

ORIGINAL ARTICLE

Shrimp as a passive reservoir for multidrug-resistant *Escherichia coli*

Farshid Khosravi¹, Maziar Jajarmi^{1*} , Reza Ghanbarpour², Mahboube Bagheri³

1. Department of Pathobiology, Faculty of Veterinary Medicine, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran.

2. Molecular Microbiology Research Group, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran.

3. Department of Food Science and Technology, Bardsir Faculty of Agriculture, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran.

Correspondence

Maziar Jajarmi

Email: maziar.jajarmi@uk.ac.ir

How to cite

Khosravi, F., Jajarmi, M., Ghanbarpour, R., & Bagheri, M. (2025). Shrimp as a passive reservoir for multidrug-resistant *Escherichia coli*. *Experimental Animal Biology*, 13(52), 29-40.

ABSTRACT

Antibiotic resistance is one of the most significant global threats. The inappropriate and excessive use of antibiotics in humans and animals plays a major role in the emergence of antibiotic-resistant pathogens. Among food-producing animal industries, aquaculture is rapidly growing and plays a substantial role in global animal protein supply. The present study aimed to evaluate the potential reservoir role of shrimp for antibiotic-resistant *Escherichia coli* in Kerman city, Iran. A total of 267 healthy shrimp samples were collected over six months from five retail seafood markets. *E. coli* isolates were identified using conventional culture methods and biochemical tests. Antibiotic susceptibility testing was performed using the disk diffusion method. Out of the 267 shrimp samples, 177 (66.29%) were positive for *E. coli*. Among these isolates, the highest resistance rates were observed against florfenicol (53.7%), streptomycin (51.9%), and kanamycin (42.3%). Overall, 89.8% of the isolates (159/177) were resistant to at least one antibiotic, and 28.24% (50/177) were identified as multidrug-resistant (MDR) isolates. Additionally, 66.7% of the isolates (118/177) exhibited a Multiple Antibiotic Resistance (MAR) index greater than 0.2, suggesting a potential origin from shrimp farms with high antibiotic usage. These findings highlight the role of shrimp as a passive reservoir for MDR *E. coli* in the human food chain and underscore the urgent need for stricter antibiotic usage policies and monitoring programs in aquaculture.

KEYWORDS

Antibiotic resistance, *Escherichia coli*, Shrimp.

نشریه علمی

زیست‌شناسی جانوری تجربی

«مقاله پژوهشی»

میگو مخزنی غیرفعال برای /شریشیاکلی‌های دارای مقاومت آنتی‌بیوتیکی چندگانه

فرشید خسروی^۱، مازیار جاجرمی^{۱*}، رضا قنبرپور^۲، محبوبه باقری^۳

چکیده

مقاومت آنتی‌بیوتیکی از مهم‌ترین تهدیدات جهانی برای سلامت عمومی است. استفاده نامناسب و بیش از حد آنتی‌بیوتیک‌ها، نقش مهمی در ظهور عوامل بیماری‌زای مقاوم به آنتی‌بیوتیک ایفا می‌کند. در میان صنایع مبتنی بر حیوانات تولیدکننده غذا، آبی‌پروری به سرعت در حال رشد و توسعه است و در تأمین پروتئین حیوانی در سطح جهان نقش اساسی دارد. مطالعه حاضر با هدف ارزیابی نقش مخزنی میگو برای باکتری /شریشیاکلی مقاوم به آنتی‌بیوتیک در شهر کرمان انجام شد. در این مطالعه طی یک دوره زمانی شش ماهه (از ابتدای مهرماه تا پایان اسفندماه ۱۴۰۲) ۲۶۷ نمونه میگوی به ظاهر سالم طی شش ماه از پنج مرکز عرضه محصولات پروتئینی جمع‌آوری گردید. جدایه‌های /شریشیاکلی با استفاده از روش‌های کشت و تست‌های بیوشیمیایی، جداسازی و شناسایی شدند. آزمایش حساسیت آنتی‌بیوتیکی با استفاده از روش انتشار دیسک صورت پذیرفت. از میان ۲۶۷ نمونه میگو، ۱۷۷ نمونه (۶۶/۲۹ درصد) از نظر باکتری /شریشیاکلی مثبت ارزیابی شدند. در میان جدایه‌ها، بیش‌ترین مقاومت در برابر فلورفینیکل (۵۳/۷ درصد)، استرپتومایسین (۵۱/۹ درصد) و کانامایسین (۴۲/۳ درصد) مشاهده شد. مجموعاً ۸۹/۸ درصد جدایه‌ها (۱۵۹ از ۱۷۷ جدایه) نسبت به حداقل یک آنتی‌بیوتیک مقاوم بودند و ۲۸/۲۴ درصد (۵۰ از ۱۷۷ جدایه) به‌عنوان جدایه‌های دارای مقاومت آنتی‌بیوتیکی چندگانه شناسایی شدند. ۶۶/۷ درصد جدایه‌ها (۱۱۸ از ۱۷۷ جدایه) دارای شاخص مقاومت چندگانه آنتی‌بیوتیکی بالای ۰/۲ بودند که احتمالاً از مراکز پرورش میگو با مصرف بالای آنتی‌بیوتیک منشأ گرفته‌اند. این یافته‌ها نقش میگو به‌عنوان مخزن غیرفعال /شریشیاکلی‌های دارای مقاومت آنتی‌بیوتیکی چندگانه در زنجیره غذای انسانی را برجسته می‌کند و بر لزوم نظارت دقیق‌تر بر مصرف آنتی‌بیوتیک‌ها در آبی‌پروری و برنامه‌های نظارتی در این عرصه تأکید دارد.

واژه‌های کلیدی

مقاومت آنتی‌بیوتیکی، /شریشیاکلی، میگو.

۱. گروه پاتوبیولوژی، دانشکده دامپزشکی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران.
۲. گروه تحقیقات میکروبیولوژی مولکولی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران.
۳. گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی بردسیر، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران.

نویسنده مسئول:

مازیار جاجرمی

رایانامه: maziar.jajarmi@uk.ac.ir

استناد به این مقاله:

خسروی، فرشید؛ جاجرمی، مازیار؛ قنبرپور، رضا و باقری، محبوبه (۱۴۰۴). میگو مخزنی غیرفعال برای /شریشیاکلی‌های دارای مقاومت آنتی‌بیوتیکی چندگانه. فصلنامه زیست‌شناسی جانوری تجربی، ۱۳(۵۲)، ۲۹-۴۰.

مقدمه

مقاومت آنتی‌بیوتیکی (Antimicrobial Resistance; AMR) یکی از بزرگ‌ترین تهدیدات جهانی برای سلامت عمومی در جوامع انسانی و حیوانی محسوب می‌شود. برآورد شده است که در سال ۲۰۱۹، مقاومت آنتی‌بیوتیکی باکتریایی به‌طور مستقیم مسئول ۱/۲۷ میلیون مرگ در سراسر جهان بوده و در ۴/۹۵ میلیون مرگ دیگر نیز نقش داشته است (WHO, 2023). استفاده نادرست و بیش از حد از داروهای آنتی‌بیوتیکی در انسان و حیوانات، عامل اصلی ایجاد پاتوژن‌های مقاوم به دارو است. مقاومت آنتی‌بیوتیکی، کشورهای تمامی مناطق و با هر سطح درآمدی را تحت تأثیر قرار داده است، درمان عفونت‌ها را دشوارتر کرده و روش‌های پزشکی مانند جراحی، سزارین و شیمی درمانی سرطان را بسیار پرخطر ساخته است. علاوه بر مرگ‌ومیر، مقاومت آنتی‌بیوتیکی هزینه‌های اقتصادی قابل توجهی در پی دارد و براساس پیش بینی بانک جهانی، تا سال ۲۰۵۰ میلادی مقاومت آنتی‌بیوتیکی می‌تواند منجر به ۱ تریلیون دلار هزینه اضافی در بخش بهداشت و درمان شود (Jonas et al., 2017; Murray et al., 2022).

