Journal of Animal Biology, Spring 2025; 17(3):77-86

ISSN: 1735-9724

Research Article

Study of White Leg Shrimp (*Litoppenaeus vannamei*) of Shrimp Farming Complexes in Gomishan, Golestan Province, with the Perspective of Contamination by Heavy Metals and Risk Evaluation for Consumer

Reza Khalili[1], Reza Salighehzadeh[1*], Marjan Mosafer[2]

1- Department of Veterinary, Shoushtar Branch, Islamic Azad University, Shoushtar, Iran
2- Department of Marine Biology, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran
*Corresponding author: rezasalighehzadeh@yahoo.com

Received: 15 August 2024 Accepted: 27 January 2025

DOI:

Abstract

Heavy metal pollution directly affects marine aquaculture such as shrimp farming. Heavy metals in the shrimp can be transferred to humans through the food chain. In this research, the concentration of heavy metals in the muscle tissue of western white-legged shrimp (*Litopenaeusvannamei*) was determined and the risk for consumers was assessed in the Gamishan shrimp breeding station of Golestan province. For this purpose, 30 samples were analyzed by atomic absorption after drying and chemical digestion. The data were analyzed using SPSS software. The different heavy metals were identified in shrimp samples, including arsenic (As), cadmium (Cd), mercury (Hg), lead (Pb), iron (Fe), copper (Cu), cobalt (Co), chromium (Cr), manganese (Mn), molybdenum (Mo), nickel (Ni), tin (Sn) and zinc (Zn). The average amount of As, Cd, Hg and Pb was 0.11-0.08, 0.01, 0.01 and 0.38-0.14 mg/kg, respectively. Sn and Ni had a lower average than other metals. Fe and Cu were the highest level, followed Zn and Mn. Co, Cr and Mo were the lowest level. A significant difference was reported between different sites in regarding Zn ($p < 0.05$). The concentration of all heavy metals was according to the standard limit (FAO/WHO). Continuous and daily consumption of this product for different age groups is not safe in terms of As and there is a risk, but it is safe for other metals. The results of this study suggest that the measurements to prevent the pollution of breeding ponds in Golestan province should be taken by the responsible authorities. It is possible to reduce the dangerous effects of heavy metals by monitoring, regularly examining and evaluating these mineral pollutants.

Keywords: White Leg Shrimp (*Litoppenaeus vannamei*), Golestan Province, Heavy Metals, Risk Assessment.

زیست‌شناسی جانوری، سال هفدهم، شماره سوم، بهار ۱٤۰٤، صفحات ۸٦-۷۷

ISSN:۱۷۳۵-۹۷۲٤

مقاله پژوهشی

مطالعه میگوی پا سفید غربی (*Litoppenaeus vannamei*) در مجتمع پرورش میگوی گمیشان استان گلستان از نظر آلودگی به فلزات سنگین و ارزیابی خطر برای مصرف‌کنندگان

رضا خلیلی[۱]، رضا سلیقه‌زاده[۱*]، مرجان مسافر[۲]

۱-گروه دامپزشکی، واحد شوشتر، دانشگاه آزاد اسلامی، شوشتر، ایران

۲-گروه بیولوژی دریا، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

*مسئول مکاتبات: rezasalighehzadeh@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۱٤۰۳/۰۵/۲۵ تاریخ پذیرش: ۱٤۰۳/۱۱/۰۸

DOI:

چکیده

امروزه تاثیر مستقیم آلودگی با فلزات سنگین بر سلامت آبزیانی مانند میگو بر کسی پوشیده نیست. فلزات سنگین انباشته شده در بدن میگو می‌توانند از طریق زنجیره غذایی به انسان منتقل و سبب بروز بیماری و مشکلات عدیده‌ای گردند. از این‌رو بررسی سطح سلامت بافت عضله این جانداران از لحاظ فلزات سنگین حائز اهمیت می‌باشد. در این تحقیق غلظت فلزات سنگین بافت عضله میگوی پا سفید غربی (*Litopenaeus vannamei*) در مجتمع پرورش میگوی گمیشان استان گلستان تعیین و ارزیابی خطر برای مصرف‌کنندگان انجام شد. برای این منظور، تعداد ۳۰ نمونه میگوی پا سفید غربی پس از خشک شدن، پودر شدن و هضم شیمیایی برای تعیین میزان غلظت فلزات سنگین توسط دستگاه جذب اتمی مورد اندازه‌گیری قرار گرفتند. داده‌های بدست آمده با استفاده از نرم‌افزار SPSS تجزیه و تحلیل شد. فلزات سنگین متنوعی در میگوی پاسفید غربی شناسایی شد که شامل آرسنیک، کادمیوم، جیوه، سرب، آهن، مس، کبالت، کروم، منگنز، مولیبدن، نیکل، قلع و روی بودند. فلزات آرسنیک و آهن بیشترین میزان را به ترتیب میان فلزات غیر ضروری و ضروری به خود اختصاص دادند. از نظر میزان باقیمانده فلز روی بین سایت‌های مختلف اختلاف معنی‌دار گزارش شد ($p < ۰/۰۵$). غلظت تمامی عناصر مورد در محدوده مجاز تعیین شده توسط استانداردهای جهانی (FAO/WHO) بود. مصرف مداوم و روزانه این محصول برای گروه‌های سنی مختلف از نظر آرسنیک ایمن نبوده و مخاطره ای برای آنها وجود دارد. ولی از نظر سایر فلزات ایمن بود. نتایج این مطالعه پیشنهاد می‌کند که اقدامات لازم جهت پیشگیری از آلودگی آب‌های استخرهای پرورشی استان گلستان توسط مقامات مسئول صورت پذیرد. کاهش اثرات خطرناک فلزات سنگین با پایش، بررسی منظم و ارزیابی آلاینده‌های معدنی امکان پذیر می‌باشد.

کلمات کلیدی: میگوی پاسفید غربی، فلزات سنگین، ارزیابی خطر، استان گلستان.

مقدمه

تولید جهانی آبزیان برای مصرف انسانی طی پنج دهه اخیر از رشد جمعیت جهانی پیشی گرفته است. بر اساس آمار رسمی FAO تولیدات جهانی آبزیان ۲۱۲ میلیون تن بوده که ۵/۱۱٤ میلیون تن آن معادل ٥٤ درصد مربوط به آبزی‌پروری و ۵/۹۷ میلیون تن آن برداشت از منابع طبیعی (صید و صیادی) معادل ٤٦ درصد بوده است. کشور ایران نیز از این قائده مستثنی نبوده و بر اساس آخرین آمار اعلام شده تا پایان سال

۱۳۹۸ میزان تولیدات آبزی‌پروری ٥۲٦ هزار تن معادل ٤۱ درصد و ۷٥۹ هزار تن معادل ٥۹ درصد از طریق صید و صیادی از مجموع کل ۱ میلیون و ۲۸٥ هزار تن انواع ماهی، میگو و سایر آبزیان در کل کشور به ویژه در آب‌های استان‌های ساحلی بوده است. پرورش میگو به عنوان یکی از فعالیت‌های مهم آبزی پروری در جهان و همسو با آن در ایران در حال گسترش و توسعه می‌باشد. در میان آبزیان، میگوی پا سفید غربی(*Litoppenaeusvannamei*) از جمله گونه‌های مرغوبی است که می‌توان به صورت گسترده تکثیر و پرورش نمود. یکی از موضوعاتی که با جست و جویی کوتاه در زمینه بررسی آبزیان توجه همگان را به خود جلب می‌نماید، بررسی میزان فلزات سنگین و ارزیابی خطر ریسک با ارزش می‌باشد (۱). محققان زیادی روی فلزات سنگین در آبزیان تحقیق کرده‌اند (۲، ۳، ٤، ٥، ٦). طی سال‌های اخیر همسو با صنعتی شدن جوامع، آلاینده‌های مختلفی به محیط وارد می‌گردد (۷). منابع متعددی از جمله معدن کاری فلزات، صنایع کشاورزی، صنایع متالوژیکی، صنایع الکترونیک، باتری سازی و پساب‌های صنعتیبه طور عمده سبب ورود فلزات سنگین به محیط می‌گردند (۸، ۹، ۱۰). فلزات سنگین با ورود به زیست بوم آبی و به دنبال آن ورود به بدن جانداران آبزی، از طریق چرخه غذایی به بدن انسان وارد می‌شوند. این عناصر در مقادیر کم به طور طبیعی برای بدن انسان لازم و ضروری می‌باشند اما در غلظت‌های بالاتر خطرات زیست‌محیطی فراوانی را به بار می‌آورند. از مهمترین اختلالات و عوارض که تجمع فلزات سنگین به دنبال دارد می‌توان به سرطان‌زایی، اثر بر سیستم اعصاب مرکزی و محیطی، اثر بر روی پوست، اثر بر روی سیستم خون‌ساز، اثر بر سیستم قلبی و عروقی، آسیب به کلیه‌ها و تجمع در بافت‌ها اشاره نمود (۱۱، ۱۲). با در نظر گرفتن گستردگی آسیب‌های ناشی از وجود فلزات سنگین در بافت موجودات آبزی از جمله گونه مورد مطالعه، و رشد روز افزون استان گلستان در زمینه آبزی‌پروری به ویژه پرورش میگو تا کنون مطالعه‌ای در خصوص بررسی میگوی پا سفید غربی از نظر آلودگی به فلزات سنگین و ارزیابی خطر برای مصرف‌کنندگان در این استان انجام نشده است. از این‌رو انجام مطالعه ای با هدف بررسی سطح غلظت فلزات سنگین ضروری در بافت عضله میگوی پا سفید غربی در سایت پرورش میگوی گمیشان و مقایسه آن با استانداردهای جهانی و بین‌المللی امری ضروری بوده و نتایج آن می‌تواند سطح سلامت بافت عضله میگوی پا سفید غربی از لحاظ غلظت فلزات سنگین را نشان دهد.

