Journal of Marin Biology

JOMB
Journal of Marin Biology
J Marin Bio, 2025; 17(1): 73-80 Doi
https://jmb.ahvaz.iau.ir

Islamic Azad university Ahvaz Branch

Review Article

Lactic acid bacteria isolated from fishes; antibiotic resistance

Ata Kaboudari[1*], Abbas Hashemi[1], Erfan Balavandi[1]

1. Department of Microbiology and Food Hygiene, Faculty of Veterinary Medicine, Lorestan University, Iran.

Article history:

Received: 7 February 2025
Revised: 29 April 2025
Accepted: 12 May 2025
ePublished: 14 May 2025

***Corresponding author:** Ata Kaboudari, Department of Microbiology and Food Hygiene, Faculty of Veterinary Medicine, Lorestan University, Iran

E-mail: Kaboudari.a@lu.ac.ir

Abstract

Lactic acid bacteria, Gram-positive microorganisms, produce lactic acid through fermentation. These bacteria are extensively utilized in the food and aquaculture industries due to their pivotal role in enhancing flavor, texture, and color in foods, as well as their antimicrobial properties. However, concerns exist regarding the antibiotic resistance of certain strains and the potential for transferring resistance genes. This article reviews recent research from reputable databases on the isolation and roles of these bacteria in selected foods and the aquaculture industry. Studies on ready-to-eat fish identified *Enterococcus*, *Lactobacillus*, and *Leuconostoc* as dominant species. All *Enterococcus* strains exhibited resistance to antibiotics, while *Leuconostoc* strains were resistant to ampicillin, streptomycin, gentamicin, and kanamycin. *Lactobacillus* strains also displayed significant resistance to ampicillin and streptomycin. In contrast, in Cambodian fish paste, 14 of 15 *Staphylococcus pisifermentans* strains were sensitive to five antibiotics, suggesting their relative safety for industrial applications. However, in salted fish (Lakerda), eight strains resistant to multiple antibiotics were isolated. Additionally, studies on fish digestive tracts revealed that nutritional factors (e.g., unsaturated fatty acids and chromium oxide) and environmental factors (e.g., stress and salinity) influence bacterial populations. These bacteria can serve both probiotic (supporting immune and digestive health) and pathogenic roles. Therefore, investigating antibiotic resistance and selecting safe strains for industrial use are imperative.

Keywords: Fish, Lactic Acid Bacteria, Food industry, Aquaculture, Probiotics

Please cite this article as follows: Kaboudari A, Hashemi A, Balavandi E. Lactic acid bacteria isolated from fishes; antibiotic resistance.J Mar Biol, 2025; 17(1): 73–80. DOI:

Copyright © 2025 Journal of Marin Biology. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License (*http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/*) which permits copy and redistribute the material just in noncommercial usages, provided the original work is properly cite

JOMB
مجله زیست شناسی دریا
دوره ۱۷، شماره ۱، بهار ۱۴۰۴، صفحات:۷۳-۸۰
https://jmb.ahvaz.iau.ir

مقاله مروری

باکتری‌های اسیدلاکتیک جدا شده از ماهی؛ مقاومت آنتی‌بیوتیک

عطاء کبودری [۱*]، عباس هاشمی [۱]، عرفان بالاوندی [۱]

۱. گروه میکروبیولوژی و بهداشت مواد غذایی، دانشکده دامپزشکی، دانشگاه لرستان، ایران.

چکیده

باکتری‌های اسیدلاکتیک، باکتری‌های گرم مثبتی هستند که از طریق تخمیر، لاکتیک‌اسید تولید می‌کنند. این باکتری‌ها به دلیل نقش کلیدی در ایجاد طعم، بافت و رنگ مواد غذایی و همچنین خواص ضدمیکروبی، کاربرد گسترده‌ای در صنایع غذایی و آبزی‌پروری دارند. با این حال، نگرانی‌هایی درباره مقاومت آنتی‌بیوتیکی برخی از این باکتری‌ها و امکان انتقال ژن‌های مقاومت وجود دارد. در این مقاله به مروری از تحقیقات اخیر موجود در پایگاه های معتبر در مورد جداسازی و نقش این باکتری‌ها در برخی از مواد غذایی و همچنین صنعت پرورش آبزیان پرداخته شد. در مطالعات انجام‌شده روی ماهی‌های آماده مصرف، *انتروکوکوس*، *لاکتوباسیلوس* و *لوکنوستوک* به عنوان گونه‌های غالب شناسایی شدند. تمامی سویه‌های *انتروکوکوس* مقاوم به آنتی‌بیوتیک‌ها بودند، در حالی که *لوکنوستوک*‌ها به آمپی‌سیلین، استرپتومایسین، جنتامایسین و کانامایسین مقاومت داشتند. *لاکتوباسیلوس* نیز مقاومت بالایی به آمپی‌سیلین و استرپتومایسین نشان داد. در مقابل، در خمیرماهی کامبوجی، ۱۴ سویه از ۱۵ سویه *استافیلوکوکوس پیسفرمنتانس* به ۵ آنتی‌بیوتیک حساس بودند که نشان‌دهنده ایمنی نسبی آنها برای استفاده صنعتی است. با این حال، در ماهی نمک‌زده (لاکردا)، ۸ سویه مقاوم به چندین آنتی‌بیوتیک جداسازی شد.همچنین، مطالعات روی دستگاه گوارش ماهیان نشان داد که عوامل تغذیه‌ای (مانند اسیدهای چرب غیراشباع و اکسید کروم) و محیطی (استرس و شوری) بر جمعیت این باکتری‌ها تأثیرگذارند. این باکتری‌ها می‌توانند هم نقش پروبیوتیکی (تقویت ایمنی و هضم) و هم پاتوژنیک داشته باشند. بنابراین، بررسی مقاومت آنتی‌بیوتیکی و انتخاب سویه‌های ایمن برای استفاده در صنعت ضروری است.

