



تأثیر افزودن *Lactobacillus rhamnosus* PTCC 1637 به آب مخازن پرورشی قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*) بر نرخ تفریخ، جذب کیسه زرده و برخی شاخص‌های رشد تا مرحله انگشت‌قندی

معصومه ماچانلو، عبدالمجید حاجی‌مرادلو*، علی حاجی‌بگلو، سید حسین حسینی‌فر، علی جعفرنوده
 گروه تکثیر و پرورش آبزیان، دانشکده شیلات و محیط زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران

چکیده

تاکنون تلاش‌های متعددی در راستای افزایش تولید آبزیان از طریق اثرگذاری بر رشد و کاهش تلفات به وسیله افزودنی‌های مختلف خوراکی صورت گرفته است اما مطالعات پیرامون تأثیر این افزودنی‌ها به طور مستقیم به آب محدود می‌باشد. هدف از تحقیق حاضر، بررسی تأثیر افزودن *Lactobacillus rhamnosus* PTCC 1637 به آب مخازن پرورشی ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان بر نرخ تفریخ، جذب کیسه زرده و برخی شاخص‌های رشد طی مراحل تخم‌چشم‌زده تا بچه‌ماهی بود. این بررسی در سه بخش: بخش اول (روز ۱ تا ۷)، بخش دوم (روز ۱ تا ۲۰) و بخش سوم (روز ۱ تا ۶۰)، با افزودن غلظت‌های ۱۰۶ و ۱۰۷ CFU/mL باکتری به آب با یک گروه شاهد انجام شد. نتایج بخش اول و دوم نشان داد نرخ و طول دوره تفریخ در کلیه گروه‌های آزمایشی تحت تجویز باکتری با شاهد اختلاف معنی‌دار داشت و مدت زمان جذب کیسه زرده در بین تیمارهای هر دو بخش که تحت غلظت‌های ۱۰۶ و ۱۰۷ CFU/mL بودند، به‌طور معنی‌داری کوتاه‌تر از شاهد بود ($p < 0.05$). در بخش سوم آزمایش، شاخص‌های وزن، طول، ضریب تبدیل غذایی، درصد افزایش وزن بدن، ضریب رشدویژه و ضریب چاقی در بین تیمارها اختلاف معنی‌داری با شاهد نشان داد ($p < 0.05$). در همه این شاخص‌ها، بهترین نتایج در گروهی ثبت شد که در آن تخم‌های چشم‌زده از روز ۱ تا ۶۰ تحت تیمار با غلظت ۱۰۷ CFU/mL باکتری بودند؛ بهترین ضریب تبدیل غذایی نیز در همین تیمار به ثبت رسید ($p < 0.05$). در مجموع افزودن *L. rhamnosus* به آب مخازن پرورشی سبب بهبود عملکرد تفریخ و رشد در مراحل اولیه زندگی ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان شد و می‌تواند آسان‌ترین و موثرترین روش باشد.

واژه‌های کلیدی:

ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان، پروبیوتیک، *L. rhamnosus* شاخص‌های رشد

نوع مقاله:

پژوهشی اصیل

<https://doi.org/10.22034/jair.11.1.51>

تاریخچه مقاله:

دریافت: ۹۹/۰۳/۹

پذیرش: ۹۹/۰۴/۲۹

نویسنده مسئول مکاتبه:

عبدالمجید حاجی‌مرادلو، گروه تکثیر و پرورش آبزیان، دانشکده شیلات و محیط زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران.

ایمیل: s_ahajimoradloo@yahoo.com

۱ | مقدمه

طبق تعریف اصلی و اولیه پارکر (Parker, 197)، پروبیوتیک‌ها در واقع مکمل‌های غذایی زنده‌ای هستند که از طریق بهبود تعادل میکروبی روده اثرات سودمندی بر میزبان خود دارند. تعداد زیادی از مطالعات صریحاً به پروبیوتیک‌ها پرداخته‌اند، و اکنون می‌توان وضعیت و کاربرد آن از تجربی گرفته تا رویکرد علمی را بررسی کرد (Khademzade et al., 2019; Gobi et al., 2016; Wang and Xu, 2006; Vine et al., 2006; Wang, 2007; Kesarcodi-Watson et al., 2008). موربارتی در سال (Moriarty, 1998) تعریف گسترده‌ای از پروبیوتیک‌ها به‌عنوان «افزودنی‌های آب» پیشنهاد داد. به‌طوری‌که در پرورش لارو برخی از گونه‌های دریایی، استفاده از مکمل پروبیوتیکی از طریق آب موفقیت‌آمیز بوده است (Khademzade et al., 2019; Gobi et al., 2016; Lauzon et al., 2014; Avella et al., 2012; Lauzon et al., 2010). به‌عنوان مثال در یک پژوهش وانگ و همکاران (Wang et al., 2006) گزارش کردند که افزودن باکتری

Enterococcus faecium به آب پرورشی بچه‌ماهیان تیلاپیا (*Oreochromis niloticus*) موجب شد وزن نهایی و درصد افزایش وزن بدن ماهی به‌طور قابل‌توجهی افزایش یابد. همچنین گوپتا و همکاران (Gupta et al., 2016) نیز گزارش کردند افزودن *Paenibacillus polymyxa* به آب پرورش بچه‌ماهی‌کپور معمولی (*Cyprinus carpio*) به‌طور قابل ملاحظه‌ای وزن، بازماندگی و فعالیت آنزیم لیزوزیم را افزایش داد و در نهایت باعث بهبود عملکرد رشد شد. پروبیوتیک‌ها را می‌توان از طریق غنی‌سازی غذای زنده مانند آرتیمیا، و روتیفر، یا غذای فرموله شده، یا به‌طور مستقیم به آب (Jahangiri and Esteban, 2018) اضافه کرد و یا به ماهی تزریق کرد (LaPatra et al., 2014). طبق برخی یافته‌ها، سطح بالای استفاده از پروبیوتیک‌ها در موجودات زنده آبزی (به‌ویژه در محیط‌های دریایی) هنگامی مشاهده شد که پروبیوتیک‌ها از طریق آب اضافه شدند، علت این امر می‌تواند

