مجله بوم شناسی آبزیان

Journal homepage: http://jae.hormozgan.ac.ir

مطالعه میگوی پا سفید غربی (*Litoppenaeus vannamei*) در مجتمع های پرورش میگوی استان بوشهر از نظر آلودگی به فلزات سنگین (آرسنیک، کادمیوم، مس، آهن، جیوه، نیکل، سرب و روی) و ارزیابی خطر برای مصرف کنندگان

فتانه عسکری سرمور[۱]، مریم حسینی نژاد[۲]، رضا سلیقه زاده[۳،۱*]، نیما شیری[۳،۴]، امین غلامحسینی[۳]، مصطفی قلی پور[۵]

۱. گروه دامپزشکی، دانشکده کشاورزی، واحد شوشتر، دانشگاه آزاد اسلامی، شوشتر، ایران

۲. گروه شیلات، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران

۳. گروه علوم درمانگاهی، دانشکده دامپزشکی، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران

۴. سازمان شیلات ایران، اداره کل شیلات استان خوزستان، آبادان، ایران

۵. پژوهشکده میگوی کشور، موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، بوشهر، ایران

نوع مقاله
پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۱۰/۲۴
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۳/۰۸
تاریخ چاپ الکترونیک: ۱۴۰۱/۱۱/۱۹

***نویسنده مسئول:**

rezasalighehzadeh@yahoo.com

چکیده

این تحقیق با هدف تعیین غلظت فلزات سنگین در میگوی پا سفید غربی پرورشی و بررسی خطر غذایی ناشی از مصرف آنها در مزارع پرورشی سایت‌های گناوه، دیلم، حله، موند، دلوار و شیف به انجام رسید. روش‌های استاندارد جهت آماده سازی نمونه‌های میگو بکار گرفته شده و ارزیابی خطر بهداشتی مصرف این محصولات دریایی با استفاده از شاخص دریافت روزانه (DI) انجام شد. نتایج نشان داد که میگوی پرورش یافته در مجتمع دیلم بیشینه فلزات سمی جیوه، نیکل و روی را نسبت به سایر نقاط استان بوشهر داشته است. میانگین غلظت فلزات آرسنیک، کادمیوم، مس، آهن، جیوه، نیکل، سرب و روی به ترتیب ۰/۰۲۱، ۰/۰۲۸، ۱۱/۷۲۵، ۴۲/۰۰۳، ۰/۰۹۵، ۳/۲۷۸، ۰/۱۲۲ و ۶/۷۴۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن خشک بود. براساس یافته‌ها، باقی‌مانده نیکل و مس در بافت خوراکی میگوهای پرورشی استان بوشهر، به طور معنی‌داری فراتر از بیشینه قابل قبول برای مصرف انسانی پیشنهادی توسط سازمان بهداشت جهانی (WHO) و به ترتیب برابر ۰/۳۸ و ۱۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن خشک بودند. از سوی دیگر، ارزیابی خطر بهداشتی نشان داد که با توجه به حداکثر مصرف روزانه قابل تحمل (MTDI) فلزات سنگین، مصرف روزانه و مداوم میگوها توسط مصرف کنندگان در گروه‌های سنی مختلف (کودکان، بزرگسالان) کاملاً ایمن بوده و حتی علی رغم مقادیر زیاد عناصر نیکل و مس، خطری جدی متوجه مصرف کنندگان نمی‌گردد.

کلید واژه‌ها: فلزات سنگین، میگوی پاسفید غربی (*Litoppenaeus vannamei*)، استان بوشهر، ارزیابی خطر، سلامت مصرف کنندگان

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-05-19]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1401.12.2.5.7]

مقدمه

مجتمع‌های پرورش میگو اغلب با تغییر کاربری سواحل و در نزدیکی دریا ساخته می‌شوند. این مزارع آب مورد نیاز خود را توسط کانال‌های اصلی و فرعی به طور مستقیم از آب دریا تامین می‌کنند و این آب پس از استفاده مجدداً از طریق زهکش وارد دریا می‌شود، بنابراین اگر منبع آب به فلزات سنگین آلوده باشد، این آلودگی وارد مزارع و بدن میگو می‌شود و در نهایت با آلوده شدن آب خروجی هر مزرعه به فلزات سنگین پس از ورود به دریا مجدداً به مزارع دیگر وارد شده و باعث انتقال آلودگی بین مزارع مختلف شود (Samir and Shaker, 2008). فلزات سنگین و سمی نظیر جیوه، سرب، نیکل، آرسنیک و کادمیوم از آلاینده‌های مهم محیط زیست هستند که علاوه بر دارا بودن اثرات سمی در بدن انسان باعث ایجاد بیماری‌های مختلف می‌شوند (Miloskovic and Simic, 2015). وجود برخی از فلزات سنگین مانند روی، منگنز، آهن و مس برای بدن انسان ضروری هستند، اما با افزایش مقادیر بیش از حد آنها، سمیت آنها بیشتر شده و مشکل‌آفرین می‌شوند (Askary Sary and Velayatzadeh, 2014; Qin *et al.*, 2015).

