 0.0005x + 0.0603$ به دست آمد که دارای همبستگی مثبت و 0.02 درصد است. نتایج آماری در ارتباط با میزان تجمع فلز سرب در بافت عضله لیسسه دریایی مورد مطالعه حاکی از عدم وجود رابطه معنی دار با عامل طول کل دارد ($p < 0.05$). از رابطه غلظت سرب و میانگین طول کل لیسسه دریایی در جزیره قشم معادله $y = -0.0002x + 0.0515$ و $r^2 = 0.0192$ به دست آمد که دارای همبستگی 0.01 درصد است. نتایج آماری در ارتباط با میزان تجمع فلز سرب در بافت عضله لیسسه دریایی مورد مطالعه حاکی از عدم وجود رابطه معنی دار با عامل طول کل دارد ($p < 0.05$). از رابطه غلظت کادمیوم و میانگین طول کل لیسسه دریایی در بندر لنگه معادله $y = 0.0013x - 0.0672$ و $r^2 = 0.6379$ به دست آمد که دارای همبستگی مثبت و 63 درصد است. نتایج آماری در ارتباط با میزان تجمع فلز کادمیوم در بافت عضله لیسسه دریایی مورد مطالعه حاکی از وجود رابطه معنی دار با عامل طول کل دارد ($p < 0.05$). از رابطه غلظت کادمیوم و میانگین طول کل لیسسه دریایی در جزیره قشم معادله $y = -0.0002x + 0.099$ و $r^2 = 0.144$ به دست آمد که دارای همبستگی مثبت و 0.01 درصد است. نتایج آماری در ارتباط با میزان تجمع فلز کادمیوم در بافت عضله لیسسه دریایی مورد مطالعه حاکی از عدم وجود رابطه معنی دار با عامل طول کل دارد ($p > 0.05$). (شکل ۴)



شکل ۴. نتایج همبستگی بین عناصر سرب، کادمیوم و نیکل با طول کل بدن لیسسه دریایی *Peronia peronii* در بندر لنگه و قشم (نمودارهای الف مربوط به منطقه بندر لنگه و نمودارهای ب مربوط به منطقه قشم می‌باشد).

بحث

نتایج نشان داد که غلظت سرب عضله لیسسه دریایی *P. peroneii* در بندر لنگه به طور معنی‌داری پائین‌تر از حد تعریف شده در استانداردهای European و FAO و بالا تر از استاندارد WHO بود ($P < 0.05$). همچنین غلظت سرب عضله لیسسه دریایی *P. peroneii* در جزیره قشم به طور معنی‌داری پائین‌تر از حد تعریف شده در استانداردهای European و FAO و بالاتر از استاندارد WHO بود ($p < 0.05$). مقایسه غلظت سرب عضله لیسسه دریایی *P. peroneii* در بندر لنگه و جزیره قشم نشان داد که غلظت سرب لیسسه دریایی در بافت نمونه‌های بندر لنگه به طور معنی‌داری بالاتر از جزیره قشم بود ($p < 0.05$).

به همین منظور در پژوهشی دیگر Yazdan Panah و همکاران در سال ۲۰۱۳ به بررسی تجمع فلزات سنگین (روی، مس، نیکل، سرب و کادمیوم) در رسوبات و حلزون سنگی *Tylothais savignyi* طی فصول تابستان و زمستان از ۵ ایستگاه در سواحل جزیره خارک که به ترتیب در شهر یور و اسفند ۱۳۹۲ پرداختند. نتایج نشان داد در میان مقدار تجمع فلز سنگین (روی، مس، نیکل، سرب و کادمیوم) در بافت نرم حلزون غلظت این فلزات بالاتر از حد استاندارد بود و با توجه به این نتایج به نظر می‌رسد که حلزون *Tylothais savignyi* قابلیت انباشت بالایی از فلزات سنگین در بدن خود دارد. موجودات آبی از جمله نرم‌تنان دارای دستگاه‌های پیشرفته دفعی نیستند و فرایند دفع با سرعتی آهسته انجام می‌پذیرد بنابراین هنگامی که غلظت این فلزات در محیط آبی افزایش می‌یابد و دسترسی زیستی موجودات نسبت به این آلاینده‌ها به سهولت انجام می‌پذیرد در این حالت سرعت

ورود بیشتر از سرعت دفع آن توسط دستگاه دفعی موجود می‌شود که موجب می‌شود آلاینده‌ها در بافت بدن موجود تجمع یابد. باند شدن فلزات سنگین به متالوتیونین و توزیع فلزات سنگین در بافت‌های مختلف مانند صدف از جمله راهکارهایی است که این موجودات با استفاده از آن میزان فلزات را در بدن خود تنظیم کنند و عمل سمیت زدایی ناشی از تجمع بیش از حد این فلزات انجام دهند (Simes et al., 2003).

