

# Investigation of microbial and chemical contamination in farmed and marine shrimp supplied in Bandar Abbas county

Saeid Askari<sup>1</sup>, Ebrahim Rahimi<sup>2\*</sup>, Seyed Majid Hashemi<sup>3</sup> Amir shakerian<sup>2</sup>

1- Ph.D. student in food hygiene, Department of Food Hygiene, Shahrekord Branch, Islamic Azad University, Shahrekord, Iran.

2- Professor, Department of Food Hygiene, Shahrekord Branch, Islamic Azad University, Shahrekord, Iran

3- Assistant Professor, Nutrition and Organic Products Research Center, Shahrekord Branch, Islamic Azad University, Shahrekord, Iran

4- Professor, Department of Food Hygiene, Shahrekord Branch, Islamic Azad University, Shahrekord, Iran

## Abstract

The health and safety of seafood is a global concern. The prevalence of antimicrobial resistance and heavy metal contamination has adverse consequences for consumer health. The aim of the present study was to investigate *Escherichia coli* contamination and antibiotic resistance of isolates and to determine lead and cadmium in farmed and wild shrimp supplied in Bandar Abbas. 60 farmed and marine shrimp samples were sampled from the Bandar Abbas market From spring to autumn 2024 and transferred to the laboratory. The linear culture method was used to isolate *Escherichia coli*, the Disk Diffusion method was used to determine antibiotic resistance, and the atomic absorption spectrometer was used to determine heavy metals. The results of the investigation of microbial contamination in farmed and marine shrimp showed that out of a total of 60 shrimp samples, 9 samples were contaminated with *Escherichia coli*. Thus, the level of *Escherichia coli* contamination in marine shrimp was 7 samples (11.66%) and farmed shrimp was 2 samples (3.33%), and the highest antibiotic resistance was related to sulfamethoxazole (100%) and tetracycline (88.88%) and the lowest resistance was related to imipenem (0). The results of the heavy metal assessment showed that the level of contamination in marine shrimp with lead and cadmium was higher than in farmed samples. Our results showed that marine and farmed shrimp are sources of *Escherichia coli* contamination and in terms of heavy metals, strict decisions should be made regarding the release of industrial waste and other sources of contamination.

**Keywords:** Shrimp, *Escherichia coli*, Antibiotic resistance, Heavy metals

## بررسی آلودگی میکروبی و شیمیایی در میگوهای پرورشی و دریایی عرضه شده در شهرستان بندرعباس

سعید عسکری<sup>۱</sup>، ابراهیم رحیمی<sup>۲\*</sup>، سید مجید هاشمی<sup>۳</sup>، امیر شاکریان<sup>۴</sup>

۱- دانشجوی دکترای تخصصی بهداشت مواد غذایی، گروه بهداشت مواد غذایی واحد شهرکرد، دانشگاه آزاد اسلامی، شهرکرد، ایران

۲- استاد، گروه بهداشت مواد غذایی، واحد شهرکرد، دانشگاه آزاد اسلامی، شهرکرد، ایران

۳- استادیار، مرکز تحقیقات تغذیه و محصولات ارگانیک، واحد شهرکرد، دانشگاه آزاد اسلامی، شهرکرد، ایران

۴- استاد، گروه بهداشت مواد غذایی، واحد شهرکرد، دانشگاه آزاد اسلامی، شهرکرد، ایران

### چکیده

بهداشت و سلامت مواد غذایی دریایی یک نگرانی جهانی است. شیوع مقاومت ضد میکروبی و آلودگی به فلزات سنگین سبب پیامدهای ناگواری برای سلامت مصرف‌کنندگان می‌شود. هدف از پژوهش حاضر بررسی آلودگی به اشرشیاکالای و مقاومت آنتی‌بیوتیکی جدایه‌ها و تعیین سرب و کادمیوم در میگوهای پرورشی و آزاد عرضه شده در بندرعباس است. ۶۰ نمونه میگو پرورشی و دریایی از بازار بندرعباس در بهار تا پائیز ۱۴۰۳ نمونه‌گیری و به آزمایشگاه انتقال داده شد. از روش کشت خطی برای جداسازی اشرشیاکالای، تعیین مقاومت آنتی‌بیوتیک از روش Disk Diffusion و از دستگاه جذب اتمی برای تعیین فلزات سنگین استفاده شد. نتایج بررسی آلودگی میکروبی در میگوهای پرورشی و دریایی نشان داد از مجموع ۶۰ نمونه میگو، ۹ نمونه به اشرشیاکالای آلوده بود. به این ترتیب میزان آلودگی به اشرشیاکالای در میگوهای دریایی ۷ نمونه (۱۱/۶۶ درصد) و میگوهای پرورشی ۲ نمونه (۳/۳۳ درصد) بود و بیشترین مقاومت آنتی‌بیوتیکی مربوط به سولفامتاکسازول (۱۰۰ درصد) و تتراسایکلین (۸۸/۸۸ درصد) و کمترین مقاومت مربوط به ایمی‌پنم (۰) بود. نتایج ارزیابی فلزات سنگین نشان داد میزان آلودگی در میگوهای دریایی نسبت به

سرب و کادمیوم فراتر از نمونه‌های پرورشی است. نتایج ما نشان داد که میگوهای دریایی و پرورشی از منابع آلودگی به اشرفیاکلای هستند و از لحاظ فلزات سنگین باید نسبت به آزادسازی فضلاب کارخانه‌های صنعتی و دیگر منابع آلودگی تصمیمات سختگیرانه‌ای اتخاذ شود.

