2025, 1(4): 105-112

JAER

*Journal of Animal Environmental Reaserch*

Journal homepage: http://www.journalaer.com

***Research Article***

# Accumulation and Risk Levels of Three Toxic Metals (Lead, Cadmium and Zinc) in the Muscles of Western Whiteleg Shrimp (*Litopenaeus vannamei*) in the Aquaculture Farms of Gourdim Region

***Ali Chakerzehi [1], Mostafa Ghaffari [1*], Yousef Arish [1], Ashkan Ajdari [2]***

*[1] Department of Fisheries, Faculty of Marine Sciences, Chabahar University of Maritime and Marine Sciences, Chabahar, Iran*
*[2] Chabahar Fishery Research Center, Iranian Fisheries Sciences Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Chabahar, Iran*

**Key Words**

*Litopenaeus vannamei*
Heavy metal
Soil pond
Muscle

## Abstract

**Introduction:** Heavy metals can have detrimental effects on farmed shrimps. These metals, such as lead, cadmium, and zinc, may enter shrimp farming ponds as contaminants. High concentrations of heavy metals in the water and environment can negatively impact the growth, health, and performance of shrimps. To prevent the adverse effects of heavy metals on farmed shrimps, it is crucial to control water input and output, regulate feeding regimes, and manage wastewater and waste properly. The present study investigated the accumulation and risk levels of three toxic metals, namely lead, cadmium, and zinc, in the muscles of *Litopenaeus vannamei* (western whiteleg shrimp) in the aquaculture farms of Gourdim region.

**Materials & methods:** Sampling was conducted in three ponds labeled as A (fed with concentrated feed only), B (concentrated feed + 1% probiotic), and C (concentrated feed + 2% probiotic), with three repetitions. After muscle separation in the laboratory, the metal concentrations were measured using atomic absorption spectroscopy.

**Results:** The findings of this research revealed the following sequence of heavy metal concentrations in shrimp muscle tissue: zinc> lead> cadmium. Additionally, only the concentration of lead was significantly lower in fiberglass ponds (0.067±0.012 mg/l) compared to soil ponds (0.07±0.013 mg/l). However, no significant difference was observed in the concentrations of zinc and cadmium between the two types of ponds. In soil ponds, the metal concentrations in shrimp muscle were as follows: zinc (14.18±0.08 mg/kg), lead (0.07±0.012 mg/kg), and cadmium (0.004±0.001 mg/kg). In fiberglass ponds, the metal concentrations were as follows: zinc (14.21±0.22 mg/kg), lead (0.067±0.012 mg/kg), and cadmium (0.003 ± 0.001 mg/kg).

**Conclusion:** Generally, the concentrations of all metals in control and probiotic-treated ponds were below the permissible limits. Therefore, it is recommended to implement appropriate control measures, including monitoring the shrimp's diet and controlling the inflow and outflow water of the ponds, to reduce the presence of harmful metals in this shrimp species.

**Article info**

* Corresponding Author's email: mgmostafaghaffari@gmail.com

Received: 13 January 2024
Reviewed: 14 February 2024
Revised: 15 April 2024
Accepted: 18 May 2024

[ Downloaded from journalaer.com on 2026-06-13 ]

**مقاله علمی - پژوهشی**

# بررسی تجمع و سطوح خطر سه فلز سمی (سرب، کادمیوم و روی) در عضلات میگوی پا سفید غربی (*Litopenaeus vannamei*) در مزارع پرورشی منطقه گوردیم

**علی چاکرزهی[۱]، مصطفی غفاری[۱*]، یوسف اریش[۱]، اشکان اژدری[۲]**

[۱] گروه شیلات، دانشکده علوم دریایی، دانشگاه دریانوردی و علوم دریایی چابهار، چابهار، ایران

[۲] مرکز تحقیقات شیلاتی آب‌های دور، مؤسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، چابهار، ایران

**کلمات کلیدی**

میگوی پا سفید غربی
*Litopenaeus vannamei*
فلز سنگین
استخر خاکی
عضله

## چکیده

**مقدمه:** فلزات سنگین می‌توانند بر میگوهای پرورشی تأثیرات مخربی داشته باشند. این فلزات شامل سرب، کادمیوم و روی هستند و ممکن است به‌صورت آلودگی وارد آب و استخرهای‌پرورش میگوها شوند. غلظت بالای‌فلزات سنگین در آب و محیط زیست می‌تواند بر رشد، سلامت و عملکردمیگوها تأثیرمنفی بگذارد. برای‌جلوگیری از اثرات مخرب فلزات‌سنگین بر میگوهای پرورشی، کنترل دقیق آب ورودی و خروجی، تنظیم رژیم غذایی و مدیریت مناسب فاضلاب و ضایعات ضروری است. مطالعه حاضر تجمع و سطوح خطر سه فلز سمی، یعنی سرب، کادمیوم و روی، در عضلات میگوی پا سفید غربی (*Litopenaeus vannamei*) در مزارع پرورشی منطقه گوردیم را بررسی کرده است.

**مواد و روش‌ها:** عملیات نمونه‌برداری‌در سه استخر A (تنها با جیره‌غذای کنسانتره)، B (کنسانتره+۱٪ پروبیوتیک) و C (کنسانتره +۲٪ پروبیوتیک) با سه بار تکرار انجام شد. نمونه‌ها پس از جداسازی عضلات در آزمایشگاه هضم شدند و سپس با استفاده از دستگاه جذب اتمی، غلظت فلزات سنگین اندازه‌گیری شد.

**نتایج:** یافته‌های این‌تحقیق نشان داد که توالی غلظت‌فلزات‌سنگین در بافت‌عضله میگو به‌صورت زیر بود: روی>سرب>کادمیوم. هم‌چنین، تنها غلظت فلزسرب در استخرهای‌فایبرگلاس(۰/۰۱۲±۰/۰۶۷ میلی‌گرم بر لیتر) به‌طورمعنی‌داری کم‌تر از استخرهای خاکی (میانگین ۰/۰۱۳±۰/۰۷۰ میلی‌گرم بر لیتر) مشاهده شد. اما تفاوت معنی‌داری در غلظت فلزات روی و کادمیوم بین دو نوع استخرمشاهده نشد. در استخرهای‌خاکی، غلظت فلزات‌در عضله میگو به‌شرح زیر بود: فلز روی (۰/۰۸±۱۴/۱۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم)، سرب (۰/۰۱۲±۰/۰۷ میلی‌گرم بر کیلوگرم) و کادمیوم (۰/۰۰۱±۰/۰۰۴ میلی‌گرم بر کیلوگرم). در استخرهای فایبرگلاس، غلظت فلزات به‌شرح زیر بود: فلز روی (۰/۲۲±۱۴/۲۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم)، سرب (۰/۰۱۲±۰/۰۶۷ میلی‌گرم بر کیلوگرم) و کادمیوم (۰/۰۰۱±۰/۰۰۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم).

**بحث و نتیجه‌گیری:** به‌طورکلی، غلظت‌تمامی فلزات در استخرهای شاهد و حاوی پروبیوتیک کم‌تر از مقدار مجاز بود. بنابراین، توصیه می‌شود اقدامات کنترلی مناسب، از جمله نظارت بر رژیم غذایی میگوها و کنترل آب ورودی و خروجی استخرها، به‌منظور کاهش حاوی فلزات مضر در این گونه میگوها انجام شود.