زده از روز ۱ تا روز ۷ تحت تیمار غلظت 10^6 CFU/mL. *L. rhamnosus* بودند و ۳ گروه که در آن تخم‌های چشم‌زده از روز ۱ تا روز ۷ تحت تیمار غلظت 10^7 CFU/mL *L. rhamnosus* بودند. تخم‌های چشم زده با تراکم ۷۵۰ قطعه تخم در هر سبد (۴۰×۴۰) سانتی‌متر مربع) در تراف‌های کالیفرنایی ۳ تکرار قرار داده شدند. در این بخش، سوسپانسیون *L. rhamnosus* به صورت یک روز در میان (روزهای ۱، ۳، ۵ و ۷) به آب اضافه گردید. پس از افزودن پروبیوتیک به آب در هر نوبت، جریان آب ورودی به مدت ۳۰ دقیقه متوقف شده و سپس جریان آب برقرار گردید. در این بخش تخم‌های چشم زده تا مرحله تفریح کامل (روز هفتم) تحت تیمار باکتریایی قرار گرفت. در انتهای این بخش از آزمایش، فاکتورهای وزن تخم، قطر تخم، نرخ تفریح و طول دوره تفریح مورد ارزیابی قرار گرفت (Lauzon et al., 2010). در بخش دوم آزمایش (از روز ۱ تا روز ۲۰)، ۵ گروه آزمایشی شامل: ۱- تیمار شاهد (پروبیوتیک دریافت نکرد)، ۲- تیماری که در آن تخم‌های چشم‌زده از روز ۱ تا روز ۱۸ تحت تیمار غلظت 10^6 CFU/mL *L. rhamnosus* PTCC 1637 بودند، ۳- تیماری که در آن تخم‌های چشم‌زده از روز ۱ تا روز ۱۸ تحت تیمار غلظت 10^7 CFU/mL *L. rhamnosus* بودند. ۴- تیماری که در آن آلوین‌ها از روز ۸ تا روز ۱۸ تحت تیمار غلظت 10^6 CFU/mL *L. rhamnosus* بودند. ۵- تیماری که در آن آلوین‌ها از روز ۸ تا روز ۱۸ تحت تیمار غلظت 10^7 CFU/mL پروبیوتیک بودند. تخم‌های چشم‌زده و آلوین‌ها با تراکم ۶۵۰ قطعه تخم در هر سبد (۴۰×۴۰ سانتی‌متر مربع) در تراف‌های کالیفرنایی با ۳ تکرار قرار داده شدند. در این بخش، *L. rhamnosus* به صورت یک روز در میان به آب اضافه گردید. پس از افزودن پروبیوتیک به آب در هر نوبت، جریان آب ورودی به مدت ۲ ساعت متوقف شده و سپس جریان آب برقرار گردید. در انتهای این بخش از آزمایش، فاکتورهای وزن اولیه و نهایی، طول نهایی، طول دوره جذب کیسه زرده مورد بررسی قرار گرفت (Lauzon et al., 2010). در بخش سوم آزمایش (از روز ۱ تا روز ۶۰)، ۷ گروه آزمایشی شامل: ۱- تیمار شاهد (پروبیوتیک دریافت نکرد)، ۲- تیماری که در آن تخم‌های چشم‌زده از روز ۱ تا روز ۶۰ تحت تیمار غلظت 10^6 CFU/mL *L. rhamnosus* بودند، ۳- تیماری که در آن تخم‌های چشم‌زده از روز ۱ تا روز ۶۰ تحت تیمار غلظت 10^7 CFU/mL *L. rhamnosus* بودند. ۴- تیماری که در آن آلوین‌ها از روز ۸ تا روز ۶۰ تحت تیمار غلظت 10^6 CFU/mL *L. rhamnosus* بودند. ۵- تیماری که در آن آلوین‌ها از روز ۸ تا روز ۶۰ تحت تیمار غلظت 10^7 CFU/mL *L. rhamnosus* بودند. ۶- تیماری که در آن بچه‌ماهیان از روز ۱۹ تا روز ۶۰ تحت تیمار غلظت 10^6 CFU/mL *L. rhamnosus* بودند. ۷- تیماری که در آن بچه‌ماهیان از روز ۱۹ تا روز ۶۰ تحت تیمار غلظت 10^7 CFU/mL *L. rhamnosus* بودند. تخم‌های چشم‌زده، آلوین‌ها و بچه‌ماهیان با تراکم ۱۰۵ قطعه در هر سبد (۴۰×۴۰ سانتی‌متر مربع) در تراف‌های کالیفرنایی با ۳ تکرار قرار داده شدند. در این بخش، پروبیوتیک از روز ۱ تا ۱۸ به صورت یک روز در میان و از روز ۱۹ تا پایان دوره (روز ۶۰) هر ۴ روز یک‌بار به آب اضافه گردید. پس از افزودن پروبیوتیک به آب در هر نوبت، جریان آب ورودی به مدت ۲

به دلیل تماس مداوم با آب باشد (Olafsen, 2001; Villamil et al., 2010) و افزودن مستقیم پروبیوتیک‌ها به آب پرورشی می‌تواند از روز اول تخم‌های چشم‌زده در انکوباتورها اعمال شود (Jahangiri and Esteban, 2018). اکثر پروبیوتیک‌هایی که به‌عنوان عوامل کنترل بیولوژیک در آبی‌پروری مورد استفاده قرار می‌گیرند، متعلق به دسته باکتری‌های اسید لاکتیک (مثل *Lactobacillus* sp.) هستند (Balcázar et al., 2006). جنس لاکتوباسیل از جمله مهم‌ترین پرکاربردترین و موفق‌ترین پروبیوتیک‌های آبیان می‌باشد که بیش از ۵۰ گونه را شامل می‌شود (Tannock, 2004). مطالعات ترانسکریپتومیک (Transcriptomic) و پروتئومیک (Proteomic) نشان داده است که تعداد زیادی از نوپروتئین‌های (Neoproteins) ترشح شده توسط لاکتوباسیلوس‌ها، میزبان را در سطوح مختلفی از قبیل مهار عوامل بیماری‌زای رودی، سلامت مخاط دستگاه گوارش، سیستم ایمنی، سوخت و ساز بدن، رشد سلولی و بازماندگی را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Carnevali et al., 2013). یکی از اعضای مهم این جنس، گونه *Lactobacillus rhamnosus* می‌باشد.

قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*) یکی از مهم‌ترین گونه‌های پرورشی در ایران است. تغذیه و بالا بردن درصد بقاء از جمله شاخص‌های مهم در پرورش این گونه است (Sugiura et al., 2000). استفاده از روش‌هایی که سبب ارتقا کیفی تغذیه آغازین در نوزاد ماهیان شوند، حائز اهمیت می‌باشند (Hajibeglou and Sudagar, 1397). زیرا یکی از مشکلات موجود در پرورش ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان، پرورش در مراحل اولیه زندگی تا رسیدن به وزن حدود ۱ گرم است که همواره با تلفات نسبتاً بالایی همراه می‌باشد (Hajibeglou and Sudagar, 1397). پروبیوتیک‌ها به عنوان جایگزینی برای مواد شیمیایی و آنتی‌بیوتیک‌ها ثابت کرده‌اند که در ارتقاء آبی‌پروری موفق موثر بوده‌اند، زیرا دارای پتانسیل در بهبود کیفیت آب، افزایش تحمل به استرس، افزایش کیفیت ذخایر تولیدی و غیره است. با توجه به همه این مزایا، مسیرهای تجویز پروبیوتیک باید بیشتر مورد بررسی قرار گیرد. هدف اصلی از این مطالعه به دست آوردن اطلاعاتی در مورد نرخ تفریح، جذب کیسه زرده و برخی شاخص‌های رشد قزل‌آلای رنگین‌کمان (*O. mykiss*)، در پاسخ به افزودن *L. rhamnosus* به آب مخازن پرورشی بود.