ارزش غذایی محصولات دریایی در مقایسه با سایر منابع گوشتی به دلیل وجود اسیدهای آمینه و اسیدهای چرب ضروری، ویتامین‌ها و مواد معدنی بالاتر می‌باشد (Ahmadi Kordestani *et al.*, 2013; Dadgar *et al.*, 2015). مصرف محصولات دریایی از جمله میگو، یکی از راه‌های ورود فلزات سنگین به بدن است که باعث اهمیت موضوع خطر ارزیابی فلزات سنگین برای مصرف کننده می‌شود (Norouzi and Bagheri Tavani, 2019). برای تعیین وضعیت تجمع فلزات سنگین در محیط زیست و بدن موجودات زنده اصطلاحات و شاخص‌های متعددی نظیر غلظت زیستی، تجمع زیستی، بزرگ نمایی زیستی، سیبل خطر و شاخص خطر به کار می‌رود (Chien *et al.*, 2002; Asha *et al.*, 2010). شاخص خطر، فاکتوری است که میزان خطر فلزات سنگین ناشی از مصرف ماهیان را برای سلامت انسان بیان می‌کند، به عبارت دیگر به کمک این شاخص می‌توان آلودگی فلزات سنگین منطقه مورد مطالعه را ارزیابی کرد (Storelli, 2008; Phuc Cam Tu *et al.*, 2008). مطالعات اندکی با هدف ارزیابی ریسک مصرف میگو از جهت فلزات سنگین انجام گرفته است (Moradi and Solgi, 2019; Loghmani and Sharifian, 2020; Koosej *et al.*, 2019) و در بیشتر آنها بررسی فلزات سنگین در بافت‌های مختلف میگو و ارتباط تجمع فلزات با پارامترهای زیست‌سنجی پرداخته شده است (Shakerdargah *et al.*, 2013; Cheraghi *et al.*, 2014; Gholamhosseini *et al.*, 2018) و اطلاعات محدودی از میزان ورود فلزات سنگین به بدن مصرف کنندگان و ارزیابی میزان خطر احتمالی ناشی از مصرف روزانه میگو با توجه به غلظت فلزات تجمع یافته در آن انجام شده است (Ahmadi Kordestani *et al.*, 2013) به خصوص ریسک مصرف آبزیان در گروه‌های آسیب پذیر از جمله کودکان و زنان باردار بسیار حائز اهمیت است و باید مصرف آن مورد ارزیابی قرار گیرد. در تحقیقاتی که بر میگوی پاسفید (پرورشی) خریداری شده از بازار تهران از نظر میزان انباشتگی جیوه انجام شد (Ahmadi Kordestani *et al.*, 2013)، شاخص خطر کمتر از ۱ بود. خطر ناشی از میزان آهن، روی، مس، منگنز و نیکل برای میگوی سفید سرتیز صید شده از سواحل بوشهر نیز اندک (شاخص خطر کمتر از ۱) ارزیابی شد (Moradi and Solgi, 2019). در مطالعه مشابه بر روی میگوی سفید هندی صید شده از سواحل چابهار خطر ناشی از میزان مس، آهن، سرب، کادمیوم، قلع، آرسنیک و جیوه در مصرف کنندگان این غذای دریایی نیز میزان خطر (برای تمامی فلزات و هم چنین مجموع آنها)، کاملاً ایمن تخمین زده شد (Loghmani and Sharifian, 2020). پژوهش Koosej و همکاران (2019) در خصوص ارزیابی خطر غذایی مصرف میگوی سرتیز استان هرمزگان نشان‌دهنده آن بوده است که مصرف این آبزی با میزان مصرف فعلی از نظر فلزات مورد مطالعه خطری برای مصرف‌کنندگان آن ندارد. شاخص خطر درصورتی که کمتر از یک باشد نشان دهنده این است که هیچ خطری از یک ماده شیمیایی به تنهایی یا در ترکیب با دیگر آلاینده‌ها وجود ندارد (USEPA, 2011). شکل ساده شده‌ای از شاخص خطر با عنوان شاخص دریافت روزانه (DI) وجود دارد که با همان دقت می‌تواند به ارزیابی خطر بهداشتی محصولات بپردازد (Gholamhosseini *et al.*, 2019).

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-05-19]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1401.12.2.5.7]

هدف از این پژوهش در درجه اول مقایسه غلظت آرسنیک، کادمیوم، مس، آهن، جیوه، نیکل، سرب و روی در بافت عضله میگوهای پرورش یافته در مجتمع های مختلف استان بوشهر با استانداردهای جهانی بود. هدف دیگر ارزیابی ریسک مصرف این گونه آبزی با توجه به متوسط غلظت آرسنیک، کادمیوم، مس، آهن، جیوه، نیکل، سرب و روی در بافت عضله با انجام محاسبات دریافت روزانه و مقایسه با دوز مرجع در کودکان و بزرگسالان و حد مجاز مصرف برای آنان بود.

مواد و روش‌ها

این مطالعه در پایان یک دوره پرورش میگوی پا سفید غربی (*Litopenaeus vannamei*) و در مهرماه سال ۱۳۹۷ انجام شد. مناطق مورد مطالعه در این تحقیق شامل شش سایت مهم پرورشی واقع در گناوه، دیلم، حله، موند، دلوار و شیف استان بوشهر بودند، که از هر یک ۳۵ نمونه برداشت شد (مجموعا ۲۱۰ نمونه). بدین منظور، طول و وزن نمونه‌های میگو اندازه‌گیری، سپس نمونه‌ها بسته بندی و نشانه‌گذاری شدند و پس از انجماد تحت دمای ۲۰- درجه سانتی گراد (توسط فریزر آزمایشگاه بخش بهداشت و بیماری‌های پژوهشکده میگوی کشور) در میان کیسه‌های حاوی یخ به دانشکده دامپزشکی دانشگاه شیراز ارسال شدند. کلیه ظروف مورد نیاز پیش از شروع آزمایش به طور کامل اسید شویی شده بودند. بدین صورت که ابتدا توسط مواد شوینده شستشو و سپس به مدت ۲۴ ساعت در محلول اسید نیتریک ۱۰٪ قرار گرفتند؛ سپس با استفاده از آب دو بار تقطیر به طور کامل شستشو و در آون خشک شدند. آماده سازی نمونه ها از طریق هضم شیمیایی نمونه‌ها با ترکیب اسید نیتریک و اسید پرکلریک (نسبت ۱:۷) انجام شد (Gholamhosseini *et al.*, 2019).

