

ارزیابی میزان تجمع فلزات سنگین در بافت های عضلانی میگوی وحشی و پرورشی گونه ببری سبز (*Penaeus semisulcatus*) در سواحل استان بوشهر

- خلیج فارس ایران

صبا علی محمدی^۱، داریوش آزادیکخواه^{۲*}، رامین مناف فر^۳

۱- دانش آموخته دکترای عمومی دامپزشکی، دانشکده دامپزشکی، واحد ارومیه، دانشگاه آزاد اسلامی، ارومیه، ایران.

۲- گروه پاتوبیولوژی، دانشکده دامپزشکی، واحد ارومیه، دانشگاه آزاد اسلامی، ارومیه، ایران.

۳- گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران.

دریافت: ۱۴۰۲/۰۶/۰۷ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۱۰/۱۰

چکیده مبسوط

زمینه و هدف مطالعه: با توجه به اهمیت بررسی آلودگی های مربوط به فلزات سنگین در آبزیان خوراکی مطالعه حاضر با هدف بررسی اثرات تجمع فلزات سنگین (سرب، کادمیوم، نیکل، مس و کروم) در میگوهای وحشی و پرورشی گونه ببری سبز (*Penaeus semisulcatus*) در سواحل استان بوشهر-خلیج فارس ایران صورت پذیرفت. **مواد و روش ها:** بدین منظور از میگوهای ۶ ایستگاه استان بوشهر به ترتیب، میگو دریایی و پرورشی دیر-کنگان، میگوی دریایی و پرورشی دلوار-بوشهر و میگوی دریایی و پرورشی گناوه نمونه برداری شده و فلزات سنگین آنها مورد ارزیابی قرار گرفتند. **نتایج:** بر اساس نتایج بدست آمد آلودگی به فلزات سنگین در مناطق مختلف استان بوشهر به یک میزان نمی باشد. نتایج بدست آمده در مطالعه حاضر بیانگر آن بود که از نظر سرب و کادمیوم در میگوهای بررسی شده اختلاف معنی داری بین مناطق مختلف دیده نشد ($p > 0.05$). بیشترین غلظت نیکل در منطقه دیر کنگان و سپس دلوار دیده شد که اختلاف معنی داری با سایر مناطق وجود داشت ($p < 0.05$). بیشترین میزان کروم در منطقه دلوار و سپس دیر-کنگان مشاهده شد که اختلاف معنی داری با سایر مناطق مشاهده گردید ($p < 0.05$). بیشترین میزان مس نیز در منطقه دیر-کنگان دیده شد که اختلاف معنی داری با سایر گروه ها داشت ($p < 0.05$). نتایج بدست آمده در مطالعه حاضر از نظر حد استاندارد مجاز فلزات سنگین بیانگر آن بود که میزان سرب و کادمیوم کمتر از حد مجاز ولی میزان نیکل، کروم و مس بیش از حد مجاز بودند. **نتیجه گیری:** بر اساس نتایج حاصله از این بررسی اندازه گیری دوره ای فلزات سنگین در گونه های مختلف آبزیان خلیج فارس توصیه می گردد زیرا غلظت فلزات سنگین به منظور ارزیابی خطر احتمالی مصرف آبزیان برای سلامت انسان مهم و ضروری می باشد.

کلمات کلیدی: میگو، فلزات سنگین، بافت های عضلانی، بوشهر، خلیج فارس

* نویسنده مسئول: داریوش آزادیکخواه

آدرس: گروه پاتوبیولوژی، دانشکده دامپزشکی، واحد ارومیه، دانشگاه آزاد اسلامی، ارومیه، ایران

پست الکترونیک: dariush.azadikhah@iaau.ac.ir

مقدمه

امروزه یکی از بزرگترین چالش های روبروی جامعه بشری، که به گونه ای جهانی مورد توجه و اهمیت قرار گرفته است مسئله امنیت و سلامت غذایی است. بحران جمعیت از یک طرف و محدودیت منابع اولیه تولیدی از طرف دیگر، منجر به افزایش نگرانی های عمومی در زمینه کیفیت غذا و سلامت افراد جامعه و همچنین حفظ منابع طبیعی گردیده است (Mello, 2003). در این بین مصرف غذاهای دریایی به طور مداوم به عنوان بخشی از یک رژیم غذایی سالم توصیه می شود (World Health Organization, 2011). در مقایسه با گوشت قرمز، غذاهای دریایی مانند میگو پروتئین با کیفیت بالا، اسیدهای چرب غیراشباع و سایر مواد مغذی مانند مواد معدنی، عناصر کمیاب و ویتامین ها را بیشتر فراهم می کنند (Wang et al., 2021). بافت خوراکی میگو یکی از لذیذترین غذاهای دریایی بوده و منبع خوب پروتئین می باشد. میگو از نظر مقایسه ای نسبت به سایر غذاهایی که پروتئین زیادی دارند، مانند گوشت ماهی و گروه ماکیان، میگو کالری کمتری دارد. پروتئین موجود در میگو کیفیت بالاتری داشته و حاوی تمام اسید آمینه های لازم جهت رشد است. پروتئین میگو همانند سایر جانوران دریایی به دلیل نداشتن بافت همبند به راحتی هضم می شود. برای گروههایی از مردم مانند افراد مسن که درجودن و هضم غذا مشکل دارند، غذای حاوی میگو گزینه مناسبی برای تامین پروتئین روزانه آنها است (Aberoumand, 2014). با وجود مزایای گفته شده مانند سایر مواد غذایی مصرف محصولات دریایی نیز

دارای مخاطراتی می باشند که از مهم ترین این موارد می-توان به آلودگی فلزات سنگین در ماهی، میگو و سایر فرآورده های دریایی اشاره کرد. در دهه های اخیر، رشد گسترده جمعیت و توسعه اقتصادی متعاقب آن، آگاهی جهانی را در مورد آلودگی فلزات سنگین به دلیل تداوم، تجزیه ناپذیری و پایداری آنها برانگیخته است (Hossain et al., 2022).

فلزات سنگین به دلیل برخورداری از خاصیت تجمع پذیری، در بافت های مختلف و عدم تجزیه پذیری و نیز مقاومت در برابر تغییرات بیولوژیکی پس از ورود به محیط قادرند در چرخه حیات به حرکت چرخه ای خود ادامه داده و به تدریج در بافت های چرب و نیز در مصرف کنندگان تکامل یافته، ذخیره گردند و از این راه موجب بروز خطرات عدیده سمی، حاد و مزمن و حتی اثرات سوء ژنتیکی شوند (Arisekar et al., 2022). آلودگی فلزات سنگین به دلیل سطح سمیت و میزان تجمع آن به عنوان یک نگرانی مهم زیست محیطی مورد توجه قرار گرفته است (Sahoo & Janaki, 2023). آب، رسوبات و خوراک سه راه اصلی آلودگی میگو به فلزات سنگین هستند (Ahmed et al., 2023). انباشتگی فلزات سنگین که در اثر فاضلاب های صنعتی، شهری و کشاورزی به وجود می آیند معمولاً در مقابل تصفیه شیمیایی مقاوم می باشند (Wang et al., 2021). این گونه فلزات به راحتی می توانند باعث آلودگی زیست محیطی آبزیان به خصوص میگوها شوند که یکی از مهم ترین زنجیره غذایی انسان ها محسوب می شوند (Rojas et al., 2021). آلودگی آب با عناصر فلزی سنگین، منجر به



