15(1) 173-182, Spring 2023

Journal of Animal Environment
(AEJ)
Journal homepage: http://www.aejournal.ir

Original Research Paper

The relationship between weight and total length with accumulation of lead and cadmium metals in muscle tissue of male and female common ferrous fish (*Lutjanus johnii*, Bloch, 1792)(Coastal water of Hormozgan province)

Maryam Setaesh[1], Sadra Darvishnejad[2], Hossein Ghasemi[3], Mohammad Reza Taherizadeh[2*], Ehsan Kamrani[3]

[1]Department of Fisheries, Qeshm International Faculty, Hormozgan University, Qeshm, Iran
[2]Department of Marine Biology, Faculty of Marine Science and technology, University of Hormozgan, Bandar abbas, Iran
[3]Department of Fisheries, Faculty of Marine Science and technology, University of Hormozgan, Bandar Abbas, Iran

Key Words
Lead
Cadmium
Fish
Body Length
Correlation
Persian Gulf

Abstract

Introduction: Some heavy metals such as cadmium and lead have no role in the natural metabolism of aquatic animals and these metals are toxic to living organisms even at low concentrations. This study was conducted to study the effect of body size (total length and total weight) on the accumulation of lead and cadmium in common redfish (*Lutjanus lohni*) in three regions of Bandar Abbas, Bandar Lengeh and Jask in Hormozgan province.

Materials & Methods: The number of samples in each station was sampled separately. In the laboratory, after bioassay, muscle tissue was separated and lead and cadmium were extracted by chemical digestion and their concentrations were read by atomic absorption spectrometry.

Results: The results of the study showed that the concentration of lead and cadmium in the muscle tissue of redfish in three areas of Bandar Jask, Bandar Abbas and Bandar Lengeh with body size (body length and weight) had a negative Pearson correlation coefficient (r) and was significant ($p>0.05$). The results of tissue analysis of common red fish muscle in the study areas have the highest and lowest concentrations of lead metal equal to 0.2686+0.1 and 0.550+0.1 µg/g and for cadmium metal, respectively. It was shown with 0.021+0.01 and 0.057+0.01 µg/g. The results also show that the Jask port area is significantly different from Bandar Abbas and Bandar Lengeh areas in terms of the amount of lead and cadmium elements in muscle tissue ($p>0.05$).

Conclusion: It can be concluded from the data of this study that in the study areas in the Persian Gulf (Bandar Abbas, Bandar Lengeh and Jask) a very weak relationship between the body size of the studied species has been shown. The trend of accumulation of the studied elements in ordinary redfish has not affected the sex (male or female) and also the contamination of these elements in the present study has been less than the international standards reported.

* Corresponding Author's email: taheri.1965@gmail.com
Received: 27 February 2022; Reviewed: 2 April 2022; Revised: 8 June 2022; Accepted: 4 July 2022
(DOI): 10.22034/AEJ.2022.343588.2812

مقاله پژوهشی

بررسی ارتباط وزن و طول کل با میزان تجمع فلزات سرب و کادمیم در بافت عضله جنس نر و ماده ماهی سرخوی معمولی (*Lutjanus johnii*, Bloch, 1792) (آب‌های ساحلی استان هرمزگان)

مریم ستایش[1]، صدرا درویش‌نژاد[2]، حسین قاسمی[3]، محمدرضا طاهری‌زاده[2*]، احسان کامرانی[3]

[1] گروه شیلات، دانشکده واحد بین‌الملل قشم، دانشگاه هرمزگان، قشم، ایران
[2] گروه زیست‌دریا، دانشکده علوم و فنون دریایی، دانشگاه هرمزگان، بندرعباس، ایران
[3] گروه شیلات، دانشکده علوم و فنون دریایی، دانشگاه هرمزگان، بندرعباس، ایران

کلمات کلیدی

سرب
کادمیوم
ماهی
طول بدن
همبستگی
خلیج فارس

چکیده

مقدمه: برخی از فلزات سنگین مانند کادمیوم و سرب در متابولیسم طبیعی آبزیان هیچ نقشی نداشته و این فلزات حتی در غلظت‌های پایین نیز برای موجودات زنده سمی هستند. این تحقیق به‌منظور مطالعه تاثیر اندازه بدن (طول کل و وزن کل) بر میزان تجمع غلظت عناصر سرب و کادمیوم در ماهی سرخوی معمولی (*Lutjanus lohni*) در سه منطقه بندرعباس، بندرلنگه و جاسک در استان هرمزگان انجام گردید.

مواد و روش‌ها: تعداد نمونه در هر ایستگاه به‌طور مجزا نمونه‌برداری شد که در آزمایشگاه پس از زیست‌سنجی، بافت عضله تفکیک و فلز سرب و کادمیوم به‌روش هضم شیمیایی استخراج و غلظت آن‌ها توسط دستگاه جذب اتمی خوانده شد.

نتایج: نتایج حاصل از تحقیق نشان داد که غلظت عناصر سرب و کادمیوم در بافت عضله ماهی سرخو در سه منطقه بندرجاسک، بندرعباس و بندرلنگه با اندازه‌بدن (طول و وزن بدن) ضریب همبستگی پیرسون منفی (r) و معنی‌داری ندارد ($p>0/05$). نتایج حاصل از آنالیز بافت عضله ماهی سرخوی معمولی در مناطق مورد مطالعه به‌ترتیب بیش‌ترین و کم‌ترین میزان غلظت فلز سرب برابر با ۰/۰+۲۶۸۶/۱ و ۰/۰+۰۵۵/۱ میکروگرم بر گرم و برای فلز کادمیوم به‌ترتیب برابر با ۰/۰۱+۰/۰۲۱ و ۰/۰۱+۰/۰۵۷ میکروگرم بر گرم نشان داده شد. هم‌چنین نتایج نشان‌دهنده آن است که منطقه بندرجاسک از نظر میزان عناصر سرب و کادمیوم در بافت عضله با مناطق بندرعباس و بندرلنگه تفاوت معنی‌داری دارد ($p>0/05$).

بحث و نتیجه‌گیری: می‌توان از داده‌های این تحقیق نتیجه گرفت که در مناطق مورد مطالعه در خلیج فارس (بندرعباس، بندرلنگه و جاسک) رابطه‌ای بسیار ضعیفی بین اندازه بدن گونه مورد مطالعه نشان داده شده است. روند تجمع عناصر مورد بررسی در ماهی سرخوی معمولی بر جنسیت (نر یا ماده) نیز تاثیرگذار نبوده، هم‌چنین این آلودگی این عناصر در تحقیق حاضر کم‌تر از حد استانداردهای جهانی گزارش شده بوده است.