یکی از مهم‌ترین صنایع تأمین پروتئین حیوانی برای انسان، صنعت آبی‌پروری است. این صنعت ر حال حاضر، حدود ۱۰ درصد از کل پروتئین حیوانی مصرفی در سطح جهان را تأمین می‌کند و پیش‌بینی می‌شود این رقم تا سال ۲۰۳۰ تا حدود ۵۰ درصد افزایش یابد (WBG, 2013). هرچند به‌دلیل نبودن نظام‌های پایش مناسب، تعیین دقیق میزان مصرف عوامل آنتی‌بیوتیکی در بیش‌تر بخش‌های این صنعت دشوار است، اما به‌نظر می‌رسد استفاده از آنتی‌بیوتیک‌ها در آبی‌پروری در سطح بالایی قرار دارد. بنابراین از نظر خطر گسترش مقاومت آنتی‌بیوتیکی، آبی‌پروری به‌طور بالقوه می‌تواند نگرانی‌های ویژه‌ای را ایجاد کند. مواد غذایی با منشأ حیوانی، از طریق دو مسیر می‌توانند باعث گسترش چالش مقاومت آنتی‌بیوتیکی در میان مصرف‌کنندگان انسانی شوند. مسیر اول از طریق انتقال میکروارگانیسم‌های مقاوم به عوامل آنتی‌بیوتیکی و مسیر دوم از طریق انتقال باقیمانده عوامل آنتی‌بیوتیکی که در این محصولات وجود دارد. وجود این میکروارگانیسم‌ها و باقیمانده آنتی‌بیوتیکی در محصولات غذایی با منشأ حیوانی ناشی از مصرف بی‌رویه آنتی‌بیوتیک‌ها در عرصه پرورش دام، طیور و آبزیان است (Bacanli & Başaran, 2019; WHO, 2017).

در میان آبزیان پرورشی، دلایلی وجود دارد که میگو را از نظر

نقش احتمالی آن در گسترش مقاومت آنتی‌بیوتیکی در میان مصرف‌کنندگان، برجسته می‌کند. میگو بازاری جهانی، بزرگ و در حال رشد دارد و به‌شکل گسترده‌ای در سراسر جهان تجارت می‌شود (Cabello et al., 2016). میگوها فاقد سیستم ایمنی اکتسابی هستند و بنابراین، در برابر عوامل بیماری‌زا حساس‌تر بوده و اغلب نیاز بیش‌تری به درمان‌های آنتی‌بیوتیکی دارند به‌دلیل سیستم ایمنی ابتدایی میگوها (در مقایسه با ماهیان)، این موجود به واکسیناسیون پاسخ نمی‌دهد، درحالی‌که واکسیناسیون در صنعت پرورش ماهیان نتایج بسیار مثبتی در کاهش بیماری‌ها و مصرف آنتی‌بیوتیک‌ها داشته است (Rajendran et al., 2022).

یکی از مهم‌ترین راه‌های انتقال عوامل میکروبی به انسان اعم از عوامل میکروبی بیماری‌زا و غیربیماری‌زا و همچنین مقاوم و غیر مقاوم، از طریق مصرف غذا می‌باشد. بیماری‌های به‌وجودآمده ناشی از مصرف غذا یک نگرانی بهداشت عمومی در سراسر جهان است که به‌دلیل مصرف محصولات غذایی آلوده رخ می‌دهد. علت اصلی عفونت‌های ناشی از غذا وجود باکتری‌هایی در غذا است که در شرایط مساعد رشد کرده و احتمالاً در غذا متابولیت‌هایی در راستای مسمومیت مصرف‌کننده یا فساد غذایی ایجاد می‌کنند (Barbosa et al., 2016). میگو می‌تواند ناقل برخی از باکتری‌های بیماری‌زا مانند ویبریو (*Vibrio spp.*، *Salmonella spp.*)، لیستریا مونوسیتوژنز (*Listeria monocytogenes*)، اس‌تافیلوکوکوس اورئوس (*Staphylococcus aureus*)، کلس‌ترییدیوم بوتولینوم (*Clostridium botulinum*)، شیگلا (*Shigella spp.*)، آئروموناس (*Aeromonas spp.*) و اشریشیاکلی (*Escherichia coli*) باشد (Bhassu et al., 2024). این باکتری‌ها ممکن است به‌طور طبیعی بخشی از فلور طبیعی یا میکروبیوتای بدن میگو باشند و یا این‌که به‌طور موقت توسط میگو از محیط دریافت شود و فقط ناقل غیرفعال این باکتری‌ها باشد. میکروارگانیسم‌های به‌دست‌آمده از محیط معمولاً گذرا هستند و به‌طور موقت در بخش‌های مختلفی از بدن آبی‌ز مانند پوست، دستگاه گوارش و دستگاه تنفس قرار می‌گیرند. برای مثال، اشریشیاکلی از دسته باکتری‌هایی است که به‌طور طبیعی در میکروبیوتای میگو وجود ندارد، اما می‌تواند از محیط‌های آبی آلوده به فاضلاب به میگو منتقل شود. اشریشیاکلی شاخصی برای آلودگی مدفوعی آب و محصولات شیلاتی محسوب می‌شود و ممکن است باعث بروز عفونت‌های غذا-زاد گردد (Ali et al., 2020).

جمله سفالوتین، آمپی سیلین، سفالکسین، پپراسیلین و تتراسایکلین دارند. به عنوان مثال، در مطالعه ای بر روی /شریشیاکلی های جدا شده از میگوهای منجمد وارداتی، بیش از ۹۰ درصد ایزوله ها نسبت به چندین آنتی بیوتیک مقاومت نشان دادند و شاخص مقاومت چندگانه (MAR) در اکثر نمونه ها بالاتر از حد نرمال بود که این موضوع خطر انتقال ژن های مقاومت به زنجیره غذایی و محیط زیست را افزایش می دهد (Alhabib & Elhadi, 2024).

همچنین، استفاده گسترده و بی رویه از آنتی بیوتیک ها در صنعت آبی پروری و پرورش میگو یکی از عوامل اصلی افزایش مقاومت آنتی بیوتیکی در این باکتری هاست. این مقاومت ها می توانند از طریق انتقال افقی ژن ها به سایر باکتری های محیطی و انسانی منتقل شده و موجب کاهش اثربخشی درمان های آنتی بیوتیکی شوند. در مطالعات دیگر نیز مقاومت بالای /شریشیاکلی در نمونه های میگو و ماهی گزارش شده است که ضرورت اجرای برنامه های پایش ملی و مصرف اصولی آنتی بیوتیک ها را در صنعت آبی پروری نشان می دهد. مطالعه ای در سال ۲۰۲۲ در کشور بنگلادش بر روی برخی باکتری ها نظیر /شریشیاکلی، *سالمونلا* و *ویبریو* در میگو انجام شد؛ نتایج نشان داد که اکثر جدایه های مورد بررسی حداقل به یک آنتی بیوتیک مقاوم بودند (Khan et al., 2022). در پژوهشی دیگر که توسط Sivaraman et al. (2021) بررسی شد، شیوع /شریشیاکلی و *کلبسیلا پنومونیه* مولد بتالاکتاماز با طیف گسترده در مزارع پرورش میگو با استفاده از ابزارهای مولکولی انجام شد. یافته ها حاکی از حضور باکتری های مولد بتا لاکتاماز با طیف گسترده در این مزارع پرورش میگو بوده است.

در مجموع، آلودگی میگو به باکتری /شریشیاکلی و وجود سویه های مقاوم به آنتی بیوتیک، تهدیدی جدی برای سلامت عمومی و ایمنی مواد غذایی به شمار می رود. بنابراین، انجام مطالعات بیش تر برای شناسایی دقیق تر الگوهای مقاومت و تعیین راه کارهای کنترل و پیشگیری از آلودگی، به ویژه در مناطق تولید و مصرف میگو ضروری است.