توکسمی میگوها و سبب کاهش توانایی تولید مثل، تغییر شکل بدن، ناتوانی در فرار از هجوم دشمنان و افزایش حساسیت به عفونت ها، تلفات و مسمومیت مزمن می شود که نتیجه آن عدم توانایی جانور برای ادامه حیات خواهد بود و فلزات سنگین آلاینده های زیست محیطی هستند که مواجهه انسان با بعضی از آنان از طریق آب و مواد غذایی می تواند مسمومیت های مزمن خطرناکی را ایجاد نمایند (Bakia et al., 2018). قرار گرفتن حاد در معرض این فلز سنگین می تواند باعث بی خوابی، تغییرات عصبی عضلانی، سردرد و تغییرات در پاسخ های عصبی شود (Ahmed et al., 2023). خلیج فارس یکی از مهم ترین مناطق تولید نفت و گاز در جهان می باشد که از طریق تنگه هرمز به آبهای بین المللی متصل می شود. وجود ذخایر عظیم موجب توسعه ی فعالیت های مربوط و وابسته به نفت مانند اکتشاف، حفاری و استخراج، پالایش خطوط انتقال نفت در بستر دریا، بارگیری و حمل و نقل توسط نفتکش های غول پیکر و نظایر آن در مناطق ساحلی فلات قاره و همچنین توسعه مناطق ساحلی و جزایر شده است، که عوامل مذکور هر کدام به طور بالقوه منبع آلوده کننده بوده و در شرایط کنونی همواره موجب افزایش بار آلودگی منابع آب خلیج فارس و محیط زیست دریایی شده اند تا جایی که خلیج فارس امروزه یکی از آلوده ترین دریاها محسوب می شود (Anon, 1995). از این نظر حیات آبریان به شدت مورد تهدید قرار می گیرد زیرا خلیج فارس یکی از منابع مهم تامین پروتئین منطقه و جهان به شمار می رود و وجود گونه های متعدد ماهیان و جانوران دریایی، مورد

استفاده توسط انسان به ویژگی های منحصر به فرد این منطقه می افزاید. زمان تعویض آب در این حوضه بین ۳ - ۵ سال است که نشان می دهد آلاینده ها برای زمان قابل ملاحظه ای در خلیج فارس باقی می مانند (Norouzi, 2019). بخش های شمالی خلیج فارس به علت عمق کم، چرخش محدود، شوری و دما بیشتر تحت تاثیر آلاینده ها می باشند (Saeed et al., 1995). در این تحقیق تلاش شده تا با اندازه گیری میزان تجمع فلزات سرب، کادمیوم، نیکل، مس و کروم در میگوهای وحشی و پرورشی، گونه ببری سبز (Penaeus semisulcatus) دریای خلیج همیشه فارس در سایت های بوشهر- دلووار، گناوه و دیر-کنگان بررسی شود. این گونه بعنوان بهترین گونه اقتصادی میگو در خلیج فارس بشمار آمده و هر ساله میزان زیادی از آن هم بصورت صید از دریا و هم بصورت پرورشی به بازار عرضه می گردد (Niameimandi & Moradi, 2010). با توجه به اینکه میگو در رژیم غذایی انسان ها جایگاه ویژه ای دارد، لذا نتایج این تحقیق می تواند راه کارهایی را در جهت استفاده مناسب تر از این ذخیره ارزشمند دریایی ارائه نماید. هدف کلی پژوهش بررسی تجمع و ارزیابی خطر سلامتی فلزات سنگین در بافت عضلانی گونه های میگو پرورشی و وحشی ببری سبز در سواحل بوشهر- خلیج فارس ایران برای شناسایی مشکلات و افزایش عملکرد پایدار در زمینه تولید می باشد.

مواد و روش ها

این تحقیق به منظور مطالعه مقایسه ای میان فلزات سنگین (سرب، کادمیوم، نیکل، مس و کروم) در



میگوهای پرورشی و وحشی گونه میگوی ببری سبز صید شده از سواحل بوشهر به انجام رسید. بدین منظور ۶ ایستگاه (میگودریایی دیر- کنگان، میگوی پرورشی دیر- کنگان، میگوی دریایی دلوار- بوشهر، میگوی پرورشی دلوار- بوشهر، میگوی دریایی گناوه، میگوی پرورشی گناوه) با توجه به اینکه سایت های اصلی صید و پرورش میگو در استان بوشهر می باشند، تعیین و نمونه برداری میگوها از این ایستگاه ها در بهار ۱۴۰۲ صورت گرفت. برای این منظور تعداد ۳۰ نمونه از هر ایستگاه و سرجمع ۱۸۰ عدد میگو به صورت تصادفی جمع آوری شد. نمونه ها درون کیسه های پلاستیکی و داخل جعبه های یونولیت حاوی یخ نگهداری و به آزمایشگاه منتقل شدند.

مقدار ۵ گرم از بافت عضلانی هر نمونه به دقت درون بوته وزن شده ای که قبلا در درون کوره الکتریکی سوزانده شده و سپس سرد گردیده وزن نموده و نمونه های با درصد رطوبت بالا یا مایع را تا مزر خشک شدن یا کاهش حجم در حمام آب جوش یا در آون ۱۰۰ درجه سانتی گراد تبخیر نمودیم. بوته را به کوره الکتریکی با دمای ۶۰۰ درجه سانتی گراد انتقال داده و تا حصول خاکستر سفید رنگ یا خاکستری روشن آن را در کوره نگه داشتیم. اگر رنگ مواد باقی مانده در بوته سیاه باشد آن را با چند قطره آب مرطوب نموده تا املاح آن در آب حل شوند و سپس در آون خشک کرده و مراحل تهیه خاکستر را تکرار کردیم. سپس نمونه را در دسیکاتور سرد و به بوته محتوی خاکستر حدود ۵ میلی لیتر اسید کلریدریک غلیظ افزوده و مخلوط را مدت ۵

دقیقه روی هات پلیت در زیر هود جوشاندیم. در این فاصله برای ثابت نگاه داشتن حجم در صورت نیاز اسید اضافه کردیم. محلول داخل بوته را در یک بشر ریخته سپس بوته را با آب مقطر شستشو داده و به بشر منتقل نموده و حجم آن را به حدود ۱۵ میلی لیتر رسانده و مدت ۱۰ دقیقه روی شعله گاز جوشانده و سپس آن را سرد کرده و از روی پشم شیشه به داخل بالن ژوژه ۱۰ میلی لیتری صاف نمودیم. باقی مانده داخل بشر را با آب مقطر شسته و به بالن ژوژه منتقل کرده، سپس آن را سرد نموده به حجم رساندیم. از محلول خاکستر برای اندازه گیری هر یک از مواد معدنی استفاده کردیم. با رقیق کردن محلول ذخیره، محلول هایی با غلظت متفاوت از عناصر مختلف تهیه نموده و دقت کردیم که غلظت های مورد استفاده در محدوده وسعت عمل دستگاه به صورت خطی و متناسب با مقدار عنصر مورد نظر در عصاره نمونه باشد. در نهایت برای اندازه گیری نمونه، دستگاه طیف سنج اتمی را مطابق دستور العمل کارخانه سازنده آن تنظیم کرده و طول موج اندازه گیری عنصر مورد نظر را روی دستگاه انتخاب نمودیم. ابتدا دستگاه را با محلول استاندارد که حاوی صفر میلی گرم در لیتر از عنصر مورد نظر می باشد روی صفر تنظیم کرده و سپس شدت جذب هر کدام از محلولهای استاندارد را اندازه گیری کردیم. با همین روش شدت جذب نور محلول خاکستر را اندازه گیری نموده و در مواردی که شدت جذب محلول خاکستر تهیه شده خیلی بالا بود مقدار معینی از آن را با آب مقطر رقیق کرده و اندازه گیری را تکرار کردیم (MOOPAM, 2010).



