نقش و اهمیت پروبیوتیک‌ها در آبزی پروری

احسان یزدان‌پناه[۱*]، شاهین اقبال سعیدی ابواسحاقی[۲]، پوریا اسماعیل‌زاده[۳]، امین روزبهی[۴]

[۱] گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران

[۲] گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، واحد اصفهان، دانشگاه آزاد اسلامی، اصفهان، ایران

[۳] گروه علوم و صنایع غذایی، واحد شهرکرد، دانشگاه آزاد اسلامی، شهر کرد، ایران

[۴] گروه میکروبیولوژی، واحد شهرکرد، دانشگاه آزاد اسلامی، شهر کرد، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۱/۱۵ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۳/۹

چکیده

مطالعات و پژوهش‌های سالهای اخیر دانشمندان، از خواص سلامتی‌بخش برخی از میکروارگانیسم‌ها بر انسان و حیوانات نظیر پاد جهش‌زا، پاد سرطان‌زا، پادعفونی، کاهش کلسترول، بهبود برخی ناسازگاری‌های تغذیه‌ای و افزایش بازده رشد و نظایر آن پرده برداشته است. این میکروارگانیسم‌ها امروزه به عنوان پروبیوتیک شناخته می‌شوند. آبزی‌پروری از بخش‌های مهم کشاورزی محسوب می شود که در سال‌های اخیر با رشد بسیار مطلوبی همراه بوده است. توسعه آبزی‌پروری در عین داشتن مزایای زیاد همواره با مشکلاتی از جمله کیفیت آب، شیوع بیماری‌ها و مشکلات تغذیه‌ای روبرو بوده است. در آبزی‌پروری باید از جایگزین‌های لازم و موثر برای حفاظت از آبزیان در برابر بیماری‌ها و توسعه و رشد این صنعت استفاده کرد. برخی از جایگزین‌ها مانند استفاده از پروبیوتیک‌ها برای بهبود عملکرد ماهی پیشنهاد شده است. نتایج این تحقیق نشان داد که از پروبیوتیک‌ها می‌توان در کاهش مصرف آنتی‌بیوتیک، تحریک رشد آبزیان، بهبود کیفیت آب، کنترل استرس و برخی موارد دیگر استفاده کرد که علاوه بر مباحث اقتصادی در خصوص کاهش تلفات، افزایش بهره‌وری برای تولیدکنندگان و سلامت مصرف کننده نیز کمک شایانی می‌کند. با این وجود استفاده از پروبیوتیک‌ها در آبزی‌پروری چندان توسعه نیافته است.

واژه‌های کلیدی: آبزی پروری، پروبیوتیک، غذای سالم، محرک رشد، آنتی‌بیوتیک

مقدمه

با افزایش پیوسته جمعیت جهان، زنجیره تأمین غذا بزرگترین چالش موجود است و با توجه به رشد جمعیت، مقدار مواد غذایی تولیدی تا سال ۲۰۵۰ باید دو برابر مقدار آن در سال ۲۰۰۵ باشد. آمار فاو در سال ۲۰۲۲ نشان میدهد تولید آبزی‌پروری در دهه گذشته در مسیر گسترش بوده و از حدود ۸۵ میلیون تن در سال ۲۰۱۰ به ۱۱۰ میلیون تن در سال ۲۰۱۸ رسیده است. برای رسیدن به این هدف راه‌های مختلفی مورد توجه پژوهشگران است. در چند دهه گذشته پیشرفت در علوم و فناوری مقدمه‌ای شد تا چندین فناوری جدید در صنایع غذایی و کشاورزی استفاده شوند که این فناوری‌ها دانسته‌های ما را نسبت به طبیعت غذاها و فرآیندهای آن‌ها افزایش داده‌اند. امروزه مصرف‌کنندگان انتظار دارند که غذا افزون بر رفع گرسنگی دارای اثر های مهمی بر سلامتی و جلوگیری از بیماری باشد (Abdollahzadeh و همکاران، ۲۰۲۳؛ Yazdanpanah و همکاران، ۲۰۲۴).

مطالعات و پژوهش‌های سال‌های اخیر دانشمندان، از خواص سلامتی‌بخش برخی از میکروارگانیسم‌ها بر

*نویسنده مسئول: Ehsany81@yahoo.com

انسان و حیوانات نظیر پاد جهش‌زا، پاد سرطان‌زا، پاد عفونی، کاهش کلسترول، بهبود برخی ناسازگاری‌های تغذیه‌ای و افزایش بازده رشد و نظایر آن پرده برداشته است. این میکروارگانیسم‌ها امروزه به عنوان پروبیوتیک شناخته می‌شوند (Mal-Ganji و همکاران، ۲۰۱۳). پروبیوتیک‌ها شامل برخی مخمرها و باکتری‌ها هستند که با استقرار در بخش‌های مختلف بدن (اساسا، به‌عنوان فلور طبیعی روده) که از طریق حفظ و توازن فلور میکروبی روده سبب ایجاد خواص سلامتی بخش می‌شوند (Mal-Ganji و همکاران، ۲۰۱۳). اصطلاح "پروبیوتیک" از کلمات یونانی "pro" و "bios" به معنای "برای زندگی" نشات گرفته است. به‌طورکلی به میکروارگانیسم‌هایی که به صورت افزودنی‌های خوراکی مورد استفاده قرار می‌گیرند اطلاق می‌شود که با تعدیل فلور میکروبی روده به سلامتی میزبان کمک می‌کنند. پارکر (۱۹۷۴) اولین کسی بود که پروبیوتیک‌ها را به عنوان ارگانیسم‌ها و موادی که بر فلور میکروبی روده تأثیر می‌گذارند، تعریف کرد. طبق گفته سازمان خواربار و کشاورزی (FAO) و سازمان بهداشت جهانی (WHO)، پروبیوتیک‌ها میکروارگانیسم‌های زنده‌ای هستند که به صورت خوراکی استفاده می‌شوند و مزایای سلامتی ملموسی برای میزبان دارند (Hoseinifar و همکاران، ۲۰۱۸).

سابقه استفاده از پروبیوتیک‌ها به عنوان مکمل‌های خوراک دام به دهه ۱۹۷۰ باز می‌گردد. پروبیوتیک‌ها ابتدا به خوراک اضافه شدند تا ضمن افزایش رشد حیوانات، سلامت آنها را نیز با افزایش مقاومت در برابر بیماری‌ها بهبود بخشند (Allameh و همکاران، ۲۰۱۷). تاثیر مثبت استفاده از برخی از باکتری‌های مفید در تغذیه انسان، چهارپایان و طیور به خوبی ثابت شده است. با این حال، استفاده از آن‌ها در آبزی‌پروری یک مفهوم نسبتا جدید به حساب می‌آید و با توجه به اثر باکتری‌های پروبیوتیک در کاهش بیماری‌ها، استفاده از آن در آبزی‌پروری به سرعت در حال رشد است (Yeganeh و همکاران، ۲۰۱۸).

آبزی‌پروری از بخش‌های مهم کشاورزی محسوب می شود که در سال‌های اخیر با رشد بسیار مطلوبی همراه بوده است. توسعه آبزی‌پروری در عین داشتن مزایای زیاد همواره با مشکلاتی از جمله کیفیت آب، شیوع بیماری‌ها و مشکلات تغذیه‌ای روبرو بوده است که در این میان شیوع بیماری‌ها به عنوان مشکل اصلی صنعت آبزی‌پروری توسعه اقتصادی این بخش را با مشکل مواجه نموده است (Akrami و همکاران، ۲۰۱۰).

در آبزی پروری باید از جایگزین‌های لازم و موثر برای حفاظت از ماهی‌های در برابر بیماریها و توسعه و رشد این صنعت استفاده کرد برخی از جایگزین‌ها مانند استفاده از پروبیوتیک‌ها برای بهبود عملکرد ماهی پیشنهاد شده است. چندین آزمایش انجام شده است که در آنها، استفاده از باکتری‌های پروبیوتیک را برای افزایش تولید ماهی و بهبود سلامت ماهی بوسیله کنترل باکتری‌های پاتوژن توصیه کردند . باکتری‌های اسید لاکتیک به‌عنوان گروه اصلی پروبیوتیک‌ها در تغذیه دام برای بهبود رشد، بقا، کارایی خوراک و همچنین پیشگیری از اختلالات روده‌ای و خنثی سازی عوامل ضدتغذیه‌ای موجود در خوراک مورد استفاده قرار می‌گیرند (Allameh و همکاران، ۲۰۱۷؛ N M Chalamasetti و همکاران، ۲۰۲۲).

در این تحقیق اثر باکتری‌های پروبیوتیک بر سلامت، کارایی، رشد و سایر موارد در آبزی پروری مورد بررسی قرار گرفته است.