**کلیدواژه:** میگو، اشرفیاکلای، مقاومت آنتی‌بیوتیکی، فلزات سنگین

## مقدمه

مصرف جهانی غذاهای دریایی مانند ماهی‌های دریایی و سخت پوستان (میگو، خرچنگ و خرچنگ دریایی) و محصولات آنها با توجه به تاثیر آنها بر سلامتی انسان، افزایش یافته است (Baki et al., 2018). گروه سخت‌پوستان متعلق به راسته دکاپودا شامل میگو، خرچنگ و لابستر است و به دلیل اینکه غذایی سرشار از لیپیدها، پروتئین‌ها و سایر مواد مغذی مانند مواد معدنی و ویتامین‌ها است مورد توجه قرار گرفته است. میگو از جمله سخت‌پوستان دریایی است که مصرف بالایی دارد. علیرغم محتوای پروتئین بالا، میگو همچنین سرشار از کلسترول است که ممکن است یک جنبه تغذیه‌ای منفی در نظر گرفته شود، زیرا کلسترول اضافی در غذا یک عامل خطر برای ابتلا به بیماری‌های قلبی عروقی است. علاوه بر این، مانند سایر غذاهای دریایی، مقدار زیادی اسیدهای چرب غیراشباع چندگانه (PUFA) از دسته امگا ۳ (n-3) در ماهیچه‌های میگو، به ویژه ایکوزاپنتانوئیک اسید (EPA, 20: 5n-3) و اسید دوکوزاهگزانوئیک (DHA, 22: 5n-3) وجود دارد (Pires et al., 2018)، با این حال آنچه برای مصرف‌کنندگان اهمیت دارد، سلامت و بهداشت مواد غذایی مورد مصرف است. مصرف میگو در سال‌های اخیر افزایش یافته است. این تغییر به سمت درک بهتر رژیم غذایی سالم و اهمیت تغذیه‌ای مصرف غذاهای دریایی تغییر کرد، به عنوان مثال منبع پروتئین بالا، ویتامین D، ویتامین B3 و روی برای سلامتی مفید است (Copat et al., 2012).

فلزات سنگین خطرناک، غیرقابل تجزیه زیستی و برای مدت طولانی در محیط وجود دارند. آنها تأثیر مخربی بر گیاهان، انسان‌ها و حیوانات می‌گذارند تا در معرض آلاینده‌ها قرار گیرند و به مهم‌ترین مسئله تبدیل شوند (Bharti and Sharma, 2022). فلزات سنگین عناصر طبیعی هستند که دارای وزن اتمی بالا و چگالی بسیار بالا هستند. کاربردهای متعدد صنعتی، خانگی، کشاورزی، پزشکی و فناوری آنها منجر به توزیع گسترده آنها در محیط شده است و نگرانی‌هایی را در مورد اثرات بالقوه آنها بر سلامت انسان و محیط زیست ایجاد کرده است. سمیت آنها به عوامل مختلفی از جمله دوز، مسیر قرار گرفتن در معرض، و گونه‌های شیمیایی، و همچنین سن، جنسیت، ژنتیک و وضعیت تغذیه افراد در معرض، بستگی دارد. آرسنیک، کادمیوم، کروم، سرب و جیوه به دلیل درجه سمیت بالایی که دارند، جزو فلزات اولویت‌دار هستند که از اهمیت بهداشت عمومی برخوردار هستند. این عناصر فلزی به عنوان سموم سیستمیک در نظر گرفته می‌شوند که شناخته شده‌اند که باعث آسیب به اندام‌های متعدد، حتی در سطوح پایین‌تر قرار گرفتن در معرض هستند. آنها همچنین بر اساس آژانس حفاظت از محیط زیست ایالات متحده و آژانس بین‌المللی تحقیقات سرطان، به عنوان سرطان‌زاهای انسانی (معروف یا محتمل) طبقه‌بندی می‌شوند (Tchounwou et al., 2012). افزایش سطوح فلزات سنگین مانند سرب، کادمیوم و جیوه در مواد غذایی دریایی از جمله میگو، ممکن است یک خطر ایمنی مواد غذایی باشد. با این حال، آلودگی فلزات سنگین در میگو به یک نگرانی مهم در سراسر جهان تبدیل شده است، مصرف میگوهای آلوده به فلزات سنگین، نارسایی کلیه و آسیب کبدی دلیل وجود سرب برای مصرف‌کنندگان را به همراه دارد (Lee et al., 2011). برخی از اثرات سمی فلزات سنگین شامل اختلال در عملکرد کلیه (Hg, Cd, Pb) و کبد (Cd و Pb)، کاهش عملکرد شناختی (Hg, Pb)، اختلال در ظرفیت تولید مثل (Pb, Cd)، فشار خون بالا (Cd) تغییرات عصبی (Hg, Pb)، اثرات تراتوژنیک (Hg) و سرطان‌ها (Cd) می‌باشد (Lee et al., 2011, Mattia et al., 2004, Tchounwou et al., 2012).

آلودگی مواد غذایی با باکتری‌های مقاوم به آنتی‌بیوتیک‌ها یک نگرانی بهداشت عمومی است زیرا میکروارگانیسم‌های مقاوم می‌توانند از طریق مصرف مواد غذایی آلوده به انسان منتقل شوند و در نتیجه سلامت انسان را به خطر بیندازند. استفاده از ترکیبات ضد میکروبی در آبی پروری منجر به خطر تکامل باکتری‌های مقاوم به ترکیبات ضد میکروبی در حیوانات آبی و محیط می‌شود. در صنایع پرورش میگو، مقادیر زیادی از ترکیبات ضد میکروبی به عنوان افزودنی خوراک استفاده می‌شود و به عنوان عوامل درمانی و پیشگیری کننده برای میگو در آب استخر ریخته

می‌شود. در نتیجه، ماندگاری مواد ضد میکروبی در میگو، آب و رسوبات موجود در استخر میگو، ممکن است به کسب مقاومت دارویی در بین پاتوژن‌های میگو و فلور روده میگو کمک کند (Changkaew et al., 2014).

یک گونه باکتریایی مرتبط با عفونت از طریق مصرف محصولات خوراکی با منشاء دریایی اشرشیاکلاهی است. وجود این باکتری در مواد غذایی ارتباط مستقیمی با آلودگی مدفوع دارد (Costa, 2013). اشرشیاکلاهی از باکتری‌های خانواده انتروباکتریاسه بوده که در محدوده‌ی دمایی ۱۸ تا ۴۵ درجه فعالیت کرده، و در محدوده‌ی pH ۴/۸ تا ۷/۸ رشد می‌کند و در صورت ورود به بدن، سبب گاستروانتریت می‌شود (Heidarzadi et al., 2021). هدف اصلی این تحقیق، بررسی آلودگی میکروبی و شیمیایی در میگوهای پرورشی و دریایی عرضه‌شده در شهرستان بندرعباس است.

