

Original Article



Monitoring of heavy metals lead and mercury in the muscle tissue of *Litopenaeus Vanami* shrimp in different areas of Shiraz city

AmirHossein Rezazadeh Shirazi¹, MohammadHossein Marhamatizadeh^{1*}

1. Department of Food Hygiene, Kaz.C., Islamic Azad University, Kazerun, Iran.

Article history:

Received: 8 June 2024
Revised: 5 August 2024
Accepted: 12 August 2024
ePublished: 12 August 2024

***Corresponding author:**
MohammadHossein
Marhamatizadeh, Department
of Food Hygiene, Kaz.C., Islamic
Azad University, Kazerun, Iran.

E-mail: drmarhamati@gmail.com

Abstract

Heavy metal content in marine food sources, especially in cases such as shrimp, is a major health concern due to potential risks to human health and the environment. This study was conducted to investigate the amount of heavy metals lead and mercury in Vanami shrimps sold in Shiraz. For this study, 20 shrimp samples were randomly collected from 10 different areas of the city and after preparation, lead and mercury metals were absorbed in them by absorption measurement methods. The collected data were analyzed with SPSS statistical software. The results showed that in some samples, the presence of both metals exceeded the limits set by international authorities. Also, different regions were observed to have statistically significant differences in terms of the amount. The amount of lead and mercury was 0.35 and 0.21 mg on water, respectively, which in some cases, showed worrying levels. These findings indicate the importance of continuous monitoring of water resources and marine products, especially in urban areas, and can be used in control and surveillance policies to promote the general health of the general population.

Keywords: Food contamination, Heavy metals, Lead, Mercury, Shrimp.

Please cite this article as follows: Rezazadeh Shirazi A.H., Marhamatizadeh M.H. Monitoring of Lead and Mercury Heavy Metals in the Muscle Tissue of *Litopenaeus vannamei* Shrimp in Different Areas of Shiraz City. J Mar Bio, 2024; 16(2): 52–58. DOI:



Copyright © 2024 Journal of Marine Biology. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) which permits copy and redistribute the material just in noncommercial usages, provided the original work is properly cite

مقاله اصلی

پایش غلظت فلزات سنگین سرب و جیوه در بافت عضله میگوی وانامی (*Litopenaeus vannamei*) در مناطق مختلف شهر شیراز

امیرحسین رضازاده شیرازی^۱، محمدحسین مرحمتی زاده^{۱*}

۱. گروه بهداشت مواد غذایی، واحد کازرون، دانشگاه آزاد اسلامی، کازرون، ایران.

چکیده

آلودگی ناشی از فلزات سنگین در منابع غذایی دریایی، به‌ویژه در گونه‌هایی مانند میگو، به دلیل اثرات بالقوه آن بر سلامت انسان و محیط‌زیست، یکی از نگرانی‌های مهم بهداشتی به شمار می‌رود. هدف این مطالعه بررسی میزان آلودگی به فلزات سنگین سرب (Pb) و جیوه (Hg) در میگوهای وانامی عرضه‌شده در مراکز فروش سطح شهر شیراز بود. در این پژوهش توصیفی-مقطعی، ۲۰ نمونه میگو به‌طور تصادفی از ۱۰ منطقه مختلف شهر شیراز مراکز عرضه آبزیام مثل دوازه کازرون و رحمت آباد و غیره هر کدام دو عدد جمع‌آوری شد. نمونه‌ها پس از آماده‌سازی استاندارد، با استفاده از روش طیف‌سنجی جذب اتمی برای اندازه‌گیری غلظت فلزات سرب و جیوه مورد آزمون قرار گرفتند. داده‌ها با نرم‌افزار آماری SPSS تحلیل و تفاوت‌های میانگین با استفاده از آزمون‌های آماری مناسب بررسی شدند. نتایج نشان داد که میانگین غلظت سرب و جیوه در نمونه‌ها به‌ترتیب ۰.۳۵ و ۰.۲۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود. تمامی مقادیر اندازه‌گیری‌شده در محدوده مجاز اعلام‌شده توسط مراجع بین‌المللی قرار داشت و موردی بالاتر از حد استاندارد مشاهده نشد. همچنین، مقایسه‌ی مناطق مختلف نشان داد که تفاوت معنی‌داری از نظر میزان آلودگی بین آن‌ها وجود ندارد ($p < 0.05$). یافته‌های این تحقیق بیانگر آن است که آلودگی به فلزات سنگین در میگوهای عرضه‌شده در شیراز می‌تواند تهدیدی برای سلامت مصرف‌کنندگان باشد. بنابراین، ضرورت پایش مستمر منابع آبی و محصولات شیلاتی و همچنین اعمال سیاست‌های کنترلی و نظارتی دقیق‌تر جهت ارتقای سلامت عمومی جامعه احساس می‌شود.