۲ | مواد و روش‌ها

این تحقیق به مدت ۲ ماه در آزمایشگاه آبی‌پروری شهید فضلی دانشکده شیلات، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان انجام شد. شاخص‌های کیفی آب طی دوره پرورش دمای آب ۱۱ درجه- سانتی‌گراد، pH ۷-۸، اکسیژن محلول ۹ میلی‌گرم در لیتر، جریان آب تازه‌ی ۰/۵ لیتر در دقیقه و دبی ورودی ۳۰ لیتر بر دقیقه (برگشت آب) با هوادهی مناسب بود (Lauzon et al., 2010). این پژوهش در قالب یک طرح کاملاً تصادفی در ۳ بخش انجام شد که عبارتند از: در بخش اول آزمایش (از روز ۱ تا روز ۷)، ۳ گروه آزمایشی شامل: ۱- تیمار شاهد (بدون افزودن پروبیوتیک)، ۲- تیماری که در آن تخم‌های چشم-

$$100 \times \left[\frac{\text{طول (سانتی متر)}}{\text{نهایی وزن (گرم)}} - \frac{\text{طول (سانتی متر)}}{\text{اولیه وزن (گرم)}} \right] = \text{ضریب چاقی}$$

$$\text{افزایش وزن بدن} / \text{مقدار غذا مصرفی} = \text{ضرب تبدیل غذایی}$$

$$\text{نرخ رشد ویژه} = \left[\frac{\text{Ln وزن اولیه} - \text{Ln وزن نهایی}}{\text{مدت زمان آزمایش}} \right] \times 100$$

$$\text{درصد افزایش وزن بدن} = \left[\frac{\text{وزن اولیه} - \text{وزن نهایی}}{\text{وزن اولیه}} \right] \times 100$$

از آزمون تجزیه واریانس یک طرفه برای مقایسه میانگین بین تیمارها در هر بخش آزمایش و از آزمون دانکن برای بررسی وجود یا عدم وجود اختلاف معنی دار بین میانگینها (در سطح اعتماد ۵ درصد) با نرم افزار آماری SPSS-18 استفاده شد.

۳ | نتایج

نتایج حاصل از این آزمایش در بخش اول (از روز ۱ تا ۷) نشان داد که افزودن *L. rhamnosus* به آب پرورشی، قطر و وزن تخم قزل آلی رنگین کمان را تحت تاثیر قرار نداد و در هیچ یک از غلظت‌های ذکر شده پروبیوتیک تفاوت معنی داری در میزان وزن و قطر تخم با گروه شاهد مشاهده نشد ($p > 0.05$) (جدول ۱). طول دوره تفریح (از روز ورود تخم ها تا تفریح کامل) در تیمار شاهد (بدون افزودن *L. rhamnosus*) و تیمار ۲ (تخم‌های چشم‌زده که از روز ۱ تا ۷ تحت غلظت CFU/mL 10^6 *L. rhamnosus* بودند) تفاوت معنی دار نداشت ($p > 0.05$). با این وجود، طول دوره تفریح در تیمار ۳ (تخم‌های چشم‌زده که از روز ۱ تا ۷ تحت غلظت CFU/mL 10^7 *L. rhamnosus* بودند) به طور معنی داری کمتر از گروه شاهد و تیمار ۲ بود ($p < 0.05$) (جدول ۱). نتایج حاصل از نرخ تفریح نیز نشان داد که نرخ تفریح در تیمار ۳ به طور معنی داری از گروه شاهد بیشتر بود اما بین گروه شاهد و تیمار ۲ اختلاف معنی داری از نظر نرخ تفریح مشاهده نشد ($p > 0.05$).

ساعت متوقف شده و سپس جریان آب برقرار گردید (Lauzon et al., 2010). در انتهای این بخش از آزمایش، فاکتورهای وزن و طول نهایی، درصد افزایش وزن بدن، ضریب تبدیل غذایی، ضریب رشد ویژه و ضریب چاقی اندازه گیری شد.

باکتری مورد استفاده در این طرح به شکل لیوفیلیزه از سازمان پژوهش‌های علمی و صنعتی ایران خریداری و در محیط کشت MRS Broth (شرکت مرک، آلمان) در دمای ۳۷ درجه سانتی‌گراد برای مدت ۲۴ ساعت کشت داده شد. به منظور خالص سازی باکتری، محیط کشت همراه با باکتری درون سانتریفیوژ یخچالدار با دمای ۴ درجه سانتی‌گراد و ۵۰۰۰ دور در دقیقه (RPM) به مدت ۱۰ دقیقه قرار داده شد. پس از سانتریفیوژ، بخش رویی (محیط کشت)، دور ریخته شد و به رسوب حاصله سرم فیزیولوژی استریل افزوده و با استفاده از دستگاه همزن (ورتکس) کاملاً مخلوط شده و به مدت ده دقیقه در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد و دور ۵۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ و مایع رویی دور ریخته شد. جهت اطمینان از خروج کامل محیط کشت، این عمل سه بار انجام گرفت. جهت تعیین میزان تراکم باکتری، از روش تراکم سنجی نوری در طول موج ۶۲۰ نانومتر از اسپکتروفتومتر، استفاده شد (Ahmadnia Motlagh, 2017). نرخ تفریح، طول دوره تفریح بر حسب ساعت و خصوصیات تخم (قطر و وزن) از زمان ورود تخم‌ها تا تفریح کامل؛ طول دوره زمانی جذب کیسه زرده، خصوصیات لاروهای تولید شده (طول کل و وزن) از زمان تفریح تا تکمیل شدن شنای فعال بر حسب ساعت در گروه آلوین اندازه‌گیری شد. برخی شاخص‌های رشد شامل وزن و طول ابتدایی و نهایی، افزایش وزن، میانگین رشد روزانه، ضریب تبدیل غذایی و ضریب چاقی از زمان تکمیل شنای فعال تا بچه ماهی حدود ۳ گرم اندازه‌گیری شد. بچه‌ماهیان ۴ بار در روز به میزان ۶ درصد وزن بدن با خوراک آغازین (شرکت ۲۱ بیضا، شیراز) تا رسیدن به وزن حدود ۳ گرم تغذیه شدند. به منظور اندازه‌گیری طول و وزن از (کولیس با دقت ± 0.01 گرم و ترازوی دیجیتالی با دقت ± 0.01 گرم) استفاده شد (Taylor et al., 2006).

$$\text{میانگین رشد روزانه (گرم)} = \frac{\text{وزن اولیه (گرم)} - \text{وزن نهایی (گرم)}}{\text{دوره پرورش (روز)}}$$

جدول ۱- میانگین (\pm انحراف معیار) وزن و قطر تخم، نرخ تفریح و طول دوره تفریح در قزل آلی رنگین کمان با افزودن *L. rhamnosus* به آب پرورشی در بخش اول آزمایش (روز ۱ تا روز ۷)

تیمار	غلظت باکتری (CFU/mL)	وزن تخم (میلی‌گرم)	قطر تخم (میلی‌متر)	طول دوره تفریح (ساعت)	تفریح (درصد)
		(n=750)	(n=25)		(n=700)
۱ (شاهد)	۰	$435 \pm 72/0$	$0.15 \pm 4/6$	43 ± 198	$0.15 \pm 93/3$
۲	10^6	$370 \pm 71/0$	$0.15 \pm 4/3$	710 ± 186	$0.15 \pm 94/3$
۳	10^7	$104 \pm 71/8$	$0.15 \pm 4/6$	61 ± 163	$0.15 \pm 95/3$

* داده‌های ارائه شده در هر ستون با حروف غیر مشترک با یکدیگر اختلاف معنی دار دارند ($p < 0.05$).