سنجش غلظت فلزات سنگین باقیمانده در عضله میگوها، شامل آرسنیک (As)، کادمیوم (Cd)، مس (Cu)، آهن (Fe)، نیکل (Ni)، سرب (Pb) و روی (Zn) از طریق دستگاه طیف بینی جذب اتمی (شرکت Shimadzu مدل AA-670) اندازه‌گیری شد و با استفاده از منحنی کالیبراسیون مقادیر جذب به غلظت تبدیل و مقدار نهایی گزارش شد. همچنین برای تعیین مقدار جیوه (Hg) انباشته شده در بافت خوراکی میگوها از روش الکتروشیمیایی ولتامتری با دستگاه پلاروگراف متروم (VAComputrace 797) استفاده شد. در این پژوهش برای دستیابی به غلظت مورد نظر فلز از استاندارد مرجع[۱] (SRM 2977 mussel tissue) استفاده شد. به منظور ترسیم منحنی کالیبراسیون عناصر، طیفی از رقت‌های مختلف به دستگاه تزریق شدند. خطای نسبی[۲]، راندمان[۳] و حد تشخیص[۴] دستگاه به ترتیب برابر با ۵/۴، ۹۴/۶ درصد و ۰/۰۰۲ قسمت در میلیون از طریق معادلات ذیل محاسبه شدند:

$$RE\% = \frac{Measured\ value \times Nominal\ value}{Measured\ value} * 100 \quad \text{(معادله ۱)}$$

$$R\% = 100 - RE\% \quad \text{(معادله ۲)}$$

$$LOD = \frac{5d\ intercept}{X-variable} * 3.3 \quad \text{(معادله ۳)}$$

جایی که Sd انحراف معیار، intercept عرض از مبدا (b) و x-variable شیب خط (a) هستند.

[۱] SRM: Standard reference materials
[۲] RE: Relative Error
[۳] R: Rendement (efficiency)
[۴] LOD: Limit of detection

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-05-19]
[DOR: 20.1001.1.23222751.1401.12.2.5.7]

به منظور ارزیابی خطر بهداشتی مصرف این محصولات دریایی، شاخصی با عنوان «دریافت روزانه[۵] (DI)» بکار گرفته شد:

$$DI = \frac{(Cm \times IR)}{BW}$$ (معادله ۴)

جایی که Cm غلظت اندازه گیری شده در بافت خوراکی (عضله) میگو بر حسب میکروگرم بر گرم وزن تر، و از آنجایی که میگوها به شکل تازه (بدون فرایند خشک کردن) توسط مصرف کنندگان مورد تغذیه قرار می‌گیرند، غلظت‌های سنجیده شده بر حسب وزن خشک نمونه از طریق معادله (Con. in WW = ((100 - 70% of water)/100)* Con in DW) به وزن تر تبدیل شدند؛ BW وزن بدن که در این تحقیق به تفکیک بزرگسالان و کودکان (زیر ۱۸ سال) به ترتیب معادل ۷۰ و ۴۰ کیلوگرم؛ و IR میزان مصرف روزانه میگو در جامعه مصرف کنندگان برابر با ۱۱/۲۳ گرم در روز در نظر گرفته شده است، با توجه به اینکه تقریباً ۹۰ درصد میگوی پرورشی کشور به آسیا و اروپا صادر می‌شود و طبق آخرین گزارش رسمی فائو، میانگین سرانه مصرف آبزیان در دنیا معادل ۲۰/۵ کیلوگرم در سال می‌باشد، که ۲۰ درصد این مقدار را میگو تشکیل می‌دهد (FAO, 2016).

برای تجزیه و تحلیل داده‌های بدست آمده، ابتدا نرمال بودن آنها با آزمون کولموگروف-اسمیرنوف[۶] (KS) بررسی گردید. سپس مقایسه داده‌های فلزات سنگین مزارع با یکدیگر برای گروه‌هایی که دارای پراکنش نرمال بودند از تجزیه واریانس یک طرفه[۷] استفاده شد و در صورت وجود اختلاف معنی‌دار، برای جداسازی گروه‌ها از آزمون توکی[۸] در سطح اطمینان ۵ درصد استفاده گردید. همچنین، از آزمون تی تک نمونه‌ای[۹] برای مقایسه غلظت عناصر سنگین با مقادیر مندرج در استانداردهای بهداشتی معتبر بین‌المللی استفاده شد. کلیه عملیات آماری در محیط نرم افزار SPSS نسخه ۲۲ استفاده شد.

نتایج

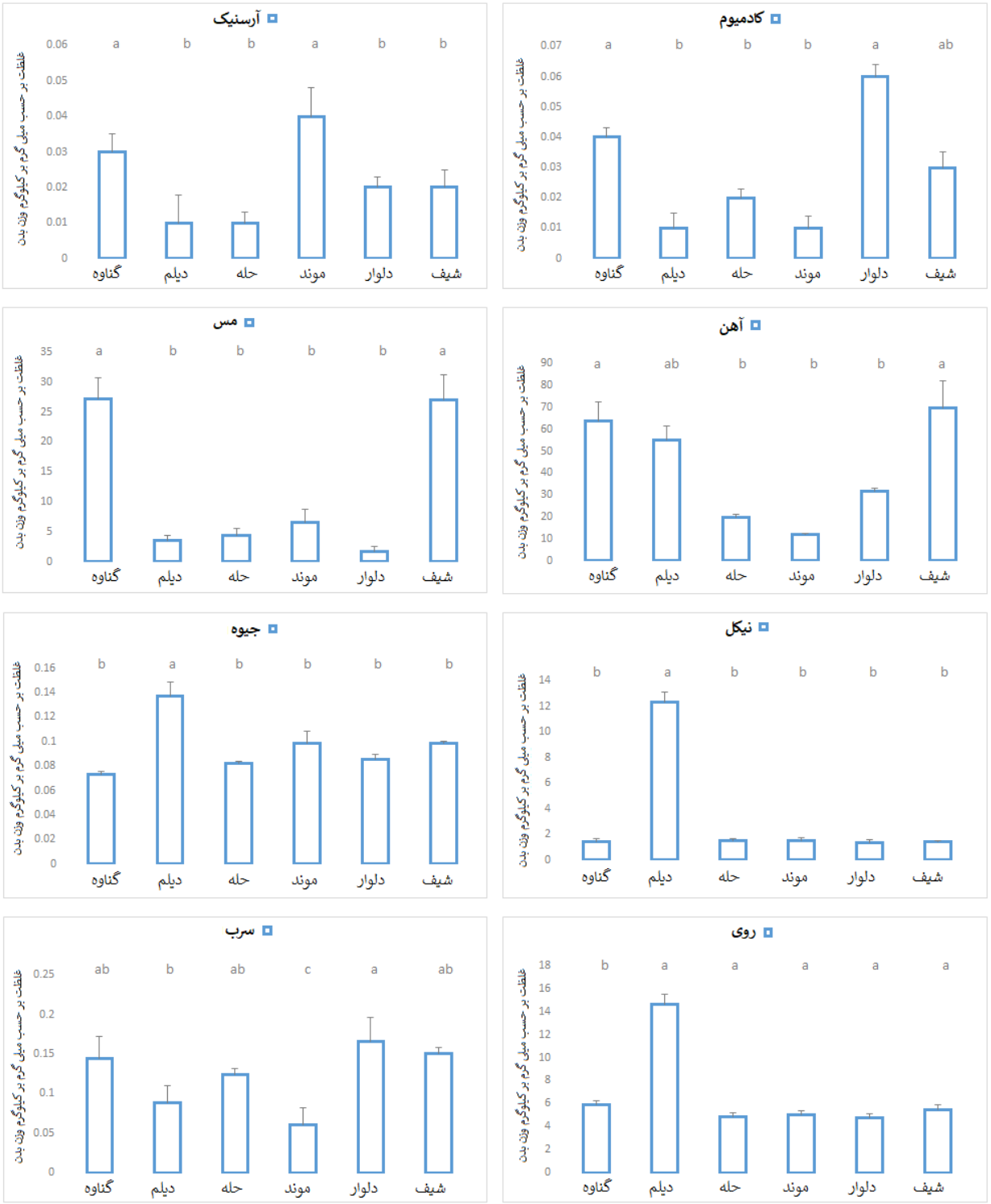
در شکل ۱، شاخص‌های آمار توصیفی باقیمانده آرسنیک، کادمیوم، مس، آهن، جیوه، نیکل، سرب و روی در بافت عضله میگوی پرورشی (۳/۲۵ ± ۲۰/۴ گرمی) در سایت‌های استان بوشهر نشان داده شده است.