## مواد و روش‌ها

### نمونه‌گیری

نمونه‌ها در مطالعه حاضر شامل ۳۰ نمونه میگوی پرورشی (*Penaeus vanamei*) و ۳۰ نمونه میگوی آزاد گونه موزی (*Penaeus merguensis*) صید شده از آب‌های محدوده شهرستان بندرعباس بود. نمونه از بهار تا پائیز ۱۴۰۳ به صورت تصادفی از بازار و محل‌های عرضه‌این محصول (مراکز پرورش میگو و مراکز فرآوری) نمونه‌گیری و در مجاورت یخ، به آزمایشگاه دامپزشکی بندرعباس انتقال داده شد.

### روش جستجوی اشرشیاکلاهی

مقدار ۲۵ گرم از نمونه‌های میگو وزن کرده و داخل ۲۲۵ سی‌سی لاکتوز براث (Merk, Germany) به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۳۷ درجه قرار گرفت. مقدار ۱ سی‌سی از محیط نمونه غنی‌شده روی محیط کشت EMB Agar کشت و بعد از ۲۴ ساعت انکوباسیون، کلنی‌های دارای جلای سبز فلزی انتخاب و برای تأیید در محیط‌های کشت افتراقی شامل سیمون سیترات، TSI، MR\_VP و SIM کشت داده و نمونه‌های مثبت آنها مشخص شد (Heidarzadi et al., 2021).

### روش ارزیابی مقاومت آنتی‌بیوتیکی

برای ارزیابی مقاومت آنتی‌بیوتیکی، تست آنتی‌بیوگرام با استفاده از روش استاندارد Disk Diffusion (انتشار دیسک) انجام شد. ابتدا، یک سوسپانسیون میکروبی از جدایه‌های اشرشیاکلاهی تهیه شد. تراکم باکتری‌ها در سوسپانسیون با استاندارد McFarland 0.5 تنظیم شد تا تراکم یکنواختی از باکتری‌ها به دست آید. سپس، سطح پلیت‌های حاوی محیط کشت مولر-هینتون آگار (Italy, Liofilchem) به طور یکنواخت با سوسپانسیون باکتری پوشش داده شد. پس از آماده‌سازی سطح پلیت، دیسک‌های آنتی‌بیوگرام (Padtanteb, Iran) که شامل آنتی‌بیوتیک‌های مختلف بودند، به دقت بر روی سطح محیط کشت قرار داده شدند. دیسک‌های آنتی‌بیوتیک‌ها شامل: سیپروفلوکساسین (۱۰ میکروگرم)، کانامایسین (۳۰ میکروگرم)، استرپتومایسین (۱۵ میکروگرم)، آمپی‌سیلین (۱۰ میکروگرم)، ایمی‌پنم (۱۰ میکروگرم)، تتراسایکلین (۳۰ میکروگرم) و سولفامتاکسازول (۳۰ میکروگرم) بودند (Heidarzadi et al., 2021).

### روش تعیین فلزات سنگین

ابتدا نمونه‌ها با آب مقطر شستشو داده و سپس خشک شده و در سطح سینی‌های آون که با فویل آلومینیومی پوشانده شده، پخش شدند. پس از آن جهت خشک کردن نهایی، نمونه‌ها به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۱۰۵ درجه سلسیوس در آون قرار داده شدند. پس از اتمام خشک کردن نمونه‌ها، نمونه‌ها جهت خاکستر شدن در بوتله چینی توزین و در کوره الکتریکی (GTA, 120) قرار داده شدند؛ سپس طی مدت یک ساعت دما به آرامی از دمای اتاق به ۴۵۰ درجه سلسیوس افزایش داده شد تا نمونه‌ها به یک خاکستر سفید تبدیل شدند. پس از آن بوتله‌های چینی در داخل دیسیکاتور خنک شده و پودر به دست آمده با استفاده از مخلوطی از اسید نیتریک و پراکسید هیدروژن به نسبت ۱:۲ هضم شدند. در ادامه کار این مخلوط به مدت ۴ ساعت با هیتر خشک شد و سپس با آب مقطر به حجم ۱۰ میلی لیتر رسانده شد و جهت تعیین فلزات سنگین به دستگاه جذب

اتمی (Varian 240, Italian) Atomic Absorbption تزریق شدند. محلول استاندارد مربوط به هر فلز ساخته و به دستگاه داده شد و سپس نمونه‌های اصلی به دستگاه تزریق شدند و به صورت جداگانه مقادیر هر عنصر بر حسب میلی‌گرم در لیتر به دست آمد و بر حسب میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن خشک نمونه‌ها معادل سازی شد. برای اندازه گیری حد تشخیص دستگاه، از استانداردهای مختلف سرب و کادمیوم استفاده شد. هر استاندارد در ۳ نوبت به دستگاه تزریق و این عمل ۵ مرتبه تکرار شد. مقادیر حد تشخیص روش LOD دستگاه برای سرب و کادمیوم ۰/۰۰۱۳ و ۰/۰۰۰۲۱ و میزان حد تعیین مقدار LOQ دستگاه برای هر دو فلز سنگین سرب و کادمیوم ۰/۰۰۱ بود ( Khodabakhshi et al., 2019, Adler et al., 2016).

## آنالیز آماری

تجزیه و تحلیل آماری داده‌های حاصل از اندازه‌گیری غلظت فلزات سنگین شامل سرب و کادمیوم با استفاده از نرم‌افزار آماری SPSS نسخه ۲۰ انجام شد. نرمال بودن توزیع داده‌ها با آزمون کولموگروف-اسمیرنوف (Kolmogorov-Smirnov) در این مطالعه مشخص گردید و میانگین غلظت فلزات در نمونه‌ها به کمک آزمون کوواریانس انجام شد. تفاوت بین انحراف معیار و میانگین نمونه‌ها، در سطح ۹۵ درصد محاسبه شد و برای ارزیابی میزان آلودگی به اشرشیاکلای در نمونه‌های میگو، از تست دقیق فیشر استفاده شد.