روش شناسی پژوهش

نمونه گیری، آماده سازی نمونه ها و جداسازی

/شریشیاکلی

طی یک دوره زمانی شش ماهه (از ابتدای مهرماه تا پایان اسفندماه ۱۴۰۲) ۲۶۷ میگوی به ظاهر سالم عرضه شده در پنج مرکز عرضه ماهی و میگو در شهر کرمان خریداری و در کیسه

امروزه نگرانی فزاینده ای در مورد پتانسیل انتقال مقاومت آنتی بیوتیکی از طریق عوامل میکروبی در زنجیره غذایی وجود دارد. پاتوژن های مقاوم به آنتی بیوتیک ممکن است از طریق مصرف محصولات غذایی با منشأ حیوانی به انسان منتقل شوند. غذاهای تولید شده توسط حیوان ممکن است در طول فرآیند تولید، فرآوری و عرضه در معرض باکتری های بیماری زا و مقاوم به آنتی بیوتیک قرار بگیرند (Barbosa et al., 2016). /شریشیاکلی یکی از رایج ترین عوامل میکروبی است که سویه های بیماری زا ی آن باعث یکسری عفونت های گوارشی و غیرگوارشی در انسان می گردد و معمولاً از طریق آب و غذاهای آلوده به مدفوع، به انسان منتقل می شود. بنابراین با توجه به آن چه بیان شد، هدف از انجام این مطالعه بررسی نقش مخزنی میگو برای /شریشیاکلی های مقاوم به آنتی بیوتیک در میگوهای عرضه شده در شهر کرمان می باشد.

باکتری /شریشیاکلی یکی از مهم ترین شاخص های آلودگی مدفوعی در مواد غذایی و محیط های آبی است که نقش قابل توجهی در بهداشت عمومی و کنترل کیفیت مواد غذایی ایفا می کند. این باکتری به ویژه در کشورهای در حال توسعه و مناطقی با فقر بهداشتی، عامل اصلی بیماری های اسهالی و اختلالات گوارشی است که سالانه منجر به مرگ میلیون ها نفر می شود. در این میان، فرآورده های دریایی مانند میگو به دلیل تماس مستقیم با آب های آلوده، می توانند حامل این باکتری باشند و به عنوان منبع انتقال آن به انسان مطرح شوند (Behshood et al., 2022). مطالعات انجام شده در استان بوشهر نشان داده است که میزان آلودگی میگو به باکتری /شریشیاکلی در نمونه های غیربسته بندی شده حدود ۲۰ درصد بوده و از بین ایزوله های جدا شده، درصد قابل توجهی حاوی ژن های مرتبط با تولید توکسین شیکا بوده اند که نشان دهنده حضور سویه های بالقوه مولد بیماری است (Behshood et al., 2022). در مطالعه ای که Barbosa et al. (2015) بر روی شناسایی جدایه های /شریشیاکلی حاوی ژن های کدکننده عوامل حدت در میگوهای عرضه شده در بازارهای خیابانی در شهر سائوپائولو برزیل انجام شد. نتایج نشان دهنده حضور انواعی از پاتوتیپ های /شریشیاکلی بر روی سطح برخی نمونه های میگو بود.

از سوی دیگر، مقاومت آنتی بیوتیکی در سویه های /شریشیاکلی جدا شده از میگو و سایر منابع دریایی به عنوان یک چالش جدی مطرح است. پژوهش های متعددی نشان داده اند که این باکتری ها مقاومت بالایی نسبت به آنتی بیوتیک های رایج از

دستورالعمل‌های موسسه استانداردهای بالینی و آزمایشگاهی (Clinical and Laboratory Standards Institute; CLSI) انجام شد (CLSI, 2023). آنتی‌بیوتیک‌های موردبررسی در این مطالعه براساس کاربرد آن‌ها در صنعت شیلات انتخاب شدند و شامل آنتی‌بیوتیک‌های گروه آمینوگلیکوزید [استرپتومایسین (S, 10 µg)، کانامایسین (K, 30 µg)، جنتامایسین (GM, 30 µg)]، گروه آلفنیکل [فلورفنیکل (FF, 30 µg)]، کلرامفنیکل (C, 30 µg)]، گروه فلورکینولون [انروفلوکساسین (NFX, 30 µg)]، گروه سولفانامید [تری‌متوپریم/سولفامتوکسازول (SXT, 30 µg)] و آنتی‌بیوتیک تتراسایکلین (TE, 30 µg) بودند. جهت انجام آزمون آنتی‌بیوگرام، سوسپانسیونی از هر جدایه/شریشیالکی با کدورت مشابه استاندارد ۰/۵ مک فارلند تهیه شد و از آن بر روی سطح محیط کشت مولر-هینتون آگار (مرک، آلمان) کشت چمنی داده شد. دیسک‌های آنتی‌بیوتیکی از فریزر بیرون آورده شده، به آن‌ها زمان داده شد تا به دمای محیط برسند، سپس دیسک‌گذاری بر روی محیط انجام شد و فاصله دیسک‌ها از یکدیگر حداقل ۲۰ میلی‌متر بود. پلیت‌های کشت در دمای ۳۷ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت گرمخانه‌گذاری شدند و قطر ناحیه عدم رشد برحسب میلی‌متر اندازه‌گیری شد. میکروارگانیسیم‌ها براساس استاندارد CLSI، به‌صورت حساس (S)، مقاوم (R) یا نیمه‌حساس (I) دسته‌بندی شدند (CLSI, 2023).

تعیین پروفایل‌های مقاومت آنتی‌بیوتیکی در جدایه‌های اشریشیالکی

در این مطالعه ابتدا مجموعه آنتی‌بیوتیک‌هایی که هر سویه نسبت به آن مقاوم بودند به‌عنوان پروفایل‌های مقاومت آنتی‌بیوتیکی تعیین و فراوانی هر یک از آن‌ها محاسبه شد. سپس، چندگانه‌بودن (Multidrug Resistance; MDR) هر پروفایل، مشخص گردید. مقاومت چندگانه آنتی‌بیوتیکی در میکروارگانیسیم‌ها یک پدیده بیولوژیکی است که در آن یک میکروارگانیسیم (باکتری، قارچ، ویروس یا انگل) مکانیسم‌هایی را تکامل داده است که آن را قادر می‌سازد تا در برابر اثرات مهاری یا کشنده حداقل سه دسته آنتی‌بیوتیکی مختلف (و در هر دسته نسبت به حداقل یکی از عوامل آنتی‌بیوتیکی) مقاومت نشان دهد (Magiorakos et al., 2012).

در ادامه، شاخص مقاومت آنتی‌بیوتیکی چندگانه (Multiple Antibiotic Resistance Index; MAR Index) نیز جهت

استریل قرار داده شدند (جدول ۱). سپس، با حفظ زنجیره سرد به آزمایشگاه باکتریولوژی انتقال و موردبررسی قرار گرفتند. جهت بررسی، نمونه‌های میگو از لحاظ آلودگی به/شریشیالکی، ۵ گرم از هر نمونه با ۴۵ میلی‌لیتر رقیق‌کننده استاندارد، هموژن شدند. سپس، نمونه‌های هموژن در محیط کشت (Violet Red Bile Agar) به‌منظور جداسازی کلی‌فرم‌ها کشت داده شدند. پلیت‌های کشت بعد از ۲۴ ساعت انکوباسیون در دمای ۳۷ درجه سانتی‌گراد از نظر رشد کلنی‌های مشکوک به/شریشیالکی (کلنی‌های ارغوانی با اندازه ۱ تا ۲ میلی‌متر) موردبررسی قرار گرفتند. کلنی‌های مشکوک با کمک آنس برداشت‌شده و بر روی محیط کشت مک‌کانکی آگار به‌صورت خطی کشت داده شدند. بعد از انکوباسیون، کلنی‌های لاکتوز مثبت (صورتی)، صاف، گرد و محدب به‌عنوان کلنی‌های خالص مشکوک به/شریشیالکی، در نظر گرفته شدند. تمامی کلنی‌های مشکوک به/شریشیالکی با استفاده از روش رنگ‌آمیزی گرم در بررسی میکروسکوپی، ارزیابی شدند که همگی باکتری‌های گرم منفی میله‌ای با اندازه متوسط بودند. جهت تأیید بیوشیمیایی کلنی‌های مشکوک، از تست IMViC [تولید ایندول (I)، تخمیر از نوع اسیدهای مخلوط (M)، تخمیر بوتانیدیولی (V) و قابلیت استفاده از سیترات (C)] و همچنین کشت در محیط TSI آگار و اوره آگار استفاده شد (Markey et al., 2013). با توجه به نتایج قطعی این آزمون‌های بیوشیمیایی، از روش‌های مولکولی برای تأیید نهایی استفاده نشد.