شامل وزن و طول در ابتدای دوره، انتهای دوره، میانگین رشد روزانه، ضریب تبدیل غذایی، ضریب رشد ویژه، ضریب چاقی و افزایش وزن ارائه شده است. میانگین وزن و طول بچه ماهیان در ابتدای دوره بین تیمارهای آزمایشی و تیمار شاهد اختلاف معنی‌داری نداشت. نتایج نشان داد که میانگین وزن و اندازه طول بچه‌ماهیان در انتهای دوره بین تیمارهای مورد آزمایش دارای اختلاف معنی‌داری با تیمار شاهد است ($p < 0/05$). بیشترین وزن نهایی در تیمار ۳ (تخم‌های چشم‌زده که از روز ۱ تا ۶۰ تحت غلظت 10^7 CFU/mL *L. rhamnosus* بودند) $2/98 \pm 111/50$ گرم) و کمترین آن در تیمار شاهد $1/95 \pm 10/7$ گرم) به ثبت رسید ($p < 0/05$) (جدول ۳). بیشترین طول نهایی نیز مربوط به تیمار ۳ $7/96 \pm 0/15$ سانتی‌متر) و کمترین آن مربوط به تیمار شاهد $5/50 \pm 0/20$ سانتی‌متر) بود ($p < 0/05$) (جدول ۳).

نتایج بخش دوم آزمایش (از روز ۱ تا روز ۲۰)، شامل میانگین شاخص‌های رشد شامل وزن اولیه و نهایی، طول نهایی و طول دوره جذب کیسه زرده در جدول ۲ ارائه شده است. بالاترین وزن نهایی در گروه ۵ (آلومین‌هایی که از روز ۸ تا ۱۸ تحت غلظت 10^7 CFU/mL *L. rhamnosus* بودند) و بیشترین طول نهایی در تیمار شاهد ثبت شد. در این بخش، طول و وزن اولیه و نهایی در هیچ یک از تیمارها تفاوت معنی‌داری با گروه شاهد نشان نداد ($p > 0/05$) (جدول ۲). نتایج حاصل از بررسی مدت زمان جذب کیسه زرده نشان داد که جذب کیسه زرده در هر دو گروه تخم‌های چشم‌زده (تیمارهای ۲ و ۳) و آلومین‌هایی (تیمارهای ۴ و ۵) که تحت تیمار با غلظت‌های 10^6 و 10^7 CFU/mL *L. rhamnosus* قرار گرفته بودند، به طور معنی‌داری سریع‌تر از گروه شاهد بود ($p < 0/05$). در جدول ۳ و ۴ میانگین شاخص‌های رشد

جدول ۲- میانگین (\pm انحراف معیار) وزن، طول و طول دوره جذب کیسه‌زده (ساعت) در ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان با افزودن *L. rhamnosus* به آب پرورشی در تیمارهای بخش دوم آزمایش (روز ۱ تا ۲۰)

تیمار	غلظت باکتری (CFU/mL)	وزن اولیه آلومین (میلی‌گرم)	وزن نهایی آلومین (میلی‌گرم)	طول نهایی آلومین (سانتی‌متر)	طول دوره جذب کیسه زرده (ساعت)
۱ (شاهد)	۰	$4/3 \pm 72/0$	$1/5 \pm 124/3$	$1/08 \pm 2/65$	$6/02 \pm 264/33$
۲	10^6	$3/5 \pm 71/3$	$6/5 \pm 126/00$	$0/03 \pm 2/55$	$3/2 \pm 248/6$
۳	10^7	$1/1 \pm 71/6$	$4/0 \pm 124/00$	$0/11 \pm 2/54$	$6/08 \pm 247/00$
۴	10^6	$3/2 \pm 72/6$	$5/6 \pm 124/6$	$0/09 \pm 2/60$	$5/2 \pm 244/00$
۵	10^7	$1/0 \pm 71/00$	$2/0 \pm 128/00$	$1/04 \pm 2/57$	$1/02 \pm 252/00$

* داده‌های ارائه شده در هر ستون با حروف غیر مشترک با یکدیگر اختلاف معنی‌دار دارند ($p < 0/05$).

جدول ۳- میانگین (\pm انحراف معیار) وزن ابتدایی، وزن میانی، طول ابتدایی و طول نهایی قزل‌آلای رنگین‌کمان با افزودن *L. rhamnosus* به آب پرورشی در تیمارهای بخش سوم آزمایش (روز ۱ تا روز ۶۰)

تیمار	غلظت باکتری (CFU/mL)	وزن اولیه (گرم)	وزن نهایی (گرم)	طول اولیه (سانتی‌متر)	طول نهایی (سانتی‌متر)
۱ (شاهد)	۰	$4/3 \pm 1/6$	$9/0 \pm 1/9$	$0/07 \pm 2/5$	$0/2 \pm 5/50$
۲	10^6	$1/5 \pm 160/00$	$45/8 \pm 2/7$	$0/12 \pm 2/5$	$0/11 \pm 7/4$
۳	10^7	$7/09 \pm 168/00$	$11/3 \pm 2/9$	$0/05 \pm 2/5$	$0/18 \pm 7/9$
۴	10^6	$2/30 \pm 160/00$	$35/1 \pm 2/5$	$0/07 \pm 2/5$	$0/33 \pm 6/2$
۵	10^7	$2/5 \pm 157/00$	$78/10 \pm 2/4$	$0/02 \pm 2/5$	$0/11 \pm 6/8$
۶	10^6	$8/02 \pm 171/00$	$105/8 \pm 2/3$	$0/05 \pm 2/6$	$0/44 \pm 6/4$
۷	10^7	$13/8 \pm 170/00$	$20/0 \pm 2/5$	$0/05 \pm 2/4$	$0/18 \pm 7/1$

* داده‌های ارائه شده در هر ستون با حروف غیر مشترک با یکدیگر اختلاف معنی‌دار دارند ($p < 0/05$).