## یافته‌ها

نتایج حاصل از مطالعه حاضر نشان داد، که از ۳۰ نمونه میگو پرورشی، میانگین غلظت سرب ۰/۰۱۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم و از ۳۰ نمونه میگوی دریایی میانگین غلظت سرب ۰/۰۰۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود. نتایج نشان داد میانگین آلودگی به سرب از ۳۰ نمونه میگوی پرورشی و دریایی عرضه‌شده در شهرستان بندرعباس ۰/۰۴۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود. ارزیابی آلودگی به کادمیوم نشان داد از مجموع ۳۰ نمونه میگوی پرورشی میانگین آلودگی ۰/۰۱۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم و میانگین آلودگی به کادمیوم از ۳۰ نمونه میگو دریایی ۰/۰۰۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود و میانگین آلودگی به سرب از مجموع ۳۰ نمونه ۰/۰۳۷ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود. نتایج نشان داد میزان آلودگی در ماهی‌های دریایی نسبت به سرب و کادمیوم فراتر از نمونه‌های پرورشی است. (جدول ۱).

جدول (۱)- نتایج میزان آلودگی به سرب و کادمیوم میگو در ماه‌های مختلف سال (میلی‌گرم بر کیلوگرم)

| فلز سنگین | نوع میگو    | تعداد نمونه | کمینه  | بیشینه | میانگین $\pm$ انحراف معیار      |
|-----------|-------------|-------------|--------|--------|---------------------------------|
| سرب       | پرورشی      | ۳۰          | ۰/۰۰۱۵ | ۰/۰۲   | ۰/۰۱۲ $\pm$ ۰/۰۰۷ <sup>a</sup>  |
|           | دریایی      | ۳۰          | ۰/۰۰۱۹ | ۰/۰۱   | ۰/۰۰۸ $\pm$ ۰/۰۰۳ <sup>b</sup>  |
|           | میانگین کلی | ۶۰          | -      | -      | ۰/۰۴۶ $\pm$ ۰/۰۰۳ <sup>a</sup>  |
| کادمیوم   | پرورشی      | ۳۰          | ۰/۰۰۰۷ | ۰/۰۰۳  | ۰/۰۱۸ $\pm$ ۰/۰۰۱۳ <sup>a</sup> |
|           | دریایی      | ۳۰          | ۰/۰۰۱۲ | ۰/۰۱۶  | ۰/۰۰۶ $\pm$ ۰/۰۰۹ <sup>b</sup>  |
|           | میانگین کلی | ۶۰          | -      | -      | ۰/۰۳۷ $\pm$ ۰/۰۰۲۱              |

در هر سطر، اعداد برجسته با حروف انگلیسی متفاوت، با  $P\text{value} < ۰/۰۵$  با هم تفاوت معنی‌دار آماری دارند.

نتایج بررسی آلودگی میکروبی در میگوهای پرورشی و دریایی نشان داد از مجموع ۶۰ نمونه میگو، ۹ نمونه به اشرشیاکلاهی آلوده بود. به این ترتیب میزان آلودگی به اشرشیاکلاهی در میگوهای دریایی ۷ نمونه (۱۱/۶۶ درصد) و میگوهای پرورشی ۲ نمونه (۳/۳۳ درصد) بود. نتایج نشان داد بین میزان آلودگی به اشرشیاکلاهی در نمونه‌های دریایی و نمونه‌های پرورشی ارتباط آماری معنی‌داری وجود داشت. (جدول ۳).

جدول ۳. وضعیت آلودگی به اشرشیاکلاهی در میگوهای پرورشی و دریایی عرضه‌شده در شهرستان بندرعباس

| نوع نمونه   | تعداد نمونه | میزان آلودگی                      |
|-------------|-------------|-----------------------------------|
| میگو پرورشی | ۳۰          | ۲ <sup>b</sup> نمونه (۳/۳۳ درصد)  |
| میگو دریایی | ۳۰          | ۷ <sup>a</sup> نمونه (۱۱/۶۶ درصد) |
| مجموع       | ۶۰          | ۹ (۱۵ درصد)                       |

در هر سطر، اعداد برچسب خورده با حروف انگلیسی متفاوت، با  $P\text{value} < 0.05$  با هم تفاوت معنی‌دار آماری دارند. مطابق نتایج به دست‌آمده از مقاومت آنتی‌بیوتیکی، بیشترین مقاومت آنتی‌بیوتیکی مربوط به سولفامتاکسازول (۱۰۰ درصد) و تتراسایکلین (۸۸/۸۸ درصد) بود. همچنین کمترین مقاومت آنتی‌بیوتیکی مربوط به ای‌می‌پنم (۰) بود.

جدول ۴- الگوی مقاومت آنتی‌بیوتیکی اشرشیاکلاهی جدا شده از نمونه‌های میگوی دریایی و پرورشی

| نوع آنتی‌بیوتیک | حساس      | نیم‌حساس  | مقاوم     |
|-----------------|-----------|-----------|-----------|
| سیپروفلوکساسین  | ۶ (۶۶/۶۷) | ۲ (۲۲/۲۲) | ۱ (۱۱/۱۸) |
| کانامایسین      | ۰         | ۳ (۳۳/۳۳) | ۶ (۶۶/۶۷) |
| استرپتومایسین   | ۲ (۲۲/۲۲) | ۵ (۵۵/۵۶) | ۲ (۲۲/۲۲) |
| آمپی‌سیلین      | ۰         | ۲ (۲۲/۲۲) | ۷ (۷۷/۷۸) |
| ای‌می‌پنم       | ۹ (۱۰۰)   | ۰         | ۰         |
| تتراسایکلین     | ۱         | ۱ (۱۱/۱۸) | ۸ (۸۸/۸۸) |
| سولفامتاکسازول  | ۰         | ۰         | ۹ (۱۰۰)   |

