



بررسی اثرات سینرژیستی اسید آلی سوربات پتاسیم و پروبیوتیک (*Lactobacillus casei*) بر فعالیت آنزیم‌های گوارشی، هیستومورفولوژی روده و مقاومت در برابر باکتری بیماری‌زای *Yersinia rucker*، در بچه‌ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum, 1792)

علی جعفرنوده^{۱*}، امیر تکمه‌چی^۲، ابراهیم حسین نجدگرامی^۲، عبدالمجید حاجی‌مرادلو^۲، فرزانه نوری^۲

^۱ دانشجوی دکترا، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران

^۲ استادیار، گروه شیلات، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران

^۳ استاد، گروه شیلات، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران

چکیده

امروزه در آبی‌پروری برای جلوگیری از اثرات منفی آنتی‌بیوتیک‌ها استفاده از جایگزین‌های مختلف از جمله پروبیوتیک‌ها، پریبیوتیک‌ها، اسیدهای آلی مطرح گردیده که می‌توانند اثرات مثبت بر فعالیت‌های فیزیولوژی آبیان داشته باشند. این تحقیق به منظور بررسی اثرات سینرژیستی اسید آلی سوربات پتاسیم و پروبیوتیک لاکتوباسیلوس کازئی (*Lactobacillus casei*) در بچه‌ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (*O. mykiss*) انجام شد. بدین منظور تعداد ۳۶۰ قطعه بچه‌ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان با وزن اولیه 2.75 ± 0.05 گرم در ۶ تیمار و هر تیمار با ۳ تکرار شامل: جیره تجاری (تیمار ۱، شاهد)، جیره حاوی 10^7 CFU/g پروبیوتیک *L. casei* (تیمار ۲)، جیره حاوی ۰/۵ درصد سوربات پتاسیم (تیمار ۳)، جیره حاوی ۱ درصد سوربات پتاسیم (تیمار ۴)، جیره حاوی ترکیب ۰/۵ درصد سوربات پتاسیم و 10^7 CFU/g پروبیوتیک *L. casei* (تیمار ۵) و جیره حاوی ترکیب ۱ درصد سوربات پتاسیم و 10^7 CFU/g پروبیوتیک *L. casei* (تیمار ۶) طراحی گردید. غذادهی در سه مرحله و دوره آزمایش حدود ۶۰ روز به طول انجامید. نمونه‌برداری از ماهیان برای بررسی آنزیم‌های گوارشی، هیستومورفولوژی روده و بررسی مقاومت بچه‌ماهیان در برابر باکتری بیماری‌زای (*Yersinia ruckeri*) در پایان دوره آزمایش انجام شد. نتایج تجزیه و تحلیل داده‌ها نشان داد بیش‌ترین میزان آنزیم آلکالین فسفاتاز و آنزیم پروتئاز در تیمار ۵ و کم‌ترین میزان آن در تیمار شاهد مشاهده شد و بین این دو اختلاف معنی‌دار وجود داشت. بررسی هیستومورفولوژی روده نشان داد بیش‌ترین میزان طول پرز و قطر آن در تیمار ۵ و ۶ و کم‌ترین آن در تیمار شاهد مشاهده شد و بین آنها اختلاف معنی‌دار بود، همچنین نتایج مربوط به آزمون مقاومت در برابر باکتری بیماری‌زای *Y. ruckeri* در پایان دوره نشان داد، بیش‌ترین میزان مرگ و میر در گروه شاهد و کم‌ترین آن در تیمار ۵ و ۶ مشاهده شد که بین آنها اختلاف معنی‌دار بود. در مجموع باتوجه به نتایج به‌دست آمده از این مطالعه، به نظر می‌رسد استفاده از ترکیب پروبیوتیک و اسید آلی در جیره باعث افزایش توان تولید گردد.

واژه‌های کلیدی:

O. mykiss، پروبیوتیک، اسید آلی، آنزیم‌های گوارشی، هیستومورفولوژی

نوع مقاله:

پژوهشی اصیل

تاریخچه مقاله:

دریافت: ۹۶/۰۴/۱۲

پذیرش: ۹۶/۰۷/۱۶

نویسنده مسئول مکاتبه:

علی جعفرنوده، استادیار، گروه شیلات، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران.

ایمیل: a.jafar55@gmail.com

۱ | مقدمه

گذشت سال‌ها این داروها خود مشکلاتی عمده‌ای از جمله، مقاوم شدن عوامل بیماری‌زا (Da Silva et al., 2013)، تغییر فلور میکروبی روده (که در سلامت میزبان نقش بالقوه‌ای دارند) به سمت یک فلور نامتعادل، کاهش تولید اسیدهای چرب کوتاه زنجیره، انتقال این مواد به انسان

در صنعت آبی‌پروری، به‌ویژه در آسیا، استفاده از آنتی‌بیوتیک‌ها به‌علت توانایی آنها در بهبود رشد و مقابله با بیماری‌ها، امری معمول بوده است (Hernandez- Serrano, 2005). هر چند استفاده از این مواد تاحدی توانست در جلوگیری از شیوع بیماری‌ها مفید واقع شود ولی پس از

و پروبیوتیک (*Lactobacillus casei*) بر فعالیت آنزیم‌های گوارشی، هیستومورفولوژی روده و مقاومت در برابر باکتری بیماری‌زای *Yersinia ruckeri* در ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان انجام شد.

۲ | مواد و روش‌ها

پروبیوتیک مورد استفاده در این تحقیق لاکتوباسیلوس کازئی (*L. casei*)، یک سویه بومی، از خانواده لاکتوباسیلوس‌ها، جدا سازی شده از روده ماهی کپور معمولی بود (پژوهشکده مطالعات دریاچه ارومیه) (Andani et al., 2012).

به‌منظور آماده‌سازی باکتری *L. casei* از حالت لیوفیلیزه، از محیط کشت MRS broth استفاده شد. ابتدا مقداری از پودر لیوفیلیزه باکتری را در محیط کشت مذکور ریخته و به مدت ۲۴ ساعت در دستگاه آون (مدل FD115، ساخت کمپانی BINDER آلمان) با دمای ۳۷ درجه سانتی‌گراد انکوبه و پس از رشد باکتری، به‌منظور حذف محیط کشت در سانتریفیوژ یخچال‌دار (مدل 5810R ساخت کمپانی eppendorf آلمان) با دمای ۴ درجه سانتی‌گراد و (Rpm) ۵۰۰۰ قرار داده شد و رسوب حاصله، سه بار با سرم فیزیولوژی استریل، شستشو داده شد. در پایان غلظت باکتری به میزان 10^7 CFU/g با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر، تهیه و جهت اسپری به غذا آماده گردید (Andani et al., 2012).