مواد و روش‌ها

در این مطالعه تعداد ۳۰ نمونه میگوی پا سفید غربی از سایت پرورش میگوی گمیشان استان گلستان جمع آوری شد. در پایان دوره پرورش تهیه شد. ابتدا نمونه‌ها با قرار گرفتن در آب یخ بی حرکت و بیهوش شده سپس با رعایت ملاحظات اخلاق زیستی، بافت عضله جدا شده و به عنوان نمونه برداشت شد. به منظور تعیین غلظت به ازای وزن خشک نمونه، نمونه‌ها در آون با دمای ۱۱۰ درجه سلسیوس خشک شد، سپس در هاون چینی تبدیل به پودر تبدیل شد. آماده‌سازی نمونه به روش توصیف شده توسط غلامحسینی و همکاران (۲۰۲۱) از طریق هضم شیمیایی نمونه‌ها با ترکیب اسید نیتریک و اسید پرکلریک (نسبت ۱:۷) انجام شد (۱۳). سنجش غلظت فلزات سنگین باقیمانده در عضله میگوها، از طریق دستگاه طیف بینی جذب اتمی اندازه‌گیری شد و با استفاده از منحنی کالیبراسیون مقادیر جذب به غلظت تبدیل و مقدار نهایی گزارش گردید. به منظور دستیابی به غلظت مورد نظر فلز از استاندارد مرجع

(SRM 2977 Muscle Tissue) استفاده شد. به منظور ترسیم منحنی کالیبراسیون عناصر،طیفی از رقت‌های مختلف به دستگاه تزریق گردید. خطای نسبی، راندمان و حد تشخیص دستگاه به ترتیب برابر با ٥/٤، ۹٤/٦ درصد و ۰/۰۰۲ قسمت در میلیون از طریق معادلات ذیل محاسبه شد.

$$RE\% = \frac{\text{MEASURED VALUE} * \text{NOMINALVALUE}}{\text{MEASURED VALUE}} * 100$$

$$LOD = \frac{\text{SDintercept}}{\text{X-variable}} * 3.3 \quad \text{و} \quad R\% = (100 - RE\%)$$

در این مطالعه Sd انحراف معیار، intercept عرض از مبدا (b) و x-variable شیب خط (a) هستند. به منظور ارزیابی خطر بهداشتی مصرف این محصولات دریایی، شاخصی با عنوان دریافت روزانه (DI) بکار گرفته شد. $DI = \frac{(CM \times IR)}{BW}$ که CM غلظت اندازه‌گیری شده در بافت خوراکی (عضله) میگو بر حسب میکروگرم بر گرم وزن تر است. از آنجایی که میگوها به شکل تازه (بدون فرایند خشک کردن) توسط مصرف‌کنندگان مورد تغذیه قرار می‌گیرند، غلظت‌های سنجیده شده بر حسب وزن خشک نمونه از طریق رابطه زیر به وزن تر تبدیل شد.

Con. in WW = ((100-70% of water)/100)* Con in)

DW) که BW وزن بدن که در این تحقیق به تفکیک بزرگسالان و کودکان (زیر ۱۸ سال) به ترتیب معادل ۷۰ و ٤۰ کیلوگرم و IR میزان مصرف روزانه میگو در جامعه مصرف‌کنندگان برابر با ۱۱/۲۳ گرم در روزدر نظر گرفته می‌شود. با توجه به اینکه تقریبا ۹۰ درصد میگوی پرورشی کشور به آسیا و اروپا صادر می‌شود و طبق آخرین گزارش رسمی فائو، میانگین سرانه مصرف آبزیان در دنیا معادل ۲۰/٥ کیلوگرم در سال می‌باشد، که ۲۰ درصد این مقدار را میگو تشکیل می‌دهد (۸).

