سنجش غلظت فلزات سنگین (Ni, Cd, Zn, Pb) در عضله و هپاتوپانکراس میگوی سفید (*Metapenaeus affinis*) در شمال‌غرب خلیج فارس

- **گلناز بهادری**: گروه شیلات، پردیس علوم و تحقیقات خوزستان، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران
- **نگار قطب‌الدین***: گروه شیلات، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران

تاریخ دریافت: شهریور ۱۳۹٤ تاریخ پذیرش: آذر ۱۳۹٤

چکیده

فلزات سنگین از جمله آلاینده‌هایی هستند که به وفور در اثر فعالیت‌های انسانی به محیط زیست دریا وارد می‌شوند. این آلاینده‌ها قابلیت تخریب زیستی نداشته و ممکن است ضمن ورود به بدن آبزیان در آن‌ها تجمع نمایند. در این تحقیق غلظت نیکل، کادمیوم، روی و سرب کل در بافت‌های عضله و هپاتوپانکراس میگوی سفید *Metapanaeus affinis* اندازه‌گیری شد. به این منظور نمونه‌های میگو (۳۵۵ نمونه خور موسی و ۳٤۰ نمونه بحرکان) توسط تور ترال کف در فصل زمستان سال ۱۳۹۲ از ۲ ایستگاه (خور موسی و بحرکان) برداشت شد. جهت تعیین غلظت فلزات سنگین، نمونه‌ها پس از آماده‌سازی و خشک شدن هضم شدند. غلظت نیکل، کادمیوم، روی و سرب در بافت‌های میگو با استفاده از روش جذب اتمی اندازه‌گیری شد. نتایج حاصل از این مطالعه نشان داد، اختلاف معنی‌داری بین میزان انباشت فلزات در خور موسی و میزان انباشت فلزات در بحرکان وجود دارد و بیش‌ترین میزان انباشت فلزات در بافت میگوی سفید در ایستگاه خور موسی مشاهده شد ($P<0/05$) مقایسات میزان غلظت فلزات سنگین مورد ارزیابی در این تحقیق در ایستگاه‌های مختلف نشان داد، میزان تجمع عناصر سنگین در هپاتوپانکراس بیش‌تر از عضله می‌باشد. هم‌چنین ترتیب میزان غلظت فلزات سنگین به‌صورت روی< سرب< نیکل< کادمیوم در هر دو ایستگاه مشاهده شد. میانگین غلظت فلزات سنگین مورد سنجش در بافت عضله از استانداردهای WHO و FDA و Sciortino و Ravikumar and Maff در ایستگاه‌های خور موسی و بحرکان کم‌تر بود.

کلمات کلیدی: فلزات سنگین، *Metapanaeus affinis*، میگوی سفید، خلیج فارس

* پست الکترونیکی نویسنده مسئول: ghothbeddiny۲۰۰۵@gmail.com

مقدمه

در حال حاضر محصولات دریایی نقش قابل توجهی در تأمین غذای مردم جهان دارند و با شناسایی مطلوبیت و برتری غذایی این فرآورده‌ها بر دیگر مواد پروتئینی روز به روز به مصرف آن‌ها افزوده می‌شود (جلالی‌جعفری و آقازاده‌مشگی، ۱۳۸۶). از نکات قابل توجه آلودگی محصولات آبزی به فلزات سنگین می‌باشد، زیرا فلزات سنگین آلاینده‌های پایداری هستند که برخلاف ترکیبات آلی از طریق فرآیندهای شیمیایی یا زیستی در طبیعت تجزیه نمی‌شوند (Clark، ۲۰۱۱) و تغییرات قابل ملاحظه‌ای در چرخه‌های بیوژئوشیمیایی ایجاد کرده و هر یک دارای آثار خاصی در بدن موجودات زنده هستند (شریف‌فاضلی و همکاران، ۱۳۸۴). حضور این آلاینده‌ها در اکوسیستم‌های آبی نتیجه فرآیندهای طبیعی و فعالیت‌های انسانی است (Hamilton، ۲۰۰۳). اکوسیستم‌های آبی پیوسته مواجه با مشکلات ناشی از آلاینده‌هایی هستند که از منابع مختلف مانند فاضلاب‌های صنعتی، پساب‌های کشاورزی و فاضلاب‌های شهری وارد آن‌ها می‌شوند. فلزات سنگین هم‌چنین از طریق منابع‌طبیعی مانند فعالیت‌های زمین‌شناسی وارد آب و زنجیره‌غذایی می‌شوند. فلزات سنگین به‌دلیل قابلیت تجمع زیستی خطرناک می‌باشند (Adedeji و Okocha، ۲۰۱۱). هم‌چنین به علت خاصیت پایداری فلزات سنگین در محیط‌های آبی و تغلیظ زیستی این آلاینده‌ها در بافت‌ها و استخوان‌های موجودات زنده و به‌دلیل عدم دفع بیولوژیک این عناصر غلظت آن‌ها در زنجیره‌های غذایی به سمت راس هرم غذایی افزایش یافته و موجب اثرات سمی و بیماری‌هایی برای موجودات مصرف‌کننده بالای هرم غذایی به خصوص انسان می‌شود (عباس‌زاده، ۱۳۷۴).