اسید آلی مورد استفاده در این تحقیق سوربات پتاسیم با درجه خلوص ۹۹٪ بود که از شرکت سیگما (آمریکا) خریداری گردید. ۳۶۰ قطعه بچه ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان با میانگین وزن اولیه $2/5 \pm 0/05$ گرم در ۶ تیمار و هر تیمار با ۳ تکرار توزیع گردید و تیمارهای آزمایش شامل: جیره تجاری (تیمار ۱ شاهد)، جیره حاوی 10^7 CFU/g پروبیوتیک *L. casei* (تیمار ۲)، جیره حاوی ۰/۵ درصد سوربات پتاسیم (تیمار ۳)، جیره حاوی ۰/۱٪ سوربات پتاسیم (تیمار ۴)، جیره حاوی ترکیب ۰/۵ درصد سوربات پتاسیم و 10^7 CFU/g پروبیوتیک *L. casei* (تیمار ۵) و جیره حاوی ترکیب ۰/۱٪ سوربات پتاسیم و 10^7 CFU/g پروبیوتیک *L. casei* (تیمار ۶) بود. شاخص‌های کیفی آب مورد استفاده در آزمایش در جدول ۱ آمده است.

(بزرگنمایی زیستی)، آلودگی‌های زیست‌محیطی و افزایش هزینه‌های جاری تولید ماهی را به‌همراه داشته (Gatlin et al., 2006)، به‌طوری‌که امروزه در اغلب کشورهای آمریکایی و اروپایی، استفاده از آنتی‌بیوتیک‌ها ممنوع و یا با محدودیت‌های شدیدی مواجه گردیده است (Romano et al., 2015). امروزه برای مقابله با این مشکلات راهکارهای مختلفی پیشنهاد شده که از جمله می‌توان به استفاده از پروبیوتیک‌ها، اسیدهای آلی و پری‌بیوتیک‌ها اشاره کرد (Perez-Sanchez et al., 2011).

پروبیوتیک‌ها مکمل‌های میکروبی زنده‌ای هستند که با بهبود و تعادل میکروبی روده میزبان تأثیرات سودمندی برای آنها ایجاد می‌کنند (Fuller, 1989). از جمله عملکردهای مثبت پروبیوتیک‌ها می‌توان به بهبود تعادل میکروفلور روده (Rasdhari et al., 2008)، اصلاح زیستی آب (Bioremediation) (Diego et al., 2012)، تحریک و ارتقاء سیستم ایمنی بدن (Diego et al., 2012) و افزایش کارایی غذایی، تولید ویتامین‌ها، افزایش قابلیت جذب مواد معدنی و عناصر کمیاب و نیز تولید آنزیم‌های گوارشی (Khan and Ansari, 2007) اشاره کرد. اسیدهای آلی، اسیدهای کربوکسیلیک ضعیفی هستند که در ساختار خود دارای یک یا بیش از چند گروه کربوکسیل هستند (Wing-Keong et al., 2009). از بین این ترکیبات آنهایی که بین ۱ تا ۷ کربن دارند، دارای اثرات ضد میکروبی می‌باشند (Eidelsburger, 1998). بیش‌تر اسیدهای آلی به خاطر ساختار ساده و اندازه و جرم مولکولی کوچک می‌توانند عملکرد مفیدی داشته باشند و به‌راحتی به درون سلول نفوذ کنند (Nakai and Siebert, 2003). اثرات مثبت اسیدهای آلی و نمک‌های آنها بر کارایی رشد و سلامت ماهیان در گونه‌های مختلف نظیر: سالمون آتلانتیک (*Salmo salar*) (Luckstadt, 2008)، قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*) (Pandey and Satoh, 2008)، هیبرید تیلابیا (*Oreochromis niloticus* × *O. aureus*) (Zhou et al., 2009) و گربه‌ماهی (*Clarias gariepinus*) (Owen et al., 2006) نشان داده شده است.

باتوجه به عملکردهای مثبت پروبیوتیک‌ها و اسیدهای آلی، این پژوهش با هدف بررسی اثرات جدا و ترکیبی اسید آلی سوربات پتاسیم

جدول ۱- شاخص‌های کیفی آب استفاده شده در گروه‌های آزمایشی و گروه شاهد در ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (*O. mykiss*)

شاخص	میزان
اکسیژن	$8/6 \pm 0/4$ میلی‌گرم در لیتر
درجه حرارت	$15 \pm 0/6$ درجه سانتی‌گراد
شوری	۰/۱ قسمت در هزار
اسیدیته	$6/9 \pm 0/15$

غذا اضافه و برای کاهش میزان آب‌شویی از ژلاتین ۰/۴٪ استفاده شد. بچه‌ماهیان به مدت دو ماه و روزانه ۳ بار غذادهی شدند (ساعت ۸ صبح، ۱۲ ظهر و ۴ بعدازظهر) و میزان غذادهی حدود ۰/۳٪ روزانه محاسبه گردید. بیومتری ماهیان هر دو هفته یک بار انجام شد.

جیره غذایی پایه شامل غذای تجاری ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (غذای بهداشتی شمال- شهرک صنعتی میروود بابلسر) بود. اجزاء جیره غذایی استفاده در این آزمایش در جدول ۲ آمده است. برای تیمارهای آزمایشی، باکتری و اسید آلی، پس از آماده سازی به‌صورت اسپری به

جدول ۲- ترکیب و درصد اجزاء جیره تجاری مورد استفاده در گروه‌های آزمایشی و گروه شاهد ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (*O. mykiss*)

اجزای جیره	پروتئین خام	چربی	فیبر	خاکستر	فسفر کل	کلسیم	سدیم
درصد اجزاء جیره (%)	۳۷	۱۴	۴	۱۰	۱/۳	۲	۰/۴

استفاده شد. برای تعیین LC_{50} ابتدا رقت‌هایی در دامنه $(10^1-10^8 CFU/ml)$ از باکتری بیماری‌زا به‌طور جداگانه در سرم فیزیولوژی استریل تهیه و از هر رقت مقدار ۰/۱ میلی‌لیتر به‌صورت داخل صفاقی به پنج قطعه ماهی تزریق شد. در مرحله بعد ماهیان به‌صورت جداگانه در حوضچه‌های ۱۰۰ لیتری تا ۷ روز نگهداری و براساس آن مقدار LC_{50} باکتری محاسبه گردید. سپس براساس LC_{50} به‌دست آمده در پایان دوره آزمایش از هر تیمار تعداد ۲۰ قطعه ماهی انتخاب و در دو تکرار (هر تکرار ۱۰ قطعه ماهی) تقسیم شدند. در آزمون رویارویی با باکتری بیماری‌زا، بچه‌ماهیان در داخل حوضچه‌های ۲۰۰ لیتری با حجم آبیگری ۱۰۰ لیتر نگهداری شدند و به هر ماهی به‌صورت داخل صفاقی به میزان 5×10^7 به میزان ۱۰۰ میکرولیتر تزریق شد، سپس ماهیان به‌مدت ۱۴ روز تحت بررسی قرار گرفته و تعداد تلفات ثبت گردید (Peters et al., 1988).