روش محاسبه نیز به این ترتیب بود که با استفاده از اندازه گیری شدت جذب بر حسب غلظت تهیه نمودیم. منحنی استاندارد بهترین خطی است که بر تمام نقاط به دست آمده منطبق می باشد. از روی شدت جذب محلول خاکستر میزان مواد معدنی موجود در نمونه را به شرح زیر محاسبه نمودیم. اگر غلظت محلول خاکستر رقیق شده از روی منحنی استاندارد برابر $M \text{ ppm}$ ، وزن غذای مورد استفاده برابر با W گرم و حجم خاکستر رقیق شده تا ۱۰۰ میلی لیتر برابر با V میلی لیتر باشد، بنابراین:

$$M/W * V = \% \text{ ماده معدنی در نمونه}$$

$$\text{ppm} = W * 104 / M * V \text{ ماده معدنی در نمونه}$$

از دستگاه جذب اتمی مدل ۶۷۰ ساخت کمپانی Shimatzo ژاپن برای اندازه گیری عناصر استفاده گردید. همچنین کوره الکتریکی مجهز به سیستم برنامه ریزی دمایی مدل FM-20P ساخت شرکت ایران خودساز برای سوزاندن خاکستر استفاده و توزین نمونه ها با ترازوی Sartorius مدل P124S ساخت کشور آلمان صورت گرفت.

در خاتمه هم جامعه آماری شامل ۶ تیمار مختلف از میگوهای اخذ شده از ایستگاه های نمونه برداری بود و همچنین هر تیمار شاهد در ۳ تکرار انجام گرفت. نتایج حاصل با استفاده از بسته نرم افزاری SPSS (22) و روش آنالیز آماری واریانس یک طرفه مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته و مقایسه میانگین ها نیز به وسیله آزمون T تست و چند دامنه دانکن در سطح ۹۵ درصد اطمینان ($P < 0/05$) و نرم افزار Mstat-C انجام شد.

نتایج

نتایج بدست آمده از ۱۸۰ عدد میگوی ببری سبز در مطالعه حاضر به صورت کلی نشان داد که میزان آلودگی در مناطق مختلف استان بوشهر به یک میزان نمی باشد. طبق نتایج بدست آمده در جدول ۱ در مطالعه حاضر بیانگر آن بود که از نظر سرب بیشترین غلظت در میگوی دریایی دلوار- بوشهر بوده و اختلاف معنی داری با سایر مناطق وجود داشت ($p < 0/05$). از نظر غلظت کادمیوم در میگوهای بررسی شده اختلاف معنی داری بین مناطق مختلف دیده نشد ($p > 0/05$). بیشترین غلظت نیکل در منطقه دیر کنگان و سپس دلوار دیده شد که اختلاف معنی داری با سایر مناطق وجود داشت ($p < 0/05$). بیشترین میزان کروم در منطقه دلوار و سپس دیر- کنگان مشاهده شد که اختلاف معنی داری با سایر مناطق مشاهده گردید ($p < 0/05$). بیشترین میزان مس نیز در منطقه دیر- کنگان دیده شد و اختلاف معنی داری بین ایستگاه های مختلف مشاهده گردید ($p < 0/05$). همچنین نتایج بدست آمده در مطالعه حاضر در مقایسه با حد استاندارد مجاز فلزات سنگین طبق جدول ۲ بیانگر آن بود بغیر از فلز کادمیوم که کمتر از حد مجاز می باشد در سایر نمونه های مورد بررسی میزان سرب در سه ایستگاه و نیکل، کروم و مس در تمامی ایستگاه ها بیش از حد مجاز بودند.



جدول ۱: نتایج غلظت فلزات سنگین در بافت عضله میگو بر حسب میلی گرم/کیلوگرم وزن خشک

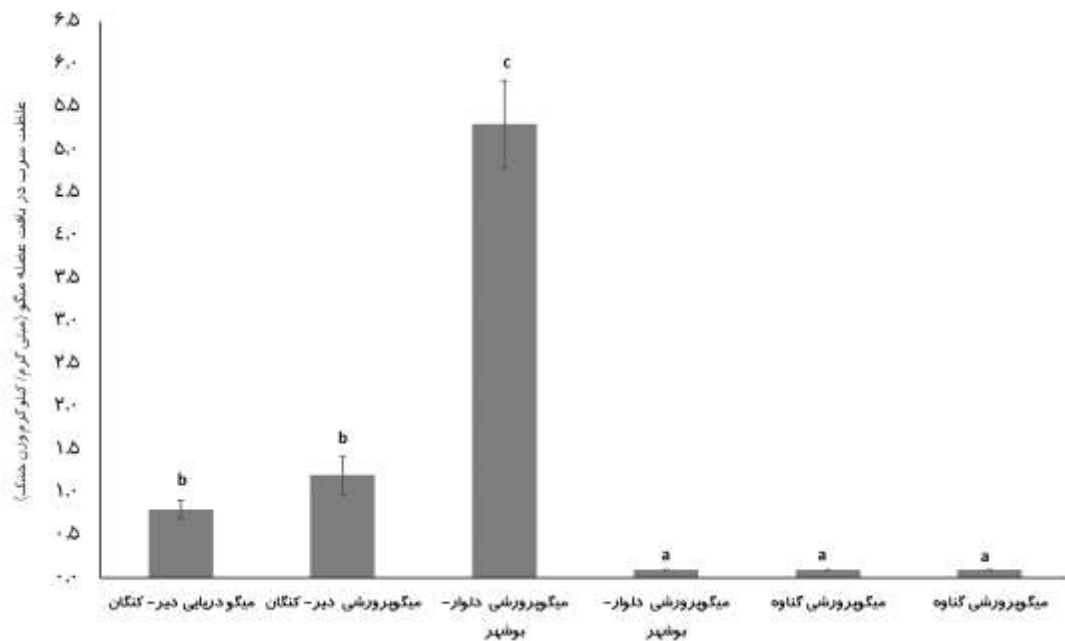
نام ایستگاه	سرب	کادمیوم	نیکل	کروم	مس
میگودریایی دیر-کنگان	۰/۰±۸/۱ ^b	<۰/۱ ^a	۴/۰±۹۹/۵۴ ^c	۶/۰±۸۸/۷۳ ^b	۲۲/۰۶±۸/۰۱ ^c
میگوی پرورشی دیر-کنگان	۱/۰±۲/۲۲ ^b	<۰/۱ ^a	۳/۰±۲۳/۱۹ ^b	۶/۰±۰۶/۴۹ ^b	۹/۳±۵۳/۲۶ ^a
میگوی دریایی دلوار-بوشهر	۵/۰±۳/۵۱ ^c	<۰/۱ ^a	۴/۰±۹۱/۸۲ ^c	۱۱/۱±۹۲/۶۱ ^c	۱۲/۴±۴۸/۳۱ ^b
میگوی پرورشی دلوار-بوشهر	<۰/۱ ^a	<۰/۱ ^a	۲/۰±۷۳/۳۲ ^a	۴/۰±۵۲/۸۴ ^a	۹/۱±۵۲/۲۱ ^a
میگوی دریایی گناوه	<۰/۱ ^a	<۰/۱ ^a	۳/۰±۸۳/۳۱ ^b	۵/۰±۷۷/۶ ^a	۲۸/۵±۴۰/۳۴ ^c
میگوی پرورشی گناوه	<۰/۱ ^a	<۰/۱ ^a	۴/۰±۴۷/۵۱ ^c	۵/۰±۴۵/۲۳ ^a	۱۳/۳±۰۴/۹۸ ^b

*حروف همسان نشان دهنده عدم اختلاف آماری معنی دار بین ایستگاه‌ها است.

