



University of Guilan

University of Guilan with collaboration of Iranian
Aquaculture Society

Aquatic Animals Nutrition

Vol. 8, No. 1, 2022, pages: 1-9
DOI: 10.22124/janb.2023.23610.1179



Effects of water containing *Lactobacillus rhamnosus* on intestinal tissue of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fingerling

Masoumeh Machanlou*, Ali Hajibeglou, Abdolmajid Hajimoradlou

Department of Aquaculture, Faculty of Fisheries and Environmental Sciences, Gorgan
University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Grogan, Golestan, Iran

Received 20 November 2021

Revised 13 March 2022

Accepted 17 March 2022

KEYWORDS

Alvin
Fingerling
Bacteria
Probiotic
Hatched egg
Intestinal

ABSTRACT

Probiotics as alternatives to chemicals and antibiotics have proven to be effective in promoting successful aquaculture. They can improve water quality, increase tolerance to stress, generate high-quality livestock, etc. The present study aimed to investigate the effect of adding *Lactobacillus rhamnosus* PTCC 1637 to water on the intestinal tissue of rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. This experiment was performed in three treatments including 1: days 1 to 7; 2: days 1 to 20; and 3: days 1 to 60, by adding the bacterium at 10^6 - 10^7 CFU/mL into the water and also a control group. The above mentioned concentrations of the bacterium in group 1 were added on days 1, 3, and 5; in group 2, at every two days; and in group 3, from 1 to 20 on every other day, then from 20 to 60, once in four days. At the end of the experiment, intestinal alteration was examined. The results showed that the highest length (247.2 μ m) and width of intestinal villi (70.6 μ m) were related to the hatched egg group from 1 to 60 days (hatched egg part), while the lowest in the control group. There was no significant difference between the average width and length of the intestinal villi in other treatments compared to the control group. In general, the use of bacteria in the eyed eggs group (days 1 to 60 at a concentration of 10^7 CFU/mL) showed a more favorable result than in the alevin and fry groups. Finally, the direct addition of probiotics to the water effectively improved intestinal morphology in *O. mykiss*.

*Corresponding author: machanlou@gmail.com





"مقاله پژوهشی"

اثر آب حاوی *Lactobacillus rhamnosus* PTCC 1637 بر بافت روده بچه ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان
(*Oncorhynchus mykiss*)

معصومه ماچانلو*، علی حاجی بگلو، عبدالمجید حاجی مرادلو

گروه تکثیر و پرورش آبزیان، دانشکده شیلات و محیط زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، گلستان

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱۲/۲۶

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۰/۱۲/۲۲

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۸/۲۹

کلمات کلیدی

چکیده

پروبیوتیک‌ها به‌عنوان جایگزینی برای مواد شیمیایی و آنتی‌بیوتیک‌ها ثابت کرده‌اند که در ارتقای آبی‌پروری موفق مؤثر بوده‌اند، زیرا دارای توان بالقوه بهبود کیفیت آب، افزایش تحمل به استرس و افزایش کیفیت ذخایر تولیدی هستند. هدف این تحقیق بررسی تأثیر افزودن *Lactobacillus rhamnosus* PTCC 1637 به آب پرورش ماهی بر بافت روده بچه‌ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*) بود. این بررسی در سه گروه شامل ۱: تخم‌چشم‌زده؛ ۲: آلوین؛ و ۳: بچه ماهی با غلظت‌های 1×10^6 و 1×10^7 باکتری در میلی‌لیتر آب پرورشی و شاهد (بدون دریافت باکتری) انجام شد. غلظت‌های مذکور از باکتری، در گروه ۱ در روزهای ۱، ۳ و ۵؛ در گروه ۲ به‌صورت دو روز در میان و در گروه ۳ از روز ۱ تا ۲۰ یک روز در میان، و از روز ۲۰ تا ۶۰ هر ۴ روز یک بار به آب افزوده شد. نتایج نشان داد که بیشترین درازا (۲۴۷/۲۰ میکرومتر) و پهنای پرزهای روده (۷۰/۶ میکرومتر) مربوط به گروه تخم‌های چشم‌زده در روز ۱ تا ۶۰ و کمترین (پهنا: ۵۹/۲ و درازا: ۲۰۱/۰۸ میکرومتر) آن مربوط به گروه شاهد بود. تفاوت معنی‌داری بین میانگین پهنا و درازای پرزهای روده در دیگر تیمارها با شاهد مشاهده نشد. در مجموع، استفاده از باکتری در گروه تخم‌های چشم‌زده (روز ۱ تا ۶۰ در غلظت 10^7 CFU/mL) نسبت به گروه آلوین و بچه‌ماهی نتیجه مطلوب‌تری را نشان داد. در نهایت، افزودن مستقیم پروبیوتیک به آب پرورشی شیوه‌ای اثرگذار بود و موجب بهبود وضعیت ریخت‌شناسی روده بچه ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان شد.