تیمارها در قالب طرح کاملاً تصادفی و هر تیمار با سه تکرار آماده شدند. ابتدا نرمال بودن داده‌ها با استفاده از آزمون شاپیرو-ویلک بررسی گردید سپس برای آنالیز داده‌های نرمال از آزمون تجزیه واریانس یک طرفه ONE-WAY-ANOVA و برای داده‌های غیرنرمال از آزمون کروسکال-والیس استفاده شد. مقایسه میانگین تیمارها با استفاده از آزمون پشتیبان دانکن و حداقل سطح معنی‌دار بودن آزمون‌ها در سطح $(p \leq 0/05)$ در نظر گرفته شد. داده‌های به‌دست آمده به‌صورت (انحراف معیار \pm میانگین) برحسب مورد ارائه شدند. برای انجام آنالیزهای آماری از نرم‌افزار SPSS-16 و برای رسم نمودارها از نرم‌افزار Excel استفاده شد.

۳ | نتایج

اثرات گروه‌های مختلف آزمایشی بر هیستومورفولوژی روده بچه-ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان در جدول ۳ نشان داده شده است. بر طبق نتایج بیش‌ترین میزان رشد طولی پرزهای روده‌ای و ضخامت آن در تیمار ۵ و کم‌ترین آن در تیمار ۱ (شاهد) مشاهده شد و بین این دو اختلاف معنی‌دار وجود داشت $(p < 0/05)$. همچنین تصاویر برش بافتی روده در تیمارهای مختلف در شکل (۱) نشان داده شده است.

به‌منظور بررسی اثرات تیمارهای مختلف اسید آلی و پروبیوتیک بر هیستومورفولوژی روده بچه‌ماهیان قزل‌آلای رنگین‌کمان، در پایان دوره آزمایش از هر تیمار ۳ ماهی به‌طور تصادفی انتخاب شد. ماهیان پس از کشته شدن با استفاده از تیغ اسکالپل استریل کالبدگشایی شد و روده آنها با دقت خارج و در فرمالین ۱۰٪ تثبیت شد. روده تثبیت شده به‌منظور انجام مطالعات بافت‌شناسی به آزمایشگاه منتقل شد. آماده‌سازی بافت‌های روده به روش بافت‌شناسی کلاسیک و رنگ‌آمیزی هماتوکسیلین-ائوزین انجام شد. پس از آماده‌سازی، از لام‌ها عکس برداری و ارتفاع و ضخامت پرزهای روده با استفاده از نرم افزار Image J اندازه‌گیری گردید.

۲۴ ساعت بعد از قطع غذاهای از هر تیمار ۳ قطعه ماهی به‌صورت تصادفی انتخاب و بعد از بیهوشی، اقدام به نمونه‌برداری شد. روده ماهیان بعد از تخلیه و جدا کردن چربی‌های اضافی اطراف آن در سرم نمکی استریل شستشو داده و سپس خشک نموده و درون میکروتیوپ-ها قرار داده شد (تمامی مراحل مذکور در روی یخ انجام گرفت). سپس به داخل تانک ازت مایع انتقال یافت و در پایان کار تمام نمونه‌ها به فریزر ۷۰- درجه سانتی‌گراد منتقل شدند.

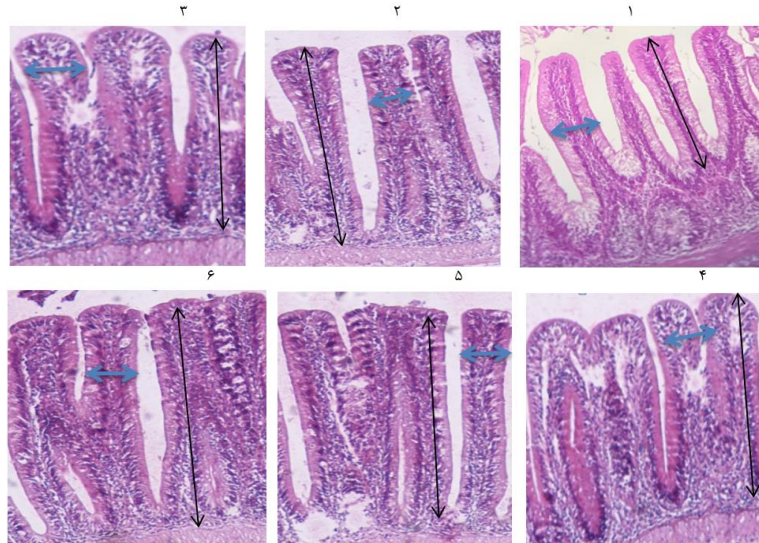
استخراج آنزیم‌های گوارشی، نمونه‌ها به نسبت ۱:۵ در بافر HCl Tris-50 میلی مولار توسط هموژنایزر (مدل Δ Polytron PT 1300) به‌مدت ۱/۵ دقیقه هموژن شده و محلول هموژن شده به‌مدت ۲۰ دقیقه در سانتریفیوژ یخچال‌دار (مدل Z36HK) در ۴ درجه سانتی‌گراد با دور ۱۰۰۰۰ g سانتریفیوژ گردید سپس محلول رویی حاصله در ویال اپندورف جهت آنالیز آنزیم‌های مورد نظر تقسیم شد و در دمای ۸۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری گردید (Chong et al., 2002). پروتئین محلول نمونه‌ها با استفاده از روش بردفورد (Bradford, 1976)، سنجش فعالیت آنزیم پروتئاز براساس روش گارسیا و هارد (Garcia-Carreno and Haard, 1993)، سنجش فعالیت آنزیم آمیلاز بر اساس روش برنفلد و همکاران (Bernfeld et al., 1955)، سنجش فعالیت آنزیم لیپاز براساس روش لیجیما و همکاران (Iijima et al., 1998)، مورد سنجش قرار گرفت.

به‌منظور بررسی میزان مقاومت بچه‌ماهیان تغذیه‌شده با سوربات پتاسیم و پروبیوتیک *L. casei* از باکتری بیماری‌زای *Y. ruckeri*

جدول ۳- مقایسه میانگین ارتفاع و قطر پرزهای (ویلی‌ها) روده در گروه‌های مختلف آزمایشی ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (*O. mykiss*)

فاکتورها/تیمارها	تیمار (شاهد)	تیمار ۲	تیمار ۳	تیمار ۴	تیمار ۵	تیمار ۶
ارتفاع ویلی (μm)	$21/97 \pm 1/95^c$	$26/87 \pm 1/49^b$	$23/91 \pm 0/32^c$	$27/63 \pm 1/09^b$	$34/28 \pm 1/60^a$	$32/97 \pm 2/23^a$
قطر ویلی (μm)	$5/20 \pm 0/29^d$	$7/20 \pm 0/57^b$	$5/90 \pm 0/43^{cd}$	$6/56 \pm 0/58^{bc}$	$8/89 \pm 0/31^a$	$8/14 \pm 0/25^a$

* حروف انگلیسی غیر یکسان در هر ردیف نشان دهنده وجود اختلاف معنی‌دار بین میانگین داده‌هاست $(p < 0/05)$. * داده‌ها به‌صورت (\pm میانگین) بیان شده است. * تیمار ۱ (شاهد)، تیمار ۲ (جیره حاوی پروبیوتیک به میزان $10^7 CFU/g$)، تیمار ۳ (جیره حاوی ۰/۵ درصد سوربات پتاسیم)، تیمار ۴ (جیره حاوی ۱٪ سوربات پتاسیم)، تیمار ۵ (جیره حاوی ترکیب ۰/۵ درصد سوربات پتاسیم و پروبیوتیک به میزان $10^7 CFU/g$) و تیمار ۶ (جیره حاوی ترکیب ۱٪ سوربات پتاسیم و پروبیوتیک به میزان $10^7 CFU/g$).