* پست الکترونیکی نویسنده مسئول: taheri.1965@gmail.com

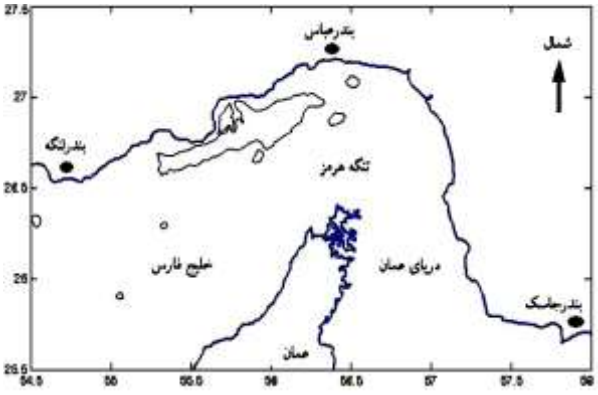
تاریخ دریافت: ۸ اسفند ۱۴۰۰؛ تاریخ داوری: ۱۳ فروردین ۱۴۰۱؛ تاریخ اصلاح: ۱۸ خرداد ۱۴۰۱؛ تاریخ پذیرش: ۱۳ تیر ۱۴۰۱
(DOI): 10.22034/AEJ.2022.343588.2812

مقدمه

تخریب اکوسیتم‌های دریایی با آلاینده‌هایی مانند فلزات سنگین یک مسئله مهم رو به رشد است که افزایش عمده آلودگی ناشی از فعالیت‌های انسانی است (۱، ۲). حضور این نوع فلزات در اکوسیستم‌ها منجر به آلودگی منابع دریایی مختلف می‌شود (۳). فلزات سنگین به علت سمیت و انباشتگی در آبزیان دارای اهمیت بوم‌شناختی بسیاری هستند که می‌توانند بر روی اکوسیستم و تنوع گونه‌های دریایی اثرات مخرب داشته باشند (۴، ۵، ۶). در دهه گذشته ورود آلاینده‌ها با منشأ انسانی مانند فلزات سنگین به‌داخل محیط‌های آبی، به‌مقدار زیادی افزایش یافته است که به‌عنوان یک خطر جدی برای حیات محیط‌های آبی به‌شمار می‌آید (۷). فلزات سنگین مانند آرسنیک (As)، کادمیوم (Cd)، سرب (Pb)، کروم (Cr)، مس (Cu)، نیکل (Ni) و روی (Zn) از فعالیت‌های مختلف انسانی ازجمله صنایع، کشاورزی، پساب فاضلاب، زباله‌های شهری، محل‌های دفن زباله و استخراج معادن گزارش شده است (۸). وجود این نوع فلزات در خاک، گیاهان و در سیستم‌های آبی جزو آلاینده‌های زیست‌محیطی پایدار محسوب می‌شوند که قابلیت تجزیه شدن در طبیعت را ندارند و باعث تجمع زیستی و در پی آن منجر به بروز مشکلات متعدد ازجمله مقاومت باکتریایی می‌شود (۲، ۹). از میان فلزات سنگین فلزاتی مانند سرب و کادمیوم در صنایع مختلفی مانند صنایع باطری‌سازی، رنگ‌سازی، تهیه آلیاژهای فلزی و غیره استفاده می‌شوند (۱۰). کادمیوم برای سلامتی انسان سمی و غیرضروری است و به‌طور عمده در کبد و بافت کلیه تجمع می‌یابد. لازم به ذکر است که اثرات سمی بالقوه کادمیوم با اتصال به متالوتیونین‌های موجود در کبد و کلیه‌ها عملکرد آن‌ها را کاهش می‌دهد (۴). هم‌چنین از مهم‌ترین اثرات سوء ناشی از مصرف مواد غذایی آلوده به فلز سرب می‌توان به ایجاد اختلالات در سیستم‌های عصبی محیطی و مرکزی اشاره نمود (۹). مطالعات متعددی توسط محققان مختلف جهت اندازه‌گیری غلظت فلزات سنگین در موجودات آبزی ازجمله ماهی در دنیا و ازجمله ایران انجام گردیده است. Kooseg و همکاران، نیز میزان ارتباط طول بدن با میزان تجمع سرب در ماهی گل‌خورک والتونی *Periophthalmus waltoni* در منطقه شمالی خلیج فارس اندازه‌گیری نمودند (۱). هم‌چنین Mukherjee و Kumar، نیز مطالعه‌ای را بر غلظت فلزات سنگین (نیکل، کادمیوم و روی) در بافت‌های مختلف ادرک ماهی تالاب کولکاتا انجام دادند (۱۱). در پژوهش انجام‌شده دیگر توسط Moselhy و همکاران، غلظت فلزات سنگین (مس، روی، سرب، آهن و منگنز) در کبد، آبشش و عضلات چهارده گونه از ماهیان کفزی و پلاژیک جمع‌آوری شده از سه منطقه اصلی (شلاتین، غردقه و سوئز) در دریای سرخ (مصر) را اندازه‌گیری کردند (۱۲). در کشورهای در حال توسعه فلزات سنگین بدون غربالگری و تصفیه مناسب به قسمت‌های مختلف آب رهاسازی می‌شوند که می‌تواند برای اکوسیستم آبزیان و انسان که درحال مصرف گونه‌های آبزی مجاور به‌عنوان منابع غذایی است؛ خطرناک باشد. فلزات سنگین دارای اثراتی نظیر کاهش رشد، تغییر رفتار، تغییرات ژنتیکی و نیز مرگ و میر در آبزیان ازجمله ماهی است (۱۳). بنابراین، تعیین و نظارت میزان فلزات سنگین در ماهی برای سلامت انسان بسیار مهم است (۸). انتخاب گونه‌های مختلف ماهی به‌عنوان شاخص آلاینده‌های فلزی و میزان غلظت تجمع عناصر در بدن به‌دلیل عادات تغذیه‌ای، اندازه و محل زندگی آن‌ها (یعنی پلاژیک یا بنتک) و عوامل فصلی، تفاوت‌های بیولوژیکی، شامل شیمی آب، شوری، درجه حرارت و آلوده‌کننده‌ها می‌تواند متغیر در محیط‌های آبی باشد (۷، ۹، ۱۴). بنابراین غلظت فلزات سنگین در بافت‌های بدن آبزی می‌تواند مقدمه‌ای برای شناسایی سطح آلودگی اکوسیستم‌های آبی باشد (۱۵). خلیج فارس به‌دلیل موقعیت جغرافیایی خاص این محدوده، سبب شده است که از تنوع بالایی از آبزیان برخوردار باشد. از مهم‌ترین خانواده‌هایی که در آب‌های این محدوده زیست می‌کنند، متعلق به خانواده سرخوماهیان Lutjanidae است. یکی از گونه‌های این خانواده ماهی سرخو معمولی با نام علمی *Lutjanus lohni* که از ماهیان تجاری و با ارزش اقتصادی خلیج فارس می‌باشد. این ماهی در آب‌های کم‌عمق ساحلی، اطراف جنگل‌های حرا، بسترهای پوشیده از گیاه، روی بسترهای گلی و صخره‌های سنگی زندگی کرده و از بی‌مهرگان و ماهی‌های کوچک تغذیه می‌کند. این گونه به‌دلیل ارزش اقتصادی بالا، در میان صیادان با استفاده از تور ترال و گرگور صید و دارای طرفداران زیادی می‌باشند (۱۶، ۱۷، ۱۸). نقش زیستی برخی از فلزات سنگین مانند کادمیوم و سرب در متابولیسم طبیعی آبزیان هنوز شناخته نشده است و این فلزات حتی در غلظت‌های پایین نیز برای موجودات زنده سمی هستند (۹). در این مورد بافت‌های مختلف ماهیان به‌طور گسترده‌ای به‌منظور بررسی اثرات فیزیولوژیک فلزات سنگین می‌تواند به‌کار روند (۱). پژوهش‌هایی که در زمینه آلودگی‌ها در اکوسیستم‌های آبی انجام می‌شوند از دیدگاه سلامت انسان و بهداشت عمومی حائز اهمیت هستند. علی‌هذا به‌دلیل مهم‌ترین عوامل ورود آلاینده‌های مختلف به آب‌های خلیج فارس، فعالیت‌های صنایع مستقر در سواحل طی سال‌های اخیر می‌باشد (۷)، که در مطالعه حاضر اهدافی چون؛ تعیین میزان غلظت فلزات سنگین سرب و کادمیوم در بافت عضله ماهی سرخوی معمولی (*Lutjanus lohni*) و روابط بین طول، وزن ماهی با مقدار فلزات تجمع یافته و انجام مقایسه آن با میزان غلظت‌های استاندارد جهانی در سه منطقه بندرعباس، بندرلنگه و جاسک در آب‌های ساحلی استان هرمزگان مورد بررسی قرارگرفت.