واژگان کلیدی: ماهی، باکتری های اسید لاکتیک، صنایع غذایی، آبزی‌پروری، پروبیوتیک

تاریخچه مقاله

تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۳/۱۱/۱۹

تاریخ ویرایش مقاله: ۱۴۰۴/۲/۹

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۴/۲/۲۲

تاریخ انتشار مقاله: ۱۴۰۴/۲/۲۴

تمامی حقوق برای دانشگاه آزاد اهواز محفوظ است.

* نویسنده مسئول: عطاء کبودری ، گروه میکروبیولوژی و بهداشت مواد غذایی، دانشکده دامپزشکی، دانشگاه لرستان، ایران.

ایمیل: Kaboudari.a@lu.ac.ir

استناد: کبودری، عطاء؛ هاشمی، عباس؛ بالاوندی، عرفان. باکتری‌های اسیدلاکتیک جدا شده از ماهی؛ مقاومت آنتی‌بیوتیک. مجله زیست شناسی دریا، بهار ۱۴۰۴؛ ۱۷(۱):۷۳-۸۰

JOMB
مجله زیست شناسی دریا
دوره ۱۷، شماره ۱، بهار ۱۴۰۴، صفحات:۷۳-۸۰
https://jmb.ahvaz.iau.ir

مقدمه

باکتری‌های اسید لاکتیک به‌عنوان باکتری‌های گرم مثبت، معمولاً غیرمتحرک و بدون تولید اسپور شناخته می‌شوند که اسید لاکتیک را به عنوان محصول اصلی یا تنها محصول متابولیسم تخمیری تولید می‌کنند. آن‌ها معمولاً کاتالاز منفی بوده و معمولاً سیتوکروم ندارند. باکتری‌های اسید لاکتیک از نظر تغذیه‌ای حساس هستند و برای رشد به کربوهیدرات‌ها، آمینواسیدها، پپتیدها، مشتقات اسید نوکلئیک و ویتامین‌ها نیاز دارند (Succi et al., 2005; Ringø and Gatesoupe, 1998). جنس‌های مختلفی از باکتری های اسید لاکتیک شامل اشکال میله‌ای مانند *کارنوباکتریوم و لاکتوباسیلوس*؛ اشکال کوکسی مانند *آئروکوکوس* ، *انتروکوکوس*، *لاکتوکوکوس*، *لوکنوستوک* ، *پدیوکوکوس*، *استرپتوکوکوس*، *تتراژنوکوکوس*، و *واگوکوکوس*؛ و همچنین جنس *ویسلا* با شکل کوکسی یا میله‌ای هستند این باکتری‌ها از منابع مختلفی مانند مواد گیاهی، میوه‌ها، فرآورده‌های لبنی، گوشت‌های تخمیرشده، بدن انسان، و همچنین دستگاه گوارش ماهیان استخوانی جداسازی شده‌اند (Ringø et al., 2018).

جدول ۱: ویژگی‌های افتراق‌دهنده پایه‌ای باکتری‌های اسیدلاکتیک (Ringø and Gatesoupe, 1998)

جنس	تخمیر	سلول‌های منفرد	آرایش سلولی
استرپتوکوکوس	هموﻻکتیک	کوکسی	**جفتی، زنجیره‌ای**
لئونوستوک	هموﻻکتیک	کوکسی	**جفتی، زنجیره‌ای**
پدیوککوس	هموﻻکتیک	کوکسی	**چهارتایی، خوشه‌ای**
آروکوس	هموﻻکتیک	کوکسی	**چهارتایی، خوشه‌ای**
انتروباکترکوس	هموﻻکتیک	کوکسی	**ا جفتی، زنجیره‌ای**
واگوکاکوس	هموﻻکتیک	کوکسی یا باسیل	**جفتی، زنجیره‌ای**
لاکتوباسیلوس	هموﻻکتیک غیرهموﻻکتیک	باسیل	**جفتی، زنجیره‌ای**
کارنوباکتریوم	غیرهموﻻکتیک	باسیل	**جفتی، زنجیره‌ای**

این باکتری‌ها در صنایع مختلفی از جمله تولید محصولات لبنی، نانوایی، گوشت، سبزیجات و نوشیدنی‌های الکلی به طور گسترده استفاده می‌شوند (Yilmaz et al., 2025). در طول تخمیر اسید لاکتیک، باکتری‌های لاکتیک‌اسید ترکیبات متنوعی به نام پسوبیوتیک‌ها سنتز می‌کنند که شامل اسیدهای آلی، دی استیل، پراکسید هیدروژن، باکتریوسین‌ها و پروتئین‌های باکتری‌کش است. در حالی که این پسوبیوتیک‌ها به ویژگی‌های حسی مانند طعم، بو، رنگ و بافت کمک می‌کنند، همچنین خواص ضد میکروبی دارند که رشد میکروارگانیسم‌ها را مهار می‌کنند. به طور خاص، باکتریوسین‌های تولید شده توسط این باکتری‌ها فعالیت ضدمیکروبی نشان داده‌اند و در محصولات مختلف غذایی از جمله غذاهای آماده برای مصرف، محصولات لبنی و محصولات شیلاتی کاربرد دارند. باکتری‌های اسید لاکتیک توانایی تولید آمین‌های بیوژنیک مانند هیستامین، تیرامین و کاداورین را نشان داده‌اند. این یافته‌ها اهمیت ارزیابی تولید آمین‌های بیوژنیک توسط سویه‌های باکتری‌های لاکتیک‌اسید را برای اطمینان از کاربرد ایمن آنها در محصولات غذایی برجسته می‌سازد (Yilmaz et al., 2025).