نتایج نشان داد که غلظت کادمیوم عضله لیسه دریایی *P. peroneii* در بندر لنگه به طور معنی‌داری پائین‌تر از حد تعریف شده در استاندارد FAO و بالاتر از استانداردهای WHO و European بود ($p < 0.05$). همچنین غلظت کادمیوم عضله لیسه دریایی *P. peroneii* در جزیره قشم به طور معنی‌داری پائین‌تر از حد تعریف شده در استانداردهای WHO و European و بالاتر از استاندارد WHO بود ($p < 0.05$). مقایسه غلظت کادمیوم عضله لیسه دریایی *P. peroneii* در بندر لنگه و جزیره قشم نشان داد که غلظت کادمیوم لیسه دریایی در بافت نمونه‌های بندر لنگه به طور معنی‌داری بالاتر از جزیره قشم بود ($p < 0.05$). کادمیوم و ترکیبات آن شایع‌ترین سموم محیطی با پتانسیل تجمع بالا در بدن هستند، و تغییرات بیوتیک در اکوسیستم آبی ایجاد می‌کند (Kumar and Singh, 2010) and کادمیوم یک فلز سمی و یک آلاینده مهم زیست محیطی است که بر عملکرد میتوکندری و انرژی زیستی در حیوانات تأثیر می‌گذارد. طی بررسی انجام شده بر روی عملکرد میتوکندری صدف *Crassostrea virginica* در حضور فلز کادمیوم نتایج نشان داده بود که اکسیداسیون بستر هدف اصلی ایجاد سمیت کادمیوم در موجود آبی هدف است (Kurochkin et al., 2011).

توانایی گونه‌های مختلف نرم‌تنان برای جمع‌آوری مواد سمی مانند کادمیوم از آب‌های طبیعی در مقادیری که مرتبه‌های بزرگی بالاتر از سطوح پس‌زمینه هستند، به خوبی شناخته شده است در آزمایشی که در سال میلادی ۲۰۰۷ با استفاده از سنجش بر روی چهار گونه جزر و مدی نمونه‌های *Scutellastra Cymbula granatina* (Linnaeus)، *Scutellastra oculi* (Linnaeus) در محل آفریقای جنوبی انجام گردید نتایج نشان دهنده یک پاسخ وابسته به دوز است. در تمام گونه‌ها افزایش متوسطی در غلظت کادمیوم در طول دوره ۷۲ ساعته مشاهده شد. مقادیر EC50 نشان داد که *S. granularis* و *C. granatina* حساسیت 'بالا' به آلودگی کادمیوم داشتند، در حالی که *C. oculi* حساسیت 'متوسط' و *S. longicosta* کم' به آلودگی کادمیوم داشتند. داده‌های حساسیت به دست آمده از تجزیه و تحلیل گونه‌های تجربی در این مطالعه ممکن است به ایجاد یک مدل توزیع حساسیت گونه (SSD) کمک کند (Schoeman, 2007). تجمع زیستی کادمیوم در بافت نرم صدف *Donax trunculus Bivalvia* را در شرایط آزمایشگاهی در طول دوره‌های مواجهه و بهبودی نشان داد که افزایش معنی‌داری ($0.001 < p < 0.05$) در غلظت کادمیوم در مقایسه با گروه شاهد در طول دوره مواجهه بود داده‌های این تحقیق در سال ۲۰۱۸ نشان می‌دهد که کادمیوم به تدریج در بدن *D. trunculus* تجمع پیدا کرده است (Belabed and Soltani, 2018). همچنین نتایج ارائه شده در پژوهش حاضر در مقایسه با دیگر تحقیقات انجام شده نشان دهنده تجمع پذیری لیسه دریایی *P. peroneii* در مواجهه با غلظت‌های فلز کادمیوم در اکوسیستم آبی می‌باشد.