مقدمه

قزل آلابی رنگین کمان (*Oncorhynchus mykiss*) از مهم‌ترین گونه‌های تجاری آزاد ماهیان در ایران است. از نکات مهم در پرورش این ماهی، مدیریت صحیح تغذیه و بالا بردن درصد بازماندگی است (Sugiura et al. 2000). اصولاً فنون و وسایلی که بتوانند توانایی نوزاد ماهیان را در بالا بردن تغذیه آغازین بهبود بخشند، بسیار مهم و ضروری هستند، زیرا یکی از مشکلات موجود در پرورش این ماهی، پرورش در مرحله اولیه زندگی است که همواره با تلفات نسبتاً بالا همراه است (Hajibeglou and Sudagar, 2018).

بر اساس تعاریف موجود، پروبیوتیک‌ها ریزموجودات زنده‌ای هستند که وقتی به مقدار مناسب در زمان مناسب و با غلظت مناسب تجویز شوند (Hill et al. 2014)، به سرعت در دستگاه گوارش تکثیر می‌شوند، ریخت‌شناسی روده و ترکیب و وضعیت طبیعی میکروبیوم روده را بهبود می‌بخشند و برهمکنش‌های بین ریزموجودات را تعیین می‌کنند (Ajuwon, 2016; Sarangi et al. 2016; Chen et al. 2017). در مطالعات مختلف نشان داده شده است که پروبیوتیک‌ها قادر به تولید مواد مهارکننده و جلوگیری از تجمع عوامل بیماری‌زا در روده هستند (Nayak, 2010; Cordero et al. 2015) و از طریق اتصال به مخاط دستگاه گوارش و کلنی‌سازی در آن، یک صافی (فیلتر) محافظ طبیعی را تشکیل می‌دهند. به این ترتیب، آنها از دستگاه گوارش میزبان در مقابل عوامل بیماری‌زا محافظت کرده و با تحریک دستگاه ایمنی به حفظ سلامتی موجود و ایجاد فلور روده‌ای متعادل کمک می‌کنند (Sikandar et al. 2017).

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 روده‌ای، سلامت مخاط دستگاه گوارش، دستگاه ایمنی، سوخت و ساز بدن، رشد یاخته‌ای و بازماندگی تحت تأثیر قرار می‌دهد (Carnevali et al. 2013).

برای اولین بار لاکتوباسیلوس‌ها از سطح پوست، آبشش و مجرای گوارشی ماهی کاد اقیانوس اطلس جدا شدند. سپس به تدریج دیگر محققان توانستند برخی از گونه‌های

لاکتوباسیلوس را از روده اکثر ماهیان استخوانی در تمام مراحل زندگی شامل نوزادی، انگشت قد و بالغ جدا کنند (De Leblanc et al. 2010). یکی از اعضای مهم جنس لاکتوباسیلوس، گونه *Lactobacillus rhamnosus* است (Petrova et al. 2021) که از باکتری‌های بسیار مقاوم روده بوده و اثرات سلامتی بسیاری از جمله کاهش طول مدت اسهال ویروسی، تقویت ایمنی، ترمیم بیماری روده‌ی بزرگ ملتهب، درمان و پیشگیری از آلرژی و جلوگیری از رشد باکتری‌های بیماری‌زا دارد (Liu et al. 2020). در مطالعات مشخص شده است که باکتری *L. rhamnosus GG* قابلیت تحریک بلوغ و توسعه پرزهای روده در نوزادان انسان دارد (Patel et al. 2012). همچنین، کاربرد *L. rhamnosus GG* در پرورش ماهی تیلاپای نیل (*Oreochromis niloticus*) منجر به افزایش درازای پرز در قسمت‌های قدامی میانی و خلفی روده شد (Pirarat et al. 2011).

Moriarty (۱۹۹۸) تعریف گسترده‌ای از پروبیوتیک‌ها به عنوان «افزودنی‌های آب» پیشنهاد داد (Zhou et al. 2010). همچنین، Lauzon و همکاران (۲۰۱۴) *L. plantarum* را با میزان 1×10^5 CFU/mL (Forming Unit) به مدت ۹ روز به آب پرورشی نوزاد کاد (*Gadus morhua*) اضافه کردند که به طور قابل توجهی ۷۰٪ جمعیت میکروبی روده از این باکتری تشکیل می‌شد.