طبقه‌بندی پروبیوتیک‌ها: طبقه‌بندی پروبیوتیک‌ها به دلایلی پیچیده است. محصولات پروبیوتیک را می‌توان به پروبیوتیک های تک‌سویه و پروبیوتیک های چندسویه طبقه‌بندی کرد. در پروبیوتیک‌های تک‌سویه، گروه‌ها بر اساس جنس که پروبیوتیک‌ها به آن تعلق

دارند طبقه بندی می‌شـــوند. نام علمی پروبیوتیک‌ها از دو قسـمت جنس و گونه تشـکیل شـده اسـت. گاهی اوقات نام سویه بعد از گونه درج می شود. طبقه‌بندی پروبیوتیک‌ها در جدول ۱ نشان داده شده است.

جدول ۱- گونه‌های معمول پروبیوتیک (Shahrampour و همکاران، ۲۰۲۱؛ Kechagia و همکاران، ۲۰۱۳).

Probiotics
Lactobacillus acidophilus
Lactobacillus rhamnosus
Lactobacillus plantarum
Lactobacillus johnsonii
Lactobacillus gasseri
Lactobacillus casei
Lactobacillus lactis
Lactobacillus bulgaricus
Lactobacillus reuteri
Bifidobacterium adolescentis
Bifidobacterium infantis
Bifidobacterium longum
Bifidobacterium lactis
Bifidobacterium bifidum animalisl
Bifidobacterium breve
Bacillus cereus
Saccheromyces boulardii
Proprionibacterium freundendsreichii
Enterococcus faecalis
Streptococcus thermophilus
Escherichia coli
Clostridium butyricum

گونه‌های لاکتوباسیلوس: لاکتوباسیلوس به گروهی از باکتری میله‌ای گرم مثبت و تولیدکننده اســـید لاکتیک گفته می‌شـــود، که برخی هوازی‌های اجباری و برخی هوازی اختیاری بوده و در دسـتگاه گوارش و دسـتگاه ادراری تنا سلی انسان وجود دارند. نام لاکتوبا سیلوس که به این باکتری‌ها اطلاق می‌شـــود به توانایی باکتری در تولید ا سید لاکتیک مرتبط ا ست (نه به توانایی آنها در هضـــم قند لاکتوز). از لاکتوباســـیل ها به عنوان پروبیوتیک، یاد می‌شـــود که برعکس آنتی‌بیوتیک‌ها، هسـتند و به انها باکتریهای دوسـت گفته می‌شـود. در انسان مصرف پروبیوتیک‌های لاکتوبا سیلوس در طول درمان آنتی‌بیوتیکی می‌تواند از کاهش فلور طبیعی و کلونیزا سیون باکتری‌های بیماری‌زا جلوگیری کند یا به حدا قل برســـا ند (Hoseinifar و همکاران، ۲۰۱۸؛ Alyami Ameera و همکاران، ۲۰۲۲).

شـــواهد اولیه‌ای وجود دارد که نشـــان می‌دهد لاکتوباســیل‌ها و ســایر پروبیوتیک‌ها ممکن اســت به محافظت در برابر ســـرطان کمک کنند. در مدل‌های حیوانی، نشـان داده شـده اسـت که لاکتوباسـیلوس به مواد سرطان‌زای غذایی متصل می‌شود و رشد تومورها را در روده بزرگ پس از ایجاد بیماری سـرطان کاهش می‌دهد. تحقیقات اولیه همچنین نشـــان می دهد که لاکتوبا سیل‌ها، به‌ویژه *L. plantarum*، می‌توانند شدت انتروکولیت نا شی از شیمی درمانی را کاهش دهند بر اســـاس مطالعات تحقیقاتی دیگر، لاکتوباســـیلوس بولگاریکوس و لاکتوباسیلوس اسپوروژنز ممکن است

اثرات کاهش چربی خون و ضدآترواسکلروتیک داشته باشند. شواهد بالینی محدود نشان می‌دهد که می‌تواند کلسترول لیپوپروتئین تام و کم چگالی (LDL) را بدون تأثیر بر لیپوپروتئین با چگالی بالا (HDL) کاهش دهد. به نظر می‌رسد محصولات لبنی تخمیر شده مانند ماست و شیر اسیدوفیلوس نیز تأثیر مفیدی بر کلسترول دارند. همچنین لاکتوباسیل‌ها و سایر باکتری‌های پروبیوتیک اسیدهای صفراوی را به کلسترول متصل می‌کنند و تولید اسیدهای چرب را در روده افزایش می‌دهند و غلظت اسیدهای چرب در گردش خون را با مهار سنتز کلسترول کبدی یا توزیع مجدد کلسترول از پلاسما به کبد کاهش می‌دهند (Hoseinifar و همکاران، ۲۰۱۸؛ Alyami Ameera و همکاران، ۲۰۲۲).

گونه‌های بیفیدوباکتریوم: بیفیدوباکتریوم یک باکتری میله بی‌هوازی، گرم مثبت، غیر اسپورساز و پلئومورفیک است. به طور خاص، بیفیدوباکتری‌ها، که بخشی از میکروبیوم طبیعی روده انسان هستند، با مهار رشد پاتوژن‌های منتقله از طریق غذا، از جمله سالمونلا تیفی موریوم، استافیلوکوکوس اورئوس، کلستریدیوم پرفرنجنس، کلستریدیوم دیفیسیلی، و پاتوژن‌های کلستریدیوم باعث حفظ سلامتی انسان می‌شود. باکتری‌های جنس بیفیدوباکتریوم اسیدهای لاکتیک و استیک را به عنوان محصولات جانبی استفاده از گلوکز تولید می‌کنند. نوعی باکتری پروبیوتیک است که ابتدا از دستگاه روده نوزادان سالم جدا شد. به نظر می‌رسد بیفیدوباکتری‌ها در ترکیب با گونه‌های لاکتوباسیلوس و مخمر پروبیوتیک ساکارومایسس بولاردی اثرات نامطلوب درمان هلیکوباکتر را کاهش دهند. علاوه بر این، به نظر می‌رسد بیفیدوباکتریوم اینفانتیس در ترکیب با لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس باعث کاهش بروز NEC و مرگ و میر ناشی از NEC در نوزادان بد حال می‌شود (Hoseinifar و همکاران، ۲۰۱۸؛ O'Callaghan A و همکاران، ۲۰۱۶).

گونه‌های باسیلوس: *Bacillus coagulans* یک میله گرم مثبت است که اسید لاکتیک تولید می‌کند و بنابراین اغلب به اشتباه به عنوان باکتری اسید لاکتیک طبقه‌بندی می شود. با سیلوس کواگولانس برای درمان به روشی مشابه سایر پروبیوتیک‌ها مانند لاکتوباسیلوس و بیفیدوباکتریوم استفاده می‌شود. با این حال جزء فلور طبیعی روده انسان نیست. برای اینکه پروبیوتیک‌ها امکان بازگرداندن فلور طبیعی و جلوگیری از کلونیزاسیون باکتری بیماری‌زا داشته باشند، باید توانایی ماندگاری و کلونی در مخاط روده برای آنها امکان‌پذیر باشد. بنابراین وقتی هاگ باسیلوس بوسیله انسان بلعیده می‌شود مشخص نیست که اسپور باسیلوس بتواند در دستگاه گوارش جوانه بزند و یا کلونیزه شود (Hoseinifar و همکاران، ۲۰۱۸).

باسیلوس کواگولانس ممکن است کلونیزاسیون باکتری‌های بیماری‌زا را از طریق مکانیسم‌های مختلفی کاهش دهد. این باکتری قادر به تولید کواگولین و اسید لاکتیک می‌باشد که این ترکیبات فعالیت ضدباکتریایی دارند و ممکن است رشد باکتری‌های بیماری‌زا را از طریق این مکانیسم کاهش دهند. تحقیقات مدل حیوانی همچنین نشان می‌دهد که مصرف هاگ‌های باسیلوس پاسخ ایمنی را افزایش می‌دهد. طرفداران باکتری باسیلوس کواگولانس پیشنهاد می‌کنند که این گونه از پروبیوتیک‌ها نسبت به سایرین مانند لاکتوباسیلوس مزایایی دارد، زیرا گونه‌های باسیلوس را می‌توان به طور نامحدود در اشکال خشک شده ذخیره کرد. هاگ‌های باسیلوس در برابر دمای بالا و اسید نیز مقاوم هستند (Hoseinifar و همکاران، ۲۰۱۸).

گونه‌های ساکارومایسس: *S. boulardii* که با نام ساکارومایسس سرویزیه نیز شناخته می‌شود، یک

سویه مخمر غیر بیماری‌زا است که برای درمان و پیشگیری از اسهال مورد استفاده قرار می‌گیرد. این میکروارگانیسم از پوست میوه‌های استوایی موجود در هند و چین جدا شده است. جمعیت بومی هندوچین مدت‌هاست که از پوست این میوه‌ها برای پیشگیری و درمان اسهال استفاده می‌کنند.