نتایج مقایسه آماری سایت‌های پرورشی نشان دهنده وجود اختلاف معنی‌دار بین آنها از نظر انباشتگی تمامی فلزات سنگین مورد بررسی در بافت خوراکی میگوها بوده است ($p<۰/۰۵$). میگوهای پرورشی در سایت‌های مند و گناوه به طور معنی‌داری انباشتگی آرسنیک بیشتری نسبت به سایرین داشتند ($p<۰/۰۵$). بیشینه عناصر سنگین انباشته کادمیوم و سرب نیز در میگوهای پرورش یافته در سایت دلوار دیده شد ($p<۰/۰۵$). سایت‌های گناوه و شیف نیز حداکثر مقادیر آهن و مس را در گوشت میگوی پرورشی ثبت کردند ($p<۰/۰۵$). میگوی پرورش یافته در سایت دیلم بیشینه فلزات سمی جیوه، نیکل و روی را نشان داد، که فاصله معنی‌داری نسبت به انباشتگی آنها در میگوهای دیگر نقاط استان بوشهر داشت ($p<۰/۰۵$). در شکل ۱ سایت های پرورش میگو در استان بوشهر از نظر باقیمانده فلزات سنگین در محصول نشان داده شده اند.

[۵] DI: Daily intake
[۶] KS: Kolmogorov-Smirnov
[۷] One-way ANOVA
[۸] Tukey test
[۹] One sample T-test

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-05-19]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1401.12.2.5.7]



شکل ۱. مقایسه سایت‌های پرورش میگو در استان بوشهر از نظر باقیمانده فلزات سنگین در محصول (میانگین ± خطای معیار)؛ حروف متفاوت (a, b, c,...) در بالای ستون‌ها نشان دهنده وجود اختلاف آماری بین آنها می‌باشد

همچنین در جدول (۱)، نتایج حاصل از مقایسه میانگین فلزات سنگین انباشته شده در بافت خوراکی (عضله) میگوهای پرورشی با استانداردهای بهداشتی نشان داده شده است. مقایسه مقادیر فلزات سنگین باقیمانده در عضله میگوهای پرورشی با

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-05-19]
[DOR: 20.1001.1.23222751.1401.12.2.5.7]

استانداردهای بهداشتی بین المللی نشان داد که غلظت تمامی عناصر به جز نیکل و مس به طور معنی داری ($p<0.05$) کمتر از حد مجاز بودند. غلظت عناصر نیکل و مس به طور معنی داری ($p<0.05$) بیشتر از حد مجاز بودند.

جدول ۱. مقایسه آماری باقیمانده فلزات سنگین عضله میگوی پرورشی استان بوشهر با استانداردهای بهداشتی

عنصر سنگین	غلظت میانگین	حد استاندارد	مرجع استاندارد	تفاوت میانگین از استاندارد	P-Value
	(بر حسب میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن خشک)				
آرسنیک (As)	۰/۰۲۱	۱	MAFF, 2000	-۰/۹۷۹	۰/۰۰۰
کادمیوم (Cd)	۰/۰۲۸	۰/۲	WHO, 1989	-۰/۱۷۲	۰/۰۰۱
مس (Cu)	۱۱/۷۲۵	۱۰	WHO, 1989	۱/۷۵	۰/۰۱۶
آهن (Fe)	۴۲/۰۰۳	۱۰۰	WHO, 1989	-۵۷/۹۹	۰/۰۰۰
جیوه (Hg)	۰/۰۹۵	۰/۵	WHO, 1989	-۰/۴۰۵	۰/۰۰۹
نیکل (Ni)	۳/۲۷۸	۰/۳۸	WHO, 1989	۲/۸۹۸	۰/۰۰۰
سرب (Pb)	۰/۱۲۲	۰/۳	FAO, 1983	-۰/۱۷۸	۰/۰۰۰
روی (Zn)	۶/۷۴۸	۵۰	FAO, 1983	-۴۳/۲۵	۰/۰۰۰

- مقدار P-Value کمتر از ۰/۰۵ به معنای وجود اختلاف معنی دار بی غلظت میانگین و حد استاندارد است.