مواد و روش‌ها

تعیین ایستگاه‌های نمونه‌برداری به‌نحوی صورت گرفت که حداکثر سطح منطقه را پوشش دهد. مختصات جغرافیایی ایستگاه‌های بندر عباس، بندرلنگه و جاسک با استفاده از دستگاه GPS مشخص و ثبت گردید (شکل ۱).



شکل۱: ایستگاه نمونه‌برداری شده از ماهی *L. lohni*

(۱= ایستگاه بندرلنگه، ۲= ایستگاه بندرعباس و ۳= ایستگاه بندر جاسک)

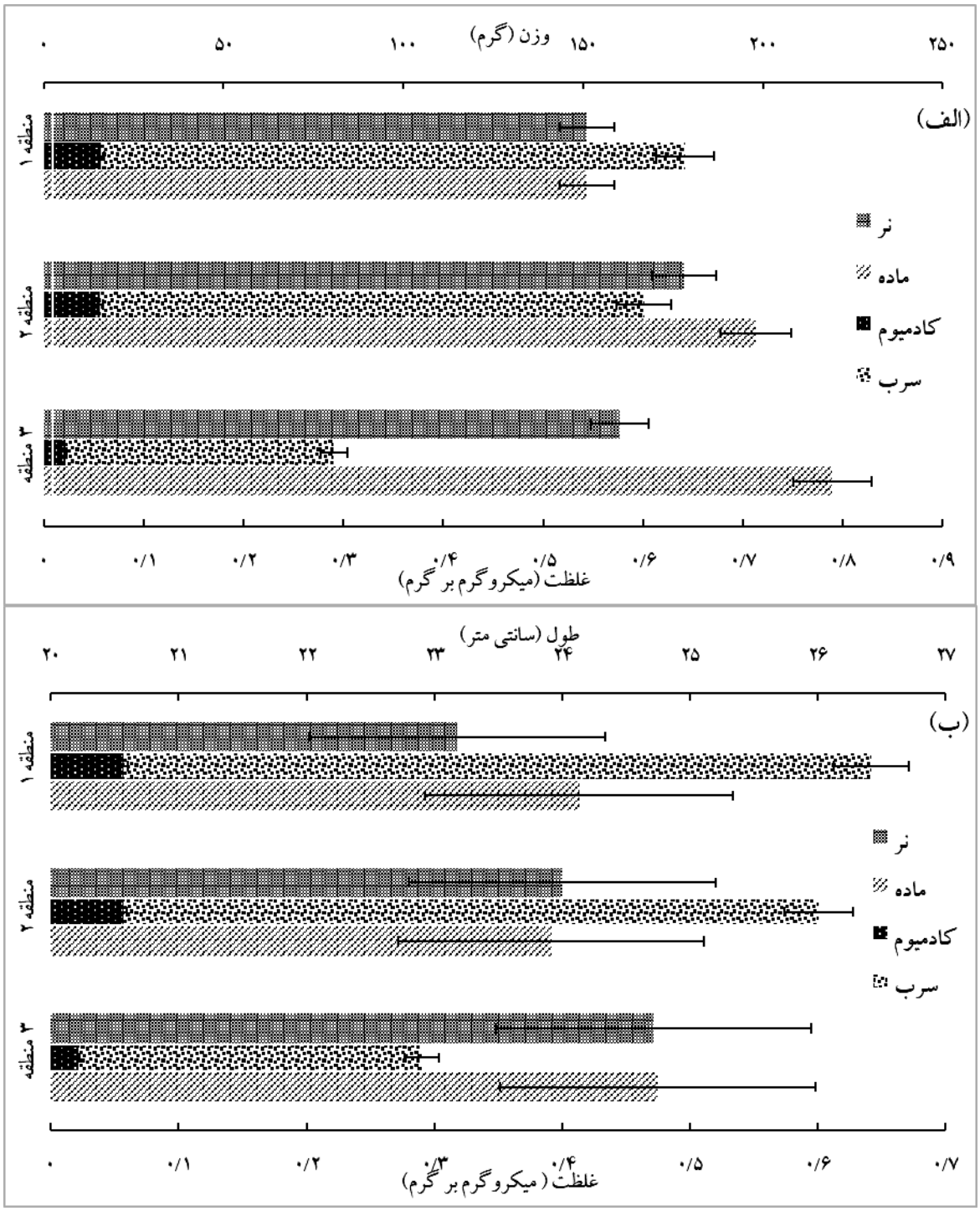
پس از مشخص نمودن ۳ ایستگاه، از هر ایستگاه تعداد ۳۰ نمونه از ماهی *L. lohni* نمونه‌برداری با استفاده از قایق صیادی و تور صیادی صورت گرفت، به‌طوری‌که در مجموع تعداد ۱۸۰ گونه ماهی *L. lohni* به‌صورت تصادفی جمع‌آوری گردید. پس از عملیات زیست‌سنجی و تشخیص جنسیت، بافت عضله جدا گردید. سپس عضله ماهی نمونه‌ها وزن شده (ترازوی ساتریوس Sartorius با دقت ۰/۰۰۱ گرم) با یک هاون چینی آزمایشگاهی، از نمونه هموژن شده ماهی در دمای ۴۰- درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۱۰ ساعت در دستگاه فریزدرایر مدل (VaCo5) کاملاً خشک گردید. برای هضم نمونه‌ها، ابتدا ۰/۵ گرم بافت‌های خشک شده *L. lohni* در کوره با دمای ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۴ ساعت قرار داده شدند تا به خاکستر تبدیل شوند. برای به‌دست آوردن خاکستر سفیدرنگ چند قطره آب مقطر به خاکستر اضافه شد (۱۹). نمونه‌ها با ترکیب سه اسید (HClO4:HNO3: H2SO4=1:4:10) با نسبت ۰/۵ گرم به‌ازای هر ۵ میلی‌گرم در دمای ۱۰۰ سانتی‌گراد هضم شدند. عملیات هضم تا زمانی که محلول شفاف رنگ ظاهر شود ادامه یافت. محلول حاصل با استفاده از کاغذ فیلتر وایتمن ۴۲ میکرومتر صاف شد و با آب دیونیزه شده به حجم ۲۵ میلی‌لیتر رسانده شد (۲۰)، پس از هم‌زدن کامل و یکنواخت شدن، مقدار جذب و غلظت فلزات سنگین سرب و کادیوم محلول به‌دست‌آمده با استفاده از جذب اتمی (Spectrometry Atomic Absorption) اندازه‌گیری شد (۲۱). تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۱۹ انجام پذیرفت. جهت رسم نمودارها و جداول از نرم‌افزار Excel استفاده شد. هم‌چنین برای مقایسه نمونه‌ها از نظر غلظت عناصر سرب و کادمیوم از آنالیز واریانس یک‌طرفه (ANOVA) way-one و آنالیز آماری پیرسون استفاده گردید.