مقاومت به آنتی‌بیوتیک، یک مسئله بحرانی است که به وضعیتی اطلاق می‌شود که در آن آنتی‌بیوتیک‌ها، که برای درمان یا پیشگیری از بیماری‌های باکتریایی حیاتی هستند، اثرگذاری خود را در کشتن باکتری‌ها یا جلوگیری از تولید مثل آن‌ها از دست می‌دهند (Yilmaz and Berik, 2025; Kaboudari et al., 2024). افزایش تعداد سویه‌های پاتوژن مقاوم به ضد میکروب و سویه‌های چند دارویی مقاوم در حال حاضر منجر به نرخ مرگ و میر سالانه جهانی بین ۷۰۰,۰۰۰ تا ۱ میلیون نفر می‌شوند و پیش‌بینی‌ها نشان می‌دهند که این رقم تا سال ۲۰۵۰ به ۱۰

JOMB
مجله زیست شناسی دریا
دوره ۱۷، شماره ۱، بهار ۱۴۰۴، صفحات:۷۳-۸۰
https://jmb.ahvaz.iau.ir

میلیون نفر افزایش یابد. استفاده نادرست و بیش از حد از درمان‌های آنتی‌بیوتیکی منجر به بروز باکتری‌های مقاوم به آنتی‌بیوتیک در محیط شده است که اثربخشی آنتی‌بیوتیک‌ها را کاهش می‌دهد. علاوه بر این، برخی از سویه‌های باکتری‌های لاکتیک‌اسید ممکن است ساختار شیمیایی آنتی‌بیوتیک‌ها را تغییر دهند و پروتئین‌هایی تولید کنند که بر فعالیت مولکولی آنتی‌بیوتیک‌ها تأثیر می‌گذارند. همچنین این موضوع که ماده ژنتیکی باکتری می‌تواند به باکتری دیگری از همان گونه یا حتی به باکتری‌هایی از گونه‌های مختلف منتقل شود امکان انتقال ژن مقاومت باکتری ها به همدیگر را روشن می‌سازد که بر سرعت رشد پدیده مقاومت آنتی بیوتیکی نقش دارد (Yilmaz and Berik, 2025).

ماهی‌ها به‌طور مداوم در معرض طیف وسیعی از میکروارگانیسم‌های موجود در محیط قرار دارند و میکروبیوتای آن‌ها موضوع بررسی‌های متعددی بوده است. که نشان داده‌اند *استرپتوکوکوس، لوکنوستوک، لاکتوباسیلوس و کارنوباکتریوم* بخشی از میکروبیوتای طبیعی دستگاه گوارش در ماهیان سالم هستند. صنعت آبزی‌پروری به سرعت توسعه یافته و با بسیاری از بیماری‌های باکتریایی مواجه شده است. پرورش‌دهندگان به طور گسترده‌ای از داروهای دامپزشکی در آبزی‌پروری استفاده می‌کنند. پرورش‌دهندگان آنتی‌بیوتیک‌ها را با غذا مخلوط کرده تا سلامت ماهی‌ها را بهبود بخشیده و بیماری‌ها را درمان کنند. استفاده نادرست از آنتی‌بیوتیک‌ها در خوراک ماهی منجر به ظهور باکتری‌های مقاوم به آنتی‌بیوتیک می‌شود. در مزرعه‌های ماهی و محیط اطراف آن معمولاً مقاومت به آنتی‌بیوتیک مشاهده می‌شود. علاوه بر این، مقاومت به آنتی‌بیوتیک می‌تواند از طریق زنجیره آب یا غذا به انسان منتقل شود (Chuob et al., 2022). علاوه بر این در تحقیقات گذشته نشان داده‌شد که باکتری‌های لاکتیک اسید می‌توانند ژن‌های مقاومت آنتی‌بیوتیکی را از طریق انتقال افقی ژن میان باکتری‌های دیگر منتقل کنند، که از طریق عناصر ژنتیکی متحرک مانند ترانسپوزون‌ها، پلاسمیدها و ایترون‌ها انجام می‌شود (Yilmaz et al., 2025).

بنابراین، باید در انتخاب باکتری‌های لاکتیک‌اسید برای استفاده در صنعت غذا احتیاط شود تا اطمینان حاصل شود که این باکتری‌ها ژن‌های مقاومت را حمل نمی‌کنند. با توجه به نگرانی‌های فزاینده در مورد استفاده بیش از حد و بی‌رویه از آنتی‌بیوتیک‌ها، باید استراتژی‌های جایگزین برای مقابله مؤثر با پاتوژن‌ها بررسی شوند (Yilmaz et al., 2025).

