Bi-quarterly Journal of
Animal Health and Infectious Diseases
Volume 1, Number 1
Journal homepage: https://jahid.lu.ac.ir/

The effect of different amounts of Bio-Aqua probiotic supplement on some growth parameters and histomorphometry of rainbow trout (Oncorhynchus mykiss) fry.

Hamzeh Mohtashemi Pour [1], Shahab Notash [2]

1. Department of Clinical Sciences, Faculty of Veterinary Medicine, Shahid chamran University of Ahvaz,Ahvaz, Iran
2. Department of Clinical Sciences, Faculty of Veterinary Medicine, Branch, Islamic Azad University, tabriz, Iran

ABSTRACT

Background and Aim: Today, the beneficial effects of probiotics and their usage in farm animals have been well proven..

Materials and Methods: In this study, the effect of a probiotic product called Bio-Aqua ® was evaluated in a randomized design with four treatments in three replications. For this purpose, 360 rainbow trout with an average weight of 10±0.5 grams were divided into several groups, including the control group (without probiotics), the first treatment (0.1 grams of probiotics per kilogram of food), the second treatment (2 0.0 gram of probiotic per kilogram of food) and the third treatment (0.3 gram of probiotic per kilogram of food). This ration was used for 45 days to evaluate the growth factors (survival rate, weight gain percentage, food conversion factor, specific growth factor, protein efficiency factor, food efficiency factor and the amount of food consumed) and intestinal tissue morphology (villi height, number goblet cells, the thickness of the epithelium layer, the thickness of the submucosa layer and the thickness of the muscle layer).

Results: The results showed that the indices of weight gain, food conversion factor, specific growth factor, protein efficiency, food consumption and food efficiency were the highest with a significant difference, related to third treatment 2 compared to others and the lowest amount was observed in the control group (p<0.05). Also, in this survey, the survival rate was 100% and no casualties were recorded. Regarding the histological results, it should be said that the highest amount of villus height and the number of goblet cells with a significant difference are related to the second treatments and the third treatments and the lowest value was related to the control group (p>0.05). Furthermore, no significant difference was observed in the thickness of the epithelium layer and muscle layer (p>0.05). But the thickness of the submucosa layer was the highest in the third treatment (p>0.05).

Conclusion: According to the present results, it can be concluded that the use of this probiotic supplement at the rate of 300 grams per ton of food can lead to improved growth performance and intestinal histomorphometry, which increases economic productivity

Keywords: probiotic، growth factors، histomorphometry، Rainbow trout

Received: 11.10.2023 **Accept:** 02.02.2024 **Online Publish:** 21.02.2024

Corresponding Information: **Hamzeh Mohtashemipour ,** Department of Clinical Sciences, Faculty of Veterinary Medicine, Shahid chamran University of Ahvaz,Ahvaz, Iran

Email: hamzehmohtashemipour@gmail.com

Copyright © 2023, This is an original open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution-noncommercial 4.0 International License which permits copy and redistribution of the material just in noncommercial usage with proper citation.

دو فصلنامه
بهداشت و بیماری های عفونی دام
سال ۱ ، شماره ۱
صفحه مجله: https://jahid.lu.ac.ir/

تأثیر مقادیر مختلف مکمل پروبیوتیکی Bio-Aqua بر برخی شاخصه های رشد و ریخت شناسی بافت رودۀ بچه ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*)

حمزه محتشمی پور[۱]، شهاب نوتاش[۲]

۱. گروه علوم درمانگاهی، دانشکده دامپزشکی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران
۲. گروه علوم درمانگاهی، دانشکده دامپزشکی، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران

چکیده

زمینه و هدف: امروزه اثرات مفید پروبیوتیک‌ها و استفاده از آن در جانوران پرورشی به خوبی اثبات شده است.

مواد و روش ها: در این مطالعه، تأثیر محصول پروبیوتیکی بیوآکوا (Bio-Aqua ®) در قالب طرحی تصادفی با چهار تیمار در سه تکرار به تعداد ۳۶۰ قطعه ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان با وزن متوسط ۰/۵±۱۰ گرم شامل گروه شاهد (بدون پروبیوتیک)، تیمار اول (۰/۱گرم پروبیوتیک به ازای هر کیلوگرم غذا)، تیمار دوم (۰/۲ گرم پروبیوتیک به ازای هر کیلوگرم غذا) و تیمار سوم (۰/۳گرم پروبیوتیک به ازای هر کیلوگرم غذا) بوده که در جیرۀ غذایی به مدت ۴۵ روز برروی فاکتورهای رشد (میزان بقا و بازماندگی، درصد افزایش وزن، ضریب تبدیل غذایی، ضریب رشد ویژه، ضریب کارایی پروتئین، ضریب کارایی غذایی و میزان غذای مصرفی) و ریخت شناسی بافت روده (ارتفاع پرز، تعداد سلول‌های جامی شکل، ضخامت لایۀ اپیتلیوم، ضخامت لایۀ زیر مخاط و ضخامت لایۀ عضلانی) انجام شد.

یافته ها: نتایج حاکی از آن است که شاخص های درصد افزایش وزن، ضریب تبدیل غذایی، ضریب رشد ویژه، میزان کارایی پروتئین، میزان غذای مصرفی و میزان کارایی غذایی بیشترین مقدار با اختلاف معنی داری نسبت به سایرین، مربوط به تیمار ۳ (۰/۳ گرم پروبیوتیک به ازای هر کیلوگرم غذا) بوده و کمترین میزان در گروه شاهد مشاهده شد($p<۰.۰۵$). همچنین در این بررسی میزان بقا و بازماندگی ۱۰۰ درصد بود و هیچ گونه تلفاتی ثبت نشد. در مورد نتایج بافت شناسی، بیشترین میزان ارتفاع پرز و تعداد سلول‌های جامی با اختلاف معنی داری به ترتیب مربوط به تیمارهای دوم (۰/۲ گرم پروبیوتیک به ازای هر کیلوگرم غذا) و سوم (۰/۳ گرم پروبیوتیک به ازای هر کیلوگرم غذا) بوده و کمترین مقدار مربوط به گروه شاهد بود($p>۰.۰۵$). همچنین اختلاف معنی داری در ضخامت لایۀ اپیتلیوم و لایۀ عضلانی مشاهده نشد($p>۰.۰۵$). اما ضخامت لایۀ زیر مخاط در تیمار سوم بیشترین مقدار را داشت ($p>۰.۰۵$).