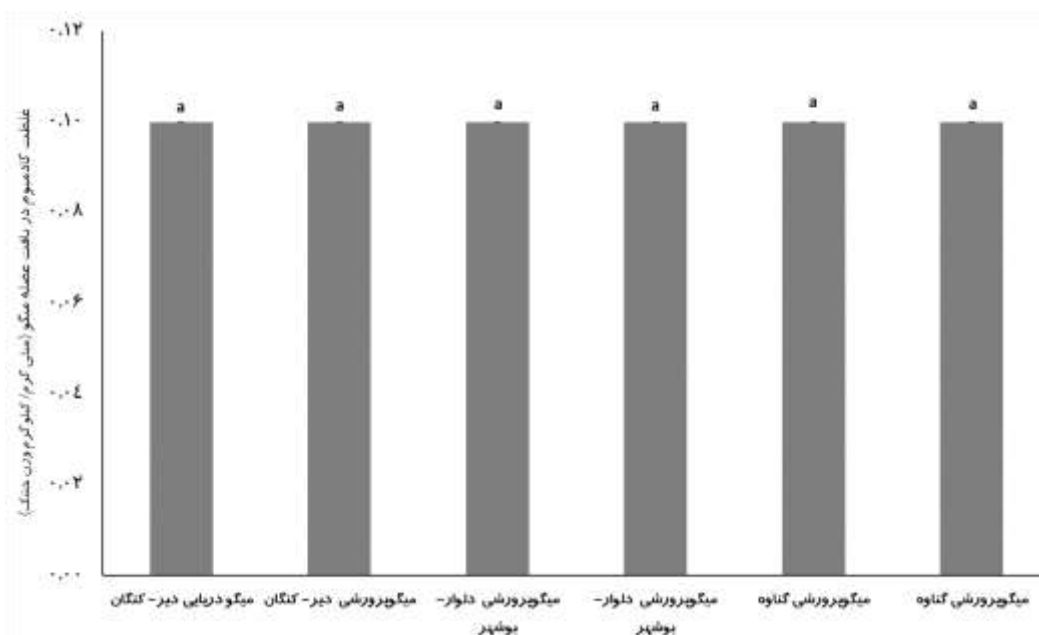
جدول ۲- حداکثر میزان مجاز فلزات سنگین برای مصرف انسان سازمان بهداشت جهانی (WHO) و سازمان خواربار و کشاورزی ملل متحد (FAO). (Biswas et al., 2021)

فلزات سنگین	حداکثر میزان توصیه شده برای مصرف انسان (میلی گرم/کیلوگرم)
سرب	۲
کادمیوم	۱
نیکل	۱
کروم	۰/۰۵
مس	۴

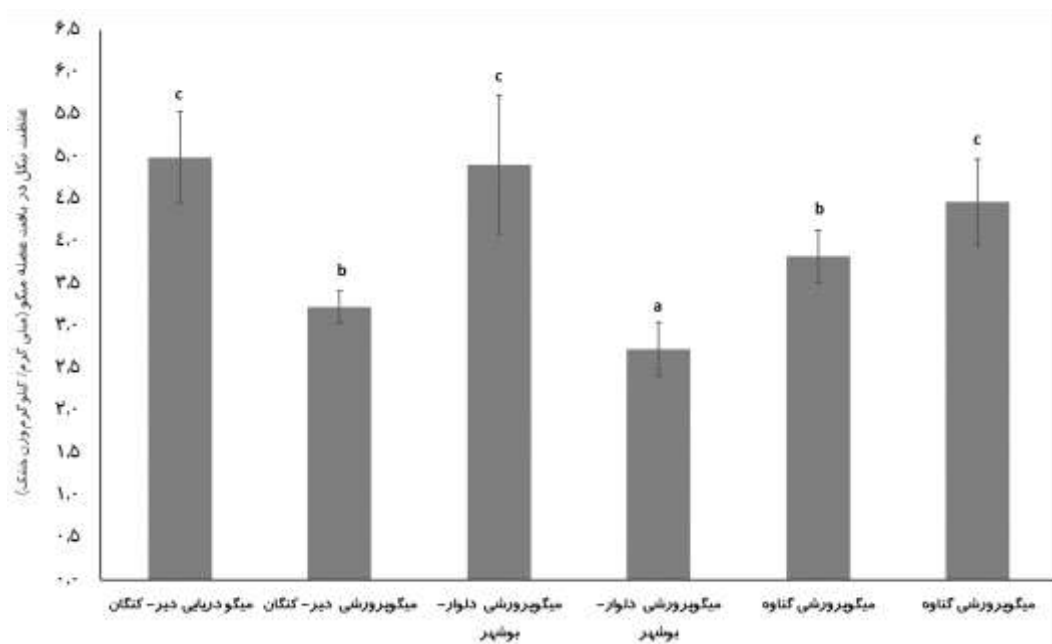
در ادامه نتایج حاصل از بررسی میزان فلزات سنگین سرب، کادمیوم، نیکل، مس و کروم در ایستگاه‌های مورد مطالعه جهت مقایسه بهتر بصورت نمودار (۱ تا ۶) آورده شده است.



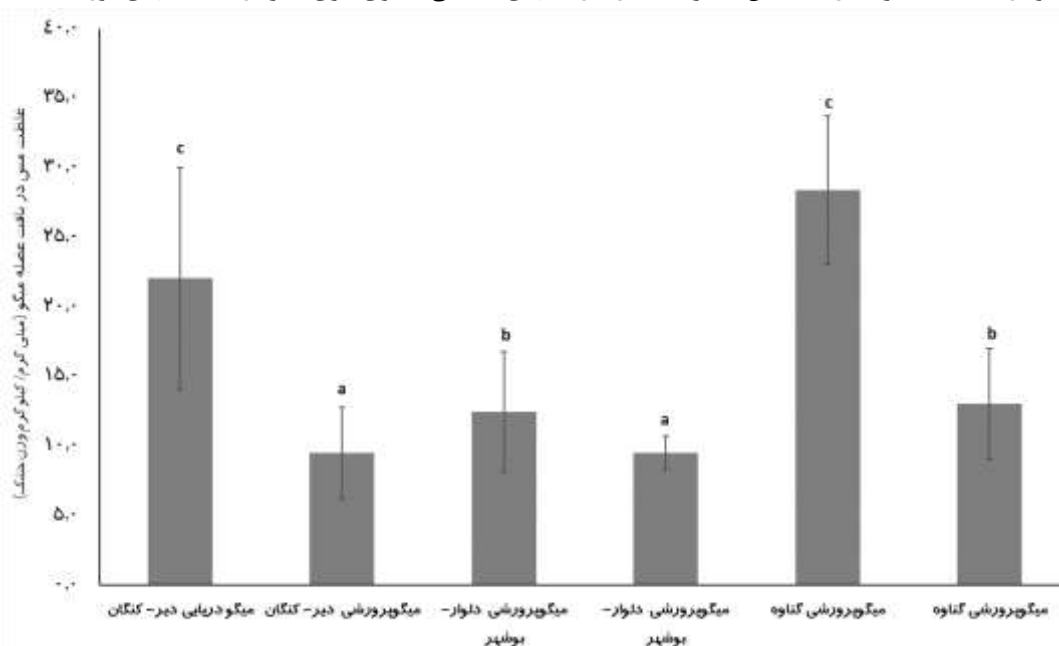
نمودار ۱- غلظت فلز سرب (میانگین $\pm$ انحراف معیار) در بافتهای عضلانی میگوی ببری سبز در ایستگاههای مورد مطالعه