عملکرد بهینه دستگاه گوارش برای تولید پایدار حیوانات بسیار حیاتی است. عملکرد مؤثر دستگاه گوارش ماهیان و میکروبیوتای روده‌ای آن‌ها نقش مهمی در سلامت میزبان ایفا می‌کند .چندین مکانیسم پیچیده در این زمینه دخیل هستند، و در نبود میکروبیوتای روده‌ای، رشد و عملکرد طبیعی سیستم ایمنی دچار اختلال می‌شود. بنابراین، افزایش دانش ما در زمینه باکتری‌های مفید روده‌ای، مانند باکتری‌های اسید لاکتیک که در دستگاه گوارش کلونیزه می‌شوند، در راستای بهبود عملکرد رشد و سلامت بسیار حائز اهمیت است. همچنین درک بهتر از عوامل مختلفی که بر سطح جمعیتی باکتری‌های اسید لاکتیک در دستگاه گوارش تأثیر می‌گذارند، ممکن است برای آبزی‌پروری تجاری جالب باشد (Ringø and Gatesoupe, 1998).

توجه به این موضوع که انتخاب مواد غذایی از اهمیت بالایی برخوردار است تا تعداد افراد سالم افزایش یابد و نسل‌های آینده سالم‌تر باشند. به همین دلیل، مصرف غذاهای باکیفیت و ایمن باید در اولویت قرار گیرد ضرورت اهمیت به این موضوع را مشخص‌تر می‌کند (Yilmaz and Berik, 2025).

بررسی باکتری‌های اسید لاکتیک و مقاومت آنتی بیوتیکی آنها

باکتری‌های جداشده

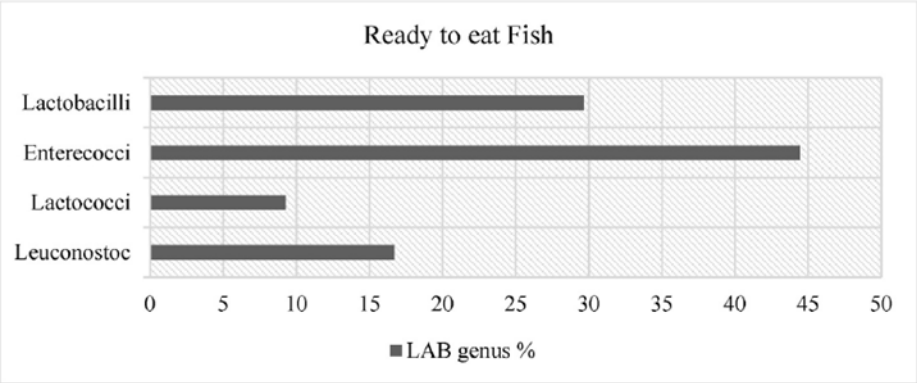
میکروارگانیسم‌هایی که برای استفاده به عنوان پروبیوتیک در آبزی‌پروری در نظر گرفته می‌شوند، باید فعالیت ضدمیکروبی داشته باشند و نه تنها برای میزبانان آبزی، بلکه برای محیط‌های اطراف آنها و انسان‌ها نیز بی‌خطر تلقی شوند. Muñoz-Atienza و همکاران فعالیت ضدمیکروبی/باکتریوسینی علیه عوامل بیماری‌زای ماهی، حساسیت آنتی‌بیوتیکی و شیوع عوامل بیماری‌زا و فعالیت‌های آنزیمی مضر در ۹۹ باکتری اسید لاکتیک (LAB) (۵۹ انتروکوک و ۴۰ غیر انتروکوک) جدا شده از حیوانات آبزی به عنوان غذای انسان بود. این باکتری‌های اسید لاکتیک فعالیت ضدمیکروبی/باکتریوسینی گسترده‌ای را علیه عوامل بیماری‌زای اصلی گرم مثبت و گرم منفی ماهی نشان دادند. با این حال، نگرانی‌های

JOMB
مجله زیست شناسی دریا
دوره ۱۷، شماره ۱، بهار ۱۴۰۴، صفحات:۷۳-۸۰
https://jmb.ahvaz.iau.ir

ایمنی خاصی بر اساس مقاومت آنتی‌بیوتیکی و عوامل بیماری‌زا در جنس انتروکوک (۸۶٪) شناسایی شد (انتروکوک فکالیس، ۱۰۰٪؛ انتروکوک فاسیوم، ۷۹٪). مقاومت آنتی‌بیوتیکی همچنین در جنس‌های ویسلا (۶۰٪)، پدیوکوکوس (۴۴٪)، لاکتوباسیلوس (۳۳٪) مشاهده شد، اما در لوکونوستوک‌ها و لاکتوکوک‌ها مشاهده نشد. ژن‌های مقاومت آنتی‌بیوتیکی در ۷.۵٪ از غیر انتروکوک‌ها، از جمله جنس‌های پدیوکوکوس (۱۲.۵٪) و ویسلا (۶.۷٪) یافت شد. یک سویه از هر دو گونه پدیوکوکوس پنتوساسئوس و ویسلا سیباریا حامل ژن مقاومت به اریترومایسین mef(A/E) بودند و دو سویه دیگر از *P. pentosaceus* حاوی lnu(A) بودند که به لینکوزامیدها مقاومت می‌داد. فعالیت ژلاتیناز در *E. faecalis* و *E. faecium* (به ترتیب ۷۱ و ۱۱٪) یافت شد، در حالی که تعداد کمی از *E. faecalis* (۵٪) و هیچ یک از گونه‌های *E. faecium* فعالیت همولیتیک نشان ندادند. هیچ‌کدام از انتروکوک‌ها و غیر انتروکوک‌ها توانایی تجزیه صفرا و تخریب موسین یا سایر فعالیت‌های آنزیمی مضر را نشان ندادند (Muñoz-Atienza, et al., 2013).