نتیجه گیری: با توجه به نتایج حاضر می‌توان چنین استنباط کرد که استفاده از این مکمل پروبیوتیکی به میزان ۳۰۰ گرم به ازای هر تن غذا می‌تواند منجر به بهبود عملکرد رشد و شاخص ریخت شناسی روده شده که افزایش بهره‌وری اقتصادی را به دنبال خواهد داشت

کلیدواژه ها: پروبیوتیک، فاکتورهای رشد، هیستومورفومتری، قزل‌آلای رنگین کمان

دریافت: ۱۴۰۲/۰۷/۱۹ **پذیرش: ۱۴۰۲/۱۱/۱۳** **انتشار آنلاین:۱۴۰۲/۱۲/۰۲**

اطلاعات نویسنده مسئول: حمزه محتشمی پور، گروه علوم درمانگاهی، دانشکده دامپزشکی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران

Email: hamzehmohtashemipour@gmail.com

حق چاپ © ۲۰۲۳، این یک مقاله با دسترسی آزاد اصلی است که تحت شرایط Creative Commons Attribution-noncommercial 4.0 International License توزیع شده است که اجازه کپی و توزیع مجدد مطالب را فقط در استفاده غیرتجاری با استناد مناسب می دهد.

مقدمه

افزایش نیاز جامعهٔ بشری به پروتئین ماهی باعث افزایش تولیدات صنعت شیلات شده است و شیوه های مدرن آبزی پروری امکان ابتلای ماهیان به بیماری‌های عفونی را بالا می‌برد [۱۷،۴۰]. بهره برداری از صنعت آبزی پروری می‌تواند از نظر اقتصادی مفیدتر باشد، وقتی که بتوان از بعضی میکروارگانیسم های مفید در جهت بهبود عملکرد رشد، ضریب تبدیل غذایی و همچنین افزایش مقاومت در برابر بیماری‌ها استفاده کرد و در نتیجه غیر مستقیم موجب کاهش هزینه های تولید شد [۱۷، ۳۶، ۲۷]. در سال‌های اخیر استفاده از مکمل‌های غذایی، به ویژه پروبیوتیک‌ها در این صنعت باعث بهبود عملکرد این حوزه شده است [۶،۲۱]. پروبیوتیک اصطلاحی کلی برای میکروب‌های مفیدی است که می‌توانند محیط دستگاه گوارش را بهبود بخشیده که تأثیرات سودمندی برروی میزبان دارند [۱۵،۱۳،۴۴]. پروبیوتیک‌ها می‌توانند با تولید باکتریوسین‌ها، سیدروفورها، لیزوزیم‌ها، پروتئازها و پراکسیدهای هیدروژن از رشد پاتوژن‌های مضر جلوگیری کنند. یک پروبیوتیک مناسب، صرف نظر از منبع آن باید بتواند در رودهٔ میزبان تکثیر شود [۱۵،۲۰،۳۸،۴۸]. در آبزی پروری، پروبیوتیک ها نقش مهمی در بهبود عملکرد رشد، مقاومت در برابر بیماری ها، افزایش ایمنی، بهبود وضعیت سلامت، یکپارچگی سد اپیتلیال روده، میکروبیوم روده و کیفیت آب دارند [۴۵،۴۶]. پروبیوتیک‌ها به دو صورت مستقیم و غیرمستقیم بر آبزیان اثر دارند. ۱- با تغییر تعادل میکروبی رودهٔ ماهی و تغییر فلور میکروبی موکوس روده، پوست و آبشش باعث ایجاد مقاومت در برابر بیماری می‌شوند [۲۶،۲۸]. همچنین با تولید برخی ویتامین‌ها و مواد مغذی و کمک به جذب مواد غذایی، سبب افزایش رشد می‌شوند [۳۷]. ۲- با بهبود کیفیت آب و محیط زیست آبزی باعث کاهش استرس می‌شوند که خود باعث کاهش احتمال بروز بیماری می‌شود؛ چرا که بین مقاومت میزبان، عوامل بیماری زا و محیط پرورش رابطهٔ سه‌گانه‌ای برقرار است که هر یک دیگری را تحت تأثیر قرار می‌دهد. علاوه بر این، پروبیوتیک‌ها می‌توانند عوارض جانبی آنتی بیوتیک‌ها را به حداقل برسانند. ترویج به کارگیری این افزودنی‌ها در خوراک ماهی‌ها به بهبود عملکرد تولید کمک کرده و از سلامت انسان محافظت می‌کند [۲۵،۲۰،۱۱] [۶،۱۵]. نشان داده شده است زمانی که از پروبیوتیک در جیرهٔ غذایی ماهی قزل‌آلا استفاده شده است باعث افزایش عملکرد رشد، ایمنی، فعالیت آنزیم سرم، میکروبیوم روده و مقاومت در برابر آئروموناس سالمونسیدا شده است [۵۲].

همچنین در پژوهشی مشاهده شد وقتی که از پروبیوتیک *لاکتوباسیلوس پلنتاروم* به صورت ریز پوشانی شده در خوراک بچه ماهی قزل آلا استفاده شود، منجر به افزایش رشد، بهبود شاخص-های هماتو ایمونولوژیک، کاهش سمیت سرب و مقاومت در برابر چالش باکتریایی می‌شود [۳]. در پژوهشی بیان کردند که به کارگیری از پروبیوتیک *پدیکوکوس پنتوساسئوس* در ماهی قزل آلا می‌تواند تاثیرات مثبت بر روی رشد و تکثیر بافت روده داشته و باعث افزایش سطح جذب و رشد این ماهی شود [۴۰]. ماهی قزل آلای رنگین کمان که کشور ما جز سه کشور اول تولید کننده آن در جهان بوده، از مهم‌ترین منابع غذایی دنیا و کشور ما محسوب می‌شود [۲۷،۱۹]. در سال‌های اخیر به دلیل افزایش جمعیت جهان، افزایش آگاهی مردم از ارزش بالای ماهی و برتری آن نسبت به دیگر پروتئین‌های جانوری از نظر اسیدهای چرب ضروری، کاهش کلسترول و غیره باعث شده است که ماهی در سبد غذایی مردم قرار گیرد. در این حالت توجه به روند تولید و پرورش این ماهی در مدت زمان کمتر در واحد سطح جهت تامین نیازهای مردم امری مهم تلقی می‌شود که در این رابطه استفاده از مکمل‌های غذایی به ویژه پروبیوتیک‌ها می‌تواند این هدف را دست یافتنی تر کند [۱۷،۳۹]. با توجه به این موارد، هدف اصلی این مطالعه بررسی اثر مکمل پروبیوتیکی با نام بیوآکوا بر عملکرد رشد و ریخت شناسی بافت روده ماهی قزل آلای رنگین کمان بوده است.