## بحث

استفاده گسترده از داروهای ضد میکروبی جهت درمان مسمومیت‌های غذایی و حتی استفاده‌ی آن‌ها در استخرهای پرورش ماهی و میگو و سایر شاخه‌های دامپزشکی، کشاورزی و آبی‌پروری در ظهور و انتشار AMR در محیط زیست نقش داشته است. مصرف جهانی داروهای ضد میکروبی در انسان بین سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۵، به ویژه در کشورهای با درآمد کم و متوسط، به دلیل دسترسی آسان و استفاده غیرمنطقی، بیش از ۶۰ درصد افزایش یافته است (Jeamsripong et al., 2022). علاوه بر این، آلودگی ناشی از فلزات سنگین در محیط‌های آبی نیز می‌تواند به دلیل مقاومت متقاطع آنها در انتخاب AMR نقش داشته باشد (Ahmad et al., 2021). تمرکز این مطالعه روی بررسی میزان آلودگی به اشرشیاکلاهی و مقاومت آنتی‌بیوتیکی جدایه‌ها و تعیین میزان آلودگی به فلزات سنگین در میگوهای عرضه‌شده در شهرستان بندرعباس بود که نتایج نشان داد میزان آلودگی در میگوها به اشرشیاکلاهی از مجموع ۶۰ نمونه، ۱۵ درصد و بیشترین مقاومت آنتی‌بیوتیکی مربوط به سولفامتاکسازول و تتراسایکلین بود. همچنین ارزیابی فلزات سنگین نشان داد میزان آلودگی پائین‌تر از استاندارد ایران بود. در همین راستا پژوهشی در چین (۲۰۲۴) با هدف شیوع اشرشیاکلاهی در آبزیان گزارش شد که مجموع آلودگی در میگو ۱۶ درصد بود نتایج مقاومت آنتی‌بیوتیکی نشان داد که بیشترین مقاومت مربوط به تتراسایکلین (۹۳/۷ درصد) بود. (Zhang et al., 2024). Link و همکاران (۲۰۲۴) روی آلودگی به اشرشیاکلاهی و مقاومت آنتی‌بیوتیکی جدایه‌ها در میگوهای نمونه‌گیری شده در برزیل گزارش دادند از مجموع ۶۹ نمونه، ۱۰ نمونه (۱۴/۴۹ درصد) به اشرشیاکلاهی آلوده بود و نتایج مقاومت آنتی‌بیوتیکی نشان داد بیشترین مقاومت مربوط به تتراسایکلین بود (Link et al., 2024). پژوهشی توسط Sivaraman و همکاران

(۲۰۲۱) با هدف جداسازی اشرشیاکلاهی از میگو در هندوستان گزارش دادند از ۲۶۱ نمونه ۳۲ نمونه (۱۲/۲۶ درصد) برای اشرشیاکلاهی مثبت بودند (Sivaraman et al., 2021). مطالعه Changkaew و همکاران (۲۰۱۴) در تایلند، روی آلودگی به اشرشیاکلاهی در میگو گزارش دادند از مجموع ۳۱۲ نمونه میگو، ۱۷/۶ درصد به اشرشیاکلاهی آلوده بودند؛ آنها گزارش دادند بیشترین مقاومت مربوط به آمپی‌سیلین بود (Changkaew et al., 2014). مطالعه‌ی Elhadi & Alhabib (۲۰۲۴)، در عربستان سعودی با هدف تعیین میزان آلودگی باکتریایی به میگوها، ۱۵ درصد شیوع به اشرشیاکلاهی را گزارش دادند (Alhabib and Elhadi, 2024). Dewi و همکاران (۲۰۲۲)، هم‌راستا با پژوهش حاضر، آلودگی ۱۸/۱ درصد به اشرشیاکلاهی را در میگوهای نمونه‌گیری شده در مالزی گزارش دادند (Dewi et al., 2022). Chakravarty و همکاران روی آلودگی مواد غذایی به اشرشیاکلاهی گزارش دادند از مجموع ۱۴۰ نمونه میگو، ۱۸ درصد به اشرشیاکلاهی آلوده بودند (۱۰۰ درصد) بود (Chakravarty et al., 2015) که نتایج یافته‌های یادشده با پژوهش حاضر سازگاری و مطابقت دارد. از مهم‌ترین دلایل مطابقت با یافته‌های حاضر می‌توان به جغرافیای مناطق نمونه‌گیری، شیوه‌های پرورش یکسان و نحوه‌ی نگهداری و هندلینگ اشاره کرد.

نریمسا و رحیمی در مطالعه‌ای (۲۰۲۳) روی آلودگی میکروبی میگوهای عرضه‌شده در شهرستان آبادان گزارش دادند که میزان آلودگی به اشرشیاکلاهی ۲ درصد بود (Narimisa and Rahimi, 2023). در مطالعات Masri و همکاران در سال ۲۰۲۱ بر روی ۱۱ نمونه میگو تعداد ۲ عدد آلوده به سالمونلا و میزان آلودگی به اشرشیاکلاهی منفی گزارش شد (Sukmawaty et al., 2021). مطالعات Talukder و همکاران در سال ۲۰۱۹ بر روی ۳۰ نمونه میگو در بنگلادش نشان داد که میزان آلودگی باکتریایی آن‌ها به ترتیب به استافیلوکوکوس اورئوس، و ایکلاهی برابر با ۱۱ و ۵ عدد بوده است (Talukder et al., 2019). که کمتر از نتایج مطالعه حاضر است. از مهم‌ترین دلایل عدم مطابقت آلودگی در پژوهش‌های یادشده با مطالعه حاضر می‌توان به عدم آلودگی آب‌ها به منابع آلوده‌کننده، نگهداری و عرضه در شرایط بهداشتی و رعایت زنجیره سرما در دماهای کمتر از ۳ درجه اشاره کرد.