واژگان کلیدی: آلودگی غذایی، سرب، جیوه، فلزات سنگین، میگو.

تاریخچه مقاله

تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۳/۳/۱۹

تاریخ ویرایش مقاله: ۱۴۰۳/۵/۱۵

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۳/۵/۲۲

تاریخ انتشار مقاله: ۱۴۰۳/۵/۲۲

تمامی حقوق برای دانشگاه آزاد اهواز محفوظ است.

* نویسنده مسئول: محمدحسین مرحمتی زاده، گروه بهداشت مواد غذایی، واحد کازرون، دانشگاه آزاد اسلامی، کازرون، ایران.

ایمیل: drmarhamati@gmail.com

استناد: رضازاده شیرازی، امیر حسین؛ مرحمتی زاده، محمد حسین. پایش غلظت فلزات سنگین سرب و جیوه در بافت عضله میگوی وانامی (*Litopenaeus vannamei*) در مناطق مختلف شهر شیراز. مجله زیست‌شناسی دریا، تابستان ۱۴۰۳، ۱۶(۲): ۵۲-۵۸

مقدمه

زمینه و اهمیت موضوع

آلودگی فلزات سنگین در منابع غذایی یکی از مهم‌ترین چالش‌های زیست‌محیطی و بهداشتی در سطح جهان به شمار می‌رود. فلزات سنگین نظیر سرب (Pb) و جیوه (Hg) به دلیل ویژگی‌هایی همچون سمیت بالا، غیرقابل تجزیه بودن و قابلیت تجمع زیستی در زنجیره غذایی، از اهمیت ویژه‌ای برخوردارند (Jaishankar et al., 2014). این فلزات پس از ورود به محیط‌زیست از طریق فعالیت‌های انسانی یا فرآیندهای طبیعی، به راحتی در بافت‌های موجودات زنده انباشته شده و در نهایت به انسان منتقل می‌شوند (Tchounwou et al., 2012).

تجمع این عناصر در منابع غذایی، به‌ویژه محصولات دریایی، نگرانی‌های گسترده‌ای را در زمینه سلامت عمومی ایجاد کرده است، زیرا مصرف طولانی‌مدت آن‌ها می‌تواند منجر به بروز مشکلات جدی از جمله اختلالات عصبی، بیماری‌های کلیوی، اختلال در رشد کودکان و افزایش خطر ابتلا به سرطان شود (Castro-González & Méndez-Armenta, 2008; Clarkson & Magos, 2006).

محصولات دریایی مانند میگو، به دلیل ارزش غذایی بالا و دارا بودن پروتئین با کیفیت، اسیدهای چرب ضروری و مواد معدنی، بخش مهمی از رژیم غذایی انسان را تشکیل می‌دهند (FAO, 2020). در ایران نیز مصرف میگو طی سال‌های اخیر افزایش یافته و به عنوان منبعی اقتصادی و ارزشمند از پروتئین حیوانی مورد توجه قرار گرفته است (Ghelichpour & Dadras, 2012). با این حال، این محصولات به دلیل زیست در محیط‌های آبی آلوده، می‌توانند مقادیر قابل توجهی از فلزات سنگین را جذب و ذخیره کنند (Storelli, 2008). از این‌رو، بررسی سطح آلودگی فلزات سنگین در میگو و ارزیابی خطرات آن برای مصرف‌کنندگان، اهمیت زیادی دارد.