تجزیه و تحلیل داده‌ها: ابتدا نرمال بودن آنها با آزمون کولموگروف-اسمیرنوف بررسی شد. سپس مقایسه داده‌های فلزات سنگین مزارع با یکدیگر برای گروه‌هایی دارای پراکنش نرمال از آنالیز واریانس یک-طرفه استفاده شد و در صورت وجود اختلاف معنی-دار، برای جداسازی گروه‌ها از آزمون توکی در سطح اطمینان ٥ درصد استفاده گردید. همچنین، از آزمون تی تک نمونه‌ای برای مقایسه غلظت عناصر سنگین با مقادیر مندرج در استانداردهای بهداشتی معتبر بین-المللی استفاده شد. کلیه عملیات آماریدر محیط نرم-افزار SPSS انجام شد.

نتایج

نتایج حاصل از مطالعه حاضر نشان داد در میان فلزات غیر ضروری مقدار آرسنیک بیشترین میزان غلظت را دارا بود. در میان فلزات ضروری، آهن بیشترین میزان را به خود اختصاص دادند و مس، روی، منگنز، کروم، نیکل به ترتیب در رتبه‌های بعد قرار گرفتند. از نظر میزان باقیمانده فلز روی بین سایت‌های مختلف اختلاف معنی‌دار گزارش شد ($p < ۰/۰٥$)(جدول ۱). نتایج آنالیز واریانس باقیمانده فلزات سنگین در گوشت میگوی پرورشی نشان داد از نظر میزان باقیمانده فلز روی بین سایت‌های مختلف اختلاف معنی‌دار وجود دارد ($p < ۰/۰٥$)(جدول ۲). چنانچه در جدول ۳ نمایان می‌دهد مقدار میانگین آرسنیک، کادمیوم، جیوه و سرب طبق استانداردهای بین‌المللی ۰/٥، ۰/۲، ۰/۲ و ۰/٤ ppm بود. همچنین نتایج نشان داد که غلظت تمامی عناصر مورد بررسی کمتر از حد مجاز بود. میزان دریافت روزانه و حداکثر مصرف روزانه قابل تحمل (MTDI) فلزات سنگین نشان داد که آهن، مس، قلع و رویدارای حد مجاز بالاتری از سایر فلزات بودند. حداکثر مصرف روزانه قابل تحمل برای آرسنیک و کادمیوم کمتر از سایر فلزات می‌باشد (جدول ٤).

جدول ۱- میانگین ± انحراف معیار میزان فلزات سنگین در میگوی پرورشی استان گلستان (میلی‌گرم/کیلوگرم وزن خشک)

Table 1. Mean ± SD of heavy metal levels in farmed shrimp in Golestan Province (mg/kg dry weight)

Heavy metals	Site 1	Site 2	Site 3
As	0.44 ± 0.11	0.43 ± 0.08	0.40 ± 0.11
Cd	0.03 ± 0.01	0.02 ± 0.01	0.02 ± 0.01
Co	0.01 ± 0.01	0.01 ± 0.01	0.02 ± 0.01
Cr	0.56 ± 0.19	0.65 ± 0.18	0.54 ± 0.26
Cu	21.77 ± 4.50	19.04 ± 2.49	15.66 ± 3.27
Fe	40.40 ± 4.65	38.07 ± 2.97	21.95 ± 6.84
Hg	0.16 ± 0.01	0.16 ± 0.01	0.16 ± 0.01
Mn	1.17 ± 0.87	1.03 ± 0.54	0.78 ± 0.22
Mo	0.03 ± 0.01	0.03 ± 0.01	0.03 ± 0.01
Ni	0.14 ± 0.0۴	0.22 ± 0.11	0.20 ± 0.10
Pb	0.43 ± 0.38	0.22 ± 0.14	0.28 ± 0.23
Sn	0.31 ± 0.01	0.30 ± 0.01	0.30 ± 0.01
Zn	34.85 ± 1.90b	33.68 ± 1.25b	27.51 ± 5.21a

*حروف متفاوت نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار بین گروه‌های آزمایشی است ($p < ۰/۰۵$)

*Different letters indicate significant differences between experimental groups ($p < 0.05$)

جدول ۲- نتایج تحلیل واریانس (ANOVA) فلزات سنگین باقیمانده در گوشت میگوی پرورشی استان گلستان

Table 2. Results of analysis of variance of residual heavy metals in farmed shrimp meat in Golestan Province