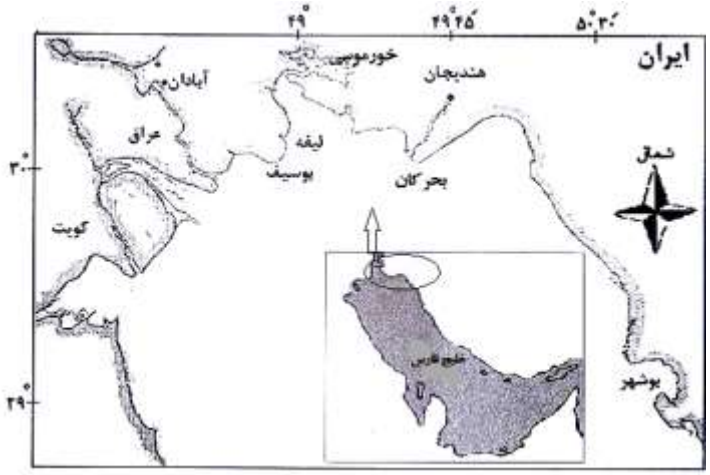
میگو یکی از منابع غذایی مهم برای بسیاری از حیوانات از قبیل ماهی‌ها و وال‌ها و نیز انسان می‌باشد. میگو غنی از کلسیم، ید و پروتئین است. از آن‌جاکه میگوها به‌صورت جانوران کفزی‌اند و دارای تحرک کمی هستند می‌توان از آن‌ها به‌عنوان یک بیواندیکاتور مناسب برای آلودگی ناشی از فلزات سنگین در تحقیقات مختلف استفاده کرد (Yilmazz، ۲۰۰۷). ازجمله تحقیقات انجام شده در این خصوص می‌توان به مطالعه مرتضوی و امینی‌رنجبر (۱۳۸۲) بر روی میگوی سفید هندی و میگوی موزی، مطلبی (۱۳۸۳) به روی میگوی پرورشی سفید هندی، سقلی (۱۳۸۸) در شاه میگوی بومی خزر و میگوی سفید هندی پرورشی، رضایی و همکاران (۱۳۸۴) در رسوبات و عضله میگوی سفید هندی در هرمزگان، (Javaheri Baboli و Velayatzadeh، ۲۰۱۳) بر روی میگوی *Fenneropenaeus merguiensis* در سواحل بندرعباس، اعتدالی و همکاران (۱۳۹۲) بر روی میگوی سفید در منطقه بحرکان، احسانی و رومیانی (۱۳۹۲) در دو میگوی سفید وانامی پرورشی در دو منطقه هندیجان و بوشهر، موحد و همکاران (۱۳۹۲) در بافت خوراکی میگوهای پرورشی، *Penaeus semisulcatus*, *Litopenaeus vannamei* در سواحل بندرعباس و مقایسه آن با نمونه‌های دریایی و مطالعه شیرالی و قطب‌الدین (۱۳۹۴) بر روی میگوی *L. vannamei* در سایت پرورشی چوئبده آبادان اشاره کرد.

ماهشهر تنها شهر ایران است که دارای خور (شاخه‌هایی از دریا که به خشکی منشعب می‌شود) می‌باشد که به آن خور موسی گفته می‌شود و از نظر استراتژیک و اقتصادی بسیار مهم است. ساحل بحرکان ۱۵ کیلومتری جنوب شهرستان هندیجان در استان خوزستان واقع شده است. این منطقه از مناطق مهم صید میگوی صورتی و انواع دیگر میگوهای مرغوب خایج فارس به‌شمار می‌رود. با حفر چاه‌های زیر دریایی، ساخت تاسیسات و اسکله‌های متعدد، حجم عظیمی از نفت، از این منطقه استخراج شده و به سراسر دنیا صادر می‌شود. وجود چنین تأسیساتی و عبور انواع نفتکش‌ها در منطقه، ورود احتمالی انواع آلاینده‌های نفتی را به این ساحل افزایش می‌دهد. در این مطالعه به بررسی میزان غلظت فلزات سنگین (Ni, Cd, Zn, pb) در دو بافت عضله و هپاتوپانکراس میگوی *Metapenaeus affinis* در خور موسی و سواحل بحرکان پرداخته شده است.

مواد و روش‌ها

مطالعه حاضر در دو منطقه مورد نظر واقع در استان خوزستان انجام گردید. منطقه اول شامل بخشی از خورموسی در محدوده مختصات جغرافیایی شرقی″۲۳۲′۰۹ °۴۹ و شمالی″۳۲′۵۶ °۲۹ و منطقه دوم شامل بخشی از بحرکان با مختصات جغرافیایی شرقی″ ۴۳۷ ′ ۵۲ °۴۹ و شمالی ″۷۲۰ ′ ۴۸ °۲۹ انجام گردید. موقعیت تمامی ایستگاه‌ها توسط دستگاه GPS تعیین شد. در شکل ۱ مناطق مورد مطالعه به همراه موقعیت جغرافیایی آن آمده است. پس از انتخاب محل نمونه‌برداری، در هر یک از ایستگاه‌ها (خورموسی و بحرکان) مورد نظر با استفاده از تور ترال عملیات نمونه‌برداری در پاییز ۱۳۹۲ صورت گرفت.