شکل ۱- برش بافتی روده ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (*O. mykiss*) در گروه‌های مختلف آزمایشی: تیمار ۱ (۱)، تیمار ۲ (۲)، تیمار ۳ (۳)، تیمار ۴ (۴) و تیمار ۵ (۵) و تیمار ۶ (۶). فلش مشکی: طول پرز و فلش آبی قطر پرز

(شاهد) مشاهده شد و این اختلاف معنی‌دار بود ($p < 0.05$)، همچنین میزان فعالیت آنزیم لیپاز در هیچ یک از تیمارهای آزمایش اختلاف معنی‌داری با هم نداشتند ($p > 0.05$).

جدول ۴ مقایسه میانگین فعالیت آنزیم‌های گوارشی را در تیمار-های مختلف نشان می‌دهد. برطبق نتایج، بیش‌ترین میزان فعالیت آنزیم آلکالین پروتئاز و α -آمیلاز در تیمار ۵ و کم‌ترین میزان آنها در تیمار ۱

جدول ۴- مقایسه میانگین فعالیت آنزیم‌های گوارشی در گروه‌های آزمایشی و گروه شاهد ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (*O. mykiss*)

تیمار ۶	تیمار ۵	تیمار ۴	تیمار ۳	تیمار ۲	تیمار ۱ (شاهد)	فاکتورها/تیمارها
۰/۲۴ ± ۰/۱۰ ^{ab}	۰/۲۸ ± ۰/۱ ^a	۰/۱۲ ± ۰/۰۴ ^{ab}	۰/۱۱ ± ۰/۰۳ ^b	۰/۲ ± ۰/۱۱ ^{ab}	۰/۱۰ ± ۰/۰۳ ^b	فعالیت ویژه آلکالین پروتئاز (Umg/protein)
۰/۱۲ ± ۰/۰۰	۰/۱۲ ± ۰/۰۲	۰/۱۲ ± ۰/۰۱	۰/۰۹ ± ۰/۰۰	۰/۱۰ ± ۰/۰۱	۰/۱۰ ± ۰/۰۱	لیپاز (μmole/g/h)
۱۰/۹۳ ± ۱/۵۰ ^a	۱۲/۵۷ ± ۰/۴۴ ^a	۷/۵۴ ± ۱/۷۹ ^b	۷/۰۱ ± ۰/۲۷ ^b	۸/۲۰ ± ۰/۵۹ ^b	۷/۱۷ ± ۰/۴۲ ^b	فعالیت ویژه α -آمیلاز (Umg/protein)

* حروف انگلیسی غیر یکسان در هر ردیف نشان دهنده وجود اختلاف معنی‌دار بین میانگین داده‌هاست ($p < 0.05$). * داده‌ها به صورت (SD ± میانگین) بیان شده است. * تیمار ۱ (شاهد)، تیمار ۲ (جیره حاوی پروبیوتیک به میزان 10^7 CFU/g)، تیمار ۳ (جیره حاوی ۰/۵ درصد سوربات پتاسیم)، تیمار ۴ (جیره حاوی ۱٪ سوربات پتاسیم)، تیمار ۵ (جیره حاوی ترکیب ۰/۵ درصد سوربات پتاسیم و پروبیوتیک به میزان 10^7 CFU/g) و تیمار ۶ (جیره حاوی ترکیب ۱٪ سوربات پتاسیم و پروبیوتیک به میزان 10^7 CFU/g).

براساس نتایج به‌دست آمده بیش‌ترین میزان تلفات در تیمار ۱ (شاهد) و کم‌ترین آن در تیمار ۵ مشاهده شد و بین این دو اختلاف معنی‌داری وجود داشت ($p < 0.05$). همچنین در خصوص شاخص نسبی بقاء (RPS) نیز بیش‌ترین میزان آن در تیمار ۵ و کم‌ترین آن در تیمار ۱ (شاهد) مشاهده شد و بین این دو اختلاف معنی‌داری وجود داشت ($p < 0.05$).

نتایج بررسی مقاومت بجه‌ماهیان در مواجهه با باکتری بیماری‌زای *Y. ruckeri* طی دوره ۱۴ روز در تیمارهای مختلف آزمایشی در جدول ۵ نشان داده شده است. تلفات ناشی از تزریق باکتری بیماری‌زا از روز چهار و پنجم آغاز گردید. ماهیان بیمار و تلف شده دارای نشانه‌هایی از جمله: قرمزی دهان، بی‌حالی، از دست دادن اشتها، تیرگی بدن، اگزوفتالمی و خون‌ریزی در چشم و پایه‌های باله‌ها بودند.

جدول ۵- مقایسه میانگین درصد تلفات کل (%) و درصد نسبی بقاء (RPS) ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (*O. mykiss*) در آزمون مواجهه با باکتری بیماری‌زا در تیمارهای

مختلف آزمایشی پس از ۱۴ روز

تیمار ۶	تیمار ۵	تیمار ۴	تیمار ۳	تیمار ۲	تیمار ۱ (شاهد)	فاکتورها/تیمارها
۵۷/۵ ± ۳/۵ ^{abc}	۴۵ ± ۷/۰۷ ^c	۶۲/۵ ± ۳/۵ ^{abc}	۷۵ ± ۷/۰۷ ^{ab}	۵۷/۵ ± ۱۰/۶ ^{bc}	۸۵ ± ۷/۰۷ ^a	تلفات کل (%)
۳۲/۳۵ ± ۴/۱۵ ^{ab}	۴۷/۰۵ ± ۸/۳۲ ^a	۲۶/۴۷ ± ۴/۱۶ ^{bc}	۱۱/۷۶ ± ۸/۳۱ ^{cd}	۳۲/۳۵ ± ۱۲/۴۷ ^{ab}	۰/۰۰ ± ۰/۰۰ ^d	درصد نسبی بقاء (RPS)

* حروف انگلیسی غیر یکسان در هر ردیف نشان دهنده وجود اختلاف معنی‌دار بین میانگین داده‌هاست ($p < 0.05$). * داده‌ها به صورت (SD ± میانگین) بیان شده است. * تیمار ۱ (شاهد)، تیمار ۲ (جیره حاوی پروبیوتیک به میزان 10^7 CFU/g)، تیمار ۳ (جیره حاوی ۰/۵ درصد سوربات پتاسیم)، تیمار ۴ (جیره حاوی ۱٪ سوربات پتاسیم)، تیمار ۵ (جیره حاوی ترکیب ۰/۵ درصد سوربات پتاسیم و پروبیوتیک به میزان 10^7 CFU/g) و تیمار ۶ (جیره حاوی ترکیب ۱٪ درصد سوربات پتاسیم و پروبیوتیک به میزان 10^7 CFU/g).