ماهی آماده مصرف

در تحقیقاتی که بر روی سه عدد ماده غذایی انجام شد که یکی از آنها ماهیان آماده خوردن بودند در ابتدا باکتری های اسید لاکتیک موجود جدا سازی شده و سپس از طریق آزمایش‌های فنوتیپی، مورفولوژیکی، ژنتیکی و بیوشیمیایی شناسایی شدند. مشخص شد که باکتری های اسید لاکتیک غالب در ماهی شامل *انتروکوکوس*، *لاکتوباسیلوس* و *لوکنوستوک* بودند.



شکل ۱: میزان فراوانی سویه های مختلف باکتری های اسید لاکتیک در ماهیان مختلف

سپس مقاومت این باکتری‌ها رو نسبت به ۱۱ آنتی بیوتیک استاندارد (آمپیسیلین، پنیسیلین، تتراسایکلین، اریترومایسین، ریفامپیسین، جنتامایسین، کانامایسین، استرپتومایسین، کلرامفنیکل، تیکوپلانین، وانکومایسین) بررسی شد. که انتروکوکوس‌ها و لوکنوستوک‌ها نیز مقاومت قابل توجهی نشان دادند. تمامی انتروکوکوس‌ها در برابر تمام آنتی‌بیوتیک‌ها مقاومت نشان دادند. لوکنوستوک‌ها در برابر آمپی‌سیلین، استرپتومایسین، جنتامایسین و کانامایسین مقاومت داشتند همچنین لاکتوباسیلوس به ویژه به آمپیسیلین و استرپتومایسین مقاومت بالایی نشان داد.

با توجه به این تحقیق انتخاب سویه‌های LAB با پروفایل‌های پایین مقاومت آنتی‌بیوتیکی باید اولویت داشته باشد تا ایمنی غذایی تضمین شود. علاوه بر این، بررسی تکنیک‌های جایگزین نگهداری مانند درمان با باکتریوفاژ یا آنتی‌میکروب‌های طبیعی می‌تواند استفاده از آنتی‌بیوتیک‌ها در تولید غذا را کاهش دهد (Yilmaz et al., 2025).

خمیر ماهی کامبوجی[1]

[1] Cambodian Fish Paste

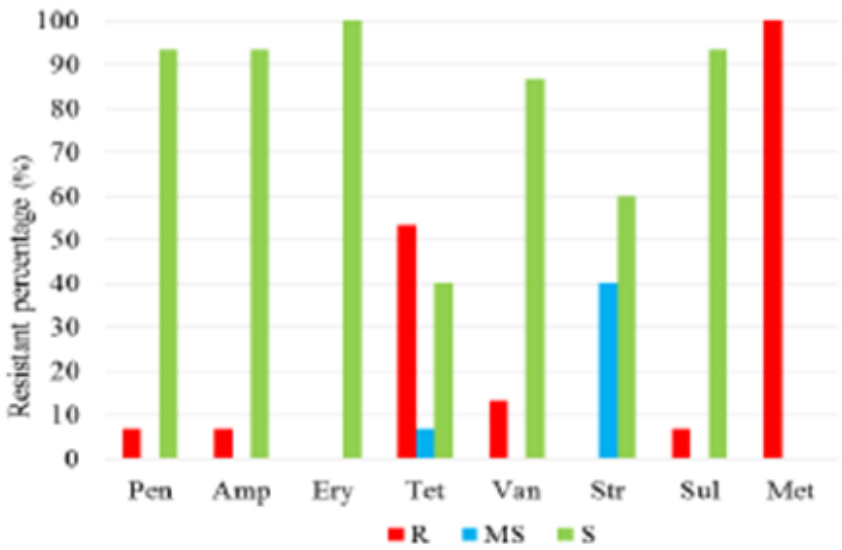
JOMB
مجله زیست شناسی دریا
دوره ۱۷، شماره ۱، بهار ۱۴۰۴، صفحات:۷۳-۸۰
https://jmb.ahvaz.iau.ir

خمیر ماهی به عنوان یک غذای مهم در رژیم غذایی روزانه کامبوجی‌ها شناخته می‌شود و می‌توان آن را به صورت خام یا پخته مصرف کرد، ماهی‌های آب شیرین که از دریاچه تونل ساپ یا رودخانه مکونگ صید می‌شوند، معمولاً به عنوان ماده خام برای تولید محصولات خمیر ماهی استفاده می‌شوند، اما برخی تولیدکنندگان از ماهی‌های مزارع پرورش ماهی نیز استفاده می‌کنند. خمیر ماهی در دو نوع بااستخوان یا بدون‌استخوان بازاریابی می‌شود. در فرآیند تولید خمیر ماهی بدون استخوان، استخوان‌ها پس از جدا کردن سر و پوست از ماهی‌ها خارج می‌شوند. ماهی‌ها به مدت ۲۴ ساعت در آب با دمای اتاق خیسانده شده و سپس برای استخراج رطوبت به مدت ۲ ساعت در آفتاب خشک می‌شوند. سپس ماهی‌ها در محلول نمکی خیسانده شده و در ظروف به‌طور محکم بسته شده برای ۱–۲ ماه در آفتاب نگهداری می‌شوند (Chuob et al., 2022).

در تحقیقاتی که بر روی باکتری‌های اسید لاکتیک و مقاومت آنتی بیوتیکی این محصول انجام شد، ابتدا سویه‌های باکتری‌های لاکتیک‌اسید بر اساس توالی‌دهی 16S rDNA شناسایی شدند، روش دیفیوژن دیسک با استفاده از روش باور برای آزمایش حساسیت آنتی‌میکروبی با استفاده از ۸ آنتی بیوتیک(پنی‌سیلین، آمپی‌سیلین، اریترومایسین، تتراسایکلین، وانکومایسین، استرپتومایسین، سولفامتوکسازول–تریمتوپریم، مترونیدازول)انجام شد (Chuob et al., 2022).