S. boulardii با لیوفیلیزاسیون (خشک کردن انجمادی) مخمر زنده و کپسوله کردن با استفاده از لاکتوز تهیه می‌شود. *S. boulardii* را نمی‌توان با معیارهای فنوتیپی از سایر سویه‌های *S. cerevisiae* متمایز کرد، بنابراین شناسایی آنها نیاز به تایپ مولکولی دارد. مطالعات مولکولی مقایسه‌ای نشان می‌دهد که *S. boulardii* از نظر ژنتیکی بسیار نزدیک یا تقریباً مشابه با *S. cerevisiae* است. با این حال، از نظر متابولیکی و فیزیولوژیکی، *S. boulardii* رفتار بسیار متفاوتی نسبت به *S. cerevisiae* نشان می‌دهد، به‌ویژه در رابطه با عملکرد رشد و مقاومت در برابر دما و تنش‌های اسیدی، که ویژگی‌های مهمی برای یک میکروارگانیسم برای استفاده به عنوان یک پروبیوتیک محسوب می‌شود (Hoseinifar و همکاران، ۲۰۱۸؛ Parapouli و همکاران، ۲۰۲۰).

مکانیسم اثر پروبیوتیک‌ها: مکانیسم‌های دقیقی که نحوه اثر پروبیوتیک‌ها را بیان کند هنوز به خوبی مشخص نشده است. با این حال، چندین مکانیسم فرضی وجود دارد که بسیاری از اثرات مطلوب آنها را توضیح می‌دهد.

۱- **مکانیسم چسبندگی سلولی:** در این فرایند پروبیوتیک‌ها برای چسبیدن به سلول‌های اپیتلیال روده با پاتوژن‌ها رقابت می‌کنند و مانع کلون شدن آنها می‌شوند. درتحقیقی مشخص گردید که لاکتوباسیلوس رامنوسوس و لاکتوباسیلوس پلانتاروم توانایی مهار اتصال اشرشیاکلی در سلول‌های روده بزرگ انسان را دارند (Hoseinifar و همکاران، ۲۰۱۸، Shoaibe، ۲۰۱۸).

۲- **مکانیسم اصلاح فلور میکروبی از طریق سنتز ترکیبات ضدمیکروبی:** بسیاری از انواع لاکتوباسیل‌ها و بیفیدوباکتری‌ها باکتریوسین و سایر ترکیبات ضد میکروبی تولید می‌کنند. باکتریوسین‌ها به عنوان "ترکیبات تولید شده توسط باکتری‌هایی که دارای یک پروتئین فعال بیولوژیکی و یک اثر باکتری‌کشی هستند" تعریف می‌شوند. سایر ترکیبات فعال بیولوژیکی تولید شده توسط باکتری‌های اسید لاکتیک شامل پراکسید هیدروژن، دی استیل و اسیدهای چرب با زنجیره کوتاه هستند. انتشار این ترکیبات توسط پروبیوتیک‌ها منجر به اصلاح میکرو فلور می شود. با این حال، همه سویه‌های لاکتوباسیل یا بیفیدوباکتری‌ها ترکیبات ضد میکروبی تولید نمی‌کنند و برخی از آنها ترکیباتی غیراختصاصی را تولید می‌کنند، به طوری که ممکن است بر روی باکتری‌های مفید و همچنین ارگانیسم‌های بیماری‌زا اثر منفی بگذارد (Hoseinifar و همکاران، ۲۰۱۸؛ Shoaibe، ۲۰۱۸).

۳- **تحریک پاسخ‌های ایمنی:** این پاسخ ایمنی ممکن است به شکل افزایش ترشح ایمونوگلوبولین، افزایش تعداد سلول‌های کشنده طبیعی، یا افزایش فعالیت فاگوسیتیک ماکروفاژها باشد. افزایش ترشح IgA ممکن است تعداد ارگانیسم‌های بیماری‌زا را در روده کاهش دهد، بنابراین ترکیب میکرو فلورا را بهبود می‌بخشد. به‌دلیل این اثرات تعدیل‌کننده سیستم ایمنی، برخی از محققان فکر می‌کنند پروبیوتیک‌ها نه تنها ممکن است با پاتوژن‌های روده و دستگاه ادراری تناسلی مبارزه کنند، بلکه ممکن است برای شرایطی مانند بیماری التهابی روده (IBD)، پوچیت، آلرژی غذایی، و برای استفاده به عنوان کمکی برای واکسیناسیون مفید باشند (Mal-Ganji و همکاران،

۲۰۱۳؛ Wuertz و همکاران، ۲۰۲۱؛ Amoah و همکاران، ۲۰۲۳).

۴- رقابت برای دست آوردن مواد غذایی: پروبیوتیک‌ها همچنین ممکن است برای به دست آوردن مواد مغذی که بوسیله پاتوژن‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد، با آنها رقابت کنند. این وضعیت در مورد کلستریدیوم دیفیسیل رخ می‌دهد، یک ارگانیسم بالقوه بیماری‌زا که برای رشد خود به مونوساکاریدها وابسته است. ارگانیسم‌های پروبیوتیک به تعداد کافی می‌توانند از اکثر مونوساکاریدهای موجود استفاده کنند که منجر به مهار *C. difficile* می شود (Hoseinifar و همکاران، ۲۰۱۸؛ Shoaibe، ۲۰۱۸).

انواع پروبیوتیک ها مورد استفاده در صنعت آبزی‌پروری: پروبیوتیک‌های صنعت آبزی‌پروری به دو گروه زیر طبقه‌بندی می‌شوند:

پروبیوتیک‌های خوراکی: برخی از گونه‌های باکتریایی و قارچی را می‌توان به صورت پلت و یا به صورت کپسوله شده با خوراک ترکیب و یا به صورت مستقیم آن را به حیوان برای جلوگیری از بیماری و افزایش فلور میکروبی ضروری روده داد. میزان زنده مانی سویه‌ها باید قبل از تغذیه حیوانات آزمایش شود و سپس مورد استفاده قرار گیرد. به عنوان مثال در تحقیقی از اسیدلاکتیک، باکتری‌ها در غذای بچه‌ماهی اقیانوس اطلس، استفاده شد که رشد، بقا و پاسخ ایمنی کافی را نشان داد (Das Susmita و همکاران، ۲۰۱۷).

پروبیوتیک‌های مورد استفاده در آب: پروبیوتیک‌های آب برای کاهش آلاینده‌های آلی و آلاینده‌های مختلف در آب با استفاده مستقیم در محیط پرورش استفاده می‌شوند. این مواد کیفیت آب را با تبدیل مواد آلی به واحدهای کوچک‌تر بهبود می‌بخشد. تجزیه مواد آلی باعث ایجاد مواد ساده‌تری مانند گلوکز و اسیدهای آمینه می‌شود که به عنوان غذا برای باکتری‌های مفید مورد استفاده قرار می‌گیرد که باعث کاهش میزان تجمع مواد آلی شده و محیط مناسبی را برای پرورش فراهم می‌آورد. باکتری‌های پروبیوتیک مانند *Bacillus* sp. می‌تواند مواد آلی را به CO2 تبدیل کند تا پساب آلی در سیستم آبی به حداقل برسد. با استفاده از باکتری های نیتریت‌کننده، مقدار نیترات، نیتریت، آمونیاک تا حد زیادی کاهش می یابد. اینها منجر به تصفیه آب در محل تخم‌ریزی ماهی و افزایش بقا و رشد لارو می‌شود (Das susmita و همکاران، ۲۰۱۷).

پروبیوتیک‌های تجاری موجود جهت استفاده در آبزی‌پروری: در حال حاضر چندین فرآورده تجاری از پروبیوتیک ها وجود دارد که حاوی یک یا چند میکروارگانیسم زنده است که برای بهبود کشت موجودات آبزی معرفی شده‌اند. پروبیوتیک ها را می‌توان به عنوان یک افزودنی غذایی به طور مستقیم به مخزن کشت اضافه کرد یا با غذا مخلوط کرد (Martinez و همکاران، ۲۰۱۲). بسیاری از میکروارگانیسم های پروبیوتیک که در آبزی‌پروری مورد استفاده قرار می‌گیرند، جهت کنترل بیماری‌های عفونی در این صنعت استفاده می‌شوند، ولی برای سایر موارد نیز از پروبیوتیک‌ها در صنعت آبزی‌پروری استفاده می‌شود که برخی از این موارد در جدول ۳ آمده است (Martinez و همکاران، ۲۰۱۲؛ Shoaibe، ۲۰۱۸). بعضی از آنها از برخی منابع مانند، ماهی و میگو، حیوانات خشکی‌زی و سایر منابع جدا شده‌اند که لیست تعدادی از آنها که در آبزی‌پروری مورد استفاده قرار می‌گیرد، در جدول ۲ آمده است (Shoaibe، ۲۰۱۸).

