



باکتری‌های اسیدلاکتیک جدا شده از ماهی؛ مقاومت آنتی‌بیوتیک

عباس هاشمی^۱، عرفان بالاوندی^۲، عطا کبودری^{۳*}

۱، ۲، ۳. گروه میکروبیولوژی و بهداشت مواد غذایی، دانشکده دامپزشکی، دانشگاه لرستان، خرم‌آباد، ایران

* مسئول مکاتبات: Kaboudari.a@lu.ac.ir

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 ضد میکروبی، کاربرد گسترده‌ای در صنایع غذایی و آبی‌پروری 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 پایگاه‌های 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، اتروکوکوس، لاکتوباسیلوس و لاکنوستوک به عنوان گونه‌های غالب شناسایی شدند. تمامی سویه‌های اتروکوکوس مقاوم به آنتی‌بیوتیک‌ها بودند، در حالی که لاکنوستوک‌ها 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 /ستافیلوکوکوس پیسفرمتانس 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، باکتری‌های اسید لاکتیک، صنایع غذایی، آبی‌پروری، پروبیوتیک.

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 (Ringø and Gatesoupe, 1998). جنس‌های مختلفی از باکتری‌های اسید لاکتیک شامل اشکال میله‌ای مانند کارنوباکتریوم و لاکتوباسیلوس؛ اشکال کوکسی مانند اتروکوکوس، لاکتوکوکوس، لاکتوستوک، پدیوکوکوس، استرپتوکوکوس، تترائوکوکوس، 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، حفرات بدن انسان، و همچنین دستگاه گوارش ماهیان استخوانی جداسازی شده‌اند (Ringø et al., 2018). در جدول ۱ ویژگی‌های افتراق‌دهنده پایه‌ای باکتری‌های اسیدلاکتیک بیان شده است.



Darya Shilan Dez Co.
Specialized Supplier of Food for Aquaculture
Aquaculture Technology and Innovation Center

همایش ملی فناوری و نوآوری در آبرزی پروری

امنیت غذایی و حفاظت از محیط زیست

National Conference Technology and Innovation in Aquaculture Food Security and Environmental Protection

زمان برگزاری: ۱۷ اردیبهشت ۱۴۰۴



۰۲۵۰-۴۹۵۴۵



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

جنس	تخمیر	سلول‌های منفرد	آرایش سلولی
<i>استریپتوکوکوس</i>	همولاکتیک	کوکسی	جفتی، زنجیره‌ای
<i>لئونوستوک</i>	همولاکتیک	کوکسی	جفتی، زنجیره‌ای
<i>پدیوکوکوس</i>	همولاکتیک	کوکسی	چهارتایی، خوشه‌ای
<i>آروکوس</i>	همولاکتیک	کوکسی	چهارتایی، خوشه‌ای
<i>انتروباکترکوس</i>	همولاکتیک	کوکسی	اجفتی، زنجیره‌ای
<i>واگوکاکوس</i>	همولاکتیک	کوکسی یا باسیل	جفتی، زنجیره‌ای
<i>لاکتوباسیلوس</i>	همولاکتیک یا غیرهمولاکتیک	باسیل	جفتی، زنجیره‌ای
<i>کارنوباکتریوم</i>	غیرهمولاکتیک	باسیل	جفتی، زنجیره‌ای

این باکتری‌ها در صنایع مختلفی از جمله تولید محصولات لبنی، نانوائی، 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 پوسوبیوتیک‌ها سنتز می‌کنند که شامل اسیدهای آلی، دی استیل، پراکسید هیدروژن، باکتریوسین‌ها و پروتئین‌های باکتری کش است. در حالی که این پوسوبیوتیک‌ها 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 ضد میکروبی نشان داده‌اند و در محصولات مختلف غذایی از جمله غذاهای آماده برای مصرف، محصولات لبنی و محصولات شیلاتی کاربرد دارند (Yilmaz et al., 2025).

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). 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 700,000 تا 1 میلیون نفر می‌شوند و پیش‌بینی‌ها نشان می‌دهند که این رقم تا سال 2050 به 10 میلیون نفر افزایش یابد (Yilmaz et al., 2025). 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 (Yilmaz et al., 2025). 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 باکتری‌ها به همدیگر را روشن می‌سازد که بر سرعت رشد پدیده مقاومت آنتی‌بیوتیکی 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 *استریپتوکوکوس*، *لئونوستوک*، *لاکتوباسیلوس* و *کارنوباکتریوم* بخشی از میکروبیوتای طبیعی دستگاه گوارش در ماهیان سالم هستند. صنعت آبرزی پروری به سرعت توسعه یافته و با بسیاری از بیماری‌های باکتریایی مواجه شده است. پرورش‌دهندگان به طور گسترده‌ای از داروهای دامپزشکی در آبرزی پروری 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 داده شد 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).