نتایج

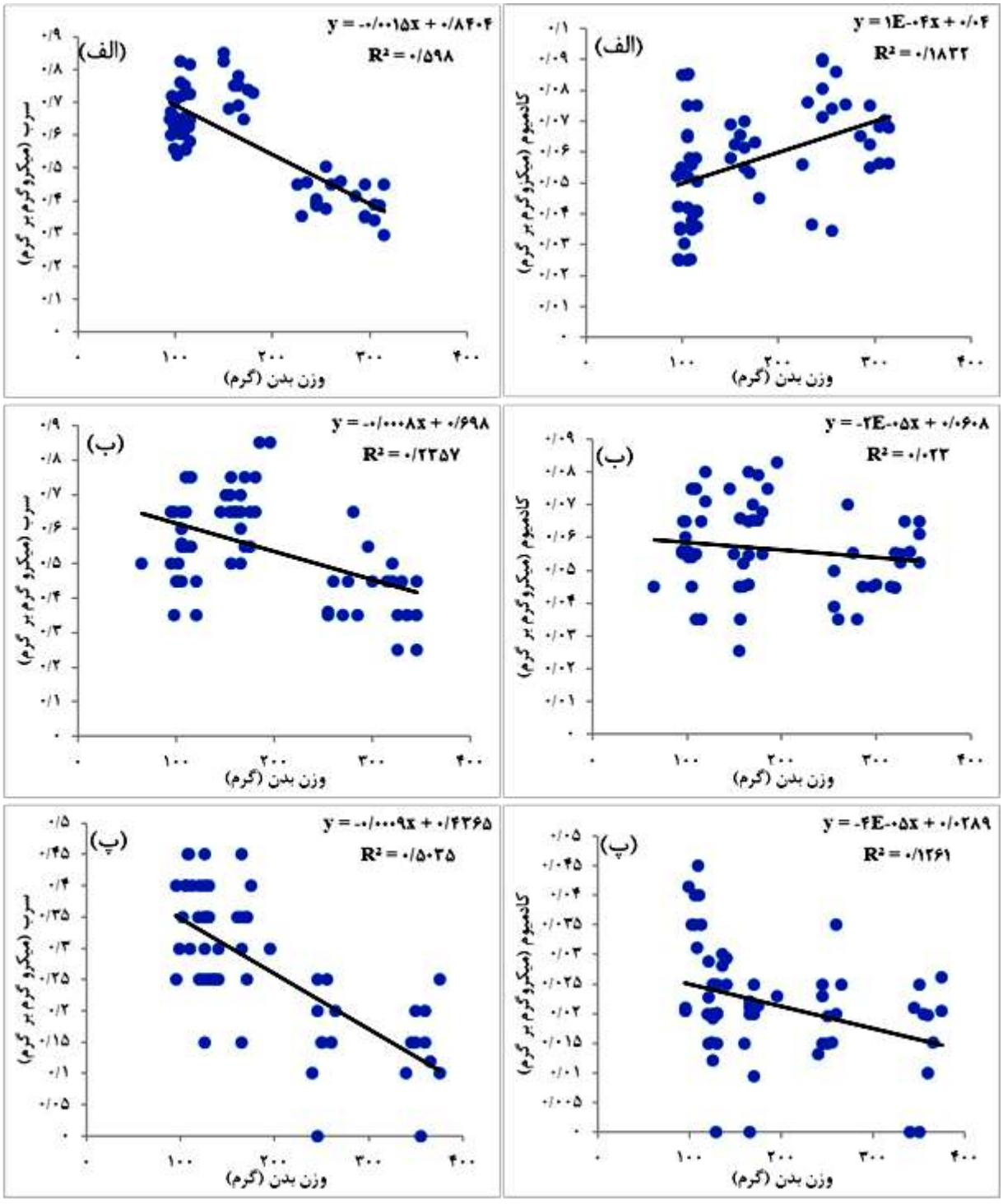
در شکل ۲ نتایج حاصل از اندازه‌گیری غلظت عناصر سرب در بافت عضله ماهی سرخوی معمولی در مناطق مورد مطالعه بندرجاسک، بندرعباس و بندرلنگه به‌ترتیب برابر با ۰/۱+۰/۲۶۸۶، ۰/۱+۰/۵۴۴۵ و ۰/۱+۰/۵۸۵۰ میکروگرم بر گرم و برای فلز کادمیوم به‌ترتیب برابر با ۰/۰۱+۰/۰۲۱۶، ۰/۰۱+۰/۰۵۶۴ و ۰/۰۱+۰/۰۵۷ نشان می‌دهد. نتایج به‌دست‌آمده نشان‌دهنده آن است که منطقه بندرجاسک از نظر میزان عنصر سرب در بافت عضله با مناطق بندرعباس و بندرلنگه اختلاف معنی‌دار آماری داشت ($p<0/05$). ضمن این‌که دو منطقه بندرعباس و بندرلنگه نیز اختلاف معنی‌داری را نیز نشان می‌دهند (شکل ۲). هم‌چنین شکل ۲ نشان‌دهنده خلاصه نتایج آماری حاصل از زیست‌سنجی ماهیان مورد مطالعه می‌باشد. به‌علاوه از لحاظ غلظت عنصر کادمیوم و سرب در بافت عضله ماهی سرخو معمولی، در سه منطقه بندرجاسک، بندرعباس و بندرلنگه بین جنس‌های نر و ماده از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری وجود داشت ($p<0/05$). نتایج حاصل از تحقیق نشان داد که غلظت عناصر سرب و کادمیوم در بافت عضله ماهی سرخو در سه منطقه بندرجاسک، بندرعباس و بندرلنگه با اندازه بدن (طول و وزن بدن) ضریب همبستگی پیرسون منفی (r) و معنی‌داری ندارد ($p>0/05$) (شکل‌های ۳ و ۴). به‌طوری‌که در بافت عضله ماهی سرخو معمولی با افزایش طول بدن و وزن بدن میزان عنصر سرب و کادمیوم در بدن ماهی نیز کاهش می‌یابد. در منطقه بندرجاسک نتایج ضریب همبستگی مابین طول و وزن بدن و غلظت عنصر کادمیوم نشان‌هنده ارتباط بسیار پایین اما مثبت بوده است.

غلظت فلزات سنگین در مطالعه حاضر به‌طور متعدد در صید از منابع آبی در استان هرمزگان گزارش شده است. نتایج حاصل از تحقیق نشان داد که از لحاظ تفاوت غلظت عناصر سرب و کادمیوم در بافت عضله ماهی سرخو معمولی بین سه منطقه مشاهده شده است (جدول ۱). محدودیت‌های مجاز قابل تحمل آن‌ها طبق توصیه مشخص‌شده توسط سازمان غذا و کشاورزی/سازمان بهداشت جهانی، استاندارد بین‌المللی متوسط، اتحادیه اروپا، آژانس حفاظت از محیط زیست ایالات متحده، قانون کنترل آلودگی آب و سازمان بهداشت جهانی در جدول ۱ آورده شده است. هم‌چنین مشخص شد غلظت فلزات سنگین که در مناطق مختلف از آب‌های هرمزگان گزارش شده