جدول۲- تعدادی از پروبیوتیک‌های تجاری مورد استفاده در صنعت آبزی‌پروری (**Balcázar** و همکاران، ۲۰۰۶؛ **Merrifield** و همکاران، ۲۰۱۰؛ **Nayak**، ۲۰۱۰؛ **Ringø** و همکاران، ۲۰۱۴؛ **Ibrahem**، ۲۰۱۵؛ **Hai**، ۲۰۱۵)

Microorganisms	Target Species	Microorganisms	Target Species
Bacillus sp.	*Catfish, Penaeids*	*Vibrio fluvialis*	*Oncorhynchus mykiss*
Carnobacterium divergens	*Gadus morhua*	*Tetraselmis suecica*	*Salmo salar*
Alteromonas sp.	*Crassostrea gigas*	*Carnobacterium sp.*	*Hepialus gonggaensis*
Lactobacillus helveticus	*Scophthalmus maximus*	*Lactobacillus acidophilus*	*Clarias gariepinus*
Lactobacillus lactis	*Brachionus plicatilis*	*Bacillus spp.*	*Farfantepenaeus brasiliensis*
Streptococcus thermophilus	*Scophthalmus maximus*	*Enterococcus sp.*	*Farfantepenaeus brasiliensis*
Streptomyces	*Xiphophorus helleri*	*Lactococcus lactis*	*Epinephelus coioides*
Lactobacillus casei	*Poeciliopsis gracilis*	*Lactococcus helveticus*	*Scophthalmus maximus*
Bacillus sp. Vibrio sp.	*Macrobrachium rosenbergii*	*Bacillus sp. and Vibrio sp.*	*Macrobrachium rosenbergii*
Bacillus coagulans	*Cyprinus carpio, koi*	*Carnobacterium sp.*	*Hepialus gonggaensis*
Enterococcus faecium	*Anguilla anguilla*	*Lactobacillus acidophilus*	*Clarias gariepinus*
Lactobacillus rhamnosus	*Oncorhynchus mykiss*	*Shewanella putrefaciens*	*Solea senegalensis*
Pseudomonas fluorescens	*Oncorhynchus mykiss*	*Bacillus sp.*	*Penaeus monodon*
Pseudomonas sp.	*Oncorhynchus mykiss*	*Lactobacillus acidophilus*	*Clarias gariepinus*
Roseobacter sp	*. Scallop larvae*	*Bacillus coagulans*	*Pennaeus vannamei*
Saccharomyces cerevisiae	*Litopenaeus vannamei*	*Lactobacillus delbrueckii*	*Dicentrarchus labrax*
Phaffia rhodozyma	*Litopenaeus vannamei*	*Saccharomyces sp.*	*Penaeus monodon*
Vibrio alginolyticus	*Salmonids*	*Bacillus subtilis*	*Paralichthys olivaceus*
Lactobacillus rhamnosus	*Danio rerio*	*Lactobacillus acidophilus*	*Xiphophorus helleri*
Lactobacillus casei	*Xiphophorus helleri*		

جدول۳- کاربردهای مختلف پروبیوتیک‌ها در آبزی‌پروری (**Martínez Cruz** و همکاران، ۲۰۱۲)

Application	Identity of the probiotic	Applied to aquatic species
Growth promoter	*Bacillus* sp. S11	*Penaeus monodon*
	Bacillus sp.	Catfish
	Carnobacterium divergens	*Gadus morhua*
	Alteromonas CA2	*Crassostrea gigas*
	Lactobacillus helveticus	*Scophthalmus maximus*
	Lactobacillus lactis AR21	*Brachionus plicatilis*
	Streptococcus thermophilus	*Scophthalmus maximus*
	Streptomyces	*Xiphophorus helleri*
	L. casei	*Poeciliopsis gracilis*
	Bacillus NL 110, *Vibrio* NE 17	*Macrobrachium rosenbergii*
	Bacillus coagulans	*Cyprinus carpio* koi
Pathogen inhibition	*Bacillus* sp.	Penaeids
	Enterococcus faecium SF 68	*Anguilla anguilla*
	L. rhamnosus ATCC53103	*Oncorhynchus mykiss*
	Micrococcus luteus A1-6	*Oncorhynchus mykiss*
	Pseudomonas fluorescens	*Oncorhynchus mykiss*
	P. fluorescens AH2	*Oncorhynchus mykiss*
	*Pseudomonas*sp.	*Oncorhynchus mykiss*
	Roseobacter sp. BS. 107	Scallop larvae
	Saccharomyces cerevisiae, S. exiguous, Phaffia rhodozyma	*Litopenaeus vannamei*
	Vibrio alginolyticus	Salmonids
	V. fluvialis	*Oncorhynchus mykiss*
	Tetraselmis suecica	*Salmo salar*
	Carnobacterium sp. Hg4-03	*Hepialus gonggaensis* larvae
	Lactobacillus acidophilus	*Clarias gariepinus*
	Bacillus spp., *Enterococcus*sp.	*Farfantepenaeus brasiliensis*
	Lactococcus lactis	*Epinephelus coioides*
Nutrient digestibility	*L. helveticus*	*Scophthalmus maximus*
	Bacillus NL 110, *Vibrio* NE 17	*Macrobrachium rosenbergii*
	Carnobacterium sp. Hg4-03	*Hepialus gonggaensis* larvae
	Lactobacillus acidophilus	*Clarias gariepinus*
	Shewanella putrefaciens Pdp11	*Solea senegalensis*

Water quality	*Bacillus* sp. 48	*Penaeus monodon*
	Bacillus NL 110, *Vibrio* sp. NE 17	*Macrobrachium rosenbergii*
	Lactobacillus acidophilus	*Clarias gariepinus*
	B. coagulans SC8168	*Pennaeus vannamei*
	Bacillus sp., *Saccharomyces* sp.	*Penaeus monodon*
Stress tolerance	*Lactobacillus delbrueckii*	*Dicentrarchus labrax*
	Alteromonas sp.	*Sparus auratus*
	B. subtilis, L. acidophilus, S. cerevisiae	*Paralichthys olivaceus*
	L. casei	*Poecilopsis gracilis*
	Pediococcus acidilactici	*Litopenaeus stylirostris*
	Shewanella putrefaciens Pdp11	Makimaki
Reproduction improvement	*Bacillus subtilis*	*Poecilia reticulata, Xiphophorus maculatus*
	L. rhamnosus	*Danio rerio*
	L. acidophilus, L. casei, Enterococcus faecium, Bifidobacterium thermophilum	*Xiphophorus helleri*

کاربرد های مختلف پروبیوتیک ها در آبزی‌پروری: پروبیوتیک ها در آبزی پروری کاربرد های مختلفی دارند که در ادامه به صورت مختصر به این کاربردهای انها پرداخته می‌شود. معمولاً در مطالعات مربوط به آبزی پروری، کشت‌های زنده به صورت اسپری بر روی جیره‌های پایه ، به صورت پوشش بر روی جیره پایه ، سلول های لیوفیلیزه، سلول های غیرزنده، سلول‌های تخریب شده و یا سوپرناتانت بدون سلول مورد استفاده قرار می گیرند که همه این موارد موفقیت‌هایی همراه بوده است (Mohapatra و همکاران، ۲۰۱۲).

۱- **محرک رشد:** پروبیوتیک‌ها در تحریک رشد انواع مختلفی از آبزیان مورد استفاده قرار گرفته اند و اثرات مثبتی نیز به همراه داشته است ولی هنوز مشخص نیست که علت تحریک رشد بوسیله پروبیوتیک‌ها مربوط به افزایش اشتها در آبزیان است یا روند هضم را بهبود می بخشد با این حال برخی معتقدند که در هر دو عامل موثر می باشد. در صورت مصرف مداوم، پروبیوتیک‌ها بعد از مدتی سویه غالب روده آبزیان خواهند شد و در این حالت سرعت دفع انها کمتر از سرعت تکثیر انها می شود، در این حالت انها به مخاط روده می چسبند و در انجا رشد می کنند که این فرایند به عواملی مانند دمای بدن، ژنتیک، سطح آنزیم‌ها، کیفیت آب و برخی عوامل دیگر وابسته است (Martínez Cruz و همکاران، ۲۰۱۲) در تحقیقی که از باسیلوس به عنوان پروبیوتیک در غذای میگو استفاده شد مشخص گردید که در طی ۱۰۰ روز تاثیر پروبیوتیک ها بر روی رشد معنی‌دار بوده است (Rengpipat و همکاران، ۱۹۹۸). همچنین یک آزمایش ۳۰ روزه برای ارزیابی اثرات یک رژیم غذایی حاوی لاکتوباسیلوس بر روی *Pterophyllum scalare* و *Metynnis schreitmuelleri* نشان دهنده بهبود در نرخ رشد و بقای دو گونه بود (Vartak، ۲۰۰۳).