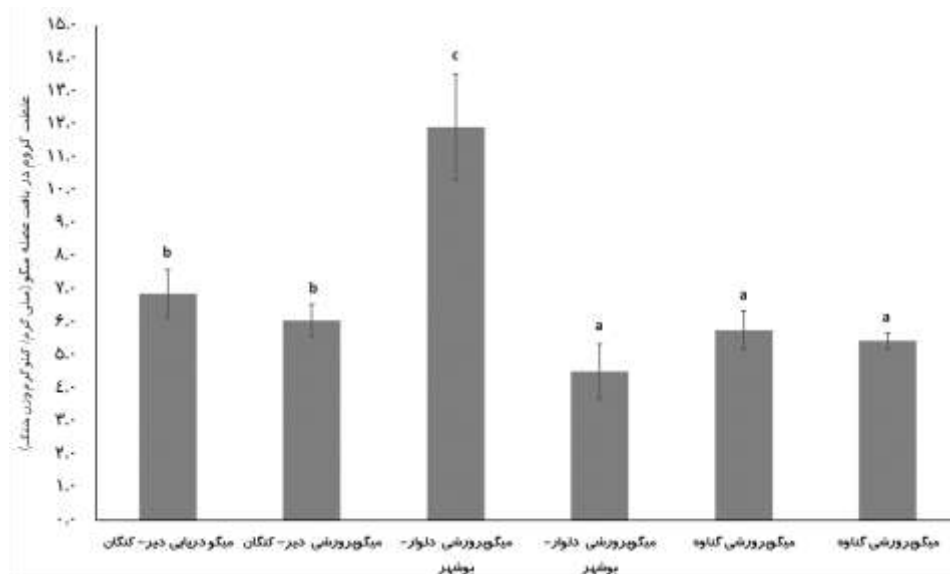
نمودار ۲- غلظت فلز کادمیوم (میانگین $\pm$ انحراف معیار) در بافتهای عضلانی میگوی ببری سبز در ایستگاههای مورد مطالعه



نمودار ۳- غلظت فلز نیکل (میانگین $\pm$ انحراف معیار) در بافتهای عضلانی میگوی ببری سبز در ایستگاههای مورد مطالعه



نمودار ۴- غلظت فلز مس (میانگین $\pm$ انحراف معیار) در بافتهای عضلانی میگوی ببری سبز در ایستگاههای مورد مطالعه



نمودار ۵- غلظت فلز کروم (میانگین $\pm$ انحراف معیار) در بافتهای عضلانی میگوی ببری سبز در ایستگاههای مورد مطالعه

بحث

آلودگی محیط زیست به فلزات سنگین به صورت مشکل جدی در بسیاری از جوامع انسانی قرار دارد. در طی فرآیندی، فلزات سنگین ابتدا در گیاهان، سپس جانوران و بالاخره در بدن انسان تجمع می یابند. به دلیل میل لذا اندازه گیری غلظت این فلزات در جهت تعیین استانداردهای سلامت عمومی و حفاظت از محیط زیست دریایی حائز اهمیت است (Haseeb et al., 2022). از طرف دیگر آگاهی از غلظت فلزات سنگین در آبزیان از نظر سلامت انسان اهمیت دارد (Dural et al., 2007). پس از ورود فلزات سنگین به محیط های دریایی این احتمال به وجود می آید که گونه های آبرزی مقادیری از این فلزات را، از طریق زنجیره غذایی یا از طریق آب از محیط جذب نماید. فلزات سنگین پس از ورود به بوم سامانه های آبی در بافت ها و اندام های آبزیان و از جمله میگوها تجمع می یابند و سرانجام وارد زنجیره غذایی می شوند. از آنجایی که آبزیان بخشی از

ترکیبی این فلزات با آنزیم های بدن انسان، قدرت آنها به میزان زیادی کاهش می یابد. موجودات زنده دریایی آلاینده ها را از محیط جمع می کنند و بنابراین به شکل وسیعی در برنامه های پایش آلودگی ها در محیطهای آبی به کار می روند (Sivaperumal et al., 2007). رژیم غذایی انسان را تشکیل می دهند، این فلزات سنگین می توانند بوسیله تغذیه از میگوهای آلوده وارد بدن انسان گردند (Lakshmanan et al., 2009). تحقیقات گذشته نشان داده است که میزان تجمع فلزات سنگین در بافت های گوناگون بدن میگو متفاوت است و اصولاً فلزات مختلف در اندام خاصی از بدن، که معمولاً از شدت فعالیت های متابولیکی بالاتری برخوردار است، بیش از سایر اندام ها تجمع می یابند، اما نظر به اینکه در میگوها بافت عضلات بخش شکمی نقش مهمی در تغذیه انسانی دارد، لزوم بررسی غلظت آلاینده ها و اطمینان از سالم بودن این قسمت از میگو بیشتر مورد توجه است. نتایج مطالعه حاضر

حاکي از آلودگي ميگوهاي استان بوشهر به فلزات سنگين و غلظت بيش از حد مجاز اين فلزات در بافت ميگوها بود. البته ذکر اين نکته بسيار حائز اهميت است که غلظت فلزات سنگين در نواحی مختلف استان بوشهر تفاوت بسيار با يکديگر داشت، به نحوی که آلودگي در ايستگاه دلووار و کنگان بسيار بيشتر از ساير مناطق بود. شايد توجه است که عبور و مرور نفت کش ها و وجود صنايع نفت از عمده دلايل آلودگي ميگوهاي منطقه به فلزات در بافت عضله ميگو با استانداردهای FDA ، WHO و FAO نشان داد که فلز نیکل موجود در بافت عضله از لحاظ سلامت انسانی از سطح مجاز مصرف انسانی بيشتر بوده و نیاز به نظارت بيشتر دارد (Khoramabadi et al., 2014). نتايج اين مطالعه از نظر آلودگي بالای مزارع پرورش ميگو در منطقه دلووار با يافته های بدست آمده در مطالعه حاضر كاملاً همخوانی دارد. پورباقر و همکاران (۱۳۹۳) در مطالعه ای با بررسی مقدار فلزات سنگين در عضله ميگوی سفيد هندی (*Fennerpenaeus indicus*) گزارش نمودند که میانگين مقدار کادميوم، کروم، مس، آهن، جيوه، منگنز، نیکل، سرب و روی در بافت عضله ميگوی سفيد هندی به ترتيب ۰/۰۷۹، ۰/۱۳۹، ۳/۶۹، ۳/۳۴، ۰/۴۱۳، ۰/۱۴۶، ۰/۱۲۹، ۰/۷۲۴ و ۶/۴۷ میکروگرم بر گرم وزن خشک (جيوه بر حسب میکروگرم بر گرم وزن تر) اندازه گيري شده بوده که فلز روی و کادميوم به ترتيب بيشترين و کمترین غلظت را در بين ميگوهاي مورد بررسی داشتند.