* پست الکترونیکی نویسنده مسئول:
mgmostafaghaffari@gmail.com

تاریخ دریافت: ۲۳ دی ۱۴۰۲
تاریخ داوری: ۲۵ بهمن ۱۴۰۲
تاریخ اصلاح: ۲۷ فروردین ۱۴۰۳
تاریخ پذیرش: ۲۹ اردیبهت ۱۴۰۳



[ Downloaded from journalaer.com on 2026-06-13 ]

## مقدمه

میگوها، منابع غنی از پروتئین، مواد معدنی، ویتامین‌ها، آنتی‌اکسیدان‌ها، اسیدهای آمینه ضروری و اسیدهای چرب غیراشباع هستند (۱). این آبزیان به‌عنوان یکی از منابع غذایی مفیدترین‌ها در حوزه آبزی‌پروری برای انسان محسوب می‌شوند. در کشور ایران، به خصوص در استان‌های جنوبی، مصرف میگوها رایج است. مصرف میگوها به‌خاطر وجود مواد آلودگی مختلف با چالش‌هایی روبرو است. برخی از آلاینده‌های رایج شامل فلزات سنگین، میکروپلاستیک‌ها و آفت‌کش‌ها است که به جوامع آبزی و میگوها آسیب می‌رسانند (۲، ۳، ۴، ۵، ۶، ۷). از بین این آلاینده‌ها، فلزات سنگین به‌طور عمده از فعالیت‌های انسانی نظیر کشاورزی، دفع زباله‌های غیرقابل تجدیدپذیر، فعالیت‌های شناور و بارانداز، فاضلاب‌های صنعتی و خانگی و هم‌چنین فرآیندهای طبیعی به‌وجود می‌آیند (۲، ۸، ۹). فلزات می‌توانند به صورت جذب، رسوب یا ادغام در محیط غیرزنده، در غلظت‌های خاصی تجمع یابند و در نهایت باعث تجمع زیستی در حیوانات آبزی گردند (۱۰، ۱۱). اگرچه برخی از فلزات برای موجودات زنده ضروری هستند، اما برخی دیگر از آن‌ها بسیار سمی هستند و یا در غلظت بالا سمی می‌شوند. به‌عنوان مثال، فلزاتی مانند سرب (Pb)، قلع (Sn)، نیکل (Ni)، کادمیوم (Cd) و کروم (Cr) حتی در مقادیر کم نیز می‌توانند سمیت برای موجودات ایجاد کنند و برای فعالیت‌های متابولیکی ضروری نیستند (۱۲). به‌همین دلیل، آلودگی میگوها با این فلزات، به‌عنوان یکی از مهم‌ترین خطرات زیست محیطی در زنجیره غذایی آبزیان و تأمین غذا از بستر زیست آن‌ها، بسیار مهم است. در نتیجه، کنترل و کاهش آلودگی میگوها با فلزات سنگین از اهمیت بالایی برخوردار است تا تأمین غذای سالم و ایمن برای انسان‌ها تضمین شود(۸). در تحقیقات متعدد، اثبات شده‌است که مصرف پروبیوتیک‌ها به‌عنوان میکروارگانیسم‌های زنده، در صورت مصرف به مقدار کافی، می‌تواند فواید سلامتی را در حذف فلزات سنگین و بهبود سیستم ایمنی میگوها فراهم کند (۱۳). پروبیوتیک‌ها به‌عنوان یکی از راه‌های افزایش بازدهی آبزی‌پروری شناخته شده‌اند و از مزایای فراوانی برخوردار هستند. در سال‌های اخیر، استفاده از پروبیوتیک برای افزایش بازدهی تولید آبزیان به منظور بهبود شرایط پرورش مورد توجه قرار گرفته است. بیش‌تر پروبیوتیک‌های استفاده شده در آبزی‌پروری، باکتری‌های تولیدکننده اسیدلاکتیک هستند که شامل جنس‌های متنوعی از جمله *Lactobacillus*، *Aerococcus*، *Alloicoccus*، *Enterococcus*، *Pediococcus* و *Tetragenococcus* می‌شوند (۱۴). تحقیقات انجام شده توسط Umamaheswari و همکاران (۱۵) و Amiin و همکاران (۱۶) نشان داده است که پروبیوتیک‌ها در حذف فلزات سنگین و افزایش سیستم ایمنی میگوها نقش مهمی دارند. با توجه به این مطالب، در مطالعه حاضر سطوح فلزات سنگین سرب، روی و کادمیوم در عضلات میگوی پا سفید غربی (*Litopenaeus vannamei*) در یکی از مزارع پرورشی میگوها در منطقه گوردیم شهرستان کنارک، استان سیستان و بلوچستان، ایران، در دو نوع استخر خاکی و فایبرگلاس با افزودن سطوح مختلف پروبیوتیک بررسی و مقایسه شد.

## مواد و روش‌ها

در این مطالعه، ابتدا لاروهای میگوها از مرکز تکثیر اژدر ماهی مکران، که در ۱۵ کیلومتری شهر کنارک سه راهی کهیر قرار دارد، با استفاده از ماشین خاور یخچال‌دار بسته‌بندی شده و به مزرعه پرورش شرکت کشت و صنعت مکران در روستای گوردیم منتقل شدند (N: ۲۱′ ۳۸″ ۲۵° ؛E: ۰۷′ ۲۱″ ۶۰°). هر بسته شامل ۲۵۰۰ پست لارو بود و یک سوم آن حجم آب و دو سوم آن حجم هوا (اکسیژن) بود. این تحقیق میدانی-آزمایشگاهی به‌مدت ۴ ماه در ماه‌های تیر، مرداد، شهریور و مهر سال ۱۴۰۱ در سایت پرورشی کشت و صنعت مکران در منطقه جغرافیایی گوردیم انجام شد. در این روش، از ساچوک‌های به‌ابعاد ۴۰، ۴۵ و ۵۰ سانتی‌متر برای جمع‌آوری نمونه‌ها از استخرهای مختلف خاکی و فایبرگلاس استفاده شد. در ابتدا، پست لاروها در استخرهای فایبرگلاس در سالنی با قطر ۱۲ متر و ارتفاع ۱/۵ متر به‌مدت یک ماه نگه‌داری شدند. پس از طی دوره سازگاری، مزرعه پرورش میگو که ۱۴ استخر به مساحت ۱ هکتار و ارتفاع ۲/۵ متر را شامل می‌شود، انتخاب شد. عمق آبگیری استخرها معمولاً ۱۸۰ سانتی‌متر است. از این ۱۴ استخر، سه استخر برای این پروژه انتخاب شدند و در مدت ۱۰۰ روز (به‌جز ۳۰ روز دوره سازگاری) میگوها در آن‌ها پرورش داده شدند. در استخر خاکی شماره یک، ۲۰۰ هزار میگو با وزن متوسط ۰/۸ گرم و طول ۴ سانتی‌متر، در ۱۰۰ روز به وزن متوسط ۱۴/۵ گرم و طول ۱۱ سانتی‌متر رسیدند و برداشت شدند. در استخر خاکی شماره دو، ۲۳۰ هزار میگو با وزن متوسط ۰/۸ گرم و طول ۴ سانتی‌متر، در ۱۰۰ روز به وزن متوسط ۱۴/۲ گرم و طول ۱۰ سانتی‌متر رسیدند و برداشت شدند. در استخر خاکی شماره سه، ۲۵۰ هزار میگو با وزن متوسط ۰/۸ گرم و طول ۴ سانتی‌متر، در ۱۰۰ روز به‌وزن متوسط ۱۴ گرم و طول ۱۰ سانتی‌متر رسیدند و برداشت شدند. میگوهای باقی‌مانده در سالن‌های فایبرگلاس داخل محل سازگاری ذخیره شدند. سالن‌ها شامل ۵ سالن هستند و در هر سالن ۱۰ استخر فایبرگلاس به قطر ۱۲ متر و ارتفاع ۱/۵ متر و عمق آبگیری ۱ متر قرار دارند. این استخرها برای انجام این پروژه استفاده شدند و در مدت ۱۱۰ روز، به‌جز دوره ۳۰ روز سازگاری،