۲- **مهار عوامل بیماریزا:** سالهاست که از آنتی‌بیوتیک‌ها در آبزی‌پروری برای جلوگیری از بیماریها استفاده می‌شود که این کار با مشکلاتی از جمله وجود باقی مانده آنتی‌بیوتیک در بافت های حیوانی، ایجاد مکانیسم‌های مقاومت باکتریایی و همچنین عدم تعادل در فلور میکروبی دستگاه گوارش آبزیان همراه بوده است. نکته مهمی که امروزه مورد اهمیت است این است که مصرف کنندگان تمایل به استفاد از محصولاتی عاری از آنتی‌بیوتیک دارند و از طرفی مسئله پیشگیری نسبت به درمان در اولویت قرار گرفته است. لذا استفاده از پروبیوتیک‌ها به جای آنتی‌بیوتیک برای مهار عوامل عفونی باید در اولویت آبزی‌پروری قرار گیرد (Martínez Cruz و همکاران، ۲۰۱۲). عمل آنتاگونیستی یا مهار انواع پاتوژن‌ها یکی از مهمترین خواص مورد نظر برای پروبیوتیک های

بالقوه است. میکروارگانیسم‌های پروبیوتیک اغلب توانایی تولید موادی مانند لیزوزیم ها، پروتئاز ها، سیدروفورها، پراکسید هیدروژن و باکتریوسین‌ها دارند که تأثیر باکتریواستاتیک یا باکتری‌کشی بر میکروب‌های بیماری‌زا را دارا می‌باشند. به عنوان مثال، ترکیبی به نام ایندول با فعالیت بازدارنده قوی در برابر باکتری‌ها و قارچ‌ها در برخی از باکتری‌های پروبیوتیک شناسایی شده است. به‌طور مشابه، برخی از میکروارگانیسم‌ها اسیدهای چرب فرار (اسیداستیک، بوتیریک، لاکتیک و پروپیونیک) و اسید آلی تولید می‌کنند و pH مجرای دستگاه گوارش را کاهش می‌دهند و در نتیجه از تکثیر پاتوژن‌های فرصت‌طلب جلوگیری می‌کنند (Simón و همکاران، ۲۰۲۱).

نحوه اثر پروبیوتیک‌ها بر پاتوژن‌ها خود به چند روش انجام می‌شود که شامل موارد ذیل است:

- ✓ تولید مواد بازدارنده
- ✓ رقابت بر سر مصرف کردن مواد مغذی
- ✓ رقابت بر سر تجمع در سطوح مخاطی
- ✓ اختلال در سیستم کوارووم سنسینگ (Simón و همکاران، ۲۰۲۱).

در مطالعه‌ای، سویه‌های باکتری جدا شده از محیط‌های آبی به‌منظور تعیین مشخصات پروبیوتیکی و اثر ضدمیکروبی آن‌ها در برابر پاتوژن‌های ماهی و مواد غذایی مورد بررسی زیستی قرار گرفتند. دو جدایه لاکتوکوکوس لاکتیس و انتروکوکوس فاسیوم شناسایی شدند، که قادر به تولید یک ماده ضدمیکروبی شبیه باکتریوسین (BLIS) بودند که علیه لیستریا مونوسیتوژنز، سالمونلا کلرا سوئیس و سالمونلا تیفی موریوم فعال است. فعالیت ضدمیکروبی BLIS هنگامی که در معرض دماهای بالا و آنزیم های پروتئولیتیک (تریپسین، پپسین، پاپائین و پانکراتین) قرار گرفت کاهش یافت (Pereira و همکاران، ۲۰۲۲).

۳- بهبود هضم مواد مغذی: طی دهه‌های گذشته، تولید آبزی‌پروری به سرعت افزایش یافته است. توسعه آتی صنعت به شدت به استفاده پایدار از منابع طبیعی متکی است نیاز به بهبود مقاومت در برابر بیماری، عملکرد رشد، تبدیل غذا و ایمنی محصول برای مصرف انسان، کاربرد پروبیوتیک ها را در آبزی‌پروری افزایش داده است. پروبیوتیک‌ها رشد و تبدیل خوراک را افزایش می‌دهند، وضعیت سلامتی را بهبود می‌بخشند، مقاومت به بیماری را افزایش می‌دهند، حساسیت به استرس را کاهش می‌دهند و وضعیت عمومی را بهبود می‌بخشند. در حال حاضر، بیشتر پروبیوتیک ها به جای ماهی، از منابع زمینی استخراج میشوند با این حال، پروبیوتیک‌های استخراج شده از ماهی در دستگاه گوارش ماهی پایداری بیشتری دارند و بنابراین ممکن است اثرات طولانی‌تری روی میزبان به جای بگذارند. کاندیدهای پروبیوتیک های منتخب معمولاً در آزمایشگاه ها جداسازی و غربالگری می‌شوند، ولی انتقال آنها به داخل سیستم گوارشی و تثبیت آنها اغلب مشکل است. به طور مثال از پروبیوتیک ها می‌توان برای استفاده از مواد جدید مانند کیتین موجود در بدن حشرات که توسط ماهی به تنهایی قابل هضم نیست استفاده کرد (Wuertz و همکاران، ۲۰۲۱). محققین در یک تحقیق نشان دادند که پروبیوتیک‌ها تأثیر مفیدی بر فرآیندهای گوارشی آبزیان دارند، زیرا سویه‌های پروبیوتیک آنزیم‌های خارج سلولی مانند پروتئازها، آمیلاز ها، و لیپاز ها را سنتز می کنند و همچنین فاکتورهای رشد مانند ویتامین‌ها، اسیدهای چرب و اسیدهای آمینه را فراهم می کنند (Amoah و همکاران، ۲۰۲۳). پروبیوتیک‌ها قابلیت تولید آنزیم‌های گوارشی را دارند و می‌توانند کارایی خوراک را افزایش دهند، باکتری‌های پروبیوتیک می‌توانند در روده ماهی تکثیر شوند و مواد مغذی به ویژه کربوهیدرات‌ها را برای

رشد خود مصرف کنند و آنزیم‌های گوارشی مانند آمیلاز، پروتئاز و لیپاز را همراه با اسیدهای چرب با زنجیره کوتاه تولید کنند. تنوع بیشتری از آنزیم‌ها و اسیدهای چرب با زنجیره کوتاه با انواع مختلف رژیم غذایی و همچنین ترکیبات کاربردی مانند پروبیوتیک‌ها که می‌توانند در رژیم غذایی گنجانده شوند به دست می‌آید. اسیدهای چرب فرار می‌توانند نقش مهمی در رشد بافت روده و میکروبیوم داشته باشند و متعاقباً هضم و جذب بیشتر اتفاق می‌افتد. استفاده از پروبیوتیک‌ها در جیره‌ها باعث هضم بیشتر مواد مغذی می‌شود که به فعالیت آنزیم‌های گوارشی باکتری‌ها نسبت داده می‌شود (Allameh و همکاران، ۲۰۲۱). مطالعات متعدد نشان داد که استفاده از پروبیوتیک اغلب منجر به بهبود عملکرد رشد می‌شود. در این راستا، پروبیوتیک‌ها می‌توانند مستقیماً با افزایش اشتها و تنظیم رشد یا به طور غیرمستقیم از طریق بهبود قابلیت هضم عمل کنند. در تیلاپیا، وزن می‌تواند تا ۱۱۵,۳ ٪ افزایش یابد، اما عملکرد رشد ممکن است با تبدیل بهتر خوراک مرتبط باشد. با این وجود، پروبیوتیک‌ها در واقع محور رشد را تحریک می‌کنند و رونویسی فاکتور رشد شبه انسولین و گیرنده هورمون رشد را افزایش می‌دهند. علاوه بر این، آنزیم های کلیدی مرتبط با متابولیسم مانند گلوکوکیناز، هگزوکیناز، گلوکز-۶-فسفاتاز، و پیروات کیناز نیز در میزبان افزایش یافت (El-Haroun و همکاران، ۲۰۰۶؛ Guidoli و همکاران، ۲۰۱۸؛ Yi و همکاران، ۲۰۱۹؛ Chiu و همکاران، ۲۰۱۴).

۴- بهبود کیفیت آب: در مطالعه که در این خصوص انجام شده است کیفیت آب در طول مدت زمان افزودن پروبیوتیک‌ها، خصوصا باسیلوس مورد بررسی قرار گرفت. شاید به این دلیل است که این گروه از باکتری‌ها در تبدیل مواد آلی به CO_2 کارآمدتر از گرم منفی‌ها هستند. لذا با توجه به این مطالعات پیشنهاد می‌گردد پرورش‌دهندگان ماهی با حفظ سطوح بالای پروبیوتیک‌ها در استخرهای تولید، تجمع کربن آلی محلول و ذرات معلق را در طول فصل رشد به حداقل برسانند. علاوه بر این، این کار می‌تواند تولید فیتوپلانکتون را متعادل کند (Martínez Cruz و همکاران، ۲۰۱۲).