از سوی دیگر، ارزیابی خطر بهداشتی در جدول (۲) نشان داد که با توجه به حداکثر مصرف روزانه قابل تحمل (MTDI) فلزات سنگین، مصرف روزانه و مداوم میگوها توسط مصرف کنندگان در گروه‌های سنی مختلف (کودکان، بزرگسالان) کاملاً ایمن بوده و حتی علی رغم مقادیر زیاد عنصر نیکل و مس، خطری جدی متوجه مصرف کنندگان نمی‌گردد.

جدول ۲. نتایج ارزیابی خطر بهداشتی مصرف میگوهای پرورشی استان بوشهر از نظر انباشتگی فلزات سنگین

عنصر سنگین	دریافت روزانه (میلی‌گرم بر گرم وزن بدن در روز)		MTDI*
	کودکان	بزرگسالان	($mg.g^{-1}$ BW/day)
آرسنیک (As)	$۱/۸۲\times۱۰^{-۳}$	$۱/۰۴\times۱۰^{-۳}$	۵×۱۰^{-۲}
کادمیوم (Cd)	$۲/۳۸\times۱۰^{-۳}$	$۱/۳۶\times۱۰^{-۳}$	۶×۱۰^{-۲}

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-05-19]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1401.12.2.5.7]

عنصر سنگین	دریافت روزانه (میلی‌گرم بر گرم وزن بدن در روز)	MTDI*	عنصر سنگین
	کودکان	بزرگسالان	(mg.g^{-1} BW/day)
مس (Cu)	$۹/۸۷\times۱۰^{-۱}$	$۵/۶۴\times۱۰^{-۱}$	۳۰/۰۰
آهن (Fe)	۳/۵۳۷	۲/۰۲۱	۱۰۰/۰۰
جیوه (Hg)	$۸/۰۷\times۱۰^{-۳}$	$۴/۶۱\times۱۰^{-۳}$	۳×۱۰^{-۲}
نیکل (Ni)	$۲/۷۶\times۱۰^{-۱}$	$۱/۵۷\times۱۰^{-۱}$	۳۰/۰۰
سرب (Pb)	$۱/۰۳\times۱۰^{-۲}$	$۵/۸۷\times۱۰^{-۳}$	۲۱/۰۰
روی (Zn)	$۵/۶۸\times۱۰^{-۱}$	$۳/۲۴\times۱۰^{-۱}$	۶۰/۰۰

* MTDI: حداکثر مصرف روزانه قابل تحمل (NRC, 1989; JECFA, 2000)

بحث

در بیشتر تحقیقات گذشته بیان شده است که غلظت‌های مختلفی از فلزات سنگین در بدن موجودات دریایی انباشته می‌شوند که میزان آن با توجه نوع فلز، سختی، مدت در معرض بودن جاندار، شوری، درجه حرارت آب، pH و غلظت فلز در آب می‌تواند تغییر کند (La Collaa *et al*., 2011). مطابق با نتایج این پژوهش، ترتیب میانگین انباشت فلزات سنگین در عضله میگوی پا سفید غربی به صورت Fe>Cu>Zn>Ni>Pb>Hg>Cd>As به دست آمد، بنابراین آهن و آرسنیک به ترتیب بیشترین و کمترین غلظت را در نمونه‌های میگو دارا بودند. مطالعه Khoramabadi و همکاران (2014) بر روی غلظت فلزات سنگین (مس، روی و نیکل) بافت عضله میگوی پا سفید غربی در مزارع پرورشی ریگ، حله و دلوار استان بوشهر نشان داد که بیشترین غلظت فلزات مربوط به روی، مس و نیکل بود که با این تحقیق تفاوت داشت. Shakerdargah و همکاران (2013) به بررسی غلظت فلزات سنگین (سرب، کادمیوم، نیکل و وانادیوم) بافت عضله میگوی پا سفید غربی در مزارع پرورشی شیف و حله استان بوشهر پرداختند، بیشترین غلظت فلزات مربوط به سرب بود. Movahed و همکاران (۲۰۱۳) غلظت فلزات سنگین (سرب، کادمیوم، مس و روی) را در بافت خوراکی میگوهای نمونه برداری شده از مزارع پرورشی و همچنین از آبهای استان بوشهر بررسی کردند، بیشترین غلظت فلزات در میگوهای دریایی مربوط به کادمیوم بود و در میگوهای پرورشی مربوط به فلز مس بود. Moradi و Solgi (2019) غلظت فلزات سنگین (آهن، روی، مس، منگنز و نیکل) را در بافت خوراکی میگوی سفید سرتیز سواحل بوشهر بررسی نموده و مشاهده کردند بیشترین غلظت فلز مربوط به آهن می‌باشد که با تحقیق حاضر همخوانی دارد. این نتایج بیانگر این هستند که محیط‌های آبی حاوی مقادیر بالای از آهن هستند، و این فلز به طور مستقیم از آب، رژیم غذایی و رسوبات جذب می‌شود. همچنین ممکن است ناشی از قابلیت دستیابی زیستی بیشتر آهن برای میگو نسبت به سایر فلزات باشد (Wu and Yang, 2011). به علاوه، این فلز برای رشد و متابولیسم جانور ضروری می‌باشد، بنابراین بالاتر بودن میزان آن در مقایسه با سایر فلزات دور از انتظار نیست (Mitra *et al*., 2012). بالا بودن غلظت مس و روی در این تحقیق را می‌توان به ضروری بودن این فلزات برای واکنش‌های متابولیکی، فیزیولوژیکی و ترکیبات ساختمان بدن از قبیل آنزیم‌های فلزدار و پروتئین‌های محتوی فلز دانست (Mahmoodian-Shooshtari *et al*., 2015; Moradi and Solgi, 2019). در مورد

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-05-19]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1401.12.2.5.7]