[ Downloaded from journalaer.com on 2026-06-13 ]

میگوها پرورش داده شدند. در استخر شماره یک داخل سالن، حدود ۱۵,۰۰۰ میگو با وزن متوسط ۰/۸۹ گرم و طول ۵ سانتی‌متر ذخیره شدند. پس از ۱۱۰ روز پرورش، میانگین وزن آن‌ها به ۱۷/۳ گرم و طول به ۱۲ سانتی‌متر رسید و برداشت شدند. در استخر شماره دو داخل سالن، حدود ۱۸,۰۰۰ میگو با وزن متوسط ۰/۸ گرم و طول ۴ سانتی‌متر ذخیره شدند. پس از ۱۱۰ روز پرورش، میانگین وزن آن‌ها به ۱۶/۴ گرم و طول به ۱۱ سانتی‌متر رسید و برداشت شدند. در استخر شماره سه داخل سالن، حدود ۲۳,۰۰۰ میگو با وزن متوسط ۰/۷۵ گرم و طول ۴ سانتی‌متر ذخیره‌شدند. پس از ۱۱۰ روز پرورش، میانگین وزن آن‌ها به ۱۶ گرم و طول به ۱۱ سانتی‌متر رسید و برداشت شدند.

**جدول ۱: نحوه تیماربندی، نوع غذا و تراکم استخرهای مورد مطالعه در طی دوره مطالعه**

| استخر | نوع استخر | نوع غذا | تراکم |
|---|---|---|---|
| استخر خاکی | استخر A | کنسانتره | ۲۰۰۰۰۰ |
| | استخر B | کنسانتره + ۱ درصد پروبیوتیک | ۲۳۰۰۰۰ |
| | استخر C | کنسانتره +۲ درصد پروبیوتیک | ۲۵۰۰۰۰ |
| استخر فایبرگلاس | استخر A | کنسانتره | ۱۵۰۰۰ |
| | استخر B | کنسانتره + ۱ درصد پروبیوتیک | ۱۸۰۰۰ |
| | استخر C | کنسانتره +۲ درصد پروبیوتیک | ۲۳۰۰۰ |

**غذادهی با غذاهای کنسانتره:** در استخرهای خاکی و داخل سالن، رژیم غذادهی به‌صورت دستی با استفاده از نیروی کارگری انجام می‌شد. در ۳۰ روز ابتدایی، در پنج روز اول، غذای کنسانتره شماره ۴۰۰۰ از شرکت فرادانه به میگوها سه وعده در روز تغذیه می‌شد. سپس تعداد وعده‌ها به چهار وعده در روز افزایش یافت و غذای شماره ۴۰۰۱ از شرکت فرادانه به میگوها داده می‌شد. زمانی که میگوها به وزن تقریبی ۰.۵ گرم رسیدند، هم‌چنان چهار وعده در روز غذادهی می‌شدند. به‌مدت سه روز، غذا به‌صورت مخلوطی از ۵۰ درصد غذای ۴۰۰۱ و ۵۰ درصد غذای ۴۰۰۲ داده می‌شد و پس از آن، غذای ۴۰۰۲ به میگوها تغذیه می‌شد. پس از انتقال، میگوها تا وزن ۲ گرم با غذای ۴۰۰۲ چهار وعده در روز تغذیه می‌شدند. از وزن ۲ گرم تا ۶ گرم، غذای ۴۰۰۳ از شرکت فرادانه برای غذادهی استفاده می‌شد. از ۶ گرم تا ۱۰ گرم، غذای ۴۰۰۴ شرکت فرادانه استفاده می‌شد و از ۱۰ گرم به بالا، غذای ۴۰۰۵ از شرکت فرادانه برای غذادهی میگوها استفاده می‌شد. برای محاسبه مقدار غذای میگو، از رابطه زیر استفاده شد (۱۷):

مقدار غذای میگو = درصد غذادهی × میانگین وزن بدن × ضریب بازماندگی × میزان ذخیره‌سازی اولیه

برای محاسبه میگوهای موجود در هر سینی غذادهی، میگوها مرتب و روزانه چک شدند. سینی‌های غذادهی معمولاً دو ساعت پس از غذادهی قبلی قرار گرفتند. سپس با استفاده از رابطه ۱، مقدار غذای مورد نیاز برای هر سینی محاسبه شد.

**نحوه اضافه کردن پروبیوتیک‌ها به جیره غذایی:** پروبیوتیک را در یک لیتر آب شیرین حل کرده و به‌صورت اسپری نیم ساعت قبل از غذادهی به غذا اضافه شد. هر کیلوگرم غذا به تناسب شرایط استخر، ده گرم پروبیوتیک اضافه شد. شرایط استخرهای میگو ممکن است شامل عوامل متنوعی باشد. به‌عنوان مثال، سلامت میگوها، سن آن‌ها و شرایط آبی و محیطی از جمله عواملی هستند که در تعیین مقدار پروبیوتیک لازم تأثیرگذارند. اگر میگوها در وضعیت سلامتی خوبی باشند و سن آن‌ها جوان‌تر باشد، ممکن است نیاز به مقدار کم‌تری پروبیوتیک باشد. هم‌چنین، شرایط آبی مانند دما، pH آب، نسبت نمکی و کیفیت آب استخر نیز می‌تواند تأثیرگذار باشد. در صورت وجود مشکلات بهداشتی یا عفونتی در استخر، احتمالاً نیاز به مقدار بیش‌تری پروبیوتیک خواهد بود. از ابتدا، هر هفته دو روز (هر چهار روز یک‌بار) در استخرهای خاکی و هر روز در استخرهای داخل سالن، پروبیوتیک به غذا اضافه شد (۱۸).

**اندازه‌گیری پارامترهای فیزیکوشیمیایی آب:** در مزارع میگو، پارامترهای کیفی آب از قبیل دما، شوری، اکسیژن محلول و pH به صورت هفتگی ارزیابی شدند. این پارامترها با استفاده از ابزارها و روش‌های مشخصی اندازه‌گیری شدند. برای اندازه‌گیری pH آب، از pH متر استفاده شد که با اندازه‌گیری سطح اسیدیته یا قلیاییته آب، مقدار pH را نشان داد. مقدار تقریبی pH آب مزارع میگو حدوداً ۷/۵ بود. دمای آب مورد استفاده در مزارع میگو با استفاده از ترمومتر دیجیتال (مدل 330i WTW) اندازه‌گیری شد. دمای تقریبی آب مزارع میگو حدوداً ۳۰/۵ درجه سانتی‌گراد بود. شوری آب یا میزان نمک در آب مزارع میگو با استفاده از سالینومتر یا کلوریدمتر اندازه‌گیری شد. مقدار تقریبی شوری آب در حدود ۳۷/۷ ppt ثبت شد. مقدار اکسیژن محلول در آب مزارع میگو با استفاده از اکسیژن‌سنج یا دستگاه اکسیژن متر (مدل ADWA AD630، ساخت مجارستان) اندازه‌گیری شد. مقدار تقریبی اکسیژن محلول در آب مزارع میگو حدوداً ۴/۵ ppm بود.