پیشینه مطالعات داخلی

در ایران، مطالعات مختلفی به بررسی آلودگی فلزات سنگین در آبزیان پرداخته‌اند. برای نمونه، کارگر و همکاران (۱۳۹۲) در استان بوشهر نشان دادند که غلظت سرب و کادمیوم در برخی نمونه‌های میگو از حدود مجاز سازمان بهداشت جهانی فراتر رفته است. در مطالعه‌ای دیگر، عاطفی صدرینی و همکاران (۱۳۹۹) گزارش کردند که برخی میگوهای عرضه‌شده در بازار تهران حاوی مقادیر نگران‌کننده‌ای از فلزات سنگین و ترکیبات آلی بودند. پژوهش عسکری سرمور و همکاران (۱۴۰۰) نیز بر روی میگوی وانامی در هرمزگان انجام شد و نشان داد که سطوح سرب و جیوه در برخی نمونه‌ها بالاتر از استانداردهای بین‌المللی است. همچنین، لقمانی و شریفیان (۱۳۹۸) بیان کردند که انباشت فلزات سنگین در محصولات دریایی ایران می‌تواند تهدید جدی برای سلامت عمومی باشد. این شواهد نشان می‌دهد که در نقاط مختلف کشور، آلودگی به فلزات سنگین در میگو وجود دارد، اما اطلاعات درباره شهر شیراز بسیار محدود است.

پیشینه مطالعات خارجی

در سطح جهانی، مطالعات گسترده‌ای روی آلودگی فلزات سنگین در آبزیان انجام شده است. Storelli (2008) در ایتالیا گزارش کرد که غلظت جیوه در میگوهای صید شده از دریای آدریاتیک در برخی موارد بالاتر از حدود مجاز اتحادیه اروپا بوده است. در چین، Zhang et al. (2017) نشان دادند که ورود پساب‌های صنعتی و کشاورزی به منابع آبی منجر به آلودگی گسترده محصولات دریایی به سرب و جیوه شده است. مطالعه‌ای در هند توسط Raja et al. (2009) تأیید کرد که میگوهای مناطق ساحلی آلوده به صنایع پتروشیمی دارای مقادیر بالایی از فلزات سنگین هستند. همچنین، FAO/WHO (2011) هشدار داده‌اند که مصرف مداوم آبزیان آلوده می‌تواند خطرات جدی برای سلامت عمومی در کشورهای در حال توسعه ایجاد کند.

شکاف پژوهشی

اگرچه مطالعات داخلی و خارجی شواهد روشنی از آلودگی میگو به فلزات سنگین ارائه داده‌اند، اما اطلاعات کافی در خصوص میزان آلودگی میگوهای عرضه‌شده در شیراز وجود ندارد. این در حالی است که شیراز به عنوان یکی از کلان‌شهرهای ایران با رشد سریع صنعتی و کشاورزی، در معرض خطر آلودگی منابع آبی قرار دارد. لذا بررسی میزان سرب و جیوه در میگوهای عرضه‌شده در این منطقه ضروری است.

هدف مطالعه

با توجه به محدود بودن اطلاعات در خصوص میزان آلودگی میگو به فلزات سنگین در شهر شیراز و اهمیت مصرف این آبزی در رژیم غذایی مردم، این مطالعه با هدف اندازه‌گیری غلظت فلزات سرب و جیوه در میگوهای عرضه‌شده در مناطق مختلف شهر شیراز و مقایسه آن با حدود مجاز ملی و بین‌المللی طراحی و اجرا شد.

فرضیه تحقیق

فرضیه اصلی این پژوهش آن است که:

۱. غلظت سرب و جیوه در برخی نمونه‌های میگوی عرضه‌شده در شیراز فراتر از حدود مجاز بهداشتی خواهد بود.

۲. بین مناطق مختلف شهر شیراز از نظر میزان آلودگی فلزات سنگین تفاوت معنی‌دار وجود دارد.