این امر باعث کاهش باکتری‌های فرصت‌طلب شد. تا به امروز، اکثر مطالعات انجام شده برای بررسی اثرات پروبیوتیک‌ها در آبزیان از مکمل‌های غذایی استفاده کرده‌اند و توجه کمی به اثرات مفید احتمالی تجویز مستقیم پروبیوتیک‌ها در آب شده است. هدف اصلی از این مطالعه به دست آوردن اطلاعات در مورد ریخت‌شناسی روده قزل آلابی رنگین کمان، در پاسخ به پروبیوتیک *L. Rhamnosus*، به عنوان افزودنی آب بود.

مواد و روش‌ها

باکتری مورد استفاده: باکتری‌های مورد استفاده در این طرح به شکل لیوفیلیزه از سازمان پژوهش‌های علمی و صنعتی ایران خریداری و برای مدت ۴۸ ساعت در محیط کشت MRS Broth (آلمان، Merck®) و دمای ۳۷ درجه سانتی‌گراد کشت داده شد. برای تعیین میزان تراکم باکتری، از روش تراکم سنجی نوری در طول موج ۶۲۰

L. rhamnosus PTC C سوسپانسیون باکتریایی 1637 با غلظت‌های تعیین شده به صورت دو روز در میان به آب اضافه شد. در این بخش، پس از افزودن باکتری به آب در هر نوبت، جریان آب ورودی به مدت ۲ ساعت متوقف، و سپس جریان آب برقرار شد (Lauzon et al. 2010).

بخش سوم: بچه ماهی از روز ۲۰ تا ۶۰ (تغذیه فعال تا بچه ماهی با وزن حدود ۳ گرم): تیمارهای این بخش از آزمایش مرکب از ۷ گروه شامل گروه شاهد (پروبیوتیک دریافت نکردند)؛ تیماری که از مرحله تخم‌های چشم‌زده تا بچه ماهی (روز ۱ تا ۶۰) از طریق آب در معرض *L. rhamnosus* PTCC 1637 با غلظت 10^6 CFU/mL قرار گرفتند؛ تیماری که از مرحله تخم‌های چشم‌زده تا بچه ماهی (روز ۱ تا ۶۰) از طریق آب در معرض *L. rhamnosus* PTCC 1637 با غلظت 10^7 CFU/mL قرار گرفتند؛ تیماری که از مرحله نوزادهای تفریح شده تا بچه ماهی (روز ۸ تا ۶۰) از طریق آب در معرض *L. rhamnosus* PTCC 1637 با غلظت 10^6 CFU/mL قرار گرفتند؛ تیماری که از مرحله نوزادهای تفریح شده تا بچه ماهی (روز ۸ تا ۶۰) از طریق آب در معرض *L. rhamnosus* PTCC 1637 با غلظت 10^7 CFU/mL قرار گرفتند؛ تیماری که از مرحله نوزادهای تفریح شده تا بچه ماهی (روز ۲۰ تا ۶۰) از طریق آب در معرض *L. rhamnosus* PTCC 1637 با غلظت 10^6 CFU/mL قرار گرفتند؛ تیماری که از مرحله تغذیه فعال تا بچه ماهی (روز ۲۰ تا ۶۰) از طریق آب در معرض *L. rhamnosus* PTCC 1637 با غلظت 10^7 CFU/mL قرار گرفتند. بچه ماهیان با تراکم ۱۰۵ قطعه در هر سبد (40×40 سانتی‌متر مربع) در ترفاه‌های کالیفرنایی با ۳ تکرار قرار داده شدند. سپس سوسپانسیون باکتریایی *L. rhamnosus* PTC C 1637 با غلظت‌های تعیین شده از روز ۱ تا ۲۰ به صورت یک روز در میان و از روز ۲۰ تا ۶۰ هر ۴ روز یک‌بار به آب اضافه شد. در این گروه، پس از افزودن باکتری به آب در هر نوبت، جریان آب ورودی به مدت ۲ ساعت متوقف شده و سپس جریان آب برقرار شد (Lauzon et al. 2010). بچه‌ماهیان ۴ بار در روز به میزان ۶٪ وزن بدن با خوراک آغازین (شرکت ۲۱ بیضا، شیراز) تا رسیدن به وزن حدود ۳ گرم تغذیه شدند (Teylor et al. 2006).