Heavy metals		Sum of squares	df	Mean squares	Calculated surface (Fe)	*p*
As	betweengroups	0.004	2	0.002	0.164	0.852
	Within-Group	0.099	9	0.011		
	Total	0.102	11			
Cd	betweengroups	0	2	0	0.201	0.821
	Within-Group	0.002	9	0		
	Total	0.002	11			
Co	betweengroups	0	2	0	2.07	0.182
	Within-Group	0.001	9	0		
	Total	0.001	11			
Cr	betweengroups	0.031	2	0.015	0.322	0.733
	Within-Group	0.429	9	0.048		
	Total	0.46	11			
Cu	betweengroups	74.993	2	37.496	3.023	0.099
	Within-Group	111.635	9	12.404		
	Total	186.628	11			
Fe	betweengroups	808.074	2	404.037	0.391	0.687
	Within-Group	9294.394	9	1032.71		
	Total	10102.468	11			
Hg	betweengroups	0	2	0	0	1
	Within-Group	0	9	0		
	Total	0	11			
Mn	betweengroups	0.301	2	0.151	0.405	0.679
	Within-Group	0.347	9	0.372		
	Total	3.648	11			
Mo	betweengroups	0	2	0	0	1
	Within-Group	0	9	0		
	Total	0	11			
Ni	betweengroups	0.014	2	0.007	0.836	0.464
	Within-Group	0.076	9	0.008		
	Total	0.09	11			
Pb	betweengroups	0.111	2	0.055	0.664	0.538
	Within-Group	0.75	9	0.083		

	Total	0.861	11			
Sn	betweengroups	0	2	0	1.059	0.386
	Within-Group	0	9	0		
	Total	0	11			
Zn	betweengroups	124.324	2	62.162	5.76	0.025
	Within-Group	97.133	9	10793		
	Total	221.456	11			

جدول۳- مقایسه میزان فلزات سنگین میگوی پرورشی استان گلستان با استانداردهای جهانی (FAO/WHO)

Table 3. Comparison of heavy metal levels in farmed shrimp in Golestan Province with international standards (FAO/WHO)

Heavy metals	Standard value (ppm)	Standardized mean difference	t	df	*p*
As	0.5	-0.07183	-2.579	11	0.026
Cd	0.2	-0.16856	-43.934	11	0.000
Co	50	-49.97966	-1.515	11	0.000
Cr	30	-29.41064	-498.450	11	0.000
Cu	100	-81.16996	-68.264	11	0.000
Fe	100	-66.52135	-7.604	11	0.000
Hg	0.2	-0.03550	-1.236	11	0.000
Mn	50	-49.00097	-294.755	11	0.000
Mo	150	-149.96590	-2.088	11	0.000
Ni	0.5	-0.31169	-11.955	11	0.000
Pb	0.4	-0.10293	-1.274	11	0.229
Sn	250	-249.69152	-2.175	11	0.000
Zn	150	-117.98085	-91.087	11	0.000

جدول ٤- ارزیابی ریسک سلامت میگوی پرورشی استان گلستان نسبت به فلزات سنگین

Table 4. Health risk assessment of farmed shrimp in Golestan province with respect to heavy metals

Heavy metals	Daily intake (mg/g body weight per day)		MTDI (mg.g-1 BW/day)
	Children	Adults	
As	1.98×10^{-1}	1.13×10^{-1}	5×10^{-2}
Cd	1.45×10^{-2}	8.31×10^{-3}	6×10^{-2}
Co	9.4×10^{-3}	5.37×10^{-1}	-
Cr	2.72×10^{-1}	1.55×10^{-1}	2
Cu	8.71	4.97	3×10^{-1}
Fe	15.48	8.84	5×10^{-2}
Hg	7.6×10^{-2}	4.34×10^{-2}	-
Mn	4.62×10^{-1}	2.64×10^{-1}	-
Mo	1.57×10^{-2}	9.۰۱×10^{-۳}	-
Ni	8.71×10^{-2}	4.97×10^{-2}	3×10^{-1}
Pb	1.37×10^{-1}	7.85×10^{-2}	2.1×10^{-1}
Sn	1.42×10^{-1}	8.15×10^{-2}	-
Zn	14.81	8.46	6×10^{-1}

MTDI: Maximum Tolerable Daily Intake

بحث

صنعتی‌شدن و افزایش فعالیت‌های انسانی در دوران اخیر،سبب گسترش بیش از پیش آلودگی‌ها در محیط آبی شده است. گسترش آلودگی در اکوسیستم‌های آبی به دلیل به دلیل سیالیت آب نسبت به سایر زیست‌بوم‌ها با سرعت بیشتری انتقال می‌یابد. از اینرو آلودگی‌ها از مزارع مختلف و سایت‌های گوناگون به سرعت به سایر مزارع انتقال می‌یابد. فلز آهن نقش بسزایی در رشد و سوخت و ساز بدن آبزیان ایفا