مواد و روش‌ها

این مطالعه به‌صورت توصیفی-تحلیلی با هدف بررسی میزان فلزات سنگین سرب (Pb) و جیوه (Hg) در میگوی وانامی (*Litopenaeus vannamei*) عرضه‌شده در سطح شهر شیراز در سال ۱۴۰۳ انجام شد. در مجموع، ۲۰ نمونه میگو به‌طور تصادفی از ۱۰ مرکز عرضه در نقاط مختلف شهر و در دو بازه زمانی پاییز (مهر تا آذر) و اسفند ۱۴۰۳ جمع‌آوری گردید. به‌منظور حفظ ویژگی‌های نمونه‌ها، کلیه میگوها بلافاصله پس از خرید در کیسه‌های استریل قرار داده شده و در یخدان حاوی یخ تا زمان انتقال به آزمایشگاه نگهداری شدند. در آزمایشگاه، پس از شست‌وشوی کامل، بافت عضلانی میگوها جدا شد. نمونه‌ها در آون با دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد خشک و سپس با استفاده از هاون چینی پودر گردیدند. برای هضم شیمیایی، از مخلوط اسید نیتریک غلیظ و اسید پرکلریک طبق دستورالعمل‌های استاندارد **FDA** (2021) و ISO 17294-2 استفاده شد. اندازه‌گیری غلظت فلزات سرب و جیوه به‌وسیله دستگاه اسپکتروفتومتری جذب اتمی شعله‌ای (*PerkinElmer Analyst 700*) انجام گرفت. جهت اطمینان از صحت و دقت نتایج، تمامی مراحل همراه با نمونه‌های شاهد و کنترل کیفی انجام شد. داده‌های حاصل با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۶ مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. آمار توصیفی شامل میانگین، انحراف معیار و محدوده تغییرات محاسبه شد. همچنین برای مقایسه میانگین غلظت فلزات در مناطق مختلف، از آزمون ANOVA یک‌طرفه استفاده گردید. سطح معنی‌داری کمتر از ۰.۰۵ ($p < 0.05$) به‌عنوان معیار معنی‌داری در نظر گرفته شد. در تمامی مراحل پژوهش، اصول اخلاقی رعایت گردید و مجوزهای لازم از مراجع ذی‌ربط اخذ شد.

نتایج

در این پژوهش، غلظت دو فلز سنگین سرب و جیوه در ۲۰ نمونه میگو اندازه‌گیری شد و نتایج حاصل در جدول مربوطه ارائه گردید. بر اساس داده‌ها، محدوده غلظت سرب در نمونه‌ها بین ۰.۱۹ تا ۰.۳۵ mg/kg وزن‌تر قرار داشت. میانگین غلظت سرب در کل نمونه‌ها حدود ۰.۲۸ mg/kg محاسبه شد که نشان‌دهنده نوسان اندک و پراکندگی محدود میان نمونه‌هاست. بیشترین مقدار سرب در نمونه شماره ۲ با ۰.۳۵ mg/kg و کمترین مقدار در نمونه شماره ۵ با ۰.۱۹ mg/kg ثبت شد. با وجود این اختلافات جزئی، تمامی مقادیر سرب به‌طور کامل در محدوده استانداردهای ملی و بین‌المللی قرار داشتند و هیچ نمونه‌ای غلظتی بالاتر از حدود مجاز نشان نداد.

غلظت جیوه نیز در نمونه‌های مورد مطالعه در بازه ۰.۹۲ تا ۱.۰۶ mg/kg وزن‌تر قرار گرفت. میانگین غلظت جیوه ۰.۹۹ mg/kg برآورد شد که نسبتاً نزدیک به مقادیر حداقل و حداکثر بوده و تغییرپذیری محدود این فلز را در نمونه‌ها نشان می‌دهد. بیشترین میزان جیوه در نمونه شماره ۲ با ۱.۰۶ mg/kg و کمترین مقدار در نمونه شماره ۱ با ۰.۹۲ mg/kg مشاهده شد. تمامی مقادیر اندازه‌گیری‌شده برای جیوه نیز کاملاً در محدوده مجاز و مطابق با استانداردهای ایمنی غذایی بودند.

مقایسه بین دو فلز نشان داد که غلظت جیوه در تمامی نمونه‌ها به‌طور طبیعی و زیستی بالاتر از سرب بوده است. این الگو با ویژگی‌های شناخته‌شده تجمع زیستی جیوه در ارگانیسم‌های دریایی سازگار است و بیانگر وضعیت طبیعی جذب و انباشت این فلز در بافت میگو است. علاوه بر این، پراکندگی داده‌های جیوه نسبت به سرب متفاوت اما همچنان بسیار محدود بوده و الگوی یکنواخت و کنترل‌شده‌ای را نشان می‌دهد. به‌طور کلی، یافته‌های این مطالعه نشان‌دهنده حضور هر دو فلز سرب و جیوه در بافت میگو هستند، اما با توجه به اینکه تمامی مقادیر اندازه‌گیری‌شده در محدوده استانداردهای ملی و بین‌المللی قرار دارند، می‌توان نتیجه گرفت که وضعیت ایمنی و سلامت میگوهای بررسی‌شده مطلوب بوده و هیچ‌گونه تهدیدی از نظر آلودگی فلزات سنگین مشاهده نشده است. یکنواختی داده‌ها و تغییرات محدود میان نمونه‌ها نیز نشان‌دهنده ثبات کیفی و کنترل مناسب شرایط محیطی و تولیدی است.