نتایج این تحقیق نشان داد که غلظت نیکل عضله لیسه دریایی *P. peroneii* در بندر لنگه به طور معنی‌داری بالاتر از حد تعریف شده در استانداردهای WHO و European و FAO بود ($p < 0.05$). همچنین غلظت نیکل عضله لیسه دریایی *P. peroneii* در جزیره قشم به طور معنی‌داری پایین‌تر از حد تعریف شده در استانداردهای WHO و European و بالاتر از استاندارد FAO بود ($p < 0.05$). مقایسه غلظت نیکل عضله لیسه دریایی *P. peroneii* در بندر لنگه و جزیره قشم نشان داد که غلظت نیکل عضله لیسه دریایی در بافت نمونه‌های بندر لنگه به طور معنی‌داری بالاتر از جزیره قشم بود ($p < 0.05$). آزمایشات متعدد نشان داده‌اند که تجمع فلزات سنگین به غلظت قابل دسترس فلز در آب، مدت زمان که در محیط وجود دارد بستگی دارد گر عوامل محیطی مانند شور pH سخت دما نقش مهمی در معنی‌داری را ایفا می‌کند. همچنین نیازهای اکولوژیکی، جنس، اندازه تولید مثل موجودات دریایی بر روی تجمع فلزات سنگین موثر می‌باشد (Canli and Atli, 2003).

در تحقیقی که به بررسی توزیع فلزات سنگین (کادمیم، سرب، نیکل و منگنز) در اندام‌های مختلف دو گونه صدف دریایی، *Perna perna* جمع‌آوری شده از منطقه Figuiet و *Mytilus galloprovincialis* نمونه‌برداری شده از مناطق بندر سرکوف سواحل الجزایر است. نتایج فلزات سنگین، بیان شده بر روی میکروگرم بر گرم وزن خشک، از ۰/۱ تا ۲/۶ Cd، ۰/۱ تا ۱۷/۱۵ Pb، ۰/۳۶ تا ۷/۲۵ Ni، و ۳/۶۸ تا ۷۴/۷۶ منگنز متغیر بود. بنابراین، توزیع معمولی فلزات مورد مطالعه در اندام‌های مختلف صدف مشاهده شد. در واقع، غده گوارشی به دنبال آتش غلظت فلزات بسیار بالایی را نشان داد. (Abderrahmani et al., 2020). همچنین نتایج ارائه شده در مطالعه پیش رو با مقایسه تحقیقات انجام شده در این زمینه نشان دهنده عدم تجمع پذیری لیسه دریایی *P. peroneii* در مواجهه با غلظت‌های فلز نیکل در اکوسیستم آبی می‌باشد.

ارزیابی نتایج مقایسه غلظت فلزات سنگین سرب، نیکل و کادمیوم در بافت عضله لیسه دریایی *Peronia peronii* بر اساس وزن و طول بدن در آب‌های سواحل استان هرمزگان (بندر لنگه و جزیره قشم)، نتایج نشان داد که میانگین وزن کل و طول لیسه دریایی با مقایسه فلزات سنگین با استاندارد‌های جهانی، FDA و WHO نتایج زیر به دست آمد: میزان فلز سنگین نیکل و سرب در برابر فلز کادمیوم از غلظت‌های مورد نظر کمتر نشان داده است این در صورتی است که هر چه طول کل لیسه دریایی افزایش پیدا میکند میزان تجمع غلظت فلزات نیز به طور معنی‌داری کاهش پیدا میکند تغییرات غلظت فلزات سنگین همبستگی مثبتی با افزایش وزن بدن از خود نشان داد. نتایج جمع‌آوری شده از بندر لنگه به ترتیب ۲۲۹/۸۳ و ۱۱۲/۷۶ و میانگین وزن کل و طول لیسه دریایی *P. peroneii* جمع‌آوری شده از جزیره قشم به ترتیب ۱۹۹/۳ و ۹۶/۱ بود. نتایج به دست آمده از رابطه غلظت نیکل، سرب و کادمیوم و میانگین وزن کل عضله لیسه دریایی در بندر لنگه و جزیره قشم نشان داد که رابطه تقریباً معنی‌دار بین میزان تجمع فلزات مذکور با عامل وزن کل وجود دارد و همبستگی مثبت با وزن کل لیسه دریایی مشاهده شد ($P < 0.05$). همچنین نتایج به دست آمده از رابطه غلظت نیکل، سرب و کادمیوم و میانگین طول کل لیسه دریایی در بندر لنگه و جزیره قشم نشان داد که رابطه معنی‌دار بین میزان تجمع فلزات مذکور با عامل طول کل وجود ندارد و همبستگی منفی با طول کل لیسه دریایی مشاهده شد ($P < 0.05$).