پژوهشی در تایلند توسط Atwill و همکاران (۲۰۲۱)، روی آلودگی به میکروارگانیزم‌های پاتوژن در میگو گزارش دادند از مجموع ۳۳۵ نمونه، کلیفرم‌های مدفوعی و اشرشیاکلاهی به ترتیب در ۱۰۰ و ۸۵ درصد نمونه‌ها مثبت بودند (Atwill and Jearnsripong, 2021). CHENG و همکاران در مطالعه‌ای با هدف بررسی آلودگی به ویبریو به اشرشیاکلاهی و مقاومت آنتی‌بیوتیکی جدایه‌ها گزارش دادند از مجموع ۱۸۱ نمونه میگو، ۲۸/۶ درصد به اشرشیاکلاهی آلوده بودند. ارزیابی آنتی‌بیوتیکی نشان داد بیشترین میزان مقاومت آنتی‌بیوتیکی مربوط به سفالوتین (۷۹ درصد)، آموکسی‌سیلین (۵۳/۸ درصد) و آمپی‌سیلین (۵۱/۱ درصد) بود (Cheng et al., 2019). در مطالعه Bantawa و همکاران (۲۰۱۹) روی ۸۳ مورد گوشت میگو در نپال مشخص شد که میزان آلودگی به اشرشیاکلاهی ۵۴ درصد، سالمونلا ۳۹ درصد، استافیلوکوکوس اورئوس ۶۸ درصد آلودگی داشته اند (Bantawa et al., 2019). Dutta and Sengupta (۲۰۱۶) در پژوهشی با هدف تعیین آلودگی در ماهی و میگو به اشرشیاکلاهی گزارش دادند از مجموع ۱۷۱ نمونه ماهی و میگو، ۱۳۸ نمونه (۸۰/۷۰ درصد) به اشرشیاکلاهی آلوده بودند که ۶۵ درصد مربوط به ماهی و ۸۵ درصد مربوط به میگو بود (Dutta and Sengupta, 2016). یافته‌های یادشده سازگاری و مطابقتی با پژوهش حاضر ندارند. از مهم‌ترین دلایل عدم سازگاری می‌توان به خطای آزمایشگر، آلودگی آب محل پرورش میگو به اشرشیاکلاهی و آلودگی‌های مدفوعی، ریزش مستقیم فاضلاب شهری به مناطق پرورش و صید میگو، عدم رعایت زنجیره سرما از صید تا مصرف و عدم آگاهی عرضه‌کنندگان به رعایت شرایط بهداشتی اشاره کرد.

در مطالعه‌ی حاضر، میانگین آلودگی به سرب و کادمیوم به ترتیب ۰/۰۴۶ و ۰/۰۳۷ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود که پائین‌تر از استانداردهای تعیین‌شده در ایران است. سطح توصیه شده اتحادیه اروپا برای آلودگی به سرب ۰/۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم است. حد مجاز کادمیوم و سرب مطابق بیشینه رواداری فلزات سنگین در ایران برای سرب و کادمیوم به ترتیب ۰/۱۵ و ۰/۰۳ است (ISIR., 2009). بر اساس استاندارد کدکس (Codex Alimentarius) ۰/۲ و ۰/۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم، استاندارد چین ۰/۲ و ۰/۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم، ایرلند ۰/۲ و ۰/۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم، استاندارد استرالیا ۰/۲ و ۰/۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم و اتحادیه اروپا ۰/۲ و ۰/۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم است؛ بنابراین نتایج نشان داد که هیچ کدام از

نمونه‌های میگو پرورشی و آزاد فراتر از حد مجاز نیست (Commisssoin, 1995; EC, 2008; Ireland, 2009; FSANZS, 2010 and NSPRC, 2011).

مطالعه‌ای توسط Kam و همکاران (۲۰۲۲) در مالزی با هدف تعیین آلودگی به فلزات سنگین در میگوها انجام شد که گزارش دادند میزان آلودگی به سرب در میگوها با میانگین  $0.12$  میلی گرم بر کیلوگرم و کادمیوم بین  $0.05$  میلی گرم بر کیلوگرم بود (Kam et al., 2022)، که همراستا با پژوهش حاضر است. Soltana و همکاران (۲۰۲۲)، در عربستان سعودی گزارش دادند میانگین آلودگی به سرب و کادمیوم در میگو به ترتیب  $17/75$  و  $0.09$  میکروگرم بر کیلوگرم بود (Sultana et al., 2022) که از نظر کادمیوم مطابقت با پژوهش حاضر دارد؛ اما از نظر آلودگی به سرب مطالعه نامبرده آلودگی بسیار بالایی را داشته است. Sarkar و همکاران (۲۰۱۶) گزارش دادند که غلظت سرب در بافت میگو در بنگلادش به صورت میانگین  $0.54$  میلی گرم بر کیلوگرم بود (Sarkar et al., 2016)، و Ahmed و همکاران (۲۰۱۵)، غلظت سرب در میگو در بنگلادش را  $0.51$  میلی گرم بر کیلوگرم گزارش دادند (Ahmed et al., 2015). از آنجایی که میگوها، موجودات ساکن کف دریا هستند که تقریباً همیشه با رسوبات در تماس هستند؛ از این رو، رسوبات می‌توانند منابع اصلی آلودگی به سرب در میگو باشند (Sarkar et al., 2016). افزایش غلظت فلزات سنگین در میگو نه تنها ممکن است خطراتی برای سلامت انسان ایجاد کند، بلکه باعث سقوط اقتصاد نیز می‌شود. از مهم‌ترین دلایل بالا بودن آلودگی به فلزات سنگین در سایر مطالعات می‌توان به آلودگی مستقیم به فاضلاب‌های صنعتی و شهری و نزدیکی به کارخانه‌های پتروشیمی و نفت و همچنین آلودگی ناشی از کشتی‌های در حال عبور از مناطق اشاره کرد. منابع اصلی انسانی سرب و کادمیوم در خلیج فارس شامل عملیات معدن کاری و ذوب، انتشار گازهای ناشی از تأسیسات تولید برق با سوزاندن زغال سنگ، شسته شدن از تأسیسات زباله‌های خطرناک و استفاده از حشره‌کش‌ها، علف‌کش‌ها یا جلبک‌کش‌ها است.