فلزات سنگين است. خرم آبادی و همکاران (۱۳۹۲) در مطالعه ایی به بررسی غلظت فلزات سنگين (مس، روی و نیکل) بافت عضله ميگوی پا سفيد غربی در مزارع پرورشی استان بوشهر پرداختند. نتايج نشان داد که تفاوت معنی داری بين غلظت فلزات روی و نیکل بافت عضله ميگو در سايت های ريگ، حله و دلووار وجود داشت. بيشترين غلظت مس در سايت دلووار، روی در سايت ريگ و نیکل در سايت حله به ترتيب مقایسه نتايج حاصله با حد مجاز تعيين شده توسط سازمان بهداشت جهانی (WHO) در خصوص فلزات سنگين در آبريان، نشان داد که به استثناء نیکل، تمامی فلزات مورد بررسی کمتر از حد مجاز تعيين شده می باشند (Poorbagher et al., 2014). در مطالعه ای ديگر، موحد و همکاران (۱۳۹۲) با بررسی غلظت فلزات سنگين در بافت خوراکی ميگوهاي نمونه برداری شده از آب های سواحل استان بوشهر گزارش نمودند که میانگين غلظت فلزات سنگين سرب، کادميوم، مس و روی در ميگوهاي دریایی مورد بررسی به ترتيب ۲/۳۸، ۹/۲۷، ۰/۴۴ و ۱/۳۴ قسمت در ميليون و جيوه ۲/۸ قسمت در ميلیارد تعيين گردید. همچنين میانگين غلظت فلزات سنگين سرب، کادميوم، مس و روی در ميگوهاي پرورشی به ترتيب ۳، ۹/۸، ۳۷/۴۲ و ۱/۰۰ قسمت در ميليون و جيوه ۲/۷ قسمت در ميلیارد محاسبه شد. اختلاف چندانی در مقادير فلزات سنگين بين دو گروه دریایی و پرورشی مشاهده نگردید. مقادير مجاز با استاندارد ملی ايران برای فلزات سرب، کادميوم، مس و روی به ترتيب ۱، ۰/۱، ۲۰ و ۵۰ میلی گرم در کيلوگرم



وزن تر بافت میگو و در مورد جیوه ۵۰۰ میکروگرم در کیلوگرم وزن تر بافت میگو می باشد. به صورت کلی، نتایج این بررسی نشان داد که غلظت فلزات سنگین روی، مس و جیوه از استانداردهای گزارش شده توسط سازمان بهداشت جهانی (WHO) کمتر بوده و نگران کننده نمی باشد. هر چند میانگین غلظت فلزات سرب و کادمیوم در هر دو نوع دریایی و پرورشی از حداکثر مجاز برای مصارف انسانی بالاتر بوده و نیاز به بررسی و حساسیت بیشتری دارد (Movahed et al., 2013).

فاطمی و همکاران (۱۳۹۵) در مطالعه ای با بررسی مقایسه ای میزان تجمع زیستی فلزات سنگین (نیکل، کادمیوم و سرب) در بافت نرم و پوسته میگو در مزارع پرورش میگوی استان بوشهر گزارش نمودند که میانگین نتایج در عضله و پوسته برای کادمیوم ۰/۲، ۰/۵، سرب ۱/۹۲، ۴/۸۲ و نیکل ۱/۴، ۵/۵ میلی گرم بر کیلو گرم وزن تر بدست آمد. مقایسه نتایج فوق با استانداردهای جهانی نظیر سازمان بهداشت جهانی، وزارت کشاورزی شیلات و غذای انگلستان، انجمن بهداشت ملی و تحقیقات پزشکی استرالیا و اتحادیه اروپا نشان داد که غلظت این فلزات پایین تر از حد مجاز می باشد. از طرفی رابطه خطی معکوس بین میزان تجمع این سه فلز با گذشت زمان در بافت پوسته نشان داده شد. همچنین بین میزان تجمع فلز کادمیوم در بافت عضله با گذشت زمان رابطه خطی معکوس مشاهده شد. اما بین میزان تجمع فلزات سرب و نیکل در بافت عضله با گذشت زمان رابطه خطی مستقیم دیده شد. به علاوه بین میزان تجمع فلزات کادمیوم و سرب در بافت عضله با گذشت زمان رابطه معنی داری

بدست آمد. همچنین بین میزان تجمع فلز کادمیوم در پوسته نیز با گذشت زمان رابطه معنی داری بدست آمد (Fatemi et al., 2016). در مطالعه ای دیگر، شاکر درگاه و همکاران (۱۳۹۲) با بررسی تجمع فلزات سنگین نیکل، وانادیوم، سرب و کادمیوم بر حسب اندازه و جنسیت در میگوی وانامی در مجتمع های پرورش میگوی استان بوشهر گزارش نمودند که میزان تجمع فلز سرب و کادمیوم در هر دو سایت همبستگی مثبت با طول میگو داشته و میزان جذب دو فلز نیز همبستگی مثبت متوسط داشت. میزان تجمع فلز نیکل و وانادیوم در هر دو سایت حله و شیف توسط دستگاه پلاروگراف قابل تشخیص نبود. مقایسه نتایج فوق با استانداردهای جهانی نظیر سازمان بهداشت جهانی نشان می دهد که غلظت فلزات سرب، کادمیوم، نیکل و وانادیوم کمتر از حد مجاز می باشد (Shakerdargah et al., 2013).

اختلاف نتایج دو مطالعه حاضر احتمالاً به دلیل منطقه مورد بررسی می باشد، چنانچه که در مطالعه حاضر مشخص شد، غلظت آلودگی در مناطق مختلف استان بوشهر بسیار متفاوت است و آلودگی در بنادر بزرگ و مناطق دارای تاسیسات نفتی بسیار بیشتر از مناطق دیگر بود. لازم به ذکر است که برای توجیه آلودگی بالای آبریان حوزه آبریز خلیج فارس به فلزات سنگین باید عنوان نمود که فعالیت های اقتصادی در سال های اخیر مانند پالایش نفت خام، تولیدات آلومینیوم و روی، تعمیر و ساخت کشتی، تخلیه و بارگیری انواع مواد معدنی و شیمیایی و غیره در سواحل جنوب کشور ایران شکل گرفته است که این موضوع موجب تشدید بار آلودگی



و تخریب اکوسیستم حساس آب های ساحلی منطقه شده است. لذا شناسایی، اندازه گیری و ردیابی عناصر فلزات سنگین با توجه به اثرات زیان باری که بر اکوسیستم های دریایی و از جمله آبزیان و به تبع آن بر انسان اثر می گذارد از اهمیت ویژه ای برخوردار است.

در مطالعه دیگری؛ مرادی و سلگی (۱۳۹۷) با مطالعه میگوی سفید سرتیز (*Metapenaeus affinis*) سواحل بوشهر از نظر آلودگی به فلزات سنگین آهن، روی، مس، منگنز و نیکل گزارش نمودند که در این تحقیق میانگین غلظت فلزات آهن، روی، مس، منگنز و نیکل در بافت عضله میگو به ترتیب $130/92 \pm 85/05$ ، $65/61 \pm 11/00$ ، $10/20 \pm 4/22$ ، $35/81 \pm 34/29$ میلی گرم بر کیلوگرم وزن خشک به دست آمد. بر اساس یافته ها، غلظت فلزات آهن، روی و مس در مقایسه با استانداردهای جهانی پایین تر بود. میزان فلز نیکل به طور معنی داری در مقایسه با استاندارد FDA بالاتر اما در مقایسه با سایر استانداردها پایین تر بود (Moradi & Solgi, 2019). نتایج بدست آمده در مطالعه حاضر حاکی از آلودگی بالای میگوهای کنگان و گناوه به فلز سنگین مس بود. غلظت فلز مس تنها مربوط به میزان اضافه شده آن به جیره غذایی نیست منابع اصلی مس در مناطق ساحلی را می توان به دلیل فروانی استفاده از جلبک کش استفاده شده در مزارع پرورشی، واحدهای رنگ سازی، رنگهای ضد رسوب استفاده شده کشتیها و قایقهای ماهیگیری، خوردگی خطوط لوله انتقال نفت و گاز و لجنهای نفتی و پسابهای مناطق شهری و کشاورزی عنوان نمود. علاوه بر