جدول ۱. تعداد نمونه، تاریخ و الگوی نمونه‌گیری از مراکز عرضه ماهی و میگو در شهر کرمان

تاریخ نمونه‌گیری	مراکز نمونه‌برداری و تعداد نمونه‌های اخذشده					
	مرکز شماره ۱	مرکز شماره ۲	مرکز شماره ۳	مرکز شماره ۴	مرکز شماره ۵	جمع
مهر ۱۴۰۲	۷	۹	۹	۱۲	۱۰	۴۷
آبان ۱۴۰۲	۱۰	۱۲	۱۱	۸	۶	۴۷
آذر ۱۴۰۲	۱۰	۱۰	۹	۸	۶	۴۳
دی ۱۴۰۲	۶	۸	۸	۹	۹	۴۰
بهمن ۱۴۰۲	۶	۸	۹	۱۰	۱۱	۴۴
اسفند ۱۴۰۲	۹	۱۰	۸	۱۱	۸	۴۶
جمع	۴۸	۵۷	۵۴	۵۸	۵۰	۲۶۷

بررسی مقاومت آنتی‌بیوتیکی فنوتیپی در جدایه‌های اشریشیالکی

در این مطالعه مقاومت آنتی‌بیوتیکی فنوتیپی جدایه‌های اشریشیالکی با استفاده از روش انتشار دیسک مطابق با

یافته های پژوهش

فراوانی جدایه های /شریشیالکی در نمونه های میگو

در بررسی فراوانی جدایه های /شریشیالکی در نمونه های میگو مشخص شد از میان ۲۶۷ میگوی سالم در پنج مرکز عرضه، ۱۷۷ میگو (۶۶/۲۹ درصد؛ CI ۹۵ درصد: ۶۰/۲۸-۷۱/۹۴ درصد) از نظر باکتری /شریشیالکی مثبت می باشند. در این مطالعه از هر یک از نمونه های میگوی مثبت از نظر باکتری /شریشیالکی، یک جدایه برای مراحل بعد در نظر گرفته شد. بنابراین در ادامه، همه فراوانی ها براساس ۱۷۷ جدایه محاسبه شده است.

فراوانی جدایه های /شریشیالکی مقاوم به آنتی بیوتیک

بررسی مقاومت آنتی بیوتیکی ۱۷۷ جدایه ی /شریشیالکی بر پایه ی آزمون Chi-square نشان داد که تفاوت معنی داری در فراوانی های مقاومت نسبت به آنتی بیوتیک های مختلف وجود دارد ($\chi^2=262/74$, df=7, $p<0/001$)، به گونه ای که براساس آزمون Pairwise comparisons with Bonferroni correction فراوانی مقاومت نسبت به فلورفنیکل (FF: ۵۳/۷ درصد) و استرپتومایسین (S: ۵۱/۹ درصد) به طور معنی داری بالاتر از آنتی بیوتیک های GM، TE، C و SXT است ($p\leq 0/05$). باین حال، مقاومت علیه کانامایسین (K: ۴۲/۳ درصد) نیز دارای فراوانی قابل توجهی بود.

مقاومت نسبت به جنتامایسین (GM: با فراوانی ۴/۵ درصد)، تتراسایکلین (TE: با فراوانی ۵/۶ درصد) و کلرامفنیکل (C: با فراوانی ۶/۲ درصد) به طور معنی داری پایین تر از آنتی بیوتیک های FF و S ارزیابی شد ($p\leq 0/05$). با این حال، بین مقاومت نسبت به آنتی بیوتیک های FF، S، K و NFX تفاوت آماری معنی داری مشاهده نشد ($p>0/05$) که نشان دهنده سطح مقاومت مشابه و قابل توجه نسبت به این چهار آنتی بیوتیک است (شکل ۱).

پروفایل های مقاومت آنتی بیوتیکی در جدایه های /شریشیالکی

از میان ۱۷۷ جدایه /شریشیالکی، در مجموع ۸۹/۸ درصد آن ها (۱۵۹ از ۱۷۷ جدایه) نسبت به حداقل یک آنتی بیوتیک مقاوم بودند. همچنین ۲۸/۲۴ درصد آن ها نیز (۵۰ از ۱۷۷ جدایه) به عنوان MDR مورد شناسایی قرار گرفتند. علاوه بر این، ۶۶/۷ درصد جدایه ها (۱۱۸ از ۱۷۷ جدایه) دارای MAR index بالای ۰/۲ بودند (جدول ۲).

ارزیابی خطر آلودگی ناشی از باکتری هایی که در معرض استفاده زیاد آنتی بیوتیک ها قرار داشته اند، مورد بررسی قرار گرفت. این شاخص با استفاده از فرمول زیر برای هر جدایه به طور جداگانه محاسبه شد:

$$\text{MAR Index} = \frac{a}{b} \quad (\text{رابطه ۱})$$

در این رابطه، a برابر با تعداد آنتی بیوتیک هایی است که جدایه ی مورد نظر نسبت به آن ها مقاومت نشان داده است و b تعداد کل آنتی بیوتیک های مورد بررسی است. براساس معیارهای پیشنهادی، مقادیر بالاتر از ۰/۲ نشان می دهد که جدایه احتمالاً از محیطی با استفاده زیاد از آنتی بیوتیک ها به دست آمده است. این محیط ها می تواند شامل انسان ها، حیوانات مزرعه ای، بیمارستان ها یا مناطقی باشد که در آن ها آنتی بیوتیک ها به طور گسترده مورد استفاده قرار می گیرند. مقادیر پایین تر از ۰/۲ نشان می دهد که جدایه از محیطی با استفاده کم یا محدود از آنتی بیوتیک ها به دست آمده است. این ممکن است شامل حیوانات وحشی یا مناطقی باشد که استفاده از آنتی بیوتیک در آن ها محدود است (Krumperman, 1983).

در نهایت ماتریس هم-مقاومتی (Co-resistance matrix) جدایه ها نسبت به دو آنتی بیوتیک خاص با کمک ضریب جاکارد از طریق فرمول زیر تعیین و رسم شد. این فاکتور نشان می دهد چه نسبتی از کل جدایه هایی که حداقل نسبت به یکی از دو آنتی بیوتیک خاص مقاوم بودند، در برابر هر دوی آن آنتی بیوتیک ها به طور هم زمان دارای مقاومت هستند:

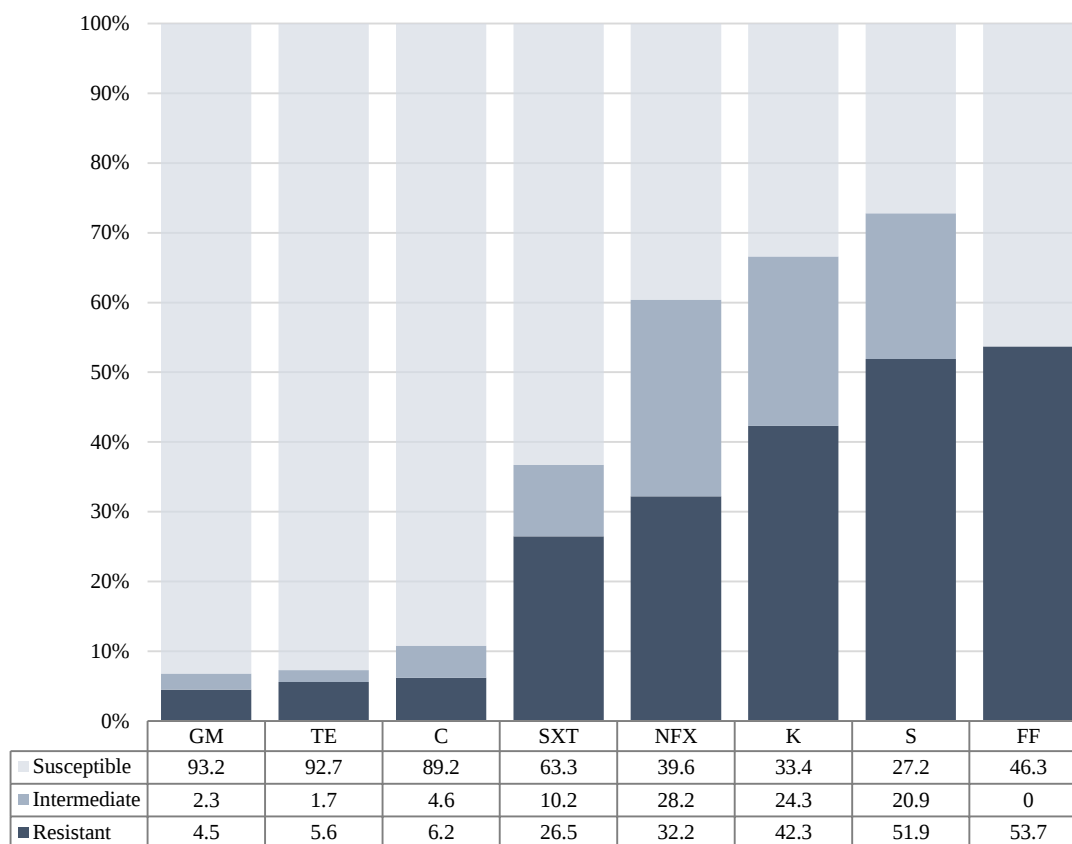
$$\text{Jaccard} = \frac{|A \cap B|}{|A \cup B|} \quad (\text{رابطه ۲})$$

در این رابطه، A و B دو آنتی بیوتیک مختلف هستند که هم-مقاومتی یا Co-resistance جدایه ها نسبت به آن ها ارزیابی می شود. صورت کسر یعنی $|A \cap B|$ تعداد جدایه هایی را نشان می دهد که به طور هم زمان نسبت به هر دو آنتی بیوتیک A و B مقاوم هستند.

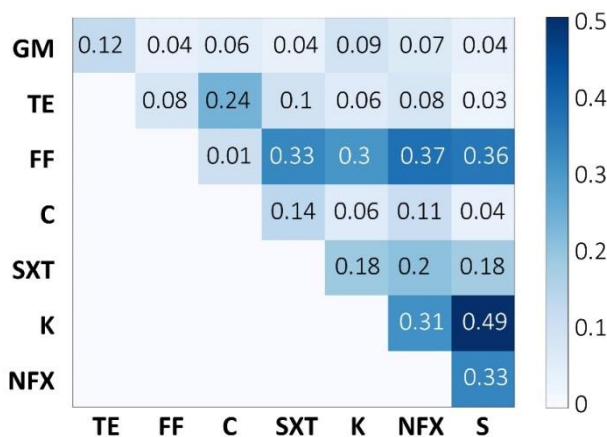
مخرج کسر یعنی $|A \cup B|$ نشان دهنده تعداد کل جدایه هایی است که دست کم نسبت به یکی از آن دو آنتی بیوتیک مذکور مقاومت دارند. ضریب جاکارد نیز معیاری برای سنجش میزان اشتراک مقاومت بین دو آنتی بیوتیک است، به طوری که هرچه مقدار این ضریب به ۱ نزدیک تر باشد، هم-مقاومتی بین آن دو آنتی بیوتیک بیش تر است. در مقابل، مقادیر نزدیک به صفر نشان دهنده هم-مقاومتی اندک یا فقدان آن است.

آنتی‌بیوتیک‌ها در جدایه‌های مورد بررسی است. در مقابل، میزان همبستگی بین مقاومت به برخی آنتی‌بیوتیک‌ها بسیار پایین بود، که نشان می‌دهد مقاومت به این آنتی‌بیوتیک‌ها ممکن است به‌طور مستقل در این جدایه‌ها ایجاد شده باشد (شکل ۲).

در این مطالعه، بالاترین میزان همبستگی بین مقاومت به کانامایسین و استرپتومایسین (۰/۴۹) و همچنین بین فلورفینیکل و انروفلوکساسین (۰/۳۷) مشاهده شد، که نشان‌دهنده احتمال وجود مکانیسم‌های مقاومتی مشترک یا ژن‌های مرتبط برای این



شکل ۱. جدایه‌های حساس، نیمه‌حساس و مقاوم در برابر آنتی‌بیوتیک‌های استرپتومایسین (S)، کانامایسین (K)، جنتامایسین (GM)، تتراسایکلین (TE)، فلورمفینیکل (FF)، کلرامفنیکل (C)، انروفلوکساسین (NFX) و تری‌متوپریم/سولفامتوکسازول (SXT). در این مطالعه معنی‌داری با $p \leq 0.05$ و عدم معنی‌داری با $p > 0.05$ در آزمون‌های Chi-square و Pairwise comparisons with Bonferroni correction در نظر گرفته شده است.



شکل ۲. الگوی هم-مقاومتی (Co-resistance pattern) جدایه‌های/شریشی‌کلی در برابر آنتی‌بیوتیک‌های استرپتومایسین (S)، کانامایسین (K)، جنتامایسین (GM)، تتراسایکلین (TE)، فلورفینیکل (FF)، کلرامفنیکل (C)، انروفلوکساسین (NFX) و تری‌متوپریم/سولفامتوکسازول (SXT). کم‌ترین همبستگی، صفر و بیش‌ترین همبستگی، ۱ است.

جدول ۲. پروفایل‌های مقاومت آنتی‌بیوتیکی در جدایه‌های اشریشیاکلی

ردیف	پروفایل مقاومت آنتی‌بیوتیکی	تعداد آنتی‌بیوتیک موجود در پروفایل	تعداد جدایه دارای پروفایل	MDR	ضریب MAR
۱	GM/TE/FF/C/SXT/K/NFX/S	۸	۱	MDR	۱
۲	TE/FF/C/SXT/K/NFX/S	۷	۱	MDR	۰/۸۷۵
۳	TE/FF/C/SXT/K/NFX	۶	۱	MDR	۰/۷۵
۴	TE/FF/SXT/K/NFX/S	۶	۱	MDR	۰/۷۵
۵	GM/TE/FF/K/NFX	۵	۱	MDR	۰/۶۲۵
۶	FF/SXT/K/NFX/S	۵	۵	MDR	۰/۶۲۵
۷	FF/C/SXT/NFX/S	۵	۱	MDR	۰/۶۲۵
۸	FF/C/K/NFX/S	۵	۱	MDR	۰/۶۲۵
۹	FF/SXT/K/NFX	۴	۱	MDR	۰/۵
۱۰	FF/SXT/NFX/S	۴	۲	MDR	۰/۵
۱۱	GM/K/NFX/S	۴	۱	MDR	۰/۵
۱۲	SXT/K/NFX/S	۴	۲	MDR	۰/۵
۱۳	TE/FF/C/SXT	۴	۱	MDR	۰/۵
۱۴	FF/K/NFX/S	۴	۹	MDR	۰/۵
۱۵	FF/SXT/K/S	۴	۲	MDR	۰/۵
۱۶	FF/SXT/NFX	۳	۴	MDR	۰/۳۷۵
۱۷	GM/FF/SXT	۳	۱	MDR	۰/۳۷۵
۱۸	GM/K/NFX	۳	۱	MDR	۰/۳۷۵
۱۹	FF/NFX/S	۳	۹	MDR	۰/۳۷۵
۲۰	GM/FF/K	۳	۱	MDR	۰/۳۷۵
۲۱	FF/SXT/K	۳	۱	MDR	۰/۳۷۵
۲۲	FF/C/SXT	۳	۲	MDR	۰/۳۷۵
۲۳	FF/SXT/S	۳	۱	MDR	۰/۳۷۵
۲۴	K/NFX/S	۳	۲	-	۰/۳۷۵
۲۵	GM/K/S	۳	۲	-	۰/۳۷۵
۲۶	SXT/K/S	۳	۴	-	۰/۳۷۵
۲۷	FF/C/K	۳	۱	-	۰/۳۷۵
۲۸	FF/K/S	۲	۱۱	-	۰/۳۷۵
۲۹	SXT/NFX	۲	۲	-	۰/۳۷۵
۳۰	FF/NFX	۲	۴	-	۰/۲۵
۳۱	FF/SXT	۲	۱۰	-	۰/۲۵
۳۲	C/NFX	۲	۱	-	۰/۲۵
۳۳	K/NFX	۲	۴	-	۰/۲۵
۳۴	NFX/S	۲	۲	-	۰/۲۵
۳۵	SXT/S	۲	۱	-	۰/۲۵
۳۶	TE/FF	۲	۲	-	۰/۲۵
۳۷	FF/K	۲	۲	-	۰/۲۵
۳۸	FF/C	۲	۱	-	۰/۲۵
۳۹	FF/S	۲	۵	-	۰/۲۵
۴۰	K/S	۲	۱۳	-	۰/۲۵
۴۱	NFX	۱	۱	-	۰/۲۵
۴۲	SXT	۱	۳	-	۰/۱۲۵
۴۳	FF	۱	۱۳	-	۰/۱۲۵
۴۴	TE	۱	۲	-	۰/۱۲۵
۴۵	S	۱	۱۶	-	۰/۱۲۵
۴۶	K	۱	۷	-	۰/۱۲۵
۴۷	بدون پروفایل مقاومت	۰	۱۸	-	-
۴۸	-	جمع	۱۷۷	-	-