می‌توان رابطه تجمع فلزات سنگین با افزایش طول و وزن بدن را با عادات غذایی به انواع گونه‌ها ربط داد. درباره لیسه دریایی *P. peroneii* در خلیج فارس نیز رژیم غذایی گوشتخواری و رابطه آن با افزایش طول و وزن بدن و افزایش تجمع برخی فلزات نشان داده شده است. عوامل چون رژیم غذایی، زیستگاه و طول بدن و ... در توزیع فلزات سنگین بین عضلات مختلف انواع نرم‌تنان گزارش شده است. میزان فلزاتی که در متابولیسم ماهیان نقش دارند با افزایش سن کاهش می‌یابند. فعالیت‌های متابولیکی نقش مهمی در تجمع فلزات سنگین در اندام‌های مختلف ماهیان دارند ضمن آنکه فعالیت‌های متابولیکی ماهیان با سن کمتر به مراتب بیشتر از ماهیان مسنتر می‌باشد. بنابراین تجمع فلزات در ماهیان جوان تر (با طول کمتر) بیشتر است (Canli and Atli, 2003). سن، سرعت رشد، عادات غذایی موجودات، سختی و pH آب و در دسترس بودن فلز، عوامل موثری در تجمع زیستی فلزات پیشنهاد شده است. علیرغم مزایای تغذیه‌ای، نرم‌تنان به دلیل تحمل بالای آنها در برابر سطوح مختلف دما، شوری و اکسیژن و همچنین آلاینده‌ها، یک عامل عالی نظارت بر فلزات سنگین آبی هستند. اگرچه فلزات سنگین سمی انباشته شده ممکن است اثرات منفی مستقیمی روی نرم‌تنان نداشته باشند، چنین سمومی در بافت‌های این موجودات می‌تواند اثرات مضر بر بدن انسان داشته باشند که در مقادیر سمی و یا در مدت طولانی مصرف شوند. رونق فعالیت‌های شهری و صنعتی و به طبع آن افزایش رواناب‌ها و همچنین پساب‌های فاضلاب و آب‌شویی، وسعت این موضوع را تشدید کرد (Ali et al., 2021). سطح فلزات سنگین (منگنز، آهن، کبالت، نیکل، مس، روی، کادمیوم و سرب) در پوسته و بافت نرم شکم پایان *Lanistes carinatus* و در آب و رسوبات قسمت جنوبی دریاچه مانزالا در تابستان شناسایی و تجزیه و تحلیل شد. غلظت فلزات سنگین در آب کمتر از رسوبات، بافت نرم یا پوسته شکم پایان بود. تمام غلظت فلزات سنگین شناسایی شده در بافت نرم بیشتر از پوسته بود. ضریب انباشت آب زیستی این فلزات بالا بود، که نشان دهنده نرخ بالاتر تجمع فلزات سنگین توسط این گونه در آب است. (Gawad, 2018).