نمونه‌های میگو پس از صید بلافاصله در پلاستیک قرار داده شده و تا هنگام انتقال به آزمایشگاه در یخ نگه‌داری و پس از آن تا زمان شروع عملیات هضم و اندازه‌گیری در فریزر با



شکل ۱: محدوده جغرافیایی مناطق مورد مطالعه در تحقیق حاضر

دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد نگه‌داری شدند. در این مطالعه بافت نرم عضله و هپاتوپانکراس میگوهای صید شده مورد آزمایش قرار گرفتند. در آزمایشگاه ابتدا میگوهای هر ایستگاه را جدا قرار داده و به‌طور دقیق با ترازوی دیجیتال با دقت (۰/۰۱ گرم) توزین و با کولیس طول کاراپاس با دقت (۰/۱ میلی‌متر) اندازه گرفته شد. بعد از جدا کردن بافت عضله و هپاتوپانکراس میگوهای هر دسته (۵ نمونه برای هر ایستگاه)، آن‌ها را در ظروفی که از کاغذ آلومینیومی از قبل آماده شده بود، گذاشته و به‌مدت ۷۲ ساعت در آون با دمای ۶۵ درجه قرار داده شد. نمونه‌ها را پس از گذشت ۲۴، ۴۸و ۷۲ ساعت توزین و پس از رسیدن به وزن ثابت از داخل آون خارج شدند. سپس نمونه‌های خشک شده در هاون چینی قرار داده و خرد کرده به‌طوری‌که به‌صورت پودر درآمدند و جهت هضم شیمیایی آماده شدند. به منظور هضم شیمیایی نمونه‌ها ابتدا با توجه به وزن خشک هر نمونه، مقدار ۰/۵ گرم از آن در ارلن مایر ۱۰۰ میلی‌لیتری ریخته شد. سپس به هر نمونه ۵ سی-سی اسیدنیتریک غلیظ اضافه و دهانه آن با ورقه آلومنیومی پوشانده شد و به‌مدت ۲۴ ساعت نگه داشته شد. سپس از محلول ۳ به ۱ اسیدکلریدریک به اسید نیتریک به‌مقدار ۱۰ میلی‌لیتر اضافه نموده و ظروف را به‌مدت ۴ ساعت بر روی هیتر در دمای ۸۵ درجه قرار داده و محلول حاصل را از کاغذ صافی عبور داده و با آب مقطر دو بار تقطیر به حجم ۵۰ میلی‌لیتر رسانده شد (Moopam، ۱۹۹۹). در پایان محلول جهت قرائت به‌وسیله دستگاه جذب اتمی مدل ۹۹۰- PG Instrument PG آماده شد. در دستگاه از هر نمونه سه بار قرائت شده و میانگین آن ثبت گردید. نتایج براساس آنالیز واریانس یک‌طرفه و دوطرفه برای مقایسه بین فلزات در بافت‌های مختلف و در ایستگاه‌های مختلف و با استفاده از نرم‌افزار SPSS ۱۷ مورد آنالیز قرار گرفته است. وجود یا عدم وجود اختلاف معنی‌دار در سطح اطمینان ٪۹۵ ($p<0/05$) تعیین گردید. در رسم نمودارها و جداول از نرم‌افزار Excel ۲۰۰۷ استفاده شد.

نتایج

نتایج حاصل از زیست‌سنجی میگو از ایستگاه‌های مورد مطالعه در جدول ۱ نشان داده شده است. در این جدول میانگین وزن و طول به‌ترتیب بر حسب گرم و سانتی‌متر محاسبه شده است. میانگین وزنی میگوها در ایستگاه‌های خورموسی و بحرکان به‌ترتیب ۵/۰۸±۳/۰۲ و ۶/۵۰±۳/۱۱ و میانگین طولی کاراپاس میگوها در ایستگاه‌های خورموسی و بحرکان به‌ترتیب ۲/۲۲±۰/۵۲ و ۲/۵۴±۰/۶۳ به‌دست آمد.

جدول ۱: زیست‌سنجی میگوی *M. affinis* در ایستگاه‌های مطالعه حاضر

ایستگاه	تعداد نمونه	تعداد نر	تعداد ماده	میانگین طول کاراپاس(سانتی‌متر)	میانگین وزن(گرم)
خورموسی	۳۵۵	۱۴۶	۲۰۹	۲/۲۲±۰/۵۲	۵/۰۸±۳/۰۲
بحرکان	۳۴۰	۸۰	۲۲۶	۲/۵۴±۰/۶۳	۶/۵۰±۳/۱۱

نتایج حاصل از ارزیابی میزان غلظت عنصر روی در هپاتوپانکراس میگوی *M. affinis* نشان داد، میزان تجمع فلز روی در هپاتوپانکراس میگوی *M . affinis* در ایستگاه خورموسی نسبت به ایستگاه بحرکان بیش‌تر است. هم‌چنین میزان تجمع عنصر روی در عضله خوراکی میگوی *M. affinis* در ایستگاه خورموسی نسبت به ایستگاه بحرکان میزان بیش‌تری داشت. نتایج حاصل از ارزیابی میزان تجمع فلز سنگین سرب در هپاتوپانکراس و عضله میگوی *M. affinis* نیز نشان داد، میزان غلظت سرب در ایستگاه خورموسی نسبت به ایستگاه بحرکان میزان بیش‌تری را به‌خود اختصاص داده است. هم‌چنین با توجه به نتایج ارزیابی غلظت نیکل در هپاتوپانکراس و عضله میگوی*M. affinis* در ایستگاه خورموسی و بحرکان می‌توان اظهار داشت، میزان تجمع فلز روی در میگوی *M. affinis* در ایستگاه خورموسی بیش‌تر بوده است. میزان کادمیوم موجود در هپاتوپانکراس و عضله میگوی *M. affinis* نیز در ایستگاه خورموسی نسبت به ایستگاه بحرکان بیش‌تر گزارش گردید. نتایج حاصل از ارزیابی روابط غلظت فلزات سنگین روی، سرب، نیکل و کادمیوم در جدول ۲ ارایه گردیده است. نتایج حاصل از این مطالعه نشان داد، غلظت روی موجود در هپاتوپانکراس میگوی‌های صید شده در ایستگاه‌های خورموسی و بحرکان با نسبت غلظت روی ذخیره شده در عضله خوراکی میگوی حاضر در ایستگاه‌های مشابه اختلاف معنی‌داری دارد ($p<۰/۰۵$).