### نتیجه‌گیری

وجود باکتری‌های مقاوم به آنتی‌بیوتیک متقله از طریق آب در مناطقی که محل پرورش و صید میگو و دیگر آبزیان است، یک تهدید مداوم زیست‌محیطی و بهداشت عمومی است، بنابراین علاوه بر ردیابی و جلوگیری از منابع اصلی آلودگی باکتریایی و ترویج تصفیه مناسب فاضلاب قبل از رهاسازی در منابع آب ساحلی در بندرعباس، توصیه می‌شود برنامه‌های نظارت بر کیفیت آب شامل نظارت بر سطوح بیش از حد AMR باکتریایی نیز باشد تا از ایمنی غذایی، تفریحات مرتبط با تماس بدن با آب و کاهش آلودگی AMR برای منابع آب ساحلی در بندرعباس بهتر محافظت شود و در خصوص آلودگی به فلزات سنگین علف‌کش‌ها و جلبک‌کش‌ها ممکن است اهمیت زیادی داشته باشند. در سال‌های اخیر، استفاده محلی از جلبک‌کش‌ها علیه نابودی جلبک‌ها افزایش یافته است. بنابراین، برای تأمین امنیت صنعت میگو، تحقیقات فشرده‌تر با تمرکز بر فلزات موجود در خوراک پرورش، کیفیت آب، مدیریت پسماند و فرآیندهای جابجایی ضروری است.

### سپاسگزاری

بدین وسیله از کلیه همکاران گروه بهداشت مواد غذایی دانشکده دامپزشکی دانشگاه آزاد اسلامی واحد شهرکرد که نهایت همکاری را در انجام این پروژه را داشتند تشکر به عمل می‌آید.

### تعارض منافع

نویسندگان تعارض منافی برای اعلام ندارند.

### مشارکت‌های نویسندگان

نمونه‌گیری، انجام آزمایش‌ها و گردآوری دیتاها با نویسنده‌ی اول، آنالیز آماری و نگارش مقاله با همکاری استاد راهنما انجام شد.

- ADLER, G., NĘDZAREK, A. & TÓRZ, A. 2019. Concentrations of selected metals (Na, K, Ca, mg, FE, CU, Zn, al, Ni, PB, cd) in coffee. *Slovenian Journal of Public Health*, 58, 187-193.
- AHMAD, I., MALAK, H. A. & ABULREESH, H. H. 2021. Environmental antimicrobial resistance and its drivers: a potential threat to public health. *Journal of Global Antimicrobial Resistance*, 27, 101-111.
- AHMED, M. K., BAKI, M. A., ISLAM, M. S., KUNDU, G. K., HABIBULLAH-AL-MAMUN, M., SARKAR, S. K. & 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.
- ALHABIB, I. & ELHADI, N. 2024. Antimicrobial resistance pattern of *Escherichia coli* isolated from imported frozen shrimp in Saudi Arabia. *PeerJ*, 12, e18689.
- ATWILL, E. R. & JEAMSRIPONG, S. 2021. Bacterial diversity and potential risk factors associated with *Salmonella* contamination of seafood products sold in retail markets in Bangkok ,Thailand. *PeerJ*, 9, e12694.
- BAKI, M. A., HOSSAIN, M. M., AKTER, J., QURAISHI, S. B., SHOJIB, M. F. H., ULLAH, A. A. & KHAN, M. F. 2018. Concentration of heavy metals in seafood (fishes, shrimp, lobster and crabs) and human health assessment in Saint Martin Island, Bangladesh. *Ecotoxicology and environmental safety*, 159, 153-163.
- BANTAWA, K., SAH, S. N., SUBBA LIMBU, D., SUBBA, P. & GHIMIRE, A. 2019. Antibiotic resistance patterns of *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Salmonella*, *Shigella* and *Vibrio* isolated from chicken, pork, buffalo and goat meat in eastern Nepal. *BMC research notes*, 12, 1-6.
- BHARTI, R. & SHARMA, R. 2022. Effect of heavy metals: An overview. *Materials Today: Proceedings*, 51, 880-885.
- CHAKRAVARTY, M. S., GANESH, P., AMARANTH, D., SHANTHI SUDHA, B. & SUBHASHINI, M. 2015. *Escherichia coli*-occurrence in the meat of shrimp, fish, chicken and mutton and its antibiotic resistance. *European Journal of Experimental Biology*, 5, 41-48.
- Commission, C.A. (1995). Codex stan 193-1995. Codex general standard for contaminants and toxins in food and feed. 1-77. Available at: <https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/en/>
- EC. (2008). Commission Regulation (EC) No 1881- 2006-"Setting maximum levels for criteria contaminations in foodstuffs". European Commission, Commission Regulation (EC) No.466/2001 SettingMaximum Levels for Certain Contaminants in Foodstuffs. <https://eur-lex.europa.eu>
- CHANGKAEW, K., UTRARACHKIJ, F., SIRIPANICHGON, K., NAKAJIMA, C., SUTHIENKUL, O. & SUZUKI, Y. 2014. Characterization of antibiotic resistance in *Escherichia coli* isolated from shrimps and their environment. *Journal of food protection*, 77, 1394-1401.
- CHENG, H., JIANG, H., FANG, J. & ZHU, C. 2019. Antibiotic resistance and characteristics of integrons in *Escherichia coli* isolated from *Penaeus vannamei* at a freshwater shrimp farm in Zhejiang Province, China. *Journal of food protection*, 82, 470-478.
- COPAT, C., BELLA, F., CASTAING, M., FALLICO, R., SCIACCA, S. & FERRANTE, M. 2012. Heavy metals concentrations in fish from Sicily (Mediterranean Sea) and evaluation of possible health risks to consumers. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 88, 78-83.
- COSTA, R. A. 2013. *Escherichia coli* in seafood: A brief overview.
- DEWI, R. R., HASSAN, L., DAUD, H. M., MATORI, M. F., NORDIN, F., AHMAD, N. I. & ZAKARIA, Z. 2022. Prevalence and antimicrobial resistance of *Escherichia coli*, *Salmonella* and *Vibrio* derived