مواد و روش کار

تهیه ماهیان: جهت انجام این مطالعه، تعداد ۳۶۰ قطعه ماهی قزل آلای رنگین کمان (*Oncorhynchus mykiss*) با وزن متوسط ۱۰/۵±۰ گرم از مرکز تکثیر ماهی قزل آلا واقع در شهرستان ورزقان تهیه و به سایت آزمایش واقع در دانشگاه تبریز منتقل شدند. سایت آزمایش دارای ۱۲ وان ۳۰۰ لیتری بوده و ماهیان به مدت یک هفته با شرایط جدید پرورشی سازگاری پیدا کرده و آن‌ها به ۴ تیمار در ۳ تکرار تقسیم شدند، به طوری که هر تیمار شامل ۹۰ قطعه ماهی بود، لازم به ذکر است که مقادیر اکسیژن (mg/L) ۷.۸، آمونیاک (mg/L) ۰.۰۰۱ ، pH ۷.۲±۰.۲ و دما ۱۲±۰.۵ (درجه سانتیگراد) به صورت روزانه اندازه‌گیری شدند.

هم‌چنین ماهیان در این دوره از غذای شرکت سلامت ماهی تبریز تغذیه شدند (جدول۲) و محصول پروبیوتیکی با غلظت CFU/g ۲×۱۰^{۹} برای تهیه تیمارها اضافه گردید: تیمار شاهد :(بدون افزودن

پروبیوتیک)، تیمار ۱ : (۰.۱گرم پروبیوتیک به ازای هر کیلوگرم غذا)، تیمار ۲ : (۰.۲ گرم پروبیوتیک به ازای هر کیلوگرم غذا) و تیمار۳ : (۰.۳گرم پروبیوتیک به ازای هر کیلوگرم غذا). پروبیوتیک مورد استفاده ساخت ایران با نام Bio-Aqua® با برند بایودپ (BiODEP) ترکیبی از ۹ سویه باکتریال و مخمری است. ترکیب این محصول شامل: *Pediococcus acidilactici* - *Lactobacillus -Bacillus subtilis -Enterococcus faecium Lactobacillus -Lactobacillus plantarum -acidophilus Bifidobacterium -Lactobacillus rhamnosus -casei Saccharomyces cerevisiae -bifidum* مخمر می‌باشد.

آنالیز	غذای مصرفی FFT1
پروتئین خام (٪)	۴۲
چربی خام (٪)	۱۶
خاکستر(٪)	۸
فیبر(٪)	۲
رطوبت (٪)	۱۱

جدول ۱: مقادیر ترکیبات مورد استفاده در غذا

نمونه برداری

پس از دوره ۴۵ روزه، تعداد ۱۵ قطعه از هر تیمار با استفاده از پودر گل میخک بیهوش شدند و با استفاده از ترازوی دیجیتال با دقت ۰.۰۱ گرم زیست سنجی نمونه‌ها صورت گرفت. لذا اطلاعات مربوط به بازماندگی و بقا (SR)، درصد افزایش وزن (WG%)، ضریب رشد ویژه (SGR)، ضریب تبدیل غذایی (FCR)، ضریب کارایی پروتئین (PER)، ضریب کارایی غذایی (FER) و میزان غذای مصرفی (FI) از روابط زیر به دست آمدند.

بازماندگی و بقا (SR): تعداد بچه ماهی‌ها در انتهای دوره/ تعداد بچه ماهی‌ها در ابتدای دوره

درصد افزایش وزن (WG%): وزن نهایی (گرم) – وزن اولیه (گرم) × ۱۰۰

ضریب رشد ویژه (SGR): وزن نهایی (گرم) – وزن اولیه (گرم) / تعداد روزهای آزمایش × ۱۰۰

ضریب تبدیل غذایی (FCR): غذای مصرفی (گرم) / وزن نهایی (گرم) – وزن اولیه (گرم)

ضریب کارایی پروتئین (PER): وزن نهایی (گرم) – وزن اولیه (گرم) / پروتئین مصرفی

ضریب کارایی غذایی (FER): وزن نهایی (گرم) / غذای مصرفی (گرم)

بافت شناسی (هیستومورفومتری)

به منظور بررسی تغییرات احتمالی ریخت شناسی روده ماهی قزل آلای رنگین کمان در پایان دوره پرورش، تعداد ۱۵ قطعه ماهی از هر تیمار به صورت تصادفی انتخاب و نمونه بافت روده از محل یکسانی برداشته شد. ابتدا نمونه‌ها در محلول ۱۰ درصد فرمالین برای ۳ روز فیکس، سپس برای نگهداری بیشتر وارد محلول اتانول ۷۰ درصد تا زمان بررسی شدند. برش عرضی با استفاده از میکروتوم تهیه و سپس نمونه‌ها با ائوزین–هماتوکسیلین رنگ آمیزی شدند و در نهایت مقادیر ارتفاع پرز، تعداد سلول‌های جامی شکل (گابلت سل)، ضخامت لایه زیر مخاط و ضخامت لایه اپیتلیوم مورد بررسی قرار گرفت [۳۸].

آنالیز آماری

طرح کلی این تحقیق در قالب طرح کاملاً تصادفی برنامه ریزی و اجرا شد. داده‌ها به صورت میانگین ± انحراف معیار بیان شده‌اند. جهت تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم افزار آماری SPSS نسخه ۲۴ روش آنالیز واریانس یک طرفه جهت اندازه‌گیری اختلاف بین تیمارهای مختلف ($p<۰/۰۵$) استفاده شد. برای بررسی معنی دار بودن تفاوت میانگین‌ها از آزمون دانکن استفاده گردید.