هم‌چنین میزان سرب به‌صورت معنی‌داری در هپاتوپانکراس میگوی *M. affinis* صید شده در ایستگاه‌های خورموسی و بحرکان نسبت به عضله خوراکی اختلاف معنی‌داری از خود نشان دادند ($p<۰/۰۵$). میزان نیکل موجود در عضله خوراکی میگوی‌های *M. affinis* صید شده از ایستگاه بحرکان نسبت به سایر موارد در تحقیق نسبت به‌صورت معنی‌داری کم‌تر بود ($p<۰/۰۵$). نتایج ارزیابی میزان غلظت کادمیوم در میگوی سفید ایستگاه‌های خورموسی و بحرکان نشان داد، میزان کادمیوم موجود در عضله این میگو بحرکان، اختلاف معنی‌داری با میزان کادمیوم موجود در هپاتوپانکراس میگوی *M. affinis* صید شده در خورموسی دارد ($p<۰/۰۵$).

جدول۲: ارزیابی روابطه معنی داری عناصر سنگین در بخش مختلف میگو در ایستگاه‌های خورموسی و بحرکان (میلی‌گرم بر کیلوگرم)

فلزات سنگین/ مناطق نمونه برداری	هپاتوپانکراس		عضله خوراکی	
	خورموسی	بحرکان	خورموسی	بحرکان
روی	۴۹/۹۸۸±۳/۸۴ ^{a}	۴۰/۴۴۶±۶/۴۶ ^{a}	۲۷/۵۹۰±۵/۹۸ ^{b}	۱۹/۱۳۳±۲/۰۱ ^{b}
سرب	۳/۸۸۱±۰/۸۶ ^{a}	۳/۸۲۱±۰/۱۸ ^{a}	۱/۷۲۸±۰/۳۹۲ ^{b}	۱/۲۳۰±۰/۳۵ ^{b}
نیکل	۲/۹۳۸±۰/۳۹ ^{a}	۱/۷۴۹±۰/۴۷ ^{a}	۱/۱۳۹±۰/۱۸ ^{a}	۰/۹۲۰±۰/۱۸ ^{b}
کادمیوم	۰/۹۱۱±۰/۱۸ ^{a}	۰/۶۶۵±۰/۱۳ ^{ab}	۰/۳۵۶±۰/۰۷ ^{bc}	۰/۱۵۵±۰/۰۴ ^{c}

روند کلی میزان انباشت عناصر سنگین در بافت‌های مختلف در تمام بافت‌های مورد مطالعه در ایستگاه‌های موجود روی> سرب> نیکل> کادمیوم است.

بحث

در بافت‌های مختلف مورد مطالعه در میگوی سفید در خورموسی و سواحل بحرکان عبارت است از روی> سرب> نیکل> کادمیوم بالاترین میزان مربوط به روی و کم‌ترین آن مربوط به کادمیوم می‌باشد. در مطالعه سقلی (۱۳۸۸) بر روی شاه میگوی دریای خزر و میگوی سفید هندی پرورشی مشخص شد که بین ۴ عنصر سرب و جیوه و کادمیوم و روی، بیش‌ترین میزان مربوط به فلز روی و کم‌ترین مقدار مربوط به فلز جیوه است. در مطالعه رضایی و همکاران (۱۳۸۴) بر روی رسوبات و عضله میگوی سفید هندی در هرمزگان مشخص شد که بین عناصر Cr، Cd و Zn، عنصر روی بیش‌ترین میزان و عنصر کرم و سرب دارای کم‌ترین میزان است. در مطالعه اعتدالی و همکاران (۱۳۹۲) بر روی میگوی سفید در سواحل بحرکان و خوریات موسی مشخص شد که میزان عنصر روی در مقایسه با سایر عناصر (آهن، کادمیوم و نیکل) بالاتر بوده و کادمیوم و نیکل در نمونه‌ها یافت نشد. در مطالعه احسانی و رومیانی (۱۳۹۲) بر روی میگوی سفید و میگوی وانامی پرورشی در دو منطقه هندیجان و بوشهر میزان فلزات سنگین به‌صورت روی> مس> سرب> کادمیوم به‌دست آمد.