می‌کند. پژوهش‌ها بیان می‌دارند میگوها قابلیت بالایی در جذب فلز آهن از زیست‌بوم آبی و رسوبات دارند (١٤). از این‌رو بیشترین بودن میزان غلظت فلز آهن نسبت به سایر فلزات توجیح علمی خواهد داشت. مطالعات بسیاری به بیشتر بودن میزان غلظت فلزات سنگین در میگو نسبت به سایر فلزات اشاره نموده‌اند. لقمانی و شریفیان (۲۰۲۰) در بررسی بافت خوراکی میگوی سفید هندی در مناطق صیادی سواحل دریای مکران (۱۵)، Ezemonye و همکاران در بررسی غلظت فلزات سنگین در میگوی *Macrobrachium macrobrachion* و ماهی *Brycinus longipinnis* از رودخانه Benin (١٦)، Askari Sarmowr و همکاران در بررسی میگوی پا سفید غربی (*Litoppenaeus vannamei*) در مجتمع‌های پرورش میگوی استان بوشهر (۱۷)، Modheji و همکاران طی مطالعه ارزیابی فلزات سنگین در ماهی‌های سرخو، شوریده، زبان، کفشک، حلوا سفید و میگو در بازار ماهی‌فروشی خرمشهر (۱۸) بیان نمودند که در میان فلزات مختلف، آهن بیشترین میزان تجمع را به خود اختصاص داده است. نتایج حاصل از پژوهش حاضر نشان داد که غلظت عناصر ارزیابی شده در نمونه‌های میگو از حد مجاز FAO/WHO (۱۹) تجاوز نمی‌کند. با این‌حال با توجه به آنکه برخی از فلزات سنگین بسیار خطرناک برای سلامتی مصرف‌کنندگان (مانند جیوه) نزدیک به حد مجاز اعلام شده هستند، نظارت منظم بر عناصر سمی در جهت جلوگیری از آثار احتمالی مضر مصرف میگو بر سلامت انسان امری ضروری خواهد بود (۲۰). همسو با نتایج حاصل از این مطالعه مطالعات متعددی کمتر بودن غلظت فلزات سنگین در اقصی نقاط دنیا گزارش نموده‌اند (۱۳، ١٦، ۲۱، ۲۲، ۲۳). این پژوهش نمایان ساخت که با توجه به شاخص میزان دریافت قابل تحمل مصرف گونه مورد مطالعه از لحاظ فلز آرسنیک مخاطره‌آمیز خواهد بود. فلز آرسنیک از جمله فلزات غیرضروری می‌باشد که سبب بروز طیف وسیعی از بیماری‌ها خواهد شد. آسیب گسترده به کبد و مختل کردن سیستم گوارشی تنها بخشی از آسیب‌های ناشی از تجمع فلز آرسنیک می‌باشد (٢٤). در این مطالعه حداکثر مصرف روزانه قابل تحمل (MTDI) برای آرسنیک و کادمیوم کمتر از سایر فلزات بود. از این رو مصرف مداوم و روزانه این محصول برای گروه‌های سنی مختلف از نظر آرسنیک ایمن نبوده و مخاطره ای برای آنها وجود دارد. ولی از نظر سایر فلزات ایمن است. غلامحسینی و همکاران (۲۰۱۸) در بررسی میگوهای صید شده از بندر جاسک، تنگه هرمز و خلیج چابهار در سواحل شمالی دریای عمان بیان نمودند شاخص THQ کل برای گروه‌های سنی کودکان و بزرگسالان کمتر از ۱ بود (۱۳). Ezemonye و همکاران (۲۰۱۹) در بررسی سلامتی غلظت فلزات سنگین در سطح آب، میگوی *Macrobrachium macrobrachion* و ماهی *Brycinus longipinnis* از رودخانه Benin، نیجریه بیان نمود میزان THQ در میگو کمتر از یک بود (١٦). Askari Sarmowr و همکاران در سال ۲۰۲۲ در بررسی میگوی پا سفید غربی در مجتمع‌های پرورش میگوی استان بوشهر بیان نمود که با توجه به حداکثر مصرف روزانه قابل تحمل (MTDI) فلزات سنگین، مصرف روزانه و مداوم میگوها توسط مصرف‌کنندگان در گروه‌های سنی مختلف (کودکان، بزرگسالان) کاملاً ایمن بوده و حتی علیرغم مقادیر زیاد عناصر نیکل و مس، خطری جدی متوجه مصرف‌کنندگان نمی‌شود (۱۷). بر اساس مطالعه لقمانی و شریفیان بیشترین و کمترین تخمین میزان خطر (THQ) به ترتیب ناشی از فلز آرسنیک و فلز قلع به دست آمد. تخمین میزان خطر برای تمامی فلزات و همچنین مجموع میزان خطر (TTHQ) کمتر از ۱ بود (۲۲). نتایج این مطالعه پیشنهاد می‌کند که اقدامات لازم جهت پیشگیری از