**مرحله تشریح و آماده‌سازی میگوها:** تعداد ۲۰ عدد میگو در انتهای دوره از هر کدام از استخرهای خاکی و فایبرگلاس جدا شدند و مورد زیست‌سنجی دقیق قرارگرفتند. وزن میگوها با استفاده از ترازوی دیجیتال MH-886 با دقت ۰/۰۱ گرم اندازه‌گیری شد. هم‌چنین، طول آن‌ها با استفاده از کولیس مدل Permium-P15 با



[ Downloaded from journalaer.com on 2026-06-13 ]

گستره ۱۵۰-۰ میلی‌متر و دقت ۰/۱ میلی‌متر اندازه‌گیری و ثبت شد. سپس بخش‌های اضافی نمونه‌ها، شامل پوسته کیتینی، امعا و احشاء، توسط تیغه‌ای که ضدعفونی شده بود، جدا شدند. قسمت انتهایی (شکم) که شامل عضله بود، به‌طور کامل از نمونه خارج شد. نمونه‌های بافت عضله سپس بسته‌بندی و شماره‌گذاری شدند و در خشک‌کن انجمادی مدل Freeze dryer FD30 تحت دمای ۵۰- درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۱۰-۹ ساعت، کاملاً خشک شدند. سپس نمونه‌های بافت خشک‌شده با استفاده از هاون چینی (شرکت نیکو شیمی) آزمایشگاهی به‌طور کامل پودر شدند و سپس با استفاده از محلول ۱۰ $HNO_3$ درصد و آب دیونیزه شسته شدند (۱۹).

**هضم شیمیایی بافت‌ها:** برای هضم نمونه‌های بافت عضله میگوها، از روش هضم Closed vessel (استفاده از تکنیک وسل‌های سرپوشیده و در بسته) استفاده شد. در ابتدا، ۱ گرم از بافت نمونه خشک شده با دقت ۰/۰۰۱ وزن‌سنجی شد و به داخل لوله‌های دستگاه هضم کننده مایکروویو ریخته شد. سپس ۹ میلی‌لیتر از HNO3 به لوله‌ها اضافه شد و نمونه‌ها در دمای ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد هضم شدند. در مرحله بعدی، نمونه‌ها در دمای اتاق خنک شده (حدود ۲۵ درجه سانتی‌گراد) و با عبور از کاغذ صافی ۴۰ میکرونی (آلمان) به بالن انتقال داده شدند. در این مرحله، حجم آب خالص به مقدار ۵۰ میلی‌لیتر رسانده شد. سپس تا شروع مرحله سنجش غلظت عناصر، نمونه‌ها در ظروف پلی‌اتیلن (ایران) نگه‌داری شدند (۲۰).

**سنجش غلظت عناصر:** پس از آماده‌سازی نمونه‌ها و به‌هم‌زدن و یکنواخت‌سازی آن‌ها با استفاده از دستگاه جذب اتمی، نمونه‌ها جهت اندازه‌گیری غلظت عناصر مورد مطالعه تزریق شدند. اندازه‌گیری غلظت عناصر سرب (Pb)، روی (Zn) و کادمیوم (Cd) با استفاده از روش شعله با استفاده از دستگاه Varian مدل AA240FS انجام گرفت. هر آزمایش ۳ بار تکرار شد تا دقت بیش‌تری حاصل شود (۲۱).

**تجزیه و تحلیل داده‌ها:** نرمال بودن داده‌ها با استفاده از آزمون کولموگروف-اسمیرنوف بررسی شد. سپس برای بررسی تفاوت معنی‌دار بین تیمارها، از آنالیز واریانس یک‌طرفه (One-way ANOVA) استفاده شد. برای مقایسه میانگین‌ها، از آزمون دانکن با سطح معنی‌داری ۰/۰۵ استفاده شد (P<۰/۰۵). تجزیه و تحلیل آماری با استفاده از نرم‌افزارهای SPSS 21 و Excel 2013 انجام شد.

## نتایج

**مقادیر فلزات سنگین در عضله میگوهای نمونه برداری شده در استخرهای خاکی:** براساس نتایج به‌دست آمده، بین میانگین اندازه‌گیری شده فلز سرب در عضله میگوهای نمونه‌برداری شده در استخرهای A، B و C اختلاف معنی‌داری مشاهده شد (P<۰/۰۵). بیش‌ترین میانگین مشاهده شده در نمونه‌های استخر A مشاهده گردید. مقایسه میانگین‌های میزان روی اندازه‌گیری شده در عضله میگوهای نمونه‌برداری شده نشان داد بین نمونه‌های استخرهای A و C اختلاف معنی‌داری وجود داشت (P<۰/۰۵) و بیش‌ترین میانگین اندازه‌گیری شده در نمونه‌های استخر C مشاهده گردید. مقایسه مقادیر اندازه‌گیری‌شده کادمیم نیز نشان‌داد بین میانگین اندازه‌گیری شده در نمونه‌های استخر A با مقادیر اندازه‌گیری‌شده در استخرهای B و C اختلاف معنی‌داری وجود دارد (P<۰/۰۵) و بیش‌ترین میانگین کادمیم نیز در نمونه‌های استخر A اندازه‌گیری گردید (جدول ۲).

**جدول ۲: میزان فلزات سنگین در عضله میگو نمونه‌برداری شده در استخرهای مختلف خاکی میلی‌گرم بر کیلوگرم (mg/kg) در طی دوره مطالعه**

| فلزات سنگین | استخر A | استخر B | استخر C |
|---|---|---|---|
| سرب | ۰/۰۸۷±۰/۰۲۹$^{a}$ | ۰/۰۶۶±۰/۰۲۸$^{b}$ | ۰/۰۵۹±۰/۰۲۹$^{c}$ |
| روی | ۱۳/۱۵±۰/۲۷$^{c}$ | ۱۴/۳۵±۰/۲۱$^{ab}$ | ۱۵/۰۲±۰/۲۱$^{a}$ |
| کادمیوم | ۰/۰۰۷±۰/۰۰۱$^{a}$ | ۰/۰۰۳±۰/۰۰۱$^{b}$ | ۰/۰۰۳±۰/۰۰۱$^{b}$ |

حروف کوچک متفاوت نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار بین تیمارها می‌باشد (P<۰/۰۵)

**مقادیر فلزات سنگین در آب نمونه برداری شده از استخرهای خاکی:** براساس نتایج به‌دست آمده، بین مقادیر سرب اندازه‌گیری شده در نمونه آب استخر A با استخرهای B و C اختلاف معنی‌داری وجود داشت (P<۰/۰۵) و بیش‌ترین مقدار در استخر A مشاهده شد. مقایسه میانگین فلز سرب در نمونه‌های آب نشان داد بین نمونه‌های آب در استخرهای خاکی A، B و C اختلاف معنی‌داری وجود داشت (P<۰/۰۵) و بیش‌ترین میانگین اندازه‌گیری شده در استخر A اندازه‌گیری شد. نتایج مقایسه میانگین مقادیر کادمیم اندازه‌گیری شده نیز نشان داد بین نمونه‌های اندازه‌گیری شده در استخر A با استخرهای B و C اختلاف معنی‌داری وجود دارد (P<۰/۰۵) و بیش‌ترین میزان کادمیوم نیز در نمونه‌های استخر A مشاهده شد (جدول ۳).