نتایج

فاکتورهای رشد

در این مطالعه هیچ گونه تلفاتی ثبت نشد و میزان بازماندگی و بقا ۱۰۰ درصد بود. با توجه به جدول ۲ در مورد شاخص های درصد افزایش وزن، ضریب تبدیل غذایی، ضریب رشد ویژه، میزان کارایی پروتئین و میزان کارایی تغذیه ای بیشترین مقدار با اختلاف معنی داری نسبت به سایرین مربوط به تیمار ۳ بوده ($p<۰/۰۵$) و کمترین میزان در گروه شاهد مشاهده شد ($p<۰/۰۵$). لازم به ذکر است که پس از تیمار ۳ به ترتیب تیمارهای ۲ و ۱ بیشترین مقدار را به خود اختصاص دادند. همچنین در مورد شاخص میزان غذای مصرفی

تیمار ۳ بیشترین و گروه شاهد کمترین مقدار را دارا بود (p<۰/۰۵)، اما بین تیمارهای ۲ و ۱ اختلاف معنی داری مشاهده نشد(p>/۰۵).

شاخص	شاهد	تیمار۱	تیمار۲	تیمار۳
درصد افزایش وزن	۸۶/۲±۱۸/۴^{d}	۱۰۲/۲±۲۴/۱^{c}	۱۲۸±۳۹/۶^{b}	۱۷۰/۵±۲۷/۸^{a}
ضریب تبدیل غذایی	۰/۹۶±۰/۲^{a}	۰/۹±۰/۲۶^{b}	۰/۷۸±۰/۱۸^{c}	۰/۶۳±۰/۲۱^{d}
ضریب رشد ویژه	۲/۰۷±۰/۵۱^{d}	۲/۳۲±۰/۴۸^{c}	۲/۷۵±۰/۷۲^{b}	۳/۳۴±۰/۸۶^{a}
میزان کارایی پروتئین	۲/۳۱±۰/۴۳^{d}	۲/۴۷±۰/۷۷^{c}	۲/۸۷±۰/۶۹^{b}	۳/۵±۰/۹۲^{a}
میزان کارایی غذایی	۱۰۴/۱±۰/۲۲^{d}	۱۱۰/۵۱±۳۱/۶^{c}	۱۲۸/۸۶±۳۹/۸^{b}	۱۵۷/۸۷±۵۴/۳^{a}
میزان غذای مصرفی	۲۴۹±۱۰^{c}	۲۷۵±۱۸^{b}	۲۹۸±۲۶^{b}	۳۲۴±۳۸^{a}

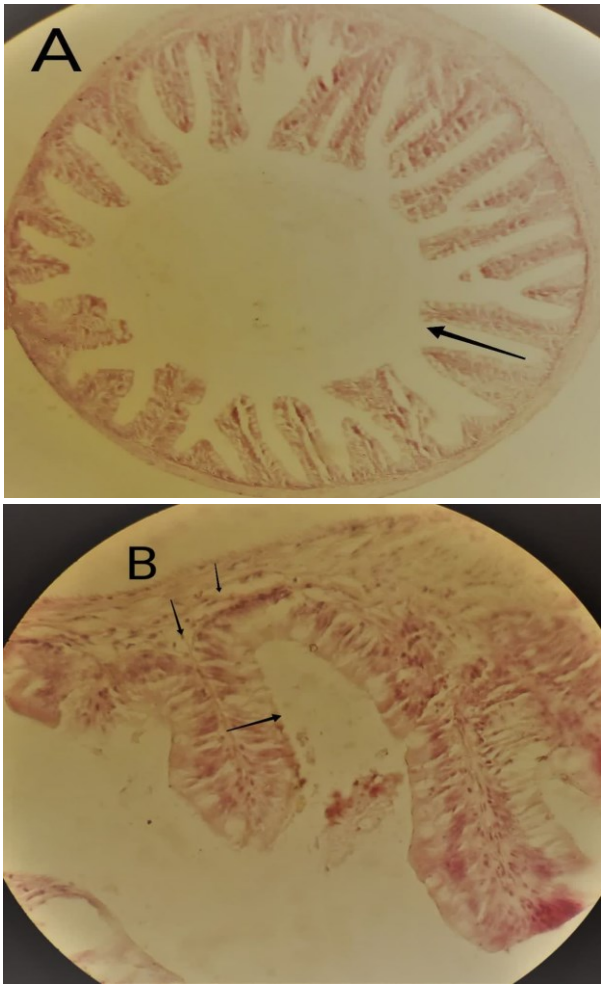
جدول۲: مقایسه شاخص‌های رشد بین تیمارهای مورد بررسی (حروف کوچک لاتین غیر همنام روی انحراف معیار نشان دهنده‌ی تفاوت معنی دار در سطح ۰/۰۵ در هر ردیف می‌باشد)

بافت شناسی (هیستومورفومتری)

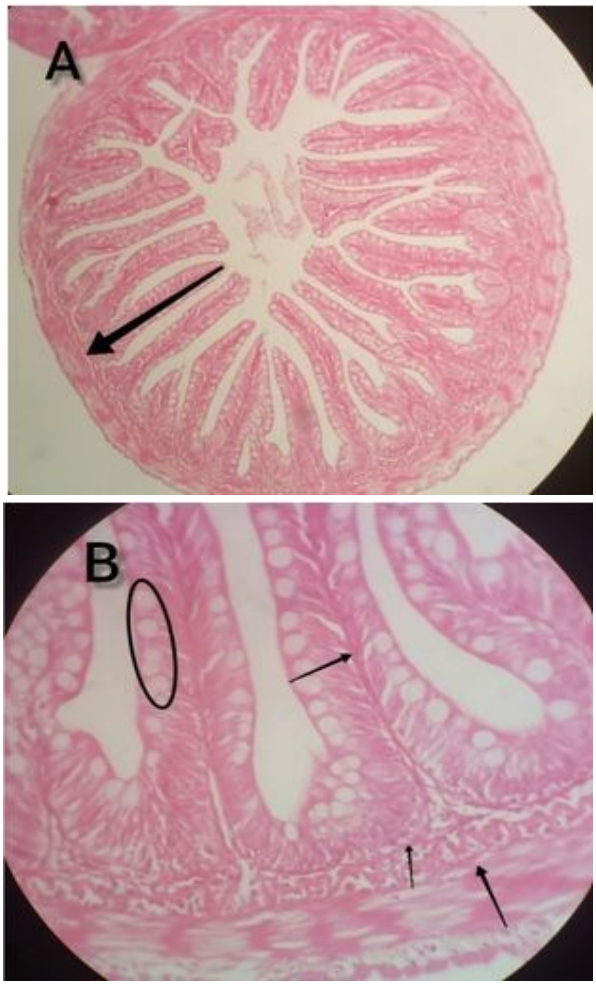
نتایج این مطالعه با توجه به جدول ۴ نشان داد که بیشترین میزان ارتفاع پرز و تعداد سلول‌های جامی شکل با اختلاف معنی داری به ترتیب مربوط به تیمار دوم و سوم بود (p<۰/۰۵) و کمترین مقدار مربوط به گروه شاهد بود (p<۰/۰۵). لازم به ذکر است که اختلاف معنی داری در میزان ضخامت لایه اپیتلیوم مشاهده نشد (p>/۰۵)، با این حال در تیمار سوم بالاترین و شاهد پایین‌ترین میزان را داشت. هم چنین اختلاف معنی داری در مقدار ضخامت لایه عضلانی مشاهده نشد (p>/۰۵). اما اندازه گیری میزان ضخامت لایه زیر مخاط، بیان داشت که تیمار سوم بیشترین میزان را با اختلاف معنی دار در بین سایرین به خود اختصاص داد (p<۰/۰۵).