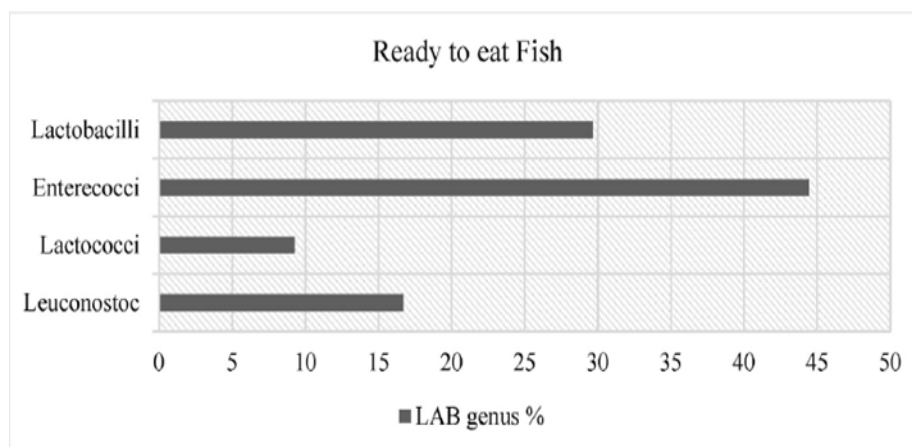
عملکرد بهینه دستگاه گوارش برای تولید پایدار حیوانات بسیار حیاتی است. عملکرد مؤثر دستگاه گوارش ماهیان و میکروبیوتای روده‌ای آن‌ها نقش مهمی در سلامت میزبان ایفا می‌کند. چندین مکانیسم پیچیده در این زمینه دخیل هستند، و در نبود میکروبیوتای روده‌ای، رشد و عملکرد طبیعی سیستم ایمنی دچار اختلال می‌شود. بنابراین 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 آبرزی پروری 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 مشخص تر می‌کند (Yilmaz and Berik, 2025).

بررسی باکتری‌های اسید لاکتیک و مقاومت آنتی‌بیوتیکی آنها در محصولات غذایی مختلف بر پایه ماهی

ماهی آماده خوردن

در تحقیقاتی که بر روی سه عدد ماده غذایی انجام شد که یکی از آنها ماهیان آماده خوردن بودند در ابتدا باکتری‌های اسید لاکتیک موجود جدا سازی شده و سپس از طریق آزمایش‌های فنوتیپی، مورفولوژیکی، ژنتیکی و بیوشیمیایی شناسایی شدند. مشخص شد که باکتری‌های اسید لاکتیک غالب در ماهی شامل *لکٹوکوکوس*، *لاکتوباسیلوس* و *لوکونوستوک* بودند. در شکل 1 فراوانی سویه‌های مختلف باکتری‌های اسید لاکتیک در ماهیان مختلف نمایش داده شده است.



شکل 1: میزان فراوانی سویه‌های مختلف باکتری‌های اسید لاکتیک در ماهیان مختلف.



سپس مقاومت این باکتری‌ها نسبت به 11 آنتی‌بیوتیک استاندارد (آمپیسیلین، پنسیلین، تتراسایکلین، اریترومایسین، ریفاپامپسین، جنتامایسین، کانامایسین، استرپتومایسین، کلرامفنیکل، تیکوپلانیل و وانکومایسین) بررسی شدند که انتروکوکوس‌ها و لوکنوستوک‌ها 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).

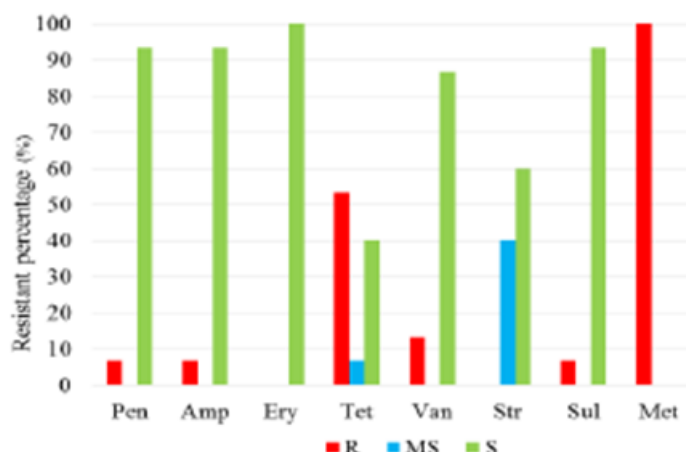
خمیر ماهی کامبوجی

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 با استخوان یا بدون استخوان بازاریابی می‌شود. در فرآیند تولید خمیر ماهی بدون استخوان، استخوان‌ها پس از جدا کردن سر و پوست از ماهی‌ها خارج می‌شوند. ماهی‌ها به مدت 24 ساعت در آب با دمای اتاق خیسانده شده و سپس برای استخراج رطوبت به مدت 2 ساعت در آفتاب خشک می‌شوند. سپس ماهی‌ها در محلول نمکی خیسانده شده و در ظروف به‌طور محکم بسته شده برای 1-2 ماه در آفتاب نگهداری می‌شوند (Chuob et al., 2022).