۴ | بحث و نتیجه‌گیری

صنعت آبی‌پروری در پاسخ به نیاز غذایی جوامع بشری (با نگاه منابع سالم و ارزان قیمت تغذیه‌ای)، رشد روزافزونی داشته است. در نتیجه، توسعه این صنعت هرساله، نسبت به تولیدات صیادی در حال افزایش است (FAO, 2009). با مشخص شدن اهمیت فلور میکروبی روده، پروبیوتیک‌ها به منظور بهبود وضعیت فلور میکروبی روده و ممانعت از تشکیل کلنی باکتری‌های بیماری‌زا به صنعت آبی‌پروری معرفی شدند (Ringo and Gatesoupe, 1998). اثرات مثبت پروبیوتیک‌ها و اسیدهای آلی در ماهیان در مطالعات مختلف مورد تأیید قرار گرفته است (Ghosh et al., 2008; Suzer, et al., 2008; Wing-Keong, et al., 2014; Castillo, et al., 2015; Romano, et al., 2009; et al., 2014). بررسی بافت روده از جمله قطر و اندازه ویلی‌ها (پرز) روده می‌تواند شاخص مناسبی برای بررسی وضعیت فیزیولوژیک روده به عنوان یکی از بخش‌های مهم دستگاه گوارش باشد (Hoseinifar et al., 2014). همان‌طوری که نتایج این مطالعه نشان می‌دهد استفاده از سوروبات پتاسیم با غلظت ۱٪ (تیمار ۲)، پروبیوتیک به صورت مجزا (تیمار ۴)، ترکیب سوروبات پتاسیم (غلظت ۵٪ و ۱٪) و پروبیوتیک (تیمار ۵ و ۶) باعث افزایش معنی‌دار طول و قطر پرزهای روده نسبت به گروه شاهد شد. ژانگ و همکاران (Zhang et al., 2013) افزایش طول ویلی‌ها را در ماهی سیم (*Megalobrama terminalis*) تغذیه‌شده با جیره حاوی پروبیوتیک *B. licheniformis* مشاهده کردند و این افزایش را به افزایش تکثیر سلول‌های اپی‌تلیال روده توسط پروبیوتیک‌ها نسبت دادند. همچنین بهبود ساختار ویلی‌ها و سطح جذب روده در گونه‌های مختلف توسط پروبیوتیک‌ها در مطالعات رودریگز و همکاران (Rodriguez et al., 2009) و ماریفیلد و همکاران (Merrifield et al., 2009) نیز مشاهده شده است. در ارتباط با اثر سینرژیستی بین اسید آلی سوروبات پتاسیم و پروبیوتیک در آبی‌پروری مطالعه‌ای انجام نشده ولی گزارش شده که اسیدهای چرب کوتاه زنجیره می‌توانند به‌عنوان منبع انرژی قابل استفاده برای سلول‌های اپی‌تلیال روده محسوب شوند و حتی تا ۵۰٪ انرژی مورد نیاز روزانه آنها را تأمین کنند و بر عملکردهای سلولی مرتبط با سلامت روده تأثیر گذارند (Hamer et al., 2008). به نظر می‌رسد به‌کارگیری پروبیوتیک و سوروبات پتاسیم (که جزء اسیدهای چرب کوتاه زنجیره است) موجود در جیره سبب افزایش میزان اسیدهای چرب کوتاه‌زنجیره در روده گردیده و این عامل باعث تأمین انرژی مورد نیاز سلول‌های اپی‌تلیال روده شده و نتیجه این تأمین انرژی، باعث افزایش طول و قطر پرزها در روده شده باشد. در ارتباط با آنزیم‌های گوارشی، باتوجه به نتایج این پژوهش، بیش‌ترین میزان آلکالین پروتئاز در تیمار ۵ (ترکیب پروبیوتیک و ۵٪ درصد سوروبات پتاسیم) مشاهده شد که با تیمار شاهد و تیمار ۵٪ درصد سوروبات پتاسیم (به‌طور مجزا) اختلاف معنی‌دار داشت، ولی با سایر تیمارها اختلاف معنی‌دار نداشت. میزان لیپاز در گروه‌های مختلف آزمایشی اختلاف معنی‌داری با هم نداشتند، همچنین بیش‌ترین میزان α -آمیلاز در تیمارهای ۵ (ترکیب پروبیوتیک و ۵٪ درصد سوروبات

پتاسیم) مشاهده شد که با سایر تیمارها اختلاف معنی‌داری داشتند. تصور می‌شود که پروبیوتیک‌ها فرآیندهای گوارشی را از طریق افزایش جمعیت میکروارگانسیم‌های مفید، فعالیت آنزیمی باکتری‌ها، بهبود تعادل میکروبی روده و در نتیجه بهبود هضم و جذب مواد غذایی و مصرف غذا، تحت تأثیر قرار دهند (Soleimani et al., 2012). همچنین آنتروسیست‌های روده نیز آنزیم‌های خود را وارد روده می‌کنند (Kuzmina et al., 2010). مطالعات مختلف بیانگر این مطلب است که باکتری‌های گروه باسیلوس از جمله متداول‌ترین پروبیوتیک‌هایی هستند که در پرورش آبزیان مورد استفاده قرار می‌گیرند. این دسته از باکتری‌ها قادر به تولید و ترشح تعداد زیادی از آنزیم‌های خارج سلولی از جمله آمیلاز، لیپاز و پروتئاز بوده و از طریق تحریک اشتها، افزایش متابولیسم میکروبی، سطح تغذیه میزبان را ارتقاء می‌بخشند (Irianto and Austine, 2002) که از جمله آنها می‌توان به آنزیم‌های پروتئاز مانند سوبتیلین و باسیتراسین اشاره کرد (Sanders et al., 2003). همچنین باکتری‌های *Bacillus subtilis* و *B. licheniformis* قادر به هضم میکروبی پروتئین‌ها و کربوهیدرات‌ها هستند. بنابراین باکتری‌های ذکر شده می‌توانند با شرکت در فرآیند هضم، کارایی دستگاه گوارش را افزایش و در نهایت موجب بهبود شاخص‌های رشد شوند.

در مطالعه ژو و همکاران (Zhou et al., 2009) که باکتری *B. coagulance* در سطوح 1×10^5 ، 5×10^5 ، 1×10^6 (صفر (شاهد) به آب محیط پرورش میگوی پا سفید غربی اضافه شده بود، سبب افزایش فعالیت آنزیم‌های پروتئاز، α -آمیلاز و لیپاز در تیمارهای آزمایشی در مقایسه با گروه شاهد شد.