[ Downloaded from journalaer.com on 2026-06-13 ]

**جدول ۳: میزان فلزات سنگین اندازه‌گیری در آب استخرهای مختلف خاکی میلی‌گرم بر لیتر (mg/L) در طی دوره مطالعه**

| فلزات سنگین | استخر A | استخر B | استخر C |
|---|---|---|---|
| سرب | ۱/۸۶±۰/۰۲۲$^{a}$ | ۱/۶۶±۰/۰۲۱$^{b}$ | ۱/۶۲±۰/۰۲۱$^{b}$ |
| روی | ۰/۲۸±۰/۰۱$^{a}$ | ۰/۱۸±۰/۰۱$^{b}$ | ۰/۱۵±۰/۱$^{c}$ |
| کادمیوم | ۰/۳۳±۰/۰۱$^{a}$ | ۰/۲۴±۰/۱$^{b}$ | ۰/۲۱±۰/۰۱$^{b}$ |

حروف کوچک متفاوت نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار بین تیمارها می‌باشد (P<۰/۰۵)

**مقادیر فلزات سنگین در عضله میگوهای نمونه برداری شده در استخرهای فایبرگلاس:** براساس نتایج به‌دست آمده، بین میانگین اندازه‌گیری شده فلز سرب در عضله میگوهای نمونه‌برداری شده در استخرهای A، B و C اختلاف معنی داری مشاهده نشد (P>۰/۰۵). بیش‌ترین میانگین مشاهده شده در نمونه‌های استخر A مشاهده گردید. مقایسه میانگین‌های میزان روی اندازه‌گیری شده در عضله میگوهای نمونه‌برداری‌شده نشان‌داد بین نمونه‌های استخرهای A با استخرهای B و C اختلاف معنی‌داری وجود داشت (P<۰/۰۵) و بیش‌ترین میانگین اندازه‌گیری‌شده در نمونه‌های‌استخر C مشاهده گردید. مقایسه مقادیر اندازه گیری شده کادمیم نیز نشان داد بین میانگین اندازه‌گیری‌شده در نمونه‌های‌استخر A با مقادیر اندازه‌گیری شده در استخرهای B و C اختلاف معنی‌داری وجود دارد (P<۰/۰۵) و بیش‌ترین میانگین کادمیم نیز در نمونه‌های استخر A اندازه‌گیری گردید (جدول ۴).

**جدول ۴: میزان فلزات سنگین در عضله میگو نمونه‌برداری شده در استخرهای مختلف فایبرگلاس میلی‌گرم بر کیلو گرم (mg/kg) در طی دوره مطالعه**

| فلزات سنگین | استخر A | استخر B | استخر C |
|---|---|---|---|
| سرب | ۰/۰۸±۰/۰۲۹$^{a}$ | ۰/۰۶±۰/۰۲۷$^{a}$ | ۰/۰۵±۰/۰۲۷$^{a}$ |
| روی | ۱۴/۳±۰/۲۱$^{a}$ | ۱۴/۱±۰/۲$^{b}$ | ۱۴/۲۵±۰/۲$^{b}$ |
| کادمیوم | ۰/۰۰۷±۰/۰۰۱$^{a}$ | ۰/۰۰۱±۰/۰۰۱$^{b}$ | ۰/۰۰۱±۰/۰۰۱$^{b}$ |

حروف کوچک متفاوت نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار بین تیمارها می‌باشد (P<۰/۰۵)

**مقادیر فلزات سنگین در آب نمونه برداری شده از استخرهای فایبرگلاس:** براساس نتایج به دست آمده، بین مقادیر سرب اندازه‌گیری شده در نمونه آب استخرهای فایبرگلاس A، B و C اختلاف معنی‌داری وجودنداشت (P>۰/۰۵) و بیش‌ترین مقدار در استخر A مشاهده شد. مقایسه میانگین فلز سرب در نمونه‌های آب نشان داد بین نمونه‌ها در استخرهای فایبرگلاس A و B با استخر C اختلاف معنی‌داری وجودداشت (P<۰/۰۵) و بیش‌ترین میانگین اندازه‌گیری‌شده در استخر A اندازه‌گیری شد. هم‌چنین نتایج مقایسه میانگین‌مقادیر کادمیم اندازه‌گیری‌شده نشان داد بین نمونه‌های اندازه‌گیری شده در استخرهای A و B با استخر C اختلاف معنی‌داری وجود دارد (P<۰/۰۵) و بیش‌ترین میزان کادمیوم نیز در نمونه‌های استخر A مشاهده شد (جدول ۵).

**جدول ۵: میزان فلزات سنگین اندازه‌گیری در آب استخرهای مختلف فایبرگلاس میلی‌گرم بر لیتر (mg/L) در طی دوره مطالعه**

| فلزات سنگین | استخر A | استخر B | استخر C |
|---|---|---|---|
| سرب | ۱/۶۶±۰/۲۱$^{a}$ | ۱/۶۱±۰/۲$^{a}$ | ۱/۶۲±۰/۲$^{a}$ |
| روی | ۰/۱۸±۰/۲$^{a}$ | ۰/۱۷±۰/۱$^{a}$ | ۰/۱۵±۰/۱$^{b}$ |
| کادمیوم | ۰/۲۴±۰/۳$^{a}$ | ۰/۲۳±۰/۲$^{a}$ | ۰/۲۱±۰/۲$^{b}$ |

حروف کوچک متفاوت نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار بین تیمارها می‌باشد (P<۰/۰۵)

## بحث

بر اساس نتایج این مطالعه توالی غلظت فلزات سنگین در بافت عضله میگو در استخرهای مختلف به‌صورت زیر است: Zn> Pb> Cd. این تحقیق نشان می‌دهد که غلظت فلز روی در نمونه‌های بافت عضله میگوها بیش‌ترین مقدار را دارد و سپس فلز سرب در رتبه دوم قرار می‌گیرد. فلز روی به‌مقدار اندکی برای رشد آبزیان ضروری است و نقش ضروری در ساختار آنزیم‌های فعال به‌عنوان کاتالیزور



[ Downloaded from journalaer.com on 2026-06-13 ]