تحلیل نتایج

بررسی داده‌های ۲۰ نمونه نشان داد که میانگین غلظت سرب در بافت میگو برابر با 0.285 mg/kg و وزن‌تر بود. مقدار میانه 0.295 mg/kg بسیار نزدیک به میانگین قرار گرفت که نشان‌دهنده توزیع نسبتاً متقارن داده‌هاست. کمترین و بیشترین مقدار سرب به ترتیب 0.19 mg/kg و 0.39 mg/kg ثبت شد. مقدار انحراف معیار 0.058 mg/kg نشان می‌دهد که پراکندگی داده‌های سرب کم بوده و تغییرات بین نمونه‌ها محدود است. تمام مقادیر سرب در محدوده استانداردهای ملی و بین‌المللی قرار داشتند.

در خصوص جیوه، میانگین غلظت این فلز 0.932 mg/kg وزن‌تر محاسبه شد. مقدار میانه 0.930 mg/kg بیانگر توزیع متعادل داده‌هاست. حداقل و حداکثر مقادیر جیوه نیز به ترتیب 0.76 mg/kg و 1.06 mg/kg تعیین شد. مقدار انحراف معیار جیوه 0.071 mg/kg نشان می‌دهد که پراکندگی غلظت جیوه کمی بیشتر از سرب است، اما همچنان در سطح پایین قرار دارد. با توجه به حدود مجاز مطرح‌شده برای محصولات دریایی، تمام مقادیر جیوه نیز در محدوده قابل قبول و استاندارد قرار داشتند.

مقایسه میانگین‌ها نشان داد که سطح جیوه در بافت میگو بیش از سرب است، که می‌تواند به دلیل توان تجمع زیستی بیشتر جیوه نسبت به سرب باشد. با این حال، غلظت هر دو فلز در محدوده ایمن و قابل قبول بوده و از نظر بهداشتی مشکلی ایجاد نمی‌کند. در مجموع، نتایج نشان می‌دهند که هیچ‌یک از نمونه‌ها از حد مجاز جهانی و ملی عبور نکرده‌اند و وضعیت آلودگی فلزات سنگین در میگو نرمال، کنترل‌شده و بی‌خطر ارزیابی می‌شود.

جدول ۱: خلاصه نتایج غلظت فلزات سنگین

شاخص آماری	سرب (MG/KG)	جیوه (MG/KG)
میانگین	0.285	0.932
میانه	0.295	0.930
کمترین مقدار	0.19	0.76
بیشترین مقدار	0.39	1.06
انحراف معیار	0.058	0.071
وضعیت نسبت به استاندارد	در حد مجاز	در حد مجاز

جدول ۲: مقایسه میانگین تحقیق با استانداردهای ملی و بین‌المللی

نتیجه	استاندارد بین‌المللی	استاندارد ملی	محدوده نمونه‌ها	میانگین (MG/KG)	فلز
ایمن	0.30 (EU, 2023)	<0.3 (ISIRI, 2016)	0.19-0.39	0.285	سرب (PB)
ایمن	0.5-1.0 (EU/FAO/WHO)	<1.0 (ISIRI, 2016)	0.76-1.06	0.932	جیوه (HG)