۱۵ نمونه باکتری لاکتیک‌اسید جدا شدکه شامل ۱۴ نمونه به صورت کوکسی و ۱ نمونه به صورت میله‌ای بودند. نمونه‌های باکتریایی به عنوان *استافیلوکوکوس پیسفرمنتانس* (۱۴ سویه) و *لاکتوباسیلوس پلانتروم* (۱ سویه) شناسایی شدند. که در بررسی مقاومت آنتی بیوتیکی آنها به دست آمد که تمام ۱۵ سویه در برابر مترونیدازول مقاوم بودند. یک سویه در برابر پنی‌سیلین، آمپی‌سیلین، تتراسایکلین، استرپتومایسین و سولفامثوکسازول–تریمتوپریم مقاوم بود. علاوه بر این، ۷ سویه و ۲ سویه به ترتیب در برابر تتراسایکلین و وانکومایسین مقاوم بودند. تمام ۱۵ سویه جداسازی‌شده در برابر استرپتومایسین و اریترومایسین حساس بودند. سویه‌های باکتری لاکتیک‌اسید به پنی‌سیلین، آمپی‌سیلین و سولفامثوکسازول–تریمتوپریم (۱۴ سویه)، تتراسایکلین (۶ سویه) و وانکومایسین (۱۳ سویه) حساس بودند.

مشخص گشت که ۱۴ سویه *استافیلوکوکوس پیسفرمنتانس* به ۵ آنتی‌بیوتیک (آمپی‌سیلین، اریترومایسین، پنی‌سیلین، استرپتومایسین و سولفامتاوکسازول–تریمتوپریم) حساس بودند. به دلیل خواص ویژه و مفید بسیاری که *استافیلوکوکوس پیسفرمنتانس* دارد، این باکتری می‌تواند در فرآیندهای غذایی و همچنین در توسعه‌ی کشت‌های شروعی برای تخمیر ماهی در آینده مورد استفاده قرار گیرد (Chuob et al., 2022).



JOMB
مجله زیست شناسی دریا
دوره ۱۷، شماره ۱، بهار ۱۴۰۴، صفحات:۷۳-۸۰
https://jmb.ahvaz.iau.ir

شکل۲: درصد مقاومت آنتی‌بیوتیکی(R) ، حساسیت متوسط (MS) و حساس (S) در ۱۵ جدایه از باکتری‌های اسید لاکتیک (LAB) نسبت به آنتی‌بیوتیک‌های پنی‌سیلین(Pen) ، آمپی‌سیلین(Amp) ، اریترومایسین(Ery) ، تتراسایکلین(Tet) ، وانکومایسین(Van) ، استرپتومایسین(Str) ، سولفامتوکسازول-تریمتوپریم (Sul) و مترونیدازول (Met). (Chuob et al., 2022).

ماهی نمک زده (لاکردا)[2]

نمک‌زدن ماهی برای اولین بار در تمدن مصر باستان انجام می‌شد. امروزه از نمک در مراحل مختلف نگهداری محصولات دریایی استفاده می‌شود. هدف از نمک‌زدن محصولات دریایی، جذب آب موجود در محصول توسط نمک، کاهش فعالیت آبی و در نتیجه جلوگیری از فساد است. اثر ضدعفونی‌کننده کلر موجود در نمک نیز از دیگر مزایای این روش محسوب می‌شود. لاکِردا یک محصول سنتی است که در آن از روش نمک‌زدن برای فرآوری محصولات آبزی استفاده می‌شود و عمدتاً از ماهی‌های تُرِیک و بُنیتو تهیه می‌شود. فرآیند نمک‌زدن که در ابتدا برای جلوگیری از فاسد شدن ماهی انجام می‌شد، امروزه به‌منظور ایجاد طعمی متمایز به کار می‌رود (Yilmaz and Berik, 2025).

در این مطالعه، ۱۳۲ باکتری از نمونه‌های لاکِردا جداسازی شد. ٪۵۹.۰۹ از باکتری‌ها به هیچ یک از ۱۹ آنتی‌بیوتیک آزمایش شده مقاوم نبودند. ٪۴۰.۹۱ به حداقل یک آنتی‌بیوتیک مقاومت نشان دادند. ٪۲۷.۲۷ از جدایه‌های باکتریایی به سه یا بیشتر آنتی‌بیوتیک مقاوم بودند (Yilmaz and Berik, 2025).

هشت جدایه باکتریایی مقاوم به چندین آنتی‌بیوتیک در نمونه‌های لاکِردا شناسایی شدند.که شامل سودوموناس فلورسنس، استافیلوکوکوس همولیتیکوس، استافیلوکوکوس پاستوری، استافیلوکوکوس اکوروم، کارنوباکتریوم مالتاروماتیکوم، کارنوباکتریوم موبایل، ویبریو هایبرنیکا، ویبریو روموئینسیس بودند. دو ژن *blaTEM* و *mecA* (مربوط به مقاومت در برابر بتا-لاکتام‌ها و متی‌سیلین/اکساسیلین)در اکثر جدایه‌ها مشاهده شدند. ژن‌های *blaZ* و *qnrB* نیز با فراوانی کمتر وجود داشتند. این نتایج نشان‌دهنده خطر جدی مقاومت آنتی‌بیوتیکی در باکتری‌های موجود در محصولات دریایی نمک‌سود است. که با توجه به این موضوع که ماده ژنتیکی باکتری می‌تواند به باکتری دیگری از همان گونه یا حتی به باکتری‌هایی از گونه‌های مختلف منتقل شود اهمیت و ضرورت پایش و بررسی این موضوع چندین برابر خواهد شد (Yilmaz and Berik, 2025).