روی در مقادیر اندک برای آبزیان ضروری است و به‌عنوان کاتالیزور در ساختار اکژانزیم‌های فعال در سوخت و ساز فعالانه نقش دارند. بیش‌تر تحقیقات در زمینه فلزات سنگین حاکی از آن است که میزان روی در بین فلزات سنگین، دارای بالاترین میزان می‌باشد (Adedejiو Okocha، ۲۰۱۱؛ ولایت‌زاده ،۱۳۸۹؛ Dural و همکاران، ۲۰۰۶). میزان روی در مطالعه حاضر در مقایسه با استانداردهای جهانی (جدول ۴) پایین‌تر می‌باشد. کادمیوم و نیکل فلزات بسیار سمی هستند که هیچ‌گونه عملکرد زیستی در بدن موجودات زنده اعم از ماهیان و انسان ندارند (Merian، ۱۹۹۲). میزان نیکل در مطالعه حاضر نیز در مقایسه به استانداردهای جهانی (جدول ۴) پایین‌تر است.

تفاوت‌های موجود در میزان فلزات در گونه‌های مختلف میگو در مطالعات مختلف می‌تواند مربوط به شرایط جغرافیایی، شرایط محیطی، کیفیت منابع تأمین‌کننده آب، صنایع مجاور در حاشیه ساحلی، مقررات دفع فاضلاب‌ها و پساب‌های صنعتی و کشاورزی، نوع گونه مورد مطالعه، نوع بافت مورد آزمایش و نوع فلز باشد. در مجموع با توجه به قرار گرفتن خورموسی در بالاترین قسمت شمال‌غربی خلیج‌فارس و با توجه به خلاف جهت عقربه‌های ساعت بودن جریان آب در خلیج فارس تمرکز آلاینده‌ها در این منطقه افزایش می‌یابد و از سوی دیگر قرار گرفتن پتروشیمی ماهشهر در خوریات ماهشهر و ورود پساب‌های آن به این مجموعه آبی و تردد زیاد کشتی‌های نفتکش و گازبر سبب افزایش آلاینده‌های مختلف به این خور شده و همان طورکه در نتایج نیز مشخص است، میزان آلاینده‌ها در این منطقه به‌مراتب بالاتر از سواحل بحرکان به‌دست آمده است. وجود برخی از این تفاوت‌ها در غلظت عنصر روی احتمالاً می‌تواند به منطقه زیست نمونه‌ها، اندازه، سن، جنسیت، گونه مورد بررسی و تا حدودی نیز به روش‌های متفاوت هضم شیمیایی نمونه‌ها مربوط باشد. با این حال نتایج این تحقیق با مطالعات Pourang و همکاران (۲۰۰۵) کاملاً هم‌خوانی دارد.

در مطالعه حاضر میزان سرب در ایستگاه خورموسی بیش از ایستگاه بحرکان گزارش گردید. می‌توان منشا وجود سرب را در بنزین شناورها و قایق‌ها نسبت دارد. فعالیت ماهیگیران، هم در رودخانه و هم در منطقه بحرکان و فعالیت‌های مربوط به استخراج و حمل نفت می‌تواند از عوامل آلودگی منطقه به فلز سرب باشد. به‌علاوه وقوع جریان‌های فراچاهنده و افزایش تبخیر می‌تواند از دلایل احتمالی افزایش غلظت سرب باشد.

نتایج این تحقیق نشان داد، میزان نیکل در ایستگاه خورموسی بیش از ایستگاه بحرکان در هپاتوپانکراس و عضله خوراکی میگوی *M. affinis* انباشت کرده است. با توجه به افزایش میزان نیکل در بافت میگوی *M. affinis* نسبت به سایر مطالعات صورت گرفته می‌تواند اظهار داشت، از آن‌جایی‌که فلز نیکل ازجمله عناصر نشان‌دهنده آلودگی نفتی محسوب می‌شود، از این رو افزایش میزان این عنصر نسبت به مطالعات گذشته، می‌تواند نشان‌دهنده افزایش میزان این آلاینده در ناحیه باشد.

میزان کادمیوم در این مطالعه نسبت به سایر عناصر میزان کم‌تری داشت. با این‌حال بیش‌ترین میزان در هپاتوپانکراس میگوی *M. affinis* در ایستگاه خورموسی مشاهده گردید. نتایج مطالعات صفاهیه و محمدی نیز مبین این مسئله بود که در ایستگاه بحرکان میزان غلظت کادمیوم در مقایسه با سایر فلزات از مقدار کم‌تری برخوردار است. کادمیوم از فلزات غیرضروری برای بدن موجودات بوده و دارای منشأ انسانی است. غلظت کادمیوم در مناطق کم عمق بندرعباس (اعماق صفر تا ۵ متری)، که در نزدیکی کانون‌های آلودگی ناشی از فعالیت‌های اجتماعی منطقه بودند، بیش‌تر از مناطق عمیق‌تر که دارای فاصله بیش‌تری از کانون آلودگی‌ها قرار داشته‌اند، بوده است (صفاهیه و محمدی، ۱۳۸۹).

در مطالعه اعتدالی و همکاران (۱۳۹۲) بر روی میگوی سفید در منطقه بحرکان نیز روی بیش‌ترین میزان را در بین فلزات سنگین مورد مطالعه (Zn، Fe، Ni و Cd) به‌خود اختصاص داد و نیکل و کادمیوم در هیچ نمونه‌ای مشاهده نشد. در مطالعه Javaheri Baboli و Velayatzadeh (۲۰۱۳) در سواحل بندر عباس بر روی گونه *Fenneropenaeus mergaieasis* میزان کادمیوم به‌مقدار کم (۰/۰۰۶±۰/۱۷۵) به‌دست آمد.