شاخص	شاهد	تیمار۱	تیمار۲	تیمار۳
ارتفاع پرز	۲۴۲/۳±۸/۳۸^{b}	۲۷۱/۵۲±۲۰/۰۳^{b}	۳۷۹/۶۹±۱۷/۰۹^{a}	۳۴۶/۳±۱۷/۳^{a}*
تعداد سلول‌های جامی	۱۱/۹۱±۱/۹۴^{c}	۲۲/۰۷±۲/۶۳^{b}	۳۳/۲±۲/۴۵^{a}	۳۲/۷۷±۶/۳۸^{a}
ضخامت لایه اپیتلیوم	۳۰/۳۴±۲/۱۶^{b}	۳۱/۸۷±۱/۵۲^{a}	۳۳/۶۵±۱/۷۹^{a}	۳۴/۱۷±۱/۳۱^{a}
ضخامت لایه عضلانی	۳۰/۷۳±۱/۴۶^{c}	۲۹/۲±۰/۶۳^{a}	۳۱/۱۶±۱/۲^{a}	۳۱/۵±۰/۹۲^{a}
ضخامت لایه زیر مخاط	۳۰/۶±۱/۳۶^{b}	۲۹/۷۵±۱/۲۶^{b}	۳۱/۱۸±۰/۸۷^{b}	۴۰/۳±۲/۷۵^{a}

جدول۳: مقایسه شاخص‌های هیستومورفومتری روده بین تیمارهای مورد بررسی (حروف کوچک لاتین غیر همنام روی انحراف معیار نشان دهنده‌ی تفاوت معنی‌دار در سطح ۰/۰۵ در هر ردیف می‌باشد.)



شکل۱: تصویر میکروسکوپی بافت روده ماهی قزل آلای رنگین کمان رنگ آمیزی شده با هماتوکسیلین-ائوزین (تیمار شاهد)
A: ارتفاع پرز (پیکان) B: قابلت سل‌ها-ضخامت اپیتلیوم- ضخامت زیر مخاط- ضخامت لایه عضلانی (پیکان)



شکل۲- تصویر میکروسکوپی بافت روده ماهی قزل آلای رنگین کمان رنگ آمیزی شده با هماتوکسیلین-ائوزین (تیمار۳)
A: ارتفاع پرز (پیکان) B: گابلت سل‌ها-ضخامت اپیتلیوم- ضخامت زیر مخاط- ضخامت لایه عضلانی (پیکان)

بحث

در سال‌های اخیر بهره مندی از مکمل‌های غذایی به ویژه پروبیوتیک‌ها در این صنعت رو به افزایش است، به همین خاطر تحقیقات زیادی در این زمینه صورت می‌گیرد. پروبیوتیک‌ها با ایجاد محیطی نامناسب برای عوامل بیماری زا به وسیله‌ی تولید ترکیبات بازدارنده، رقابت برای مواد مغذی ضروری و محل‌های چسبیدن و یا با تعدیل پاسخ های سیستم ایمنی میزبان، باعث از بین رفتن پاتوژن‌ها می‌شوند [۳۶،۱۵،۲۵]. ریخت شناسی روده و افزایش سطح پرزها با جذب مواد مغذی ارتباط مستقیمی دارند و هنگامی که سطح جذب افزایش یابد، مواد مغذی بیشتری را می‌توانند جذب کنند که باعث افزایش عملکرد رشد می‌شود [۳۴،۲،۳]. پروبیوتیک‌ها می‌توانند به اپیتلیوم مخاط روده چسبیده و مانع از اتصال پاتوژن‌ها به روده شده و رقابت برای مواد مغذی و مکان‌های چسبندگی را کاهش دهند [۱،۷]. پروبیوتیک‌ها هم‌چنین موادی تولید می‌کنند که می‌توانند توانایی مهار رشد پاتوژن‌ها را داشته و بهبود یکپارچگی مخاط روده را به همراه دارند [۴۹،۵۱،۱۶]. ثابت شده است که استفاده از پروبیوتیک‌های غذایی در ماهی، می‌تواند از طریق تحریک اشتها، افزایش فعالیت آنزیم‌های گوارشی، تنظیم جمعیت میکرو فلور روده، اصلاح مورفولوژی روده، بهبود استفاده از خوراک و تامین ریز مغذی‌ها بر عملکرد رشد تأثیر مثبت بگذارد [۳۰،۳۱،۴۸،۲۰،۳۹،۸،۲۲،]. در این پژوهش نیز استفاده از پروبیوتیک بیوآکوا بر افزایش ارتفاع پرزها اثر مثبت داشته و باعث افزایش سطح جذب شده است. ارزیابی مخاط روده از طریق اندازه گیری های ریخت شناسی حائز اهمیت است، زیرا برخی از مواد افزوده شده به رژیم غذایی ماهیان ممکن است ساختار سلولی اپیتلیوم روده را تغییر داده و مستقیماً بر هضم و جذب مواد مغذی تأثیر بگذارد [۳۴]. ثابت شده است زمانی که از مکمل پروبیوتیکی استفاده شده، منجر به بهبود شاخص‌های رشد و افزایش رشد ویلی های روده را به همراه داشته است [۱۲،۷،۲۹،۳۴]. در پژوهش حاضر فاکتورهای رشد از قبیل درصد افزایش وزن، ضریب تبدیل غذایی، ضریب رشد ویژه، ضریب کارایی پروتئین و تغذیه‌ای در تیمار ۳ بهترین نتایج را به همراه داشت. سلول‌های جامی شکل در بین انتروسیت‌های روده حضور دارند، این سلول‌ها عملکرد ترشحی داشته و مخاط تولید شده توسط آن‌ها از روده محافظت می‌کند چرا که دارای اثر باکتری کشی بوده و با حضور مواد سمی مقابله کرده و به انتقال محتویات بین سلول‌های اپیتلیال کمک می‌کند[۷]. استفاده از پروبیوتیک در این مطالعه باعث افزایش تعداد سلول‌های جامی شکل شد، که اثرات خود را در روده اعمال داشته است [۴۱، ۴۲]. در ماهی‌های گوشتخوار، لایه عضلانی در ناحیه انتهایی روده ضخیم تر است این ضخامت به دلیل لایه متراکم کلاژن در تقویت و محافظت از دیواره روده مهم است [۳۴] و با رشد دستگاه گوارش همراه است. مکانیسم های تنظیم کننده رشد لایه عضلانی ممکن است پارامتری از سلامت و تغذیه خوب جانوران باشد [۳۴]، با این وجود در این مطالعه هیچ تاثیری در افزایش لایه عضلانی مشاهده نشد. در مطالعه صورت گرفته توسط Adeshina و همکاران [۲] بر روی ماهی کپور معمولی مشاهده شد که جیره‌های حاوی مکمل پروبیوتیک منجر به تفاوت‌های معنی داری در شاخص‌های رشد گردیده و هم‌چنین باعث افزایش ضخامت اپیتلیوم روده شدند. در این مطالعه هیچ تفاوتی در