بررسی باکتری‌های اسیدلاکتیک موجود در دستگاه گوارش ماهی‌ها

اگرچه برخی از سویه‌های باکتری‌های اسید لاکتیک می‌توانند در دستگاه گوارش میزبان مستقر شوند، باکتری‌های زنده اسید لاکتیک از مواد غذایی یا خوراک معمولاً پس از چند روز از قطع مصرف، از دستگاه گوارش خارج می‌شوند .سویه‌های باکتری اسید لاکتیک که ساکنان طبیعی دستگاه گوارش هستند، باید توانایی بقا در این محیط را داشته باشند و قادر به چسبیدن به سطح اپیتلیال سلول‌ها باشند (Ringø et al., 2018).

عوامل مؤثر بر سطح جمعیتی باکتری‌های اسیدلاکتیک در دستگاه گوارش

مشخص شده است که سطح جمعیتی باکتری‌های اسید لاکتیک در دستگاه گوارش تحت تأثیر عوامل تغذیه‌ای و محیطی مانند اسیدهای چرب غیراشباع چندگانه در رژیم غذایی، اکسید کروم، استرس و شوری قرار می‌گیرد. که این عوامل در شرایط مختلف و روی ماهیان مختلف اثرات متفاوت کاهشی و افزایشی دارد (Ringø et al., 2018).

نقش پروبیوتیکی

فولر در سال۱۹۸۹ تعریف دقیقی از اصطلاح پروبیوتیک‌ها بدین شکل ارائه کرد:«یک مکمل میکروبی زنده که به‌طور مفید بر روی حیوان میزبان تاثیر می‌گذارد و تعادل میکروبی روده آن را بهبود می‌بخشد». اثرات مفید پروبیوتیک‌ها برای حیوانات زمینی به‌خوبی ثابت شده است، جایی که فلور

[2] Salted Seafood

JOMB
مجله زیست شناسی دریا
دوره ۱۷، شماره ۱، بهار ۱۴۰۴، صفحات:۷۳-۸۰
https://jmb.ahvaz.iau.ir

میکروبی آن‌ها از حدود ۹۰٪ باکتری‌های اسیدلاکتیک تولیدکننده اسید تشکیل شده است.(۲)همچنین باکتری‌های لاکتیک‌اسید به‌عنوان امیدبخش‌ترین گروه‌های باکتریایی برای استفاده به‌عنوان پروبیوتیک در آبزی‌پروری شناخته شده‌اند.(۵) از آن‌جا که میکروبیوتای روده ماهیان می‌تواند نقش مهمی در سلامت میزبان ایفا کند، در حال حاضر علاقه‌ای به دستکاری فلور روده به سوی یک جامعه میکروبی مفیدتر وجود دارد. برخی تلاش‌ها برای افزایش گروه‌های باکتریایی مانند *کارنوباکتریوم و لاکتوباسیلوس*در روده ماهیان با استفاده از عوامل غیرزیستی که به‌طور انتخابی رشد و یا فعالیت این گونه‌های باکتریایی موجود در دستگاه گوارش را تحریک می‌کنند، انجام شده است با این حال، این سوال مطرح می‌شود که آیا باکتری‌های اسیدلاکتیک می‌توانند اثر پروبیوتیکی بر روی ماهیان داشته باشند، در حالی که آن‌ها معمولاً بخش حاشیه‌ای از میکروبیوتای روده را تشکیل می‌دهند. اولین نکته در این زمینه پتانسیل آن‌ها برای استعمار بی‌ضرر روده است (Phuengjayaem et al., 2024; Ringø et al., 2018).

تحقیقات نشان داده که ماهیانی که با باکتری‌های لاکتیک‌اسید تغذیه می‌شوند، افزایش در فعالیت‌های ایمنی ذاتی نظیر فعالیت نوتروفیل‌ها، ترشح لیزوزیم، فاگوسیتوز و تولید سایتوکاین‌های پیش‌التهابی (از جمله IL-1β ، IL-6، IL-8وTNF-α)را نشان می‌دهند. با این حال، برخی سویه‌های خاص ازاین باکتری‌ها به‌طور ترجیحی منجر به القای *IL-10*، یک سایتوکاین قوی ضدالتهابی، می‌شوند. این نتایج نشان می‌دهد که اثرات ایمونولوژیک باکتری‌های لاکتیک‌اسید بسته به گونه باکتری و میزبان می‌تواند متفاوت باشد (Ringø et al., 2018).

در این مسیر باید نقش عواملی همچون استقرار میکروب‌ها، چسبندگی به مخاط، فعالیت آنتاگونیستی، چالش‌های درون‌زی(In Vivo) و سایر اثرات همچون تحریک سیستم ایمنی ورقابت احتمالی به خوبی مشخص شده و بررسی شود (Ringø and Gatesoupe, 1998).