نانومتر از اسپکتروفتومتر، استفاده شد (Ahmadnia Motlagh et al. 2016).

طراحی آزمایش

این پژوهش در قالب یک طرح کاملاً تصادفی در سه بخش آزمایشی به مدت ۲ ماه انجام شد.

بخش اول: تخم چشم‌زده از روز ۱ تا ۷ (مرحله تخم چشم‌زده تا تفریح کامل): تیمارهای این بخش از آزمایش مرکب از ۳ گروه شامل گروه شاهد (هیچ‌گونه پروبیوتیکی دریافت نکردند)؛ تیماری که از مرحله تخم چشم‌زده تا تفریح کامل از طریق آب در معرض *L. rhamnosus* PTCC 1637 با غلظت 10^6 CFU/mL قرار گرفتند؛ و تیماری که از مرحله تخم چشم‌زده تا تفریح کامل از طریق آب در معرض *L. rhamnosus* PTCC 1637 با غلظت 10^7 CFU/mL قرار گرفتند. در این بخش، تخم‌های چشم‌زده با تراکم ۷۵۰ قطعه تخم در هر سبد (40×40 سانتی‌متر مربع) در ترفاه‌های کالیفرنایی با ۳ تکرار قرار گرفتند. سپس، سوسپانسیون باکتریایی *L. rhamnosus* PTC C 1637 با غلظت‌های تعیین شده در روزهای ۱، ۳ و ۶ به آب اضافه شد. پس از افزودن باکتری به آب در هر نوبت، جریان آب ورودی به مدت ۳۰ دقیقه متوقف، و سپس جریان آب برقرار شد (Lauzon et al. 2010).

بخش دوم: آلوین از روز ۸ تا ۲۰ (نوزادهای تفریح شده تا زمان تغذیه فعال): تیمارهای این بخش از آزمایش، شامل ۵ گروه از قبیل گروه شاهد (هیچ‌گونه پروبیوتیکی دریافت نکردند)؛ تیماری که از مرحله تخم چشم‌زده تا تغذیه فعال از طریق آب در معرض *L. rhamnosus* PTCC 1637 با غلظت 10^6 CFU/mL قرار گرفتند (روز ۱ تا ۲۰)؛ تیماری که از مرحله تخم چشم‌زده تا تغذیه فعال از طریق آب در معرض *L. rhamnosus* PTCC 1637 با غلظت 10^7 CFU/mL قرار گرفتند (روز ۱ تا ۲۰)؛ تیماری که از مرحله نوزادهای تفریح‌شده تا تغذیه فعال از طریق آب در معرض *L. rhamnosus* PTCC 1637 با غلظت 10^6 CFU/mL قرار گرفتند (روز ۸ تا ۲۰)؛ و تیماری که از مرحله نوزادهای تفریح‌شده تا تغذیه فعال از طریق آب در معرض *L. rhamnosus* PTCC 1637 با غلظت 10^7 CFU/mL قرار گرفتند (روز ۸ تا ۲۰). آلوین‌ها با تراکم ۶۵۰ قطعه در هر سبد (40×40 سانتی‌متر مربع) در ترفاه‌های کالیفرنایی با ۳ تکرار قرار داده شدند. سپس

اندازه‌گیری شاخص‌های مورد مطالعه

در انتهای بخش سوم به صورت تصادفی از سه عدد ماهی از هر تیمار، نمونه روده طی بیهوش کردن توسط پودر گل میخک (Gioacchini et al. 2011) جداسازی و بعد از سه بار شستشو در محلول سرم فیزیولوژی، در فرمالین ۱۰٪ به مدت ۲۴ ساعت قرار گرفتند و برای انجام مراحل معمول، آبگیری، شفاف سازی، قالب گیری، برش بافت و چسباندن، رنگ آمیزی هماتوکسیلین-اُتوزین، و چسباندن لامل انجام شد (Khodabandeh et al. 2009). عکس برداری در آزمایشگاه شیلات توسط میکروسکوپ مجهز به دوربین انجام شد. برای تجزیه و تحلیل عکس‌های تهیه شده و اندازه‌گیری درازا و پهنای پرزهای روده از نرم‌افزار Image J 150 استفاده شد.

تجزیه و تحلیل داده‌ها

از آزمون تجزیه واریانس یک‌طرفه برای مقایسه میانگین بین تیمارها و از آزمون دانکن برای بررسی وجود یا عدم وجود اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌ها (در سطح معنی‌داری ۵ درصد) با SPSS 22 تحت ویندوز استفاده شد.