بحث

آلودگی غذاهای دریایی با آنتی‌بیوتیک‌ها و باکتری‌های مقاوم به آنتی‌بیوتیک، تهدیدی بالقوه برای سلامت عمومی انسان‌ها محسوب می‌شود (Alhabib & Elhadi, 2024). این مطالعه یکی از معدود مطالعات انجام‌شده در ایران و جهان است که به بررسی نقش میگوهای بازار مصرف به‌عنوان منبع بالقوه باکتری *اشریشیاکلی* مقاوم به آنتی‌بیوتیک می‌پردازد. برخلاف بسیاری از مطالعات قبلی که به‌طور عمده روی میکروارگانیسم‌های بومی مزرعه یا گونه‌های پاتوژن متمرکز بوده‌اند، این پژوهش حضور سویه‌های مقاوم به چند آنتی‌بیوتیک را در میگوهای به‌ظاهر سالم بازار خرده‌فروشی ارزیابی می‌کند که به‌طور مستقیم با زنجیره غذای انسانی در ارتباط می‌باشند. این رویکرد، چشم‌انداز تازه‌ای نسبت به خطرات پنهان ناشی از آبریان به‌ظاهر سالم ارائه می‌دهد و بر اهمیت رصد باکتری‌های مقاوم به آنتی‌بیوتیک در سطح مصرف‌کننده تأکید می‌ورزد.

در مطالعه حاضر، فراوانی بالای باکتری *اشریشیاکلی* در نمونه‌های میگو نشان‌دهنده احتمال بالای آلودگی این فرآورده دریایی به باکتری‌های روده‌ای می‌باشد. این نتایج با یافته‌های Dib et al. (2018) در الجزایر که حضور *اشریشیاکلی* را در ۶۶ درصد از نمونه‌های میگو گزارش کردند، هم‌راستا است. همچنین مطالعه‌ای توسط Boss et al. (2016) در سوئیس نیز میزان بالایی از آلودگی میگوهای وارداتی به باکتری *اشریشیاکلی* (۶۴ درصد) را گزارش کرده‌اند. فراوانی بالای باکتری *اشریشیاکلی* در نمونه‌های میگو می‌تواند ناشی از تماس میگوها با آب‌های آلوده، شرایط غیربهداشتی در حین صید، حمل‌ونقل و نگهداری نامناسب در مراکز عرضه باشد.

در این مطالعه، بیش‌ترین مقاومت در برابر فلورفنیکل، استرپتومایسین و کانامایسین مشاهده شد. مقاومت بالا نسبت به فلورفنیکل، به‌دلیل کاربرد گسترده آن در آبی‌پروری به‌عنوان یک داروی خط اول، قابل توجه است. فلورفنیکل از دسته آنتی‌بیوتیک‌هایی است که به‌عنوان یک عامل جایگزین برای درمان عفونت‌های ناشی از باکتری‌های MDR به‌کار گرفته می‌شود و ظهور گونه‌های مقاوم می‌تواند این قابلیت را مختل کند. بیش‌ترین حساسیت آنتی‌بیوتیکی، مربوط به جنتامایسین، تتراسایکلین و کلرامفنیکل بود. این الگو نشان می‌دهد که هنوز برخی از آنتی‌بیوتیک‌ها اثربخشی خوبی در برابر جدایه‌های *اشریشیاکلی* دارند، هرچند مقاومت به تتراسایکلین در بسیاری از

مطالعات قبلی بسیار بالاتر گزارش شده است. در مطالعه‌ای در چین فراوانی‌های مختلفی از مقاومت آنتی‌بیوتیکی در میان جدایه‌های *اشریشیاکلی* به‌دست‌آمده از میگو گزارش شده است که از این میان می‌توان به شیوع بالای مقاومت در برابر تتراسایکلین (۹۳/۷ درصد)، تری‌متوپریم-سولفامتوکسازول (۷۸/۹ درصد)، آمپی‌سیلین (۷۸/۴ درصد)، کلرامفنیکل (۷۲/۱ درصد)، نالیدیکسیک اسید (۷۳/۲ درصد)، سفالوتین (۶۵/۳ درصد)، استرپتومایسین (۶۵/۸ درصد)، کانامایسین (۴۲/۱ درصد)، جنتامایسین (۳۷/۹ درصد)، سیپروفلوکساسین (۴۲/۶ درصد) و نورفلوکساسین (۴۵/۸ درصد) اشاره کرد (Zhang et al., 2024). در مطالعه‌ای دیگر که Alhadib et al. (2024) بر روی میگوهای وارداتی از شرق و جنوب شرق آسیا به عربستان انجام دادند نشان دادند که جدایه‌های *اشریشیاکلی* نسبت به به سفالوتین (۹۷/۸ درصد)، آمپی‌سیلین (۹۰/۷ درصد)، سفالکسین (۹۰ درصد)، پیراسیلین (۸۷/۱ درصد)، سفتریاکسون (۶۹/۲ درصد)، نالیدیکسیک اسید (۶۴/۲ درصد)، نوروکسین (۵۵ درصد)، تری‌متوپریم/سولفامتوکسازول (۵۰/۷ درصد) و تتراسایکلین (۴۱/۴ درصد) دارای مقاومت قابل توجهی است. همچنین، پژوهش‌های اخیر در ایالات متحده آمریکا مقاومت آنتی‌بیوتیکی بالایی را در میان سویه‌های *اشریشیاکلی* جدا شده از میگوهای وارداتی گزارش کرده‌اند و نشان داده‌اند که جدایه‌ها نسبت به هشت آنتی‌بیوتیک مختلف شامل جنتامایسین، استرپتومایسین، آمپی‌سیلین، کلرامفنیکل، نالیدیکسیک اسید، سیپروفلوکساسین، تتراسایکلین و تری‌متوپریم/سولفامتوکسازول دارای مقاومت قابل توجهی هستند (Sung et al., 2024). در بررسی شیوع *اشریشیاکلی* مقاوم به آنتی‌بیوتیک در نمونه‌های میگو و صدف در استانبول، بیش‌ترین مقاومت در برابر آمینوگلیکوزیدها (۳۲/۳۵ درصد، کینولون‌ها (۲۹/۴۱ درصد)، بتالاکتام‌های وسیع‌الطیف (۱۱/۷۶ درصد) مشاهده شد. جدایه‌های که به آمینوگلیکوزید مقاوم بودند حاوی ژن‌های مقاومت به این آنتی‌بیوتیک بودند (Celik et al., 2023). در یک مطالعه مروری که براساس مطالعات منتشرشده بین سال‌های ۲۰۰۲ تا ۲۰۲۳ در ۱۱ کشور جنوب شرقی آسیا انجام شده است، بیش‌ترین گزارش‌های مربوط به مقاومت آنتی‌بیوتیکی در آبی‌پروری از کشورهای ویتنام، مالزی و تایلند بوده است، مقاومت‌ها نسبت به گروه‌های آنتی‌بیوتیکی آمینوگلیکوزیدها، بتالاکتام‌ها، فلوروکینولون‌ها، تتراسایکلین‌ها و سولفانامیدها به‌طور چشم‌گیری بالا بود و گونه‌های باکتریایی غالب شامل *اشریشیاکلی*، *اثرموناس* و *ویبریو* بودند.