در فرایندهای سوخت و ساز دارد (۲۲). یکی از مطالعات انجام شده توسط Mitra و همکاران بر روی نمونه‌های میگو در منطقه Sunderbans هند نشان داد که غلظت فلز روی در این نمونه‌ها از دیگر فلزات بیش تر است (۲۳). هم چنین، مطالعه P Omobepade و همکاران نشان داد که میگوی سفید (*Nematopalaemon hastatus*) دارای غلظت بیش تری از سایر فلزات، به ویژه روی با غلظت ۱۹/۳۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم، می باشد (۲۴). در تحقیقات قبلی نیز، مانند مطالعات Kamaruzzaman و همکاران (۲۵) و Dural و Bickici (۲۶)، بالاتر بودن غلظت روی نسبت به سایر فلزات مشاهده شده است. هم‌چنین، Ahmed و همکاران (۲) و Sarkar و همکاران (۲۷) غلظت سرب را به‌ترتیب ۰/۵۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم در میگوی آب شیرین رودخانه Buriganga و ۱/۱۶-۰/۵۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم در میگوهای منطقه Khulna-Satkhira بنگلادش ثبت کرده‌اند، که با یافته‌های این مطالعه هم‌خوانی دارد. در مطالعات داخل ایران نیز، میزان فلزات سنگین در بافت‌های مختلف میگوی وانامی مورد بررسی قرار گرفته است. در مطالعه Ghotbeddin و Shirali، گزارش شده است که ترتیب غلظت فلزات به‌صورت روی< نیکل< کادمیوم است (۲۸). در مطالعه Soqli و همکاران، در مورد *Palaemon elegans*، مقادیر عناصر (روی، سرب، جیوه، کادمیوم) به‌ترتیب ۳۹/۸، ۷/۱۹، ۰/۰۴ و ۲/۷۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم اندازه‌گیری شد. فلزات روی و مس به‌عنوان فلزات مهم و ضروری برای رشد و متابولیسم میگوها محسوب می‌شوند (۲۹). بنابراین، طبیعی است که غلظت این فلزات در بدن این آبزیان بیش‌تر از سایر فلزات باشد (۳۰). نتایج تحقیقات Mitra نشان داده است که منابع غذایی میگو نیز غنی از روی و مس هستند و این فلزات در آن‌ها غنی شده‌اند. بنابراین، با تغذیه میگو از این منابع غذایی، مقادیر بیش‌تری از فلزات روی و مس در بدن این جانور ذخیره می‌شود (۲۳). تجمع بیولوژیکی عنصر روی در ماهیان اکوسیستم‌های غیرآلوده به طور متوسط ۱۷۳-۴۸ میکروگرم بر میلی‌گرم وزن خشک است. در مطالعه Soqli و همکاران، با بررسی غلظت فلزات روی در نمونه‌های میگوی پرورشی و وحشی، گزارش شده است که میزان روی در نمونه‌های پرورشی بیش تر از حد استاندارد بافت سخت‌پوستان است و یکی از دلایل اصلی آن نوع غذا و وجود روی در جیره غذایی این موجودات است (۲۹). غلظت نسبتاً بالای فلز روی نشانگر جذب مستقیم این فلز از آب، رسوب و غذای جانور است (۱۲). در این تحقیق، با توجه به مشاهدات عینی، می‌توان پلت‌های غنی شده با روی را به‌عنوان یکی از دلایل اصلی میزان بالای روی در بافت این موجودات اشاره کرد. بیش‌ترین غلظت سرب در عضله میگوهای استخرهای خاکی و فایبرگلاس A و کم‌ترین میزان آن در عضله میگوهای استخر فایبرگلاس C مشاهده گردید. سرب و کادمیوم فلزات بسیار سمی هستند که هیچ گونه عملکرد زیستی در بدن موجودات زنده اعم از ماهیان و انسان ندارند (۳۱). به‌همین دلیل به‌مقدار اندک در جیره غذایی یافت شده و در نتیجه در عضله میگوهای پرورشی به میزان کم نیز وجود دارند. برخلاف تحقیق حاضر، در مطالعات صورت گرفته توسط Razavi و همکاران بر روی میگوی هندی در منطقه جاسک مقدار کادمیوم بیش تر از میزان حد استاندارد بود. این تفاوت‌ها می‌تواند ناشی از شرایط محیط پرورش، منبع تامین آب ورودی، نوع جیره غذایی، نوع گونه و عضله موردبررسی و حتی خطای آزمایش دانست. هم‌چنین در این تحقیق مشخص شد که میزان کادمیوم در پوست بیش‌تر از عضله است و این اختلاف معنی‌دار بود (۳۲). بنابراین تجمع پایین کادمیوم در عضله میگوها با نتایج تحقیق حاضر مطابقت داد. با توجه به نتایج، تقریباً تمامی فلزات بیش‌ترین مقدار تجمع خود را در استخر A (تغذیه شده با غذای کنسانتره) و کم‌ترین مقدار تجمع خود را در استخر B (تغذیه شده با غذای کنسانتره + ۱ درصد پروبیوتیک) و به ویژه استخر C (تغذیه شده با غذای کنسانتره + ۲ درصد پروبیوتیک) داشتند. تحقیقات بسیار زیادی در مورد خاصیت سم‌زدایی پروبیوتیک‌ها انجام شده است و در مطالعات مختلف، تأثیر مثبت پروبیوتیک‌ها در سم‌زدایی فلزات اثبات شده است. در مطالعات مختلف گزارش شده است که ۵۳ سویه مختلف باکتری‌های لاکتیک‌اسید، تحمل و تمایل زیادی برای جذب فلزات سنگین مانند سرب و کادمیوم در آب و محیط کشت دارند (۳۳، ۳۴). در مطالعه Schut و همکاران مشخص شد که لاکتوباسیل‌ها با فلزات سنگین متفاوتی مانند کادمیوم، سرب و مس متصل شده و آن ها را از محیط‌های آزمایشگاهی و زنده حذف می‌نمایند (۳۵). هم‌چنین، در مطالعه مشابهی توسط Pakdel و همکاران، سویه‌های مختلف لاکتوباسیلوس در شرایط آزمایشگاهی توانستند تمامی فلزات سرب و کادمیوم را جذب کنند (۳۶). پروبیوتیک‌ها دارای طیف وسیعی از میکروارگانیسم‌ها هستند و حضور آن‌ها برای سلامت دام و طیور، به‌ویژه در میکروبیوم روده، ضروری است. در دهه‌های اخیر، تحقیقات جدیدی درباره نقش مثبت پروبیوتیک‌ها در قابلیت درمانی و افزایش سم‌زدایی فلزات انجام شده است. در واقع، چندین سویه از لاکتوباسیلوس قادر به اتصال و جداسازی موثر فلزات سنگین از محلول‌های آبی هستند (۳۷). به‌عبارت دیگر، جمعیت زیادی از سلول‌های باکتری در روده انسان وجود دارند که قابلیت اتصال و جداسازی فلزاتی که وارد بدن می‌شوند را دارا می‌باشند (۱۳، ۳۸). پروبیوتیک‌ها نقش مهمی در بهبود عملکرد روده دارند. این به نوبه خود منجر به کاهش سمیت فلزات سنگین در مواجهه با باکتری‌ها می‌شود و به‌عنوان یک عامل درمانی برای مقابله با اثرات سمیت درصورت وجود سطوح بالای فلزات سنگین شناخته می‌شوند



[ Downloaded from journalaer.com on 2026-06-13 ]

(۳۹). با توجه به مطالب فوق، دلیل وجود کم‌تر مقادیر فلزات سنگین در استخرهای نوع B و C نسبت به استخرهای نوع A، به وجود پروبیوتیک‌ها برمی‌گردد. غلظت فلزات سنگین در استخرهای خاکی پرورش میگو ممکن است به‌دلیل منابع آبی، ورود از منابع طبیعی و همچنین اتمسفر، افزایش یابد و در نهایت، با توجه به تغذیه کف‌زی خواری میگو، وارد چرخه غذایی آن‌ها در استخرهای خاکی می‌شود (۴۰). رسوبات به‌عنوان محیط مناسبی برای جذب فلزات سنگین عمل می‌کنند و میگوها بر روی این رسوبات تغذیه می‌کنند (۱۲). با توجه به مطالب فوق، احتمالاً تجمع بیش تر فلزات در عضلات میگوهای استخرهای خاکی نسبت به فایبرگلاس، به دلیل تجمع زیستی فلزات سنگین در رسوبات، وجود دارد. براساس نتایج به‌دست آمده در این تحقیق، غلظت هر سه فلز مورد بررسی کم‌تر از میزان استاندارد جهانی است (۴۱، ۴۲). علاوه بر این، مقادیر فلزات سنگین در این تحقیق مشابه بسیاری از تحقیقات داخلی و خارجی بوده‌است. در تحقیق Biswas و همکاران، میانگین غلظت‌های روی، کادمیوم و سرب در محدوده توصیه شده قرار داشته است (۴۳). از سوی دیگر، در تحقیق Sultana و همکاران، غلظت سرب (۱۷/۷۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم) خارج از حد توصیه بوده و غلظت‌های روی (۲/۹ میلی‌گرم بر کیلوگرم) و کادمیوم (۰/۰۳-۰/۰۹ میلی‌گرم بر کیلوگرم) در حد مجاز قرار داشته‌اند (۲۱). دلایل اصلی این امر ممکن است به دور بودن محیط پرورش میگوهای مورد مطالعه از منابع آلوده نفتی و کشاورزی باشد. هم‌چنین، با توجه به رژیم همه‌چیزخواری و کف‌زی خواری میگوها و استفاده از غذای طبیعی، میگوهای پرورشی کم‌تر در خطر فلزات سنگین قرار می‌گیرند.