مسیر عمده جذب نیکل و روی از آبشش می‌باشد که به‌طور عمده نیز در این اندام تجمع می‌کند. مسیر جذب و مکانیسم انتقال آن‌ها به بدن میگو به عوامل مختلف وابسته است که شکل شیمیایی فلز (یونی یا نمک‌های آن‌ها) در تعیین این مسیر بسیار مهم است (جلالی‌جعفری و آقازاده‌مشگی، ۱۳۸۶). جذب فلز کادمیوم از طریق آبشش‌ها بسیار بیش‌تر از جذب از طریق لوله گوارش است. معمولاً بافت عضله دارای پایین‌ترین مقادیر فلزات سنگین در آبزیان است و این عناصر در بافت‌هایی مانند کلیه، کبد و آبشش بیش‌تر تجمع می‌کنند. پایین بودن تجمع فلزات سنگین در بافت عضله، ممکن است به‌دلیل پایین بودن میزان پروتئین‌های باند شونده با فلزات سنگین باشد. به‌نظر می‌رسد

بافت عضله به‌عنوان محل اصلی تجمع فلزات سنگین قلمداد نمی‌شود. در مطالعه رضوی و همکاران (۱۳۹۱) در عضله و پوست میگوی سفید هندی در خلیج فارس (بحرکان) بر روی فلزات سرب، جیوه و کادمیوم مشخص شد که میزان فلزات سنگین در عضله میگو پایین‌تر از پوست است. در مطالعه اعتدالی و همکاران (۱۳۹۲) بر روی میگوی سفید در بافت عضله، آبشش و هپاتوپانکراس در منطقه بحرکان مشخص شد که میزان آهن و روی در هپاتوپانکراس بیش‌تر از سایر بافت‌هاست.

در شمال خلیج فارس تجمع فلزات کادمیوم، مس، روی، نیکل و سرب توسط (Abdolahzadeh و همکاران، ۲۰۱۳) مطالعه شد که نتایج نشان داد که هپاتوپانکراس میگو بیش‌تر از بقیه بافت‌ها در تجمع فلزات سنگین نقش دارد. در مطالعه آن‌ها فلز روی در هپاتوپانکراس گونه *M. affinis* بیش‌تر از فلز مس و نیکل گزارش شد. آن‌ها اعلام کردند که تفاوت در غلظت فلزات مربوط به گونه، اندام و محل نمونه‌گیری بستگی دارد. در مطالعه Wu و Chen(۲۰۰۵) بر روی میگوی *Litopenneus vannamei* نشان داده شد که فلزات سنگین کادمیوم و روی در بافت‌های سخت و ماهیچه‌ها بیش‌تر تجمع می‌کنند.

تفاوت در عادات غذایی آبزیان می‌تواند منجر به سطوح مختلف فلزات سنگین در بافت‌های آن‌ها شود. تحقیقات نشان از آن دارد که در میگوها میزان تجمع کادمیوم در عضله پایین است. رضوی و همکاران (۱۳۹۱) گزارش کردند که در منطقه بحرکان برای میگوی سفید هندی (*Fenneropenaeus indicus*) میزان سرب از کادمیوم در پوست بیش‌تر از عضله است و تفاوت معنی‌دار آماری دارد ($p<0/05$).

از آن‌جایی‌که رسوبات جایگاه مناسبی برای به دام انداختن فلزات سنگین هستند و میگوها بر روی این رسوبات تغذیه می‌کنند پس تعجب‌آور نیست که تجمع آن‌ها در بافت‌های مختلف دیده می‌شود. سخت‌پوستان به‌دلیل تجمع زیستی فلزات سنگین در خود می‌توانند به‌عنوان یک شاخص زیستی در منطقه مورد مطالعه محسوب گردند.

میزان فلزات سنگین کادمیوم، نیکل، روی و سرب در تمام نمونه‌ها کم‌تر از تمام استانداردهای موجود در جدول ۳ شامل استاندارد جهانی، سازمان بهداشت جهانی، سازمان غذا و داروی آمریکا، وزارت کشاورزی- شیلات انگلستان و انجمن ملی بهداشت و سلامت استرالیا بوده است. استانداردهای جهانی موجود در سطح بین‌المللی برای حد مجاز غلظت فلزات سنگین با توجه به میزان مصرف فرآورده‌های دریایی بیان می‌گردد.

همان‌طورکه از جدول ۳ مشهود است میزان فلزات سرب، نیکل، روی و کادمیوم پایین‌تر از حدود مجاز استانداردهای جهانی هستند. در این میان لازم به ذکر است اگرچه میزان عناصر سنگین مورد مطالعه در این تحقیق از حد استاندارد کم‌تر است، اما به‌نظر می‌رسد، عدم کنترل آلودگی‌های موثر در افزایش میزان فلزات سنگین می‌تواند در آینده‌ای نزدیک شرایط موجود را خطر آفرین نماید.