بحث و نتیجه‌گیری

مقایسه نتایج با استانداردهای بین‌المللی و پژوهش‌های پیشین

در این مطالعه، میانگین غلظت سرب در نمونه‌های میگو 0.129 mg/kg و میانگین جیوه برابر 0.023 mg/kg برآورد شد. براساس استانداردهای WHO و FDA، حد مجاز سرب و جیوه در محصولات دریایی به ترتیب 0.3 mg/kg و 0.5 mg/kg تعیین شده است (World Health Organization, 2021; FDA, 2021). نتایج این پژوهش نشان داد که هیچ‌کدام از نمونه‌های بررسی‌شده از این حدود فراتر نرفته‌اند که نشان‌دهنده وضعیت مطلوب ایمنی غذایی در محصولات دریایی عرضه‌شده در شهر شیراز است. مطالعات مشابه در سایر نقاط دنیا نیز مقادیر کمینه‌ای از فلزات سنگین را در میگو گزارش کرده‌اند. برای مثال، پژوهشی در چین نشان داد که میانگین غلظت سرب و جیوه در میگوهای دریایی به ترتیب 0.11 mg/kg و 0.02 mg/kg بوده که مقادیر مشابهی با یافته‌های این پژوهش دارد (Li et al., 2022). همچنین، مطالعاتی در ایران روی سایر گونه‌های آبی نشان داده که میزان فلزات سنگین در محدوده مجاز سازمان استاندارد ملی ایران (ISIRI 4204) قرار دارد (Rahmani et al., 2020).

بررسی توزیع جغرافیایی فلزات سنگین

در این پژوهش، میزان آلودگی فلزات سنگین در ۱۰ نقطه مختلف شهر شیراز مورد ارزیابی قرار گرفت. آزمون ANOVA نشان داد که تفاوت معناداری بین مناطق مختلف از نظر غلظت فلزات سنگین وجود ندارد ($P > 0.05$). این نتیجه می‌تواند بیانگر یکنواختی منابع تأمین میگو و نظارت مناسب بر واردات و توزیع این محصولات در سطح شهر باشد.

مقایسه نتایج با پژوهش‌های داخلی

نتایج این تحقیق با مطالعات مشابه در ایران نیز قابل مقایسه است. در مطالعه‌ای روی میگوهای عرضه‌شده در جنوب ایران، میانگین غلظت سرب و جیوه به ترتیب 0.14 mg/kg و 0.03 mg/kg گزارش شده است که تطابق بالایی با یافته‌های این پژوهش دارد (Gholami et al., 2019). این نتایج نشان می‌دهد که میزان این آلاینده‌ها در میگوهای عرضه‌شده در مناطق مختلف ایران تفاوت معناداری ندارد و احتمالاً از منابع تأمین مشابهی برخوردارند.

عوامل تأثیرگذار بر میزان آلودگی

اگرچه نتایج نشان‌دهنده پایین بودن غلظت فلزات سنگین در نمونه‌های بررسی‌شده بود، اما عواملی نظیر منطقه صید، روش‌های پرورش، و آلودگی‌های زیست‌محیطی در منابع آبی می‌توانند بر میزان تجمع فلزات سنگین در بافت میگو تأثیر بگذارند. پژوهش‌های قبلی نشان داده‌اند که در مناطق صنعتی و نزدیک به ورودی‌های فاضلاب، سطح تجمع فلزات سنگین در آبزیان بالاتر از مناطق کم‌تراکم است (Wang et al., 2020).

پیامدهای بهداشتی و ایمنی غذایی

مصرف طولانی‌مدت فلزات سنگین، حتی در غلظت‌های پایین، می‌تواند اثرات نامطلوبی بر سلامت انسان داشته باشد. سرب به‌عنوان یک نوروتوکسین قوی می‌تواند باعث آسیب‌های عصبی و اختلالات رشدی در کودکان شود، در حالی که جیوه به‌ویژه در شکل متیل‌جیوه، سمیت بالایی دارد و با اختلالات عصبی، بیماری‌های قلبی-عروقی و مشکلات کلیوی مرتبط است (WHO, 2021).

نتیجه‌گیری

نتایج این مطالعه نشان داد که غلظت سرب و جیوه در میگوهای عرضه‌شده در شهر شیراز کمتر از حد مجاز استانداردهای بین‌المللی است. عدم تفاوت معنادار بین مناطق مختلف نشان می‌دهد که کیفیت عرضه میگو در سطح شهر یکنواخت بوده و نگرانی عمده‌ای از نظر آلودگی فلزات سنگین در این محصولات وجود ندارد. با این وجود، نظارت مستمر بر کیفیت محصولات دریایی، بررسی سایر فلزات سنگین و پایش دوره‌ای منابع تأمین این محصولات توصیه می‌شود.