سایر فلزاتی که واجد کارکردهای زیستی در موجودات زنده هستند نظیر روی و مس، لازم است اشاره شود که نزدیک بودن به مقادیر بیشینه استاندارد لزوماً حاکی از آلودگی به آنها نبوده و بررسی مقادیر انباشته شده در رسوبات محیط زیست می‌تواند فهم بهتری از فراهمی زیستی آنها را موجب شود (Gholamhosseini *et al*., 2021). به طور خاص در تحقیق حاضر، انباشتگی فلز مس در بافت خوراکی میگوها بیش از مقادیر توصیه شده توسط سازمان بهداشت جهانی است (اگرچه اختلاف معنی‌دار نیست)، و این مسئله می‌تواند نشان دهد که متالوتیونین همولنف میگوها فاقد توانایی لازم برای متابولیزه و دفع کردن فلز مس از بدن است (Poorbagher *et al*., 2014). فراهمی زیستی و واکنش‌های مربوط به توزیع و متابولسم فلزات سمی (سرب، جیوه، کادمیوم و آرسنیک) که کاملا خارجی محسوب می‌شوند و فاقد آن دسته از کارکردهای زیستی در بدن جانوران هستند (Gholamhosseini *et al*., 2018)، وضعیت متفاوتی دارد. در بسیاری از موارد بالاتر بودن مقادیر کادمیوم محیط (به ویژه رسوبات) سبب می‌شود تا جایگاه‌های موجود در متالوتیونین برای فلزاتی نظیر مس و روی پر شده و به نوعی حذف رقابتی رخ دهد (Ehsani *et al*., 2015). این مسئله در نتایج نمود یافته و افزایش انباشتگی این فلزات را در پی خواهد داشت. در نتایج ما، این مسئله می‌تواند در مورد فلز نیکل و میانگین غلظت انباشتگی آن در عضله میگو خود را نشان داده باشد. همچنان که تحقیقات پیشین نشان‌دهنده بالا بودن مقادیر نیکل در سواحل بوشهر بودند (Movahed *et al*., 2013; Moradi and Solgi, 2019) و منشاء آلایندگی آن در منطقه همچنان قابل بحث است.

در این تحقیق برآورد دریافت روزانه فلزات آهن، مس، روی، نیکل، سرب، جیوه، کادمیوم و آرسنیک ناشی از مصرف میگوی پرورشی در استان بوشهر انجام گرفت. یافته‌های این تحقیق نشان داد که با توجه به سرانه مصرف میگو در دنیا، ۲۰/۵ کیلوگرم در سال و غلظت فلزات سنگین در عضله میگوی پا سفید و با توجه به مقادیر MTDI در همه فلزات، مصرف این آبزی در حال هیچ گونه خطری از نظر میزان فلزات سنگین جهت تغذیه انسان نخواهد داشت. میزان غلظت فلزات روی، سرب، جیوه، کادمیوم و آرسنیک در این تحقیق پایین‌تر از استانداردهای تعیین شده توسط سازمان بهداشت جهانی و سازمان خوار و بار جهانی بوده است. همچنین در این تحقیق میزان غلظت فلزات مس و نیکل از محدوده تعیین شده توسط سازمان بهداشت جهانی بالاتر بود. در مطالعه Khoramabadi و همکاران (2014) غلظت فلز نیکل در بافت عضله میگوی پا سفید در مقایسه با استانداردهای جهانی از سطح مجاز مصرف انسانی بیشتر بدست آمد که با تحقیق حاضر همه مشابهت دارد. غلظت فلز نیکل در تحقیق Moradi و Solgi (2019) در بافت میگوی سفید سر تیز از استاندارد تعیین شده توسط FDA بالاتر بود. مشابه این نتایج در مورد جمعیت‌های وحشی ماهیان (گروه‌های اکولوژیک مختلف) و میگوهای سواحل ایرانی دریای عمان بدست آمد و نشان داد که مصرف مداوم این آبزیان هیچ اثر سوئی بر سلامت مصرف‌کنندگان (گروه‌های سنی مختلف) نخواهد داشت (Gholamhosseini *et al*., 2018; 2021).

یکی از شاخص‌های آلودگی نفتی وجود فلز نیکل در یک منطقه می‌باشد و بالا بودن آن در مطالعه حاضر را می‌توان به آلودگی نفتی در منطقه دیلم نسبت داد. در مطالعه Poorbagher و همکاران (2014) در بندر ماهشهر و Moradi و Solgi (2019) در سواحل بوشهر افزایش این فلز نسبت به گذشته را ناشی از افزایش آلودگی نفتی در خلیج فارس اعلام کردند. بالا بودن غلظت نیکل معمولاً به دلیل فعالیت‌های انسانی مانند تردد نفت‌کش‌ها، قایق‌ها، کشتی‌ها و نفت خام می‌باشد. با توجه به وجود چندین سکوی پلاتفورم نفتی، استخراج روزانه و انتقال آن توسط لوله‌های موجود در بستر دریا در این منطقه، انتظار می‌رود وجود نیکل در این مکان ناشی از نفت خام باشد. مسیر جذب و انتقال فلزات به بدن موجودات دریایی به عواملی مختلفی بستگی دارد که شکل شیمیایی فلز در تعیین مسیر مهم می‌باشد. وجود تفاوت انباشتگی فلزات سنگین در نتایج محققین مختلف به شرایط اکولوژیک، زیستی، فعالیت‌های متابولیکی (Canli and Atli, 2003)، محل زندگی و رفتار تغذیه‌ای (Laimanso *et al*., 1999)، سن، اندازه، سطح غذا و فصل نمونه برداری (Al-Yousuf *et al*., 2000) ، فعالیت‌های متابولیسمی بدن و زمان ماندگاری فلزات سنگین نیز بستگی دارد (Shahri *et al*., 2017). علاوه بر این روش اندازه گیری فلزات سنگین و نوع دستگاه‌های جذب اتمی نیز در نتایج می‌تواند اثر گذار باشد (Shahri *et al*., 2017).

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-05-19]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1401.12.2.5.7]

نتایج این تحقیق نشان داد که میانگین غلظت فلزات روی، سرب، جیوه، کادمیوم و آرسنیک در عضله میگوی پا سفید از استانداردهای جهانی کمتر می باشد و فقط غلظت مس و نیکل در مقایسه با WHO بالاتر بودند. همچنین برآورد دریافت روزانه و با توجه به مقادیر MTDI در همه فلزات نشان داد که مصرف میگوی پا سفید در حال خطری را برای سلامتی انسان ایجاد نمی‌کند، با این وجود برای پیشگیری از رخداد آلودگی احتمالی در آینده از نظر مدیریتی باید توجه بیشتری به این آلاینده‌ها و منابع احتمالی آنها شود.