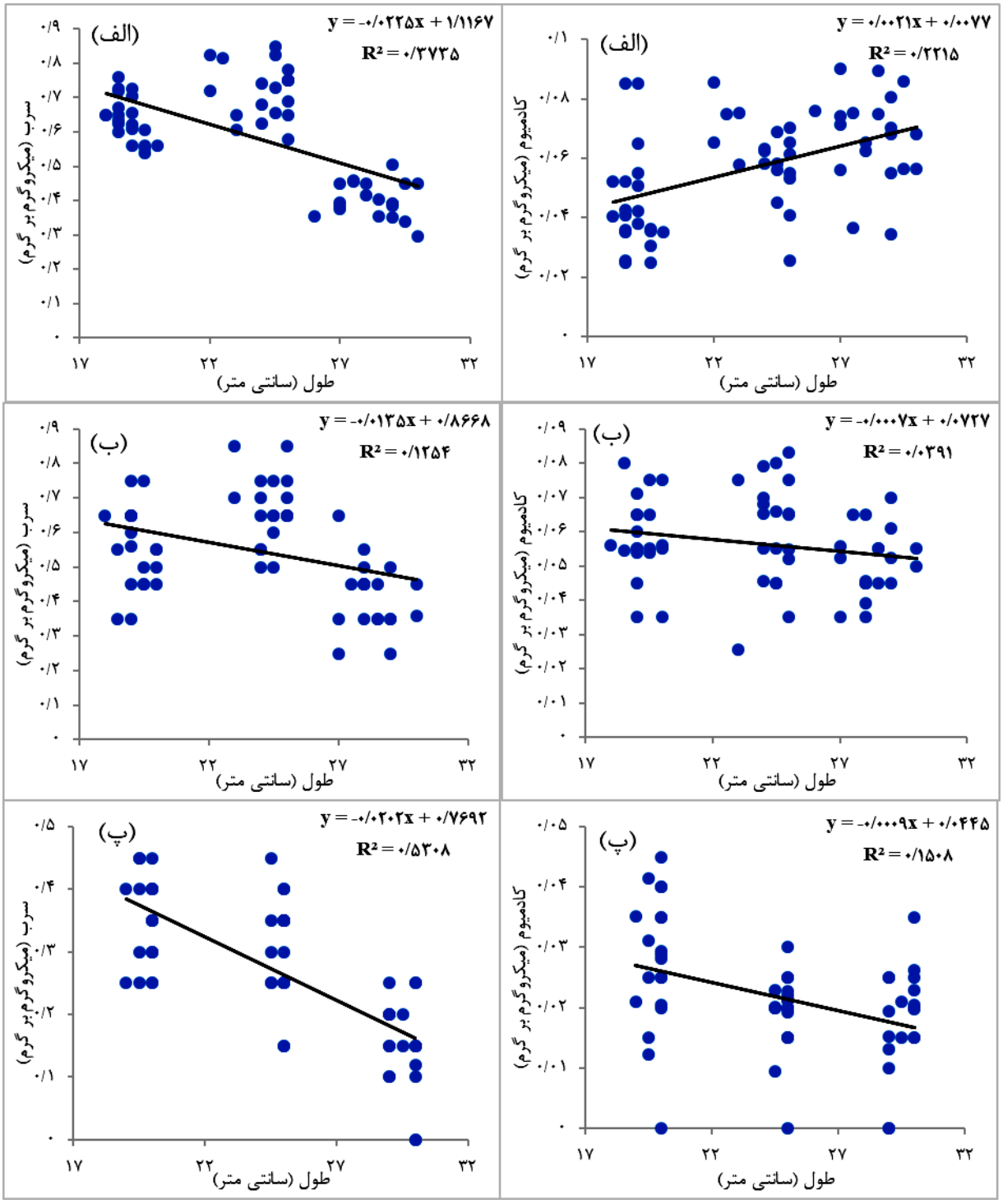
برای ماهی به‌ندرت فراتر از حد توصیه شده توسط سازمان غذا و کشاورزی، متوسط سازمان استاندارد بین‌المللی و اتحادیه اروپا فراتر می‌رود و اغلب فراتر از حد توصیه‌شده توسط آژانس حفاظت از محیط زیست ایالات متحده، قانون کنترل آلودگی آب و سازمان بهداشت جهانی بوده است (جدول ۱).



شکل ۲: مقایسه میانگین‌های غلظت‌های فلزات سنگین سرب و کادمیوم بر حسب میکروگرم بر گرم با وزن برحسب گرم (الف) و طول بر حسب سانتی‌متر (ب) ماهی سرخو معمولی در سه منطقه (۱: بندرجاسک، ۲: بندرعباس و ۳: بندرلنگه) مورد مطالعه



شکل۳: رابطه بین غلظت فلزات سرب و کادمیوم و وزن بدن ماهی سرخو *L. lohni* در مناطق بندرجاسک (الف)، بندرعباس (ب) و بندرلنگه (پ) (p<۰/۰۵)



شکل۴: رابطه بین غلظت فلزات سرب و کادمیوم و طول بدن ماهی سرخو *L. lohni* در مناطق بندرجاسک (الف)، بندرعباس (ب) و بندر لنگه (پ) (p<۰/۰۵)

جدول ۱: مقایسه میزان غلظت فلزات سنگین (میکروگرم برگرم) در مناطق مورد مطالعه بر وزن ماهی سرخوی معمولی (*Lutjanus lohni*) با غلظت‌های مجاز بین‌المللی

	بندرجاسک (تحقیق حاضر)	بندرعباس (تحقیق حاضر)	بندرلنگه (تحقیق حاضر)	EUROPEAN UNION*	MEDIAN INTERNATIONAL STANDARD*	FAO*	USEPA*	WHO*	WPCL*
سرب	۰/۲۶۸ ±۰/۱۱۲	۰/۵۴۴ ±۰/۱۴۵	۰/۵۸۵ ±۰/۱۴۸	۰/۲	۰/۲	۰/۵	۰/۱۱	۰/۰۱	۰/۰۵
کادمیوم	۰/۰۲۱ ±۰/۰۰۹	۰/۰۵۶ ±۰/۰۱۳	۰/۰۵۷ ±۰/۰۱۷	۰/۰۵	۰/۳	۰/۵	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۳

EUROPEAN UNION (اتحادیه اروپا): ۲۲، ۲۳، ۲۴؛ MEDIAN INTERNATIONAL STANDARD (متوسط سازمان استاندارد بین‌الملل): ۲۲، ۲۳، ۲۴؛ FAO (سازمان خواربار و کشاورزی سازمان ملل: ۲۵؛ USEPA (سازمان حفاظت از محیط زیست ایالات متحده آمریکا): ۲۶؛ WHO (سازمان بهداشت جهانی): ۲۶؛ WPCL (قانون کنترل آلودگی آب): ۲۶.