نتایج تحقیق انجام شده در این خصوص نشان داد که استفاده از پروبیوتیک‌ها باعث افزایش بقای لارو تا ۹۳,۳ درصد در مقایسه با ۸۹,۸۵ درصد در گروه کنترل شده است. تعداد کل باکتری‌ها و تعداد کل گونه‌های Vibrio در لاروهای آب و ماهی نشان داد که در عرض ۴۸ ساعت، پروبیوتیک‌ها به جمعیت غالب تبدیل شدند. پس از ۲۴ ساعت، نمونه‌های آب و لاروهای تیمار شاهد افزایش قابل توجهی در بار باکتریایی نشان دادند و لذا پروبیوتیک‌ها می‌توانند نقش مهمی در حفظ پارامتر های کیفی آب زنده و غیرزیست داشته باشند که منجر به بقای بهتر لاروها در طول حمل و نقل می‌شود. این یافته‌ها گام مهمی در بهبود پروتکل‌های حمل و نقل از راه دور است (Gamoori و همکاران، ۲۰۲۲). در تحقیقی دیگر اثرات دو پروبیوتیک بر تخریب NH3، در شرایط آزمایشگاهی و همچنین تأثیر این پروبیوتیک‌ها بر حفظ کیفیت آب در استخرهای نگهداری *Litopenaeus vannamei* نیز مورد بررسی قرار گرفت که نتایج نشان داد به صورت کلی، هر دو پروبیوتیک قادر به تجزیه NH3 بودند. پروبیوتیک‌ها همچنین برای کاهش سطح TVC و NH3 با افزایش اکسیژن محلول و pH در آب حوض موثر واقع شدند (Hassan و همکاران، ۲۰۲۲) در تحقیقی دیگر که در هند انجام شد سه استخر ماهی، *Pangasius sutchi*، *Catla catla* و *Labeo rohita*، انتخاب و برای یک دوره کشت طی سال‌های ۲۰۰۹ تا ۲۰۱۰ مورد مطالعه قرار گرفتند. دو استخر با پروبیوتیک‌های دارای گونه‌های

نیتروزوموناس و نیتروباکتر تیمار شدند و یک استخر به‌عنوان شاهد در نظر گرفته، در طول دوره کشت، پارامترهای کیفی آب و جمعیت کل باکتری‌های هتروتروف (THB)، باکتری‌های مفید (نوع‌های نیتروزوموناس و نیتروباکتر)، باکتری‌های بیماری‌زا (سودوموناس) در آب مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. نتایج این مطالعه نشان داد که در استخرهای تیمار شده، THB و بار باکتری‌های مفید افزایش و بار سودوموناس کاهش یافته است. جمعیت باکتری در طول هر دو هفته نمونه‌برداری از دوره کشت تغییر کرد و الگوهای تغییر باکتری‌های مختلف در استخرهای تیمار شده و شاهد مقایسه و مورد بحث قرار گرفت، غلظت آمونیاک، نیتریت و فسفات در استخرهای تیمار شده نسبت به استخر شاهد پایین بود. مطالعه حاضر نشان داد که پروبیوتیک‌ها در حفظ کیفیت آب، افزایش بارمیکروبی باکتری‌های مفید و کاهش بار میکروبی باکتری‌های بیماری‌زا در استخرهای پرورش ماهی موثر هستند (Padmavathi و همکاران، ۲۰۱۲). لالو و همکاران چندین سویه باسیلوس را از *Cyprinus carpio* جدا کردند و آزمایشاتی را برای بهبود کیفیت آب در پرورش ماهیان زینتی و مهار رشد *Aeromonas hydrophila* انجام دادند. سه جدایه از نه جدایه ظرفیت بالایی برای مهار پاتوژن در ۷۸ مورد از میزان بروز نسبی نشان دادند. همچنین غلظت آمونیاک، نیترات و فسفات به ترتیب به میزان ۷۴، ۷۶ و ۷۲ درصد کاهش یافت (Lalloo و همکاران، ۲۰۰۷).

۵- بهبود تحمل استرس: روش‌های جدید پرورش آبزیان نیازمند تولیدات زیاد در زمان کوتاه است که این کار همراه با ایجاد استرس در آبزیان است. به غیر از استرس ناشی از پاتوژن‌ها، آبزیان در معرض تغییرات دما و سایر اختلالات محیطی و روانی نیز قرار می‌گیرند که می‌تواند به شدت بر وضعیت فیزیولوژیکی آنها تأثیر بگذارد (Mohapatra، ۲۰۱۲). به عنوان مثال، گزارش شده است که استرس مزمن در ماهی گورخری، باعث کاهش سنتز پروتئین ماهیچه می‌شود (Martínez Cruz و همکاران، ۲۰۱۲). دو سویه باکتری، *Lactobacillus fructivorans*، جدا شده از روده ماهی (*Sparus aurata*) و لاکتوباسیلوس پلانتاروم، جدا شده از مدفوع انسان، به طور همزمان در طول رشد ماهی، مورد استفاده قرار گرفتند. تلفات، سطوح کورتیزول و بیان ژن HSP70 بررسی شد. نتایج به‌دست آمده نشان داد که تجویز پروبیوتیک به ماهی‌ها باعث افزایش سطح بیان ژن HSP70 می‌شود که نشان‌دهنده پتانسیل بیشتری برای پاسخ به شرایط مضر احتمالی در مزارع پرورش ماهی است. این فرضیه با این واقعیت هماهنگ است که سطوح کورتیزول یافت شده در هر دو گروه تیمار شده با پروبیوتیک‌ها به طور قابل توجهی در زمانی که از pH به عنوان یک عامل استرس زا استفاده می‌شود، نسبت به نمونه‌های شاهد پایین‌تر بود و باعث مرگ و میر تجمعی بالاتری در گروه کنترل شد. این نتایج حاکی از بهبود تحمل به تنش حاد بچه‌ماهی‌های تغذیه شده با پروبیوتیک‌ها است (Rollo و همکاران، ۲۰۰۶).

وارلا و همکاران اثرات تجویز رژیم غذایی یک سویه پروبیوتیک باکتریایی از خانواده *Alteromonadaceae*، را بر رشد و تحمل استرس به تراکم بالا در ماهی اسپروس آئوراتوس مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که عملکرد رشد در گروه دریافت‌کننده پروبیوتیک نسبت به گروه شاهد بهبود یافت و هیچ تفاوتی برای پارامترهای ایمنی یا متابولیک ارزیابی شده مشاهده نشد. نتایج ما نشان داد که تجویز پروبیوتیک‌ها در جیره باعث رشد و بهبود تحمل استرس تحت تراکم بالا می‌شود (Varela و همکاران، ۲۰۱۰).

۶- **تاثیر بر فرایند تولیدمثل آبزیان:** مطالعاتی که اخیرا بر روی تاثیر پروبیوتیک‌ها بر فرایند تولیدمثل انجام شده است، نشان می‌دهد که پروبیوتیک‌ها بر تحریک رشد غدد جنسی، بلوغ و کیفیت گامت موثر هستند (Carnevali و همکاران، ۲۰۱۶). Rahman و همکاران (۲۰۱۸) اثرات پروبیوتیک‌ها را بر تولیدمثل گربه‌ماهی کره‌ای بررسی کردند. نتایج نشان‌دهنده اثرات مثبت پروبیوتیک‌ها بر عملکرد تولیدمثلی ماهی بود که باروری و بقای لارو به طور قابل‌توجهی افزایش یافت. گروهی دیگر از محققین بر روی *Cyprinus carpio* مطالعه کردند که نشان داد باکتری‌های پروبیوتیک باعث گسترده‌تر شدن بلوغ غدد جنسی می‌شود. گروهی دیگر اثرات پروبیوتیک‌ها را بر کنترل یکپارچه متابولیسم ماهی بررسی کردند. نتایج نشان‌دهنده اثرات مثبت پروبیوتیک‌ها بر غدد جنسی ماهی است که بر تولیدمثل و کیفیت گامت تاثیر به سزایی دارد (Aydin و همکاران، ۲۰۱۹).

جدول ۴- سویه مختلف پروبیوتیک به کار رفته در ماهی برای بهبود عملکرد تولیدمثلی و کیفیت گامت (Aydin و همکاران، ۲۰۱۹).

Different Probiotic Strain Applied in Fish for Improvement of Reproductive Performance and Gamete Quality.