منابع

Ahmadi Kordestani, Z., Hamidian, A., Hosseini, S.V., Ashrafi, S. 2013. Risk assessment of mercury due to consumption of edible aquatic species. *Journal of Marine Biology*, 5(1): 63-70. (in Persian)

Al-Yousuf, M.H., El-Shahawi, M.S., Al-Ghais, S.M. 2000. Trace metals in liver, skin and muscle of *Lethrinus lentjan* fish species in relation to body length and sex. *Science of the total environment*, 256(2-3): 87-94.

Asha, P.S., Krishnakumar, P.K., Kaladharan, P., Prema, D., Diwakar, K., Valsalaand, K.K.G. 2010. Heavy metal concentration in sea water, sediment and bivalves off Tuticorin. *Journal of Marin Biology Association India*, 52(1): 48-54.

Askary Sary, A., Velayatzadeh, M. 2014. Determination of lead and zinc in king mackerel (*Scomberomorus guttatus*), Spanish mackerel (*Scomberomorus commerson*) and Tiger-toothed Croaker (*Otolithes ruber*) from Persian Gulf, Iran in 2001 and 2011. *Journal of Biodiversity and Environmental Sciences*, 5(1): 322-329.

Canli, M., Atli, G. 2003. The relationship between heavy metal (Cd, Cr, Cu, Fe, Pb, Zn) levels and the size of six Mediterranean fish species. *Journal of Environmental Pollution*, 121(1): 129-136.

Cheraghi, M., Kargar, A., Lorestani, B., 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. (in Persian)

Chien, L.C., Hung, T.C., Choang, K.Y., Yeh, C.Y., Meng, P.J., Shieh, M.J., Han, B.C. 2002. Daily intake of TBT, Cu, Zn, Cd and As for fishermen in Taiwan. *Journal of Science Total Environment*, 285(1-3): 177-185.

Dadgar, S.H., Salehi, H., Hajimirrahimi, S.D., Teimoori, M. 2015. Measuring of per capita fish consumption and assessing barriers and development strategies for consumption in Markazi Province. *Iranian Scientific Fisheries Journal*, 23(4): 17-29. (in Persian)

Ehsani, J., Romiani, L., Gheytani, A. 2015) Assessment of bioconcentration of heavy metals (zinc, copper, cadmium and lead) in Bahrakan's white Indian prawn, Northwest of Persian Gulf. *Journal of Marine Science and Technology*, 14(2): 85-95. [In Persian]

Food and Agricultural Organization of the United Nations. 1983. Compilation of legal limits for hazardous substance in fish and fishery products. Rome, Italy. 102p.

Food and Agricultural Organization of the United Nations. 2016. The state of world fisheries and aquaculture 2016. Contributing to food security and nutrition for all. Rome, Italy. 204p.

Gholamhosseini, A., Shiry, N., Soltanian, S., Ali, M. 2018. Health risk assessment of some toxic trace metals in captured shrimps from the northern coasts of Oman Sea. *Journal of Food Hygiene*, 8(32): 49-65. (in Persian)

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-05-19]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1401.12.2.5.7]

Gholamhosseini, A., Shiry, N., Soltanian, S., Salighezadeh, M. 2019. Heavy metals amount remained in the muscle and hepatopancreas of Chabahar Bay's Pharaoh Cuttlefish (*Sepia pharaonis*) compared to the global guidelines (WHO & FAO). *Journal of Marine Biology*, 11(3): 51-60. (in Persian)

Gholamhosseini, A., Shiry. N., Banaee, M., Soltanian, S. 2021. Bioaccumulation of metals in marine fish species captured from the northern shores of the Gulf of Oman, Iran. *Regional Studies in Marine Science*, 41: 101599.

JECFA. 2000. Safety evaluation of certain food additives and contaminants. 44 IPCS – International Programme on Chemical Safety Contaminants.

Khoramabadi, A., Mohammadi, M., Eynollahi, F. 2014. Survey heavy metals concentration (Cu, Zn and Ni) of muscle tissue of *Litoppenaeus vannamei* in farms of Bushehr province. *Journal of Marine Science and Technology*, 12(3): 91-100. (in Persian)

Koosej, N., Jafaritan, H., Rahmani, A., Patimar, A., Gholipour, H. 2019. A study of some heavy metals in muscle tissue shrimp of *Metapenaeus affinis* and food risk assessment for consumers in, Hormozgan province. *Environmental Researches*, 10(19): 245-254. (in Persian)

La Collaa, N.S., Bottéa, S.E., Marcovecchio J.E. 2018. Metals in coastal zones impacted with urban and industrial wastes: Insights on the metal accumulation pattern in fish species. *Journal of Marine Systems*, 181: 52-64.

Laimanso, R.Y., Cheung, R.Y., Chan, K.W. 1999. Metal concentrations in the tissues of Rabbitfish (*Siganus oramin*) collected from Tolo Harbour and Victoria Harbour in Hong kong. *Journal of Marine Pollution Bulletin*, 39(1-12): 234-238.

Loghmani, M., Sharifian, S. 2020. Risk assessment of heavy metals for the consumers of Indian white shrimp (*Penaeus indicus*). *Iranian Scientific Fisheries Journal*, 29(1): 169-174. (in Persian)

MAFF (Ministry of Agriculture, Fisheries and Food). 2000. Monitoring and surveillance of non-radioactive contaminants in the aquatic environment and activities regulating the disposal of wastes at sea, 1997. In Aquatic Environment Monitoring Report No. 52. Center for Environment, Fisheries and Aquaculture Science, Lowestoft, UK.

Mahmoodian-Shooshtari, A.H., Safahiye, A.R., Nikpour-Ghanavati, Y.A., Ronagh, M.T., Salari, M.A. 2015. Measurement of heavy metals (Zn, Cu, Cd, Pb) concentrations in chiton (*Chiton lamyi*,Dupuis,1918) and surface sediments of intertidal zones in Bushehr province coastal waters. *Journal of animal Research*, 28(2): 210-222.