و با تیمار شاهد نشان داد ($p < 0/05$) به طوری که کمترین ضریب تبدیل غذایی مغذایی مربوط به تیمارهای ۲ و ۳ (تخم‌هایی که از روز ۱ تا ۶۰ تحت غلظت *L. rhamnosus*) ($p < 0/05$) و بیشترین ضریب تبدیل غذایی مربوط به گروه شاهد بود. ضریب چاقی نیز اختلاف معنی‌داری تنها بین تیمار شاهد با دو تیمار ۲ و ۳ (تخم‌های چشم‌زده که از روز ۱ تا ۶۰ تحت غلظت *L. rhamnosus* بودند) نشان داد ($p < 0/05$) و بین سایر تیمارها، اختلاف معنی‌داری با تیمارهای ۲ و ۳ و شاهد به ثبت نرسید ($p > 0/05$). نتایج این بخش نشان داد که در تیمارهایی (تیمار ۲ و ۳) که در آن تخم‌های چشم‌زده مدت طولانی‌تری تحت اثر پروبیوتیک قرار داشتند فاکتورهای رشد به‌طور معنی‌داری بالاتر از تیمارهایی بود که در آن تنها از زمان آلودن (تیمار ۴ و ۵) و بچه‌ماهی (۶ و ۷) تحت اثر *L. rhamnosus* قرار گرفتند.

درصد افزایش وزن بدن و ضریب رشد ویژه در کلیه تیمارهای دریافت‌کننده *L. rhamnosus* بیشتر از تیمار شاهد بود ($p < 0/05$) (جدول ۴). کمترین درصد افزایش وزن بدن و کمترین ضریب رشد ویژه در تیمار شاهد گزارش شد. همچنین بین تیمارهای مورد آزمایش، کمترین درصد افزایش وزن بدن در تیمار ۶ (بچه ماهیانی که از روز ۱۹ تا ۶۰ تحت غلظت 10^6 CFU/mL *L. rhamnosus* بودند) و بالاترین درصد افزایش وزن بدن در تیمار ۲ (تخم‌های چشم‌زده که از روز ۱ تا ۶۰ تحت غلظت 10^6 CFU/mL *L. rhamnosus* بودند) و تیمار ۳ (تخم‌های چشم‌زده که از روز ۱ تا ۶۰ تحت غلظت 10^7 CFU/mL *L. rhamnosus* بودند) مشاهده شد ($p < 0/05$). بالاترین ضریب رشد ویژه نیز در تیمارهای ۲ و ۳ ثبت شد که اختلاف معنی‌داری با تیمار شاهد و دیگر تیمارها داشتند ($p < 0/05$) (جدول ۴). ضریب تبدیل غذایی در تیمارهای تحت تاثیر باکتری اختلاف معنی‌داری را با یکدیگر

جدول ۴- میانگین (\pm انحراف معیار) درصد بقا، درصد افزایش وزن، ضریب تبدیل غذایی و ضریب رشد ویژه در ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان با افزودن *L. rhamnosus* به آب پرورشی در تیمارهای بخش سوم آزمایش (روز ۱ تا روز ۶۰)

تیمار	غلظت باکتری (CFU/mL)	درصد افزایش وزن بدن (n=۲۵)	ضریب رشد ویژه (درصد در روز) (n=۲۵)	ضریب تبدیل غذایی (n=۲۵)	ضریب چاقی (n=۲۵)
۱ (شاهد)	۰	$65/5 \pm 1/06$	$0/9 \pm 4/09$	$0/03 \pm 0/18$	$0/07 \pm 1/1$
۲	10^6	$30/8 \pm 1/6$	$0/2 \pm 4/7$	$0/01 \pm 0/6$	$0/03 \pm 0/6$
۳	10^7	$68/4 \pm 1/6$	$0/6 \pm 4/7$	$0/01 \pm 0/6$	$0/05 \pm 0/5$
۴	10^6	$41/2 \pm 1/4$	$0/4 \pm 4/5$	$0/01 \pm 0/7$	$0/1 \pm 1/05$
۵	10^7	$50/9 \pm 1/4$	$0/5 \pm 4/5$	$0/01 \pm 0/7$	$0/01 \pm 0/7$
۶	10^6	$95/8 \pm 1/2$	$0/0 \pm 4/3$	$0/06 \pm 0/7$	$0/2 \pm 0/90$
۷	10^7	$110/3 \pm 1/3$	$0/0 \pm 4/4$	$0/02 \pm 0/7$	$0/5 \pm 1/03$

* داده‌های ارائه شده در هر ستون با حروف غیر مشترک با یکدیگر اختلاف معنی‌دار دارند ($p < 0/05$).

۴ | بحث و نتیجه‌گیری

امروزه استفاده از باکتری‌ها به‌عنوان پروبیوتیک‌ها در آبی‌پروری به دلیل پتانسیل و اثرات مثبت آن‌ها رو به افزایش است (Khademzade et al., 2016; Gobi et al., 2019; al., 2019). در این بررسی، وزن و قطر تخم در هیچ یک از تیمارهای آزمایشی تحت اثر *L. rhamnosus* اختلاف معنی‌داری با تیمار شاهد نشان نداد. نتایج این تحقیق با بررسی‌های انجام شده در بررسی لائون و همکاران (Lauzon et al., 2010) طی ۳۸ روز به آب پرورش تخم و لارو کاد (*Gadus morhua*)؛ *Enterococcus* و *Arthrobactersp.*، *Carnobacteriumdivergens* به میزان 10^7 و 10^6 CFU/mL اضافه کردند همخوانی داشت. نتایج حاصل از این بررسی نشان داد که در بخش اول آزمایش (روز ۱ تا ۷) طول دوره تفریح و نرخ تفریح بین تیمارهای آزمایشی که در آن‌ها باکتری به آب محیط پرورش افزوده شده بود نسبت به تیمار شاهد اختلاف معنی‌داری مشاهده شد ($p < 0/05$). مشابه با این نتیجه،

جیاچینی و همکاران (Gioacchini et al., 2013) نیز گزارش کردند که در تخم‌های ماهی گورخری (*Danio rerio*) که برای مدت ۱۰ روز تحت تیمار با *L. rhamnosus* قرار گرفته بودند نرخ تفریح به میزان قابل توجهی افزایش یافت. به نظر می‌رسد که پروبیوتیک‌ها می‌توانند از طریق تامین مواد مغذی ضروری و بهبود کیفیت آب باعث این افزایش شوند (Moreno-Arias et al., 2018). با این وجود بررسی لامباردو و همکاران (Lombardo et al., 2011) نشان داد تیمار تخم ماهی *Fundulus heteroclitus* با باکتری *L. Rhamnosus* تأثیری بر میزان تفریح لاروها نداشت. در بخش دوم بررسی حاضر، نتایج سنجش مدت زمان جذب کیسه‌زده نشان داد که هم در تیمارهایی که در آن تخم‌های چشم‌زده از روز ۱ تا روز ۱۸ و هم تیمارهایی که آلودن‌ها از روز ۸ تا روز ۱۸ تحت غلظت‌های 10^6 و 10^7 CFU/mL *L. rhamnosus* قرار گرفتند، کیسه زرده سریع‌تر جذب شد و با شاهد اختلاف معنی‌دار