Probiotic	Application	Species	Benefites mentioned
Bacillus subtilis	Feed additive	*Poecilia reticulata* *Poecilia sphenops Xiphophorus helleri and maculatus*	Fecundity ↑ Viability of eggs Larval quality
Bacillus, Pseudomonas, Acinetobacter	Immersion	*Clarias gariepinus*	Reproductive performance Gamete quality ↑
Lactobacillus acidophilus ***Lactobacillus casei*** ***Enterococcus faecium*** ***Bifidobacterium thermophilum***	Feed additive	*Xiphophorus helleri*	Gonadosomatic indices Fecundity ↑ Larval quality
Lactobacillus rhamnosus **IMC 501 (Synbiotec)**	Feed additive	*Danio rerio*	Oocyte maturation Fecundity ↑ Reproduction improvement Numbers of ovulated eggs
Lactobacillus rhamnosus **IMC 501 (Synbiotec)**	Feed additive	*Danio rerio*	Follicle growth phase ↑ Gonadosomatic index (GSI) Oocyte development
Lactobacillus rhamnosus **IMC 501 (Synbiotec)**	Feed additive	*Danio rerio*	Follicle development ↑ Ovary →
Lactobacillus rhamnosus **IMC 501 (Synbiotec)**	Feed additive	*Danio rerio*	Follicular apoptosis ↓ Follicular survival ↑
Lactobacillus rhamnosus **IMC 501 (Synbiotec)**	Immersion	*Anguilla anguilla*	Spermatogenesis process Sperm volume Sperm motility ↑
Pediococcus acidilactici **(Bactocell®)** **(probiotic along with nucleotide)**	Feed additive	*Carassius auratus*	Reproductive performance Percentage of motile cells ↑ Duration of spermmotility Absolute fecundity Spermatocrit ↑ Fertilization
Pediococcus acidilactici **(Bactocell®)**	Feed additive	*Danio rerio*	Testicular cells Male reproductive performance ↑

↑-Increase, →-No Change, ↓-Decrease.

نتیجه‌گیری

با توجه به افزایش جمعیت و چالش تامین مواد غذایی بوسیله انسان و همچنین نیاز به تولید بالاتر در صنعت آبزیان، این صنعت با سرعت بسیار زیادی روند رشد خود را طی می‌کند. از طرفی استفاده زیاد از آنتی‌بیوتیک‌ها، علاقه مصرف‌کنندگان به مصرف مواد غذایی با میزان آنتی‌بیوتیک کمتر و سالم بودن و مفید بودن پروبیوتیک ها باعث انجام تحقیقات گسترده‌ای در این خصوص شده است. این تحقیقات نشان داد که از پروبیوتیک‌ها می‌توان در کاهش مصرف آنتی‌بیوتیک، تحریک رشد آبزیان، بهبود کیفیت آب، کنترل استرس و برخی موارد دیگر استفاده کرد. این

ترکیبات علاوه بر مباحث اقتصـــادی در خصـــوص کاهش تلفات و افزایش بهره‌وری برای تولیدکنندگان، برای سلامت مصرف‌کننده نیز حائز اهمیت می‌باشند. لذا با وجود تحقیقات زیاد انجام شـــده، تا اســـتفاده گســـترده پروبیوتیک‌ها در آبزیان راه زیادی در پیش است.

منابع

Abdollahzadeh, Y., Pourmozaffar, S., 2023. A review of the use of paraprobiotics in aquaculture. Journal of Marine Medicine 5(2), 109-118. http://jmarmed.ir/article-1-402-fa.html

Akrami, R., Qelichi, A., Qaraei, A., 2010. Application of probiotics in aquaculture. Journal of New Technologies in Aquaculture Development (Fisheries) 4(1), 77-84. SID. **https://sid.ir/paper/161594/fa**

Allameh, S.K., Noaman, V., Boroumand Jazi, M., Ganjpour, M., Nahavandi, R., 2021. Some Beneficial Effects of Probiotics in Aquaculture 4, 215-218.

Allameh, S.K., Noaman, V., Nahavandi, R., 2017. Effects of probiotic bacteria on fish performance. Advanced Techniques in Clinical Microbiology 1, 1-5.

Alyami, A., Al-Mousa, A., Al-Otaibi, S., Khalifa, A., 2022. Lactobacillus species as probiotics: Isolation sources and health benefits. Journal of Pure and Applied Microbiology 16. 10.22207/JPAM.16.4.19.

Amoah, K., Tan, B., Zhang, S., Chi, S., Yang, Q., Liu, H., Yang, Y., Zhang, H., Dong, X., 2023. Host gut-derived Bacillus probiotics supplementation improves growth performance, serum and liver immunity, gut health, and resistive capacity against *Vibrio harveyi* infection in hybrid grouper (♀*Epinephelus fuscoguttatus* × ♂*Epinephelus lanceolatus*). Animal Nutrition (Zhongguo xu mu shou yi xue hui). 14, 163–184. https://doi.org/10.1016/j.aninu.2023.05.005

Aydin, F., Çek, Ş., 2019. Effect of probiotics on reproductive performance of fish. Natural and Engineering Sciences 4. 153-162. 10.28978/nesciences.567113.

Balcázar, J.L., de Blas, I., Ruiz-Zarzuela, I., Cunningham, D., Vendrell, D., Múzquiz, |J.L., 2006. The role of probiotics in aquaculture. Veterinary Microbiology. 114 (3–4), 173-186, ISSN 0378-1135, https://doi.org/10.1016/j.vetmic.2006.01.009.

Carnevali, O., Maradonna, F., Gioacchini, G., 2016. Integrated control of fish metabolism, wellbeing and reproduction: The role of probiotic. Aquaculture 472. 10.1016/j.aquaculture.2016.03.037.

Chalamalasetti, N.M., Nair, S.G., Subramaniam, K., De los Ríos-Escalante, P., Ibáñez-Arancibia, E., Mater, J., 2022. The role of probiotics in the pond management- a review. Journal of Materials and Environmental Sciences 13(2), 210-221.

Chiu, K., Liu, W-S., 2014. Dietary administration of the extract of *Rhodobacter sphaeroides* WL-APD911 enhances the growth performance and innate immune responses of seawater red tilapia (*Oreochromis mossambicus* × *Oreochromis niloticus*). Aquaculture s 418–419. 32–38, 10.1016/j. Aquaculture. 2013.10.007.

Das, S., Mondal, K., Haque, S., 2017. A review on application of probiotic, prebiotic and synbiotic for sustainable development of aquaculture. Journal of Entomology and Zoology Studies. 422-429.

El-Haroun, E., Goda, A., Chowdhury, M.A.K., 2006. Effect of dietary probiotic biogen supplementation as a growth promoter on growth performance and feed utilization of Nile tilapia *Oreochromis niloticus* (L.). Aquaculture Research. 37. 1473 - 1480. 10.1111/j.1365-2109.2006.01584.x.

Gamoori, R., Rashidian, G., Ahangarzadeh, M., Najafabadi, M., Dashtebozorg, M., Mohammadi, Y., Morshedi, V., 2022. Improvement of water quality with probiotics inclusion during simulated transport of yellowfin seabream (*Acanthopagrus latus*) larvae. Research Square. 10.21203/rs.3.rs-2228929/v1.

Guidoli, M., Mendoza, J., Falcón, S., Boehringer, S., Sánchez, S., Nader-Macías, M,. 2018. Autochthonous probiotic mixture improves biometrical parameters of larvae of Piaractus mesopotamicus (Caracidae, Characiforme, Teleostei). Ciência Rural 48. 10.1590/0103-8478cr20170764.

Hai, N.V., 2015. The use of probiotics in aquaculture. Journal of Applied Microbiology 119(4), 917–935. https://doi.org/10.1111/jam.12886

Hassan, M.A., Fathallah, M.A., Elzoghby, M.A., Salem, M.G., Helmy, M.S., 2022. Influence of probiotics on water quality in intensified *Litopenaeus vannamei* ponds under minimum-water exchange. AMB Express 12(1), 22. https://doi.org/10.1186/s13568-022-01370-5

Hoseinifar, S.H., Sun, Y.Z., Wang, A., Zhou, Z., 2018. Probiotics as Means of Diseases Control in Aquaculture, a Review of Current Knowledge and Future Perspectives. Frontiers in Microbiology 9, 2429. https://doi.org/10.3389/fmicb.2018.02429

Ibrahem, M.D., 2015. Evolution of probiotics in aquatic world: Potential effects, the current status in Egypt and recent prospectives. Journal of Advanced Research 6(6), 765–791. https://doi.org/10.1016/j.jare.2013.12.004

Kechagia, M., Basoulis, D., Konstantopoulou, S., Dimitriadi, D., Gyftopoulou, K., Skarmoutsou, N., & Fakiri, E. M., 2013. Health benefits of probiotics: a review. ISRN nutrition, 481651. https://doi.org/10.5402/2013/481651

Kim, Y., Lee, J.W., Kang, S.G., Oh, S., Griffiths, M.W., 2012. Bifidobacterium spp. influences the production of autoinducer-2 and biofilm formation by Escherichia coli O157:H7. Anaerobe 18(5), 539–545. https://doi.org/10.1016/j.anaerobe.2012.08.006