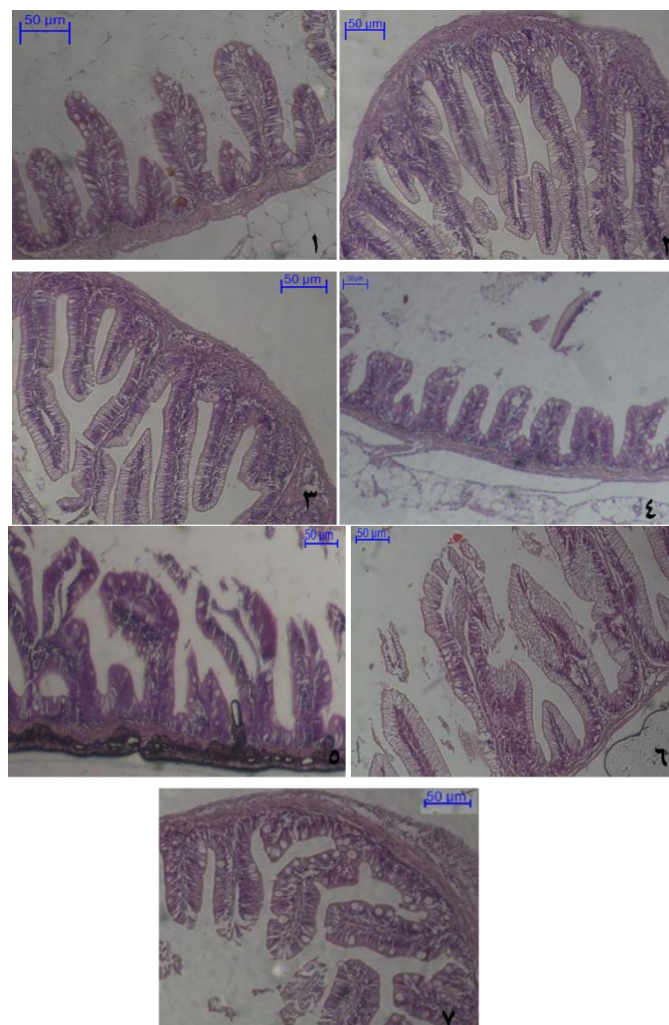
نتایج

نتایج افزودن *L. rhamnosus* PTCC 1637 به آب پرورشی ماهی قزل‌آلابی رنگین‌کمان نشان داد که بیشترین درازا و پهنای پرزهای روده (۱۰۹ میکرومتر) مربوط به گروه تخم‌های چشم‌زده روز ۱ تا روز ۶۰ (مرحله تخم چشم زده) و کمترین (۶۶ میکرومتر) مربوط به گروه شاهد بود ($p < 0.05$). تفاوت معنی‌داری بین میانگین درازا و پهنای پرزهای روده در دیگر تیمارها با گروه شاهد مشاهده نشد ($p > 0.05$; جدول ۱).

جدول ۱ میانگین (\pm انحراف معیار) درازا و پهنای پرزهای روده بچه ماهی قزل آلابی رنگین کمان با افزودن *L.rhamnosus* PTCC 1637 به آب پرورشی

مراحل آزمایش	غلظت باکتری (CFU/mL)	عرض پرز (میکرون)	طول پرز (میکرون)
شاهد	۰	$59/2 \pm 8/7^b$	$201/0.8 \pm 14/9^b$
تخم	۱۰۶	$70/6 \pm 5/31^a$	$240 \pm 16/1^a$
	۱۰۷	$68 \pm 4/52^a$	$247/2 \pm 18/21^a$
آلوین	۱۰۶	$60/8 \pm 2/68^b$	$211/8 \pm 12/49^b$
	۱۰۷	$60/2 \pm 6/61^b$	$214/6 \pm 18/4^b$
بچه ماهی	۱۰۶	$60 \pm 5/0.9^b$	$218/6 \pm 11/99^b$
	۱۰۷	$57/6 \pm 2/88^b$	$210/8 \pm 15/0.5^b$

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



شکل ۱ مقطع عرضی بافت روده بچه ماهی قزل آلابی رنگین کمان پس از ۶۰ روز پرورش با آب حاوی غلظت های مختلف باکتری *L. rhamnosus* PTCC 1637 در مراحل تخم، آلوین و بچه ماهی. رنگ آمیزی هماتوکسیلین-اُوزین، بزرگنمایی $\times 40$: (۱) گروه شاهد؛ (۲) گروه تخم های چشم زده در غلظت 10^4 CFU/mL؛ (۳) گروه تخم های چشم زده، در غلظت 10^5 CFU/mL؛ (۴) گروه آلوین ها در غلظت 10^6 CFU mL⁻¹؛ (۵) گروه آلوین ها (روز ۸ تا ۶۰) در غلظت 10^7 CFU/mL؛ (۶) گروه بچه ماهیان در غلظت 10^6 CFU/mL؛ و (۷) گروه بچه ماهیان در غلظت 10^7 CFU/mL.