ژانگ و همکاران (Zhang et al., 2013) افزایش معنی‌دار آنزیم-های گوارشی لیپاز و پروتئاز را در تغذیه با جیره حاوی پروبیوتیک *B. licheniformis* گزارش کردند و این افزایش را به توانایی باسیلوس‌ها در تولید آنزیم‌های خارجی نسبت دادند. موارد مشابه‌ای از توانایی تولید آنزیم‌های گوارشی خارج سلولی توسط باکتری‌های موجود در دستگاه گوارش میگوی چینی (*P. chinensis*) در مطالعه (Wang and Xu, 2006)، ماهی قنات (*Rutilus rutilus*) (Skrodenytė-Arbaciauskienė et al., 2008)، شانگ (*Acanthopagrus latus*) (Suzer et al., 2008)، میگوی سفید هندی (*Fenneropenaeus indicus*) (Ziaei-Nejad et al., 2006) و میگوی پا سفید غربی (*Litopenaeus vannamei*) (Wang, 2007) گزارش شده است. متأسفانه اطلاعات در زمینه اثر سینرژیستی بین پروبیوتیک و اسید آلی سوروبات پتاسیم بر آنزیم‌های گوارشی وجود ندارد. باتوجه به نتایج، میزان آلکالین پروتئاز در تیمارهای پروبیوتیک و تیمار ۱٪ سوروبات پتاسیم به‌طور مجزا افزایش نشان می‌دهد که این افزایش معنی‌دار نبود و میزان α -آمیلاز نیز در تیمارهای مذکور افزایش نشان نمی‌دهد. ولی در تیمار ۵ (ترکیب پروبیوتیک و ۵٪ درصد سوروبات پتاسیم) میزان آلکالین پروتئاز و α -آمیلاز افزایش معنی‌داری را نسبت به تمامی تیمارها نشان می‌دهد. به نظر می‌رسد احتمالاً وجود اثر سینرژیستی بین پروبیوتیک و سوروبات

افزایش بازماندگی و مقاومت در آزمون مواجهه با باکتری بیماری‌زا در مطالعه حاضر می‌تواند مؤید افزایش ایمنی و سلامت بچه‌ماهیان قزل‌آلای رنگین‌کمان باشد. نظر به اینکه استفاده از آنتی‌بیوتیک‌ها در آبروی پروری به دلیل توسعه باکتری‌های مقاوم در برابر آنتی‌بیوتیک و نیز حضور بقایای آنتی‌بیوتیک در لاشه آزیان با محدودیت‌هایی مواجهه است با توجه به اینکه بهترین عملکرد در بین تیمارهای مختلف این پژوهش تیمار، ترکیب پروبیوتیک و سوربات پتاسیم (غلظت ۰/۵ و ۱/۱) بود به نظر می‌رسد استفاده از این تیمار در جیره غذایی ماهیان به صورت پیشگیرانه در افزایش ایمنی یا افزایش مقاومت در صورت ابتلا مؤثر باشد.

۵ | تشکر و قدردانی

بدینوسیله از آقای دکتر حاجی‌بگلو بخاطر در اختیار قرار دادن سالن تکثیر مزرعه پرورش قزل‌آلای خود کمال تشکر و سپاس را دارد.

پست الکترونیک نویسندگان

علی جافرنوده: a.jafar55@gmail.com
امیر تکمه‌چی: atokmechi@gmail.com
ابراهیم حسین نجدگرمی: e.gerami55@gmail.com
عبدالمجید حاجی‌مرادلو: a.hajimoradlu@gmail.com
فرزانه نوری: yalda.45@gmail.com

REFERENCES

- Abu Elala N.M., Ragaa N.M. 2014. Eubiotic effect of a dietary acidifier (potassium diformate) on the health status of cultured *Oreochromis niloticus*. Journal of Advanced Research, 6(4): 621-629.
- Andani H.R.R., Tukmechi A., Meshkini S., Sheikhzadeh N. 2012. Antagonistic activity of two potential probiotic bacteria from fish intestines and investigation of their effects on growth performance and immune response in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Journal of Applied Ichthyology, 28: 728-734.
- Bernfeld P. 1955. Amylase, α and β . In: Colowick SP, Kaplan NO (Eds.). Methods in Enzymes, Academic Press, New York, USA, pp: 149-158.
- Bradford M. 1976. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. Analytical Biochemistry, 72: 248-254.
- Castillo S., Rosales M., Pohlenz C., Gatlin D.M. 2014. Effects of organic acids on growth performance and digestive enzyme activities of juvenile red drum *Sciaenops ocellatus*. Aquaculture, 433: 6-12.
- Chong A., Hashim R., Lee L.C., Ali A.B. 2002. Characterization of protease activity in developing discus *Symphysodon aequifasciata* larva. Aquaculture Research, 33(9): 663-672.
- Da Silva B.C., Vieira F.D.N., Mourino J.L.P., Ferreira G.S., Seiffert W.Q. 2013. Salts of organic acids selection by multiple characteristics for marine shrimp nutrition. Aquaculture, 384(387): 104-110.
- Diego I., Paula D., Maria T.M., Gumersindo F. 2012. Potential

پتاسیم باعث شده اثرات پروبیوتیک (به‌طور مجزا) و سوربات پتاسیم (به‌طور مجزا) در تیمارهای ترکیبی به شکلی مضاعف شده و توانسته ساختار روده را بهبود بخشد و شرایط را برای جمعیت باکتری‌های باسیلوس که توانایی ترشح آنزیم‌های خارجی (آمیلازها و پروتئازها) دارند را فراهم کند و این اثر هم‌افزایی باعث افزایش معنی‌دار در میزان آلکالین پروتئاز و α -آمیلاز در تیمار ۵ (ترکیب پروبیوتیک و ۰/۵ درصد سوربات پتاسیم)، نسبت به سایر تیمارها شده باشد.

کارایی استفاده از ترکیب پروبیوتیک و اسید آلی پتاسیم سوربات را می‌توان با استفاده از آزمون رویارویی با باکتری‌های بیماری‌زا مورد بررسی قرار داد. در مطالعه حاضر آزمون مواجهه بچه‌ماهیان قزل‌آلای رنگین‌کمان با باکتری بیماری‌زا پس از ۲ ماه تغذیه با مکمل‌های مختلف (تیمارهای آزمایش) نشان داد تقریباً تمامی تیمارها (به جزء تیمار ۰/۵ درصد سوربات پتاسیم به‌صورت مجزا) اختلاف معنی‌داری به لحاظ میزان تلفات با گروه شاهد داشتند. بیش‌ترین میزان تلفات در تیمار شاهد (۷/۰۷ \pm ۸۵ درصد) و کم‌ترین آن در تیمار ۵ (ترکیب پروبیوتیک و ۰/۵ درصد سوربات پتاسیم) مشاهده شد (۷/۰۷ \pm ۴۵) و بین این دو اختلاف معنی‌دار وجود داشت. به نظر می‌رسد تغذیه بچه‌ماهیان قزل‌آلای رنگین‌کمان با سوربات پتاسیم و پروبیوتیک به‌صورت مجزا و ترکیب این دو (ترکیب پروبیوتیک و ۰/۵ و ۱/۱ سوربات پتاسیم) باعث افزایش مقاومت بچه‌ماهیان در برابر باکتری بیماری‌زا شده است. با این حال بیش‌ترین میزان درصد نسبی بقاء (RPS, Ratio Percent Survival) در تیمارهای ۵ و ۶ (ترکیب پروبیوتیک و ۰/۵ و ۱/۱) سوربات پتاسیم مشاهده شد که با سایر تیمارها اختلاف معنی‌داری داشت. عملکرد مثبت پروبیوتیک‌ها در آزمون مواجهه با عوامل بیماری‌زا در مطالعه گیری و همکاران (Giri et al, 2013) و همچنین عملکرد مثبت اسیدهای آلی در آزمون مواجهه با عوامل بیماری‌زا در مطالعه وینگ‌کونگ و همکاران (Wing-Keong et al, 2009) مورد بررسی قرار گرفته است.