نقش پاتوژن

باکتری‌های اسید لاکتیک عموماً به‌عنوان باکتری‌های غیرپاتوژن شناخته می‌شوند. با این حال، شیوع استرپتوکوکوزیس برای بیش از سه دهه در مزارع پرورش ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان در ژاپن و ماهی زردباله رخ داده است. پاتوژن که ابتدا به‌عنوان گونه‌ای از *استرپتوکوکوس* شناسایی شده بود، بعداً به‌عنوان *Enterococcus seriolicida* و سپس به *Lactococcus garvieae* طبقه‌بندی شد. همچنین، گونه‌ای از *لاکتوباسیلوس* نیز گزارش شده است که باعث بیماری کلیه در ماهی سالمون اقیانوسی می‌شود. امروزه، تعداد فزاینده‌ای از بیماری‌ها که با توسعه جهانی شیلات همراه بوده‌اند، ممکن است به باکتری‌های مختلفی از جنس‌های *استرپتوکوکوس*، *لاکتوکوکوس*، *واگوکوکوس* و *کارنوباکتریوم* نسبت داده شوند (Mathur and Singh, 2005; Ringø and Gatesoupe, 1998).

نتیجه گیری

در تحقیقات گذشته ای که انجام گردیده بسیاری از این باکتری ها در قالب سویه های مختلف در آبزیان و محصولات غذایی بر پایه آبزیان پیدا شدند همچون لاکردا،خمیر ماهی کامبوجی و ...که نقش‌ها و عملکردهای مختلفی را داشتند. حضور ژن مقاومت آنتی‌بیوتیکی در بسیاری از این باکتری ها تایید شد و از آنجا که انتقال ژن در بین باکتری‌ها قابل انجام است نقش این باکتری‌ها در گسترش مقاومت آنتی‌بیوتیکی مهم بوده و ضرورت توجه و بررسی را دارد. در این بررسی که بر روی تحقیقات انجام شد مشخص گردید که در بعضی از سویه‌هایی که جدا شدند مثل *کارنوباکتریوم موبایل* ژن مقاومت وجود دارد پس باید در صنایع غذایی توجه بیشتری بعد ازاین نسبت به این سویه وجود داشته باشد و با احتیاط بیشتری تصمیم برای استفاده و یا عدم استفاده و حضور آن را در مواد غذایی بررسی کنند. در طرف مقابل سویه هایی مثل *استافیلوکوکوس پیسفرمنتانس* وجود دارند که نسبت به آنتی‌بیوتیک‌ها حساس بوده و در صورت اطمینان قطعی آنها را سویه های امن باکتری لاکتیک‌اسید نامید و جایگزین سویه های با مقاومت آنتی‌بیوتیکی نمود و استفاده کرد.همچنین ادامه تحقیقات برای مشخص نمودن عملکرد دیگر سویه‌ها پیشنهاد می‌شود. همچنین انجام تحقیقات گسترده در جهت نقش های مختلف باکتری‌های لاکتیک‌اسید از جمله پروبیوتیک، پاتوژن و ... و تعیین نقش عوامل موثر بر آن جهت تنظیم جمعیت این باکتری‌ها و استفاده مناسب و اقتصادی از آنها در سیستم‌های پرورشی پیشنهاد می‌شود.

References

1. **Chuob, S., Prommakool, A., Chumnanka, C., Tayuan, C., Sirijariyawat, A., Phattayakorn, K., & Savedboworn, W. (2022).** Antibiotic resistance of lactic acid bacteria isolated from Cambodian fish paste product. Applied Science and Engineering Progress, 15(4), 5581-5581.
2. **Kaboudari, A., Aliakbarlu, J., & Mehdizadeh, T. (2024).** Simultaneous effects of Food-related stresses on the antibiotic resistance of foodborne Salmonella serotypes. Journal of Food Protection, 87(10), 100350.
3. **Mathur, S., & Singh, R. (2005).** Antibiotic resistance in food lactic acid bacteria—a review. International Journal of Food Microbiology, 105(3), 281-295.
4. **Muñoz-Atienza, E., Gómez-Sala, B., Araújo, C., Campanero, C., Del Campo, R., Hernández, P.E., ... & Cintas, L.M. (2013).** Antimicrobial activity, antibiotic susceptibility and virulence factors of lactic acid bacteria of aquatic origin intended for use as probiotics in aquaculture. BMC Microbiology, 13(1), 15.
5. **Phuengjayaem, S., Mahittikon, J., & Tanasupawat, S. (2024).** Antimicrobial Resistance in Lactic Acid Bacteria. In Antimicrobials in Agriculture (pp. 1-32). CRC Press.
6. **Ringø, E., & Gatesoupe, F.J. (1998).** Lactic acid bacteria in fish: a review. Aquaculture, 160(3-4), 177-203.
7. **Ringø, E., Hoseinifar, S.H., Ghosh, K., Doan, H.V., Beck, B.R., & Song, S.K. (2018).** Lactic acid bacteria in finfish—An update. Frontiers In Microbiology, 9, 1818.
8. **Succi, M., Tremonte, P., Reale, A., Sorrentino, E., Grazia, L., Pacifico, S., & Coppola, R. (2005).** Bile salt and acid tolerance of Lactobacillus rhamnosus strains isolated from Parmigiano Reggiano cheese. FEMS Microbiology Letters, 244(1), 129-137.
9. **Yılmaz, D.K., & Berik, N. (2025).** Phenotypic and Genotypic Antibiotic Resistance of Bacteria Isolated from Ready-to-eat Salted Seafood. Aquatic Sciences and Engineering, 40(1), 9-17.
10. **Yilmaz, N., Ozogul, Y., Dağgeçen, E.C., Akyol, I., Rathod, N.B., Surasani, V.K.R., & Ozogul, F. (2025).** Isolation, characterization and antibiotic resistance of lactic acid bacteria from dairy and seafood sources. Food Bioscience, 64, 105895.