بین گروه‌ها از نظر میزان بازماندگی مشاهده نشد و هم‌چنین فاکتورهای بافت شناسی روده در تیمار۳ بهترین نتایج را به دنبال داشت، که این نتایج با مشاهدات برخی از پژوهشگران هم‌خوانی داشت [۲،۵،۱۵]. هم سو با مطالعه حاضر در مطالعه Adeshina و همکاران (۲۰۲۰) هم‌چنین نشان داده شده است که بهبود هایی در ریخت شناسی ریز پرزهای روده ماهی آزاد آتلانتیک (*Salmo salar L.*) در هنگام تغذیه با پروبیوتیک‌ها ایجاد شده است [۲۵]، در مطالعه Adeshina و همکاران (۲۰۲۰) بر روی ماهی کپور معمولی (*Cyprinus carpio*) جیره دارای مکمل حاوی باسیلوس کواگولانس و مطالعه Amoah و همکاران (۲۰۱۹) در میگوی وانامی جیره حاوی لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس، باعث افزایش طول و افزایش تعداد پرزهای روده شد [۲،۳]. به علاوه تأیید کردند که برهمکنش بین میکرو فلور روده، ریخت شناسی روده، سیستم ایمنی و جذب مواد مغذی بر سلامت و عملکرد ماهی تأثیر می‌گذارد [۹،۴۲،۴۷،۵۱،۳۳،۴،۱۸]. در مطالعه‌ای بر روی ماهی قزل آلای رنگین کمان، افزایش ارتفاع و ضخامت پرزهای روده را در هنگام تغذیه با جیره غنی از پلی ساکاریدهای ساختاری نشان داد، که این تحقیق با مطالعه حاضر هم‌خوانی داشت [۱۴]. با توجه به نتایج حاصل از این مطالعه، استفاده از مکمل پروبیوتیکی بیوآکوا اثرات مفیدی در بهبود عملکرد رشد داشته است که می‌تواند باعث کاهش هزینه‌های اقتصادی گردد.

تقدیر و تشکر

این تحقیق برگرفته از طرح پژوهشی بوده است؛ بدین وسیله از زحمات جناب آقای دکتر صفوی مسئول آزمایشگاه بافت شناسی دانشکدهٔ دامپزشکی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تبریز که در پیشبرد این پژوهش ما را همراهی کردند، نهایت تقدیر و تشکر را داریم

تضاد منافع

همه نویسندگان اعلام می‌کنند که هیچ تضاد منافعی ندارند.

منابع مالی

این مقاله برگرفته از پایان نامه دکتری دامپزشکی نویسنده در دانشگاه آزاد اسلامی واحد تبریز پذیرفته است.

منابع

1- Abd El-Rhman A M, Khattab Y A E, Shalaby A M E. *Micrococcus luteus* and *Pseudomonas* species as probiotics for promoting the growth performance and health of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*, Fish Shellfish Immunol.2009; 27 (2) :175–180.

2- Adeshina I, & Ajala B E. Dietary supplementation with *Lactobacillus acidophilus* enhanced the growth, gut morphometry, antioxidant capacity, and the immune response in juveniles of the common carp, *Cyprinus carpio*, Fish Physiol. Biochem.2020; 46 (4) :1375–1385.

3- Ahmadmoradi M, Alishahi M, Soltanian S, Shahriari A, & Yektaseresht A. Effects of encapsulation of Lactobacillus plantarum on probiotic potential and reducing lead toxicity in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss Walbaum*). Aquaculture International, 2023; 1-23.

4- Amoah K, Huang QC, Tan BP, Zhang S, Chi SY, Yang QH, & Dong X H. Dietary supplementation of probiotic Bacillus coagulans ATCC 7050, improves the growth performance, intestinal morphology, microflora, immune response, and disease confrontation of Pacific white shrimp, Litopenaeus vannamei. Fish & shellfish immunology 2019; (87): 796-808.

5- Aly S M, & Mohamed M F. Studies on *Bacillus subtilis* and *Lactobacillus acidophilus*, as potential probiotics, on the immune response and resistance of Tilapia nilotica (*Oreochromis niloticus*) to challenge infections, Fish Shellfish Immunol.2008; 25 (1) :128–136.

6- Aly S M, Mohamed M F, John G. Effect of probiotics on the survival, growth and challenge infection in Tilapia nilotica (*Oreochromis niloticus*), Aquacult. Res.2008; 39 (6) :647–656.