**نتیجه‌گیری:** با توجه به نتایج مطالعه حاضر، مشخص شد که در عضلات میگوی پا سفید غربی، سرب، کادمیوم و روی به‌ترتیب از غلظت بیش تری برخوردارند. هم چنین، استفاده از استخرهای فایبر گلاس نسبت به استخرهای خاکی، منجر به کاهش معنی‌دار در غلظت سرب شد. در کل، غلظت تمامی فلزات در استخرهای شاهد و استخرهای حاوی پروبیوتیک، کم‌تر از حد مجاز بود. بنابراین، برای کاهش حاوی فلزات مضر در میگوهای پرورشی، توصیه می‌شود اقدامات کنترلی مناسب، ازجمله نظارت بر رژیم غذایی میگوها و کنترل کیفیت آب ورودی و خروجی استخرها انجام شود.

## منابع


1. **Bernard, E. and Bolatito, A.Y., 2016.** Comparative study on the nutritional composition of the pink shrimp (*Penaeus notialis*) and tiger shrimp (*Penaeus monodon*) from Lagos lagoon, Southwest Nigeria. *Cogent Food and Agriculture*. 2(1): 1201891. doi: 10.1080/23311932. 2016. 1201891
2. **Sarkar, T., Alam, M.M., Parvin, N., Fardous, Z., Chowdhury, A.Z., Hossain, S. and Biswas, N., 2016.** Assessment of heavy metals contamination and human health risk in shrimp collected from different farms and rivers at Khulna-Satkhira region, Bangladesh. *Toxicology Reports*. 3: 346-350. doi: 10.1016/j.toxrep.2016.03.003
3. **Zarei, A., Taherizadeh, M. and Koosej, N., 2021.** Comparison and measurement of concentrations of heavy metals including cadmium and lead in oyster tissue of knife handle (Von Cosel, 1989) *Solen dactylus* in coastal waters of Hormozgan province (Tiab and Sirik). *Journal of Animal Environment*. 13(4): 275-282. doi: 10.22034/ AEJ.2020.255225.2395 (In Persian)
4. **Besseling, E., Quik, J.T., Sun, M. and Koelmans, A.A., 2017.** Fate of nano-and microplastic in freshwater systems: A modeling study. *Environmental Pollution*. 220: 540-548. doi: 10.1016/j.envpol.2016.10.001
5. **Hasan, N.A., Haque, M.M., Hinchliffe, S.J. and Guilder, J., 2020.** A sequential assessment of WSD risk factors of shrimp farming in Bangladesh: Looking for a sustainable farming system. *Aquaculture*. 526: 735348. doi: 10.1016/j.aquaculture.2020.735348
6. **Amaeze, N.H., Komolafe, B.O., Salako, A.F., Akagha, K.K., Briggs, T.M.D., Olatinwo, O.O. and Femi, M.A., 2020.** Comparative assessment of the acute toxicity, haematological and genotoxic effects of ten commonly used pesticides on the African Catfish, *Clarias gariepinus* Burchell 1822. *Heliyon*. 6(8): e04768. doi: 10.1016/j. heliyon.2020.e04768
7. **Santana, M.S., Sandrini-Neto, L., Di Domenico, M. and Prodocimo, M.M., 2021.** Pesticide effects on fish cholinesterase variability and mean activity: A meta analytic review. *Science of the Total Environment*. 757: 143829. doi: 10.1016/j.scitotenv.2020.143829
8. **Ezemonye, L.I., Adebayo, P.O., Enuneku, A.A., Tongo, I. and Ogbomida, E., 2019.** Potential health risk consequences of heavy metal concentrations in surface water, shrimp (*Macrobrachium macrobrachion*) and fish (*Brycinus longipinnis*) from Benin River, Nigeria. *Toxicology Reports*. 6: 1-9. doi: 10.1016/j. toxrep.2018.11.010
9. **Waqas, W., Yuan, Y., Ali, S., Zhang, M., Shafiq, M., Ali, W. and Ma, H., 2024.** Toxic effects of heavy metals on crustaceans and associated health risks in humans: a review. *Environmental Chemistry Letters*. 1-21.
10. **Yu, B., Wang, X., Dong, K.F., Xiao, G. and Ma, D., 2020.** Heavy metal concentrations in aquatic organisms (fishes, shrimp and crabs) and health risk assessment in China. *Marine Pollution Bulletin*. 159: 111505. doi: 10. 1016/j.marpolbul.2020.111505
11. **Sharifinia, M., Keshavarzifard, M., Hosseinkhezri, P. and Haghshenas, A., 2022.** Investigation of the effect of discharge of desalination plants on the accumulation of heavy metal copper (Cu) and its ecological risk assessment in the coastal sediments of the Persian Gulf (Case study: Bushehr city). *Journal of Animal Environment*. 14(1): 471-478. doi: 10.22034/AEJ.2021.284639.2525 (In Persian)
12. **Arisekar, U., Shakila, R.J., Shalini, R., Jeyasekaran, G., Padmavathy, P., Hari, M.S. and Sudhan, C., 2022.** Accumulation potential of heavy metals at different growth stages of Pacific white leg shrimp, *Penaeus vannamei* farmed along the Southeast coast of Peninsular India: A report on ecotoxicology and human health risk assessment. *Environmental Research*. 212. 113105. doi: 10.1016/j.envres.2022.113105
13. **Vandenplas, Y., Huys, G. and Daube, G., 2015.** Probiotics: an update. *Journal dePediatria*. 91(1): 6-21. doi: 10.1016/j.jped.2014.08.005
14. **Ringø, E., Van Doan, H., Lee, S.H., Soltani, M., Hoseinifar, S.H., Harikrishnan, R. and Song, S.K., 2020.** Probiotics, lactic acid bacteria and bacilli: interesting supplementation for aquaculture. *Journal of Applied Microbiology*. 129(1): 116-136. doi: 10.1111/ jam.14628
15. **Umamaheswari, G., Srinivasan, M. and Ramanathan, T., 2011.** Heavy metal concentration from shrimp culture ponds at point Calimer area. *Current Research Journal of Biological Science*. 3: 73-77.




[ Downloaded from journalaer.com on 2026-06-13 ]

*elegans*). *Marine Science and Technology Research Journal*. 13: 80-88. (In Persian)

30. **Gokoglu, N., Yerlikaya, P. and Gokoglu, M., 2008.** Trace elements in edible tissues of three shrimp species (*Penaeus semisulcatus*, *Parapenaeus longirostris* and *Paleomon serratus*). *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 88(2): 175-178. doi: 10.1002/jsfa.3086

31. **Balali-Mood, M., Naseri, K., Tahergorabi, Z., Khazdair, M.R. and Sadeghi, M., 2021.** Toxic mechanisms of five heavy metals: mercury, lead, chromium, cadmium, and arsenic. Frontiers in Pharmacology. 12: 643972. doi: 10.3389/fphar.2021.643972

32. **Razavi, S.M.R., Vahabzadeh, H., Zamini A., Askary Sary, A. and Velayatzadeh M., 2012.** Measured and Comparison of heavy metals Hg, Pb, Cd in the muscle and shell of *Fenneropenaeus indicus* Persian Gulf (Bahrekan), Khuzestan Province. *Journal of Aquatic Animals and Fisheries*. 3(9): 43-52. (In Persian)

33. **Alizadeh, A.M., Hosseini, H., Meybodi, N.M., Hashempour-Baltork, F., Alizadeh-Sani, M., Tajdar-Oranj, B. and Khaneghah, A.M., 2022.** Mitigation of potentially toxic elements in food products by probiotic bacteria: a comprehensive review. *Food Research International*. 152: 110324. doi: 10.1016/j.foodres.2021.110324