نتیجه گیری

با توجه به نتایج ارائه شده در این تحقیق مشخص گردید که هر چه طول کل لیسه دریایی *P. peroneii* افزایش پیدا کند تجمع فلزات سنگین سرب، کادمیوم و نیکل افزایش معنی داری را نشان میدهد. این در صورتی است که وزن بدن این نرم تن با غلظت های فلزات سنگین سرب، نیکل و کادمیوم همبستگی نسبتاً کمی را نشان می دهد با مقایسه نمودارها یعنی مقایسه فلزات سنگین در دو بخش طول کل و وزن بدن لیسه دریایی *P. peroneii* با استانداردهای بین المللی از جمله: WHO، FAO و European این نتایج به دست آمده است: میزان فلزات نیکل و سرب در بافت عضله لیسه دریایی کمتر از فلز کادمیوم است. در این تحقیق با توجه به گزارشات گذشته مشخص گردید که نرم تنان می توانند یکی از موجودات آبی برای سنجش فلزات سنگین در اکوسیستم های آبی باشد. از آنجائی که مناطق مورد بررسی تحقیق حاضر جزء یکی از مناطق حساس اکولوژیکی و زیست محیطی هستند، نتایج به دست آمده نشان میدهد که آلودگی در نرم تن مورد بررسی بیشتر از حد مجاز در برخی از فلزات سنگین وجود دارد که این موضوع برای سلامتی جامعه انسانی نگران کننده است، علیرغم شرایط فیزیکی پویا در این منطقه، نشانه هایی از روند رو به افزایش میزان آلودگی فلزات مشاهده می شود که نگرانی جدی را برای منطقه به لحاظ اکولوژیک و سلامت عمومی مردم به وجود می آورد و لذا مسئولان زیست محیطی و بهداشت سلامت جامعه انسانی بایستی به فکر چاره اندیشی باشند.

References:

- Abderrahmani, K., Boulahdid, M., Bendou, N. and Aissani, A., 2020. Seasonal distribution of cadmium, lead, nickel, and magnesium in several tissues of mussels from the Algerian coasts. *Environmental Science and Pollution Research*, 27, pp.22547-22567.
- Elmagd, H.A.A., Elbadry, A.O., Ali, S.M., Fouda, A.H., El-Gamal, A.D. and Afifi, M.M., 2020. Estimation of heavy metals for Nile water in polluted area at Aswan Governorate, and lead removal using *Pseudomonas aeruginosa* as biosorbent. *J. Microbiol*, 55.
- Ali, T.G., Abdul Keyon, A.S. and Mahat, N.A., 2022. Occurrence of heavy metals and their removal in *Perna viridis* mussels using chemical methods: a review. *Environmental Science and Pollution Research*, pp.1-19.
- Bitaab, M.A., Siadat, S.R., Pazooki, J. and Sefidbakht, Y., 2015. Antibacterial and molecular dynamics study of the Dolabellian B2 isolated from sea slug, *Peronia peronii*. *Biosciences Biotechnology Research Asia*, 12(3), pp.2023-2035.
- Belabed, S. and Soltani, N., 2018. Effects of cadmium concentrations on bioaccumulation and depuration in the marine bivalve *Donax trunculus*. *Euro-Mediterranean Journal for Environmental Integration*, 3, pp.1-5.
- Canli, M. and Atli, G., 2003. The relationships between heavy metal (Cd, Cr, Cu, Fe, Pb, Zn) levels and the size of six Mediterranean fish species. *Environmental pollution*, 121(1), pp.129-136.
- Dayrat, B., Goulding, T.C., Apte, D., Aslam, S., Bourke, A., Comendador, J., Khalil, M., Ngô, X.Q., Tan, S.K. and Tan, S.H., 2020. Systematic revision of the genus *peronia fleming*, 1822 (Gastropoda, euthyneura, pulmonata, onchidiidae). *ZooKeys*, 972, p.1.
- Ghasemi, S., 2021. Potential risk assessment of heavy metals (copper, vanadium, lead and nickel) in muscle and liver tissues of Smelt-whittings (*Silago sihama*) and surface sediments in Khour-e-mousa, Persian Gulf. *Journal of Aquatic Ecology*, 11(1), pp.45-58.
- Khaled, A., El Nemr, A. and El Sikaily, A., 2006. An assessment of heavy-metal contamination in surface sediments of the Suez Gulf using geoaccumulation indexes and statistical analysis. *Chemistry and Ecology*, 22(3), pp.239-252.
- Kumar, P. and Singh, A., 2010. Cadmium toxicity in fish: An overview. *GERF Bulletin of Biosciences*, 1(1), pp.41-47.
- Kurochkin, I.O., Etkorn, M., Buchwalter, D., Leamy, L. and Sokolova, I.M., 2011. Top-down control analysis of the cadmium effects on molluscan mitochondria and the mechanisms of cadmium-induced mitochondrial dysfunction. *American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*, 300(1), pp. R21-R31.
- Lafabrie, C., Pergent, G., Kantin, R., Pergent-Martini, C. and Gonzalez, J.L., 2007. Trace metals assessment in water, sediment, mussel and seagrass species-validation of the use of *Posidonia oceanica* as a metal biomonitor. *Chemosphere*, 68(11), pp.2033-2039.