بهبود تغذیه (Moreno-Arias *et al.*, 2018)، کاهش ضریب تبدیل غذایی، افزایش ضریب چاقی و افزایش بازماندگی ماهی پرورشی شود (Arias-Moscoco *et al.*, 2018). به‌طور کلی نتایج تحقیق حاضر نشان داد که استفاده از *L. rhamnosus* از طریق افزودن به مخزن آب، اثرات مفیدی بر عملکرد رشد ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان داشت. تاوکا و همکاران (Taoka *et al.*, 2006) نیز اثر چند پروبیوتیک تجاری (شامل *Bacillus subtilis*، *Lactobacillus acidophilus*، *Clostridium butyricum* و *Saccharomyces cerevisiae*) را بر رشد ماهی فلاندر ژاپنی (*Paralichthys Olivaceus*) بررسی کردند و نتایج نشان داد که افزودن پروبیوتیک‌ها به رژیم غذایی یا آب محیط پرورش منجر به افزایش رشد می‌شود. به‌طور کلی، اثرات مفید *L. rhamnosus* بر شاخص‌های رشد ماهی با محققینی که استفاده از این باکتری را در ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان مورد مطالعه قرار داده بودند موافق بود (Nikoskelainen *et al.*, 2001; Panigrahi *et al.*, 2004). نتایج تحقیقات اخیر موید آن است که *L. rhamnosus* دارای قابلیت تحریک بلوغ در مراحل اولیه زندگی است (Patel *et al.*, 2012) و همچنین می‌توان بیان داشت پروبیوتیک‌ها از طریق بهبود عملکرد آنزیم‌های گوارشی و با ترشح ویتامین و مواد مغذی و کمک به جذب مواد غذایی سبب افزایش رشد می‌گردند (Ringo *et al.*, 2014). به‌طور کلی نتایج نشان داد فاکتورهای رشد در تیمارهایی که در آن تخم‌های چشم‌زده (از روز ۱ تا ۶۰) تحت غلظت‌های مختلف باکتریایی قرار داشتند به‌طور معنی‌داری بالاتر از سایر تیمارهایی بود که در آن آلوین‌ها (از روز ۸ تا ۶۰) و بچه‌ماهیان (از روز ۱۹ تا ۶۰) تحت تأثیر پروبیوتیک بودند. یافته‌ها ثابت نمودند اگر چه افزودن *L. rhamnosus* به آب مخازن پرورشی در بخش اول آزمایش (روز ۱ تا ۷) بر وزن و قطر تخم اثر معنی‌داری نداشت اما در غلظت 10^7 CFU/mL باعث کوتاه‌تر شدن طول دوره و افزایش نرخ تفریح شد و هم‌چنین در بخش دوم آزمایش (روز ۱ تا ۲۰) باعث جذب سریع‌تر کیسه‌زده در هر دو گروه تخم‌های چشم‌زده (تیمارهای ۲ و ۳) و آلوین‌هایی (تیمارهای ۴ و ۵) که تحت تیمار باکتری در غلظت‌های 10^6 و 10^7 CFU/mL بودند، شد و هم‌چنین در بخش سوم آزمایش (روز ۱ تا ۶۰) شاخص‌های رشد مورد مطالعه در این تحقیق، تیماری که در آن تخم‌های چشم‌زده از روز ۱ تا روز ۶۰ در غلظت 10^7 CFU/mL تحت تیمار باکتری بودند، بهترین نتیجه را نشان دادند. در مجموع استفاده از باکتری در گروه تخم‌های چشم‌زده نسبت به گروه آلوین و بچه‌ماهی نتیجه مطلوب‌تری را نشان داد. به‌طور کلی نتایج مطالعات صورت‌گرفته تاکنون نشان داد که افزودن مستقیم پروبیوتیک به آب پرورشی شیوه‌ای اثرگذار بوده و موجب بهبود عملکرد رشد آبزیان می‌شود. به‌عبارت دیگر در میان روش‌های متعدد افزودن پروبیوتیک، افزودن مستقیم پروبیوتیک به آب محیط پرورشی می‌تواند آسان‌ترین و مؤثرترین روش باشد. با این وجود، تحقیقات بیشتری در زمینه تجویز پروبیوتیک از طریق آب باید انجام شود تا با رفع نواقص احتمالی و بررسی همه‌جانبه، بتوان به بهترین راهکار و دستورالعمل استفاده از این روش در صنعت آبزی‌پروری و برای هر یک از گونه‌های آبزیان دست یافت.