34. **Kakade, A., Salama, E.S., Usman, M., Arif, M., Feng, P. and Li, X., 2022.** Dietary application of *Lactococcus lactis* alleviates toxicity and regulates gut microbiota in *Cyprinus carpio* on exposure to heavy metals mixture. *Fish and Shellfish Immunology*. 120: 190-201. doi: 10.1016/j.fsi.2021.11.038

35. **Schut, S., Zauner, S., Hampel, G., König, H. and Claus, H., 2011.** Biosorption of copper by wine-relevant lactobacilli. *International Journal of Food Microbiology*. 145(1): 126-131. doi: 10.1016/j.ijfoodmicro.2010.11.039

36. **Pakdel, M., Soleimanian-Zad, S. and Akbari-Alavijeh, S., 2019.** Screening of lactic acid bacteria to detect potent biosorbents of lead and cadmium. *Food Control*. 100: 144-150. doi: 10.1016/j.foodcont.2018.12.044

37. **Jafarpour, D. and Jokari, M.M., 2018.** Study the effect of probiotics on heavy metals absorption. *Journal of Babol University of Medical Sciences*. 20(1). dor: 20.1001.1.15614107.1396.20.0.5.7 (In Persian)

38. **Bist, P. and Choudhary, S., 2022.** Impact of heavy metal toxicity on the gut microbiota and its relationship with metabolites and future probiotics strategy: a review. *Biological Trace Element Research*. 200(12): 5328-5350. doi: 10.1007/s12011-021-03092-4

39. **Zhang, J.J., Yang, H.L., Yan, Y.Y., Zhang, C.X., Ye, J.D. and Sun, Y.Z., 2020.** Effects of fish origin probiotics on growth performance, immune response and intestinal health of shrimp (*Litopenaeus vannamei*) fed diets with fish meal partially replaced by soybean meal. *Aquaculture Nutrition*. 26(4): 1255-1265. doi: 10.1111/anu.13081

40. **Dietrich, M. and Ayers, J., 2021.** Geochemical partitioning and possible heavy metal (loid) bioaccumulation within aquaculture shrimp ponds. *Science of the Total Environment*. 788: 147777. doi: 10.1016/j.scitotenv.2021.147777

41. **World Health Organization. 1989.** Heavy metals environmental aspects. Environmental Health Criteria. 85.

42. **Food and Agriculture Organisation/World Health Organisation (FAO/WHO). 1992.** Food Standard Programme. 1.2nd Edn., Codex Alimentarius Commission. 114- 190.

43. **Biswas, C., Soma, S.S., Rohani, M.F., Rahman, M.H., Bashar, A. and Hossain, M.S., 2021.** Assessment of heavy metals in farmed shrimp, *Penaeus monodon* sampled from Khulna, Bangladesh: An inimical to food safety aspects. *Heliyon*. 7(3): e06587. doi: 10.1016/j.heliyon.2021.e06587

16. **Amiin, M.K., Lahay, A.F., Putriani, R.B., Reza, M., Putri, S.M.E., Sumon, M.A.A. and Santanumurti, M.B., 2023.** The role of probiotics in vannamei shrimp aquaculture performance-A review. *Veterinary World*. 16(3): 638. EISSN: 2231-0916

17. **Anh, N.T.N., Shayo, F.A., Nevejan, N. and Van Hoa, N., 2021.** Effects of stocking densities and feeding rates on water quality, feed efficiency, and performance of white leg shrimp *Litopenaeus vannamei* in an integrated system with sea grape *Caulerpa lentillifera*. *Journal of Applied Phycology*. 33(5): 3331-3345. doi: 10.1007/s10811-021-02501-4

18. **Wang, Y.C., Hu, S.Y., Chiu, C.S. and Liu, C.H., 2019.** Multiple-strain probiotics appear to be more effective in improving the growth performance and health status of white shrimp, *Litopenaeus vannamei*, than single probiotic strains. *Fish and Shellfish Immunology*. 84: 1050-1058. doi: 10.1016/j.fsi.2018.11.017

19. **Li, L., Han, C., Dong, S. and Boyd, C.E., 2019.** Use of elemental profiling and isotopic signatures to differentiate Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) from freshwater and seawater culture areas. *Food Control*. 95: 249-256. https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2018.08.015

20. **Lemos, M.S., Cruz, A.S. and Fernandes Dantas, K.G., 2019.** Microwave-assisted digestion procedures using diluted oxidant mixture for elemental analysis of crustaceans by MIP OES. *Biological Trace Element Research*. 191: 224-230. doi: 10.1007/s12011-018-1593-6

21. **Sultana, S., Hossain, M.B., Choudhury, T.R., Yu, J., Rana, M.S., Noman, M.A. and Arai, T., 2022.** Ecological and human health risk assessment of heavy metals in cultured shrimp and aquaculture sludge. *Toxics*. 10(4): 175. doi: 10.3390/toxics10040175

22. **Yuan, Y., Luo, J., Zhu, T., Jin, M., Jiao, L., Sun, P. and Zhou, Q., 2020.** Alteration of growth performance, meat quality, antioxidant and immune capacity of juvenile *Litopenaeus vannamei* in response to different dietary dosage forms of zinc: Comparative advantages of zinc amino acid complex. Aquaculture. 522: 735120.

23. **Mitra, A., Barua, P., Zaman, S. and 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.

24. **P Omobepade, B., M Akinsorotan, A., O Ajibare, A., M Ogunbusola, E., O Ariyomo, T., O Jimoh, J. and M Adedapo, A., 2020.** Heavy metal concentration in white shrimp Nematopalaemon hastatus and their associated ecological and health risk in the Nigerian continental shelf. *Egyptian Journal of Aquatic Biology and Fisheries*. 24(2): 301-316. doi: 10.21608/ejabf.2020.87815

25. **Kamaruzzaman, B.Y., Ong, M.C., Rina, S.Z. and Joseph, B., 2010.** Levels of some heavy metals in fishes from Pahang River estuary, Pahang, Malaysia. *Journal of Biological Sciences*. 10(2): 157-161. doi: 10.3923/jbs.2010.157.161

26. **Dural, M. and Bickici, E., 2010.** Distribution of trace elements in the tissues of *Upeneus pori* and *Upeneus molucensis* from the Eastern cost of Mediterranean, Iskenderun Bay, Turkey. *Journal of Animal and Veterinary Advances*. 9: 1380-1383.

27. **Ahmed, M.K., Baki, M.A., Islam, M.S., Kundu, G.K., Habibullah-Al-Mamun, M., Sarkar, S.K. and Hossain, M.M., 2015.** Human health risk assessment of heavy metals in tropical fish and shellfish collected from the river Buriganga, Bangladesh. *Environmental Science and Pollution Research*. 22: 15880-15890. doi: 10.1007/s11356-015-4813-z

28. **Ghotbeddin, N. and Shirali, B., 2015.** Concentration of heavy metals (Ni, Cd, Zn) in gill, muscle and hepatopancreas of Vannamei shrimp (*Litopenaeus vannamei*) in Chavibdeh shrimp breeding site, Abadan. *Journal of Marine Biology*. 7(1): 65-72. (In Persian)

29. **Soqli, M., Yadegarian, L., Hosseini, S.A. and Makhdumi, N., 2009.** Investigating the concentration of some heavy metals (Hg, Pb, Zn, Cd) in the muscle tissue of Indian white shrimp (*Penaeus indicus*) farmed in Gamishan region (Golestan province), Kolahi region (Hormozgan province) and Caspian Sea shrimp (*Penaeus*



[ Downloaded from journalaer.com on 2026-06-13 ]