غذایمطالب ذکر شده، از علل دیگر وجود غلظت نسبتاً زیاد فلز مس در بافت میگوی استان بوشهر می تواند فعالیت بالای انواع شناورهای سبک و سنگین، رها شدن رنگهای ضد رسوب استفاده شده در لنج ها، قایق ها و سایر شناورهای موجود در آبهای این منطقه باشد، که ممکن است از طریق منبع آب ورودی به مزارع پرورشی وارد شده و در نهایت این ترکیبات نیز به طور مستقیم از آب و یا از رسوبات به آبزی منتقل شود. و چنانچه که در مطالعه حاضر دیده شده غلظت مس در بندر گناوه که یکی از پر رفت و آمدترین بنادر تجاری جنوب کشور می باشد قابل توجه بود.

لازم به ذکر است که نتایج مطالعات متعدد عمدتاً حاکی از آلودگی قابل توجه میگوهای پرورشی جنوب کشور با فلزات سنگین می باشد. شایان توجه است که فلزات سنگین به دلیل برخورداری از خاصیت تجمع پذیری، در بافت های مختلف و عدم تجزیه پذیری و نیز مقاومت در برابر تغییرات بیولوژیکی پس از ورود به محیط قادرند در چرخه حیات به حرکت چرخه ای خود ادامه داده و به تدریج در بافت های چرب و نیز در مصرف کنندگان تکامل یافته، ذخیره گردند و از این راه موجب بروز خطرات عدیده سمی، حاد و مزمن و حتی اثرات سوء ژنتیکی شوند. فلزات سنگین اثرات مختلفی مانند کاهش رشد، تغییر رفتار، تغییرات ژنتیکی و مرگ و میری آبزیان را باعث می شوند. این گونه رفتار سبب زوال زیستی آبزیان می گردد. نابودی یا کاهش گونه ای خاص سبب تغییر در اکوسیستم آب گشته و توازن آن ها را به هم می زند. نتایج بدست آمده در مطالعه حاضر به صورت



معنی داری با سایر گروه ها داشت و تفاوت آن بسیار زیاد و معنی دار بود. نتایج بدست آمده در مطالعه حاضر از نظر حد استاندارد مجاز فلزات سنگین بیانگر آن بود که میزان کادمیوم کمتر از حد مجاز بود. میزان سرب در سه ایستگاه و همچنین میزان نیکل، کروم و مس در تمامی ایستگاه ها بیش از حد مجاز بودند. با توجه به آنکه در مطالعه حاضر غلظت بیشتر فلزات سنگین بیش از حد مجاز اعلام شده است؛ بنابراین در دفعات مصرف این گونه از آبرزی ارزشمند باید دقت لازم مبذول شود تا از بروز مخاطرات ناشی از ورود بیش از حد چنین فلزات سنگینی به مصرف کننده جلوگیری شود.

Accumulation potential of heavy metals at different growth stages of Pacific white leg shrimp, *Penaeus vannamei* farmed along the Southeast coast of Peninsular India: A report on ecotoxicology and human health risk assessment. *Environ Res.* **212**(Pt A):113105.

5. Bakia, M. A., Muzammel Hossaina, Md., Aktera, J., Quraishib, Sh. B., Fajlul Haque Shojib, Md., Atique Ullah, A.K.M., Firoz Khan, Md., 2018. Concentration of heavy metals in seafood (fishes, shrimp, lobster and crabs) and human health assessment in Saint Martin Island, Bangladesh. *Ecotoxicology and Environmental Safety.* **159**: 153-163.DOI: 10.1016/j.ecoenv.2018.04.0.
6. Biswas, ch., Sarmin Soma, S., Rohani, F., Hamidur Rahman, Abul Bashar, Sazzad H., 2021. Assessment of heavy metals in farmed shrimp, *Penaeus monodon* sampled from Khulna, Bangladesh: An inimical to

کلی نشان داد که میزان آلودگی در مناطق مختلف استان بوشهر به یک میزان نمی باشد. و دلایلی منجمله صنایع نفت و گاز، کشتیرانی، پساب های صنعتی و غیره در میزان آلودگی موثر هستند. نتایج بدست آمده در مطالعه حاضر بیانگر آن بود که از نظر کادمیوم اختلاف معنی داری بین مناطق مختلف مورد بررسی دیده نشد. بیشترین غلظت نیکل در منطقه دیر کنگان و سپس دلوار دیده شد که اختلاف معنی داری با سایر مناطق داشت. بیشترین میزان کروم در منطقه دلوار و سپس دیر-کنگان مشاهده شد که اختلاف معنی داری با سایر مناطق داشت. بیشترین میزان مس نیز در منطقه دیر کنگان دیده شد که اختلاف

منابع

1. Aberoumand, A., 2014. Analysis of three shrimps' species and two fresh and canned tuna fishes for determination of nutritive values. *Journal of food science and technology.* **11**.175-182. (In Persian).
2. Ahmed S, Uddin MF, Hossain MS, Jubair A, Islam MN, Rahman M., 2023. Heavy metals contamination in shrimp and crab from southwest regions in Bangladesh: Possible health risk assessment. *Toxicology Reports.***10**: 580-588. DOI: 10.1016/j.toxrep.2023.05.001. PMID: 37213811
3. Anon, T., 1995. Water pollution in the Persian Gulf and Caspian Sea. *Payam-e Darya. Ship Organization Islamic Republic Iran.***32**, pp. 13-20.
4. Arisekar U, Shakila RJ, Shalini R, Jeyasekaran G, Padmavathy P, Hari MS, Sudhan C., 2022.