جدول ۳: مقایسه میزان فلزات سنگین در سخت‌پوستان با حدود استانداردهای جهانی (میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن خشک)

استانداردها	روی	کادمیوم	نیکل	سرب	منابع
سازمان بهداشت جهانی	۱۰۰	۰/۲	۰/۳۸	۰/۵	(۱۹۹۵) WHO
سازمان خوار و بار جهانی	۵۰	۲		۰/۳	(۱۹۹۱) Sciortino and ravikumar
سازمان غذا و داروی آمریکا	ـــــ	۱	۱	۵	(۲۰۱۱)FDA
انجمن بهداشت مالی و تحقیقات پزشکی استرالیا	۱۵۰	۰/۰۵		۱/۵	(۱۹۹۰) Darmono and denton
وزارت کشاورزی، شیلات و غذایی انگلستان	۵۰	۰/۲	ـــــ	۲	(۱۹۹۵) MAFF

منابع

۱. **احسانی، ج. و رومیانی، ل.، ۱۳۹۲.** بررسی مقایسه‌ای میزان تجمع فلزات سنگین (روی، مس، کادمیوم و سرب) در عضله و پوست میگوی وانامی پرورشی (*Litopenaeus vannamei*) و میگوی سفید بومی (*Metapenaeus affinis*) استان خوزستان. طرح دانشگاهی دانشگاه آزاد اسلامی واحد آبادان، ۲۸ صفحه.

۲. **اعتدالی، پ.؛ محمدی‌روزبهانی، م. و قطب‌الدین، ن.، ۱۳۹۲.** سنجش میزان غلظت فلزات سنگین (Ni,Cd,Zn,Fe) در بافت اندام‌های مختلف میگوی سفید (*Metapenaeus affinis*) در بحرکان. پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات خوزستان. ۷۱ صفحه.

۳. **جلالی‌جعفری، ب. و آقازاده‌مشگی، م.، ۱۳۸۶.** مسمومیت ماهیان در اثر فلزات سنگین آب و اهمیت آن در بهداشت عمومی. انتشارات مان کتاب، چاپ اول، ۱۳۴ صفحه.

۴. **رضایی، م.؛ ناصری، م.؛ عابدی، ع. و افشار نادری، ا.، ۱۳۸۴.** سنجش مقادیر برخی عناصر سنگین(آهن، مس، روی، منیزیم، منگنز، جیوه، سرب و کادمیوم) در بافت‌های خوراکی و غیرخوراکی ماهی کفال پشت سبز (*Liza dussumieri*) سواحل بوشهر. مجله علوم دریایی ایران، سال ۴، شماره ۸ و ۴، صفحات ۵۹ تا ۶۷.

۵. **سقلی، م.،۱۳۸۸.** بررسی غل ظت برخی از فلزات سنگین کادمیوم، جیوه، سرب و روی در بافت عضله میگوی سفید هندی منطقه گمیشان (استان گلستان) و منطقه کلاهی (استان هرمزگان) و میگوی دریای خزر. صفحات ۸۸ تا ۸۰.

۶. **شریف‌فاضلی، م.؛ ابطحی، ب. و صباغ کاشانی، آ.، ۱۳۸۴.** سنجش تجمع فلزات سنگین سرب، نیکل و روی در بافت‌های ماهی کفال (*Liza aurata*) سواحل جنوبی دریای خزر، مجله علمی شیلات ایران، سال ۴، شماره ۱، صفحات ۶۵ تا ۷۸.

۷. **شیرالی، ب. و قطب‌الدین، ن.، ۱۳۹۴.** غلظت فلزات سنگین (Ni, Cd, Zn) در آبشش، عضله و هپاتوپانکراس میگوی وانامی (*Litopenaeus vannamei*) در سایت پرورش میگوی چوئبده آبادان . مجله علمی-پژوهشی زیست‌شناسی دریا. سال ۶، شماره ۲۵، صفحات ۶۵ تا ۷۲.

۸. **صفاهیه، ع. و محمدی، م.، ۱۳۸۹.** تغییرات فصلی فلزات سنگین (کادمیوم، سرب و مس) در رسوبات بین جزرو مدی ساحل بحرکان. مجله علوم و فنون دریایی. سال ۹، شماره ۳، صفحات ۴۸ تا ۳۶.

۹. **عباس‌زاده، ا.، ۱۳۷۴.** بررسی خرچنگ‌های مناطق جزر و مدی سواحل بوشهر. پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد. دانشگاه تهران. ۸۲ صفحه.

۱۰. **مرتضوی، م. و امینی‌رنجبر، غ.ر.، ۱۳۸۲.** بررسی و اندازه گیری فلزات سمی و سنگین در میگوی خلیج فارس. مرکز تحقیقات شیلاتی دریای عمان، سازمان حفاظت محیط زیست، سومین همایش کشوری بهداشت محیط زیست.

۱۱. **مطلبی‌مغانجویی، ع .، ۱۳۸۳.** بررسی فلزات سنگین جیوه و سرب در میگوی پرورشی سفید هندی در ایران. مجله علمی شیلات ایران. سال ۱۳، صفحات ۱۵۹ تا ۱۶۶.

۱۲. **موحد، ع.؛ دهقان، ع.و.؛ حاجی‌حسینی، ر.؛ اکبرزاده، ص.؛ زنده‌بودی، ع.ع.؛ نفیسی‌بهابادی، م.؛ محمدی، م.م.؛ حاجیان، ن.؛ پاکدل، ف.؛ حفظالله، ع. و ایران‌پور، د.، ۱۳۹۲.** بررسی غلظت فلزات سنگین در بافت خوراکی میگوهای نمونه برداری شده از آب‌های سواحل استان بوشهر. فصلنامه طب جنوب. سال ۱۶، شماره ۲، صفحات ۱۰۹ تا ۱۰۰.

۱۳. **ولایت‌زاده، م.، ۱۳۸۹.** بررسی و ارزیابی تجمع فلزات سنگین در آب، رسوبات و آبزیان خلیج فارس، دریای خزر و تالاب انزلی. سمینار کارشناسی‌ارشد. دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات خوزستان. ۴۴ صفحه.