داشت ($p < 0/05$). با این وجود، افزودن پروبیوتیک نتوانست تأثیری بر طول و وزن اولیه و نهایی لاروها داشته باشد. نتایج حاصل از این تحقیق در زمینه کوتاه‌تر شدن طول دوره جذب کیسه‌زده نشان می‌دهد که احتمالاً *L. rhamnosus* در این فرآیند دخیل است. بر خلاف نتایج این تحقیق، گزارش وانگ و همکاران (Wang *et al.*, 2008) نشان داد افزودن غلظت 10^7 CFU/mL *Enterococcus faecium* به آب پرورشی لاروهای ماهی تیلاپیا (*Oreochromis niloticus*) سبب شد تا طول و وزن نهایی لاروها به‌طور معنی‌داری افزایش یابد. از سوی دیگر، مطالعه‌ی اثرات تیمار پروبیوتیکی مولدین با غلظت CFU/mL 10^6 *L. rhamnosus* بر عملکرد رشد نوزادان ماهی *Fundulus heteroclitus* نیز نشان داد تیمارهای حاوی پروبیوتیک سبب افزایش معنی‌دار در طول کل و وزن نوزادان شد (Lombardo *et al.*, 2011). در سومین بخش از پژوهش حاضر، نتایج حاصل از افزودن *L. rhamnosus* به آب محیط پرورش ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان نشان داد که میانگین وزن و اندازه طول بچه‌ماهیان در انتهای دوره بین تیمارهای تحت اثر باکتری دارای اختلاف معنی‌داری با تیمار شاهد بود ($p < 0/05$). مطابق با این نتایج، بررسی گوپتا و همکاران (Gupta *et al.*, 2016) نیز نشان داد که افزودن *Paenibacillus polymyxa* به آب پرورشی ماهی کپور معمولی (*Cyprinus carpio*) به میزان 1×10^3 ، 10^4 و 10^5 CFU/mL موجب شد وزن به‌طور قابل‌ملاحظه‌ای افزایش یابد. آولا و همکاران (Avella *et al.*, 2012) نیز در یک آزمایش با استفاده از دلقک‌ماهی (*Mphiprion ocellaris*) تیمار شده با *L. Rhamnosus* از طریق آب و از طریق غذای زنده به این نتیجه رسیدند که ماهیان پس از ۳۰ روز استفاده پروبیوتیک، به‌طور معنی‌داری طول بیشتری نسبت به گروه شاهد داشتند. نتایج این بررسی نشان داد که در ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان، درصد افزایش وزن بدن و ضریب رشد ویژه در کلیه تیمارهای دریافت‌کننده *L. rhamnosus* بیشتر از تیمار شاهد بود و با گزارش وانگ و همکاران (Wang *et al.*, 2008) که بیان کردند افزودن *Enterococcus faecium* به میزان 10^7 CFU/mL به آب پرورشی ماهی تیلاپیا (*O. niloticus*) موجب افزایش معنی‌داری در وزن نهایی و درصد افزایش وزن بدن ماهی شد مطابقت داشت. ضریب چاقی نیز تنها بین تیمار شاهد با هر دو تیماری که در آن تخم‌ها از روز ۱ تا ۶۰ تحت غلظت باکتری بودند اختلاف معنی‌داری نشان داد ($p < 0/05$). و بین سایر تیمارهایی که در آن آلوین‌ها از روز ۸ تا ۶۰ و بچه‌ماهیان از روز ۱۹ تا ۶۰ تحت تیمار غلظت‌های مختلف باکتری بودند اختلاف معنی‌داری با گروه قبل (تخم‌هایی که از روز ۱ تا ۶۰ تحت غلظت پروبیوتیک بودند) مشاهده نشد ($p > 0/05$). نتایج نشان داد که ضریب تبدیل غذایی در کلیه تیمارهای دریافت‌کننده *L. rhamnosus* اختلاف معنی‌داری را با تیمار شاهد داشت ($p < 0/05$) به‌طوری‌که بهترین ضریب تبدیل غذایی مربوط به تیمارهایی بود که در آن تخم‌ها از روز ۱ تا ۶۰ تحت غلظت پروبیوتیک بودند و بیشترین ضریب تبدیل غذایی در تیمار شاهد ثبت شد. در حقیقت، پروبیوتیک‌ها می‌توانند گونه‌های میکروبی موجود در آب را افزایش داده و کیفیت آب را بهبود بخشند و با توسعه جامعه میکروبی و تنوع بالا میکروارگانیسم‌ها باعث

پست الکترونیکی نویسندگان

machanlou@gmail.com معصومه ماچانلو:
 ahajimoradloo@yahoo.com عبدالمجید حاجی مرادلو:
 alihajibeglou@gmail.com علی حاجی بگلو:
 hossein.hoseinifar@gmail.com سید حسین حسینی فر:
 a.jafar55@gmail.com علی جعفر نوده:

REFERENCES

- Kesarcodi-Watson A., Kaspar H., Lategan M.J., Gibson L. 2008. Probiotics in aquaculture: the need, principles and mechanisms of action and screening processes. *Aquaculture*, 89: 274:1–14.
- Khademzade O., Zakeri M., Haghi M., Mousavi S.M. 2020. The effects of water additive *Bacillus cereus* and *Pediococcus acidilactici* on water quality, growth performances, economic benefits, immunohematology and bacterial flora of white leg shrimp (*Penaeus vannamei* Boone, 1931) reared in earthen ponds. *Aqua Res*, 51(5): 1759-1770.
- LaPatra S.E., Fehringer T.R., Cain K.D. 2014. A probiotic *Enterobacter* sp. provides significant protection against *Flavobacterium psychrophilum* in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) after injection by two different routes. *Aquaculture*, 433: 361–366.
- Lauzon H.L., Gudmundsdottir S., Steinarsson A., Oddgeirsson M., Petursdottir S.K., Reynisson E., Gudmundsdottir B.K. 2010. Effects of bacterial treatment at early stages of Atlantic cod (*Gadus morhua* L.) on larval survival and development. *J of applied microb*, 108(2): 624-632.
- Lauzon H.L., Pérez-Sánchez T., Merrifield D.L., Ringo E., Balcázar J.L. 2014. Probiotic applications in cold water fish species. *Aquaculture nutrition: Gut health, probiotics and prebiotics*, 98: 223-252.
- Lombardo F., Gioacchini G., Carnevali, O. 2011. Probiotic-based nutritional effects on killifish reproduction. *Fishery and Aqua Journal*, 165: 1-12.
- Moreno-Arias A., López-Elías J.A., Martínez-Córdova L.R., Ramírez-Suárez J.C., Carvallo-Ruiz M.G., García-Sánchez G., Lugo-Sánchez M.E. and Miranda-Baeza, A. 2018. Effect of fishmeal replacement with a vegetable protein mixture on the amino acid and fatty acid profiles of diets, biofloc and shrimp cultured in BFT system. *Aquaculture*. 483: 53-62.
- Nikoskelainen S., Ouwehand A., Salminen S., Bylund G. 2001. Protection of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) from furunculosis by *Lactobacillus rhamnosus*. *Aquaculture*, 198(3-4): 229-236.
- Olafsen J.A. 2001. Interactions between fish larvae and bacteria in marine aquaculture. *Aquaculture*, 200: 223–247.
- Panigrahi A., Kiron V., Kobayashi T., Puangkaew J., Satoh S., Sugita H. 2004. Immune responses in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) induced by a potential probiotic bacteria *Lactobacillus rhamnosus* JCM 1136. *Veterinary Immunology and Immunopathology*, 102(4): 379-388.
- Parker R.B. 1974. Probiotics, the Other Half of Antibiotic Story. *Animal Nutrition & Health*, 29: 4-8.
- Patel S., Goyal A. 2012. The current trends and future perspectives of prebiotics research: a review. *3 Biotech*, 2(2): 115-125.
- Ringo E., Dimitroglou A., Hoseinifar S.H., Davies S.J. 2014. Prebiotics in finfish: an update. *Aquaculture nutrition: Gut health, probiotics and prebiotics*, 103: 360-400.
- Sugiura S.H., Babbitt J. K., Dong F.M., Hardy R.W. 2000. Utilization of fish and animal by-product meals in low-pollution feeds for rainbow trout *Oncorhynchus*
- Ahmadnia-Motlagh H., Hajimoradloo A., Gorbani R., Naser A.G.H., Safari O., Lashkarizadeh-Bami M. 2017. Reproductive performance and intestinal bacterial changes of *Carassius auratus* fed supplemented *lactoferrin* and *Lactobacillus rhamnosus* PTCC 1637 diet. *Iran J Ichthyol*, 4(2): 150-161.
- Arias-Moscoco J.L., Espinoza-Barrón L.G., Miranda-Baeza A., Rivas-Vega M.E. and Nieves-Soto M. 2018. Effect of commercial probiotics addition in a biofloc shrimp farm during the nursery phase in zero water exchange. *Aquaculture Reports*, 11:47-52.
- Avella M.A., Place A., Du S.J., Williams E., Silvi S., Zohar Y., Carnevali O. 2012. *Lactobacillus rhamnosus* accelerates zebrafish backbone calcification and gonadal differentiation through effects on the GnRH and IGF systems. *Plos one*, 7(9): 455-472.
- Balcázar J.L., De Blas I., Ruiz-Zarzuola I., Cunningham D., Vendrell D., Muzquiz J.L. 2006. The role of probiotics in aquaculture. *Vet microbi*, 114 (3-4): 173-186.
- Carnevali O., Avella M.A., Gioacchini G. 2013. Effects of probiotic administration on zebrafish development and reproduction. *Genes and comp endocrine*, 188: 297-302.
- Gioacchini G., Dalla Valle L., Benato F., Fimia G.M., Nardacci R., Ciccocanti F., Carnevali O. 2013. Interplay between autophagy and apoptosis in the development of *Danio rerio* follicles and the effects of a probiotic. *Reproduction, Fertility and Development*, 25(8): 1115-1125.
- Gobi N., Malaikozhundan B., Sekar V., Shanthi S., Vaseeharan B., Jayakumar R., Nazar A.K. 2016. GFP tagged *Vibrio parahaemolyticus* Ddhv2 infection and the protective effects of probiotic *Bacillus licheniformis* Ddhb1 on the growth, immune and antioxidant responses in *Pangasius hypophthalmus*. *Fish Shellfish Immunol*, 52: 230–238.
- Gupta A., Gupta P., Dhawan A. 2016. *Paenibacillus polymyxa* as a water additive improved immune response of *Cyprinus carpio* and disease resistance against *Aeromonas hydrophila*. *Aquac Rep*, 4: 86-92.
- Hajibeglou A., Sudagar M. 2018. Effect of light intensity on hatching rate, survival and growth in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) alevin. *Journal of Aquatic Development*, 12 (2):37-48.
- Jahangiri L., Esteban M.Á. 2018. Administration of probiotics in the water in finfish aquaculture systems: a review. *Fishes*, 3(3): 33.