باقی مانده های آنتی بیوتیکی توقیف کرده اند (Odeyemi *et al.*, 2023). نتایج به دست آمده در این مطالعه نشان دهنده خطر بالقوه کاهش شدید اثربخشی عوامل آنتی بیوتیکی است. گروه های آنتی بیوتیکی، بتا-لاکتام ها، کینولون ها، سولفونامیدها، تتراسایکلین ها و نیتروفوران، از جمله رایج ترین آنتی بیوتیک های مورد استفاده در آبری پروری و پرورش میگو در سراسر جهان هستند (Luu *et al.*, 2021). استفاده بی رویه از آنتی بیوتیک ها در آبری پروری برای اهداف درمانی و پیشگیرانه به طور قابل توجهی باعث افزایش مقاومت آنتی بیوتیکی در باکتری های موجود در محیط های آبی شده است (Nadella *et al.*, 2025). بنابراین آلودگی محصولات دریایی به آنتی بیوتیک ها و باکتری های مقاوم به آنتی بیوتیک، تهدیدی جدی برای سلامت عمومی انسان ها محسوب می شود.

از نظر تحلیل مکانیسم های مقاومت آنتی بیوتیکی، با توجه به مقاومت بالای مشاهده شده در برابر فلورفینیکل، کانامایسین و استرپتومایسین در این مطالعه، احتمال وجود ژن های مقاومت نظیر *flor* برای فلورفینیکل، *aph(3')-Ia* و *aadA* برای آمینوگلیکوزیدها (نظیر استرپتومایسین و کانامایسین) مطرح می باشد. این ژن ها اغلب بر روی پلاسمیدهای قابل انتقال قرار دارند و می توانند از طریق افقی بین باکتری ها منتقل شوند. در مورد مقاومت به تتراسایکلین، ژن های رایجی مانند *tet(A)* و *tet(B)* مسئول هستند که اغلب با ترانسپوزون ها و پلاسمیدها همراهند. بررسی های ژنوتیپی در مطالعات آینده می تواند شواهد روشنی در خصوص مکانیسم های مقاومت در جدایه های این مطالعه ارائه دهد. بنابراین از محدودیت های این مطالعه می توان به تمرکز بر بررسی فنوتیپی مقاومت آنتی بیوتیکی و عدم تحلیل ژنوتیپی ژن های مقاومت یا حضور پلاسمیدهای خاص اشاره کرد. همچنین در این مطالعه، نمونه گیری تنها از یک منطقه جغرافیایی و در یک بازه زمانی محدود انجام شده است که ممکن است قابلیت تعمیم نتایج را محدود سازد. از طرفی، به دلیل نبود اطلاعات کافی از مزرعه های پرورش و نحوه مصرف آنتی بیوتیک ها، ارتباط مستقیم میان الگوهای مقاومت و عوامل مزرعه ای قابل بررسی نبود. لذا این موضوعات باید در مطالعات آینده مدنظر قرار گیرند.

از نظر ملاحظات اخلاقی، در این مطالعه، هیچ گونه نمونه برداری از حیوانات زنده انجام نشد. کلیه نمونه های میگو از لاشه های میگوهای مرده خریداری شده از مراکز عرضه تهیه شدند. همچنین، در روند انجام آزمایش های آزمایشگاهی، هیچ گونه استفاده ای از حیوانات آزمایشگاهی صورت نگرفت. بنابراین، این پژوهش نیازی به اخذ تأییدیه اخلاقی نداشت.

(Suyamud *et al.*, 2024). به طور کلی، تفاوت ها در فراوانی مقاومت آنتی بیوتیکی گزارش شده در مطالعات مختلف، می تواند ناشی از عوامل متعددی از جمله منشأ جغرافیایی نمونه ها، تفاوت در گونه های باکتریایی، روش های نمونه برداری و آزمایشگاهی، الگوهای مصرف آنتی بیوتیک در هر منطقه و فشار انتخابی ناشی از مصرف بی رویه یا غیر هدفمند آنتی بیوتیک ها در آبری پروری باشد. در این مطالعه، الگوهای مقاومت آنتی بیوتیکی فنوتیپی سویه های /شریشیاکلی جدا شده از میگوها، تنوع بالایی را در میزان و ترکیب مقاومت نشان دادند. در مجموع، از ۱۷۷ جدایه بررسی شده، ۴۶ الگوی مقاومت فنوتیپی متفاوت شناسایی گردید. از میان این الگوها، ۲۳ الگو دارای ویژگی MDR (مقاومت چندگانه به سه یا بیش از سه گروه آنتی بیوتیکی) بودند. این یافته ها با پژوهش های انجام شده در چین و عربستان سعودی که شیوع مقاومت آنتی بیوتیکی /شریشیاکلی را در محصولات دریایی عرضه شده در خرده فروشی ها مانند میگو، ماهی و صدف بررسی کرده بودند، مطابقت دارد (Alhabib & Elhadi, 2024; Zhang *et al.*, 2024). وجود /شریشیاکلی MDR در میگو، نشان دهنده احتمال وجود شیوه های غیر استاندارد مصرف آنتی بیوتیک در صنعت پرورش آبزیان می باشد، تفاوت در الگوهای مصرف دارو، مدیریت مزرعه ای و دسترسی به آنتی بیوتیک ها در کشورها، می تواند تنوع موجود در الگوهای مقاومت آنتی بیوتیکی در نتایج تحقیقات مختلف را توجیه کند.

در این مطالعه، بالاترین شاخص MAR برابر با عدد ۱ و مربوط به الگوی GM/TE/FF/C/SXT/K/NFX/S بود که در یک جدایه مشاهده شده است. این شاخص نشان می دهد که این جدایه در برابر تمام آنتی بیوتیک های مورد بررسی مقاوم بوده است، که نشان دهنده مواجهه طولانی مدت آن با محیط های دارای مصرف بالای آنتی بیوتیک است. وجود الگوهایی با MAR پایین (به عنوان مثال SXT، FF یا TE به تنهایی با شاخص ۰/۱۲۵) در میان تعدادی از جدایه ها، نشان می دهد که برخی سویه ها یا به تازگی با آنتی بیوتیک ها مواجه شده اند یا از محیط های با مصرف پایین تر آنتی بیوتیک منشأ گرفته اند. در مطالعه Alhadib *et al.* (2024) شاخص MAR مربوط به ۸۹/۴ درصد جدایه های /شریشیاکلی به دست آمده از میگو در محدوده ۰/۲ تا ۰/۶۶ قرار داشت که نشان می دهد اکثریت جدایه ها از منابعی با مواجهه بالای آنتی بیوتیکی منشأ گرفته اند. به تازگی مطالعه ای نشان داده است که برخی از کشورهای اروپایی، محصولات دریایی وارداتی از برخی کشورهای جنوب شرقی آسیا را از سال ۱۹۹۷ تا ۲۰۲۰ به دلیل وجود عوامل بیماری زا و

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

مقاومت نسبتاً بالای جدایه‌های *اشریشیاکلی* به‌دست‌آمده از میگو نسبت به آنتی‌بیوتیک‌های رایج در آبی‌پروری در این مطالعه، زنگ خطری برای سلامت عمومی محسوب می‌شود به گونه‌ای که این نتایج نقش میگو را به‌عنوان مخزنی غیرفعال برای *اشریشیاکلی‌های* مقاوم به آنتی‌بیوتیک در زنجیره غذایی انسان برجسته می‌سازد. از طرفی دیگر، وجود مقاومت آنتی‌بیوتیکی هم‌زمان نسبت به برخی از آنتی‌بیوتیک‌ها و همبستگی قوی بین آن‌ها نشان می‌دهد که مقاومت نسبت به یک عامل ضد میکروبی ممکن است با افزایش احتمال مقاومت نسبت به یک عامل

ضدمیکروبی دیگر همراه باشد. با این حال پیشنهاد می‌گردد جهت شناخت هرچه بیش‌تر الگوها و مکانیسم‌های مقاومت آنتی‌بیوتیکی در سویه‌های باکتریایی، شناسایی ژن‌های مرتبط نیز در مطالعات آینده در نظر گرفته شود. در پایان، اجرای برنامه‌های دقیق پایش مقاومت آنتی‌بیوتیکی در آبزیان و تدوین سیاست‌های مناسب برای استفاده منطقی از آنتی‌بیوتیک‌ها در این صنعت، امری ضروری به‌نظر می‌رسد.