بحث

یکی از تأثیرات عمده آلودگی دریا، آلودگی ماهی‌ها است که به‌دلیل اثرات نامطلوب بالقوه بر سلامت انسان، به موضوعی نگران کننده تبدیل شده است (۲۷). نتایج حاصله حاکی از آن است که غلظت عناصر سرب و کادمیوم در بافت عضله ماهی *L. lohni* در مناطق بندرعباس، بندرجاسک و بندرلنگه با اندازه بدن (طول کل و وزن کل) در روند تجمع غلظت عناصر بی‌تاثیر و ضریب همبستگی منفی نشان می‌دهد ($p>۰/۰۵$). باید در نظر داشت که بالا بودن غلظت این فلزات در بافت ماهیچه می‌تواند از تمایل این فلزات به تجمع در بافت‌های پرتحرک آبزیان باشد (۱). به‌علاوه تجمع زیستی فلزات سنگین در موجودات آبزی عمدتاً به ظرفیت موجودات زنده برای هضم فلزات و هم‌چنین غلظت چنین فلزی در بدنه آبی، رسوبات و عادات تغذیه خاک اطراف این موجودات وابسته است (۴، ۱۲). نتایج یک مطالعه غلظت فلزات سنگین (مس، نیکل، آهن، کادمیوم، سرب، روی و جیوه) را در قسمت‌های مختلف پنج گونه ماهی به نام‌های *S. aurita*، *E. encrasicolus*، *S. colias*، *B. auritus* و *P. bellottii* بررسی شده نشان داد که غلظت‌های کادمیوم و سرب در همه گونه‌های ماهی مورد تجزیه و تحلیل کمتر از حد تشخیص مربوطه برای خطرناک بودن برای سلامتی انسان به همراه داشته است (۲۷). براساس وزن، میانگین غلظت فلز سرب (برحسب میکروگرم بر گرم) در ماهیچه ماهی به‌ترتیب برای مناطق جاسک (۰/۲۶۸ ±۰/۱۱۲)، بندرعباس (۰/۵۴۴ ±۰/۱۴۵) و بندرلنگه (۰/۵۸۵ ±۰/۱۴۸) رو به افزایش بوده و اختلاف معنی‌داری در ۳ منطقه دیده شده است. برای فلز کادمیوم نیز غلظت (برحسب میکروگرم بر گرم) اندازه‌گیری شده برای ۳ منطقه متفاوت بوده و در منطقه بندرجاسک (۰/۰۲۱ ±۰/۰۰۹) در مقایسه با دیگر منطقه‌های بندرعباس (۰/۰۵۶ ±۰/۰۱۳) و بندر لنگه (۰/۰۵۷ ±۰/۰۱۷) بسیار پایین گزارش شده است. Sarkar و همکاران، مطالعه‌ای به‌منظور ارزیابی محتوای فلزات سنگین و ترکیب تغذیه‌ای برخی از خوراک ماهی‌های تجاری منتخب مورد استفاده در بنگلادش انجام شد. غلظت عمده فلزات سنگین جمع‌آوری‌شده مورد تجزیه و تحلیل قرار دادند. نتایج نشان داد که خوراک حاوی تعدادی فلزات سنگین به نسبت‌های مختلف است. بالاترین غلظت (میلی‌گرم بر کیلوگرم) فلزات سنگین مانند سرب (Pb)، کادمیوم (Cd)، کروم (Cr)، مس (Cu) و روی (Zn) در نمونه‌های خوراک ماهی ۰/۱۸۹، ۰/۰۲۷، ۱/۰۲۳، ۰/۳۰۳ و ۱/۴۶۸ بود (۲۸). باید درنظر گرفت میزان آلودگی دریاها از نظر کمیت و نوع آلاینده‌های انباشته شده در رسوبات و آب آن‌ها متفاوت است. در مطالعه Zerizghi و همکاران، وضعیت آلودگی فلزات سنگین از قبیل رسوب، روی، کادمیوم، کروم، مس، منگنز، نیکل و سرب بر روی رسوبات و عضله ماهی در مناطق دریایی انجام دادند، به این نتیجه رسیدند سطوح آلودگی کم و خطرات زیست‌محیطی کم را از تمام فلزات کمیاب ارزیابی شد (۲۹). فلزات در شرایط متفاوت محیطی از راه‌های مختلف جذب بدن ماهی می‌شوند. سطوح مختلف بدن ماهی که در تماس با محیط قرار دارند ممکن است محلی برای انتقال رسوب و تجمع فلزات سنگین باشند (۳۰). در تحقیقی توسط Gbogbo و همکاران، تاثیرات فلزات سنگین هفت فلز بر روی گونه ماهی *Brachydeuterus auritus* و گربه ماهی باگرید *Chrysichthys nigrodigitatus* با ارزش تجاری در غرب آفریقا (کشور غنا) انجام دادند. ۴۵ نمونه از هر یک از *C. nigrodigitatus* و *B. auritus* جمع‌آوری شده از سد Weija و Tema Fishing Habour در غنا، برای هفت فلز سنگین با استفاده از طیف‌سنجی جذب اتمی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. سرب و کادمیوم در همه نمونه‌ها کم‌تر از میزان تشخیص بودند درحالی‌که مس در *B. auritus* شناسایی نشد. سطوح فلزات باقی‌مانده (میلی‌گرم بر کیلوگرم) کم‌تر از حد مجاز حداکثر مجاز FAO/WHO در ماهی بود (۳۱). Mahdiabkenar و همکاران، در مطالعه‌ای توالی غلظت فلزات سنگین تحت بررسی در رسوبات سطحی سواحل شمالی دریای عمان در نمونه‌ای به‌دست آمده از رسوبات این مناطق به‌ترتیب به شکل جیوه <کادمیوم<سرب<مس به‌دست آورند (۳۲). بالا بودن غلظت فلزات در مناطق صیادی می‌تواند به‌دلیل تراکم بالای صنایع و حجم بیش‌تر پساب‌های شهری و صنعتی