Miloskovic, A., Simic, V., 2015. Arsenic and other trace elements in five edible fish species in relation to fish size and weight and potential health risks for human consumption. *Polish Journal of Environmental Studies*, 24(1): 199-206.

Mitra, A., Barua, P., Zaman, S., Banerjee, K. 2012. Analysis of trace metals in commercially important crustaceans collected from UNESCO protected world heritage site of Indian sundarbans. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 12(1): 53-66.

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. (in Persian)

Movahed, A., Dehghan, A.V., Haji Hosseini, R., Akbarzadeh, S., Zendehboudi, A.A., Nafisi Behabadi, M., Hajian, N., Pakdel, F., Hefzulla, A., Iranpour, D. 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*, 16(2): 100-109. (in Persian)

Norouzi, M., Bagheri Tavani, M. 2019. Assessment of the Consumption Risk of Fifteen Heavy Metals in *Liza aurata* in the Caspian Sea. *Journal of Aquatic Ecology*, 8(3): 96-107. (in Persian)

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-05-19]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1401.12.2.5.7]

NRC. 1989. Recommended dietary allowances (10th ed.). Washington, DC: National Research Council.

Phuc Cam Tu, N., Ha, N.N., Ikemoto, T., Tanabe, B.C.S.T., Takeuchi, I. 2008. Regional variations in trace element concentrations in tissues of black tiger shrimp *Penaeus monodon* (Decapoda: Penaeidae) from South Vietnam. *Marine Pollution Bulletin*, 57(6-12): 858-866.

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 (Iranian Journal of Natural Resources)*, 67(1): 13-24. (in Persian)

Qin, D., Jiang, H., Bai, S., Tang, S., Mou, Z. 2015. Determination of 28 trace elements in three farmed cyprinid fish species from Northeast China. *Food Control*, 50: 1-8.

Samir, M.S., Shaker, I.M. 2008. Assessment of heavy metals pollution in water and sediments and their effect on *oreochromis niloticus* in the northern delta lakes, Egypt. *8th International Symposium on Tilapia in Aquaculture*, 475-490.

Shahri, E., Khorasani, N., Noori, G.R., Kord Mostafa Pour, F., Velayatzadeh, M. 2017. Risk assessment of some heavy metals in four species of fish from Oman Sea in spring. *Iranian Journal of Research in Environmental Health*, 3(1): 30-39. (in Persian)

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. *Quarterly Journal of Animal Physiology and Development*, 6(3): 41-52. (in Persian)

Storelli, M. 2008. Potential human health risks from metals (Hg, Cd, and Pb) and polychlorinated biphenyls (PCBs) via seafood consumption: Estimation of target hazard quotients (THQ. s) and toxic equivalents (TEQs). *Food and Chemical Toxicology*, 46: 2782-2788.

USEPA(United States Environmental Protection Agency). 2011. USEPA Regional Screening Level (RSL) Summary Table.

World Health Organization. 1989. Heavy metals-environmental aspects, Environment Health Criteria. Geneva, Switzerland. 85p.

Wu, X.Y., Yang, Y.F. 2011. Heavy metal (Pb, Co, Cd, Cr, Cu, Fe, Mn and Zn) concentrations in harvest-size white shrimp *Litopenaeus vannamei* tissues from aquaculture and wild source. *Journal of Food Composition and Analysis*, 24(1): 62-65.

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-05-19]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1401.12.2.5.7]

Journal of Aquatic Ecology
Volume12, Issue 2, Autumn 2022
Pages:58-69

Journal of Aquatic Ecology

Journal homepage: http://jae.hormozgan.ac.ir

University Of Hormozgan

Study of white leg shrimp (*Litoppenaeus vannamei*) in Bushehr province shrimp complexes with the perspective of contamination by heavy metals (As, Cd, Cu, Fe, Hg, Ni, Pb, and Zn) and risk evaluation for consumer

Fataneh Askari Sarmowr[1], Maryam Hosseininezhad[2], Reza Salighehzadeh[1,3*], Nima Shiry[3,4], Amin Gholamhosseini[3], Mostafa Gholipour[5]

1. Veterinary Department, Faculty of Agriculture, Shoushtar Branch, Islamic Azad University, Shoushtar, Iran

2. Department of Fisheries, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran

3. Department of Clinical Sciences, School of Veterinary Medicine, Shiraz University, Shiraz, Iran

4. Iran Fisheries Organization, Administration of Khuzestan Province, Abadan, Iran

5. Iran Shrimp Research Center, Iranian Fisheries Science Research Institute (IFSRI), Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Bushehr, Iran

Abstract

This research was carried out to determine the concentration of heavy metals in Pacific white leg shrimp cultured in farms of Ganaveh, Deylam, Hillah, Mand, Delvar and Shif and its consumption risk. The shrimp samples were prepared based on the standard methodology. The health risk of its consumption was evaluated according evaluated according to the daily intake (DI) index. Our results showed that the shrimp reared in the Deylam site had the maximum values of toxic metals mercury, nickel, and zinc compared to other sites of Bushehr Province. The concentrations of As, Cd, Cu, Fe, Hg, Ni, Pb, and Zn in shrimp muscle were 0.021, 0.028, 11.725. 42.003, 0.095, 3.278, 0.122 and 6.748 mg/kg dry weight (DW), respectively. Based on the findings, the concentration of Cu and Ni were significantly higher than the permissible maximum recommended amounts for human consumption by the world health organization (WHO), and they were 0.38 and 10 mg/kg DW, respectively. On the other hand, the health risk evaluation of the maximum tolerable daily intake (MTDI) of heavy metals showed that daily and continuous consumption of shrimp is safe for consumers in different age groups (children, adults) and despite the high levels of nickel and copper, there is no serious risk to consumers.

ARTICLE TYPE
Research

Received: 14 January 2020
Accepted: 29 May 2021
ePublished: 8 February 2023

* Corresponding Author:
rezasalighehzadeh@yahoo.com

Keywords: Heavy metals, Pacific White leg shrimp, Bushehr Province, Risk evaluation, Consumers health

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-05-19]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1401.12.2.5.7]