- 12(3).91-100.
DOR:20.1001.1.20088965.1392.12.
3.9.7. (In Persian).
12. Lakshmanan, R., Kesavan, K., Vijayanand, P., Rajaram, V., Rajagopal, S., 2009. Heavy Metals Accumulation in Five Commercially Important Fishes of Parangipettai, Southeast Coast of India, Advance Journal of Food Science and Technology, Vol.1, pp. 63-65.
13. Manual of oceanographic observations and pollutant analyses methods (MOOPAM)., 2010. Regional Organization for the Protection of the Marine Environment, Fourth edition. Kuwait. 458 P.
14. Mello, D.J.P.F., 2003. Food safety: contaminants and toxins. CABI International Publishing.pp.199-215.
15. Moradi, Z., Solgi, E., 2019. Study of white shrimp (*Metapenaeus Affinis*) from Bushehr coastal with the perspective of contamination by heavy metals Fe, Zn, Cu, Mn, and Ni and risk estimation for consumer. Journal of Animal Research (Iranian Journal of Biology). 31(4).437-448. DOR:20.1001.1.23832614.1397.31. 4.9.1. (In Persian).
16. Movahed A, Dehghan A V, Haji Hosseini R, Akbarzadeh S, Zendehboudi A A, Nafisi Behabadi M., 2013. Evaluation of heavy metals in the tissues of different species of shrimps collected from coastal waters of Bushehr, Persian Gulf Iranian. South Medical Journal (Iran South Med J); **16** (2) :100-109. (In Persian).
- food safety aspects. Heliyon. Volume 7, Issue 3, March 2021, e06587. DOI: [org/10.1016/j.heliyon.2021.e06587](https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e06587).
7. Dural, M., Zia Lugal Goksu M. & Akif Ozak A., 2007. Investigation of heavy metal levels in economically important fish species captured from the Tuzla lagoon. Food Chemistry. **102**:415-421.
8. Fatemi, M., Mashinchyan, A., Afsharnasab, M., Sadralsadat, H., 2016. A Comparative Study of Heavy Metals (Ni, Cd, Pb) Bioaccumulation in Soft Tissue and Shell of Shrimp in Shrimp Farms of Bushehr Province. Journal of Environmental Science and Technology (JEST). **18** (3). 181-186. (In Persian).
9. Haseeb A, Fozia, Ahmad I, Ullah H, Iqbal A, Ullah R, Moharram BA, Kowalczyk A., 2022. Ecotoxicological Assessment of Heavy Metal and Its Biochemical Effect in Fishes. Biomed Res Int. 2022 Nov 26; 2022:3787838.
10. Hossain MB, Tanjin F, Rahman MS, Yu J, Akhter S, Noman MA, Sun J., 2022. Metals Bioaccumulation in 15 Commonly Consumed Fishes from the Lower Meghna River and Adjacent Areas of Bangladesh and Associated Human Health Hazards. Toxics. 2022 Mar 12; **10** (3):139.
11. Khoramabadi, A., Alizadeh doughikollae, E., Mohammadi, M., Eynollahi, F., 2014. Survey Heavy metals concentration (Cu, Zn and Ni) of muscle tissue of *Litopenaeus vannamei* in farms of Bushehr province. Journal of Marine Science and Technology.



- aromatic hydrocarbons in seafood. *Environment International*, **3**, pp. 255-263.
22. Sahoo, M.M., Janaki Ballav Swain, J.B., 2023. Investigation and comparative analysis of ecological risk for heavy metals in sediment and surface water in east coast estuaries of India. 190,114894. DOI: 10.1016/j.marpolbul.2023.114894.
23. Sivaperumal P., Sankar T.V. and Viswanathan Nair P.G. 2007. Heavy metals concentrations in fish, shellfish and fish products from internal markets of India vis-a-vis international standards. *Food Chemistry*. **102**: 612-620.
24. Shakerdargah, E., Pourang, N., Aein Jamshid, K., Vosoghi, G. 2013. Accumulation of Heavy Metals (Cd, Pb, Ni and V) in *L. vannamei* Shrimp (*Litopenaeus Vannamei*) Based on Size and Gender in Bushehr Shrimp Complexes. *Journal of Plasma & Biomarkers*. **6** (3).41-52. (In Persian).
25. Wang S, Li Q, Gao Y, Zhou Z, Li Z.2021. Influences of lead exposure on its accumulation in organs, meat, eggs and bone during laying period of hens. *Poultry Science*. **100** (8):101249. DOI: 10.1016/j.psj.2021.101249. PMID: 34174565.
26. World Health Organization. 2011. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Report of the joint FAO/WHO expert consultation on the risks and benefits of fish consumption, 25-29 January 2011. Rome, Italy.
17. Niameimandi, N., Moradi, G. ۲۰۱۰. Fisheries management of the green tiger prawn (*Penaeus semisulcatus*, De Haan,1844) in Bushehr waters, Persian Gulf. *Iranian Scientific Fisheries Journal*. **19** (1). 149-160. DOI:10.22092/ISFJ.2017.110291. (In Persian).
18. Norouzi, M., Mohammad Mehdi Sadeghi, M.M., Bagheri Tavani, M., Zandavar, H., 2019. Heavy Metal Accumulation in Tissues of Three Fish Species from the Persian Gulf. *Journal of Environmental Science and Technology (JEST)*. **21** (6). 198-212. DOI: 10.22034/JEST.2019.9469.1810 (In Persian).
19. Poorbagher, H., Hosseini, S.V., Khorasani, N., Hosseini, S.M., Delfieh, P. 2014. Heavy Metal Content in Muscles of the Indian White Shrimp (*Fennerpenaeus indicus*). *Journal of fisheries*. **67** (1).13-24. DOI:10.22059/JFISHERIES.2014.50350. (In Persian).
20. Rojas P, Ruiz-Sánchez E, Ríos C, Ruiz-Chow Á, Reséndiz-Albor AA., 2021. A Health Risk Assessment of Lead and Other Metals in Pharmaceutical Herbal Products and Dietary Supplements Containing Ginkgo biloba in the Mexico City Metropolitan Area. *International Journal Environmental Research and Public Health*. **18** (16):8285. Published. doi:10.3390/ijerph18168285. PMCID: PMC8391129.
21. Saeed, T., Al yakoob, S., Al-Hashash, H., Al- Bahloul, M., 1995. Preliminary exposure assessment for Kuwaiti consumers to polycyclic



Evaluation of heavy metal accumulation in the muscle tissues of wild and farmed green tiger shrimp (*Penaeus semisulcatus*) in the coasts of Bushehr province - Persian Gulf – Iran

Saba Alimohammadi¹, Dariush Azadikhah^{2*}, Ramin Manaffar³

1- Graduate of Veterinary medicine, Faculty of Veterinary Medicine, Ur. C., Islamic Azad University, Urmia, Iran.

2- Department of Pathobiology, Faculty of Veterinary Medicine, Ur. C., Islamic Azad University, Urmia, Iran.

3- Department of Fisheries, Faculty of Natural Resources, Urmia University, Urmia, Iran.

Received: 29 August 2025

Accepted: 31 December 2025

Extended Abstract

Introduction: Considering the importance of investigating heavy metal pollution in edible aquatic animals, the present study aims to investigate the effects of heavy metal accumulation (lead, cadmium, nickel, copper and zinc) in wild and farmed shrimps of the green tiger species (*Penaeus semisulcatus*) on the shores of Bushehr province. - The Persian Gulf of Iran took place. **Materials and methods:** For this purpose, from the shrimps of 6 stations of Bushehr province, Deir-Kangan marine and farmed shrimp, Delvar-Bushehr marine and farmed shrimp, and Ganaveh marine and farmed shrimp were sampled and their heavy metals were evaluated. Based on the obtained results, heavy metal pollution is not the same in different areas of Bushehr province. **Results:** The results obtained in the present study indicated that there was no significant difference between different regions in terms of lead and cadmium in the investigated shrimps ($p < 0.05$). The highest concentration of nickel was seen in Deir Kangan region and then Delwar, which was significantly different from other regions ($p < 0.05$). The highest amount of chromium was observed in Delwar region and then Deir-Kangan, which was significantly different from other regions ($p < 0.05$). The highest amount of copper was also seen in Deir-Kangan region, which had a significant difference with other groups ($p < 0.05$). The results obtained in the present study in terms of the standard limit of heavy metals indicated that the amount of lead and cadmium was less than the limit, but the amount of nickel, chromium and copper was more than the limit. **Conclusion:** Based on the results of this study, periodic measurement of heavy metals in different aquatic species of the Persian Gulf is recommended, because it is important and necessary to determine the concentrations of heavy metals in aquatic animal in order to evaluate the possible risk of fish consumption for human health.

Keywords: shrimp, heavy metals, Bushehr, Persian Gulf.

* Corresponding Author: Dariush Azadikhah

Address: Department of Pathobiology, Faculty of Veterinary Medicine, Ur. C., Islamic Azad University, Urmia, Iran.

Email: dariush.azadikhah@iau.ac.ir