در تحقیقاتی که بر روی باکتری‌های اسید لاکتیک و مقاومت آنتی‌بیوتیکی 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 8 آنتی‌بیوتیک (پنی‌سیلین، آمپی‌سیلین، اریترومایسین، تتراسایکلین، وانکومایسین، استرپتومایسین، سولفامتوکسازول-تریمتوپریم، مترونیدازول) انجام شد (Chuob et al., 2022).

15 نمونه باکتری لاکتیک‌اسید جدا شده شامل 14 نمونه به صورت کوکسی و 1 نمونه به صورت میله‌ای بودند. نمونه‌های باکتریایی به عنوان *استافیلوکوکوس پیسفرمنتانس* (14 سویه) و *لاکتوباسیلوس پلانتروم* (1 سویه) شناسایی شدند که در بررسی مقاومت آنتی‌بیوتیکی آنها به دست آمد که تمام 15 سویه در برابر مترونیدازول مقاوم بودند. یک سویه در برابر پنی‌سیلین، آمپی‌سیلین، تتراسایکلین، استرپتومایسین و سولفامتوکسازول-تریمتوپریم مقاوم بود. علاوه بر این، 7 سویه و 2 سویه به ترتیب در برابر تتراسایکلین و وانکومایسین مقاوم بودند. تمام 15 سویه جداسازی شده در برابر استرپتومایسین و اریترومایسین حساس بودند. سویه‌های باکتری لاکتیک‌اسید به پنی‌سیلین، آمپی‌سیلین و سولفامتوکسازول-تریمتوپریم (14 سویه)، تتراسایکلین (6 سویه) و وانکومایسین (13 سویه) حساس بودند (Chuob et al., 2022).

مشخص گردید که ۱۴ سویه *استافیلوکوکوس پیسفرمنتانس* به ۵ آنتی‌بیوتیک (آمپی‌سیلین، اریترومایسین، پنی‌سیلین، استرپتومایسین و سولفامتوکسازول-تریمتوپریم) حساس بودند. به دلیل خواص ویژه و مفید بسیاری که *استافیلوکوکوس پیسفرمنتانس* دارد، این باکتری می‌تواند در فرآورده‌های غذایی و همچنین در توسعه کشت‌های شروعی برای تخمیر ماهی در آینده مورد استفاده قرار گیرد (Chuob et al., 2022). در شکل 2 درصد مقاومت آنتی‌بیوتیکی (R)، حساسیت متوسط (MS) و حساس (S) در ۱۵ جدایه از باکتری‌های اسید لاکتیک (LAB) نسبت به آنتی‌بیوتیک‌های مختلف مقایسه شده است.



شکل ۲: 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)

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 ضد عفونی‌کننده کلر موجود در نمک نیز از دیگر مزایای این روش محسوب می‌شود. لاکردا یک محصول سنتی است که در آن از روش نمک‌زدن برای فرآوری محصولات آبرزی استفاده می‌شود و عمدتاً از ماهی‌های تریک و بُنیو تهیه می‌شود. فرآیند نمک‌زدن که در ابتدا برای جلوگیری از فاسد شدن ماهی انجام می‌شد، امروزه به منظور ایجاد طعمی متمایز به کار می‌رود (Yilmaz and Berik, 2025). در این مطالعه، ۱۳۲ باکتری از نمونه‌های لاکردا جداسازی شد. ۵۹/۹۰ درصد از باکتری‌ها به هیچ یک از ۱۹ آنتی‌بیوتیک آزمایش شده مقاوم نبودند. ۴۰/۹۱ درصد به حداقل یک آنتی‌بیوتیک مقاومت نشان دادند. ۲۷/۲۷ درصد از جدایه‌های باکتریایی به سه یا بیشتر آنتی‌بیوتیک مقاوم بودند (Yilmaz and Berik, 2025).