تخلیه شده به دریا باشد. هم‌چنین وجود کارخانه‌ها در ساحل این منطقه و استفاده از موادشیمیایی ازجمله رنگ‌های صنعتی برای بدنه کشتی‌ها و تخلیه پساب به آب‌ها می‌تواند از دلایل دیگر این امر باشد (۱). در تحقیقات اخیر محققان در مورد ارتباط بین سطوح فلزات سنگین و اندازه گونه ماهی انجام داده‌اند مشخص گردید که بین غلظت فلزات‌سنگین و اندازه بدن (طول و وزن بدن) در آبشش، کبد و ماهیچه همبستگی مثبت مشاهده شده است. در بین ماهی‌هایی که شرایط محیطی مشابهی دارند، سطح تجمع زیستی با توجه به مکان متفاوت است. به‌طورکلی، هر گونه تغییر در تجمع عناصر فلزات سنگین در آبزی می‌تواند به‌دلیل تاثیرگذاری عوامل مختلفی از قبیل نوع عنصر، نوع آبزی، بافت، جنسیت، وزن و سن آبزی، عادات غذایی و دیگر عوامل باشد (۳۰). فلزات‌سنگین در بافت‌ها/ اندام‌های مختلف الگوی نامنظمی را با توجه به تجمع زیستی نشان می‌دهند (۳۲). نتایج حاصل از تحقیق و پژوهش حاضر نشان می‌دهد که غلظت سرب در ماهی *L.lohni* با افزایش طول و وزن ماهی کاهش می یابد که این رابطه را می‌توان به عادت تغذیه‌ای ماهی *L. lohni* نسبت داد (۳۳، ۳۴).هم‌چنین با توجه به نتایج حاصل، میزان تجمع فلزات سنگین سرب و کادمیوم در گونه مورد بررسی متفاوت، اما بالاتر از حد استاندارد بود، از آن‌جایی‌که توانایی موجودات برای جذب، تجمع، برداشت یا سم‌زدایی فلزات‌سنگین به‌طور اساسی با هم فرق می‌کند. ۳ گونه ماهی (*Carassius auratus*، *Pelteobagrus fulvidraco*، و *Squaliobarbus curriculus*) از رودخانه Xiang در نزدیکی شهر چانگشا درجنوب چین جمع‌آوری شد. طی این گزارش غلظت فلزات سنگین ازجمله آرسنیک (As)، کادمیوم (Cd)، مس (Cu)، آهن (Fe)، منگنز (Mn)، سرب (Pb) و روی (Zn) در ماهیچه، آبشش و کبد سه گونه با استفاده از روش طیف‌سنجی جرمی پلاسما جفت‌شده القایی تعیین شد. کبد به‌دلیل پروتئین‌های متالوتیونین، کادمیوم و مس را انباشته می‌کند. سطوح بالای منگنز و سرب در آبشش نشان داد که مسیر اصلی جذب این فلزات سنگین از آب است. گونه‌های گوشت‌خوار، *P. fulvidraco*، دارای بالاترین سطوح عناصر سمی (As، Cd و Pb) بودند، درحالی‌که غلظت‌های نسبتاً بالایی از عناصر مغذی (مس، آهن، منگنز و روی) در گونه‌های *C. auratus* و *S. curriculus* انباشته شد. با توجه به نتایج تجزیه و تحلیل همبستگی پیرسون، روابط معنی‌داری کمی در سطح ۰/۰۱ درصد بین غلظت عناصر تجزیه و تحلیل شده و اندازه ماهی وجود دارد. نتایج ارزیابی خطر نشان داد که قرارگرفتن در معرض فلزات‌سنگین سمی ناشی از مصرف ماهیچه ماهی هیچ خطری برای سلامتی غیر سرطان‌زا برای ساکنان محلی نداشته است (۳۵). قرار گرفتن مزمن در معرض فلزات سنگین از طریق مصرف مواد غذایی می‌تواند باعث ایجاد انواع مختلف بیماری شود. مشخص شده است که قرار گرفتن در معرض مزمن با کادمیوم باعث آسیب جدی به کلیه، کبد و استخوان می‌شود (۳۲). با این‌حال، بررسی دقیق توسط Izah و Srivastav وضعیت بیماری بالقوه ناشی از فلزات سنگین ازجمله آرسنیک و سایر فلزات سنگین مانند جیوه، سرب، کادمیوم، آهن، کبالت، منگنز، کروم، نیکل، روی و مس نیز به‌طور جامع مستند شده است (۳۶). سایر مطالعات اثرات نامطلوب فلزات‌سنگین را بر انسان بیان کرده‌اند (۳۳، ۳۷، ۳۸، ۳۹، ۴۰، ۴۱). علاوه بر این، وجود تفاوت معنی‌داری بین میزان غلظت عناصر سنگین در گونه‌ها و مناطق مختلف می‌تواند به‌دلیل کاربرد مدیریتی مختلف، شرایط محیطی، تخلیه فاضلاب‌ها، وجود کارخانه‌های صنعتی و فعالیت‌های آبزی‌پروری در مناطق باشد (۴۲). مطالعات نشان داده که اقدامات کافی توسط تولیدکنندگان خوراک ماهی تجاری برای اطمینان از کیفیت تغذیه‌ای خوراک و هم‌چنین جلوگیری از آلودگی خوراک با فلزات سنگین باید انجام بشود. در غیر این صورت، ماهی و انسان، مصرف‌کننده نهایی، ممکن‌است مستعد جذب و تجمع فلزات سنگین ارزیابی شده باشند (۲۸). به‌طورکلی پایش مستمر فلزات سنگین در دریاها به‌منظور اطمینان از ایمنی موجودات آبزی و انسان‌هایی که به‌شدت به منابع آبی متکی هستند، ضروری است. فلزات‌سنگین در قسمت‌های مختلف بدن ماهی‌ها (شامل روده، آبشش، باله، روده و ماهیچه‌ها/بافت‌ها) انباشته می‌شوند. با این‌حال، فلزات سنگین ازجمله سرب، کروم، کادمیوم، منگنز و آهن اغلب از حد مجاز توصیه شده توسط سازمان غذا و کشاورزی/سازمان بهداشت جهانی، متوسط سازمان استاندارد بین‌المللی و اتحادیه اروپا فراتر می‌روند. مصرف فلزات سنگین در مدت زمان طولانی می‌تواند اثرات مرتبط با سلامتی داشته باشد. با توجه به تجمع‌پذیری فلزات سنگین در قسمت‌های مختلف بدن آبزی، توصیه می‌گردد که ارزیابی دقیق تأثیر محیطی بر روی فعالیت‌های انسانی انجام شود و اثرات منفی شناسایی‌شده و اقدامات کاهشی بالقوه انجام شود.

منابع

1. **Kooseg, N., Rahmani, A., Kamrani, E., Taherizadeh, M.R. and Alinia, M., 2013.** Body Size Relationship with the Accumulation of Lead in Mudskipper *Periophthalmus waltoni* in Northern Persian Gulf. Journal of Oceanography. 4(15): 1-9. (In Persian)
2. **Ture, M., Kilic, M.B. and Altinok, I., 2020.** Relationship Between Heavy Metal Accumulation in Fish Muscle and Heavy Metal Resistance Genes in Bacteria Isolated from Fish. Biological Trace Element Research. 1-9.
3. **Diarra, I. and Prasad, S., 2021.** The current state of heavy metal pollution in Pacific Island Countries: a review. Applied Spectroscopy Reviews. 56(1): 27-51.