آلودگی آب‌های استخرهای پرورشی استان گلستان توسط مقامات مسئول صورت پذیرد. کاهش اثرات خطرناک فلزات سنگین بر روی اکوسیستم، صنعت آبزی‌پروری و نیز انسان که از آبزیان تغذیه می‌کند، با پایش، بررسی منظم و ارزیابی آلاینده‌های معدنی در آب‌های ساحلی، خورها، خلیج‌ها، رسوبات کف و بافت‌های بدن آبزیان امکان‌پذیر می‌باشد (۲۵).

نتیجه‌گیری

انباشتگی فلزات سنگین که در اثر فاضلاب‌های صنعتی، شهری و کشاورزی به وجود می آیند معمولا در مقابل تصفیه شیمیایی مقاوم می باشند. این گونه فلزات به راحتی می‌توانند باعث آلودگی زیست محیطی آبزیان به خصوص میگوها شوند. سنجش فلزات سنگین در آب، رسوب و ماهیان، همیشه معیاری برای سنجش آلودگی محیط و میزان تأثیر آن بر اکوسیستم انسانی بوده است. با توجه به اهمیت بررسی آلودگی‌های مربوط به فلزات سنگین در آبزیان خوراکی بدلیل احتمال تجمع فلزات سنگین و همچنین بعنوان شاخصی از آلودگی آب‌ها، هدف از این مطالعه، تعیین غلظت فلزات سنگین بافت عضله میگوی پا سفید غربی (*Litopenaeus vannamei*) مزارع پرورشی سایت‌های مجتمع پرورش میگوی گمیشان استان گلستان بود. نتایج این پژوهش نشان داد که سطح فلزات سنگین در میگو نسبت به استانداردهای بین‌المللی پایین بود، اما با توجه به خاصیت تجمع زیستی و سمیت فلزات سنگین، پایش دوره‌ای فلزات سنگین نیاز می‌باشد.

منابع

1. Koshafer A, Sawari A, Sakhaei N, Archengi B, Karimi-Organi F. Comparison of bioaccumulation of heavy metals in Bayah fish (Liza abu) and yellow fin shank (Acanthopagrus latus) of Bahmanshir river. In summer and winter seasons. J Mar Sci Technol. 2021;20(1):48-60. [In Persian]

2. Biswas A, Kanon KF, Rahman A, Shafiqul Alam M, Ghosh S, Farid F. Assessment of human health hazard associated with heavy metal accumulation in popular freshwater, coastal and marine fishes from south-west region, Bangladesh. Heliyon. 2023;9:e20514.

3. Etefaghdoost M, AlafNovirian H. Measurement of the concentration of heavy elements in the muscle tissue of kamel fish (Rutilusrutiluscaspicus, Yakovlev, 1870) case study: Darvishan Black River, Gilan Province. Environ Sci Technol. 2019; 22(8):236-223. [In Persian]

4. Velayatzadeh M, Koshafar A. Pollution Assessment some of Heavy Metals in Water and Surface Sediments of Nasseri Wetland (Khorramshahr). J Sch Public Health Inst Public Health Res. 2019;17(2):157-168. [In Persian]

5. Hossain MN, Rahaman A, Jawad Hasan MD, Minhaz Uddin MD, Khatun N, Shamsuddin S. Comparative seasonal assessment of pollution and health risks associated with heavy metals in water, sediment and Fish of Buriganga and Turag River in Dhaka City, Bangladesh. SN Appl Sci. 2021;3(4):1-16.

6. Farahbakhsh Z, Akbarzadeh A, Amiri P, Naji A. The risk assessment potential of heavy metals (Cu, Zn, Ni) for human health caused by consumption of muscle tissue of golden mullet (Risso, 1810) Liza aurata in Anzali wetland, Caspian Sea. Health Environ. 2018;12(2):193-202. [In Persian]

7. Ali H, Khan E, Ilahi I. Environmental chemistry and ecotoxicology of hazardous heavy metals: Environmental persistence, toxicity and bioaccumulation. J Chem. 2019; 6730305:1-14.