هشت جدایه باکتریایی مقاوم به چندین آنتی‌بیوتیک در نمونه‌های لاکردا شناسایی شدند که شامل سودوموناس فلورسنس، استافیلوکوکوس همولیتیکوس، استافیلوکوکوس پاستوری، استافیلوکوکوس اکروم، 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 اسید لاکتیک 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 چندانکه 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 سال 1989 تعریف دقیقی از اصطلاح پروبیوتیک‌ها بدین شکل ارائه کرد: «یک مکمل میکروبی زنده که به‌طور مفید بر روی حیوان میزبان تأثیر می‌گذارد و تعادل میکروبی روده آن را بهبود می‌بخشد». اثرات مفید پروبیوتیک‌ها برای حیوانات زمینی به‌خوبی ثابت شده است، جایی که فلور میکروبی آن‌ها از حدود 90 درصد باکتری‌های اسیدلاکتیک تولیدکننده اسید تشکیل شده است. همچنین باکتری‌های لاکتیک‌اسید به‌عنوان امیدبخش‌ترین گروه‌های باکتریایی برای استفاده به‌عنوان پروبیوتیک در آبرزی پروری شناخته شده‌اند. 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 (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-1 β ، IL-6، IL-8 و TNF- α) را نشان می‌دهند. با این حال، برخی سویه‌های خاص از این 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 و رقابت 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، واگنوکوکوس و کارنوباکتریوم نسبت داده شوند (Ringø and Gatesoupe, 1998).

نتیجه گیری

در تحقیقاتی که انجام گردیده بسیاری از این باکتری‌ها در قالب سویه‌های 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 باکتری‌ها تأیید 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 از این 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 سویه‌هایی مثل استافیلوکوکوس پیسفرمنتانس وجود دارند که نسبت به آنتی‌بیوتیک‌ها حساس بوده و در صورت اطمینان قطعی آنها را سویه‌های امن باکتری لاکتیک‌اسید نامید و جایگزین سویه‌های با مقاومت آنتی‌بیوتیکی نمود و استفاده کرد. همچنین ادامه تحقیقات برای مشخص نمودن عملکرد دیگر سویه‌ها پیشنهاد می‌شود. همچنین انجام تحقیقات گسترده در جهت نقش‌های 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.

منابع

- Chuob, S., Prommakool, A., Chumnanka, C., Tayuan, C., Sirijariyawat, A., Phattayakorn, K. and Savedboworn, W., 2022.** Antibiotic resistance of lactic acid bacteria isolated from Cambodian fish paste product. *Applied Science and Engineering Progress*, 15(4): 5581-5581.
- Ringø, E. and Gatesoupe, F. J., 1998.** Lactic acid bacteria in fish: a review. *Aquaculture*, 160(3-4): 177-203.
- Ringø, E., Hoseinifar, Sh., Ghosh, K., Doan, H.V., Beck, B.R. and Song, S.K., 2018.** Lactic acid bacteria in finfish—An update. *Frontiers in microbiology*, 9: 1818.
- Yılmaz, D.K. and 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.
- Yılmaz, N., Ozogul, Y., Dağgeçen, E.C., Akyol, I., Rathod, N.B., Surasani, V.K.R. and Ozogul, F., 2025.** Isolation, characterization and antibiotic resistance of lactic acid bacteria from dairy and seafood sources. *Food Bioscience*, 64: 105895.



Lactic acid bacteria isolated from fish, Antibiotic Resistance

Abas Hashemi¹, Erfan Balavandi², Ata Kaboudari^{3*}

1, 2, 3. Department of Microbiology and Food Hygiene, Faculty of Veterinary, Lrestan University,
Khoram Abad, Iran

*Corresponding author: Kaboudari.a@lu.ac.ir

Abstract

Lactic Acid bacteria (LAB) are Gram-positive bacteria that produce lactic acid through fermentation. These bacteria are widely used in the food and aquaculture industries due to their key role in providing flavor, texture, and color to foods, as well as their antimicrobial properties. However, there are concerns about the antibiotic resistance pattern of some of these bacteria and the possibility of transferring resistance genes. In this paper, recent scientific results available in reputable databases reviewed on the isolation and role of these bacteria in some fishes and the aquaculture industry. In studies conducted on ready-to-eat fish, *Enterococcus*, *Lactobacillus*, and *Leuconostoc* were identified as the dominant species. All *Enterococcus* strains were resistant to antibiotics, while *Leuconostoc* was resistant to ampicillin, streptomycin, gentamicin, and kanamycin. *Lactobacillus* also showed high resistance to ampicillin and streptomycin. In contrast, in Cambodian fish paste, 14 out of 15 strains of *Staphylococcus piscifermentans* were sensitive to five antibiotics, indicating their relative safety for industrial use. However, in salted fish (Lacorda), eight strains resistant to multiple antibiotics were isolated. Also, studies on the digestive tract of fish showed that nutritional (such as unsaturated fatty acids and chromium oxide) and environmental (stress and salinity) factors affect the population of these bacteria. These bacteria can have both probiotic (immune and digestive) and pathogenic roles. Therefore, it is necessary to investigate antibiotic resistance and select safe strains for industrial use.

Keywords: Fish, Lactic acid bacteria, Food Industries, Aquaculture, Probiotic.