4. **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): 59-67.
5. **Ganjavi, M., Ezzatpanah, H., Givianrad, M.H. and Shams, A., 2010.** Effect of canned tuna fish processing steps on lead and cadmium contents of Iranian tuna fish. Food chemistry. 118(3): 525-528.
6. **Saei-Dehkordi, S.S., Fallah, A.A. and Nematollahi, A., 2010.** Arsenic and mercury in commercially valuable fish species from the Persian Gulf: influence of season and habitat. Food and Chemical Toxicology. 48(10): 2945-2950.
7. **Koosej, N., Jafariyan, H., Rahmani, A. and Gholipoor, H., 2020.** Potential health risk assessment of some heavy metals (lead, Nickel, Zink, Copper and Iron) in muscle of Silago Sihama in Qeshm, Khamir Port and Pol Port, Hormozgan. Journal of Applied Ichthyological Research. 8(1): 48-57. (In Persian)
8. **Liu, M., Xu, Y., Nawab, J., Rahman, Z., Khan, S., Idress, M., Ali, A., Ahmad, R., Khan, S.A., Khan, A. and Khan, M.Q., 2020.** Contamination features, geo-accumulation, enrichments and human health risks of toxic heavy metal (loids) from fish consumption collected along Swat river, Pakistan. Environmental Technology & Innovation, 17, p: 100554.
9. **Okati, N., Amini, M. and Etemadi, H., 2020.** Bioaccumulation of Heavy Metals (Cadmium, Lead and Nickel) in Blue Swimming Crab (*Portunus pelagicus*). Journal of Animal Environment. 11(4): 305-312. (In Persian)
10. **Rahimi, E. and Raeisi, M., 2009.** Determination of lead and cadmium residual in meat of fishes caught from Choghakhor Lagoon in Chaharmahal and Bakhtiary Province.
11. **Kumar, B., Mukherjee, D.P., Kumar, S., Mishra, M., Prakash, D., Singh, S.K. and Sharma, C.S., 2011.** Bioaccumulation of heavy metals in muscle tissue of fishes from selected aquaculture ponds in east Kolkata wetlands. Annals of Biological research. 2(5): 125-134.
12. **Moselhy, M., Othman, A.I. H., Abd El-Azem, H. and ElMetwally, M.E.A., 2014.** Bioaccumulation of heavy metals in some tissues of fish in the Red Sea, Egypt. Egypt. Journal of Basic and Applied Sciences. 1: 97-105.
13. **Kalay, G. and Kalay, C.R., 2003.** Structure and physical property relationships in processed polybutene-1. Journal of applied polymer science. 88(3): 814-824.
14. **Carvalho, M.L., Santiago, S. and Nunes, M.L., 2005.** Assessment of the essential element and heavy metal content of edible fish muscle. Analytical and Bioanalytical Chemistry. 382(2): 426-432.
15. **Dugo, G., Lapera, L., Bruzzes, A., Pellicano, T.M. and Lotorco, V., 2006.** Concentration of Cd, Cu, Pb, Se and Zn in cultured sea bass (*Dicentrarchus labrax*) tissue from Tyrrhenian sea and Sicilian sea by derivative stripping Potentiometer. Food Control. 17(2): 146-152.
16. **Haghighatjou, N., Gorgin, S., Hosseini, S.A. and Babanejad, M., 2018.** Investigating the selectivity of gillnet used for catching the Crimson snapper (*Lutjanus johni* Bloch, 1792) by length-girth relationships in the coastal waters of Bandar Abbas. Iranian Scientific Fisheries Journal. 27(1): 11-18. (In Persian)
17. **Sadeghi, S.N., 2001.** Fishes of southern Iran. Naqsh Mehr Publications. 432 p. (In Persian)
18. **Allen, G.R., 1985.** FAO species catalogue: Vol. 6. Snappers of the world: An annotated and illustrated catalogue of Lutjanid species known to date. (No. 6).
19. **Cheraghi, M., Kargar, A., Lorestani, B. and Tabiee, O., 2014.** Determination of cadmium, nickel, lead and vanadium concentrations in white Indian prawn sold in Shiraz town. Journal of Shahrekord University of Medical Sciences. 16(4): 54-61.
20. **Ekpo, F.E. and Ukpong, E.J., 2014.** Assessment of Heavy Metals Concentrations in water, Sediments and some common sea foods *Callinectes amnicola* and *Tympanotonus fuscatus* (crabs and periwinkles) from Uta Ewa Creek of Ikot Abasi, Akwa Ibom State, Nigeria. Global Journal of Applied Environmental Sciences. 4(1): 99-106.
21. **Moopam. 1999.** Manual of oceanographic observations and pollutant analysis methods. 3th ed, Kuwait. 321 p.
22. **Senarathne, P. and Pathiratne, K.A.S., 2007.** Accumulation of heavy metals in food fish, *Mystus gulio* inhabiting Bologoda Lake, Sri Lanka. Sri Lanka J. Aquatic Sci. 12: 61-75.
23. **Senarathne, P., Pathiratne, K.A.S. and Pathlratne, A., 2006.** Heavy metal levels in food fish, *Etroplus suratensis* inhabiting Bolgoda Lake, Sri Lanka. Vidyodaya J. Sci. 13: 115-126.
24. **European Union. 2002.** The Commission of the European Communities, Commission regulation, (EC) No. 22112002 amending regulation (EC) No. 466/2001 setting maximum levels for certain contaminants in food stuff in order to protect public health. Official Journal of the European Communities 7.2.2002, L37/5-L37/6.
25. **Elnabris, K.J., Muzyed, S.K. and El-Ashgar, N.M., 2013.** Heavy metal concentrations in some commercially important fishes and their contribution to heavy metals exposure in Palestinian people of Gaza Strip (Palestine). J. Association Arab Universities Basic Appl. Sci. 13: 44-51.
26. **Salam, M.A., Paul, S.C., Noor, S.N.B.M., Siddiqua, S.A., Aka, T.D., Wahab, R. and Aweng, E.R., 2019.** Contamination profile of heavy metals in marine fish and shellfish. Global Journal of Environmental Science and Management. 5(2): 225-236.
27. **Anim-Gyampo, M., Kumi, M. and Zango, M.S., 2013.** Heavy Metals Concentrations in some selected Fish Species in Tono Irrigation Reservoir in Navrongo, Ghana. J. Environ.Earth Sci. 3(1): 109- 119.
28. **Sarkar, M.M., Rohani, M.F., Hossain, M.A.R. and Shahjahan, M., 2021.** Evaluation of Heavy Metal Contamination in Some Selected Commercial Fish Feeds Used in Bangladesh. Biological Trace Element Research. 1-11.
29. **Botwe, B.O., 2021.** Heavy metal concentrations in five fish species from the Gulf of Guinea and their human health implications. Regional Studies in Marine Science. 44: 101763.
30. **Zerizghi, T., Yang, Y., Wang, W., Zhou, Y., Zhang, J. and Yi, Y., 2020.** Ecological risk assessment of heavy metal concentrations in sediment and fish of a shallow lake: a case study of Baiyangdian Lake, North China. Environmental monitoring and assessment. 192(2): 1-16.
31. **Norouzi, M., Sadeghi, M.M., Bagheri Tavani, M. and Zandavar, H., 2019.** Heavy Metal Accumulation in Tissues of Three Fish Species from the Persian Gulf. Journal of Environmental Science and Technology. 21(6): 197-212. (In Persian)
32. **Mahdiabkenar, A., Yahyavi, M., Bahri, A. and Jafaryan, H., 2018.** Accumulation analysis of Heavy

Metal of lead, Copper, Cadmium and Mercury in muscle tissue of *Cynoglossus arel* fish, brown Seaweed of *Sargassum illicifolium* and sediment from northern coasts of the Oman Sea. Journal of Animal Environment. 10(2): 115-128. (In Persian)

33. **Gbogbo, F., Arthur-Yartel, A., Bondzie, J.A., Dorleku, W.P., Dadzie, S., Kwansa-Bentum, B., Ewool, J., Billah, M.K. and Lamptey, A.M., 2018.** Risk of heavy metal ingestion from the consumption of two commercially valuable species of fish from the fresh and coastal waters of Ghana. PloS one. 13(3): 0194682.

34. **Ahmed, A.S., Rahman, M., Sultana, S., Babu, S.O.F. and Sarker, M.S.I., 2019.** Bioaccumulation and heavy metal concentration in tissues of some commercial fishes from the Meghna River Estuary in Bangladesh and human health implications. Marine pollution bulletin. 145: 436-447.

35. **Ezemonye, L.I., Adebayo, P.O., Enuneku, A.A., Tongo, I. and Ogbomida, E., 2019.** Potential health risk consequences of heavy metal concentrations in surface water, shrimp (*Macrobrachium macrobrachion*) and fish (*Brycinus longipinnis*) from Benin River, Nigeria. Toxicology Reports. 6: 1-9.

36. **Jia, Y., Wang, L., Qu, Z., Wang, C. and Yang, Z., 2017.** Effects on heavy metal accumulation in freshwater fishes: species, tissues, and sizes. Environmental Science and Pollution Research. 24(10): 9379-9386.

37. **Izah, S.C. and Srivastav, A.L., 2015.** Level of arsenic in potable water sources in Nigeria and their potential health impacts: A review. J. Environ. Treat. Techniq. 3(1): 15-24.

38. **Khatun, N., Nayeem, J., Hossain, S. and Kibria, M., 2021.** Heavy metals contamination: possible health risk assessment in highly consumed fish species and water of Karnafuli River Estuary, Bangladesh. Toxicology and Environmental Health Sciences. 13(4): 375-388.

39. **Ali, H. and Khan, E., 2018.** Bioaccumulation of non-essential hazardous heavy metals and metalloids in freshwater fish. Risk to human health. Environmental chemistry letters. 16(3): 903-917.

40. **Izah, S.C., Richard, G., Aigberua, A.O. and Ekakitie, O., 2021.** Variations in reference values utilized for the evaluation of complex pollution indices of potentially toxic elements: A critical review. Environmental Challenges. 5: 100322.

41. **Keshavarzi, B., Hassanaghaei, M., Moore, F., Mehr, M.R., Soltanian, S., Lahijanzadeh, A.R. and Sorooshian, A., 2018.** Heavy metal contamination and health risk assessment in three commercial fish species in the Persian Gulf. Marine pollution bulletin. 129(1): 245-252.

42. **Orangi, M.A., Rahmani, A., Mohaddesi, A. and Koosej, N., 2021.** Investigation of accumulation of heavy metals lead, nickel, zinc, iron and copper in the muscle tissue of *Liza klunzingeri* and determination of risk index due to its consumption in Hormozgan. Journal of Animal Environment. 13(3): 293-300. (In Persian)