- mykiss* (Walbaum). *Aquaculture Research*, 31(7): 585-593.
- Tannock G.W. 2004. A special fondness for lactobacilli. *Applied and environmental microbiology*, 70(6): 3189-3194.
- Taoka Y., Maeda H., Jo J.Y., Jeon M.J., Bai S.C., Lee W.J., Koshio, S. 2006. Growth, stress tolerance and non-specific immune response of Japanese flounder *Paralichthys olivaceus* to probiotics in a closed recirculating system. *Fisheries Science*, 72(2): 310-321.
- Taylor J.F., North B.P., Porter M.J.R., Bromage N.R., Migaud, H. 2006. Photoperiod can be used to enhance growth and improve feeding efficiency in farmed rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. *Aquaculture*, 256: 216-234.
- Villamil L., Figueras A., Planas M., Novoa B. 2010. *Pediococcus acidilactici* in the culture of turbot (*Psetta maxima*) larvae: Administration pathways. *Aquaculture*, 307: 83-88.
- Vine N.G., Leukes W.D., Kaiser H. 2006. Probiotics in marine larva culture. *FEMS Microbiol Rev*, 30:404-427
- 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., Tian Z.Q., Yao J.T., Li, W.F. 2008. Effect of probiotics, *Enterococcus faecium*, on tilapia (*Oreochromis niloticus*) growth performance and immune response. *Aquaculture*, 277(3-4): 203-207.
- Wang Y.B., Xu Z.R. 2006. Effect of probiotics for common carp (*Cyprinus carpio*) based on growth performance and digestive enzyme activities. *Anim Feed Sci Technol*. 127: 283-292.

نحوه استناد به این مقاله:

ماچانلو م، حاجی مرادلو ع، حاجی بگلو ع، حسینی فرح، جافر نوده ع. تأثیر افزودن *Lactobacillus rhamnosus* PTCC 1637 به آب مخازن پرورشی قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*) بر نرخ تفریخ، جذب کیسه زرده و برخی شاخص‌های رشد تا مرحله انگشت‌قدی. نشریه پژوهش‌های ماهی‌شناسی کاربردی دانشگاه گنبدکاووس. ۱۴۰۲، ۵۹-۵۱(۱): ۱۱.

Machanlou M., Hajimoradloo A., Hajibeglou A., Hoseinifar H., Jafer Nodeh A. Effect of adding *Lactobacillus rhamnosus* to the water on egg hatching, yolk sac absorption and some growth factors of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) up to fingerling stage. *Journal of Applied Ichthyological Research*, University of Gonbad Kavous. 2023, 11(1): 51-59.

Effect of adding *Lactobacillus rhamnosus* to the water on egg hatching, yolk sac absorption and some growth factors of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) up to fingerling stage

Machanlou M., Hajimoradloo A*, Hajibeglou A., Hoseinifar H., Jafer Nodeh A.

Dept. of Aquaculture, Faculty of Fisheries and Environmental Sciences, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran.

Type:

Original Research Paper

<https://doi.org/10.22034/jair.11.1.51>

Paper History:

Received: 29-05-2020

Accepted: 19-07- 2020

Corresponding author:

Hajimoradloo A. Dept. of Aquaculture, Faculty of Fisheries and Environmental Sciences, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran.

Email: ahajimoradloo@yahoo.com

Abstract

So far, several studies have been conducted to increase aquatic production by affecting growth and reducing mortality through various feed additives, but studies on the effect of adding these additives directly to water are limited. The aim of the present study was to investigate the effect of adding *Lactobacillus rhamnosus* PTCC 1637 to water on hatching rate, yolk sac uptake and some growth indices during spawning to juvenile stages of rainbow trout. This study was divided into 3 parts; 1: day 1 to 7, 2: day 1 to 20 and 3: day 1 to 60, with the addition of concentrations of 10^6 and 10^7 CFU/mL into the water and also a control group. Results of the first and second parts showed that the range and duration of the hatching in all probiotic treatments were significantly different from the control and the yolk sac absorption were significantly shorter in both groups under 10^6 and 10^7 CFU/mL concentrations compare to the control ($P < 0.05$). In the third part, the weight, length, feed conversion ratio, body weight gain percentage, specific growth rate and condition factor among probiotic treatments showed a significant difference with control ($P < 0.05$). In all of these parameters, the best results were recorded in a treatment in which the hatched eggs were incubated from 1 to 60 days at 10^7 CFU/mL; The best feed conversion ratio was also recorded in the same treatment ($P < 0.05$). Overall, increasing the duration of *lactobacillus rhamnosus* treatment improved the performance of the hatching and growth factors in the early stages, as well as increasing the health status and growth in the later stages of fish life. Overall, the addition of bacteria to the water has improved the yield of growth and development in the early stages of life of rainbow trout and can be the easiest and most effective method.

Keywords: Rainbow trout, Probiotic, *Lactobacillus rhamnosus*, Growth factor