همراستا با نتایج این پژوهش، اندانی و همکاران (Andani et al., 2012)، در مطالعه‌ای اثر تغذیه بچه‌ماهیان قزل‌آلای رنگین‌کمان با پروبیوتیک *L. casei* بر مقاومت در برابر عفونت ناشی از باکتری *Y. ruckeri* و *hydrophilla* را مورد بررسی قرار دادند. نتایج حاصل نشان داد که تیمار پروبیوتیک به‌طور معنی‌داری کاهش تلفات ناشی از عفونت این عوامل بیماری‌زا را دربر داشته است. همچنین وینگ‌کونگ و همکاران (Wing-Keong et al, 2009) در مطالعه‌ای مقاومت هیبرید تیلاپیا (*Oreochromis sp.*) در آزمون مواجهه با باکتری بیماری‌زای (*Streptococcus agalactiae*) پس از دو ماه تغذیه با جیره حاوی اسید آلی دی فورمات پتاسیم را مورد بررسی قرار دادند. نتایج این مطالعه هم کاهش معنی‌دار ($p < 0/05$) مرگ و میر در تیمار اسید آلی نسبت به گروه شاهد را نشان داد. نتایج مطالعه داسیلوا و همکاران (Da Silva et al., 2013) در میگوی وانامی (*Litopenaeus vannamei*) و ابو ایلانی و راگا (Abu Elala and Ragaa, 2014) در ماهی تیلاپیای نیل (*Oreochromis niloticus*)، بهبودی معنی‌دار فلور باکتریایی روده را بدنبال استفاده از اسید آلی در جیره غذایی نشان داد.

- Potential environmental effects of probiotics used in aquaculture. *Aquaculture International*, 20: 779-789.
- Eidelsburger U. 1998. Feeding short-chain organic acids to pigs. In: Garnsworthy PC, Wiseman J (Eds.). *Recent Advances in Animal Nutrition*, Nottingham University Press, Nottingham, UK, pp: 93-106.
- FAO. 2009. The state of world fisheries and aquaculture. Aquaculture Department Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy. 227 p.
- Fuller R. 1989. Probiotics in man and animal. *Journal of Applied Bacteriology*, 66: 365-378.
- Garcia-Carreno F.L., Haard N.F. 1993. Characterization of proteinase classes in *Langostilla Pleuroncodes planipes* and Crayfish *Pacifastacus astacus* extracts. *Journal of Food Biochemistry*, 17: 97-113.
- Gatlin D.M., Li P., Wang X., Burr G.S., Castille F., Lawrnce A.L. 2006. Potential application of prebiotics in aquaculture. 8th International symposium on aquaculture nutrition, Universidad Autónoma de Nuevo León, Monterrey, Nuevo León, México, pp: 371-376.
- Ghosh S., Sinha A., Sahu C. 2008. Dietary probiotic supplementation in growth and health of live-bearing ornamental fishes. *Aquaculture Nutrition*, 14: 289-299.
- Giri S.S., Sukumaran V., Oviya M. 2013. Potential probiotic *Lactobacillus plantarum* VSG3 improves the growth, immunity, and disease resistance of tropical freshwater fish, *Labeo rohita*. *Fish and Shellfish Immunology*, 34: 660-666.
- Hamer H.M., Jonkers D., Venema K., Vanhoutvin S., Troost F.J., Brummer, R.J. 2008. Review article: the role of butyrate on colonic function. *Alimentary Pharmacology and Therapeutics*, 27: 104-119.
- Hernandez-Serrano P. 2005. Responsible use of antibiotics in aquaculture. FAO Fisheries Technical Paper No. 469. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy. 97 P.
- Hoseinifar S.H., Soleimani N., Hosseinnia Z. 2014. The effects of fructooligosaccharide as prebiotic on growth, haematological parameters, intestinal micro biota and resistance to salinity stress in common carp. Report on research with ID number 92-314-87. Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources. Gorgan, Iran. (In Persian).
- Iijima N., Tanaka S., Ota Y. 1998. Purification and characterization of bile salt activated lipase from the hepatopancreas of red sea bream, *Pagrus major*. *Fish Physiology and Biochemistry*, 18: 59-69.
- Irianto A., Austine B. 2002. Probiotics in aquaculture. *Fish Disease*, 25: 633-642.
- Khan S.H., Ansari F.A. 2007. Probiotics the friendly bacteria with market potential in global market. *Pakistan Journal of Pharmaceutical Sciences*, 20(1): 71-76.
- Kuzmina V., Shekovtsova N., Bolobonina V. 2010. Activity dynamics of proteinases and glycosidases of fish chyme with exposure in fresh and brackish water. *Biology Bulletin*, 37: 605-611.
- Luckstadt C. 2008. The use of acidifiers in fish nutrition. *CAB Reviews: Perspectives in Agriculture, Veterinary Science, Nutrition and Natural Resources*, 3 (44): 1-8.
- Merrifield D.L., Bernard D., Bradley G., Davies S.J., Baker R.T.M., 2009. Microbial community diversity associated with the intestinal mucosa of farmed rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture Research*, 40: 1064-1072.
- Nakai S.A., Siebert K.J. 2003. Validation of bacterial growth inhibition models based on molecular properties of organic acid. *International Journal of Food Microbiology*, 86: 791-799.
- Owen M.A.G., Waines P., Bradley G., Davies S. 2006. The effect of dietary supplementation of sodium butyrate on the growth and micro flora of *Clarias gariepinus* (Burchell 1822). *Proceeding Books of the 12th International Symposium Fish Nutrition and Feeding*, May 28-June 1, Biarritz, France. 149 P.
- Pandey A., Satoh S. 2008. Effects of organic acids on growth and phosphorus utilization in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Fisheries Science*, 74: 867-874.
- Perez-Sanchez T., Balcazar J.L., Merrifield D., Carnevali O., Gioacchini G., Blas I.d. 2011. Expression of immune-related genes in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) induced by probiotic bacteria during *Lactococcus garvieae* infection. *Fish and Shellfish Immunology*, 31: 196-201.
- Peters G., Faisal M., Lang T., Ahmed I. 1988. Stress caused by social interaction and its effect on susceptibility to *Aeromonas hydrophilic* infection in rainbow trout (*Salmo gairdneri*). *Disease of Aquatic Organisms*, 4: 83-89.
- Rasdhari M., Parekh T., Dave N., Patel V., Subhash R. 2008. Evaluation of various physic-chemical Properties of *Hibiscus safdariffa* and *Lactobacillus casei* incorporated probiotic yogurt. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 11(17): 2101-2108.
- Ringo E., Gatesoupe F.J. 1998. Lactic acid bacteria in fish, a review. *Aquaculture*, 160: 177-203.
- Rodriguez-Estrada U., Satoh S., Haga Y., Fushimi H., Sweetman J. 2009. Effects of single and combined supplementation of *Enterococcus faecalis*, mannan oligosaccharide and polyhydroxybutyrate acid on growth performance and immune response of rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*. *AGRIS, Suisanzoshoku (Japan)*, 57(4): 609-617.
- Romano N., Koh C.B., Ng W.K. 2015. Dietary microencapsulated organic acids blend enhances growth, phosphorus utilization, immune response, hepatopancreatic integrity and resistance against *Vibrio harveyi* in white shrimp, *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture*, 435: 228-236.
- Sanders M.E., Morelli L., Tompkins T.A. 2003. Sporeformers as human probiotics: Bacillus. *Comprehensive Reviews in Food Sciences and Food Safety*, 2(3): 101-110.
- Skrodenytė-Arbaciauskienė V., Sruoga A., Butkauskas D., krupskelis K. 2008. Phylogenetic analysis of intestinal bacteria of freshwater salmon (*Salmo salar*) and sea trout (*Salmo trutta trutta*) and diet. *Fisheries Science*, 74: 1307-1314.
- Soleimani N., Hoseinifar S.H., Merrifield D.L., Barati M., Hassan Abadi Z. 2012. Dietary supplementation of