Lalloo, R., Ramchuran, S., Ramduth, D., Görgens, J., Gardiner, N., 2007. Isolation and selection of Bacillus spp. as potential biological agents for enhancement of water quality in culture of ornamental fish. Journal of Aapplied Microbiology 103(5), 1471–1479. https://doi.org/10.1111/j.1365-2672.2007.03360.x

Mal-Ganji, S., Eivani, M., Sohrabvandi, S., Mortazavian, A., 2013. Health related aspects of probiotics. Iranian Journal of Nutrition Sciences and Food Technology 7 (5), 579-590. URL: http://nsft.sbmu.ac.ir/article-1-1055-fa.html

Martínez Cruz, P., Ibáñez, A.L., Monroy Hermosillo, O.A., Ramírez Saad, H.C., 2012. Use of probiotics in aquaculture. ISRN Microbiology 2012, 916845. https://doi.org/10.5402/2012/916845

Merrifield, D., Dimitroglou, A., Foey, A., Davies, S., Baker, R., Bøgwald, J., Castex, M., Ringoe, E., 2010. The current status and future focus of probiotic and prebiotic applications for salmonids. Aquaculture 302, 1-18. 10.1016/j.aquaculture.2010.02.007.

Mohapatra, S., Chakraborty, T., Kumar, V., Deboeck, G., Mohanta, K., 2012. Aquaculture and stress management: A review of probiotic intervention. Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition. 97. 10.1111/j.1439-0396.2012.01301.x.

Nayak, S.K., 2010. Probiotics and immunity: A fish perspective. Fish and Shellfish Immunology 29, 214. 10.1016/j.fsi.2010.02.017.

O'Callaghan, A., van Sinderen, D., 2016. Bifidobacteria and Their Role as Members of the Human Gut Microbiota. Frontiers in microbiology 7, 925. https://doi.org/10.3389/fmicb.2016.00925

Padmavathi, P., K, Sunitha., K, Veeraiah., 2012. Efficacy of probiotics in improving water quality and bacterial flora in fish ponds. African Journal of Microbiology Research. 6. 7471-7478. 10.5897/AJMR12.496.

Parapouli, M., Vasileiadis, A., Afendra, A.S., Hatziloukas, E., 2020. Saccharomyces cerevisiae and its industrial applications. AIMS Microbiology 6(1), 1–31. https://doi.org/10.3934/microbiol.2020001

Pereira, W.A., Piazentin, A.C.M., de Oliveira, R.CAmorim Pereira, Wellison., Piazentin, Anna ., Piazentin, M., de Oliveira, Rodrigo., Carlos, Miguel., Mendonça, Carlos., Tabata, Yara., Mendes, Maria., Fock, Ricardo., Makiyama, Edson., Corrêa, Benedito., Vallejo, Marisol., Villalobos, Elias., Pinheiro, Ricardo., Oliveira, S., 2022. Bacteriocinogenic probiotic bacteria isolated from an aquatic environment inhibit the growth of food and fish pathogens. Scientific Reports. 12. 127. 10.1038/s41598-022-09263-0

Rahman, M.L., Akhter, S., Khaled, Md., Mallik, M., Rashid, I, Mallik, K.M., 2018. Probiotic Enrich Dietary Effect on the Reproduction of Butter Catfish, Ompokpabda (Hamilton, 1872). International Journal of Current Research in Life Sciences. 07 (02), 866-873.

Rengpipat, S., Phianphak, W., Piyatiratitivorakul, S., Menasveta, P., 1998. Effect of a probiotic bacterium on black tiger shrimp *Penaeus monodon*. Aquaculture 167. 301-313. 10.1016/S0044-8486(98)00305-6.

Ringø, E., Olsen, R., Jensen, I., Romero Ormazábal, J.Y Lauzon, H., 2014. Application of vaccines and dietary supplements in aquaculture: possibilities and challenges. Reviews in Fish Biology and Fisheries. vol. 24, issue 4, pp. 1005-1032. https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/166635

Rollo, A., Sulpizio, R., Nardi, M., Silvi, S., Orpianesi, C., Caggiano, M., Cresci, A., Carnevali, O., 2006. Live microbial feed supplement in aquaculture for improvement of stress tolerance. Fish Physiology and Biochemistry 32, 167-177. 10.1007/s10695-006-0009-2.

Shahrampour, D., Khomeiri, M., 2021. Films and coatings containing probiotic microorganisms: A new approach for production of probiotic products. Innovative Food Technologies 8(2), 173-197. doi: 10.22104/jift.2020.4227.1983

Shefat, S., 2018. Probiotic Strains Used in Aquaculture. International Research Journals 07, 26-33. 10.14303/irjm.2018.023.

Simón, R., Docando, F., Nuñez-Ortiz, N., Tafalla, C., Díaz-Rosales, P., 2021. Mechanisms Used by Probiotics to Confer Pathogen Resistance to Teleost Fish. Frontiers in Immunology 12, 653025. https://doi.org/10.3389/fimmu.2021.653025

Varela, J., Ruiz-Jarabo, I., Vargas-Chacoff , L., Arijo, S., León-Rubio, J., García-Millán, I., del Rio, M.M., Moriñigo, M., Mancera, J., 2010. Dietary administration of probiotic Pdp11 promotes growth and improves stress tolerance to high stocking density in gilthead seabream *Sparus auratus*. Aquaculture 309, 265-271.

Vartak, V., 2003. Effect of a probiotic bacterium supplemented feed on survival and growth of fry of two ornamental fishes, *Pterophyllum scalare* and *Metynnis schreitmuelleri*. Indian Journal of Fisheries 50, 35-39.

Wuertz, S., Schröder, A., Wanka, K., 2021. Probiotics in Fish Nutrition—Long-Standing Household Remedy or Native Nutraceuticals?. Water 13. 1348. 10.3390/w13101348.

Yazdanpanah, E., Eghbalsaid Abueshagh, S., Khomeiri, M., 2024. Crisper technology and its application in food industry. Journal of Strategic Research in Agricultural Sciences and Natural Resources 1-18. doi: 10.22047/srjasnr.2024.403083.1070

Yeganeh, V., Qawampour, A., Gharibi, Q., Mubaraki, S., 2018. Increasing the economic profitability of shrimp farming using probiotics. Promotional Journal of Shrimp and Crustaceans 4(2), 18-24.

Yi, C.C., Liu, C.H., Chuang, K.P., Chang, Y.T., Hu, S.Y., 2019. A potential probiotic *Chromobacterium aquaticum* with bacteriocin-like activity enhances the expression of indicator genes associated with nutrient metabolism, growth performance and innate immunity against pathogen infections in zebrafish (*Danio rerio*). Fish and Shellfish Immunology 93, 124–134. https://doi.org/10.1016/j.fsi.2019.07.042

Zamani, M., 2012. The use of probiotics in increasing the performance and production of cellar fish. National Conference on the Development and Breeding of Cold Water Fish. SID. https://sid.ir/paper/871191/fa

Journal of New Technologies in Aquaculture Development
Azadshahr Branch, Islamic Azad University, Vol. 17, No. 2, Summer 2023

The role and importance of probiotics in aquaculture

Ehsan Yazdanpanah*[1], Shahin eghbalsaidi Abueshaghi[2], Pouria esmaeilzade[3], Amin Rozbehi[4]

[1] Department of Food Sciences and Technology, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran
[2] Department of Animal Science, Isfahan Branch, Islamic Azad University, Isfahan, Iran
[3] Department of Food Sciences and Technoligy, Shahrekord Branch, Islamic Azad University, Shahrekord, Iran
[4] Department of Microbiology, Shahrekord Branch, Islamic Azad University, Shahrekord, Iran

Abstract

The studies and researches of scientists in recent years have revealed the health-giving properties of some microorganisms on humans and animals, such as anti-mutagenic, anti-carcinogenic, anti-disinfectant, cholesterol reduction, improvement of some nutritional incompatibilities, and increasing growth efficiency and the like. Today, these microorganisms are known as probiotics. Aquaculture is one of the important sectors of agriculture, which has been associated with a very favorable growth in recent years. The development of aquaculture, despite having many advantages, has always faced problems such as water quality, the spread of diseases, and nutritional problems. It used the necessary and effective alternatives to protect aquaculture against diseases and the development and growth of this industry. Some alternatives such as the use of probiotics have been suggested to improve the performance of fish. Today, the effects of probiotics on growth, nutrition, reducing antibiotic consumption, improving water quality, improving reproduction, strengthening immune systems and some other things have been proven in aquaculture, but unfortunately, it is still not widely used.

Keywords: Aquaculture, Probiotics, Healthy food, Growth stimulant, Antibiotic

*Corresponding author: ehsany81@yahoo.com