۱۴. **Abdolahzadeh Monikh, F.; Maryamabadi, A.; Savari, A. and Ghanemi, K., ۲۰۱۳.** Heavy metals concentration in sediment, shrimp and two fish species from the northwest Persian Gulf. Journal of Toxicology and Industrial Health. Vol. ۲۰, No. ۱۰.

۱۵. **Adedeji, O.B. and Okocha, R.C., ۲۰۱۱.** Assessment Level of Heavy Metal in Prawn (*Macrobrachiun macrobrachion*) and Water from Epe Lagoon. Advances in Environmental Biology. Vol. ۵, No. ۶, pp: ۱۳۴۲-۱۳۴۵.

۱۶. **Amoozadeh, E.; Malek, M.; Rashidinejad, R.; Nabavi, S.; Karbassi, M.; Ghayoumi, R.; Ghorbanzadeh Zafarani, G.; Salehi, H. and Sures, B., ۲۰۱۳.** Marine organisms as heavy metal bioindicators in the Persian Gulf and the Gulf of Oman. Journal of Environmental Science and Pollution Research. DOI: ۱۰,۱۰۰۷/s۱۱۳۵۶-۰۱۳-۱۸۹۰-۸.

۱۷. **Clark, R.B., ۲۰۰۱.** Marine Pollution. Oxfored University Press. ۳۲۰P.

۱۸. **Darmono, D. and Denton, G.R.W., ۱۹۹۰.** Heavy metals concentration in the banana prawn Penaeus merguiensis and leader prawn P.monodon in the Townsvile region of Australia. Bull. Environ. Contam. Toxical. Vol. ۵, No. ۴۴, pp: ۴۷۹-۴۸۶.

۱۹. **Dural, M.; Goksu, M.Z.L.; Ozak, A.A. and Derici, B., ۲۰۰۶.** Bioaccumulation of some heavy metals in different tissues of Dicentrarchus labrax and Mugil cephalus from the Camlik Lagoon of the eastern coast Mediterranean Turkey. Journal of Environmental Monitoring and Assessment. Vol.۱۱۸, pp: ۶۵-۷۴.

۲۰. **FDA, ۲۰۱۱.** Fish and Fishery Products Hazards and Controls Guidance. Department of health and human service public health food and drug administration center for food safety and applied nutrition of food safety. Fourth Edition. ۴۷۶ p.

۲۱. **Hamilton, S.J. and Hafman, D.J., ۲۰۰۳.** Trace element and nutrition in teraction in fish and wildlife. In: Handbook of Ecotoxicology. (۲nd edition), (Eds.) Hoffman, D. J., Rattner, B. A., Burton, G. A. (Jr.) and Cairns, J. (Jr.) Lewis Publishers, Boca Ration. pp: ۱۱۹۷-۱۲۳۶.

۲۲. **Javaheri Baboli, M. and Velayatzadeh, M., ۲۰۱۳.** Determination of heavy metals and trace elements in the muscles of marine shrimp, Fenneropenaeus merguiensis from Persian Gulf, Iran. Journal of Animal and Plant Sciences. Vol. ۲۳, No. ۳, pp: ۷۸۶-۷۷۹.

۲۳. **MAFF, ۱۹۹۵.** Monitoring and surveillance of non-radioactive contaminants in the aquatic environment and activities regulating the disposal of wastes at sea, ۱۹۹۳,

Directorate of Fisheries Research, Lowestoft, Aquatic Environment Monitoring Report. No. ۴۴.

۲۴. **Merian, E., ۱۹۹۲.** Metals and their compounds in the Environment.VCH. Newman, M.C. and Unger, M.A., ۲۰۰۳. Fundamentals of ecotoxicology.CRC Press. ۴۵۸ p.

۲۵. **Moopam, ۱۹۹۹.** Manual of Oceanographic Observations and pollution Analysis Methods, Kuwait. ۱۸۹ p.

۲۶. **Pourang, N.; Dennis, J.H. and Ghourchian, H., ۲۰۰۵.** Distribution of heavy metals in Penaeusb semisulcatus from Persian Gulf and possible role of metallothionein in their redistribution during storage. Environmental monitoring and assessment. Vol. ۱۰۰, pp: ۷۱-۸۸.

۲۷. **Sciortino, J.A. and Ravikumar, R., ۱۹۹۹.** Fishery Harbour Manual on the Prevention of Pollution - Bay of Bengal Programme. Published by FAO. ۱۲۳ p.

۲۸. **Yilmaz, A. and Yilmaz, L., ۲۰۰۷.** Influences of sex and season on levels of heavy metalin in tissues of greentiger shrimp (*Penaeus semisulcatus*) Hann, ۱۸۴۴. Food Chemistry. Vol. ۱۰۱, pp: ۱۶۶۴-۱۶۶۹.

۲۹. **WHO, ۱۹۹۵.** Health risks from marine pollution in the Mediterranean. Part ۱ Implications for Policy Markers, ۲۵ p.

۳۰. **Wu, J.P. and Chen, H. Ch., ۲۰۰۵.** Metallothionein induction and heavy metals accumulation in white shrimp *Litopenaeus vannamei* exposed to cadmium and zinc. Comparative Biochemistry and Physiology. Part C. Vol. ۱۴۰, pp: ۳۸۳-۳۹۴.