بحث

مفید، باعث بهبود بازده استفاده از مواد مغذی و افزایش ارزش تغذیه ای خوراکی ها می شود. با وجود این، در آبی-پروری، پروبیوتیک ها را می توان به عنوان مکمل غذایی یا به عنوان یک افزودنی به آب تجویز کرد (Zorriehzahra et al. 2016).

بررسی بافت روده و به خصوص درازا و پهنای پرزها را می توان شاخص مناسبی برای بررسی وضعیت فیزیولوژیک روده به عنوان یکی از بخش های مهم دستگاه گوارش محسوب کرد. افزایش قطر و ارتفاع پرزها، نمایان گر افزایش سطح جذب روده و به طور غیرمستقیم افزایش کارایی استفاده از جیره غذایی مصرفی است. نتایج این مطالعه نشان

با توسعه آبی پروری استفاده از داروها و آنتی بیوتیک ها در سراسر جهان به سرعت در حال افزایش است (Tabassum et al. 2021). با وجود این، استفاده بیش از حد از آنتی بیوتیک ها منجر به ایجاد باکتری های مقاوم به دارو شده که کنترل و از میان بردن آنها به طور فزاینده ای دشوار می شود. بنابراین، استفاده از پروبیوتیک ها در پرورش موجودات آبی به عنوان دوستدار محیط زیست افزایش یافته است. پروبیوتیک ها به عنوان ریزموجودات زنده وقتی به مقدار کافی مصرف شوند، اثرات سودمندی بر میزبان داشته و با تغییر جمعیت میکروبی به سمت میکروب های

دارد. همچنین Ramos و همکاران (۲۰۱۷) گزارش کردند که مکمل‌های غذایی با مخلوط پروبیوتیک (*Bacillus sp.*, *Lactobacillus sp.*, *Pediococcus sp.*, *Enterococcus sp.*) هضم، جذب مواد مغذی و عملکرد رشد را با تحریک آنزیم‌های گوارشی و بهبود ریخت‌شناسی روده *O. niloticus* بهبود می‌بخشد.

در این مطالعه نتایج نیز حاکی از بهبود وضعیت بافت روده در گروه تخم چشم زده و افزایش درازا و پهنای پرز بود که می‌توان عنوان کرد افزودن پروبیوتیک به آب پرورشی به‌طور مؤثر باعث تجمع باکتری در روده نوزاد و بچه‌ماهی می‌شود که این امر ممکن است به خاطر نوشیدن مداوم آب باشد. مکانیسم احتمالی دخیل در توسعه پرزهای روده در تیمارهای دریافت کننده پروبیوتیک، کلنی‌سازی پروبیوتیک‌ها در روده و استفاده از قند موجود در جیره به‌عنوان منبع انرژی و تولید اسیدهای چرب زنجیره کوتاه مانند اسید بوتیریک است. اسیدهای چرب زنجیره کوتاه می‌توانند نقش زیادی در افزایش درازای پرزهای روده داشته باشند. اسیدهای چرب زنجیره کوتاه مخصوصاً اسید بوتیریک منبع اصلی انرژی یاخته‌های تشکیل‌دهنده پرز روده بوده و می‌تواند سبب تحریک ترشح پروتئین‌های دستگاه گوارش یا عوامل رشدی شود که بر تکثیر یاخته‌های پرز روده مؤثر باشند (Blottière et al. 2003). با وجود این، 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.

منابع

Ahmadnia Motlagh, H.R., Hajimoradlo, A., Gorbani, R., Agh, N., Ghasemi, M. 2016. Comparison of the application of lactoferrin and *Pediococcus acidilactici* in feed, on Growth physiological and reproduction performances of *Carassius auratus* brood stocks. The Forth Iranian Conference of Ichthyology, Ferdowsi University of Mashhad, 20-21 July.