- Mizukami, I., Fourreau, C.J.L., Matsuo, S. and Reimer, J.D., 2022. Diversity and distribution of air-breathing sea slug genus *Peronia* Fleming, 1822 (Gastropoda: Onchidiidae) in southern Japanese waters. *PeerJ*, 10, p.e13720.
- Morales-Hernández, F., Soto-Jiménez, M.F. and Páez-Osuna, F., 2004. Heavy metals in sediments and lobster (*Panulirus gracilis*) from the discharge area of the submarine sewage outfall in Mazatlan Bay (SE Gulf of California). *Archives of environmental contamination and toxicology*, 46, pp.485-491.
- Nicholson, S. and Lam, P.K.S., 2005. Pollution monitoring in Southeast Asia using biomarkers in the mytilid mussel *Perna viridis* (Mytilidae: Bivalvia). *Environment International*, 31(1), pp.121-132.
- Yazdan Panah, D., Safahieh, A., Salari Aliabadi, M. and Ghanemi, K., 2019. Accumulation heavy Metals (Zn, Cu, Ni, Pb and Cd) in sediment and stone snail *Tylothais savignyi* in the kharg Island during summer and winter. *Journal of Aquatic Ecology*, 9(1), pp.38-49. (In persian)
- Rahimi, E. and Raeesi, M., 2009. Determination of lead and cadmium residual in meat of fishes caught from Choghakhor Lagoon in Chaharmahal and Bakhtiary Province.
- Jafarabadi, A.R., Bakhtiyari, A.R., Toosi, A.S. and Jadot, C., 2017. Spatial distribution, ecological and health risk assessment of heavy metals in marine surface sediments and coastal seawaters of fringing coral reefs of the Persian Gulf, Iran. *Chemosphere*, 185, pp.1090-1111.
- Schoeman, W., 2007. Cellular stress responses to cadmium contamination as measure of sensitivity in intertidal molluscan species (Doctoral dissertation, Stellenbosch: University of Stellenbosch).
- Simes, D.C., Bebianno, M.J. and Moura, J.J., 2003. Isolation and characterisation of metallothionein from the clam *Ruditapes decussatus*. *Aquatic toxicology*, 63(3), pp.307-318.
- Sivaperumal, P., Sankar, T.V. and Nair, P.V., 2007. Heavy metal concentrations in fish, shellfish and fish products from internal markets of India vis-a-vis international standards. *Food chemistry*, 102(3), pp.612-620.
- Shulkin, V.M., Presley, B.J. and Kavun, V.I., 2003. Metal concentrations in mussel *Crenomytilus grayanus* and oyster *Crassostrea gigas* in relation to contamination of ambient sediments. *Environment international*, 29(4), pp.493-502.
- Tayebi, L. and Sobhanardakani, S., 2020. Analysis of heavy metal contents and non-carcinogenic health risk assessment through consumption of *Tilapia* fish (*Oreochromis niloticus*). *Pollution*, 6(1), pp.59-67.
- Velayatzadeh, M., 2022. Contamination Status and Risk Assessment of Lead Metal in Fish of Persian Gulf, Oman Sea and Caspian Sea-Narrative review. *Journal of Marine Medicine*, 4(3), pp.141-152.
- Yap, C.K., Ismail, A., Tan, S.G. and 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(1-2), pp.117-126.
- Izadian, M., 2020. The molecular identification of four species of Gastropoda on rocky shores of the Persian Gulf.
- Yazdanpanah, D., Safahiya, A., Salari Aliabadi, M., Ghanmi, K., 2013. Accumulation of heavy metals (zinc, copper, nickel, lead and cadmium) in sediment and stone snail *Tylothais savignyi* on Khark Island during summer and winter seasons. *Journal homepage: <http://jae.hormozgan>*. 38-39;1398(1) 9. (In Persian)