7- Balcázar JL, De Blas I, Ruiz-Zarzuela I, Cunningham D, Vendrell D, Muzquiz JL. The Role of Probiotics in Aquaculture.Veterinary Microbiology. 2006; 114(3-4): 173-186.

8- Boonanuntanasarn S, & Nakharuthai C. Effects of microencapsulated *Saccharomyces cerevisiae* on growth, hematological indices, blood chemical, and immune parameters and intestinal morphology in striped catfish, *Pangasianodon hypophthalmus*, Probiotics Antimicrob. Prot. 2019; 11 (2) : 427–437.

9- Bostock B, McAndrew R, Richards K, Jauncey T, Telfer K, Lorenzen D, Little L, Ross N, Handisyde I. Aquaculture: global status and trends, Phil. Trans. Biol. Sci. 2010; 365 (1554): 2897–2912.
10- Bunnoy A, Na-Nakorn U, Srisapoome P. Probiotic effects of a novel strain, *Acinetobacter* KU011TH, on the growth performance, immune responses, and resistance against *Aeromonas hydrophila* of bighead catfish (*Clarias macrocephalus* Günther, 1864), Microorganisms 2019; 7 (12): 613.
11- Carnevali O, Zamponi M C, & Cresci A. Administration of probiotic strain to improve sea bream wellness during development, Aquacult. Int.2004; 12 (4) :377–386.
12- Choobkar N, Kakoolaki SH, Sahraeei F, Aghajani AR, Rezaeemanesh M, Mohammadi F. Study of effect of probiotic enriched food on growth parameters of Rainbow Trout (Oncorhynchus mykiss). Iranian Scientific Fisheries Journal. 2019; 27(5): 115-124.
13- Cota-Gast´elum L A, & Peraza-G´omez V. Effect of *Pediococcus* sp., *Pediococcus pentosaceus*, inulin and fulvic acid, added to the diet, on growth of *Oreochromis niloticus*, Afr. J. Microbiol. Res.2013; 7 (48) :5489–5495.
14- Dawood M A, Abo-Al-Ela H G, & Hasan M T.Modulation of transcriptomic profile in aquatic animals: Probiotics, prebiotics and synbiotics scenarios. Fish & shellfish immunology,2020; (97): 268-282.
15- Dimitroglou A, Merrifield DL, Moate R, Davies SJ, Spring P, Sweetman J, Bradley G. Dietary mannan oligosaccharide supplementation modulates intestinal microbial ecology and improves gut morphology of rainbow trout, Oncorhynchus mykiss (Walbaum). Journal of animal science.(10): 3226-3234.
16- El-Saadony M T, Alagawany M, Patra A K, Kar I, Tiwari R, Dawood M A, & Abdel-Latif H M .The functionality of probiotics in aquaculture: An overview. Fish & shellfish immunology 2021; (117): 36-52.
17- Escaffre EF, Kaushik S, Mambrini M. Morphometric evaluation of changes in the digestive tract of rainbow trout (Oncorhynchus mykiss) due to fish meal replacement with soy protein concentrate. Aquaculture. 2007; v. 273, n. 2-3, p. 127-138.
18- FAO, The State of World Fisheries and Aquaculture 2018 – Meeting the Sustainable Development Goals, Food and Agriculture Organization of the United Nations., Rome, Italy, 2018.
19- Ferguson R M W, Davies S J. The effect of *Pediococcus acidilactici* on the gut microbiota and immune status of on-growing red tilapia (*Oreochromis niloticus*), J. Appl. Microbiol.2010; 109 (3): 851–862.
20- Jamali H, Jafaryan H, Patimar R, Soltani M. Application of multi-species of bacillus in Rainbow trout (Oncorhynchus mykiss) larvae nutrition via Bio-enrichment of Artemia parthenogenetica nauplii. J. of Utilization and Cultivation of Aquatics. 2012; Vol. 1(3): 85-102.
21- Hosseini far H, Poor Amini M. Application of probiotics and prebiotics in aquaculture. Tehran: Green Wave Publications; 2007.
22- Kuebutornye F K, Abarike E D, & Lu Y. A review on the application of Bacillus as probiotics in aquaculture. Fish & shellfish immunology 2019; (*87)*: 820-828.
23- Li P, Gatlin Iii DM. Nucleotide Nutrition in Fish: Current Knowledge and Future Applications. Aquaculture. 2006; 251(2-4): 141-152.
24- Li J, Ni J, Li J, & Yan Q. Comparative study on gastrointestinal microbiota of eight fish species with different feeding habits, J. Appl. Microbiol.2014; 117 (6) :1750–1760.
25- Liu M, Song S, Hu C, Tang L, Lam J C, Lam P K, & Chen L. Dietary administration of probiotic Lactobacillus rhamnosus modulates the neurological toxicities of perfluorobutanesulfonate in zebrafish. *Environmental Pollution* 2020; (*265)*: 114832.
26- Merrifield DLA, Dimitroglou A, Foey SJ, Davies RTM, Baker J, Bøgwald M, Castex, E Ringø. The current status and future focus of probiotic and prebiotic applications for salmonids. Aquaculture. 2010; 302:1–18.
27- Merrifield D L, Dimitroglou A, & Davies S G. Probiotic applications for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum) I. Effects on growth performance, feed utilization, intestinal microbiota and related health

criteria, Aquacult. Nutr.2010; 16 (5) : 504–510.

28- Mohammadian T, Modanlu M, Jangaran A, Azhdari A. Nutrition in aquaculture. Ahvaz: Publications of Shahid Chamran University of Ahvaz; 2020.

29- Mujeeb Rahiman K M, Jesmi Y, Thomas A P, Mohamed Hatha A A. Probiotic effect of *Bacillus* NL110 and *Vibrio* NE17 on the survival, growth performance and immune response of *Macrobrachium rosenbergii* (de Man), Aquacult. Res.2010; 41 (9) : e120–e134.

30- Nakandakare IB, Iwashita MKP, Dias DDC, Tachibana L, Ranzani-Paiva MJT, Romagosa E. Growth performance and intestinal histomorphology of Nile tilapia juveniles fed probiotics. Acta Scientiarum. Animal Sciences. 2013; 35. 365-370.