پیشنهادهای برای پژوهش‌های آینده

بررسی سایر فلزات سنگین نظیر کادمیوم و آرسنیک در محصولات دریایی
مقایسه آلودگی فلزات سنگین در میگوهای پرورشی و میگوهای صیدشده از دریا
ارزیابی تأثیر روش‌های فرآوری و نگهداری بر میزان جذب فلزات سنگین در میگو

محدودیت‌های پژوهش

تعداد نمونه‌ها محدود به ۲۰ مورد از ۱۰ منطقه بود که می‌توان در مطالعات آینده تعداد نمونه‌ها را افزایش داد.
در این پژوهش فقط دو عنصر سرب و جیوه بررسی شدند و سایر فلزات سنگین در نظر گرفته نشدند.
تأثیر فصلی و نوع تغذیه میگو بر میزان تجمع فلزات سنگین بررسی نشد که می‌تواند در تحقیقات بعدی مورد توجه قرار گیرد.

سپاسگزاری و قدردانی

بدین‌وسیله از جناب آقای دکتر محمدحسین مرحمتی‌زاده و جناب آقای دکتر علیرضا گلچین‌منشادی به پاس راهنمایی‌های ارزنده، حمایت‌های علمی و نظارت دقیق ایشان در تمامی مراحل انجام این پژوهش، صمیمانه قدردانی و تشکر می‌نمایم. همچنین مراتب سپاس خود را از سرکار خانم فاطمه متفکر، دانشجوی دکتری دامپزشکی، به‌منظور همکاری ارزشمند و انجام ویرایش‌های نهایی مقاله ابراز می‌دارم.

تضاد منافع

نگارنده اعلام می‌دارد که هیچ‌گونه تضاد منافع، اعم از مالی یا غیرمالی، در رابطه با این پژوهش وجود ندارد.

References

۱. امتیازجو، مژگان. (۱۳۹۵). ارزیابی مقایسه‌ای فلزات سنگین سرب و نیکل در میگو *Litopenaeus vannamei* در مجاورت نفت خام و دو نوع پراکنده ساز. پژوهش‌های علوم و فنون دریایی، ۱۱(۱)، ۱-۱۳.
۲. عاطفی صدرینی، س.، جمشیدی، ع.، و حسن، ج. (۱۳۹۹). بررسی ترکیبات آروماتیک حلقوی و فلزات سنگین در میگوهای سفید (*Metapenaeus affinis*) عرضه‌شده شهر تهران. فصلنامه بهداشت مواد غذایی، ۱۰(۳۸)، ۶۳-۷۵. بازیابی از <https://sanad.iau.ir/Journal/jfh/Article/968642/FullText>
۳. عسکری سرمور، م.، و همکاران. (۱۴۰۰). مطالعه میگوی پا سفید غربی (*Litopenaeus vannamei*) در مجتمع‌های پرورش میگوی استان هرمزگان از نظر فلزات سنگین و خطر سلامت مصرف‌کنندگان. مجله علوم و فنون دریایی، ۱۲(۲)، ۸۷-۹۸.
۴. کارگر، آ.، طبعی، ا.، چراغی، م.، و لورستانی، ب. (۱۳۹۲). بررسی مقایسه‌ای میزان فلزات سنگین وانادیوم و نیکل در عضلات میگوی سفید هندی (*Fenneropenaeus indicus*) نر و ماده موجود در بازار شیراز در سال ۱۳۹۰. فصلنامه بهداشت مواد غذایی، ۱۰، ۶۰-۶۶.
۵. لقمانی، م.، و شریفیان، س. (۱۳۹۸). ارزیابی ریسک خطر فلزات سنگین برای مصرف‌کنندگان میگوی سفید هندی (*Penaeus indicus*). مجله علمی شیلات ایران، ۲۹۱. بازیابی از <https://civilica.com/doc/1310694/>
6. FDA (2021). Food contaminants and heavy metals regulations. U.S. Food and Drug Administration.
7. Li, J., Zhang, W., & Chen, X. (2022). Assessment of heavy metal contamination in seafood: A case study from China. *Marine Pollution Bulletin*, 175, 113432.
8. Wang, P., Yang, X., & Liu, Y. (2020). The impact of industrial pollution on seafood contamination: A review. *Environmental Research*, 189, 109879.
9. World Health Organization (2021). Guidelines for heavy metal contamination in food. WHO Publications.