8. Qouti N, Mohammadi S, Mohammadi W. Comparison of hardness and alkalinity changes with heavy metal zinc poisoning in common carp (*Cyprinus carpio*). J Wetland. 2011;2(8):21-28 [In Persian]

A, Gholipour M. Study of white leg shrimp (Litoppenaeusvannamei) 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. J Aqua Eco. 2022;12(2):58-69. [In Persian]

18. Modheji A, NikpourQanawati Y, Larki A, Bouadhar F. Measuring the concentration of heavy metals Pb, Cd, Ni, Fe, Zn and Cu in Sarkho, Shoshak, Tonga, Shorideh, Halva and Metapenaeusaffinis shrimps. J Mar Sci Technol. 2023;22(3):27-39. [In Persian]

19. FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations), Species Fact Sheets. FAO (Fisheries and Aquaculture Department), 2016; No. 123.

20. Mumtazan M, Asefi M, Zamani A, Mahmoudi R. Comparing the correlation of age, length and weight with mercury concentration in the muscle of two species of fish, Shirbat and Hamri, from Maroon Behbahan river. Water and Sewage, 2015;54-60:(2)27. [In Persian]

21. Koosaj N, Jafarian H, Rahmani R, Patimar A, Gholipour H. Investing some heavy metals in the muscle of Sartiz shrimp (*Metapenaeus affinis*) and evaluating its risk for human consupotion in Hormozgan province. Environ Res. 2019;10(19):245-254. [In Persian]

22. Loqmani M, Sadeghi P, Jadgal N. Investigating the accumulation of heavy metals (cadmium, copper, iron, tin, arsenic, lead and mercury) in the muscle tissue of Indian white shrimp (Penaeus indicus) in the ports of Bryce, Goiter and Kanark. J Iran Fish. 2018;28(3):153-173. [In Persian]

23. Moradi Z, Selgi I., The study of Sartiz white shrimp(Metapenaeusaffinis) in Bushehr beaches in term of contamination with heavy metals iron, zink, copper, manganese and nikel and risk estimation for the consumer. Animal Research Iranian BIOLOGU, 2017;31(4):395-405. [In Persian]

9. Riahi A, Ismaili A, Savari A. Determining the amount of heavy metals (Ni, Zn, Cu, Cd, Co, Pb) in water, sediments and aquatic species of Karun River (73-72). Iran J Nat Resour. 2008;52(2):46-37. [In Persian]

10. Velayatzadeh M, Tabibzadeh M. The importance and application of aquatic plants in biological monitoring of heavy metals, the first specialized bioremediation conference, Tehran, 2013. [In Persian]

11. Abedi SZ, Khalesi MK, Eskandari Mountain S. Comparison of cadmium heavy metal absorption in common carp (*Cyprinus carpio*) without *Pangasius hypophthalmus* cat scales. J Anim Biol. 2012;5(2):46-35. [In Persian]

12. Adeli A. Properties of fish and its nutritional value for humans. J Fish. 2015;9(3):61-68. [In Persian]

13. Gholamhosseini A, Shiry N, Soltanian S, Banaee M. Bioaccumulation of metals in marine fish species captured from the northern shores of the Gulf of Oman, Iran. Reg Stud Mar Sci. 2021;41:101599. [In Persian]

14. Wu XY, Yang YF. Heavy metal (Pb, Co, Cd, Cr, Cu, Fe, Mn and Zn) concentration in harvest size white shrimp (*Litoppeaeus vannamei*) tissues from aquaculture and wild source. J. Food Compos. Anal. 2011;24(1):62-65.

15. Loqmani M, Sharifian S, Risk assessment of heavy metal risk for consumers of Indian white shrimp (Penaeus indicus). Scientific J Iran Fish. 2020;29(1):169-174. [In Persian]

16. Ezemonyea LI, Adebayoa PO, Enunekuc AA, Tongoa I, Ogbomidab E. Potential health risk consequences of heavy metal concentrations in surface water, shrimp (Macrobrachiummacrobrachion) and fish (Brycinuslongipinnis) from Benin River, Nigeria. Toxicol Rep. 2019;6:1-9.

17. Askari Sarmowr F, Hosseininezhad M, Salighehzadeh R, Shiry N, Gholamhossein

Investigating the concentration of heavy metals (copper, zinc and nickel) in the muscle tissue of western white leg shrimp in the breeding farms of Bushehr province. Mar Sci Technol J. 2013;12(3):91-100. [In Persian]

24. Witkowska D, Słowik J, Chilicka K. Heavy metals and human health: Possible exposure pathways and the competition for protein binding sites. Molecules. 2021;26(19):6060.

25. Khoramabadi A, Alizadeh Doghiklai A, Mohammadi M, Ain Elahi F.