31- Nayak SK. Probiotics and immunity: a fish perspective. Fish & shellfish immunology. 2010; *29*(1). 2-14.

32- Nayak S. Multifaceted applications of probiotic *Bacillus* species in aquaculture with special reference to *Bacillus subtilis*, Rev. Aquacult.2021; 13 (2): 862–906.

33- Nimrat S, Suksawat S, Boonthai T, Vuthiphandchai V. Potential *Bacillus* probiotics enhance bacterial numbers, water quality and growth during early development of white shrimp (*Litopenaeus vannamei*), Vet. Microbiol.2012; 159 (3) : 443–450.

34- Ngamkala S, Futami K, Endo M, Maita M, Katagiri T. Immunological effects of glucan and *Lactobacillus rhamnosus* GG, a probiotic bacterium, on Nile tilapia *Oreochromis niloticus* intestine with oral *Aeromonas* challenges, Fish. Sci.2010; 76 (5): 833–840.

35- Oliveira FC, Kasai RYD, Fernandes CE, Souza da Silva W, De Campos CM. Probiotic, prebiotic and synbiotics supplementation on growth performance and intestinal histomorphometry Pseudoplatystoma reticulatum larvae. Journal of Applied Aquaculture. 2022; 34(2). 279-293.

36- Panigrahi A, & Gopikrishna G. Bio-augmentation of heterotrophic bacteria in biofloc system improves growth, survival, and immunity of Indian white shrimp *Penaeus indicus*, Fish Shellfish Immunol.2020; (98): 477–487.

37- Pérez-Sánchez T, Mora-Sánchez B, & Balcázar J. Biological approaches for disease control in aquaculture: advantages, limitations and challenges. *Trends in microbiology* 2018; *26*(11): 896-903.

38- Pourmozaffar S, Tamadoni Jahromi S, Rameshi H, & Gozari M. Evaluation of some haemolymph biochemical properties and F-cell prevalence in hepatopancreas of white leg shrimp (*Litopenaeus vanamme*i) after fed diets containing apple cider vinegar and propionic acid. Aquaculture research,2019; *50*(11): 3435-3443.

39- Ridha M T, Azad L S. Preliminary evaluation of growth performance and immune response of Nile tilapia *Oreochromis niloticus* supplemented with two putative probiotic bacteria, Aquacult. Res.2012; 43 (6) :843–852.

40- Ringø E, Van Doan H, & Song S K. Probiotics, lactic acid bacteria and bacilli: interesting supplementation for aquaculture, J. Appl. Microbiol.2020; 129 (1): 116–136.

41- Sadeghi J, & Zadsar N. Study of Pediococcus pentosaceus effect on histomorphometrical structure of intestine in juvenile rainbow trout (Oncorhyncus mikiss). Veterinary research and biological products. 2017; 116: 233-245.

42- Santos L, & Ramos F. Antimicrobial resistance in aquaculture: Current knowledge and alternatives to tackle the problem. International Journal of Antimicrobial Agents,2018; *52*(2): 135-143.

43- Segner H, Sundh H, Buchmann K, Douxfils J, Sundell KS, Mathieu C, Ruane N, Jutfelt F, Toften H, Vaughan L. Health of farmed fish: its relation to fish welfare and its utility as welfare indicator. Fish Physiology and Biochemistry. 2012; (38): 85_105.

44- Standen B T, & Merrifield D L. Modulation of the intestinal microbiota and morphology of tilapia, *Oreochromis niloticus*, following the application of a multi-species probiotic, Appl. Microbiol. Biotechnol.2015; 99 (20): 8403–8417.

45- Standen B T, & Merrifield D L. Dietary administration of a commercial mixed-species probiotic improves growth performance and modulates the intestinal immunity of tilapia, *Oreochromis niloticus*, Fish Shellfish Immunol.2016; (49): 427–435.

46- Valipour A, Nedaei S, Noori A, Khanipour A, & Hoseinifar S H. Dietary Lactobacillus plantarum affected on some immune parameters, air-exposure stress response, intestinal microbiota, digestive enzyme activity and performance of narrow clawed crayfish (Astacus leptodactylus, Eschscholtz). Aquaculture,2019; (*504)*: 121-130.

47- Varela J L, Ruiz-Jarabo L, Vargas-Chacoff L, & Mancera J M. Dietary administration of probiotic Pdp11 promotes growth and improves stress tolerance to high stocking density in gilthead seabream *Sparus auratus*, Aquaculture, 2010; 309 (1) : 265–271.

48- Venkat H K, Sahu N P, Jain K K. Effect of feeding *Lactobacillus*-based probiotics on the gut microflora, growth and survival of postlarvae of *Macrobrachium rosenbergii* (de Man), Aquacult. Res.2004; 35 (5) :501–507.

49- Vieco-Saiz N, Belguesmia Y, Raspoet R, & Drider D. Benefits and inputs from lactic acid bacteria and their bacteriocins as alternatives to antibiotic growth promoters during food-animal production, Front. Microbiol. 2019; 10 (57).

50- Wang Y C, & Liu C H. Multiple-strain probiotics appear to be more effective in improving the growth performance and health status of white shrimp, *Litopenaeus vannamei*, than single probiotic strains, Fish Shellfish Immunol.2019; 84: 1050–1058.

51- Wang W, Sun J, Liu C, Xue Z. Application of immunostimulants in aquaculture: current knowledge and future perspectives. Aquac. Res.2017; (48): 1–23.

52- Wang YB, Li JR, Lin J. Probiotics in Aquaculture: Challenges and Outlook. Aquaculture. 2008; 281(1-4): 1-4.

53- Wu S, Gao T, Zheng Y, Wang W, Cheng Y, Wang G. Microbial diversity of intestinal contents and mucus in yellow catfish (*Pelteobagrus fulvidraco*), Aquaculture, 2010; 303 (1) : 1–7.

54- Zhao C, Men X, Dang Y, Zhou Y, & Ren Y. Probiotics Mediate Intestinal Microbiome and Microbiota-Derived Metabolites Regulating the Growth and Immunity of Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*). Microbiology Spectrum, 2023; 11(2): e03980-22.

55- Ziainejad S, Jafari P, Javaheri M, Mohtaram M. The effect of prebiotic yeast on the indicators of growth, survival and density of Lactobacillus in the intestines of rainbow trout. Journal of Aquacalture Development. 2014; 8(2): 45-54