داد که استفاده از پروبیوتیک به‌طور معنی‌دار سبب افزایش ارتفاع پرزها می‌شود، به طوری که بیشترین ارتفاع و قطر پرز در گروه تخم‌چشم زده از روز ۱ تا روز ۶۰ مشاهده شد. دیگر تیمارها اختلاف معنی‌داری با گروه شاهد نداشتند. البته باید توجه داشت که در تمامی ماهیانی که در تیمار باکتریایی قرار گرفتند، درازا و پهنای پرزها بالاتر از گروه شاهد بود. نتایج مشابهی در افزایش درازای پرزهای روده در اثر افزودن باکتری‌های *Vibrio pelagius* و *Aeromonas caviae* به آب پرورشی ماهی *Scophthalmus maximus* مشاهده شد (Ringo and Vadstein, 1998).

در تأیید نتایج حاضر، علاوه بر افزودن مستقیم پروبیوتیک به آب پرورشی ماهی، مکمل‌های غذایی نیز بر ریخت‌شناسی روده اثر می‌گذارند. در آزمایشی، احمدی‌نیا مطلق و همکاران (۱۳۹۵) اثر استفاده از لاکتوفیرین و *Lactobacillus rhamnosus* 1637 را به‌صورت جداگانه و تلفیقی بر شاخص‌های فیزیولوژیک مولدین ماده کاراس طلایی بررسی کردند. نتایج آن‌ها نشان داد که تیمار تغذیه شده با جیره حاوی *L. rhamnosus* (۱۰^۶) باکتری در گرم جیره) اختلاف معنی‌داری در شاخص‌های کبدی، روده‌ای و غدد جنسی با دیگر تیمارها داشت. همچنین، مطالعات بافت‌شناسی روده نشان داد که درازا، پهنای و مساحت سطح جذبی پرزهای روده در این تیمار بیش از دیگر تیمارهای آزمایشی بود. بر این اساس، نتیجه‌گیری شد که استفاده از *L. rhamnosus* به‌دلیل افزایش سطح جذبی پرزهای روده‌ای ممکن است گزینه مناسبی برای افزایش بهره‌وری غذایی در ماهی کاراس طلایی باشد. در موارد مشابه، گزارش‌هایی مبنی بر افزایش درازای پرزهای روده در اثر استفاده از پروبیوتیک *L. rhamnosus* GG در ماهی تیلاپیای نیل (Pirarat et al. 2011) نیز وجود

Ajuwon, K.M. 2016. Toward a better understanding of mechanisms of probiotics and prebiotics action in poultry species. *Journal of Applied Poultry Research* 25: 277-283.

Blottière, H. M., Buecher, B., Galmiche, J.-P., Cherbut, C. 2003. Molecular analysis of the effect of short-chain fatty acids on intestinal cell proliferation. *Proceedings of the Nutrition Society* 62:101-106.