تعارض منافع

هیچ‌گونه تعارض منافع توسط نویسندگان وجود ندارد.

References

- Alhabib, I., & Elhadi, N. (2024). Antimicrobial resistance pattern of *Escherichia coli* isolated from imported frozen shrimp in Saudi Arabia. *PeerJ*, 12(e18689), 1-19.
- Ali, A., Parisi, A., Conversano, M. C., Iannacci, A., D'Emilio, F., Mercurio, V., & Normanno, G. (2020). Food-borne bacteria associated with seafoods: A brief review. *Journal of Food Quality and Hazards Control*, 7(1), 4-10.
- Bacanli, M., & Başaran, N. (2019). Importance of antibiotic residues in animal food. *Food and Chemical Toxicology*, 125, 462-466.
- Barbosa, L. J., Ribeiro, L. F., Lavezzo, L. F., Barbosa, M. M. C., Rossi, G. A. M., & do Amaral, L. A. (2016). Detection of pathogenic *Escherichia coli* and microbiological quality of chilled shrimp sold in street markets. *Letters in Applied Microbiology*, 62(5), 372-378.
- Behshood, P., Tajbakhsh, E., & Nourbakhsh, F. (2022). Prevalence of *stx1*, *stx2* and *eaeA* genes in Shiga toxin-producing *Escherichia coli* isolated from fish and shrimp in Bushehr. *Journal of Zoonosis*, 2(1), 1-9.
- Bhassu, S., Shama, M., Tiruvayipati, S., Soo, T. C. C., Ahmed, N., & Yusoff, K. (2024). Microbes and pathogens associated with shrimps-implications and review of possible control strategies. *Frontiers in Marine Science*, 11(1397708), 1-20.
- Boss, R., Overesch, G., & Baumgartner, A. (2016). Antimicrobial resistance of *Escherichia coli*, Enterococci, *Pseudomonas aeruginosa*, and *Staphylococcus aureus* from raw fish and seafood imported into Switzerland. *Journal of Food Protection*, 79(7), 1240-1246.
- Cabello, F. C., Godfrey, H. P., Buschmann, A. H., & Dölz, H. J. (2016). Aquaculture as yet another environmental gateway to the development and globalisation of antimicrobial resistance. *The Lancet Infectious Diseases*, 16(7), 127-133.
- Celik, B., Ergul, B., Kekec, A. I., Halac, B., Maslak, B., Sigirci, B. D., Kahraman, B. B., Bagcigil, A. F., Metiner, K., & Ak, S. (2023). Beta-lactam, aminoglycoside, and quinolone resistance in *Escherichia coli* strains isolated from shrimps and mussels in the Marmara Sea. *Veterinárni Medicina*, 68(5), 208-217.
- CLSI. (2023). *Performance Standards for Antimicrobial Susceptibility Testing (CLSI supplement M100)* (33rd ed.). Wayne, USA, Clinical and Laboratory Standards Institute.
- Dib, A. L., Agabou, A., Chahed, A., Kurekci, C., Moreno, E., Espigares, M., & Espigares, E. (2018). Isolation, molecular characterization and antimicrobial resistance of enterobacteriaceae isolated from fish and seafood. *Food Control*, 88, 54-60.
- Jonas, O. B., Irwin, A., Berthe, F. C. J., Le Gall, F. G., & Marquez, P. V. (2017). Drug-resistant infections: a threat to our economic future. *World Bank Report*, 2, 1-32.
- Khan, M., Paul, S. I., Rahman, M. M., & Lively, J. A. (2022). Antimicrobial resistant bacteria in shrimp and shrimp farms of Bangladesh. *Water*, 14(3172), 1-12.
- Krumperman, P. H. (1983). Multiple antibiotic resistance indexing of *Escherichia coli* to identify high-risk sources of fecal contamination of foods. *Applied and Environmental Microbiology*, 46(1), 165-170.
- Luu, Q. H., Nguyen, T. B. T., Nguyen, T. L. A., Do, T. T. T., Dao, T. H. T., & Padungtod, P. (2021). Antibiotics use in fish and shrimp farms in Vietnam. *Aquaculture Reports*, 20(100711), 1-8.

- Magiorakos, A.-P., Srinivasan, A., Carey, R. B., Carmeli, Y., Falagas, M. E., Giske, C. G., Harbarth, S., Hindler, J. F., Kahlmeter, G., & Olsson-Liljequist, B. (2012). Multidrug-resistant, extensively drug-resistant and pandrug-resistant bacteria: an international expert proposal for interim standard definitions for acquired resistance. *Clinical Microbiology and Infection*, 18(3), 268-281.
- Markey, B., Leonard, F., Archambault, M., Cullinane, A., & Maguire, D. (2013). *Clinical Veterinary Microbiology* (2nd ed.). London, UK, Elsevier Health Sciences. pp. 305-333.
- Murray, C. J. L., Ikuta, K. S., Sharara, F., Swetschinski, L., Aguilar, G. R., Gray, A., Han, C., Bisignano, C., Rao, P., & Wool, E. (2022). Global burden of bacterial antimicrobial resistance in 2019: a systematic analysis. *The Lancet*, 399(10325), 629-655.
- Nadella, R. K., Panda, S. K., Uchoi, D., Kishore, P., Chintada, B., VR, M., VA, M., Badireddy, M. R., Kuricheti, P. P., & Raman, R. P. (2025). Categorization of antibiotic resistant bacterial populations from Shrimp and its culture environment of Andhra Pradesh, India. *Aquaculture*, 595(741702), 1-13.
- Odeyemi, O. A., Amin, M., Dewi, F. R., Kasan, N. A., Onyeaka, H., Stratev, D., & Odeyemi, O. A. (2023). Prevalence of antibiotic-resistant seafood-borne pathogens in Retail Seafood sold in Malaysia: a systematic review and Meta-analysis. *Antibiotics*, 12(829), 1-19.
- Rajendran, K., Sreedharan, K., Deepika, A., & Kulkarni, A. (2022). Shrimp immune system and immune responses. In *Fish immune system and vaccines*. Springer. pp. 17-43.
- Sivaraman, G. K., Rajan, V., Vijayan, A., Elangovan, 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), 1-13.
- Sung, K., Nawaz, M., Park, M., Chon, J., Khan, S. A., Alotaibi, K., Revollo, J., Miranda, J. A., & Khan, A. A. (2024). Whole-Genome Sequence Analysis of Antibiotic Resistance, Virulence, and Plasmid Dynamics in Multidrug-Resistant *E. coli* Isolates from Imported Shrimp. *Foods*, 13(1766), 1-23.
- Suyamud, B., Chen, Y., Dong, Z., Zhao, C., & Hu, J. (2024). Antimicrobial resistance in aquaculture: Occurrence and strategies in Southeast Asia. *Science of the Total Environment*, 907(167942), 1-24.
- WBG. (2013). *Fish to 2030: prospects for fisheries and aquaculture*. World Bank Group. <http://documents.worldbank.org/curated/en/458631468152376668>
- WHO. (2017). *Antimicrobial resistance: The food chain*. World Health Organization. <https://www.who.int/news-room/questions-and-answers/item/antimicrobial-resistance-in-the-food-chain>
- WHO. (2023). *Antimicrobial resistance*. World Health Organization. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/antimicrobial-resistance>
- 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 β -lactamase-producing *E. coli* ST2705 and ST10 in fish. *International Journal of Food Microbiology*, 408(110449), 1-17.