نحوه استناد به این مقاله:

جافرنوده ع.، تکمه‌چی ا.، نجدگرامی ا.ح.، حاجی‌مرادلو ع.م.، نوری ف. بررسی اثرات سینرژیستی اسید آلی سورات پتاسیم و پروبیوتیک (*Lactobacillus casei*) بر فعالیت آنزیم‌های گوارشی، هیستومورفولوژی روده و مقاومت در برابر باکتری بیماری‌زای *Yersinia rucker*، در بچه‌ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum, 1792) گنبدکاوس. ۱۳۹۹، ۵۹-۵۱: ۸(۲).

Jafar Nodeh A., Tukmechi A., Najd Grami E.H., Hajimoradlo A.M., Noori F. Study of synergistic effects of potassium-sorbate and *Lactobacillus casei* on the digestive enzyme activity, intestinal histomorphology, and resistance against pathogenic bacteria (*Yersinia ruckeri*) in rainbow trout fry (*Oncorhynchus mykiss*). Journal of Applied Ichthyological Research, University of Gonbad Kavous. 2020, 8(2): 51-59.

- fructooligosaccharide (FOS) improves the innate immune response, stress resistance, digestive enzyme activities and growth performance of Caspian roach (*Rutilus rutilus*) fry. Fish and Shellfish Immunology, 32: 316-321.
- Suzer C., oben D., Kamaci H.O., Saka Ş., Firat K., Küksari H. 2008. *Lactobacillus spp.* Bacteria as probiotics in gilthead sea bream (*Sparus aurata*, L) larvae Effects on growth performance and digestive enzyme activities. Aquaculture, 280: 240-245.
- Wang Y.B. 2007. Effect of probiotics on growth performance and digestive enzyme activity of the shrimp *Penaeus vannamei*. Aquaculture, 269: 259-264.
- Wang Y.B., Xu Z. 2006. Effect of probiotics for common carp (*Cyprinus carpio*) based on growth performance and digestive enzyme activities. Animal Feed Science and Technology, 127: 283-292.
- Wing-Keong N., Chik-Boon C., Kumar S., Siti-Zahrah A. 2009. Effects of dietary organic acids on growth, nutrient digestibility and gut microflora of red hybrid tilapia (*Oreochromis sp*) and subsequent survival during a challenge test with (*Streptococcus agalactiae*). Aquaculture Research, 40: 1490-1500.
- Zhang C.N., Li X.F., Xu W.N., Jiang G.Z., Lu K.L., Wang L.N., Liu W.B. 2013. Combined effects of dietary fructooligosaccharide and Bacillus licheniformis on innate immunity, antioxidant capability and disease resistance of triangular bream (*Megalobrama terminalis*). Fish Shellfish Immunology, 35(5): 1380-6.
- Zhou Z., Liu Y., He S., Shi P., Gao X., Yao B., Ringo E. 2009. Effects of dietary potassium diformate (KDF) on growth performance, feed conversion and intestinal bacterial community of hybrid tilapia (*Oreochromis niloticus* ♀×*O. aureus* ♂). Aquaculture, 291: 89-94.

Study of synergistic effects of potassium-sorbate and *Lactobacillus casei* on the digestive enzyme activity, intestinal histomorphology, and resistance against pathogenic bacteria (*Yersinia ruckeri*) in rainbow trout fry *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum, 1792)

Jafar Nodeh A^{*1}, Tukmechi A², Najd Grami E.H², Hajimoradlo A.M³, Noori F².

¹ PhD of Fisheries, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran

² Assistant Prof. of Fisheries, Urmia Lake Research Institute, Urmia University, Iran

³ Prof. of Fisheries, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran

Type:

Original Research Paper

Paper History:

Received: 03-07-2017

Accepted: 08-10-2017

Corresponding author:

Jafar Nodeh A. PhD of Fisheries, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran.
Email: a.jafar55@gmail.com

Abstract

To prevent the negative impacts of antibiotics, it is recommended to use other alternatives such as probiotics, prebiotics, and organic acids, which can have positive effects on the physiology of aquatic animals. This present study aimed to investigate the synergistic effects of organic acid (potassium sorbate) and probiotic (*Lactobacillus casei*) on rainbow trout fry (*O. mykiss*). Three hundred and sixty rainbow trout fry (mean weight \pm SE: 2.45 ± 0.05 g) were provided and randomly distributed in six treatments with three replications for each treatment including commercial diet (control, treatment 1), 10^7 CFU/g probiotic (*L. casei*) (treatment 2), a diet containing 0.5% of potassium sorbate (treatment 3), a diet containing 1% potassium sorbate (treatment 4), a diet containing 0.5% potassium sorbate and 10^7 CFU/g probiotic (*L. casei*) (treatment 5), a diet containing %1 potassium sorbate, and 10^7 CFU/g probiotic (*L. casei*) (treatment 6). The feeding trial was applied in two stages for a period of 60 days. At the end of the experiment, digestive enzyme activity, intestinal histomorphology, and the resistance of fry fish against pathogenic bacteria (*Yersinia ruckeri*) were investigated. The highest alkaline phosphatase and protease enzyme were observed in treatment 5 and the lowest in the control group. Intestinal histomorphology showed the highest length of Vili and its diameter in treatment 5 and 6 and the lowest was observed in the control group. After the resistance test against *Y. ruckeri* pathogen bacteria, the highest mortality rate was observed in the control group and the lowest observed in treatment 5 and 6. Based on the results of this study, it seems the use of combination probiotic and organic acid in the diet can increase the production of rainbow trout

Keywords: *O. mykiss*, Organic acids, Probiotic, Digestive enzymes, Histomorphology