- from farm-raised red hybrid tilapia (*Oreochromis* spp.) and Asian sea bass (*Lates calcarifer*, Bloch 1970) on the West Coast of Peninsular Malaysia. *Antibiotics*, 11, 136.
- DUTTA, C. & SENGUPTA, C. 2016. Prevalence of *Escherichia coli* in Fish and Shrimps obtained from retail Fish markets in and around Kolkata, India. *Frontiers in Environmental Microbiology*, 2, 1-5.
- Fsanza. (2010). Food Standards Australia and New Zealand Standard 1.4.1 (FSANZS), Contaminants, and Natural Toxicants laid down maximum levels of five heavy metals in specified food. Available at: <https://www.foodstandards.gov.au>
- HEIDARZADI, M. A., RAHNAMA, M., ALIPOURES KANDANI, M., SAADATI, D. & AFSHARIMO GHADAM, A. 2021. Salmonella and *Escherichia coli* contamination in samosas presented in Sistan and Baluchestan province and antibiotic resistance of isolates. *Food Hygiene*, 11, 81-90.
- Ireland, F.S.A.O. (2009). Food Safety Authority of Ireland. Mercury, Lead, Cadmium, Tin, and Arsenic in Food, Food Safety Authority of Ireland. Available at: <https://www.fsai.ie>
- Institute of Standards and Industrial Research of Iran. (ISIRI). 2009. Food & Feed Maximum limit of heavy metals. 1<sup>st</sup> Revision, ISIRI NO. 12968. [In Persian]
- JEAMSRI PONG, S., THAOTUMPITAK, V., ANUNTAWIRUN, S., ROONGROJ MONGKHON, N., ATWILL, E. R. & HINTHONG, W. 2022. Molecular epidemiology of antimicrobial resistance and virulence profiles of *Escherichia coli*, *Salmonella* spp., and *Vibrio* spp. isolated from coastal seawater for aquaculture. *Antibiotics*, 11, 1688.
- KAM, K. Y., JAAFAR, M. F., SANI, M. H., SUHAIMI, M. S. & MOHD ZAIN, N. A. 2022. Prevalence of Antibiotic Resistance Bacteria in Aquaculture Sources in Johor, Malaysia. *Journal of Tropical Life Science*, 12.
- KHODABAKHSHI, A., SEDEHI, M. & SHAKERI, K. 2016. Investigation of heavy metals in edible mushrooms consumed in Shahrekord. *Journal of Shahrekord University of Medical Sciences*, 18, 54-62.
- LEE, K.-G., KWEON, H., YEO, J.-H., WOO, S., HAN, S. & KIM, J.-H. 2011. Characterization of tyrosine-rich *Antheraea pernyi* silk fibroin hydrolysate. *International Journal of Biological Macromolecules*, 48, 223-226.
- LINK, D. T., VIANA, G. G. F., SIQUEIRA, L. P., FERRAZ, C. M., RODRIGUES, R. A., MATHIAS, L. A., CARDOZO, M. V. & ROSSI, G. A. M. 2024. Assessing the Microbial Quality of Shrimp (*Xiphonaeus kroyeri*) and Mussels (*Perna perna*) Illegally Sold in the Vitória Region, Brazil, and Investigating the Antimicrobial Resistance of *Escherichia coli* Isolates. *Antibiotics*, 13, 242.
- MATTIA, G. D., BRAVI, M. C., LAURENTI, O., LUCA, O. D., PALMERI, A., SABATUCCI, A., MENDICO, G. & GHISELLI, A. 2004. Impairment of cell and plasma redox state in subjects professionally exposed to chromium. *American journal of industrial medicine*, 46, 120-125.
- NARIMISA, M. & RAHIMI, E. 2023. Determining the microbial and chemical characteristics of shrimps supplied in Abadan city.
- PIRES, D., DE MORAIS, A., COELHO, C., MARINHO, A., GÓES, L., AUGUSTA, I., FERREIRA, F. & SALDANHA, T. 2018. Nutritional composition, fatty acids and cholesterol levels in Atlantic white shrimp (*Litopenaeus schmitti*). *International Food Research Journal*, 25, 151-157.
- SARKAR, T., ALAM, M. M., PARVIN, N., FARDOUS, Z., CHOWDHURY, A. Z., HOSSAIN, S., HAQUE, M. & 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.
- SIVARAMAN, G. K., RAJAN, V., VIJAYAN, A., ELANGO VAN, R., PRENDIVILLE, A. & BACHMANN, T. T. 2021. Antibiotic resistance profiles and molecular characteristics of extended-spectrum beta-lactamase (ESBL)-producing *Escherichia coli* and *Klebsiella pneumoniae* isolated from shrimp aquaculture farms in Kerala, India. *Frontiers in Microbiology*, 12, 622891.
- SUKMAWATY, E., NUR, F. & SURIANI, S. 2021. Bacterial Contamination at Whiteleg Shrimp (*Litopenaeus vannamei*) in Aquaculture. *Jurnal Biodjati*, 6, 136-145.

- SULTANA, S., HOSSAIN, M. B., CHOUDHURY, T. R., YU, J., RANA, M. S., NOMAN, M. A., HOSEN, M. M., PARAY, B. A. & ARAI, T. 2022. Ecological and human health risk assessment of heavy metals in cultured shrimp and aquaculture sludge. *Toxics*, 10, 175.
- TALUKDER, B., CHAKMA, F., SABUJ, A. A. M., HAQUE, Z. F., RAHMAN, M. T. & SAHA, S. 2019. Identification, prevalence and antimicrobial susceptibility of major pathogenic bacteria in exportable shrimp (*Penaeus monodon*) of southern Bangladesh. *Int J Fish Aquat Stud*, 7, 96-9.
- TCHOUNWOU, P. B., YEDJOU, C. G., PATLOLLA, A. K. & SUTTON, D. J. 2012. Heavy metal toxicity and the environment. *Molecular, clinical and environmental toxicology: volume 3: environmental toxicology*, 133-164.
- ZHANG, S., HUANG, Y., YANG, G., WU, Q., ZHANG, J., WANG, J., DING, Y., SU, Y., YE, Q. & WU, S. 2024. High prevalence of multidrug-resistant *Escherichia coli* in retail aquatic products in China and the first report of mcr-1-positive extended-spectrum  $\beta$ -lactamase-producing *E. coli* ST2705 and ST10 in fish. *International Journal of Food Microbiology*, 408, 110449.