- Carnevali, O., Avella, M. A., Gioacchini, G. 2013. Effects of probiotic administration on zebrafish development and reproduction. *General and Comparative Endocrinology* 188: 297-302.
- Chen, F., Zhu, L., Qiu, H. 2017. Isolation and probiotic potential of *Lactobacillus salivarius* and *Pediococcus pentosaceus* in specific pathogen free chickens. *Brazilian Journal of Poultry Science* 19: 325-332.
- Cordero, H., Guardiola, F.A., Tapiá-Paniagua, S.T., Cuesta, A., Meseguer, J., Balebona, M.C., Esteban, M.Á. 2015. Modulation of immunity and gut microbiota after dietary administration of alginate encapsulated *Shewanella putrefaciens* Pdp11 to gilthead seabream (*Sparus aurata* L.). *Fish and Shellfish Immunology* 45: 608-618.
- De LeBlanc, A.D.M., Castillo, N.A., Perdigon, G. 2010. Anti-infective mechanisms induced by a probiotic *Lactobacillus* strain against *Salmonella enterica* serovar *typhimurium* infection. *International Journal of Food Microbiology* 138: 223-231.
- Gioacchini, G., Carnevali, O., Giorgini, E., Vaccari, L., Bianchi, V., Borini, A. 2011. Evaluation of human oocytes ageing by focal plane array (FPA) fourier transform infrared (FT-IR) imaging spectroscopy. *Fertility and Sterility* 96: S238-S239.
- Hajibeglou, A., Sudagar, M. 2018. Effect of light intensity on hatching rate, survival and growth in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) alevin. *Journal of Aquaculture Development* 12: 37-48.
- Hill, C., Guarner, F., Reid, G., Gibson, G.R., Merenstein, D.J., Pot, B., Morelli, L., Canani, R.B., Flint, H.J., Salminen, S., Calder, P.C. 2014. Expert consensus document: The International Scientific Association for Probiotics and Prebiotics consensus statement on the scope and appropriate use of the term probiotic. *Nature Reviews Gastroenterology & Hepatology* 11: 506-514.
- Khodabandeh, S., Khoshnood, Z., Mosafer, S. 2009. Immunolocalization of Na⁺, K⁺-ATPase-rich cells in the gill and urinary system of Persian sturgeon, *Acipenser persicus*, fry. *Aquaculture Research* 40: 329-336.
- Lauzon, H.L., Pérez-Sánchez, T., Merrifield, D.L., Ringø, E., Balcázar, J.L. 2014. Probiotic applications in cold water fish species. *Aquaculture Nutrition: Gut health, probiotics and prebiotics* 223-252.
- 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. *Journal of Applied Microbiology* 108: 624-632.
- Liu, Z., Liu, F., Wang, W., Sun, C., Gao, D., Ma, J., Hussain, M.A., Xu, C., Jiang, Z., Hou, J. 2020. Study of the alleviation effects of a combination of *Lactobacillus rhamnosus* and inulin on mice with colitis. *Food & Function* 11: 3823-3837.
- Nayak, S.K. 2010. Probiotics and immunity: a fish perspective. *Fish & Shellfish Immunology* 29: 2-14.
- Patel, S., Sindher, S., Jariwala, S., Hudes, G. 2012. *Chronic urticaria* with monoclonal IgG gammopathy: a clinical variant of Schnitzler syndrome? *Annals of Allergy, Asthma & Immunology* 109:147-148.
- Petrova, M.I., Reid, G., Ter Haar, J.A. 2021. *Lacticaseibacillus rhamnosus* GR-1, aka *Lactobacillus rhamnosus* GR-1: Past and future perspectives. *Trends in Microbiology* 29: 747-761.
- Pirarat, N., Pinpimai, K., Endo, M., Katagiri, T., Ponpornpisit, A., Chansue, N., Maita, M. 2011. Modulation of intestinal morphology and immunity in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) by *Lactobacillus rhamnosus* GG. *Research in Veterinary Science* 91: 92-97.
- Ramos, M.A., Batista, S., Pires, M.A., Silva, A.P., Pereira, L.F., Saavedra, M.J., Ozório, R.O.A., Rema, P. 2017. Dietary

- probiotic supplementation improves growth and the intestinal morphology of Nile tilapia. *Animals* 11: 1259-1269.
- Ringo, E., Vadstein, O. 1998. Colonization of *Vibrio pelagius* and *Aeromonas caviae* in early developing turbot (*Scophthalmus maximus* L.) larvae. *Journal Apply Microbiology* 84: 227-233.
- Sarangi, N.R., Babu, L.K., Kumar, A., Pradhan, C.R., Pati, P.K., Mishra, J.P. 2016. Effect of dietary supplementation of prebiotic, probiotic, and symbiotic on growth performance and carcass characteristics of broiler chickens. *Veterinary World* 9: 313-319.
- Sikandar, A., Zaneb, H., Younus, M., Masood, S., Aslam, A., Khattak, F., Ashraf, S., Yousaf, M.S., Rehman, H. 2017. Effect of sodium butyrate on performance, immune status, microarchitecture of small intestinal mucosa and lymphoid organs in broiler chickens. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences* 30: 690-699.
- 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 mykiss* (Walbaum). *Aquaculture Research* 31: 585-593.
- Tabassum, T., Mahamud, A.S.U., Acharjee, T.K., Hassan, R., Snigdha, T.A., Islam, T., Alam, R., Khoiam, M.U., Akter, F., Azad, M.R., Al Mahamud, M.A. 2021. Probiotic supplementations improve growth, water quality, hematology, gut microbiota and intestinal morphology of Nile tilapia. *Aquaculture Reports* 21: 100972.
- 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.
- Zhou, X., Tian, Z., Wang, Y., Li, W. 2010. Effect of treatment with probiotics as water additives on tilapia (*Oreochromis niloticus*) growth performance and immune response. *Fish Physiology and Biochemistry* 36: 501-509.
- Zorriehzaha, M.J., Delshad, S.T., Adel, M., Tiwari, R., Karthik, K., Dhama, K., Lazado, C.C. 2016. Probiotics as beneficial microbes in aquaculture: an update on their multiple modes of action: a review. *Veterinary Quarterly* 36: 228-241.